



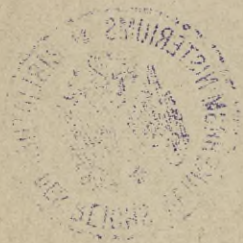


Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299471





86 II

Lehrbuch

LEHRBUCH

DER

NAVIGATION.



HERAUSGEGEBEN

VOM

REICHS-MARINE-AMT.



ERSTER BAND:

TERRESTRISCHE NAVIGATION

MIT 4 TAFELN UND 142 FIGUREN IM TEXT



BERLIN 1901.

ERNST SIEGFRIED MITTLER UND SOHN

KÖNIGLICHE HOFBUCHHANDLUNG

KOCHSTRASSE 68-71.

x
1507

157-173
64.47



II 7533
-

Alle Rechte aus dem Gesetze vom 11. Juni 1870 sowie das
Uebersetzungsrecht sind vorbehalten.

Akc. Nr. 4486/51

Vorwort.

Das vorliegende Lehrbuch tritt an Stelle des vom Reichs-Marine-Amt herausgegebenen Handbuchs der Navigation, dessen dritte Auflage vergriffen ist, und behandelt ausführlicher als dieses und doch in möglichst knapper Form das gesammte Gebiet der Navigation. Es verdankt seine Entstehung einem in der Kaiserlichen Marine fühlbar gewordenen Bedürfniss, trägt daher in erster Linie den Bedürfnissen dieser Rechnung und soll nicht nur den Schülern ein Buch zum Lernen, dem Navigateur ein Nachschlage- und Hülfsbuch, sondern auch dem Lehrer, namentlich demjenigen an Bord, dem nicht immer genügend Zeit und Quellen zu eingehenden Studien zu Gebote stehen, die nöthige Grundlage für den Unterricht bieten. Das Werk enthält daher Manches, was für die praktische Navigirung nicht unbedingt nöthig ist, indess Vielen willkommen sein wird. Um den Gebrauch des Buches zu erleichtern, sind Abschnitte solchen Inhalts, die ohne das Verständniss des Ganzen und den Zusammenhang zu stören, übergangen werden können, durch kleineren Druck kenntlich gemacht.

Dem Zweck des Buches gemäss hat eine Beschreibung und Gebrauchsanweisung derjenigen Instrumente Aufnahme gefunden, die für die Navigirung gebraucht werden. Auch ist eine Anleitung für Küstenvermessung gegeben, die es jedem Offizier, auch dem auf diesem Gebiet bisher nicht thätig gewesenenen, ermöglichen soll, an ihn nach dieser Richtung herantretende Aufgaben zu lösen.

Die Kompasslehre ist ihrer Bedeutung für die eisernen Schiffe gemäss und mit Rücksicht auf den schwierigen Stand, den der Kompass auf den modernen Kriegsschiffen den schweren Eisen- und Panzermassen gegenüber hat, und der eine besonders sorgfältige und aufmerksame Behandlung und Ueberwachung des Kompasses und ein volles Verständniss für die in Betracht kommenden Verhältnisse erfordert, eingehend behandelt worden, namentlich ist

auch der Kompensation und der praktischen Behandlung des Kompasses ein besonderes Augenmerk geschenkt worden.

Für die astronomische Ortsbestimmung ist naturgemäss das Standlinienverfahren, das in den letzten Jahren schnell die ihm gebührende Verbreitung gefunden hat, in den Vordergrund gerückt gegenüber den früher gebräuchlichen rein rechnerischen Methoden. Der Vollständigkeit halber und um allen Wünschen gerecht zu werden, ist neben dem neueren Verfahren nach Marcq Saint-Hilaire auch das alte Sumnersche Verfahren behandelt worden.

Für die Rechnungen sind diejenigen Formen gewählt worden, die am einfachsten und zweckmässigsten erschienen, ohne indess andere, die ein gewisses Interesse zu beanspruchen berechtigt sind, ganz unberücksichtigt zu lassen. Zur Wahrung der Einheitlichkeit innerhalb der Kaiserlichen Marine hat sich das Lehrbuch in Bezug auf Rechnungsarten, Bezeichnungen, Beispiele u. s. w. nach Möglichkeit dem „Leitfaden für den Unterricht in der Navigation“ angeschlossen.

An der Bearbeitung des Werkes nahmen Theil: Kapitän z. S. Schröder, Korvettenkapitän Gessler, Kapitänleutnant Behm, Kapitänleutnant Deimling, Admiralitätsrath Prof. Dr. Börgen, Abtheilungsvorstand der Seewarte Dr. Stechert und Wirklicher Admiralitätsrath Rottok, welchem Letzteren auch die Gesamtleitung und Redaktion oblag.

Der grösseren Handlichkeit halber ist die terrestrische und astronomische Navigation nach Bänden getrennt, und die Anleitung zur Küstenvermessung mit den zugehörigen Tafeln, um sie für den Gebrauch leichter bei sich führen zu können, zu einem dritten Bändchen zusammengefügt worden.

Berlin im November 1900.

Inhaltsverzeichnis des ersten Bandes.

Seite

Theil I: Mathematisch-geographische Vorkenntnisse.

Erster Abschnitt: Gestalt der Erde. Eintheilung ihrer Oberfläche.

§ 1.	Kugelgestalt der Erde. Erdachse, Pole, Aequator, nördliche und südliche Halbkugel	1
§ 2.	Die Meridiane, Nullmeridian, östliche und westliche Halbkugel	2
§ 3.	Bestimmung der Lage eines Punktes auf der Erdoberfläche. Länge und Breite	2
§ 4.	Breitenkreise oder Breitenparallele	3
§ 5.	Koordinatensystem zur Orientirung auf der Erde. Nullpunkt, Meridian von Greenwich	3
§ 6.	Bestimmung der gegenseitigen Lage zweier Orte. Längenunterschied, Breitenunterschied, Abweichung	4

Zweiter Abschnitt: Horizonte, Himmelsrichtungen.

A. Horizonte.

§ 7.	Natürlicher, scheinbarer, wahrer Horizont. Augeshöhe, Kimmtiefe, Vertikallinie	5
------	--	---

B. Himmelsrichtungen.

§ 8.	Eintheilung des natürlichen Horizonts. Wahre oder rechtweisende Richtungen, Kardinal- und Interkardinalpunkte, Striche, Kompassrose	6
§ 9.	Peilungsrichtung, Azimuth, Amplitude	6

Dritter Abschnitt: Maasse auf der Erde, Abplattung, geographische und geocentrische Breite.

§ 10.	Meter, Seemeile, Abplattung, Meridianminute, Aequatorminute, geographische Meile	7
§ 11.	Vergleich von deutschen und fremden Maassen	8
§ 12.	Geographische und geocentrische Breite	9

Theil II: Karten.

Erster Abschnitt: Die verschiedenen Kartenprojektionen.

§ 13.	A. Allgemeines	10
§ 14.	B. Die orthographische Projektion	11
§ 15.	C. Die gnomonische Projektion	11
§ 16.	D. Die stereographische Projektion	12
§ 17.	E. Die Kegelprojektionen	15
§ 18.	F. Die polykonische Projektion	16
§ 19.	G. Die Loxodrome	21
§ 20.	H. Die Cylinderprojektionen	23
§ 21.	J. Die Merkatorprojektion	24

Zweiter Abschnitt: Herstellung und Inhalt der Seekarten.**A. Die Herstellung des Kartennetzes.**

§ 22.	Der Maassstab. Eintheilung der Seekarten nach dem Maassstab . . .	26
§ 23.	Berechnung und Eintheilung der Längen- und Breitenskala . . .	26
§ 24.	Ausstattung der Kartennetze mit Kompassrosen	30

B. Inhalt der Seekarten.

§ 25.	Die in den Seekarten dargestellten physikalischen Verhältnisse und Gegenstände	30
§ 26.	Wiedergabe der dargestellten physikalischen Verhältnisse und Gegenstände in deutschen Karten	30
§ 27.	Abweichungen der Karten fremder Nationen von den deutschen . . .	34
§ 28.	Die nautischen Bücher als Ergänzung des Karteninhalts. Kurrentheilung von Karten und Büchern	34

Dritter Abschnitt: Gebrauch, Behandlung und Aufbewahrung der Seekarten an Bord.**A. Gebrauch der Seekarten.**

§ 29.	Das Lesen der Seekarten	35
§ 30.	Die Zuverlässigkeit der Seekarten	35
§ 31.	Schonende Behandlung	36
§ 32.	Arbeitsgeräth	36
§ 33.	Das Absetzen	39
§ 34.	B. Das Ordnen und Aufbewahren der Seekarten an Bord	41

Vierter Abschnitt: Die Bezeichnung der Fahrwasser und Untiefen.

§ 35.	Das deutsche Betonnungssystem	41
§ 36.	Fremde Betonnungssysteme	47

Theil III: Der Kompass.**Erster Abschnitt: Der Erdmagnetismus und seine Einwirkung auf die Magnetnadel.**

§ 37.	Magnetischer Meridian, Deklination oder Abweichung, Variation oder Missweisung. Inklination. Die erdmagnetischen Elemente	48
§ 38.	Die Messung der magnetischen Kraft	48
§ 39.	Die Vertheilung der erdmagnetischen Elemente auf der Erdoberfläche. Magnetische Karten. Isogonen. Isoklinen. Isodynamen	49
§ 40.	Die Aenderungen der erdmagnetischen Elemente	51
§ 41.	Die richtende Wirkung des Erdmagnetismus auf einen Magneten . . .	52
§ 42.	Richtmoment. Magnetisches Moment	53
§ 43.	Bestimmung des Richtmoments und des magnetischen Moments	53
§ 44.	Bestimmung der magnetischen Kraft eines Magneten	54

Zweiter Abschnitt: Konstruktion und allgemeine Eigenschaften der Kompass.

§ 45.	Zweck des Kompasses und seine dadurch bedingten Eigenschaften . . .	56
§ 46.	Verschiedene Kompasssysteme. Trocken- und Fluidkompass. Ihre Vor- und Nachteile	59

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

Dritter Abschnitt: Beschreibung der Kompass.

§ 47.	Allgemeines	61
A. Die in der Kaiserlichen Marine gebräuchlichen Kompass.		
§ 48.	1. Der grosse Fluidkompass	61
§ 49.	Vorrichtung zur Kompensation der konstanten Deviation	64
§ 50.	2. Der kleine Fluidkompass	64
§ 51.	3. Der Kompensationskompass	64
§ 52.	4. Der Trockenkompass	68
§ 53.	5. Das Kompasshaus mit der Kompensationsvorrichtung	69
§ 54.	6. Der Peilapparat	72
§ 55.	7. Die elektrische Beleuchtung des Kompasses	74
§ 56.	8. Kompasshaus und Peilapparat älterer Konstruktion	76
§ 57.	9. Der Normalkompass	79
§ 58.	10. Der Bootskompass	82
B. Sonstige in Gebrauch befindliche Kompass.		
§ 59.	Allgemeines	83
§ 60.	Der Trockenkompass von Thomson	83
§ 61.	In der russischen Marine gebräuchliche Einrichtungen	85
§ 62.	Kompassrosen mit Ringmagneten	85
§ 63.	In der österreichischen Marine gebräuchliche Einrichtungen	85
§ 64.	Der Intensitätsmultiplicator von Peichl	86
§ 65.	Einige auf Handelsschiffen gebräuchliche Einrichtungen	86

Vierter Abschnitt: Deviation, Kurs, Peilung.

§ 66.	Die Begriffe Deviation, Kurs und Peilung	88
§ 67.	Verwandlung von Kursen und Peilungen	88

Fünfter Abschnitt: Die Deviationsbestimmung.

§ 68.	Die Ermittlung der Deviation durch Peilung	90
§ 69.	Allgemeines über die Ausführung.	90
§ 70.	1. Deviationsbestimmung durch Peilung eines entfernten terrestrischen Gegenstandes	93
§ 71.	2. Deviationsbestimmung durch Deckpeilung. Deviationsbaken	93
§ 72.	3. Deviationsbestimmung durch gegenseitige Peilung mit einem an Land aufgestellten Kompass	96
§ 73.	4. Deviationsbestimmung durch Peilung eines Gestirns	96
§ 74.	5. Deviationsbestimmung ohne Peilung durch Kreislaufen	98
§ 75.	6. Deviationskurven und Tabellen	101

Die Deviationslehre.

Sechster Abschnitt: Der Schiffsmagnetismus und sein Einfluss auf den Kompass.

§ 76.	A. Entstehung und Art des Schiffsmagnetismus	105
§ 77.	B. Einwirkung des Schiffsmagnetismus auf die Kompassnadel	107
§ 78.	1. Wirkung des festen Magnetismus	107
§ 79.	2. Wirkung des flüchtigen Magnetismus	109
	a) Der vertikal inducirte Magnetismus	111
	b) Der horizontal inducirte Magnetismus	111

Siebenter Abschnitt: Die Gesamtdeviation und ihre Zusammensetzung. Deviationsgleichungen und -Koeffizienten.

80.	1. Zusammensetzung der Deviation	117
81.	2. Deviationskoeffizienten und -Gleichungen	118
82.	3. Die Bedeutung der Deviationskoeffizienten	119
83.	4. Die Bestimmung der Deviationskoeffizienten	121
84.	a) Berechnung der Näherungskoeffizienten	121
85.	b) Angenäherte Bestimmung der Koeffizienten A, B, C, D, E	126
86.	c) Berechnung der Koeffizienten $\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \mathfrak{C}, \mathfrak{D}, \mathfrak{E}$	128
87.	d) Bestimmung des Koeffizienten λ	129
87.	e) Bestimmung von $\mathfrak{B}, \mathfrak{C}, \mathfrak{D}$ und λ durch Schwingungs- und Deviationsbeobachtungen auf zwei Kursen	131
88.	5. Berechnung der Deviation aus den Deviationskoeffizienten	133

Achter Abschnitt: Aenderungen der Deviation. Kompassstörungen.

89.	Ursachen der Deviationsänderungen	133
90.	A. Krängungsdeviation	135
91.	a) Die Bestimmung des Krängungskoeffizienten χ	137
92.	b) Die Bestimmung des Koeffizienten μ	138
93.	c) Die Bestimmung der magnetischen Kraft g	139
94.	d) Verbesserung der Deviation mit Hilfe des Krängungskoeffizienten χ	141
95.	B. Aenderung der Deviation durch Ortsveränderung des Schiffes	142
96.	Berechnung der Deviation für einen neuen Ort	142
97.	a) Vorausberechnung der Deviation. Bestimmung der Theilbeträge von \mathfrak{B} und \mathfrak{C}	143
98.	b) Berechnung der Deviation für einen neuen Ort nach Ankunft an diesem	147
99.	C. Kompassstörungen infolge von Aenderungen der magnetischen Kräfte des Schiffes und ihre Ursachen	147
100.	a) Aenderungen mit der Zeit	149
101.	b) Einfluss der Schiffsrichtung	149
102.	c) Temperatureinfluss	150
103.	d) Bewegungen der in der Nähe der Kompassse befindlichen Eisenmassen	150
104.	e) Einfluss von Erschütterungen	150
105.	f) Einfluss elektrischer Anlagen	150
106.	g) Blitzschläge	151

107.	Neunter Abschnitt: Wahl des Aufstellungsorts der Kompassse	151
------	--	-----

Zehnter Abschnitt: Die Kompensation der Kompassse.

108.	Nothwendigkeit der Kompensation	152
109.	Prinzip der Kompensation	153
110.	Die Ausführung der Kompensation	156
111.	1. Die Kompensation der quadrantalen Deviation mit Hilfe einer Tabelle für die Entfernungen der Korrektoren	157
112.	2. Kompensation der Krängungsdeviation	158
113.	a) Kompensation mit Hilfe von Schwingungsbeobachtungen einer Vertikalnadel	158
114.	b) Kompensation mit Hilfe der Vertikalkraftwage	160
115.	3. Kompensation der semicirkularen Deviation durch Längs- und Querschiffsmagnete	162
116.	4. Kompensation der quadrantalen Deviation nach Peilungen	164
117.	Kompensationsbaken	165

	Seite
§ 118.	5. Kompensation der konstanten Deviation 166
§ 119.	6. Einstellung des Beruhigungsmagneten bei den Kompensationskompassen 166
	7. Der Kompassdeflektor und die Kompensation der semicirkularen und quadrantalen Deviation mittelst desselben:
§ 120.	a) Methode der Kompensation 167
§ 121.	b) Beschreibung des Deflektors 170
§ 122.	c) Ausführung der Kompensation mit Hilfe des Deflektors . . . 172
§ 123.	α) Einstellung des Deflektors in bestimmtem Winkel zur ursprünglichen Nord-Südrichtung der Kompassrose bei konstanter magnetischer Kraft der Deflektormagnete und veränderlichem Ablenkungswinkel 172
§ 124.	β) Einstellung des Deflektors in einem bestimmten Winkel zur Nord-Südrichtung der abgelenkten Kompassrose bei konstantem Ablenkungswinkel und veränderlicher Einstellung der Deflektormagnete 176
§ 125.	γ) Gebrauch des Deflektors bei Fluidkompassen 179
§ 126.	8. Allgemeine Bemerkungen zu der Kompensation 180

**Elfter Abschnitt: Kontrolle und Neubestimmung der Deviation.
Berichtigung der Kompensation.**

§ 127.	A. Kontrolle und Neubestimmung der Deviation 181
§ 128.	B. Berichtigung der Kompensation 181
§ 129.	1. Regelkompass verlässlich und seine Deviation bekannt, einer oder mehrere Kompassrose sind nachzukompensiren 182
§ 130.	2. Auch der Regelkompass soll nachkompensirt werden 183
§ 131.	3. Angenäherte Berichtigung der Kompensation nach gelegentlichen Deviationsbeobachtungen 184
§ 132.	Zwölfter Abschnitt: Allgemeine Bemerkungen über Behandlung der Kompassrose 185

Dreizehnter Abschnitt: Das Deviationsmagnetometer mit magnetischer Vertikalkraftwage.

§ 133.	Zweck des Instruments 188
§ 134.	A. Beschreibung des Instruments 188
	B. Gebrauch des Instruments:
§ 135.	a) Die Deklinationsnadel 191
§ 136.	1. Bestimmung des Kompasskurses 191
	2. Bestimmung der Kompassdeviation und des missweisenden Kurses 192
§ 137.	3. Bestimmung der Richtkraft an Bord 192
§ 138.	4. Bestimmung der magnetischen Deklination 193
§ 139.	5. Bestimmung der erdmagnetischen Horizontalintensität . . 194
§ 140.	b) Beobachtungen mit der Inklinationsnadel 194
§ 141.	1. Bestimmung von magnetischen Vertikalkräften 195
§ 142.	2. Bestimmung der Inklination 195
§ 143.	c) Gebrauch der magnetischen Vertikalwage 196

Theil IV: Die Bestimmung der Wassertiefe.

Erster Abschnitt: Lothungen. Zweck und Berichtigung derselben.

§ 144.	Allgemeines 198
§ 145.	Berichtigung der Lothungen bezw. Kartenangaben 199

Zweiter Abschnitt: Lothvorrichtungen.**A. Allgemeines.**

- § 146. Die für die Herstellung von Lothen und Lothleinen maassgebenden Grundsätze 201

B. Lothe für geringe Wassertiefen.

- § 147. Beschreibung der Handlothe 202
 § 148. Gebrauch der Handlothe 203

C. Lothe für mittlere Wassertiefen.

- a) Die Tieflothe:
 § 149. Beschreibung der Tieflothe 204
 § 150. Gebrauch der Tieflothe 204
 § 151. Burt's Lothsack 205
 b) Die Lothmaschinen:
 § 152. Ursache und Prinzip der Lothmaschinen 206
 Die Bamberg'sche Lothmaschine:
 § 153. α) Beschreibung der Bamberg'schen Lothmaschine 207
 § 154. β) Anweisung für den Gebrauch der Bamberg'schen Lothmaschine 212
 § 155. ϵ) Andere Lothvorrichtungen 214

D. Lothe für grosse Wassertiefen.

- § 156. Tiefseeloth von Brook, Belknap-Sigsbee und Bailie 215
 § 157. Tiefenanzeiger 215

E. Der Tiefenmelder.

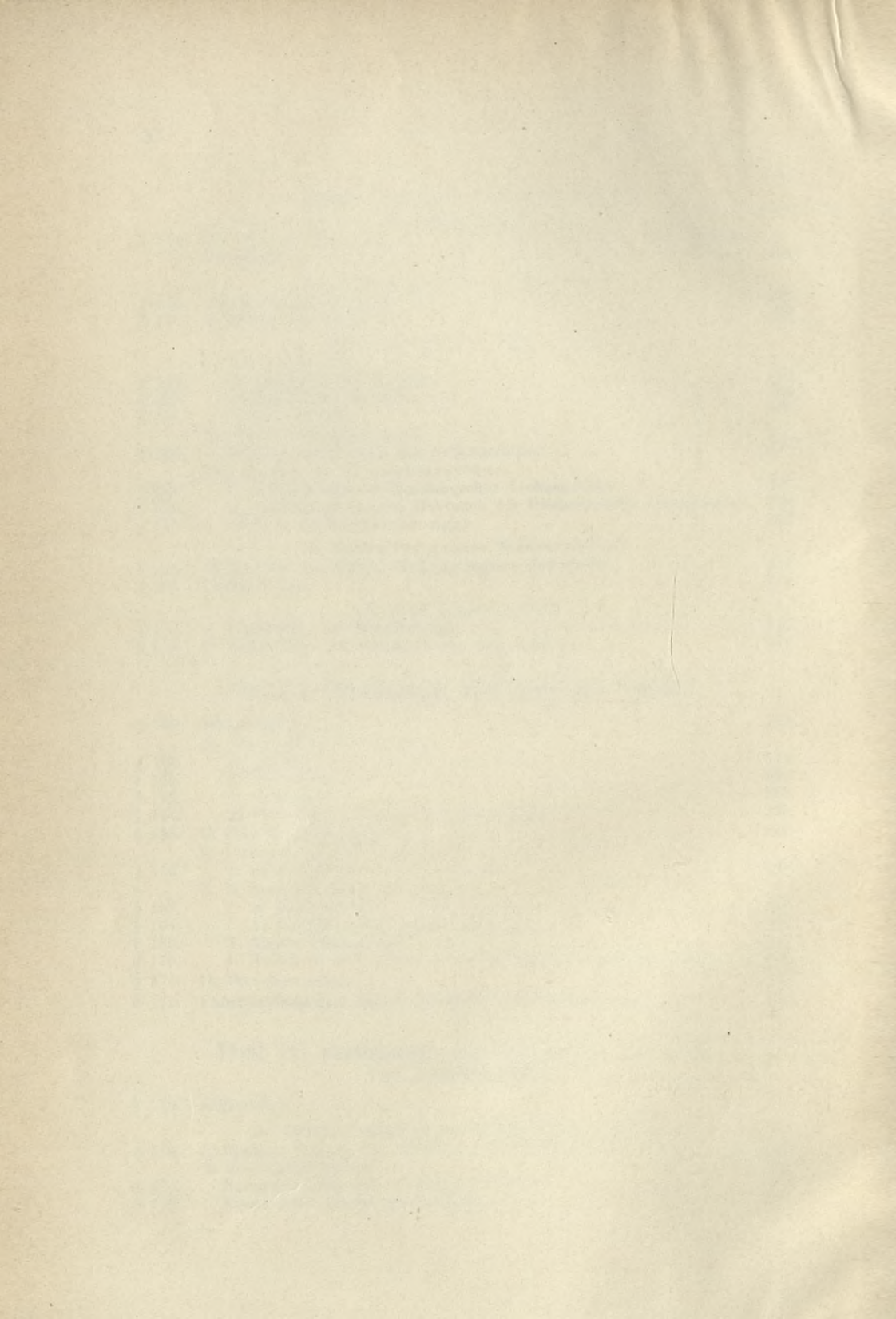
- § 158. α) Anordnung. β) Beschreibung 217
 § 159. γ) Aufstellung und Gebrauch des Tiefenmelders 219

Theil V: Bestimmung der Fahrt des Schiffes.

- § 160. **Das Loggen** 222
 A. Das gewöhnliche Log:
 § 161. a) Theorie 222
 § 162. b) Beschreibung 223
 § 163. c) Gebrauch 225
 § 164. d) Verbesserung von Fehlern beim Loggen 225
 B. Das Reelingslog 227
 C. Patentlogs und Fahrtmesser:
 § 166. 1. Grundgedanke 228
 2. Das Decklog von Haecke.
 § 167. a) Beschreibung 228
 § 168. b) Reinigung und Auseinandernehmen 231
 § 169. 3. Andere Fahrtmesser 231
 § 170. 4. Nachtheile und Fehler der Patentlogs und ihre Abstellung 233
 D. Das Grundlog 234
 § 172. **Fahrtbestimmung durch Ablaufen bekannter Entfernungen** 236

Theil VI: Bestimmung des Schiffsortes mit Hilfe von Landobjekten.

- § 173. **Allgemeines** 238
 A. Ortsbestimmung mit Hilfe eines Objekts.
 § 174. 1. Einfache Peilung und Schätzung der Entfernung 238
 2. Zweimalige Peilung 238
 § 175. Besondere Fälle der zweimaligen Peilung 240
 § 176. Konstruktive Lösung der Aufgaben 242



	Seite
177. 3. Abstandsbestimmung durch Peilung im Verschwinden	243
178. 4. Abstandsbestimmung durch Höhenwinkelmessung	244
179. 5. Abstandsbestimmung durch Höhenwinkelmessung, wenn das Objekt nur theilweise über den Horizont hervorragt	246
180. 6. Abstandsbestimmung durch zweimalige Messung des Höhenwinkels eines Objekts von unbekannter Höhe	248
181. 7. Benutzung des Schalls zur Abstandsbestimmung	250
B. Ortsbestimmung mit Hülfe von zwei Objekten.	
182. Kreuzpeilung	251
183. Peilung und Horizontalwinkelmessung	252
184. Abgestumpfte Doppelpeilung	252
C. Ortsbestimmung mit Hülfe von drei Objekten.	
185. Ortsbestimmung durch Zeichnung	253
186. Ortsbestimmung durch Rechnung	255
187. D. Das Verfahren, gefährliche, einer Küste vorgelagerte Stellen zu vermeiden	256
E. Abstandsbestimmung auf See.	
188. 1. Die Horizontmethode	262
189. 2. Die Höhenwinkelmethode	263
190. 3. Die doppelte Horizontalwinkelmessung	264
F. Allgemeines über Zuverlässigkeit und Werth von Peilungen und Winkelmessungen.	
191. Peilung	264
192. Horizontalwinkelmessung	266
193. Höhenwinkelmessung	267
G. Die Peilscheibe für Abstandsbestimmungen.	
194. Beschreibung	267
195. Gebrauch	268

Theil VII: Die terrestrische Besteckrechnung.

Allgemeines.

196. Die Besteckrechnung und ihre Aufgaben	270
197. Ablenkende Einwirkungen auf den Weg des Schiffes	270

Erster Abschnitt: Das Segeln in der Loxödrome.

198. 1. Das Meridiansegeln	272
199. 2. Das Parallelsegeln	273
200. 3. Das Segeln auf einem Zwischenstrich.	
Das Kursdreieck	275

A. Die Rechnung nach Mittelbreite.

201. Das Mittelbreitendreieck	277
202. Grenzen der Zweckmässigkeit der Rechnung nach Mittelbreite	278
203. Uebersicht über das Verfahren bei Rechnung nach Mittelbreite und Beispiele	279

B. Die Rechnung nach vergrösserter Breite.

204. Das Merkatordreieck	281
205. Uebersicht über das Verfahren bei Rechnung nach vergrösserter Breite und Beispiele	282

	Seite
Zweiter Abschnitt: Das Koppeln der Kurse.	
§ 206. Das Verfahren beim Koppeln der Kurse	284
§ 207. Anwendung von Strom und Peilungen	286
Dritter Abschnitt: Die Stromschiffahrt.	
§ 208. Das Stromdreieck	287
§ 209. Aufgaben der Stromschiffahrt	288
§ 210. Beispiele zur Ermittlung des Weges über den Grund	288
§ 211. Nachträgliche Bestimmung der Stromversetzung	289
§ 212. Bestimmung des augenblicklichen Stroms	292
§ 213. Ermittlung des zu steuernden Kurses durchs Wasser	292
Vierter Abschnitt: Das Jagdsegeln.	
§ 214. Erklärung und Beispiel	295
Fünfter Abschnitt: Das Segeln im grössten Kreise oder in der Orthodrome.	
§ 215. Allgemeines. Vortheile. Hauptbogen. Abgangskurs, Scheitel, Ankunfts-kurs	296
§ 216. Beurtheilung der Zweckmässigkeit des Segelns im grössten Kreise	298
A. Berechnung des Hauptbogens.	
§ 217. Gang der Rechnung	299
§ 218. Formeln zur Berechnung des grössten Kreises	299
a) Berechnung des Abgangs- und Ankunfts-kurses	301
b) Berechnung der Distanz	302
c) Berechnung des Scheitels	303
d) Berechnung der Zwischenpunkte	303
e) Berechnung des Schnittpunkts mit dem Aequator	304
§ 219. Beispiele	304
§ 220. Verfahren von Lescewich	310
B. Bestimmung des Hauptbogens mit Hilfe besonderer Kartenprojektionen.	
§ 221. Die gnomonische und die stereographische Kartenprojektion	313
§ 222. Airys Näherungsmethode. Kirbys Cirkumnavigator	314
§ 223. Allgemeines. Zusammenstellung einiger orthodromischer und loxodromischer Ozeanwege	315
§ 224. Sechster Abschnitt: Zuverlässigkeit der terrestrischen Besteckrechnung	317
Anhang.	
Tabelle I. Grösse eines Grades der Länge auf den Breitenparallelen 0° bis 89°	323
Tabelle II. Umwandlung der Kompassstriche in Grade und umgekehrt	325
Tabelle III. Produkte jedes Zehntelgrades mit den Sinussen der Kompassstriche	327
Tabelle IV. Entfernungen, in welchen die Korrekturen für Kompensirung der quadrantalen Deviation anzubringen sind	335
Tabelle V. Beschickung einer Lothung auf Niedrigwasser	340
Tabelle VI. Zur Bestimmung des Abstandes in Seemeilen durch zweimalige Peilung eines festen Objekts im Vorübersegeln	341
Tafel I. Linien gleicher magnetischer Deklination. Isogonen.	
Tafel II. Linien gleicher magnetischer Inklination. Isoklinen.	
Tafel III. Linien gleicher Horizontalintensität.	

Abkürzungen und Zeichen im ersten Bande

soweit nicht ohne Weiteres verständlich.

Abkürzung bzw. Zeichen	Bedeutung	Abkürzung bzw. Zeichen	Bedeutung
Abst.	Abstand	mag.	magnetisch
Abtr.	Abtrift	M.	Meridian
Abw.	Abweichung	m	Meter
Aend.	Aenderung	M-D	Meridionaldifferenz
Ah.	Augeshöhe	M-Th	Meridionaltheile
Az.	Azimuth	Mw.	Missweisung
		mw.	missweisend
Bar.	Barometer	Mtg.	Mittag
beob.	beobachtet	Mtn.	Mitternacht
ber.	berechnet	mittl. u. m.	mittlere
Br. u. φ	Breite		
φ_g	gegisste	N.M. od. nachm.	nachmittags
$\varphi_{err.}$	erreichte	N. J.	Nautisches Jahrbuch
φ_m	Mittel-	nördl. u. n.	nördlich
$\varphi_{obs.}$	observirte		
$\varphi_{verl.}$	verlassene	O	Ort
Br-U u. $\Delta \varphi$	Breitenunterschied	östl. u. ö.	östlich
Dev. u. δ	Deviation	Plg. u. \otimes	Peilung, Kreuzpeilung
D.	Distanz		
		rw.	rechtweisend
Entf.	Entfernung		
err.	erreicht	sch. u. s.	scheinbar
		Sm	Seemeile
gem.	gemessen	südl. u. s.	südlich
ges.	gesegelt	stündl. u. p. h.	stündlich
gest.	gesteuert		
		tägl. u. p. d.	täglich
h	Höhe		
H. W.	Hochwasser	ung.	ungefähr
Kt.	Kimmtiefe	verb.	verbessert
Kp.	Kompass	V. u. Verb.	Verbesserung
p. Kp.	nach Kompass	vergr.	vergrössert
Kulm.	Kulmination	verl. u. v.	verlassen
ζ	missweisender Kurs	V. M. u. vorm.	vormittags
ζ_w	wahrer Kurs		
ζ'	Kompasskurs	w.	wahre
		westl. u. w.	westlich
Lg. u. λ	Länge	Zt.	Zeit
λ_g	gegisste		
$\lambda_{err.}$	erreichte	x d h m s	x Tage, Stunden, Minuten, Sekunden (Zeit)
$\lambda_{obs.}$	observirte		
$\lambda_{verl.}$	verlassene		
Lg-U u. $\Delta \lambda$	Längenunterschied	x ° ' "	x Grade, Minuten, Sekunden (Bogen)
Lig.	Ligowski, Nautische Tafeln		

Berichtigungen.

Seite 48, in Figur 27 ist der Buchstabe δ zu streichen.

Seite 53, Zeile 8 von unten: anstatt „ $t = \sqrt{\frac{K}{M \cdot H}}$ “ lies „ $t = \pi \sqrt{\frac{K}{M \cdot H}}$ “.

Seite 157, Zeile 26 von oben: anstatt „Tabelle I“ lies „Tabelle IV, 1“.

Seite 158, Zeile 3 von oben: anstatt „Tabelle III“ lies „Tabelle IV, III“.

Seite 207, Zeile 15 von unten: anstatt „Ausdehnung“ lies „Ausdrehung“.

Seite 247, vorletzte Zeile des Beispiels: anstatt „ $m - K = 89,4$ “ lies „ $m - Kt = 89,4$ “.

Seite 260, erste Zeile, anstatt „3226 Sm“ lies „3226 m“.

Theil I.

Mathematisch-geographische Vorkenntnisse.

Erster Abschnitt.

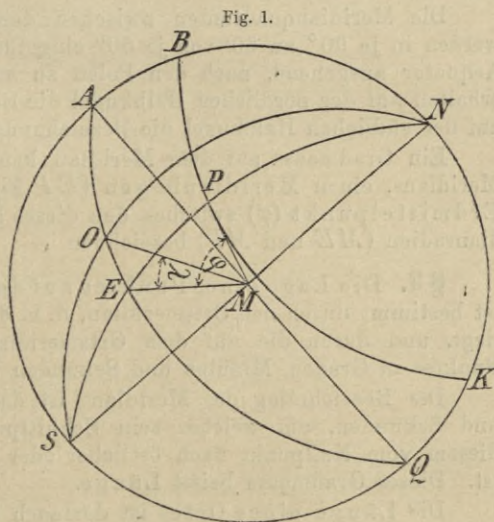
Die Gestalt der Erde und die Eintheilung ihrer Oberfläche.

§ 1. Die Erde ist ein frei im Weltraum schwebender sich um einen ihrer Durchmesser als Achse drehender Körper von angenäherter Kugelform. Die Abweichungen der Erdgestalt von der Kugelform sind so gering, dass dieselbe für die Zwecke der terrestrischen Navigation im Allgemeinen als vollkommene Kugel angesehen werden kann.

Die Drehungsachse der Erde nennt man die Erdachse (Fig. 1 NMS). Die Erdachse trifft die Erdoberfläche in den Polen, dem Nordpol N und dem Südpol S . Eine senkrecht zur Erdachse durch den Erdmittelpunkt gelegte Ebene theilt die Erdkugel in zwei Hälften.

Der Aequator (Fig. 1 AEQ) ist die Schnittlinie dieser Ebene mit der Erdoberfläche. Er ist ein Kreis mit dem Erdmittelpunkt als Centrum, d. i. ein grösster Kreis an der Erdoberfläche. Der Aequator theilt die Erdoberfläche in zwei Hälften. Diejenige Hälfte, in welcher der Nordpol liegt, heisst die nördliche Halbkugel, diejenige Hälfte, in welcher der Südpol liegt, die südliche Halbkugel.

Zum Zweck der Abmessung theilt man den Aequator in 360 Grade zu je 60 Minuten, die Minute zu je 60 Sekunden, ein. (Das Zeichen für Grad



ist $^{\circ}$, für Bogen- oder Winkelminute $'$, für Bogen- oder Winkelsekunde $''$). Die 360 Grade werden von einem bestimmten beliebig zu wählenden Nullpunkt aus nach Ost und West bis je 180° gezählt.

Ost ist die Richtung, welche ein im Nullpunkt der Zählung auf dem Aequator stehender nach dem Nordpol schauender Beobachter zur Rechten hat, West diejenige, welche er zur Linken hat.

Ein gegebenes Gradmaass kann sowohl die Länge eines Aequatorbogens (OE Fig. 1), wie den Winkel am Erdmittelpunkt (λ) bedeuten, welchen die den Aequatorbogen einschliessenden Aequatorradien bilden.

§ 2. Jede beliebige durch die Erdachse gelegte Ebene schneidet die Erdoberfläche in einem grössten Kreis, der durch die beiden Pole geht. Dieser grösste Kreis heisst Meridian. Man kann beliebig viele Ebenen durch die Erdachse legen und erhält dann beliebig viele Meridiane von gleichem Umfang, deren Durchmesser die Erdachse ist.

Legt man durch jeden Grad der Aequatortheilung einen Meridian, so erhält man 360 halbe Kreise, welche je nach der Stelle, an welcher sie die Aequatortheilung schneiden, als Meridiane von x° (0° — 180°) Ost oder West bezeichnet werden. Ebenso, wie durch die vollen Grade der Aequatortheilung kann man durch jede Unterabtheilung derselben Meridiane legen, welche dieser entsprechend benannt werden.

Der durch den Nullpunkt der Aequatortheilung gehende Meridian heisst Nullmeridian; er theilt die Erdkugel, zusammen mit dem ihn zum vollen Kreis ergänzenden Meridian von 180° , in die östliche und westliche Halbkugel.

Die Meridianquadranten zwischen dem Aequator und den Polen werden in je 90° zu $60'$ von je $60''$ eingetheilt. Die Grade werden, vom Aequator ausgehend, nach den Polen zu von 0° bis 90° gezählt und erhalten auf der nördlichen Halbkugel die Bezeichnung Nord (N oder $+$), auf der südlichen Halbkugel die Bezeichnung Süd (S oder $-$).

Ein Gradmaass auf dem Meridian kann entweder einen Theil des Meridians, einen Meridianbogen (EP Fig. 1), oder den Winkel am Erdmittelpunkt (φ) zwischen den diesen Bogen einschliessenden Meridianradien (ME und MP) bezeichnen.

§ 3. Die Lage eines Punktes auf der Erdoberfläche (P Fig. 1) ist bestimmt durch den Ortsmeridian, d. h. den Meridian, auf welchem er liegt, und durch die auf dem Ortsmeridian gezählte Entfernung des Punktes in Graden, Minuten und Sekunden vom Aequator.

Die Bezeichnung des Meridians ist das Maass in Graden, Minuten und Sekunden, um welches sein Schnittpunkt mit dem Aequator auf diesem vom Nullpunkt nach östlicher oder westlicher Richtung entfernt ist. Dieses Gradmaass heisst Länge.

Die Länge eines Ortes ist demnach der Bogen des Aequators zwischen dem willkürlich gewählten Nullmeridian und dem Ortsmeridian oder der Winkel am Erdmittelpunkt zwischen den nach dem Null-

meridian und dem Ortsmeridian gezogenen Aequatorradien. Dieser Winkel ist auch gleich dem Winkel zwischen den Ebenen des Ortsmeridians und des Nullmeridians.

Die Länge wird als Ostlänge oder als Westlänge bezeichnet, je nachdem der Ort auf der östlichen oder der westlichen Halbkugel liegt.

Die auf dem Ortsmeridian nach Graden, Minuten und Sekunden der Meridiantheilung gemessene Entfernung des Ortes vom Aequator heisst Breite.

Die Breite eines Ortes ist demnach der Bogen des Ortsmeridians zwischen dem Ort und dem Aequator, oder der Winkel am Erdmittelpunkt zwischen dem nach dem Ort gehenden Erdradius und dem nach dem Schnittpunkt des Ortsmeridians mit dem Aequator gerichteten Halbmesser.

Die Breite heisst Nordbreite oder Südbreite, je nachdem der Ort auf der nördlichen oder südlichen Halbkugel liegt.

Durch Länge und Breite ist die Lage jedes Ortes auf der Erdoberfläche bestimmt. Zur Benennung von Länge und Breite sind die Zeichen W oder + und O oder — bzw. N oder + und S oder — gebräuchlich.

§ 4. Alle Orte gleicher Breite liegen auf einem dem Aequator parallelen Kreis, dem Breitenkreis oder Breitenparallel. Die Schnittlinie jeder beliebigen parallel zur Aequatorebene durch die Erdkugel gelegten Ebene mit der Erdoberfläche ist ein Breitenkreis. Auch der Aequator, welcher alle Orte auf 0° Breite verbindet, ist ein Breitenkreis und zwar der grösste.

Die Breitenkreise nehmen nach den Polen zu im Verhältniss des Kosinus der Breite an Umfang ab (Fig. 2 Seite 4). Sie werden ganz ebenso wie der Aequator in 360° und deren Unterabtheilungen getheilt, so dass die Länge in Graden ebenso auf den Breitenkreisen oder durch die Winkel zwischen den Breitenkreisradien gemessen werden kann, wie dies auf dem Aequator oder durch den Winkel zwischen den Aequatorradien geschieht.

§ 5. Das netzartige System von Meridianen und Breitenkreisen, mit welchem man sich die Erdoberfläche überzogen denkt, nennt man das Koordinatensystem für die Orientirung auf der Erde.

Der Nullpunkt dieses Koordinatensystems ist der willkürlich gewählte Anfangspunkt der Aequatortheilung, durch welchen der Nullmeridian geht. Für letzteren sind bei verschiedenen Nationen verschiedene Annahmen gemacht worden. Bei seiner Auswahl war im Allgemeinen der Gesichtspunkt leitend, dass der Nullmeridian mit dem genau festgelegten Ortsmeridian einer wichtigen Sternwarte zusammenfallen sollte. Im Seegebrauch gilt der durch das Mittagsfernrohr der Sternwarte von Greenwich gehende Meridian von Greenwich vorherrschend als Nullmeridian. Die folgende Tabelle giebt die wichtigsten Nullmeridiane und ihre gegenseitige Lage.

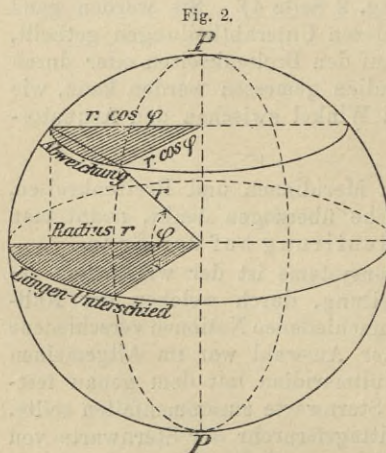
Tafel zur Umrechnung von Längenangaben nach den verschiedenen Nullmeridianen.

	Greenwich	Paris	Amsterdam	Berlin	Pulkowa	Washington	Ferro	SanFernando Cadix
	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″
Greenwich . . .	—	+ 2 20 15	+ 4 53 4	+ 13 23 43	+ 30 19 46	— 77 3 3	— 17 39 45	— 6 12 20
Paris	— 2 20 15	—	+ 2 32 49	+ 11 3 28	+ 27 59 25	— 79 23 18	— 20 0 0	— 8 32 55
Amsterdam . . .	— 4 53 4	— 2 32 49	—	+ 8 30 39	+ 25 26 36	— 81 56 7	— 22 32 49	— 11 5 24
Berlin	— 13 23 43	— 11 3 28	— 8 30 39	—	+ 16 55 57	— 90 26 46	— 31 3 28	— 19 36 3
Pulkowa	— 30 19 40	— 27 59 25	— 25 26 36	— 16 55 57	—	— 107 22 43	— 47 59 25	— 36 32 0
Washington . . .	+ 77 3 3	+ 79 23 18	+ 81 56 7	+ 90 26 46	+ 107 22 43	—	+ 59 23 18	+ 70 50 43
Ferro	+ 17 39 45	+ 20 0 0	+ 22 32 49	+ 31 3 28	+ 47 59 25	— 59 23 18	—	+ 11 27 25
SanFernando Cadix	+ 6 12 20	+ 8 32 35	+ 11 5 24	+ 19 36 3	+ 36 32 0	— 70 50 43	— 11 27 25	—

§ 6. Die gegenseitige Lage zweier Orte zu einander wird bestimmt durch den Breitenunterschied und den Längenunterschied.

Der Breitenunterschied ist der kürzeste Abstand auf der Erdoberfläche zwischen den Breitenkreisen beider Orte. Derselbe wird entweder durch den Bogen eines Meridians zwischen den beiden Breitenkreisen oder durch den Winkel zwischen zwei Erdradien gemessen, welche in der gleichen Meridianebene nach den Breitenkreisen gezogen sind, und in Graden, Minuten und Sekunden ausgedrückt. Der Breitenunterschied ist gleich der Differenz der Breiten beider Orte, wenn diese auf derselben Halbkugel liegen, und gleich der Summe, wenn sie auf verschiedenen Halbkugeln, also zu beiden Seiten des Aequators, sich befinden.

Der Längenunterschied ist der Winkel zwischen den Ebenen der beiden Ortsmeridiane, dargestellt durch die in Graden, Minuten und Sekunden ausgedrückten Bogenstücke



des Aequators oder eines Breitenkreises, welche zwischen den Ortsmeridianen liegen, oder auch durch den Winkel zwischen den diese Bögen einschliessenden Radien des Aequators oder Breitenparallels. Der Längenunterschied ist gleich der Differenz der Längen beider Orte, wenn diese auf derselben Halbkugel, und gleich der Summe der Längen, wenn die Orte auf verschiedenen Halbkugeln zu beiden Seiten des Nullmeridians liegen.

Wenn zwei Orte auf demselben Breitenparallel ausserhalb des Aequators liegen, ist, wegen der Abnahme des Umfangs der Breiten-

kreise nach den Polen hin, der zwischen den Orten auf dem Breitenkreise zurückzuliegende Weg in Strecke kürzer als der in gleichem Gradmaass ausgedrückte Längenunterschied auf dem Aequator. Der Unterschied in

der Länge zweier Orte, ausgedrückt durch den Weg auf einem Breitenkreis zwischen den Ortsmeridianen, heisst Abweichung.

Der Längenunterschied verhält sich zur Abweichung stets wie $1 : \cos \varphi$, daher

$$\text{Abw.} = Lg. U. \cos \varphi,$$
wenn φ die Breite ist, auf welcher die Abweichung gemessen wird. (Fig. 2.)

Zweiter Abschnitt.

Die Horizonte. Die Himmelsrichtungen.

A. Die Horizonte.

§ 7. Man unterscheidet in der Navigation 3 verschiedene Horizonte.

1. Der natürliche Horizont, Seehorizont, auch Kimm genannt, ist die Kreislinie, welche den von einem Beobachter auf dem Meere frei überblickten Theil der Erdoberfläche begrenzt.

Der natürliche Horizont entsteht dadurch, dass der vom Auge des Beobachters ausgehende die Erde berührende Sehstrahl (OS Fig. 3) einer vollen Runddrehung des Auges beim Rundblick des Beobachters folgt. Der Berührungspunkt des Sehstrahls mit der Erdoberfläche beschreibt bei dieser Rundbewegung einen Kreis, den natürlichen Horizont.

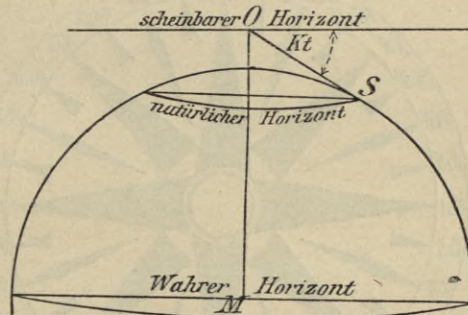
Der Umfang des natürlichen Horizontes und die Grösse des von ihm eingeschlossenen Gesichtsfeldes hängt unmittelbar von der Augeshöhe ab, d. h. von der Höhe, in welcher sich das Auge des Beobachters über der Erdoberfläche befindet. Horizont und Gesichtsfeld wachsen mit der Augeshöhe und nehmen mit dieser ab. Das Gesichtsfeld ist zwar ein Kugelabschnitt, aber ein so kleiner Theil der Erdoberfläche, dass es im Allgemeinen als eine Ebene angesehen werden kann.

2. Der scheinbare Horizont ist eine durch das Auge des Beobachters gelegt gedachte Horizontalebene. Wenn die Augeshöhe gleich Null ist, berührt der Sehstrahl die Erdoberfläche im Beobachtungsort und beschreibt beim Rundblick eine Berührungsebene, den scheinbaren Horizont. Mit wachsender Augeshöhe verschiebt sich diese Horizontalebene parallel mit sich selbst.

Der scheinbare Horizont steht senkrecht auf der Richtung der Schwerkraft, der Vertikallinie (OM Fig. 3). Der Winkel (Kt Fig. 3) zwischen dem scheinbaren und dem natürlichen Horizont heisst Kimmtiefe.

3. Der wahre Horizont ist eine Ebene, welche senkrecht zur Vertikallinie des Beobachters, also parallel dem natürlichen Horizont durch den Erdmittelpunkt (M) gelegt, gedacht wird. Der wahre Horizont hat nur für die astronomische Navigation Bedeutung.

Fig. 3.



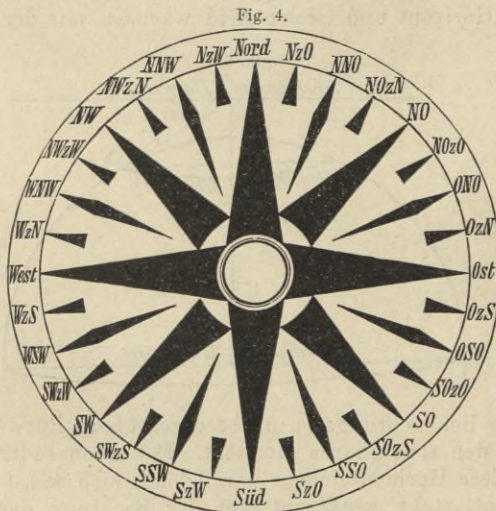
B. Die Himmelsrichtungen.

§ 8. Zum Zweck der Bestimmung der Himmelsrichtungen wird der natürliche Horizont in 32 Striche oder 360 Grade eingetheilt. Beiden Eintheilungen liegen der Meridian und der Breitenkreis des Orts zu Grunde. Die auf dieser Grundlage bestimmten Richtungen heissen wahre oder rechtweisende Richtungen.

Der Meridian schneidet den natürlichen Horizont in dem nach dem Nordpol zu liegenden wahren Nordpunkt und dem nach dem Südpol zu liegenden wahren Südpunkt. Die Verbindungslinie beider Punkte heisst die wahre oder astronomische Nord-Südlinie.

Der Breitenkreis schneidet den natürlichen Horizont im wahren Ostpunkt und im wahren Westpunkt. Der nach Norden schauende Beobachter hat den wahren Ostpunkt zur Rechten, den wahren Westpunkt zur Linken. Die Verbindungslinie des wahren Ost- und Westpunktes heisst die wahre oder astronomische Ost-Westlinie und ist eine Senkrechte zur wahren Nord-Südlinie.

Die Nord-Südlinie und die Ost-Westlinie stehen senkrecht zu einander; sie theilen den natürlichen Horizont in vier Quadranten. Nord, Ost, Süd und West heissen die vier Haupt- oder Kardinalpunkte. Durch Halbierung der Zwischenräume erhält man die vier Zwischenhaupt- oder Interkardinalpunkte: Nordost, Südost, Südwest und Nordwest. Durch Viertheilung der Zwischenräume zwischen den acht Kardinal-



und Interkardinalpunkten erhält man 32 Himmelsrichtungen oder Striche, deren Benennung Fig. 4 zeigt. Der Zwischenraum zwischen den einzelnen Strichen ist noch in Viertelstriche eingetheilt. Eine in der Weise, wie Fig. 4 angiebt, nach den Himmelsrichtungen eingetheilte Scheibe nennt man eine Kompassrose oder Windrose.

Die Gradeintheilung des Horizontes und der Kompassrose geht in der Regel vom wahren Nordpunkt als Nullpunkt aus in der Richtung über Ost bis

360°. Eine ältere Art der Eintheilung ist die vom wahren Nordpunkt und dem wahren Südpunkt als Nullpunkten nach beiden Seiten bis 90° gehende quadrantale Theilung.

§ 9. Die Verbindungslinie des Auges des Beobachters mit einem Gegenstand heisst Peilungslinie. Die Peilungsrichtung ist die

Projektion der Peilungslinie auf den Horizont, sie wird nach dem Theilungsstrich der Kompassrose, mit welchem sie sich deckt, nach Strichen oder nach Graden benannt. Eine Verwandlungstabelle von Strichen in Grade ist in den nautischen Tafeln von Ligowski unter No. XXVII enthalten.

Der Winkel der Peilungsrichtung eines Gegenstandes mit der wahren Nord-Südlinie heisst Azimuth. Das Azimuth wird von Norden oder Süden über Ost oder West bis 180° gezählt.

Die Richtung von Gegenständen kann auch durch den Winkel zwischen der Ost-Westlinie und der Peilungslinie ausgedrückt werden. Dieser Winkel heisst Amplitude. Dieselbe wird von Ost oder West nach Nord oder Süd bis 90° gezählt.

Dritter Abschnitt.

Die Maasse auf der Erde, die Abplattung, die geographische und die geocentrische Breite.

§ 10. Als Maasseinheit für die Längenmessung auf der Erde dient das Meter (m), dessen Länge gleich dem zehnmillionsten Theil eines Meridianquadranten angenommen wird.

Als Maasseinheit für die Messung von Seewegen gilt die Länge einer Meridianminute, die Seemeile (sm).

Unter der Voraussetzung, dass die Erde eine vollkommene Kugel, also jeder Meridian ein Kreis ist, stellt sich demnach die Länge der Seemeile auf

$$\frac{10\,000\,000}{90 \cdot 60} = 1851,82 \text{ m.}$$

Thatsächlich hat die Erde aber nur eine angenäherte Kugelform. Sie ist infolge der Drehung um ihre Achse ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid, so dass nur der Aequator und die Breitenparallele vollkommene Kreise, die Meridiane dagegen Ellipsen sind, deren kleine Achse die Erdachse und deren grosse Achse ein Aequatordurchmesser ist.

Das Maass der Abplattung der Erde ist von verschiedenen Astronomen festgestellt worden. Nach den neuesten Untersuchungen sind die Angaben von Bessel hierfür als maassgebend anzusehen. Derselbe fand, wenn a den Aequatorhalbmesser, b die halbe Erdachse bedeutet, die Ab-

$$\text{plattung } x = \frac{a - b}{a} = \frac{1}{299,153}.$$

Die Länge des Aequatorhalbmessers stellte er zu **6 377 397,16 m**, die Länge der halben Erdachse zu **6 356 078,97 m** fest.

Unter Berücksichtigung der Abplattung der Erde ergab sich der 5400^{ste} Theil des Meridianquadranten zu 1852,01 m. Die Länge der Meridianminute auf 45° Breite stellte sich auf 1851,83 m. Rundet man alle diese Ergebnisse auf volle Meter ab, so erhält man für die mittlere Länge der Meridianminute, d. i. die Seemeile, **1852 m**. Der zehnte Theil einer Seemeile heisst Kabellänge und wird zu 185 m gerechnet.

Als Maasseinheit für die Messung von Landwegen ist unter Anderem auch die geographische Meile, der 15^{te} Theil eines Aequatorgrades,

gebräuchlich. Nach den Besselschen Berechnungen ist die Länge der Aequatorminute 1855,11 m. Demnach ist die Länge der geographischen Meile 7420,44 m, rund 7,4 km.

Da der Umfang der Breitenparallele nach den Polen zu im Verhältniss des Kosinus der Breite abnimmt, verringert sich auch die Grösse eines Längengrades auf den Breitenparallelen in demselben Verhältniss zum Aequatorgrad. Tabelle I des Anhangs enthält die Grösse eines Längengrades auf den Breitenparallelen von 0°—89° in Seemeilen.

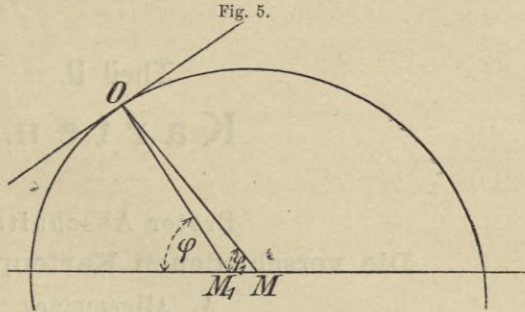
§ 11. Während die Seemeile die Maasseinheit für horizontale Entfernungen zur See bildet, werden Höhen und Tiefen vorherrschend in Metern ausgedrückt. In einigen ausserdeutschen Ländern sind zum Theil noch andere Maasse gebräuchlich. Es folgt hier eine Zusammenstellung derselben. Kleine Abweichungen in der Länge der Seemeile haben ihren Grund in der verschiedenen Erklärung derselben. Die meisten anderen Maasse sind aus Theilungen des Aequatorgrades in 15, 18 oder 20 gleiche Theile entstanden.

Wegemaasse.			
m		m	
Deutschland: Seemeile . . .	} 1852,00	Deutschland: geographische	
Frankreich: mille marin . .		Meile	7420,00
Dänemark: Qvartmiil . . .	}	England: {	statute mile 1609,30
England: sea mile			London mile 1523,97
Holland: zeemijl	} 1851,85	League	(3 sea miles) 5555,55
Italien: miglio			Frankreich: {
Spanien: milla legal	}	Lieue	4444,44
Japan: Kai ri			1853,15
Deutschland: Kabellänge . .	} 185,00	Norwegen: mil	11295,48
England: cables length . . .		Portugal: legoa	6173,00
Frankreich: encablure	} 200,00	Russland: werst	1066,78
Spanien: medida o cable		Schweden: mil	10688,00
Russland: Kabel	182,90	Spanien: legua	
Holland: Kabellengte	225,00	maritima	5555,55
Portugal: estadio	258,00	Türkei: barri	577,00
		China: li	442,00
		Japan: ri	3910,00

Tiefenmaasse.

m		m	
Dänemark: favn	1,883	Schweden: favn	1,781
England: fathom	1,829	Spanien: braza	1,672
Niederlande: vadem	1,699	Dänischer, preussischer,	
Norwegen: favn	1,883	rheinischer Fuss	0,3138
Portugal: braça	2,200	Englischer und russischer	
Russland: saschen	1,829	Fuss	0,3048

§ 12. Eine Folge der Abplattung der Erde ist, dass die Vertikallinie eines Ortes auf der Erdoberfläche, ausser wenn der Ort an den beiden Polen oder auf dem Aequator liegt, nicht mit dem nach dem Ort gezogenen Erdhalbmesser zusammenfällt. Der Winkel (φ Fig. 5), welchen die Vertikallinie mit der Aequatorebene macht, heisst die geographische Breite und ist immer um den Winkel MOM_1 grösser als der Winkel (φ_1) zwischen dem Erdradius und der Aequatorebene, d. i. die geocentrische Breite.



Nachstehende Tabelle veranschaulicht den Unterschied zwischen geographischer und geocentrischer Breite auf verschiedenen Breiten. Derselbe ist auf dem Aequator und an den Polen gleich Null und erreicht seinen Höchstbetrag bei 45° Breite.

Unterschied der geographischen und geocentrischen Breite.

φ	$\varphi - \varphi_1$		φ	$\varphi - \varphi_1$		φ	$\varphi - \varphi_1$		φ	$\varphi - \varphi_1$	
0	'	"	0	'	"	0	'	"	0	'	"
1	0	24	13	5	1	25	8	46	37	11	1
2	0	48	14	5	22	26	9	2	38	11	8
3	1	12	15	5	43	27	9	16	39	11	13
4	1	35	16	6	4	28	9	30	40	11	18
5	1	59	17	6	24	29	9	43	41	11	22
6	2	23	18	6	44	30	9	55	42	11	25
7	2	46	19	7	3	31	10	7	43	11	27
8	3	9	20	7	22	32	10	18	44	11	28
9	3	32	21	7	40	33	10	28	45	11	29
10	3	55	22	7	57	34	10	38	46	11	28
11	4	17	23	8	14	35	10	46	47	11	27
12	4	39	24	8	30	36	10	54	48	11	25
										u. s. f.	u. s. f.

In der terrestrischen Navigation kann dieser Unterschied unberücksichtigt bleiben, da für dieselbe die Voraussetzung, dass die Erde Kugelgestalt hat, statthaft ist.

Theil II.

Karten.

Erster Abschnitt.

Die verschiedenen Kartenprojektionen.

A. Allgemeines.

§ 13. Der Navigator bedarf eines Abbildes der Erdoberfläche, um Ort und Weg des Schiffes auf demselben zur Darstellung zu bringen.

Eine in allen Punkten treue Abbildung muss alle Flächen, Richtungen und Strecken den Verhältnissen an der Erdoberfläche entsprechend in verkleinertem Maassstabe genau wiedergeben. Sie muss den Forderungen der Flächentreue (Aequivalenz), der Winkeltreue (Konformität) und der Abstandstreue (Aequidistanz) gerecht werden. Die einzige Darstellung, welche diese Bedingungen sämtlich gleichzeitig erfüllt, ist der Globus.

Der Globus ist für die Zwecke des Navigators ungeeignet, derselbe bedarf einer Darstellung der Erdoberfläche auf ebener Fläche. Eine solche Darstellung heisst Karte.

Da die Karte nicht im Stande ist, ein nach allen Hinsichten richtiges Bild zu liefern, muss man sich damit begnügen, je nach dem Zweck der Karte der einen oder anderen Grundforderung streng nachzukommen und den übrigen nach Möglichkeit gerecht zu werden.

Hierdurch entstehen verschiedene Kartenkonstruktionen, welche in erster Linie bei der Zeichnung des Kartennetzes zur Geltung kommen.

Das Kartennetz ist die Grundlage für jede Karte; es ist die Wiedergabe des Koordinatensystems der Erde, ohne Rücksicht auf die physikalische Beschaffenheit des Theils der Erdoberfläche, welcher zur Darstellung kommen soll.

Das Kartennetz entsteht durch die Projektion des auf der Erde gedachten Koordinatensystems auf eine Ebene oder eine abwickelbare Fläche. Die letztere kann ein Kegel oder ein Cylinder sein.

Man unterscheidet demnach: Projektionen auf die Ebene, Kegelpjektionen und Cylinderprojektionen.

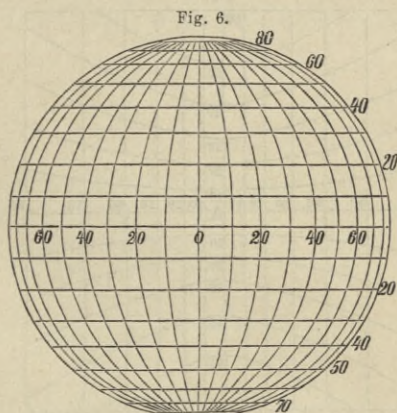
Von den Projektionen auf die Ebene sind die wichtigsten:

1. Die orthographische Projektion.
2. Die gnomonische Projektion.
3. Die stereographische Projektion.

B. Die orthographische Projektion.

§ 14. Die orthographische Projektion liefert das Bild der Erdoberfläche dadurch, dass unter sich parallele von der Erde ausgehende Projektionsstrahlen rechtwinklig auf die Kartenebene fallen. Das entstehende Bild gleicht dem Anblick, welchen die betreffende Halbkugel der Erde einem in grosser Entfernung stehenden Beschauer bietet. Eine Photographie des Mondes ist z. B. eine Mondkarte in orthographischer Projektion. Zur Entnahme der Entfernung und Richtung zwischen zwei Punkten der Erdoberfläche eignet sich eine solche Karte nicht, da Flächen und Linien verkürzt und die Winkel unrichtig dargestellt werden. Die Abbildung wird an den Rändern stark zusammengedrängt. (Siehe Fig. 6.)

Die orthographische Projektion findet wegen dieser Mängel in der Navigation keine Verwendung.



C. Die gnomonische Projektion.

§ 15. Die gnomonische Projektion der Erdoberfläche entsteht durch Projektionsstrahlen, welche vom Mittelpunkt der Erde aus durch alle Punkte der Kugelschale gehen und eine die Erdkugel berührende Kartenebene treffen.

Der Ausgangspunkt der Projektionsstrahlen ist der Mittelpunkt sämtlicher grössten Kreise auf der Erdoberfläche. Die Projektion jedes grössten Kreises auf die Kartenebene wird demnach durch Radien desselben gezeichnet. Da diese Radien in der Ebene des grössten Kreises liegen, fällt die Projektion desselben mit der Schnittlinie seiner Ebene und der Kartenebene zusammen. Die Schnittlinie zweier Ebenen ist stets eine gerade Linie. Sämtliche grössten Kreise, also auch Aequator und Meridiane, erscheinen daher in der gnomonischen Projektion als gerade Linien.

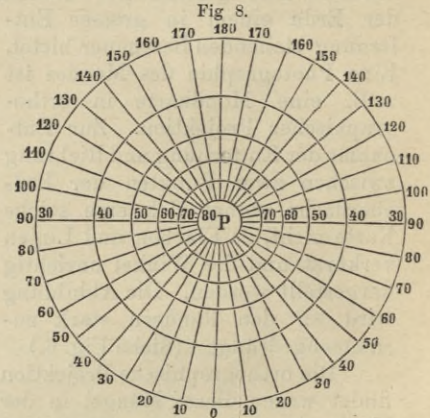
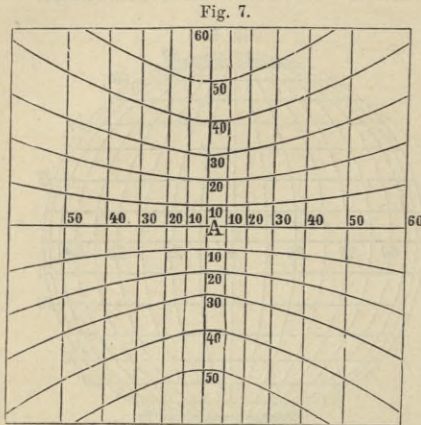
Die gnomonische Projektion eignet sich besonders zur Darstellung des Himmelsgewölbes, in dessen Mittelpunkt wir uns befinden.

Der Sternhimmel wird häufig in sechs Karten dargestellt, von welchen vier die gnomonische Projektion desselben auf eine Berührungsebene an verschiedenen Punkten des Aequators, die Aequatorialprojektion (Fig. 7), und zwei eine solche auf eine Berührungsebene in den Polen, die Polarprojektion (Fig. 8), darstellen.

Für die Abbildung der Erdoberfläche sind diese Karten wenig geeignet; das Bild der gnomonischen Aequatorialprojektion (Fig. 7) zeigt, dass alle Abstände von der Mitte der Karte nach den Rändern zu wachsen, dass also ein einfacher Maassstab nicht anwendbar ist. Die Winkel

kommen, wie die Hyperbelform der Parallelkreise zeigt, unrichtig zur Darstellung, es kann also weder Richtung noch Entfernung unmittelbar aus der Karte entnommen werden.

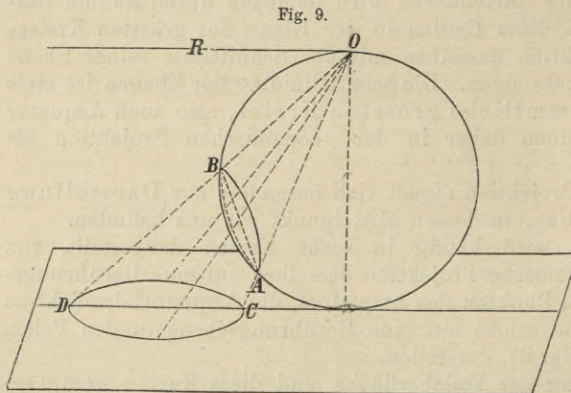
Der Umstand jedoch, dass die gerade Verbindungslinie zwischen zwei Punkten der Erdoberfläche den grössten Kreis, also den kürzesten



Weg zwischen diesen, darstellt, macht diese Karten zu einem schätzenswerthen Hilfsmittel für das Segeln im grössten Kreise. Gnomonische Karten sind zu diesem Zweck verschiedentlich veröffentlicht worden.

D. Die stereographische Projektion.

§ 16. Die stereographische Projektion wird durch Projektionsstrahlen erzeugt, welche von einem Punkte der Erdoberfläche ausgehen und eine die Erdkugel in einem diametral gegenüberliegenden Punkt berührende Kartenebene treffen (Fig. 9).



Die stereographische Projektion hat folgende kennzeichnenden Eigenschaften:

1. Alle Kreise auf der Erdoberfläche, welche durch den Ausgangspunkt der Projektionsstrahlen gehen, erscheinen auf der Karte als gerade Linien.
2. Alle Kreise auf der Erdoberfläche, welche nicht durch den Ausgangspunkt der Projektionsstrahlen gehen, erscheinen auf der Karte als Kreise.

3. Alle Winkel auf der Erdoberfläche werden in der Karte richtig wiedergegeben.

Diese drei Sätze lassen sich mathematisch beweisen.

Beweis zu 1. Die Projektionsstrahlen, welche einen Kreis projiciren, dessen Peripherie durch den Ausgangspunkt der Projektionsstrahlen geht, müssen sämtlich in der Ebene dieses Kreises liegen. Die Projektion des Kreises fällt in die Schnittlinie der Kreisebene mit der Kartenebene, muss also eine gerade Linie sein, da die Schnittlinie zweier Ebenen eine gerade Linie ist.

Beweis zu 2. Werden alle Punkte der Peripherie eines beliebigen Kreises mit einem Punkt ausserhalb der Ebene dieses Kreises verbunden, so entsteht ein Kegel. Soll also ein Kreis auf der Erdkugel vom Punkt O aus (Fig. 9) projicirt werden, so bilden die Projektionsstrahlen einen Kegelmantel, und jede Projektion wird ein Kegelschnitt. Zieht man für den zu projicirenden Kreis einen Durchmesser AB in der zu dem Kreise senkrechten Ebene eines durch O gehenden grössten Kreises, so ist die Projektion dieses Durchmessers eine gerade Linie CD und es ist

$$\triangle OAB \sim \triangle ODC.$$

Denn zieht man in O die Tangente OR parallel DC , so ist:

$$\begin{aligned} \angle BAO &= \angle BOR \text{ und} \\ \angle CDO &= \angle BOR, \text{ folglich} \\ \angle BAO &= \angle CDO. \end{aligned}$$

Da ferner der Winkel bei O beiden Dreiecken gemeinsam ist, gilt:

$$\angle OBA = \angle OCD.$$

AB und CD sind also Wechselschnitte und die in den Ebenen von AB und CD liegenden zu der gemeinschaftlichen Ebene $OACDB$ senkrechten Kegelschnitte sind Wechselschnitte des Kegels. Wechselschnitte eines Kegels sind aber Kreise, wie sich aus folgender Betrachtung ergibt. Wird in Fig. 10 durch einen beliebigen Punkt P der Linie AB eine Parallele EF zu CD gezogen, so ergibt sich

$$\begin{aligned} \triangle PAE &\sim \triangle PBF, \text{ also} \\ PA \cdot PB &= PE \cdot PF. \end{aligned}$$

Die beiden Ebenen von AB und EF rechtwinklig zur Ebene $OACDB$ haben die Schnittlinie PQ gemein, daher steht PQ sowohl auf AB wie auf EF senkrecht. Man hat daher in dem Kreise, dessen Durchmesser AB ist, $QP^2 = PA \cdot PB$, also auch $QP^2 = PE \cdot PF$. Aus der letzteren Beziehung folgt, dass auch der Kegelschnitt $FQEP$ ein Kreis ist, folglich ist auch der diesem Kreise parallele Kegelschnitt durch CD auf der Kartenebene ein Kreis.

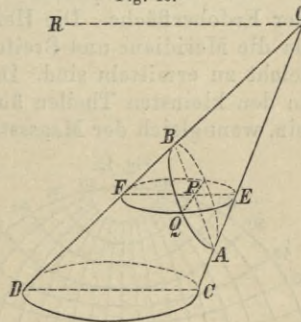
Beweis zu 3. Zunächst ist der Satz zu begründen: Durch zwei Wechselschnitte eines Kegels lässt sich stets eine Kugel legen.

Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke (Fig. 9) folgt:

$$OC \cdot OA = OB \cdot OD.$$

Durch die Punkte $ABDC$ lässt sich daher ein Kreis legen. Die Linien OC und OD sind aber ein beliebiges Paar zweier um 180° voneinander liegender Projektionsstrahlen des Projektionskegels. Für jedes andere Paar entsprechend liegender Projektionsstrahlen muss diese Bedingung gleichfalls erfüllt werden. Alle Kreise, welche je einem solchen Paar zukommen, haben einen gemeinsamen Mittelpunkt. Derselbe wird gefunden, indem man in den Mittelpunkten der beiden Kreise AB und CD Perpendikel errichtet und diese bis zu ihrem Schnittpunkt verlängert. Es ergibt sich also, dass alle diese Kreise denselben Mittelpunkt und gleiche Radien haben, dieselben bilden also zusammen eine Kugel. Da nun alle Tangenten, welche man von ein und demselben Punkt aus an eine Kugel legen kann, gleich lang sind, gilt auch der Satz:

Fig. 10.



Wenn man von einem Punkte der Linie, in welchem sich die Ebenen zweier Wechselschnitte eines Kegels schneiden, an diese beiden Kreise Tangenten legt, so sind dieselben gleich lang.

Auf diesen Satz gründet sich der Beweis: Die Winkel, unter welchen sich zwei Kreise auf der Kugel schneiden, sind gleich den Winkeln, unter welchen sich ihre stereographischen Projektionen schneiden. Die Winkel, unter welchen sich zwei Kreise schneiden, sind nämlich die Winkel, unter welchen sich die im

Schnittpunkt an beide gelegten Tangenten schneiden. Es seien XP und XP^1 (Fig. 11) die Tangenten eines Kugelkreises und seiner stereographischen Projektion, YP und YP^1 die Tangenten eines zweiten durch P gehenden Kreises derselben Kugel und seiner Projektion, so ist

$$XP = XP^1$$

$$YP = YP^1$$

$$XY = XY$$

also $\triangle XYP \cong \triangle XYP^1$, folglich auch $\angle XPY = \angle XP^1Y$.

Es folgt hieraus allgemein, dass alle Winkel, welche auf einer Kugel gedacht werden können, auf einer nach stereographischer Projektion entworfenen Karte unverändert wiedergegeben werden.

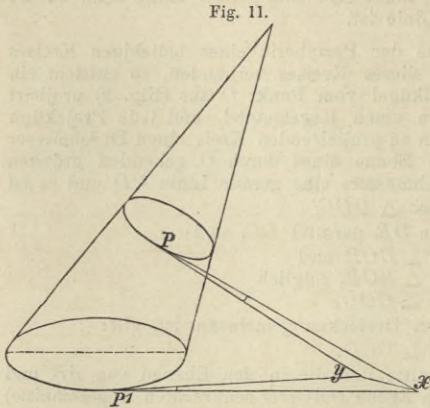


Fig. 11.

Die stereographische Projektion liefert ein sehr anschauliches Bild der Erdoberfläche. Die Herstellung des Kartennetzes ist nicht schwierig, da die Meridiane und Breitenparallele als Kreise erscheinen, deren Radien leicht zu ermitteln sind. Dank der Winkeltreue ist das Bild dem Original in den kleinsten Theilen ähnlich; es tritt keine Verzerrung der Umrisse ein, wengleich der Maassstab von der Mitte nach dem Umfang zu wächst.

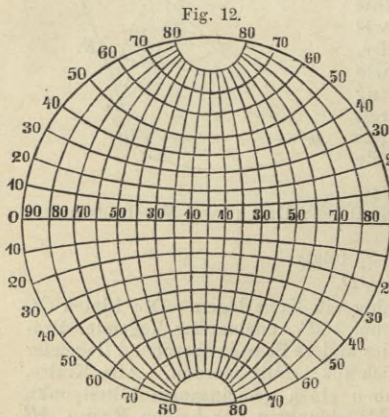


Fig. 12.

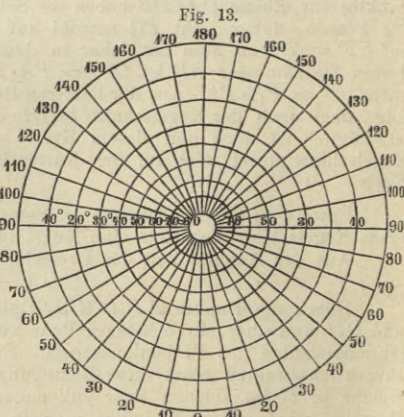
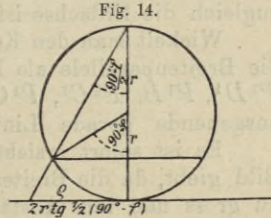


Fig. 13.

Fig. 12 stellt eine Karte, für welche der Ausgangspunkt der Projektionsstrahlen im Aequator liegt, eine Aequatorialprojektion, dar. Alle Linien in dieser Darstellung sind Kreise, nur der Aequator und der Meridian des Berührungsortes sind gerade Linien.

Fig. 13 stellt eine stereographische Polarprojektion dar. Alle Meridiane erscheinen hier als gerade Linien. Die Breitenparallele sind konzentrische Kreise. Der Radius ρ jedes Breitenparallels auf der Karte wird ausgedrückt durch die Formel $\rho = 2 r \operatorname{tg} \frac{1}{2} (90^\circ - \varphi)$. Die Erklärung giebt Fig. 14.

Die stereographische Projektion wird bei der Herstellung von Landkarten vorzugsweise gebraucht. Ihrer Verwendung für Navigationszwecke steht der veränderliche Maassstab und die Schwierigkeit, Kompassrichtungen darzustellen, entgegen.



E. Die Kegelprojektionen.

§ 17. Von den Kegelprojektionen hat für die Navigation nur die polykonische Projektion Bedeutung. Dieselbe entwickelt sich aus der einfachen und der äquidistanten Kegelprojektion, deren kurze Besprechung deshalb der Behandlung der polykonischen Projektion vorangeht.

Die einfache Kegelprojektion entsteht dadurch, dass man sich die Erdkugel von einem Kegelmantel umgeben denkt, welcher dieselbe in einem Breitenparallel berührt und dessen Spitze in der Verlängerung der Erdachse liegt. Als Projektionsstrahlen betrachtet man die Radien der Breitenparallele. Sie treffen den Kegelmantel in seiner Schnittlinie mit der Ebene des Breitenparallels. Die Abbildung eines Breitenparallels auf dem Kegelmantel ist also ein Kreis, dessen

Fig. 15.

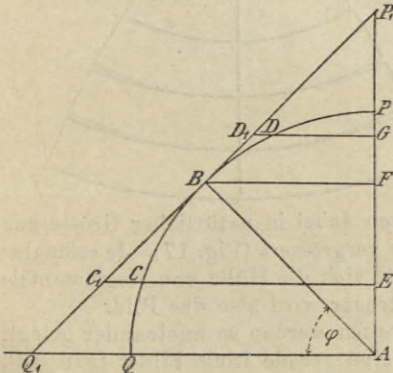
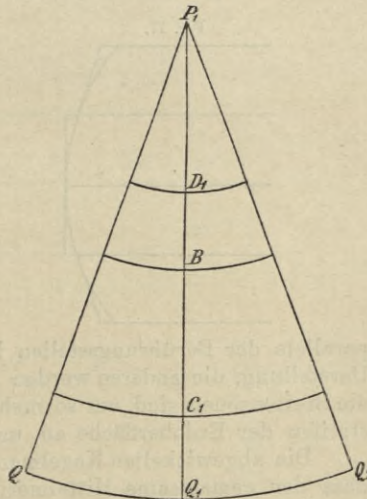


Fig. 16.



Radius gleich dem bis zum Schnittpunkt mit dem Kegelmantel verlängerten Radius des Breitenparallels ist. Die in Fig. 15 durch die Linien GD , FB , EC und AQ angedeuteten Breitenparallele erscheinen auf dem Kegelmantel als Kreise vom Halbmesser GD^1 , FB , EC^1 und

AQ^1 . Es wird also nur der Berührungskreis richtig dargestellt. Die Schnittlinien der Meridianebenen mit dem Kegelmantel geben die Meridiane wieder; diese erscheinen als gerade Linien, da die Achse des Kegels zugleich die Erdachse ist.

Wickelt man den Kegelmantel zur ebenen Fläche ab, so zeigt diese die Breitenparallele als Kreise um P^1 (Fig. 16) mit den Halbmessern P^1D^1 , P^1B^1 , P^1C^1 , P^1Q^1 und die Meridiane als strahlenförmig von P^1 ausgehende gerade Linien P^1Q , P^1Q^1 , P^1Q_2 .

Es ist sofort ersichtlich, dass diese Projektion ein sehr verzerrtes Bild giebt, da die Breitenparallele mit Ausnahme des Berührungskreises zu gross und ihre Abstände nicht gleich denen des Urbildes sind. Die einfache Kegelprojektion ist weder winkel-, noch flächen-, noch abstandstreu.

Eine grössere Annäherung an die Wirklichkeit zeigt die äquidistante Kegelprojektion, die aus der einfachen Kegelprojektion dadurch entsteht, dass man die Abstände der Breitenparallele gleich den zwischen ihnen liegenden Meridianbögen auf der Kugel macht.

F. Die polykonische Projektion.

§ 18. Die polykonische Projektion hat dieselbe Grundlage wie die äquidistante Kegelprojektion. Man theilt jedoch die Erdoberfläche in eine Anzahl von Breitenzonen, von denen jede von einem Kegelmantelstreifen umgeben ist, der sie in dem Parallelkreis der niedrigsten Breite berührt. Auf diese Kegelmantelstreifen werden die Punkte der Erdoberfläche in derselben Weise wie vorher projicirt. Die Breiten-

Fig. 17.

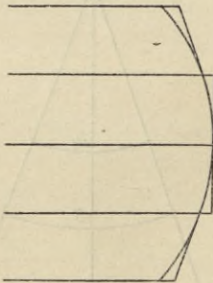
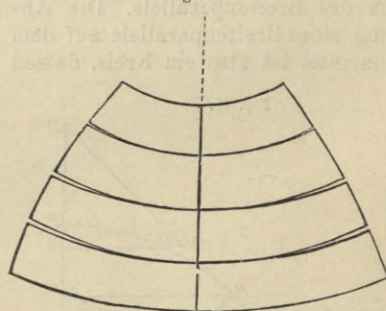
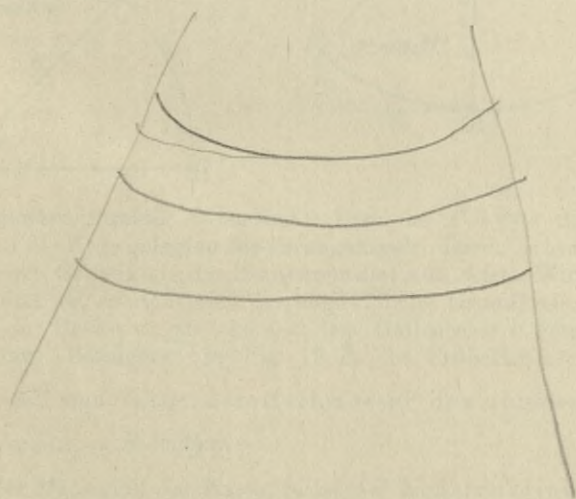


Fig. 18.



parallele der Berührungsstellen kommen dabei in natürlicher Grösse zur Darstellung, die anderen werden etwas vergrössert (Fig. 17). Je schmäler die Breitenzonen sind, um so mehr passt sich die Hülle von Kegelmantelstreifen der Erdoberfläche an, um so treuer wird also das Bild.

Die abgewickelten Kegelmantelstreifen werden so aneinander gelegt, dass der gemeinsame Mittelmeridian eine gerade Linie bildet (Fig. 18). Die Begrenzungskreise zweier aneinander liegender Streifen berühren sich also nur im Mittelmeridian und klaffen nach den Seiten auseinander. Die Karte wird so gezeichnet, dass der in natürlicher Grösse dargestellte Berührungskreis einer Zone immer den Begrenzungskreis der Nachbarzone bildet. Das Bild erleidet dadurch nach den Seiten zu eine kleine

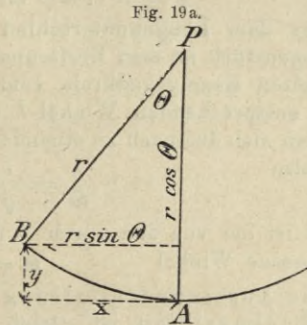
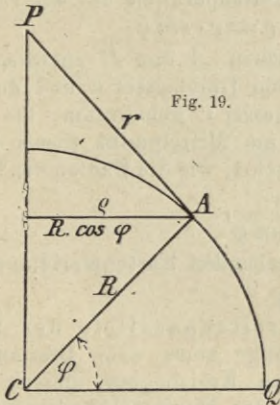


Verzerrung, die um so geringer wird, je schmaler die Breitenzonen sind. Die Meridiane sind mit Ausnahme des Mittelmeridians, der als gerade Linie erscheint, vielfach gebrochene Linien, die, mit Rücksicht auf die Schmalheit der Zonen, als Kurven gezeichnet werden.

Die polykonische Projektion gestattet eine solche Annäherung an das Urbild, dass sie in der Nähe des Mittelmeridians als abstands-, flächen- und winkeltreu angesehen werden darf. Sie eignet sich daher besonders für die Darstellung von Gebieten mit geringer Längen- und grosser Breitenausdehnung. Die polykonische Projektion findet deswegen auch hauptsächlich für die Arbeitskarten der Küstenvermessung Verwendung.

Die Formeln, auf welchen die Anfertigung eines polykonischen Kartennetzes beruht, werden unter der Voraussetzung, dass die Erde eine Kugel ist, folgendermaassen abgeleitet.

In Fig. 19 sei PA eine von dem Punkte P der verlängerten Erdachse an die Erdkugel gelegte Tangente, welche dieselbe in dem auf der



Breite φ liegenden Punkte A berührt. Dann ist $PA = r$ die Seitenlänge eines an die Erde gelegten Berührungskegels, dessen Achse die Erdachse und dessen Grundkreis der Breitenparallel von A ist. Wickelt man den Kegelmantel ab, so stellt sich der abgewickelte Grundkreis, d. i. der Parallelkreis der Breite φ , als ein mit dem Halbmesser r geschlagener Kreisbogen dar. Bezeichnet in Fig. 19 R den Erdhalbmesser, so ist $\frac{r}{R} = \cotg \varphi$, und man erhält den Halbmesser des abgewickelten Parallelkreises $r = R \cdot \cotg \varphi$.

Ist $\frac{1}{d}$ der Maassstab der Karte, so ist der Konstruktionsradius für den Parallelkreis in der Karte $r_k = \frac{r}{d} = \frac{R}{d} \cdot \cotg \varphi$.

In den meisten Fällen ist der Konstruktionshalbmesser zu gross, als dass er zur Zeichnung des Breitenparallels brauchbar wäre. Man ist dann darauf angewiesen, den letzteren aus einzelnen Punkten zu konstruieren, wie nachstehend gezeigt wird.

In Fig. 19a sei PAB ein Stück eines abgewickelten Kegelmantels, A sei der Schnittpunkt des Breitenparallels der Breite φ mit dem Mittelmeridian, B sei ein beliebiger Punkt desselben Breitenparallels. Dann stellen die nach A und B gezogenen Radien des abgewickelten Breitenparallels die durch A und B gehenden Meridiane der Projektion dar, welche bei P den Winkel Θ einschliessen. Die Koordinaten des zu konstruierenden Punktes B seien:

x der senkrechte Abstand des Punktes B vom Mittelmeridian, gemessen auf einer in A errichteten Senkrechten zum Mittelmeridian;

y der senkrechte Abstand des Punktes B von dieser Senkrechten. (Fig. 19a.)

Aus Fig. 19a ersieht man ohne Weiteres, dass

$$x = r \cdot \sin \Theta \text{ und } y = r - r \cdot \cos \Theta = r(1 - \cos \Theta) = 2r \sin^2 \frac{\Theta}{2}.$$

Fig. 19 zeigt, dass der Radius des Breitenparallels auf der Erde

$$\rho = R \cdot \cos \varphi \text{ also auch } \rho = r \cdot \sin \varphi.$$

Das dem Längenunterschied λ zwischen A und B entsprechende Kreisbogenstück ist dem Breitenparallel vom Halbmesser φ und dem abgewickelten Kegelgrundkreis vom Halbmesser r gemeinsam, die demselben entsprechenden Winkel λ und Θ am Mittelpunkt dieser Kreise verhalten sich demnach zu einander umgekehrt, wie die Radien der Kreise, es ist also

$$\frac{\lambda}{\Theta} = \frac{r}{\rho} = \frac{r}{r \cdot \sin \varphi},$$

d. h. es ist der von den durch A und B gehenden Kartenmeridianen eingeschlossene Winkel

$$\Theta = \lambda \sin \varphi.$$

Die Auseinanderstellung der Breitenparallele der Karte im Mittelmeridian ist gleich der Länge eines dem Breitenunterschied zwischen denselben entsprechenden Kreisbogens, dessen Halbmesser der Erdradius R ist, in der durch den Maassstab bedingten Verkleinerung. Also, wenn b der Breitenunterschied in Graden, ist der Abstand:

$$BU = \frac{2 R \pi \cdot b}{360}.$$

Bei Berücksichtigung der sphäroidischen Gestalt der Erde erleiden diese Formeln eine Aenderung, indem an die Stelle des Erdradius R die Länge einer vom Berührungspunkt A nach der kurzen Erdaxe geführten Senkrechten N zu der Tangente PA tritt (Fig. 20).

Bezeichnet a die halbe grosse Achse und e die Excentricität des Erd-sphäroids, so ist:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}$$

und es ist dann

$$r = N \cdot \cotg \varphi.$$

Der Meridian wird eine Ellipse, deren Krümmungsradius für die Breite φ

$$Rm = N^3 \cdot \frac{1 - e^2}{a^2} \text{ ist.}$$

Dieser Krümmungsradius dient zur Berechnung der Auseinanderstellung der Schnittpunkte der Breitenparallele der Karte mit dem Mittelmeridian und zwar tritt der der Mittelbreite zwischen zwei Breitenparallelen entsprechende Krümmungsradius bei Berechnung ihres Abstandes von einander an Stelle des Erdradius in der vorstehenden Formel für BU .

Aller Berechnungen ist man enthoben bei Benutzung der Projektion Tables for the use of the United States navy. Dieselben enthalten fünf unter Berücksichtigung der Abplattung der Erde aufgestellte Tabellen.

Die Tabellen haben folgenden Inhalt:

Tabelle I. Die später zu besprechenden Meridionaltheile für Herstellung der Merkatorokarte.

Tabelle II. Die Koordinaten x und y für jeden vollen Breitengrad und für den Längenunterschied bis zu 30° vom Mittelmeridian.

Tabelle III. x für die Breite von $5'$ zu $5'$ und für den Längenunterschied bis zu 5° vom Mittelmeridian, y für jeden halben Grad der Breite und denselben Längenunterschied, sowie die Meridianbögen, deren Länge den Abstand der Breitenparallele auf dem Mittelmeridian giebt.

Tabelle IV. Die Elemente des Erdsphäroids für volle Breitengrade, nämlich die Senkrechte N auf der Tangente, den Krümmungsradius Rm des Meridians, die Länge des Meridian- bzw. Breitenparallelgrades in Metern, den Halbmesser r des Breitenparallels der Karte und den Winkel Θ für den Längenunterschied 10° .

Tabelle IVA. Die Länge eines Meridian- und Breitenparallelgrades in englischen Meilen und Seemeilen.

Tabelle V. Die Umwandlung englischer Längenmaasse in Metermaass und umgekehrt.

Die Anfertigung eines polykonischen Kartennetzes erfordert nur die Kenntniss der Koordinaten x und y , der einzelnen Punkte der Breitenparallele und der Abstände der Breitenparallele voneinander auf dem Mittelmeridian.

Für Karten kleineren Maassstabes entnimmt man diese Angaben den Tabellen II und IV, für Karten grossen Maassstabes der Tabelle III. Noch genauere Berechnungen sind im United States Coast and Geodetic Survey Report von 1884 enthalten und können erforderlichenfalls benutzt werden.

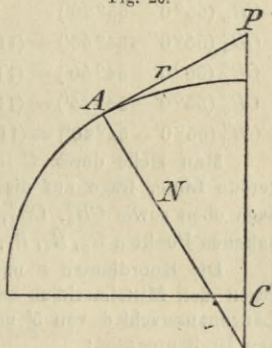
Die Herstellung des Kartennetzes soll folgendes Beispiel erläutern.

Beispiel:

Für das Gebiet von $54^\circ 40' - 55^\circ 20'$ N-Br und $8^\circ - 8^\circ 20'$ O-Lg ist ein polykonisches Kartennetz im Maassstab $\frac{1}{300000}$ herzustellen.

Der Mittelpunkt C des Kartennetzes liegt auf $55^\circ 0'$ N-Br und $8^\circ 10'$ O-Lg.

Fig. 20.



Die Schnittpunkte der zu zeichnenden Breitenparallele sollen liegen:

B_0 auf $55^\circ 5' N$	B_0^0 auf $54^\circ 55' N$
B_1 „ $55^\circ 10' N$	B_1^0 „ $54^\circ 50' N$
B_2 „ $55^\circ 15' N$	B_2^0 „ $54^\circ 45' N$
B_3 „ $55^\circ 20' N$	B_3^0 „ $54^\circ 40' N$

Tafel III giebt die Abstände:

CB_0 ($55^\circ 0' - 55^\circ 5'$)	= 9 277 m im Maassstab	0,18554 m
CB_1 ($55^\circ 0' - 55^\circ 10'$)	= 18 552 m „ „	0,37104 m
CB_2 ($55^\circ 0' - 55^\circ 15'$)	= 27 828 m „ „	0,55656 m
CB_3 ($55^\circ 0' - 55^\circ 20'$)	= 37 105 m „ „	0,74210 m
CB_0^0 ($55^\circ 0' - 54^\circ 55'$) = (111 301—102 026)	= 9 275 m „ „	0,18550 m
CB_1^0 ($55^\circ 0' - 54^\circ 50'$) = (111 301— 92 750)	= 18 551 m „ „	0,37102 m
CB_2^0 ($55^\circ 0' - 54^\circ 45'$) = (111 301— 83 474)	= 27 827 m „ „	0,55654 m
CB_3^0 ($55^\circ 0' - 54^\circ 40'$) = (111 301— 74 199)	= 37 102 m „ „	0,74204 m

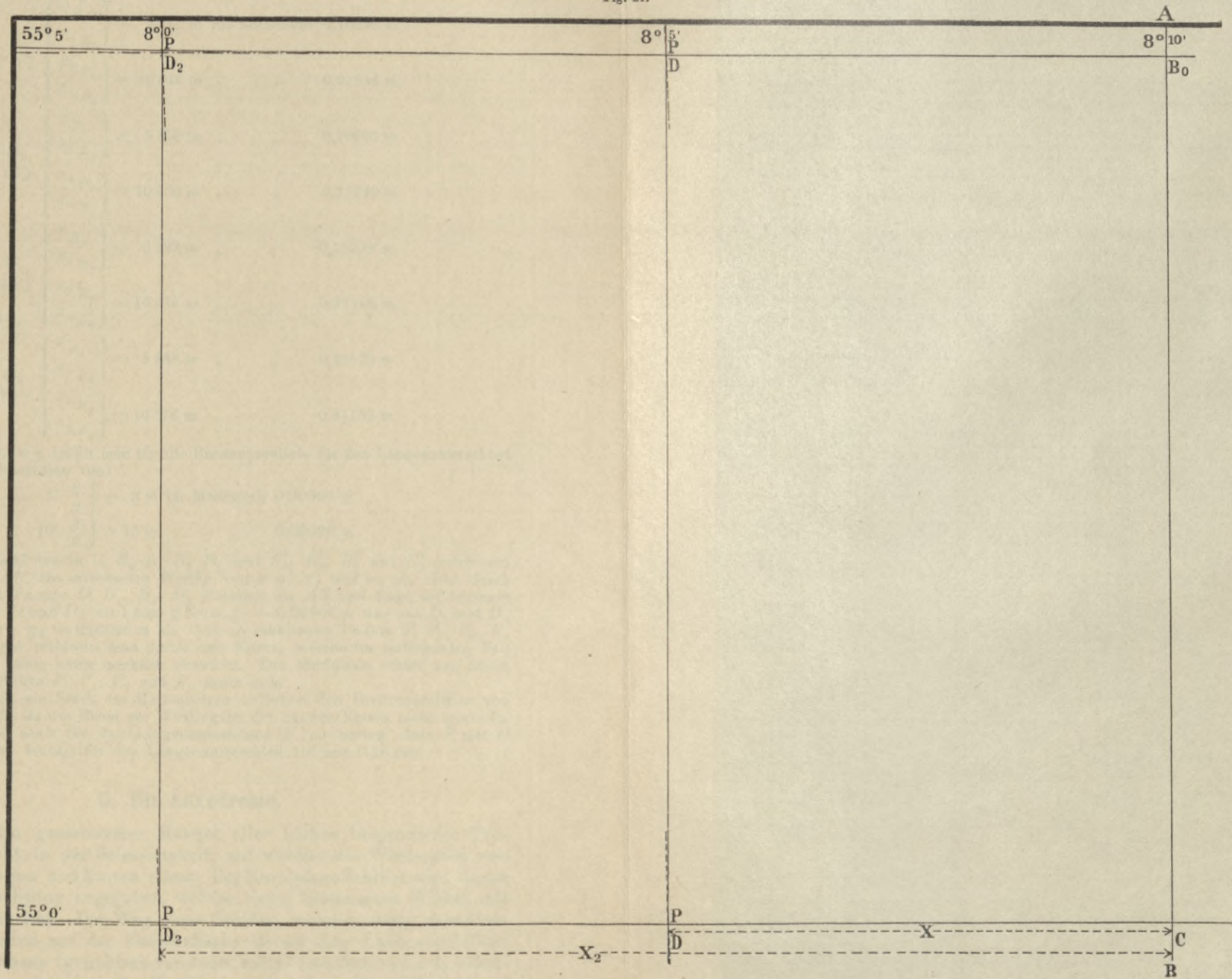
Man ziehe durch C in der Richtung Nord—Süd den Mittelmeridian AB als gerade Linie, trage auf dieser von C aus die Abstände CB_0 , CB_1 , CB_2 und CB_3 nach oben sowie CB_0^0 , CB_1^0 , CB_2^0 , CB_3^0 nach unten ab und errichte in den so erhaltenen Punkten B_0 , B_1 , B_2 , B_3 und B_0^0 , B_1^0 , B_2^0 , B_3^0 und in C Senkrechte auf AB .

Die Koordinaten x und y sollen für die Längenunterschiede von $5'$ und $10'$ gegen den Mittelmeridian bestimmt werden. Die Werthe von x und x_1 für den Längenunterschied von $5'$ und x_2 und x_3 für den Längenunterschied $10'$ sind für den Breitenparallel:

von B_3 ($54^\circ 40'$)	$\left. \begin{array}{l} x_{B_3^0} \\ x_1 B_3^0 \\ x_2 B_3^0 \\ x_3 B_3^0 \end{array} \right\}$	= 5 376 m im Maassstab	0,10752 m
		= 10 753 m „ „	0,21506 m
von B_2^0 ($54^\circ 45'$)	$\left. \begin{array}{l} x_{B_2^0} \\ x_1 B_2^0 \\ x_2 B_2^0 \\ x_3 B_2^0 \end{array} \right\}$	= 5 365 m „ „	0,10730 m
		= 10 731 m „ „	0,21462 m
von B_1^0 ($54^\circ 50'$)	$\left. \begin{array}{l} x_{B_1^0} \\ x_1 B_1^0 \\ x_2 B_1^0 \\ x_3 B_1^0 \end{array} \right\}$	= 5 354 m „ „	0,10708 m
		= 10 709 m „ „	0,21418 m
von B_0^0 ($54^\circ 55'$)	$\left. \begin{array}{l} x_{B_0^0} \\ x_1 B_0^0 \\ x_2 B_0^0 \\ x_3 B_0^0 \end{array} \right\}$	= 5 343 m „ „	0,10686 m
		= 10 686 m „ „	0,21372 m
von C ($55^\circ 0'$)	$\left. \begin{array}{l} x_c \\ x_{1c} \\ x_{2c} \\ x_{3c} \end{array} \right\}$	= 5 332 m „ „	0,10664 m
		= 10 664 m „ „	0,21328 m

Zu Seite 21.

Fig. 21.



von B_0 ($55^\circ 5'$)	$\left. \begin{array}{l} x_{B_0} \\ x_1 B_0 \end{array} \right\} = 5\,321 \text{ m im Maassstab } 0,10642 \text{ m}$		
von B_1 ($55^\circ 10'$)	$\left. \begin{array}{l} x_{B_1} \\ x_1 B_1 \end{array} \right\} = 5\,310 \text{ m " " } 0,10620 \text{ m}$		
von B_2 ($55^\circ 15'$)	$\left. \begin{array}{l} x_{B_2} \\ x_1 B_2 \end{array} \right\} = 5\,299 \text{ m " " } 0,10598 \text{ m}$		
von B_3 ($55^\circ 20'$)	$\left. \begin{array}{l} x_{B_3} \\ x_1 B_3 \end{array} \right\} = 5\,288 \text{ m " " } 0,10576 \text{ m}$		

Als Werth von y erhält man für alle Breitenparallele für den Längenunterschied gegen den Mittelmeridian von:

$$\left. \begin{array}{l} 5' y \\ y_1 \end{array} \right\} = 3 \text{ m im Maassstab } 0,00006 \text{ m}$$

$$10' \left. \begin{array}{l} y_2 \\ y_3 \end{array} \right\} = 13 \text{ m " " } 0,00026 \text{ m}$$

Man trage auf den in C, B_0, B_1, B_2, B_3 und B_0^0, B_1^0, B_2^0 und B_3^0 errichteten Senkrechten zu AB die errechneten Werthe von x, x_1, x_2 und x_3 ab, ziehe durch die so erhaltenen Punkte D, D_1, D_2, D_3 Parallele zu AB und trage auf letzteren nach Norden von D und D_1 die Länge y bzw. $y_1 = 0,00006 \text{ m}$ und von D_2 und D_3 die Länge y_2 bzw. $y_3 = 0,00026 \text{ m}$ ab. Die so erhaltenen Punkte P, P_1, P_2, P_3 der Breitenparallele verbindet man durch eine Kurve, welche im vorliegenden Fall von der geraden Linie kaum merklich abweicht. Die Meridiane erhält man durch Verbinden der Punkte P, P_1, P_2 und P_3 unter sich.

Fig. 21 zeigt ein Stück des Kartennetzes zwischen den Breitenparallelen von $54^\circ 55'$ und $55^\circ 5'$, da der Raum zur Wiedergabe des ganzen Netzes nicht ausreicht. y wird auch hier noch für den Längenunterschied $5'$ so gering, dass P mit D zusammenfällt. y_2 beträgt für den Längenunterschied $10'$ nur $0,26 \text{ mm}$.

G. Die Loxodrome.

§ 19. Ein gemeinsamer Mangel aller bisher besprochenen Projektionen besteht in der Schwierigkeit, auf welche die Wiedergabe von Peilungsrichtungen und Kursen stösst. Der Kurs eines Schiffes wird durch eine Kompassrichtung angegeben, welche einen bestimmten Winkel mit dem Meridian macht. Der Weg eines Schiffes, welches stetig denselben Kurs steuert, wird auf der Erdoberfläche durch eine Linie abgebildet, welche Loxodrome (griechisch von $\lambda\acute{o}\xi\omicron\varsigma$ schief und $\delta\rho\rho\omicron\mu\omicron\varsigma$ Lauf) heisst. Die Loxodrome schneidet alle Meridiane unter demselben Winkel und steigt auf der Erdoberfläche, mit zwei Ausnahmen, immer spiralförmig vom Aequator nach dem Pol zu auf, ohne den Letzteren jemals zu erreichen.

Die beiden Ausnahmen sind die Fälle, wo der Schneidungswinkel mit dem Meridian gleich 0° und wo er gleich 90° ist. Im ersteren Fall fällt die Loxodrome mit dem Meridian, im letzteren mit dem Breitenkreis zusammen. Die Eigenschaft der Loxodrome, alle Meridiane unter demselben Winkel zu schneiden, bedingt, dass sie auf solchen Karten, welche die Meridiane als Kurven wiedergeben, ebenfalls als Kurve erscheint.

Die Eigenschaften der Loxodrome können auf mathematischem Wege hergeleitet werden. Man hat folgende Aufgabe zu lösen:

Die Loxodrome, welche im Punkt A des Aequators (Fig. 22) den Kurswinkel ζ mit dem Meridian bildet, erreicht in irgend einem Punkte U die Breite φ . Die Länge des Punktes U soll gefunden werden.

Nimmt man auf einer Karte nach stereographischer Projektion die Entfernung PA des Pols vom Aequator gleich 1 an, dann ist der Radius des Breitenparallels von φ in der Karte

$$PU = \operatorname{tg} \frac{1}{2} (90^\circ - \varphi).$$

Gesucht wird der Bogen L des Aequators, welcher dem Winkel am Pol zwischen den Meridianen von A und U entspricht. Zwischen diesen beiden Meridianen denke man sich in gleichen Abständen voneinander unendlich viele Meridiane gezogen,

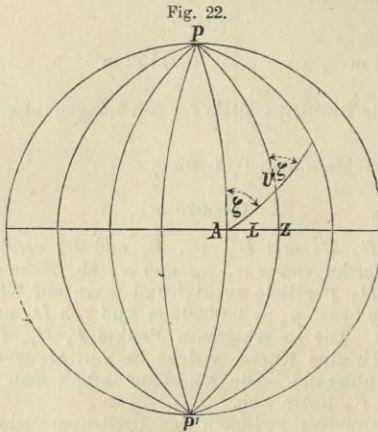


Fig. 22.

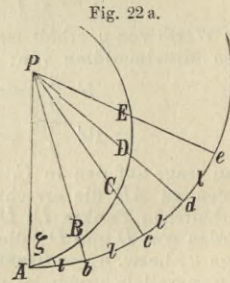


Fig. 22 a.

welche L in lauter gleiche Theile theilen und gleiche Winkel am Pol einschliessen. Diese Meridiane theilen den Bogen L in unendlich viele unendlich kleine Bogenstücke l . Die Anzahl der Bogenstücke ist $\frac{L}{l}$ und die Anzahl n der Meridiane von

PA bis PU ist $\frac{L}{l} + 1$.

Auf solche Weise sind $\frac{L}{l}$ schmale Dreiecke gebildet, welche nach der Definition der Loxodrome unter sich ähnlich sind, nämlich PAB, PBC, PCD u. s. f. (Fig. 22 a).

Bezeichnet man das Verhältniss zwischen den aufeinanderfolgenden Polabständen mit $1:q$, so ist:

$$\frac{1}{q} = \frac{PA}{PB} = \frac{PB}{PC} = \frac{PC}{PD} \text{ u. s. f.}$$

und es entsteht die absteigende geometrische Progression

$1:PB:PC:PD\dots PU$, deren n tes Glied

$$PU = q^{n-1} \text{ ist.}$$

Da $PU = tg \frac{1}{2}(90^\circ - \varphi)$ und $n = \frac{L}{l} + 1$ ist, so ist auch

$$tg \frac{1}{2}(90 - \varphi) = q^{\frac{L}{l}}$$

In dem kleinen Dreieck ABb , welches als eben gelten kann, ist

$$\begin{aligned} PA - PB &= l \operatorname{ctg} \zeta, \text{ also} \\ PB &= PA - l \operatorname{ctg} \zeta, \text{ oder da} \\ \frac{PB}{PA} &= q \text{ und } PA = 1 \\ q &= 1 - l \operatorname{ctg} \zeta, \text{ also auch:} \end{aligned}$$

$$tg \frac{1}{2}(90 - \varphi) = (1 - l \operatorname{ctg} \zeta)^{\frac{L}{l}}$$

Wenn nun l unendlich klein ist, so wird:

$$(1 + l)^{\frac{1}{l}} = e = \text{der Basis der natürlichen Logarithmen, ebenso}$$

$$(1 - l \operatorname{ctg} \zeta)^{-\frac{L}{l} \operatorname{ctg} \zeta} = e \text{ daher}$$

$$tg \frac{1}{2}(90 - \varphi) = (1 - l \operatorname{ctg} \zeta)^{\frac{-L \cdot \operatorname{ctg} \zeta}{l \cdot \operatorname{ctg} \zeta}} = e^{-L \cdot \operatorname{ctg} \zeta}.$$

Geht man zu den Logarithmen über, so erhält man:

$$lg \operatorname{nat} tg \frac{1}{2}(90 - \varphi) = -L \operatorname{ctg} \zeta, \text{ da aber}$$

$$tg \frac{1}{2}(90^\circ - \varphi) = \frac{1}{tg \frac{1}{2}(90^\circ + \varphi)} \text{ so ist}$$

$$\log tg \frac{1}{2}(90^\circ - \varphi) = -\log tg \frac{1}{2}(90^\circ + \varphi)$$

und man erhält schliesslich als Gleichung der Loxodrome:

$$tg \zeta \cdot lg \operatorname{nat} tg \frac{1}{2}(90^\circ + \varphi) = L,$$

d. h. wenn man vom Aequator mit dem Kurse ζ die Länge L erreicht, so ist der Längenunterschied zwischen Abgangs- und Ankunftspunkt

$$tg \zeta \cdot lg \operatorname{nat} tg \frac{1}{2}(90^\circ + \varphi).$$

Setzt man in dieser Gleichung $\varphi = 90^\circ$, so wird $tg \frac{1}{2}(90 + \varphi)$ unendlich, d. h. die Loxodrome erreicht den Pol nicht. Sie ist eine Spirallinie und stellt sich auch auf der stereographischen Karte als solche dar.

H. Die Cylinderprojektionen.

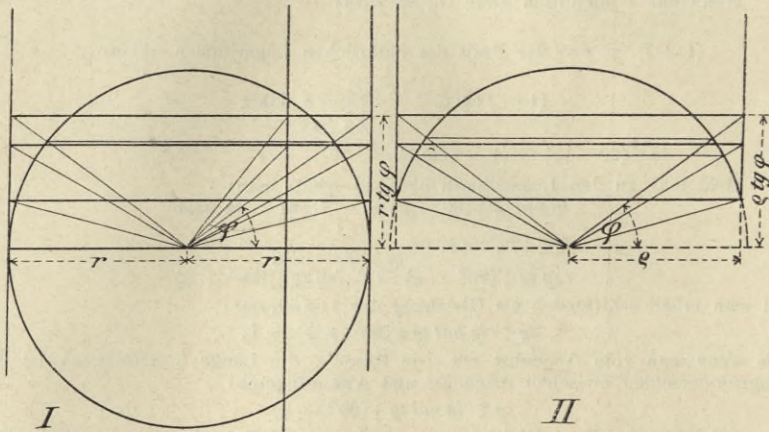
§ 20. Das Erforderniss der lediglich den Zwecken der Schifffahrt dienenden Seekarten, dass die Herstellung des Kartennetzes und die Wiedergabe von Kursen und Peilungsrichtungen auf möglichst einfache Weise durch gerade Linien erfolgt, hat zur Konstruktion der Cylinderprojektionen geführt, deren ursprünglichste Form die centrale Cylinderprojektion ist. Diese hat in der Plattkarte und der wachsenden oder Merkator Karte Verbesserungen erfahren.

Eine centrale Cylinderprojektion erhält man dadurch, dass man sich die Erdkugel oder eine Breitenzone derselben von einem Cylinder umgeben denkt, dessen Achse die Erdachse ist, und dessen Durchmesser gleich dem Durchmesser des Aequators bzw. des Breitenkreises der niedrigsten Breite ist (Fig. 23 I u. II). Die Projektionsstrahlen lässt man vom Mittelpunkt der Erde ausgehen, sie sind also Radien der Meridiane. Die Projektionen der Meridiane auf dem Cylindermantel fallen deshalb mit den Schnittlinien desselben mit den Meridianebenen zusammen, sind also der Erdachse parallele gerade Linien. Die Projektionen

der Breitenkreise sind die Schnittlinien von Kegelmänteln, deren Spitze im Erdmittelpunkt und deren Achse die Erdachse ist. Diese Schnittlinien sind zur Erdachse senkrechte Kreise. Sie schneiden demnach die Meridianprojektionen rechtwinklig. Alle diese Kreise haben denselben Umfang wie der Berührungskreis.

Auf dem abgewickelten Cylindermantel bilden die Projektionen des Koordinatensystems der Erde zwei sich rechtwinklig schneidende Systeme von parallelen geraden Linien. Die Auseinanderstellung der Meridiane ist gleich der Länge des zwischen ihnen liegenden Bogens des Berührungskreises. Die Abstände der Breitenkreise vom Aequator sind gleich dem

Fig. 23.



Radius des Berührungskreises, multiplicirt mit der Tangente der Breite, ihre Umfänge sind vergrößert, beide entsprechen also nicht der Wirklichkeit. Die centrale Cylinderprojektion giebt daher kein brauchbares Bild der Erdoberfläche.

Die Plattkarte entsteht aus der centralen Cylinderprojektion dadurch, dass die Abstände der Breitenkreise voneinander dem zwischen ihnen liegenden Meridianbogen auf der Erdoberfläche gleich gemacht werden. Da jedoch die Abnahme der Grösse der Längenminute auf den Breitenkreisen mit wachsender Breite nicht berücksichtigt wird, giebt die Plattkarte nur von Gegenden in der Nähe des Aequators ein ziemlich richtiges Bild.

J. Die Merkatorprojektion.

§ 21. Die wachsende oder Merkatorkarte (um 1569 von dem Geographen Gerhard Kremer, genannt Merkator, erfunden) beseitigt den Mangel der Plattkarte, indem sie die Theile der Meridianbogen (also die Grade und Minuten der Breite) in demselben Verhältniss vergrößert wiedergiebt, in welchem die Umfänge der Breitenkreise (also die Grade und Minuten der Länge) dadurch vergrößert werden, dass alle Breitenkreise gleich gross wie der Berührungskreis erscheinen. Die Längen-

minute nimmt auf der Erdkugel im Verhältniss des Kosinus der Breite ab. Da alle Längenminuten auf der Karte gleich gross sind, haben sie eine Vergrösserung im Verhältniss der Sekante $\left(\frac{1}{\cos}\right)$ der Breite erlitten.

Um das richtige Verhältniss zwischen Längen- und Breitenminute wieder herzustellen, müssen demnach die Breitenminuten ebenfalls im Verhältniss der Sekante der Breite vergrössert werden.

Der Abstand B eines Breitenparallels in der Breite φ° vom Aequator setzt sich auf einer solchen Karte, wenn $\varphi^\circ = n$ ist, aus n mit der Entfernung vom Aequator an Grösse zunehmenden Breitenminuten $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ zusammen. Ist, unter der Voraussetzung, dass die Erde eine Kugel ist, l eine Aequatorminute und

$$\begin{array}{l} b_1 \text{ die Breitenminute auf der Breite } 0' - 1' \\ b_2 \text{ " " " " " } 1' - 2' \\ b_3 \text{ " " " " " } 2' - 3' \text{ u. s. f.,} \end{array}$$

so ist: $b_1 = l \sec 1/2', b_2 = l \sec 1 1/2', b_3 = l \sec 2 1/2' \dots b_n = l \sec (n - 1/2)'$
demnach ist $B = l (\sec 1/2' + \sec 1 1/2' + \sec 2 1/2' + \dots \sec (n - 1/2)')$
wird $l = 1$ gesetzt, so ist

$$B = \sec 1/2' + \sec 1 1/2' + \sec 2 1/2' + \dots \sec (n - 1/2)'$$

Die Reihe $\sec 1/2' + \sec 1 1/2' + \sec 2 1/2' + \dots \sec (n - 1/2)'$ bezeichnet man als die Meridionaltheile oder die vergrösserte Breite. Die Meridionaltheile geben also die Anzahl von Längenminuten an, welche dem Abstand des Breitenkreises vom Aequator auf der Karte entspricht. Die Auseinanderstellung zweier auf derselben Halbkugel liegender Breitenparallele ist gleich der Differenz der ihren Breiten entsprechenden Meridionaltheile, der Meridionaldifferenz.

Die Reihe $\sec 1/2' + \sec 1 1/2' + \sec 2 1/2' + \dots \sec (n - 1/2)'$ wird mit Hilfe der Integral- und Differentialrechnung in die Form:

$$r \cdot \log \text{ nat } \text{tg} (45 + \varphi/2)$$

gebracht.

Setzt man für r die Länge des Erdradius in Seemeilen $= \frac{10\,800}{\pi}$, so erhält man die Formel $B = \frac{10\,800}{\pi} \log \text{ nat } \text{tg} (45^\circ + \varphi/2)$, mittelst deren

man die Meridionaltheile für jede beliebige Breite errechnen kann. Eine auf Grund dieser Formel ausgerechnete Tabelle, welche die Meridionaltheile von $0^\circ - 90^\circ$ von $5'$ zu $5'$ enthält, befindet sich in den Logarithmischen Tafeln von Ligowski (Tafel No. X). Für Karten grösseren Maassstabes (von 1 : 100 000 an) eignet sich die genauere, unter Berücksichtigung der Abplattung der Erde aufgestellte Tabelle I der Meridionaltheile in den Projection Tables for the use of the United States navy.

Durch die Herstellung des richtigen Verhältnisses in den kleinsten Theilen hat die Merkator Karte die Eigenschaft der Winkeltreue erlangt. Die Wiedergabe des Koordinatensystems der Erde durch parallele gerade Linien bedingt, dass die Loxodrome und alle Kompassrichtungen als gerade Linien erscheinen, und macht die Anfertigung des Kartennetzes sehr einfach. So lange es sich nicht um die Darstellung von Gegenden in den höchsten Breiten handelt, welche in dieser Projektion nicht wieder-

gegeben werden können, da die Länge der Breitenminute am Pol ins Unendliche wächst, genügt die Merkator Karte den Anforderungen an eine Seekarte in jeder Hinsicht. Die Seekarten werden daher, mit Ausnahme der meist gnomonischen Polarkarten, ausschliesslich als Merkator Karten gezeichnet. Im Folgenden sind unter Seekarten stets wachsende oder Merkator Karten verstanden.

Zweiter Abschnitt.

Herstellung und Inhalt der Seekarten.

A. Die Herstellung des Kartennetzes.

§ 22. Die Herstellung einer Seekarte beginnt mit der Zeichnung des Kartennetzes, welches das Koordinatensystem der Erde in der durch den Maassstab bedingten Verkleinerung wiedergibt. Bei den wachsenden Karten bezeichnet der Maassstab das Grössenverhältniss der Längenminute in der Karte zu der wirklichen Grösse einer Minute des niedrigsten dargestellten Breitenparallels auf der Erdoberfläche. Je nach dem Zweck, welchem die Karte dienen soll, ist der Maassstab verschieden.

Man theilt die Seekarten unter diesem Gesichtspunkt in Uebersichtskarten, Segelkarten, Küstenkarten, Specialkarten und Pläne ein.

Die Uebersichtskarten werden im kleinsten Maassstab gezeichnet. Sie stellen meist ganze Meere dar und dienen zur Orientirung und zum Entwurf grösserer Reisen. Auf sie folgen die zur Feststellung des Kurses und des Schiffsortes in offener See bestimmten Kurs- oder Segelkarten. In den Einzelheiten deutlicher werden die Küstenkarten entworfen, welche die Küste und die Tiefenverhältnisse in der Nähe des Landes wiedergeben. Die Specialkarten stellen einzelne Theile der Küste oder eines Fahrwassers in grossem Maassstabe besonders eingehend dar. Im grössten Maassstabe werden die Pläne gezeichnet, sie erstrecken sich nur auf kleine Gebiete, wie einzelne Häfen, Ankerplätze und kleine Fahrwassertheile, deren geringe Ausdehnung gestattet, sie als ebene Flächen zu betrachten und die Veränderung des Verhältnisses der Längenminute zu der Breitenminute in der Karte ausser Acht zu lassen. Die Pläne sind also streng genommen keine wachsenden Karten. Sie enthalten oft kein Kartennetz, statt dessen die Angabe der geographischen Lage von einem oder mehreren Punkten und die Länge der Seemeile.

Für die vom Reichs-Marine-Amt herausgegebenen Karten sind folgende Maassstäbe gebräuchlich:

Für Uebersichtskarten . . .	1 : 2 000 000	bis	1 : 1 000 000
„ Segelkarten	1 : 600 000	„	1 : 300 000
„ Küstenkarten	1 : 150 000	„	1 : 100 000
„ Specialkarten	1 : 50 000	„	1 : 25 000
„ Pläne	1 : 20 000	und grösser.	

§ 23. Man berechnet die Grösse, welche die Längenminute erhalten soll, nach der Formel $l = \alpha \cdot 1852 \text{ m} \cdot \cos \varphi$, worin α den Maassstab und φ die niedrigste Breite bedeutet, und zieht den Breitenparallel

der niedrigsten Breite als eine, bei nördlicher Breite am unteren, bei südlicher Breite am oberen Kartenrand entlang laufende gerade Linie. Die Länge dieses Breitenparallels wird gleich der berechneten Länge der Längensminute der Karte, multiplicirt mit der in Minuten ausgedrückten Längenausdehnung derselben. Durch Eintheilung des Breitenparallels in Grade und Minuten erhält man die Längenskala. An beiden Enden der Längenskala werden Senkrechte errichtet und auf denselben die Breitenausdehnung der Karte gleich der Grösse der Längensminute, multiplicirt mit der Meridionaldifferenz zwischen der höchsten und niedrigsten Breite, abgetragen.

Ferner trägt man auf den Senkrechten von den Fusspunkten aus die Meridionaldifferenzen für je nach dem Maassstab grössere oder kleinere Breitenunterschiede ab. Die Zwischenräume zwischen den so erhaltenen Theilpunkten werden in eine dem in Minuten ausgedrückten Breitenunterschied zwischen den Theilpunkten entsprechende Anzahl gleicher Theile zerlegt. Diese stellen die vergrösserten Breitenminuten dar. Durch Abtheilen von Graden und Unterabtheilungen derselben erhält man die Breitenskala.

Nach Maassgabe der geforderten Genauigkeit wird die Eintheilung der Längen- und Breitenskala auf ganze, halbe oder zehntel Minuten durchgeführt. Durch Einzeichnung der Meridiane und Breitenparallele der ganzen und halben Grade wird das Kartennetz vervollständigt.

Das folgende Beispiel und Fig. 24 diene zur Erläuterung:

Aufgabe: Das Netz für die Karte von $53^{\circ} 24'$ bis $54^{\circ} 12' N$ und $7^{\circ} 48'$ bis $8^{\circ} 50' O$ ist im Maassstab 1:100 000 zu zeichnen.

Die Länge der Längensminute ist: $l = \frac{1852 \text{ m} \cdot \cos 53^{\circ} 24'}{100\,000}$.

Der Längenunterschied ist $62'$, also die Längenausdehnung der Karte

$$L = 62 l = 62 \cdot \frac{1852 \text{ m} \cdot \cos 53^{\circ} 24'}{100\,000} = 18,52 \text{ mm} \cdot 62 \cdot \cos 53^{\circ} 24'.$$

$$\left. \begin{array}{l} \log 18,52 = 1 \cdot 26764 \\ \log \cos 53^{\circ} 24' = 9 \cdot 77541 \\ \log 62 = 1 \cdot 79239 \end{array} \right\} \log l = 1 \cdot 04305 \quad l = 11,042 \text{ mm}$$

$$\frac{\log L}{\log l} = 2 \cdot 83544 \quad L = 684,6 \text{ mm}.$$

Man zieht am unteren Kartenrand eine horizontale Linie von $684,6 \text{ mm}$ Länge, theilt dieselbe in 62 Längensminuten ein und fertigt durch Abtheilen von Graden und $\frac{1}{6}$ Graden die Längenskala. In den Endpunkten der Längenskala werden Senkrechte errichtet. Die Meridionaltheile der höchsten und niedrigsten Breite sind:

$$\left. \begin{array}{l} M 54^{\circ} 12' \quad 3866 \cdot 47 \\ M 53^{\circ} 24' \quad 3785 \cdot 38 \end{array} \right\} \text{ Siehe Tab. I der Projection tables for the use of the United States navy,}$$

also ist

$$\text{die Meridionaldifferenz } \overline{MD} = 81 \cdot 09.$$

Die Breitenausdehnung der Karte $B = 81,09 l = 895,4 \text{ mm}$ wird auf den beiden Senkrechten von ihrem Fusspunkt aus abgetragen. Die Verbindungslinie der Theilpunkte wird gezogen. Sie bildet den oberen Kartenrand und erhält dieselbe Eintheilung wie die Längenskala. Hierauf werden die Meridiane der ganzen und halben Grade eingezeichnet.

Die Grösse der Breitenminute soll von $12'$ zu $12'$ bestimmt werden. Man trägt also von den Fusspunkten der Senkrechten aus die Produkte der Längensminute mit den Meridionaldifferenzen

$$\left. \begin{array}{l} l(M 54^{\circ} 0' - M 53^{\circ} 24') = 3846 \cdot 05 - 3785 \cdot 38 = 60,61 l \\ l(M 53^{\circ} 48' - M 53^{\circ} 24') = 3825 \cdot 73 - 3785 \cdot 38 = 40,35 l \\ l(M 53^{\circ} 36' - M 53^{\circ} 24') = 3805 \cdot 51 - 3785 \cdot 38 = 20,13 l \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Tab. I der Projection} \\ \text{Tables for the use of} \\ \text{the United States navy} \end{array}$$

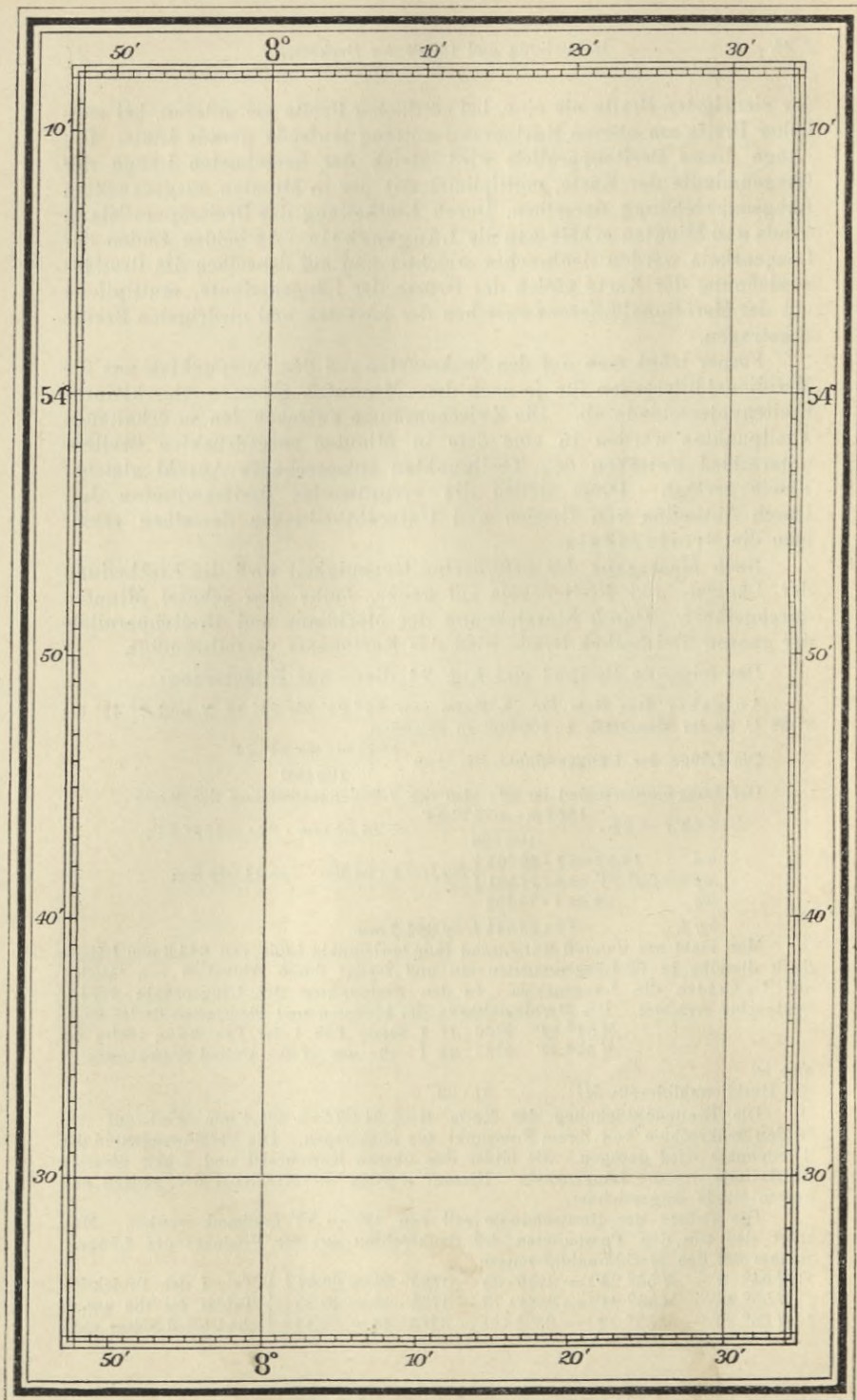
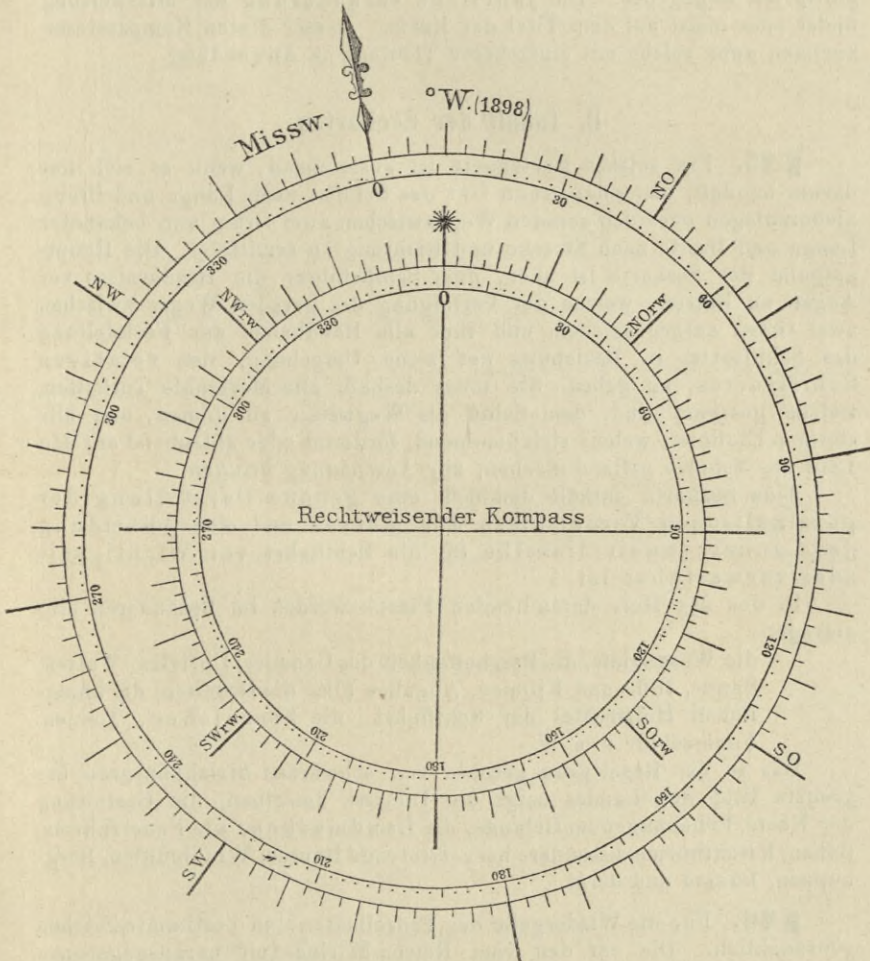


Fig. 24.

ab, welche man aus der Längenskala abgreift, und erhält die Theilungspunkte von $54^{\circ} 0'$, $53^{\circ} 48'$ und $53^{\circ} 36'$. Den Zwischenraum zwischen den Theilungspunkten theilt man in 12 gleiche Theile, die Breitenminuten, und vervollständigt die Breiten-skala durch Abtheilen von Graden und $\frac{1}{6}$ Graden. Die Länge der Breitenminuten beträgt dann zwischen $53^{\circ} 28'$ und $53^{\circ} 36'$, 18,6 mm, zwischen $53^{\circ} 36'$ und $53^{\circ} 48'$, 18,6 mm, zwischen $53^{\circ} 48'$ und $54^{\circ} 0'$, 18,7 mm und zwischen $54^{\circ} 0'$ und $54^{\circ} 12'$, 18,8 mm.

Fig. 25.

MISSW. u. RECHT. KOMPASS.



In dem vorstehenden Beispiel ist die Abplattung der Erde berücksichtigt. In den meisten Fällen kann dies unterbleiben, da die

Unterschiede so geringfügig sind, dass sie, wegen der durch den Maassstab bedingten Verkleinerung, auf der Karte nicht zu Tage treten.

§ 24. In das Kartennetz wird auf den vom Reichs-Marine-Amt herausgegebenen Karten zur Erleichterung des Eintragens von Kursen und Peilungen eine Kompassrose eingezeichnet, welche, wie Fig. 25 zeigt, einen von einem missweisenden Kompass umschlossenen rechtweisenden Kompass darstellt. Beide Kompassse sind mit Strichtheilung bis zu $\frac{1}{4}$ Strich und mit Gradtheilung von 360° versehen. Ueber dem Kompass ist die Missweisung nebst dem Jahr, für welches dieselbe gültig ist, angegeben. Die jährliche Veränderung der Missweisung findet man meist auf dem Titel der Karte. Ausser diesen Kompassrosen kommen auch solche mit einfacherer Theilung in Anwendung.

B. Inhalt der Seekarten.

§ 25. Ein solches Kartennetz ist ausreichend, wenn es sich nur darum handelt, den absoluten Ort des Schiffes nach Länge und Breite niederzulegen oder den geraden Weg zwischen zwei Orten von bekannter Länge und Breite nach Strecke und Richtung zu ermitteln. Die Hauptaufgabe der Seekarte ist aber, dem Schiffsführer die Hindernisse vor Augen zu führen, welche der Verfolgung des geraden Weges zwischen zwei Orten entgegenstehen, und ihm alle Handhaben zur Feststellung des Schiffsortes in Beziehung auf seine Umgebung, des relativen Schiffsortes, zu geben. Sie muss deshalb alle Merkmale enthalten, welche geeignet sind, dem Schiff als Wegweiser zu dienen, und alle stetigen Einflüsse, welche sich hemmend, fördernd oder ablenkend auf den Lauf des Schiffes geltend machen, zur Anschauung bringen.

Eine Seekarte enthält demnach eine genaue Darstellung der physikalischen Verhältnisse des Meeres und eine Abbildung des Landes, soweit dieselbe für die Schifffahrt von Wichtigkeit oder verwerthbar ist.

In der das Meer darstellenden Fläche werden im Besonderen eingetragen:

die Wassertiefe, die Beschaffenheit des Grundes, Untiefen, Watten, Sände, Riffe und Klippen, Angaben über die Gezeiten, die künstlichen Hilfsmittel der Schifffahrt, die Seezeichen, Tonnen, Feuerschiffe u. s. w.

Das in der Regel grau getonte von schwarzen Strichkonturen begrenzte Bild des Landes zeigt die Umrisse desselben, die Gestaltung der Küste, Erhebungen im Gelände, die Landmarken, wie Feuerthürme, Baken, Kirchthürme, besonders hervortretende Häuser, Windmühlen, Bergkuppen, Bäume und dergl.

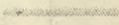
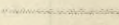
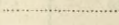
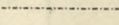
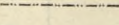
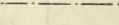
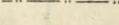
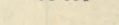
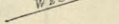
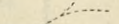
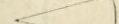
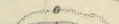
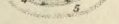
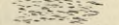
§ 26. Für die Wiedergabe der Einzelheiten sind bestimmte Zeichen gebräuchlich. Die auf den vom Reichs-Marine-Amt herausgegebenen Karten zur Verwendung gelangenden sowie die gebräuchlichen Abkürzungen sind nachstehend wiedergegeben. Es genügen deshalb hier einige kurze Erklärungen.

Grundbeschaffenheit	Abkürzungen	
<i>Aust.</i> <i>Austern</i>	<i>B.</i> <i>Bai, Bucht</i>	<i>Lcht-Th.</i> <i>Leuchthurm</i>
<i>bl.</i> <i>blau</i>	<i>Batt.</i> <i>Batterie</i>	<i>M.</i> <i>Mühle</i>
<i>bnt.</i> <i>bunt</i>	<i>Bg. Bg.</i> <i>Berg</i>	<i>m.</i> <i>Meter</i>
<i>br.</i> <i>braun</i>	<i>Bhf.</i> <i>Bahnhof</i>	<i>mag.</i> <i>magnetisch</i>
<i>brl.</i> <i>bräunlich</i>	<i>Bnk.</i> <i>Bank</i>	<i>min. resp. ¹¹</i> <i>Minute</i>
<i>dkl.</i> <i>dunkel</i>	<i>Bk. Bkn.</i> <i>Bake, Baken</i>	<i>Missw.</i> <i>Missweisung</i>
<i>f.</i> <i>fein</i>	<i>E?</i> <i>Existenz zweifelhaft</i>	<i>N O S W</i> <i>Nord, Ost, Süd, West</i>
<i>fls.</i> <i>felsig</i>	<i>elekt.</i> <i>elektrisch</i>	<i>Np.</i> <i>Nip (Fluth)</i>
<i>g.</i> <i>gelb</i>	<i>F.</i> <i>Feuer (fest, weiss)</i>	<i>Nd-Wass.</i> <i>Niedrig-Wasser</i>
<i>gb.</i> <i>grob</i>	<i>F. m. Blk.</i> <i>Feuer mit Blinken</i>	<i>Obs. Pkt.</i> <i>Observations-Punkt</i>
<i>gn.</i> <i>grün</i>	<i>Fschiff.</i> <i>Feuerschiff</i>	<i>Pos.?</i> <i>Position zweifelhaft</i>
<i>gr.</i> <i>grau</i>	<i>Blk. F.</i> <i>Blinkfeuer</i>	<i>R.</i> <i>Riff</i>
<i>Gr.</i> <i>Gras</i>	<i>Blz. F.</i> <i>Blitzfeuer</i>	<i>S.</i> <i>See</i>
<i>gss.</i> <i>gross</i>	<i>Fnk. F.</i> <i>Funkelfeuer</i>	<i>Sd.</i> <i>Sund</i>
<i>hl.</i> <i>hell</i>	<i>F.</i> <i>Föhre</i>	<i>Snd.</i> <i>Sand</i>
<i>ht.</i> <i>hart</i>	<i>Grp Blk. F.</i> <i>Gruppen-Blink-F</i>	<i>sek. resp. ⁵</i> <i>Sekunde</i>
<i>K.</i> <i>Kies</i>	<i>Hfn. F.</i> <i>Haufenfeuer</i>	<i>sichtb.</i> <i>sichtbar</i>
<i>kl.</i> <i>klein</i>	<i>Untbr. F.</i> <i>Unterbrochenes F</i>	<i>Sm.</i> <i>Seemeile</i>
<i>Kor.</i> <i>Korallen</i>	<i>Wchs. F.</i> <i>Wechselfeuer</i>	<i>Sp.</i> <i>Spitze</i>
<i>L.</i> <i>Lehm</i>	<i>Zeitw. F.</i> <i>Zeitweiliges Feuer</i>	<i>Spr.</i> <i>Spring (Fluth)</i>
<i>m.</i> <i>mit</i>	<i>Fl.</i> <i>Fluss</i>	<i>Sgn-S.</i> <i>Signal-Station</i>
<i>M.</i> <i>Muscheln</i>	<i>Fls.</i> <i>Fels</i>	<i>Eis-S.</i> <i>Eissignal-Station</i>
<i>r.</i> <i>roth</i>	<i>Flgst.</i> <i>Flaggenstange</i>	<i>L-S.</i> <i>Lotsen-Station</i>
<i>Rgd.</i> <i>Riffgrund</i>	<i>Flrws.</i> <i>Fahrwasser</i>	<i>N-S. (Gl. Gg.)</i> <i>Nebel-Signal (Glocke, Gong)</i>
<i>s.</i> <i>schwarz</i>	<i>G.</i> <i>Golf</i>	<i>(H. K. Sir. R.)</i> <i>(Horn, Kanone, Sirene, Rakete)</i>
<i>Schl.</i> <i>Schlamm</i>	<i>Gd.</i> <i>Grund</i>	<i>R-S. (B. M. R.)</i> <i>Rettings-Station</i>
<i>Sd.</i> <i>Sand</i>	<i>h.</i> <i>hoch</i>	<i>(Boot, Mörser, Rakete)</i>
<i>Sk.</i> <i>Schlick</i>	<i>Hfn.</i> <i>Hafen</i>	<i>Sem-S.</i> <i>Semaphor-St.</i>
<i>Sp.</i> <i>Sprenkeln</i>	<i>HfnZt.</i> <i>Hafenzeit</i>	<i>Strm-S.</i> <i>Sturmwarnungs-S-St.</i>
<i>St.</i> <i>Stein</i>	<i>horzt.</i> <i>horizontal</i>	<i>Wss-S.</i> <i>Wasserstand-Signal-St.</i>
<i>Stg.</i> <i>Seetang</i>	<i>Hs.</i> <i>Haus</i>	<i>Str.</i> <i>Strasse</i>
<i>T.</i> <i>Thon</i>	<i>H-Wass.</i> <i>Hoch-Wasser</i>	<i>Th.</i> <i>Thurm</i>
<i>w.</i> <i>weiss</i>	<i>I.</i> <i>Insel</i>	<i>Tel.</i> <i>Telegraph</i>
<i>wch.</i> <i>weich</i>	<i>K.</i> <i>Kap</i>	<i>Th.</i> <i>Tonne</i>
<i>zbr.</i> <i>zerbrochen</i>	<i>Kan.</i> <i>Kanal</i>	<i>Gl. Th.</i> <i>Glockentonne</i>
<i>ca.</i> <i>circa</i>	<i>kar.</i> <i>karrirt</i>	<i>Heul-Th.</i> <i>Heultonne</i>
<i>Unr. Gd.</i> <i>Unreiner Grund</i>	<i>Krch-Th.</i> <i>Kirchthurm</i>	<i>Lcht-Th.</i> <i>Leuchtonne</i>
		<i>vt.</i> <i>vertical</i>

A b k ü r z u n g e n

<i>Kbl.</i>	<i>Kabel</i>	<i>Tel-S.</i>	<i>Telegraphenstation</i>
<i>Kbl-Bk.</i>	<i>Kabelbake</i>	<i>Zt-Bl.</i>	<i>Zeitball</i>
<i>Kbl-Bj.</i>	<i>Kabelboje</i>	<i>Zt-Sgn.</i>	<i>Zeitsignal</i>
<i>Kbl-Lg.</i>	<i>Kabellänge</i>	<i>m.Flut-Wchs.</i>	<i>mittlerer Fluthwechsel</i>
<i>Fbr.</i>	<i>Fabrik</i>	<i>Pv.</i>	<i>Pavillon</i>
<i>Fj.</i>	<i>Fjord</i>	<i>Schl.</i>	<i>Schloss</i>
<i>Flt-Wchs.</i>	<i>Fluthwechsel</i>	<i>Schp.</i>	<i>Schuppen</i>
<i>Pgl.</i>	<i>Pegel</i>	<i>Vw.</i>	<i>Vorwerk</i>
<i>Pk.</i>	<i>Peak</i>	<i>Zgl.</i>	<i>Ziegelei</i>
<i>Pv. Mag.</i>	<i>Pulver-Magazin</i>		

S i g n a t u r e n

*Deich**Festes Land**Watt, trocken bei Niedrig Wasser**2 m. Grenze**4 m. "**6 m. "**10 m. "**20 m. "**40 m. "**100 m. "**200 m. "**Lothungen ohne Grund gefunden zu haben**Richtungslinien**Fahrwasserlinien**Sektoren**Unreiner Grund mit Felsen bis zu 4 m. unter Wasser.**Brandung*

Signaturen

 <i>Steilküste</i>  <i>Sandküste mit Dünen</i>  <i>Laubwald</i>  <i>Nadelwald</i>  <i>Mischwald</i>  <i>Gebüsch</i>  <i>Wiese</i>  <i>Sumpf, Moor</i>  <i>Heide</i>  <i>Mangroven</i>  <i>Palmen</i>  <i>Kirchen</i>  <i>Wind</i>  <i>Wasser</i>  <i>Baken</i>  <i>Häuser</i>  <i>Leuchtfeuer</i>  <i>Trigonometr. Punkt</i>  <i>Eisenbahn</i>  <i>Telegraphen-Kabel</i>  <i>Landesgrenze</i>  <i>Felsen- oder Korallen-Riff</i>  <i>Felsen über Wasser</i>  <i>Felsen im Meeresspiegel</i>  <i>Hecht Stein</i>  <i>Seetang</i>  <i>Feuerschiffe</i>  <i>Bakentonnen</i>  <i>Spierentonnen</i>	 <i>Stumpfe</i>  <i>Spitze</i>  <i>Heultonne</i>  <i>Glockentonne</i>  <i>Leuchtonne</i>  <i>Kugeltonne</i>  <i>Telegraphentonne</i>  <i>Fasstonne</i>  <i>Dalben (Duc d'Alben)</i>  <i>Treibbaken (auch angewandt für Seezeichen, deren Art nicht bekannt ist)</i>  <i>Strohwisch</i>  <i>Festmachertonne</i>  <i>Pricken und Besen</i>  <i>Wruck</i>  <i>Meeresströmung</i>  <i>Fluth</i>  <i>Ebbe</i>  <i>Wasserfall</i>  <i>Firt</i>  <i>Ankerplatz</i> <small>↳ für kleinere Fahrzeuge</small>  <i>Feuerkreise für feste Feuer</i>  <i>Blitz-Feuer</i>  <i>sonstige Feuer</i>  <i>Schornstein</i>  <i>Signalmast</i>  <i>Sturmsignalmast</i>  <i>Flaggenstange</i>  <i>Hauptstrasse</i>  <i>Nebenstrasse</i>  <i>Verbindungsweg</i>  <i>Hecke, Knick</i> <i>Mauer</i>
--	---

Um die Gestaltung des Meeresgrundes darzustellen, werden die Grenzen der Wassertiefen von 2, 4 und 6 m durch abschattirte Tonflächen und von 10, 20, 40, 100 und 200 m durch punktirte und gestrichelte Linien, die Metergrenzen, bezeichnet. Die die Stromrichtung bezeichnenden Pfeile sind, mit dem Strom schwimmend, gedacht. Die darüber stehenden Zahlen geben die Stromgeschwindigkeit in Seemeilen per Stunde. Die schwimmenden Seezeichen liegen über ihrem Anker. Die Feuerschiffe sind parallel den Breitenparallelen schwimmend eingezeichnet, ein Kreis in der Grundlinie bezeichnet ihre geographische Position.

In den Uebersichtskarten ist für die Leuchtfeuer der Feuerkreis, d. h. die Sichtbarkeitsgrenze des Feuers für 5,0 m Augeshöhe, eingezeichnet.

Eine freie Stelle der Karte enthält in der sogenannten Kartenbeschreibung den Titel der Karte, den Maassstab, die angewendeten Abkürzungen, die Höhen- und Tiefenmaasse, sowie sonstige wissenswerthe Angaben. Am unteren Rande, ausserhalb des Gradnetzes, steht die Angabe, bis zu welcher Zeit die Druckplatte berichtigt ist. Weitere Berichtigungen durch die Navigationsdepots der Kaiserlichen Werften werden handschriftlich ausgeführt. Die Berichtigungen erfolgen auf Grund der „Nachrichten für Seefahrer“. Ein links unten befindlicher Stempel giebt an, bis zu welchem Datum die Karte berichtigt ist.

§ 27. Die Darstellung der Einzelheiten in den Karten fremder Nationen entspricht im Allgemeinen der deutschen Wiedergabe. Die Bedeutung der wichtigsten Signaturen findet man in der Regel beim Titel der Karte oder an einer anderen geeigneten Stelle. Als Maass für Höhen und Tiefen haben die meisten Nationen das Metermaass angenommen, in englischen und amerikanischen Karten wird für Wassertiefen das Fadenmaass und Fussmaass, für Höhen das Fussmaass verwendet.

Die italienischen und französischen Karten haben keine Kompassrosen, auf denselben wird die Missweisung durch einen, an einen Meridian angelegten, Pfeilstrich ausgedrückt. Nur in einzelnen Karten sind rechtweisende Kompassrose und die Linien gleicher magnetischer Missweisung eingetragen. Auf Karten, welche nur ein kleines Gebiet darstellen, ist die Missweisung beim Titel oder an einer anderen geeigneten Stelle angegeben.

§ 28. Es ist nicht möglich, dass eine Karte Alles enthält, was dem Schiffsführer zu wissen nothwendig und nützlich ist. Zur Ergänzung dienen die jedem Schiff mitgegebenen nautischen Bücher, die Segelhandbücher, Leuchtfeuerverzeichnisse, Gezeitentafeln und die Nachrichten für Seefahrer, deren besondere Aufgabe es ist, alle Veränderungen auf dem Gebiete der Küsten- und Meereskunde dem Seefahrer zugänglich zu machen. Sie bieten diesem die Möglichkeit, seine Karten und nautischen Bücher stets auf dem Laufenden zu erhalten.

Die Vorschrift, nach welcher dies an Bord S. M. Schiffe zu erfolgen hat, ist im „Marineverordnungsblatt“ von 1892, No. 21, Seite 210, enthalten.

Zweiter Abschnitt
Lehrbuch der Behandlung und Aufzucht der
Seehais an Bord.

I. Gebrauch der Netze.

§ 25. Die Seehaisnetze sind meistens aus einem
Leinwand oder Baumwollenen Gewebe von 1 1/2 bis 2
Linien Stärke, und sind in der Regel von 100 bis
150 Faden lang, und von 10 bis 15 Faden breit.
Die Netze sind an einem Ende mit einem starken
Kordel umgeben, und an dem andern Ende mit
einem starken Kordel umgeben, und sind in der
Mitte mit einem starken Kordel umgeben, und
sind in der Regel von 100 bis 150 Faden lang,
und von 10 bis 15 Faden breit.

§ 26. Wenn man die Netze an Bord der See-
hais fängt, so sind sie meistens von 100 bis
150 Faden lang, und von 10 bis 15 Faden
breit, und sind in der Regel von 100 bis
150 Faden lang, und von 10 bis 15 Faden
breit.

§ 27. Die Netze sind meistens von 100 bis
150 Faden lang, und von 10 bis 15 Faden
breit, und sind in der Regel von 100 bis
150 Faden lang, und von 10 bis 15 Faden
breit.

§ 28. Die Netze sind meistens von 100 bis
150 Faden lang, und von 10 bis 15 Faden
breit, und sind in der Regel von 100 bis
150 Faden lang, und von 10 bis 15 Faden
breit.

unfruchtbar zutrifft.

"Zur Kenntniss der Küsten der Vereinigten Staaten von Amerika,"
 "Notes relative to the Use of
 Charts, issued by the United States Coast and
 Geodetic Survey. Washington. 1900 (Special
 Publication. No. 6. - Sternjahr - 1900/1901)
 und "Notes bearing on the Navigation of H. M.
 Ships" 4^{te} Edition, issued by the authority of the
 Lords Commissioners of the Admiralty.

Dritter Abschnitt.

Gebrauch, Behandlung und Aufbewahrung der
Seekarten an Bord.

A. Gebrauch der Seekarten.

§ 29. Der richtige Gebrauch einer Seekarte, d. h. die vollständige Ausnutzung aller in derselben gebotenen Hülfen für die Schifffahrt, ist nur dann möglich, wenn der Schiffsführer es versteht, die in der Karte enthaltenen Zeichen schnell und richtig zu erkennen, d. h. die Karte zu lesen. Er muss sich mit den Bedeutungen der in der Karte vorkommenden Zeichen und Abkürzungen vertraut machen, sich über die Eintheilung der Längen- und Breitenskala und, bei Karten mit missweisenden Kompassrosen, über die mit Rücksicht auf die jährliche Veränderung der Missweisung anzuwendende Verbesserung Gewissheit verschaffen. Angesichts der Geschwindigkeit der modernen Schiffe, darf diese Orientirung nicht erst erfolgen, wenn die Karte zum Gebrauch auf dem Kartentisch liegt, sondern sie muss vorher ohne Uebereilung vorgenommen werden. Missgriffen, die durch Ueberhast entstehen, wenn rasches Handeln noththut, wird dadurch vorgebeugt.

§ 30. Wesentlich für den Gebrauch der Seekarten ist das Maass von Vertrauen, welches man ihnen schenken darf. Kapitän Lecky spricht sich in seinem Buch „Wrinkles in practical navigation“ hierüber aus. Seine Ausführungen lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen.

„Alte Karten sind unzuverlässig. Je älter die Vermessung, um so unvollkommener waren die Mittel, mit welchen sie ausgeführt wurde, und um so grössere Veränderungen der Grundbeschaffenheit können inzwischen eingetreten sein. Oberflächliche Vermessungen erkennt man an den spärlichen und unregelmässig vertheilten Lothungen. Die leeren Stellen sind nicht ausgelothet, man kann nur dann tiefes Wasser auf ihnen vermuthen, wenn sie rings von tiefem Wasser umgeben sind. Ist flaches Wasser oder unreiner Grund mit Felsen oder Bänken in der Nähe, so ist Vorsicht geboten. Dies gilt besonders für Korallengegenden und in der Nähe felsiger Küsten. Von diesen und von felsigen Stellen soll man sich, besonders bei glattem Wasser, gut frei halten. Bei Seegang machen sich dieselben leichter bemerklich. Es sollte als Grundsatz gelten: Solange nicht nachgewiesen ist, dass ein Fahrwasser an der Küste frei von Gefahren ist, muss es als gefährlich angesehen werden. Wo nicht, wie bei Hafenplänen, die Ausführlichkeit der Angaben für eine gründliche Vermessung bürgt, ist die Fünf-Fadenlinie als ein Warnungszeichen gegen unnöthige Annäherung an die Küste anzusehen; an felsigen Küsten schon die Zehn-Fadenlinie, besonders für tiefgehende Schiffe.

Enthält die Karte keine Tiefengrenzen oder Fadenlinien, so weist dies darauf hin, dass entweder die Vermessung zu oberflächlich oder der Grund zu uneben ist, um die Linien eintragen zu können.

Vereinzelt von tiefem Wasser umgebenen flachen Stellen sollte man stets aus dem Wege gehen, besonders wenn sie auf der Karte von einem Kreis umgeben sind, da man nicht weiss, wie genau die Stelle erforscht ist.

Bei Annäherung an Land oder gefährliche Bänke muss man den Maassstab der Karte berücksichtigen, die man zur Hand hat. Während eine kleine Ungenauigkeit beim Eintragen einer Position auf einer Karte grossen Maassstabes nur Meter bedeutet, kann sie auf einer Karte kleinen Maassstabes schon einen beträchtlichen Theil einer Seemeile ausmachen.

Bei der Auswahl der Objekte für Peilungen sollte man den näheren den Vorzug vor den entfernteren geben, selbst wenn diese besser hervortreten, da die Verschiebung der Position, die ein Fehler beim Nehmen oder beim Eintragen der Peilung verursacht, im Verhältniss zu der Länge der gezogenen Peilungslinie steht.“

§ 31. Die Seekarten müssen, weil zu den wichtigsten und unentbehrlichsten Hilfsmitteln der Schifffahrt zählend, an Bord mit grösstmöglicher Sorgfalt und Schonung behandelt werden.

Die Karten müssen flachliegend und, wenn irgend möglich, ungefaltet in Regalen aufbewahrt werden. Das Rollen erschwert ihren Gebrauch. Tinte sollte nicht auf dem Kartentisch geduldet werden. Die Rücksicht auf die Schonung der Karten muss auch bei der Auswahl des Arbeitsgeräths für Kartenarbeiten zur Geltung kommen. Dasselbe besteht aus:

- § 32.**
1. Dem Bleistift und Radirgummi.
 2. Den rechtwinkligen Dreiecken.
 3. Dem Parallellineal.
 4. Dem Zirkel.
 5. Dem Transporteur.
 6. Dem Doppeltransporteur.

Man überzeuge sich, dass das Arbeitsgeräth zum Gebrauch fertig, der Bleistift gespitzt, der Gummi gereinigt, der Zirkel gangbar ist, und dass die Spuren früherer Arbeiten aus der Karte entfernt sind.

1. Der Bleistift muss so beschaffen sein, dass die gezogenen Striche nicht schmieren und sich doch leicht, ohne Abnutzung der Karte, wieder entfernen lassen. Er darf daher weder zu weich, noch zu hart sein. Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte wird S. M. Schiffen der Bleistift Faber 1211, Bleihärte No. 3, mitgegeben. Man wählt eckige Bleistifte, um das Rollen derselben bei bewegtem Schiff zu verhüten.

Der Radirgummi darf das Papier nicht angreifen. Bester Bleistiftgummi Faber No. 3900 entspricht den Anforderungen.

2. Die zwei rechtwinkligen Dreiecke dienen zum Eintragen von Kurslinien und Peilungen, sowie zum Uebertragen von Richtungen von der Kompassrose nach beliebigen Stellen der Karte. Sie werden aus Mahagoniholz, neuerdings auch aus durchsichtigem Celluloid hergestellt. Die Celluloiddreiecke haben den Vorzug, dass sie den von ihnen bedeckten Theil der Karte sichtbar lassen.

3. Das Parallellineal dient demselben Zweck wie die Dreiecke; es besteht aus zwei hölzernen Linealen, welche durch metallene Gelenkstücke stets parallel zu einander gehalten werden. Da die Gelenkstücke kurz sind, ist oft ein mehrmaliges Verschieben der Lineale erforderlich, welches, besonders bei eiligem Arbeiten, leicht Klemmungen und Ungenauigkeiten zur Folge hat und durch die Reibung der Lineale die Karte übermässig abnutzt. Die Dreiecke sind deshalb vorzuziehen.

4. Der Zirkel dient zum Abgreifen von Entfernungen. Die Zirkelspitzen müssen gut geschärft und gerade sein. Das Gelenk muss zwar leicht beweglich, doch so fest angezogen sein, dass die Schenkel in jeder gewünschten Lage stehen bleiben. Man vermeide es, in die Karte hineinzustechen und setze den Zirkel niemals steil, sondern stets schräg an.

5. Der Transporteur ist eine aus Messing oder Neusilber gefertigte halbkreisförmige Scheibe, deren Umfang eine von den Endpunkten des Durchmessers ausgehende Gradtheilung von 0° bis 90° aufweist, so dass sich beide Theilungen bei 90° in dem rechtwinklig zum Durchmesser stehenden Halbmesser der Scheibe begegnen.

Man braucht den Transporteur zum Eintragen von Kursen oder Peilungen nach Graden in Karten, welche keine entsprechend getheilte Kompassrose enthalten.

Der Transporteur wird mit dem Durchmesser an eine eingezeichnete Nord-Südlinie oder einen Meridian angelegt. Dann wird vom Mittelpunkt aus eine Linie durch den betreffenden Strich der Gradtheilung gezogen. Die Kurse und Peilungen müssen also in Winkeln von Nord oder Süd nach Ost oder West ausgedrückt sein. Erforderlichenfalls muss die Nord-Südlinie durch den Ausgangspunkt des Kurses oder der Peilung vorher gezogen werden.

Um überflüssiges Ziehen von Linien zu vermeiden und die Karte zu schonen, ist es zweckmässig, einen dünnen Seidenfaden im Mittelpunkt des Transporteurs zu befestigen.

Man überzeugt sich, wie ein Kurs oder eine Peilung führt, durch Anlegen des straff gespannten Fadens an den entsprechenden Grad der Theilung, oder man ermittelt den Kurs bzw. die Peilung durch Ausspannen des Fadens von dem auf dem Ausgangspunkt liegenden Mittelpunkt des Transporteurs nach dem zu erreichenden Punkt.

6. Der Doppeltransporteur (Fig. 26) dient zum Eintragen von Horizontalwinkeln in die Karte und im Besonderen zum Festlegen des Schiffsortes auf Grund der Messung von Horizontalwinkeln zwischen drei in der Karte eingezeichneten Punkten. Seine Hauptbestandtheile sind: Der Kreis, die Schenkel und der Federstift.

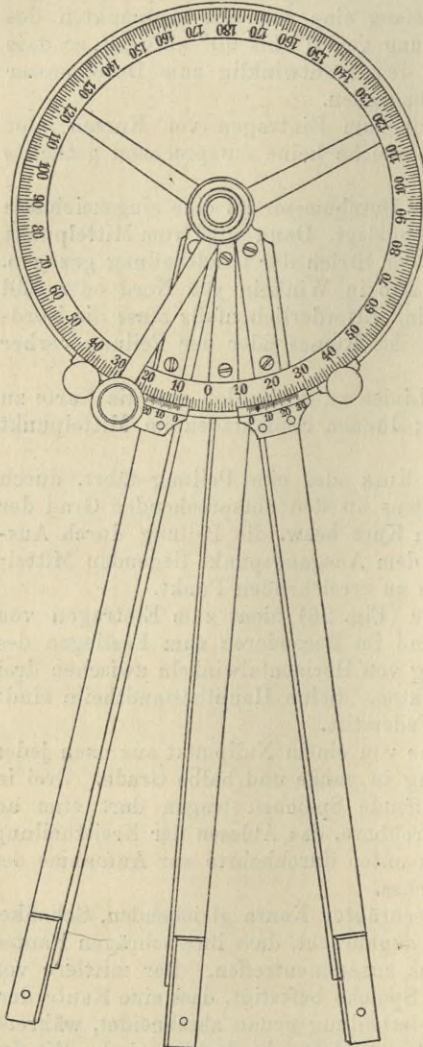
Der neusilberne Kreis hat eine von einem Nullpunkt aus nach jeder Seite bis 180° gehende Eintheilung in ganze und halbe Grade. Drei in seinem Mittelpunkt zusammentreffende Speichen tragen dort eine an einem Arm um den Mittelpunkt drehbare, das Ablesen der Kreistheilung erleichternde Lupe und eine nach unten durchbohrte zur Aufnahme des Federstiftes bestimmte Messingbüchse.

Die drei, Linealen mit abgschrägter Kante gleichenden, Schenkel sind unterhalb des Kreises derart angebracht, dass ihre schrägen Kanten genau im Mittelpunkt des Kreises zusammentreffen. Der mittlere von ihnen ist unbeweglich so an einer Speiche befestigt, dass eine Kante derselben mit dem Nullpunkt der Kreistheilung genau abschneidet, während die beiden anderen Schenkel um den Mittelpunkt drehbar sind. Mit den drehbaren Schenkeln sind Nonien, die das Ablesen auf $1'$ gestatten, und Klemmstücke mit Feststellschrauben verbunden. Der feste Schenkel ist unten nach dem Mittelpunkt zu schräg abgeschnitten, um das Einstellen

möglichst kleiner Winkel zu ermöglichen. An allen Schenkeln können Verlängerungsstücke mit Messingschrauben befestigt werden.

Um die Karten zu schonen, sind die unteren Flächen der Schenkel und Verlängerungsstücke mit Papier beklebt.

Fig. 26.



3 mm starker von einer Spiralfeder umgebener zugespitzter Stahlstift mit Messingkopf. Derselbe wird in die für ihn bestimmte Messingbüchse im Mittelpunkt des Kreises eingesetzt und derart in derselben geführt, dass er, wenn niedergedrückt, genau den Mittelpunkt des Kreises, somit den Ort des Schiffes, durch einen feinen Stich bezeichnet.

Der Doppeltransporteur wird zum Festlegen des Schiffsortes folgendermaassen gebraucht: Die zwischen dem mittleren und den beiden seitlichen Punkten gemessenen Winkel werden mit den beweglichen Schenkeln eingestellt. Der feste Schenkel wird an den mittleren Punkt in der Karte angelegt und solange an demselben entlang geführt, bis die abgeschrägten Kanten der beweglichen Schenkel durch die beiden seitlichen Punkte gehen. Dann wird durch Herunterdrücken des Stiftes der Schiffsort in der Karte markirt.

Als Ersatz für den Doppeltransporteur kann ein Bogen Pauspapier dienen, auf welchem, von einem beliebigen Punkte aus, die Winkel mittelst eines Transporteurs eingetragen sind. Man legt den Pauspapierbogen auf die Karte und verschiebt ihn so lange, bis die Schenkel der eingezeichneten Winkel die Punkte, zwischen welchen gemessen wurde, berühren.

Das zu den Kartenarbeiten erforderliche Geräth sollte stets an einem bestimmten für den Gebrauch bequemen Ort aufbewahrt werden, an welchen man es sogleich nach dem Gebrauch zurückbringt. Es empfiehlt sich, an der Wand

des Kartenhauses kleine Metallösen zum Hineinstecken des Zirkels und ein offenes Kästchen für Bleistift, Gummi und Transporteur anzubringen.

§ 33. Diejenige Arbeit, welche bezweckt, den Schiffsort oder den zurückgelegten oder zurückzulegenden Schiffsweg auf der Karte zu veranschaulichen, heisst Absetzen.

Beim Absetzen sind folgende Aufgaben zu lösen:

1. Eintragen des Schiffsortes nach Länge und Breite.

Es ist ein Theil des Orts-Meridians und -Breitenparallels in die Karte einzuzichnen. Der Schnittpunkt beider ist der einzutragende Ort.

Man legt das Dreieck an den dem Schiffsort zunächst gelegenen Meridian und verschiebt es, an dem anderen Dreieck entlang, bis zur Länge des Ortes in der Längenskala und zieht dann, in der Nähe der Breite des Ortes, eine dem Meridiane parallele Linie. Diese stellt den Meridian des Ortes dar. Dann legt man das Dreieck an den dem Schiffsort zunächst gelegenen Breitenparallel und verschiebt es am anderen Dreieck bis zur Breite des Ortes in der Breitenskala und zieht eine dem Breitenparallel parallele Linie, den Breitenparallel des Ortes. Der Schnittpunkt der beiden gezogenen Linien ist der Schiffsort. Er wird durch einen kleinen Kreis hervorgehoben. Den Schnittpunkt durch stärkere Ankreuzung zu kennzeichnen, ist nicht zu empfehlen, da seine Lage dadurch ungenau wird.

Liegt der Schiffsort weit vom Kartenrand ab, so nimmt man zweckmässig den Zirkel zu Hilfe. Man erhält den Meridian und Breitenkreis des Ortes dadurch, dass man, vom Kreuzungspunkt des dem Schiffsort zunächst gelegenen Meridians und Breitenparallels aus, auf dem Meridian den Breitenunterschied, auf dem Breitenparallel den Längenunterschied, gegenüber der Länge und Breite des einzutragenden Ortes aus der Breiten- und Längenskala abträgt und durch die Theilungspunkte Parallelen zum Breitenkreis bzw. Meridian zieht. Ihr Schnittpunkt ist der Schiffsort.

2. Bestimmung der Länge und Breite eines in der Karte gegebenen Punktes.

Man legt das eine Dreieck an den, dem Punkt zunächst gelegenen Meridian an und verschiebt es an dem anderen Dreieck entlang so lange, bis es durch den gegebenen Punkt geht. Dann legt man das zweite Dreieck an die dem Meridian parallele Kante des ersten an und verschiebt beide aneinander so lange, bis man an die Längenskala gelangt, wo an der Stelle, wo die Kante des Dreiecks die Skala schneidet, die Länge abgelesen wird. Die Breite wird auf gleiche Weise gefunden, indem man das Dreieck parallel zum Breitenparallel nach der Breitenskala führt.

Bei nicht zu grosser Entfernung des Punktes von dem nächsten Meridian oder Breitenparallel gelangt man schneller zum Ziel durch Messen der Abstände des Punktes von diesen mit dem Zirkel und Abtragen derselben auf der Längen- und Breitenskala.

3. Eintragen einer Peilungslinie oder eines Kurses.

Die Peilung oder der Kurs ist für die Deviation, die Missweisung für das Gebrauchsjahr zu verbessern. Enthält die Karte keine oder nur rechtweisende Kompassrosen, so muss der Kurs oder die Peilung auch für die Missweisung verbessert werden. Die so gefundene Richtung sucht man in dem dem gepeilten Gegenstand oder Abgangsort in der Karte zunächst gelegenen Kompass auf und überträgt sie durch Anlegen und Verschieben der Dreiecke nach dem gepeilten Gegenstand oder Abgangsort.

Die Entfernung misst man auf der Breitenskala und zwar greift man sie derart auf dieser ab, dass die Zirkelspitzen gleich weit von der geschätzten mittleren Breite, der Mittelbreite, in welcher der Kurs oder die Peilung sich bewegt, entfernt sind. Die Zahl der zwischen den Zirkelspitzen liegenden Breitenminuten ist gleich der Entfernung in Seemeilen.

Bei Karten ohne Kompassrosen muss man den Kurs oder die Peilung in Graden von Nord oder Süd nach Ost oder West ausdrücken, durch den gepeilten Gegenstand oder Abgangsort eine Nord-Südlinie ziehen, und den Transporteur mit seinem Durchmesser derart an sie anlegen, dass der Mittelpunkt auf den Abgangsort bzw. den gepeilten Gegenstand fällt. Bei dem dem Kurs bzw. der Peilung entsprechenden Theilstrich wird am Umfang des Transporteurs ein Punkt auf die Karte gemacht und dieser mit dem Abgangspunkt bzw. dem gepeilten Gegenstand verbunden. Die Entfernung wird wie vorher abgetragen.

4. Entnahme einer Peilung aus der Karte.

Man überträgt die Peilungslinie mittelst der Dreiecke bis zum nächsten Kompass und liest auf diesem die miss- bzw. rechtweisende Richtung ab.

Benutzt man den Transporteur, so hat man eine Nord-Südlinie durch den gepeilten Gegenstand zu ziehen, den Durchmesser des Transporteurs an diese anzulegen und, am Schnittpunkt der Peilungslinie mit dem Umfang, die Richtung in Graden abzulesen.

5. Kurs und Entfernung zwischen zwei Punkten zu ermitteln.

Man verbindet beide Punkte durch eine gerade Linie und findet den Kurs wie unter 4.

Die Entfernung wird dadurch festgestellt, dass man auf der Mittelbreite eine passende Anzahl Breitenminuten in den Zirkel nimmt und hiernach die Länge der Verbindungslinie in Seemeilen misst.

Ist die an der Kompassrose angegebene Missweisung nicht mehr richtig, so berechnet man die Verbesserung und bezeichnet die gültige Nord-Südlinie durch einen Bleistiftstrich. Dieser zeigt beim Ablesen des Kurses bzw. der Peilungsrichtung an der Kompassrose an, ob der Winkel zwischen der Nord-Südlinie und dem Kurs durch die Veränderung der Missweisung grösser oder kleiner geworden ist. Es ist also kein Zweifel möglich, nach welcher Richtung die Verbesserung anzuwenden ist.

mitte wach zu haffend
für Anwesenheit der Anwesenden

B. Ordnung und Aufbewahrung der Seekarten.

§ 34. Die von den Kaiserlichen Werften vorräthig gehaltenen Karten sind nach Titeln und innerhalb dieser nach Nummern in dem Katalog der Seekarten und Bücher aufgeführt und dementsprechend bezeichnet. Die Bedeutung der Titel ist folgende:

- Titel I: Ostsee.
 „ II: Belte, Sund, Kattegatt und Skagerrak.
 „ III: Nordsee.
 „ IV: Englischer Kanal.
 „ V: Mittelmeer.
 „ VI: Nördlicher Atlantischer Ozean.
 „ VII: Westindien.
 „ VIII: Südlicher Atlantischer Ozean.
 „ IX: Indischer Ozean.
 „ X: Indischer Archipel.
 „ XI: Nördlicher Stiller Ozean.
 „ XII: Südlicher Stiller Ozean.
 „ XIII: Nördliches Eismeer.
 „ XIV: Vermischtes.

In derselben Weise sind die Segelhandbücher geordnet.

Jede Karte zeigt die Titelnummer in römischen und die laufende Nummer in arabischen Ziffern in der rechten unteren Ecke der Rückseite.

Die Unterbringung der Karten an Bord S. M. Schiffe ist, je nach dem verfügbaren Raum, verschieden. Auf grossen Schiffen sind meist Kartenspinden mit herausziehbaren Fächern, auf kleinen dagegen nur Kartenmappen vorhanden. Die Karten werden nach den Titeln geordnet in der Reihenfolge der laufenden Nummern aufeinander gelegt. Ist die Kartenausstattung sehr umfangreich, wie z. B. auf den im Ausland befindlichen Schiffen, so erleichtern die unter Titel XIV No. 85 des Katalogs aufgeführten Indexkarten die Zusammenstellung der zu einer bestimmten Reise erforderlichen Karten. Die Indexkarten zeigen die ganze Erdoberfläche in rechteckige Felder getheilt, welche den durch einzelne Karten dargestellten Gebieten entsprechen. Diese Felder tragen in einer Ecke die Nummer der Karte nach dem Katalog der englischen Admiralität. Der Katalog der Seekarten und Bücher enthält unter B XVe No. 12 eine Zusammenstellung zur Uebertragung der englischen Nummern in die deutschen.

Vierter Abschnitt.

Die Bezeichnung der Fahrwasser und Untiefen.

§ 35. Die Bezeichnung der Fahrwasser und Gefahren für die Schifffahrt ist an den Küsten der civilisirten Staaten nach einheitlichen Grundsätzen geregelt, deren Kenntniss das Verständniss der Karte erleichtert und es ermöglicht, aus der äusseren Erscheinung eines Seezeichens seine Bedeutung zu erkennen. Die für das deutsche Be-

tonnungssystem maassgebenden Grundsätze sind in dem jährlich erscheinenden Heft „Verzeichniss der Sommerseezeichen in den deutschen Küstengewässern“ niedergelegt und folgen hier im Abdruck.

Grundsätze des Systems zur Bezeichnung der Fahrwasser und Untiefen in den deutschen Küstengewässern gemäss Verordnung des Reichskanzlers vom 31. Juli 1887.

A. Benennung und Beschreibung der zu verwendenden Seezeichen.*)

1. Schwimmende Seezeichen.

- a) Bakentonnen sind schwimmende Körper mit bakenartigem Aufbau, zu denen auch die Heul-, Leucht- und Glockentonnen zu rechnen sind.
- b) Spierentonnen haben über Wasser die Form einer Spiere. Die Gestalt des etwa vorhandenen nicht spierenartig geformten Schwimmkörpers kommt nicht in Betracht.
- c) Spitze Tonnen sind über Wasser kegelförmig gestaltet.
- d) Stumpfe Tonnen haben über Wasser — ganz oder annähernd — die Form eines Cylinders, dessen obere Fläche abgeplattet ist.
- e) Kugeltonnen zeigen über Wasser die Form einer Halbkugel.
- f) Fasstonnen haben die Gestalt eines Fasses oder eines Cylinders, dessen gewölbte Fläche nach oben gekehrt ist.

Die schwimmenden Seezeichen sind derart zu konstruiren und auszulegen, dass sie genügend hoch über Wasser hervorragen und, mit Ausnahme der Fasstonnen, möglichst senkrecht stehen. Die Form des über Wasser befindlichen Theiles ist bei den verschiedenen Arten so zu wählen, dass eine Verwechslung mit den anderen Arten nicht stattfinden kann.

2. Feste Seezeichen.

- a) Baken sind gerüstartige oder volle Aufbauten, welche eine gegen den Hintergrund sich scharf abhebende und in die Augen fallende Gestalt haben. Hierzu gehören auch die aus mehreren Pfählen bestehenden Dalben (Duc d'Alben).
- b) Stangenseezeichen sind einzelne in den Grund gesteckte Stangen oder eingerammte Pfähle.
- c) Pricken sind junge mit Aesten versehene Bäume oder Baumzweige, welche ebenfalls in den Grund gesteckt werden.

B. Die an den Seezeichen anzubringenden Unterscheidungszeichen.

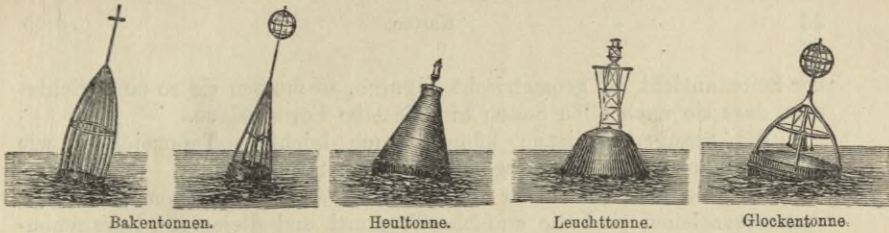
1. Zur Unterscheidung von Seezeichen derselben Art dienen Toppzeichen und auf die Seezeichen aufgemalte Aufschriften oder Figuren.

2. Als Toppzeichen können alle Körper, die sich durch ihre Form gut abheben, einzeln oder kombiniert verwendet werden; auch ist die Anwendung von Fähnchen nicht ausgeschlossen. Erscheinen die Körper in

*) Leuchthürme, Landmarken und Leuchtschiffe bleiben ausser Betracht.

Bildliche Darstellung der Seezeichen in den deutschen Küstengewässern.

1. Schwimmende Seezeichen.



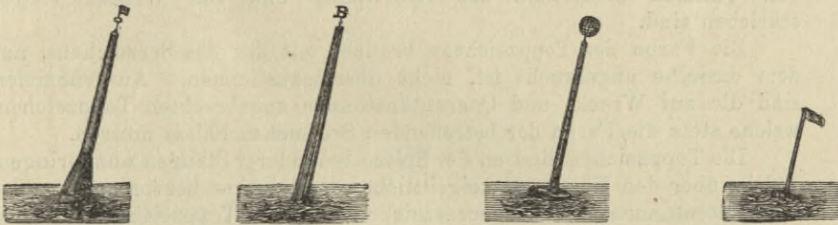
Bakentonnen.

Heultonne.

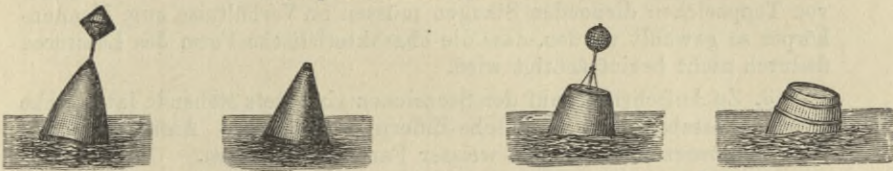
Leuchtonne.

Glockentonne.

a) Baken-, Heul-, Leucht- und Glockentonnen.



b) Spierentonnen (Steuerbord-Seite).



c) Spitze Tonnen (Backbord-Seite).

d) Stumpe Tonnen.



e) Kugeltonne
(Mittelfahrwasser).

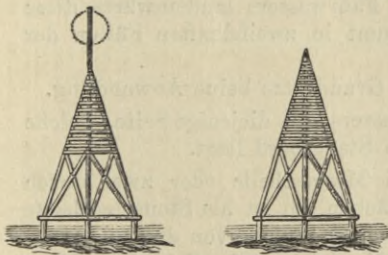
f) Fasstonnen.



Nördlich, südlich, östlich, westlich Auf der
von der Untiefe bezw. dem Wrack. Untiefe.

Toppzeichen für Seezeichen zur Kennzeichnung der außerhalb der Fahrwasser belegenen Untiefen sowie der Wracktonnen.

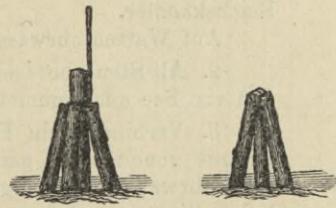
2. Feste Seezeichen.



a) Baken.

(Steuerbord).

(Backbord).



b) Dalben (Due d'Alben).

(Steuerbord).

(Backbord).



c) Stangenseezeichen (Steuerbord).



d) Pricken (Backbord).

der Seitenansicht als geometrische Figuren, so müssen sie so eingerichtet sein, dass sie nach allen Seiten hin dieselbe Form zeigen.

Bei Stangenseezeichen können auch leichtere Toppzeichen, wie Zweige, Strohrische und dergleichen, benutzt werden.

Ausgeschlossen von der Verwendung als Toppzeichen für Fahrwasserseezeichen sind die einfache Trommel und diejenigen Zusammenstellungen gleichseitiger Dreiecke, welche speciell für die Kennzeichnung von Untiefen ausserhalb der Fahrwasser und von Wracks vorgeschrieben sind.

Die Farbe des Toppzeichens braucht mit der des Seezeichens, auf dem dasselbe angebracht ist, nicht übereinzustimmen. Ausgenommen sind die auf Wrack- und Quarantänetonnen angebrachten Toppzeichen, welche stets die Farbe der betreffenden Seezeichen haben müssen.

Die Toppzeichen sind an der Spitze besonderer Stangen anzubringen, welche über den Körper des eigentlichen Seezeichens hervorragten. Nur bei Spierentonnen und Stangenseezeichen kann das Toppzeichen an diesen selbst befestigt werden. Die Länge und die Stärke der zur Anbringung von Toppzeichen dienenden Stangen müssen im Verhältniss zum Tonnenkörper so gewählt werden, dass die charakteristische Form des Letzteren dadurch nicht beeinträchtigt wird.

3. Zu Aufschriften auf den Seezeichen sind stets stehende lateinische Druckbuchstaben bezw. arabische Ziffern zu benutzen. Aufschriften auf Fahrwasserseezeichen sind in weisser Farbe auszuführen.

4. Erhalten Fahrwasserseezeichen eine fortlaufende Bezeichnung mit Buchstaben oder Zahlen, so muss dieselbe bei dem äussersten Seezeichen beginnen. Fahrwasser von beträchtlicher Länge können jedoch in mehrere Abtheilungen getheilt werden, von denen jede mit einer besonderen Buchstaben- oder Zahlenreihe bezeichnet wird.

5. Aufschriften und Figuren dürfen nur in solcher Grösse ausgeführt werden, dass die Farbe des Seezeichens selbst deutlich erkennbar bleibt.

C. Bezeichnung der Fahrwasser.

1. Fahrwasser im Sinne dieser Grundsätze ist jeder für Seeschiffe benutzbare Wasserweg, dessen Verlauf durch Seezeichen kenntlich gemacht ist. Bis zu welcher Stelle des Fahrwassers landeinwärts diese Grundsätze Geltung haben sollen, bestimmt in zweifelhaften Fällen der Reichskanzler.

Auf Wattenfahrwasser finden diese Grundsätze keine Anwendung.

2. Als Steuerbordseite eines Fahrwassers gilt diejenige Seite, welche den von See aus kommenden Schiffen an Steuerbord liegt.

3. Verbindet ein Fahrwasser zwei Meerestheile oder zwei durch Gründe voneinander getrennte Wasserflächen, so ist als Steuerbordseite des Fahrwassers diejenige Seite zu betrachten, welche von den aus westlicher Richtung, d. h. von rechtweisend Nord (einschliesslich) über West bis rechtweisend Süd (ausschliesslich), kommenden Schiffen an Steuerbord gelassen wird. Ist ein solches Fahrwasser derart gekrümmt, dass Zweifel darüber entstehen, welche Seite als Steuerbord- und welche als Backbord-

seite zu bezeichnen ist, so gilt die am meisten nördlich gelegene Einfahrt als die maassgebende für das ganze zusammenhängende Fahrwasser.

4. Sind die Eingänge zu Fahrwassern von See aus nicht durch Feuer-schiffe, Baken, Molen oder dergleichen kenntlich gemacht, so sind hier Bakentonnen von charakteristischer Form als Anseglungstonnen in solcher Entfernung von den nächsten Fahrwassertonnen auszulegen, dass letztere von den Bakentonnen aus gut gesehen werden können. Die Anseglung-tonnen sind mit einem den Bestimmungen für die Fahrwassertonnen ent-sprechenden Anstrich zu versehen.

5. Zur Bezeichnung des Fahrwassers sind, wenn schwimmende See-zeichen benutzt werden, auf der Steuerbordseite Spierentonnen und auf der Backbordseite spitze Tonnen zu verwenden; nur, wenn mehrere Fahr-wasser so nahe bei einander liegen, dass eine Verwechslung derselben möglich erscheint oder dass die Unterscheidung der einzelnen Tonnen-reihen voneinander erschwert wird, oder wenn zur Auslegung von Spieren-tonnen nicht die erforderliche Wassertiefe vorhanden ist, können an Stelle der Letzteren ausnahmsweise stumpfe Tonnen zur Bezeichnung der Steuer-bordseite verwendet werden. Werden feste Seezeichen angewendet, so ist die Steuerbordseite durch Baken mit daran angebrachten Spieren oder durch Stangenseezeichen, die Backbordseite durch Baken ohne Spieren oder durch Pricken zu bezeichnen.

6. Als Mittelfahrwassertonnen sind Kugeltonnen auszulegen.

7. Erscheint es geboten, einzelne Punkte — wie zum Beispiel im Fahrwasser liegende Riffe oder die Spitzen der in dasselbe vortretenden Untiefen — oder abzweigende Fahrwasser besonders kenntlich zu machen, so sind hierzu Baken oder Bakentonnen zu verwenden.

8. Zur Bezeichnung der äussersten Enden von Mittelgründen*) sind Baken oder Bakentonnen zu verwenden, welche als Toppzeichen ein stehendes Kreuz tragen.

9. An Stellen, wo die Richtung des Fahrwassers sich erheblich ändert, können an der konvexen Ecke desselben zwei gleiche Seezeichen von der für die entsprechende Fahrwasserseite vorgeschriebenen Art dicht neben-einander ausgelegt bezw. errichtet werden.

10. Mit Ausnahme der Stangen und Pricken sind sämtliche auf der Steuerbordseite befindlichen Seezeichen roth, die auf der Backbordseite befindlichen schwarz anzustreichen.

Fahrwasserseezeichen, die von Schiffen zu beiden Seiten passirt werden können, wie Mittelfahrwassertonnen und die zur Bezeichnung einzelner Riffe und der Enden von Mittelgründen verwendeten Baken und Baken-tonnen, erhalten einen roth und schwarz gestreiften Anstrich.

*) Mittelgründe im Sinne dieser Vorschriften sind Inseln und Untiefen, welche ein Fahrwasser in zwei für die Schifffahrt nutzbare Arme theilen, die sich weiterhin wieder zu einem Fahrwasser vereinigen.

Untiefen, Inseln und Riffe, welche durch eine Tonne oder Bake genügend gekennzeichnet werden, sind als Mittelgründe nicht zu betrachten.

D. Kennzeichnung der ausserhalb der Fahrwasser belegenen Untiefen.

1. Die ausserhalb der Fahrwasser liegenden Untiefen sind durch Spierentonnen, Bakentonnen oder Baken zu bezeichnen, welche auf der Untiefe selbst oder an den Rändern derselben auszulegen bzw. zu errichten sind.

2. Befinden sich die Seezeichen an den Rändern, so sind dieselben mit Toppzeichen von der Form zweier senkrecht übereinander stehender gleichseitiger Dreiecke zu versehen, und zwar erhalten die Seezeichen nördlich von der Untiefe: zwei mit der Spitze nach oben gekehrte Dreiecke;
 südlich von derselben: zwei mit der Spitze nach unten gekehrte Dreiecke;
 östlich von derselben: zwei Dreiecke, von denen das obere die Spitze nach oben und das untere die Spitze nach unten kehrt;
 westlich von derselben: zwei Dreiecke, deren Spitzen gegeneinander gerichtet sind.

Die beiden Dreiecke sind hierbei stets so weit voneinander zu rücken, dass der Zwischenraum zwischen denselben der Höhe eines der verwendeten Dreiecke entspricht.

3. Die auf der Untiefe selbst errichteten bzw. ausgelegten Seezeichen erhalten als Toppzeichen eine Trommel (d. h. einen aufrecht stehenden Cylinder, dessen Höhe und Durchmesser gleich sind).

4. Die sämtlichen zur Bezeichnung der Untiefen ausserhalb der Fahrwasser verwendeten Seezeichen sind weiss anzustreichen, nur wenn die Untiefe von so geringer Ausdehnung ist, dass die Betonung der Ränder nicht erforderlich erscheint und die Schiffe sich dem auf die Untiefe gesetzten Seezeichen von allen Seiten bis auf eine geringe Entfernung nähern können, erhält das Letztere einen schwarz und weiss gestreiften Anstrich.

5. Auf den Seezeichen ist der Name der Untiefe voll oder abgekürzt, auf den am Rande ausgelegten Seezeichen sind ausserdem, entsprechend der Himmelsrichtung, in welcher sich dieselben von der Untiefe befinden, die Buchstaben N, S, O, W in schwarzer Schrift gut sichtbar anzubringen.

6. Erscheint es nöthig, der Verwechslung mehrerer nahe bei einander gelegener Untiefen oder der auf einer Seite derselben Untiefe befindlichen Seezeichen unter sich vorzubeugen, so können auf den Seezeichen ausser den vorgeschriebenen noch andere Toppzeichen oder sonstige Unterscheidungsmerkmale angebracht werden.

E. Kennzeichnung besonderer Stellen in und ausserhalb der Fahrwasser.

1. Werden zur Bezeichnung gesunkener, von Wasser bedeckter Schiffe Tonnen ausgelegt, so sind hierzu stumpfe, spitze oder Fasstonnen zu verwenden, welche grün angestrichen sind und in weisser Farbe die Bezeichnung „Wrack“ tragen. Wracktonnen sind mit solchen

II. Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen

1. Die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen sind durch die folgenden Punkte gekennzeichnet: Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Wirkung der Dosis auf die Wirkung des Mittels sehr wichtig ist. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis.

2. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis.

3. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis.

4. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis.

5. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis.

6. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis.

7. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis.

8. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis.

III. Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen

1. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis. Die Wirkung des Mittels ist in der Regel umgekehrt proportional der Dosis.

Toppzeichen zu versehen, wie sie durch die im Abschnitt D unter 2 und 3 enthaltenen Bestimmungen zur Bezeichnung von Untiefen vorgeschrieben sind.

2. Werden zur Bezeichnung der Lage unterseeischer Telegraphenkabel Tonnen ausgelegt, so sind hierzu grün angestrichene Kugeltonnen zu verwenden, welche in weisser Farbe das Wort „Telegraph“ oder den Buchstaben „T“ tragen.

3. Zur Bezeichnung der Grenzen von Quarantänegründen sind stumpfe, spitze oder Fasstonnen mit gelbem Anstrich zu verwenden.

4. Die Grenzen solcher Wasserflächen, welche zur Vornahme von Schiess-, Minen- oder Torpedoversuchen zeitweise für die Schifffahrt abgesperrt werden müssen, sind mit gelb angestrichenen Fasstonnen zu bezeichnen, welche als Toppzeichen ein rothes Fähnchen tragen.

F. Allgemeine Bestimmung.

Werden zur Befestigung von Schiffen, zur Grenzbezeichnung von Rheden, zu Peilungszwecken oder dergleichen Tonnen ausgelegt oder Baken errichtet, so sind dieselben in Form, Farbe und Unterscheidungszeichen derart zu charakterisiren, dass sie mit etwa in der Nähe befindlichen Seezeichen nicht verwechselt werden können.

§ 36. Eine Beschreibung der Betonungssysteme der fremden Staaten findet sich in den „Annalen der Hydrographie“ vom Jahre 1887, Seite 419 u. ff. und in den „Nachrichten für Seefahrer“ (1894 No. 1409, 1895 No. 438, 1896 No. 380 und No. 1309, 1897 No. 780 u. a.).

Theil III.

Der Kompass.

Erster Abschnitt.

Der Erdmagnetismus und seine Einwirkung auf die Magnetnadel.

§ 37. Eine freischwebende, nur in ihrem Schwerpunkt unterstützte Magnetnadel stellt sich unter der Einwirkung des Erdmagnetismus in der Richtung der erdmagnetischen Kraft und demgemäss in einem bestimmten Winkel zum Meridian und zum Horizonte ein und bietet somit — vorausgesetzt, dass der erstgenannte Winkel bekannt ist — ein Mittel, die Richtung des Meridians oder der Nord-Südlinie zu bestimmen.

Die Schnittlinie der durch die Längsachse der Magnetnadel gelegten Vertikalebene mit der Erdoberfläche heisst der magnetische Meridian des Ortes; der Horizontalwinkel, welchen derselbe mit dem wahren Meridian*) bildet, die magnetische Deklination oder Abweichung, in der Navigation auch Missweisung oder Variation genannt.

Der Winkel, welchen die Achse der Magnetnadel mit der Ebene des Horizonts einschliesst, wird magnetische Inklination genannt.

Die in Richtung der Magnetnadel wirkende Gesamtkraft oder Totalintensität des Erdmagnetismus wird zerlegt in die beiden senkrecht zu einander gerichteten Komponenten, die Horizontalkraft oder Horizontalintensität, und Vertikalkraft oder Vertikalintensität.

Wird die Totalintensität mit T , die Horizontal- und Vertikalintensität mit H und Z , die Inklination mit Θ bezeichnet, so ist

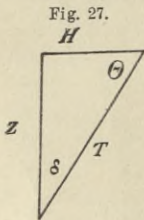
$$H = T \cos \Theta$$

$$Z = T \sin \Theta.$$

Die vorgenannten, Richtung und Stärke des Erdmagnetismus bestimmenden Eigenschaften fasst man zusammen unter der Bezeichnung: erdmagnetische Elemente.

§ 38. Als Maass der magnetischen Kraft wurde nach dem Vorschlage von Gauss als Einheit diejenige Kraft zu Grunde gelegt,

*) Zum Unterschied von dem magnetischen Meridian wird der in § 3 erklärte Ortsmeridian hier als wahrer Meridian bezeichnet.



welche der Masse eines Milligramms in einer Zeitsekunde die Beschleunigung von einem Millimeter ertheilt — Gauss'sche Einheit (G. E.)

Um sich die Grösse dieser Kraft vorzustellen, kann man sie mit der Schwerkraft vergleichen. Während ein 1 Milligramm schwerer Körper unter dem Einfluss der Schwerkraft in einer Sekunde eine Beschleunigung von $g = 9,8$ m erhält, ertheilt die magnetische Krafteinheit demselben Körper nur eine Beschleunigung von 0,001 m, die letztere Kraft ist demgemäss nur $\frac{1}{9800}$ der Schwerkraft.

Auf dem elektrischen Kongresse zu Paris 1881 wurde eine etwas grössere Krafteinheit angenommen, der als Masseneinheit das Gramm, als Längeneinheit das Centimeter, als Zeiteinheit die Sekunde zu Grunde liegt. Diese Centimeter-Gramm-Secundeneinheit wird nach internationaler Uebereinkunft mit C. G. S. bezeichnet. In England werden noch die dortigen Maasseinheiten Fuss, Grain und Sekunde der magnetischen Kraft zu Grunde gelegt (E. E.), oder auch, namentlich die erdmagnetischen Kräfte, in Relativwerthen angegeben, wobei die erdmagnetische Horizontalintensität in Greenwich gleich 1 angenommen ist (W. E.)

Der Uebergang von einem der vorgenannten Systeme zu einem anderen bietet keine Schwierigkeit; zwischen denselben findet folgendes Verhältniss statt.

$$1 \text{ G. E.} = 0,1 \text{ C. G. S.} = 0,46108 \text{ E. E.} = 1,83 \text{ W. E.}$$

In dem vorliegenden Werk werden die Angaben in Gauss'schen Einheiten gemacht werden.

Vertheilung der erdmagnetischen Elemente an der Erdoberfläche.

§ 39. Ihrer Wirkung nach ist die Erde als ein grosser Magnet anzusehen, dessen Pole im Innern der Erde innerhalb der Polarregionen gelegen sind.

Dementsprechend sind die Werthe der erdmagnetischen Elemente von Ort zu Ort wechselnd auf der Erdoberfläche vertheilt.

Magnetische Karten, in denen die Orte der Erdoberfläche, an welchen die einzelnen erdmagnetischen Elemente gleiche Werthe haben, durch Kurven verbunden sind, geben ein Bild dieser Vertheilung. Solche Karten sind diesem Buche beigelegt (Tafel I bis III).

Linien, welche die Orte gleicher magnetischer Deklination miteinander verbinden, werden Isogonen genannt (Tafel I). Sämmtliche Isogonen gehen durch die magnetischen Pole der Erde, d. h. diejenigen Punkte der Erdoberfläche, über welchen sich eine freischwebende Magnetonadel senkrecht einstellt.

Die magnetischen Pole fallen weder mit den geodätischen Polen der Erde zusammen, noch liegen sie symmetrisch zur Erdachse. Es liegt vielmehr der magnetische Nordpol in $70^\circ 30'$ N-Br und $97^\circ 40'$ W-Lg, der magnetische Südpol in $73^\circ 28'$ S-Br und $146^\circ 15'$ O-Lg.

Die Verbindungslinie derjenigen Orte, an welchen die Deklination gleich Null ist, die agonische Linie, theilt die Erdoberfläche in zwei Theile; auf der einen Seite derselben, im Atlantischen und Indischen

Ozean, in Europa und Afrika ist die Deklination westlich, d. h. das Nordende der Magnetnadel zeigt westlich vom wahren Meridian, auf der anderen Seite, über dem Stillen Ozean, Amerika, Asien und Australien östlich. In dem letzteren Gebiet liegt indess über Ostasien und dem angrenzenden Meere noch eine zweite geschlossene agonische Linie, welche eine eiförmige Fläche umgibt, innerhalb welcher die Deklination westlich ist.

Die Linien, welche die Orte gleicher magnetischer Inklination verbinden, heissen Isoklinen (Tafel II). Diejenige dieser Linien, auf welcher die Inklination gleich Null ist, d. h. die Magnetnadel wagerecht steht, wird magnetischer Aequator genannt; derselbe trennt den Nord- und Südmagnetismus der Erde und durchschneidet den geographischen Aequator in zwei Punkten, von denen der eine in 9° W-Lg an die Westküste von Afrika, der andere auf 166° W-Lg in den Stillen Ozean fällt. Die Isoklinen laufen, namentlich in der Nähe des Aequators — abgesehen von einer Ausbiegung gegen die magnetischen Pole hin — den Breitenparallelen ziemlich parallel.

Nördlich vom magnetischen Aequator ist das Nordende der Magnetnadel nach unten gerichtet, südlich von dieser Linie das Südende. Die Inklination nimmt von Null auf dem magnetischen Aequator bis 90° über den Polen zu, und zwar schneller in den niedrigen Breiten, langsamer bei Annäherung an die Pole.

Die erdmagnetische Totalintensität nimmt auch im Allgemeinen vom magnetischen Aequator nach den magnetischen Polen hin zu, ohne jedoch weder auf dem ersteren die kleinsten und überall gleiche Werthe zu haben, noch über den letzteren ihre grössten Werthe zu erreichen. Punkte grösster Kraftäusserung giebt es vielmehr auf jeder Halbkugel zwei, von denen auf der nördlichen Hemisphäre der eine stärkere, über dem amerikanischen Kontinent in etwa 70° N-Br und 90° W-Lg, der zweite, schwächere, über dem asiatischen Kontinent in 65° N-Br und 100° O-Lg, auf der südlichen Hemisphäre der stärkere in 65° S-Br und 140° O-Lg, der schwächere in 50° S-Br und 135° O-Lg liegt. — Die genaue Lage der Punkte ist bisher nicht ermittelt worden, und weichen die Angaben darüber voneinander ab.

Diese Punkte werden magnetische Foci oder Sammelpunkte genannt.

Linien, welche die Punkte gleicher magnetischer Kraft miteinander verbinden, heissen Isodynamen. Die Linie kleinster Totalintensität, der dynamo-magnetische Aequator, schneidet den Erdäquator in etwa 20° O-Lg und 152° W-Lg. Die erdmagnetische Kraft an den Sammelpunkten ist zwei- bis dreimal so gross als auf dieser Linie, auf der südlichen Erdhälfte etwas grösser als auf der nördlichen.

Die Horizontalintensität ist über den magnetischen Polen gleich Null und erreicht ihr Maximum in der Nähe des magnetischen Aequators (Tafel III), während umgekehrt die Vertikalintensität auf dem magnetischen Aequator verschwindet und nach den Polen hin zunimmt. Die Linien gleicher Horizontal- wie Vertikalintensitäten nähern sich in ihrem Verlauf daher demjenigen der Isoklinen.

Im Vorstehenden ist die Vertheilung des Erdmagnetismus an der Erdoberfläche und der Verlauf der magnetischen Linien nur im Grossen und Ganzen geschildert worden; Abweichungen davon und Störungen in dem normalen Verlauf, welche sich über kleine Gebiete erstrecken und der Zusammensetzung und besonderen magnetischen Eigenschaften der Erdkruste dieser Gebiete zugeschrieben werden müssen, kommen an verschiedenen Punkten vor. Soweit sie bekannt und für die Navigation von Interesse sind, machen Seekarten und Segelanweisungen auf dieselben aufmerksam.

Die Aenderungen der erdmagnetischen Elemente.

§ 40. Die erdmagnetischen Elemente sind beständigen Veränderungen unterworfen, welche man eintheilt in:

1. Langsam fortschreitende, Säkulärveränderungen.
2. Periodische Schwankungen.
3. Unregelmässige Schwankungen.

1. Die säkularen Aenderungen sind an jedem Orte und für jedes Zeitintervall verschieden. Die Gesetze derselben sind noch nicht bekannt, und man muss sich damit begnügen, aus den rückwärts liegenden Beobachtungsintervallen auf die in den nächsten Jahren zu erwartenden Aenderungen zu schliessen. Es ist daher nicht möglich, mit absoluter Genauigkeit eines der magnetischen Elemente für einen bestimmten Zeitpunkt vorauszusagen. Man findet auf den magnetischen Karten die Elemente, auf den Seekarten die Missweisung für einen in der Karte gegebenen Zeitpunkt. Die gewöhnlich auf den Seekarten neben der Missweisung angegebene Aenderung für ein Jahr ist ein solcher aus früheren Beobachtungen abgeleiteter Werth der säkularen Aenderung. Derselbe wird um so ungenauer, je weiter die den Kartenangaben zu Grunde liegenden Beobachtungsdaten zurückliegen.

2. Die periodischen Schwankungen. Wenn das Wesen der säkularen Schwankungen so wenig bekannt ist, so kann es für die Navigation kaum noch von Werth sein, die periodischen Schwankungen in ihren Bereich zu ziehen. Nur die tägliche Periode verdient hier insofern erwähnt zu werden, als es ohne Kenntniss derselben unmöglich ist, eine Richtung genauer als auf etwa zehn Bogenminuten (abgesehen von allen anderen Fehlern) mit Hülfe einer Magnetnadel zu bestimmen.

Die täglichen Schwankungen in der Missweisung nehmen mit der Annäherung an die magnetischen Pole zu. In der nördlichen gemässigten Zone erreicht das Nordende der Nadel seinen grössten westlichen Stand um 2 Uhr nachmittags, seinen grössten östlichen Stand zwischen 7 und 8 Uhr morgens, auf der südlichen gemässigten Zone treten die Maximalwerthe zu denselben Zeiten, nur nach der entgegengesetzten Richtung auf; in beiden genannten Zonen hat die Missweisung ihren täglichen Mittelwerth um 10 bis 11 Uhr vormittags und um 8 bis 9 Uhr abends. In den Tropen stimmen die Schwankungen in der einen Jahreszeit mit denjenigen der nördlichen gemässigten Zone, in der anderen mit denjenigen der südlichen zusammen. Mit der Annäherung an den magnetischen Pol zeigt sich eine bedeutende Verzögerung in dem Auf-

treten der extremen Lage der Nadel. Die mittleren Schwankungen sind im Allgemeinen in der Jahreszeit am grössten, in welcher Deklination der Sonne und Breite gleichnamig sind.

Die Inklination erreicht ihren Maximalwerth um 11 Uhr vormittags, ihren Minimalwerth um 10 Uhr abends und den Mittelwerth um 7 bis 8 Uhr morgens und 3¹/₂ Uhr nachmittags.

Die Schwankungen der Intensität sind unregelmässiger; der Maximalwerth der Horizontalintensität fällt auf 9 Uhr abends, der Minimalwerth auf 10 Uhr vormittags und die Mittelwerthe auf 7 Uhr morgens und 3 Uhr nachmittags, die Totalintensität erreicht an einzelnen Punkten ein Maximum um 5 bis 6 Uhr nachmittags und ein Minimum um 10 Uhr morgens.*)

3. Unregelmässige Schwankungen, magnetische Störungen genannt. Die Störungen in der Missweisung betragen nicht selten 30 bis 40 Bogenminuten. Sie werden in Zusammenhang mit Polarlichtern und Erdbeben gebracht, welche indess an dem Ort, wo die magnetische Störung bemerkt wird, nicht nothwendig zur Beobachtung kommen müssen. Sie sind am stärksten in der Nähe der magnetischen Pole.

Richtende Wirkung des Erdmagnetismus auf einen Magneten.

§ 41. Wenn auf einen Magneten eine andere magnetische Kraft wirkt, welche von beiden Polen gleich und so weit entfernt ist, dass die Verbindungslinien dieser Kraft mit den beiden Polen als parallel angesehen werden können, wie dies bei dem Erdmagnetismus der Fall ist, so ist die Wirkung derselben lediglich eine richtende oder drehende.

Der magnetische Nordpol der Erde zieht den Nordpol**) eines Magneten mit derselben Kraft an, mit welcher er den Südpol des Magneten abstösst. Die beiden gleichen, parallel aber entgegengesetzt wirkenden Kräfte bilden ein Kräftepaar, welches auf Drehung wirkt, und einen um seinen Schwerpunkt frei drehbaren Magneten in die Richtung der wirkenden magnetischen Kraft, hier die des Erdmagnetismus, einstellt. Der magnetische Südpol wirkt in gleicher Weise und in demselben Sinne drehend auf den Magneten ein; durch das dadurch gebildete zweite Kräftepaar wird das erstere verstärkt.

*) Es sei hier noch bemerkt, dass hinsichtlich der Grösse der täglichen Schwankungen einiger der magnetischen Elemente, namentlich der Deklination, eine Beziehung zu der elfjährigen Sonnenfleckenperiode festgestellt worden ist, indem die Maxima dieser magnetischen Schwankungen kurz auf die Maxima der Sonnenflecke folgen.

**) Die gebräuchliche Bezeichnung des nach dem erdmagnetischen Nordpol gerichteten Poles eines Magneten mit Nordpol, des dem Südpol zugekehrten mit Südpol ist eigentlich nicht richtig, da die einander zugekehrten Pole ungleichnamigen Magnetismus enthalten.

Es hat dies Veranlassung gegeben, nach der Kenntlichmachung der Pole an einem Magneten durch rothe und blaue Farbe, den Magnetismus der nach Norden zeigenden Spitze der Magnetnadel auch rothen Magnetismus, den entgegengesetzten blauen zu nennen und ebenso für die Pole des Magneten die Bezeichnung rother und blauer Pol zu wählen. Hiernach würde der erdmagnetische Nordpol ein blauer Pol, der Südpol ein rother sein.

Richtmoment.*) Magnetisches Moment.

§ 42. Die Kraft, welche die Magnetnadel in ihrer Richtung festhält, wird Direktions- oder Richtmoment genannt.

Sie ist gleich dem Produkt aus der auf sie einwirkenden magnetischen Kraft, „der Richtkraft“ — hier diejenige des Erdmagnetismus — und der magnetischen Kraft oder richtiger dem magnetischen Moment der Magnetnadel selbst. Die magnetische Kraft eines Magneten findet sich nicht in den Punkten eines Magneten vereinigt, die man als Pole bezeichnet hat, sondern ist nach nicht völlig bekannten Gesetzen durch den Magneten vertheilt, und die Summe aller dieser Krafttheile, multiplicirt mit ihren Entfernungen vom Drehpunkt, ist das magnetische Moment.

Auf eine horizontale Magnetnadel, wie sie die Kompassnadel ist, wirkt nicht die gesammte erdmagnetische Kraft richtend ein, sondern nur die Horizontalintensität; die Wirkung der Vertikalintensität ist durch mechanische Mittel aufgehoben.

Bei einer solchen Horizontalnadel ist demnach, wenn das magnetische Moment der Nadel mit M , die Horizontalintensität des Erdmagnetismus mit H bezeichnet wird, das Richtmoment gleich $M \cdot H$. Diese Grösse MH ist also die Kraft, welche die Nadel im magnetischen Meridian festhält.

§ 43. Die Bestimmung des Richtmoments, des magnetischen Moments und der Richtkraft erfolgt durch Schwingungsbeobachtungen einer Magnetnadel. Dieser Methode liegt die Thatsache zu Grunde, dass für eine unter dem Einfluss einer magnetischen Kraft schwingende Magnetnadel dasselbe Gesetz gilt, wie für ein unter dem Einfluss der Schwerkraft stehendes physisches Pendel, nur tritt an Stelle des durch die Schwerkraft erzeugten Kraftmoments das Richtmoment ein.

Für ein physisches Pendel gilt die Formel

$$t = \pi \sqrt{\frac{K}{M g r}},$$

worin K das Trägheitsmoment, M die Masse, g die beschleunigende Kraft der Schwere, r die Entfernung des Schwerpunktes vom Drehpunkt bedeutet und t die Schwingungsdauer ist. Bei der Magnetnadel tritt für $M g r$ das Richtmoment, bei einer unter dem Einfluss des Erdmagnetismus stehenden Horizontalnadel also MH ein, und die Formel lautet:

$$t = \sqrt{\frac{K}{M \cdot H}}$$

Es folgt hieraus

$$M \cdot H = \frac{\pi^2 K}{t^2}.$$

*) Das Produkt aus dem magnetischen Moment der Magnetnadel und der von aussen auf sie wirkenden magnetischen Kraft wird in den meisten Lehrbüchern „Richtkraft“ genannt. Hier ist die Bezeichnung „Richtmoment“ gewählt worden zum Unterschiede von dem zweiten Faktor des Produkts, der von aussen auf die Nadel richtend wirkenden Kraft, für welche die Bezeichnung „Richtkraft“ beibehalten ist.

Ist demnach K bekannt, so lässt sich hiernach aus der beobachteten Schwingungsdauer t das Richtmoment MH , und wenn eine dieser beiden letzteren Grössen bekannt ist, die andere, also bei bekanntem H das magnetische Moment, bei bekanntem M die Horizontalintensität des Erdmagnetismus, oder wenn an Stelle der letzteren Kraft irgend eine andere Richtkraft tritt (wie an Bord) diese ermitteln.

Beispiel.

Eine Kompassrose, deren Trägheitsmoment sich durch Beobachtung zu 593,6 Millionen Einheiten ergab, wurde aus dem Meridian abgelenkt und machte in 4 Minuten 41,7 Sekunden 36 Schwingungen. Demnach Dauer einer Schwingung = 7,8 Sekunden.

Nach vorstehender Formel: $M \cdot H = \frac{\pi^2 \cdot K}{t^2}$ ergibt sich M , wie folgt:

$$\begin{array}{r} \log K = 8,774 \\ 2 \log \pi = 0,994 \\ \hline 9,768 \\ 2 \log t = 1,784 \end{array} \quad \begin{array}{r} \log t = 0,892 \\ 2 \log t = 1,784 \end{array}$$

$\log M \cdot H = 7,984$. $M \cdot H = 96,4$ Millionen, d. h. das Richtmoment der Nadel ist gleich 96,4 Millionen Einheiten. Es war nun im vorliegenden Beispiele die Horizontalkraft anderweitig bestimmt zu $H = 2,065$. Daraus ergibt sich das magnetische Moment der Nadel $M = \frac{96,4}{2,065} = 46,7$ Millionen Einheiten.

Durch Schwingungen derselben Nadel an zwei verschiedenen Orten lässt sich das Verhältniss der an beiden herrschenden Richtkräfte bestimmen; ist die Richtkraft an einem Ort bekannt, so lässt sie sich für den anderen Ort hiernach ableiten. Es folgt dies aus den Gleichungen:

$$\frac{t_1^2}{t^2} = \frac{MH}{MH_1} = \frac{H}{H_1}$$

Diese Formel lässt sich benutzen und wird namentlich angewendet, um die Richtkraft der Kompassnadel an Bord oder das Verhältniss derselben zu derjenigen an Land $\left(\frac{MH^1}{MH} = \frac{H^1}{H}\right)$ zu bestimmen, oder auch um die Horizontalintensitäten des Erdmagnetismus an verschiedenen Plätzen der Erdoberfläche aus dem bekannten Werth derselben an einem Orte abzuleiten.

Es ist klar, dass sich in derselben Weise durch Schwingungsbeobachtungen einer Vertikal- oder Inklinationsnadel die Vertikal- oder Totalintensität des Erdmagnetismus bestimmen lassen, doch zieht man es in der Regel vor, diese Grössen aus der Horizontalintensität und der Inklination abzuleiten.

Bestimmung der magnetischen Kraft eines
Magnetens.

§ 44. Methode der Ablenkungen.

Nähert man einer freien Magnetnadel einen Magneten, so wird sie aus ihrer Gleichgewichtslage abgelenkt.

Die Grösse des Ablenkungswinkels ist abhängig von der Grösse der die Nadel in ihrer ursprünglichen Lage festhaltenden Kraft, derjenigen

des ablenkenden Magneten und der Entfernung des Magneten und bildet bei konstanter Entfernung ein Maass für die Kraft des Magneten.

Man verwendet hierzu am besten eine unter dem Einfluss der erdmagnetischen Horizontalintensität stehende Horizontalnadel und nähert derselben den zu untersuchenden Magneten in horizontaler Lage und mit seiner Längsachse entweder senkrecht gegen die ursprüngliche Lage der Nadel, also gegen den magnetischen Meridian, oder senkrecht zur abgelenkten Nadel gerichtet.

Ist der ablenkende Magnet senkrecht zur abgelenkten Nadel gerichtet, \sin φ die Ablenkung, und seine Entfernung von derselben (in Millimetern) e , m die magnetische Kraft des ersteren, M das magnetische Moment der letzteren, so ist unter Berücksichtigung, dass die Totalwirkung eines Magneten mit der dritten Potenz der Entfernung abnimmt.

$$\sin \varphi = \frac{2 m M}{e^3} : M H = \frac{2 m}{H e^3}$$

$$\frac{m}{H} = \frac{1}{2} e^3 \sin \varphi.$$

Ist H bekannt, so lässt sich hier nach m berechnen

$$m = \frac{1}{2} H e^3 \sin \varphi.$$

Bei konstantem H lässt sich ferner das Verhältniss der magnetischen Kräfte zweier verschiedener Magnete m und m_1 feststellen; denn sind φ und φ_1 die bezüglichen Ablenkungswinkel, so ist unter der Voraussicht, dass e bei beiden Beobachtungen gleich:

$$\frac{m}{m_1} = \frac{\sin \varphi}{\sin \varphi_1}.$$

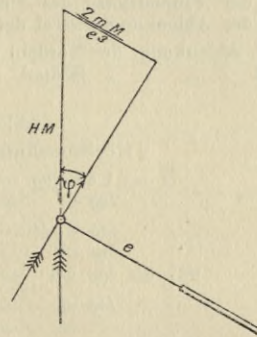
Ebenso würde sich auch bei bekanntem m die Horizontalintensität H ermitteln lassen, oder bei konstantem m das Verhältniss dieser Kräfte an zwei verschiedenen Orten aus:

$$\frac{H}{H_1} = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi},$$

und wenn H an einem Ort bekannt, die Werthe dieses Elements für andere Plätze; doch zieht man zu diesen Bestimmungen die Methode der Schwingungen vor.

Diese Messungen gestalten sich sehr einfach unter Anwendung eines besonderen Apparats, welcher im Wesentlichen aus einer in einem Kästchen freischwingenden Horizontalnadel und einer mit dem Kästchen fest verbundenen Schiene besteht. Im Kästchen befindet sich eine Skale zum Ablesen der Nadelstellung; die Schiene steht rechtwinkelig zu der Nullstellung der Nadel nach dieser Skale und trägt eine Theilung, welche den Abstand von dem Drehpunkt der Nadel angibt. Schiene und Kästchen sind um die Vertikalachse der Nadel auf einem getheilten Kreise drehbar. Man stellt den Apparat so ein, dass die Nadel auf Null der im Kästchen befindlichen Skale steht, legt den Magneten oder die Kompassrose, deren magne-

Fig. 28.



tische Kraft bestimmt werden soll, auf die Schiene. Die Nadel wird hierdurch abgelenkt; man dreht nun die Schiene so lange, bis die Nadel wieder auf Null der Kästchenskale steht. Der Winkel, um den die Schiene gedreht ist, wird an dem Theilkreis abgelesen und ist gleich dem Ablenkungswinkel φ . Man dreht dann den Magneten um, verfährt ebenso und nimmt das Mittel aus beiden Ablenkungen.

Wenn der ablenkende Magnet senkrecht zu der ursprünglichen Lage der Magnetnadel, d. h. dem magnetischen Meridian, gerichtet ist, Tangentenablenkung, so tritt an Stelle des $\sin \varphi$ in den vorstehenden Formeln überall $\tan \varphi$ ein. Im Uebrigen gilt für diese Ablenkungen dasselbe wie für die Sinusablenkungen, welche letzteren jedoch für die in der Navigation verfolgten Zwecke den Vorzug verdienen.

Beispiel.

Die magnetische Kraft der grossen Fluid-Kompassrose M 530 soll mittelst des Ablenkungsapparats bestimmt werden.

Nachdem der Apparat horizontalirt war, wurde die Rose mit ihrer Mitte 500 mm von der Pinnenspitze des Instruments entfernt auf die Ablenkungsschiene gelegt und der Ablenkungswinkel der Nadel bestimmt.

1. Ablenkung, der Nordpol dem Instrument zugewandt,	Ablenkung =	264° 15'
2. „ „ Südpol „ „ „ „ „ „ „ „	„ =	210° 45'
	Unterschied =	53° 30'
	Ablenkungswinkel $\varphi = 1/2$ Unterschied =	26° 45'

Horizontalintensität H der Erde war gleich 1,855.

$H = 1,855 \log$	= 0,26834,	$l = 500 \log$	= 2,69897.
$\log 2$	= 0,30103	$\log 500^3$	= 8,09691
$\log 1/2 H$	= 0,96731		-- 1
$\log e^3$	= 8,09691		
$26^\circ 45' \log \sin$	= 9,65331		
$\log m$	= 7,71753		
m	= 52,18	Millionen G. E.	

Zweiter Abschnitt.

Konstruktion und allgemeine Eigenschaften der Kompass.

Zweck des Kompasses und seine zur Erfüllung desselben erforderlichen Eigenschaften.

§ 45. Der Kompass, ein Instrument, welches im Wesentlichen aus einer mit einer Windrose verbundenen, in der Horizontalebene freischwingenden Magnetnadel besteht, dient zur Bestimmung der Himmelsrichtungen und an Bord der Schiffe im Besonderen zur Innehaltung und Bestimmung des Schiffskurses und der Bestimmung von Horizontalrichtungen zwischen Schiff und anderen Gegenständen.

Die an den Kompass zu stellenden Anforderungen lassen sich kurz dahin zusammenfassen, dass er die Richtung des magnetischen Meridians anzeigen und unausgesetzt in einer bestimmten hierdurch bedingten Lage verharren soll.

Um dieser Aufgabe gerecht zu werden, muss er:

1. einer Ablenkung aus dieser Lage einen möglichst grossen Widerstand entgegensetzen. — Diese Eigenschaft des Kompasses nennt man die Ruhe — ;
2. aus der Lage abgelenkt, leicht und schnell wieder in dieselbe zurückkehren. — Diese Eigenschaft heisst Empfindlichkeit, auch Einstellungsvermögen.

Diese Eigenschaften werden erreicht durch eine zweckmässige Konstruktion der Kompassrose^{*)}, eine geeignete Lagerung der Rose und die Anwendung von Schutzmitteln zur Abwehr gegen die Uebertragung der Bewegungen, Stösse und Erschütterungen des Schiffes auf die Rose.

Die Ruhe des Kompasses wird bei der Rosenkonstruktion erzielt durch ein grosses magnetisches Moment der Rosenmagnete, ein grosses und für jede Drehungsachse gleiches Trägheitsmoment, ein geringes Gewicht und die Verlegung des Schwerpunktes unter den Aufhängepunkt. Wie das magnetische Moment (oder richtiger das diesem proportionale Richtmoment MH) die Rose in der Richtung der auf sie richtend wirkenden Kraft — ist diese die erdmagnetische Horizontalkraft, demnach im magnetischen Meridian — festzuhalten strebt, so hält auch das Trägheitsmoment die Rose in dieser ihrer Ruhelage fest und wirkt einer Drehung aus derselben entgegen. Die Gesetze der Mechanik lehren weiter, dass das Trägheitsmoment nicht nur gross, sondern auch für alle Drehungsachsen gleich gross sein muss, weil dann die die Rose treffenden Stösse den geringsten Impuls zur Drehung ausüben, und dass diese Bedingung erfüllt ist, wenn das Trägheitsmoment in Bezug auf drei durch den Unterstützungspunkt gehende Hauptachsen gleich ist. Dies lässt sich nur erreichen durch ein System von mehreren (2, 4, 6 oder mehr) Magneten, welche unter der Rose in bestimmter Lage befestigt sind. Bei zwei Magneten (Fig. 29) muss die Verbindungslinie zwischen Mittelpunkt der Rose und dem Pol jedes der Magnete mit der Nord-Südlinie der Rose einen Winkel von 30° bilden, bei 4 Magneten, je 2 an jeder Seite der Mittellinie, muss dieser Winkel für die inneren Magnete 15° , für die beiden äusseren 45° sein (Fig. 30).

Bei der Rose von Hechelmann, die acht kleine Magnete von gleicher Länge an der Peripherie trägt, ist der Winkel zwischen Mittellinie und der Verbindungslinie vom Mittelpunkt der Rose und äusserem Pol der Magnete 19° und 51° .

Das Gewicht der Rose ist insofern von Einfluss auf die Ruhe, als von diesem die Grösse der Reibung zwischen Pinne und Hütchen abhängt, welche ihrerseits die Uebertragung der Schiffsbewegung auf die Rose vermittelt.

Zur Erzielung einer möglichst geringen Reibung ist ferner die Anwendung harter und spitzer Pinnen, glatter und harter Hütchen erforderlich.

^{*)} Die einzelnen Theile des Kompasses und seines Zubehörs werden später bei der Beschreibung der Kompassrose eingehender besprochen. Die Kenntniss derselben sowie die hauptsächlichsten Begriffe aus der Deviationslehre wird in diesem, die allgemeine Konstruktion der Kompassrose im Zusammenhang behandelnden Abschnitt vorausgesetzt.

Durch Versenkung des Schwerpunkts unter den Aufhängepunkt wird der Rose die erforderliche Stabilität gegeben, welche einer Ablenkung aus der horizontalen Lage entgegenwirkt.

Für die Ruhe des Kompasses von Bedeutung ist ausser der Rosenkonstruktion: eine stabile Kompassbüchse, deren Schwerpunkt möglichst tief unter dem Aufhängepunkt liegt, die Aufhängung der Kompassbüchse,

Fig. 29.

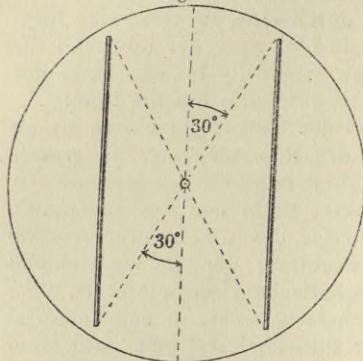
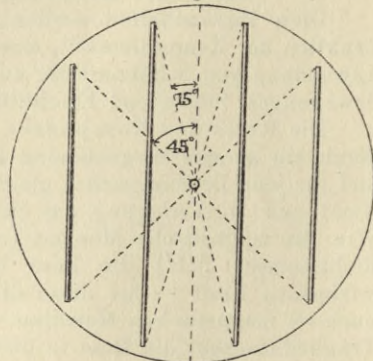


Fig. 30.

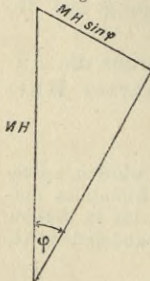


ein festes Kompasshaus, eine gute und feste Verbindung des letzteren mit dem Schiff und ein stabiler, den Schifferschütterungen möglichst entzogener Kompassstandplatz.

Die Aufhängung der Kompassbüchse, die sogenannte kardananische Aufhängung, welche aus zwei concentrischen Horizontalringen besteht, muss so angeordnet sein, dass ihre beiden rechtwinklig zu einander liegenden, in die Längs- und Querrichtung des Schiffes fallenden horizontalen Achsen sich in dem Aufhängepunkt der Rose, d. h. dem Berührungspunkt von Pinne und Hütchen, schneiden. Es bleibt dann dieser Punkt als Mittelpunkt der Bewegungsachsen in Ruhe, wenn sich die Büchse und das Ringsystem frei in den Horizontalachsen bewegen. Genaue Centrirung und richtige Höhe der Kompasspinne werden hierdurch bedingt.

Die Schwingungen der Kompassbüchse in ihren Ringen und der Kompassrose auf der Pinne müssen um Horizontalachsen vor sich gehen, welche alle in einer Ebene liegen, weil anderenfalls an den Steuerstrichen bei jeder Neigung ein anderer Kurs abgelesen werden würde. Aus diesem Grunde darf sich der Aufhängepunkt im Hütchen der Rose auch nicht erheblich über der oberen Rosenfläche befinden.

Fig. 31.



Die Empfindlichkeit der Rose verlangt ebenfalls grosses magnetisches Moment, geringe Reibung, also harte, spitze Pinnen, glatte Hütchen und kleines Gewicht, jedoch ein geringes Trägheitsmoment. — Ist die Rose aus ihrer Ruhelage abgelenkt, so ist die Kraft, welche sie zurückzudrehen strebt — $MH \sin \varphi$, wenn φ der Ablenkungswinkel ist (Fig. 31) — proportional dem magnetischen Moment; die dieser Rückdrehung entgegenwirkenden Kräfte sind der Reibungswiderstand und das Trägheitsmoment.

Verschiedene Kompasssysteme. Trocken- und Fluidkompass, ihre Vor- und Nachteile.

§ 46. Die Bestrebungen zur Erreichung der vorgenannten Bedingungen haben zwei verschiedene Rosen- oder Kompasssysteme gezeitigt, den Trockenkompass und den Fluidkompass.

Der Trockenkompass erzielt durch leichtes Material (Seide, Aluminium, Papier) leichte Verbindungen und Verlegung der Massen möglichst nach der Peripherie und kleine Magnete ein geringes Gewicht mit einem diesem entsprechend absolut kleinen, aber im Verhältniss zu dem Gewicht genügend grossen magnetischen und Trägheitsmoment und hat den Vorzug grosser Empfindlichkeit.

Der Fluidkompass dagegen, bei welchem die mit einem Hohlkörper (dem Schwimmer) verbundene Rose in einem mit Flüssigkeit gefüllten Kessel eingeschlossen ist, sucht in erster Reihe durch ein grosses magnetisches Moment Entlastung des auf der Pinne ruhenden Gewichts durch den Auftrieb — 5 bis 7 g bei unseren Rosen —, durch den einer Drehung der Rose entgegenwirkenden Widerstand der die Rose umgebenden Flüssigkeit und durch die Abschwächung der gegen die Rose infolge der Schiffsbewegungen gerichteten vertikalen Bewegungsimpulse*) seine Aufgabe zu lösen und zeichnet sich daher vor den Trockenkompassen in erster Reihe durch seine grössere Ruhe aus.

Der Trockenkompass hat ausser der grösseren Empfindlichkeit vor dem Fluidkompass den Vorzug der grösseren Billigkeit, Einfachheit der Anfertigung, leichteren Ueberwachung und Auswechslung der einzelnen Theile (namentlich Pinne und Hütchen) und einer, wenigstens der Theorie nach, vollkommeneren Kompensation.

Während sich nämlich bei den Fluidkompassen infolge der grösseren und stärkeren Magnete und der Wechselwirkung zwischen diesen und den zur Kompensation angebrachten Magneten und weichen Eisenmassen eine sextantale und oktantale Deviation**) bilden kann, ist dies bei den Trockenkompassen mit ihren weit kürzeren und schwächeren Magneten nicht der Fall.

Dafür bedürfen die Trockenkompass aber auch einer viel sorgfältigeren Kompensation. Ist die Trockenrose schlecht kompensirt, so wird sie bei Kursänderungen unruhig, indem sie, durch die damit verbundene Deviationsänderung gezwungen, sich um den Betrag der letzteren

*) Die Stösse des Schiffes, welche sich dem Kessel und der Pinne mittheilen, und sich bei Trockenkompassen von der letzteren auf die Rose fortpflanzen, werden bei den Fluidkompassen durch die Flüssigkeit auf alle Theile der Rose nahezu in gleichem Maasse übertragen, der Berührungspunkt von Pinne und Rose bleibt, weil beide dieselbe Bewegung ausführen, relativ in Ruhe.

**) Eine sextantale Deviation entsteht, wenn die Entfernung der Kompensationsmagnete von den Rosenmagneten im Verhältniss zu der Länge der Rosenmagnete klein ist, eine oktantale Deviation infolge der Induktionswirkung der Rosenmagnete auf die zur Aufhebung der Quadrantaldeviation verwendeten weichen Eisenmassen.

zu drehen, in Schwingungen geräth, während sich die Fluidrose ohne längere Pendelbewegung in ihre neue Lage einstellt. Aus diesem Grunde hat auch die etwa entstehende sextantale und oktantale Deviation, die in Wirklichkeit auch nur sehr geringe Beträge erreicht, für den Gebrauch keinen störenden Einfluss.

In gleicher Weise macht sich eine Ablenkung der Rose durch die Bewegung in der Nähe befindlicher Eisenmassen, wie z. B. das Drehen von Geschützthürmen auf Kriegsschiffen, bei den Trockenkompassen ungleich störender bemerkbar als bei den Fluidkompassen.

Weiter vermag die Fluidrose vermöge ihres grossen magnetischen Moments Reibungswiderstände viel leichter zu überwinden als die Trockenrose. Es macht sich dies namentlich geltend bei einer Beschädigung des Hütchens, einem Abstumpfen der Pinne oder einer Verunreinigung beider. Der geringste Fehler in dieser Beziehung macht den Trockenkompass unbrauchbar; das geringe magnetische Moment der Rose kann die dadurch vermehrte Reibung nicht mehr überwinden, die Rose stellt sich nicht mehr genau ein und nimmt schliesslich, auf der Pinne festgehalten, an den Drehungen des Schiffes theil, während der Fluidkompass in seiner Leistungsfähigkeit wenig oder gar nicht beeinträchtigt wird. Auch treten bei den Fluidkompassen in Folge der Abschwächung der gegen die Rose gerichteten Stösse Beschädigungen von Pinne und Hütchen weniger leicht ein als bei Trockenkompassen.

Bedürfen nach dem Vorstehenden die Fluidkompassse einer weniger sorgfältigen Wartung als die Trockenkompassse und zeichnen sie sich namentlich durch ihre Ruhe und Unempfindlichkeit gegen alle mechanischen Erschütterungen und Stösse bei Seegang, Betrieb der Maschinen und Schiessen aus schweren Geschützen aus, was sie besonders zur Verwendung auf Kriegsschiffen geeignet macht, so zeigen sie doch andererseits auf Plätzen mit sehr verminderter Richtkraft, wie in gepanzerten Kommandothürmen und anderen von Eisenmassen eingeschlossenen Räumen, wo die erdmagnetische Horizontalkraft nicht selten bis auf ein Viertel ihres Werthes und auf weniger reducirt ist, einen Mangel, welcher ihre Verwendung hier erschwert. Auf solchen Plätzen wird nämlich die Rose bei Drehungen des Schiffes in Folge der Reibung zwischen ihr und der sie umgebenden Flüssigkeit mitgeschleppt. Die Flüssigkeit nimmt an der Drehung des Schiffes in gewissem Maasse theil und überträgt diese Bewegung auf die Rose, welche bei der vorhandenen geringen Richtkraft derselben nicht wirksam genug entgegenzutreten kann. Das Mitschleppen nimmt zu mit der Abnahme der Richtkraft und der Schnelligkeit der Drehung.

Die Bestrebungen, die Richtkraft des Kompasses zu erhöhen, führte zur Konstruktion des in der Kaiserlichen Marine eingeführten Kompensationskompasses, eines Fluidkompasses, bei welchem um die Rose herum ein Kranz von weichen Eisenkernen gelagert ist. Die Richtkraftverstärkung wird erzielt durch die in diesen Eisenkernen in Folge der Induktion des Erdmagnetismus und der Rosenmagnete selbst hervorgerufenen, mit der erdmagnetischen Kraft in gleicher Richtung wirkenden

magnetischen Kräfte. Durch ungleiche Verschiebung der Eisenkerne gegen die Rosenmitte wird ausserdem ein Theil der Deviation aufgehoben (kompensirt).

Nach gleichem Prinzip ist ein in der Kaiserlich österreichischen Marine gebräuchlicher Kompass von Peichel konstruirt.

Dritter Abschnitt.

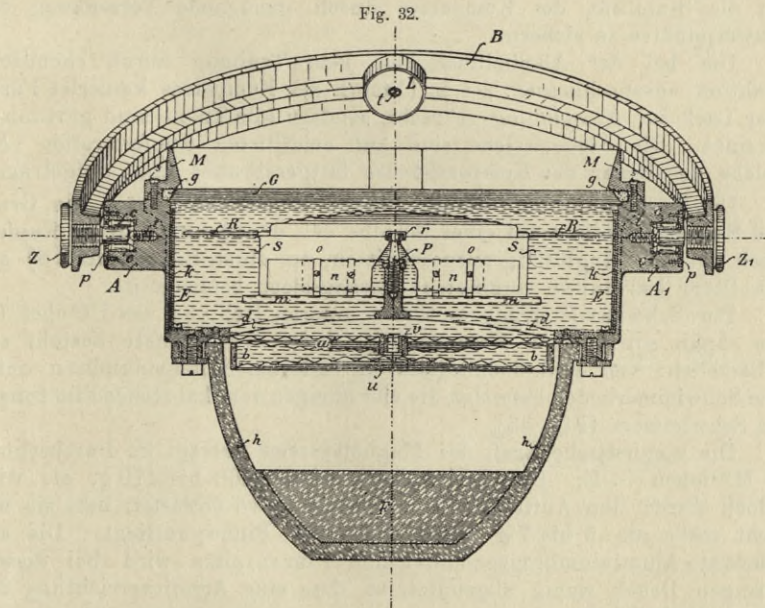
Beschreibung der Kompassse.

§ 47. Alle Kompassse bestehen aus folgenden Haupttheilen: die Rose mit den Magneten, die Kompassbüchse zur Aufnahme der Rose, die Aufhängevorrichtung, das Kompasshaus mit der Kompensationseinrichtung und der Beleuchtung; bei Peilkompassen tritt hinzu: die Peilvorrichtung.

A. Die in der Kaiserlichen Marine gebräuchlichen Kompassse.

1. Der grosse Fluidkompass.

§ 48. Die Kompassbüchse ist ein cylindrisches Gefäss aus Rothguss, das oben durch einen Glasdeckel (*G* der Fig. 32), unten durch einen Wellblechboden (*a*) abgeschlossen ist. Die Büchse ist gefüllt mit



einer aus verdünntem Alkohol ($\frac{1}{3}$ Alkohol, $\frac{2}{3}$ destillirtes Wasser) bestehenden Flüssigkeit. Wegen der starken Ausdehnung des Alkohols bei Zunahme der Temperatur ist der aus leicht gewelltem Metallblech

bestehende elastische Boden in der Mitte mit einer Oeffnung versehen, die durch ein Verbindungsstück (*v*) in einen doppelten Federboden (*b*) führt, der Art, dass die Flüssigkeit durch diese Oeffnung in den Doppelboden treten kann. Ein unter dem Doppelboden angebrachter Bügel (*u*) hat den Zweck, beim Einfüllen der Flüssigkeit die elastischen Wände durch ein angehängtes Gewicht anzuspannen, so dass nach Verschluss der Büchse und Entfernen des Gewichts die Flüssigkeit unter einem hinlänglichen Druck steht, um der Bildung von Luftblasen vorzubeugen. Zum Einfüllen der Flüssigkeit befindet sich in dem oberen Theil der Seitenwandung ein kleines Fülloch, das durch eine Schraube verschlossen wird.

Der obere feste Abschluss der Büchse wird durch den Glasdeckel (*G*) mit ungelegtem Gummiring (*gg*) bewirkt. Ein darüber gelegter Metallring (*M*) mit hohem Ansatz für das Aufsetzen des Peildiopters wird durch kleine Schrauben (*s*) auf der Kompassbüchse festgepresst und stellt den vollständig dichten Verschluss her.

Zur Aufstellung des Pinnenträgers ist über dem Boden ein festes metallenes Kreuz (*d*) in die Kompassbüchse eingesetzt. Auf diesem ist genau in der Mittelachse der Büchse der Pinnenträger befestigt und in letzterem die Pinne (*P*) eingeschraubt.

Eine angeschraubte halbkugelförmige, unten abgeplattete Haube von Zink (*h*) schützt den Federboden und trägt zugleich ein Bleigewicht (*F*); um die Stabilität des Kompasses durch genügende Versenkung des Schwerpunktes zu sichern.

Um bei der Alkoholflüssigkeit jede Trübung durch chemische Reaktion auszuschliessen, ist im Innern des Kompasses keinerlei Farbe oder Lack zur Anwendung gebracht, sondern alle Theile sind galvanisch verzinkt. Die Steuerstriche sind auf emaillirten Kupferstreifen (*K*), welche am Boden der Kompassbüchse festgeschraubt sind, aufgetragen.

Die Kompassrose (*R*) von 196 mm Durchmesser trägt die Grad- und Stricheintheilung auf einer Scheibe von dünnem emaillirten Kupferblech, welche, ringförmig ausgeschnitten, um einen Schwimmer (*S*) aus gewelltem (galvanisch verzinkten) Messingblech befestigt ist.

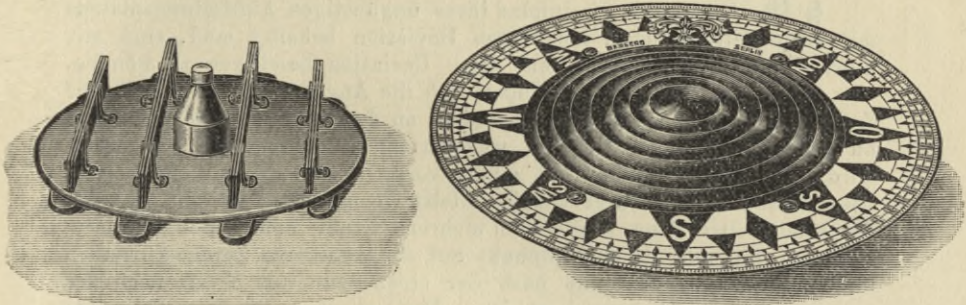
Der Schwimmer trägt in seiner unteren Höhlung das Hütchen (*r*) aus Saphir sowie die 8 Magnete (*n*). Jeder der Magnete besteht aus 3 Lamellen; vier sind flachliegend in verlötheten Messinghülsen unter dem Schwimmerboden befestigt, die vier übrigen vertikal stehend im Innern des Schwimmers (Fig. 33).

Die magnetische Kraft des Magnetsystems beträgt im Durchschnitt 55 Millionen G. E. Die fertige Rose wiegt 460 bis 470 g, sie wird jedoch durch den Auftrieb in der Flüssigkeit so entlastet, dass sie mit nicht mehr als 5 bis 7 g Gewicht auf der Pinne aufliegt. Die aus Diamant-Aluminiumbronze bestehende Pinnenspitze wird bei diesem geringen Druck wenig abgenutzt, so dass eine Arretirvorrichtung der Rose entbehrlich ist.

Die Aufhängevorrichtung besteht aus einem Balancier (*B* in Fig. 32) von T-förmigem Querschnitte. Zu seiner Aufnahme ist die Kompassbüchse an zwei einander diametral gegenüber liegenden Stellen

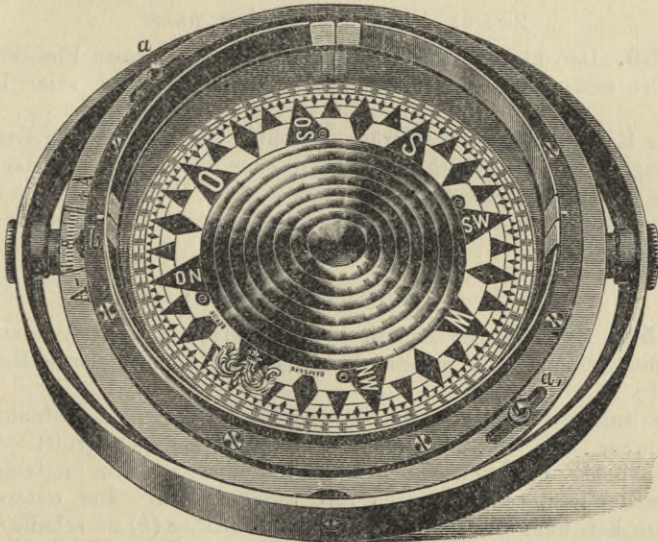
mit je einem Anguss (A und A_1) versehen, in welchen sich die Rollenslager für die Zapfenschrauben des Balancieringse befinden. In der cylindrischen Ausbohrung jedes Angusses befinden sich 12 cylindrische Rollen (cc), zwischen welche die Zapfen der Schrauben (ZZ_1) greifen.

Fig. 33.



Die Angüsse haben eine solche Lage, dass die Verbindungslinie der Achsen der Zapfenschrauben durch die Spitze der Pinne geht. In gleicher Höhe mit diesen Zapfenschrauben und genau rechtwinkelig zu denselben befinden sich in dem Balanciering zwei Zapfenlöcher (L), die wie die Angüsse der Kompassbüchse mit Rollenslagern versehen und zur Auf-

Fig. 34.



nahme von zwei weiteren Zapfenschrauben bestimmt sind, durch welche der Ring im Kompasshause aufgehängt wird. Damit die Beweglichkeit der Kompassbüchse eine möglichst leichte ist, haben die Zapfen in der Richtung ihrer Achsen ein wenig Spielraum, welcher durch kleine Schrauben (t_1) begrenzt und regulirt werden kann.

Das Gewicht des gesammten Kompasses beträgt 16 kg.

Der grosse Fluidkompass findet sowohl zu Steuerkompassen als auch zu Regel- und Peilkompassen Verwendung.

Vorrichtung zur Kompensation der konstanten Deviation.

§ 49. Kompass, die infolge ihres ungünstigen Aufstellungsplatzes mit einer beträchtlichen konstanten Deviation behaftet sind, sind mit einer Einrichtung versehen, um diese Deviation beseitigen zu können.

Bei diesen Kompassen befinden sich die Augüsse zur Aufnahme der Zapfenschrauben des Balancingringes nicht an der Kompassbüchse, sondern an einem besonderen Ring, in welchen die Kompassbüchse eingesetzt wird. Die Letztere ruht mit einem vorspringenden Rand auf diesem Ring, lässt sich darin drehen und mittelst Klemmschrauben (*a a*, Fig. 34) festsetzen. Der Ring trägt eine mehrere Grade umfassende Gradeintheilung, die mit ihrem Nullpunkt auf die Achse der Zapfenschrauben des Balancingringes fällt und nach der einen Seite mit $+A$, nach der anderen mit $-A$ bezeichnet ist. Der auf dem Ringe aufliegende Flansch der Kompassbüchse ist an der Stelle der Theilung unterbrochen und trägt hier einen Indexzeiger (*b*), welcher genau mit einem Steuerstrich zusammenfällt.

Der Kompass wird mit dem Balancingring im Kompasshaus so eingehängt, dass der Nullpunkt der Theilung in die Längsschiffslinie nach vorn fällt.

2. Der kleine Fluidkompass.

§ 50. Der kleine Fluidkompass ist wie der grosse Fluidkompass konstruirt und unterscheidet sich von diesem nur durch seine Dimensionen.

Der Rosendurchmesser beträgt 157 mm, die magnetische Kraft der Rosenmagnete im Durchschnitt 23 Millionen G. E., das auf der Pinne lastende Gewicht der Rose, wie bei dem grossen Fluidkompass, 5 bis 7 g. Der kleine Fluidkompass findet Verwendung als Steuerkompass auf den Torpedoboote.

3. Der Kompensationskompass.

§ 51. Der Kompensationskompass besteht aus zwei ineinander passenden Kesseln, dem inneren Kessel *J* und dem äusseren Kessel *A* (Fig. 35).

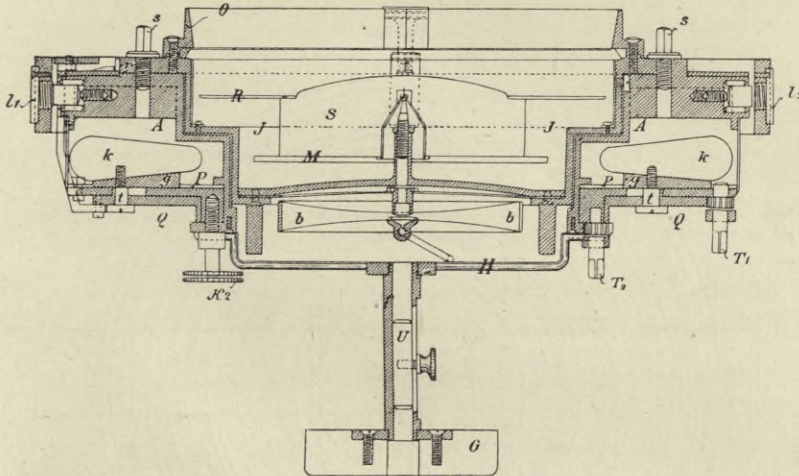
Der innere Kessel oder die Kompassbüchse dient zur Aufnahme der Kompassrose und ist nach denselben Principien konstruirt wie die Kompassbüchse des gewöhnlichen Fluidkompasses. Sie unterscheidet sich von der letzteren nur durch ihre äussere Form. Der untere Theil derselben hat, um Platz für die Kompensationsstäbe (*k*) zu schaffen, einen geringeren Durchmesser wie der obere; beide Theile sind cylinderförmig. Mit dem hierdurch gebildeten Absatz sowie dem oberen Rande (*r*) ruht die Kompassbüchse in dem äusseren Kessel und wird durch zwei Schrauben (*s s*) mit Vierkant an demselben befestigt. Zur Orientirung des Steuerstrichs und zur Korrektion der konstanten Deviation ist die

Kompassbüchse um einen kleinen Winkel nach beiden Seiten in dem äusseren Kessel verstellbar. Für diese Einstellung ist am Rande des äusseren Kessels eine in Grade getheilte Skala (*A*-Skala) angebracht, während die Kompassbüchse einen Zeiger trägt (Fig. 36).

Der Schwimmer *S* mit der Rose *R* ist mit 8 Magneten armirt, von welchen 4 an der Unterkante des Schwimmerbodens, die übrigen 4 im Innern des Schwimmers über dem Boden desselben befestigt sind; die ersteren liegen flach, die letzteren stehen auf der hohen Kante; jeder Magnet besteht aus 3 Lamellen.

Der äussere Kessel nimmt ausser der Kompassbüchse die Kompensationsvorrichtung auf. Er wird mittelst eines Aufhängerings durch

Fig. 35.
Schnitt A-B.



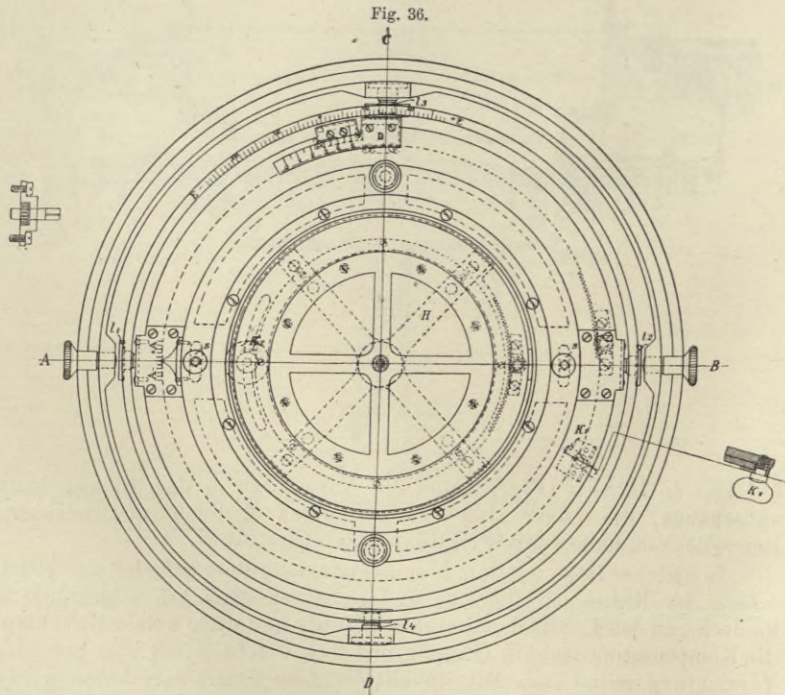
4 Lager *l*₁, *l*₂, *l*₃, *l*₄ (Fig. 35 und 36) kardanisch in dem Kompasshause aufgehängt, die Lager sind der geringeren Reibung und leichteren Beweglichkeit halber mit Friktionsrollen ausgefütert.

In gleicher Höhe mit dem Magnetsystem der Rose befinden sich gleichmässig im Kreise um dieselbe und radial zu derselben angeordnet 32 konische, an den Endflächen halbkugelförmig gestaltete weiche Eisenkerne, die Kompensationsstäbe *k* (Fig. 35 und 37), welche durch eine besondere Vorrichtung radial zum Mittelpunkt der Rose derart verschoben werden können, dass ihre Endpunkte einen Kreis oder Ellipsen von je nach der Einstellung verschiedener Form bilden. Die Kompensationsstäbe *k* sind auf je einem Gleitstück *g* mit einer Schraube *t* befestigt. Die Befestigungsschrauben *t* gehen durch 2 übereinander liegende Scheiben *P* und *Q* hindurch; von diesen Scheiben ist die obere *P* mit radial angeordneten Schlitzern versehen, während die untere *Q* 32 mehr oder weniger excentrische Ausschnitte hat. Der Hals je einer Befestigungsschraube geht durch je einen dieser Ausschnitte der Scheiben *P* und *Q*

hindurch. Die Scheibe Q ist mittelst eines Zahnradtriebes T_1 um die Scheibe P drehbar und wird durch eine Klemmschraube K_1 (Fig. 36) an derselben festgesetzt.

Durch Drehen der Scheibe Q nach der einen oder anderen Seite werden die Befestigungsschrauben t und mit ihnen die zugehörigen Kompensationsstäbe mehr oder weniger, je nach der Anordnung des sie umfassenden schlitzförmigen Ausschnittes der Scheibe Q , in dem radialen Schlitz der Scheibe P vor oder rückwärts bewegt.

Die Ausschnitte der Scheibe Q sind so angeordnet, dass bei einer Drehung der Scheibe die querschiffs liegenden Kompensationsstäbe am meisten verschoben werden, die Grösse der Verschiebung allmählich bis zu den in der Längsrichtung des Schiffes liegenden Stäben abnimmt, und die Letzteren unverrückt bleiben. Das Maass der Verschiebung ist ablesbar auf der am oberen Rande des äusseren Kessels angebrachten

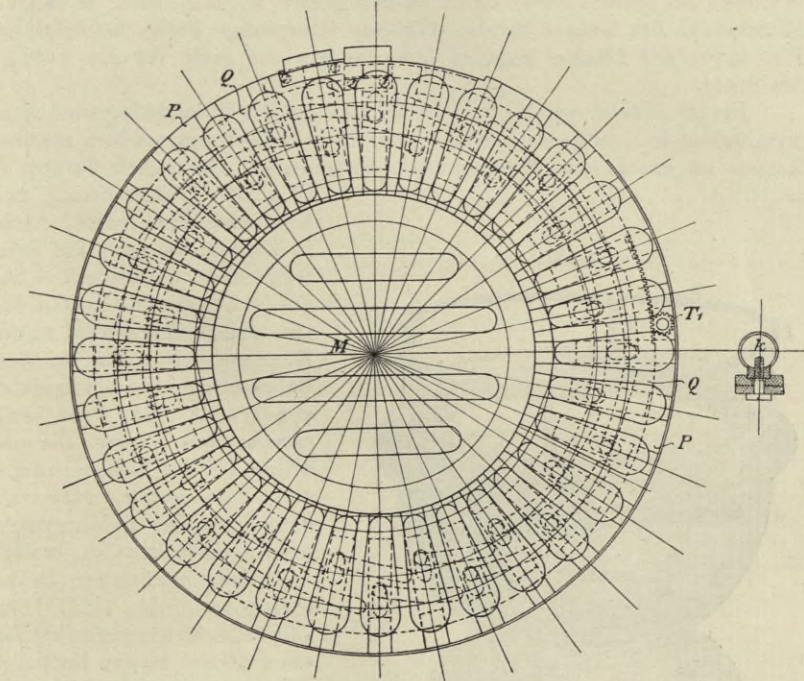


D-Skala. Diese Skala ist in 5 Theile getheilt, welche die Verschiebung der beiden querschiffs liegenden Eisenkerne in Millimetern angeben. Bei der Nullstellung liegen alle Kompensationsstäbe gleich weit vom Mittelpunkt der Rose entfernt, d. h. sie bilden einen Kreis um denselben. Bei der Einstellung der *D*-Skala auf 1 sind die beiden querschiffs liegenden Kompensationsstäbe je um 1 mm der Mitte genähert, die längsschiffs liegenden Stäbe sind unverrückt geblieben, die dazwischen liegenden

Stäbe um ein entsprechendes Stück verschoben, so dass die Innenenden der Kompensationsstäbe jetzt eine Ellipse bilden, deren kleine Achse um 2 mm kleiner ist als die grosse Achse. Bei der Maximaleinstellung auf 5 ist die Differenz der grossen und kleinen Achse der von den Kompensationsstäben gebildeten Ellipse 10 mm. Bei der Nullstellung sind die Innenenden der Kompensationsstäbe 21 mm von der Rose entfernt, bei der Maximalstellung auf 5 die querschiffs liegenden Stäbe demnach 16 mm.

Um den durch unsymmetrisch um den Kompass vertheilte weiche Eisenmassen hervorgerufenen Theil der quadrantalen Deviation zu kompensiren bezw. den Koefficienten E aufzuheben, kann das ganze System

Fig. 37.



der Kompensationsstäbe um etwa 25° nach jeder Seite centrisch um den Mittelpunkt der Rose verstellt werden. Dies geschieht nach Lösen der Klemmschraube K_2 mittelst des Zahnradtriebes T_2 , durch welchen die beiden Scheiben P und Q zusammen gedreht werden; durch Wiederanziehen der Klemmschrauben wird die Drehung begrenzt. Die Grösse der Drehung wird abgelesen an der nach Graden getheilten E -Skala, welche auf dem Aufhängerring angebracht ist, und nach welcher die Einstellung für den Deviationskoefficienten E erfolgt.

Ein dem Kompass beigegebener Schlüssel passt für die Vierkante der Zahnradgetriebe (T_1 und T_2) für D und E sowie für die Klemmschrauben (s) zum Festsetzen der Kompassbüchse an dem äusseren Kessel.

Unter dem äusseren Kessel ist an einem kreuzförmigen Halter (*H* Fig. 35 und 36) ein kurzes Vertikalrohr angebracht zur Aufnahme des Beruhigungsmagneten *U*. Der Magnet ist verschiebbar in dem Rohre und wird mittelst einer durch einen Schlitz des Rohres gehenden Klemmschraube in geeigneter Lage festgesetzt.

An dem unteren Ende des Vertikalrohres ist zur schnelleren und sicheren Horizontirung des ganzen Kompasses ein Bleigewicht *G* befestigt.

4. Der Trockenkompass.

§ 52. Die Kompassbüchse ist nach unten gewölbt, und diese Wölbung im Innern durch einen ebenen Boden abgeschlossen, in dessen Mittelpunkt der Träger für die stählerne feinspitzige Pinne befestigt ist, Ein unter der Büchse angebrachtes Bleigewicht giebt ihr die nöthige Stabilität.

Die Drahtstropf-Kettenaufhängung. Der Balanciering wird nicht unmittelbar in dem Kessel des Kompasshauses aufgehängt, sondern mittelst Ketten an einem aus Messingdraht bestehenden elastischen Stropf *D*



(Fig. 38). Balanciering und Kompassbüchse ruhen nicht in Zapfen, sondern auf prismatischen Schneiden. An Stelle der cylindrischen Zapfen sind demgemäss sowohl an der Kompassbüchse wie an dem Balanciering je zwei Schneiden angebracht, und die entsprechenden Lager für die Schneiden der Kompassbüchse am Balanciering, für die Schneiden des Balancieringes an Lagerstücken (*s*), welche mit dem erwähnten Drahtstropf verbunden sind. Diese Lagerstücke hängen an kleinen etwa 40 mm langen Ketten *K*, die an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen des Drahtstropfs befestigt sind. 90° von diesen Stellen entfernt greifen um den Stropf Metallstücke mit nach unten gerichteten Kugelpfannen *PP*₁, mittelst welcher der

Drahtstropf auf zwei entsprechende, am Kompasshauskessel befestigte, in einer Kugel endigende Träger aufgesetzt wird. Je drei an den Lagerstücken befestigte Spiralfedern *f* werden mit Oesen am Kompasshaus-

kessel festgehakt und haben den Zweck, dem Kompass eine möglichst centrische Lage im Kompasshaus zu sichern.*)

Die Trockenrose von 254 mm Durchmesser besteht aus einem die Peripherie der Rose bildenden Aluminiumring, von dem nach einem im Mittelpunkt befindlichen, ebenfalls aus Aluminium hergestellten Plättchen Seidenfäden in gleichen Abständen gespannt sind, einem Papierring mit Strich- und Gradeintheilung, der an dem Aluminiumring oberhalb der Seidenfäden befestigt ist, und den Magneten. Die (acht) Magneten, Röhren- oder Stabmagnete, sind parallel zu einander an Seidenfäden zu beiden Seiten des Rosenmittelpunkts oder an der Peripherie der Rose (bei der Rose von Hechelmann) aufgehängt.

Das Hütchen wird lose durch ein Loch des Aluminiumplättchens gesteckt, derart, dass die Rose auf den Rand der Aluminiumfassung des Hütchens aufliegt. Bei neueren Rosen von Hechelmann ist die Pinne an der Rose befestigt, ihre Spitze nach unten gerichtet, und ruht auf dem darunter befindlichen Hütchen, welches in den auf dem Kompassbüchsenboden stehenden Träger eingelassen ist.

Arretirvorrichtung. Um Pinne und Hütchen beim Nichtgebrauch des Kompasses zu schonen, ist über den Pinnenträger ein Messingcylinder gestreift, der mittelst einer durch den Boden und das Bleigewicht hindurchgehenden Schraube auf- und abbewegt werden kann. Beim Aufwärtsbewegen des Cylinders greift dieser unter das Aluminiumplättchen der Rose und hebt sie von der Pinne ab, durch Abwärtsbewegen des Cylinders wird die Rose wieder auf die Pinne herabgelassen. Die Mutter zum Bewegen der Schraube sitzt unter dem Boden der Kompassbüchse in einer Höhlung des Bleigewichts.

Das Gewicht der gesamten Rose mit den Magneten beträgt 12 bis 15 g, das magnetische Moment 4,5 bis 6 Millionen G. E.

5. Das Kompasshaus mit der Kompensationsvorrichtung.

§ 53. Das Kompasshaus hat die Aufgabe, den Kompass und die zu seiner Kompensation erforderlichen Magnete und weichen Eisenkörper aufzunehmen.

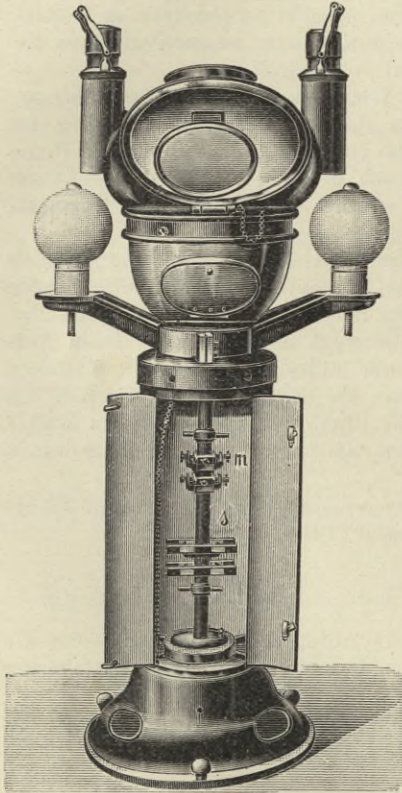
Der untere Theil des Kompasshauses (Fig. 39), ein messingener mit verschliessbarer Doppelthür versehener Hohlcyliner von etwa 99 cm Länge, 300 mm äusserem Durchmesser und 3 mm Wandstärke, ist am unteren Ende mit einem 52 cm im Durchmesser messenden runden Fuss versehen. Die kreisringförmige Auflagefläche des Fusses ist derartig ausgearbeitet, dass nur drei schmale Flächen von je 250 mm Länge den Fussboden berühren. Durch die Mitte dieser Flächen geht je ein Befestigungsbolzen in die im Deck eingelassene, mit Holzschrauben angeschraubte Mutter. Die Mantelfläche des Fusses ist mit drei ovalen

*) Die Drahtstropf-Kettenaufhängung ist versuchsweise auf Torpedobooten auch bei Fluidkompassen verwendet, zur Abwehr gegen die starken Erschütterungen der Boote.

Ausschnitten versehen, welche die Einführung des Krümmungsmagneten in das Schieberohr von unten ermöglichen.

An den cylindrischen Theil schliesst sich nach oben zu der cylindrische 6 cm hohe Hals von 20,5 cm Durchmesser und der bauchig ausgeweitete Kessel an. Ein im Innern des Halses mit ihm verschraubter und ihn nach oben überragender Ring trägt einen abnehmbaren messingenen

Fig. 39.



Regendeckel und ist mit vier Speichen und einer in der Mitte der Speichen befestigten Buchse — zur Führung des Schieberohrs für die Kompensationsmagnetträger — versehen.

Der Kessel endigt oben in einen starken breiten, zum Tragen der Kappe bestimmten Rand. In diesem Rande befinden sich die beiden Lagerlöcher für die Zapfenschrauben zum Einhängen des Fluid- und Kompensationskompasses; für die Trockenkompassse werden hier die Träger für die Kugelpfannen des Drahtstropfs befestigt. In der hinteren Kesselwand ist eine ovale, durch Messingklappe verschliessbare Oeffnung angebracht, um von hier an die Kompassbüchse gelangen zu können.

Die Kompasskappe, eine messingene Haube mit einer Oberlicht-, einer vorderen kleineren und einer hinteren grösseren Oeffnung, greift mit ihrem Hals über den Rand des Kompasshauskessels und ist auf diesem mittelst je dreier vertikaler und horizontaler am Hals befestigter Rollen leicht drehbar. Drei durch den Hals gehende Zapfenschrauben mit vier-

kantigem Kopf greifen in eine Nute des Kesselrandes und verhindern ein Abheben der aufgesetzten Kappe; eine Druckschraube mit gerändertem Kopf dient zum Festsetzen der Kappe. Die drei erwähnten Oeffnungen werden durch Glasfenster geschlossen, von denen das vordere und hintere aufgeklappt werden können, das vordere nach oben, das hintere nach unten; das geöffnete vordere Fenster wird durch eine Feder in dieser Stellung gehalten. Die hintere Oeffnung ist so gross gehalten, dass man durch dieselbe das Peildioptr bequem bedienen kann. Zum Peilen braucht die Kappe nicht abgenommen zu werden, sondern die Peilung erfolgt durch die beiden Oeffnungen hindurch. Das Oberlicht

Faint, illegible text at the top of the page, possibly a preface or introductory paragraph.

Second paragraph of faint, illegible text.

Third paragraph of faint, illegible text.



Fourth and final paragraph of faint, illegible text at the bottom of the page.

kann zum Abblenden des Lichts nach aussen durch einen aufzusetzenden, mit Bajonettverschluss versehenen Messingdeckel verdeckt werden, die beiden anderen Fenster durch eine vorzusetzende und mittelst Riegel zu befestigende Messingscheibe. Der hintere Blendschirm ist zum Ablesen des Kompasses bei Peilkompassen mit einem 10 mm breiten Horizontal-schlitz versehen, der durch einen Schieber je nach Bedarf bis zu 45 mm Länge geöffnet werden kann. Bei den Steuerkompassen sind drei solcher Schlitz übereinander angebracht, um je nach dem Standpunkt und der Körperlänge des Steuernden den einen oder anderen Schlitz benutzen zu können.

Die Kappe trägt an jeder Seite eine cylindrische Tasche zur Aufnahme der gleichfalls cylindrischen Petroleumlaternen. Die Laternen, nur auf einer Seite mit Glas versehen, sind in den Taschen drehbar, um durch verschiedene Stellung die Kompassrose entweder ganz oder nur den vorderen Theil beleuchten oder schliesslich beim Peilen ganz verdunkeln zu können. Der obere Verstärkungsring der Laternen hat diesen drei Stellungen entsprechend drei Einschnitte, die über einen in der Laternentasche befindlichen Stift greifen. Die Laternen sind mit *B* (Backbord) und *St* (Steuerbord) bezeichnet.

Die Kompensationsvorrichtung besteht aus dem Schieberrohr, den Magnetträgern, dem Krängungsmagneten mit Kette und den Kugelkorrektoreuträgern.

Das Schieberrohr (*s*), ein cylindrisches Messingrohr mit Vertikal-schlitz, befindet sich in der Längsachse des cylindrischen Theils des Kompasshauses, greift oben und unten in eine durch Speichen im Cylinder gehaltene Buchse und ist in diesen Buchsen um ihre Längsachse drehbar. Mit der unteren Buchse und dem Kompasshaus fest verbunden ist ein Messingring, der in der Mittellinie nach der Thür des Kompasshauses zu einen Indexstrich trägt. Innerhalb dieses Ringes bewegt sich eine an dem Schieberrohr festsitzende und mit diesem drehbare Scheibe mit vier je 90° voneinander entfernten tief eingefrästen Strichen zum Einstellen des Schieberrohrs.

Zwei an der Scheibe befindliche, rechtwinklig zu einander angeordnete Klemmvorrichtungen, die um den Rand des Messingringes greifen, dienen zum Festsetzen des Schieberrohres; die Klemmvorrichtungen werden durch Schrauben mit vierkantigen Köpfen mittelst des beigegebenen — auch zur Thür des Kompasshauses und den übrigen Vierkantschrauben passenden — Schlüssels gelöst und festgesetzt.

Auf dem Schieberrohr gleiten zwei Magnetträger (*m*) auf und ab und lassen sich durch Klemmmuttern in jeder Höhe festsetzen. Die an den Magnetträgern angebrachten Gleitschienen greifen in den Vertikal-schlitz des Schieberrohrs und verhindern ein Verdrehen an diesem. Die beiden übereinander liegenden horizontalen Scheiben eines jeden Magnet-trägers sind mit je zwei nach oben offenen Längs- und Querausschnitten versehen, so dass sich auf jeder Scheibe zwei bis vier Magnete in der Längs- oder in der Querrichtung anbringen lassen. Die Scheiben sind so angeordnet, dass sich die Magnete von oben bequem einlegen und herausnehmen lassen. Knebelschrauben halten sie in den Trägern fest.

Im Innern des Schieberohrs ist, an einer Kette hängend, eine Messinghülse zum Einsetzen des Krängungsmagneten auf- und abwärts beweglich. Die Kette wird durch das obere Ende des Schieberohrs und über eine Rolle an der inneren Wandung des Kompasshauses abwärts geführt und an einem der hier angebrachten drei, in der Höhenlage gegeneinander verschießenden Haken befestigt. Eine besondere Klemm-
vorrichtung sichert die Befestigung der Kette und die unverrückte Lage des Krängungsmagneten. Bei grossen Krängungsfehlern lässt sich an Stelle der Messinghülse mit einem schwächeren Magneten auch ein stärkerer Rundstabmagnet ohne Hülse an der Kette befestigen.

Ein im Innern des Kompasshauses untergebrachter Holzmaasstab dient dazu, die Entfernung der Kompensationsmagnete von der Kompassrose zu messen. Vertikal mit seinem unteren Ende auf den Speichenkranz am Boden des Kompasshauscylinders aufgesetzt, giebt er die Entfernung von der Ebene der Kompassrosenmagnete an.

Die Kugelkorrektorenräger, zwei starke Metallarme, greifen ringförmig um den Hals des Kompasshauses. Der Ring ist in der Mitte aufgeschnitten und jede Ringhälfte mit zwei Flanschen versehen, mittelst welcher die beiden Hälften durch Schrauben an einander befestigt werden. Diese Schrauben müssen gelockert werden, wenn die Träger aus der Querschiffsrichtung gedreht und in einen bestimmten Winkel zu dieser Richtung eingestellt werden sollen. Zu letzterem Zweck ist der Hals des Kompasshauses mit einer Gradeintheilung versehen, über welche ein Ausschnitt in dem ringförmigen Theil der Kugelkorrektorenräger greift. Der Ausschnitt ist mit einem Indexstrich versehen. Zum Aufsetzen der Kugeln sind die beiden Trägerarme an ihren Enden mit einer Art horizontaler Plattform versehen. Die Plattform hat in der Längsrichtung des Arms einen Schlitz und eine Führungsnute für die Zinkuntersätze der Kugelkorrektoren. Diese Untersätze, von cylindrischer Form, und an der unteren Seite mit einer der Nute entsprechenden Führungsleiste versehen, haben den Zweck, bei der verschiedenen Grösse der zur Anwendung gelangenden Kugeln, ihnen die richtige Höhenlage zu geben, derart, dass die Ebene der Rosenmagnete durch den Mittelpunkt der Kugeln geht. Die Befestigung der Kugeln auf den Trägern erfolgt durch einen Rothgussbolzen mit Kopf, der durch ein Loch der Kugeln und der Untersätze und durch den Plattformschlitz hindurchgesteckt und mittelst einer auf den Bolzen unterhalb der Träger aufzuschraubenden Mutter festgehalten wird.

§ 54.

6. Der Peilapparat

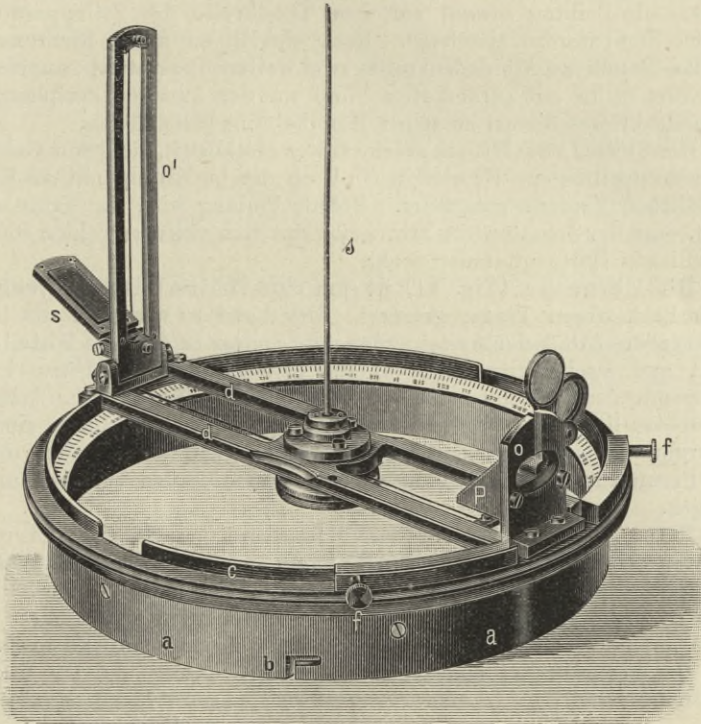
besteht aus dem Aufsatzring mit Glasdeckel und Theilkreis, dem Alhidadenkreis mit Dioptern, Spiegel, Prisma und Vorschlaggläsern, dem Schattenstift und Fernrohr.

Der Aufsatzring — *a* Fig. 40 — wird auf den Rand des Kompasskessels aufgesetzt, so dass ein an letzterem befindlicher kleiner Stift in einen rechtwinkelig gebrochenen Schlitz *b* des Ringes greift. Der obere Rand des Ringes ist nach innen zu abgeschrägt und auf dieser

abgeschrägten Fläche mit einer Kreistheilung von 0° bis 360° versehen. Unterhalb dieser Theilung befindet sich eine Glasscheibe, deren Fassung der Ring bildet und in deren Mitte ein konischer Zapfen befestigt ist.

Der Alhidadenkreis *c*, ein metallener Kreisring, ist auf dem oberen Rande des Aufsatzringes drehbar, indem er mit einer in seinem Mittelpunkt befindlichen Buchse über den eben erwähnten Zapfen greift. Diese Buchse sitzt auf dem Mittelstück zweier parallel liegender Alhidadenspeichen. Die Buchse wird durch eine Schraubenmutter auf dem Zapfen gehalten. An den beiden Enden der Parallelspeichen, am Rande

Fig. 40.



des Alhidadenkreises, sind die beiden Diopter angebracht. Das Okular-diopter *O* ist unbeweglich auf dem Alhidadenkreise aufgeschraubt und mit einem Vertikalschlitz versehen, der nach unten in eine ovale Oeffnung ausläuft.

Vor dieser Oeffnung sitzt in einer Fassung ein gleichschenkliges rechtwinkliges Glasprisma *P*, dessen eine ebene Kathetenfläche an der Vorderfläche des Diopters anliegt; die andere horizontal liegende Kathetenfläche ist sphärisch geschliffen, so dass sie als Lupe wirkt und zur Ablesung der Rosentheilung dient.

Vor dem Okular-diopter stehen zwei farbige Vorschlaggläser, um bei Sonnen- und Mondbeobachtungen benutzt zu werden.

Das Objektivdiopter (O^1), bedeutend höher und mit breiterem Ausschnitt versehen als das Okulardiopter, kann mittelst Charniers auf den Alhidadenkreis umgeklappt werden. In der Mitte seines Ausschnitts ist vertikal ein Draht eingespannt. Ein vor dem Diopter angebrachter schwarzer Spiegel lässt sich in vertikaler Richtung drehen, um bei Peilungen von Gestirnen oder sehr hoch gelegenen Gegenständen zu Hilfe genommen zu werden.

Parallel zu den beiden Parallelspeichen und zwischen denselben ist in der Visirebene des Diopters ein dünner Metalldraht gespannt, der dem Peilenden gestattet, von seinem Standpunkt aus ohne Benutzung des Prismas die Peilung sowohl auf dem Theilkreise des Peilapparats, als auf der Kompassrose abzulesen. Rechtwinklig zu dieser Richtung sind auf dem Rande des Alhidadenkreises zwei weitere Indexstriche angebracht.

Zwei Stifte mit gerändertem Kopf an der äusseren Peripherie des Alhidadenkreises dienen zu seiner Handhabung beim Peilen.

Der Schattenstift, ein geschwärtzter Metallstift, dient zum Gebrauch bei Sonnenpeilungen. Er wird in ein Loch des im Mittelpunkt des Kreises befindlichen Zapfens eingesetzt. Behufs Peilung wird der Kreis so gedreht, dass der Schatten des Stiftes sich mit dem zwischen beiden Dioptern befindlichen Horizontalfaden deckt.

Das Fernrohr (Fig. 41) ist um eine Horizontalachse drehbar in einem bockartigen Träger gelagert. Der Letztere wird auf die beiden Speichen des Alhidadenkreises aufgesetzt, so dass er über die Mittelbuchse greift und zwei kleine Stifte an der Unterkante seiner Füße in entsprechende Ausdrehungen der Speichen fassen. Die optische Achse des Fernrohres liegt dann genau in der Visirebene, welche durch einen im Fernrohr angebrachten Vertikalfaden markirt wird. Beim Peilen mittelst des Fernrohres ist das Peilobjekt mit diesem Faden zur Deckung zu bringen.

Bevor das Fernrohr auf den Peilapparat gesetzt wird, ist es zum scharfen Sehen für das Auge des Beobachters einzustellen. Es geschieht dies mittelst eines am Okularende sitzenden, gereiften Ringes. Durch Drehen dieses Ringes nach links oder rechts wird das Okular durch einen im Innern liegenden Schneckenangang vor- oder zurückbewegt.

Das Fernrohr hat eine sechsfache Vergrößerung und ein Gesichtsfeld von 5 Grad.

7. Die elektrische Beleuchtung des Kompasses.

§ 55. Bei den neueren Kompassen erfolgt die Beleuchtung durch kleine elektrische Glühlampen. Die Glühlampe befindet sich bei Peilkompassen unter der Glasscheibe des Peildiopters und wird dort in eine im Mittelpunkt des Diopters befindliche mit Hartgummi-Isolirung versehene Messinghülse eingeschraubt (Fig. 41 und 41a). Sie ist so eingerichtet, dass nach dem Einschrauben der Kontakt mit der in der Messinghülse endigenden Stromzuleitung stattfindet. Ein über der Lampe befindlicher Schirm hält das Licht nach aussen ab und wirft es, mit seiner Innenseite als Reflektor wirkend, auf die Kompassrose. Die Zuleitungsdrähte sind

Fig. 41.

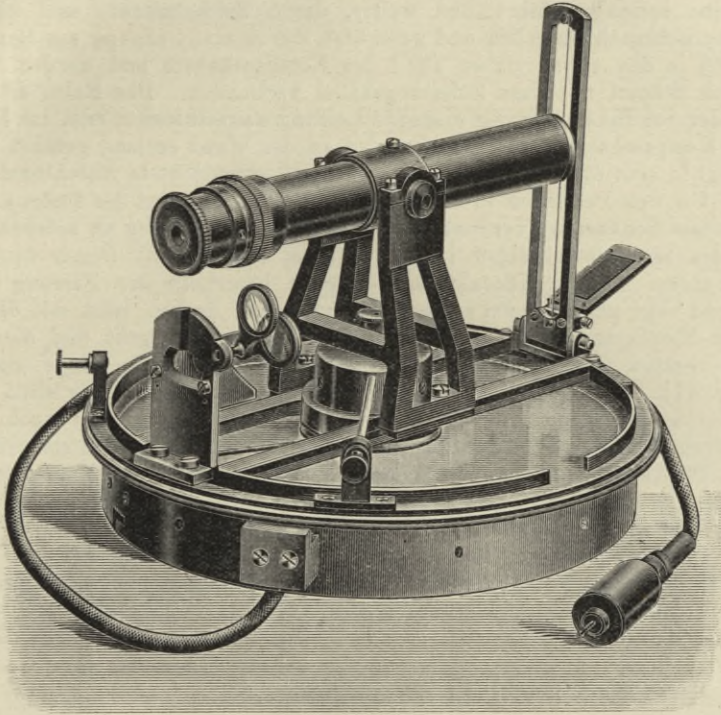
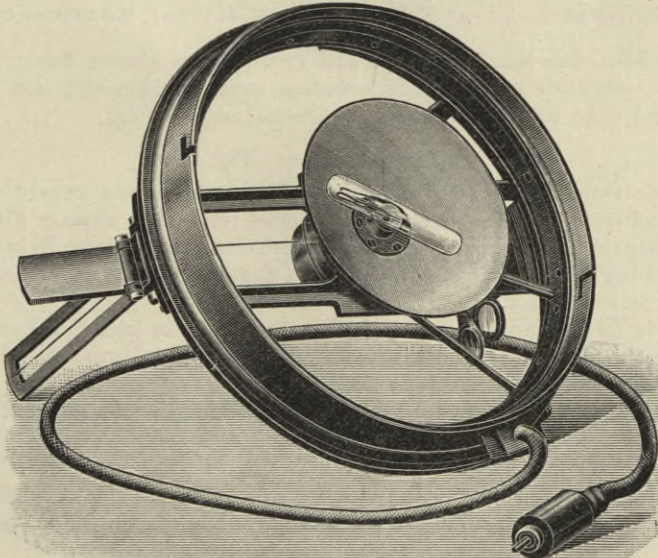


Fig. 41 a.



dicht zusammenliegend und gut isolirt an der unteren Fläche der Glascheibe entlang geführt und weiter, durch Seidenschnüre und einen Gummischlauch umgeben und geschützt, durch eine Oeffnung am Regendeckel in den cylindrischen Theil des Kompasshauses und werden hier durch Stöpsel mit dem Zuleitungskabel verbunden. Das Kabel ist an die der Schiffsbeleuchtung dienende Leitung angeschlossen, tritt im Fuss des Kompasshauses in dieses ein, wird an der Wand entlang geführt und endigt in eine für den vorerwähnten Stöpsel eingerichtete Anschlussdose.

Um den Peilenden in den Stand zu setzen, während des Peilens den Kompass bequem zu verdunkeln und zum Ablesen wieder zu beleuchten, ist ein Stromunterbrecher in der Leitung angebracht. Dieser besteht aus einem kleinen Kontaktstück, welches innerhalb der Fassung der Lampe liegt und sich um seine Horizontalachse drehen lässt mit Hilfe eines Messingstabes, der nach dem Rand des Diopters geht und hier in den rechten zur Handhabung des Diopters dienenden Knopf endigt (Fig. 41). Durch Drehen des Knopfes nach der einen Seite wird der Strom unterbrochen und die Lampe gelöscht, durch Drehen nach der anderen Seite der Strom wieder geschlossen und der Kompass erleuchtet.

Die Anbringung der elektrischen Beleuchtung hat geringe Aenderungen in der Anordnung des Peilapparates, wie er unter 6 beschrieben ist, zur Folge gehabt (Fig. 41).

Bei den Steuerkompassen liegt die Glühlampe unter einem Glasdeckel, der in derselben Weise wie das Peildiopter auf die Kompassbüchse gesetzt wird. Die Lampe ist hier am hinteren Rande angebracht, um dem Steuernden den Steuerstrich nicht zu verdecken, und ist durch einen Mantel derart umgeben, dass nur der vordere Theil der Rose in der Umgebung des Steuerstrichs beleuchtet wird.

8. Kompasshaus und Peilapparat älterer Konstruktion.

§ 56. Die Kompasshäuser und Peilapparate älterer Konstruktion, welche sich noch in Gebrauch befinden, unterscheiden sich von den in § 53 und § 54 beschriebenen im Wesentlichen, wie folgt:

Das Kompasshaus (Fig. 42).

Der cylindrische Theil hat einen Durchmesser von nur 19 cm und eine einflügelige Thür. Anstatt des Fusses ist er am unteren Ende mit einer Anzahl Löcher versehen, durch welche mittelst Holzschrauben seine Befestigung auf einem vom Deck aus in denselben hineinragenden Holzkörper bewirkt wird.

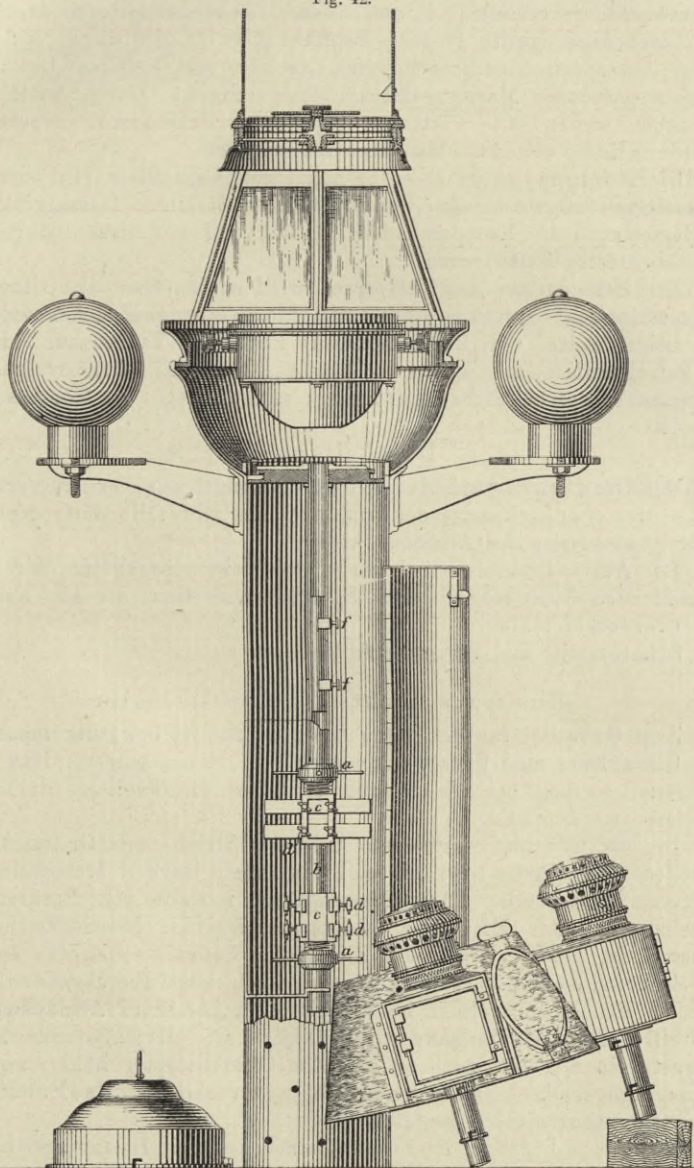
Der Kesselrand hat 2 Lagerlöcher übereinander zum Einhängen der Kompassse; das untere dient lediglich zum Einhängen des Normalkompasses, von dem später die Rede sein wird.

Die Magnetträger (*c*) bilden oben geschlossene viereckige Rahmen, in welche die Magnete hineingesteckt werden.

Bei einzelnen älteren Häusern befindet sich die Einstellvorrichtung für das Schieberrohr nicht am Fusse des cylindrischen Theils, sondern am oberen Ende unter dem Regendeckel. An dem hier angebrachten Speichen-

kreuz mit Buchse für das Schieberrohr ist ein Ring mit Kreistheilung von 0° bis 360° befestigt, während mit dem Schieberrohr ein über diese Kreis-

Fig. 42.



theilung gleitendes Lineal verbunden ist, das an dem einen Ende einen Indexstrich, an dem anderen Ende eine Klemmvorrichtung trägt.

Die Hülse für die Krängungsmagnete hängt nicht an einer Kette, sondern wird durch Schrauben an dem Schieberohr festgeklemmt. Zu diesem Zweck ist die Hülse mit einer Anzahl untereinander stehender Schraubenlöcher versehen; in zwei dieser Löcher und durch den Schlitz des Schieberohrs greift je eine Kopfschraube (f'), die durch ein kleines an der Aussenseite des Schieberohrs sitzendes und sich dem Umfang des Rohrs anpassendes Messingplättchen hindurchgeht. Durch Anziehen der Schrauben werden die Plättchen gegen das Schieberohr gepresst und somit die Hülse mit dem Magneten festgehalten.

Die Kompasskappe besteht aus einem Glasaufsatz in Form einer sechsseitigen abgestumpften Pyramide, die mit einem Messingring über den Kesselrand des Kompasshauses gesetzt und auf diesem durch zwei Schrauben festgehalten wird.

Zur Beleuchtung des Kompasses wird nachts über den Glasaufsatz eine messingene Nachtkappe gestreift, die an einer (bei Steuerkompassen) oder beiden Seiten (bei Peilkompassen) mit einer Tasche zur Aufnahme der Petroleumlampen und an der hinteren Seite mit einer ovalen, durch Klappdeckel verschliessbaren Oeffnung zum Ablesen des Kompasses versehen ist.

Der Peilapparat.

Die Kreistheilung befindet sich auf einer nach aussen zu abgeschrägten Fläche des oberen Randes des Aufsatzringes und fällt dementsprechend an die Aussenseite des Alhidadenkreises.

Der Alhidadenkreis ist an Stelle der beiden parallelen, die Diopter verbindenden Speichen mit vier Speichen versehen, die ein Kreuz auf dem Glasdeckel bilden.

Schattenstift und Fernrohr fehlen.

Die transparente Nachtpeilscheibe.

Zum Gebrauch für Peilungen in der Nacht ist bei Peilkompassen auf dem Glasaufsatz eine Peilscheibe angebracht, deren äusserer Rand transparent ist, so dass bei erleuchtetem Kompass die Theilung der Scheibe abgelesen werden kann.

Die aus Glimmer bestehende und mit Strich- und Gradeintheilung versehene Peilscheibe liegt auf einer in einen starken Messingring eingesetzten Glasscheibe. Der Messingrand ist mit vier Steuerstrichen versehen. In der Mitte der Glasscheibe ist eine Messingbuchse eingelassen, in welche ein an der Peilscheibe befestigter Zapfen eingreift.

Ueber diesen, die Peilscheibe auch nach oben überragenden Zapfen und um denselben drehbar ist die Mittelbuchse eines Alhidadenkreises gestreift. Der Alhidadenkreis ist ähnlich wie derjenige des Tagpeilapparats eingerichtet, doch ist hier das Okulardiopter höher, zum Umklappen eingerichtet und mit einem Bügel versehen, der das Einschrauben eines Oktantenfernrohres gestattet.

Unter den Dioptern ist in der Visirebene je ein Indexzeiger befestigt der beim Drehen des Alhidadenkreises sich über der Theilung der Peilscheibe bewegt. Die Drehung der Peilscheibe behufs Einstellung auf den Schiffskurs erfolgt mit Hilfe eines Messingknebels, der über ein Vier-

The first part of the document is a letter from the Secretary of the Board of Education to the Board of Directors of the Board of Education. The letter discusses the current state of the Board and the need for reform. It mentions that the Board has been in existence for many years and has made significant contributions to the education of the city. However, it also notes that the Board has become increasingly unrepresentative and unaccountable to the public. The Secretary suggests that the Board should be reformed to better serve the interests of the community.

The second part of the document is a report from the Board of Directors. The report discusses the Board's activities during the past year and its plans for the future. It mentions that the Board has held several public hearings and has received many suggestions from the public. The Board is committed to improving the quality of education and to making the Board more representative and accountable. The report also discusses the Board's financial situation and its plans for the future.

The third part of the document is a report from the Board of Directors. The report discusses the Board's activities during the past year and its plans for the future. It mentions that the Board has held several public hearings and has received many suggestions from the public. The Board is committed to improving the quality of education and to making the Board more representative and accountable. The report also discusses the Board's financial situation and its plans for the future.

The fourth part of the document is a report from the Board of Directors. The report discusses the Board's activities during the past year and its plans for the future. It mentions that the Board has held several public hearings and has received many suggestions from the public. The Board is committed to improving the quality of education and to making the Board more representative and accountable. The report also discusses the Board's financial situation and its plans for the future.

The fifth part of the document is a report from the Board of Directors. The report discusses the Board's activities during the past year and its plans for the future. It mentions that the Board has held several public hearings and has received many suggestions from the public. The Board is committed to improving the quality of education and to making the Board more representative and accountable. The report also discusses the Board's financial situation and its plans for the future.

kant des mit der Peilscheibe verbundenen erwähnten Zapfens gestreift ist. Eine über den Knebel auf den Zapfen geschraubte Mutter verhindert ein Abstreifen des Knebels und des Alhidadenkreises. Zur Regulirung des Ganges der Peilscheibe dient eine unterhalb der unteren Glasplatte angebrachte Schraubenmutter.

Beim Nichtgebrauch wird der Peilapparat durch einen aufgesetzten Messingdeckel geschützt.

Zum Peilen wird die Peilscheibe auf den anliegenden Schiffskurs eingestellt. Bei gierendem Schiff muss gleichzeitig mit der Peilung der Kurs auf dem Kompass abgelesen werden.

Die Peilungen sind nur dann genau richtig, wenn das Schiff auf geradem Kiel liegt.

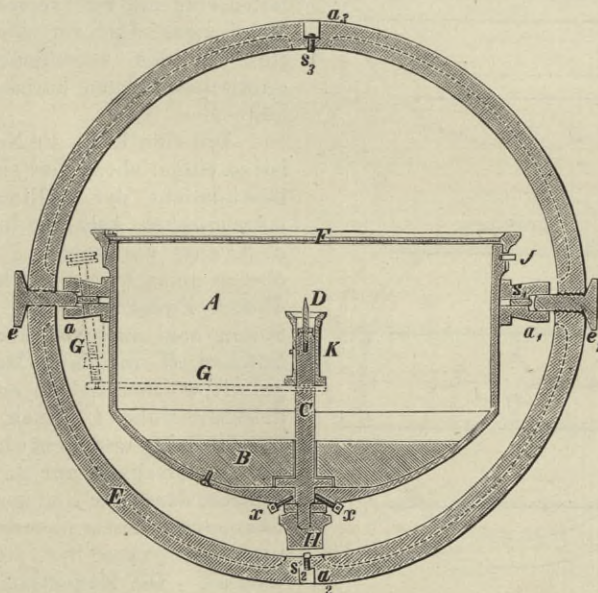
Liegt das Schiff über, so entsteht ein Fehler, welcher bei einer Peilung in der Längsschiffsrichtung am grössten ist, in der Querschiffsrichtung dagegen verschwindet.

9. Der Normalkompass.

§ 57. Der Normalkompass soll zu genaueren magnetischen Beobachtungen dienen. Es ist ein Trockenkompass mit starken Magneten.

Die Büchse *A* aus Rothguss ist cylindrisch, der Boden bauchig ausgeweitet (Fig. 43). Auf dem Letzteren ist ein Bleigewicht *B* und der

Fig. 43.



cylindrische Rosenträger *C* mit Schraubengewinde für die Pinne *D* befestigt. Gegen das untere, im Boden sitzende Ende des Rosenträgers

drücken vier kleine Schrauben $x x$, welche zur Korrektur des Trägers dienen. Zwei Angüsse $a a$ enthalten die cylindrischen Zapfenlager zum Aufhängen im Balancing. Letzterer ist, wie im § 48 beschrieben, eingerichtet.

Um den Spielraum der Zapfen in ihren Lagern zu begrenzen und zu reguliren, dienen kleine Schrauben s .

Die vier Steuerstriche sind auf versilberten, auf die innere Kesselwand geschraubten Platten angebracht.

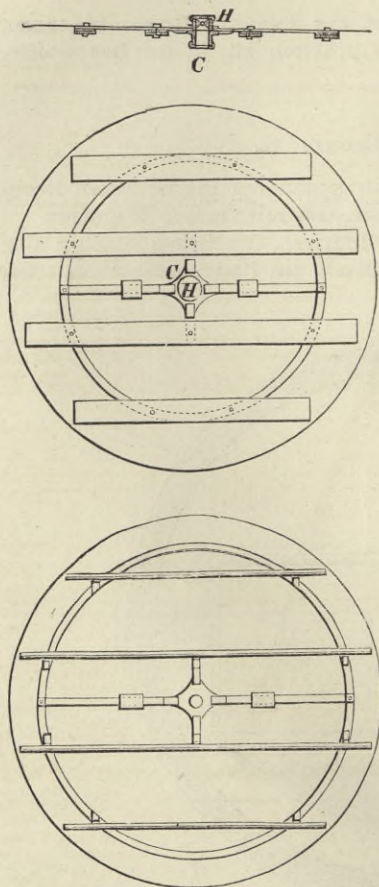
Zu dem Normalkompass gehören zwei Rosen (Fig. 44) von 196 mm Durchmesser mit vier Doppellamellen-Magneten. Die aus Glimmerscheiben

hergestellten und mit Papier überzogenen Karten haben eine Strich- und eine Gradeintheilung von $\frac{1}{3}^\circ$ zu $\frac{1}{3}^\circ$. Die Magnete sind auf einem dünnen Messingring befestigt. Im Mittelpunkt des Ringes befindet sich eine kleine Platte, von der vier Speichen ausgehen, zur festen Verbindung des Systems. Zur Aufnahme des Hütchens ist die Platte mit einem Schraubengewinde versehen. Die Speichen, die mit der Nord-Südlinie der Rose zusammenfallen, sind mit zwei verschiebbaren Messinggewichten versehen, um die Rose in den verschiedenen magnetischen Breiten horizontiren zu können.

Die eine Rose, die Normalrose, ist so eingerichtet, dass sie sich zur Bestimmung der Kollimation der magnetischen Achse umlegen lässt, d. h. dass die untere Fläche zur oberen gemacht werden kann. Zu diesem Zweck ist das auf zwei Seiten hohl ausgeschliffene Rubin-
hütchen H in einen Messingring gefasst, welcher sich in einer cylindrischen Hülse C genau centrisch zur Theilung und rechtwinkelig zur Ebene derselben nur so viel verschiebt, dass beim Umlegen der Aufhängepunkt immer über den Schwerpunkt des ganzen Systems zu liegen kommt. Die Magnetlamellen sind

flach gelagert. Auf der unteren Rosenfläche sind die vier Hauptstriche N , O , S , W und zu beiden Seiten dieser noch 6 bis 8 kleine $\frac{1}{3}^\circ$ darstellende Striche aufgetragen, die genau mit der oberen Rosentheilung zusammenfallen.

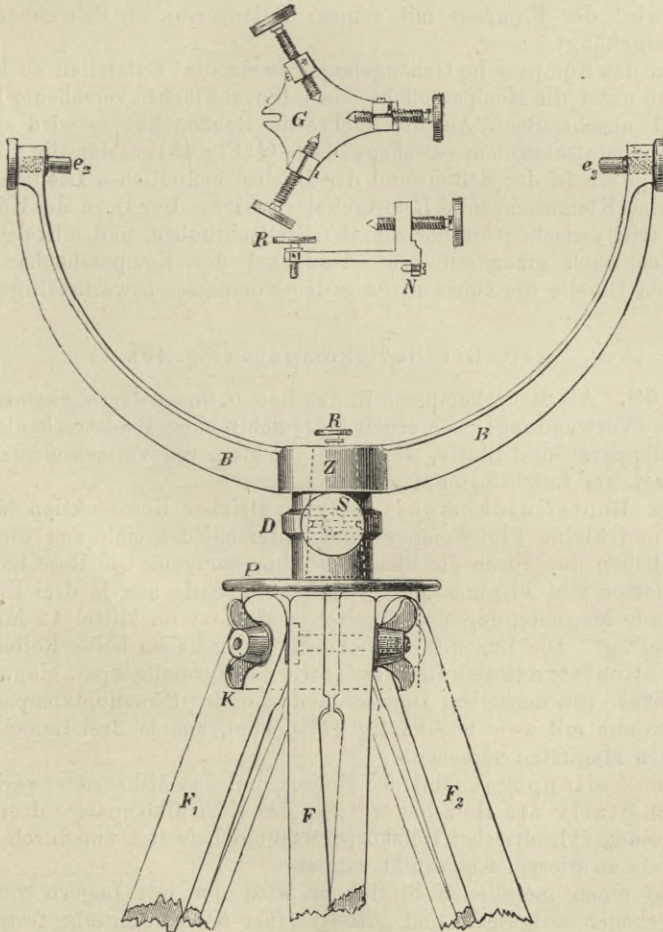
Fig. 44.



Die zweite Rose ist nicht zum Umlegen eingerichtet, und die Magnete sind hochkantig unter der Rose gelagert. Das magnetische Moment der Rosen beträgt 34 bis 40 Millionen G. E.

Die Arretirvorrichtung besteht, ähnlich wie dies bei der Trockenrose (§ 52) angegeben, aus einer über den Rosenträger gestreiften Hülse *K*. Die Auf- und Abwärtsbewegung erfolgt hier durch einen ungleicharmigen

Fig. 45.



Hebel, dessen Drehpunkt in der Kompassbüchsenwand liegt und der durch eine ausserhalb und seitwärts der Büchse angebrachte Schraube bewegt wird.

Der dem Normalkompass beigegebene Peilapparat ist wie der in §§ 54 und 56 beschriebene eingerichtet, mit dem Unterschiede, dass er eine Theilung in halbe Grade besitzt und der Alhidadenkreis mit einem

Mikrometerwerk zur feinen Einstellung, sowie mit zwei Nonien versehen ist, welche eine Ablesung der Kreistheilung auf einzelne Minuten gestatten.

Zu dem Kompass gehört ein Stativ. Es besteht aus drei Füßen *F* (Fig. 45), die unten in messingenen Spitzen enden und oben an dem Stativkopf *P*, einem scheibenförmigen Metallkopf, beweglich sind und durch Flügelmuttern *K* in jeder Lage festgestellt werden können. Ueber einen konischen Zapfen *Z* des Stativkopfes wird ein Gehängebogen *B* gestreift und mittelst einer Klemmschraube *S* festgesetzt. In den Gehängebogen wird der Kompass mit seinem Balanciering an Schraubenzapfen $e_2 e_3$ aufgehängt.

Um den Kompass im Gehängebogen horizontal feststellen zu können, lässt sich unter die Kompassbüchse ein mit drei Flächen versehener Dorn *H* (Fig. 43) anschrauben. Auf die Buchse des Gehängebogens wird eine mit drei Horizontalschrauben versehene Platte *G* (Fig. 45) gesetzt, die mit einer Nase *N* in ein in der Seitenwand der Buchse befindliches Loch tritt und durch eine Klemmschraube *R* festgehalten wird. Der Dorn der Kompassbüchse tritt zwischen die horizontalen Stellschrauben, und mittelst dieser lässt sich nach einer auf den Glasdeckel der Kompassbüchse aufzusetzenden Libelle die Horizontirung des Kompasses bewerkstelligen.

10. Der Bootskompass (Fig. 46).

§ 58. Als Steuerkompass in den Booten finden durchgehends Fluidkompass Verwendung; doch erhält jedes Schiff einen Bootstrockenkompass mit Peilapparat und Stativ, der auch zu kleineren Vermessungsarbeiten und dergl. am Lande benutzt werden soll.

Der Bootsfluidkompass ist von gleicher Konstruktion wie der grosse und kleine Fluidkompass und unterscheidet sich von diesen im Wesentlichen nur durch die kleineren Abmessungen. Die Rose hat einen Durchmesser von 115 mm und zwei flachliegende aus je drei Lamellen bestehende Magnete, deren magnetisches Moment im Mittel 12 Millionen G. E. beträgt. Die Lager für die Aufhängung haben keine Rollen.

Der Bootstrockenkompass ist wie der Normalkompass eingerichtet, nur kleiner, von denselben Dimensionen wie der Bootsfluidkompass, und die Rose nur mit zwei hochkantig gelagerten, aus je drei Lamellen bestehenden Magneten versehen.

Dem Peilapparat fehlt der Nonius und das Mikrometerwerk.

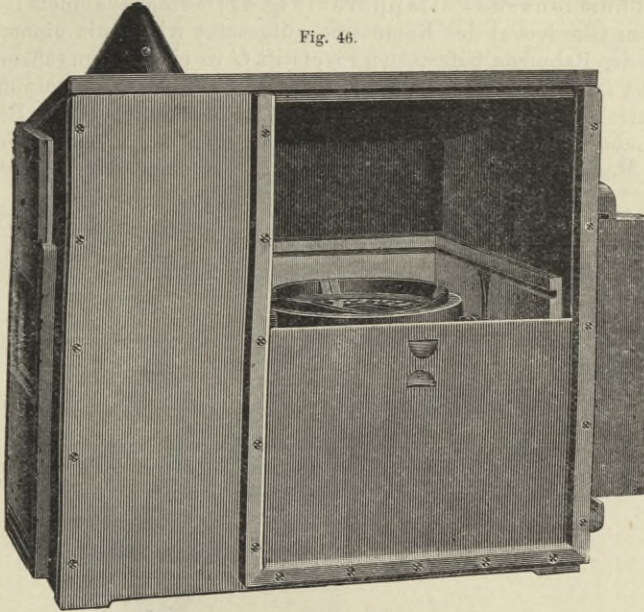
Das Stativ aus Holz hat wie das des Normalkompasses drei Füße, die an einem cylindrischen Holzkörper drehbar befestigt und durch Flügel-schrauben an diesem festgestellt werden.

Auf einen metallenen Stativkopf wird der mit Lagern versehene Gehängebogen aufgesetzt und mittelst einer Klemmschraube festgestellt.

Das Bootskompasshaus. Die Kompass sind mittelst Balanciering in einem viereckigen Holzkasten mit Schiebedeckel aufgehängt. Das Nachhaus zum Gebrauch in den Booten besteht aus einem rechteckigen hölzernen Häuschen mit abgeschrägtem Dach. In dieses wird der Kompass mit seinem Kasten hineingesetzt und durch eine an der Vorderseite des Häuschens befindliche vertikale Schiebethür gehalten. Seitwärts von dem Kompass

befindet sich in dem Häuschen ein durch ein Fenster von diesem abgeschlossener Raum zur Aufnahme der Laterne (Petroleumlaterne oder Kerze), für welche im Dach ein kleiner messingener Schornstein angebracht ist, und neben diesem ein Handgriff für den Transport.

Fig. 46.



B. Sonstige in Gebrauch befindliche Kompassrichtungen.

§ 59. Die vielen sonst in Gebrauch befindlichen Kompass sind, wenn sie auch in Einzelheiten voneinander abweichen, doch nach denselben Grundbedingungen konstruirt und den vorstehend beschriebenen ähnlich. Sie alle hier zu besprechen, ist daher weder nöthig noch möglich. Nur einige der verbreitetsten und von den beschriebenen besonders abweichenden Kompassrichtungen sollen kurz angeführt werden.

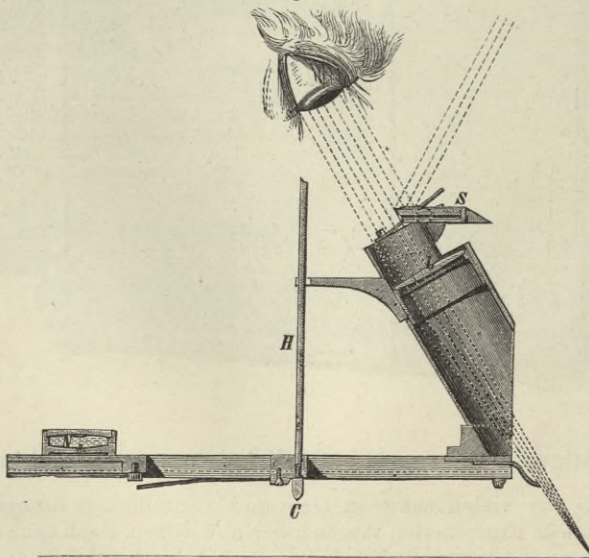
§ 60. Der Trockenkompass von Thomson ist das Vorbild aller neuen Trockenkompass gewesen. Bis dahin fanden auch bei den Trockenkompassen schwere Rosen mit starken Magneten Verwendung. Erst Sir William Thomson legte seiner Rose die Anforderung grösstmöglicher Leichtigkeit, namentlich des centralen Theils und der Verbindungsstücke, zu Grunde.

Die Rose wird wie die beschriebenen Trockenrosen aus einem leichten Papierring mit der Strich- und Gradeintheilung gebildet, das Gerippe aus einem Aluminiumring, von welchem in gleichen Zwischenräumen Seidenfäden nach einer kleinen Aluminiumbüchse im Mittelpunkt gespannt sind. Die Magnete, massive Stahlnadeln, sind an Seidenfäden unter dem centralen

Theil der Rose befestigt. Das Gewicht der Rose ist je nach ihrer Grösse verschieden und beträgt bei den gewöhnlichen Gebrauchsrosen von etwa 200 und 250 mm (8'' und 10'') Durchmesser 11 bis 14 g, das magnetische Moment 2 bis 4,5 Millionen G. E.*)

Der Thomsonsche Peilapparat (Fig. 47) besteht aus einem Rahmen, der auf den Glasdeckel des Kompasses aufgesetzt wird, mit einem unter der Mitte des Rahmens befestigten Pivotstift *C* in eine entsprechende Vertiefung des Deckels eingreift und so centrisch zum Rosenmittelpunkt auf dem Glasdeckel gedreht werden kann. Auf dem einen Ende des Rahmens ist eine Lupe, bestehend aus einem schräg gegen die Rosentheilung gerichteten Messingrohr und einer Glaslinse *L*, auf dem anderen Ende eine

Fig. 47.



Dosenlibelle befestigt. Auf der Lupe befinden sich ein um seine horizontale Achse drehbarer Spiegel *S* und zwei farbige Vorschlaggläser für Sonnen- und Mondbeobachtungen. Beim Peilen dreht man den Apparat und den Spiegel, bis man das Bild des Peilobjekts im Spiegel erblickt, und liest durch die Lupe die Peilrichtung auf der Rose ab.

Dieser Peilapparat hat den Vortheil, dass bei Verwendung von Kugeln zur Kompensation der quadrantalen Deviation seitlich vom Kompass diese beim Peilen nicht hinderlich sind.

Als Aufhängevorrichtung des Kompasses findet die Drahtstropf-Kettenaufhängung Verwendung.

Das Kompasshaus ist aus Holz und gewöhnlich cylindrisch. Zur Anbringung der Kompensationsmagnete ist es mit einer Reihe vertikal unter-

*) Neuerdings findet in gepanzerten Thürmen noch eine kleine Rose von 150 mm (6'') Durchmesser und einem magnetischen Moment von 1,5 Mill. G. E. Verwendung.

einander liegender längs- und querschiffs gerichteter horizontaler Löcher versehen, in welche die (runden) Magnete hineingelegt werden. Eine der Form des Kompasshauses angepasste Thür schliesst die Löcher nach aussen ab.

Kompass, wie vorstehend beschrieben, kommen in der englischen und französischen Marine fast durchweg zur Verwendung.

§ 61. In der russischen Marine werden ausser Rosen vorstehender Konstruktion noch solche verwandt, welche an Stelle der Seidenfäden ein Aluminiumgerippe haben.

Zur Abschwächung von Erschütterungen und Vibrationen hängt die Kompassbüchse hier nicht in Drahtstropp und Ketten, sondern in einem Federgehänge, bestehend aus zwei übereinander liegenden Kupferringen, die durch mehrere Klammern miteinander verbunden sind. Durch Verstellen der Klammern sollen die Schwingungsperioden des Federgehänges je nach denjenigen des Schiffes verändert werden.

Der Peilapparat ist ähnlich wie der in der Kaiserlich deutschen Marine eingerichtet und besteht aus Diopterlineal, Objektiv- und Okulardiopter, Spiegel und Prisma.

Das Kompasshaus ist aus Holz und eckig, die Träger der Kompensationsmagnete an einer Messingsäule vertikal verschiebbar.

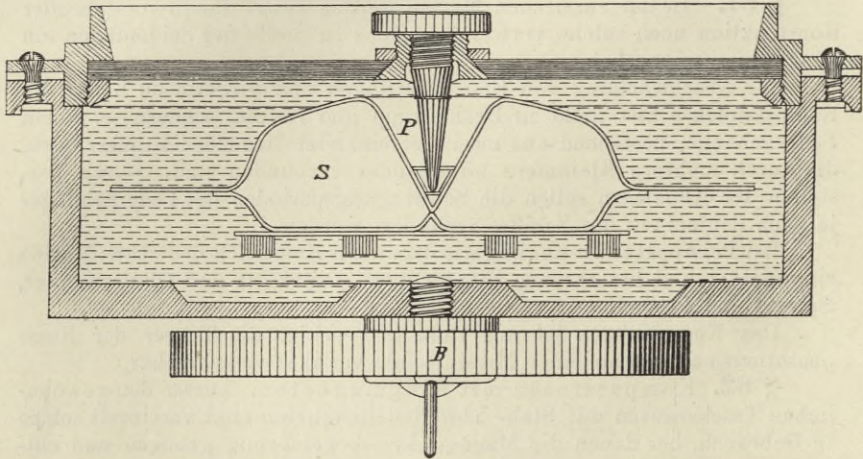
§ 62. Kompassrosen mit Ringmagneten. Ausser den gewöhnlichen Trockenrosen mit Stab- oder Nadelmagneten sind vereinzelt solche in Gebrauch, bei denen die Magnete kreisbogenförmig gebogen und entweder an der Peripherie oder zwischen dieser und dem Rosenmittelpunkt, konzentrisch zu letzterem, unter der Rose befestigt sind. Bei der ersteren Lage der Magnete fällt der Aluminiumring an der Peripherie fort. Diese Rosen zeichnen sich, wie leicht einzusehen, durch grosses Trägheits- und magnetisches Moment aus. Sie sind in verschiedener Konstruktion auch in der Kaiserlichen Marine versuchsweise in Gebrauch gewesen, haben jedoch den gehegten Erwartungen in Bezug auf Ruhe und Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen an Plätzen mit sehr geringer Richtkraft nicht entsprochen.

§ 63. In der österreichischen Marine sind Fluidkompass mit einer Vorrichtung zum Auswechseln von Pinne und Hütchen in Gebrauch.

Ein besonderes Interesse verdient der Kompass mit Auftrieb-Rose von Dubsky (Fig. 48). Bei diesem ruht der Schwimmer *S* nicht auf der Pinne, sondern er lehnt sich mit dem Hütchen nach oben gegen die darüber befindliche Pinne *P*. Der Auftrieb des Schwimmers mit Rose ist hier also grösser als sein Gewicht. Das Hütchen ist in einer trichterförmigen Vertiefung des Schwimmers befestigt, die Pinne mit einer Schraube verbunden, welche in eine centrale Durchbohrung des Kompasskessels eingeschraubt wird. Die Durchbohrung ist mit einer das Muttergewinde enthaltenden Buchse ausgefüllt. Ein Lederring bewirkt die Dichtung. Die Pinne wird durch einfaches Herausschrauben der Verschlusschraube entfernt; zum Herausnehmen des Hütchens wird sodann durch die Oeffnung des Glasdeckels eine Federzange geführt, die an ihren unteren Enden hakenförmig umgebogen ist und mit diesen Haken unter den umgebogenen Rand der Hütchenfassung greift.

Als Reservoir für die Flüssigkeit dient hier, ähnlich wie bei den beschriebenen Fluidkompassen, ein unter dem Boden der Kompassbüchse befindlicher, aus gewelltem Messingblech bestehender Behälter *B*, der mit dem Innern der Kompassbüchse in Verbindung steht.

Fig. 48.



Bei dem Fluidkompass nach Gareis (neuer Form) liegt die Rose auf der Pinne. Der Glasdeckel des Kompasses ist ebenfalls mit einer Durchbohrung versehen, die durch eine Schraube verschlossen ist. Zum Wechseln von Pinne und Hütchen wird diese Schraube entfernt, durch die Öffnung eine Zange gesteckt, die Rose mittelst dieser gehoben und festgehalten, durch die Zange hindurch ein Schlüssel eingeführt und mit diesem zunächst das Hütchen und dann die Pinne abgeschraubt. Das Wiedereinsetzen der neuen Theile erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.

§ 64. Der Intensitätsmultiplikator von Peichl ist ein Kompensationssystem zur Beseitigung der quadrantalen und konstanten Deviation, ähnlich demjenigen unserer Kompensationskompass. Der Hauptunterschied dieser Vorrichtung von der des Kompensationskompasses besteht darin, dass an Stelle des einen kreis- oder ellipsenförmig um die Kompassrose gelagerten Systems von Eisenstäben hier zwei solcher Systeme übereinander angebracht sind; die Eisenstäbe sind nicht in radialer Richtung verschiebbar, sondern liegen fest und sind derart angeordnet, dass ihre inneren Enden Ellipsen bilden. Die Kompensation wird durch Verstellen der Achsen beider Ellipsen gegeneinander bewirkt. Das so gebildete Doppelsystem befindet sich in der Nullstellung und erzeugt keine Deviation, wenn die grossen Achsen der beiden Ellipsen rechtwinklig aufeinander stehen und einen Winkel von 45° mit der Längsschiffsrichtung bilden; es äussert seine grösste quadrantale Kraft, wenn die Achsen parallel übereinander in der Kielrichtung liegen.

§ 65. Auf den Handelsschiffen sind Trocken- wie Fluidkompass, in den Einzelheiten von verschiedener Ausführung, in Gebrauch, ent-

weder nach Willkür die eine oder andere Kompassart, oder nach bestimmten Grundsätzen. Auf den Schiffen des Norddeutschen Lloyd finden im vorderen Theil des Schiffes Trockenkompass, im hinteren Theil Fluidkompass Verwendung, auf den Schiffen der Hamburg-Amerika-Linie und der meisten anderen Hamburger Linien Fluidkompass als Steuerkompass, Trockenkompass als Peilkompass.

Die Kompasshäuser sind durchweg aus Holz.

Eine von der gewöhnlichen abweichende Form des Peilapparats, wie er namentlich auf den Schiffen des Norddeutschen Lloyd Verwendung findet, besteht darin, dass der Apparat nicht auf die Kompassbüchse gesetzt, sondern in der oben offenen Kompasshauskappe aufgehängt wird. In dieser oberen Oeffnung der Kappe (Glasaufsatz) ist in kardanischer Aufhängung ein besonderer kleiner, der Kompassbüchse ähnlicher Kessel befestigt, welcher eine mit Gradtheilung versehene Peilscheibe trägt. Auf der Peilscheibe sitzt, horizontal drehbar, ein Metalllineal mit dem Peilrohr, einem cylindrischen Messingrohr nach Art eines Fernrohrs, aber ohne Linsen. Das Peilrohr ruht, um eine Horizontalachse drehbar, auf einem bockartigen Träger und ist an der Okularseite mit einer kleinen runden Oeffnung, an der anderen Seite vollständig offen und mit Vertikalfäden versehen. Auf dem Rohr sitzen noch zwei kleine Diopter, das eine mit runder Okularöffnung, das andere mit Vertikalfäden versehen. Beide Diopter sind zur Aufnahme je eines Vertikalstiftes (Schattenstift) eingerichtet. Die Visirebene wird auf dem Peilrohr durch eine schwarze Linie auf weissem Grunde bezeichnet.

Eine besondere Beleuchtung erhält die Peilscheibe nicht, diese erfolgt vielmehr bei dem Gebrauch durch eine Handlaterne — die herausnehmbare Kompasslaterne — oder eine besondere kleine elektrische zum Verdunkeln eingerichtete Glühlampe, bei den Kompassen, die elektrisch beleuchtet sind.

Aehnlich aufgehängte Peilscheiben, aber von kleineren Abmessungen und anstatt des Peilrohrs mit den gewöhnlichen, auf dem Diopterlineal befestigten beiden Dioptern versehen, werden auf Schiffen Hamburger Linien als Nachtpeilapparat benutzt. Der Apparat wird mit einer Messingbüchse auf die Kompasskappe, und zwar auf einen cylindrischen Ansatz derselben, gesetzt. Für das Peilen am Tage erhalten diese Kompass ein auf den Glasdeckel der Kompassbüchse aufzusetzendes Diopterlineal mit zwei Dioptern, Spiegel, Vorschlagglas und Schattenstift, welches sich innerhalb eines Theilkreises bewegt.

Die Kompassbeleuchtung erfolgt auf den Schiffen des Norddeutschen Lloyd bei den Peilkompassen (Trockenkompass mit dem oben beschriebenen Peilapparat) von unten. Der Boden der Kompassbüchse besteht aus Glas und unterhalb desselben ist im Kompasshaus die Laterne angebracht; an Stelle der älteren Petroleumlampe tritt bei neueren Kompassen eine elektrische Glühlampe.

Die Steuerkompass werden von oben beleuchtet, neuerdings durch eine kleine elektrische Glühlampe über der Kompassbüchse. Diese Lampe ist an zwei Bügeln befestigt, die an der Vorderwand des Kompasshauses zwischen dieser und der Kompassbüchse hinaufgeführt sind; sie ist von

einem Metallmantel umgeben mit einer nach vorn gerichteten Lichtöffnung, so dass nur der Steuerstrich und dessen Umgebung beleuchtet wird.

Für die Kompensation sind verschiedene Einrichtungen in Gebrauch, sowohl die bei dem Thomson-Kompass (§ 60) beschriebene (z. B. auf den Schiffen des Norddeutschen Lloyd), wie auch am Kompasshaus unverrückbar befestigte Magnete oder solche, die längs Schienen an der Innenseite der Kompasshauswand auf- und abwärts bewegt und durch Schrauben festgehalten werden (Hamburg-Amerika-Linie).

Zur Kompensation der quadrantalen Deviation finden ausser den Kugeln cylindrische Röhren Verwendung (auf den meisten Hamburger Linien).

Vierter Abschnitt.

Deviation, Kurs, Peilung.

§ 66. An Bord eines Schiffes werden die Magnetnadeln der Kompassrose durch die den Eisenmassen des Schiffes innewohnenden magnetischen Kräfte aus der magnetischen Nord-Südrichtung abgelenkt. Diese Ablenkung, welche sich mit der Richtung des Schiffes ändert, wird Deviation (δ) genannt, und zwar östliche oder positive Deviation ($+\delta$), wenn das Nordende der Kompassnadel östlich vom magnetischen Meridian liegt, westliche oder negative ($-\delta$), wenn das Nordende der Nadel westlich vom magnetischen Meridian liegt.

Unter Kurs des Schiffes versteht man den Winkel, den die Kielrichtung mit der Nord-Südrichtung bildet; je nachdem derselbe von der wahren (geographischen), magnetischen oder Kompass-Nord-Südrichtung gerechnet wird, unterscheidet man rechtweisenden (ζ_w), missweisenden (ζ) und Kompasskurs (ζ').

Die Richtung, in welcher sich ein Gegenstand vom Schiff aus befindet, oder genauer: der Winkel dieser Richtung mit der Nord-Südrichtung, wird Peilung genannt; auch hier unterscheidet man: rechtweisende (*rw. Plg.*), missweisende (*mw. Plg.*) und Kompass-Peilung (*Kp. Plg.*).

Verwandlung der Kurse und Peilungen.

§ 67. Um Kompasskurse in missweisende, missweisende in rechtweisende zu verwandeln und umgekehrt, denke man sich das Auge im Mittelpunkt der Kompassrose nach dem in Frage stehenden Kurs gerichtet und verfähre nach folgenden Regeln:

Verwandlung von Kompasskurs in missweisenden: Bei Ostdeviation geht man um den Betrag der Deviation nach rechts herum (mit dem Zeiger der Uhr), bei Westdeviation um den Betrag derselben nach links herum (gegen den Zeiger der Uhr).

Um umgekehrt missweisenden in Kompasskurs zu verwandeln wird die Ostdeviation nach links, die Westdeviation nach rechts angewandt.

Zur Verwandlung von missweisenden in rechtweisenden Kurs geht man ganz analog bei östlicher Missweisung um den Betrag

derselben nach rechts, bei westlicher nach links; bei Verwandlung von rechtweisenden in missweisenden Kurs umgekehrt: bei östlicher Missweisung nach links, bei westlicher nach rechts.

Bei Verwandlungen der Peilungen verfährt man in ganz derselben Weise. Bei Verwandlung von Kompasspeilungen in missweisende und umgekehrt ist stets die Deviation des anliegenden Kurses anzuwenden.

Zu einer einfachen algebraischen Rechnung, die noch mehr wie die vorstehenden Regeln vor Verwechslung schützt, wird die Verwandlung, wenn man die Kurse oder Peilungen stets von Nord über Ost, Süd, West von 0° bis 360° zählt und der Deviation wie Missweisung ihr algebraisches Vorzeichen giebt (+ wenn östlich, - wenn westlich). Es ist dann

$$\begin{aligned}\zeta' + \delta &= \zeta; \zeta - \delta = \zeta'; \zeta - \zeta' = \delta \\ \zeta + Mw. &= \zeta_w; \zeta_w - Mw. = \zeta; \zeta_w - \zeta = Mw.\end{aligned}$$

Dieselben Gleichungen gelten für die Peilungen, wenn man anstatt der Kurse ζ' , ζ und ζ_w die Peilungen *Kp. Plg.*, *mw. Plg.* und *rw. Plg.* setzt.

Beispiele.

1. Der Kompasskurs ist N 18° W, Deviation 8° W, Missweisung 10° W. Wie ist der missweisende und der rechtweisende Kurs?

Missw. Kurs N 26° W; rechtw. Kurs N 36° W.

Nach algebraischer Formel:

$$\begin{aligned}\zeta' + \delta &= \zeta: 342^\circ + (-8^\circ) = 334^\circ = \text{N } 26^\circ \text{ W missw. Kurs} \\ \zeta + Mw. &= \zeta_w: 334^\circ + (-10^\circ) = 324^\circ = \text{N } 36^\circ \text{ W rechtw. Kurs.}\end{aligned}$$

2. Der zu steuernde Kurs ist nach der Karte NNW $\frac{3}{4}$ W. Welcher Kurs ist nach dem Kompass zu steuern?

Nach der Steuertabelle ist die Deviation des Kompasses für den missw. Kurs NNW gleich $-9,8^\circ$, für NWzN $-11,2^\circ$, demgemäss für NNW $\frac{3}{4}$ W $-10,6^\circ$.

Missw. Kurs NNW $\frac{3}{4}$ W = N $30,9^\circ$ W; Kompasskurs N $20,3^\circ$ W.

Oder nach der Formel:

$$\zeta - \delta = \zeta': 329,1^\circ - (-10,6^\circ) = 339,7^\circ = \text{N } 20,3^\circ \text{ W.}$$

3. Auf diesem Kurse wird ein Objekt nach dem Kompass N 18° O gepeilt; wie ist die missw. Peilung?

Die Deviation auf dem anliegenden Kurse ist $-10,6^\circ$, folglich die missw. Peilung: N $7,4^\circ$ O.

Oder nach der Formel:

$$Kp. Plg. + \delta = mw. Plg.: 18^\circ + (-10,6^\circ) = 7,4^\circ = \text{N } 7,4^\circ \text{ O.}$$

4. Das Schiff soll auf demselben Kurse weiter laufen, bis es einen Leuchthurm missweisend SW $\frac{3}{4}$ W peilt. Wie muss der Thurm nach dem Kompass gepeilt werden? SW $\frac{3}{4}$ W = S $53,4^\circ$ W. Deviation des anliegenden Kurses $-10,6^\circ$, mithin Kompasspeilung S 64° W.

Nach der Formel:

$$mw. Plg. - \delta = Kp. Plg.: 233,4^\circ - (-10,6^\circ) = 244^\circ = \text{S } 64^\circ \text{ W.}$$

5. Das Schiff liegt nach dem Kompass S 17° W an und soll eine Kursänderung um 6 Strich nach Backbord ausführen. Welchen Kurs nach dem Kompass muss es nach der Kursänderung anliegen?

Die Deviation auf dem Kurse S 17° W beträgt $+4^\circ$, demnach missw. Kurs $\zeta = \text{S } 21^\circ \text{ W} = 201^\circ$.

Nach der Kursänderung um 6 Strich muss der missw. Kurs $201^\circ - 67,5^\circ = 133,5^\circ = \text{S } 46,5^\circ \text{ O}$ sein.

Für diesen Kurs ist nach der Steuertabelle $\delta = +7^\circ$, demnach muss der Kompasskurs S $53,5^\circ$ O sein.

Nach der Formel:

$$\zeta - \delta = \zeta': 133,5^\circ - 7^\circ = 126,5^\circ = \text{S } 53,5^\circ \text{ O.}$$

Die Lösung dieser und ähnlicher Aufgaben wird in der Praxis wesentlich erleichtert durch die für jeden Kompass aufgestellten Deviations- und Steuertabellen, von denen weiter unten die Rede sein wird.

Zur bequemen Umwandlung von Kompassstrichen und deren Hälften, Viertel und Achtel in Grade und umgekehrt ist im Anhang eine Tabelle (Tabelle II) gegeben.

Fünfter Abschnitt.

Deviationsbestimmung.

§ 68. Da die Deviation sich mit dem Kurse des Schiffes ändert, so ist es erforderlich, sie für alle Kurse zu kennen. Die Bestimmung der Deviation erfolgt durch Vergleich der Kompasspeilung eines Gegenstandes mit der missweisenden Peilung desselben, oder des Kompasskurses mit dem missweisenden Kurse.

Das Vorzeichen der Deviation ergibt sich hierbei nach folgender Regel:

Denkt man sich das Auge im Mittelpunkt der Kompassrose der Peilungsrichtung zugewandt, so ist die Deviation östlich: wenn die Kompasspeilung links von der missweisenden liegt, westlich: wenn die Kompasspeilung rechts von der missweisenden fällt; oder, wenn man die Peilungen von Nord über Ost bis 360° zählt, so erhält man die Deviation durch die algebraische Gleichung (vergl. § 67)

$$mw. Plg. - Kp. Plg. = \delta.$$

Dieselbe Regel gilt für die Bestimmung der Deviation durch den Vergleich der Kurse, für „Peilung“ ist nur „Kurs“ zu setzen.

Die algebraische Gleichung lautet (§ 67): $\zeta - \zeta' = \delta$.

Beispiele:

1. Die missweisende Peilung eines Gegenstandes ist N15° O, die Kompasspeilung N10° O; $\delta = 5^\circ$ Ost

$$\delta = 15^\circ - 10^\circ = +5^\circ.$$

2. Die missweisende Peilung ist N40° W, die Kompasspeilung N30° W; $\delta = 10^\circ$ West

$$\delta = 320^\circ - 330^\circ = -10^\circ.$$

3. Der missweisende Kurs ist S45° O, der Kompasskurs S40° O; $\delta = 5^\circ$ West.

$$\delta = \zeta - \zeta' = 135^\circ - 140^\circ = -5^\circ.$$

Allgemeines über die Ausführung.

§ 69. Die verschiedenen Methoden, welche für die Deviationsbestimmung angewandt werden und nachstehend näher besprochen werden sollen, unterscheiden sich der Hauptsache nach durch die Verschiedenartigkeit der benutzten Peilobjekte und die Art und Weise der Bestimmung ihrer missweisenden Richtung.

Eine vollständige Deviationsbestimmung, welche vor dem Inseegehen des Schiffes gemacht werden muss, wird ausgeführt, indem man das Schiff vor Anker oder der Boje im Kreise herumschwojt, oder unter Dampf langsam einen Kreis läuft, bei jedem oder jedem zweiten vollen

Handlung

* Regel v. *Passchenszug* (Sicherung) - *zusammen fassen*

Die ... die ...

Zur ...

Abrechnung
Verrechnung

§ 68. Die ...

Das ...

Wenn ...

Die ...

Die ...

Die ...

Die ...

Die ...

Allgemeines

§ 69. Die ...

Das ...

Strich, den das Schiff nach dem Regel-(oder Peil-)Kompass anliegt, die Kompasspeilung nach diesem Kompass nimmt, und gleichzeitig bei allen anderen Kompassen den nach diesen anliegenden Kurs abliest. Die Deviation des Regel-(oder Peil-)Kompasses wird sodann, wie oben angeführt, durch Vergleich zwischen Kompass- und missweisender Peilung festgestellt; durch Anwendung dieser Deviation auf den Regelkompasskurs erhält man den missweisenden Kurs; der Vergleich zwischen diesem missweisenden Kurs und dem abgelesenen Kompasskurs der übrigen Kompassse ergibt sodann die Deviation der Letzteren.

Die Peilungen werden entweder direkt mit dem Kompasspeildioptr genommen, und dies ist die Regel, oder mit Hilfe einer Peilscheibe; in letzterem Falle erhält man durch Anwendung des auf der Peilscheibe abgelesenen Winkels an den Kompasskurs die Kompasspeilung.

Für die Ausführung der Deviationsbestimmung ist eine Zeit zu wählen, zu welcher die magnetischen Verhältnisse des Schiffes normale und nicht vorübergehenden Störungen unterworfen sind, wie sie namentlich durch langes Liegen in einer Richtung, durch Schiessen mit schweren Geschützen und andere starke Erschütterungen hervorgerufen werden (vergl. § 99 u. f.).

Nach der Indienstellung eines Schiffes sollte demgemäss die endgültige Deviationsbestimmung erst kurz vor Antritt der Reise, nachdem das Schiff bereits eine Zeit lang in Bewegung gewesen ist und einige Fahrten gemacht hat, angestellt werden.

Zustand des Schiffes. Das Schiff muss sich in allen Theilen, welche einen magnetischen Einfluss auf den Kompass äussern, in dem Zustande befinden, unter welchem der Kompass auf See gebraucht werden soll.

Dazu gehört, dass alle grösseren Eisenmassen, namentlich die in der Nähe des Kompasses befindlichen, wie eiserne Boote, Davits, Geschütze, Schornsteine, Ladebäume u. A., auf dem Platze und in der Stellung sich befinden, wie sie auf See gefahren werden. Im Besonderen ist auf die in unmittelbarer Nähe der Kompassse befindlichen beweglichen Gegenstände zu achten, wie auf Thüren von Kommandothürmen, Lukendeckel, welche in verschiedenen Stellungen — geöffnet oder geschlossen — oft erheblich voneinander abweichende Ablenkungen des Kompasses erzeugen. Geschütze sind in die Zurrstellung zu bringen, Maschine geheizt, Schornsteine, die zum Herunterlassen eingerichtet sind, aufgeschraubt. Kleine eiserne Gegenstände, wie Ketten, Handwerkszeug, Nägel und sonstiges Eisengeschirr, sind aus der Nähe des Kompasses zu entfernen. Das Schiff darf keine Schlagseite haben.

Sind elektrische Anlagen in der Nähe der Kompassse, deren zeitweiser Betrieb einen störenden Einfluss auf die Kompassse ausübt, so ist die Deviationsbestimmung sowohl mit als ohne den Betrieb derselben auszuführen.

Dasselbe gilt von drehbaren Bootsdavits und verstellbaren Schornsteinen, wenn der Kompass in verschiedenen Stellungen derselben gebraucht werden soll.

Die Drehgeschwindigkeit des Schiffes muss eine langsame und gleichmässige sein, eine volle Kreisdrehung $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde in Anspruch

nehmen, je nach der am Kompassaufstellungsplatz herrschenden Richtung und der Empfindlichkeit des Kompasses.

Infolge der Reibung zwischen Pinne und Hütchen, sowie bei Fluidkompassen zwischen Flüssigkeit und Rose und bei den Kompensationskompassen durch die Anziehung der nahen Kompensationsstäbe, wird die Kompassrose beim Drehen des Schiffes in der Drehungsrichtung etwas mitgerissen. Bei einer Drehung nach rechts werden deshalb alle östlichen Deviationen zu gross, die westlichen zu klein ausfallen, bei einer Drehung nach links umgekehrt. Der hierdurch entstehende Fehler wird dadurch ausgeglichen, dass man eine vollständige Deviationsbestimmung nach beiden Drehrichtungen macht, eine nach rechts, eine nach links drehend, und aus den beiden für jeden Kurs so gefundenen Deviationen das Mittel nimmt.

Der Kompass selbst muss sich in allen seinen Theilen in vollkommen gebrauchsfähigem Zustande befinden, namentlich müssen Pinne und Hütchen tadellos sein.

Vor dem Beginn der Deviationsbestimmung ist das Personal zu vertheilen und zu belehren. Der die Bestimmung leitende Offizier dirigirt die Drehung des Schiffes. An jedem Kompass ist ein Beobachter aufzustellen, am Regelkompass deren zwei. Einer der Beobachter am Regelkompass nimmt die Peilungen und behält das Peilobjekt in der Visirlinie; der zweite Beobachter behält den Kompass im Auge und giebt bei dem jedesmaligen Anliegen eines vollen Striches ein den übrigen Beobachtern vernehmbares Zeichen durch „Null“-Ruf oder ein sonst geeignetes Signal, schreibt die laufende Nummer der Beobachtung, die Uhrzeit, den Regelkompasskurs und die Peilung auf. Vor dem Nullruf, wenn etwa noch $\frac{1}{4}$ Strich an dem vollen Kurse fehlt, wird das Zeichen „Achtung“ gegeben. Bei grossen Entfernungen der Kompassse voneinander, bei unter Deck befindlichen Kompassen oder sonstigen schwierigen Verkehrsverhältnissen zwischen den Kompassen ist in geeigneter Weise für eine sichere Uebertragung der Signale von dem Regelkompass nach den übrigen Kompassen zu sorgen. Bei dem Nullzeichen am Regelkompass wird bei allen Kompassen der anliegende Kurs nach Graden abgelesen und mit der Nummer der Beobachtung notirt. Es empfiehlt sich, zur Vermeidung von Verwechslungen die kommende Nummer der Beobachtung vom Regelkompass aus nach den anderen Kompassen bekannt zu geben.

Die gesammten Beobachtungen werden in ein geeignetes Formular eingetragen, wie es in den weiter unten folgenden Beispielen benutzt ist, und aus denselben, wie dort geschehen, die Deviation berechnet.*)

Die wichtigsten Methoden der Deviationsbestimmung sind die folgenden:

*) Die Schiffe der Kaiserlichen Marine werden mit solchen Formularen ausgerüstet, welche sich für alle üblichen Methoden der Deviationsbestimmung benutzen lassen, bei einzelnen Methoden nach zweckmässiger Abänderung der Ueberschrift einiger Spalten.

1. Deviationsbestimmung durch Peilung eines entfernten terrestrischen Gegenstandes.

§ 70. Der Gegenstand muss so weit entfernt sein, dass die Richtungslinie zwischen ihm und dem Schiffskompass bei der Drehung des Schiffes als gleichbleibend angesehen werden kann.

Um einen Fehler über 1° zu vermeiden, muss die Entfernung des Peilobjekts mindestens das 60fache von dem Halbmesser des Schiffsdrehkreises betragen; 8 bis 10 Sm reichen unter allen Umständen aus.

Ist die magnetische Richtung des Gegenstandes nicht bekannt, so ist sie zu bestimmen.

Diese Bestimmung kann erfolgen:

a) Bei einem vor Anker oder an der Boje liegenden Schiffe durch Peilung des Gegenstandes mit einem an Land aufgestellten Kompass. Dieser Kompass ist in der Verbindungslinie zwischen dem Peilgegenstande und dem Bug des Schiffes an einem von störenden magnetischen Einflüssen freien Platze aufzustellen.

b) Durch Entnahme aus der Karte, wenn der Ort des Schiffes bekannt (in der Karte eingezeichnete Boje oder dergl.) oder durch Winkelmessungen festgelegt ist.

c) Wenn keine konstante Deviation vorhanden ist, wovon später die Rede sein wird, so kann bei auf der ganzen Windrose gleichmässig vertheilten Kompasspeilungen das Mittel aller Peilungen als die magnetische Richtung angesehen werden.

In vielen Häfen sind Einrichtungen zur Erleichterung dieser Art der Deviationsbestimmung vorhanden, in der Regel Bojen zum Festmachen des Schiffes, von welchen aus die missweisende Richtung eines oder mehrerer von hier aus sichtbaren Peilgegenstände angegeben ist.

Alles Weitere über die Art der Ausführung dieser Methode erläutert das Beispiel 1 auf Seite 94.

2. Deviationsbestimmung durch Deckpeilungen. Deviationsbaken.

§ 71. Sind zwei oder mehrere Gegenstände in Sicht, deren magnetische Richtung zu einander bekannt ist, so bieten diese ein bequemes Mittel zur Bestimmung und Kontrolle der Deviation, indem man beim Passiren der Richtungslinie je zweier Objekte diese peilt. Diese Methode hat vor der vorhergehenden den Vortheil, dass man unabhängig von der Entfernung ist und demgemäss auch näher gelegene Gegenstände benutzen kann, was namentlich bei unsichtigem Wetter von Bedeutung ist, und dass man den Ort des Schiffes nicht zu kennen braucht.

In verschiedenen Häfen, so in Kiel (bei Mönkeberg) und in Wilhelms- haven (auf dem Deich) sind zu diesem Zweck eine Anzahl Baken errichtet, deren Deckpeilungslinien sich seewärts über ein Gebiet erstrecken, auf welchem ein Schiff bequem im Kreise drehen kann. Bei einer solchen Drehung befindet sich das Schiff fortwährend in der einen oder der anderen der Deckpeilungslinien, so dass es im Stande ist, bei jedem Kurse eine bekannte magnetische Richtung in Peilung zu nehmen (Beispiel 2 auf Seite 95).

Ort: Ostsee, Breite 54° 13' N., Länge: 17° 59' O.
 Datum der Deviationsbestimmung: 11. Juni 1899.
 Datum der Kompensationsbestimmung: 9. Juni 1899.
 Peilobjekt: Kixhoff-Leuchtturm, ca. 13 sm Abstand.

Beispiel 1.

Deviationsbestimmung
 S. M. S. „Sachsen“

durch Peilungen eines entfernten Gegenstandes.

Kreis nach welcher Seite? St. R. und B. B.
 War die elektr. Beleuchtung in Betrieb? Ja.
 War der Scheinwerfer in Betrieb? Nein.
 War die Maschine geheizt? Ja.

Uhrzeit	Wahre Ortszeit (nur auszufüllen bei Azimutbeobachtungen)	Schiff liegt an nach Regelkompass	Peilung eines entfernten Objekts mit Schiffskompass (Mittel aus den beiden Peilungen bei Drehung nach St. R. und B. B.)	Magnetische Peilung des Objekts	Deviation des Regalkompasses	Magnetischer Kurs	Schiff liegt an nach Peilkompass	Deviation des Regalkompasses	Schiff liegt an nach vorderen Thurnkompass	Deviation des Thurnkompasses	Schiff liegt an nach hinteren Thurnkompass	Deviation des Thurnkompasses
		Nord	107,3°	109,1°*)	+ 1,8°	1,8°	359,0°	+ 2,8°	359,0°	+ 2,8°	359,0°	+ 2,8°
		NZO	104,1		+ 5,0	16,2	11,0	+ 5,2	10,8	+ 5,4	13,5	+ 2,7
		NNO	103,5		+ 5,6	28,1	21,5	+ 6,6	20,8	+ 7,3	25,0	+ 3,1
		NOzN	103,5		+ 5,6	39,4	32,0	+ 6,9	30,0	+ 9,4	36,0	+ 3,4
		NO	103,2		+ 5,9	50,9	43,0	+ 7,9	41,6	+ 9,3	47,5	+ 3,4
		NOzO	103,5		+ 5,6	61,8	55,5	+ 6,3	52,0	+ 9,8	57,0	+ 4,8
		ONO	104,7		+ 4,4	71,9	67,0	+ 4,9	61,3	+ 10,6	68,5	+ 3,4
		OzN	106,5		+ 2,6	81,4	78,5	+ 2,9	72,3	+ 9,1	79,0	+ 3,4
		Ost	108,7		+ 0,4	90,4	90,0	+ 0,4	82,4	+ 8,0	90,0	+ 2,4
		OzS	109,9		+ 0,8	100,4	101,5	+ 0,4	93,0	+ 7,4	90,0	+ 0,4
		OSO	112,1		+ 3,0	109,5	113,0	+ 3,5	105,0	+ 4,5	111,0	+ 1,5
		SOzO	114,0		+ 4,9	118,9	123,5	+ 4,6	116,4	+ 2,5	121,0	+ 2,1
		SO	115,1		+ 6,0	129,0	135,0	+ 6,0	128,7	+ 0,3	131,5	+ 2,5
		SOzS	113,7		+ 4,6	141,6	147,5	+ 5,9	140,8	+ 0,8	143,0	+ 1,4
		SSO	112,7		+ 3,6	153,9	159,0	+ 5,1	153,3	+ 0,6	155,0	+ 1,1
		SSO	110,9		+ 1,8	167,0	171,5	+ 4,5	166,5	+ 0,5	167,0	+ 0,5
		Süd	110,0		+ 0,9	179,1	183,0	+ 3,9	179,8	+ 0,7	180,0	+ 0,9
		SzW	109,0		+ 0,1	191,3	194,0	+ 2,7	192,0	+ 0,7	191,5	+ 0,2
		SSW	107,9		+ 1,2	203,7	206,0	+ 2,3	204,0	+ 0,3	205,0	+ 1,3
		SSzS	106,7		+ 2,4	216,2	217,5	+ 1,3	215,7	+ 0,5	217,0	+ 0,8
		SW	105,6		+ 3,5	228,5	228,0	+ 0,5	227,4	+ 1,1	228,5	+ 0
		SWzW	105,3		+ 3,8	240,0	239,5	+ 0,5	241,5	+ 1,5	239,5	+ 0,5
		WSW	106,7		+ 2,4	249,9	250,0	+ 0,1	251,1	+ 1,2	249,0	+ 0,9
		WzS	108,3		+ 0,8	270,8	272,5	+ 1,7	272,6	+ 2,6	269,0	+ 1,3
		WzN	110,4		+ 1,3	279,9	282,0	+ 2,1	284,6	+ 2,2	269,5	+ 0,1
		WNW	112,3		+ 3,2	289,3	293,0	+ 3,7	295,7	+ 6,4	291,0	+ 2,2
		NWzW	114,1		+ 5,0	298,8	303,0	+ 4,2	304,8	+ 3,3	301,0	+ 1,7
		NW	114,4		+ 5,3	309,7	313,0	+ 3,3	314,9	+ 5,2	311,0	+ 1,3
		NWzN	112,7		+ 3,6	320,6	324,0	+ 3,4	326,3	+ 5,7	323,0	+ 2,4
		NNW	112,7		+ 1,8	333,9	346,5	+ 0,5	346,5	+ 2,1	333,5	+ 0,4
		NzW	110,9			347,0					344,0	+ 3,0

*) Die magnetische Peilung von Kixhoff-Leuchtturm ist durch Mittel der Kompasspeilungen = $\frac{34908}{32} = 109,1^{\circ}$ gefunden.

Beispiel 2.

Deviationsbestimmung

S. M. S. „Kurfürst Friedrich Wilhelm“
nach Deckpeilungen (Marienkirche im Bakensystem).

Kreis nach welcher Seite? nach St. E.
War die elektr. Beleuchtung in Betrieb? Ja.
War der Scheinwerfer in Betrieb? Nein.
War die Maschine geheizt? Ja.

Ort: Wilhelmshaven.
Datum der Deviationsbestimmung: 7. Mai 1894.
Datum der Kompensierung: Die Kompass war
nicht kompensirt.
Peilobjekt: Marienkirche im Bakensystem.

Uhr- Zeit	Wahre Ortszeit (nur auszu- füllen bei Azimuth- Beobach- tungen)	Schiff liegt an nach Regel- kompass	Peilung eines entfernten Objekts mit Regelkompass	Magnetische Peilung des Objekts	Devia- tion des Regel- kom- pass	Mag- netischer Kurs	Schiff liegt an nach Thurmkompass	Devia- tion des Kompass	Schiff liegt an nach Handruder- kompass	Devia- tion des Kompass	Schiff liegt an nach Gefechtskompass im Ruderschiffraum	Devia- tion des Kompass
		Nord	287,0°	291,0°	+ 4,0°	4,0°	347,0°	+ 17,0°	13,4°	- 9,4°	348,6°	+ 15,4°
		Nzo	287,8	291,4	+ 3,6	4,9	344,9	+ 30,0	28,7	- 13,8	356,3	+ 18,6
		NNO	289,4	291,8	+ 2,4	24,9	343,9	+ 42,0	42,9	- 18,0	6,9	+ 18,0
		NOzN	291,9	292,3	+ 0,4	34,2	343,4	+ 50,8	56,2	- 22,0	20,4	+ 13,8
		NO	296,1	293,7	- 2,4	42,6	348,0	+ 54,6	69,0	- 26,4	34,2	+ 8,4
		NOzO	299,2	294,0	- 5,2	51,1	354,7	+ 56,4	81,1	- 30,0	49,1	+ 2,0
		ONO	303,1	294,5	- 8,6	58,9	3,7	+ 55,2	92,5	- 33,6	64,9	+ 6,0
		OzN	306,7	294,9	- 11,8	67,0	15,6	+ 51,4	104,0	- 37,0	81,4	+ 14,4
		Ost	310,9	295,3	- 15,6	74,4	28,4	+ 46,0	114,2	- 39,8	97,8	+ 23,4
		OzS	314,0	295,6	- 18,4	82,9	44,3	+ 38,6	123,9	- 41,0	111,9	+ 29,0
		OSO	316,8	295,8	- 21,0	91,5	60,5	+ 31,0	132,5	- 41,0	126,1	+ 34,6
		SOzO	318,6	296,2	- 22,4	101,4	78,4	+ 23,0	140,6	- 39,2	140,0	+ 38,6
		SO	319,3	296,7	- 22,6	112,4	97,8	+ 14,6	147,0	- 34,6	153,2	+ 40,8
		SOzS	317,6	297,2	- 20,4	125,9	119,7	+ 6,2	152,9	- 27,0	163,3	+ 37,4
		SSO	313,9	297,5	- 16,4	141,1	143,5	- 2,4	157,5	- 16,4	165,1	+ 24,0
		SzO	308,2	297,8	- 10,4	158,4	169,0	- 10,6	156,4	+ 2,0	154,4	+ 4,0
		Süd	299,9	298,3	- 1,6	178,4	197,0	- 18,6	154,0	+ 24,4	148,8	+ 29,6
		SzW	292,6	298,6	+ 6,0	197,3	234,7	- 27,4	143,8	+ 43,8	154,5	+ 42,8
		SSW	286,1	298,3	+ 12,2	214,7	250,3	- 35,6	158,7	+ 56,0	168,3	+ 46,4
		SWzS	280,4	298,0	+ 17,6	230,8	274,4	- 43,6	170,4	+ 60,4	186,0	+ 44,8
		SW	276,6	297,6	- 21,0	246,0	295,8	- 49,8	184,4	+ 61,6	204,8	+ 41,2
		SWzW	275,9	297,3	- 21,4	257,7	312,5	- 54,8	197,9	+ 59,8	221,5	+ 36,2
		WSW	276,4	297,0	+ 20,6	268,1	325,1	- 57,0	212,9	+ 53,2	238,1	+ 30,0
		WzS	277,6	296,6	- 19,0	277,8	336,2	- 58,4	228,0	+ 49,8	255,2	+ 22,6
		West	278,7	296,3	+ 17,6	287,6	346,0	- 58,4	244,0	+ 43,6	272,8	+ 14,8
		WzN	282,0	296,0	- 14,0	295,3	352,1	- 56,8	258,3	+ 37,0	288,3	+ 7,0
		WNW	284,1	295,7	+ 11,6	304,1	356,7	- 52,6	274,5	+ 29,6	303,5	+ 0,6
		NWzW	285,9	295,3	- 9,4	313,2	359,2	- 46,0	290,8	+ 22,4	317,2	+ 4,0
		NW	288,2	295,0	+ 6,8	321,8	358,8	- 37,0	306,8	+ 15,0	329,0	+ 7,2
		NWzN	289,5	294,7	+ 5,2	331,5	358,5	- 27,0	323,5	+ 8,0	338,3	+ 6,8
		NNW	290,1	294,3	+ 4,2	341,7	355,7	- 14,0	340,3	+ 1,4	344,3	+ 2,6
		NzW	290,0	294,0	+ 4,0	352,8	352,8	- 0,0	337,4	+ 4,6	347,4	+ 5,4

3. Deviationsbestimmung durch gegenseitige Peilung mit einem am Lande aufgestellten Kompass.

§ 72. Ein Kompass mit Peilvorrichtung wird an Land, an einer eisenfreien und von magnetischen Störungen unbeeinflussten, von Bord aus gut sichtbaren Stelle aufgestellt. Nöthigenfalls wird der Aufstellungsplatz durch eine Stange oder Flagge noch schärfer gekennzeichnet. Die Entfernung vom Schiff sollte so bemessen sein, dass man den Regelkompass an Bord mit unbewaffnetem Auge erkennen kann. Während der Drehung des Schiffes wird bei jedem vollen Strich des Regelkompasses, mit diesem der Kompass an Land, und gleichzeitig mit dem Kompass an Land der Regelkompass an Bord gepeilt. Die gleichzeitige Peilung erfolgt auf verabredete Signale, wie durch Dippen einer am Mast oder einer Raanock geheissten Flagge. Um Missverständnisse zu verhüten, wird an Bord wie an Land bei jeder Peilung die Uhrzeit notirt nach zwei miteinander verglichenen Uhren. Ist das Signal dem Beobachter an Land zeitweise verdeckt, so wird ihm von Bord aus ein Anfangs- und Endsignal gegeben, in der Zwischenzeit werden von Bord und von Land beliebig Peilungen genommen unter Notirung der Uhrzeiten und die Peilungen von Land auf die Peilungszeiten an Bord reduziert. Es ist zweckmässig, die Peilungen von Land nach dem Schiffe hin zu signalisiren, um etwaige Unstimmigkeiten durch Wiederholung der Peilungen sofort ausgleichen zu können. — Die Peilungen von Land umgekehrt gelten als missweisende Peilungen. Zur weiteren Erläuterung dient das Beispiel 3 auf Seite 97.

4. Deviationsbestimmung durch Peilung eines Gestirns.

§ 73. Die missweisende Richtung des Gestirns wird bestimmt, indem man sein wahres Azimuth — Bogen am wahren Horizont zwischen Nord- oder Südpunkt und dem durch das Gestirn gehenden Vertikalkreise, vergl. Astr. Navig. § 21 — berechnet oder aus den Azimuthtafeln entnimmt, und auf dasselbe die — aus der Karte zu entnehmende — Missweisung anwendet. Die Bestimmung des wahren Azimuths erfordert die Kenntniss der geographischen Breite, der Deklination und des Stundenwinkels (bei der Sonne der wahren Zeit) oder der Höhe des Gestirns. Bei einer Reihe fortlaufender Beobachtungen ist die Berechnung des Azimuths nicht für jede Beobachtung nöthig, sondern nur für die erste und letzte, bei starker Aenderung des Azimuths noch für eine oder mehrere Zwischenpeilungen; für die übrigen Peilungen wird das Azimuth der Zwischenzeit proportional interpolirt. Einrichtung und Gebrauch der Azimuthtafeln ist in den Tafeln selbst angegeben. Dieselben und ihre Anwendung, sowie die Berechnung des Azimuths sind im 2. Band dieses Werkes eingehender behandelt, und wird an dieser Stelle darauf verwiesen.

Diese Methode der Deviationsbestimmung ist von besonderem Werth, weil sie auf See wie im Hafen, vor Anker wie in Bewegung, bei Tag und bei Nacht gleich verwendbar ist. Sie gewährt namentlich ein bequemes Mittel zur Kontrolle der Deviation, indem sie zu jeder Zeit die Deviation zu bestimmen gestattet, und bedingt nur die Sichtbarkeit eines Gestirns in nicht zu grosser Höhe — nicht über 45° . Besonders geeignet zu diesen

Beispiel 3.

Deviationsbestimmung

S. M. S. „Deutschland“

nach Peilungen eines Kompasses an Land.

Kreis nach, welcher Seite? E. B. und St. B.
 War die elektr. Beleuchtung in Betrieb? Nein.
 War der Scheinwerfer in Betrieb? Nein.
 War die Maschine geheizt? Ja.

Ort: Hongkong.
 Datum der Deviationsbestimmung: 6. April 1896.
 Peilobjekt: Kompass an Land.

Uhr-Zeit	Wahre Ortszeit (nur auszufüllen bei Azimutbeobachtungen)	Schiff liegt an nach Regelkompass	Peilung eines entfernten Objekts (Kompass an Land) mit Schiffskompass	Magnetische Peilung des Objekts (umgekehrte Kompass an Land)	Deviation des Regelkompasses	Magnetischer Kurs	Schiff liegt an nach Peilkompass	Deviation des Peilkompass	Schiff liegt an nach vorderen Kompass	Deviation des vorderen Kompass	Schiff liegt an nach hinteren Kompass	Deviation des hinteren Kompass
10h 5 ^m 46 ^s	N 290,5° O	Nord	N 290,5° O	N 5,1° O	+ 5,1°	N 5,1° O	N 2° O	+ 3,1°	N 1,3° O	+ 3,8°	N 358,0° O	+ 7,1°
10 6 55	290,5	NzO	296,0	16,8	+ 5,5	16,8	13,0	+ 3,8	10,5	+ 6,3	10,0	+ 6,8
10 7 10	290,3	NNO	296,1	28,3	+ 5,8	28,3	24,8	+ 3,5	20,5	+ 7,8	22,0	+ 6,3
10 8 25	290,0	NOzN	295,4	39,2	+ 5,4	39,2	35,8	+ 3,4	30,0	+ 9,2	34,0	+ 5,2
10 9 40	290,5	NO	295,2	49,7	+ 4,7	49,7	46,2	+ 3,5	39,0	+ 10,7	45,0	+ 4,7
10 11 0	291,8	NOzO	294,8	59,3	+ 3,0	59,3	56,2	+ 3,1	48,0	+ 11,3	57,0	+ 2,3
10 12 20	293,3	ONO	294,3	68,5	+ 1,0	68,5	67,0	+ 1,5	57,0	+ 11,5	67,3	+ 1,2
10 13 50	294,6	OzN	293,7	77,9	- 0,9	77,9	77,0	+ 0,9	65,7	+ 12,2	77,5	+ 0,1
9 40 10	295,7	Ost	293,0	87,3	- 2,7	87,3	87,5	- 0,2	75,0	+ 12,3	88,5	- 1,2
9 41 15	292,5	OzS	287,7	96,5	- 4,8	96,5	97,8	- 1,3	85,0	+ 11,5	98,3	- 1,8
9 42 10	291,8	OSO	285,5	106,2	- 6,3	106,2	108,5	- 2,3	95,7	+ 10,5	109,3	- 3,1
9 43 10	293,3	SOzO	286,1	116,6	- 7,2	116,6	119,3	- 2,7	107,0	+ 9,6	121,0	- 4,4
9 44 15	294,8	SO	286,8	127,0	- 8,0	127,0	129,7	- 2,7	119,2	+ 7,8	131,5	- 4,5
9 45 15	297,1	SOzS	289,3	138,5	- 7,8	138,5	141,7	- 3,2	133,0	+ 5,5	143,0	- 4,5
9 46 20	295,3	SSO	288,5	150,7	- 6,8	150,7	154,2	- 3,5	149,2	+ 1,5	156,7	- 6,0
9 47 25	293,6	SzO	288,0	163,2	- 5,6	163,2	166,2	- 3,0	165,7	+ 2,5	169,5	- 6,3
9 48 30	291,1	Süd	287,7	176,6	- 3,4	176,6	178,2	- 1,6	181,0	+ 4,4	182,0	- 5,4
9 49 35	288,9	SzW	287,5	189,9	- 1,4	189,9	190,0	- 0,1	196,5	+ 6,6	194,0	- 4,1
9 50 40	286,9	SSW	287,6	203,2	+ 0,7	203,2	202,5	+ 0,7	212,0	+ 8,8	207,0	- 3,8
9 51 45	285,8	SWzS	288,4	216,4	+ 2,6	216,4	214,7	+ 1,7	226,0	+ 9,6	219,0	- 2,6
9 52 48	284,9	SW	288,4	228,5	+ 3,5	228,5	226,7	+ 1,8	238,5	+ 10,0	230,0	- 1,5
9 53 50	285,2	SWzW	288,6	240,2	+ 3,9	240,2	239,0	+ 1,2	251,0	+ 10,8	241,0	- 0,8
9 54 55	285,2	WSW	289,5	251,8	+ 4,3	251,8	250,0	+ 1,8	262,0	+ 10,2	251,0	- 0,8
9 55 58	286,0	WzS	290,6	263,4	+ 4,6	263,4	261,5	+ 1,9	272,5	+ 9,1	261,0	- 2,4
9 57 2	286,7	Wst	290,6	273,9	+ 3,9	273,9	272,2	+ 1,7	282,2	+ 8,3	270,5	- 3,4
9 58 6	288,6	WzN	291,9	284,6	+ 3,3	284,6	283,7	+ 0,9	292,5	+ 7,9	280,7	- 3,9
9 59 10	290,7	WNW	293,7	295,5	+ 3,0	295,5	294,7	+ 0,8	302,0	+ 6,5	290,3	- 5,2
10 0 15	290,3	NWzW	292,9	306,4	+ 2,6	306,4	306,1	+ 0,3	312,0	+ 5,6	301,0	- 5,4
10 1 20	291,2	NW	293,6	317,4	+ 2,4	317,4	316,5	+ 0,9	321,7	+ 4,3	311,0	- 6,4
10 2 25	291,1	NWzN	294,2	329,4	+ 3,1	329,4	328,0	+ 1,4	331,5	+ 2,1	322,0	- 7,4
10 3 30	291,1	NNW	294,8	341,2	+ 3,7	341,2	339,2	+ 2,0	341,5	+ 0,3	334,0	- 7,2
10 4 55	290,6	NzW	295,3	353,5	+ 4,7	353,5	351,0	+ 2,5	352,0	+ 1,5	346,0	- 7,5

Beobachtungen ist die Sonne, welche eine sehr scharfe Einstellung ermöglicht. Für die Kontrolle der Deviation ist es oft bequem, die Sonne beim Auf- oder Untergang, d. h. wenn sie im wahren Horizont steht, zu peilen. In dieser Stellung erscheint sie dem Beobachter infolge seines über der Erdoberfläche erhöhten Standpunktes und der Strahlenbrechung bereits über dem sichtbaren Horizont und zwar um etwa einen Sonnendurchmesser über demselben. Die Peilung ist demgemäss bei dieser Stellung der Sonne zu nehmen. In diesem Falle bestimmt man nicht das wahre Azimuth, sondern die Amplitude der Sonne — Komplement des Azimuths, d. h. der Bogen am wahren Horizont zwischen dem Ost- oder Westpunkt und dem Gestirn —; ihre Berechnung ist einfacher als die des Azimuths; sie kann übrigens auch aus den Azimuthtafeln entnommen werden.

Unter den Sternen ist der Polarstern als Peilobjekt einer der geeignetsten, besonders in niedrigen Breiten, da er nicht mehr als ungefähr $2\frac{1}{2}^\circ$ aus dem Meridian entfernt, seinen Stand so langsam ändert, dass ein Fehler in der Zeit vernachlässigt werden kann.

Das Azimuth des Polarsterns giebt Tafel I des Nautischen Jahrbuchs mit den Argumenten Breite und Zeit (Ortssternzeit). (Siehe Beispiel 4 auf Seite 99).

Wie bei Peilung eines terrestrischen Gegenstandes, so lässt sich auch hier die magnetische Richtung des Peilobjekts ohne Azimuthbestimmung und Kenntniss der Missweisung aus dem Mittel aller gleichmässig um die Kompassrose vertheilten Peilungen bestimmen, jedoch muss die Azimuthveränderung des Gestirns während der Beobachtungszeit berücksichtigt werden. Hierbei wird das Mittel der gesammten Peilungen als die der Mitte der Beobachtungszeiten zukommende magnetische Richtung des Gestirns angesehen, und für die anderen Peilungszeiten diesen entsprechende Korrekturen auf dies Mittel angewandt. Es ist dazu nöthig, mit dem Schiff einen vollen Kreis zu beschreiben, auf den Anfangskurs noch einmal zurückzukommen und eine zweite Peilung auf diesem zu nehmen. Der Unterschied der auf demselben Kurse genommenen Anfangs- und Endpeilung ist gleich der Azimuthänderung während der Gesamtzwischenzeit, und eine einfache Proportion ergibt die Aenderung für jedes Zeitintervall der Zwischenzeit. Hiernach werden die Azimuthänderungen für die Zeitunterschiede zwischen den einzelnen Peilungszeiten und der mittleren Beobachtungszeit berechnet; dieselben sind gleich den auf das Mittel der Peilungen anzubringenden Korrekturen. Das Vorzeichen der Korrekturen ergibt sich unmittelbar aus dem Sinne der Azimuthänderung.

Bei einigermaassen gleichmässiger Drehung und Peilung oder geringer Azimuthänderung kann diese gleichmässig auf die Peilungszeiten vertheilt werden.

Das Beispiel 5 auf Seite 100 erläutert dies Verfahren.

5. Deviationsbestimmung ohne Peilung durch Kreislaufen.

§ 74. Bei ruhiger See und mässigem Winde lässt sich die Deviation ohne Peilobjekt bestimmen unter der Annahme, dass das kreislaufende Schiff in gleichen Zeiträumen gleiche Drehwinkel durchläuft.

Mit wenig zu Bord gelegtem Ruder und langsamem, gleichmässigem Gang der Maschine läuft man mit dem Schiffe einen oder besser zwei — nach jeder Seite einen — vollständige Kreise. Zur Erzielung eines möglichst gleichmässigen Drehkreises wird die Drehung schon 4 bis 8 Striche vor dem Anfangskurs, auf welchem die Deviationsbestimmung anfangen soll, begonnen. Man notirt die Zeit, zu welcher das Schiff den als Anfangskurs gewählten Kompasskurs passirt, liest dann in gleichen Zeiträumen, etwa alle halbe oder ganze Minute, den Kompasskurs ab und notirt die Zeit wieder, wenn das Schiff einen vollen Kreis zurückgelegt, d. h. den Anfangskurs wieder erreicht hat. Aus der Umlaufzeit wird der Drehwinkel berechnet, den das

Beispiel 4.
Deviationsbestimmung
 S. M. S. „Irene“
 nach Peilungen der Sonne.

Kreis nach welcher Seite? St. E.
 War die elektrische Beleuchtung in Betrieb? Ja.
 War der Scheinwerfer in Betrieb? Nein.
 War die Maschine geheizt? Beide ja.

Ort: Rhede von Kiatschoo.
 Datum der Deviationsbestimmung: 26. Februar 1898.
 Peilobjekt: Sonne.

Uhr-Zeit	Wahre Ortszeit (nur auszufüllen bei Azimuthbeobachtungen)	Schiff liegt an nach Regelkompass	Peilung eines entfernten Objekts mit S. Schiffskompass (der Sonne)	Magnetische Peilung Sonne	Deviationsregelkompass	Magnetischer Kurs	Schiff liegt an nach Peilkompass	Deviations des Peilkompass	Schiff liegt an nach Brückenkompass	Deviations des Brückenkompass	Schiff liegt an nach Thurmkompass	Deviations des Thurmkompass
4h 23m 10s	4h 12m 16s	Nord	249,8°	249,9°	+ 0,1°	0,1°	358,5°	1,6°	2,0°	- 1,9°	1,0°	0,9°
4 24 25	4 13 31	NzO	249,8	250,1	+ 0,3	11,5	9,0	2,5	15,0	- 3,5	8,5	3,0
4 25 35	4 14 41	NNO	249,7	250,3	+ 0,6	23,1	20,5	2,6	27,0	- 3,9	16,5	6,6
4 26 45	4 15 51	NOzN	250,0	250,5	+ 0,5	34,2	32,0	2,2	38,0	- 3,8	24,0	10,2
4 27 50	4 16 56	NO	250,7	250,7	± 0	45,0	44,0	1,0	48,5	- 3,5	32,5	12,5
4 29 0	4 18 6	NOzO	251,8	250,9	- 0,9	55,3	56,5	1,2	59,0	- 3,7	41,5	13,8
4 30 5	4 19 11	ONO	253,0	251,1	- 1,9	65,6	69,5	3,9	69,0	- 3,4	51,0	14,6
4 31 5	4 20 11	OzN	254,6	251,3	- 3,3	75,4	83,0	7,6	79,0	- 3,6	61,0	14,4
4 32 10	4 21 16	Ost	256,0	251,5	- 4,5	85,5	95,5	10,0	89,5	- 4,0	71,5	14,0
4 33 15	4 22 21	OzS	257,4	251,6	- 5,8	95,4	107,0	11,6	100,0	- 4,6	83,0	12,4
4 34 20	4 23 26	OSO	259,0	251,8	- 7,2	105,3	120,0	14,0	111,0	- 5,7	95,0	10,3
4 35 35	4 24 41	SOzO	259,7	252,0	- 7,7	116,0	132,0	14,0	122,5	- 6,5	108,0	8,0
4 36 45	4 25 51	SO	259,8	252,2	- 7,6	127,4	142,5	15,1	134,5	- 7,1	121,0	6,1
4 37 45	4 26 51	SOzS	259,6	252,3	- 7,3	138,9	152,5	13,6	147,5	- 8,6	135,0	3,9
4 38 45	4 27 51	SSO	258,6	252,5	- 6,1	151,4	162,5	11,1	160,0	- 8,6	149,5	1,9
4 39 45	4 28 51	SzO	257,0	252,7	- 4,3	164,4	172,5	8,1	173,5	- 9,1	165,0	0,6
4 40 45	4 29 51	Süd	254,8	252,9	- 1,9	178,1	181,5	3,4	185,0	- 6,9	178,5	0,4
4 4 56	3 56 2	SzW	246,8	247,1	+ 0,3	191,5	190,0	1,5	196,0	- 4,5	190,5	1,0
4 8 10	3 57 16	SSW	245,0	247,3	+ 2,3	204,8	200,0	4,8	207,0	- 2,2	207,0	2,2
4 9 10	3 58 16	SWzS	243,5	247,4	+ 3,9	217,6	210,0	7,6	217,5	+ 0,1	222,5	4,9
4 10 10	3 59 16	SW	242,3	247,6	+ 5,3	230,3	220,5	9,8	227,5	+ 2,8	238,0	7,7
4 11 10	4 0 16	SWzW	242,3	247,7	+ 5,4	241,6	231,0	10,6	236,5	+ 5,1	252,0	10,4
4 12 15	4 1 21	WSW	242,6	247,9	+ 5,3	252,8	242,0	10,8	245,0	+ 7,8	265,0	12,2
4 13 15	4 2 21	WzS	243,5	248,1	+ 4,6	263,3	253,5	9,8	255,0	+ 8,3	278,0	14,7
4 14 10	4 3 16	West	244,4	248,3	+ 3,9	273,9	265,0	8,9	264,0	+ 9,9	290,0	16,1
4 15 15	4 4 21	WNzN	246,0	248,5	+ 2,5	283,7	278,0	5,7	274,0	+ 9,7	301,0	17,3
4 16 20	4 5 26	WNW	247,3	248,6	+ 1,3	293,8	289,5	4,3	284,5	+ 9,3	310,5	16,7
4 17 20	4 6 26	NWzW	248,4	248,8	+ 0,4	304,1	301,5	2,6	295,0	+ 9,1	320,5	15,9
4 18 30	4 7 36	NW	249,3	249,0	- 0,3	314,7	313,0	1,7	307,0	+ 7,7	329,0	14,3
4 19 40	4 8 46	NWzN	249,2	249,2	± 0	326,2	325,5	0,7	320,5	+ 5,7	337,5	11,3
4 20 50	4 9 56	NNW	249,5	249,4	- 0,1	337,4	336,5	0,9	334,0	+ 3,4	345,5	8,1
4 22 0	4 11 6	NzW	249,8	249,7	- 0,1	348,6	347,5	1,1	348,0	+ 0,6	352,5	3,9

* 2

Beispiel 5.

Deviationsbestimmung

durch Peilung der Sonne ohne Azimuthberechnung.

Nummer der Beobachtung	Wahre Zeit der Peilung	Schiff liegt an nach Peilkompass	Peilung der Sonne mit Kompass	Verbesserung der Mittelpeilung	Mittelpeilung	Magnetische Peilung	Deviation
1	3 ^h 13 ^m 53 ^s	S	255,5°	− 3,5°	260,5°	257,0°	+ 1,5°
2	3 14 30	SzO	258,5	− 3,3	„	257,2	− 1,3
3	3 15 28	SSO	260,5	− 3,1	„	257,4	− 3,1
4	3 16 15	SOzS	261,7	− 2,8	„	257,7	− 4,0
5	3 17 15	SO	261,7	− 2,6	„	257,9	− 3,8
6	3 18 0	SOzO	261,1	− 2,4	„	258,1	− 3,0
7	3 18 35	OSO	260,5	− 2,2	„	258,3	− 2,2
8	3 19 50	OzS	259,0	− 2,0	„	258,5	− 0,5
9	3 21 0	O	258,0	− 1,8	„	258,7	+ 0,7
10	3 22 32	OzN	256,4	− 1,5	„	259,0	+ 2,6
11	3 24 12	ONO	255,0	− 1,3	„	259,2	+ 4,2
12	3 25 27	NOzO	254,2	− 1,1	„	259,4	+ 5,2
13	3 26 15	NO	254,0	− 0,9	„	259,6	+ 5,6
14	3 26 55	NOzN	254,2	− 0,7	„	259,8	+ 5,6
15	3 27 40	NNO	255,4	− 0,4	„	260,1	+ 4,7
16	3 28 35	NzO	257,8	− 0,2	„	260,3	+ 2,5
17	3 30 10	N	261,0	0	„	260,5	− 0,5
18	3 30 55	NzW	263,4	+ 0,2	„	260,7	− 2,7
19	3 32 35	NNW	265,2	+ 0,4	„	260,9	− 4,3
20	3 33 15	NWzN	266,8	+ 0,7	„	261,2	− 5,6
21	3 34 0	NW	268,0	+ 0,9	„	261,4	− 6,6
22	3 34 55	NWzW	267,0	+ 1,1	„	261,6	− 5,4
23	3 35 28	WNW	266,8	+ 1,3	„	261,8	− 5,0
24	3 35 53	WzN	266,2	+ 1,5	„	262,0	− 4,2
25	3 36 13	W	264,2	+ 1,8	„	262,3	− 1,9
26	3 37 2	WzS	262,2	+ 2,0	„	262,5	+ 0,3
27	3 37 57	WSW	261,0	+ 2,2	„	262,7	+ 1,7
28	3 38 45	SWzW	259,6	+ 2,4	„	262,9	+ 3,3
29	3 39 30	SW	259,6	+ 2,6	„	263,1	+ 3,5
30	3 40 20	SWzS	259,4	+ 2,8	„	263,3	+ 3,9
31	3 41 7	SSW	259,6	+ 3,1	„	263,6	+ 4,0
32	3 42 2	SzW	261,4	+ 3,3	„	263,8	+ 2,4
33	3 42 38	S	262,5	+ 3,5	„	264,0	+ 1,5

Mittel = 260,5°

Anfangspeilung auf Kurs S um 3^h 13^m 53^s war 255,5°
 Endpeilung „ „ „ „ 3 42 38 „ 262,5

Azimuthänderung in 28^m 45^s = 7°.

Dies würde für 30^s eine Azimuthänderung von 0,1° ergeben, oder, da die Peilungen gleichmässig sind, für jedes Zeitintervall zwischen zwei Peilungen

$$\frac{7}{32} = 0,22^\circ.$$

Schiff in den einzelnen Zeitintervallen zurückgelegt hat, indem man die Gesamtumlaufzeit, in Minuten ausgedrückt, in 360° dividirt; z. B. die ganze Umlaufzeit beträgt $25^m 15^s$, die Kompasskurse sind alle Minute abgelesen worden: der Drehwinkel in jeder Minute beträgt $\frac{360^\circ}{25,25} = 14,2^\circ$.

Der Unterschied zwischen dem so gefundenen, in jedem Zeitintervall, von dem Beginn der Drehung an gerechnet, wirklich zurückgelegten Drehwinkel und dem abgelesenen Kompasskurse ist gleich der Deviationsänderung in dieser Zeit, oder gleich der relativen Deviation, bezogen auf den Anfangskurs, wenn dessen Deviation gleich Null angenommen wird. In unserem Beispiel sei die Drehung bei Kurs Nord begonnen, und nach der ersten Minute der Kompasskurs $N20^\circ O$, nach der zweiten Minute $N38^\circ O$ abgelesen, dann ist die Deviationsänderung nach der ersten Minute bis zum Kompasskurse $N20^\circ O$ gleich $14,22^\circ - 20^\circ = -5,78^\circ$, nach der zweiten Minute $28,44^\circ - 38^\circ = -9,56^\circ$. Führt man in dieser Weise fort, so erhält man für alle abgelesenen Kompasskurse die vom Anfangskurs an gerechneten Deviationsänderungen oder die auf den Anfangskurs bezogenen relativen Deviationen. Das Vorzeichen derselben ergibt sich nach der früher angegebenen Regel, $\zeta - \zeta' = \delta$, indem man die wirklichen Drehwinkel als missweisende Kurse ansieht. Wenn man aus allen Deviationsänderungen, unter Berücksichtigung der Vorzeichen, das Mittel nimmt, und von diesem Mittel jede einzelne Deviationsänderung abzieht, so giebt dies die Deviation für den zugehörigen Kompasskurs.

Die Richtigkeit dieses Verfahrens folgt aus dem Gesetz — wie es der weiter folgende Abschnitt lehren wird — dass die Summe aller positiven gleich der Summe aller negativen Deviationen ist, unter der Voraussetzung, dass keine konstante Deviation vorhanden ist.

Bei der zweiten Drehung nach der entgegengesetzten Seite wird ebenso verfahren, und aus den für jeden Kurs erhaltenen beiden Deviationsbeträgen das Mittel genommen.

Die Drehung muss nach beiden Seiten von demselben Anfangskurs aus begonnen werden und die Umlaufzeiten bei beiden möglichst gleiche sein.

Mit Vortheil lässt sich für diese Methode das graphische Verfahren, wie es in dem folgenden Paragraphen beschrieben ist, verwenden. Man trägt die relativen Deviationen auf dem Kurvenblatt auf und konstruirt die Deviationskurve, sowohl für die Rechts- wie die Linksdrehung, zeichnet die Mittelkurve, entnimmt aus dieser die relativen Deviationen einer Anzahl — 4 oder 8 — gleichmässig um die Kompassrose vertheilter Kurse, berechnet das Mittel aus diesen Deviationen (z. B. $\frac{\delta_N + \delta_O + \delta_S + \delta_W}{4}$) und

zieht zur ursprünglichen Nulllinie eine Parallele, welche um den erhaltenen positiven oder negativen Betrag dieses Mittels von derselben entfernt ist. Auf diese Linie als Nulllinie bezogen, giebt die Deviationskurve die Deviationen in ihrer wahren Grösse.

Ist eine konstante Deviation A vorhanden — bei Kompassen, welche nicht in der Mittschiffslinie stehen — so lässt sich diese auch berücksichtigen, indem die Nulllinie um den Betrag A , bei $+A$ nach der Seite der negativen, bei $-A$ nach der Seite der positiven Deviation verschoben wird.

Liefert diese Methode auch nicht so genaue Resultate wie die anderen, so kann sie doch unter Umständen auf See und bei lange anhaltendem dickem Wetter, wenn eine Kontrolle der Deviation erwünscht ist, gute Dienste leisten. Für die Beurtheilung der Verlässlichkeit giebt der Unterschied der beiden für die Rechts- und Linksdrehung erhaltenen Deviationen ein gutes Mittel; beträgt dieser Unterschied nicht über 4° bis 5° , so ist den Resultaten Vertrauen zu schenken.*)

6. Deviationskurven und Tabellen.

§ 75. Die nach den vorstehenden Ausführungen bestimmten Deviationen lassen sich graphisch durch Kurven darstellen, deren Abscissen die Kurse und deren Ordinaten die zugehörigen Deviationen

*) Vergl. „Annalen der Hydrographie etc.“ 1886, S. 411.

bilden. Diese graphische Darstellung bildet ein wichtiges Hilfsmittel für die Verwerthung der angestellten Deviationsbeobachtungen. Sie giebt nicht nur ein anschauliches Bild von dem Verlauf der Deviationen, sondern gewährt auch ein Mittel, Beobachtungsfehler auszugleichen, ausgefallene Beobachtungen in leichtester Weise zu interpoliren, die Deviation für alle Kurse — nicht nur für die beobachteten — zu finden, und zwar sowohl für die Kompasskurse, als auch für die missweisenden, sowie jeden Kompasskurs in den missweisenden, und umgekehrt, zu verwandeln; sie entbindet demgemäss auch von der Nothwendigkeit, die Beobachtungen genau auf vollen Strichen anzustellen.

Eine besonders zweckmässige Darstellung ist diejenige durch das Napiersche Diagramm (siehe nebenstehende Tafel Deviationskurve).

Diesem liegt ein Koordinatensystem zu Grunde, bei welchem die Deviationsordinaten zu den Kursabszissen um 60° geneigt sind.

Die Abszissenachse stellt den abgewickelten Rand einer Kompassrose dar, eingetheilt in Striche und Grade. Von Strich zu Strich sind durch diese Achse je zwei unter 60° zu derselben geneigte Ordinaten gezogen, eine nach rechts und eine nach links, und zwar sind die auf der rechten Seite nach Norden zu geneigten durch ausgezogene Linien dargestellt, die nach Süden zu geneigten durch gestrichelte. Es sind hierdurch zwei Koordinatensysteme mit gleicher Abszissenachse vereinigt derart, dass für die Abszissen als missweisende Kurse die ausgezogenen Ordinaten, für dieselben Abszissen als Kompasskurse die gestrichelten Ordinaten gelten. Die Ordinaten bilden mit der Mittellinie oder Abszissenachse ein Netz gleichseitiger Dreiecke, wodurch ein bequemes Mittel gegeben ist, vom Kompasskurs auf den missweisenden und umgekehrt überzugehen.

Die Eintragungen in dieses Netz erfolgen in nachstehender Weise: Man sucht auf der Mittellinie den Kompasskurs, auf welchem beobachtet ist, und trägt von diesem Punkte auf der durch denselben gehenden gestrichelten Ordinatenlinie oder, falls nicht auf einem vollen Strich beobachtet war, auf einer mit diesen Linien gezogenen Parallele den beobachteten Betrag der Deviation in dem Maassstabe der Mittellinie ab, und zwar östliche Deviation nach rechts, westliche nach links.

Der Gebrauch eines kleinen Lineals mit Gradeintheilung in demselben Maassstabe wie diejenige der Mittellinie erleichtert diese Arbeit.

Die so erhaltenen Punkte werden durch eine freihändig gezogene Linie verbunden, doch so, dass eine Kurve von regelmässiger Krümmung entsteht, indem etwas einspringende Punkte innerhalb, ausspringende Punkte ausserhalb der Kurve liegen bleiben.

Gebrauch der Deviationskurve. Für jeden missweisenden oder Kompasskurs giebt die Länge der Ordinate des betreffenden Kurspunktes, gemessen auf der Mittellinie, die zugehörige Deviation, und zwar für missweisende Kurse die Länge der ausgezogenen Ordinate, für die Kompasskurse die der gestrichelten. Die Deviation ist östlich, wenn die Ordinate nach rechts, westlich, wenn sie nach links von der Mittellinie fällt.

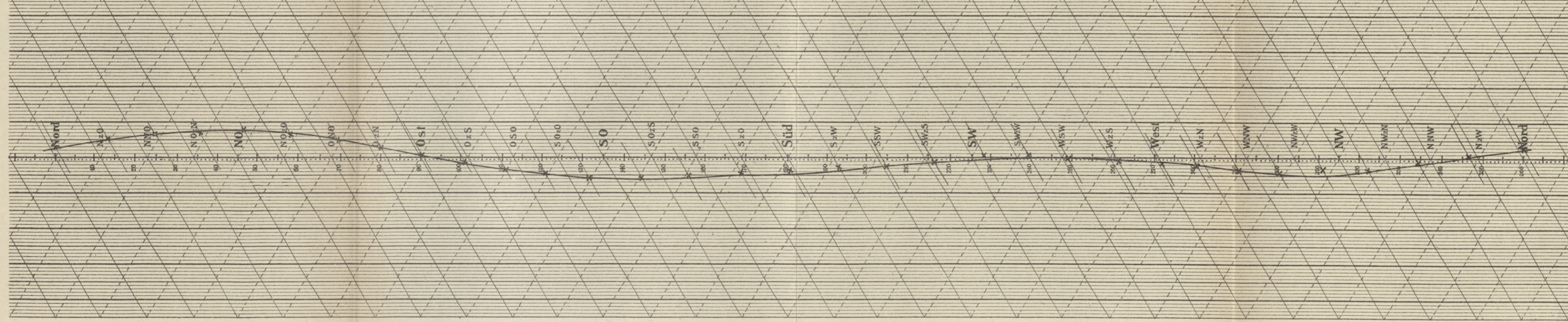
Um für einen Kompasskurs den zugehörigen missweisenden Kurs zu erhalten, geht man von dem Kurspunkt auf der Mittellinie längs oder parallel der gestrichelten Ordinate vorwärts, bis man die Kurve trifft,

DEVIATIONS KURVE
des Peil-Kompasses S.M.S. „Sachsen“

am 11. Juni 1899.

(-) Westlich

Östlich (+)



und kehrt parallel der ausgezogenen Ordinate zurück nach der Mittellinie. Der Punkt, auf den man trifft, ist der gesuchte missweisende Kurs. Die Richtigkeit dieses Verfahrens ergibt sich aus der Gleichseitigkeit des durch die beiden Ordinaten und das von ihnen eingeschlossene Stück der Mittellinie gebildeten Dreiecks.

Um für einen missweisenden Kurs den zugehörigen Kompasskurs zu finden, hat man umgekehrt zu verfahren, d. h. man geht von dem Kurspunkt der Mittellinie parallel den ausgezogenen Ordinaten bis zur Kurve und kehrt parallel den gestrichelten Ordinaten zurück.

Mit Hilfe der Deviationskurve ist es daher sehr einfach, eine für den Gebrauch der Kompassse notwendige Steuertabelle anzufertigen, welche für die missweisenden Kurse die zugehörige Deviation und die Kompasskurse, und ebenso für die Kompasskurse neben der Deviation die missweisenden Kurse enthält. (Vgl. das nachstehende Muster).

Deviations- und Steuertabelle.

für den Peilkompass S. M. S. „Sachsen“.

Kompasskurs	Deviation	Missweisender Kurs	Missweisender Kurs	Deviation	Kompasskurs
Nord	+ 1/4	N 1/4 O	Nord	+ 1/4	N 1/4 W
NzO	+ 1/2	NzO 1/2 O	NzO	+ 3/8	N 5/8 O
NNO	+ 5/8	NNO 5/8 O	NNO	+ 1/2	NzO 1/2 O
NOzN	+ 3/4	NO 1/4 N	NOzN	+ 5/8	NNO 3/8 O
NO	+ 3/4	NO 3/4 O	NO	+ 3/4	NO 3/4 N
NOzO	+ 1/2	NOzO 1/2 O	NOzO	+ 5/8	NO 3/8 O
ONO	+ 3/8	ONO 3/8 O	ONO	+ 1/2	NOzO 1/2 O
OzN	+ 1/4	O 7/8 N	OzN	+ 3/8	ONO 5/8 O
Ost	0	Ost	Ost	0	Ost
OzS	- 1/8	O 7/8 S	OzS	- 1/8	OSO 7/8 O
OSO	- 1/4	OSO 1/4 O	OSO	- 3/8	SOzO 5/8 O
SOzO	- 3/8	SOzO 3/8 O	SOzO	- 1/2	SO 1/2 O
SO	- 1/2	SO 1/2 O	SO	- 1/2	SO 1/2 S
SOzS	- 1/2	SO 1/2 S	SOzS	- 1/2	SSO 1/2 O
SSO	- 1/2	SSO 1/2 O	SSO	- 1/2	SzO 1/2 O
SzO	- 1/2	SzO 1/2 O	SzO	- 1/2	S 1/2 O
Süd	- 1/2	S 1/2 O	Süd	- 3/8	S 3/8 W
SzW	- 3/8	S 5/8 W	SzW	- 1/4	SzW 1/4 W
SSW	- 1/4	SzW 3/4 W	SSW	- 1/4	SSW 1/4 W
SWzS	- 1/8	SSW 7/8 W	SWzS	- 1/8	SW 7/8 S
SW	- 1/8	SW 1/8 S	SW	- 1/8	SW 1/8 W
SWzW	0	SWzW	SWzW	0	SWzW
WSW	0	WSW	WSW	0	WSW
WzS	0	WzS	WzS	0	WzS
West	- 1/8	W 1/8 S	West	- 1/8	W 1/8 N
WzN	- 1/4	W 3/4 N	WzN	- 1/4	WNW 3/4 W
WNW	- 3/8	WNW 3/8 W	WNW	- 3/8	NWzW 5/8 W
NWzW	- 3/8	NWzW 3/8 W	NWzW	- 1/2	NW 1/2 W
NW	- 1/2	NW 1/2 W	NW	- 1/2	NW 1/2 N
NWzN	- 1/4	NW 3/4 N	NWzN	- 1/4	NNW 3/4 W
NNW	- 1/8	NNW 1/8 W	NNW	- 1/8	NzW 7/8 W
NzW	+ 1/8	N 7/8 W	NzW	0	NzW

Die Bestimmung der Deviation für die missweisenden Kurse und die hiernach erfolgende Verwandlung dieser Kurse in Kompasskurse ohne Hilfe der Deviationskurve macht eine etwas umständliche Interpolationsrechnung erforderlich. Die Berechnung erfolgt durch Interpolation nach den beiden nächstliegenden Kursen, für welche die Deviation bestimmt ist und zwischen welche der betreffende missweisende Kurs fällt. Das Verfahren mag durch folgendes Beispiel erläutert werden.

Beispiel.

Für den (unkompensirten) Regelkompass S. M. S. „Deutschland“ soll die Deviation für den magnetischen Kurs OSO berechnet werden. Nach den beobachteten Deviationen stellt man folgende Tabelle auf (dieselbe ist hier als Beispiel nur für einen Quadranten angegeben):

Kompasskurs		δ	Missweisender Kurs
Ost	N 90,0° O	— 41,0°	N 49,0° O
OzS	S 78,6 O	— 42,8	N 58,6 O
OSO	S 67,5 O	— 42,0	N 70,5 O
SOzO	S 56,2 O	— 40,5	N 83,3 O
SO	S 45,0 O	— 37,0	S 82,0 O
SOzS	S 33,7 O	— 30,5	S 64,2 O
SSO	S 22,5 O	— 23,0	S 45,5 O
SzO	S 11,2 O	— 13,8	S 25,0 O
Süd	S 0,0 O	— 2,3	S 2,3 O

Der missweisende Kurs OSO = S 67,5° O liegt zwischen den missweisenden Kursen S 82° O und S 64,2° O der Tabelle, deren Deviationen gleich — 37° und — 30,5° sind.

$$\frac{82^\circ - 64,2^\circ}{37^\circ - 30,5^\circ} = \frac{67,5^\circ - 64,2^\circ}{x} \text{ oder } 17,8^\circ : 6,5^\circ = 3,3^\circ : x$$

$$x = -1,2^\circ$$

$$\text{Deviation bei S } 64,2^\circ \text{ O} = -30,5^\circ$$

$$\text{Deviation bei S } 67,5^\circ \text{ oder OSO} = -31,7^\circ$$

Dem missweisenden Kurse OSO entspricht demnach eine Deviation von — 31,7° und ein Kompasskurs von S 35,8° O.

Deviationslehre.

Sechster Abschnitt.

Der Schiffsmagnetismus und sein Einfluss auf den Kompass.

A. Entstehung und Art des Schiffsmagnetismus.

§ 76. In den Eisentheilen eines Schiffes sind mehr oder weniger starke magnetische Kräfte enthalten, die an Bord neben dem Erdmagnetismus auf die Kompassnadel einwirken und nicht nur Ablenkungen derselben aus dem magnetischen Meridian, sondern auch Aenderungen und zwar fast durchweg Verminderungen der Richtkraft zur Folge haben. Die Wirkungen dieser Kräfte auf den Kompass sind je nach ihrer Natur verschieden.

Man unterscheidet permanenten oder festen, subpermanenten oder halbfesten und inducirten oder flüchtigen Magnetismus.

Unter festem Magnetismus versteht man Magnetismus, der dauernd seine volle Stärke behält, unter halbfestem solchen, der mit der Zeit einen Theil seiner Stärke verliert, während der flüchtige Magnetismus durch die inducirende Einwirkung einer anderen magnetischen Kraft entsteht und nach dem Aufhören dieser Wirkung wieder verschwindet.

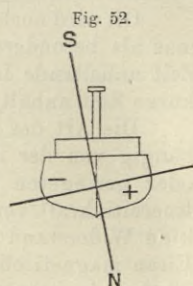
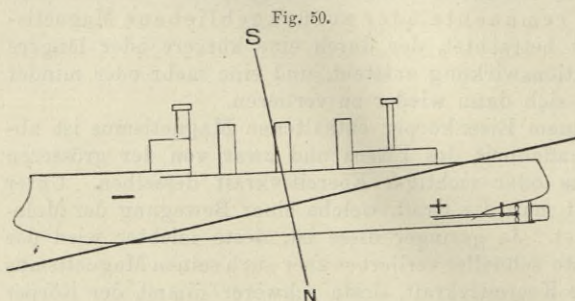
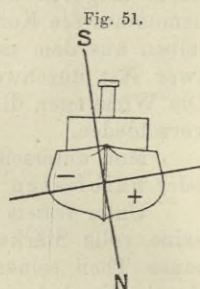
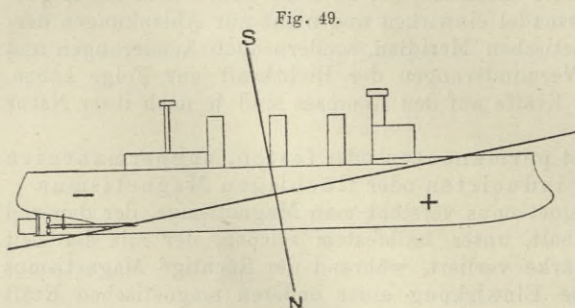
Oft wird noch der remanente oder zurückgebliebene Magnetismus als besondere Art betrachtet, der durch eine kürzere oder längere Zeit anhaltende Induktionswirkung entsteht, und eine mehr oder minder kurze Zeit anhält, um sich dann wieder zu verlieren.

Die Art des in einem Eisenkörper enthaltenen Magnetismus ist abhängig von der Beschaffenheit des Eisens und zwar von der grösseren oder geringeren Härte oder richtiger Koercitivkraft desselben. Unter Koercitivkraft versteht man die Kraft, welche einer Bewegung der Moleküle Widerstand leistet. Je geringer diese ist, desto leichter wird das Eisen magnetisch, desto schneller verliert es aber auch seinen Magnetismus wieder; je grösser die Koercitivkraft, desto schwerer nimmt der Körper Magnetismus an, desto fester hält er ihn aber. Flüchtiger Magnetismus findet sich demgemäss nur in weichem Eisen, fester in hartem Eisen. Die meisten zum Schiffbau verwendeten Eisensorten sind weder absolut hart noch weich im Sinne der vorstehenden Erklärungen, sondern das harte Eisen ist sowohl noch empfänglich für die inducirende Wirkung, als auch das weiche Eisen fähig, eine gewisse Menge von permanentem (oder subpermanentem) Magnetismus aufzunehmen.

Der Schiffsmagnetismus verdankt seine Entstehung fast durchweg der inducirenden Wirkung des Erdmagnetismus. Während des Baues des Schiffes ist dieser längere Zeit in derselben Richtung und Stärke wirksam und erzeugt in fast allen Eisentheilen des Schiffes magnetische Kräfte,

die durch die Bearbeitung des Eisens während des Baues zum Theil fixirt, d. h. permanente werden. So kommt es, dass sich während des Baues ein bestimmter, von der Baulage abhängiger permanent-magnetischer Charakter dem Schiffe aufprägt. Wenn man den Schiffskörper als Ganzes betrachtet, so entstehen die magnetischen Pole an zwei entgegengesetzten Punkten, deren Verbindungslinie, die magnetische Achse des Schiffes, in Richtung der Inklinationsnadel, d. i. der erdmagnetischen Kraft, fällt.

Eine Ebene senkrecht zu dieser Linie, die neutrale Ebene, scheidet Nord- und Südmagnetismus. Bei einem Schiffe, welches auf Nordbreite mit dem Bug nach Norden gebaut ist, entsteht der Nordpol vorn unten, der Südpol oben im Hintertheil (Fig. 49), bei der Baurichtung nach Süden entsteht umgekehrt im Hintertheil Nord-, im Vordertheil Südmagnetismus (Fig. 50). Ein Schiff, welches mit dem Bug nach Osten gebaut ist, erhält



den Nordpol an Backbord unten, den Südpol an Steuerbord oben (Fig. 51); ein Schiff, dessen Baukurs West war, den Nordpol Steuerbord unten, den Südpol Backbord oben (Fig. 52).

Bei den modernen Kriegsschiffen wird dieser magnetische Schiffscharakter meist durch die Ein- und Aufbauten, welche mit ihren schweren Eisen- oder Panzermassen starke lokale Einflüsse auf die in der Nähe befindlichen Kompassse haben, verwischt.

Der in einem Eisenkörper erzeugte flüchtige Magnetismus ist seinem Charakter nach veränderlich und seine Stärke abhängig von der Beschaffenheit, Form und Lage des Eisenkörpers und der inducirenden Kraft.

Sieht man von der Beschaffenheit des Eisens ab und wählt bezüglich der Form dünne Eisenstäbe, bei denen der Magnetismus nur in der Längsrichtung inducirt wird, so ist der in einem solchen Stabe inducirte Magnetismus lediglich von der Lage des Stabes abhängig. An einem Orte nördlich vom magnetischen Aequator entsteht bei einem in vertikaler oder geneigter Lage gehaltenen Stabe am unteren Ende Nord-, am oberen Südmagnetismus; südlich vom magnetischen Aequator ist die Vertheilung des Magnetismus die umgekehrte. Je mehr sich die Richtung des Stabes derjenigen der Inklinationsnadel nähert, desto stärker ist der inducirte Magnetismus. In der letzteren Lage wirkt die ganze erdmagnetische Kraft T inducirend. Bildet der Stab den Winkel α mit der Richtung dieser Kraft, so ist die inducirende Kraft $T \cos \alpha$, steht er rechtwinklig zu der angegebenen Richtung, so ist die inducirende Kraft gleich Null, der Stab bleibt unmagnetisch.

Der in einem Vertikalstab inducirte Magnetismus ist proportional der Vertikalintensität Z oder $T \sin \Theta$ (Θ Inklinationswinkel der Magnetnadel). Im magnetischen Aequator, wo die Vertikalintensität gleich Null ist, findet daher keine Induktionswirkung auf einen solchen Stab statt.

Auf einen Horizontalstab wirkt, wenn er in Richtung des magnetischen Meridians liegt, die Horizontalintensität $H = T \cos \Theta$ inducirend, bildet er dagegen den Winkel β mit dem magnetischen Meridian, die Kraft $H \cos \beta$; rechtwinklig zum magnetischen Meridian, in der Richtung Ost—West gehalten, entsteht kein Magnetismus in demselben.

B. Einwirkung des Schiffsmagnetismus auf die Kompassnadel.

§ 77. Bei der Betrachtung der Einwirkungen der verschiedenen Arten des Schiffsmagnetismus auf die Kompassnadel kann der halb feste Magnetismus, da seine zeitweilige Wirkung dieselbe ist, wie diejenige des festen, ausser Acht gelassen werden, und wir können uns auf den festen und flüchtigen Magnetismus beschränken. Die Abmessungen der Magnetnadel sollen hierbei im Verhältniss zu dem Abstand der auf sie wirkenden magnetischen Kräfte als verschwindend klein angenommen und daher nur die Entfernung der Letzteren von der Mitte der Nadel, nicht von jedem der Pole berücksichtigt werden. Da die Kräfte unter dieser Voraussetzung auf beide Pole der Nadel gleich stark und in demselben Sinne drehend wirken, so wird der Einfachheit wegen nur die Einwirkung auf den Nordpol betrachtet werden.

1. Wirkung des festen Magnetismus.

§ 78. Man denke sich an Bord eines Schiffes einen permanenten Magnetstab in irgend einer Richtung zum Kompass befestigt, der dem Kompass seinen Südpol zukehrt. Mit der Drehung des Schiffes ändert er seine Richtung zum Kompass. Befindet sich der Magnet Nord (magnetisch) vom Kompass, so lenkt er die Kompassnadel nicht ab, vereinigt vielmehr seine Wirkung mit der des Erdmagnetismus und vermehrt die Richtkraft im magnetischen Meridian. Bei einer Drehung nach Osten erfolgt eine

Ablenkung der Nadel nach Osten, welche zunimmt, bis der Magnet sich in einer Richtung rechtwinklig zur abgelenkten Nadel befindet, wie dies später begründet werden wird, um sodann bei weiterer Drehung wieder abzunehmen und, wenn der Magnet südlich vom Kompass liegt, gleich Null zu werden. In der letzteren Lage wirkt der Magnetismus des Stabes dem Erdmagnetismus entgegen, die Richtkraft wird um den Betrag desselben vermindert. Bei der weiteren Drehung von Süd durch West nach Nord findet eine gleiche Ablenkung der Nadel nach West wie vorher nach Ost statt.

Die Ablenkung der Nadel ist demnach in einem Halbkreise östlich — wenn der dem Kompass zugekehrte Südpol des Magneten östlich vom magnetischen Meridian liegt — in dem anderen westlich — wenn der Magnet westlich vom magnetischen Meridian liegt. Man nennt deshalb die durch einen solchen permanenten Magneten hervorgerufene Ablenkung des Kompasses die halbkreisartige oder semicirkulare Deviation. Die Richtkraft wird durch den Magneten ebenfalls in einem Halbkreis vermehrt — und zwar, wenn der dem Kompass zugekehrte Südpol des Magneten nördlich vom Kompass, d. h. in einer Richtung von W durch N bis O oder der dem Kompass zugekehrte Nordpol des Magneten südlich vom Kompass, d. h. in einer Richtung von O durch S bis W liegt — im anderen Halbkreis um ebenso viel vermindert.

Ist der Winkel, welchen die Richtung des ablenkenden Magneten mit der magnetischen Nord-Südlinie bildet, gleich ε (Fig. 53), H die Horizontalintensität des Erdmagnetismus, M diejenige des ablenkenden Magneten, δ die erzeugte Deviation, so ist

$$\sin \delta = \frac{M}{H} \sin (\varepsilon - \delta),$$

bei einer zweiten Lage des Magneten im Winkel ε_1 :

$$\sin \delta_1 = \frac{M}{H} \sin (\varepsilon_1 - \delta_1), \text{ und}$$

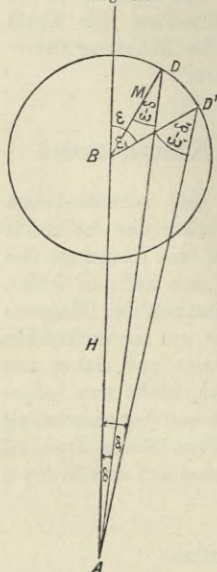
$$\frac{\sin \delta}{\sin \delta_1} = \frac{\sin (\varepsilon - \delta)}{\sin (\varepsilon_1 - \delta_1)}.$$

Unter der Voraussetzung, dass δ und δ_1 kleine Grössen sind, kann man für $\sin \delta$ und $\sin \delta_1$ setzen $\delta \sin 1''$ und $\delta_1 \sin 1''$ und es wird:

$$\frac{\delta}{\delta_1} = \frac{\sin (\varepsilon - \delta)}{\sin (\varepsilon_1 - \delta_1)}.$$

Der Winkel $\varepsilon - \delta$ ist gleich dem Kompassazimuth des ablenkenden Magneten, d. h. gleich dem Winkel, welchen die Richtung der ablenkenden Kraft mit der abgelenkten Kompassnadel bildet. Die durch den festen Schiffsmagnetismus erzeugten halbkreisartigen Deviationen verhalten sich demgemäss wie die Sinusse des Kompassazimuthes der ablenkenden Kraft, die Deviation erreicht ihr Maximum, wenn $\varepsilon - \delta = 90^\circ$ ist.

Fig. 53.



Liegt die ablenkende Kraft in der Kiellinie vor dem Kompass, mit dem Südpol dem Letzteren zugekehrt, so ist der Winkel $\varepsilon - \delta$ gleich dem Kompasskurse ζ' , bildet die Richtung der Kraft den Winkel α mit der Kiellinie, von vorn nach Steuerbord bis 360° gezählt, so ist $\varepsilon - \delta = \zeta' + \alpha$, und die obige Gleichung geht über in:

$$\frac{\delta}{\delta_1} = \frac{\sin \zeta'}{\sin \zeta'_1} \quad \text{oder} \quad \frac{\delta}{\delta_1} = \frac{\sin (\zeta' + \alpha)}{\sin (\zeta'_1 + \alpha)}$$

Der Winkel α wird Steuerbordwinkel genannt.

Zerlegt man die auf den Kompass wirkende Kraft des permanenten Schiffsmagnetismus in seine Komponenten längsschiffs, querschiffs und vertikal nach unten, bezeichnet diese mit V (positiv, wenn der Nordpol der Kompassnadel nach vorn angezogen wird, negativ, wenn nach hinten), S (positiv nach Steuerbord, negativ nach Backbord) und U , so ist nach dem Vorstehenden klar, dass die erzeugten Deviationen proportional sind

$$\frac{V}{H} \sin \zeta' + \frac{S}{H} \cos \zeta',$$

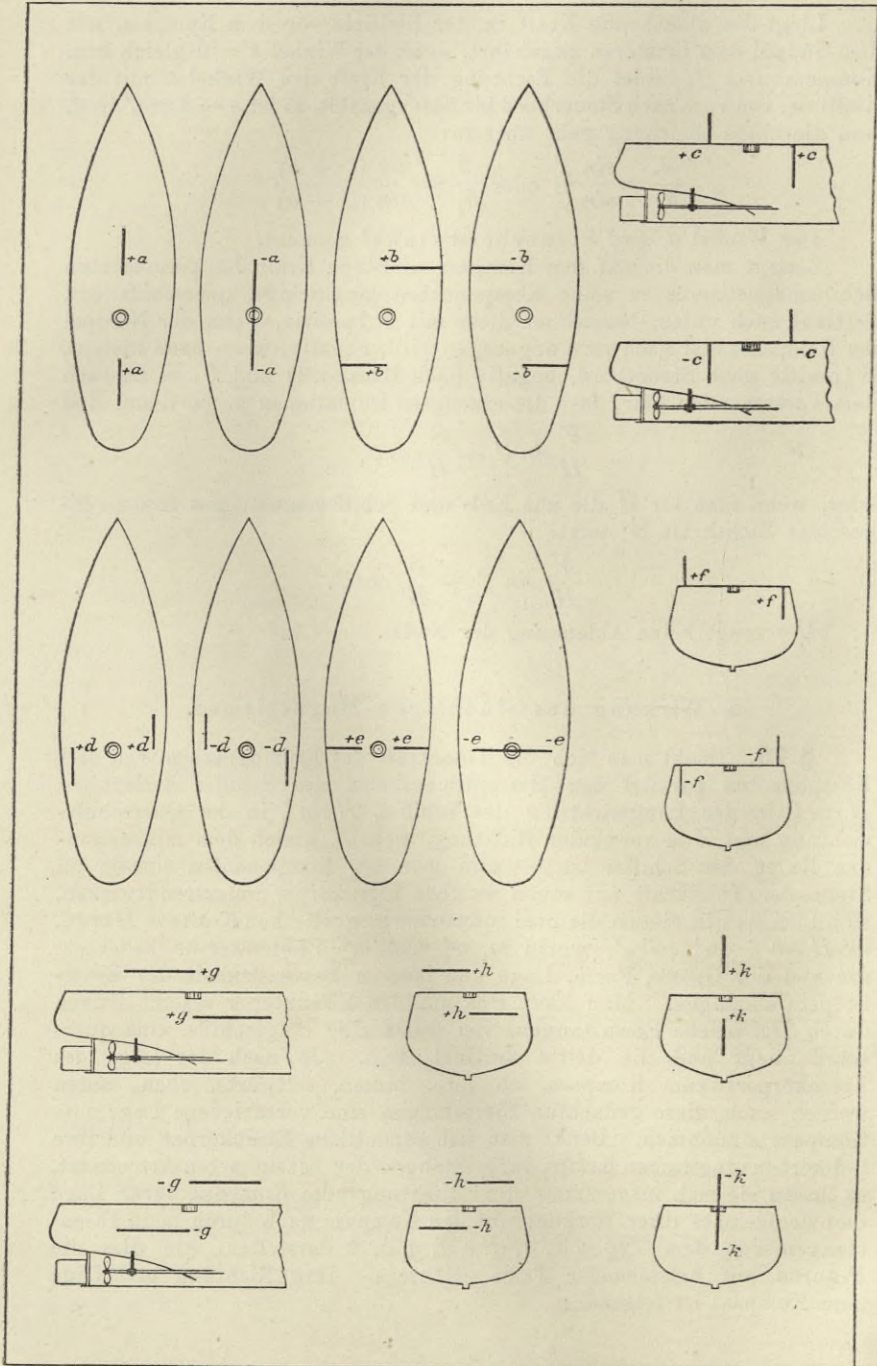
oder, wenn man für H die aus Erd- und Schiffsmagnetismus zusammengesetzte Richtkraft H' setzt:

$$\frac{V}{H'} \sin \zeta' + \frac{S}{H'} \cos \zeta'.$$

U erzeugt keine Ablenkung der Nadel.

2. Wirkung des flüchtigen Magnetismus.

§ 79. Denkt man sich die Totalkraft des Erdmagnetismus in drei Komponenten parallel den Hauptdimensionen des Schiffes zerlegt — $H \cos \zeta$ in der Längsrichtung des Schiffes, $H \sin \zeta$ in der Querschiffsrichtung und Z in vertikaler Richtung, wobei ζ gleich dem missweisenen Kurse des Schiffes ist — und jede der Komponenten einzeln an Stelle der Totalkraft auf einen weichen Eisenkörper inducirend wirken, so bilden sich in diesem die drei inducirten magnetischen Kräfte $m H \cos \zeta$, $m' H \sin \zeta$ und $m'' Z$, worin m , m' und m'' Zahlenwerthe bedeuten, die von der Grösse, Form, Lage und inneren Beschaffenheit des Eisenkörpers abhängen. Man kann sich nun den Eisenkörper ersetzt denken durch drei weiche Eisenstangen, von denen eine längsschiffs, eine querschiffs liegt und die dritte vertikal steht. Je nach der Lage des Eisenkörpers zum Kompass, ob vorn, hinten, seitwärts, oben, unten werden auch diese gedachten Eisenstangen eine verschiedene Lage zum Kompass einnehmen. Denkt man sich sämtliche Eisenkörper und ihre inducirt-magnetischen Kräfte durch Stangen der bezeichneten Art ersetzt, so lassen sie sich insgesamt ihrer Richtung zum Kompass, ihrer Lage und demgemäss ihrer Wirkung auf den Kompass nach durch neun Eisenstangen von dem Typ $a, b, c, d, e, f, g, h, k$ darstellen, wie dies die Figuren auf umstehender Tafel erläutern. Ihre Richtung und Lage zum Kompass ist folgende:



	Parallel zur Kiellinie	Parallel zur Querschiffslinie	Vertikal
Vorn oder achtern . . .	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Seitlich	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
Unten oder oben	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>k</i>

Die Werthe *a*, *b*, *c*, *d* etc. bilden gleichzeitig ein Maass für die in den Eisenstangen wirksame magnetische Kraft, welche abhängig ist von der Vertheilung der Eisenmassen um den Kompass und ihrer Induktionsfähigkeit.

a. Vertikal inducirter Magnetismus.

Die Stärke des vertikal inducirten Magnetismus ist unabhängig von der Richtung des Schiffes und unter der Voraussetzung der gleichen magnetischen Breite unverändert, er wirkt daher auf den Kompass in derselben Weise, wie ein permanenter Magnet d. h. er erzeugt eine halbkreisartige Deviation, vermehrt die Richtkraft in einem Halbkreis und vermindert sie um ebensoviel im anderen. Von den Typen *c*, *f*, *k* lenkt *k* bei aufrechter Lage des Schiffes die Kompassnadel nicht ab, sondern ist lediglich bestrebt, eine Neigung hervorzubringen. Die in *c* und *f* wirksamen magnetischen Kräfte sind gleich cZ und fZ und die durch diese hervorgerufenen Deviationen proportional den Kräften

$$c \frac{Z}{H'} \text{ und } f \frac{Z}{H'}$$

b. Horizontal inducirter Magnetismus.

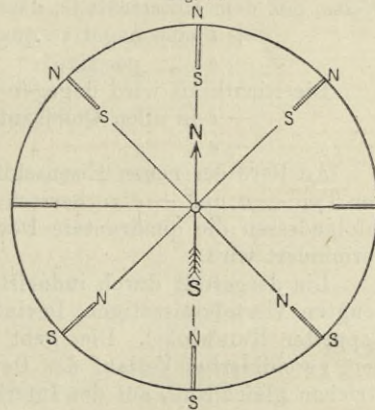
Von den diesen Magnetismus darstellenden Eisenstäben erzeugen *h* und *g* bei aufrechter Lage des Schiffes keine Deviation, und es bleiben nur die Typen *a*, *e*, *b* und *d* hier zu betrachten.

Von diesen repräsentiren *a* und *e* den inducirten Magnetismus in symmetrisch um den Kompass, *b* und *d* in unsymmetrisch um den Kompass gelagerten Eisenmassen.

Der Typ *a* (Fig. 54) -- einseitig vor oder hinter dem Kompass in der Längsschiffsrichtung liegende Eisenstange -- wirkt beim magnetischen Kurse Nord, indem er dem Nordpol der Kompassnadel einen Südpol zukehrt, mit dem Erdmagnetismus zusammen, erhöht die Richtkraft, erzeugt aber keine Deviation.

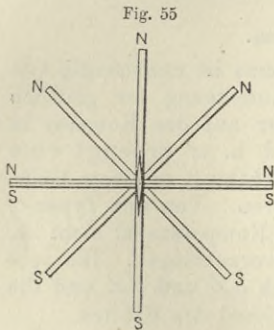
Bei einer Drehung des Schiffes nach Osten wird eine östliche Ablenkung hervorgerufen, die bis etwa NO zunimmt, dann wieder abnimmt,

Fig. 54.



und bei Ost, da der Stab in dieser Lage unmagnetisch ist, keinerlei Wirkung auf den Kompass ausübt. Mit einer weiteren Drehung ist ein Wechsel der Pole verbunden, der Stab kehrt der Kompassnadel einen Nordpol zu, die Deviation wird westlich, nimmt bis SO zu, und wird bei Süd wieder Null. In gleicher Weise wird im Südwestquadranten eine östliche, im Nordwestquadranten eine westliche Deviation erzeugt. Die Richtkraft wird in allen Quadranten vermehrt.

Eine solche mit jedem Quadranten ihr Vorzeichen wechselnde Deviation wird *quadrantale* oder *viertelkreisartige Deviation* genannt, positiv, wenn sie, wie oben beschrieben, im Nordost- und Südwestquadranten östlich, im Südost- und Nordwestquadranten westlich ist; negativ, wenn sie umgekehrt im 1. und 3. Quadranten westlich, im 2. und 4. Quadranten östlich ist.



Eine Längsschiffs in einer durch den Kompassmittelpunkt gedachten Vertikalebene liegende horizontale Eisenstange, deren Pole zu verschiedenen Seiten des Kompasses liegen — *a*-Stab (Fig. 55) — kehrt stets dem Nordpol der Kompassnadel einen Nordpol, dem Südpol der Nadel einen Südpol zu. Ueberall, wo im vorhergehenden Falle Anziehung und Verstärkung der Richtkraft stattfindet, tritt hier Abstossung und Verminderung der Richtkraft

auf. Dagegen bleibt die Art der Erscheinungen dieselbe, d. h. keine Ablenkung auf den vier Hauptstrichen, im Uebrigen mit den Quadranten abwechselnde Ablenkung nach West und Ost. Der *a*-Typ bewirkt mithin eine negative *quadrantale Deviation* und eine Verminderung der Richtkraft auf allen Quadranten.

Die Wirkungen des $+e$ und $-e$ -Typs gestalten sich in derselben Weise, mit dem Unterschiede, dass

$+e$ eine negative *quadrantale Deviation* erzeugt

$-e$ „ positive „ „

Die Richtkraft wird dagegen wie bei dem *a*-Typ ebenfalls durch

$+e$ in allen Quadranten vermehrt, durch

$-e$ „ „ „ vermindert.

An Bord der neuen Eisenschiffe ist fast durchweg für alle Kompassse der Typ $-a$ und $-e$ vorherrschend, und zwar ist $-e$ grösser als $-a$, infolgedessen die *quadrantale Deviation* eine positive ist, die Richtkraft vermindert wird.

Die dergestalt durch inducirten Magnetismus vom Typ *a* und *e* erzeugten viertelkreisartigen Deviationen sind ungefähr proportional dem doppelten Kurswinkel. Dies geht schon hervor aus dem nach Vorstehendem geschilderten Verlauf der Deviation, wonach sie auf den Kardinalstrichen gleich Null, auf den Interkardinalstrichen ihr Maximum erreicht, und soll nachstehend weiter dargelegt werden.

Es sei in Fig. 56 *AX* die Richtung nach magnetisch Nord, *AB* = *H* die auf die Kompassnadel wirkende Horizontalkraft des Erd- oder des

vereinigten Erd- und Schiffsmagnetismus, $BD = iH$ die in einem weichen Eisenstabe des in Rede stehenden Typs bei seiner Lage im magnetischen Meridian inducirte magnetische Kraft, wobei i den von der Beschaffenheit des Eisens abhängigen Induktionskoeffizienten darstellt.

Es ist dann AD die gesammte, die Nadel im magnetischen Meridian festhaltende Kraft bei dieser Lage. Deviation entsteht in dieser Lage nicht. Für jede andere Richtung γ der Eisenstange zum Kompass lässt sich die in ihr inducirte magnetische Kraft und die durch diese hervorgerufene Deviation darstellen, indem man um BD als Durchmesser einen Kreis beschreibt und in B an BD den Winkel γ , welcher die Richtung der ablenkenden Kraft mit der Nord-Südrichtung bildet, anträgt. Die Sehne $BD^1 = BD \cos \gamma = iH \cos \gamma$ stellt sodann die in der Eisenstange inducirte ablenkende Kraft dar, AD^1 die Richtung der Nadel und $\angle BAD^1$ die Deviation δ .

$$\text{Es ist } \sin \delta : \sin (\gamma - \delta) = \frac{BD^1}{AB} = \frac{iH \cos \gamma}{H} = i \cos \gamma.$$

$\sin \delta = i \cos \gamma \cdot \sin (\gamma - \delta) = i (\cos \gamma \sin \gamma \cos \delta - \cos \gamma \cos \gamma \sin \delta)$
 und da $\cos \gamma \sin \gamma = \frac{1}{2} \sin 2\gamma$ und $\cos^2 \gamma = \frac{1}{2} (\cos 2\gamma + 1)$ ist:

$$\sin \delta = \frac{i}{2} (\sin 2\gamma \cos \delta - \cos 2\gamma \sin \delta - \sin \delta)$$

$$= \frac{i}{2} [\sin (2\gamma - \delta) - \sin \delta]$$

$$\sin \delta \left(1 + \frac{i}{2} \right) = \frac{i}{2} \sin (2\gamma - \delta).$$

$$\sin \delta = \left[\left(\frac{i}{2} \right) : \left(1 + \frac{i}{2} \right) \right] \sin (2\gamma - \delta)$$

$$= \frac{i}{2 + i} \sin (2\gamma - \delta).$$

Für einen zweiten Werth γ_1 erhält man entsprechend:

$$\sin \delta_1 = \frac{i}{2 + i} \sin (2\gamma_1 - \delta_1).$$

$$\frac{\sin \delta}{\sin \delta_1} = \frac{\sin (2\gamma - \delta)}{\sin (2\gamma_1 - \delta_1)}$$

Ist δ klein:

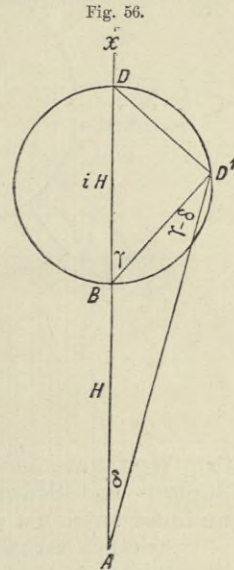
$$\frac{\delta}{\delta_1} = \frac{\sin 2\gamma}{\sin 2\gamma_1}$$

Für eine Kraft vom Typ a wird γ gleich dem magnetischen Kurse ζ und $(2\gamma - \delta)$ gleich $(2\zeta - \delta)$, oder bei Einführung des Kompasskurses $\zeta^1 = \zeta - \delta$ gleich $(2\zeta^1 + \delta)$.

Bei dem e -Typ wird $\gamma = 90^\circ + \zeta$,

$$\sin (2\gamma - \delta) = \sin (180^\circ + 2\zeta - \delta) = -\sin (2\zeta - \delta) \text{ oder } = -\sin (2\zeta^1 + \delta).$$

Es ergibt sich hieraus die Richtigkeit der oben aufgestellten Behauptung: die durch a - und e -Typ erzeugten quadrantal Deviationen



verhalten sich wie die Sinusse des doppelten Kurswinkels, genauer eines Winkels, welcher dem Mittel des missweisenden und Kompasskurses entspricht.

Typ b und d .

Der Typ $+b$ erzeugt, wie aus Fig. 57 ersichtlich*), bei Nordkurs keine Deviation; bei Drehung nach Ost entsteht eine westliche Deviation, die auf dem Kurse Ost ihren grössten Werth erreicht, dann wieder abnimmt und bei Süd Null wird. Bei weiterer Drehung nimmt die westliche Deviation wieder zu, erreicht bei Kurs West abermals ein Maximum,

um sodann bis Nord wieder abzunehmen. Die Deviation hat demgemäss stets dasselbe Vorzeichen, d. h. sie ist westlich, erreicht ihren grössten Werth auf den Kursen Ost und West, und ist bei Nord und Süd gleich Null.

Den gleichen Verlauf haben die durch $-b$ erzeugten Deviationen, mit dem Unterschiede, dass sie stets östlich sind, im Uebrigen auch auf Kurs Nord und Süd gleich Null, auf Ost und West am grössten sind.

Die Richtkraft bleibt in beiden Fällen auf den Hauptstrichen Nord, Süd,

Ost, West unverändert, in den zwischenliegenden Kursen wird sie im Nordost- und Südwestquadranten vermindert, im Südost- und Nordwestquadranten um ebenso viel vermehrt.

Aehnlich verhalten sich $+d$ und $-d$.

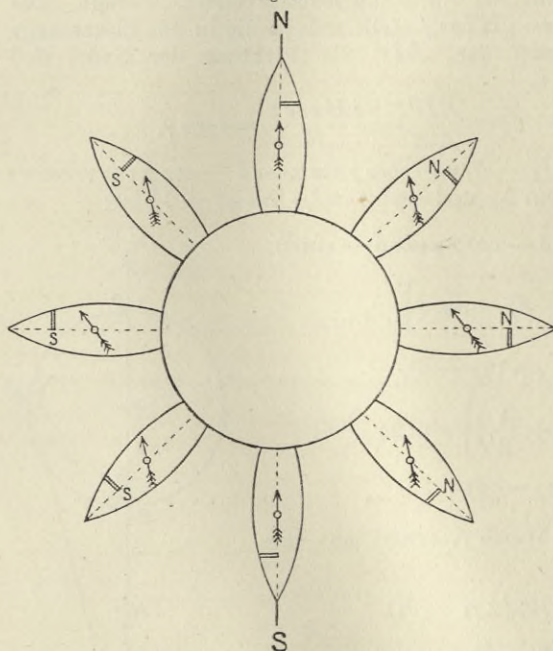
$+d$ erzeugt durchweg östliche, $-d$ westliche Deviation, welche zum Unterschied von dem b -Typ bei Kurs Nord und Süd am grössten, bei Ost und West gleich Null ist.

Die Richtkraft wird auf den Kardinalkursen nicht verändert, im 1. und 3. Quadranten vermehrt, im 2. und 4. vermindert.

Die so durch b - und d -Magnetismus erzeugte Deviation lässt sich

*) In der Figur ist nur die Polarität des dem Kompass zunächst gelegenen Stabendes verzeichnet, deren Wirkung hier in Betracht gezogen wird.

Fig. 57.



zerlegen in eine auf allen Kursen gleiche, konstante Deviation und eine von Viertelkreis zu Viertelkreis ihr Vorzeichen wechselnde, also viertelkreisartige Deviation.

Die folgende graphische Darstellung soll dies erläutern. In Fig. 58 ist die durch $+b$ erzeugte Deviation durch eine Kurve dargestellt, derart, dass auf der Achse NSN_1 die Kurse als Abscissen und die zugehörigen Deviationen als Ordinaten (rechtwinklig) aufgetragen sind, und zwar die Letzteren nach oben von der Achse, wenn die Deviationen östlich (+), nach unten, wenn sie westlich (-) sind.

In dem vorliegenden Falle des $+b$ -Magnetismus sind dem Vorstehenden gemäss alle Deviationen westlich, die Ordinaten negativ, die Maximalbeträge bei Ost und West gleich den Ordinaten $Oo = Ww$.

Zieht man eine zweite Achse XY parallel NSN_1 in einem Abstände gleich der halben Maximalordinate Oo (Fig. 59) und bezieht auf diese

Fig. 58.

+b Kurve

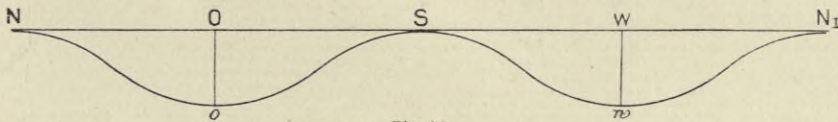


Fig. 59.

+b Kurve

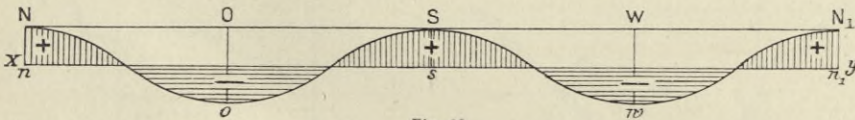
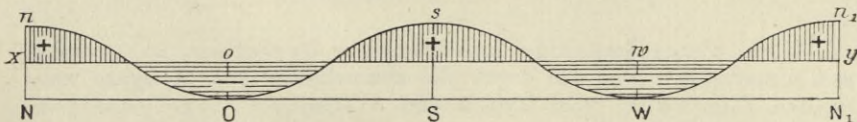


Fig. 60.

+d Kurve



die Deviationskurve, so stellen sich die Deviationen als viertelkreisartige mit wechselndem Vorzeichen dar, wie dies in der Figur 59 durch die Strichelung angedeutet ist. Die Gesamtdeviation lässt sich dann auffassen als zusammengesetzt aus dieser Quadrantaldeviation und einer konstanten Deviation, welche ausgedrückt wird durch die zwischen beiden Achsen liegende Ordinate $Nn = Ss = \frac{1}{2} Oo$. Für Nordkurs ist z. B. die konstante Deviation $-Nn$, die quadrantale $+Nn$, die Gesamtdeviation also gleich Null, bei Ost ist die konstante Deviation $-Nn = -\frac{1}{2} Oo$, die quadrantale ebenfalls $-\frac{1}{2} Oo$, die Gesamtdeviation demnach Oo .

In Fig. 60 ist in derselben Weise die durch $+d$ -Magnetismus erzeugte Deviation dargestellt. Die konstante Deviation ist gleich $+\frac{1}{2} Nn = +\frac{1}{2} Ss$. Bei Nordkurs ist die Quadrantaldeviation $+\frac{1}{2} Nn$, die Gesamtdeviation gleich $+Nn$, bei Ostkurs die konstante Deviation $+\frac{1}{2} Nn$, die quadrantale $-\frac{1}{2} Nn$, die Gesamtdeviation gleich Null etc.

Fassen wir die Wirkung von b - und d -Magnetismus zusammen, so erzeugen sie eine den Werthen $\frac{d-b}{2}$ entsprechende konstante Deviation und viertelkreisartige Deviationen, welche auf den Kardinalpunkten ihre dem Werthe $\frac{d+b}{2}$ entsprechenden Maximalbeträge erreichen und ungefähr auf den Interkardinalkursen gleich Null sind, sich demgemäss auch angenähert wie die Kosinusse des doppelten Kurswinkels verhalten.

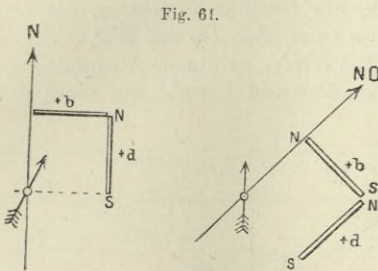


Fig. 61.

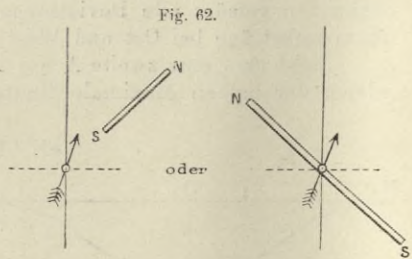


Fig. 62.

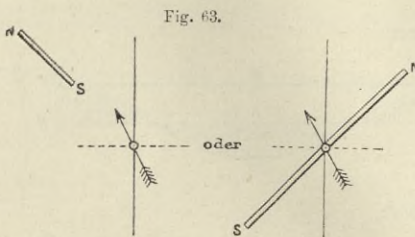


Fig. 63.

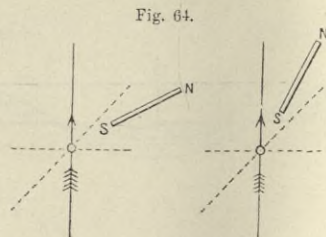


Fig. 64.

Diese unregelmässige quadrantale Deviation, so genannt zum Unterschiede von der durch die symmetrisch zum Kompass vertheilten Eisenmassen vom Typ a und e erzeugten regelmässigen quadrantalen Deviation, wird als positiv bezeichnet, wenn sie zwischen NW und NO sowie zwischen SO und SW positiv, d. h. östlich, und zwischen NO und SO sowie zwischen SW und NW negativ, d. h. westlich, oder kurz auf Nordkurs positiv ist; sie wird mit negativ bezeichnet, wenn das Umgekehrte der Fall ist.

Ist $b = d$ und haben beide dasselbe Vorzeichen, so entsteht nur eine viertelkreisartige Deviation, und zwar wenn b und d positiv, eine positive (Fig. 61), wenn b und d negativ, eine negative.

Dieselbe Wirkung, wie durch die beiden gleichen b - und d -Stäbe, würde auch ein einzelner radial zum Kompass unter 45° zur Kiellinie gerichteter Stab erzielen. Durch Anordnung, wie sie Fig. 62 zeigt, würde eine positive Deviation entstehen, durch die Anordnung der Fig. 63 eine negative.

Durch einen Eisenstab, der eine Lage zum Kompass einnimmt zwischen der letztgenannten und derjenigen des Typs a oder e , d. h.

gegen die Längs- oder Querschiffsrichtung unter einem kleineren Winkel als 45° geneigt ist, wie in Fig. 64, würde eine beiden entsprechende, d. h. eine unregelmässige und eine regelmässige viertelkreisartige Deviation entstehen.

Dies kommt bei der Kompensation des Kompasses, die später behandelt ist, zur Geltung.

Siebenter Abschnitt.

Die Gesamtdeviation und ihre Zusammensetzung. Deviationsgleichungen und -Koeffizienten.

1. Zusammensetzung der Deviation.

Die Gesamtdeviation setzt sich nach dem Vorstehenden zusammen aus:

§ 80. 1. Halbkreisartige oder semicirkulare Deviation, erzeugt durch den festen Schiffsmagnetismus und vertikal inducirten flüchtigen Magnetismus;

2. Viertelkreisartige oder quadrantale Deviation, hervorgerufen durch horizontal inducirten flüchtigen Magnetismus; sie zerfällt in regelmässige quadrantale Deviation, herrührend von dem in symmetrisch um den Kompass gelagerten Eisenmassen inducirten Magnetismus, und unregelmässige quadrantale Deviation, erzeugt durch inducirten Magnetismus in unsymmetrisch um den Kompass vertheilten Eisenmassen;

3. konstante Deviation, hervorgerufen durch horizontal inducirten flüchtigen Magnetismus in unsymmetrisch zum Kompass liegenden Eisenmassen. Hierzu kann noch ein weiterer Betrag treten, welcher seinen Grund in Instrumenten- oder Beobachtungsfehlern, falscher Annahme der Nord-Südrichtung, fehlerhafter Lage der Magnete unter der Kompassrose, der Steuerstriche, Aufstellung des Kompasses u. dergl. hat.

Von den Theildeviationen ist fast überall die halbkreisartige die grösste; sie erreicht auf eisernen Schiffen selbst bei den Regelkompassen häufig 30° und mehr, auf Panzerschiffen, in gepanzerten Thürmen und ähnlichen ungünstigen Aufstellungsplätzen nicht selten Beträge über 100° , dagegen auf Holzschiffen selten über 10° . Bei den letzteren Schiffen rührt die halbkreisartige Deviation fast ausschliesslich von vertikal inducirtem Magnetismus. Sind die Eisentheile zu beiden Seiten des durch die Mittschiffslinie gelegten Längsschnittes des Schiffes gleichmässig vertheilt, so entstehen die schiffsmagnetischen Pole in dieser Linie, und die Nullpunkte der Deviation liegen bei den in der Mittschiffslinie aufgestellten Kompassen auf Nord- und Südkurs.

Die Beträge der regelmässigen viertelkreisartigen Deviation schwanken auf Holzschiffen zwischen 1° und 5° , überschreiten auf gewöhnlichen eisernen Schiffen selten 7° , erreichen auf gepanzerten Kriegsschiffen bei den Regelkompassen einen Werth bis zu 10° , bei weniger günstig aufgestellten Kompassen bis zu 30° und darüber.

Der unregelmässige Theil dieser Deviation sowie die konstante Deviation sind bei mittschiffs aufgestellten Kompassen in der Regel sehr gering, selten grösser als 1° bis 2° , können dagegen bei seitlicher Aufstellung und in der Nähe grösserer Eisenmassen namhafte Werthe annehmen.

Viertelkreisartige und konstante Deviation bleiben bei Ortsveränderungen, welche mit Aenderungen der erdmagnetischen Elemente verbunden sind, unverändert, da sich die Kraft, welche die Nadel im magnetischen Meridian zurückzuhalten bestrebt ist — Horizontalkraft des Erdmagnetismus — in demselben Verhältniss ändert, wie die ablenkende Kraft — der durch die erdmagnetische Horizontalkraft inducirte Magnetismus —.

Man nennt diesen Theil der Deviation daher auch den unveränderlichen Theil der Deviation. Dies trifft jedoch nur zu unter der Voraussetzung, dass die Vertheilung des Eisens an Bord und die Induktionsfähigkeit desselben unverändert bleibt, was indess selten ganz der Fall ist.

2. Deviationskoeffizienten und -Gleichungen.

§ 81. Wenn man die gesammten auf den Kompass einwirkenden magnetischen Kräfte in Komponenten parallel den drei Hauptdimensionen des Schiffes zerlegt, und diese zweckmässig zusammenfasst, so erhält man neue Kraftkomponenten, mit Hülfe derer sich die Deviation durch einfache Gleichungen als Funktion des Kurses darstellen lässt.

Diese Gleichungen, Deviationsgleichungen genannt, sind:*)

$$\begin{aligned}
 1. \quad \tan \delta &= \frac{\mathcal{A} + \mathcal{B} \sin \zeta + \mathcal{C} \cos \zeta + \mathcal{D} \sin 2\zeta + \mathcal{E} \cos 2\zeta}{1 + \mathcal{B} \cos \zeta - \mathcal{C} \sin \zeta + \mathcal{D} \cos 2\zeta - \mathcal{E} \sin 2\zeta} \\
 2. \quad \sin \delta &= \mathcal{A} \cos \delta + \mathcal{B} \sin(\zeta - \delta) + \mathcal{C} \cos(\zeta - \delta) + \mathcal{D} \sin(2\zeta - \delta) \\
 &\quad + \mathcal{E} \cos(2\zeta - \delta) \\
 3. \quad \sin \delta &= \mathcal{A} \cos \delta + \mathcal{B} \sin(\zeta' + \delta) + \mathcal{C} \cos(\zeta' + \delta) \\
 &\quad + \mathcal{D} \sin(2\zeta' + \delta) + \mathcal{E} \cos(2\zeta' + \delta)
 \end{aligned}$$

Die Grössen \mathcal{A} , \mathcal{B} , \mathcal{C} , \mathcal{D} , \mathcal{E} sind hierin auf die Kompassnadel wirkende Theilkräfte des Schiffsmagnetismus und werden Deviationskoeffizienten genannt. Die Bedeutung der einzelnen Koeffizienten wird weiter unten auseinandergesetzt werden.

Setzt man an Stelle der ablenkenden Kräfte die Winkel der Ablenkungen selbst, so erhält man die Gleichung

$$4. \quad \delta = A + B \sin \zeta' + C \cos \zeta' + D \sin 2\zeta' + E \cos \zeta'$$

Diese Gleichung lässt sich unmittelbar aus Gleichung 3 ableiten, wenn man unter der Voraussetzung, dass die Deviation klein und den Betrag von 20° nicht überschreitet, $\sin \delta = \delta$, $\cos \delta = 1$, $\sin(2\zeta' + \delta) = \sin 2\zeta'$ und $\cos(2\zeta' + \delta) = \cos 2\zeta'$ setzt.

Die in der letzten Gleichung vorkommenden Grössen A , B , C , D , E nennt man die genäherten Deviationskoeffizienten oder Näherungs-

*) Bezüglich der mathematischen Ableitung der Gleichungen wird auf die Specialwerke über die Deviationslehre verwiesen, wie F. J. Evans, „Admiralty Manual of the Deviations of the Compass“ 1893, Appendix No. 1, S. 117 u. f., Rottok, „Die Deviationstheorie und ihre Anwendung in der Praxis“, S. 25 u. f.

koeffizienten, zum Unterschiede von den mit den deutschen Buchstaben bezeichneten genauen Koeffizienten. Die Letzteren sind ungefähr gleich den Sinussen der entsprechenden, in Winkelmass ausgedrückten genäherten Koeffizienten.

Aus den Gleichungen 3 und 4 ist ohne Weiteres ersichtlich, dass \mathfrak{A} bzw. A der Koeffizient der konstanten Deviation, \mathfrak{B} und \mathfrak{C} die Koeffizienten der halbkreisartigen, \mathfrak{D} und \mathfrak{E} diejenigen der viertelkreisartigen — \mathfrak{D} der regelmässigen, \mathfrak{E} der unregelmässigen — Deviation sind.

Gleichung 4 giebt direkt die Beträge der Theildeviationen an: A konstante Deviation, $B \sin \zeta' + C \cos \zeta'$ halbkreisartige, $D \sin 2 \zeta' + E \cos 2 \zeta'$ viertelkreisartige Deviation.

3. Bedeutung der Deviationskoeffizienten.

§ 82. Ausser den fünf genannten kommen in der Deviationslehre noch die Koeffizienten λ , μ und χ vor. Die letzteren beiden kommen bei geneigtem Schiff in Betracht; auf diese wird später zurückgekommen werden. Der Koeffizient λ bedarf jedoch einer Erläuterung, ehe die übrigen Koeffizienten besprochen werden.

Der Koeffizient λ und die mittlere Richtkraft. — Die auf den Kompass an Bord nach magnetisch Nord richtend wirkende Horizontalkomponente des vereinigten Erd- und Schiffsmagnetismus, schlechtweg Richtkraft genannt, ändert, wie früher gezeigt, mit der Richtung des Schiffes (bei unkompensirtem Kompass) ihren Werth. Ist die Horizontalkraft des Schiffes- und Erdmagnetismus auf einem Kurse in Richtung der Kompassnadel, also die Richtkraft im Kompassmeridian gleich H' , so ist $H' \cos \delta$ die Richtkraft nach magnetisch Nord für diesen Kurs. Das Mittel aus allen Richtkräften nach magnetisch Nord wird mittlere Richtkraft — H'_m — genannt und das Verhältniss dieser zu der Horizontalkraft des Erdmagnetismus $\frac{H'_m}{H}$ oder auch die mittlere Richtkraft ausgedrückt in Einheiten der erdmagnetischen Horizontalkraft ist gleich λ .

Wie aus den früheren Erörterungen hervorgeht (§ 78), ist die mittlere Richtkraft lediglich abhängig von dem horizontal inducirten Magnetismus des Typs a und e und zwar ist $\lambda = 1 + \frac{a + e}{2}$. Diese Formel zeigt in Uebereinstimmung mit den früheren Betrachtungen, dass $+a$ - und $+e$ -Magnetismus die Richtkraft erhöhen, $-a$ - und $-e$ -Magnetismus sie vermindern. Fast durchweg ist die Richtkraft an Bord vermindert, d. h. kleiner als die erdmagnetische Horizontalkraft; sie beträgt für die Regelkompassse auf Kriegsschiffen 0,7 bis 0,9, bei Thurmkompassen, für welche sowohl a wie e in der Regel negativ sind, meist nur 0,2 bis 0,3.

\mathfrak{A} , der Koeffizient der konstanten Deviation, rührt wie diese von unsymmetrisch um den Kompass vertheiltem, horizontal inducirtem Magnetismus her, wie dies durch die Gleichung $\mathfrak{A} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{d - b}{2}$ zum Ausdruck gelangt. Für mitschiffs aufgestellte Kompassse hat \mathfrak{A} daher ge-

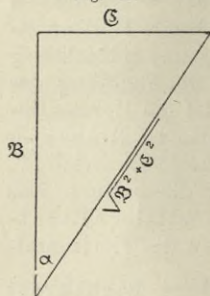
wöhnlich nur sehr kleine Werthe. Ein positives \mathfrak{A} erzeugt östliche, ein negatives westliche Deviation.

Von den beiden Koefficienten der halbkreisartigen Deviation \mathfrak{B} und \mathfrak{C} repräsentirt \mathfrak{B} die in der Längsschiffsrichtung nach vorn, \mathfrak{C} die querschiffs nach Steuerbord wirkende Kraft des vereinigten festen und vertikal inducirten flüchtigen Schiffsmagnetismus, ausgedrückt in Einheiten der mittleren Richtkraft. Die beiden Theile, aus welchen sich die Koefficienten zusammensetzen, treten klar hervor in den Ausdrücken:

$$\mathfrak{B} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{V}{H} + c \operatorname{tang} \Theta \right), \quad \mathfrak{C} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{S}{H} + f \operatorname{tang} \Theta \right).$$

$\frac{V}{H\lambda}$ und $\frac{S}{H\lambda}$ sind die vom festen Magnetismus, $\frac{c \operatorname{tang} \Theta}{\lambda} = \frac{cZ}{\lambda H}$ und $\frac{f \operatorname{tang} \Theta}{\lambda} = \frac{fZ}{\lambda H}$ die vom vertikal inducirten Magnetismus hervorgerufenen Kräfte.*) Ist \mathfrak{B} positiv, so wird der Nordpol der Kompassnadel nach vorn abgelenkt, ist \mathfrak{B} negativ, nach hinten; ein positives \mathfrak{C} lenkt nach Steuerbord, ein negatives nach Backbord ab.

Fig. 65.



Die Gesamtkraft des die semicirculare Deviation erzeugenden Magnetismus oder die Resultirende von \mathfrak{B} und \mathfrak{C} ist gleich $\sqrt{\mathfrak{B}^2 + \mathfrak{C}^2}$; ihre Richtung bildet mit der Kiellinie des Schiffes den Steuerbordwinkel α und bezeichnet die Lage des schiffsmagnetischen Südpols; sie wird von vorn nach Steuerbord herum bis 360° gezählt. Die Grösse des Winkels findet man aus der Gleichung $\operatorname{tang} \alpha = \frac{\mathfrak{C}}{\mathfrak{B}}$, wobei die

Vorzeichen von \mathfrak{B} und \mathfrak{C} zu beachten sind. Sind \mathfrak{B} und \mathfrak{C} positiv, so liegt der Steuerbordwinkel im ersten Quadranten, d. h. der Schiffssüdpol liegt Steuerbord vorn, bei $-\mathfrak{B}$ und $+\mathfrak{C}$ im zweiten, bei $-\mathfrak{B}$ und $-\mathfrak{C}$ im dritten und bei $+\mathfrak{B}$ und $-\mathfrak{C}$ im vierten Quadranten.

Die durch \mathfrak{B} erzeugte Deviation ist Null auf Nord- und Südkurs und erreicht ihren Maximalwerth gleich B auf Kurs Ost ($+B$) und West ($-B$), während die grössten durch \mathfrak{C} hervorgerufenen Deviationen gleich $+C$ und $-C$ auf Kurs Nord und Süd, die Nullwerthe dieser Deviation auf Ost und West liegen.

\mathfrak{D} und \mathfrak{E} bilden die Koefficienten der quadrantalen Deviation. \mathfrak{D} ist das Erzeugniss des horizontal inducirten flüchtigen Magnetismus in symmetrisch, \mathfrak{E} in unsymmetrisch um den Kompass gelagerten Eisenmassen und zwar ist

$$\mathfrak{D} = \frac{1}{\lambda} \frac{a - e}{2}, \quad \mathfrak{E} = \frac{1}{\lambda} \frac{d + b}{2}.$$

\mathfrak{E} ist wie \mathfrak{A} bei mittschiffs stehenden Kompassen sehr klein.

*) Da $H\lambda = \frac{H \cdot H'_m}{H} = H'_m$, so ist auch $\frac{V}{H\lambda} = \frac{V}{H'_m}$, $\frac{c \operatorname{tang} \Theta}{\lambda} = \frac{cZ}{\lambda H} = \frac{cZ H}{H'_m H}$ = $\frac{cZ}{H'_m}$, woraus ersichtlich, dass die Theilbeträge von \mathfrak{B} , also auch \mathfrak{B} ausgedrückt ist in Einheiten von H'_m . Dasselbe gilt für \mathfrak{C} .

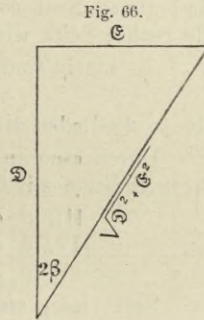
\mathfrak{D} ist fast ohne Ausnahme positiv und mit ihm die viertelkreisartige Deviation. Es deutet dies zusammen mit der Verminderung der Richtkraft auf ein Ueberwiegen des $-e$ -Magnetismus über den $-a$ -Magnetismus.

Kombinirt man die Gleichungen für λ und \mathfrak{D} , so erhält man die oft bequemeren Formen:

$$\begin{aligned} 1 + a &= \lambda (1 + \mathfrak{D}) \\ 1 + e &= \lambda (1 - \mathfrak{D}). \end{aligned}$$

a und e und mit ihnen die von diesen Grössen abhängigen λ und \mathfrak{D} ändern im Allgemeinen wenig und sind bei Schwesterschiffen — bei gleicher Kompassaufstellung — auch annähernd gleich.

Wie die Gesamtkraft des die halbkreisartige Deviation erzeugenden Magnetismus $-\sqrt{\mathfrak{B}^2 + \mathfrak{C}^2}$ — in die Komponenten \mathfrak{B} und \mathfrak{C} zerlegt ist, so kann man sich auch die Koeffizienten \mathfrak{D} und \mathfrak{E} der quadrantal Deviation als die in die Längs- und Querschiffsrichtung fallenden Komponenten einer inducirt-magnetischen Kraft denken, welche mit der Kiellinie den Winkel β bildet. Unter der Berücksichtigung, dass die Wirkungen dieser Komponenten sich wie die Sinusse und Kosinusse des doppelten Winkels ändern, muss $\tan 2\beta = \frac{\mathfrak{C}}{\mathfrak{D}}$ sein. Die Wirkung von \mathfrak{D} und \mathfrak{E} könnte also



durch einen in der Richtung β vom Kompass befindlichen weichen Eisenstab erzielt werden; sie entspricht der Wirkung eines festen Magneten in der Richtung 2β .

4. Bestimmung der Deviationskoeffizienten.

Die Deviationskoeffizienten lassen sich mit Hülfe der Deviationsgleichungen aus den Deviationen auf mindestens fünf Kursen berechnen. Man bildet für jede Deviation die Gleichung und löst die fünf Gleichungen nach den fünf Koeffizienten A, B, C, D, E auf. Am bequemsten und besten erfolgt die Berechnung aus den Deviationen einer Anzahl äquidistanter, d. h. gleichmässig um die Rose vertheilter Kurse. Da die direkte Berechnung der genauen Koeffizienten umständlich ist, so berechnet man in der Regel die Näherungskoeffizienten, welche für die meisten Fälle der Praxis genügen und aus diesen die genauen.

a. Berechnung der Näherungskoeffizienten.

§ 83. Sind die Deviationen auf einer Anzahl äquidistanter Kurse bekannt, so werden die Koeffizienten A, B, C, D, E aus denselben in tabellarischer Form berechnet. Für die Deviationen aller 32 Kompassstriche hat man die 32 Gleichungen:

$$\begin{aligned} \delta_0 &= A + B \sin \zeta'_0 + C \cos \zeta'_0 + D \sin 2\zeta'_0 + E \cos 2\zeta'_0 \\ \delta_1 &= A + B \sin \zeta'_1 + C \cos \zeta'_1 + D \sin 2\zeta'_1 + E \cos 2\zeta'_1 \\ \delta_2 &= A + B \sin \zeta'_2 + C \cos \zeta'_2 + D \sin 2\zeta'_2 + E \cos 2\zeta'_2 \\ &\vdots \\ \delta_{31} &= A + B \sin \zeta'_{31} + C \cos \zeta'_{31} + D \sin 2\zeta'_{31} + E \cos 2\zeta'_{31}. \end{aligned}$$

Addirt man alle 32 Gleichungen, so erhält man

$$\text{I. } \delta_0 + \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_{31} = 32 A.$$

Die übrigen Glieder der rechten Seite werden gleich Null, weil die Summen $\Sigma \sin \zeta'$, $\Sigma \cos \zeta'$, $\Sigma \sin 2\zeta'$ und $\Sigma \cos 2\zeta'$ gleich Null sind.

Addirt man die Gleichungen, nachdem man vorher jede mit dem in ihr vorkommenden Faktor von B ($\sin \zeta'$) multipliziert hat, so ergibt sich:

$$\text{II. } \delta_0 \sin \zeta'_0 + \delta_1 \sin \zeta'_1 + \delta_2 \sin \zeta'_2 + \dots + \delta_{31} \sin \zeta'_{31} = 16 B,$$

denn die Summen $\Sigma \sin^2 \zeta'$, $\Sigma \cos \zeta' \sin \zeta'$, $\Sigma \sin 2\zeta' \sin \zeta'$ und $\Sigma \cos 2\zeta' \sin \zeta'$ sind gleich Null, so dass die Glieder mit A , C , D und E wegfallen und die rechte Seite wird: $(\sin^2 \zeta'_0 + \sin^2 \zeta'_1 + \dots + \sin^2 \zeta'_{31}) B$;

$$\text{hierin sind aber } \sin^2 \zeta'_0 + \sin^2 \zeta'_8 = \sin^2 \zeta'_9 + \cos^2 \zeta'_9 = 1$$

$$\sin^2 \zeta'_1 + \sin^2 \zeta'_7 = \sin^2 \zeta'_1 + \cos^2 \zeta'_1 = 1$$

etc. je 2 Glieder der Summe gleich 1, alle 32 Glieder demnach gleich 16.

Durch eine analoge Behandlung der Gleichungen, indem man sie vor ihrer Addition mit den Faktoren von C , D und E multiplicirt, erhält man:

$$\text{III. } \delta_0 \cos \zeta'_0 + \delta_1 \cos \zeta'_1 + \dots + \delta_{31} \cos \zeta'_{31} = 16 C$$

$$\text{IV. } \delta_0 \sin 2\zeta'_0 + \delta_1 \sin 2\zeta'_1 + \dots + \delta_{31} \sin 2\zeta'_{31} = 16 D$$

$$\text{V. } \delta_0 \cos 2\zeta'_0 + \delta_1 \cos 2\zeta'_1 + \dots + \delta_{31} \cos 2\zeta'_{31} = 16 E.$$

Setzt man $\sin \zeta'_0 = S_0$, $\sin \zeta'_1 = S_1$, $\sin \zeta'_2 = S_2$ etc. und für die Kosinusse dieselben Bezeichnungen, indem man sie durch die Sinusse der Komplementwinkel ausdrückt

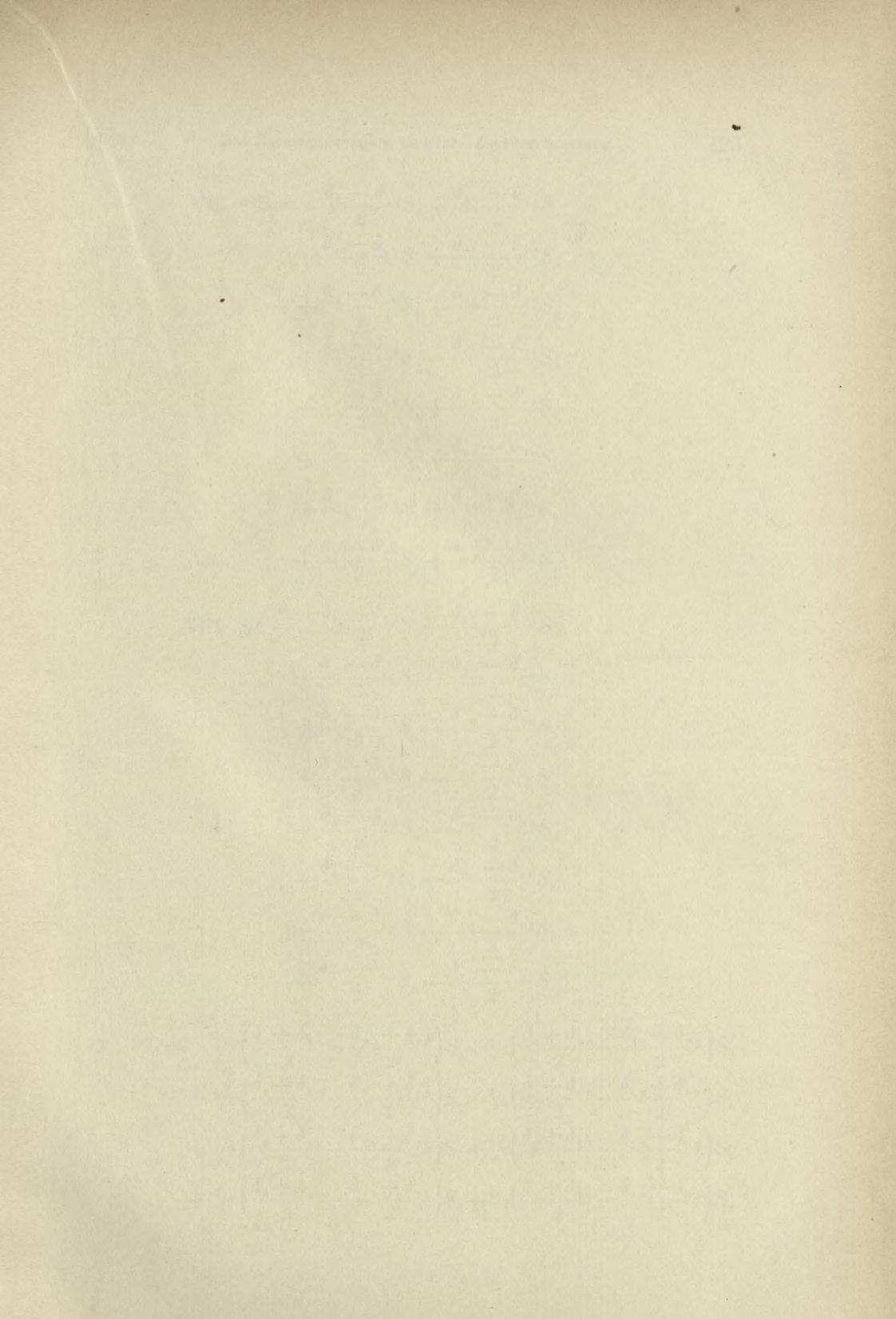
z. B. $\cos \zeta'_8 = \sin \zeta'_0 = S_0$ und ebenso

$$\begin{aligned} \sin \zeta'_{16} &= \sin 2\zeta'_0 = \sin 2\zeta'_{16} = \cos \zeta'_8 = \cos \zeta'_{24} = 2 \cos 2\zeta'_4 \\ &= \cos 2\zeta'_{12} = \cos 2\zeta'_{20} = S_0, \end{aligned}$$

$$\sin \zeta'_1 = \sin \zeta'_{15} = \cos \zeta'_7 = \cos \zeta'_{25} = S_1 \text{ etc.},$$

so gehen die Gleichungen I bis V nach einer leichten Umformung in folgende für die Berechnung bequeme Formeln über:

$$\begin{aligned} \text{VI. } 8A &= \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_0 + \delta_{16}}{2} + \frac{\delta_8 + \delta_{24}}{2} \right) \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_1 + \delta_{17}}{2} + \frac{\delta_9 + \delta_{25}}{2} \right) \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_2 + \delta_{18}}{2} + \frac{\delta_{10} + \delta_{26}}{2} \right) \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_3 + \delta_{19}}{2} + \frac{\delta_{11} + \delta_{27}}{2} \right) \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_4 + \delta_{20}}{2} + \frac{\delta_{12} + \delta_{28}}{2} \right) \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_5 + \delta_{21}}{2} + \frac{\delta_{13} + \delta_{29}}{2} \right) \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_6 + \delta_{22}}{2} + \frac{\delta_{14} + \delta_{30}}{2} \right) \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_7 + \delta_{23}}{2} + \frac{\delta_{15} + \delta_{31}}{2} \right) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{VII. } 8B = & \frac{\delta_0 - \delta_{16}}{2} S_0 + \frac{\delta_8 - \delta_{24}}{2} S_8 \\
 & + \frac{\delta_1 - \delta_{17}}{2} S_1 + \frac{\delta_9 - \delta_{25}}{2} S_9 \\
 & + \frac{\delta_2 - \delta_{18}}{2} S_2 + \frac{\delta_{10} - \delta_{26}}{2} S_{10} \\
 & + \frac{\delta_3 - \delta_{19}}{2} S_3 + \frac{\delta_{11} - \delta_{27}}{2} S_{11} \\
 & + \frac{\delta_4 - \delta_{20}}{2} S_4 + \frac{\delta_{12} - \delta_{28}}{2} S_{12} \\
 & + \frac{\delta_5 - \delta_{21}}{2} S_5 + \frac{\delta_{13} - \delta_{29}}{2} S_{13} \\
 & + \frac{\delta_6 - \delta_{22}}{2} S_6 + \frac{\delta_{14} - \delta_{30}}{2} S_{14} \\
 & + \frac{\delta_7 - \delta_{23}}{2} S_7 + \frac{\delta_{15} - \delta_{31}}{2} S_{15}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{VIII. } 8C = & \frac{\delta_0 - \delta_{16}}{2} S_8 - \frac{\delta_8 - \delta_{24}}{2} S_0 \\
 & + \frac{\delta_1 - \delta_{17}}{2} S_7 - \frac{\delta_9 - \delta_{25}}{2} S_1 \\
 & + \frac{\delta_2 - \delta_{18}}{2} S_6 - \frac{\delta_{10} - \delta_{26}}{2} S_2 \\
 & + \frac{\delta_3 - \delta_{19}}{2} S_5 - \frac{\delta_{11} - \delta_{27}}{2} S_3 \\
 & + \frac{\delta_4 - \delta_{20}}{2} S_4 - \frac{\delta_{12} - \delta_{28}}{2} S_4 \\
 & + \frac{\delta_5 - \delta_{21}}{2} S_3 - \frac{\delta_{13} - \delta_{29}}{2} S_5 \\
 & + \frac{\delta_6 - \delta_{22}}{2} S_2 - \frac{\delta_{14} - \delta_{30}}{2} S_6 \\
 & + \frac{\delta_7 - \delta_{23}}{2} S_1 - \frac{\delta_{15} - \delta_{31}}{2} S_7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{IX. } 4D = & \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_0 + \delta_{16}}{2} - \frac{\delta_8 + \delta_{24}}{2} \right) S_0 + \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_4 + \delta_{20}}{2} - \frac{\delta_{12} + \delta_{28}}{2} \right) S_8 \\
 & + \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_1 + \delta_{17}}{2} - \frac{\delta_9 + \delta_{25}}{2} \right) S_2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_5 + \delta_{21}}{2} - \frac{\delta_{13} + \delta_{29}}{2} \right) S_6 \\
 & + \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_2 + \delta_{18}}{2} - \frac{\delta_{10} + \delta_{26}}{2} \right) S_4 + \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_6 + \delta_{22}}{2} - \frac{\delta_{14} + \delta_{30}}{2} \right) S_4 \\
 & + \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_3 + \delta_{19}}{2} - \frac{\delta_{11} + \delta_{27}}{2} \right) S_6 + \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_7 + \delta_{23}}{2} - \frac{\delta_{15} + \delta_{31}}{2} \right) S_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{X. } 4 E = & \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_0 + \delta_{16}}{2} - \frac{\delta_8 + \delta_{24}}{2} \right) S_8 - \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_4 + \delta_{20}}{2} - \frac{\delta_{12} + \delta_{28}}{2} \right) S_0 \\
 & + \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_1 + \delta_{17}}{2} - \frac{\delta_9 + \delta_{25}}{2} \right) S_6 - \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_5 + \delta_{21}}{2} - \frac{\delta_{13} + \delta_{29}}{2} \right) S_2 \\
 & + \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_2 + \delta_{18}}{2} - \frac{\delta_{10} + \delta_{26}}{2} \right) S_4 - \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_6 + \delta_{22}}{2} - \frac{\delta_{14} + \delta_{30}}{2} \right) S_4 \\
 & + \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_3 + \delta_{19}}{2} - \frac{\delta_{11} + \delta_{27}}{2} \right) S_2 - \frac{1}{2} \left(\frac{\delta_7 + \delta_{23}}{2} - \frac{\delta_{15} + \delta_{31}}{2} \right) S_6
 \end{aligned}$$

Jede Zeile der vorstehenden Gleichungen enthält die Deviationen von vier oder acht Strichen und giebt einen Werth für den betreffenden Koeffizienten, indem der Faktor des Letzteren auf der linken Seite entsprechend reducirt wird.

Sind z. B. die Deviationen auf den 16 Kompassstrichen $\zeta'_0, \zeta'_2, \zeta'_4 \dots \zeta'_{30}$ beobachtet, so fallen in den Gleichungen die geraden Reihen, in denen die ungeraden δ vorkommen, weg und die linke Seite wird $4 A, 4 B, 4 C, 2 D, 2 E$.

$$\begin{aligned}
 \text{Z. B. wird VII: } 4 B = & \frac{\delta_0 - \delta_{16}}{2} S_0 + \frac{\delta_8 - \delta_{24}}{2} S_8 \\
 & + \frac{\delta_2 - \delta_{18}}{2} S_2 + \frac{\delta_{10} - \delta_{26}}{2} S_6 \\
 & + \frac{\delta_4 - \delta_{20}}{2} S_4 + \frac{\delta_{12} - \delta_{28}}{2} S_4 \\
 & + \frac{\delta_6 - \delta_{22}}{2} S_6 + \frac{\delta_{14} - \delta_{30}}{2} S_2.
 \end{aligned}$$

Aus den Deviationen von acht äquidistanten Kursen erhält man die Werthe für $2 A, 2 B, 2 C, D$ und E .

Die tabellarische Rechnung, welche durch das Beispiel auf Seite 125 erläutert ist, gestaltet sich hiernach, wie folgt:

1. Die erste Rubrik enthält die Kompasskurse von Nord durch Ost bis Süd; daneben in Spalte I werden die beobachteten Deviationen eingetragen. Rubrik III enthält die Kurse von Süd durch West nach Nord und Spalte II daneben die zugehörigen Deviationen, so dass die Deviationen von je zwei entgegengesetzten Kursen in Spalte I und II nebeneinander stehen.

2. Man bilde von je zwei nebeneinander stehenden Zahlen der Spalte I und II unter Berücksichtigung ihrer Vorzeichen die halben Summen und Differenzen, trage erstere in Spalte III, letztere in Spalte IV ein.

3. Spalte V enthält die Multiplikatoren von B, wie sie in der Gleichung vorkommen, S_0, S_1, S_2 etc., und daneben die Produkte dieser mit den Werthen der Spalte IV, die Glieder von B.

4. Spalte VI enthält ebenso die Faktoren von C, also $S_8 (=1), S_7$ etc. und die Produkte dieser mit den Zahlen der Spalte IV, die Glieder von C.

5. In Spalte Ia trage man die obere Hälfte der Spalte III, in Spalte IIa die untere Hälfte derselben ein, bilde aus zwei nebeneinander

Nach der Bestimmung vom 11. Juni 1899.

Ort: Ostsee. Breite 54° 53' N. Länge 17° 58' O.

Berechnung der Koeffizienten für den Peilkompass S. M. S. „Sachsen“.

Kompasskurs	Spalte I δ	Kompasskurs	Spalte II δ	Spalte III $\frac{1}{2}$ Spalte I $+$ Spalte II	Spalte IV $\frac{1}{2}$ Spalte I $+$ Spalte II	Spalte V Berechnung von B		Spalte VI Berechnung von C		Spalte Ia Obere Hälfte von Spalte III	Spalte IIa Untere Hälfte von Spalte III	Spalte IIIa $\frac{1}{2}$ Spalte Ia $+$ Spalte IIa	Spalte IVa $\frac{1}{2}$ Spalte Ia $+$ Spalte IIa	Spalte Va Berechnung von D		Spalte VIa Berechnung von E	
						Spalte IV \times Multiplikatoren	Spalte V \times Multiplikatoren	Spalte IV \times Multiplikatoren	Spalte V \times Multiplikatoren					Multiplikatoren	Multiplikatoren	Multiplikatoren	Multiplikatoren
Nord	+ 2,8°	Süd	- 5,0°	- 1,1°	+ 3,9°	0	0	1	+ 3,90	- 1,10°	- 0,3°	- 0,70°	- 0,40°	0	0	1	- 0,40°
NzO	+ 5,0	SzW	- 3,4	+ 0,8	+ 4,2	S1	S7	S7	4,12	+ 0,80	1,9	- 0,55	1,35	S2	S6	S6	1,25
NNO	+ 6,8	SSW	- 2,8	+ 2,0	+ 4,8	S1	S6	S6	4,43	+ 2,0	3,5	- 0,75	2,75	S4	S4	S4	1,95
NOzN	+ 7,4	SWzS	- 2	+ 2,7	+ 4,7	S3	S5	S5	3,91	+ 2,7	4,7	- 1,00	3,70	S6	S2	S2	3,42
NO	+ 7,8	SW	- 1	+ 3,4	+ 4,4	S4	S4	S4	3,11	+ 3,4	5,5	- 1,05	4,45	1	0	0	0
NOzO	+ 6,6	SWzW	0	+ 3,3	+ 3,3	S5	S3	S3	1,83	+ 3,3	4,5	- 0,60	3,90	S6	S2	S2	3,60
ONO	+ 4,8	WSW	0	+ 2,4	+ 2,4	S6	S2	S2	2,22	+ 2,4	3,4	- 0,50	2,90	S4	S4	S4	2,05
OzN	+ 2,6	WzS	- 0,8	+ 0,9	+ 1,7	S7	S1	S1	1,67	+ 0,9	2,0	- 0,55	1,45	S2	S6	S6	0,56
Ost	+ 0,4	West	- 1,0	- 0,3	+ 0,7	1	0	0	0	+ Summe	+ Summe	+ Summe	+ Summe	+ Summe	16,55	4,62	4,62
OzS	- 1,8	WzN	- 2,0	- 1,9	+ 0,1	S7	S1	S1	0,10	- 1,9	- Summe	- Summe	- Summe	- Summe	—	5,28	5,28
OSO	- 3,2	NWzN	- 3,8	- 3,5	+ 0,3	S6	S2	S2	0,28	- 3,8	- Summe	- Summe	- Summe	- Summe	—	—	—
SOzO	- 4,8	NWzW	- 4,6	- 4,7	+ 0,1	S5	S3	S3	0,08	- 4,6	8 A = - 5,70	4 D = - 16,55	4 D = - 16,55	4 D = - 16,55	4 E = - 0,66	—	—
SO	- 6,0	NW	- 5,0	- 5,5	- 0,5	S4	S4	S4	0,35	- 5,0	A = - 0,71°	D = + 4,138°	D = + 4,138°	D = + 4,138°	E = - 0,165°	—	—
SOzS	- 6,0	NWzN	- 3,0	- 4,5	- 1,5	S3	S5	S5	0,92	- 3,0	—	—	—	—	—	—	—
SSO	- 5,8	NNW	+ 1,0	- 3,4	+ 2,4	S2	S6	S6	2,22	+ 1,0	—	—	—	—	—	—	—
SzO	- 5,0	NzW	+ 1,0	- 2,0	+ 3,0	S1	S7	S7	0,59	+ 1,0	—	—	—	—	—	—	—
									29,37								
									—								
									0,13								
									8 B = + 13,32								
									8 C = + 29,24								
									B = + 1,665°								
									C = + 3,651°								

Bemerkung: Die Deviationen sind aus der Deviationskurve (Seite 102) entnommen.

stehenden Zahlen dieser beiden Spalten die halbe Summe und halbe Differenz, schreibe erstere in Spalte IIIa, letztere in IVa.

6. Es folgen in Spalte Va die Multiplikatoren von D ($S_0, S_2, S_4 \dots$), daneben ihre Produkte mit den Zahlen der Spalte IVa, also die Glieder von D ; darauf in Spalte VIa die Multiplikatoren von E und ihre Produkte mit den Zahlen der Spalte IVa, d. h. die Glieder von E .

7. Das arithmetische Mittel aus den Zahlen der Spalte III oder IIIa giebt den Koeffizienten A , das Mittel aus Spalte V giebt B , Spalte VI C , Spalte Va D , Spalte VIa E .

Spalte III enthält gleichzeitig den unveränderlichen Theil der Deviation, d. h. konstante plus viertelkreisartige Deviation, Spalte IV die halbkreisartige, IIIa die konstante und IVa die viertelkreisartige Deviation. Zur Erläuterung hierzu diene Folgendes:

Es seien $\delta', \delta'', \delta''', \delta''''$ die Deviationen zu 4 um 90° von einander entfernt liegenden Kompasskursen $\zeta', \zeta' + 90^\circ, \zeta' + 180^\circ, \zeta' + 270^\circ$, so sind die Deviationsgleichungen:

1. $\delta' = A + B \sin \zeta' + C \cos \zeta' + D \sin 2 \zeta' + E \cos 2 \zeta'$
2. $\delta'' = A + B \cos \zeta' - C \sin \zeta' - D \sin 2 \zeta' - E \cos 2 \zeta'$
3. $\delta''' = A - B \sin \zeta' - C \cos \zeta' + D \sin 2 \zeta' + E \cos 2 \zeta'$
4. $\delta'''' = A - B \cos \zeta' + C \sin \zeta' - D \sin 2 \zeta' - E \cos 2 \zeta'$.

Die Subtraktion und Addition der Gleichung 1 und 3 ergibt:

$$\frac{\delta' - \delta'''}{2} = B \sin \zeta' + C \cos \zeta' \text{ (semicirkuläre Deviaton),}$$

$$\frac{\delta' + \delta'''}{2} = A + D \sin 2 \zeta' + E \cos 2 \zeta' \text{ (unveränderlicher Theil der}$$

Deviation, d. h. konstante und quadrantale Deviation).

Gleichung 2 und 4 addirt giebt:

$$\frac{\delta'' + \delta''''}{2} = A - D \sin 2 \zeta' - E \cos 2 \zeta'.$$

Durch Bilden der halben Summe und halben Differenz aus den beiden letzten Gleichungen folgt:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{\delta' + \delta'''}{2} + \frac{\delta'' + \delta''''}{2} \right) = A \text{ (konstante Deviation),}$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{\delta' + \delta'''}{2} - \frac{\delta'' + \delta''''}{2} \right) = D \sin 2 \zeta' + E \cos 2 \zeta' \text{ (quadrantale Deviation).}$$

Hieraus ergibt sich: die halbkreisartige Deviation eines Kompasskurses ist gleich der halben Differenz aus der Deviation desselben und des entgegengesetzten Kurses. Bildet man ferner das arithmetische Mittel aus der Deviation des Kurses und des entgegengesetzten, sowie das Mittel aus den beiden von jenen um 90° entfernt liegenden Kursen, so ist die halbe Differenz dieser beiden Mittel gleich der viertelkreisartigen, die halbe Summe gleich der konstanten Deviation.

Zur Erleichterung der tabellarischen Berechnung der Koeffizienten ist im Anhang eine Tabelle (Tabelle III) der Produkte von S_1, S_2 etc. mit den Winkeln von 0° bis 40° von Zehntel zu Zehntel Grade gegeben.

b. Angenäherte Bestimmung der Koeffizienten A, B, C, D, E .

§ 84. Aus den Deviationen weniger Kurse findet man angenähert die Koeffizienten, wie folgt:

A ist gleich dem arithmetischen Mittel aus den Deviationen der vier Kardinalstriche oder vier anderer äquidistanter Kompassstriche

$$A = \frac{1}{4} (\delta_N + \delta_S + \delta_O + \delta_W).$$

Beispiel.

Für den Peilkompass S. M. S. „Sachsen“ (vergl. Tabelle S. 125) ist:

$$\begin{array}{r} \delta_N = +2,8^\circ \\ \delta_O = +0,4^\circ \\ \hline +3,2^\circ \\ 4A = -2,8^\circ \\ A = -0,7^\circ \end{array} \qquad \begin{array}{r} \delta_S = -5^\circ \\ \delta_W = -1^\circ \\ \hline -6^\circ \end{array}$$

B ist gleich der halben Differenz der Deviationen auf Kurs Ost und West, also dem Mittel dieser beiden Deviationen wenn das Vorzeichen der Deviation auf Kurs West umgekehrt wird

$$B = \frac{\delta_O - \delta_W}{2}.$$

Ist A und E gleich Null, so kann man auch B gleich der Deviation auf Kurs Ost, oder der Deviation auf West mit umgekehrten Vorzeichen setzen.

Beispiel.

Für den Peilkompass S. M. S. „Sachsen“ ist:

$$\delta_O = +0,4^\circ, \delta_W = -1^\circ \\ B = 1/2 (+0,4^\circ - [-1^\circ]) = +0,7^\circ.$$

C ist gleich der halben Differenz der Deviationen auf Kurs Nord und Süd, und wenn A und E gleich Null sind, gleich der Deviation auf Kurs Nord oder derjenigen auf Süd mit umgekehrten Vorzeichen.

$$C = \frac{\delta_N - \delta_S}{2}.$$

Beispiel.

Für den Peilkompass S. M. S. „Sachsen“ ist:

$$\delta_N = +2,8^\circ, \delta_S = -5^\circ \\ C = 1/2 (+2,8^\circ - [-5^\circ]) = +3,9^\circ.$$

D ist gleich dem arithmetischen Mittel aus den Deviationen der vier Interkardinalkurse, bei Kurs SO und NW die umgekehrten Vorzeichen gesetzt

$$D = \frac{\delta_{NO} + \delta_{SW} - \delta_{SO} - \delta_{NW}}{4}.$$

Beispiel.

Für den Peilkompass S. M. S. „Sachsen“ ist:

$$\delta_{NO} = +7,8^\circ, \delta_{SO} = -6^\circ, \delta_{SW} = -1^\circ, \delta_{NW} = -5^\circ \\ D = 1/4 (+7,8^\circ - 1^\circ + 6^\circ + 5^\circ) = +4,45^\circ.$$

E ist gleich dem arithmetischen Mittel aus den Deviationen der Kardinalkurse, bei Ost- und Westkurs das umgekehrte Vorzeichen gesetzt

$$E = \frac{\delta_N + \delta_S - \delta_O - \delta_W}{4}.$$

Beispiel.

Für den Peilkompass S. M. S. „Sachsen“ ist nach den oben angegebenen Deviationswerthen

$$E = 1/4 (+2,8^\circ - 5^\circ - 0,4^\circ + 1^\circ) = -0,4^\circ.$$

$$\frac{\mathbb{C}}{\mathfrak{B}} = \frac{+0,062}{+0,030} = \text{tang } \alpha \quad \begin{array}{l} \log 0,062 = 0,7924 - 2 \\ \log 0,030 = 0,4771 - 2 \end{array}$$

$$\log \text{tang } \alpha = \log \frac{\mathbb{C}}{\mathfrak{B}} = 0,3153.$$

$$\alpha = 64^\circ 11'*)$$

$$\sqrt{\mathfrak{B}^2 + \mathbb{C}^2} = 0,070.$$

2. Nach den Formeln:

$$1. \mathfrak{A} = \sin A,$$

$$2. \mathfrak{B} = \sin B \times \left(1 + \frac{1}{2} \sin D + \frac{1}{6} \sin^2 \frac{B}{2} - \frac{1}{2} \sin^2 \frac{C}{2} \right) + \frac{1}{2} \sin C \times \sin E.$$

$$3. \mathbb{C} = \sin C \times \left(1 - \frac{1}{2} \sin D - \frac{1}{2} \sin^2 \frac{B}{2} + \frac{1}{6} \sin^2 \frac{C}{2} \right) + \frac{1}{2} \sin B \times \sin E,$$

$$4. \mathfrak{D} = \sin D \times \left(1 + \frac{2}{3} \sin^2 \frac{D}{2} \right).$$

$$5. \mathbb{E} = \sin E - \sin A \times \sin D.$$

$$1. \mathfrak{A} = \sin A = \sin - 0^\circ 42' = - 0,012.$$

$$\sin B = + 0,029$$

$$\sin C = + 0,064$$

$$\sin D = + 0,072$$

$$\sin E = - 0,003$$

$$\frac{B}{2} = + 0^\circ 50' \log \sin^2 \frac{B}{2} = 6,3254$$

$$\frac{C}{2} = + 1^\circ 50' \log \sin^2 \frac{C}{2} = 7,0101$$

$$\frac{D}{2} = + 2^\circ 4' \log \sin^2 \frac{D}{2} = 7,1141$$

$$\log 2 = 0,3010$$

$$\log 2 = 0,3010$$

$$\log 2 = 0,3010$$

$$\log = 0,0244 - 4$$

$$\log = 0,7091 - 4$$

$$\log = 0,4131 - 3$$

$$\frac{1}{2} \sin^2 \frac{B}{2} = 0,000$$

$$\frac{1}{2} \sin^2 \frac{C}{2} = 0,001$$

$$\log 3 = 0,4771$$

$$\frac{1}{6} \sin^2 \frac{B}{2} = 0,000$$

$$\frac{1}{6} \sin^2 \frac{C}{2} = 0,000$$

$$\log = 0,9380 - 4$$

$$\frac{2}{3} \sin^2 \frac{D}{2} = 0,001$$

$$\log \sin C = 8,8039$$

$$\log \sin B = 8,4637$$

$$\log \sin A = 8,0972 \text{ n}$$

$$\log \sin E = 7,5051 \text{ n}$$

$$\log \sin E = 7,5051 \text{ n}$$

$$\log \sin D = 8,8578$$

$$\log = 6,3090 \text{ n}$$

$$\log = 5,9688$$

$$\log = 0,9550 - 4 \text{ n}$$

$$\log 2 = 0,3010$$

$$\log 2 = 0,3010$$

$$\sin A \sin D = 0,001$$

$$\log = 0,0080 - 4 \text{ n}$$

$$\log = 0,6678 - 5 \text{ n}$$

$$\frac{1}{2} \sin C \sin E = 0,000$$

$$\frac{1}{2} \sin B \sin E = 0,000$$

$$2. \mathfrak{B} = + 0,029 (1 + 0,036 + 0,000 - 0,000) + 0,000$$

$$3. \mathbb{C} = + 0,064 (0,964 \pm 0,000) - 0$$

$$= + 0,029 \times 1,036 \quad \log 0,029 = 0,4624 - 2$$

$$= + 0,064 \times 0,964 \quad \log 0,064 = 0,8062 - 2$$

$$\log 1,036 = 0,0154$$

$$\log 0,964 = 0,9841 - 1$$

$$\log \mathfrak{B} = 0,4778 - 2$$

$$\log \mathbb{C} = 0,7903 - 2$$

$$= + 0,030.$$

$$= + 0,062.$$

$$4. \mathfrak{D} = + 0,072 (1 + 0,000)$$

$$5. \mathbb{E} = - 0,003 - (- 0,001)$$

$$= + 0,072.$$

$$= - 0,002.$$

§ 86. d. Bestimmung des Koefficienten λ .

1. Durch Beobachtungen auf einer Anzahl äquidistanter magnetischer Kurse.

Man bestimmt auf jedem Kurse das Verhältniss $\frac{H'}{H}$, multiplicirt diesen Werth mit dem Kosinus der Deviation des Kurses und nimmt aus den so gefundenen Werthen das Mittel. Bei n Kursen ist

$$\lambda = \frac{\sum \frac{H'}{H} \cos \delta}{n}.$$

*) α liegt im ersten Quadranten, weil \mathbb{C} und \mathfrak{B} positiv.
Lehrbuch der Navigation.

$\frac{H'}{H}$ ist die Richtkraft in Richtung des Kompassnordens, ausgedrückt in Einheiten der erdmagnetischen Horizontalkraft, auf dem einzelnen Kurse, $\frac{H'}{H} \cos \delta$ die Richtkraft nach magnetisch Nord.

Die Grössen $\frac{H'}{H}$ werden ermittelt durch Schwingungsbeobachtungen einer Horizontalnadel gemäss § 43 an Bord — am Orte der Kompassrose — und an Land — an einem von störenden magnetischen Einflüssen freien Platz. Man benutzt hierzu das Deviationsmagnetometer (vgl. § 133 ff.) oder eine Deklinationsnadel. Die Nadel wird durch einen Magneten um 20° bis 30° aus ihrer Ruhelage abgelenkt und in Schwingungen versetzt, und wenn der Ausschlag der Nadel etwa 20° beträgt, die Zeitdauer einer bestimmten Anzahl von Schwingungen (am besten eine durch 10 theilbare Zahl, etwa 30) beobachtet. Hierzu notirt man die Zeit, zu welcher die Nadel eine feste Marke — Nullpunkt beim Magnetometer, Steuerstrich beim Kompass — passirt und zählt von da ab die Schwingungen, bis die Nadel nahezu zur Ruhe gelangt. Es empfiehlt sich, mehrere solcher Beobachtungsreihen zu machen und aus allen die mittlere Schwingungsdauer von einer oder von zehn Schwingungen der Nadel zu berechnen. Ist t die so erhaltene Schwingungsdauer an Land, t' diejenige einer gleichen Anzahl Schwingungen an Bord, so ist nach § 43 $\frac{H'}{H} = \frac{t^2}{t'^2}$.

Beispiel.

Zur Bestimmung von λ wurden auf den magnetischen Kursen ONO, SSO, WSW und NNW Schwingungsbeobachtungen gemacht und fand man für zehn Schwingungen eine Schwingungsdauer von 17,4, 22,6, 20,0 und 17,0 Sekunden, während am Lande die Schwingungsdauer für eine gleiche Anzahl Schwingungen 17,8 Sekunden betrug. Die Deviationen auf den angegebenen Kursen waren $+20^\circ$, $+9^\circ 40'$, -20° und $-9^\circ 54'$.

ζ	t	t'	$\frac{H'}{H} = \frac{t^2}{t'^2}$	δ	$\cos \delta$	$\frac{H'}{H} \cos \delta$
ONO	17,4 ^s	17,8 ^s	1,047	$+20^\circ 0'$	0,939	0,983
SSO	22,6		0,623	$+9^\circ 40'$	0,985	0,611
WSW	20,0		0,792	$-20^\circ 0'$	0,939	0,744
NNW	17,0		1,096	$-9^\circ 54'$	0,985	1,080

Summe = 3,414

$$\lambda = \frac{3,414}{4} = 0,854$$

2. Auf einem Kurse oder mehreren ungleich vertheilten Kursen.

Sind die Koeffizienten \mathfrak{B} , \mathfrak{C} , \mathfrak{D} bekannt, so lässt sich λ berechnen nach der Gleichung:

$$\lambda = \frac{H'}{H} \frac{\cos \delta}{1 + \mathfrak{B} \cos \zeta - \mathfrak{C} \sin \zeta + \mathfrak{D} \cos 2 \zeta}$$

$\frac{H'}{H}$ wird ermittelt, wie unter 1 angegeben.

Sind gleichwerthige Beobachtungen auf mehreren Kursen gemacht, so wird für λ das Mittel aus den erhaltenen Resultaten genommen. Die Rechnung erfolgt am besten schematisch, wie dies im folgenden Beispiel geschehen ist.

Beispiel.

Auf den Kompasskursen N 6° O, S 65° 30' O, S 87° 40' W und N 43° W wurde eine Deviation von + 5° 15', + 11° 50', - 17° 40' und 19° 30', eine Schwingungsdauer der Deklinationsnadel für zehn Schwingungen von 19,16, 26,83, 24,38 und 20,80 Sekunden beobachtet. Die entsprechende Schwingungsdauer am Lande betrug 20,60 Sekunden. Es war $\mathfrak{B} = + 0,362$, $\mathfrak{C} = + 0,051$, $\mathfrak{D} = + 0,121$.

Die magnetischen Kurse sind hiernach N 11° 15' O, S 53° 40' O, S 70° W, N 62° 30' W.

t'	t	t'^2	t^2	$\frac{H'}{H} = \frac{t^2}{t'^2}$	δ	$\cos \delta$	ζ	$\sin \zeta$	$\cos \zeta$	2ζ	$\cos 2 \zeta$
19,16	20,60	367,1	424,4	1,156	+ 5° 15'	0,996	11° 15'	+ 0,195	+ 0,981	22° 30'	+ 0,924
26,83	"	719,8		0,590	+ 11 50	0,979	126 20'	+ 0,805	- 0,592	252 40	- 0,298
24,38	"	594,4		0,714	- 17 40	0,953	250 0	- 0,940	- 0,342	500 0	- 0,766
20,80	"	432,6		0,981	- 19 30	0,943	297 30	- 0,887	+ 0,462	595 0	- 0,573

$$\lambda_1 = 1,156 \frac{0,996}{1 + 0,362 \cdot 0,981 - 0,051 \cdot 0,195 + 0,121 \cdot 0,924} = 1,156 \cdot \frac{0,996}{1,457} = 1,156 \cdot 0,683 = 0,790.$$

$$\lambda_2 = 0,590 \frac{0,979}{1 + 0,362 \cdot (-0,592) - 0,051 \cdot 0,805 + 0,121 \cdot (-0,298)} = 0,590 \cdot \frac{0,979}{0,709} = 0,590 \cdot 1,382 = 0,815.$$

$$\lambda_3 = 0,714 \frac{0,953}{1 + 0,362 \cdot (-0,342) - 0,051 \cdot (-0,940) + 0,121 \cdot (-0,766)} = 0,714 \cdot \frac{0,953}{0,830} = 0,714 \cdot 1,147 = 0,820.$$

$$\lambda_4 = 0,981 \frac{0,943}{1 + 0,362 \cdot 0,462 - 0,051 \cdot (-0,887) + 0,121 \cdot (-0,573)} = 0,981 \cdot \frac{0,943}{1,143} = 0,981 \cdot 0,825 = 0,809.$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 3,234$$

$$\lambda = 0,809.$$

e. Bestimmung von \mathfrak{B} , \mathfrak{C} , \mathfrak{D} und λ durch Schwingungs- und Deviationsbeobachtungen auf 2 Kursen.

§ 87. Sind ζ'_1 und ζ'_2 zwei Kompasskurse, ζ_1 und ζ_2 die zugehörigen magnetischen Kurse, $\frac{H'_1}{H}$ und $\frac{H'_2}{H}$ die durch Schwingungsbeobachtungen

der Horizontalnadel auf den beiden Kursen gefundenen Werthe für die Richtkraft, so lassen sich die Koefficienten \mathfrak{B} , \mathfrak{C} , \mathfrak{D} und λ nach folgenden Formeln berechnen:

$$1. \quad 1 + a = \frac{1/2 \left(\frac{H'_1}{H} \cos \zeta'_1 - \frac{H'_2}{H} \cos \zeta'_2 \right)}{1/2 (\cos \zeta_1 - \cos \zeta_2)},$$

$$2. \quad 1 + e = \frac{1/2 \left(\frac{H'_1}{H} \sin \zeta'_1 - \frac{H'_2}{H} \sin \zeta'_2 \right)}{1/2 (\sin \zeta_1 - \sin \zeta_2)},$$

$$3. \quad \lambda = 1/2 [(1 + a) + (1 + e)],$$

$$4. \quad \mathfrak{B} = + \frac{1}{\lambda} \left[1/2 \left(\frac{H'_1}{H} \cos \zeta'_1 + \frac{H'_2}{H} \cos \zeta'_2 \right) - (1 + a)^{1/2} (\cos \zeta_1 + \cos \zeta_2) \right],$$

$$5. \quad \mathfrak{C} = - \frac{1}{\lambda} \left[1/2 \left(\frac{H'_1}{H} \sin \zeta'_1 + \frac{H'_2}{H} \sin \zeta'_2 \right) - (1 + e)^{1/2} (\sin \zeta_1 + \sin \zeta_2) \right],$$

$$6. \quad \mathfrak{D} = \frac{1}{\lambda}^{1/2} [(1 + a) - (1 + e)].$$

Man berechne zunächst $1 + a$ und $1 + e$ nach Formel 1 und 2, sodann λ nach Formel 3, \mathfrak{B} , \mathfrak{C} , \mathfrak{D} nach 4, 5 und 6.

Formel 1 und 2 geben gleichzeitig die Werthe für a und e .

Die Methode lässt sich nicht anwenden, wenn die beiden magnetischen Kurse gleich weit von einem Kardinalstrich entfernt liegen oder selbst zwei entgegengesetzte Kardinalpunkte sind; denn liegen sie gleich weit von Nord oder Süd, so ist $\cos \zeta_1 - \cos \zeta_2 = 0$ und $1 + a$ wird unbestimmt; sind sie gleich weit von Ost oder West entfernt, so ist $\sin \zeta_1 - \sin \zeta_2 = 0$ und $1 + e$ unbestimmt. a und e müssten für diesen Fall schon anderweitig bekannt sein, um die übrigen Koefficienten berechnen zu können.

Sind dagegen die beiden Kurse einander entgegengesetzt ohne gleichzeitig auf oder nahe an zwei Kardinalstriche zu fallen, so vereinfacht sich die Rechnung, indem in den Formeln 1 und 2 im Nenner $2 \cos \zeta_1$ und $2 \sin \zeta_1$ für $\cos \zeta_1 - \cos \zeta_2$ und $\sin \zeta_1 - \sin \zeta_2$ tritt und in den Formeln 5 und 6 das zweite Glied auf der rechten Seite fortfällt.

Die Rechnung wird am besten in tabellarischer Form ausgeführt, wie das folgende Beispiel zeigt.

Beispiel:

An Bord S. M. S. „Victoria Luise“ wurde am 14. und 15. November 1898 in Wilhelmshaven auf dem Kompassplatz im vorderen Kommandothurm beobachtet:

auf dem Kompasskurse N51°W (309°), die Deviation $-19,3^\circ$,
die Schwingungsdauer von 10 Schwingungen $t' 18,99^s$

auf dem Kompasskurse N42,5°O (42,5°), die Deviation $+67^\circ$,
die Schwingungsdauer von 10 Schwingungen $t' 34,93^s$.

An Land betrug die Schwingungsdauer derselben Horizontalnadel $15,23^s$.
 $t = 15,23^s$

ζ	ζ'	t'	$\frac{t^2}{t_1^2} = \frac{H'}{H}$	$\cos \zeta'$	$\sin \zeta'$	$\frac{H'}{H} \cos \zeta'$	$\frac{H'}{H} \sin \zeta'$	$\cos \zeta$	$\sin \zeta$
289,7°	309,0°	18,99s	0,643	+ 0,629	- 0,777	+ 0,405	- 0,500	+ 0,337	- 0,941
109,5	42,5	34,93	0,190	+ 0,737	+ 0,676	+ 0,140	+ 0,128	- 0,334	+ 0,943
$\frac{1}{2}$ Summe						+ 0,273	- 0,186	+ 0,002	+ 0,001
$\frac{1}{2}$ Differenz						+ 0,133	- 0,314	+ 0,336	- 0,942

$$1 + a = \frac{+ 0,133}{+ 0,336} = + 0,396 \qquad a = - 0,604$$

$$1 + e = \frac{- 0,314}{- 0,942} = + 0,333 \qquad e = - 0,667$$

$$\lambda = \frac{1}{2} (0,396 + 0,333) = 0,365,$$

$$\mathfrak{B} = \frac{0,273 - 0,396 \times 0,002}{0,365} = + 0,745,$$

$$\mathfrak{C} = \frac{- (- 0,186 - 0,333 \times 0,001)}{0,365} = + 0,510,$$

$$\mathfrak{D} = \frac{\frac{1}{2} (0,396 - 0,333)}{0,365} = + 0,087.$$

5. Berechnung der Deviation aus den Deviationskoeffizienten.

§ 88. Aus den Koeffizienten A, B, C, D, E lässt sich die Deviation für jeden Kompasskurs nach der Näherungsgleichung 4 § 81 bestimmen. Die Berechnung erfolgt am bequemsten in tabellarischer Form. Diese Form ist im umstehenden Beispiel verwandt und bedarf keiner weiteren Erläuterung.

Soll ausnahmsweise die Deviation aus den genauen Koeffizienten berechnet werden, so geschieht dies nach Gleichung 1. Man erhält dadurch die Deviationen für die magnetischen Kurse; um aus diesen die Deviationen für die Kompasskurse abzuleiten, konstruiert man am besten aus den ersteren eine Deviationskurve nach dem Napierschen Diagramm und entnimmt aus der Kurve die gesuchten Deviationen.

Achter Abschnitt.

Aenderungen der Deviation. Kompassstörungen.

§ 89. Aenderungen der Deviation finden statt bei Aenderungen der erdmagnetischen oder schiffsmagnetischen Kräfte. Die ersteren erfolgen bei Ortsveränderungen des Schiffes, die letzteren beim Ueberliegen des Schiffes, mit der Zeit, nach langem Liegen des Schiffes in einer Richtung, durch starke Temperatureinflüsse, Erschütterungen, Verschiebungen der Eisenmassen an Bord und elektrische Einflüsse. Nur die durch die erstgenannten beiden Ursachen, Ueberliegen und Ortsveränderung des Schiffes

Beispiel zu Seite 133.
Berechnung der Deviation für 16 Hauptstriche des Peilkompasses S. M. S. „Sachsen“
 mittelst der Koeffizienten A, B, C, D und E.

Spalte I Kompass- kurs	II	III		IV		V	VI	VII		VIII		IX	X
		$D = +4^{\circ} 8'$	$D \sin 2^{\circ}'$	$E = -0^{\circ} 11'$	$E \cos 2^{\circ}'$			Spalte III + Spalte IV	Spalte II + Spalte V	$B = +1^{\circ} 40'$	$C = +3^{\circ} 39'$		
Nord	-0° 43'	S 0	+0° 0'	S 8	-0° 11'	-0° 11'	-0° 54'	S 0	0° 0'	S 8	+3° 39'	+3° 39'	+2° 45'
NNO	-0 43	S 4	+2 54	S 4	-0 8	+2 46	+2 3	S 2	+0 38	S 6	+3 23	+4 1	+6 4
NO	-0 43	S 8	+4 8	S 0	0 0	+4 8	+3 25	S 4	+1 11	S 4	+2 35	+3 46	+7 11
ONO	-0 43	S 4	+2 54	S 4	+0 8	+3 2	+2 19	S 6	+1 32	S 2	+1 24	+2 56	+5 15
Ost	-0 43	S 0	0 0	S 8	+0 11	+0 11	-0 32	S 8	+1 40	S 0	0 0	+1 40	+1 8
OSO	-0 43	S 4	-2 54	S 4	+0 8	-2 46	-0 29	S 6	+1 32	S 2	-1 24	+0 8	-3 21
SO	-0 43	S 8	-4 8	S 0	0 0	-4 8	-4 51	S 4	+1 11	S 4	-2 35	-1 24	-6 17
SSO	-0 43	S 4	-2 54	S 4	-0 8	-3 2	-3 45	S 2	+0 38	S 6	-3 23	-2 45	-6 30
Strd	-0 43					0 11	-0 54					-3 39	-4 33
SSW	-0 43					+2 46	+2 3					-4 1	-1 58
SW	-0 43					+4 8	+3 25					-3 46	-0 21
WSW	-0 43					+3 2	+2 19					-2 56	0 37
West	-0 43					+0 11	-0 32					-1 40	-2 12
WNW	-0 43					+2 46	-3 29					0 8	-3 37
NW	-0 43					-4 8	-4 51					+1 24	3 27
NNW	-0 43					-3 2	-3 45					+2 45	1 0

Wiederholung der oberen Hälfte

Wiederholung der oberen Hälfte
mit umgekehrten Vorzeichen

hervorgerufenen Deviationsänderungen nehmen einen gesetzmässigen Verlauf, während die übrigen meist unregelmässiger und unberechenbarer Natur sind und mehr den Charakter von Kompassstörungen tragen.

A. Krängungsdeviation.

§ 90. Bei einer Seitenneigung des Schiffes wird die Vertheilung der Eisenmassen um den Kompass bezüglich des durch diesen gelegten vertikalen Längsschiffsschnittes eine andere, die Lage der meisten Eisenmassen zum Horizont und zum Kompass ändert sich und mit ihr die Richtung und Stärke der magnetischen Kräfte. Nur die in der Längsschiffsrichtung vor oder hinter dem Kompass liegenden Kräfte (Längsschiffskomponente V des festen Schiffsmagnetismus und flüchtiger Magnetismus vom Typ a) bleiben unbeeinflusst, alle anderen sind einer mehr oder minder grossen Aenderung ausgesetzt, am meisten die querschiffs wirkenden Kräfte, wie leicht einzusehen. Unter der Annahme der gleichmässigen Vertheilung des weichen Eisens um den Kompass bei aufrechter Lage des Schiffes, so dass die magnetischen Kräfte vom Typ b, d, f, h gleich Null, sind die Aenderungen in den Koeffizienten λ, \mathfrak{B} und \mathfrak{D} so unbedeutend, dass sie in der Praxis vernachlässigt werden können, dagegen ist der Koeffizient \mathfrak{C} der grössten und wohl zu beachtenden Aenderung unterworfen; auch entstehen infolge der durch das Ueberliegen gestörten Symmetrie, selbst bei mittschiffs aufgestellten Kompassen, kleine Beträge von \mathfrak{A} und \mathfrak{E} .

Es wird dies klar, wenn man bedenkt, dass die Vertikalkomponente U des permanenten Schiffsmagnetismus und die vertikal inducirte magnetische Kraft k , welche bei aufrechter Lage des Schiffes in vertikaler Richtung wirken und keinerlei ablenkenden Einfluss auf den Kompass ausüben, bei überliegendem Schiffe seitlich vom Kompass treten und dementsprechend als Querschiffskräfte (im Sinne der Kräfte S und f) zur Geltung kommen. Horizontale Eisenmassen vom Typ e sind bei einer Seitenneigung einer Vertikalinduktion ausgesetzt und geben ebenfalls Veranlassung zu Querschiffskräften vom Typ f ; c - und g -Eisenmassen dadurch, dass sie aus der Symmetrieebene treten zu b - und d -Kräften. Die Kräfte e und k üben gleichzeitig einen ändernden Einfluss auf die Koeffizienten \mathfrak{D} und λ aus, dieser Einfluss ist jedoch, weil proportional dem Quadrat des Sinus des kleinen Neigungswinkels, so gering, dass er vernachlässigt werden kann. Dasselbe gilt für die dem Kosinus des Neigungswinkels entsprechenden Aenderungen der Koeffizienten \mathfrak{B} durch c und des Koeffizienten \mathfrak{C} durch S .

Demgemäss ist, wenn $\mathfrak{C}_i, \mathfrak{A}_i, \mathfrak{E}_i$ die Koeffizienten bei einer Krängung des Schiffes um i° (i positiv gerechnet bei einer Neigung nach Steuerbord, negativ bei einer Neigung nach Backbord) bezeichnen:

$$\mathfrak{C}_i = \mathfrak{C} + \frac{1}{\lambda} \left(e - k - \frac{U}{Z} \right) \text{tang } \Theta i \sin 1''$$

$$\mathfrak{A}_i = \mathfrak{A} + \frac{c - g}{2\lambda} i \sin 1''$$

$$\mathfrak{E}_i = \mathfrak{E} - \frac{c + g}{2\lambda} i \sin 1'',$$

und die Gesamtdeviation δ_i bei der Neigung i ist:

$$\delta_i = \delta + \frac{1}{\lambda} \left(e - k - \frac{U}{Z} \right) \operatorname{tang} \Theta i \cos \zeta' + \frac{c - g}{2\lambda} i - \frac{c + g}{2\lambda} i \cos 2\zeta',$$

oder nach kurzer Umformung der letzten beiden Glieder:

$$\delta_i = \delta + \frac{1}{\lambda} \left(e - k - \frac{U}{Z} \right) \operatorname{tang} \Theta i \cos \zeta' + \frac{c}{\lambda} i \sin^2 \zeta' - \frac{g}{\lambda} i \cos^2 \zeta'.$$

$$\delta_i - \delta = \frac{1}{\lambda} \left(e - k - \frac{U}{Z} \right) \operatorname{tang} \Theta i \cos \zeta' + \frac{c}{\lambda} i \sin^2 \zeta' - \frac{g}{\lambda} i \cos^2 \zeta'$$

ist die durch die Seitenneigung von i° hervorgerufene Aenderung der Deviation oder der Krängungsfehler.

Die Glieder $\frac{c}{\lambda} i \sin^2 \zeta'$ und $\frac{g}{\lambda} i \cos^2 \zeta'$ sind gewöhnlich von geringem Betrag und kommen nur bei Kompassen, die nahe den Enden des Schiffes stehen, für welche c und g grössere Werthe annehmen können, in Betracht. Das erste dieser Glieder wird bei Nord- und Südkurs gleich Null, das zweite bei Ost- und Westkurs.

Unter Vernachlässigung dieser Glieder wird

$$\delta_i = \delta + \frac{1}{\lambda} \left(e - k - \frac{U}{Z} \right) \operatorname{tang} \Theta i \cos \zeta'.$$

Bezeichnet man den Ausdruck $\frac{1}{\lambda} \left(e - k - \frac{U}{Z} \right) \operatorname{tang} \Theta$ mit $-\chi$ so wird

$$\delta_i = \delta - \chi i \cos \zeta'.$$

χ heisst der Krängungskoeffizient und ist gleich der Deviationsänderung, welche eine Krängung von 1° bei Nord- und Südkurs, wo $\cos \zeta' = 1$ ist, erzeugt.*) Ist χ positiv, so findet eine Ablenkung des Kompasses nach Luvward statt; denn auf nördlichen Kursen ist bei einer Neigung nach Steuerbord das Glied $-\chi i \cos \zeta'$ negativ, d. h. das Nordende der Nadel wird nach Westen abgelenkt, bei einer Neigung nach Backbord wird das Glied positiv, die Nadel wird nach Osten abgelenkt; auf südlichen Kursen erfolgt die Ablenkung, da $\cos \zeta'$ negativ wird, nach der entgegengesetzten Seite, in allen Fällen also nach Luvward. Bei negativem χ erfolgt eine Ablenkung nach Lee.

χ ist bei Oberdeckskompassen auf Nordbreite fast durchgehends positiv, auf Südbreite, wenn $\operatorname{tang} \Theta$ negativ wird, negativ und überschreitet selten den Werth von 2° .

Der Krängungsfehler $-\chi i \cos \zeta'$ ist auf Nord- und Südkurs am grössten, auf Ost- und Westkurs gleich Null.

$\frac{1}{\lambda} (e - k) \operatorname{tang} \Theta i \cos \zeta'$ repräsentirt denjenigen Theil des Krängungsfehlers, welcher durch die Vertikalinduktion in horizontalen und vertikalen Eisenmassen vom Typ e und k erzeugt wird; er ändert sich mit Aenderung der magnetischen Breite, und zwar wie die Tangente der Inklination,

*) In einzelnen Lehrbüchern ist statt $-\chi$ die Bezeichnung J gewählt.

nimmt demnach bei Annäherung an den magnetischen Aequator ab, ist auf diesem gleich Null und wechselt sein Vorzeichen nach Ueberschreiten desselben.

$$\frac{1}{\lambda} \frac{U}{Z} \operatorname{tang} \Theta i \cos \zeta' \text{ oder } \frac{U}{H\lambda} i \cos \zeta' \text{ ist der durch den permanenten}$$

Schiffsmagnetismus hervorgebrachte Theil des Krängungsfehlers. Er ändert sich umgekehrt wie die erdmagnetische Horizontalintensität, nimmt demgemäss ebenfalls bei Annäherung an den magnetischen Aequator ab, ohne indess sein Vorzeichen beim Passiren desselben zu ändern.

Die Glieder $\frac{c}{\lambda} i \sin^2 \zeta'$ und $\frac{g}{\lambda} i \cos^2 \zeta$ sind unabhängig von der magnetischen Breite und geographischen Position.

§ 91. a. Bestimmung des Krängungskoefficienten χ .

1. Durch Beobachtung der Deviation bei aufrechter und geneigter Lage des Schiffes.

Man bestimme auf einem möglichst nahe an Nord oder Süd gelegenen Kurse die Deviationen bei aufrechter und geneigter Lage des Schiffes und berechne sodann χ nach der Formel

$$\chi = \frac{\delta - \delta_i}{i \cos \zeta'}$$

unter Berücksichtigung der algebraischen Vorzeichen der einzelnen Glieder der Gleichung — δ und δ_i sind positiv bei östlicher, negativ bei westlicher Deviation, i ist positiv bei einer Neigung nach Steuerbord, negativ bei einer Neigung nach Backbord, $\cos \zeta'$ positiv bei einem nördlichen Kurse von West durch Nord bis Ost, negativ bei einem südlichen Kurse.

Zu dieser Bestimmung lässt sich auch die Tabelle auf Seite 140 benutzen.

Beispiel.

Ein Schiff segelt über Backbord Bug und steuert NWzN bei 14° Krängung. Die Deviation auf diesem Kurs bei geradem Kiel ist $-8,2^\circ$. Bei geneigtem Schiff wurde durch Azimuthbeobachtung die Deviation zu $+4,8^\circ$ bestimmt.

$$\chi = \frac{-8,2^\circ - 4,8}{-14^\circ \cdot \cos 3 \text{ Strich}} = \frac{-13^\circ}{-14^\circ \cdot 0,83} = \frac{-13^\circ}{-11,62^\circ} = +1,1^\circ.$$

2. Bestimmung von χ nach der Gleichung:

$$\chi = \left(\frac{\mu}{\lambda} + \mathfrak{D} - 1 \right) \operatorname{tang} \operatorname{Inkl.}$$

Der hierin vorkommende neue Koefficient μ bezeichnet das Verhältniss der mittleren (schiffs- und erd-) magnetischen Vertikalkraft an Bord zu der (erd-) magnetischen Vertikalkraft an Land.

Die Vertikalkraft an Bord ist

$$Z' = Z + U + gH \cos \zeta - hH \sin \zeta + kZ$$

$$\frac{Z'}{Z} = 1 + \frac{U}{Z} + \frac{g}{\operatorname{tang} \Theta} \cos \zeta - \frac{h}{\operatorname{tang} \Theta} \sin \zeta + k.$$

$1 + k + \frac{U}{Z} = \mu$ gesetzt giebt:

$$\frac{Z'}{Z} = \frac{g}{\operatorname{tang} \Theta} \cos \zeta - \frac{h}{\operatorname{tang} \Theta} \sin \zeta + \mu$$

$$\mu = \frac{Z'}{Z} - \frac{g}{\operatorname{tang} \Theta} \cos \zeta + \frac{h}{\operatorname{tang} \Theta} \sin \zeta.$$

Das Mittel der Werthe von $\frac{Z'}{Z}$ aller oder einer Anzahl äquidistanter Kurse ist gleich μ , da die Summen der $\frac{g}{\operatorname{tang} \Theta} \cos \zeta$ und der $\frac{h}{\operatorname{tang} \Theta} \sin \zeta$ gleich Null werden.

b. Bestimmung des Koefficienten μ .

§ 92. μ wird bestimmt durch Beobachtung der Schwingungsdauer einer Vertikalnadel an Bord und an Land. Bei diesen Beobachtungen ist die Ebene der Nadel senkrecht zum magnetischen Meridian zu stellen, so dass nur die Vertikalkomponente des Erd- bezw. des Erd- und Schiffsmagnetismus auf die Nadel einwirkt. Die Beobachtungen und die Ermittelung der Schwingungsdauer geschehen in derselben Weise wie dies früher für die Horizontalnadel angegeben ist. Man benutzt dazu das Deviationsmagnetometer; bei der Beschreibung dieses Instruments (13. Abschnitt) ist Weiteres darüber angeführt.

Ist t die Dauer einer oder einer Anzahl Schwingungen an Land, t' die Dauer der gleichen Anzahl Schwingungen an Bord auf dem Kurse ζ' , so ist $\frac{Z'}{Z} = \frac{t^2}{t'^2}$ und hierdurch das Verhältniss der beiden Vertikalkräfte auf dem anliegenden Kurse bestimmt.

1. Schwingungsbeobachtungen auf einer Anzahl äquidistanter Kurse.

μ ist das Mittel aus allen gefundenen Werthen $\frac{Z'}{Z}$, oder bei n -Kursen

$$\mu = \frac{1}{n} \left(\frac{Z'_1}{Z} + \frac{Z'_2}{Z} + \frac{Z'_3}{Z} + \dots \right).$$

2. Auf zwei beliebigen Kursen.

Bei symmetrischer Vertheilung des weichen Eisens ist h gleich Null und es wird auf dem Kurse ζ_1 und ζ_2

$$\mu = \frac{Z'_1}{Z} - \frac{g}{\operatorname{tang} \Theta} \cos \zeta_1 \quad \text{und}$$

$$\mu = \frac{Z'_2}{Z} - \frac{g}{\operatorname{tang} \Theta} \cos \zeta_2$$

$$\mu (\cos \zeta_2 - \cos \zeta_1) = \frac{Z'_1}{Z} \cos \zeta_2 - \frac{Z'_2}{Z} \cos \zeta_1$$

$$\mu = \frac{\frac{Z'_1}{Z} \cos \zeta_2 - \frac{Z'_2}{Z} \cos \zeta_1}{\cos \zeta_2 - \cos \zeta_1}$$

3. Auf einem Kurse

nach der Gleichung $\mu = \frac{Z'}{Z} - \frac{g}{\text{tang } \Theta} \cos \zeta$, wenn g bekannt ist, oder bei Beobachtung auf Ost- oder Westkurs, in welchem Falle $\cos \zeta$ gleich Null ist, nach der Gleichung:

$$\mu = \frac{Z'}{Z}$$

c. Bestimmung des Koeffizienten g .

§ 93. g lässt sich durch Schwingungsbeobachtungen auf zwei oder mehr Kursen bestimmen und ändert sich nicht, so lange die Anordnung des weichen Eisens im Schiffe dieselbe bleibt. Es empfiehlt sich daher, gelegentlich auch g zu ermitteln nach der Gleichung

$$\frac{g}{\text{tang } \Theta} = \frac{\frac{Z'_1}{Z} - \frac{Z'_2}{Z}}{\cos \zeta_1 - \cos \zeta_2}$$

Beispiel 1.

Berechnung von μ , χ und g durch Beobachtungen auf zwei Kursen.

Auf S. M. S. „Bayern“ wurde am 3. Februar 1898 in Danzig am Regelkompassort beobachtet:

auf dem Kompasskurs 277° : δ zu $+35,1^\circ$, die Dauer von zehn Schwingungen der Vertikalnadel t' zu $17,74^s$;

auf dem Kompasskurs $159,5^\circ$: δ zu $-22,8^\circ$, die Dauer von zehn Schwingungen der Vertikalnadel t' zu $18,47^s$.

\mathcal{D} war bestimmt zu $+0,163$, λ zu $0,868$.

Die Dauer von zehn Schwingungen der Vertikalnadel an Land betrug $20,12^s$.
 tang Inkl. = $+2,379$.

ζ	$\cos \zeta$	t'	t	$\frac{Z'}{Z} = \frac{t^2}{t'^2}$	$\frac{Z'_1}{Z} \cdot \cos \zeta_2$	$\frac{Z'_2}{Z} \cdot \cos \zeta_1$	$\frac{Z'_1 \cos \zeta_2 - Z'_2 \cos \zeta_1}{Z}$	$\cos \zeta_2 - \cos \zeta_1$
$312,1^\circ$	$+0,670$	17,74	20,12	1,287	$-0,937$	$+0,795$	$-1,732$	$-1,398$
$136,7^\circ$	$-0,728$	18,47	„	1,187				

$$\mu = \frac{-1,732}{-1,398} = 1,239.$$

$$\chi = (0,163 + \frac{1,247}{0,868} - 1) \cdot 2,379 = 1,40^\circ.$$

$$g = \frac{1,287 - 1,187}{+0,670 - (-0,728)} \cdot 2,379 = \frac{0,1}{1,398} \cdot 2,379 = 0,17.$$

Beispiel 2.

Berechnung von μ und χ durch Beobachtung auf einem Kurse.

An Bord S. M. S. „Victoria Luise“ wurde am 14. November 1898 in Wilhelms-haven am Platze des vorderen Kommandothurm-Kompasses beobachtet:

Auf dem Kompasskurse $N 51^\circ W$ die Deviation zu $-19,3^\circ$, die Schwingungsdauer von zehn Schwingungen der Vertikalnadel t' zu $13,45^s$.

An Land betrug die Dauer derselben Anzahl Schwingungen $9,42^s$.

∅ war für den Kompassplatz $+0,087$, $\lambda = 0,365$, $g = 0,27$, $\text{tang Inkl.} = 2,46$.

$$\zeta = 289,7^\circ, \cos \zeta = +0,337; \frac{Z'}{Z} = \frac{t^2}{t'^2} = 0,491.$$

$$\mu = 0,491 - \frac{0,27}{2,46} \cdot 0,337 = 0,491 - 0,037 = 0,454.$$

$$\chi = (0,087 + \frac{0,454}{0,365} - 1) \cdot 2,46 = +0,81^\circ.$$

d. Verbesserung der Deviation mit Hülfe des Krängungskoeffizienten χ .

§ 94. Der Krängungsfehler bei einem bestimmten Kurs ζ' und einer bestimmten Neigung i° des Schiffes ist gleich $\chi i \cos \zeta'$. Durch seine Anwendung — unter Berücksichtigung der Vorzeichen — auf die Deviation bei ebenem Kiel erhält man die Deviation bei der Krängung.

Zur Erleichterung der Rechnung dient die nebenstehende Tabelle, welche den Krängungsfehler für 1° Neigung von Strich zu Strich und für ein χ von 0 bis $2,5^\circ$ von Zehntel zu Zehntel Grad enthält.

Beispiele.

1. Der Krängungskoeffizient des Regelkompasses S. M. S. „Deutschland“ beträgt $+0,6^\circ$. Das Schiff steuert NNW per Kompass und liegt dabei nach B. B. 15° über; die Deviation auf geradem Kiel ist $-9,8^\circ$. Was ist die Gesamtdeviation und der magnetische Kurs?

In der Tabelle sucht man zunächst in der mit χ überschriebenen Spalte den Krängungskoeffizienten $0,6^\circ$ auf, geht dann auf derselben Horizontallinie bis zu der mit NNW bezeichneten Rubrik und findet hier $0,55^\circ$ für 1° Neigung;

mithin ist der Krängungsfehler für 15° Neigung $\chi i \cos \zeta' = +0,55 \cdot (-15^\circ) = -8,3^\circ$.

Gesamtdeviation = $-9,8^\circ - (-8,3^\circ) = -1,5^\circ$.
Der magnetische Kurs des Schiffes . . . = N 24° W.

2. Das Schiff steuert SOzS per Kompass über Steuerbord-Bug mit 8° Neigung; die Deviation auf geradem Kiel ist $+4,8^\circ$. Was ist die Gesamtdeviation und der magnetische Kurs?

In der Tabelle findet man in der mit SOzS überschriebenen Rubrik für 1° Neigung $0,5^\circ$, mithin $\chi i \cos \zeta' = (-0,5) \cdot (+8^\circ) = -4^\circ$.

Gesamtdeviation = $+4,8 - (-4,0) = +8,8^\circ$.
Der magnetische Kurs des Schiffes . . . = S $25,0^\circ$ O.

3. Das Schiff soll magnetisch SO steuern, muss aber über Backbord-Bug liegen mit 15° Neigung. Deviation auf geradem Kiel $+6,8^\circ$. Was ist per Kompass zu steuern?

Zunächst ist die Deviation auf geradem Kiel zu berücksichtigen, und man erhält hierfür Kompasskurs S $51,8^\circ$ O oder nahe $SO^{1/2}O$.

$SO^{1/2}O$ in vorstehender Tabelle ergibt für den Krängungskoeffizienten $0,6^\circ$ den Werth $-0,38^\circ$ für 1° Neigung,

mithin für 15° Neigung nach B. B. den Werth $(-0,38^\circ) \cdot (-15) = +5,7^\circ$.

Ganze an SO anzubringende Deviation . . . = $+6,8^\circ - 5,7^\circ$
= $+1,1^\circ$.

Mithin Kompasskurs . . . = S $46,1^\circ$ O.

Tabelle
des
Krängungsfehlers für 1° Neigung.
(Krängungskoeffizient • *cos* Kompasskurs.)

χ	$\chi \cos \zeta'$							
	Nord +	NzO } + NzW }	NNO } + NNW }	NOzN } + NWzN }	NO } + NW }	NOzO } + NWzW }	ONO } + WNW }	OzN } + WzN }
Süd -	SzO } - SzW }	SSO } - SSW }	SOzS } - SWzS }	SO } - SW }	SOzO } - SWzW }	OSO } - WSW }	OzS } - WzS }	
0,0°	0,0°	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °
0,1	0,1	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	0,02
0,2	0,2	0,20	0,18	0,17	0,14	0,11	0,08	0,04
0,3	0,3	0,29	0,28	0,25	0,21	0,17	0,11	0,06
0,4	0,4	0,39	0,37	0,33	0,28	0,22	0,15	0,08
0,5	0,5	0,49	0,46	0,42	0,35	0,28	0,19	0,10
0,6	0,6	0,59	0,55	0,50	0,42	0,33	0,23	0,12
0,7	0,7	0,69	0,65	0,58	0,49	0,39	0,27	0,14
0,8	0,8	0,78	0,74	0,67	0,57	0,44	0,31	0,16
0,9	0,9	0,88	0,83	0,75	0,64	0,50	0,34	0,18
1,0	1,0	0,98	0,92	0,83	0,71	0,56	0,38	0,20
1,1	1,1	1,08	1,02	0,91	0,78	0,61	0,42	0,21
1,2	1,2	1,18	1,11	1,00	0,85	0,67	0,46	0,23
1,3	1,3	1,28	1,20	1,08	0,92	0,72	0,50	0,25
1,4	1,4	1,37	1,29	1,16	0,99	0,78	0,54	0,27
1,5	1,5	1,47	1,39	1,25	1,06	0,83	0,57	0,29
1,6	1,6	1,57	1,48	1,33	1,13	0,89	0,61	0,31
1,7	1,7	1,67	1,57	1,41	1,20	0,94	0,65	0,33
1,8	1,8	1,77	1,66	1,50	1,27	1,00	0,69	0,35
1,9	1,9	1,86	1,76	1,58	1,34	1,06	0,73	0,37
2,0	2,0	1,96	1,85	1,66	1,41	1,11	0,77	0,39
2,1	2,1	2,06	1,94	1,75	1,48	1,17	0,80	0,41
2,2	2,2	2,16	2,03	1,83	1,56	1,22	0,84	0,43
2,3	2,3	2,26	2,12	1,91	1,63	1,28	0,88	0,45
2,4	2,4	2,35	2,22	1,99	1,70	1,33	0,92	0,47
2,5	2,5	2,45	2,31	2,08	1,77	1,39	0,96	0,49

Bemerkung. Der aus der Tabelle entnommene Werth ist mit der Krängung des Schiffes, in Graden angegeben, zu multipliciren. Das Produkt ist gleich dem Krängungsfehler. Zur Bestimmung seines Vorzeichens sind die Vorzeichen von χ , i (positiv bei einer Neigung nach St. B., negativ bei einer Neigung nach B. B.) und $\cos \zeta'$ (+ bei nördlichen Kursen von W durch N bis O, — bei südlichen Kursen von W durch S bis O) zu berücksichtigen.

B. Aenderung der Deviation durch Ortsveränderung des Schiffes.

§ 95. Bei einer Ortsveränderung, welche mit einer Aenderung der erdmagnetischen Elemente verbunden ist, ändert sich, wie bereits früher erwähnt, nur der halbkreisartige Theil der Deviation; viertelkreisartige und konstante Deviation bleiben unbeeinflusst, weil die die letzteren Theildeviationen erzeugende Kraft — horizontal inducirter Magnetismus, dessen Stärke proportional der erdmagnetischen Horizontalintensität ist — sich in demselben Verhältniss ändert, wie die im Meridian richtend wirkende, also der Deviation entgegenarbeitende Kraft — erdmagnetische Horizontalkraft. —

Die halbkreisartige Deviation rührt dagegen zum Theil von vertikal inducirtem, zum Theil von permanentem Magnetismus her; ersterer Theil ändert sich wie die Tangente der Inklination — d. h. direkt wie die erdmagnetische Vertikal-, umgekehrt wie die Horizontalintensität — der letztere Theil umgekehrt wie die Horizontalkraft des Erdmagnetismus.

Dementsprechend ändern sich auch von den Koeffizienten nur diejenigen der semicirkularen Deviation, \mathfrak{B} und \mathfrak{C} , und zwar in der eben angegebenen Weise, wie dies aus den Gleichungen für \mathfrak{B} und \mathfrak{C} :

$$\mathfrak{B} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{V}{H} + c \operatorname{tang} \Theta \right), \quad \mathfrak{C} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{S}{H} + f \operatorname{tang} \Theta \right)$$

unmittelbar hervorgeht.

Berechnung der Deviation für einen neuen Ort.

§ 96. Die Deviation für einen neuen Ort lässt sich berechnen nach Feststellung der Koeffizienten B und C für diesen Ort oder ihrer Aenderung gegen früher.

Die Berechnung der Deviation erfolgt sodann entweder in derselben Weise, wie früher ausgeführt, mit Hülfe der fünf Deviationskoeffizienten A, B, C, D, E , indem man für B und C die neuen Werthe, für A, D, E die alten einsetzt; oder durch Ermittlung der Deviationsänderungen und Anwendung dieser auf die alten Deviationen.

Die erstere Berechnungsart ist in dem auf Seite 145 folgenden Beispiel, die letztere in dem Beispiel auf Seite 148 angewandt worden. Im Allgemeinen ist die letztere Art die einfachere und gebräuchlichere. Sie bedarf noch einiger Worte der Erläuterung.

Sind ΔB und ΔC die Aenderungen der Koeffizienten B und C , also gleich $B' - B$ und $C' - C$, wenn B und C die Werthe am alten, B' und C' diejenigen am neuen Ort sind, so ist für den Kompasskurs ζ' die Deviationsänderung $\Delta \delta = \Delta B \sin \zeta' + \Delta C \cos \zeta'$. $\Delta \delta$ zu der Deviation am alten Ort addirt giebt die Deviation am neuen Ort. ΔB und ΔC bzw. die neuen Koeffizienten B' und C' lassen sich am genauesten und leichtesten bestimmen, nachdem das Schiff am neuen Ort angekommen ist; sie lassen sich jedoch auch schon ungefähr im Voraus berechnen, so dass man im Stande ist, die Aenderung, welcher die Deviation auf der Reise unterworfen ist, im Voraus zu übersehen und sich eine Deviations-

tabelle für jeden neuen Ort im Voraus zu entwerfen. Absolut zuverlässige Werthe sind indess von diesem Verfahren nicht zu erwarten, da es voraussetzt, dass die schiffmagnetischen Kräfte unverändert bleiben worauf nicht zu rechnen ist. Diese Berechnung kann daher nur als Anhalt betrachtet werden für die auf Reisen zu erwartenden Deviationsänderungen und entbindet nicht von der steten Kontrolle der Deviation und der Bestimmung der Deviationsänderungen durch direkte Beobachtungen.

a. Vorausberechnung der Deviation. Bestimmung der Theilbeträge von \mathfrak{B} und \mathfrak{C} .

§ 97. Die Vorausberechnung der Deviation ist nur möglich, wenn die einzelnen Theile, aus denen die Koefficienten \mathfrak{B} und \mathfrak{C} sich zusammensetzen ($\frac{V}{\lambda}$ und $\frac{c}{\lambda}$ für \mathfrak{B} , $\frac{S}{\lambda}$ und $\frac{f}{\lambda}$ für \mathfrak{C}) bekannt sind. Aus diesen lassen sich dann für jeden Ort, dessen erdmagnetische Elemente bekannt sind, die beiden Koefficienten und mit ihrer Hülfe die Deviationen, wie im vorhergehenden Paragraphen angegeben, berechnen.

Die Theilbeträge werden ermittelt durch Bestimmung von \mathfrak{B} und \mathfrak{C} bzw. B und C nach den bekanntesten Methoden an zwei Orten von möglichst verschiedener magnetischer Breite, für welche die erdmagnetischen Horizontalintensitäten und Inklinationen bekannt sind.

Sind H und Θ Horizontalintensität und Inklination für einen Ort, H' und Θ' für einen zweiten, \mathfrak{B} und \mathfrak{B}' , \mathfrak{C} und \mathfrak{C}' die zugehörigen Deviationskoefficienten, so hat man die Gleichungen:

$$\begin{aligned} 1. \quad & \frac{V}{\lambda} + \frac{c}{\lambda} H \tan \Theta = \mathfrak{B} H, \\ 2. \quad & \frac{V}{\lambda} + \frac{c}{\lambda} H' \tan \Theta' = \mathfrak{B}' H', \\ 3. \quad & \frac{S}{\lambda} + \frac{f}{\lambda} H \tan \Theta = \mathfrak{C} H, \\ 4. \quad & \frac{S}{\lambda} + \frac{f}{\lambda} H' \tan \Theta' = \mathfrak{C}' H'. \end{aligned}$$

Aus 1 und 2 folgt durch Subtraktion:

$$\frac{c}{\lambda} (H \tan \Theta - H' \tan \Theta') = \mathfrak{B} H - \mathfrak{B}' H' \text{ oder}$$

$$I. \quad \frac{c}{\lambda} = \frac{\mathfrak{B} H - \mathfrak{B}' H'}{H \tan \Theta - H' \tan \Theta'}.$$

Addirt man Gleichung 1 und 2, so erhält man:

$$2 \frac{V}{\lambda} = \mathfrak{B} H + \mathfrak{B}' H' - \frac{c}{\lambda} (H \tan \Theta + H' \tan \Theta') \text{ oder}$$

$$II. \quad \frac{V}{\lambda} = \frac{1}{2} \left[\mathfrak{B} H + \mathfrak{B}' H' - \frac{c}{\lambda} (H \tan \Theta + H' \tan \Theta') \right].$$

Ebenso ergibt die Subtraktion und Addition von Gleichung 3 und 4:

$$\text{III. } \frac{f}{\lambda} = \frac{\mathfrak{C} H - \mathfrak{C}' H'}{H \tan \Theta - H' \tan \Theta'},$$

$$\text{IV. } \frac{S}{\lambda} = \frac{1}{2} \left[\mathfrak{C} H + \mathfrak{C}' H' - \frac{f}{\lambda} (H \tan \Theta + H' \tan \Theta') \right].$$

Man berechne also zunächst $\frac{c}{\lambda}$ und $\frac{f}{\lambda}$ nach I und III, sodann $\frac{V}{\lambda}$ und $\frac{S}{\lambda}$ nach II und IV.

Aus den so ermittelten Theilbeträgen werden \mathfrak{B} und \mathfrak{C} (bezw. B und C) nach den Formeln

$$\mathfrak{B} = \frac{V}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} + \frac{c}{\lambda} \tan \Theta, \quad \mathfrak{C} = \frac{S}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} + \frac{f}{\lambda} \tan \Theta$$

berechnet.

Die Beobachtungen zur Bestimmung von \mathfrak{B} und \mathfrak{C} müssen an beiden Orten entweder bei unkompensirtem Kompass oder bei derselben Lage der Kompensationsmagnete gemacht werden.

Die vorstehenden Gleichungen gelten auch für die Praxis genau genug, für die Näherungskoeffizienten B und C , d. h. sind diese, in Winkelmaass ausgedrückt, bestimmt, so können sie in die Gleichungen an Stelle von \mathfrak{B} und \mathfrak{C} eingesetzt werden. Man erhält dann auch die Theilbeträge in Winkelmaass ausgedrückt.*)

Beispiel.

An Bord S. M. S. „Sophie“ wurde bestimmt

in Wilhelmshaven $B = + 13^\circ$ $C = - 6,8^\circ$

„ Suez $B' = + 6,2^\circ$ $C' = - 1,9^\circ$.

Es soll die Deviation für Shanghai im Voraus berechnet werden.

Für Wilhelmshaven ist $H = 1,77$, $\Theta = + 68,1^\circ$, $\tan \Theta = + 2,49$

„ Suez „ $H' = 2,94$, $\Theta' = + 41,6^\circ$, $\tan \Theta' = + 0,89$.

$$B H = + 23,00^\circ$$

$$H \tan \Theta = 4,407$$

$$B' H' = + 18,23^\circ$$

$$H' \tan \Theta' = 2,617$$

$$B H - B' H' = + 4,77^\circ$$

$$H \tan \Theta - H' \tan \Theta' = + 1,790$$

$$B H + B' H' = + 41,23^\circ$$

$$H \tan \Theta + H' \tan \Theta' = + 7,024$$

$$C H = - 12,05$$

$$C' H' = - 5,59$$

$$C H - C' H' = - 6,45$$

$$C H + C' H' = - 17,63$$

$$\frac{c}{\lambda} = \frac{4,77}{1,79} = + 2,70$$

$$\frac{f}{\lambda} = \frac{- 6,45}{+ 1,79} = - 3,6^\circ$$

$$\frac{V}{\lambda} = \frac{+ 41,24^\circ - 18,96^\circ}{2} = \frac{+ 22,28^\circ}{2} = + 11,14^\circ$$

$$\frac{S}{\lambda} = \frac{- 17,63^\circ + 25,29^\circ}{2} = \frac{+ 7,66}{2} = + 3,83$$

*) Angenähert sind die Koeffizienten in Winkelmaass ausgedrückt gleich den in erd- oder schiffsmagnetischen Einheiten ausgedrückten Koeffizienten multiplicirt mit $57,3^\circ$, z. B. $B = 57,3^\circ \times \mathfrak{B}$.

Berechnung der Deviation für Shanghai.

Für Shanghai ist $H = 3,21$, $\Theta = +46,2^\circ$, $\text{tang } \Theta = +1,04$.

$$B = +2,7^\circ \cdot 1,04 + \frac{11,14^\circ}{3,21} = 2,8^\circ + 3,47^\circ = +6,27^\circ$$

$$C = -3,6^\circ \cdot 1,04 + \frac{3,89^\circ}{3,21} = -3,74^\circ + 1,19^\circ = -2,55^\circ$$

D ist nach früheren Beobachtungen gleich $+2,8^\circ$.

A und E gleich Null.

I Kompasskurs	II $B + 6,27^\circ$		III $C - 2,55^\circ$		IV $D + 2,8^\circ$		V Spalte II + III	VI Spalte IV + V
	$\sin \zeta'$	$B \sin \zeta'$	$\cos \zeta'$	$C \cos \zeta'$	$\sin 2\zeta'$	$D \sin 2\zeta'$	Semi- cirkulare Deviation	Deviation für Shanghai
N	0	0,0 °	1	-2,55°	0	0,0 °	-2,55°	-2,55°
NNO	S ₂	+2,40	S ₆	-2,36	S ₄	+1,98	+0,04	+2,02
NO	S ₄	+4,43	S ₄	-1,80	1	+2,80	+2,63	+5,43
ONO	S ₆	+5,79	S ₂	-0,98	S ₄	+1,98	+4,81	+6,79
O	1	+6,27	0	0,0	0	0,0	+6,27	+6,27
OSO	S ₆	+5,79	-S ₂	+0,98	-S ₄	-1,98	+6,77	+4,79
SO	S ₄	+4,43	-S ₄	+1,80	-1	+2,80	+6,23	+3,43
SSO	S ₂	+2,40	-S ₆	+2,36	-S ₁	-1,98	+4,76	+2,78
S	0	0,0	-1	+2,55	0	0,0	+2,55	+2,55
SSW	S ₂	-2,40	-S ₆	+2,36	S ₄	+1,98	-0,04	+1,94
SW	S ₄	-4,43	-S ₄	+1,80	1	+2,80	-2,63	+0,17
WSW	S ₆	-5,79	-S ₂	+0,98	S ₄	+1,98	-4,81	-2,83
W	1	-6,27	0	0,0	0	0,0	-6,27	-6,27
WNW	S ₆	-5,79	S ₂	-0,98	-S ₄	-1,98	-6,77	-8,75
NW	S ₁	-4,43	S ₄	-1,80	-1	-2,80	-6,23	-9,03
NNW	S ₂	-2,40	S ₆	-2,36	-S ₄	-1,98	-4,76	-6,74

Graphische Ermittlung der Theilbeträge von B und C .

Die Bestimmung der Theilbeträge von B und C (bezw. \mathfrak{B} und \mathfrak{C}) kann auch in einfacher Weise graphisch erfolgen.

Setzt man in den Gleichungen

$$BH = \frac{V}{\lambda} + \frac{c}{\lambda} H \text{ tang } \Theta$$

$$CH = \frac{S}{\lambda} + \frac{f}{\lambda} H \text{ tang } \Theta:$$

$$BH = y, \quad \frac{V}{\lambda} = V_0, \quad \frac{c}{\lambda} = c_0$$

$$CH = y', \quad \frac{S}{\lambda} = S_0, \quad \frac{f}{\lambda} = f_0,$$

so erhält man

$$y = V_0 + c_0 \cdot H \text{ tang } \Theta$$

$$y' = S_0 + f_0 \cdot H \text{ tang } \Theta.$$

Es sind dies die Gleichungen je einer geraden Linie, deren Koordinaten y oder y' , und $H \text{ tang } \Theta$ sind, und welche die Abscissenachse in dem Abstände V_0 oder S_0 schneiden.

Es leitet sich daraus das folgende Verfahren ab:

Zur Bestimmung der Theilbeträge von B trage man in einem rechtwinkligen Koordinatensystem (quadrirtem Papier), nachdem B an zwei oder mehreren Orten bestimmt ist, für jeden Ort den ermittelten Werth $y = BH$ als Ordinate, und den zugehörigen Werth $H \tan \Theta$ als Abscisse ab; die so gefundenen Punkte verbinde man durch eine gerade Linie. Ist B an mehr als zwei Orten bestimmt, so werden die Punkte in der Regel nicht auf eine gerade Linie fallen; man ziehe die Linie dann so, dass sie möglichst nahe an alle Punkte fällt.

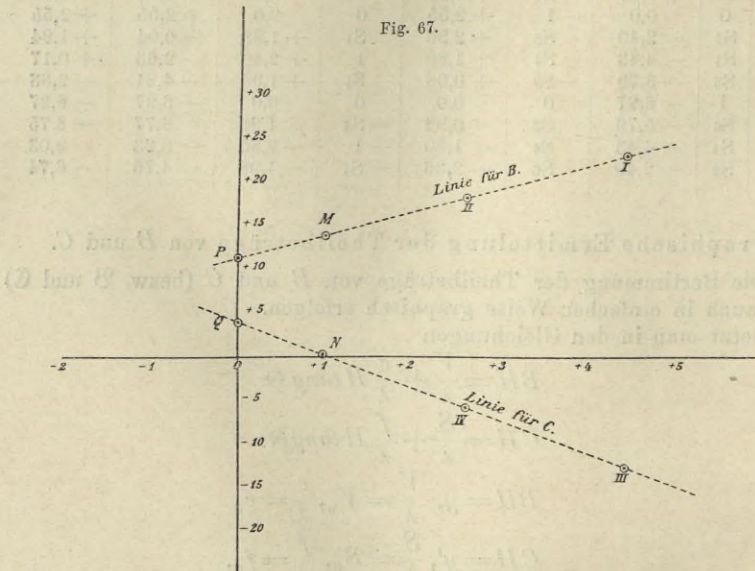
Ist $H \tan \Theta$ gleich Null, so wird $y = V_0$, für $H \tan \Theta = 1$ wird $y = V_0 + c_0$.

Man messe demgemäss die Länge der Ordinate für die Abscisse gleich Null und für die Abscisse gleich 1; die erstere ist gleich $V_0 = \frac{V}{\lambda}$, die letztere gleich

$$V_0 + c_0 = \frac{V}{\lambda} + \frac{c}{\lambda},$$

durch Subtraktion des ersteren Werthes von dem letzteren erhält man $\frac{c}{\lambda}$.

Ganz entsprechend wird bei der Bestimmung von $\frac{S}{\lambda}$ und $\frac{f}{\lambda}$ verfahren; als Ordinaten werden die Werthe CH , als Abscissen $H \tan \Theta$ aufgetragen.



Als Ordinatenmaassstab für die Werthe BH und CH wähle man nicht unter 2 mm für den Grad, als Abscissenmaassstab für die Werthe $H \tan \Theta$ 20 mm für die Einheit.

Beispiel.

Die graphische Bestimmung der Theilbeträge von B und C des auf Seite 144 gegebenen Beispiels gestaltet sich, wie folgt.

Es wird abgetragen (Fig. 67)*)

1. auf der Ordinatenachse $BH = +23^\circ$, auf der Abscissenachse $H \tan \theta = +4,4^\circ$,
ergibt Punkt I;
2. auf der Ordinatenachse $B'H' = +18,2^\circ$, auf der Abscissenachse $H' \tan \theta' = +2,6^\circ$,
ergibt Punkt II;
3. auf der Ordinatenachse $CH = -12^\circ$, auf der Abscissenachse $H \tan \theta = +4,4^\circ$,
ergibt Punkt III;
4. auf der Ordinatenachse $C'H' = -5,6^\circ$, auf der Abscissenachse $H' \tan \theta' = +2,6^\circ$,
ergibt Punkt IV.

Die Verbindungslinie der Punkte I und II ist die Linie für *B*, die Verbindungslinie der Punkte III und IV die Linie für *C*.

Aus der Figur wird entnommen

$$\begin{array}{l} \text{für die Abscisse 0 die Ordinate } OP = 11,2^\circ = \frac{V}{\lambda}, \quad \text{und } OQ = 3,9^\circ = \frac{S}{\lambda} \\ \text{'' '' '' 1 '' '' } 1M = 14^\circ = \frac{V}{\lambda} + \frac{c}{\lambda}, \quad \text{und } 1N = 0,25^\circ = \frac{S}{\lambda} + \frac{f}{\lambda} \\ \phantom{\text{für die Abscisse 0 die Ordinate } OP} \phantom{\text{'' '' '' 1 '' '' } 1M} \phantom{\text{und } OQ} \phantom{\text{und } 1N} + 2,8^\circ = \frac{c}{\lambda} \qquad \phantom{\text{und } OQ} \phantom{\text{und } 1N} - 3,65^\circ = \frac{f}{\lambda}. \end{array}$$

b. Berechnung der Deviationsänderungen für einen neuen Ort nach Ankunft an diesem.

§ 98. Wenn eine vollständige Deviationsbestimmung am neuen Ort nicht möglich ist, so lassen sich die Deviationen für diesen Ort unter Zugrundelegung der alten Deviationstabelle nach Beobachtungen der Deviation auf zwei benachbarten Kardinalkursen berechnen. Der Unterschied der neuen und alten Deviation auf demselben Kardinalkurse ist nämlich gleich der Aenderung AB und AC der Koeffizienten *B* und *C* derart, dass

$$\begin{aligned} AB &= \delta'_0 - \delta_0 \text{ oder } = -(\delta'_W - \delta_W) \\ AC &= \delta'_N - \delta_N \text{ oder } = -(\delta'_S - \delta_S), \end{aligned}$$

wobei δ' die neue, δ die alte Deviation bedeutet.

Mit Hülfe der gefundenen Grössen AB und AC werden, wie bereits vorher angegeben, die Aenderungen der alten Deviationen und die neuen Deviationen berechnet.

Auf Seite 148 ist eine solche Bestimmung ausgeführt.

Selbstverständlich bildet auch dies Verfahren nur einen Nothbehelf; vollständige Deviationsbestimmungen durch unmittelbare Beobachtungen auf allen Kursen sind unter allen Umständen vorzuziehen.

C. Kompassstörungen infolge von Aenderungen der magnetischen Kräfte des Schiffes und ihre Ursachen.

§ 99. Die Aenderungen der schiffsmagnetischen Kräfte können vorübergehend oder dauernd sein, durch besondere Vorgänge hervorgerufen sein oder ohne merkliche Veranlassung mit der Zeit eintreten. Ihre Einflüsse auf die Deviation sind unregelmässiger Natur und erstrecken sich gewöhnlich auf alle Theile derselben.

*) Die Theilung ist in der verkleinerten Figur der Uebersichtlichkeit halber fortgelassen.

Beispiel zu Seite 147.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Schiff lag an nach dem Kompass	Be- obachtete Deviation in Wilhelms- haven	Be- obachtete Deviation auf der Rhede von Suez. Schiff lag an O und S nach Kompass	Differenz der beiden Devia- tionen Sp. 3 u. Sp. 2	Berechnete Veränderung		Gesamt- Ver- änderung der Deviation Sp. 5 + Sp. 6	Deviation für die neue Station Suez Sp. 2 + Sp. 7
				$\Delta B \sin \zeta'$	$\Delta C \cos \zeta'$		
N	- 8,2°			0,00°	+ 4,40°	+ 4,40°	- 3,8°
NzO	- 4,2			- 1,21	+ 4,32	+ 3,11	- 1,1
NNO	- 0,5			- 2,37	+ 4,07	+ 1,70	+ 1,2
NOzN	+ 3,1			- 3,44	+ 3,66	+ 0,22	+ 3,3
NO	+ 7,1			- 4,38	+ 3,11	- 1,27	+ 5,8
NOzO	+ 9,3			- 5,16	+ 2,44	- 2,72	+ 6,6
ONO	+ 11,3		$\Delta B =$	- 5,73	+ 1,68	- 4,05	+ 7,2
OzN	+ 12,6			- 6,08	+ 0,86	- 5,22	+ 7,4
O	+ 12,8	+ 6,6°	- 6,2°	- 6,20	0,00	- 6,20	+ 6,6
OzS	+ 13,0			- 6,08	- 0,86	- 6,94	+ 6,1
OSO	+ 11,3			- 5,73	- 1,68	- 7,41	+ 3,9
SOzO	+ 12,0			- 5,16	- 2,44	- 7,60	+ 4,4
SO	+ 11,0			- 4,38	- 3,11	- 7,49	+ 3,5
SOzS	+ 8,8			- 3,44	- 3,66	- 7,10	+ 1,7
SSO	+ 8,0		$\Delta C =$	- 2,37	- 4,07	- 6,44	+ 1,6
SzO	+ 8,1			- 1,21	- 4,32	- 5,53	+ 2,6
S	+ 6,8	+ 2,4	+ 4,4°	0,00	- 4,40	- 4,40	+ 2,4
SzW	+ 4,5			+ 1,21	- 4,32	- 3,11	+ 1,4
SSW	+ 1,5			+ 2,37	- 4,07	- 1,70	- 0,2
SWzS	- 0,5			+ 3,44	- 3,66	- 0,22	- 0,7
SW	- 2,5			+ 4,38	- 3,11	+ 1,27	- 1,2
SWzW	- 3,2			+ 5,16	- 2,44	+ 2,72	- 0,5
WSW	- 8,0			+ 5,73	- 1,68	+ 4,05	- 3,9
WzS	- 10,1			+ 6,08	- 0,86	+ 5,22	- 4,9
W	- 14,3			+ 6,20	0,00	+ 6,20	- 8,1
WzN	- 16,5			+ 6,08	+ 0,86	+ 6,94	- 9,6
WNW	- 17,7			+ 5,73	+ 1,68	+ 7,41	- 10,3
NWzW	- 19,6			+ 5,16	+ 2,44	+ 7,60	- 12,0
NW	- 19,5			+ 4,38	+ 3,11	+ 7,49	- 12,0
NWzN	- 16,5			+ 3,44	+ 3,66	+ 7,10	- 9,4
NNW	- 11,5			+ 2,37	+ 4,07	+ 6,44	- 5,1
NzW	- 9,0			+ 1,21	+ 4,32	+ 5,53	- 3,5

§ 100. a. Aenderungen mit der Zeit

erfolgen auf allen Schiffen langsamer oder schneller, stärker oder schwächer. Starke und schnelle Aenderungen treten fast ohne Ausnahme bei neuen Schiffen auf, unmittelbar nach dem Stapellauf und nach der Vollendung des Baues, namentlich wenn das Schiff längere Zeit in einer der Baulage entgegengesetzten oder von derselben sehr abweichenden Richtung liegt. Es ist dies eine Folge der veränderten Richtung der inducirenden erdmagnetischen Kräfte zu den Eisentheilen des Schiffes. Weitere starke Aenderungen erfolgen nach den ersten Fahrten.

Die Aenderungen nehmen zwar allmählich an Stärke sowohl wie an Schnelligkeit ab, einen konstanten Charakter pflegen die schiffsmagnetischen Kräfte jedoch erst nach 1 bis 2 Jahren anzunehmen, je mehr das Schiff in Bewegung gewesen ist, desto früher.

Fester wie flüchtiger Magnetismus nehmen in der Regel an Stärke ab und mit ihnen die Deviation. Die Aenderungen des flüchtigen Magnetismus sind gering, grösser diejenigen des festen. Von den Koeffizienten ist \mathcal{C} den stärksten Veränderungen unterworfen, \mathcal{B} weniger starken, weil ein grösserer Theil dieses Koeffizienten von vertikal inducirtem Magnetismus herrührt, der unverändert bleibt, da die Vertikalinduktion bei allen Richtungen des Schiffes in gleicher Weise weiter wirkt. Die Aenderungen von \mathcal{B} und \mathcal{C} haben zur Folge, dass die Resultante beider nicht mehr in die Richtung der Erdkraft während des Baues fällt, sondern von dieser gewöhnlich nach der Kielrichtung hin abweicht.

b. Einfluss der Schiffsrichtung.

§ 101. Wenn das Schiff längere Zeit denselben oder nahezu denselben Kurs gesteuert oder in derselben Richtung gelegen hat, so werden durch die erdmagnetische Induktion die den Eisenmassen des Schiffes inwohnenden magnetischen Kräfte geändert oder neue Kräfte wachgerufen — remanenter Magnetismus —. Diese Wirkung wird wesentlich unterstützt durch Erschütterungen, denen das Schiff während der Zeit ausgesetzt ist, und macht sich bei Dampfern schon nach 24stündiger Fahrt geltend. Sie verdient eine besondere Beachtung und erfordert eine sorgfältige Kontrolle der Deviation. Die Art der Aenderung der magnetischen Kräfte ist ausser von der Beschaffenheit und Vertheilung der Eisenmassen, der erdmagnetischen Intensität, den stärkeren oder geringeren Schiffserschütterungen, in erster Reihe von dem Schiffskurse selbst abhängig. Im Allgemeinen entsteht in dem nach Nord gerichteten Schiffstheile ein Nordpol, in dem nach Süd gerichteten ein Südpol, demgemäss bei einem nördlichen Kurse ein $- \mathcal{B}$, bei einem südlichen ein $+ \mathcal{B}$, bei einem östlichen ein $+ \mathcal{C}$ und bei einem westlichen ein $- \mathcal{C}$, was als ungefährer Anhalt für die zu erwartende Ablenkung des Kompasses dienen kann.

Die in der Fahrt erlangten Aenderungen sind für gewöhnlich vorübergehender Natur und verlieren sich oft schon nach mehreren Stunden; anhaltender sind sie indess, wenn das Schiff wochen- und monatelang in einer Richtung liegt, in welchem Falle sie zum Theil einen dauernden Charakter anzunehmen pflegen.

c. Temperatureinfluss.

§ 102. Temperaturänderungen üben infolge ihrer Einwirkung auf die Koercitivkraft des Eisens auch einen Einfluss auf die magnetischen Kräfte desselben aus. Die gewöhnlichen Temperaturschwankungen der Luft haben keinen merklichen Einfluss auf den Kompass, wohl aber die starken Temperaturerhöhungen von Eisenmassen, die sich in der Nähe der Kompassse befinden, durch die Kesselheizung. Die Deviationsbestimmungen müssen deshalb sowohl bei geheizten als bei ungeheizten Kesseln für den Gebrauch im Hafen und unter Segel allein gemacht werden.

§ 103. d. Bewegungen der in der Nähe der Kompassse befindlichen Eisenmassen

haben eine Aenderung der auf den Kompass wirkenden magnetischen Kraft zur Folge. Hierher gehört namentlich das Bewegen von gepanzerten Geschütztürmen, schweren Geschützen, eisernen Ladebäumen, Takelblöcken, Bootsdavits. Bei der Deviationsbestimmung müssen solche Gegenstände in derjenigen Lage sich befinden, wie sie auf See für gewöhnlich gefahren werden, und ein Entfernen aus dieser Lage ist während des Gebrauchs nach Möglichkeit zu vermeiden.

Auf S. M. S. „Kurfürst Friedrich Wilhelm“ und „Weissenburg“ wurden bei Drehungen des vorderen Geschützturms Ablenkungen des Kompasses im Kommandothurm bis zu 5° , auf „Wörth“ bis zu 9° und auf „Brandenburg“ sogar bis zu 15° beobachtet. Etwas geringer waren die Einflüsse der Turmdrehungen auf den Thurmdachkompass, bei dem die Ablenkungen nicht über 4° erreichten; für den Regelkompass waren sie unmerklich. Auch die Höhenänderung der Turmgeschütze machte sich durch eine Ablenkung der beiden Turmkompassse bis zu 3° bemerkbar.

Eine Untersuchung der Geschütztürme ergab, dass in denselben starke magnetische Kräfte entwickelt waren, und zwar namentlich von festem Magnetismus, dessen Resultante ungefähr in die Mittellinie des Thurms parallel den Geschützen — auf die ein guter Theil des Magnetismus kommt — Nordpol vorn, Südpol hinten, fällt. Die Werthe von $\sqrt{B^2 + C^2}$ lagen zwischen 22° auf „Weissenburg“ und 32° auf „Wörth“, während die grössten Beträge des flüchtigen Magnetismus (D) nur von 3° bis 5° reichten.

e. Einfluss von Erschütterungen.

§ 104. Durch das Schiessen aus schweren Geschützen, Grundberührungen und andere starke Erschütterungen wird die Koercitivkraft des Eisens gelockert und der Magnetismus geändert. Diese Aenderungen sind oft von erheblichem Betrag, jedoch in der Regel nur vorübergehend und verschwinden bei älteren Schiffen in 8 bis 14 Tagen wieder.

Auf den Schiffen der „Brandenburg“-Klasse wurden durch das Schiessen aus den vorderen Turmgeschützen die magnetischen Kräfte des Thurms und seiner Umgebung derart geändert, dass die Deviation des Kompasses im Kommandothurm sich bis zu $\frac{5}{4}$ Strich änderte.

f. Einfluss elektrischer Anlagen.

§ 105. Elektrische Einrichtungen, wie Scheinwerfer, Dynamomaschinen und Elektromotoren, können die Ursache erheblicher Kompass-

störungen sein, wenn sie dem Kompass zu nahe stehen, elektrische Leitungen bei Fehlern in den Anlagen.

Die Dynamomaschinen wirken nicht nur direkt auf den Kompass ein, sondern auch mittelbar durch die Polarisation der zwischen ihnen und dem Kompass befindlichen Eisenmassen.

Solche Einwirkungen sind jedoch bisher an Bord S. M. Schiffe nur ausnahmsweise beobachtet worden, da es gelungen ist, die Maschinen in genügender Entfernung von den Kompassen aufzustellen. Diese Entfernung muss mindestens 10 m, bei starken Maschinen noch mehr betragen. In gefährlicherer Nähe von den Kompassen stehen öfters die Scheinwerfer, die, sollen sie keinen störenden Einfluss auf die Kompass ausüben, 8 m von diesen entfernt sein sollten.

Die elektrischen Leitungen üben bei besonderen Hin- und Rückleitungsdrähten und wenn beide dicht nebeneinander liegen oder zu einem concentrischen Kabel vereinigt sind, wie dies jetzt auf den Schiffen der Kaiserlichen Marine der Fall ist, keinen Einfluss auf den Kompass aus. Sind Hin- und Rückleitung getrennt, so muss, um Kompassstörungen zu verhüten, der einzelne Leitungsdraht mindestens 5 m von dem Kompass entfernt bleiben; im Besonderen sind Kreis- oder Schleifenbildungen der Leitungsdrähte um den Kompass zu vermeiden. Die Benutzung des Schiffskörpers zur Rückleitung giebt leicht zu Störungen Anlass. Wechselstrom scheint nach den bisherigen Erfahrungen die Kompass unbeeinflusst zu lassen. Fehler in der Isolation rufen grössere oder kleinere Störungen, je nach ihrer Lage, hervor.

§ 106.

g. Blitzschläge,

welche das Schiff treffen, haben in der Regel starke und dauernde Störungen der Kompass zur Folge.

Nennenswerthe Beeinflussungen der Kompass durch andere atmosphärische Vorgänge sind bisher nicht beobachtet worden.

Neunter Abschnitt.

Wahl des Aufstellungsortes der Kompass.

§ 107. Für das Verhalten der Kompass ist die Beschaffenheit des Aufstellungsplatzes von hervorragender Wichtigkeit, seiner Wahl und Zurichtung ist deshalb eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Nächst einer für den Gebrauch der Kompass zweckentsprechenden und bequemen Lage und der Aufstellung auf einem festen, von den Erschütterungen und Vibrationen des Schiffskörpers möglichst unbeeinflussten Unterbau ist darauf Bedacht zu nehmen, die Kompass den störenden Einwirkungen der schiffsmagnetischen Kräfte thunlichst zu entziehen und demgemäss alle Eisenmassen fern zu halten. In einem Umkreis von 2 m um den Kompass sollten Eisenmassen jeglicher Art vermieden werden, alle Theile in der unmittelbaren Umgebung der Kompass, bei denen dies

möglich ist, wie Wellen der Steuerräder, Maschinentelegraphen und sonstige Befehlsübermittler, aus unmagnetisirbarem Material hergestellt werden.

In Sonderheit sind zu meiden:

- a) Vertikale Eisenmassen, wie Schornsteine, Masten, Steven, Luft- und andere Schachte, Schotten, Krähne, Bootsdavits, Stützen — namentlich solche, die in Höhe des Kompasses oder nahe demselben endigen.
- b) Unter, über oder seitwärts vom Kompass sich befindende horizontale oder geneigte Eisenmassen, deren Enden zu verschiedenen Seiten des Kompasses liegen, demgemäss mit $-a$ - und $-e$ -Magnetismus behaftet sind, wie Decksbalken, Schotten, Geländer; auch die eisernen Decks zählen hierher. Der Abstand solcher Eisenmassen vom Kompass sollte mindestens 2 m, derjenige ihrer Enden 3 m betragen.
- c) Bewegliche Eisentheile, wie drehbare Bootsdavits, Boote, Geschütztürme, schwere Geschütze, eiserne Ventilatorenköpfe, Thüren, Lukendeckel, Anker, Ketten. Solche Gegenstände sollten mindestens 4 m, Geschütztürme 10 m vom Kompass entfernt bleiben.
- d) Alle einseitig vom Kompass angebrachten Eisenmassen. Die Kompassse müssen, soweit irgend angängig, in der Mittschiffslinie stehen, so dass die Eisentheile des Schiffes zu beiden Seiten gleichmässig vertheilt sind — wodurch die Bildung der Koeffizienten A und E vermieden wird.
- e) Elektrische Anlagen. Dynamomaschinen und elektrische Motoren sollten mindestens 10 m entfernt sein, Scheinwerfer 8 m, elektrische Leitungen 1 m, Hin- und Rückleitung parallel und dicht zusammenliegend (vgl. § 105), in die Leitungen eingeschaltete Anlass- und Regulirwiderstände 5 m.

Allen diesen Bedingungen lässt sich, besonders auf Kriegsschiffen, mit Rücksicht auf die Befriedigung der vielen anderen Bedürfnisse des Schiffsbetriebes und auf die Aufgaben des Schiffes nur selten, namentlich für Steuerkompassse, in vollem Maasse Rechnung tragen. Ist es auf den modernen Kriegsschiffen schon schwierig, für die Regelkompassse geeignete und allen Bedingungen entsprechende Plätze zu finden, so wird dies für die Steuerkompassse zur Unmöglichkeit durch die Nothwendigkeit ihrer Aufstellung bei den Steuerstellen.

Zehnter Abschnitt.

Die Kompensation der Kompassse.

§ 108. Trotz aller auf die Aufstellung verwandten Sorgfalt lassen sich auf eisernen Schiffen bei den meisten Kompasssen grössere Deviationsbeträge und die damit verbundenen Unbequemlichkeiten und Unzuträglichkeiten nicht vermeiden. Solche Unzuträglichkeiten sind:

1. Bei grossen Deviationen und dementsprechend auch schnellen Deviationsänderungen von Kurs zu Kurs wird die Genauigkeit des Steuerns und Peilens beeinträchtigt, da die Deviationen nur auf bestimmten Strichen beobachtet und für die Zwischenkurse durch Interpolation ermittelt sind.

2. Bei einer Drehung des Schiffes wird die Kompassrose unruhig, da sie, gezwungen, sich um den Betrag der Deviationsänderung zu drehen, in Schwingungen geräth, was den Gebrauch namentlich der Trockenrose erschwert. Besonders störend ist dies beim Navigiren in engem Fahrwasser und beim Evolutioniren im Geschwader, wo der Kurs häufig wechselt.

3. Ein grosser Krängungsfehler versetzt die Rose beim Schlingern des Schiffes in eine schwingende Bewegung.

4. Mit grossen Deviationen ist eine Ungleichmässigkeit der Richtkraft und eine Verminderung der mittleren Richtkraft verbunden, was eine Trägheit des Kompasses, auf einzelnen Kursen bis zur Unbrauchbarkeit, zur Folge hat.

Um diese Nachtheile zu vermeiden, ist man gezwungen, die Deviationen durch künstliche Mittel zu beseitigen oder zu vermindern, wodurch gleichzeitig eine Verstärkung und ein Ausgleich der Richtkraft auf den verschiedenen Kursen erreicht wird. Diese Beseitigung oder Verminderung der Deviation nennt man die Kompensation des Kompasses.

§ 109. Das Prinzip der Kompensation besteht darin, dass man die Wirkung der die Deviation erzeugenden Kräfte durch Anbringung gleicher, aber in entgegengesetzter Richtung wirkender Kräfte aufhebt.

Die halbkreisartige Deviation müsste, entsprechend ihrer Entstehung durch festen und vertikal inducirten flüchtigen Magnetismus, beseitigt werden durch permanente Magnete, Stahlmagnete, und vertikale weiche Eisenstäbe. Da indess die Wirkung des vertikal inducirten flüchtigen Magnetismus an ein und demselben Ort, d. h. solange die erdmagnetischen Kräfte unverändert bleiben, dieselbe ist wie die eines permanenten Magneten, und die Trennung der beiden genannten Kräfte Schwierigkeiten bietet, so begnügt man sich gewöhnlich damit, ihre Gesamtwirkung durch permanente Magnete aufzuheben. Es ist klar, dass bei dieser Art der Kompensation diese bei einer mit Aenderung der erdmagnetischen Elemente verbundenen Ortsveränderung nicht mehr zutreffend ist, und, will man nicht die dadurch entstehende Aenderung der Deviation in den Kauf nehmen, eine Berichtigung der Kompensation erfolgen muss.

Man hat deshalb neuerdings, um dies zu vermeiden, bei Schiffen, die für überseeische Reisen bestimmt sind und bei denen man die genannten Einzelkräfte kennt, angefangen, beide Theile gesondert zu kompensiren, jedoch nur soweit es sich um die längsschiffs gerichtete Komponente (B) der die halbkreisartige Deviation erzeugenden Gesamtkraft handelt, da die Querschiffskomponente (C) — wenigstens bei den mittschiffs aufgestellten Kompassen — zum weitaus grössten Theil vom festen Magne-

tismus herrührt und sich wenig ändert. Die Kompensation des durch die Vertikalinduktion hervorgerufenen Theils von \mathfrak{B} ($1/\lambda e \tan \Theta$) erfolgt dann durch vertikale weiche Eisenstäbe (Flinders Bars)*).

Die Kompensation wird ausgeführt entweder durch Anbringung von Magneten in der Richtung der Gesamtkraft $\sqrt{\mathfrak{B}^2 + \mathfrak{C}^2}$ der semicirkularen Deviation, welche Richtung durch den Steuerbordwinkel α angegeben wird ($\tan \alpha = \frac{\mathfrak{C}}{\mathfrak{B}}$), oder indem man die Längs- und Querschiffskomponente dieser Kraft, d. h. die Komponenten \mathfrak{B} und \mathfrak{C} , einzeln aufhebt durch längsschiffs und querschiffs gerichtete Magnete. Die letztere Art der Kompensation ist die bequemere, zweckmässigere und jetzt fast durchweg gebräuchliche; sie wird auch in der Kaiserlichen Marine angewandt.

Die viertelkreisartige Deviation, welche ihre Entstehung flüchtigem Magnetismus in horizontalen weichen Eisenmassen verdankt, wird durch ebensolche Eisenmassen beseitigt.

Bei symmetrischer Vertheilung der Eisenmassen des Schiffes zu beiden Seiten des Kompasses, wie dies bei Kompassen in der Mittschiffslinie der Fall zu sein pflegt, rührt die viertelkreisartige Deviation fast ausnahmslos von einem Ueberschuss der magnetischen Kraft in querschiffs liegenden Eisenmassen des Typs $-e$ gegenüber derjenigen in längsschiffsliegenden Eisenmassen des Typs $-a$ ($\mathfrak{D} = 1/\lambda \frac{a-e}{2}$) und wird durch quer vom Kompass angebrachte weiche Eisenmassen des Typs $+e$ beseitigt. Hierdurch wird der Koeffizient $+ \mathfrak{D}$ durch eine gleich grosse Kraft $- \mathfrak{D}$ aufgehoben und gleichzeitig eine Richtkraftvermehrung erzielt.

Da nur die auf Deviation wirkende Differenz der beiden Kräfte $-a$ und $-e$ kompensirt wird, so wird die Richtkraft auch nur um den Betrag dieser Differenz erhöht, und bei vielen Kompassen, namentlich da, wo $-a$ und $-e$ grosse und wenig voneinander verschiedene Werthe haben, bleibt eine grosse Richtkraftverminderung bestehen. Soll gleichzeitig mit der Deviation auch die Richtkraftverminderung kompensirt werden, so müssten beide Kräfte a und e einzeln aufgehoben werden, durch Eisenmassen in der Längsschiffslinie vor und hinter dem Kompass, wie in der Querschiffslinie zu beiden Seiten des Kompasses. Bei den meist beträchtlichen Werthen der Kräfte $-a$ und $-e$ sind aber hierzu Eisenmassen von so grossen Dimensionen erforderlich, dass sich ihre Anbringung verbietet. Durch kleinere Korrektoren von grosserer Induktionsfähigkeit die erforderliche Wirkung zu erzielen, ist bis jetzt noch nicht gelungen.

Bei unsymmetrischer Vertheilung der weichen Eisenmassen um den Kompass, wo also neben dem Koeffizienten \mathfrak{D} noch ein Koeffizient \mathfrak{C} vorhanden ist, bringt man den Einfluss dieser Eisenmassen nicht durch ebenso gelagerte Korrektoren weg, sondern man kompensirt die Resultante

*) In der Kaiserlichen Marine wird die Kompensation der gesammten halb-kreisartigen Deviation durch permanente Magnete ausgeführt, da die beiden Theile von \mathfrak{B} , zu deren Bestimmung Beobachtungen an zwei Orten mit möglichst verschiedener magnetischer Breite erforderlich sind — vergl. § 97 bei den meisten Schiffen noch nicht zur Genüge bekannt sind; es wird jedoch beabsichtigt, nachdem diese Ermittlung erfolgt ist, die getrennte Kompensation zu versuchen.

$\sqrt{\mathfrak{D}^2 + \mathfrak{C}^2}$ durch Anbringung der Korrektoren in einem bestimmten, der Richtung der Resultante entsprechenden Winkel $\left(\beta, \tan 2\beta = \frac{\mathfrak{C}}{\mathfrak{D}} \right)$ zu der Querschiffslinie (vergl. § 82).

Die gebräuchlichste und auch in der Kaiserlichen Marine eingeführte Art der Korrektoren sind eiserne Hohlkugeln, welche neben dem Kompasskessel so angebracht werden, dass die durch ihren Mittelpunkt gehende Horizontalebene mit der durch die Rosenmagnete gelegten Ebene zusammenfällt. In der Kaiserlichen Marine sind Kugeln von 12, 15, 17,5, 21,5, 25,5 und 30 cm Durchmesser in Gebrauch.

Bei dem Kompensationskompass werden die Kugelkorrektoren ersetzt durch die rings um die Rose gelagerten weichen Eisenkerne. Bei unkompensirtem Kompass sind sie symmetrisch im Kreise um die Mitte der Kompassrose vertheilt und erzeugen keine Deviation, sondern vermehren lediglich die Richtkraft. Behufs Kompensation werden sie derart verstellt, dass sie eine Ellipse um die Rose bilden, deren grosse Achse in der Längs-, deren kleine Achse in der Querrichtung des Schiffes liegt, und demgemäss ein $-\mathfrak{D}$ und eine negative quadrantale Deviation erzeugen.

Die durch die Erdinduktion in den Eisenkernen erzeugte magnetische Kraft wird wesentlich verstärkt durch die Induktion, welche die Kerne bei ihrer geringen Entfernung von der Rose durch die Rosenmagnete selbst empfangen. Bei unregelmässiger Quadrantaldeviation — erzeugt durch \mathfrak{C} — wird das ganze System der Kompensationskerne — an der E -Skala — um den oben bezeichneten Winkel β gedreht.

Die einmal ausgeführte Kompensation der viertelkreisartigen Deviation müsste unter der Voraussetzung, dass die Vertheilung der Eisenmassen des Schiffes und die magnetische Induktionskapazität dieser und der Korrektoren unverändert bleibt, für alle magnetischen Breiten richtig sein, wenn der in den Korrektoren erregte Magnetismus lediglich erdmagnetischen Ursprungs wäre.

Dies ist aber nur bei Kompassrosen mit schwachen und kurzen Magneten der Fall, bei Rosen mit starkem, langem oder an der Peripherie liegenden Magneten entsteht ein Theil des den Korrektoren innewohnenden Magnetismus, wie bei den Kompensationskompassen, durch die Induktion der Rosenmagnete selbst.

Deshalb und weil auch auf die Unveränderlichkeit der Induktionskapazität des Eisens nicht zu rechnen ist, wird eine Kontrolle und Berichtigung auch dieser Kompensation erforderlich.

Die Krängungsdeviation müsste ihrer Entstehung nach — vergl. § 90 — kompensirt werden durch horizontale und vertikale weiche Eisenmassen (vom Typ e und k) und Vertikalmagnete. Da dies jedoch schwer zu bewerkstelligen und überdies die hierzu nöthige Trennung der einzelnen Theile der Krängungsdeviation Schwierigkeiten bietet, so sieht man hiervon ab und kompensirt den gesammten Krängungsfehler durch Stahlmagnete, welche senkrecht unter der Rosenmitte angebracht werden.

Die auf diese Weise ausgeführte Kompensation ist, ähnlich wie bei der halbkreisartigen Deviation, nur richtig, so lange die erdmagnetischen Elemente unverändert bleiben, und muss bei einer Aenderung dieser verbessert werden.

Die konstante Deviation wird durch Verlegen des Steuerstrichs um den Betrag derselben weggebracht.

Die bisher gemachte Annahme, dass die Länge der Kompassnadel gegen die Entfernung der auf sie einwirkenden Kräfte als verschwindend klein angesehen werden darf, trifft für die Kompensation nicht zu. Bei einer Rose mit einem einzelnen Magneten würde die Anbringung der Kompensatoren eine sechstel- und achteckkreisartige Deviation zur Folge haben. Bei Anwendung eines Systems von mehreren Magneten an der Rose und einer zweckmässigen Anordnung der Magnete wird dieser Nachtheil vermieden*).

Die Ausführung der Kompensation.

In Betreff der für die Ausführung der Kompensation zu wählenden Zeit und des Zustandes des Schiffes gilt dasselbe wie für die Deviationsbestimmung — vergl. § 69 —.

Reihenfolge der Kompensation.

§ 110. Die Quadrantalkorrektoren müssen sich, wenigstens annähernd in ihrer richtigen Lage befinden, bevor die semicirkulare und Krängungsdeviation kompensirt werden. Es ist dies wünschenswerth bezw. nöthig, weil durch die Korrektoren gleichzeitig mit der viertelkreisartigen Deviation ein Theil der Krängungsdeviation beseitigt wird,**) und weil durch die zur Aufhebung der semicirkularen Deviation angebrachten Magnete in den weichen Eisenkorrektoren Magnetismus inducirt wird, der bei der unveränderlichen Lage von Korrektoren und Magneten zu einander auf den Kompass in gleicher Weise wie fester Magnetismus einwirkt, mithin halbkreisartige Deviation erzeugt, welche bei der Kompensation dieser wieder mitbeseitigt werden muss. Die quadrantale Deviation sollte deshalb zunächst kompensirt werden. Dies ist nur möglich, wenn die Koeffizienten D und λ — auch E , wenn ein solcher vorhanden — bekannt sind. Es sollte deshalb so früh wie möglich Gelegenheit genommen werden, die Koeffizienten zu bestimmen. Die Einstellung der Korrektoren erfolgt sodann nach einer Hülftabelle, aus welcher für die verschiedenen Kompassarten und die verschiedenen Werthe von D und λ die Entfernung von der Kompassmitte, in welcher die Korrektoren anzubringen sind — bei Kugelkorrektoren auch die Grösse der anzuwendenden Kugeln — entnommen werden. Eine solche Tabelle ist im Anhang (Tab IV) gegeben.

*) Ein Beweis hierzu findet sich im Handbuch der Nautischen Instrumente, 1896, § 94.

**) Kugelkorrektoren kompensiren mit jedem Grad der quadrantalen Deviation in unserer Breite etwa 6' Krängungsdeviation.

Sind die Koeffizienten nicht bestimmt, so ist die Einstellung der Korrektoren nach angenäherten oder geschätzten Werthen — gleicher Schiffe und gleicher Kompassaufstellung — auszuführen. Die Berichtigung erfolgt dann später entweder nach Bestimmung der Koeffizienten, ebenfalls mit Hülfe der Tabelle, oder ohne Kenntniss der Koeffizienten mit Hülfe von Peilungen oder unter Benutzung des Deflektors nach ausgeführter Kompensation der semicirkularen Deviation (vergl. §§ 83 und 122 u. f.).

Die Krängungsdeviation wird am besten nach der viertelkreisartigen kompensirt, die konstante, sobald sie bekannt ist.

1. Kompensation der quadrantal Deviation mit Benutzung einer Tabelle für die Entfernungen der Korrektoren.

a. Wenn E gleich Null ist.

§ 111. Für die Kompensirung mit Kugelkorrektoren entnehme man aus der Tabelle mit den bekannten oder angenommenen Werthen von D und λ die Grösse der anzuwendenden Kugeln und ihre Entfernung von der Kompassrosenmitte und bringe je eine solcher Kugeln in der gefundenen Entfernung auf jedem Arm des Kugelträgers an; die Letzteren sind in der Querschiffsstellung — Einstellung auf Null — zu befestigen.

Für Kompensationskompass erhält man aus der Tabelle den Skalenthail, auf welchen die D -Skala einzustellen ist. Die Einstellung erfolgt hiernach mittelst der D -Triebsschraube. Die E -Skala ist auf Null zu stellen.

Beispiel.

Ein grosser Fluidkompass ist zu kompensiren. λ ist gleich 0,7, D gleich $+14^\circ$.

Nach Tabelle I sind entweder 17,5 cm-Kugeln in einer Entfernung von 290 mm oder 21,5 cm-Kugeln in einem Abstände von 328 mm anzubringen.

b. Wenn E grösser als 1° ist.

Man berechne die Grösse $\sqrt{D^2 + E^2}$ und den Winkel β nach der Formel $\tan 2\beta = \frac{E}{D}$, stelle den Kugelträger in dem Winkel β zur Querschiffslinie ein, bei positivem E den Backbordarm vor, den Steuerbordarm hinter der Querschiffslinie, bei negativem E umgekehrt; entnehme aus der Tabelle für die Werthe $\sqrt{D^2 + E^2}$ und λ Grösse und Entfernung der Kugeln und befestige sie dementsprechend auf dem Kugelträger.

Bei Kompensationskompass wird die E -Skala auf den Winkel β eingestellt und die D -Skala auf den aus der Tabelle für $\sqrt{D^2 + E^2}$ und λ entnommenen Skalenthail.

Beispiel.

Ein Trockenkompass (Rose nach Bamberg) ist zu kompensiren. λ ist gleich 0,3, $D + 7^\circ 28'$, $E = -2^\circ 14'$.

$$\tan 2\beta = \frac{-2,25}{+7,5} = -0,3; \quad 2\beta = -17^\circ; \quad \beta = -8,5^\circ.$$

$$\sqrt{D^2 + E^2} = \sqrt{7,5^2 + 2,25^2} = 7,8^\circ.$$

Der Kugelträger ist nun $8,5^\circ$ nach Backbord aus der Querschiffsrichtung zu drehen (d. h. so, dass der Steuerbordarm vor, der Backbordarm hinter die Querschiffslinie fällt) und nach Tabelle III sind zwei 21,5 cm-Kugeln 322 mm von der Rosenmitte auf dem Träger zu befestigen.

§ 112. 2. Die Kompensation der Krängungsdeviation

erfolgt entweder mit Hilfe von Schwingungsbeobachtungen der Vertikalnadel oder mit Hilfe der Vertikalkraftwage.

Die Kompensation beruht auf folgendem Princip: Soll der Krängungsfehler beseitigt werden, so muss der Krängungskoeffizient χ gleich Null sein. Es ist nach § 91

$$1. \quad \chi = \left(\mathfrak{D} + \frac{\mu}{\lambda} - 1 \right) \tan \theta; \quad \chi \text{ wird gleich Null, wenn}$$

$$2. \quad \mu = \lambda (1 - \mathfrak{D}) \text{ ist.}$$

Es ist ferner nach § 91

3. $\frac{Z'}{Z} = \mu + g \cot \theta \cos \zeta$. In diese Gleichung den Werth von μ aus Gleichung 2 eingesetzt giebt

$$4. \quad \frac{Z'}{Z} = \lambda (1 - \mathfrak{D}) + g \cot \theta \cos \zeta.$$

Bei den Kursen Ost oder West wird das Glied $g \cot \theta \cos \zeta$ gleich Null und

$$5. \quad \frac{Z'}{Z} = \lambda (1 - \mathfrak{D}).$$

Durch den Krängungsmagneten wird nun das Verhältniss $\frac{Z'}{Z}$ der auf den Kompass an Bord wirkenden magnetischen Vertikalkraft zu der erdmagnetischen Vertikalkraft auf den in Gleichung 4 oder 5 angegebenen Werth und demgemäss χ auf Null gebracht.

a. Kompensation mit Hilfe von Schwingungsbeobachtungen einer Vertikalnadel.*)

Beobachtungen an Land.

§ 113. Das Inklinatorium wird an einem von störenden magnetischen Einflüssen freien Platz aufgestellt, horizontirt und in der Horizontalebene so lange gedreht, bis die Nadel sich senkrecht einstellt; in dieser Lage — rechtwinklig zum magnetischen Meridian — wirkt nur die Vertikalkomponente des Erdmagnetismus auf die Nadel ein. Sie wird sodann um 20° bis 30° abgelenkt und wenn der Ausschlag der Nadel nicht über 20° beträgt, die Zeitdauer einer bestimmten Anzahl Schwingungen — 10, 20, 30 — beobachtet, bis die Nadel nahezu zur Ruhe gelangt ist.

Beobachtungen an Bord.

Dieselben Beobachtungen werden an Bord auf dem magnetischen Kurse Ost oder West an dem Kompassaufstellungsort gemacht. Das

*) Nähere Angaben über das Instrument sind in dem später folgenden Abschnitt „Deviationsmagnetometer“ (Abschnitt 13) enthalten.

Inklinatorium ist hier nach Entfernung der Kompassbüchse derart aufzustellen, dass der Mittelpunkt der Nadel sich in der durch den Mittelpunkt des Kompasses gelegten Vertikalen und in der Horizontalebene der Kompassrosenmagnete befindet*). Das Instrument wird in dieser Lage horizontirt und gedreht, bis die Nadel sich vertikal einstellt.

Die aus den Beobachtungen gefundene mittlere Schwingungsdauer einer bestimmten Anzahl (am besten 1 oder 10) von Schwingungen an Land sei t , die Schwingungsdauer der gleichen Anzahl von Schwingungen an Bord t' .

Soll der Krängungsfehler gleich Null sein, so muss sein:

1. Wenn die quadrantale Deviation durch Kugelkorrektoren aufgehoben ist:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{\lambda(1 + \mathfrak{D})}}$$

2. Wenn keine Kugelkorrektoren angebracht sind:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{\lambda(1 - \mathfrak{D})}}$$

Die Formel 2 gilt auch für Kompensationskompass, gleichgültig, ob die quadrantale Deviation kompensirt ist oder nicht.

Hierbei bedeuten λ und \mathfrak{D} die ursprünglichen Werthe dieser Koeffizienten ohne Kompensation. Sind sie nicht bekannt, so müssen sie nach den Werthen gleicher Schiffe und gleicher Kompassaufstellung geschätzt werden.

Bei Anwendung von Kugelkorrektoren zur Kompensation der Quadrantaldeviation können auch die nach dieser Kompensation erhaltenen Werthe λ_1 und \mathfrak{D}_1 benutzt werden; für diesen Fall muss jedoch

stets $t' = \frac{t}{\sqrt{\lambda_1(1 - \mathfrak{D}_1)}}$ sein. Bei Kompensationskompassen trifft dies nicht

zu, weil die Kompensationskerne auch bei einer Krängung des Schiffes horizontal bleiben und keinerlei Einfluss auf den Krängungsfehler ausüben. Bei diesen sind stets die ursprünglichen Werthe von λ und \mathfrak{D} , d. h. die Werthe bei unkompensirtem Kompass — ohne eingehängtes Kompensationssystem — in die Formel einzusetzen. Dagegen können die Schwingungsbeobachtungen der Vertikalnadel mit oder ohne eingehängtes Kompensationssystem gemacht werden; auch ist es gleichgültig, ob das Kompensationssystem für die Kompensation der Quadrantaldeviation eingestellt ist oder nicht. — Die Aufstellung des für S. M. Schiffe eingeführten Deviationsmagnetometers verlangt indess die Entfernung des Kompensationssystems.

Hat bei den Schwingungsbeobachtungen an Bord die mittlere Schwingungsdauer t' den in Formel 1 oder 2 angegebenen Werth, so ist keine Kompensation nöthig. Ist dies aber nicht der Fall, so müssen Krängungsmagnete angebracht werden, bis dieser Werth erreicht ist. Wenn die Schwingungsdauer t' zu klein ist, d. h. die Schwingungen zu

*) Bei den Deviationsmagnetometern der Kaiserlichen Marine ist durch zweckmässige Anordnung des Instruments hierfür gesorgt.

schnell sind, so müssen die Magnete mit ihrem Nordpol nach oben, ist die Schwingungsdauer zu gross, d. h. sind die Schwingungen zu langsam, mit dem Südpol nach oben.

Wenn das Schiff nicht magnetisch Ost oder West gelegt werden kann, so tritt in die oben aufgeführten Formeln noch der Ausdruck $g \cotg \Theta \cos \zeta$ hinzu, es wird

$$1. \quad t' = \frac{t}{\sqrt{\lambda(1 + \mathfrak{D}) + g \cotg \Theta \cos \zeta}} \quad \text{oder}$$

$$2. \quad t' = \frac{t}{\sqrt{\lambda(1 - \mathfrak{D}) + g \cotg \Theta \cos \zeta}}.$$

Ist g nicht bekannt, so muss es nach den Werthen gleicher Schiffe geschätzt werden. Bei geringen Abweichungen von der magnetischen Ost-Westlage, bis zu zwei Strich, erreicht das Glied $g \cotg \Theta \cos \zeta$ keine nennenswerthe Grösse und kann vernachlässigt werden. Bei grösseren Abweichungen des Schiffskurses von der Ost-Westrichtung und wenn man für den Kompassort einen merklichen Betrag von g zu befürchten hat, kann man sich, falls der Werth von g nicht bekannt oder zu ermitteln ist, dadurch helfen, dass man auf zwei entgegengesetzten Kursen Beobachtungen macht, den Krängungsmagneten in der beschriebenen Weise anbringt und ihm sodann eine Lage giebt, welche der Mittellage zwischen den beiden gefundenen entspricht.

Beispiel:

Das Schiff lag magnetisch West. Die Quadrantaldeviation war durch Kugelkorrektoren kompensirt.

Es ist $\lambda = 0,88$, $\mathfrak{D} = +0,039$, die Schwingungsdauer von 10 Schwingungen an Land $t = 11,23^s$.

$$t' = \frac{11,23}{\sqrt{0,880 \cdot 1,039}} = \frac{11,23}{\sqrt{0,919}} = \frac{11,23}{0,956} = 11,74^s.$$

Der Krängungsmagnet wurde mit seinem Nordpol nach oben eingelegt und verschoben, bis die Schwingungsdauer $t' 11,74^s$ betrug.

b. Kompensation mit Hülfe der Vertikalkraftwage. *)

Beobachtungen an Land.

§ 114. Man stelle das Instrument an einem Platz auf, wo es, nur dem Erdmagnetismus ausgesetzt, frei von allen sonstigen störenden magnetischen Kräften ist, drehe es so, dass die Nadel in die Richtung des magnetischen Meridians fällt, das (auf nördlicher magnetischer Breite nach unten geneigte) Nordende nach Norden gerichtet, und horizontire es. Auf das nach oben gerichtete Ende (das Südende) wird das Gewicht gestreift und so lange verschoben, bis die Nadel horizontal liegt. Man notire die Entfernung des Gewichts vom Mittelpunkt der Nadel, d. h. die Länge l seines Hebelarmes.

Die Einstellung der Nadel in den magnetischen Meridian erfolgt bei der mit dem Deviationsmagnetometer verbundenen Vertikalkraftwage dadurch, dass man

*) Beschreibung und Handhabung des mit dem Deviationsmagnetometer verbundenen Instruments ist unter „Deviationsmagnetometer“ (13. Abschnitt) gegeben.

zunächst auf den Horizontalkreis das Deklinationskästchen mit der Horizontalnadel stellt; den Alhidadenkreis mit dem Kästchen dreht, bis die Nadel auf Null ihrer Theilung steht, d. h. zwischen den Indexspitzen der Elfenbeintheilung einspielt, den Alhidadenkreis festsetzt, das Deklinationskästchen abhebt und nun an seine Stelle das Kästchen der Vertikalkraftwage setzt.

Beobachtungen an Bord. Auf dem magnetischen Kurse Ost oder West stelle man das Instrument, nachdem die Kompassbüchse aus dem Kompasshause entfernt ist, in das letztere — bei der in der Kaiserlichen Marine eingeführten Vertikalkraftwage mittelst der für dasselbe bestimmten Untersätze — so auf, dass der Mittelpunkt der Nadel in der Horizontalebene der Kompassrosenmagnete und die durch den Mittelpunkt der Rose gelegte Vertikalebene fällt. Das Instrument wird so gedreht, dass die Nadel in die Nord-Südrichtung (p. K.) fällt und ihr Nordende nach Nord gerichtet ist (das Einrichten erfolgt, wie oben angegeben, mit Hilfe der Deklinationsnadel). Man horizontire das Instrument. Das Gewicht wird derart auf das nach oben gerichtete Ende der Nadel angebracht, dass die Länge l' seines Hebelarms gleich ist:

1. Wenn die quadrantale Deviation durch Kugelkorrektoren aufgehoben ist $l' = l\lambda(1 + \mathfrak{D})$,

2. Wenn keine Kugelkorrektoren angebracht sind $l' = l\lambda(1 - \mathfrak{D})$.

Diese letztere Formel gilt auch für Kompensationskompass, gleichgültig, ob die Quadrantaldeviation kompensirt ist oder nicht.

Die über die Werthe von λ und \mathfrak{D} sowie über die Ausdrücke $\lambda(1 + \mathfrak{D})$ und $\lambda(1 - \mathfrak{D})$ unter a. gemachten Bemerkungen gelten auch hier. Ebenso die Bemerkungen über den Werth von g und über den Hinzutritt des Ausdrucks $g \cot g \ominus \cos \zeta$, wenn das Schiff nicht in der magnetischen Ost-Westrichtung liegt, d. h. die Formeln für l' werden:

$$\begin{aligned} 1. \quad l' &= l[\lambda(1 + \mathfrak{D}) + g \cot g \ominus \cos \zeta], \\ 2. \quad l' &= l[\lambda(1 - \mathfrak{D}) + g \cot g \ominus \cos \zeta]. \end{aligned}$$

Liegt die Nadel bei der angegebenen Einstellung des Gewichts horizontal, so ist keine Kompensation erforderlich. Ist sie dagegen geneigt, so werden Krängungsmagnete angebracht und so lange verschoben, bis die Nadel die horizontale Lage einnimmt. Ist das Nordende der Nadel nach unten geneigt, so sind die Krängungsmagnete mit ihrem Nordpol nach oben, ist das Nordende der Nadel dagegen nach oben gerichtet, so sind die Krängungsmagnete mit ihrem Südpol nach oben anzubringen.

Beispiel.

Ein Kompensationskompass soll kompensirt werden auf dem magnetischen Kurse Ost. Es ist $\lambda = 0,905$, $\mathfrak{D} = 0,075$. Es wurde beobachtet an Land $l = 20,5$.
 $l' = l\lambda(1 - \mathfrak{D}) = 20,5 \cdot 0,905(1 - 0,075) = 20,5 \cdot 0,905 \cdot 0,925 = 17,1$.

Die Vertikalkraftwage wurde an Bord im Kompass aufgestellt und das Gewicht auf 17,1 der Nadeltheilung geschoben. Das Nordende der Nadel war nach unten geneigt. Ein Krängungsmagnet wurde mit dem Nordpol nach oben eingesetzt und gegen die Rose verschoben, bis die Nadel die horizontale Lage einnahm.

3. Kompensation der semicirkularen Deviation.

a. Durch Längs- und Querschiffsmagnete.

α. Auf den vier magnetischen Kardinalstrichen.

§ 115. Man lege das Schiff magnetisch Nord und verschiebe die Querschiffsmagnete so lange, bis der Kompass Nord anliegt. — Ist die Deviation des Kompasses eine östliche, so sind die Nordpole der Magnete nach Steuerbord zu richten, ist die Deviation eine westliche, nach Backbord; kurz die Nordpole der Magnete sind stets nach der Seite zu richten, nach welcher der Kompassnorden abgelenkt ist.

Darauf lege man das Schiff magnetisch Süd. Zeigt der Kompass ebenfalls Süd, so liegen die Querschiffsmagnete richtig, weicht er jedoch von dem richtigen Kurse ab, so bringe man durch Verschiebung der Magnete den halben Betrag dieser Abweichung fort.

Ganz ebenso verfähre man auf den magnetischen Kursen Ost und West mit den Längsschiffsmagneten.

Welche Reihenfolge der Kurse man wählt, ist gleichgültig.

Auf den Kursen Nord und Süd wird \mathcal{C} , auf Ost und West \mathcal{B} kompensirt.

Diese Art der Kompensation bietet gleichzeitig ein Mittel, A und E zu bestimmen. Die auf den Kursen Süd und West gefundenen Restdeviationen, nachdem auf Nord und Ost bereits kompensirt ist, rühren nämlich von diesen Kräften her, und zwar ist die auf Süd beobachtete Restdeviation gleich der doppelten Summe dieser Koeffizienten, gleich $2(A + E)$, die auf West beobachtete Restdeviation gleich der doppelten Differenz $2(A - E)$. Durch Addition und Subtraktion beider ergeben sich die beiden Koeffizienten A und E . In diesem Verfahren ändert sich nichts, wenn man zuerst auf Süd- und Westkurs kompensirt hätte und dann auf Nord und Ost geht.

Auch B und C lassen sich hierbei sehr einfach bestimmen. Es ist nämlich

$$\delta_N = A + C + E$$

$$\delta_O = A + B - E$$

$$\delta_S = A - C + E$$

$$\delta_W = A - B - E,$$

$$\text{demnach } C = \delta_N - (A + E) \text{ oder } = -[\delta_S - (A + E)]$$

$$B = \delta_O - (A - E) \text{ oder } = -[\delta_W - (A - E)].$$

Beispiel.

Das Schiff lag magnetisch Nord, der Kompass $N16^\circ W$, demnach $\delta_N = +16^\circ$. Querschiffsmagnete wurden mit dem Nordpol nach Steuerbord angebracht und verschoben, bis der Kompass Nord anlag.

Auf dem missweisenden Kurs Ost zeigte der Kompass $O10^\circ N$, demnach $\delta_O = +10^\circ$. Es wurden Längsschiffsmagnete mit dem Nordpol nach vorn angebracht, bis der Kompass Ost anlag.

Das Schiff wurde darauf auf magnetisch Süd gebracht, der Kompass lag hierbei $S8^\circ O$, die Restdeviation beträgt also $+8^\circ$. Die Querschiffsmagnete wurden von der Rose weiter entfernt, bis der Kompass $S4^\circ O$ zeigte.

Auf dem magnetischen Kurse West zeigte der Kompass $W4^\circ N$, die Restdeviation betrug mithin -4° ; die Längsschiffsmagnete wurden von der Rose entfernt, bis der Kompass $W2^\circ N$ zeigte.

$$\begin{array}{rcl}
 2(A + E) = +8^\circ & A + E = +4^\circ & \\
 2(A - E) = -4^\circ & A - E = -2^\circ & \\
 \hline
 & 2A = +2^\circ & A = +1^\circ \\
 & 2E = +6^\circ & E = +3^\circ \\
 C = +16^\circ - (A + E) = +16^\circ - 4^\circ = +12^\circ & & \\
 B = +10^\circ - (A - E) = +10^\circ - (-2^\circ) = +12^\circ. & &
 \end{array}$$

Wäre umgekehrt kompensirt, zuerst auf Süd und West, dann auf Nord und Ost, so hätte man auf Süd eine Deviation von -8° , auf West -14° , dann nach der Kompensation auf diesen Kursen, auf Nord eine Restdeviation von $+8^\circ$, auf Ost eine solche von -4° beobachtet.

Daraus würde sich ergeben

$$\begin{array}{l}
 2(A + E) = +8^\circ \\
 2(A - E) = -4^\circ,
 \end{array}$$

also für A und E dasselbe Resultat wie oben.

$$\begin{array}{l}
 C = -(-8^\circ - 4^\circ) = +12^\circ \\
 B = -(-14^\circ - [-2^\circ]) = +12^\circ.
 \end{array}$$

β. Kompensation auf einem oder zwei beliebigen Kursen.

Dieses Verfahren setzt voraus, dass B und C bekannt sind.

Ist der Kompasskurs ζ' , so stelle man die Längsschiffsmagnete derart ein, dass sie die Kompassrose um einen Winkel $-B \sin \zeta'$, die Querschiffsmagnete derart, dass sie um den Winkel $-C \cos \zeta'$ ablenken.

Kompensirt man beide Komponenten auf einem Kurse, so thut man gut, einen solchen zu wählen, der nicht zu nahe an einen Kardinalpunkt fällt, kompensirt man auf zwei Kursen, so wähle man für die Kompensation von B einen solchen, der nahe an Ost oder West fällt, für C einen solchen, der nahe an Nord oder Süd fällt.

Beispiel.

Es ist $B = +10^\circ$, $C = +12^\circ$.

Das Schiff liegt $S40^\circ O$ nach dem Kompass.

$$\begin{array}{l}
 \sin \zeta' = +0,64, \quad \cos \zeta' = -0,77. \\
 -B \sin \zeta' = -10 \cdot 0,64 = -6,4^\circ \\
 -C \cos \zeta' = -12 \cdot (-0,77) = +9,2^\circ.
 \end{array}$$

Die Längsschiffsmagnete sind zu verschieben, bis die Rose um -6° abgelenkt wird, also der Kompass $S34^\circ O$ anliegt; darauf die Querschiffsmagnete, bis der Kompass um $+9^\circ$ abgelenkt ist, d. h. bis $S43^\circ O$ anliegt.

b. Kompensation der semicirkularen Deviation durch Längs- und Querschiffsmagnete und vertikale weiche Eisenstäbe (Flinders bars).

Diese Kompensationsmethode unterscheidet sich von der unter a. angegebenen dadurch, dass der von der Vertikalinduktion in weichen Eisenmassen herrührende Theilbetrag von $B, \frac{c}{\lambda} \tan \Theta$, durch vertikale Eisenstäbe beseitigt wird, und erfordert die Kenntniss dieses Betrages. Die Bestimmung des Werthes $\frac{c}{\lambda}$ ist in § 97 behandelt worden. Die Kompensation wird ausgeführt, indem man vor der Kompensation von B , wie sie unter a, α beschrieben, auf den magnetischen Kursen Ost oder West einen vertikalen Eisenstab vor oder hinter dem Kompass — und zwar vor dem Kompass, wenn c negativ, hinter dem Kompass, wenn c positiv

ist — derart anbringt, dass er die Kompassrose um den Betrag $\frac{c}{\lambda} \tan \Theta$ ablenkt, und sodann weiter wie bei a, α verfährt. Wird B nicht auf den Kursen Ost und West kompensirt, sondern auf einem anderen Kurse (vergl. α, β), so wird durch den Eisenstab eine Ablenkung des Kompasses von $\frac{c}{\lambda} \tan \Theta \sin \zeta'$, sodann durch die Längsschiffsmagnete von $\frac{V}{\lambda H} \sin \zeta'$ hervorgebracht.

Die beabsichtigte Wirkung des Vertikalstabes kann man entweder durch Veränderung seiner Entfernung von dem Kompass oder bei derselben Entfernung durch eine verschiedene Länge des Stabes erzielen. In der Regel bedient man sich des letzteren Mittels; der Stab besteht nicht aus einem Stück, sondern aus mehreren Vertikalzylindern, die in solcher Anzahl und Grösse zusammengesetzt werden, dass die richtige Länge erreicht wird. Der Stab wird so angebracht, dass das obere Ende die Ebene der Rosenmagnete um etwa $\frac{1}{12}$ seiner Länge überragt. Zur Aufnahme der Eisencylinder dient ein vor oder hinter dem Kompass befestigter messingener Hohlcylinder; dieser hat entweder einen je nach der Gesamtlänge der gebrauchten Eisencylinder zu verstellenden Boden, oder der Raum unterhalb der Eisencylinder wird durch passende Metall- oder Holzcylinder ausgefüllt.

Die Länge des anzubringenden Eisenstabes kann auch, um an Bord Zeit zu sparen, an Land ermittelt werden, indem man bei dem auf Ost-Kurs gedrehten Kompass die Eisencylinder anbringt, bis der Kompass um $\lambda \cdot \frac{c}{\lambda} \tan \Theta = c \tan \Theta$ abgelenkt wird.

4. Compensation der quadrantal Deviation nach Peilungen.

a. Wenn E gleich Null ist.

§ 116. Man lege das Schiff auf oder nahezu auf einen magnetischen Interkardinalkurs — am besten sind die Kurse $NO + \frac{D}{2}$, $SO - \frac{D}{2}$, $SW + \frac{D}{2}$, $NW - \frac{D}{2}$ — und verschiebe die Quadrantalkorrektoren, beide gleichmässig, so lange, bis der Kompasskurs mit dem magnetischen übereinstimmt. Bei einer positiven Quadrantaldeviation — im Nordost- und Südwestquadranten östliche, im Südost- und Nordwestquadranten westliche — sind die Korrektoren der Kompassrose zu nähern, bei einer negativen Quadrantaldeviation — im Nordost- und Südwestquadranten westliche, im Südost- und Nordwestquadranten östliche — von der Rose zu entfernen.

Hierauf drehe man das Schiff um 90° — auf oder nahezu auf einen benachbarten Interkardinalkurs —. Ist auf diesem Kurse noch Deviation vorhanden, d. h. weicht der Kompasskurs von dem magnetischen ab, so ist die Hälfte dieser Deviation durch Verschiebung der Korrektoren — wie angegeben — fortzuschaffen. Die andere Hälfte rührt von einem noch vorhandenen A .

b. Wenn E grösser als 1° ist.

Ist ein zu kompensirendes E (über 1°) vorhanden, so wird in gleicher Weise verfahren, nachdem die Kugelkorrektorenträger um den Winkel β aus der Querschiffsrichtung gedreht worden sind, und zwar bei positivem E der Backbordarm vor, der Steuerbordarm hinter die Querschiffslinie, bei negativem E umgekehrt. — Die besten Kurse für diesen Fall sind

$$\begin{aligned} \text{NO} - \beta + \frac{\sqrt{D^2 + E^2}}{2}, \quad \text{SO} - \beta - \frac{\sqrt{D^2 + E^2}}{2}, \quad \text{SW} - \beta + \frac{\sqrt{D^2 + E^2}}{2}, \\ \text{NW} - \beta - \frac{\sqrt{D^2 + E^2}}{2}. \end{aligned}$$

Sind D und E nicht bekannt, so nehme man zur Bestimmung von β nach der Formel $\tan^2 2\beta = \frac{E}{D}$ für E den Werth, wie er sich bei der Kompensation der semicirkularen Deviation — wie unter 3 angegeben — ergibt, für D den bisher bekannten angenäherten Werth, oder man bestimme diesen in folgender Weise: Auf 2 um 90° voneinander entfernten magnetischen Interkardinalkursen — oder Kursen nahe denselben — entferne man die Quadrantalkorrektoren und bestimme die Deviation (Unterschied zwischen dem magnetischen und dem anliegenden Kompasskurs) und setze das Mittel aus den so gefundenen Deviationen gleich D . Ist keine konstante Deviation vorhanden, so genügt die Beobachtung auf einem Kurse.

Bei den Kompensationskompassen wird in der vorstehend unter a und b beschriebenen Weise verfahren, die Kompensationskerne werden mittelst der D -Triebsschraube verschoben, β an der E -Skala eingestellt.

Beispiel 1.

E ist gleich Null.

Das Schiff liegt mw. NO, der Kompass N 51° O, demnach ist $\delta = -6^\circ$ (negative Quadrantaldeviation, D war überkompensirt).

Die Kugeln wurden vom Kompass abgerückt, bis dieser NO anlag.

Darauf wurde das Schiff nach dem Peildioptr um 90° gedreht, so dass mw. NW anlag. Der Kompass zeigte N 43° W, demnach $\delta = -2^\circ$. Die Kugeln wurden dem Kompass wieder genähert, bis N 44° W anlag.

Beispiel 2.

Ein Kompensationskompass soll kompensirt werden.

Es ist $D = +7,6^\circ$, $E = +4^\circ$,

$$\tan 2\beta = \frac{+4^\circ}{+7,6^\circ} = +0,5263$$

$$2\beta = 28^\circ, \quad \beta = +14^\circ.$$

Die E -Skala wird auf $+14^\circ$ eingestellt und das Schiff in die magnetische Richtung NO gebracht. Der Kompass lag N 36° O. Die D -Skala wurde verstellt, bis der Kompass NO anlag.

Darauf wurde das Schiff um 90° auf mw. SO gedreht; der Kompass zeigt ebenfalls SO; die Kompensation ist demnach richtig.

Kompensationsbaken.

§ 117. In vielen Häfen sind zur Erleichterung der Kompensation durch natürliche oder künstliche Peilobjekte (Kompensationsbaken oder dergl.) die Richtungslinien — magnetisch N—S, O—W, NO—SW,

NW—SO — bezeichnet, in welchen man das Schiff während der Ausführung der Kompensation halten muss, indem man die betreffenden Marken in Deckpeilung hält.

Kann man solche Deckpeilungslinie nicht benutzen, so muss das Schiff nach Peilung eines terrestrischen oder astronomischen Objektes in die für die Kompensation erforderlichen Richtungen gebracht werden. Es genügt hierzu die Kenntniss der magnetischen, vom Schiff aus unveränderlichen Richtung eines Gegenstandes. Nach dieser lässt sich das Schiff mit Hilfe des Kompasspeildiopters oder der Peilscheibe leicht in jede gewünschte magnetische Richtung bringen. Ueber die Benutzung des Peildiopters zu diesem Zweck sind in dem Abschnitt „Berichtigung der Kompensation“ weitere Erläuterungen gegeben.

5. Kompensation der konstanten Deviation.

§ 118. Gut situirte Kompassse in der Mittschiffslinie haben in der Regel keine oder nur sehr kleine Beträge konstanter Deviation, welche nicht kompensirt zu werden brauchen, da sie die Gebrauchsfähigkeit des Kompasses nicht beeinträchtigen. Wo grössere Beträge auftreten, sind sie, wenn zugänglich, wegzubringen. Dies geschieht durch Verlegung der Steuerstriche um den Betrag dieser Deviation, und zwar bei einem positiven A nach der Steuerbordseite, bei einem negativen A nach der Backbordseite; Bei den Kompensationskompassen und denjenigen neueren Fluidkompassen, welche an Plätzen mit grossen A -Beträgen aufgestellt sind, durch Einstellung an der A -Skala, bei den Trockenkompassen, welche solche Einrichtung nicht haben, durch Ueberkleben der alten Steuerstriche mit einem Papierstreifen und Aufzeichnen der neuen Steuerstriche, oder durch Uebermalen der alten und Aufmalen der neuen Steuerstriche auf der Kompassbüchsenwand.

Bei denjenigen Fluidkompassen, welche keine Vorrichtung hierfür haben, lässt sich A nicht kompensiren.

6. Einstellung des Beruhigungsmagneten bei den Kompensationskompassen.

§ 119. Bei einer Neigung der Kompassbüchse mit den Kompensationskernen zur Horizontalebene werden in den Eisenkernen durch Vertikalinduktion magnetische Kräfte erzeugt, die eine Ablenkung der Nadel ähnlich dem Krängungsfehler und je nach der Neigungsrichtung bald nach der einen, bald nach der anderen Seite hervorbringen.

Diese Ablenkungen sollen durch den kleinen mit dem Kessel schwingenden Beruhigungsmagneten aufgehoben werden.

Bei einer Neigung des Kessels entsteht infolge der Erdinduktion auf Nordbreite im oberen Ende der Eisenkörper Süd polarität, im unteren Ende Nord polarität, und somit eine Ablenkung der Nadel nach der nach unten geneigten Seite des Kessels; der Beruhigungsmagnet muss mit dem Südpole nach oben angebracht werden.

Auf Südbreite findet eine Ablenkung der Nadel nach der entgegengesetzten Seite statt, und der Magnet muss mit dem Nordpol nach oben eingesetzt werden. Die Ablenkungen sind, wie bei dem Krängungsfehler, auf Nord- und Südkurs am grössten. Hieraus ergibt sich das folgende Verfahren für die Einstellung des Beruhigungsmagneten.

Nach Kompensation des Kompasses neigt man auf einem Kurse möglichst nahe an Nord oder Süd die Kompassbüchse um etwa 2° abwechselnd nach Steuerbord und Backbord, führt den Beruhigungsmagneten mit dem Südpol nach oben (Nordbreite vorausgesetzt) ein, verschiebt ihn so lange, bis die durch die Neigung hervorgerufene Ablenkung der Kompassrose beseitigt ist, und setzt ihn in dieser Lage fest.

Bei Annäherung an den magnetischen Aequator muss der Magnet weiter von der Rose entfernt, schliesslich ganz herausgenommen und auf Südbreite mit dem Nordpol nach oben angebracht werden.

7. Der Kompassdeflektor und die Kompensation der semicirkularen und quadrantalen Deviation mit Hilfe dieses Instruments.

§ 120. a. Die Methode der Kompensation

mit Hilfe des Kompassdeflektors besteht darin, dass man die Richtkräfte der verschiedenen Kurse ausgleicht, nach dem Grundsätze, dass keine Deviation vorhanden ist, wenn die Richtkräfte auf allen Kursen gleich sind. Sie hat den Vortheil, dass sie nicht an bestimmte magnetische Richtungen des Schiffes gebunden ist und daher auch keiner Peilungen und Peilobjekte bedarf.

Auf den Kompasskursen Nord und Süd wird die Richtkraft durch die schiffsmagnetischen Kräfte \mathfrak{B} und a beeinflusst, und zwar wird sie durch \mathfrak{B} auf dem einen Kurse um ebenso viel vermehrt wie auf dem anderen Kurse vermindert, durch a dagegen auf beiden Kursen um das gleiche Maass entweder vermehrt oder vermindert. Sind daher auf beiden Kursen die Richtkräfte gleich, so ist der Koeffizient \mathfrak{B} gleich Null. Ebenso wirkt auf dem Kurse Ost \mathfrak{C} auf die Richtkraft gleich stark aber im entgegengesetzten Sinne wie auf West, e dagegen auf beiden Kursen im gleichen Sinne; \mathfrak{C} muss gleich Null sein, wenn die Richtkraft in beiden Lagen gleich gross ist.

Sind die Richtkräfte auf Nord und Süd, sowie auf Ost und West ausgeglichen, ist aber sodann die Richtkraft auf Nord und Süd ungleich derjenigen auf Ost und West, so rührt die Differenz von ungleichen Werthen der Kräfte a und e her; wird auch dieser Unterschied in den Richtkräften beseitigt, so ist $a = e$ und der Koeffizient \mathfrak{D} auch gleich Null.

In einem solchen Ausgleich der Richtkräfte auf den Kompasskursen Nord, Ost, Süd, West besteht die Kompensirung mittelst des Deflektors.

Zur Kompensation der Koeffizienten \mathfrak{A} und \mathfrak{C} , d. h. der konstanten und unregelmässigen quadrantalen Deviation, ist er nicht geeignet.

Ausser zur Kompensation lässt sich der Deflektor noch zur relativen und absoluten Messung der Richtkräfte sowie überhaupt horizontaler

magnetischer Kräfte, zur Bestimmung der Koeffizienten B , C und D und mittelbar nach den letzteren zur Bestimmung der Deviation verwenden.

Das Instrument besteht im Wesentlichen aus einem Magneten, welcher in einer bestimmten Richtung und Entfernung zu der Kompassrose eingestellt wird und diese um einen gewissen Winkel ablenkt. Der Ablenkungswinkel der Rose ist abhängig von der Richtkraft, unter deren Einfluss der Kompass steht, von der Einstellungsrichtung des Deflektormagneten zur Rose und von seiner auf die Rosenmagnete wirkenden magnetischen Kraft, d. h. seiner Entfernung von der Rose. Bei konstantem Einstellungswinkel und konstanter magnetischer Kraft des Deflektormagneten (konstanter Entfernung) bildet demgemäss der Ablenkungswinkel, bei gleichbleibendem Einstellungs- und Ablenkungswinkel dagegen die magnetische Kraft des Deflektormagneten (d. h. seine Entfernung) ein Maass für die Richtkraft.

Die Deflektoren sind so eingerichtet, dass man sowohl die Grösse des Einstellungswinkels beliebig wählen kann, als auch die auf die Rose wirkende magnetische Kraft des Deflektormagneten durch seine Entfernung von der Rose verändern kann. Der Einstellungswinkel kann sowohl von der abgelenkten Kompassnadel als auch von ihrer ursprünglichen Nord-Südrichtung gerechnet werden.

Ist H' die Richtkraft, M die magnetische Kraft des Deflektormagneten, η der Winkel, den dieser mit der Nord-Südrichtung der abgelenkten Nadel bildet und α der Ablenkungswinkel der Rose, so ist:

$$H' : M = \sin \eta : \sin \alpha.$$

$$H' = \frac{M \sin \eta}{\sin \alpha}; \text{ bei konstantem } M \text{ und } \eta \text{ würde}$$

für eine zweite Richtkraft H'_1 sein:

$$H'_1 = \frac{M \sin \eta}{\sin \alpha_1} \text{ und } \frac{H'}{H'_1} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha},$$

d. h. die Richtkräfte verhalten sich umgekehrt wie die Sinuse der Ablenkungswinkel. Bei gleichen Ablenkungswinkeln sind auch die Richtkräfte gleich.

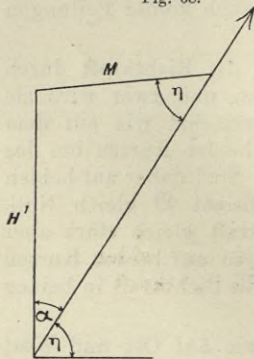
Ist der absolute Werth der Konstanten $M \sin \eta$ bestimmt — und dies lässt sich bewerkstelligen durch Beobachtungen an einem Ort, für welchen H' bekannt ist, z. B. an Land, wo H' gleich der erdmagnetischen Horizontalkraft (H) ist — so erhält man nach obiger Gleichung auch für die Richtkräfte solche Werthe.

Es ergibt dies eine Methode zur Bestimmung der Richtkräfte an Bord durch den Deflektor. Man stelle den Deflektormagneten an Land der Reihe nach

auf die verschiedenen Entfernungen (nach der hierfür am Instrument angebrachten Theilung) ein und beobachte die jedesmalige Ablenkung. Aus dem Ablenkungs-, dem Einstellungswinkel und der bekannten erdmagnetischen Horizontalkraft H erhält man nach der Gleichung $M = \frac{H \sin \alpha}{\sin \eta}$ den der Entfernung des Deflektormagneten, d. h. seiner Einstellung auf der Theilung, entsprechenden Werth von M . — Wählt man η gleich 90° , so ist $M = H \sin \alpha$ und für α gleich 45° wird $M = H$.

An Bord erhält man dann durch Ablenkung des Kompasses mittelst des Deflektors den Werth der Richtkraft H' für den Kompassort und den anliegenden Kurs nach der obigen Gleichung $H' = \frac{M \sin \eta}{\sin \alpha}$ — oder wenn man ein η von 90° wählt

Fig. 68.



$H' = M \operatorname{cosec} \alpha$ —, wenn man für M den ermittelten der Einstellung des Deflektormagneten entsprechenden Werth setzt. Ist die erdmagnetische Horizontalkraft nicht bekannt, so kann man in derselben Weise relative Werthe der Richtkräfte an Bord, d. h. die Werthe $\frac{H'}{H}$, oder H' ausgedrückt in Einheiten der erdmagnetischen Horizontalkraft, erhalten, indem man bei der Bestimmung der Werthe von M die Kraft H gleich 1 setzt.

In gleicher Weise würde man durch Beobachtungen an Land die Horizontalkraft des Erdmagnetismus an verschiedenen Orten der Erdoberfläche bestimmen können.

Diese Bestimmungen sind natürlich nur richtig, so lange die magnetische Kraft der Deflektormagnete unverändert bleibt.

Anstatt M konstant zu nehmen und α veränderlich, kann man nun auch die Beobachtungen mit konstantem Ablenkungswinkel α und veränderlicher magnetischer Kraft M machen, d. h. man stellt den Deflektor in dem Winkel η ein und verändert M durch Annäherung oder Entfernung des Magneten zur Rose, bis letztere um einen bestimmten Winkel α abgelenkt ist.

In diesem Falle würde der Ausdruck $\frac{\sin \eta}{\sin \alpha}$ konstant und $\frac{H'}{H_1} = \frac{M}{M_1}$ sein.

Auch diese Beobachtungsweise lässt sich in derselben Weise, wie die erstere und wie sie vorstehend angegeben, zur Bestimmung der Werthe von H oder der Richtkräfte verwenden.

In dem Vorstehenden war angenommen, dass der Deflektormagnet in einem bestimmten Winkel η zur abgelenkten Kompassnadel eingestellt wird; statt dessen kann auch die Einstellung, wie erwähnt, nach der ursprünglichen Nord-Südrichtung der Nadel erfolgen.

Ist in diesem Falle der Einstellungswinkel 90° (Tangentenablenkung), so ist $H = \frac{M}{\operatorname{tang} \alpha}$; bei konstantem M also

$$1. \frac{H_1}{H_2} = \frac{\operatorname{tang} \alpha_2}{\operatorname{tang} \alpha_1},$$

d. h. die Richtkräfte verhalten sich umgekehrt wie die Tangenten der Ablenkungswinkel; bei konstantem Ablenkungswinkel

$$2. \frac{H_1}{H_2} = \frac{M_1}{M_2},$$

d. h. die Richtkräfte verhalten sich wie die magnetischen Kräfte des Deflektors.

Zur Bestimmung der Richtkräfte lässt sich diese Einstellung in einem bestimmten Winkel zur ursprünglichen Nord-Südrichtung in gleicher Weise anwenden wie die Einstellung im bestimmten Winkel zur abgelenkten Nadel. Die Werthe von M für die verschiedenen Einstellungen der Deflektormagnete an der Skala erhält man — bei einem Einstellungswinkel η gleich 90° — nach der Gleichung $M = H \operatorname{tang} \alpha$ (ist α gleich 45° , so wird $M = H$), und sodann die Werthe von H' an Bord nach $H' = M \operatorname{cotg} \alpha$ (wenn $\alpha = 45^\circ$, $H' = M$).

Für jeden anderen Einstellungs- und Ablenkungswinkel wird allgemein

$$\frac{H}{M} = \frac{\sin(\alpha + \eta)}{\sin \alpha}; \quad H = \frac{M \sin(\alpha + \eta)}{\sin \alpha}.$$

Fig. 69.

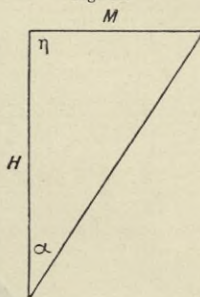
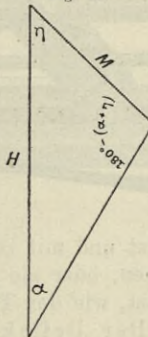


Fig. 70.



Für die Kompensation kommt bei allen voraufgeführten Fällen die Regel in Betracht: Wenn bei gleichem Einstellungswinkel und gleicher magnetischer Kraft des Deflektormagneten (gleiche Entfernung von der Rose) die Rose um den gleichen Winkel abgelenkt wird, so sind die Richtkräfte gleich.

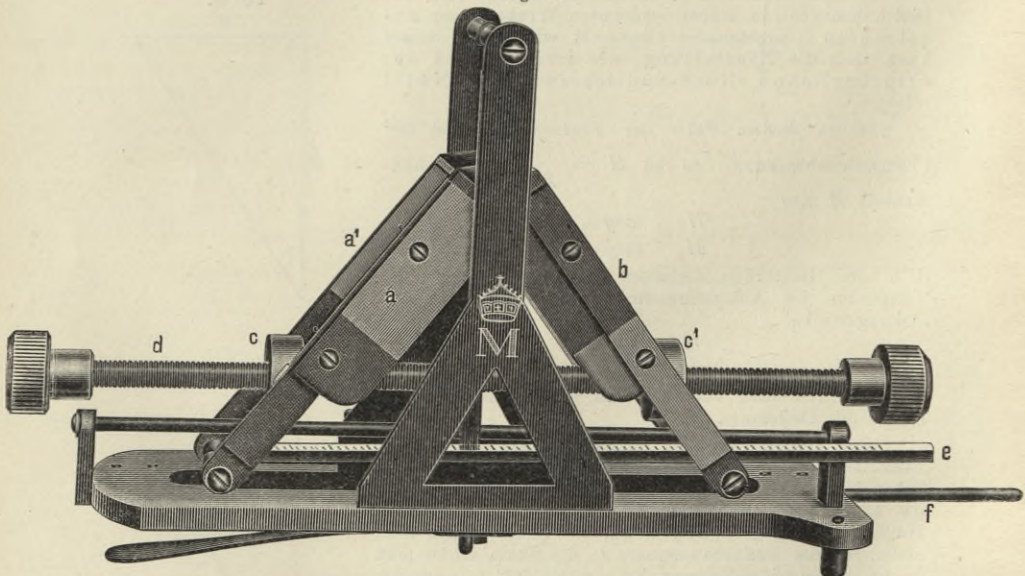
b. Beschreibung des Deflektors.

§ 121. Von den verschiedenen Formen, in welchen der Deflektor hergestellt und verwendet worden ist, verdient das älteste Instrument von Fournier, Alidade déviatrice genannt, hervorgehoben zu werden. Es besteht aus einer kupfernen Schiene, welche, um den Mittelpunkt des Kompassdeckels drehbar, auf zwei seitwärts vom Kompasskessel befindlichen Armen je einen Magneten trägt.

Die Magnete sind, in der Ebene der Rosenmagnete, und symmetrisch zu diesen gelegen, in Koulissen verschiebbar und können der Rose genähert oder von derselben entfernt werden.

Die übrigen Deflektoren verlegen die Magnete oberhalb des Kompassdeckels. Sie werden entweder auf das Peildioptr des Kompasses auf-

Fig. 71.



gesetzt und mit ihm derart verbunden, dass sie an seiner Drehung theilnehmen, oder sie werden direkt auf den Glasdeckel der Kompassbüchse gesetzt, wie der Thomsonsche Deflektor.

Der Deflektor von Thomson (Fig. 71) besteht aus zwei Paar Magneten $a a'$, $b b'$, welche scheerenartig aneinander gelegt und miteinander verbunden, an Messingrahmen befestigt und von einer Bodenplatte getragen werden. Der Drehpunkt liegt am oberen Ende der Magnete.

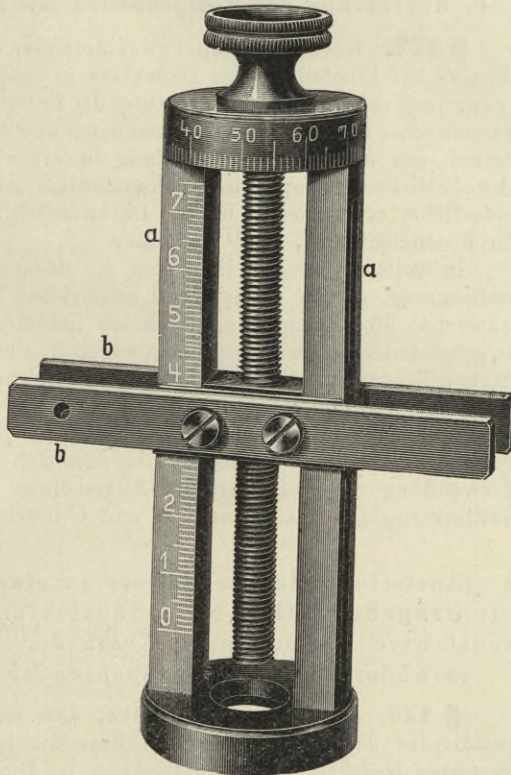
Der eine Magnet kehrt seinen Nordpol, der andere seinen Südpol nach unten. Diese beiden Pole wirken zusammen auf die darunter befindliche Kompassrose, wie ein Hufeisenmagnet, dessen Moment durch den Abstand der Pole voneinander verändert wird. Zu letzterem Zweck befinden sich an den unteren Polen Schraubenmuttern $c c'$, die eine mit Rechts-, die andere mit Linksgewinde; durch diese hindurch geht eine gemeinsame Schraube d mit entsprechenden Gewinden, so dass, wenn die Letztere gedreht wird, die unteren Pole einander genähert oder voneinander entfernt werden, während die oberen Pole in dem Messingrahmen auf und ab gleiten. Eine zwischen den unteren Polen angebrachte Theilung e dient zum Einstellen der unteren Pole in bestimmter Entfernung voneinander oder zum Ablesen der Einstellung. Die Bodenplatte wird mit Füßen und Feder auf den Glasdeckel des Kompasses gesetzt, greift mit einem unter der Mitte befindlichen Ansatz in eine Vertiefung des Glasdeckels und ist um denselben drehbar. Ein messingener Zeiger f an der Bodenplatte bezeichnet die magnetische Achse des Instruments.

Clausens Deflektor ist nach derselben Idee wie der Thomson'sche konstruirt, besitzt aber statt der beiden über Kreuz liegenden zwei vertikale, mit entgegengesetzten Polen nach abwärts gerichtete Magnete, die horizontal gegeneinander verschoben werden.

Bei dem Deflektor nach Collongue, welcher in der russischen Marine Verwendung findet, wird ein horizontaler Magnet an einem mit Theilung versehenen Vertikalstab ab- und aufwärts bewegt, der Rose genähert oder von derselben entfernt und dadurch seine Kraftäusserung auf die Kompassmagnete verändert. Der Deflektor wird auf das Peildiopter gesetzt und mit diesem gedreht.

In gleicher Weise wird bei dem Deflektor von Gareis (Fig. 72) die Veränderung der magnetischen Kraftäusserung durch Auf- und Abwärtsbewegen horizontaler Magnete bewirkt.

Fig. 72.



Zwei vertikale Gleitschienen sind unten auf einer Bodenplatte befestigt, oben durch ein Querstück miteinander verbunden. Zwischen den Gleitschienen wird eine Gleitbacke mittelst einer Mikrometerschraube auf- und abwärts bewegt.

An den beiden äusseren Seiten der Gleitbacke ist je ein horizontaler Magnet befestigt; durch eine Mutter der Gleitbacke hindurch geht die Mikrometerschraube, welche an ihrem oberen Ende eine Mikrometertrommel trägt. Durch Drehen der Letzteren wird die Gleitbacke mit den Magneten auf- und abwärts bewegt. Eine der Gleitschienen und die Mikrometertrommel trägt eine Theilung. Die Trommel ist in 100 gleiche Theile getheilt, so dass man die Einstellung der Magnete auf 0,01 des Schraubenganges bewirken und ablesen kann. Der Deflektor wird mit dem Peildiopter verbunden.

c. Ausführung der Kompensation mit Hülfe des Deflektors.

§ 122. Nachstehend sind zwei Methoden der Kompensirung gegeben, die eine bei Einstellung des Deflektors in einem bestimmten Winkel zur ursprünglichen Nord-Südrichtung der Kompassrose sowie bei konstanter magnetischer Kraft des Deflektormagneten und veränderlichem Ablenkungswinkel, die andere bei Einstellung in einer bestimmten Richtung zur abgelenkten Kompassnadel, konstantem Ablenkungswinkel und veränderlicher magnetischer Kraft. Daran anschliessend ist die Bestimmung der Koeffizienten B , C , D behandelt.

In vollem Umfange lässt sich die Kompensation und Koeffizientenbestimmung, wie sie nachstehend beschrieben ist, nur bei Kompassen mit schwachen Rosenmagneten, die keine inducirende Wirkung auf die sie umgebenden weichen Eisenmassen ausüben, ausführen; bei Kompassen mit starken Rosenmagneten, wie den Fluidkompassen, bei denen die genannte Induktionswirkung besteht, treten durch diese unkontrollirbare störende Kräfte auf. Diese machen die Kompensation der quadrantalen Deviation unsicher, wenn nicht unmöglich, so dass sich bei solchen Kompassen die Verwendung des Deflektors im Allgemeinen auf die Kompensation und Bestimmung der Koeffizienten B und C beschränkt.

a. Einstellung des Deflektors in einem bestimmten Winkel zur **ursprünglichen** Nord-Südrichtung der Kompassrose bei konstanter magnetischer Kraft der Deflektormagnete und veränderlichem, zu beobachtendem Ablenkungswinkel.

§ 123. Es wird angenommen, dass der Deflektor dem Kompasspeildiopter derart angepasst ist, dass die magnetische Achse des aufgesetzten Deflektors in die Visirebene des Diopters fällt.

1. Normaleinstellung des Deflektors.

Als Einstellungswinkel der Deflektormagnete zur Nord-Südrichtung wähle man 135° (gleich 45° für den anderen Pol) und gebe den Magneten eine solche Entfernung von der Rose, dass sie diese un-

gefähr um einen Winkel von 90° ablenken. Ehe man die eigentliche Kompensation beginnt, müssen die Magnete ungefähr in diese Lage, die Normaleinstellung, gebracht werden.

Hierzu steuere man genau Kompassnord nach dem Kompass, der beobachtet oder kompensirt werden soll, und halte während der Operation diese Richtung nach einem anderen Kompass ein, stelle das Peildiopter in die Kielrichtung auf Null der Theilung. Man setze den Deflektor auf das Diopter so auf, dass das Südende der Magnete über Nord der Rose zu stehen kommt und bewege ihn dann mit dem Diopter langsam von vorn über Steuerbord um 135° . Das Nordende der Rose wird dem Südpole des Deflektors bis zu einem gewissen Betrage folgen und dann stehen bleiben. Ist dieser Winkel geringer als 90° , so nähere man die Deflektormagnete der Rose; ist er grösser, vergrössere man die Entfernung der Magnete, bis die Rose um $90^\circ = \alpha_N$ abgelenkt erscheint. Nun bringe man die Rose in ihre ursprüngliche Lage, indem man den Deflektor wieder zurückdreht, bis sein Südpol nach vorn zu stehen kommt, und entferne den Deflektor. Bei allen solchen Bewegungen des Deflektors trachte man durch entsprechende Handhabung des Diopters die Rose so wenig wie möglich zu beunruhigen.

Man steuere sodann Kompasssud, halte den Kurs, wie früher, nach einem anderen Kompass ein (was in der Folge betrifft aller zu steuernden Kurse gilt), setze den Deflektor wieder mit dem Südende über den Nordpol der Nadel, der nun nach achtern gerichtet ist, und drehe den Südpol des Deflektors mit dem Diopter von achtern über Backbord um 135° . Der jetzt erscheinende Ablenkungswinkel (α_S) wird auf den Betrag $\frac{1}{2}(\alpha_N + \alpha_S)$ bezw. $\frac{1}{2}(90^\circ + \alpha_S)$ gebracht, indem man die Deflektormagnete der Rose entsprechend nähert oder entfernt. (Die Ablenkungen lese man stets vom Norden der Rose.) Der Deflektor besitzt nun seine Normaleinstellung und wird wie vorher abgenommen, nachdem man die Rose mit seiner Hülfe in die ursprüngliche Lage (Südkurs) gebracht hat.

Man notire den Betrag der Skala für die Normaleinstellung. Mit dieser kann man, solange das Schiff in derselben magnetischen Breite bleibt und die Magnete an ihrer Kraft nichts verloren haben, auch später operiren, sonst muss man die Normaleinstellung wie vorher erst suchen.

Sicherer ist es, die Normaleinstellung immer neu zu bestimmen.

In Gegenden, für deren Horizontalintensität die Deflektormagnete in ihrer untersten Stellung gerade noch ausreichen, kann, wenn B einen grösseren positiven Betrag hat, es vorkommen, dass der Deflektor nicht im Stande ist, die Rose im Nordkurs um 90° abzulenken. In einem solchen Falle beginne man die Operation mit Kurs Süd. Aehnlich könnte bei negativem B der Deflektor in seiner obersten Stellung im Kurse Nord die Rose um mehr als 90° ablenken. Auch dann beginne man mit dem Südkurs.

II. Kompensirung mittelst des Deflektors.

Man steuere Kompassnord, halte diesen Kurs nach einem anderen Kompass ein, setze den in Normaleinstellung befindlichen Deflektor, wie unter I angegeben, auf das Diopter — die Südpole der Magnete über Nord der Rose — drehe das Diopter langsam über Steuerbord bis 135° und lese die Ablenkung der Rose (α_N) ab.

Dann steuere man Kompass Süd, setze den Deflektor auf, drehe ihn, wie unter I angeführt, bis 135° nach Backbord und lese die Ablenkung α_S ab. Sind beide Ablenkungen gleich, so ist kein \mathfrak{B} vorhanden und eine Kompensation dieses Koeffizienten nicht erforderlich. Sind die Ablenkungen dagegen ungleich, so ist eine Kraft \mathfrak{B} wirksam, und es wird mittelst der Längsschiffmagnete die Ablenkung auf den Betrag $\frac{1}{2}(\alpha_N + \alpha_S)$ gebracht.

\mathfrak{B} ist positiv, wenn die Ablenkung im Kurse Süd grösser ist als bei Nord — die Richtkraft ist auf dem Kurse Süd dann geschwächt, dem Südpol der Nadel liegt ein schiffsmagnetischer Südpol gegenüber, also vor dem Kompass —, \mathfrak{B} ist negativ, wenn die Ablenkung auf Kurs Nord die grössere ist.

Ebenso verfähre man auf den Kompasskursen Ost und West zur Kompensation von \mathfrak{C} . Man steuere Kompassost, setze den Deflektor auf das genau dwars gerichtete Diopter, wieder mit dem Südpole über Nord der Kompassrose, drehe um 135° nach rechts und beobachte die Ablenkung α_0 .

Bei demselben Verfahren beobachte man auf dem Kurse West die Ablenkung α_W und bringe diese nun durch die Querschiffmagnete auf $\frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_W)$.

\mathfrak{C} ist positiv, wenn die Ablenkung auf Kurs Ost (α_0) grösser ist als auf Kurs West (α_W), negativ, wenn das Umgekehrte der Fall ist.

Sind die Grössen $\frac{1}{2}(\alpha_N + \alpha_S)$ und $\frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_W)$ nicht gleich, so ist eine quadrantale Deviation vorhanden, und zwar eine positive ($+\mathfrak{D}$), wenn der erstere Betrag der kleinere ist; eine negative, wenn er der grössere ist.

Diese wird kompensirt, indem man auf dem Kurse Ost oder West (man wird denjenigen Kurs wählen, auf dem man eben \mathfrak{C} kompensirt hat) durch die *D*-Korrektoren $\frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_W) = \frac{1}{2}(\alpha_N + \alpha_S)$ macht.

Es geschieht dies, indem man die Kugeln so einstellt, dass die Ablenkung durch den Deflektor gleich dem Mittel aller vier auf den Kardinalkursen beobachteten Ablenkungen $\frac{1}{4}(\alpha_N + \alpha_S + \alpha_0 + \alpha_W)$, d. i. auch gleich $\frac{1}{2}\left(\frac{\alpha_N + \alpha_S}{2} + \frac{\alpha_0 + \alpha_W}{2}\right)$ ist.

Theoretisch ist dies nicht genau richtig, vielmehr sollten bei Kompensation durch Kugelkorrektoren diese so eingestellt werden, dass die Ablenkung

$$\frac{\alpha_0 + \alpha_W}{2} + \frac{2}{3}\left(\frac{\alpha_N + \alpha_S}{2} + \frac{\alpha_0 + \alpha_W}{2}\right)$$

wird, beim Gebrauch von Stabkorrektoren auf West- oder Ostkurs sollte eine Ablenkung durch diese erzeugt werden, welche gleich dem Mittel der auf Nord- und Südkurs beobachteten Ablenkungen, $\frac{\alpha_N + \alpha_S}{2}$, ist.

Ist $\frac{1}{2}(\alpha_N + \alpha_S)$ kleiner als $\frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_W)$, so werden die Korrektoren dem Kompass genähert, ist $\frac{1}{2}(\alpha_N + \alpha_S)$ grösser als $\frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_W)$, vom Kompass entfernt.

Weichen die Ablenkungswinkel bei Nord und Süd (α_N und α_S) oder bei Ost und West (α_0 und α_W) mehr als 10° von einander ab, so muss die Kompensation von \mathfrak{B} und \mathfrak{C} , wie sie oben beschrieben, wiederholt werden, ehe man zur Kompensirung der Quadrantaldeviation schreitet.

Man thut überhaupt gut, die Deviationen vor der Kompensation mit dem Deflektor auf möglichst kleine Beträge zu bringen; sonst muss man die Operation so lange wiederholen, bis dies der Fall.

An die angeführte Reihenfolge der Beobachtungskurse ist man nicht gebunden; dieselbe kann beliebig gewählt, demgemäss auch die vier Kardinalkurse, bei irgend einem beginnend, der Reihe nach gesteuert werden.

III. Bestimmung der Koeffizienten B, C, D.

Aus den gefundenen Ablenkungswinkeln, wie dies unter II angegeben, werden die Koeffizienten B , C , D ermittelt. Es ist

$$\begin{aligned} B &= \frac{1}{2} (\alpha_S - \alpha_N), \\ C &= \frac{1}{2} (\alpha_O - \alpha_W), \\ D &= \frac{(\alpha_O + \alpha_W) - (\alpha_N + \alpha_S)}{4} = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha_O + \alpha_W}{2} - \frac{\alpha_N + \alpha_S}{2} \right). \end{aligned}$$

Zur Deviationskontrolle lassen sich hieraus die Deviationen, wie bekannt, berechnen.

Anmerkung. Auf zuverlässige und genaue Werthe der Koeffizienten kann man nach angestellten Versuchen nur rechnen, wenn diese von kleinem Betrage (bis etwa 5°) sind.

Beispiel.

1. Normaleinstellung.

Das Schiff wurde auf Nord nach dem Kompass gebracht. Der Deflektor auf 135° gedreht und die Magnete verschoben, bis die Rose um 90° abgelenkt war. Die Magnete standen dabei auf $55,78$ der Theilung.*)

2. Darauf wurde das Schiff auf Kompasskurs Süd gebracht.

Der Deflektor lenkte $110,8^\circ$ ab, $\alpha_S = 110,8^\circ$

$$\frac{1}{2} (\alpha_N + \alpha_S) = \frac{90 + 110,8}{2} = 100,4^\circ.$$

Die Deflektormagnete wurden verschoben, bis die Ablenkung $100,4^\circ$ betrug. Die Magnete standen hierbei auf $65,39$ der Theilung; dies ist die Normaleinstellung.

3. Kompensirung von B .

Kompasskurs Süd: Deflektor auf 135° eingestellt, lenkte wie unter 2 die Rose um $100,4^\circ$ ab.

Kompasskurs Nord: Ablenkung $\alpha_N = 79^\circ$ gefunden.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (\alpha_S + \alpha_N) &= \frac{1}{2} (79^\circ + 100,4^\circ) = 89,7^\circ, \\ B &= \frac{1}{2} (\alpha_S - \alpha_N) = \frac{1}{2} (100,4^\circ - 79^\circ) = +10,7^\circ. \end{aligned}$$

Es wurden Längsschiffsmagnete angebracht — mit dem Nordpol nach vorn, weil B positiv — bis die Rose eine Ablenkung von $89,7^\circ$ zeigte.

4. Kompensirung von C .

Kompasskurs Ost. Deflektor auf 135° eingestellt brachte eine Ablenkung von $\alpha_O = 100,4^\circ$ hervor.

Kompasskurs West: Ablenkung $\alpha_W = 89,6^\circ$.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (\alpha_O + \alpha_W) &= \frac{1}{2} (100,4^\circ + 89,6^\circ) = 95^\circ, \\ C &= \frac{1}{2} (\alpha_O - \alpha_W) = \frac{1}{2} (100,4^\circ - 89,6^\circ) = +5,4^\circ. \end{aligned}$$

Es wurden Querschiffsmagnete angebracht — mit dem Nordpol nach Steuerbord, weil C positiv — bis die Ablenkung der Rose 95° betrug.

5. Wiederholung der Kompensirung.

Da $\alpha_N - \alpha_S$ wie $\alpha_O - \alpha_W$ beide grösser als 10° , so wurde die Kompensation in der angeführten Weise wiederholt und dabei beobachtet:

*) Die Beobachtungen wurden an einem Trockenkompass unter Benutzung eines Deflektors nach Gareis gemacht.

$\alpha_N = 89,3^\circ$, $\alpha_S = 89,4^\circ$. Weil übereinstimmend, wurden die Längsschiffsmagnete unverändert gelassen.

$$\alpha_0 = 92,4^\circ$$

$$\alpha_W = 104,8^\circ$$

$$\frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_W) = 98,6^\circ$$

$$\frac{1}{2}(\alpha_0 - \alpha_W) = -6,2^\circ = C.$$

Die Querschiffsmagnete wurden verschoben, bis die Rose $98,6^\circ$ abgelenkt war.

6. Kompensirung von D .

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\alpha_0 + \alpha_W}{2} + \frac{\alpha_N + \alpha_S}{2}\right) = \frac{1}{2}(98,6^\circ + 89,35^\circ) = 93,98^\circ,$$

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\alpha_0 + \alpha_W}{2} - \frac{\alpha_N + \alpha_S}{2}\right) = \frac{1}{2}(98,6^\circ - 89,35^\circ) = +4,63^\circ = D.$$

Die Kugeln wurden auf Kurs West dem Kompass genähert, bis die Ablenkung der Rose $93,98^\circ$ betrug.

7. Deviationsbestimmung zur Kontrolle.

Darauf wurde die Deviation auf den Kardinal- und Interkardinalstrichen, wie folgt, bestimmt:

Nord	$\delta = +0,8^\circ$	Süd	$\delta = -0,5$
NO	$= +1,4$	SW	$= -0,3$
Ost	$= +1,5$	West	$= +0,2$
SO	$= 0$	NW	$= 0$

β . Einstellung des Deflektors in einem bestimmten Winkel zur Nord-Südrichtung der **abgelenkten** Kompassrose, bei konstantem Ablenkungswinkel und veränderlicher Einstellung der Deflektormagnete.

I. Normaleinstellung.

§ 124. Der konstante Einstellungswinkel, d. h. der Winkel zwischen der Richtung der Deflektormagnete und der Nord-Südrichtung der abgelenkten Kompassrose, sei 7 Strich, der konstante Ablenkungswinkel 90° ,*) so müssen bei der Ausführung der Kompensation die Deflektormagnete auf den einzelnen Kompensationskursen so eingestellt werden, dass sie bei der angegebenen Richtung die Rose um 90° ablenken. Zur bequemeren und schnelleren Arbeit ist es zweckmässig, das Instrument schon vor der eigentlichen Kompensation ungefähr so einzustellen, dass dieser Bedingung entsprochen wird. Es geschieht dies, indem man auf einem Kardinalstrich nach dem Kompass, für den das Instrument verwandt werden soll, die Einstellung macht; oder noch besser auf zwei entgegengesetzten oder allen vier Kardinalpunkten, und das Instrument auf das Mittel der beobachteten Ablesungen einstellt. Man notire diese Einstellung.

Die Handhabung hierbei, welche auch für die spätere Kompensation selbst gilt, ist folgende:

Man bringe das Schiff auf beispielsweise Kurs Nord nach dem zu kompensirenden Kompass und halte diese Richtung während der Operation

*) Man ist an diese Grössen des Einstellungs- und Ablenkungswinkels nicht gebunden, sondern kann auch andere wählen; die gewählten sind aber zweckmässig für die Praxis.

nach einem anderen Kompass ein. Der Deflektor wird auf den Kompass gesetzt, mit seinen Magneten in der Kompass-Nord-Südrichtung, langsam nach Steuerbord gedreht, und die Magnete derartig eingestellt, dass, wenn die Rose um 90° abgelenkt ist, d. h. West nach dem Kompass anliegt, die Achse der Magnete auf OzN der Rose fällt. Bei einiger Übung wird dies keine Schwierigkeiten bieten.

II. Kompensirung.

Man lege das Schiff Nord nach dem zu kompensirenden Kompass, mache die Ablenkung mit dem Deflektor und notire die Einstellung der Magnete (L_N).

Dasselbe geschieht auf dem Kurse Süd (L_S). Ist die Einstellung des Deflektors auf Südkurs gleich derjenigen auf Nordkurs, so ist \mathfrak{B} gleich Null, und keine weitere Kompensation erforderlich. Sind dagegen die Ablesungen ungleich, so stelle man den Deflektor auf das Mittel der Ablesungen im Nord- und Südkurse ein $\left(\frac{L_N + L_S}{2}\right)$, und bringe Längsschiffsmagnete derartig an, dass bei dieser Einstellung des Deflektors die Rose um 90° abgelenkt erscheint.

Ebenso verfähre man zwecks Kompensirung von \mathfrak{C} auf Kurs Ost und West. Man mache die Ablenkung auf Kurs Ost und lese die Deflektoreinstellung (L_O) ab; darauf auf Kurs West (L_W).

Sind die Ablesungen gleich, so ist \mathfrak{C} gleich Null, und keine Kompensirung erforderlich; sind die Ablesungen ungleich, so bringe man den Deflektor auf das Mittel der Ablesungen $\left(\frac{L_O + L_W}{2}\right)$, und bringe Querschiffsmagnete an, bis die Rose bei dieser Einstellung des Deflektors um 90° abgelenkt ist.

Weichen die Einstellungen des Deflektors auf Nord- und Südkurs, oder auf Ost- und Westkurs stark voneinander ab (bei dem Thomsonschen Deflektor mehr als 10 Skalentheile), so müssen die Beobachtungen in derselben Weise wiederholt und die Einstellungen der Kompensationsmagnete hiernach verbessert werden.

Ist das Mittel der Einstellung des Deflektors auf Kurs Nord und Süd $\left(\frac{L_N + L_S}{2}\right)$ gleich demjenigen auf Kurs Ost und West $\left(\frac{L_O + L_W}{2}\right)$, so ist D gleich Null, und die weitere Kompensation der quadrantalen Deviation erübrigt sich. Weichen diese Mittelwerthe dagegen voneinander ab, so stelle man die Deflektormagnete auf das Mittel dieser Werthe, also auf das Mittel der Ablesungen bei allen vier Kardinalstrichen $\left(\frac{L_N + L_S + L_O + L_W}{4}\right)$ ein und bringe auf Kurs Ost oder West die Korrektoren so an, dass bei dieser Einstellung des Deflektors die Rose um 90° abgelenkt wird. Die Korrektoren sind der Kompassrose zu nähern, wenn die Mitteleinstellung des Deflektors auf Nord und Süd, $\frac{L_N + L_S}{2}$, grösser ist als auf Ost und

West, $\frac{L_0 + L_W}{2}$, dagegen von der Kompassrose zu entfernen, wenn das Umgekehrte der Fall ist. Beispiel.

Bei der Stellung der Deflektormagnete über OzN der Kompassrose wurde eine Ablenkung der Rose von 90° beobachtet:

auf Kompasskurs Nord bei der Einstellung des Deflektors auf 36,5*)	15,2
„ „ Süd „ „ „ „ „ „ „ „	15,2
Mittel $\left(\frac{L_N + L_S}{2}\right)$	= 25,8.

Der Deflektor wurde bei Südkurs auf 25,8 eingestellt, Längsschiffsmagnete angebracht und verstellt, bis nunmehr die Ablenkung der Rose wieder 90° betrug.

Bei der Ablenkung um 90° auf Kurs Ost war die Einstellung des Deflektors 32,7	16,9
„ „ „ „ „ „ „ „ West „ „ „ „ „	16,9
Mittel $\left(\frac{L_0 + L_W}{2}\right)$	= 24,8.

Der Deflektor wurde bei Kurs West auf 24,8 eingestellt und Querschiffsmagnete angebracht, bis die Rose um 90° abgelenkt war.

Da die Ablesungen der Deflektoreinstellung auf Kurs Nord und Süd sowohl, wie auf Ost und West mehr als 10 Skalenteile voneinander abweichen, so wurden die Beobachtungen noch einmal gemacht, und folgende Ablesungen erhalten

Kurs Nord: 25,2	Kurs Ost: 27,0
„ Süd: 26,6	„ West: 24,6
Mittel: 25,9	Mittel: 25,8.

Hiernach wurde die Einstellung der Längs- und Querschiffsmagnete berichtigt, und zwar auf Kurs Süd mit einer Einstellung des Deflektors auf 25,9, bei Kurs West bei einer Einstellung auf 25,8. Da das Mittel der Einstellung auf Nord und Süd übereinstimmt mit dem auf Ost und West, so war eine Berichtigung der Quadrantal-korrektoren nicht erforderlich.

III. Bestimmung der Koeffizienten *B* und *C*.

Die Bestimmung der Koeffizienten ist nach dieser Methode des Deflektor-gebrauchs umständlicher als bei der unter α beschriebenen Anwendungsweise. Man mache hierzu auf den vier Kardinalkursen Ablenkungen bei einer konstanten Einstellung der Deflektormagnete und einem konstanten Einstellungswinkel von 90° (nicht 7 Strich wie vorher) zur abgelenkten Kompassnadel, und beobachte die hierbei sich ergebenden Ablenkungswinkel.

Die Deflektormagnete werden so eingestellt, dass sie, auf Ost der Kompassrose gerichtet, die Rose um 50° ablenken. In dieser Stellung lasse man die Magnete stehen und beobachte nun auf den vier Kompass-Kardinalkursen die Winkel α_N , α_0 , α_S und α_W , um welche die Rose abgelenkt wird, wenn der Deflektor auf Ost der Rose zeigt. Aus den gefundenen Ablenkungswinkeln berechnen sich dann *B* und *C* nach den Gleichungen

$$\sin B = \frac{\sin \alpha_S - \sin \alpha_N}{\sin \alpha_S + \sin \alpha_N}$$

$$\sin C = \frac{\sin \alpha_0 - \sin \alpha_W}{\sin \alpha_0 + \sin \alpha_W}$$

Beispiel.**)

Als das Schiff NO nach dem Regelkompass anlag, wurde die Rose um 50° abgelenkt, während der Deflektor über Ost stand. Die Deflektormagnete waren hierbei

*) Die Beobachtungen wurden mit einem Thomsonschen Deflektor gemacht. (Aus Evans „Admiralty Manual for the Deviations of the Compass“.)

***) Evans „Admiralty Manual“.

auf 20,3 der Theilung eingestellt. Das Instrument behielt diese Einstellung, und wurden mit ihm auf den Kursen Nord, Süd, Ost, West die folgenden Ablenkungswinkel der Rose beobachtet, während die Magnete über Kompass-Ost standen.

Kurs Süd: $\alpha_S = 65^\circ 50'$; $\sin = 0,912$ Kurs Ost: $\alpha_O = 67^\circ 30'$; $\sin = 0,924$

„ Nord: $\alpha_N = 53^\circ 40'$; $\sin = 0,805$ „ West: $\alpha_W = 52^\circ 50'$; $\sin = 0,797$

$$\frac{\sin \alpha_S - \sin \alpha_N = 0,107}{\sin \alpha_S + \sin \alpha_N = 1,717}$$

$$\frac{\sin \alpha_O - \sin \alpha_W = 0,127}{\sin \alpha_O + \sin \alpha_W = 1,721}$$

$$\sin B = \frac{0,107}{1,717} = +0,062$$

$$\sin C = \frac{0,127}{1,721} = +0,074$$

$$B = +3^\circ 35'.$$

$$C = +4^\circ 14'.$$

γ. Gebrauch des Deflektors bei Fluidkompassen.

§ 125. Bei Fluidkompassen und allgemein bei Kompassen mit starken Rosenmagneten treten, wie bereits früher erwähnt, infolge der Induktionswirkung dieser Magnete auf die Korrektoren der quadrantal Deviation Kräfte auf, welche die Kompensation mittelst des Deflektors störend beeinflussen. Bei diesen Kompassen müssen deshalb während des Gebrauchs des Deflektors die Kugelkorrektoren abgenommen oder bei Kompensationskompassen die *D*-Skala auf Null gestellt werden, und es lässt sich demgemäss nur die halbkreisartige Deviation (die Koeffizienten *B* und *C*) kompensiren. Nur bei ganz kleinen Beträgen der viertelkreisartigen Deviation (bei unkompensirtem Kompass), wenn also die Korrektoren in grösserem Abstand von der Rose bleiben, ist auch eine Kompensation dieser möglich. Je grösser sie ist, desto mehr müssen die Korrektoren der Rose genähert werden, desto stärker wird also die Induktionswirkung und desto weniger zuverlässig die Kompensation.

Aus demselben Grunde lassen sich von den Koeffizienten für gewöhnlich auch nur *B* und *C* bestimmen, *D* nur für den unkompensirten Kompass, d. h. wenn keine Quadrantalkorrektoren angebracht sind. Zuverlässige Werthe ergeben sich auch hier nur, wenn die Beträge der Koeffizienten klein sind.

Die Kompensation und die Koeffizientenbestimmung ist daher in den meisten Fällen nur eine angenäherte, um so mehr, als durch Anbringung der Quadrantalkorrektoren nach ausgeführter Kompensation von *B* und *C* wieder neue Werthe dieser Koeffizienten eingeführt werden, die um so grösser werden, je grösser einentheils die semicirkulare Deviation (*B* und *C*), andernteils die quadrantale Deviation (*D*) ist, da mit der Zunahme der ersteren die Kompensationsmagnete, mit der Zunahme der letzteren die *D*-Korrektoren der Rose näher gerückt werden müssen, und mithin auch, da gleichzeitig die Magnete den *D*-Korrektoren näher kommen, der inducirende Einfluss der ersteren auf die letzteren zunimmt.

Die Ausführung der Kompensation geschieht in derselben Weise, wie dies vorher beschrieben ist. Die Kugelkorrektoren sind abzunehmen oder bei Kompensationskompassen die *D*-Skala auf Null zu stellen. *B* und *C* werden sodann, wie angegeben, kompensirt, und die *D*-Korrektoren wieder in ihre frühere Stellung gebracht oder bei kleinen Beträgen der Koeffizienten unter Benutzung der Hülftabelle nach dem mittelst des Deflektors gefundenen Werthe von *D* eingestellt.

Zur Bestimmung der Koeffizienten B und C und der hiernach erfolgenden Deviationskontrolle würden ebenfalls die Kugeln zu entfernen bzw. die D -Skala auf Null zu stellen sein. B und C werden sodann mit Hilfe des Deflektors, wie beschrieben, bestimmt — am bequemsten nach der Methode bei konstanter Einstellung der Deflektormagnete an der Skala und veränderlichem Ablenkungswinkel — und die D -Korrektoren wieder in ihre alte Lage gebracht.

Durch Berechnung der Werthe $B \sin \zeta' + C \cos \zeta'$ mit den so gefundenen Beträgen von B und C , und Hinzufügung dieser Werthe zu den alten Deviationen erhält man angenähert neue verbesserte Deviationen.

8. Allgemeine Bemerkungen zu der Kompensation.

§ 126. 1. Bei grossen Deviationsbeträgen thut man gut, sie, um den Kompass überhaupt gebrauchsfähig zu machen, sobald wie möglich und ehe man die endgültige Kompensation ausführt, angenähert zu kompensiren, d. h. die Quadrantalkorrektoren anzubringen und die semi-cirkulare Deviation durch Legen der Magnete auf ein geringes Maass zu reduciren. Gelegenheit wird sich genügend dazu bieten.

2. Pinne und Hütchen des Kompasses müssen in gutem Zustande sein.

3. Auf die Ausführung der Kompensation ist genügend Zeit zu verwenden, und das Schiff in den einzelnen dazu nöthigen Richtungen lange genug zu halten.

4. Ist die Kompensation nicht vollständig gelungen, so ist sie zu wiederholen.

5. Die zur Kompensation von B verwandten Magnete müssen genau in die Längsschiffsrichtung, die zur Kompensation von C benutzten in die Querschiffsrichtung fallen und beide bei aufrechter Lage des Schiffes horizontal liegen. Die durch den Mittelpunkt der Rose gelegte Vertikalebene (längsschiffs bzw. querschiffs) soll durch die Mitte der Magnete gehen, die durch die Rosenmagnete gehende Horizontalebene durch den Mittelpunkt der Kugelkorrektoren. — Um das letztere zu erreichen, werden in der Kaiserlichen Marine die kleineren Kugeln auf passende Untersätze gestellt. — Die Krängungsmagnete müssen senkrecht und vertikal unter dem Mittelpunkt der Rose stehen.

6. Nach ausgeführter Kompensation sind die Kompensationsmagnete und Quadrantalkorrektoren mittelst der dazu vorhandenen Einrichtungen gut festzusetzen, so dass eine unbeabsichtigte Verschiebung derselben nicht möglich ist.

7. Die Kompensationsmagnete sind der Kompassrose nicht zu nahe zu bringen. Bei grossen Deviationsbeträgen ist es daher besser, stärkere oder eine grössere Anzahl Magnete in grösserer Entfernung zu verwenden, als schwache und wenige Magnete in geringer Entfernung. Ebenso sind grosse Kugeln auf grössere Entfernungen kleineren in geringeren Abständen vorzuziehen.

8. Die magnetische Kraft der zur Verwendung gelangenden Magnete muss möglichst unverändert bleiben; die zur Kompensation der Quadrantal-

deviation zu verwendenden weichen Eisenkörper sollen mit keinem permanenten Magnetismus behaftet sein. Bei den Kompensationsmagneten wird die genannte Eigenschaft durch Wahl des Stahls und ein geeignetes Herstellungsverfahren erzielt; vollkommen lässt sie sich jedoch nicht erreichen, kleine Aenderungen treten mit der Zeit bei fast allen Magneten ein. Ebenso nehmen die weichen Eisenkörper mit der Zeit leicht etwas festen Magnetismus an. Dieser kann durch Ausglühen des Eisens wieder entfernt werden.

Elfter Abschnitt.

Kontrolle und Neubestimmung der Deviation. Berichtigung der Kompensation.

A. Kontrolle und Neubestimmung der Deviation.

§ 127. Die unvermeidliche Veränderlichkeit der zur Kompensation verwendeten Magnete und weichen Eisenkörper sowie die früher erläuterten vielfachen Aenderungen, welchen diejenigen Kräfte unterworfen sind, von denen die Deviation abhängig ist, machen eine häufige Kontrolle oder Neubestimmung dieser und eine Berichtigung der Kompensation erforderlich.

Eine vollständige Neubestimmung der Deviation hat zu erfolgen: 1. nach Ortsveränderungen, mit welchen eine namhafte Aenderung der erdmagnetischen Elemente verbunden ist; 2. wenn anzunehmen ist, dass eine Aenderung der schiffsmagnetischen Kräfte aus einer der angegebenen Ursachen stattgefunden hat; 3. nach jeder Kompensation der Kompassse.

Die Kontrolle der Deviation aber muss stetig ausgeübt werden durch fortlaufende Bestimmung derselben auf den gesteuerten Kursen. — Eine Deviationsbestimmung auf jeder Wache sollte als Regel gelten.

B. Berichtigung der Kompensation.

§ 128. Eine Berichtigung der Kompensation wird erforderlich, wenn eine dauernde, den Gebrauch des Kompasses beeinträchtigende Aenderung der Deviation stattgefunden hat, demgemäss bei einer dauernden grösseren Aenderung der den Kompass beeinflussenden schiffsmagnetischen oder der erdmagnetischen Kräfte.

Das für die Berichtigung zu verwendende Verfahren wird sich in jedem einzelnen Falle nach dem besonderen Zweck, den gegebenen Verhältnissen, den vorhandenen Hilfsmitteln, der zu Gebote stehenden Zeit u. A. richten müssen; ein für alle Fälle zutreffendes gleiches Verfahren lässt sich nicht vorschreiben. Hier sollen nur die vorwiegend vorkommenden Fälle in Betracht gezogen werden.

Stehen Deckpeilungslinien zur Verfügung, nach welchen das Schiff in die magnetischen Richtungen der Kardinal- und Interkardinalpunkte gebracht werden kann, so wird unter Benutzung derselben verfahren, wie bei der ersten Kompensation. Ebenso lässt sich mittelst des De-

flektors in der früher angegebenen Weise die Berichtigung der Kompensation ausführen. In den folgenden Fällen ist angenommen, dass die Nachkompensation ohne Benutzung solcher Peilungslinien und des Deflektors bewerkstelligt werden muss oder soll.

1. Der Regelkompass ist verlässlich, seine Deviationen bekannt und man will einen oder mehrere andere Kompass nachkompensiren.

§ 129. Die semicirkulare und quadrantale Deviation werden, wie dies früher beschrieben ist, kompensirt, indem man das Schiff nach dem Regelkompass auf die dazu nöthigen magnetischen Kurse Nord, Süd, Ost, West, und auf einen oder zwei um 90° voneinander abliegende Interkardinalkurse bringt.

Die Krängungsdeviation wird, wenn man eine Vertikalkraftwage oder Vertikalnadel zur Verfügung hat, ebenfalls in der früher angegebenen Weise kompensirt, und das Schiff dazu nach dem Regelkompass in die magnetische Richtung Ost oder West gelegt.

Hat sich infolge Ortsveränderung die erdmagnetische Vertikalintensität geändert und kann man an Land keine Beobachtungen machen, um für die Vertikalkraftwage die Länge l des Hebelarmes, auf den das Gewicht einzustellen ist, oder für den Gebrauch der Vertikalnadel ihre Schwingungsdauer feststellen, so kann man sich diese Werthe berechnen aus den früher an einem anderen Ort angestellten Beobachtungen und den erdmagnetischen Vertikalintensitäten für diesen und für den neuen Schiffsort.

Ist l_1 die am Lande gefundene Länge des Hebelarmes für den ersten Ort, l_2 die gesuchte Länge für den neuen Ort, und sind Z_1 und Z_2 die zugehörigen erdmagnetischen Vertikalintensitäten, so ist

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{Z_2}{Z_1}; \quad l_2 = \frac{l_1 Z_2}{Z_1}.$$

Ist t_1 die Schwingungsdauer der Vertikalnadel an dem früheren, t_2 an dem neuen Ort, so ist

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{t_1^2}{t_2^2}; \quad t_2 = \frac{t_1 \sqrt{Z_1}}{\sqrt{Z_2}}.$$

Diese Werthe l_2 und t_2 sind in den früher gegebenen Formeln für l und t einzusetzen; im Uebrigen bleiben die Formeln unverändert, für λ und \mathfrak{D} können die alten Werthe eingesetzt werden, da sie, namentlich bei älteren Schiffen, nur unbedeutenden Veränderungen unterworfen sind.

Verfügt man über keins der beiden Instrumente, so kann man sich, wie folgt, helfen:

a) Bei überliegendem Schiff, auf Kurs Nord oder Süd — oder einem dieser Richtung nahe liegenden Kurse — bringe man durch Verschiebung der Krängungsmagnete die durch das Ueberliegen erzeugte Deviation $\delta - \delta_i$ fort, d. h. man verschiebe die Magnete so lange, bis die Deviation bei geneigtem Schiff δ_i gleich derjenigen auf ebenem Kiel δ ist.

b) Man bestimme den Krängungskoeffizienten χ nach der Formel

$$\chi = \frac{\delta - \delta_i}{i \cos \zeta'}.$$

Zur Ermittlung der Deviation auf ebenem Kiel und bei der Krängung wähle man einen Kurs ζ' nahe Nord oder Süd.

Man bestimme sodann die Entfernung, in welcher der Krängungsmagnet von der Rose anzubringen ist, indem man ihn endweise in der Richtung Ost—West (magn.) dem Kompass nähert, bis dieser um einen Winkel abgelenkt ist, dessen Tangente gleich χ ist. Die Entfernung, in welcher sich der Magnet dann von der Mitte der Rose befindet, ist die gesuchte. Ist χ positiv (Krängungsfehler nach der Luvseite), so wird der Magnet mit seinem Nordpol nach oben, ist χ negativ, mit dem Südpol nach oben angebracht.

Bei Ortsveränderungen muss man im Allgemeinen bei Kompassen, die für unsere Breiten kompensirt sind, und wenn der Nordpol der Magnete nach oben liegt, bei einer Veränderung der Breite in südlicher Richtung die Magnete weiter von der Rose abrücken, auf hohen südlichen Breiten ganz entfernen und oft sogar umkehren mit dem Südpol nach oben. Müssen dagegen zur Kompensation auf nördlichen Breiten die Magnete mit ihrem Südpole nach oben gelegt werden, so sind sie bei einer Breitenänderung nach Süden der Rose zu nähern.

Beispiel.

Das Schiff steuerte NNO und lag 10° nach Steuerbord über: es wurde eine Deviation von $+0,5^\circ$ beobachtet, während die Deviation auf diesem Kurse bei ebenem Kiel $+6^\circ$ beträgt.

$$\chi = \frac{\delta - \delta_i}{i \cos \zeta'} = \frac{6^\circ - 0,5^\circ}{10 \cdot 0,927} = \frac{5,5^\circ}{9,27} = 0,59.$$

$$0,59 = \tan 30^\circ 30'.$$

Der Krängungsmagnet wurde bei der ersten sich bietenden Gelegenheit, während das Schiff auf ebenem Kiel lag, in der Ost-Westrichtung endweise, mit dem Nordpol dem Kompass zugekehrt, diesem genähert, bis der Ablenkungswinkel $30^\circ 30'$ betrug; die Entfernung des Nordpols des Magneten von der Kompassrosenmitte betrug hierbei 31 cm. Der Magnet wurde in dieser Entfernung unter der Rose, mit dem Nordpol nach oben, angebracht.

2. Auch der Regelkompass soll nachkompensirt werden.

§ 130. a) Man mache eine vollständige Deviationsbestimmung der zu kompensirenden Kompassse, ermittle hieraus die Kompasskurse (allenfalls nur für den Regelkompass und etwa noch den Steuerkompass, nach dem das Schiff gesteuert wird) für die zur Kompensation nöthigen magnetischen Kurse, d. h. für N, S, O, W und zwei benachbarte Interkardinalpunkte, bringe das Schiff auf diese Kurse und kompensire wie vorher unter 1 angegeben.

Hat man nicht genügend Personal, um mehrere Kompassse gleichzeitig zu kompensiren, so kompensire man zunächst den Regelkompass und nach diesem die übrigen, wie unter 1 angegeben.

b) Man bringe das Schiff auf die zur Kompensation nöthigen Kurse nach Peilung eines terrestrischen oder astronomischen Objektes und verahre im Uebrigen wie bei Fall 1.

Bei einem in Azimuth unveränderlichen Peilobjekt bedient man sich hierzu zweckmässig der Peilscheibe oder des Kompasspeildiopters. Ist die magnetische Richtung des Peilobjektes bekannt oder ermittelt, so wird das Peildiopter in einem dem beabsichtigten Kompensationskurse entsprechenden Winkel zur Kiellinie eingestellt und das Schiff gedreht, bis das Diopter auf das Objekt gerichtet ist. Der

Winkel, unter dem das Diopter einzustellen ist, ergibt sich leicht durch die Anschauung und lässt sich auch rechnerisch, wie folgt, finden. Wird das magnetische Azimuth des Peilobjekts ω sowie der magnetische Kurs ζ , auf den das Schiff gebracht werden soll, von Nord bis 360° gezählt und in Richtung des Zeigers der Uhr mit +, in entgegengesetzter Richtung mit — bezeichnet; ebenso der Winkel γ , in dem das Diopter zur Kiellinie einzustellen ist, von vorn nach Steuerbord oder Backbord bis 360° gezählt und in ersterer Richtung mit +, in letzterer mit — bezeichnet, so ist dieser Winkel gleich der Differenz von Azimuth des Peilobjekts und Kurs $\gamma = \omega - \zeta$.

Beispiel.

Die magnetische Richtung des Peilobjekts sei $+40^\circ$ (N 40° O), dann ist das Diopter einzustellen:

für Kurs	Nord	auf	$+40^\circ$	—	0°	=	$+40^\circ$
" "	Ost	" "	$+40^\circ$	—	90°	=	-50°
" "	Süd	" "	$+40^\circ$	—	180°	=	-140°
" "	West	" "	$+40^\circ$	—	270°	=	-230° oder $+130^\circ$.

Ändert das Peilobjekt in Azimuth, wie die Sonne, so wird das Schiff auf jeden der Kompensationskurse zunächst nach dem Kompass gebracht, auf diesem Kurse die Deviation bestimmt und der Kurs um den Betrag der Deviation geändert, so dass nunmehr der magnetische Kurs anliegt; z. B. das Schiff wird p. K. Nord gelegt, man beobachtet eine Deviation von $+5^\circ$ Ost und dreht das Schiff demgemäss um 5° nach West, bis es nach dem Kompass N 5° W liegt.

3. Angenäherte Berichtigung der Kompensation nach gelegentlichen Deviationsbeobachtungen.

§ 131. Man bestimme, wenn man Gelegenheit hat, die Deviationen auf den vier Kardinalstrichen und berechne aus diesen die Koeffizienten B und C nach den Formeln

$$B = \frac{\delta_0 - \delta_W}{2}, \quad C = \frac{\delta_N - \delta_S}{2},$$

und wenn nöthig, auch A und E nach

$$A = \frac{1}{4}(\delta_N + \delta_0 + \delta_S + \delta_W)$$

$$E = \frac{1}{4}(\delta_N + \delta_S - \delta_0 - \delta_W).$$

Man verfährt sodann wie in § 115 angegeben, verschiebt die Längsschiffsmagnete, bis die Rose um den Winkel $-B \sin \zeta'$, die Querschiffsmagnete, bis sie um $-C \cos \zeta'$ abgelenkt ist. Die Kompensation erfolgt auf einem Kurse — der nicht zu nahe an einem Kardinalstrich liegen darf — oder auf zwei Kursen und im letzten Falle für B auf einem Kurse möglichst nahe an Ost oder West (magnetisch), für C an Nord oder Süd.

Um die Quadrantaldeviation zu kompensiren, ist D zu ermitteln durch Deviationsbestimmung auf den Interkardinalkursen, nach der Formel:

$$D = \frac{1}{4}(\delta_{NO} - \delta_{SO} + \delta_{SW} - \delta_{NW}).$$

Man stelle dann die Quadrantalkorrektoren nach Beobachtung des Kompasses oder nach der Hülftabelle (vergl. § 110) ein.

Ist D positiv, so sind die Korrektoren dem Kompass zu nähern oder grössere Kugeln zu nehmen; ist D negativ, so sind sie vom Kompass zu entfernen oder kleinere Kugeln zu nehmen.

Bei Benutzung der Hülftabelle hat man die Entfernung der Korrektoren für den Gesamtbetrag von D (bei ganz unkompensirtem Kompass) zu entnehmen.

Beispiel.

Bei einem grossen Fluidkompass waren 17,5 cm-Kugeln für ein λ von 0,8 und ein D von $+9^\circ$ auf 310 mm Abstand vom Kompass (Tab. I) eingestellt. Man findet jetzt noch ein D von $+2,5^\circ$. D ist demnach im Ganzen $+11,5^\circ$; λ ist unverändert geblieben. Nach der Tabelle (I) sind für ein D von $11,5^\circ$ und ein λ von 0,8 entweder 17,5 cm-Kugeln in der Entfernung 296 mm oder 21,5 cm Kugeln auf 335 mm anzubringen. Man rücke die vorhandenen Kugeln also bis auf 296 mm an den Kompass heran oder entferne sie und bringe statt ihrer 21,5 cm-Kugeln in 335 mm Abstand an.

Wird eine Hülftabelle nicht verwendet, so bringe man das Schiff auf einen Kurs, der möglichst nahe auf einen Interkardinalstrich fällt, und verschiebe die Korrektoren derart, dass die Rose um den Betrag $-D \sin 2 \zeta'$ abgelenkt wird.

Ist auch ein namhafter Betrag von E vorhanden und zu kompensiren, so berechne man den Winkel β nach $\tan 2 \beta = \frac{E}{D}$ und die Grösse $\sqrt{D^2 + E^2}$, stelle den Korrektorenräger, oder bei Kompensationskompassen die E -Skale, auf den Winkel β ein und verschiebe die Korrektoren, entweder nach der Hülftabelle für $\sqrt{D^2 + E^2}$ in derselben Weise, wie dies eben für D angegeben ist, oder auf einem Kurse, der zwischen Kardinal- und Interkardinalstrich fällt, — wenn D grösser als E ist, näher an den Letzteren; ist E grösser als D , näher dem Kardinalstrich — so lange, bis durch die Verschiebung die Rose um den Betrag $-(D \sin 2 \zeta' + E \cos 2 \zeta')$ abgelenkt ist.

Zwölfter Abschnitt.

Allgemeine Bemerkungen über die Behandlung der Kompass.

§ 132. 1. Der Kompass ist vor äusseren Beschädigungen, Stössen und Erschütterungen zu bewahren.

2. Zum Stützen und Festhalten bei schlechtem Wetter darf er nicht benutzt werden, im Besonderen nicht die Kugelkorrektoren und ihre Träger.

3. Ein Berühren und Bewegen der Kompassbüchse ist zu vermeiden. Beim Peilen hat sich der Arm oder die Hand des Peilenden auf den Rand des Kompasshauses, nicht auf die Kompassbüchse zu stützen.

4. Beim Aufsetzen des Peilapparats ist darauf zu achten, dass der Zapfen am Kompasskesselrand richtig in den dafür bestimmten Ausschnitt des Ersteren greift, der Peilapparat so weit zu drehen, bis der Stift an die Endfläche des Ausschnitts stösst und ein Weiterdrehen begrenzt. Dann fällt die 0° - bis 180° -Linie der Kreistheilung parallel zur Kiellinie des Schiffes.

5. Die Lage der Kompensationsmagnete und Korrektoren ist zu notiren und unter Kontrolle zu halten, eine unfreiwillige Veränderung der-

selben zu verhüten. Die Thür des Kompasshauses ist verschlossen zu halten und der Schlüssel an einem (nur dem Navigationsoffizier oder der Steuermann zugänglichen) geeigneten Platz aufzubewahren. Die Schraubenmuttern der Kugelkorrektoren dürfen ausser zum Zweck der Kompensirung nicht gelöst, die Kugelträger nicht gedreht werden.

6. Die Korrektoren aus weichem Eisen dürfen nicht mit Eisentheilen in Berührung gebracht werden.

7. Alle Eisenmassen, grössere wie kleinere, welche nicht dorthin gehören, sind vom Kompass fern zu halten. Ohne zwingenden Grund dürfen eiserne Gebrauchsgegenstände, wie Reserveanker, Ketten und dergl. nicht in der Nähe des Kompasses untergebracht werden.

8. Besondere Aufmerksamkeit ist namentlich bei Trockenkompassen der Beschaffenheit von Pinne und Hütchen zu schenken. Eine Abnutzung oder fehlerhafte Form von Pinne und Hütchen macht sich durch eine verminderte Empfindlichkeit bemerkbar, die Rose wird träge und stellt sich, aus ihrer Lage abgelenkt, nicht genau wieder ein — die Schwingungszahl, wenn die Rose um einen bestimmten kleinen Winkel abgelenkt wird, verringert sich, die Grösse des Schwingungsbogens nimmt rasch ab — der Grund hierfür kann allerdings auch eine Abnahme des magnetischen Moments sein. Pinne und Hütchen sind deshalb von Zeit zu Zeit, und stets, wenn der Verdacht einer Beschädigung vorliegt, zu untersuchen und, wenn nöthig, auszuwechseln. Eine Beschädigung des Hütchens kommt seltener vor, leichter dagegen ein Abstumpfen der Pinne. Ausser durch Schwingungs- und Ablenkungsbeobachtungen in dem vorstehend bezeichneten Sinne erfolgt die Untersuchung der Pinne durch Besichtigung mit Hülfe einer Lupe, diejenige des Hütchens durch vorsichtiges Betasten mit einer spitzen Nadel. Bewegt man die Nadel in der kleinen Höhlung des Hütchens hin und her, so muss die Bewegung eine ungehinderte und sanfte sein; kratzt die Nadel, so ist dies ein Zeichen, dass die Politur des Steins eine unvollkommene ist.

Zu Untersuchungen von Fluidkompassen sind Schwingungsbeobachtungen nicht geeignet; das beste Kriterium ihrer Güte ist für diese das Einstellungsvermögen, d. h. sie müssen sich, aus ihrer Ruhelage abgelenkt, genau wieder auf die alte Richtung einstellen.

9. Der Kompass ist in allen seinen Theilen rein und sauber zu halten, namentlich sind die Lager, die Kompassrose und die Innenwände der Kompassbüchse auf das Peinlichste vor Verunreinigung zu bewahren. Die Reinigung der Innenseite der Kompassbüchse sollte nicht mit Twist oder dergleichen geschehen, um jedes Hängenbleiben von Fasern zu vermeiden, sondern durch weiches Leder oder Leinwand.

10. Bei Kompassen, die mit einer Arretirvorrichtung versehen sind, ist zur Schonung von Pinne und Hütchen die Rose, wenn der Kompass nicht gebraucht wird, von der Pinne abzuheben, nicht nur im Hafen, sondern auch auf See, namentlich bei starken Erschütterungen, wie bei Schiessübungen, Dampfen mit grosser Fahrt und dergleichen. Es empfiehlt sich, Trockenrosen, die keine Arretirvorrichtung haben, abzunehmen.

11. Beseitigung von Luftblasen und Nachfüllen bei Fluidkompassen. Zeigen sich unter dem Glasdeckel der Kompassbüchse grössere Luftblasen, welche das Ablesen der Rose erschweren, so sind sie in folgender Weise zu beseitigen. Die Kompassbüchse wird herausgenommen, die unter dem Boden befindliche Haube mit dem Bleigewicht abgeschraubt, die Kompassbüchse auf die Seite gestellt, so dass die Füllochschaube nach oben gerichtet ist. Der elastische Boden wird etwas von dem Kompassbüchsenboden abgehoben (etwa um 3 mm), entweder mit der Hand oder besser durch kleine eingeschobene Holzkeile, und die Füllochschaube vorsichtig gelockert. Durch behutsames Drehen der Büchse bringt man die Luftblase genau unter das Fülloch, worauf sie zwischen den Gewinden der Füllochschaube entweicht. Thut sie dies nicht, so ist der elastische Boden langsam wieder in seine gewöhnliche Lage zurückzuführen, um den nöthigen Druck auf die Flüssigkeit auszuüben. Das Anspannen des Bodens hat nur den Zweck, ein Herausspritzen der Flüssigkeit beim Lösen der Füllochschaube zu verhindern; falls das Letztere vorsichtig genug geschieht — die Schraube muss ganz langsam und behutsam gelockert werden, bis die Luftblase entweicht, herausgezogen werden darf sie nicht — ist das Anheben des Bodens und Abschrauben der Haube nicht nöthig.

Wird ein Nachfüllen der Flüssigkeit erforderlich, so ist reines destillirtes Wasser hierzu zu verwenden. Die Kompassbüchse wird in dieselbe Lage, wie oben angegeben, gebracht, der Boden etwas mehr abgehoben, dann die Füllochschaube vorsichtig entfernt und das Wasser hineingegossen, bis die Büchse bis zum Fülloch voll ist, die Schraube wieder befestigt und der Boden langsam abgespannt.

12. Reservekompassé und Rosen müssen an trockenen, staubfreien Plätzen, nicht zu nahe an schweren Eisenmassen und elektrischen Maschinen (von letzteren mindestens 10 bis 15 m entfernt) aufbewahrt werden, die Trockenrosen in senkrechter Stellung, in nördlicher magnetischer Breite mit dem Nordpol der Rosenmagnete nach unten gekehrt, auf südlicher magnetischer Breite mit dem Südpol nach unten, weil in dieser Lage die magnetische Kraft der Nadeln durch den Erdmagnetismus erhalten und gekräftigt wird.

Reservepinnen sollten an ihren Spitzen mit etwas ungesalzenem Rindertalg eingerieben werden. Vor dem Gebrauch der Pinnen ist indess das Fett sorgfältig zu entfernen.

13. Der Transport der Kompassé hat möglichst in den dazu bestimmten Transportkasten zu erfolgen.*)

*) Eine Untersuchung des gesammten Kompasses und aller seiner Theile hat zu erfolgen, ehe der Kompass an Bord kommt bezw. bevor er von dem Lieferanten abgenommen wird. In der Kaiserlichen Marine geschieht dies von der Nautischen Abtheilung des Reichs-Marine-Amtes oder den Werften. Die Ausführung dieser Prüfungen ist hier daher nicht behandelt. Nähere Angaben darüber finden sich in dem „Handbuch der nautischen Instrumente“, S. 230 u. ff., und „Der Kompass an Bord“ (herausgegeben von der Deutschen Seewarte), S. 65 u. ff.

Dreizehnter Abschnitt.

Das Deviationsmagnetometer mit magnetischer Vertikalkraftwage.

§ 133. Das Deviationsmagnetometer mit magnetischer Vertikalkraftwage dient zur Bestimmung der Horizontal- und Vertikalkraft des Erd- und Schiffsmagnetismus und zur Kompensirung des Krängungsfehlers bei Schiffskompassen, sowie zur Ermittlung der erdmagnetischen Elemente mit für die meisten Fälle hinreichender Genauigkeit.

A. Beschreibung des Instruments.

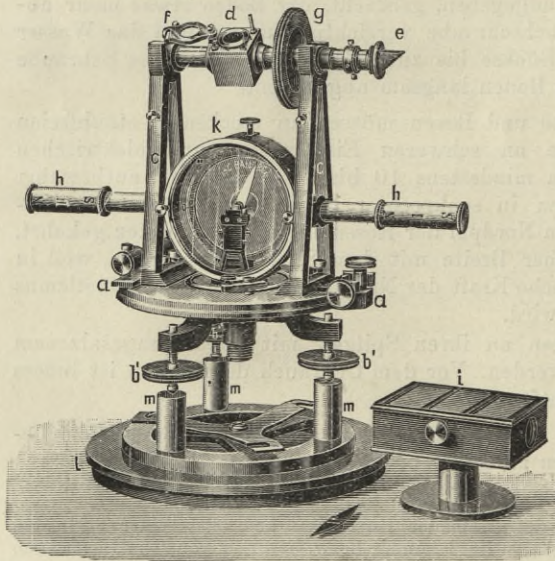
§ 134. Das Instrument besteht aus folgenden Haupttheilen (Fig. 73):

1. Der Untertheil *a* mit einem von 0 bis 360° getheilten Horizontalkreis und dem Alhidadenkreis, den Fernrohrträgern und dem Fernrohr.

Der Horizontalkreis ist mit einem festen Fuss und zwei Schraubenfüßen *b*, *b'*, letztere zur Horizontirung des Instruments, versehen.

Der Horizontalkreis ist mit einem festen Fuss und zwei Schraubenfüßen *b*, *b'*, letztere zur Horizontirung des Instruments, versehen. Auf dem Horizontalkreis dreht sich der Alhidadenkreis; eine Klemmvorrichtung mit Mikrometerwerk dient zu seiner Festsetzung und genauen Einstellung auf dem Horizontalkreis, ein Nonius ermöglicht die Ablesung auf fünf Minuten. In der Mitte des Alhidadenkreises befindet sich eine kreisrunde Vertiefung zur Aufnahme der Gehäuse für die Deklinations- und Inklinationsnadel sowie der Vertikalkraftwage. Auf dem Horizontalkreis sind zwei Lagerböcke *cc* als Fernrohrträger und eine Röhrenlibelle befestigt. Die Fernrohrträger sind so hoch, dass, wenn das Instrument im Kompasskessel eingesetzt ist, über den Rand des Kessels hinweg visirt werden kann; er dient zur Aufnahme eines Fernrohrs. Das Objektiv des Fernrohrs liegt in

Fig. 73.



einem Würfel d rechtwinklig zur Längsachse des Fernrohrs; ein in dem Würfel eingeschlossenes Prisma bricht die einfallenden Strahlen rechtwinklig in Richtung der Fernrohrachse dem Okular zu. Zwei Einschnitte auf dem Würfel dienen als Visirmarken zum leichteren Aufsuchen des Objekts. Dem Fernrohr ist ein zweites rechtwinklig brechendes Okular e zur bequemen Beobachtung beigegeben. Dieses Okular wird nach Entfernung des gewöhnlichen an dessen Stelle in das Fernrohr gesetzt. Am Objektiv befindet sich eine drehbare Konvexlinse f , welche, vor dasselbe gelegt, die Sichtweite auf die Theilung des aufgesetzten Deklinationskästchens einstellt, so dass man durch das Fernrohr auch diese ablesen kann. Zur Markirung der Höheneinstellung ist die runde Scheibe g des Fernrohrs mit Gradtheilung und der Fernrohrträger mit einem Index versehen.

2. Die Ablenkungsmagnete $h h$ bestehen aus je einem System für Temperatur kompensirter Magnete, welche in Messinghülsen eingeschlossen sind und mit denselben in die mit Gewinde versehenen Löcher der Fernrohrträger geschraubt werden.

Für jedes Magnetsystem sind zwei Magnete von verschiedenem und zwar so gewähltem Härtegrad verwendet, dass die Temperatur auf das magnetische Gesamtmoment keinen Einfluss ausübt.

3. Das Deklinationskästchen i ist ein flacher viereckiger, messingener Kasten mit abnehmbarem Glasdeckel und Elfenbein-Gradtheilung. Das Kästchen wird mit seinem runden Fuss in die diesem entsprechende Ausdrehung des Alhidadenkreises gesetzt und mit zwei Vorreifern festgeklemt. Der Fuss ist mit zwei Ausbohrungen versehen zum Ueberstreifen über einen Stift, welcher sich in der Ausdrehung des Alhidadenkreises befindet. In der Mitte des Bodens befindet sich der Pinnenträger mit Schraubengewinde zur Aufnahme der Pinne. Zu jedem Instrument gehören zwei Deklinationsnadeln mit Saphirhütchen, welche in einer Schachtel verpackt sind.

4. Das Inklinationsgehäuse k besteht aus einem aufrecht stehenden dosenförmigen Kästchen, welches auf der Vorderseite durch einen Glasdeckel verschlossen wird. Im Innern ist ein Theilkreis, in dessen Mitte die Achatlager für die Inklinationsnadel angebracht sind. Die Lager ruhen in zwei mit Korrektionschrauben versehenen Messingträgern. Eine Arretirungsvorrichtung, welche sich mittelst einer Schraube auf und nieder bewegen lässt, hebt die Nadel von den Lagern ab und lässt sie auf dieselben herunter.

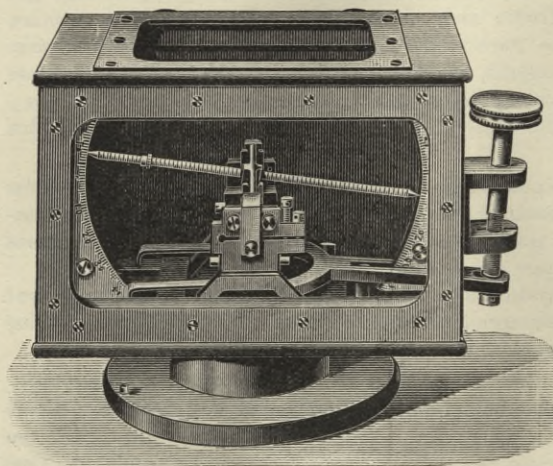
Das Inklinationsgehäuse wird wie das Deklinationskästchen auf dem Alhidadenkreise befestigt.

Zwei zugehörige Inklinationsnadeln sind wie die Deklinationsnadeln in einer besonderen Schachtel verpackt.

5. Die magnetische Vertikalkraftwage (Fig. 74) besteht im Wesentlichen aus einer 90 mm langen cylindrischen an beiden Enden zugespitzten Nadel, welche mit Schneidenachse auf Achatlagern ruht. Ein kleines Gewicht unter der Mitte der Nadel dient zum Abbalanciren der oberhalb des Nadelmittelpunktes liegenden Achse. Die Nadel ist an

beiden Seiten der Achse mit Millimetertheilung versehen und jeder fünfte Theilstrich durch einen Punkt gekennzeichnet. Auf der Nadel befindet sich ein verschiebbares Gewicht, mittelst welchen sie in die horizontale Lage gebracht wird. Das Gehäuse für die Vertikalnadel enthält ausser

Fig. 74.



den Achatlagern eine Arretirvorrichtung und zwei elfenbeinerne Bogenstücke mit Gradeintheilung zum Ablesen der Nadelstellung. Der abnehmbare Deckel und eine Wand sind zu diesem Zweck aus Glas gefertigt. An der Aussenseite befinden sich eine Röhrenlibelle und die Arretirschraube. Das Gehäuse wird wie das Deklinations- und Inklinationsgehäuse mit einem runden Fuss in die Ausdrehung des Alhidadenkreises gesetzt.

6. Der Untersatz *l* (Fig. 73) dient zur Aufstellung des Instruments und giebt gleichzeitig den Magnetnadeln die richtige Höhenlage bei dem Gebrauch in den Kompasshäusern der Kaiserlichen Marine. Er besteht aus einem messingenen Ringe, in dessen obere Fläche bei allen Kompasshäusern neuen Modells (M/98) — mit einem Durchmesser von 30 cm — und den Kompensationskompasshäusern alten Modells — 20 cm Durchmesser — drei messingene Säulen *m* eingeschraubt werden. Zwei dieser Säulen haben an ihren oberen Flächen einen prismatischen Einschnitt, die dritte eine runde Vertiefung zur Aufnahme der Füße des Horizontalkreises. Die prismatischen Einschnitte müssen radial zur Mitte gerichtet sein. Die Säulen sind an ihrer unteren Fläche durch 1, 2 oder 3 Punkte bezeichnet, die zugehörigen Schraubenlöcher des Untersatzes sind ebenso numerirt. Der Untersatz mit den Säulen wird nach Entfernung des den Kompasshauskessel nach unten abschliessenden Deckels an dessen Stelle gesetzt und der Horizontalkreis mit dem Gehäuse für Deklinations-, Inklinationsnadel oder Vertikalnadel darauf gestellt.

Bei den grossen Fluid- und Trockenkompasshäusern älteren Modells von 20 cm Durchmesser werden keine Säulen verwandt, sondern die Füße des Horizontalkreises direkt auf den Ring und zwar in die dazu angebrachten beiden Einschnitte und eine runde Vertiefung gestellt. Das am Rande des Untersatzringes befindliche Loch ist zur Aufnahme der Klemmschraube für den Magnetträger derjenigen Kompasshäuser bestimmt, bei welchen sich diese Schraube noch im Kompasskessel befindet.

Bei richtiger Benutzung des Untersatzes steht das Instrument centrisch im Kompasshaus und mit seinen Magnetnadeln in Höhe der Rosenmagnete.

Für Landbeobachtungen wird der Untersatzring mittelst einer Messinghülse mit Klemmschraube, welche an der unteren Seite des Ringes festgeschraubt wird, auf ein Bootskompassstativ gesetzt und das Instrument darauf gestellt. Hierbei dient ein auf dem Untersatzring drehbarer Federhaken zum Festhalten des Horizontalkreises auf dem Ringe. Zu gedachtem Zweck wird die Feder so gedreht, dass die Haken derselben in Rillen der Instrumentfüsse greifen.

B. Gebrauch des Instruments.

a. Beobachtungen mit der Deklinationsnadel.

§ 135. Vor Anstellung der Beobachtungen muss der Kollimationsfehler des Fernrohres, die korrekte Stellung der Nullspitzen der Elfenbeintheilung, die centrische Stellung der Pinnenspitze und letztere selbst auf ihre Schärfe geprüft werden. Man stellt hierzu den Vertikalfaden des Fernrohres auf ein scharf begrenztes Objekt ein, stellt den Alhidadenkreis fest und legt das Fernrohr um, so dass das Okular der ersten Stellung gegenübersteht. Trifft in dieser Fernrohrlage der Vertikalfaden das Objekt genau, so ist kein Kollimationsfehler vorhanden. Anderenfalls ist das Instrument zu drehen, bis dies zutrifft; der halbe Unterschied der beiden Einstellungen des Alhidadenkreises ist dann der Kollimationsfehler des Fernrohres.

Zur Prüfung der centrischen Stellung der Pinnenspitze wird die Nadel auf diese gelegt und der Alhidadenkreis so gedreht, dass ein Ende der Nadel auf eine Indexspitze der Elfenbeintheilung fällt; spielt die Nadel auch mit der anderen Spitze genau ein und trifft der Vertikalfaden des Fernrohres bei entsprechender Neigung beide Spitzen, so stehen Pinne und Indexspitzen richtig zur Elfenbeintheilung. Ist die Pinnenspitze nicht ganz scharf, so wird dieselbe ausgewechselt.

1. Bestimmung des Kompasskurses.

§ 136. Man stelle den Alhidadenkreis mit dem Fernrohr so ein, dass die Visirlinie des Letzteren nach vorn in die Längsschiffslinie fällt. Es geschieht dies durch Anvisiren geeigneter Schiffsobjekte oder angebrachter Marken — bei Aufstellung des Instruments in der Mittschiffslinie durch Anvisiren von symmetrisch zur Mittschiffslinie gelegener Objekte, wobei das Mittel der erhaltenen beiden Ablesungen der Stellung für die Längsschiffslinie entspricht. — Die Einstellung des Alhidadenkreises für diese Lage wird abgelesen und notirt. Sodann wird die Deklinationsnadel mit ihrem Gehäuse aufgesetzt und der Alhidadenkreis gedreht, bis die Nadel auf die Mitte der Elfenbeintheilung (Spitzen) einspielt, und die Stellung des Alhidadenkreises bei dieser Lage abgelesen. Der Unterschied der beiden Ablesungen ergibt den Kompasskurs des Schiffes. Wie der Kurs zu rechnen ist, ergibt die Anschauung unmittelbar.

Beispiel.

$$\begin{array}{rcl} \text{Einstellung der Nadel} & \text{Ablesung} & = 305^\circ \\ \text{Fernrohr nach vorn,} & & = 275^\circ \\ & & \hline \text{Kompasskurs} & = & \text{N}30^\circ \text{W.} \end{array}$$

2. Bestimmung der Kompassdeviation und des missweisenden Kurses.

Wird hierbei ein Objekt, dessen magnetische Richtung bekannt ist oder ermittelt werden kann, mit dem Fernrohr gepeilt, so ergibt die Differenz der Ablesung des Alhidadenkreises bei der Mittelstellung der Nadel und der Peilung die Kompasspeilung, der Vergleich dieser mit der magnetischen Richtung des Peilobjekts die Deviation, und die Anwendung der Deviation auf den wie unter 1 ermittelten Kompasskurs den missweisenden Kurs.

Beispiel.

Ablesung bei der Peilung des Objekts	= 331° 10'
" " " Mittelstellung der Nadel =	305° 0'
Kompassrichtung des Objekts	= 26° 10'
magn. Richtung " "	= 52° 20'
Deviation	= + 26° 10'
Kompasskurs	= 330° 0'
missw. Kurs	= 356° 10'

3. Bestimmung der Richtkraft an Bord und des Verhältnisses

$$\frac{H'}{H}$$

§ 137. Die Schwingungsbeobachtungen zur Bestimmung von $\frac{H'}{H}$ sind in § 86 bereits erörtert.

Die Ablenkungsbeobachtungen werden mit Hilfe der Ablenkungsmagnete in folgender Weise ausgeführt.

Zunächst wird die Nadel auf Null ihrer Theilung eingestellt, die Alhidade festgeklemmt und die Einstellung am Nonius abgelesen. Dann werden die Ablenkungsmagnete in die Fernrohrträger geschraubt, der Alhidadenkreis gelöst und gedreht, bis die durch die Magnete abgelenkte Nadel wieder auf die Nullpunkte der Elfenbeintheilung einspielt. Die Ablesung des Nonius in dieser Stellung werde mit Ablesung I bezeichnet. Die Magnete werden hierauf umgewechselt und abermals der Alhidadenkreis gedreht, bis die Nadel sich wieder auf Null eingestellt hat. Die dann vorgenommene Ablesung auf dem Horizontalkreis sei Ablesung II.

Die halbe Summe der beiden Ablenkungsablesungen stimmt mit der Ablesung der freien Nadel überein, die halbe Differenz der Ablesungen ist gleich dem Ablenkungswinkel.

Beispiel.

Ablesung der freien Nadel	= 305° 0'
Magnete eingeschraubt. Ablesung I	= 345° 20'
" umgewechselt. " II	= 264° 40'
$\frac{I + II}{2}$	= 305° 0'
Ablenkungswinkel $\frac{I - II}{2}$	= 40° 20'

Aus der Art der Beobachtungen ergibt sich, dass man es hier mit einer Sinusablenkung zu thun hat, d. h. die Sinusse der Ablenkungswinkel — bei konstanter ablenkender Kraft — verhalten sich umgekehrt wie die auf die Nadel einwirkenden Horizontalkräfte. Bezeichnet φ den Ablenkungswinkel, so ist:

$$\frac{H'}{H} = \frac{\sin \varphi}{\sin \varphi'}$$

Beispiel: Am Regelkompass S. M. S. „Siegfried“ soll auf dem Kompasskurse 330° , $\frac{H'}{H}$ durch Ablenkungsbeobachtungen bestimmt werden. Der Ablenkungswinkel am Kompassort wurde zu $40^\circ 20'$ und der am Lande zu $35^\circ 30'$ ermittelt.

$$\frac{H'}{H} = \frac{\sin 35^\circ 30'}{\sin 40^\circ 20'}$$

$$\begin{array}{r} \log \sin 35^\circ 30' = 9,76395 \\ \log \sin 40^\circ 20' = 9,81106 \\ \hline 0,95289 - 1 \end{array}$$

$$\frac{H'}{H} = 0,897.$$

4. Bestimmung der magnetischen Deklination.

§ 138. Das Instrument wird am Lande an einem dafür geeigneten, von störenden magnetischen Einflüssen freien Ort aufgestellt, und der Alhidadenkreis gedreht, bis die Nadel genau auf die Spitzen der Elfenbeintheilung einspielt, und seine Stellung am Nonius abgelesen und notirt. Zur möglichst genauen Bestimmung dieser Stellung wird die Nadel wiederholt abgelenkt, wieder eingestellt und abgelesen und das Mittel aus allen Ablesungen genommen. Um die Korrektion für die täglichen Schwankungen zur Reduktion der Deklination auf das Tagesmittel anwenden zu können, wird die Uhrzeit notirt. Dann wird die Sonne oder ein anderes Gestirn mit dem Fernrohr gepeilt, die Stellung des Alhidadenkreises abgelesen und die Zeit notirt. Das wahre Azimuth des Gestirns für diese Zeit wird berechnet.

Der Unterschied der beiden Ablesungen des Alhidadenkreises, für die Mittelstellung der Nadel und die Peilung, ergiebt die missweisende Peilung des Gestirns, der Unterschied dieser Peilung und des wahren Azimuths die Deklination.

Beispiel: Am 20. Juni 1898 soll in $52^\circ 33' 34''$ N-Br und $13^\circ 20' 6''$ O-Lg die Deklination mit dem Deviationsmagnetometer bestimmt werden

I.	Abl.	bei der Nullstellung der Nadel	= $0^\circ 5'$	um $9^h 4^m$	a. m.
II.	"	"	= $0 7,5$	"	8 "
III.	"	"	= $0 5$	"	12 "
IV.	"	"	= $0 7,5$	"	16 "
V.	"	"	= $0 5$	"	20 "
			Mittel = $0^\circ 6'$	um $9^h 12^m$	a. m.

Es wurde der linke Sonnenrand gepeilt:

Um $9^h 21^m 15^s$ a. m.	\odot $128^\circ 37'$	Nach Drehung der Alhidade um 180°	
45	47	$9^h 24^m 43^s$ a. m. \odot $129^\circ 36'$	
22 15	56	25 17	41
45	129 6	45	51
23 15	21	26 12	56
		26 48	130 1

Um $9^h 22^m 15^s$ a. m.	\odot $128^\circ 57,4'$	$9^h 25^m 45^s$ a. m.	\odot $129^\circ 49'$
U. C. + 1 15	$\odot r = + 15,8$	U. C. + 0 1 15	$\odot r = + 15,8$
Mittl. Orts-Zt. $9^h 23^m 30^s$ a. m.	\odot $129^\circ 13,2'$	Mittl. Orts-Zt. $9^h 27^m 0^s$ a. m.	\odot $130^\circ 4,8'$
Abl.	f. d. Mittelstellung d. Nadel $0^\circ 6'$		$0^\circ 6'$
mw. Peilung der Sonne \odot	$129^\circ 7,2'$		$129^\circ 58,8'$
Berechnetes wahres Azimuth der Sonne für die Zeit	$118^\circ 47,1'$		$119^\circ 46,4'$
Deklination I	$10^\circ 20,1' W$	Deklination II	$10^\circ 12,4' W$
		" I	$10^\circ 20,1' W$
		Mittel	$10^\circ 16,25' W$
		Korrektion für tägliche Schwankung	$- 4,5'$
		Deklination	$10^\circ 11,8' W$

5. Bestimmung der erdmagnetischen Horizontalintensität H .

§ 139. Dieselbe kann relativ unter Zugrundelegung einer Basisstation bestimmt werden.

Wenn t die Schwingungsdauer, K das Trägheitsmoment und M das magnetische Moment der Nadel ist, so ist die Horizontalkraft

$$H = \frac{\pi^2 \cdot K}{t^2 \cdot M}.$$

Sieht man $\frac{\pi^2 \cdot K}{M}$ als eine konstante Grösse C_0 an, so ist $H = \frac{C_0}{t^2}$.

C_0 muss für einen Ort, für welchen H bekannt ist, bestimmt werden und kann dann in die Gleichung für einen anderen Ort zur Bestimmung von H eingesetzt werden.

Ebenso ist für Ablenkungen, wenn m das magnetische Moment der beiden Systeme der Ablenkungsmagnete, r den Abstand der Mitte der Magnete vom Mittelpunkt der Nadel bezeichnet,

$$H = \frac{2m}{r^2 M \cdot \sin \varphi}; \text{ setzt man}$$

$$\frac{2m}{r^2 M} = C'_0, \text{ so ist}$$

$$H = \frac{C'_0}{\sin \varphi}.$$

Die Konstanten C_0 und C'_0 sind so oft wie möglich an Plätzen, für welche H bekannt ist, zu bestimmen nach den Formeln

$$C_0 = H t^2$$

$$C'_0 = H \sin \varphi.$$

Werden Aenderungen in den Konstanten C_0 und C'_0 bemerkt, so deutet das auf Aenderung des magnetischen Moments der Magnete des Instruments.

Beispiel.

In Matupi soll die Horizontalintensität mit dem Deviationsmagnetometer bestimmt werden.

An der Basisstation war $H = 1,80$ G. E., die Schwingungsdauer von 10 Schwingungen der Horizontalnadel wurden zu 15,00 Sek. und der Ablenkungswinkel φ zu $35^\circ 20'$ bestimmt, während die Schwingungsdauer einer gleichen Anzahl Schwingungen in Matupi 10,42 Sek. und der Ablenkungswinkel $= 16^\circ 17'$ betrug.

$$C_0 = 1,80 \cdot 15,00^2 = 405,00$$

$$\log 405,00 = 2,60746$$

$$2 \log 10,42 = 2,03574$$

$$\hline 0,57172$$

$$H = 3,73$$

$$C'_0 = 1,80 \cdot \sin 35^\circ 20' = 1,041$$

$$\log 1,041 = 0,01745$$

$$\log \sin 16^\circ 17' = 9,44776$$

$$\hline 0,56969$$

$$H = 3,71$$

$$\text{Mittel} = 3,72.$$

b. Beobachtungen mit der Inklinationsnadel.

§ 140. Vor der Beobachtung hat man sich zu überzeugen, dass die Nadel, wenn sie auf die Achatlager hinabgelassen ist, bei Schwingungen mit den Enden gleich weit vom Vertikalkreis entfernt bleibt. Ist dies nicht der Fall, so ist der Grund in der nicht wagerechten Stellung der Lager zu suchen, ein Fehler, der mittelst kleiner Korrektionschrauben beseitigt werden kann. Diese Korrektion bleibt, wenn einmal durch einen Mechaniker sachgemäss ausgeführt, sehr lange konstant.

1. Bestimmung von magnetischen Vertikalkräften.

§ 141. Zur Bestimmung von Vertikalkräften wird das Gehäuse senkrecht zum magnetischen Meridian aufgestellt; in dieser Stellung kommt nur die Vertikal-komponente des auf die Nadel wirkenden Magnetismus zur Geltung. Es wird dies dadurch erreicht, dass zunächst die Deklination-nadel mittelst des Alhidadenkreises auf Null ihrer Skale eingestellt, der Kreis festgesetzt und dann das Inklinations-gehäuse aufgesetzt wird. Die Nadel steht dann in ihrer Ruhelage vertikal und spielt auf den Nullpunkt der Theilung des Vertikalkreises ein. Man kommt zu demselben Ziel, wenn man ohne Zuhilfenahme der Deklinationsnadel das Inklinationsgehäuse so lange dreht, bis sich die Nadel senkrecht einstellt.

Die Beobachtungen werden in zwei Lagen, Vertikalkreis nach Nord und nach Süd gerichtet, angestellt; für jede Kreislage kann die Nadel wieder in zwei Lagen eingehängt werden, welche man unterscheidet als „Nummer nach aussen“, „Nummer nach innen“.

Die Schwingungsbeobachtungen werden in derselben Weise angestellt wie die-jenigen mit der Horizontalnadel. Die Vertikalkräfte Z und Z' , unter deren Einfluss die Schwingungen an zwei verschiedenen Orten beobachtet werden, verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Schwingungsdauer. Das Verhältniss $\frac{t^2}{t'^2}$ ergibt also unmittelbar das Verhältniss $\frac{Z'}{Z}$.

Ueber die Verwendung von Schwingungsbeobachtungen der Inklinationsnadel bei der Kompensirung des Krängungsfehlers ist bei der Besprechung dieser (§ 113) das Nöthige gesagt.

Ablenkungsbeobachtungen mittelst der Ablenkungsmagnete sind ebenfalls anwendbar.

Da aber die Magnete hier rechtwinklig zur ursprünglichen Nadelstellung, nicht zu der abgelenkten Nadel, angebracht werden, so hat man es mit einer Tangenten-ablenkung zu thun. Man findet aus den Ablenkungswinkeln φ und φ' das Verhältniss $\frac{Z'}{Z}$ vermittelst der Gleichung $\frac{Z'}{Z} = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi'}$.

Die Handhabung der Ablenkungsmagnete ist ebenso wie bei der Horizontalnadel.

Die vertikale Komponente des Erdmagnetismus Z wird in derselben Weise wie die Horizontalkraft bestimmt.

Wenn C_0 und C'_0 die Konstanten für die Schwingungs- und Ablenkungs-beobachtungen der Inklinationsnadel bedeuten, t die Schwingungsdauer und φ der Ablenkungswinkel ist, so ist

$$C_0 = Z \cdot t^2 \quad \text{und} \quad C'_0 = Z \cdot \tan \varphi$$

$$Z = \frac{C_0}{t^2} = \frac{C'_0}{\tan \varphi}$$

2. Bestimmung der Inklination.

§ 142. Hierzu wird die Ebene des Inklinationsgehäuses in die Ebene des magnetischen Meridians eingestellt. Man erreicht dies dadurch, dass man zunächst die Deklinationsnadel auf Null einstellt, den Alhidadenkreis um 90° von dieser Stellung dreht und nun das Inklinationsgehäuse aufsetzt. Bei dieser Lage stellt sich die Inklinationsnadel in Richtung der Inklination ein, und die Ablesung am Vertikal-kreis ergibt die angenäherte Inklination.

Es werden sodann die Ablenkungsmagnete eingeschraubt und die Nadelstellung wieder abgelesen; nach einer Drehung des Alhidadenkreises um 180° erfolgt die dritte Ablesung. Hierauf wird die Nadel in den Lagern umgelegt und die Beobachtung wiederholt. Zuletzt liest man die freie Nadel in der ursprünglichen Stellung des Alhidadenkreises ab. Das Mittel aus allen Ablesungen ist die Inklination. Das folgende Beispiel wird das Verfahren erläutern.

Beispiel.

Am 20. Juni 1898 soll in $52^\circ 33,5'$ N-Br und $13^\circ 20,1'$ O-Lg die Inklination bestimmt werden.

Ableseung der Deklinationsnadel = $0^\circ 0'$. Alhidadenkreis um 90° gedreht. Inklinationsgehäuse aufgesetzt und

I.	Ableseung der freien Nadel . . .	= + 67,2°
II.	„ mit Ablenkungsmagneten . . .	= + 78,0°
III.	„ Alhidadenkreis auf 270° . . .	= + 56,2°
IV.	„ Nadel umgelegt . . .	= + 56,3°
V.	„ Horizontalkreis auf 90° . . .	= + 78,1°
VI.	„ der freien Nadel . . .	= + 67,1°

Inklination = + 67,15°.

§ 143. c. Der Gebrauch der magnetischen Vertikalkraftwage

ist bereits bei der Kompensation des Krängungsfehlers (§ 114) eingehend beschrieben worden.

Zum Verständniss des Instruments und seiner Anwendung diene das Folgende:

Die Nadel bildet einen zweiarmigen Hebel, an dessen einem Arm die am Aufstellungsort vorhandene magnetische Vertikalkraft, und an dessen anderem Arm ein verschiebbares Gewicht senkrecht nach unten wirken. Wird dem Gewicht eine solche Stellung gegeben, dass die Nadel eine horizontale Lage einnimmt, so sind die genannten Kräfte an beiden Hebelarmen gleich. Das Gewicht mit der Länge seines Hebelarmes bildet demgemäss in dieser Gleichgewichtslage ein Maass für die auf die Nadel wirkende magnetische Kraft. Aendert sich die Letztere, so muss, um die horizontale Gleichgewichtslage wieder herzustellen, auch die am entgegengesetzten Hebelarm wirkende Kraft geändert werden. Da das Gewicht unverändert bleibt, so geschieht dies durch Verschieben desselben auf der Nadel, d. h. durch Veränderung seines Hebelarmes. Die auf die Nadel wirkenden magnetischen Vertikalkräfte sind demnach proportional den Längen dieser Hebelarme.

Sind Z und Z' die magnetischen Vertikalintensitäten an Land und an Bord, l und l' die denselben entsprechenden Entfernungen des Gewichts von dem Drehpunkt der Nadel, so ist:

$$1. \frac{Z'}{Z} = \frac{l'}{l}.$$

Nach den bekannten Gleichungen der Deviationskoeffizienten ist ferner

$$2. \frac{Z'}{Z} = \mu + g \cotg \Theta \cos \zeta$$

$$3. \chi = \left(\mathfrak{D} + \frac{\mu}{\lambda} - 1 \right) \text{tang } \Theta, \left[\text{oder} = \frac{\mu - 1 - e}{\lambda} \text{tang } \Theta \right].$$

Soll χ gleich Null werden, so muss

$$4. \mu = \lambda (1 - \mathfrak{D}) \left[\text{oder} = 1 + e \right] \text{ sein.}$$

Diesen Werth für μ in Gleichung (2) eingesetzt giebt:

$$5. \frac{Z'}{Z} = \lambda(1 - \mathfrak{D}) + g \cotg \Theta \cos \zeta,$$

hieraus folgt, dass wenn $\frac{Z'}{Z} = \frac{V'}{l} = \lambda(1 - \mathfrak{D}) + g \cotg \Theta \cos \zeta$ oder

$$6. V' = l[\lambda(1 - \mathfrak{D}) + g \cotg \Theta \cos \zeta] \text{ ist,}$$

der Krängungskoefficient χ gleich Null, d. h. kompensirt ist.

Bei dem Kurse Ost oder West ($\zeta = 90^\circ$ oder $= 270^\circ$) wird das Glied $g \cotg \Theta \cos \zeta$ gleich Null und

$$7. V' = l\lambda(1 - \mathfrak{D}).*)$$

Um hiernach mit Hülfe des Instruments den Krängungsfehler zu kompensiren, wird der Krängungsmagnet derart angebracht, dass die Länge des Hebelarmes für das Gewicht, bei dem sich die Nadel an Bord horizontal stellt (V') zu derjenigen, bei welcher dies an Land der Fall ist (l), sich verhält, wie $1 : \lambda(1 - \mathfrak{D})$, d. h. $\frac{V'}{l} = \lambda(1 - \mathfrak{D})$ oder $V' = l\lambda(1 - \mathfrak{D})$;

denn dann ist auch $\frac{Z'}{Z} = \lambda(1 - \mathfrak{D})$, d. h. der Krängungskoefficient χ gleich Null.

*) In den Gleichungen 6 und 7 kann man, wie dies aus Gleichung 4 hervorgeht, für $\lambda(1 - \mathfrak{D})$ auch $1 + e$ setzen.

Theil IV.

Die Bestimmung der Wassertiefe.

Erster Abschnitt.

Lothungen. Zweck und Berichtigung derselben.

§ 144. Die Bestimmung der jeweiligen Wassertiefe ist eines der wichtigsten Erfordernisse für die sichere Schiffsführung, indem sie nicht allein ein Mittel zum Vermeiden unmittelbar drohender Gefahr, sondern auch eine wesentliche Hülfe zur Bestimmung des Schiffsortes bietet. Die Bestimmung der Wassertiefe geschieht mittelst des Lothes und heisst Lothen. Mit dem Lothen ist in der Regel die Ermittlung der Beschaffenheit des Meeresgrundes verbunden. Das Loth ist deshalb meist mit einer Vorrichtung zum Heraufbringen einer sogenannten Grundprobe versehen. Die Kenntniss der Grundbeschaffenheit ist bei der Auswahl des Ankerplatzes und besonders als Orientierungsmittel bei unsichtigem Wetter, z. B. in der Nordsee, von grosser Wichtigkeit. In allen Fällen, wo das Schiff sich in ungenügend ausgelotheten Gewässern oder auf flachem Wasser befindet, wo eine geringe bei der Vermessung unbemerkt gebliebene Bodenerhebung gefährlich wird, gebietet die Vorsicht unausgesetztes Lothen. In solchen Gegenden, für welche zuverlässige Karten vorhanden sind, ist ein Vergleich der Lothungen und Grundproben mit den Angaben der Karte ein Anhaltspunkt für die Ortsbestimmung, der im Verein mit einer astronomischen oder terrestrischen Ortsbestimmung zur Bestätigung oder Ergänzung des gewonnenen Bestecks dient. Ist ausser Sicht von Land infolge von Nebel oder bedecktem Himmel die astronomische Ortsbestimmung für längere Zeit ausgeschlossen gewesen, so ist, besonders wenn man mit starken Stromversetzungen zu rechnen hat, das Lothen oft das einzige Mittel, um einigermaassen Klarheit über den Schiffsort zu gewinnen. Infolge der vielen mit steigender Wassertiefe sich häufenden Fehler, mit welchen ein Lothungsergebniss behaftet ist, kommen jedoch für die Ortsbestimmungen nur Lothungen auf Tiefen unter 300 m in Betracht.

Zur Ortsbestimmung bedarf man einer Reihe von Lothungen mit Grundproben und Zeitnotirung, welche man unter Berücksichtigung des Kurses und der Fahrt des Schiffes im Maassstab der Karte auf Pauspapier aufträgt. Die so erhaltene Lothungslinie mit Grundbezeichnung verschiebt

man so lange in der Nähe des angenommenen Schiffsortes auf der Karte, bis sie sich mit einer entsprechenden Stelle derselben deckt.

§ 145. Die Karten geben die Wassertiefe in der Regel für das mittlere Niedrigwasser bei Springzeit an — französische Karten für das niedrigste beobachtete Niedrigwasser, amerikanische Karten für das Mittel aus allen Niedrigwassern — Lothungen, welche zu einer anderen Zeit gemacht werden, können daher in Gewässern, deren Tiefe durch die Gezeiten beeinflusst wird, den Angaben der Karte nicht entsprechen. Es müssen die Letzteren dann für den Zeitpunkt der Lothung oder die Lothungen für die den Kartenangaben entsprechenden Zeiten berichtigt werden.

Zur Vornahme der Berichtigung bedarf man der Kenntniss der Hochwasserzeit und Hochwasserhöhe an der dem Ort der Lothung nächsten möglichst frei gelegenen Pegelstation. Die Berichtigung erfolgt unter der Voraussetzung, dass das Steigen und Fallen des Wassers sich an dem Ort der Lothung ebenso vollzieht, wie an der Pegelstation. Da diese Voraussetzung nicht immer zutrifft, kann auch der Berichtigung keine strenge Zuverlässigkeit beigemessen werden. Ursache und Wesen der Gezeiten wird in einem späteren Abschnitt ausführlich besprochen. Hier sei nur erwähnt, dass die Wassertiefe in einem Zeitraum von ungefähr sechs Stunden von Niedrigwasserstand auf den Hochwasserstand steigt und in weiteren sechs Stunden von Hochwasserstand auf den Niedrigwasserstand fällt. Das Steigen und Fallen des Wassers erfolgt nicht genau proportional dem Zeitunterschied, sondern zeigt in der Mitte zwischen Hoch- und Niedrigwasser eine erhebliche Beschleunigung. Der Unterschied der Wassertiefe an der Pegelstation zwischen Hochwasserstand und Niedrigwasserstand heisst die Fluthöhe.

Die folgende Tabelle giebt an, welche Abnahme der Wassertiefe gewissen Zeitunterschieden gegen die Hochwasserzeit bei einer Fluthöhe h im Allgemeinen entspricht.

Zeitunterschied gegen Hochwasser	1 ^h	—	$\frac{1}{10} h$
„	2 ^h	—	$\frac{1}{4} h$
„	3 ^h	—	$\frac{1}{2} h$
„	4 ^h	—	$\frac{3}{4} h$
„	5 ^h	—	$\frac{9}{10} h$
„	6 ^h	—	h

Durch Abzug dieses Betrages von der Fluthhöhe h erhält man die den Kartenangaben hinzuzufügende Verbesserung, nämlich:

bei einem Zeitunterschied gegen Hochwasser von	1 ^h	—	$\frac{9}{10} h$
„	2 ^h	—	$\frac{3}{4} h$
„	3 ^h	—	$\frac{1}{2} h$
„	4 ^h	—	$\frac{1}{4} h$
„	5 ^h	—	$\frac{1}{10} h$
„	6 ^h	—	0

Beispiel.

Man will am 26. April 1901, vormittags 8^h 30^m, in die Ems einlaufen. Um wie viel ist die Wassertiefe grösser, als in der Karte angegeben?

Hochwasser in Cuxhaven 26. 4. vorm.	6 ^h 7 ^m	N. J. Taf. XXIV *)
Unterschied für Borkum	— 2 ^h 23 ^m	
Hochwasser in Borkum	3 ^h 44 ^m Fluthöhe $h = 2,47$ m.	N. J. Taf. XXV *)
Einlaufzeit	8 ^h 30 ^m	
Zeitunterschied	4 ^h 46 ^m rund 5 ^h .	

Verbesserung $\frac{1}{10} h = 0,24$ m.

Für den Gebrauchsfall, besonders dann, wenn die Lothungen zur Ortsbestimmung dienen sollen, ist es zweckmässiger, dieselben durch Abzug der vorstehenden Berichtigung den Kartenangaben entsprechend zu verringern. Da das Berichtigungsverfahren keinen Anspruch auf Genauigkeit macht, ist die Berechnung nur eine ungefähre. Die Abrundung hat so zu erfolgen, dass durch dieselbe eine erhöhte Sicherheit gewährleistet wird. Die zur Beschickung einer Lothung auf Niedrigwasser erforderlichen Berichtigungen sind in Tabelle V des Anhangs zusammengestellt. Dieselbe Tabelle soll auch in die späteren Jahrgänge des nautischen Jahrbuchs (von 1903 ab) aufgenommen werden.

Beispiele.

Am 10. April 1901 ist in der Nähe von Borkum um 11^h 20^m vorm. nach mittlerer Ortszeit 23,5 m gelotet. Welcher Betrag muss von der Lothung abgezogen werden, um sie mit den Kartenangaben in Einklang zu bringen.

Hochwasser in Cuxhaven 10. April	4 ^h 26 ^m nachm.	Taf. XXIV N. J.
Unterschied für Borkum	— 2 ^h 23 ^m	„ „ XXV N. J.
Hochwasser in Borkum	2 ^h 3 ^m nachm.	
Zeit der Lothung	11 ^h 20 ^m vorm.	
Zeitunterschied	2 ^h 43 ^m rund 3 ^h	
Mittlere Fluthöhe	2,47 m	Taf. XXV N. J.
Faktor	0,5	
Abzuziehender Betrag	$0,5 \times 2,47 = 1,24$ m.	

Am 22. März 1901, bürgerlichen Datums, soll für die Weser und Jade-Mündung die mitteleuropäische Zeit bestimmt werden, während welcher die Wassertiefe den Niedrigwasserstand um wenigstens 1 m übertrifft.

Hochwasser in Cuxhaven 22. März nachm.	2 ^h 10 m
Unterschied für Weser-Leuchtschiff	— 0 ^h 27 m
Hochwasser am Weser-Leuchtschiff	1 ^h 43 ^m
Mittlere Fluthöhe 3,14 m	$3,14 \cdot x = 2,14$ m
	$x = 0,68$ rund 0,7
Faktor 0,7 = rund $\frac{3}{4}$, Zeitunterschied	rund 2 ^h

Der Wasserstand ist wenigstens 1 m $\left\{ \begin{array}{l} \text{von 11^h 43^m vorm.} \\ \text{höher als Niedrigwasser} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{bis 3^h 43^m nachm.} \end{array} \right.$

*) Tafel XXIV und XXV erhalten von 1903 ab die Nummern XIX a und XIX b.

Zweiter Abschnitt.

Lothvorrichtungen.

A. Allgemeines.

§ 146. Es sind mancherlei Arten von Lothen in Gebrauch. Jedes Loth jedoch muss unabhängig von seiner sonstigen Beschaffenheit zur Ermittlung der Wassertiefe an einer Leine auf den Meeresgrund fallen gelassen werden. Es muss den Grund in schnellem Fallen erreichen, damit die Grundberührung von dem Lothenden deutlich wahrgenommen werden kann. Die hierdurch bedingte Schwere des Lothes wächst mit zunehmender Wassertiefe. Das Gewicht eines Lothes ist daher je nach der Wassertiefe, in welcher es gebraucht werden soll, verschieden. Die Nothwendigkeit einer nicht allzu schwierigen Handhabung setzt dem Gewicht des Lothes bei 200 kg eine Grenze. Die Form des Lothes ist so zu wählen, dass es dem Wasser möglichst geringen Widerstand bietet.

Die Leine dient entweder unmittelbar zum Messen der Wassertiefe, indem die zum Erreichen des Grundes erforderliche Länge derselben die Tiefe angiebt, oder nur zum Heraufholen des Lothes bezw. der zur Angabe der Wassertiefe oder Grundbeschaffenheit bestimmten Theile desselben. Die durch die Zunahme der Wassertiefe bedingte Steigerung des Lothgewichts und des Drucks der auf dem Loth lastenden Wassersäule erfordert eine mit wachsender Tiefe sich schnell steigernde Zunahme der Tragkraft und somit des Umfanges der Leine.

Die Tragkraft einer Leine wächst bei gleich bleibender Beschaffenheit des Materials mit dem Querschnitt, also im Verhältniss des Quadrats des Umfangs. Durch den Verzicht auf die Wiedererlangung des Lothgewichtes wird die Forderung einer grossen Tragkraft der Leine nur vermindert, nicht beseitigt.

Der Umfang der Leine ist möglichst gering zu halten, da die die Fallgeschwindigkeit des Lothes verzögernde Reibung und der Auftrieb mit dem Umfang der Leine wächst.

Der durch eine Strömung auf die Leine ausgeübte Wasserdruck wächst gleichfalls mit dem Umfang derselben. Je stärker dieser Druck ist, um so mehr wird die Leine, anstatt senkrecht auf und nieder, im Bogen stehen. Die Länge der ausgelaufenen Leine wird also die Wassertiefe zu gross angeben, und der Fehler ist um so grösser, je umfangreicher die Leine ist.

Das Bedürfniss, die Grundberührung deutlich wahrzunehmen, erfordert eine möglichst geringe Auslaufgeschwindigkeit der unbelasteten Leine, daher ein geringes Eigengewicht, somit geringe Stärke derselben.

Aus diesen Erwägungen geht hervor, dass man bei der Wahl einer Lothleine danach trachten muss, mit dem geringsten Umfang die grösste Tragfähigkeit zu vereinigen; als Material für

dieselbe wird deshalb für Lothungen auf mittleren und grossen Tiefen neuerdings vorzugsweise Eisendraht gewählt.

Die Beanspruchung einer Lothleine beträgt unter günstigen Umständen das Doppelte, unter ungünstigen Verhältnissen, z. B. bei Strom und Seegang, das Drei- bis Vierfache des Lothgewichtes, da sich in letzterem Fall die Spannungen oft stossweise und unberechenbar erhöhen. Die Tragfähigkeit der Lothleinen wird daher der höchsten Anforderung entsprechend gross bemessen.

Dies führt zur Anwendung verschiedener Lothe und Lothleinen für geringe mittlere und grosse Tiefen.

B. Lothe für geringe Wassertiefe.

§ 147. Zum Lothen auf geringen Tiefen und bei geringer Fahrt des Schiffes dienen die Handlothe. Bei grösserer Tiefe und Fahrt kommen diese Lothe nicht mehr mit senkrecht zeigender Leine auf den Grund.

Das Handloth besteht aus einem Bleigewicht von langgestreckter Form, welches oben in einer flachen Oese endigt.

In der Oese befindet sich ein mit Leder benähter Grummetstropp zum Befestigen der Lothleine.

Man verwendet in der Kaiserlichen Marine zweierlei Handlothe, die sich durch ihr Gewicht unterscheiden:

Handloth No. 1, Gewicht 6,0 kg,
 " " 2, " 4,5 "

Ein kleines Loth von 2,5 kg Gewicht heisst Uebungloth und wird nur zu Ausbildungszwecken gebraucht.

Die zugehörige Lothleine besteht aus ungetheerter Hanfleine, deren Umfang, damit sie bei der Bedienung nicht zu scharf in die Hand einschneidet, auf 2 cm bemessen ist.

Die Länge der Lothleine beträgt für das Handloth No. 1 — 90 m, für das Handloth No. 2 — 50 m.

Für das Uebungloth wird alte Lothleine benutzt.

Zur Angabe der Wassertiefe ist die Lothleine, vom Fuss des Lothes an gerechnet, in Abständen von zwei zu zwei Metern, wie folgt, gemarkt:

auf 2, 12, 22, 32 m u. s. f.	durch einen schwarzen Streifen aus			
	Flaggentuch,			
" 4, 14, 24, 34 m	" " "	weissen	" "	
	Flaggentuch,			
" 6, 16, 26, 36 m	" " "	rothen	" "	
	Flaggentuch,			
" 8, 18, 28, 38 m	" " "	gelben	" "	
	Flaggentuch,			
" 10, 20, 30, 40 m	" " "	Lederstreifen mit 1		
	bezw. 2, 3 oder 4 u. s. f.	Löchern.		

Vor der Markirung muss die Leine gehörig angefeuchtet und gereckt werden. Da die Lothleinen sich durch den Gebrauch recken, muss die Markirung von Zeit zu Zeit nachgemessen und erforderlichen Falls verbessert werden.

Zur schnellen und sicheren Verbindung der Leine mit dem Loth ist am Ende derselben ein Auge angesplisst, welches durch den Stropp gesteckt und über das Loth gestreift wird.

§ 148. Der Gebrauch des Handlothes ist am einfachsten, wenn das Schiff keine Fahrt macht und keine Strömung vorhanden ist. Man lässt dann einfach das Loth auf den Grund fallen, indem man die Leine durch die Hand laufen lässt. Man fühlt die Grundberührung sofort, zieht die Leine straff, so dass das Loth eben noch auf den Grund stösst, und liest nach der über Wasser befindlichen Marke ab, wie viel Meter Leine ausgelaufen sind. Ist z. B. ein schwarzer Streifen 1 m über Wasser, während der Lederstreifen mit zwei Löchern sich noch hinter der Hand befindet, so beträgt die Wassertiefe 11 m.

Das Lothen vom Schiff in Fahrt ist erheblich schwieriger und kann nur durch Uebung erlernt werden. Das Loth muss hierbei soweit nach vorn geworfen werden, dass es den Grund erreicht hat, wenn die Leine auf und nieder steht. Das Lothen geschieht meist von einem der Seitenboote, dem Fallreepodest oder einer anderen Stelle aus, welche einen durch Vorsprünge der Schiffswand unbehinderten Lothwurf gestattet. In der Regel befinden sich zwei Mann am Loth. No. 1, welchem die voraussichtliche ungefähre Wassertiefe mitgetheilt sein muss, wirft das Loth, liest die Wassertiefe ab und macht Meldung. No. 2 achtet auf klares Auslaufen der Leine und holt das Loth ein. No. 1 steht in der Lothschürze oder Lothbrook, einem getheerten Segeltuchkleid, welches am Standort des Mannes mit starken Bändeln gut befestigt ist und dem Oberkörper Halt gewährt. Er hält in der einen Hand mehrere Buchten der Lothleine klar zum Auslaufen und fasst mit der anderen die Leine etwa 1 m über dem Loth. Sich fest in die Lothschürze legend wirft er das Loth entsprechend der Fahrt und Wassertiefe soweit voraus, dass er die Lose der Leine eingeholt hat, wenn sein Standort sich über dem Aufschlag des Loths befindet. Erforderlichenfalls ist das Loth vor dem Schiessenlassen einige Male vertikal im Kreise zu schwingen. Wenn die Leine auf und nieder zeigt, überzeugt er sich durch kurzes Anlüften und Fallenlassen des Lothes von der erfolgten Grundberührung, liest die Wassertiefe ab und macht Meldung. Hierauf wird das Loth von No. 2 eingeholt und die Leine klar aufgeschossen.

Um den Verlust des Lothes möglichst zu verhüten, ist der innere Tamp der Lothleine an Bord zu belegen.

War das Loth nicht weit genug vorausgeworfen, so erreicht es den Grund erst, wenn die Leine schon achteraus zeigt. Man liest dann an der Leine eine zu grosse Wassertiefe ab. Die Lothung kann in solchem Fall nach Schätzung berichtigt werden, indem man bei einem Neigungswinkel der Leine von 10° 0,2 m für je 10 m und bei einer Neigung von

20° 0,6 m für je 10 m von der abgelesenen Wassertiefe abzieht. Die Grenze für die Brauchbarkeit des Handlothes wird durch die Fahrt des Schiffes gezogen. Ein sehr tüchtiger Lothgast kann bei 8 Sm Fahrt noch Tiefen bis zu 25 m erlothen.

C. Lothe für mittlere Wassertiefe.

Zum Lothen auf mittleren Wassertiefen bis zu 300 m gebraucht man die Tieflothe oder die Lothmaschinen.

a. Die Tieflothe.

§ 149. Die Tieflothe unterscheiden sich von den Handlothen nur durch das Gewicht und durch eine Aushöhlung im Boden zur Aufnahme einer Talgfüllung, in die sich die Grundprobe bei der Grundberührung eindrückt. In der Kaiserlichen Marine sind drei verschiedene Tieflothe in Gebrauch:

- Tiefloth No. 1. Gewicht 30 kg.
- Tiefloth No. 2. Gewicht 20 kg,
- Tiefloth No. 3. Gewicht 12 kg.

Die Lothleine hat 3 cm Umfang und ist ungetheert und links geschlagen. Sie hat für das Tiefloth No. 1 und 2 — 500 m, für das Tiefloth No. 3 — 225 m Länge.

Die Markirung erfolgt von 10 m zu 10 m durch Bündel mit Knoten und von 50 m zu 50 m durch Lederstreifen, welche bei den Hunderten mit einer der Anzahl derselben entsprechenden Anzahl von Löchern versehen sind. Es bedeutet also:

	m	m	m	m	m
ein Bündel mit einem Knoten	10,	60,	110,	160,	210 u. s. f.
„ „ „ zwei „	20,	70,	120,	170,	220 „
„ „ „ drei „	30,	80,	130,	180,	230 „
„ „ „ vier „	40,	90,	140,	190,	240 „
„ Lederstreifen	50,	150,	250,	350,	450 „
„ „ mit 1 bzw.					
2, 3, 4 u. s. f. Löchern . . .	100,	200,	300,	400	„

§ 150. Der Gebrauch des Tiefloths ist nur bei geringer Fahrt des Schiffes bis zu etwa 1,5 Sm möglich, man muss daher zum Lothen entweder stoppen oder bedrehen.

Die Lothleine wird zum Gebrauch achteln mit ihrem inneren Tamp an einem Bolzen belegt, in einen Lothblock eingelegt und aussenbords an der Luvseite des Schiffes frei von allen Vorsprüngen der Bordwand nach vorne gemannt und dort mit dem Loth zusammengesteckt. An der Reeling werden einzelne Leute vertheilt, welche einige Buchten der Leine in die Hand nehmen und die Leine frei von allen Hindernissen halten. Ein Mann hält das Loth klar zum Werfen. Der Leiter steht achteln und überzeugt sich, dass der Rest der Leine klar zum Auslaufen aufgeschossen liegt, er

nimmt die Leine in die Hand und befiehlt „Wirf“, worauf der Mann am Loth dieses frei von allen Hindernissen zu Wasser wirft und die die Buchten haltenden Leute, dem Zug der Leine nachgebend, dieselbe nacheinander fallen lassen. Der Leiter lässt die Leine durch die Hand laufen und sucht die Grundberührung des Lothes zu fühlen. Wenn das Loth auf dem Grund liegt, hält er die Leine steif und liest am nächsten, über Wasser befindlichen Mark die Tiefe ab. Hierauf wird das Loth eingeholt. Dasselbe wird vorsichtig an Bord genommen, um eine Beschädigung der Grundprobe zu vermeiden. Das Vorhandensein einer Grundprobe bestätigt, dass die Grundberührung stattgefunden hat. Die Probe wird abgeschnitten und auf das Grundprobenbrett gelegt, auf dem neben ihr die Uhrzeit und die gelothete Tiefe angegeben wird.

Die Verminderung der Fahrt des Schiffes ist nicht nur mit Arbeit und Zeitverlust, sondern unter ungünstigen Verhältnissen zuweilen auch mit Gefahr verbunden. Da das Schiff während des Lothens nach Lee wegtreibt, zeigt die Leine nicht senkrecht und giebt eine zu grosse Tiefe an, die nach Schätzung verbessert werden muss. Zur Abhülfe gegenüber diesem Uebelstande dient:

§ 151. Burts Lothsack. Derselbe besteht aus Schwimmer und Klemme.

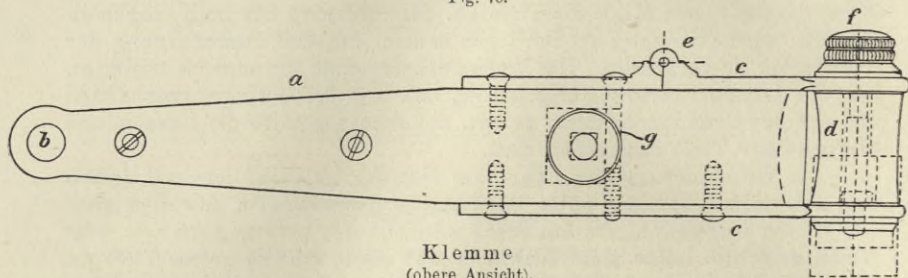
Der Schwimmer ist ein dreieckiger Segeltuchsack, welcher an einer Ecke eine von einer hölzernen Hülse eingefasste durch einen Holzstöpsel verschliessbare Oeffnung hat. Der Sack wird zum Gebrauch gehörig durchnässt, dann mit Luft aufgeblasen und durch den Stöpsel verschlossen. Er soll, senkrecht über dem auf den Grund gegangenen Loth schwimmend, durch seinen Auftrieb die durch einen kurzen Steert an ihm befestigte Klemme mit der eingetauchten Lothleine tragen. Zuweilen, besonders wenn der Schwimmer schon viel gebraucht ist, ist es angezeigt, den Auftrieb durch Anbringung eines zweiten Schwimmers zu vermehren.

Die Klemme (Fig. 75) ist ein längliches Stück Holz (*a*) von rechteckigem Querschnitt, welches an einem Ende eine Durchbohrung (*b*) zum Anstecken des Schwimmers hat. An den Seiten des anderen Endes sind zwei Messingschienen (*c c*) angebracht, zwischen welchen eine Rolle (*d*) gelagert ist. Die eine der Messingschienen ist um ein Charnier (*e*) beweglich und wird durch die Welle der Rolle und eine auf dieselbe aufgeschraubte Mutter (*f*) mit der anderen Schiene zusammengehalten. Diese Einrichtung ermöglicht das Einlegen der Lothleine. Auf der oberen Seite des Holzes ist eine breite Messingfeder (*g*) befestigt, deren Entfernung von der Rolle durch Anziehen und Lösen einer Schraube verändert werden kann. Zwischen Rolle und Feder wird die Leine so eingelegt, dass die auslaufende Leine die Feder nach oben drückt. Hört die Leine auf auszulaufen, weil das Loth den Grund erreicht hat, so wird die Klemme durch die Feder auf der Leine festgeklemmt. Da der die Klemme tragende Schwimmer senkrecht über dem Loth auf dem Wasser schwimmt, giebt die Stelle der Leine, an welcher die Klemmvorrichtung sitzt, die Wassertiefe richtig an.

Die Klemme mit Schwimmer wird vor dem Werfen des Lothes auf etwa zwei Drittel der muthmaasslichen Wassertiefe auf die Lothleine aufgesetzt und durch einen besonders abgetheilten Mann geworfen.

Solange das Loth fällt, läuft die Leine schnell aus. Nach der Grundberührung läuft nur soviel Leine aus, als der Ortsveränderung des Schiffes

Fig. 75.

Klemme
(obere Ansicht).

durch Treiben oder Fahrt entspricht. Ein sichtbares Zeichen, dass das Loth den Grund erreicht hat, ist, dass der Schwimmer ruhig schwimmt.

Eine Mässigung der Fahrt ist bei Benutzung des Burtschen Lothsackes nur durch die Rücksicht geboten, dass bis zur Grundberührung des Lothes genügend lose Leine zum Ausstecken vorhanden sein muss.

b. Die Lothmaschinen.

§ 152. Die Unzuverlässigkeit der Bestimmung der Wassertiefe durch die Länge der eingetauchten Lothleine infolge Schrägstehens oder Krümmung derselben durch den Strom, der Zeitverlust, mit welchem das Loth mit den vorstehend beschriebenen Tieflothen wegen der nothwendigen Manöver und Fahrtermässigungen verbunden ist, sowie die Erschwerung der Feststellung des zurückgelegten Schiffsweges infolge der durch häufige Fahrthemmungen vermehrten Abtrift, haben das Bestreben erzeugt, andere Wege zur Ermittlung der Wassertiefe zu finden. Als ein solcher hat sich die Bestimmung der Wassertiefe durch den Druck des Wassers bewährt.

Die Bestimmung der Wassertiefe durch den Druck des Wassers beruht auf dem Mariotteschen Gesetz, nach welchem das Volumen der Luft im umgekehrten Verhältniss zu dem auf ihr lastenden Druck steht. Der Druck, welchem ein unter Wasser befindlicher Körper ausgesetzt ist, ist gleich dem Gewicht der über ihm stehenden Wassersäule, vermehrt um das Gewicht der Atmosphäre, und kann für jede Wassertiefe berechnet werden.

Senkt man eine oben geschlossene, unten offene Röhre ins Wasser, so wird das Volumen der den Hohlraum der Röhre anfüllenden Luft sich nach Maassgabe der Tiefe vermindern, in welche die Röhre gelangt, und das Wasser wird entsprechend weit in den unteren Theil der Röhre eindringen. Ist der Hohlraum cylindrisch, so nimmt die Länge der ein-

In der Reichsstadt Bamberg sind 4 Acker von Luginsaß
im Gemarkung, ein Acker von Bamberg ^{in Dittmann} (Pferd), und
ein Acker, von Hege ^{in Hege} (Pferd) Feldkorn in Bamberg
guter Art.

§. ... die Acker (Bamberg H) Luginsaß

geschlossenen Luftsäule in demselben Verhältniss ab, wie ihr Volumen. Lässt sich nun an der wieder heraufgeholtten Röhre erkennen, bis zu welcher Länge die Luftsäule zusammengedrückt, bezw. wie weit das Wasser in die Röhre eingedrungen war, so kann man aus dieser Länge den Druck und aus dem Druck die Tiefe ableiten, welche die Röhre erreicht hat. Da in Röhren von gleicher Länge die Luftsäule bei demselben Druck stets dieselbe Verkürzung erfährt, kann man für gleich lange Röhren einen Maassstab anfertigen, an welchem die Tiefe unmittelbar abgelesen wird. Da dieser Maassstab, wegen des zu berücksichtigenden Gewichts der Atmosphäre, für einen bestimmten Barometerstand berechnet werden muss, ist die abgelesene Wassertiefe erforderlichenfalls für einen abweichenden Barometerstand zu berichtigen.

(Die Bambergische Lothmaschine.)

(§ 153.) Der erste brauchbare auf Grund dieser Erwägungen hergestellte Lothapparat ist von Sir William Thomson erdacht und hat in neuerer Zeit verschiedene Verbesserungen erfahren. Die in der Kaiserlichen Marine gebräuchliche Bambergische Lothmaschine ist aus Thomsons Apparat hervorgegangen. *Jan*

a. Beschreibung.

Die Bambergische Lothmaschine besteht aus folgenden Theilen:

1. dem Loth,
2. der Vorrichtung zum Messen der Wassertiefe,
3. dem Lothdraht,
4. der Maschine,
5. dem Kasten,
6. dem Zubehör.

1. Das Loth (*p* Fig. 76) dient zur Erzeugung der nöthigen Fallgeschwindigkeit und zur Aufnahme der Grundprobe. Es ist ein 1 m langer eiserner Cylinder von 11 kg Gewicht, welcher unten eine halb abgeschnittene Ausdehnung für eine Talgfüllung und oben ein Auge hat, in welchem eine Befestigungsleine eingesplisst ist.

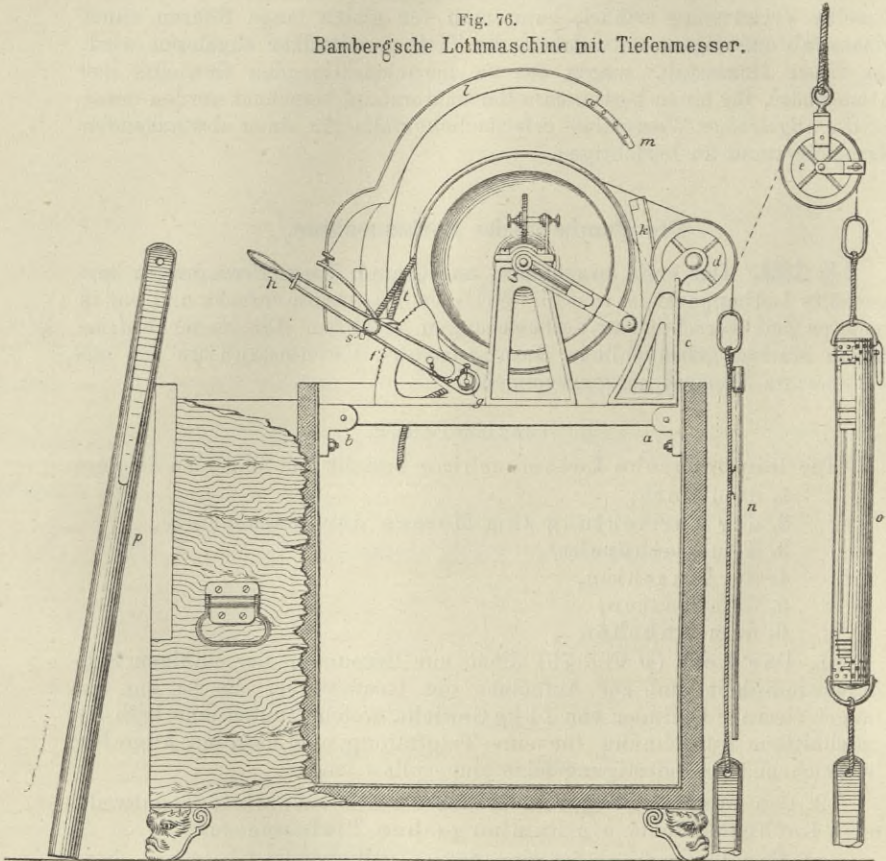
2. Die Vorrichtung zum Messen der Wassertiefe ist entweder eine Lothröhre oder ein Bambergischer Tiefenmesser.

a) Die Lothröhre ist eine dünne cylindrische Glasröhre, deren innere Wandung mit einem rothen Belag von chromsaurem Silber versehen ist. Dieselbe ist an beiden Enden zugeschmolzen. Das untere Ende ist schwarz angestrichen und wird vor dem Gebrauch abgebrochen. Hierauf wird die Röhre mit der Oeffnung nach unten in eine Messinghülse (*n* Fig. 76) eingesetzt, welche unten offen ist und oben durch einen Deckel mit Bajonettverschluss geschlossen wird. Das Herausfallen der Röhre verhindert ein unten vorgesteckter mit Gummi überzogener Splint. Die Hülse wird dann an der Befestigungsleine des Lothes festgebunden.

Die Lothröhren werden in einer dem voraussichtlichen Bedarf genügenden Anzahl in Holzkasten mitgegeben.

Neben den vorbeschriebenen Lothröhren werden noch ältere aufgebraucht, welche oben und unten durch eine Verschlusskappe geschlossen sind. Die obere ist weiss, die untere besteht aus rothem Lack und wird vor dem Gebrauch durch Erwärmen entfernt. Diese Röhren haben sich nicht bewährt, weil der Verschluss bei langer Aufbewahrung an Bord nicht genügte, um den Belag gegen die Einwirkungen der Luftfeuchtigkeit zu schützen.

Fig. 76.
Bamberg'sche Lothmaschine mit Tiefenmesser.



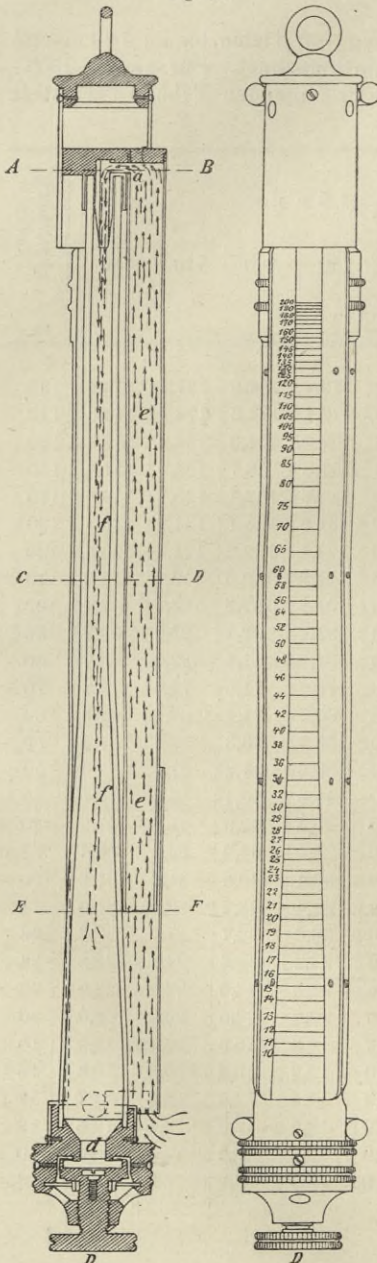
Die Ermittlung der Wassertiefe erfolgt dadurch, dass das Wasser in die mit dem sinkenden Loth verbundene Lothröhre, entsprechend der erreichten Wassertiefe eindringt und den rothen Chromsilberbelag, soweit es mit ihm in Berührung kommt, gelblich-weiss färbt. Die Länge des roth gebliebenen Belages zeigt nun an der wieder an Bord geholten Röhre die Länge der Luftsäule an der tiefsten vom Loth erreichten Stelle an. Diese Länge wird in die Wassertiefe übertragen, indem man die Glasröhre an einen Maassstab derartig anlegt, dass das obere geschlossene Ende der Röhre eine an dem Maassstab angebrachte Messing-

platte berührt. Die Stelle, an welcher der rothe Belag aufhört, giebt die Wassertiefe in Metern und Faden an.

Der Maasstab gestattet die Ablesung von Tiefen bis zu 180 m und ist für einen Barometerstand von 740 mm berechnet. Für andere Barometerstände kann die Wassertiefe nach der folgenden Tabelle berichtigt werden.

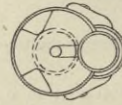
Am Maasstab abgelesene Tiefen	Barometerstände									Am Maasstab abgelesene Tiefen
	700	710	720	730	740	750	760	770	780	
	Millimeter									
m										m
180	170,0	172,5	175,0	177,5	180,0	182,2	184,6	187,1	189,4	180
170	160,6	163,0	165,4	167,8	170,0	172,1	174,3	176,5	178,6	170
160	151,2	153,5	155,7	157,9	160,0	162,0	164,0	165,9	167,9	160
150	141,7	143,9	146,0	148,0	150,0	151,8	153,7	155,5	157,3	150
140	132,3	134,4	136,3	138,1	140,0	141,6	143,4	145,1	146,8	140
130	122,9	124,8	126,6	128,3	130,0	131,5	133,1	134,7	136,3	130
120	113,4	115,1	116,8	118,4	120,0	121,4	122,9	124,3	125,8	120
110	103,8	105,5	107,0	108,5	110,0	111,3	112,6	113,9	115,2	110
100	94,3	95,8	97,2	98,6	100,0	101,2	102,3	103,5	104,7	100
90	84,8	86,1	87,4	88,7	90,0	91,1	92,1	93,2	94,2	90
80	75,3	76,5	77,6	78,8	80,0	81,0	81,9	82,8	83,7	80
70	65,9	66,9	67,9	69,0	70,0	70,8	71,6	72,4	73,2	70
60	56,4	57,3	58,2	59,1	60,0	60,7	61,4	62,1	62,8	60
55	51,7	52,5	53,3	54,2	55,0	55,7	56,3	56,9	57,5	55
50	47,0	47,7	48,5	49,3	50,0	50,6	51,2	51,7	52,3	50
45	42,3	42,9	43,6	44,3	45,0	45,6	46,1	46,6	47,1	45
40	37,5	38,1	38,7	39,4	40,0	40,5	40,9	41,4	41,9	40
35	32,7	33,3	33,8	34,4	35,0	35,5	35,9	36,3	36,7	35
30	27,9	28,4	29,0	29,5	30,0	30,4	30,8	31,2	31,6	30
28	26,1	26,6	27,1	27,5	28,0	28,4	28,7	29,0	29,4	28
26	24,3	24,7	25,1	25,6	26,0	26,3	26,7	27,0	27,3	26
24	22,5	22,8	23,2	23,6	24,0	24,3	24,6	24,9	25,2	24
22	20,7	21,0	21,3	21,7	22,0	22,3	22,5	22,8	23,0	22
20	18,9	19,1	19,4	19,7	20,0	20,2	20,5	20,7	20,9	20
18	17,0	17,2	17,5	17,7	18,0	18,2	18,5	18,7	18,9	18
16	15,1	15,3	15,6	15,8	16,0	16,2	16,4	16,6	16,8	16
14	13,2	13,4	13,6	13,8	14,0	14,2	14,3	14,5	14,7	14
12	11,3	11,5	11,7	11,8	12,0	12,1	12,3	12,4	12,6	12
10	9,4	9,6	9,7	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,5	10
8	7,5	7,6	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8

Fig. 77.



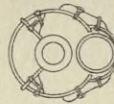
Vor dem Gebrauch werden die Röhren, um die Temperatur der in ihnen eingeschlossenen Luft möglichst auf diejenige des Seewassers zu bringen, geschlossen eine Zeit lang in ein mit Seewasser gefülltes Gefäß gestellt.

Schnitt A-B.



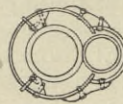
b) Der Bambergische Tiefenmesser (o Fig. 76) soll benutzt werden, wenn die Lothröhren aufgebraucht sind. Er besteht aus einer oben cylindrischen unten konischen Glasröhre (f Fig. 77). Dieselbe ist unten offen und oben

Schnitt C-D.



bis auf die Mündung einer kleinen von dort ausgehenden metallenen Haarröhre (a), welche den Eintritt des Wassers beim Lothen vermittelt, zugeschmolzen. Die Haarröhre steht mit einer parallel der Glasröhre laufenden oben geschlossenen Messingröhre e in Verbindung, deren untere Oeffnung zur Verhinderung des Eintritts von Unreinigkeiten durch Gaze geschlossen ist.

Schnitt E-F.



Glasröhre und Messingröhre sind in einem starken oben und unten durch Schrauben verschliessbaren Messinggehäuse befestigt, welches in einem Schlitz eine bis 200 m reichende Tiefenskala trägt und in dessen Boden sich ein durch eine Schraube (D) bewegliches Kautschukventil (d) befindet, mit welchem die untere Oeffnung der Glasröhre vor dem Lothen verschlossen wird.

Beim Lothen gelangt das Wasser in die Messingröhre (*e*) und durch die Haarröhre (*a*) in die Glasröhre (*f*), welche es nach Maassgabe der der Wassertiefe entsprechenden Volumverminderung der Luft anfüllt, so dass man durch Ablesen des Standes des eingedrungenen Wassers an der Tiefenskala die gelothete Tiefe erhält. Die Skala ist für 760 mm Barometerstand berechnet. Die Berichtigungen für abweichende Barometerstände sind, falls letztere nicht abnorm sind, für die Praxis unbedeutend.

Der Tiefenmesser wird zum Lothen in eine oben offene starke Metallbüchse (*o* Fig. 76) gesteckt und in dieser durch einen Vorstecker und Kautschukringe gehalten. Die Metallbüchse trägt oben und unten einen Bügel. Der obere dient zur Befestigung von Lothdraht, der untere zum Anstecken des Lothes.

3. Der Lothdraht vertritt die Lothleine und ist ein galvanisirter Eisendraht von 0,75 mm Umfang und etwa 500 m Länge. An seinem Ende befindet sich ein Ring zum Anstecken der Befestigungsleine des Lothes oder des Tiefenmessers. Der Draht ist durch Einfetten mit Vaseline gegen Rost zu schützen.

Der Lothdraht ist beim Gebrauch vor ruckweiser Beanspruchung und Kinkbildung zu schützen, da z. B. ein Draht von 100 kg Tragfähigkeit in den Kinken schon bei 25 kg Belastung bricht. Mit Rücksicht auf die hierdurch bedingte sorgfältige Behandlung des Lothdrahtes bei der Bedienung ist für das Fallenlassen und Einholen des Lothes eine besondere Maschine angefertigt, welche auch der sachgemässen Aufbewahrung des in Gebrauch befindlichen Lothdrahtes Rechnung trägt.

4. Die Maschine (Fig. 76) hat folgende Theile:

a) Eine eiserne Trommel, welche mit einer breiten und einer schmalen Rinne versehen ist. In der breiten Rinne wird der Lothdraht aufgewunden, in der schmalen Rinne wird die zum Bremsen der Trommel bestimmte Bremsleine eingelegt. Die Trommel ruht mit einer cylindrischen Achse in dem Lothbock und kann durch auf die Achsenden aufgesetzte Kurbeln gedreht werden.

b) Der Lothbock besteht aus zwei senkrecht stehenden Achsträgern, welche oben in cylindrischen Achslagern endigen, die durch Ueberfälle geschlossen werden können. Der, von vorne gesehen, rechte Achsträger trägt ein Zählwerk für die Umdrehungen der Trommel, das durch eine auf der Achse sitzende Schnecke bewegt wird. Da der Umfang der Trommel annähernd einen Meter beträgt, giebt die Zahl der Umdrehungen die ungefähre Länge des abgelaufenen Drahtes in Metern an.

c) Die Bodenplatte trägt den Lothbock und die Haupttheile der Maschine und ist derart eingerichtet, dass sie mit der Maschine in einen Aufbewahrungskasten versenkt werden kann. Sie hat an der rechten Seite hinter der Trommel eine Durchbohrung für das Bremstau. Vor der Trommel steht ein kleiner eiserner Bock (*c*) (Fig. 76) mit Führungsrolle (*d*) für den Lothdraht. Zum Schutz gegen Unreinigkeiten ist über der Trommel ein Schutzblech angebracht. Dasselbe besteht aus zwei Theilen, von denen der eine (*k*) auf der Bodenplatte befestigt und oben

mit zwei Schlaufen versehen ist. Der andere Theil (*l*) wird mit den Schienen (*m*) in die Schlaufen des unteren Theils (*k*) gesteckt und ruht mit dem anderen Ende lose auf der Bodenplatte. Das auf diese Weise über der Trommel hergestellte Dach ist mit einem Ausschnitt für den ablaufenden Lothdraht versehen.

d) Die Bremsvorrichtung dient zum Abstoppen der Trommel und zur Regelung der Auslaufgeschwindigkeit des Drahtes. Derselbe muss beim Auslaufen stets steif gehalten werden, da er sonst leicht Kinke bildet.

Auf der Bodenplatte steht hinter dem rechten Achsträger ein gezahnter Kreisausschnitt (*f*), an dem sich, um einen Bolzen (*g*) drehbar, ein Bremshebel (*h*) mit Handgriff und Sperrfeder (*i*) mit Klinke bewegt. Der Bremshebel trägt einen Knopf (*s*), über welchen das Bremsstau (*t*) mit einem Auge gestreift wird. Das Bremsstau ist durch das Loch in der Bodenplatte geschoren und durch einen Knoten gehalten. Es fährt dann in der schmalen Rinne um die Trommel und von dieser nach dem Bremshebel. Durch Niederdrücken des Bremshebels wird das Bremsstau straff gezogen und so die Trommel allmählich gehemmt. Die Klinke tritt hierbei hinter einen Zahn des Kreisausschnitts und hält den Bremshebel in der niedergedrückten Stellung fest. Ein Druck auf die Sperrfeder löst die Klinke aus dem Kreisausschnitt und giebt die Bewegung des Bremshebels frei. Durch mehr oder weniger straffes Anziehen des Bremsstaus kann die Drehung der Trommel gehemmt oder verlangsamt werden.

5. Der hölzerne Kasten dient zur Aufbewahrung der Maschine und des Zubehörs mit Ausnahme der Lothe und ist in zwei Theile getheilt, von welchen der für das Zubehör bestimmte mit einer Thür versehen ist. Der zur Aufnahme der Maschine bestimmte grössere Theil ist mit Zink ausgeschlagen. Er ist durch einen mit Zink beschlagenen Deckel, der durch vier Ueberfälle mit Zwingschrauben fest aufgedrückt werden kann, verschliessbar. An der Innenseite dieses Theils des Kastens befinden sich an der Vorder- und Hinterwand, nahe dem oberen Rande, zwei Doppelkniestücke, welche dazu bestimmt sind, die Maschine während des Gebrauchs zu tragen. Beim Nichtgebrauch hängt dieselbe mit der Bodenplatte an einem Bolzen (*a*) in dem einen Doppelkniestück. Zum Gebrauch wird die Bodenplatte am Bremsstau hoch gehoben und in dem anderen Doppelkniestück durch zwei Bolzen (*b*) festgesetzt.

6. Das Zubehör besteht aus einem Blechgefäss für die zunächst zur Verwendung kommenden Lothröhren, einem Messingstab mit Handgriff, dem Taster, zum Fühlen der Grundberührung und einer Leitrolle (*e*) für den Lothdraht, welche erforderlichenfalls gebraucht wird, um den Draht von Hindernissen frei zu leiten.

β. Anweisung für den Gebrauch der Bambergischen Lothmaschine.

§ 154. Als Bedienungsmannschaft ist ein Leiter mit zwei Mann erforderlich.

No. 1. „Der Mann an der Bremse“ steht rechts neben der Maschine.

No. 2. „Der Mann am Loth“ steht links neben der Leitrolle.

1. Klarmachen zum Lothen.

No. 1 lüftet die Maschine am Bremstau hoch und stellt sie durch Vorstecken der Bolzen im Doppelkniestück fest.

No. 2 versieht gleichzeitig das Loth mit Talgfüllung und legt es hinter der Maschine in der Nähe der Leitrolle an Deck. Daneben legt er, je nachdem mit Lothröhre oder Tiefenmesser gelothet wird, die Messinghülse für die Lothröhre bezw. die Metallbüchse für den Tiefenmesser. Die Lothröhre bezw. den Tiefenmesser giebt er dem Leiter. Dann rollt er soviel Draht, als nothwendig ist, um den Ring über die Leitrolle zu bekommen, von der Trommel ab und legt ihn über die Leitrolle, wobei er sorgfältig darauf achtet, dass der Draht stets steif bleibt. Der Leiter prüft die Lothröhre bezw. den Tiefenmesser auf Brauchbarkeit und ordnungsmässigen Zustand.

Von der Lothröhre bricht er das schwarze Ende ab und giebt sie dann an No. 2. Beim Tiefenmesser überzeugt er sich, dass die Glasröhre leer und das Kautschukventil fest verschlossen ist, und giebt ihn dann der No. 2.

No. 2 steckt die Lothröhre in die Messinghülse bezw. den Tiefenmesser in die Büchse und sichert durch den Vorstecker, hierauf steckt er die Messinghülse an der Befestigungsleine des Lothes bezw. die Metallbüchse an dem Ring des Lothdrahtes fest. Das Loth wird an dem Ring des Lothdrahtes bezw. dem unteren Bügel der Metallbüchse befestigt. Nachdem dies geschehen, ruft er „Bremse zu“!

No. 1 stellt durch Niederdrücken des Bremshebels die Trommel fest.

No. 1 und 2 fieren Loth und Tiefenmesser soweit aussenbords, dass der Ring des Lothdrahtes frei von der Leitrolle ist.

No. 2 meldet „Fertig“!

2. Fallenlassen des Lothes.

Der Leiter überzeugt sich, dass Alles klar ist, und übernimmt dann selbst die Bedienung der Bremse und des Tasters. Durch Herunterdrücken der Sperrklinke löst er den Hebel, lüftet diesen etwas an, und das Loth beginnt zu fallen. Er drückt den Taster mit der Hand etwa $\frac{1}{2}$ m von der Trommel leicht auf den Draht und fühlt so dessen Spannung. Das plötzliche Losewerden des Drahtes ist das Zeichen für die Grundberührung. Sobald der Leiter die Grundberührung fühlt, hemmt er die Trommel allmählich durch Schliessen der Bremse.

No. 1 beobachtet während des Fallens des Lothes den Umdrehungszähler und ruft aus, wenn dieser 50, 100, 150 u. s. w. Umdrehungen anzeigt. Es ist nothwendig, dass sich noch eine Anzahl Buchten des Drahtes auf der Trommel befinden, wenn gebremst wird, da der Draht unfehlbar zerreisst, wenn er bis auf den Tamp abläuft. Das Bremsen hat daher so rechtzeitig zu erfolgen, dass die Trommel festgestellt ist, ehe 300 m abgelaufen sind, auch wenn bis dahin keine Grundberührung bemerkt ist.

3. Das Einwinden und Verstauen des Lothes.

No. 1 und 2 setzen die Kurbeln auf die Achse der Trommel und winden ein, wozu No. 1 die Bremse öffnet.

Der Leiter lässt den Lothdraht durch einen mit Vaseline getränkten Segeltuchlappen laufen und fettet ihn ein, indem er ihn zugleich so leitet,

dass er sich gleichmässig auf die Trommel aufrollt. Eine Nachlässigkeit beim Aufrollen des Drahtes kann Veranlassung zum Brechen desselben beim nächsten Lothwurf geben.

Ist das Loth sichtbar, so wird langsam eingewunden, bis sich der Ring an der Leitrolle befindet.

No. 1 schliesst die Bremse.

No. 2 nimmt Loth und Tiefenmesser ein und achtet darauf, dass die Grundprobe unbeschädigt bleibt, sowie, dass Lothröhre bezw. Tiefenmesser stets mit dem unteren Ende senkrecht nach unten zeigen, da anderenfalls Fehler in den Tiefenangaben entstehen können.

Nachdem das Loth eingenommen ist, nimmt der Leiter die Lothröhre bezw. den Tiefenmesser aus der Schutzhülse, liest die Tiefe mit Hilfe des Maassstabes bezw. an der Skala ab, schneidet die Grundprobe aus und legt sie auf das dazu bestimmte Brett. Hierauf öffnet er das Kautschukventil des Tiefenmessers, lässt das Wasser aus der Glasröhre auslaufen und schliesst das Ventil.

No. 1 und 2 stecken, wenn nicht weiter gelothet werden soll, inzwischen das Loth und die Hülse für die Lothröhre bezw. den Tiefenmesser ab, rollen den Draht auf die Trommel auf und befestigen ihn auf derselben. Dann nehmen sie die Kurbeln ab und verstauen sie.

Hierauf wird die Maschine durch No. 1 in den Kasten hinabgelassen und der Deckel aufgesetzt.

Der Leiter steckt den Tiefenmesser in die Metallbüchse und verstaut denselben.

Die Bambergsche Lothmaschine kann bei Fahrtgeschwindigkeiten bis zu 16 Sm gebraucht werden.

c. Andere Lothvorrichtungen.

§ 155. Einige andere viel gebrauchte Lothapparate, deren Einrichtung auf demselben Prinzip beruht, seien hier kurz erwähnt.

Sir William Thomsons Lothmaschine unterscheidet sich von der Bambergschen hauptsächlich durch die Bremsvorrichtung und den Tiefenmesser.

Die Bremsung wird hier durch zwei 3 bezw. 50 Pfund schwere Gewichte bewirkt, die am Bremstau angehängt sind. Durch Anheben des hierzu mit einem Stropp versehenen schweren Gewichtes wird die Bewegung der Trommel frei gegeben. Durch Sinkenlassen, bis es wieder im Bremstau hängt, wird die Hemmung bewirkt.

Der Tiefenmesser ist ähnlich dem Bambergschen, hat aber drei Glasröhren, welche mit je einer Messingröhre verbunden sind. Die Messingröhren sind von ungleicher Länge, welche so bemessen ist, dass das Wasser in die erste Röhre tritt, wenn die Luft auf $\frac{1}{3}$ ihres Volums, in die zweite, wenn sie auf $\frac{1}{6}$ und in die dritte, wenn sie auf $\frac{1}{12}$ desselben zusammengepresst ist. Der Wasserstand in der ersten Glasröhre giebt Tiefen von 11 bis 28, derjenige in der zweiten von 28 bis 62, und derjenige in der dritten von 62 bis 126 Faden an einer Skala an. Die Glasröhren werden durch ein Kautschukventil vor dem Lothen verschlossen.

Basnetts Tiefenmesser wirkt ebenso wie der Bambergsche. Er hat nur eine Glasröhre, welche oben geschlossen ist und in deren Innerem sich eine unten aus ihr hervorragende Messingröhre befindet, welche dem Wasser den Zutritt gestattet. Die in eine die Tiefenskala tragende Messinghülse gefasste Glasröhre wird vor dem Lothen durch einen Gummiring verschlossen, der durch ein unten vor-

... des ...

H. ...

§ 154. ...

Die ...

L. ...

§ 157. ...

Die ...

...

geschraubtes messingenes Verschlussstück gegen den unteren Rand der Glasröhre gepresst wird. An Stelle des Lothdrahtes wird Lothleine verwendet, wodurch eine besondere Lothmaschine überflüssig und der Preis des Tiefenmessers sehr ermässigt wird.

D. Lothe für grosse Wassertiefen.

§ 156. Lothungen auf grossen Tiefen dienen vorwiegend wissenschaftlichen Zwecken und finden zur Ortsbestimmung auf See keine Verwendung. Die dabei benutzten Vorrichtungen sollen deshalb hier nur kurz besprochen werden.

Die Unmöglichkeit, für Tiefseelothungen eine Leine herzustellen, welche genügende Tragfähigkeit besitzt, um das nothwendigerweise sehr schwere Loth aus den grössten Tiefen wieder heraufzuholen, führte zu der Anwendung eines zur Aufnahme der Grundprobe bestimmten so mit Gewichten beschwerten hohlen Eisencylinders, dass diese sich bei der Grundberührung mittelst einer Schlippvorrichtung lösen, und der Eisencylinder mit der Grundprobe allein heraufgeholt wird. Da eine nur in Talg eingedrückte Grundprobe infolge der starken Reibung beim Einholen des Cylinders abgewaschen wird, ist derselbe an seinem Fuss mit einem Ventil versehen, das während des Sinkens des Lothes durch den Wasserdruck geöffnet wird, die Grundprobe eindringen lässt und beim Aufholen sich schliesst. Die ausgelaufene Lothleine dient als Maass der Wassertiefe. Auf dieser Grundlage beruht die Einrichtung der Tiefseeloth von Brook, Belknap-Sigsbee und Bailie.

Um eine möglichst grosse Fallgeschwindigkeit zu erzielen, wird an Stelle der Lothleine Draht verwendet. Das Einwinden des Drahtes geschieht wegen des grossen damit verbundenen Kraftaufwandes durch eine mit Dampf getriebene Maschine.

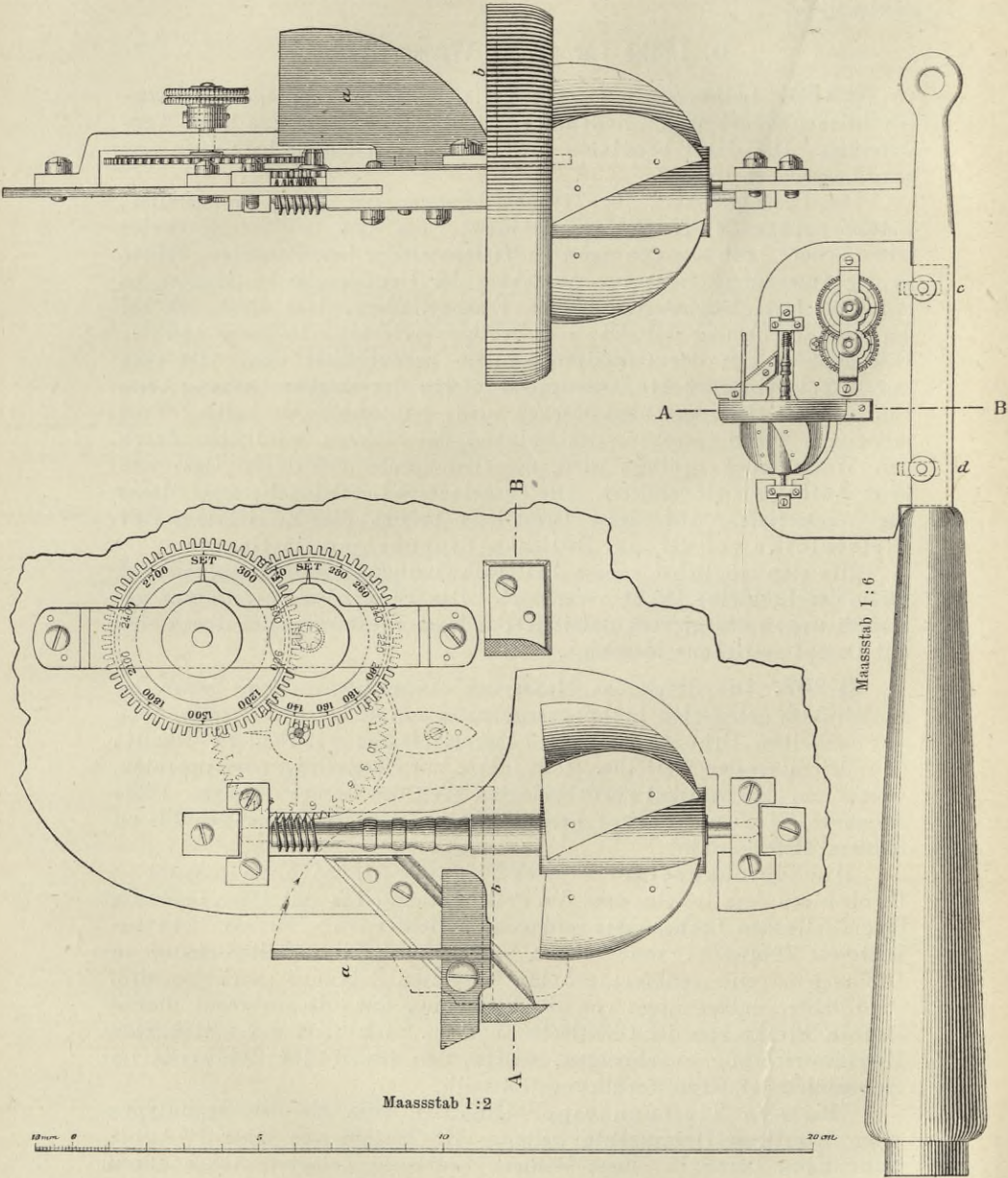
§ 157. Die durch das Maass der ausgelaufenen Leine bzw. des Lothdrahtes gelieferten Lothungsergebnisse waren bei den Tiefseelothten aus denselben Gründen in noch höherem Maasse mit Fehlern behaftet wie diejenigen der Tiefloth. Dies führte zur Herstellung von Apparaten, welche nur den vertikal zurückgelegten Weg des Lothes angaben. Diese Apparate, Tiefenanzeiger genannt, haben sich bei Lothungen bis zu 3000 m Tiefe bewährt.

Die Tiefenanzeiger — auch Tiefenregistratoren genannt — beruhen auf dem Gesetz, dass die Fallrichtung eines mit loser Leine im Strom fallenden Lothes stets senkrecht gerichtet ist. Ein am Loth befestigtes Zählwerk, welches von einer durch die Fallbewegung in Drehung um eine senkrechte Achse versetzten Schraube getrieben wird, wird daher, unbeeinflusst von der Strömung, nur die senkrecht durchlaufene Strecke von der Oberfläche angeben, und es ist nur nöthig, eine Hemmvorrichtung anzubringen, welche den Stand des Zählwerks im Augenblick der Grundberührung feststellt.

Masseys Tiefenanzeiger (Fig. 78) kann als der Grundtypus aller derartigen Instrumente gelten. Er besteht aus einer Flügelschraube, deren in einem Rahmen senkrecht gelagerte Achse durch Schneckenübertragung mit einem Zählwerk in Verbindung steht. Die

Fig. 78.

Massey's Tiefenanzeiger



Hemmvorrichtung besteht aus einem um einen Bolzen drehbaren Hemmzahn mit breiter horizontal liegender Platte (*a*). Beim Sinken des Lothes wird durch den Gegendruck des Wassers der Hemmzahn hochgehoben und die Flügelschraube gedreht. Bei der Grundberührung hört der Wasserdruck auf, der Hemmzahn fällt herunter, stellt die Schraube fest und wird beim Aufholen durch den Druck des Wassers auf die nun in Stellung *b* befindliche Platte von oben niedergedrückt, so dass die Schraube sich nicht drehen kann. Ungenauigkeiten in den Angaben dieses Apparates muss man durch Lothen auf genau bekannten Tiefen ermitteln und bei späteren Lothungen berücksichtigen.

E. Der Tiefenmelder.

α. Anordnung.

§ 158. Derselbe dient weniger zur Bestimmung der Wassertiefe, als dazu, dem in Fahrt befindlichen Schiffe das Passiren einer bestimmten Wassertiefe selbstthätig anzuzeigen und vor flachem Wasser zu warnen. Eine solche Warnung ist besonders werthvoll bei Annäherung an eine Küste bei Nebel oder unsichtigem Wetter.

Die Warnung erfolgt in der Weise, dass ein nach Art eines Luftdrachens an einer Schleppleine befestigtes Lothscheit in mit dem vorderen Ende nach unten geneigter Lage vom Schiff nachgeschleppt wird, unterschneidet und sich in einer durch die Länge der Schleppleine bestimmten Wassertiefe einstellt. Bei der Grundberührung verliert das Scheit seine geneigte Lage und kommt an die Wasseroberfläche. Die hierdurch bewirkte Verminderung des Zuges auf die Schleppleine setzt an Bord eine Signalglocke in Thätigkeit.

β. Beschreibung.

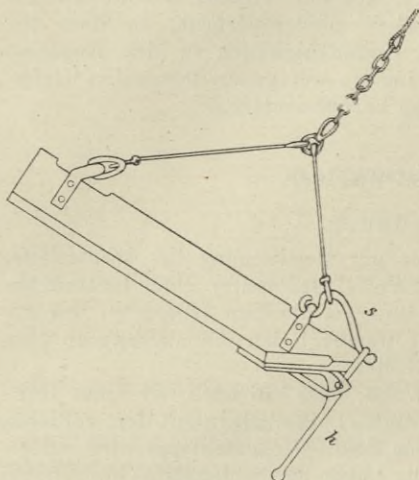
Der Tiefenmelder besteht aus:

1. dem Lothscheit mit Ausrückhebel, Hahnepot und Schlipphaken;
2. dem Schleppdraht;
3. der Trommel mit Bremse, Theiltrommel und Signalglocke.

1. Das Lothscheit (Fig. 79), 0,9 m lang, 7,3 kg schwer, besteht aus zwei dachförmig zusammengesetzten Brettern, welche mit zwei Beschlägen zum Befestigen einer Hahnepot versehen sind. Am vorderen Ende des Scheites befindet sich der doppelarmige Ausrückhebel (*h*), dessen unterer längerer Arm das Scheit nach unten überragt. Derselbe soll in der eingestellten Wassertiefe auf den Meeresgrund aufstossen und ist zur Aufnahme einer Grundprobe an seinem unteren Ende ausgehöhlt. Der obere kürzere Arm ist mit einer Durchbohrung versehen, in welche ein federner stählerner Schlipphaken (*s*) mit einer gespaltenen knopfartigen Verdickung eingreift, und wird so nach hinten festgehalten. Die Hahnepot aus Draht hat zwei ungleich lange Schenkel, von denen der hintere längere unmittelbar am Scheit befestigt, der vordere kürzere dagegen

mit einer Kausch über den Schlipphaken gestreift ist, worauf letzterer in Eingriff mit dem Ausrückhebel gebracht wird. Durch die Grundberührung des Ausrückhebels wird der obere Hebelarm aus dem Schlipphaken ausgerückt. Der vordere Arm der Hahnepot schlippt vom Schlipphaken ab, so dass das Scheit nur noch an dem hinteren Arm nachgeschleift wird, an die Wasseroberfläche emporsteigt und dem Wasser beträchtlich geringeren Widerstand bietet.

Fig. 79.



Jedem Tiefenmelder werden zwei Lothscheite, ein schwarzes und ein rothes, mitgegeben, welche sich durch die verschiedene Schenkellänge der Hahnepot und die Auseinanderstellung der Beschläge unterscheiden. Infolge dieses Unterschiedes schneiden die Lothscheite verschieden unter und werden deshalb auf verschiedenen Tiefen gebraucht und zwar das schwarze auf Tiefen bis 55 m, das rothe bis 82 m.

2. Der Schleppdraht ist ein 2 mm starker galvanisirter Eisen draht, dessen Zugfestigkeit einer Belastung von 734 kg entspricht. Das untere Ende ist auf die Länge von ungefähr 1 m durch einen gleich dicken Draht verstärkt und mit einer Kausch, einem Wirbelschäkel und einer kurzen Gliederkette versehen und mit dieser an der Hahnepot befestigt.

Der Draht fährt über einen Leitblock am Heck innenbords (Fig. 80), darauf unter einer Leitrolle nach der Trommel, auf welcher er aufgewickelt ist.

3. Die Trommel läuft in einer auf Deck befestigten Winde, an der, in seitlicher Richtung beweglich, die vorerwähnte Leitrolle angebracht ist. Das Einwinden geschieht durch zwei auf die Achse der Trommel aufgesetzte Kurbeln, welche zur Erleichterung der Arbeit auch auf die Welle eines in einen um die Trommel laufenden Zahnkranz eingreifenden Uebertragungsrades gesetzt werden können.

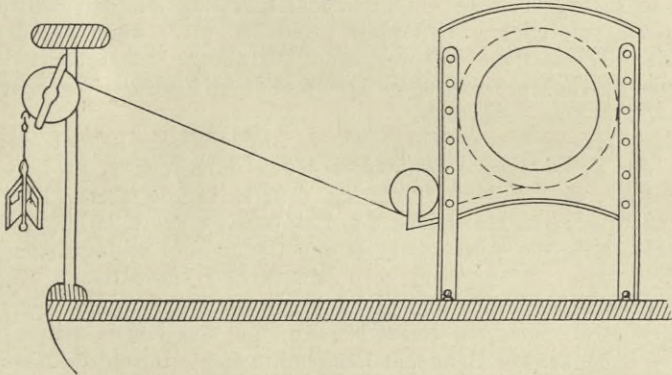
Die Bremse dient zur Regelung des Auslaufens und zum Abstoppen des Schleppdrahtes. Sie besteht aus einem um die rechte Seite der Trommel ausserhalb des Zahnkranzes gelegten Bremsband mit Hebel. Wenn die der anzulothenden Wassertiefe entsprechende Drahtlänge abgelaufen ist, wird die Trommel durch einen in den Zahnkranz eingreifenden Sperrhebel festgestellt.

Mit der Trommel durch Schneckenrad verbunden, sitzt ausserhalb der Winde die kleinere Theiltrommel, welche ausser einer Meter-eintheilung zur Einstellung des Scheites für die bestimmte Tiefe noch

eine Eintheilung zur Angabe der wirklich ausgelaufenen Länge des Drahtes in Metern enthält. Die so gebildete Theilung besteht aus drei nebeneinander stehenden Zahlenreihen, von denen die beiden ersten zur Einstellung des schwarzen oder rothen Scheites eine Eintheilung von Meter zu Meter bis 60 m bzw. 82 m haben, während die dritte Reihe die Länge des ausgelaufenen Drahtes angiebt.

Die Signalglocke befindet sich an dem Gestell der Trommel. Ihr Schlagwerk wird durch den infolge des Wasserwiderstandes gegen das Lothscheit straff gespannten Lothdraht festgehalten und schlägt beim

Fig. 80.



Nachlassen der Spannung gegen die Glocke. Zu dem Zweck sind unterhalb der Trommel zwei durch Querstege miteinander verbundene doppelarmige Hebel angebracht. Durch den vom Lothscheit auf den Draht ausgeübten Zug wird die auf dem hinteren Quersteg sitzende vorerwähnte Leitrolle und mit ihr das hintere Paar Hebelarme hochgehoben, während zwei an den vorderen Hebelarmen sitzende Spannschrauben einen Gegen- druck ausüben. Hat die Spannung des Drahtes infolge Ausrückens des Scheites nachgelassen, so bewegt der Zug der Spannschrauben die vorderen Hebelarme nach oben, wodurch ein kleiner Hebel in Bewegung gesetzt wird, der das Schlagwerk der Glocke in Thätigkeit bringt. Mit dieser Vorrichtung steht ein elektrisches Lätewerk in der Nähe der Kommandostelle in Verbindung.

γ. Aufstellung und Gebrauch des Tiefenmelders.

§ 159. Der Tiefenmelder ist den örtlichen Verhältnissen entsprechend etwa 2 m vom Heck aufzustellen und dort festzuschrauben. Bei der Aufstellung ist zu beachten, dass der Winkel, den die durch den Leitblock am Heck geführte Drahtleine mit der Horizontalen bildet, ungefähr 2 Strich betragen muss. Ist der Winkel kleiner, so wird das das Lätewerk in Bewegung setzende Hebelwerk nicht genügend angespannt, ist er grösser, so wächst die Beanspruchung des Drahtes. Aus letzterem Grund darf auch als Leitblock am Heck kein anderer benutzt werden, als der mitgegebene von 20 cm Durchmesser.

Vor dem Gebrauch des Tiefenmelders wird das Scheit, nachdem der kürzere Schenkel der Hahnepot auf den Schlipphaken gestreift und dieser in die Durchbohrung des Ausrückhebels gesteckt ist, ganz vorgewunden, wie Fig. 80 zeigt. Gleichzeitig wird die Theiltrommel auf den durch einen horizontalen Strich mit der Benennung „Zero“ bezeichneten Nullpunkt gestellt.

Das Scheit wird langsam ins Wasser gefiert, wobei der Schleppdraht zu überholen ist. Hat das Scheit die Wasseroberfläche erreicht, so wird der Draht mit der Trommel abgefiert, bis die der verlangten Tiefe entsprechende Drahtlänge abgewickelt ist. Durch die Bremse ist das Ablaufen so zu regeln, dass ein gleichmässiger Zug auf den Schleppdraht kommt und plötzliches Abstoppen vermieden wird, wenn die der anzulothenden Wassertiefe entsprechende Drahtlänge ausgesteckt ist. Ist Letzteres geschehen, so wird die Trommel durch Einlegen des Sperrhebels in den Zahnkranz festgesetzt.

Das Lothscheit schneidet, sowie es in das Wasser kommt, durch den infolge der Fahrt ausgeübten Wasserdruck unter und sinkt in schräger Stellung mit dem vorderen Ende zu unterst in die Tiefe. Kommt das Schiff auf die Tiefe, für welche das Lothscheit eingestellt ist, so berührt der untere Arm des Ausrückhebels den Grund und schlägt nach hinten. Der obere Arm schlägt nach vorn, drückt den gespaltenen Knopf des Schlipphakens zusammen und giebt ihn frei. Der vordere Schenkel der Hahnepot streift sich von demselben ab, und das Scheit steigt, nur am hinteren Schenkel der Hahnepot hängend, empor. Durch das Abschlippen des vorderen Schenkels der Hahnepot vermindert sich die Spannung des Lothdrahtes, und das Lätewerk tritt in Thätigkeit.

Das Einwinden erfolgt mit leichter Mühe, überhaupt ist für die Bedienung des ganzen Apparates bei mässiger Geschwindigkeit — 8 Knoten — nur ein Mann erforderlich.

Da der Apparat die senkrechte Wassertiefe bis zum Leitblock am Heck misst, so ist die Entfernung von letzterem bis zur Wasseroberfläche zu berücksichtigen. Soll z. B. die 15 m-Linie angelothet werden, und die Höhe des Leitblocks über Wasser beträgt 9 m, so muss soviel Leine ausgesteckt werden, als auf der Theilung für 24 m angegeben ist. Umgekehrt ist die erwähnte Entfernung zwischen Leitblock und Wasseroberfläche von dem erhaltenen Ergebniss abzuziehen, wenn die vorhandene Wassertiefe erlothet werden soll.

Wie erwähnt, sind zwei Scheite vorhanden, von denen das schwarze, welches unter kleinerem Winkel zur Horizontalen schwimmt, der geringeren Beanspruchung des Drahtes wegen für gewöhnlich und bis zu Tiefen von 55 m zu benutzen ist. Beim Aussetzen des Scheits ist die Geschwindigkeit auf 9 bis 10 Knoten zu ermässigen, sobald dasselbe aber begonnen hat unterzuschneiden, kann eine Fahrt bis zu 13 Knoten aufgenommen werden. Das rothe Scheit ist wegen der stärkeren Beanspruchung des Drahtes nur bei 7 bis 8 Knoten Geschwindigkeit zu verwenden.

Auf Korallen und felsigem Grund darf der Apparat nicht gebraucht werden, da hier leicht das Scheit verloren geht.

Alle Theile des Tiefenmelders, besonders der Draht, sind durch Ein fetten mit Vaseline bezw. säurefreiem Oel in Stand zu halten.

Die Einstellung des Apparates auf eine bestimmte Wassertiefe, welche abhängig ist von der Dicke des Drahtes, den Abmessungen des Lothscheites und der Befestigung und Schenkellänge der Hahnepot, ist empirisch ermittelt. Die Richtigkeit der Angaben des Tiefenmelders ist durch zahlreiche Vergleiche mit den in den Karten angegebenen Wassertiefen bei der grössten Verschiedenheit des Wetters und der Fahrt festgestellt.

Da die Kurve, welche der Schleppdraht bildet, bei wachsender Geschwindigkeit nicht flacher wird, vielmehr bei Geschwindigkeiten von 5 bis 13 Knoten praktisch unverändert bleibt, wenn eine bestimmte Drahtlänge aus ist, bewirken Aenderungen der Schiffsgeschwindigkeit innerhalb dieser Grenzen keine Aenderung an dem Tiefenstand des Lothscheits. Die Gründe hierfür sind nach Professor Lambert folgende:

Das Gewicht des Scheites ist gleich dem Auftrieb und kommt daher nicht in Betracht. Das Gewicht des Drahtes kann im Vergleich zu den bei der Bewegung durch das Wasser auf ihn wirkenden Kräften vernachlässigt werden. Diese Kräfte sind:

- a) der Wasserdruck auf das Scheit;
- b) der Wasserdruck auf die Unterseite des Drahtes;
- c) die aus a und b sich ergebende Spannung des Drahtes.

Da sich der vom Wasser ausgeübte Druck nahezu im Quadrat der Geschwindigkeit verändert, so bleibt das Verhältniss der drei Kräfte zu einander immer proportional. Durch Versuche hat sich ergeben, dass ein Wechsel in der Geschwindigkeit des Schiffes von 5 zu 13 Knoten den Tiefenstand des Scheites bei 55 m Tiefe um nicht mehr als 0,9 m änderte.

Theil V.

Bestimmung der Fahrt des Schiffes.

Das Loggen.

§ 160. Der Schiffsweg wird nach Richtung und Strecke bestimmt. Während die Richtung durch den Kompass angezeigt wird, wird die Strecke durch das Log gemessen. Die Maasseinheit hierfür bildet die Seemeile; die in einer Stunde zurückgelegte Wegstrecke, ausgedrückt in Seemeilen, wird als Fahrt des Schiffes bezeichnet.

Man unterscheidet „Fahrt durch das Wasser“ und „Fahrt über den Grund“.

Zur Fahrtbestimmung durch das Wasser sind verschiedene Arten von Logs in Gebrauch und zwar:

1. das gewöhnliche Log,
2. das Reelingslog,
3. Patentlogs und Fahrtmesser.

Zur Bestimmung der Fahrt über den Grund dient das Grundlog.

A. Das gewöhnliche Log.

a. Theorie.

§ 161. Legt ein Schiff in einer Stunde eine Seemeile zurück, so legt es in einer Sekunde den 3600^{sten} (60×60) Theil einer Seemeile oder $\frac{1852}{3600} = 0,514$ m — eine Meridiantertie — zurück; macht es in einer Sekunde m Meridiantertien, so macht es unter der Voraussetzung gleich bleibender Geschwindigkeit wie zur Zeit der Messung, in der Stunde m Seemeilen; gebraucht es zum Zurücklegen von m Meridiantertien n Sekunden, so ist die Fahrt $\frac{m}{n}$ Seemeilen; läuft das Schiff endlich in n Sekunden x Meridiantertien, so durchläuft es in der Stunde $\frac{x}{n}$ Seemeilen.

Aus den angeführten Beziehungen folgt: Die Fahrt des Schiffes, ausgedrückt in Seemeilen per Stunde, ist angenähert gleich der Anzahl halbe Meter, welche das Schiff in der Sekunde zurücklegt.

Dementsprechend erfolgt die Bestimmung der Fahrt des Schiffes durch Ermittlung der in einem kurzen Zeitraum zurückgelegten Anzahl Meridian-

tertien, und zwar dadurch, dass man mit Hülfe einer dünnen Leine die Wegstrecke misst, um welche das Schiff in dieser Zeit sich von einem an der Leine befestigten, im Wasser als feststehend angenommenen schwimmenden Körper entfernt hat.

Die Eintheilung der Leine ist so gewählt, dass die Anzahl der während der Messzeit ausgelaufenen Theile derselben gleich der Fahrt des Schiffes ist. Dem Obigen entsprechend muss daher jeder Theil der Leine — Knotenlänge genannt — zu der zum Messen gebrauchten Zeit in demselben Verhältniss stehen wie die Länge einer Seemeile zu einer Stunde. Für die in der Kaiserlichen Marine gebräuchliche Messzeit von 14 Sekunden ergibt sich hiernach die Knotenlänge x in Metern aus der Gleichung:

$$\frac{x}{14} = \frac{1852}{60 \cdot 60} \text{ m}$$

$$x = \frac{1852 \cdot 14}{3600} = 7,202 \text{ m.}$$

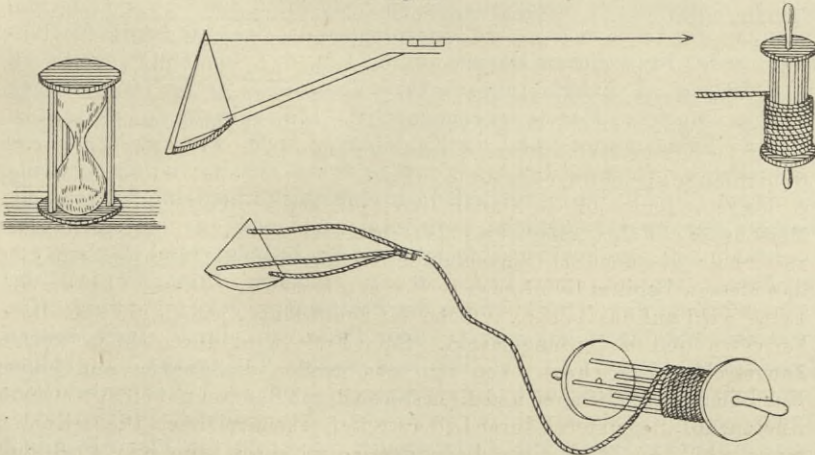
b. Beschreibung des gewöhnlichen Loggs.

§ 162. Dasselbe besteht aus:

der Logrolle,
dem Logscheit,
dem Logglas,
der Logleine.

1. Die Logrolle (Fig. 81), ein hölzerner, sich um eine ebensolche Achse leicht drehender Hohlcyliner, dient zum Auf- und Abrollen der Logleine. Die nach beiden Seiten verlängerte Achse endigt in zwei Handgriffe, mit welchen sie, wenn ausser Gebrauch, in einer Logbalge ruht.

Fig. 81.



2. Das Logscheit, eine aus Eschen- oder Eichenholz angefertigte, etwa 15 mm starke Viertelkreisscheibe von 20 cm Halbmesser, bildet den festliegenden Punkt im Wasser.

Damit dieselbe während des Loggens sich im Wasser auf- und niederstellt und so dem Zuge der Logleine möglichst grossen Widerstand entgegengesetzt, ist sie am Umfang durch Kupfer- oder Bleistreifen derartig beschwert, dass sie beim Gebrauch bis zur oberen Spitze untertaucht.

An dieser Spitze ist eine Leine mit angenähter hölzerner Hülse befestigt, während eine von den beiden anderen Ecken ausgehende Hahnepot einen dazu passenden Stöpsel trägt.

Vor dem Ueberbordwerfen des Scheits wird der Stöpsel in die Hülse gesteckt, so dass das Scheit während des Auslaufens der Logleine senkrecht im Wasser schwimmt.

Bei dem Festhalten der Leine wird infolge des auf das Scheit ausgeübten Wasserdrucks der Stöpsel aus der Hülse gerissen, das Logscheit legt sich horizontal und bietet beim Einholen der Leine nur geringen Widerstand.

3. Das Logglas, zum Messen der Zeit bestimmt, ist eine gewöhnliche, durch eine Messinghülse geschützte Sanduhr.

In der Kaiserlichen Marine sind 14 Sekundengläser in Gebrauch.

Durch Feuchtigkeit und durch das gegenseitige Abschleifen der Sandkörner wird die Ablaufzeit der Sanduhr verändert. Es ist deshalb nöthig, die Ablaufzeit häufig — in See in der Regel auf jeder Morgenwache — durch Vergleich mit einer Sekundenuhr zu prüfen und die Loggläser trocken aufzubewahren.

4. Die Logleine, eine ungetheerte, 225 m lange, 2 cm starke 9 Garnleine, ist mit einem Ende an der Logrolle festgesteckt, mit dem anderen an der Leine des Logscheits befestigt.

Die Knotenlänge der eingetheilten Leine müsste, entsprechend dem 14 Sekundengläse, 7,2 m betragen. Mit Rücksicht auf die bei der Bedienung eintretenden Verzögerungen und das durch das Gewicht und die Spannung der Leine verursachte Mitschleppen des Scheites ist die Knotenlänge in der Kaiserlichen Marine auf 6,84 m, d. i. um 5 pCt., verkürzt. Dieser Betrag ist ein Erfahrungswerth, welcher auch in der französischen und amerikanischen Marine angenommen ist. Die englische und die niederländische Kriegsmarine kürzt die Knotenlänge nicht. Für das Kürzen der Knotenlänge spricht der Umstand, dass es sicherer ist, zu viel als zu wenig zu loggen. Damit die in Knotenlängen eingetheilte Logleine während des Messens der Fahrt möglichst horizontal zeigt und das Logscheit sich ausserhalb des dem Schiff nachfolgenden Sogs befindet, lässt man sie, ehe das Messen beginnt, eine gewisse Strecke auslaufen. Dieser Vorlauf der Leine wird auf das 1- bis $1\frac{1}{2}$ fache der Schiffslänge, jedoch nie über 60 m, bemessen und bleibt ungemerkt. Sein Ende wird durch einen weissen Zeugstreifen bezeichnet. Von ihm aus werden die ganzen und halben Knotenlängen abgetragen und die ersteren durch Bündel mit entsprechender Knotenzahl, die letzteren durch Lederstreifen gekennzeichnet. Die 10 Knotenlänge erhält als Mark einen Lederstreifen mit Loch, von hier wiederholt sich die Bezeichnung.

Die Anzahl der abzutragenden Knotenlängen richtet sich nach der zu messenden grössten Fahrt des Schiffes.

Logleinen recken sich durch den Gebrauch und schrumpfen durch Feuchtigkeit ein; die Knotenlängen müssen daher öfters, auf See möglichst auf jeder Morgenwache, in durchnässtem Zustande, am besten nach auf dem Deck angebrachten Marken, nachgemessen und, wenn nöthig, neu gemarkt werden.

Neue Leinen sind, bevor sie markirt werden, gut zu recken.

§ 163. c. Der Gebrauch des Logs

heisst das Loggen und geschieht in der Regel von der Luvseite des Achterdecks aus.

Zwei Mann halten die Logrolle mit beiden Händen in die Höhe, die Längsachse horizontal und querschiffs, ein dritter das Logglas vertikal, so dass sich aller Sand unten im Glase befindet, ein vierter — der Aufsichtführende — steckt den Stöpsel am Logscheit ein, nimmt ein Paar Buchten der Leine in die Hand und wirft diese mit dem Logscheit über Bord. Er lässt die Leine durch die Hand laufen und sorgt für klares Abwickeln derselben, unterstützt das freie Auslaufen und verhindert ein Mitschleppen der Leine durch das Schiff nach Möglichkeit, indem er sie gleichmässig von der Rolle abholt, so dass sie nicht straff wird. Ist das Logscheit ausser Bereich des Sogs, so wird es unbeweglich im Wasser stehen und die Leine sich gleichmässig abrollen.

Wenn die Vorlaufmarke die Hand des Aufsichtführenden passirt, ruft er „Törn“, nachdem er vorher das Zeichen „Achtung“ gegeben. Der zweite Mann wiederholt „Törn“, dreht das Logglas um und sorgt durch leises Schütteln des Glases dafür, dass die Oberfläche des Sandes möglichst eben bleibt.

Kurz bevor der Inhalt der oberen Glashälfte sich entleert hat, ruft derselbe Mann „Achtung“, dann „Stopp“ in dem Augenblick, wo der Sand ganz ausgelaufen ist. Auf letzteren Ruf hält der Aufsichtführende die Logleine mit beiden Händen fest.

Hierdurch wird der Stöpsel des Logscheits aus der Hülse gerissen, das Logscheit nimmt eine horizontale Lage ein, die Leine kann eingeholt werden.

Nachdem der Aufsichtführende die ausgelaufene Knotenzahl schätzungsweise auf Zehntel genau abgelesen hat, wird die Leine eingeholt und gleichmässig aufgerollt.

d. Verbesserung von Fehlern, welche beim Loggen entstehen.

§ 164. Die vorher erwähnten Veränderungen, denen Logleine und Logglas unterworfen sind, werden Veranlassung zu Fehlern.

Ist die Auslaufzeit des Glases zu gross, so loggt man zu viel, ist sie zu klein, so loggt man zu wenig; ist die Knotenlänge zu lang, so loggt man zu wenig, ist sie zu kurz, zu viel.

Die Berechnung der Fehler erfolgt im ersten Falle — für eine falsche Auslaufzeit des Glases — nach einer direkten, im zweiten Falle nach einer umgekehrten Proportion.

Diese Proportionen lauten:

$$1. \quad \frac{\text{Auslaufzeit des Glases}}{14 \text{ Sekunden}} = \frac{\text{gemessene Fahrt}}{\text{richtigen Fahrt } x},$$

$$2. \quad \frac{\text{richtige Knotenlänge}}{\text{benutzten Knotenlänge}} = \frac{\text{gemessene Fahrt}}{\text{richtigen Fahrt } x}.$$

Beispiel 1.

Das Glas läuft 13 Sekunden, es sind 10 Sm Fahrt gemessen. Richtige Fahrt?

$$\frac{13^s}{14^s} = \frac{10 \text{ Sm}}{x \text{ Sm}}$$

$$x = \frac{140}{13} = 10,77 \text{ Sm.}$$

Beispiel 2.

Das Glas läuft 15 Sekunden, es sind 10 Sm Fahrt gemessen. Richtige Fahrt?

$$\frac{15^s}{14^s} = \frac{10 \text{ Sm}}{x \text{ Sm}}$$

$$x = \frac{140}{15} = 9,33 \text{ Sm.}$$

Beispiel 3.

Mit einer Knotenlänge von 6 m misst man eine Fahrt des Schiffes von 10 Sm. Wie ist die richtige Fahrt?

$$\frac{6,84 \text{ m}}{6 \text{ m}} = \frac{10 \text{ Sm}}{x \text{ Sm}}$$

$$x = \frac{60}{6,84} = 8,77 \text{ Sm.}$$

Beispiel 4.

Mit einer Knotenlänge von 7 m misst man eine Fahrt des Schiffes von 10 Sm. Wie ist die richtige Fahrt?

$$\frac{6,84 \text{ m}}{7 \text{ m}} = \frac{10 \text{ Sm}}{x \text{ Sm}}$$

$$x = \frac{70}{6,84} = 10,23 \text{ Sm.}$$

Beispiel 5.

Mit einer Knotenlänge von 6 m und einem Glase, das 16 Sekunden läuft, misst man eine Fahrt des Schiffes von 9 Sm. Wie ist die richtige Fahrt?

$$\frac{6,84 \text{ m}}{6 \text{ m}} = \frac{9 \text{ Sm}}{x \text{ Sm}}$$

$$x = \frac{6 \cdot 9}{6,84} = \frac{54}{6,84} = 7,9 \text{ Sm.}$$

$$\frac{16^s}{14^s} = \frac{7,9 \text{ Sm}}{x \text{ Sm}}$$

$$x = \frac{7,9 \cdot 14}{16} = \frac{110,6}{16} = 6,9 \text{ Sm.}$$

Die zweite Proportion allein genügt für die Berechnung, wenn man für das gebrauchte Logglas die zugehörige richtige Knotenlänge (mit Hülfe des angegebenen Werthes für die Meridiantertie) berechnet, und diese in die Proportion einführt.

Beispiel 6.

Mit einer Knotenlänge von 6 m und einem Glase, das 16 Sekunden läuft, misst man eine Fahrt des Schiffes von 9 Sm. Wie ist die richtige Fahrt?

$$\begin{aligned}
 &\text{Die richtige Knotenlänge für ein 16 Sekundenglas ist} \\
 &= 16 \cdot 0,514 \text{ m} - \frac{1}{20} (16 \cdot 0,514 \text{ m}) \\
 &= 8,224 \text{ m} - 0,422 \text{ m} = 7,80 \text{ m} \\
 &\quad \frac{7,80 \text{ m}}{6 \text{ m}} = x \text{ Sm} \\
 &x = \frac{9 \cdot 6}{7,8} = \frac{54}{7,8} = 6,9 \text{ Sm.}
 \end{aligned}$$

B. Das Reelingslog.

§ 165. Ohne jeden Apparat kann man mit Hilfe einer Sekunden-
uhr die Fahrt dadurch ermitteln, dass das Zeitintervall gemessen wird,
in welchem ein im Wasser ruhender Gegenstand zwei in bekannter Ent-
fernung voneinander auf der Reeling angebrachte Marken passirt.

Zum Loggen wird an den Anfangs- und Endpunkt der von vorn
nach achtern in einer zur Längsschiffsrichtung parallelen Linie abge-
messenen Entfernung je ein Beobachter stationirt, der in dem Augenblick
ein Zeichen giebt, wo ein vor dem Anfangspunkt über Bord geworfener
schwimmender Körper, z. B. ein Holzsech, die Marke passirt. Ein dritter
Beobachter notirt die Zeit des Passirens nach der Uhr.

Dividirt man die abgemessene Entfernung, ausgedrückt in Meridian-
tertien, durch diese Zeit, so erhält man die Fahrt des Schiffes.

$$x = \frac{m}{s},$$

wenn m die Anzahl Meridiantertien, s die Zeitsekunden bedeutet.

Beispiel 1.

Auf der Reeling sind 39 Meridiantertien abgemerkt. Ein über Bord ge-
worfener Gegenstand gebraucht zum Passiren derselben 10 Sekunden. Wie ist die
Fahrt?

$$x = \frac{39}{10} = 3,9 \text{ Sm.}$$

Beispiel 2.

Ein von der Back über Bord geworfenes Stück Holz passirt den Beobachter
am Fockwant um 9^h 10^m 21^s, den am Grosswant um 9^h 10^m 47^s. Die Länge
zwischen beiden Marken ist 40 m. Wie ist die Fahrt?

Die Zwischenzeit ist 26 Sekunden.

$$40^{\text{m}} = \frac{40}{0,514} \text{ Meridiantertien} = 77,8 \text{ Meridiantertien}$$

$$x = \frac{77,8}{26} = 3,0 \text{ Sm.}$$

Für gewöhnlich loggt man an der Luvseite, will man an der Lee-
seite loggen, so muss der Schwimmkörper, um nicht mit dem abtreiben-
den Schiff in Berührung zu kommen, weit ab von letzterem geschleudert
werden.

Mit dieser Methode erzielt man bei kleiner Fahrt (bis 5 Sm) und
bei hoher See bessere Resultate als mit dem gewöhnlichen Logg; bei
grosser Fahrt und bei kleineren Schiffen ist sie nicht anwendbar.

Bei zu Anker liegendem Schiff lässt sich ein Reelingslog auch zu
Strombestimmungen benutzen.

C. Patentlogs und Fahrtmesser.

1. Grundgedanke.

§ 166. Die bisher beschriebenen Logs sind nur bei mässiger Geschwindigkeit zu benutzen, weil das Ergebniss des gewöhnlichen Logs bei einer Fahrt des Schiffes über 12 Sm durch Fehler des Logglases und der Leine sowie den persönlichen Fehler der Bedienungsmannschaften zu sehr beeinflusst wird.

Dies hat zur Anwendung anderer Messverfahren geführt, welche die Schiffsgeschwindigkeit aus der Umdrehungszahl einer nachgeschleppten Schraube oder eines Flügelrades, oder auch aus dem Wasserdruck auf ein nachgeschlepptes Logscheit oder einen am Schiff angebrachten Mechanismus ermitteln. Die hierher gehörigen Vorrichtungen werden meist als Patentlogs bezeichnet. Die Messung der Schiffsgeschwindigkeit durch die Umdrehungen einer nachgeschleppten Schraube hat sich am besten bewährt. Durch Anbringen eines durch die sich drehende Schraube bewegten Zählwerkes entsteht ein selbstregistrierender Fahrtmesser, welcher nicht nur gestattet, die augenblickliche Schiffsgeschwindigkeit zu messen, sondern auch die in beliebigen Zeiträumen zurückgelegte Strecke abzulesen. Dies ist ein wesentlicher Vorzug, da der Schluss aus der jeweiligen Schiffsgeschwindigkeit auf die Durchschnittsfahrt während einer Stunde bei wechselnden Wetterverhältnissen oft unrichtig sein wird.

§ 167. Der in der Kaiserlichen Marine eingeführte selbstregistrierende Fahrtmesser ist Haeckes Decklog.

2. Das Decklog von Haecke.

a. Beschreibung.

Dieses Decklog besteht aus dem Gehäuse, dem Träger, dem Zählwerk, dem Schaft, der Schraube und der Leine.

1. Das Gehäuse (*a*) (Fig. 82 A, B und C), aus Rothguss, von achteckiger Form, ist innen zur Aufnahme des Zählwerkes ausgedreht. Die eine der Seiten tritt gegen die andere hervor und bildet so einen Ansatz (*b*). Dieser ist zur Lagerung des stählernen Schaftes (*c*) durchbohrt und zur Aufnahme der ebenfalls stählernen Kuppelung (*d*) sowie der Friktionskugeln (*e*) nach innen ausgeschnitten. Die sechs Friktionskugeln, aus hartem Stahl, bewegen sich freilaufend in ringförmigen Rinnen des Ansatzes und der Kuppelung. Eine als Drucklager an der Innenseite des Ansatzes eingeschobene Stahlplatte ist mit der schon erwähnten, ringförmigen Rinne zur Führung der Friktionskugeln versehen.

Der Ausschnitt des Gehäuses wird nach dem Einsetzen des Schaftes oben und unten durch je eine dünne Messingplatte, das Gehäuse oben durch einen eingeschliffenen Metallring mit Glasscheibe (*g*), unten durch eine einfache, mittelst Kopfschrauben mit der unteren Platte des Zählwerkes verbundenen Messingplatte geschlossen.

2. Der Träger (*k*) (Fig. 82 A und B) ist an den beiden verstärkten, zu der Schaftbohrung rechtwinklig stehenden Seiten derart angeschraubt, dass sich das Gehäuse um seine Horizontalachse leicht bewegen lässt.

Fig. 82 A.

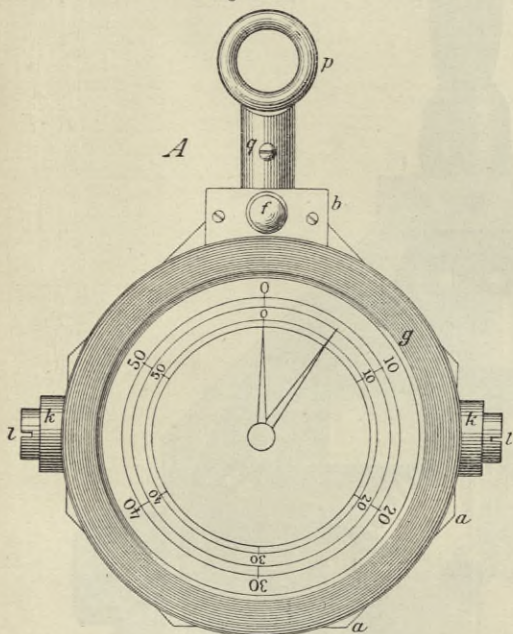
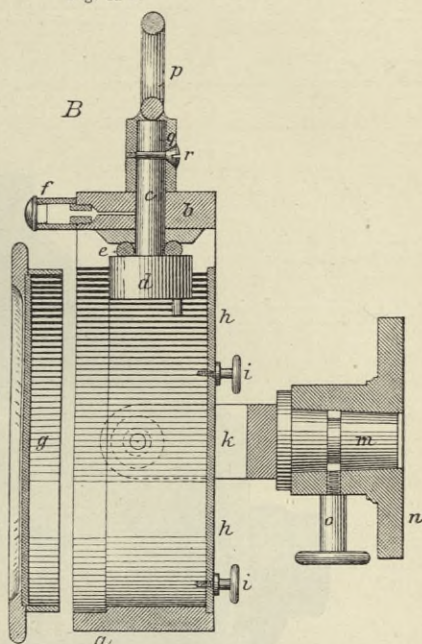


Fig. 82 B.



Er ruht mit einem Zapfen (*m*) (Fig. 82 B) in dem messingenen Fuss (*n*). In diesem wird er durch eine Kopschraube so gehalten, dass ein Herauspringen ausgeschlossen, eine Drehung um die Vertikalachse aber nicht verhindert wird.

3. Das Zählwerk besteht aus fünf Rädern, der Schnecke und dem Mitnehmer, welche zwischen zwei, durch Träger auseinander gehaltenen Scheiben gelagert sind. (Fig. 82 C.)

Die obere Scheibe, mit einer Theilung von 0 bis 60 versehen, trägt das Zifferblatt, auf welchem sich zwei Zeiger zur Angabe des zurückgelegten Weges bewegen. Der grosse Zeiger vollendet einen Umlauf, während der kleine Zeiger um einen Theilstrich vorrückt. Letzterer giebt die durchlaufene Zahl von Seemeilen an, während der grosse Zeiger, da zwischen den Umlaufzeiten beider Zeiger dasselbe Verhältniss wie zwischen der Minute und der Stunde besteht, gestattet, jederzeit die augenblickliche Fahrt des Schiffes zu bestimmen.

Das Schiff läuft in der Stunde ebenso viel Seemeilen wie der grosse Zeiger in der Minute Theilstriche zurücklegt. Das Ergebniss wird genauer, wenn man den grossen Zeiger zwei oder mehr Minuten lang beobachtet

Fig. 82 C.

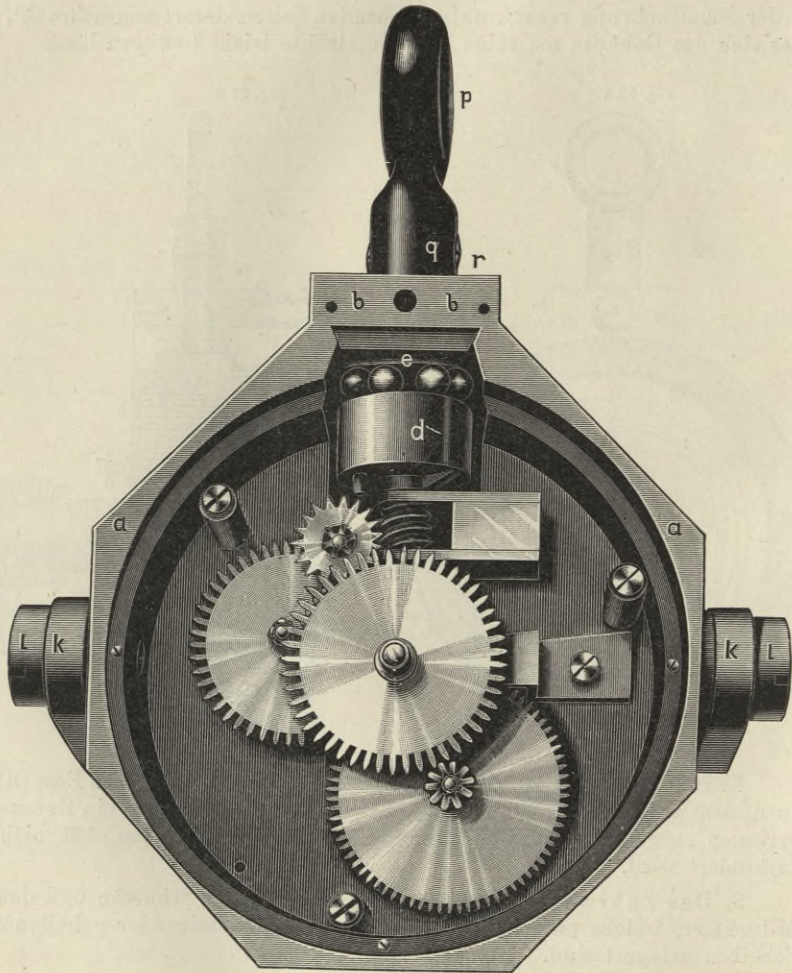
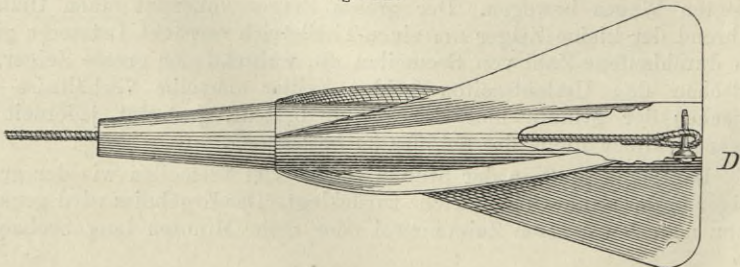


Fig. 82 D.



und die Anzahl der von ihm während dieser Zeit durchlaufenen Theilstriche durch die Anzahl der Minuten dividirt.

4. Der Schaft (*c*) (Fig. 82 B), mit der Kuppelung aus einem Stück, trägt, lose aufgeschoben, die durch die Schraube (*r*) (Fig. 82 B) gehaltene Hülse (*q*), welche in den Ring (*p*) endigt.

5. Die Schraube (Fig. 82 D) ist mit dem Schaft durch eine 60 m lange Leine verbunden.

6. Die Leine, besonders hart geschlagen, wird mit dem einen mit einem Auge versehenen Ende durch den Schraubenschaft geschoren und dort mittelst eines Querbolzens festgehalten, mit dem anderen Ende durch einen Karabinerhaken in den Ring des Schaftes eingehakt.

b. Reinigung und Auseinandernehmen des Apparats.

§ 168. Ist der Apparat in Benutzung, so muss er wöchentlich wenigstens zweimal geölt werden. Nach jedesmaligem Gebrauch ist das Log in frischem Wasser gründlich zu reinigen, gut zu trocknen und dann zu ölen. Hierzu ist ein Auseinandernehmen und Zusammensetzen nothwendig, was in nachstehender Weise zu erfolgen hat.

Nach Aushaken der Leine hebt man den Deckel (*g*) (Fig. 82 B) ab und löst die Kopfschraube (*o*). Der Apparat lässt sich dann aus dem festgeschraubten Fuss herausziehen. Werden darauf die Schrauben (*i*) gelöst, so fällt die Scheibe (*h*) nach unten, das Zählwerk kann nach oben herausgenommen werden, sobald die Kuppelung in der in Fig. 82 D angegebenen Weise steht.

Entfernt man jetzt die Schraube (*r*) und zieht den Ring (*p*) mit der Hülse vom Schaft, so kann dieser nach innen durchgestossen und das Friktionsstück abgestreift werden.

Bei dem Zusammensetzen ist darauf zu achten, dass der kleine Einschnitt in der oberen Platte über einen Schraubenstift greift, welcher diametral zu dem Schaftloch auf dem Absatz angebracht ist und zur Auflage der oberen Platte des Zählwerks dient.

Um ein besseres Eingreifen der Schrauben zu erzielen, ist vor dem Einschrauben der Kopfschrauben (*i*) der Deckel fest aufzusetzen.

Haeckes Patentlog hat vor anderen Logs den Vortheil der einfachen und soliden Konstruktion des ganzen Apparats, welcher Zählwerk sowie den mit Kuppelung und Friktionskugeln versehenen Schaft in einem festen Gehäuse vereinigt.

3. Andere Fahrtmesser.

§ 169. Neben dem Haeckeschen Decklog sind noch die Decklogs von Massey und Walker zu erwähnen.

Masseys Decklog unterscheidet sich von dem vorherbeschriebenen im Wesentlichen nur dadurch, dass sich das Drucklager in einer an das Gehäuse des Zählwerks angesetzten Hülse befindet und die vier Friktionsrollen auf einem von einer Spiralfeder getragenen Teller laufen.

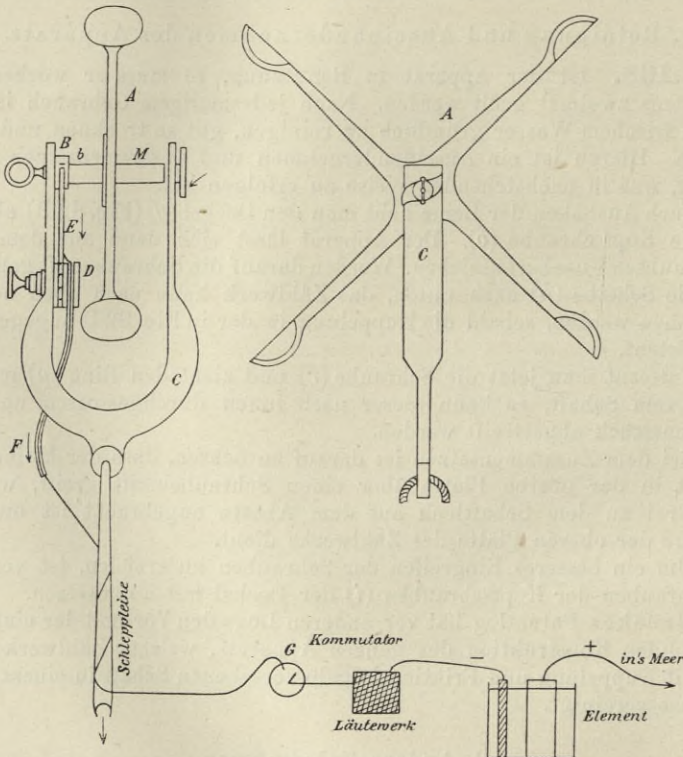
Walkers Decklog giebt mit dem Ablauf jeder Sechstel-Seemeile ein Glockensignal, so dass die Fahrt des Schiffes aus dem Intervall der Glockensignale berechnet werden kann.

Z. B.: Es beträgt das Intervall zwischen zwei Glockensignalen 40 Sekunden, dann ist die Fahrt des Schiffes $= \frac{3600}{40} \cdot \frac{1}{6} \text{ Sm} = 15 \text{ Sm}$.

Ein auf die Schleppleine aufgesetztes Schwungrad soll eine gleichmässige Uebertragung der Schraubenbewegung auf das Zählwerk bewirken.

Bei den älteren ebenfalls von Massey und Walker verfertigten Logs dieser Art befand sich das Zählwerk in einem kurz vor der Schraube schwimmenden Kasten bezw. in der Schraubennabe selbst. Dies brachte den Nachtheil mit sich, das das Log jedesmal zum Ablesen eingeholt werden musste und dass die Bestimmung der jeweiligen Fahrt mit ihm nicht möglich war. Ein Verlust der Schraube durch Hängenbleiben an treibenden Gegenständen und dergl. hatte auch jedesmal den Verlust des kostspieligen Zählwerks zur Folge.

Fig. 83.



Das Log von Fleuriais*) (Fig. 83) misst die Fahrt des Schiffes durch die Umdrehungen eines nachgeschleppten Flügelrades (A), die Zählung der Umdrehungen des letzteren geschieht auf elektrischem Wege und soll ihrer Eigenartigkeit halber beschrieben werden.

Das Rad A sitzt auf einer Welle von isolirendem Hartholz, welche eine metallene Achse M einschliesst. Die Welle trägt bei B eine Scheibe, auf der sich ein kupferner Kontaktstift (b) befindet, welcher mit der metallenen Achse in Ver-

*) Aus Lecoq: „La navigation astronomique et la navigation estimée“. Paris 1897.

bindung steht. Das Flügelrad ist mit seiner Welle in einer bronzenen Gabel (*C*), frei beweglich gelagert. Ein an der Gabel angebrachter Isolator (*D*) trägt eine Feder (*E*), welche auf der Scheibe schleift.

Von der Feder führt ein Kupferdraht über einen Kommutator (*G*) nach einem Läutewerk und von diesem nach dem negativen Pol eines Leclanché-Elementes. Der von dem positiven Pol ausgehende Draht ist ins Meer geleitet.

Der Apparat wirkt in der Weise, dass der von dem Element ausgehende Strom — wie die Pfeile andeuten — durch das Meerwasser nach der metallenen Achse des Rades, von dieser in den Kontaktstift und bei Berührung des Letzteren mit der Feder durch diese in den Leitungsdraht und dann in das Läutewerk tritt, welches nun anschlägt. Da die Berührung des Kontaktstiftes mit der Feder nur einmal bei jeder Umdrehung des Flügelrades eintritt, können die Umdrehungen nach den Glockenschlägen des Läutewerks gezählt werden.

Der Verwendung dieser Apparate an Bord steht ihre grosse Empfindlichkeit im Wege.

Bei Clarkes Fahrtmesser wird der Wasserdruck auf ein nachgeschlepptes Logscheit durch den Zug der Leine auf ein Dynamometer übertragen, dessen Zeiger die Fahrt auf einem Zifferblatt anzeigt.

Die Angaben dieses Fahrtmessers sind nicht immer zuverlässig, da andere Einwirkungen, wie z. B. Ruderlegen oder die Stampfbewegungen des Schiffes, den Ausschlag des Zeigers stark beeinflussen.

Bei dem Strangmeyerschen Fahrtmesser wird der durch die Fahrt erzeugte Druck des Wassers gegen den Schiffskörper auf ein Manometer übertragen, welches ebenfalls durch den Ausschlag eines Zeigers die Fahrt an einem Zifferblatt anzeigt.

Auch dieser Apparat hat sich infolge verschiedener Störungen in der Kaiserlichen Marine nicht als genügend zuverlässig bewährt.

4. Nachtheile und Fehler der Patentlogs und ihre Abstellung.

§ 170. Alle Patentlogs, auch die Decklogs, haben folgende Nachtheile:

1. Treibende Gegenstände können sie theilweise oder ganz unbrauchbar machen.
2. Schnelle Abnutzung bei stetem Gebrauch.
3. Abhängigkeit in ihren Angaben von der Richtung der See und der Länge der Schleppleine.

Jeder selbstregistrirende Fahrtmesser hat einen, nur empirisch bestimmbaren konstanten Fehler.

Zur Bestimmung desselben läuft man mit ausgebrachtem Patentlog in Sicht der Küste eine bekannte Strecke zwischen zwei gut sichtbaren Punkten ab. (Sind Meilenbaken vorhanden, so wählt man diese.)

Aus dem Vergleich der Ablesung am Patentlog mit der wirklich abgelaufenen Meilenzahl erhält man den konstanten Fehler, den „Berichtigungskoeffizienten“, mit dem alle Angaben des Patentlogs multiplicirt werden müssen, um die richtige Meilenzahl zu erhalten.

$$f = \frac{m}{v},$$

wenn *f* den Berichtigungskoeffizienten, *m* die bekannte Meilenzahl, *v* die Angabe des Patentlogs bedeutet.

Ist Strom vorhanden, so läuft man eine längere Strecke einmal mit, einmal gegen den Strom. Das Mittel beider Ablesungen giebt die richtige Entfernung.

Beispiel.

Ein Schiff läuft eine abgesteckte Entfernung von 15 Sm hin und zurück. Die Ablesungen am Patentlog ergeben hin 9,5, zurück 10,5 Sm. Wie ist der Berichtigungs-koeffizient?

$$f = \frac{m}{v} = \frac{15}{\frac{1}{2}(9,5 + 10,5)} = \frac{15}{10} = 1,5.$$

D. Das Grundlog.

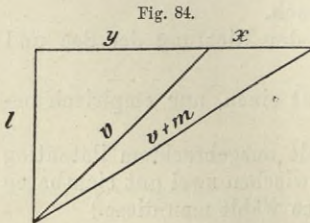
§ 171. Alle bisher beschriebenen Logs geben nur die Fahrt durch das Wasser, für die Navigirung, namentlich in engen Gewässern oder bei starkem Strom, braucht man aber den wirklich über den Grund zurückgelegten Weg. Hierzu dient das Grundlog, ein Log, welches sich allerdings nur auf flachem Wasser anwenden lässt.

Es ist eigentlich kein besonderes Instrument, sondern besteht aus einer gewöhnlichen Tieflothleine mit angestecktem Tiefloth sowie einer Sekundenuhr oder einem Logglase.

Man wirft das Loth mit Leine vom Heck aus über Bord und bestimmt die Wassertiefe nebst der Heckhöhe. Nachdem ein Vorlauf von etwa der dreifachen Wassertiefe ausgelaufen, beobachtet man nach der Uhr die Zeit, in welcher eine bestimmte Länge der Leine ausläuft, oder nach dem Logglase die in dieser Zeit ausgelaufene Leinenlänge.

Aus zwei rechtwinkligen Dreiecken erhält man die vom Schiff während dieser Zeit in horizontaler Richtung zurückgelegte Entfernung, welche in Meridianertien verwandelt und durch die beobachtete Anzahl von Sekunden dividirt wird. Das Ergebniss ist die Fahrt des Schiffes.

Bei Benutzung eines 14 Sekundenglases dreht man das Logglase zweimal um, und dividirt zur Berechnung der Fahrt die in der Zeit von 28 Sekunden ausgelaufene Anzahl Meter der Leine durch die dem Sekundenglase entsprechende Knotenlänge.



In den erwähnten Dreiecken (Fig. 84) ist die bekannte Wassertiefe + Heckhöhe die gemeinsame Kathete (l), der Vorlauf (v) die Hypotenuse des einen, Vorlauf (v) + der während des Loggens ausgelaufenen Länge der Leine (m) die Hypotenuse des anderen Dreiecks.

Die Fahrt über den Grund ergibt sich aus der Differenz der beiden anderen Katheten.

Ist y die dem Vorlauf entsprechende horizontale, $x + y$ die in der ganzen Zeit zurückgelegte, x die während t Sekunden durchlaufene Distanz, dann ist:

$$y = \sqrt{v^2 - l^2}$$

$$x + y = \sqrt{(v + m)^2 - l^2}$$

$$x = \sqrt{(v + m)^2 - l^2} - \sqrt{v^2 - l^2}$$

Ist x in Metern ausgedrückt, so ist die Fahrt über den Grund

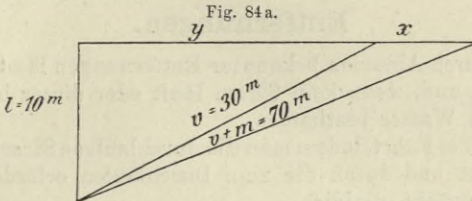
$$= \frac{x}{0,514 \cdot t} \text{ Sm.}$$

Die Endformel heisst dementsprechend

$$\text{Fahrt in Seemeilen} = \frac{\sqrt{(v+m)^2 - l^2} - \sqrt{v^2 - l^2}}{0,514 \cdot t} \text{ Sm.}$$

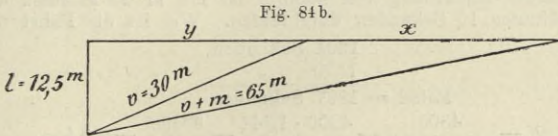
Beispiele:

Bei einer Wassertiefe von 6 m und einer Heckhöhe von 4 m wird ein Tiefloth über Bord geworfen. Nach Auslauf von 30 m Vorlauf laufen in 28 Sekunden noch 40 m Leine aus. Wie ist die Fahrt des Schiffes in Seemeilen? (Fig. 84a)



$$\begin{aligned} \text{Fahrt in Seemeilen} &= \frac{\sqrt{(v+m)^2 - l^2} - \sqrt{v^2 - l^2}}{0,514 \cdot t} \text{ Sm} \\ &= \frac{\sqrt{70^2 - 10^2} - \sqrt{30^2 - 10^2}}{0,514 \cdot 28} \text{ Sm} \\ &= \frac{\sqrt{4800} - \sqrt{800}}{14,392} \text{ Sm} \\ &= \frac{69,3 - 28,3}{14,392} \text{ Sm} = \frac{41}{14,392} = 2,8 \text{ Sm.} \end{aligned}$$

Ein über Bord geworfenes Loth erreicht bei 12,5 m den Grund (bis zum Standpunkt des Beobachters gerechnet). Nachdem 30 m Leine als Vorlauf ausgelaufen sind, laufen innerhalb 14 Sekunden — nach dem Logglase — noch 65 m aus. Fahrt über den Grund? (Fig. 84b)



$$\begin{aligned} y &= \sqrt{v^2 - l^2} = \sqrt{30^2 - 12,5^2} = 27,3 \text{ m} \\ y + x &= \sqrt{(v+m)^2 - l^2} = \sqrt{65^2 - 12,5^2} = 63,8 \text{ m} \\ x &= (y+x) - y = 63,8 \text{ m} - 27,3 \text{ m} = 36,5 \text{ m.} \\ \frac{36,5}{7,2} &= 5,1 \text{ Sm.} \end{aligned}$$

Die Peilung der Lothleine ergibt den Kurs des Schiffes über den Grund, vorausgesetzt, dass das Schiff während des Loggens eine gerade Linie durch das Wasser gelaufen ist.

Durch gleichzeitigen Gebrauch des gewöhnlichen und Grundlogs lässt sich der Strom bestimmen.

Die während derselben Zeit von dem Schiffe zurückgelegten Wege durch das Wasser und über den Grund bilden zwei Seiten eines Dreiecks, in welchem die dritte Seite der Stromversetzung während dieser Zeit entspricht und durch Rechnung oder Konstruktion ermittelt werden kann. Die Berechnung wird trigonometrisch oder mit Hilfe der Koppeltafel ausgeführt. Bei Benutzung der Koppelrechnung dreht man die Peilung des Grundlogs um, da der Strom vom Grundlog nach dem gewöhnlichen Log hinsetzt.

Fahrtbestimmung durch Ablaufen bekannter Entfernungen.

§ 172. Durch Ablaufen bekannter Entfernungen lässt sich die Fahrt über den Grund und, wenn kein Strom läuft oder dieser bekannt ist, die Fahrt durch das Wasser bestimmen.

Man erhält die Fahrt, indem man die durchlaufene Strecke in Meridiantertien ausdrückt und durch die zum Durchlaufen erforderliche Zeit, in Sekunden ausgedrückt, dividirt.

Hat das Schiff x Meter in t Sekunden zurückgelegt, so ist die Fahrt des Schiffes (F):

$$F = \frac{x}{0,514 t} = \frac{x \cdot 1,944}{t}$$

Zur Bestimmung der Fahrt über den Grund läuft man eine genau bestimmte, gerade Strecke ab und notirt beim Beginn und bei Beendigung derselben die Zeit.

Um den Einfluss von Wind und Strom auszugleichen, wird sie hin und zurück gelaufen und mit dem Mittel aus beiden gefundenen Zeiten die Fahrt berechnet.

Beispiel.

Eine bekannte Entfernung von 4300 m ist hin in 20 Minuten 4 Sekunden, zurück in 22 Minuten 10 Sekunden durchlaufen. Wie ist die Fahrt des Schiffes?

$$\begin{array}{r}
 1204 \text{ Sekunden} \\
 1330 \text{ " } \\
 \hline
 \text{Mittel} = 1267 \text{ Sekunden} \\
 4300 \\
 \hline
 F = \frac{4300}{0,514 \cdot 1267} = \frac{4300 \cdot 1,944}{1267} = \frac{8359,2}{1267} = 6,6 \text{ Sm.}
 \end{array}$$

Ist bei grösseren Strecken die Entfernung in Seemeilen ausgedrückt, so erhält man die Fahrt, indem man erstere durch die zum Zurücklegen derselben gebrauchte Zeit, in Stunden (oder Bruchtheilen derselben) ausgedrückt, dividirt.

$F = x \frac{60}{t}$, wenn das Schiff zum Zurücklegen von x Seemeilen t Minuten gebraucht hat.

Beim Ablaufen einer Strecke gleich einer Seemeile ergibt die Division der zum Durchlaufen gebrauchten Anzahl Sekunden in 3600 (eine Seemeile ist gleich 3600 Meridiantertien) die Fahrt.

Hat das Schiff zum Ablaufen einer Seemeile t Sekunden gebraucht, so ist die Fahrt des Schiffes (F)

$$F = \frac{3600}{t}.$$

Beispiel.

Ein Schiff durchläuft eine abgesteckte Seemeile in 5 Minuten 43 Sekunden. Fahrt des Schiffes?

$$F = \frac{3600}{t} = \frac{3600}{343} = 10,5 \text{ Sm.}$$

Diese Methode wird meist zur Bestimmung der Fahrt des Schiffes bei Probefahrten benutzt.

Bei der hierzu dienenden „gemessenen Meile“ wird in der Regel Anfangs- und Endpunkt, oft auch noch die Mitte, durch die Deckpeilungslinie zweier Landobjekte (Thürme, Baken) bestimmt.

Man durchläuft die Meile einmal nach jeder Richtung, notirt den Augenblick des Passirens des Anfangs- und Endpunktes und nimmt für die Berechnung das Mittel der sich für beide Fahrten ergebenden Zeiten.

Theil VI.

Die Bestimmung des Schiffsortes mit Hilfe von Landobjekten.

Allgemeines.

§ 173. Die Bestimmung des Schiffsortes mit Hilfe von Landobjekten ist von besonderer Wichtigkeit in der Küstenschiffahrt, wenn natürliche oder künstliche Landmarken oder Seezeichen in Sicht sind.

Die verschiedenen Methoden der Ortsbestimmung gründen sich auf die Gesetze der ebenen Trigonometrie. Die Aufgaben werden in der Regel durch Zeichnung mit Benutzung der Küstenkarte, ausnahmsweise auch durch Rechnung gelöst.

Für die gewöhnlichen Zwecke der Küstenschiffahrt genügen Log, Loth, Kompass und Peilscheibe; genauere Bestimmungen erfordern die Anwendung von Spiegelinstrumenten und des Doppeltransporteurs.

Jede Peilung eines Landobjekts liefert einen geometrischen Ort, eine Standlinie, für die Festlegung des Schiffsortes. Durch Bestimmung des Abstandes von dem Objekt ist auch der Schiffsort bestimmt. Der Abstand kann auf verschiedene Art ermittelt werden.

Durch Peilung zweier bekannten Landmarken, Kreuzpeilung, erhält man zwei Standlinien, deren Schnittpunkt der Schiffsort ist.

Drei Landmarken machen den Beobachter unabhängig vom Kompass und ermöglichen die Ortsbestimmung allein durch Messen der zwischen den bekannten Objekten liegenden Horizontalwinkel.

Man mache es sich zur Regel, bei der Festlegung des Schiffsortes in der Karte jedesmal die Uhrzeit bei dem betreffenden Punkt anzumerken, da die Eintragung eines Schiffsorts ohne Angabe der Uhrzeit Veranlassung zu verhängnissvollen Irrthümern werden kann.

Im Folgenden sollen die vorwiegend üblichen Arten der Bestimmung des Schiffsortes mit Hilfe von Landobjekten behandelt werden.

A. Ortsbestimmung mit Hilfe eines Objekts.

§ 174. 1. Die einfachste Ortsbestimmung ist die Peilung einer Landmarke mit dem Kompass und Schätzung des Abstandes.

Dieses Verfahren gewährt nur bei geringen Entfernungen und sichtiger Luft genügende Sicherheit.

Bei grösserem Abstand von Land ist es rathsam, statt der Schätzung eine Bestimmung des Abstandes vorzunehmen, wozu je nach Umständen eine der folgenden Methoden dienen kann.

Ist, z. B. bei unsichtigem Wetter, keine genaue Abstandsbestimmung zu erhalten, so giebt, falls die Tiefengrenzen entsprechend der Küste verlaufen, das Loth häufig einen Anhalt für die Entfernung.

2. Bestimmung des Abstands durch zweimalige Peilung des Objekts im Vorübersegeln.

Wenn man ein Objekt peilt, dann eine Distanz sorgfältig abläuft, und wenn die Richtung des Objekts sich um mindestens 25° geändert hat, wieder peilt, so erhält man ein Dreieck, in welchem alle Winkel und eine Seite, die abgelaufene Distanz, bekannt sind. Man kann daher die Entfernung des Objekts für die erste und zweite Peilung nach der Sinusregel finden.

Die Werthe für verschiedene Peilungen können in eine Tabelle gebracht werden und zwar am bequemsten, indem man als Argumente (Fig. 85) $\sphericalangle CAO$ und $\sphericalangle CBO$ nimmt für die Basis $AB = 1$ Sm. Da Winkel $BOA = CBO - CAO$, so ist der Abstand bei der zweiten Peilung:

$$BO = AB \cdot \frac{\sin BAO}{\sin (CBO - CAO)}$$

Die Tabelle VI des Anhangs giebt den Quotienten $\frac{\sin BAO}{\sin (CBO - CAO)}$ von fünf zu fünf Graden.

Der günstigste Fall ist der, wenn das Dreieck gleichseitig ist.

Die bei den Peilungen und der Distanzmessung (welche am besten mit dem Patentlog ausgeführt wird) unterlaufenden Fehler üben beträchtlichen Einfluss auf das Ergebniss. Die Methode gewährt deshalb keine grosse Genauigkeit, welche auch in der Regel nicht gefordert wird.

Beispiel.

Man peilt, den Kanal OzS hinauf steuernd, Start Point in $NNO\frac{1}{4}O$ um 9 Uhr abends. Das Schiff läuft 10 Knoten Fahrt, und der Fluthstrom setzt zwei Knoten in derselben Richtung. Um 9 Uhr 20 Minuten peilt man dasselbe Feuer $N\frac{1}{4}W$. Wie weit ist man zur Zeit der zweiten Peilung entfernt?

Auflösung: Der Winkel zwischen Kurs OzS } $6\frac{3}{4}$ Strich = $75,9^\circ$
 und Peilung $NNO\frac{1}{4}O$ }
 Der Winkel zwischen Kurs OzS } $9\frac{1}{4}$ Strich = $104,1^\circ$
 und Peilung $N\frac{1}{4}W$ }

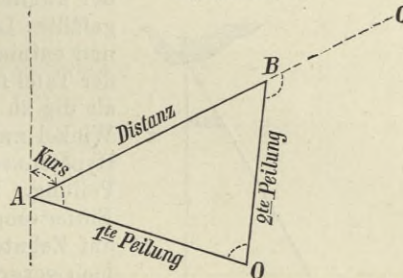
Die gelaufene Distanz = $(10 + 2) \cdot \frac{1}{3} = 4$ Sm.

Für 75° und 104° ergibt sich aus der Tafel 2,08.

Dies mit 4, der gelaufenen Distanz, multiplicirt giebt die gesuchte Entfernung zu 8,3 Sm.

Am einfachsten verfährt man, indem man nicht mit dem Kompass, sondern mit der Peilscheibe peilt. Für die Kompassstriche dient folgende kleine Tafel zur Reduktion auf Grade:

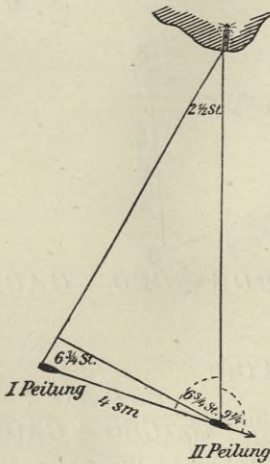
Fig. 85.



$\frac{1}{8}$ Strich = $1^{\circ} 24'$	1 Strich = $11^{\circ} 15'$	9 Strich = $101^{\circ} 15'$
$\frac{1}{4}$ " = 2 49	2 " = 22 30	10 " = 112 30
$\frac{3}{8}$ " = 4 13	3 " = 33 45	11 " = 123 45
$\frac{1}{2}$ " = 5 37	4 " = 45 0	12 " = 135 0
$\frac{5}{8}$ " = 7 2	5 " = 56 15	13 " = 146 15
$\frac{3}{4}$ " = 8 26	6 " = 67 30	14 " = 157 30
$\frac{7}{8}$ " = 9 51	7 " = 78 45	15 " = 168 45
	8 " = 90 0	

Die Aufgaben der Doppelpeilung lassen sich auch mit Hilfe der Tafel der rechtwinkligen

Fig. 86.



Dreiecke (Ligowski N. T. No. XI) lösen. Man theilt das Dreieck (Fig. 86) durch ein vom Ort der zweiten Peilung auf die erste Peilungslinie gefälltes Loth in zwei rechtwinklige Dreiecke und entnimmt zuerst die Länge des Lothes aus der Tafel für rechtwinklige Dreiecke und erhält als die zu dieser Länge als Kathete und dem Winkel zwischen den Peilungslinien gehörende Hypotenuse den Abstand bei der zweiten Peilung. Da es sich hierbei meist um geringe Entfernungen handelt, geht man, um die Werthe auf Zehntel genau zu erhalten, mit der zehnfach vergrösserten Distanz in die Tafel.

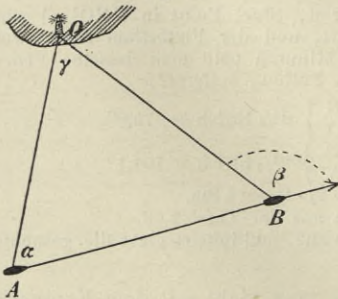
Berechnet man das obige Beispiel hiernach, so erhält man:

1. Mit $6\frac{3}{4}$ Strich und 4 Sm als Hypotenuse die Lothlänge 3,88.
2. Mit $2\frac{1}{2}$ Strich und 3,88 Sm als Kathete die Hypotenuse 8,2 Sm als Abstand.

§ 175. Einige besondere Fälle der zweimaligen Peilung sollen nachstehend behandelt werden.

a) Wenn der Winkel zwischen Kursrichtung und Peilungslinie bei der zweiten Peilung doppelt so gross ist wie bei der ersten, so ist der Ort der zweiten Peilung

Fig. 87.



der Scheitel eines gleichschenkligen Dreiecks, dessen Schenkel die zwischen beiden Peilungen zurückgelegte Strecke und der Abstand vom Landobjekt sind.

Der Abstand vom Landobjekt bei der zweiten Peilung ist also gleich der zwischen beiden Peilungen zurückgelegten Strecke.

In Fig. 87 ist $\sphericalangle \beta = \sphericalangle \alpha + \sphericalangle \gamma = 2 \sphericalangle \alpha$ daher $\sphericalangle \gamma = \sphericalangle \alpha$ und $BO = BA$.

Ist im vorliegenden Fall der Winkel zwischen der ersten Peilungslinie und der Kursrichtung $= 45^{\circ}$, so hat man eine Vierstrichpeilung.

Die zweite Peilungslinie steht senkrecht auf der Kurslinie, und die zwischen beiden Peilungen durchlaufene Strecke giebt den Querabstand oder Passirabstand vom Landobjekt.

Eine Wiederholung der Vierstrichpeilung nach dem Passiren des Objekts ermöglicht die Kontrolle der Abstandsbestimmung. (Siehe Fig. 88.)

b) Der Querabstand eines Objekts lässt sich aus einer beliebigen Peilung und einer Dwarspeilung bei Kenntniss der Versegelung zwischen beiden Peilungen berechnen aus der Formel:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{A}{D} \text{ oder}$$

$$A = D \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

in welcher A den Querabstand, D die Versegelung und α den Winkel zwischen Kurs- und Peilungsrichtung darstellt. (Fig. 89.) Die Berechnung erspart man durch Benutzung der Tafel für rechtwinklige Dreiecke (Ligowski N. T. No. XI).

Nachstehende kleine Tabelle giebt für Peilungswinkel zwischen 39° und 74° den Faktor, mit welchem die Versegelung zu multipliciren ist, um den Querabstand zu erhalten.

Querabstand, wenn die Versegelung zwischen Anfangs- und Dwarspeilung = 1 Sm ist:

39° = 0,81	45° = 1,00	51° = 1,23	57° = 1,54	63° = 1,96	69° = 2,61
40 = 0,84	46 = 1,04	52 = 1,28	58 = 1,60	64 = 2,05	70 = 2,75
41 = 0,87	47 = 1,07	53 = 1,33	59 = 1,66	65 = 2,14	71 = 2,90
42 = 0,90	48 = 1,11	54 = 1,38	60 = 1,73	66 = 2,25	72 = 3,08
43 = 0,93	49 = 1,15	55 = 1,43	61 = 1,80	67 = 2,36	73 = 3,27
44 = 0,97	50 = 1,19	56 = 1,48	62 = 1,88	68 = 2,48	74 = 3,49

Ist der Winkel zwischen der Kursrichtung und der Peilungslinie $= 76^\circ$ bzw. $= 63\frac{1}{2}^\circ$, so ist der Werth $\operatorname{tg} \alpha = 4$ bzw. $= 2$.

Peilt man ein Objekt 76° vom Kurs, so passirt man dasselbe in einem Abstand, welcher gleich ist der vierfachen Versegelung zwischen Anfangs- und Dwarspeilung.

Bekommt man keine Dwarspeilung, so giebt die Versegelung zwischen der Anfangs- und Dwarspeilung 76° vom Kurs, d. i. 14° vor querab, und einer zweiten Peilung 14° hinter querab den halben Passirabstand. (Fig. 90.)

Peilt man ein Objekt $63\frac{1}{2}^\circ$ vom Kurs, d. i. $26\frac{1}{2}^\circ$ vor querab, so passirt man dasselbe in einem Abstand, welcher gleich der doppelten Versegelung zwischen Anfangs- und Dwarspeilung ist.

Fig. 88.

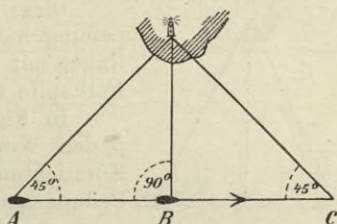


Fig. 89.

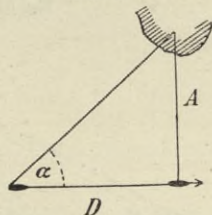


Fig. 90.



Bekommt man keine Dwerspeilung, so giebt die Versegelung zwischen der Anfangspeilung von $26\frac{1}{2}^\circ$ vor querab und einer zweiten Peilung von $26\frac{1}{2}^\circ$ hinter querab den Passirabstand (Fig. 91).

c) Oft ist es von Wichtigkeit, vorher zu wissen, in welchem Abstand man ein Objekt auf dem anliegenden Kurse passiren wird.

Fig. 91.



Diese Frage wird ebenfalls durch eine Doppelpeilung beantwortet. Die Winkel beider Peilungslinien mit der Kursrichtung müssen aber in diesem Fall spitz sein.

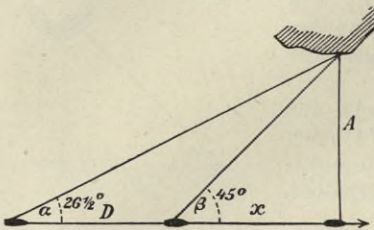
In Fig. 92 bedeutet α den Winkel der ersten, β den Winkel der zweiten Peilungslinie mit der Kursrichtung, D die Versegelung zwischen beiden Peilungen und A den Querabstand, dann ist:

$$A = tg \alpha (D + x)$$

$$x = \frac{A}{tg \beta} \text{ daher}$$

$$A = \frac{D \cdot tg \alpha \cdot tg \beta}{tg \beta - tg \alpha}$$

Fig. 92.

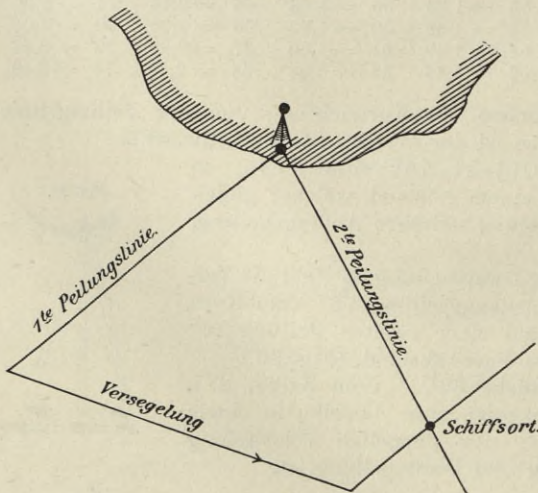


Wählt man die Peilungsrichtungen $26\frac{1}{2}^\circ$ und 45° vom Kurs, so ist der Querabstand gleich der Versegelung zwischen beiden Peilungen.

Denn $tg 45^\circ$ ist = 1 und $tg 26\frac{1}{2}^\circ = \frac{1}{2}$.

§ 176. Die konstruktive Lösung der vorstehenden Aufgaben auf der Karte geschieht, ohne Rücksicht auf die Grösse der

Fig. 93.



Peilungswinkel, nur unter Berücksichtigung der Peilungsrichtung, wie folgt. Man nimmt beim Vorübersegeln zwei Peilungen mit angemessenem Richtungsunterschied von demselben Objekt und zieht die zugehörigen Standlinien in der Karte. Von einem beliebigen Punkt der ersten Standlinie trägt man die Versegelung nach Kurs und Distanz an und zieht durch den Endpunkt der Segelung eine Parallele zur ersten Peilungslinie.

Der Schnittpunkt dieser Parallele mit der zweiten Peilungslinie ist der Schiffsort. (Siehe Fig. 93.)

§ 177. 3. Bestimmung des Abstands durch Peilen im Verschwinden.

Aus der Definition des natürlichen Horizonts (§ 7) ist ersichtlich, dass die Entfernung dieses Horizonts oder der Kimm vom Beobachter sich vergrößert, sobald dieser seinen Standpunkt erhöht. Die Entfernung der Kimm d in Fig. 94 für die Höhe des Auges h findet man auf folgende Weise:

Die Fig. 94 stelle die Erdkugel dar, bei welcher ist:

$$\frac{2r + h}{d} = \frac{d}{h} \text{ oder}$$

$$d = \sqrt{h(2r + h)}.$$

Vernachlässigt man in $(2r + h)$ das h als verschwindend kleine Grösse gegen $2r$, so wird

$$d = \sqrt{2rh}.$$

Sind h und r in Metern ausgedrückt, und soll d in Seemeilen ausgedrückt werden, so wird

$$d = \frac{\sqrt{2rh}}{1852}.$$

Berücksichtigt man noch die terrestrische Refraktion, durch welche bekanntlich die Lichtstrahlen gehoben werden (Fig. 95) und die Sichtweite eine grössere wird, so ist der obige Ausdruck noch mit 1,08, dem Refraktionskoeffizienten, zu multipliciren. Setzt man gleichzeitig für den Erdradius seinen Werth 6 366 734,048 m ein, so wird

$$d = 2,08 \sqrt{h} \text{ Seemeilen}$$

$$\text{oder} = \frac{25}{12} \sqrt{h} \text{ "}$$

Eine hiernach berechnete Tafel der Sichtweiten befindet sich in Ligowskis Nautischen Tafeln unter No. XXIII.

Ebenso ist der Abstand eines Objekts, dessen Höhe über der Meeresoberfläche H ist, von der Kimm gleich

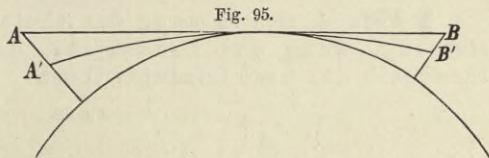
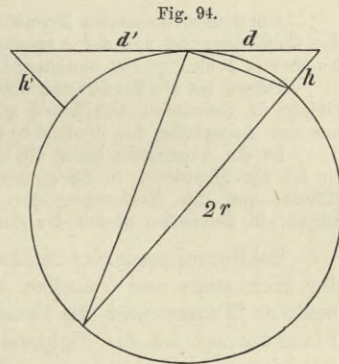
$$d' = 2,08 \sqrt{H}.$$

Die Entfernung eines solchen Objekts vom Beobachter, wenn es in der Kimm gesehen wird, ist, wie es durch Fig. 94 erläutert wird,

$$D = d + d'$$

$$D = 2,08 (\sqrt{h} + \sqrt{H}).$$

Wegen der Wirkung der irdischen Refraktion ist die Anwendbarkeit der Methode auf normalen Zustand der Atmosphäre beschränkt, im Uebrigen aber sehr bequem, da man namentlich bei Nacht ein Leuchtfeuer, nach-



dem es vom Deck nicht mehr sichtbar ist, beim Hinaufsteigen in die Takelage sehr scharf in den Horizont bringen kann. Man wird von dem Aussehen des Horizonts auf den Zustand der Atmosphäre schliessen und bei Stille besondere Vorsicht beobachten.

Beispiel.

Man sichtet bei klarer Luft das Feuer von Morro (Habana) aus dem Kreuzwint in 13 m Augeshöhe im Verschwinden, wie gross ist der Abstand?

Augeshöhe 13,0 m, $\sqrt{h} = 3,6$ $d = 7,3$ Sm

Morro Fr. Höhe über Wasser 69,5 m, $\sqrt{H} = 8,4$ $d_1 = 17,3$ Sm

Abstand $D = 24,6$ Sm.

Aus den vorstehenden Formeln lässt sich die Gedächtnissregel ableiten, dass die Quadratwurzel aus der Augeshöhe in Metern bezw. aus der Höhe eines Leuchtfuers mit 2 multiplicirt annähernd die Sichtweite in Seemeilen giebt.

Ferner ist die Entfernung eines Beobachters von einem in der Kimm gesehenen Objekt in Seemeilen annähernd gleich der doppelten Summe der Quadratwurzeln aus der Augeshöhe des Beobachters und der Höhe des Objekts in Metern.

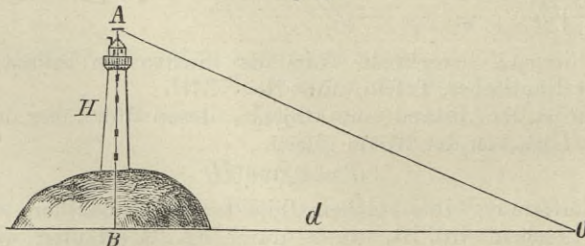
Ist die Augeshöhe bezw. die Objekts Höhe in englischen Fussen gegeben, so ist die Sichtweite in Seemeilen gleich der einfachen Quadratwurzel aus diesen Höhen, und die Entfernung des Beobachters von dem in der Kimm gesehenen Objekt in Seemeilen gleich der Summe dieser Quadratwurzeln.

Bei Berechnung der Sichtweite von Leuchtfuern etc., bezw. Entnahme der Sichtweite aus Tabellen auf Grund der Höhe, ist zu beachten, für welchen Wasserstand die Feuerhöhe angegeben ist, denn bei erheblichem Fluthwechsel ist die Sichtweite bei Hochwasser am kleinsten und bei Niedrigwasser am grössten. Dasselbe gilt für die Ermittlung der Entfernung, wenn der Beobachter das Feuer in der Kimm sieht.

Eine dem „Verzeichniss der Leuchtfuer aller Meere“ vorgeheftete Tabelle mit den Eingängen „Höhe des Feuers“ und „Höhe des Auges über dem Meeresspiegel in Metern“ kann zur Ermittlung der Entfernung benutzt werden.

§ 178. 4. Bestimmung des Abstands durch Höhenwinkel-messung, wenn das Landobjekt, dessen Höhe bekannt ist, innerhalb des Seehorizontes liegt.

Fig. 96.



In diesem Falle, welcher in Fig. 96 dargestellt ist, kann man die Formel des ebenen rechtwinkligen Dreiecks anwenden. Die Höhe des Auges kann man vernachlässigen und setzen:

$$d = \frac{H}{\text{tg } O}$$

Eine Tabelle, hiernach berechnet, giebt ein bequemes Mittel zur Bestimmung kleiner Entfernungen. Ohne Tafeln lässt sich die Formel benutzen, wenn man mit Rücksicht darauf, dass der Winkel O immer klein sein wird, für die Tangente die Anzahl der Minuten m des Winkels O multiplicirt mit dem Bogenwerth für $1' = 0,000291$. Man erhält dann für h in Metern, d in Seemeilen aus der Formel:

$$d = \frac{H}{m \cdot 0,000291 \cdot 1852} = \frac{H}{m \cdot 0,54} = \frac{13 H}{7 m} \text{ Sm.}$$

Beispiel.

Der Höhenwinkel des Feuerthurms von Skagen wird gemessen zu $0^\circ 25'$. Der Feuerthurm ist 18,9 m hoch über Wasser. Wie weit ist der Beobachter entfernt?

$$d = \frac{13 \cdot 18,9}{7 \cdot 25} = 1,4 \text{ Sm.}$$

Ist die Höhe des Objekts in englischem Fussmaass angegeben, so lautet die Abstandsformel:

$$d = 0,57 \frac{H}{m} = \frac{4}{7} \cdot \frac{H}{m} \text{ Sm.}$$

Bei diesen Formeln ist die Augeshöhe des Beobachters ausser Acht geblieben, da dieselbe innerhalb der an Bord üblichen Grenzen das Ergebniss für die Praxis nicht merklich beeinflusst (siehe Fig. 97). Das Verhältniss ändert sich indessen, wenn das Landobjekt, dessen Höhenwinkel man nach der Strandkimm gemessen hat, eine Strecke binnenlands steht (siehe Fig. 98). Man erhält in diesem Fall von Bord aus nicht den Höhenwinkel FOV , welcher der Formel zu Grunde liegt, sondern den merklich grösseren Winkel FO_1W .

Unter solchen Umständen hat man die Augeshöhe möglichst gering zu nehmen und den Höhenwinkel von Deck oder der Fallreepstreppe aus zu messen.

Ist man andererseits nicht sicher, ob die Strandkimm innerhalb der Sichtweite liegt, so wähle man einen hohen Standpunkt zur Bestimmung des Schiffsabstandes durch Höhenwinkel. Will man zur Aufstellung einer Abstandstabelle die Höhenwinkel genau berechnen, so geschieht dies nach der Formel:

$$tg \alpha = \frac{H - h - \frac{1 - 2\beta}{2} \cdot \frac{d^2}{r}}{d + (H - h)(1 - \beta) \frac{d}{r}}$$

worin H die Höhe des Objekts, h die Augeshöhe, β den mittleren Refraktionskoeffizienten $= 0,065$, r den Erdradius, d die horizontale Entfernung zwischen dem Objekt und dem Beobachter bezeichnet. Da der Höhenwinkel hierin auf die Kimm bezogen ist, wird man bei Abständen über 5 Sm, vorausgesetzt, dass die Augeshöhe 4,4 m beträgt, den Höhenwinkel um den Betrag der Strandkimmtiefe grösser messen. Die vorstehende Formel hat bei der genauen Bestimmung kleiner Entfernungen, wie sie für artilleristische Zwecke gebraucht wird, als Grundlage gedient. Die Tabellen für die Distanzbestimmung mit Hilfe der bekannten Masthöhen ist hiernach berechnet. (Vergl. E. Abstandsbestimmung auf See.)

Da die Zuverlässigkeit der Abstandsbestimmung durch Höhenwinkelmessung von der Genauigkeit der Messung abhängt, benutze man hierzu den Sextanten. Ein ganz scharfes Ergebniss ist bei grossen Entfernungen und wegen des veränderlichen Einflusses der irdischen Refraktion nicht zu erwarten. Da die Messung kleiner

Fig. 97.

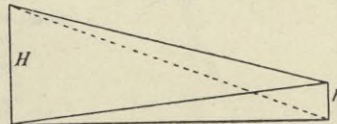
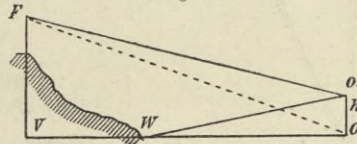


Fig. 98.



Winkel leicht fehlerhaft wird, empfiehlt es sich, Winkel unter 5° zweimal zu messen, indem man bei der einen Messung die Wasserlinie anvisirt und das Spiegelbild der Spitze des Objekts auf diese herunterbringt, bei der anderen die Spitze des Objekts anvisirt und das Spiegelbild der Wasserlinie mit ihr zur Deckung bringt.

§ 179. 5. Bestimmung des Abstandes von einem Landobjekt von bekannter Höhe durch Höhenwinkelmessung, wenn dasselbe nur theilweise über den Horizont hervorragt.

Der Abstand D , in Seemeilen, wird gefunden aus der Formel:

$$D = \sqrt{3,71(H-h) + (m - Kt)^2} - (m - Kt),$$

in welcher H die Höhe des Objekts in Metern, h die Augeshöhe des Beobachters in Metern, Kt die der Augeshöhe entsprechende Kimmtiefe und m der Höhenwinkel des sichtbaren Theils des Objekts in Minuten ist.

Beweis: In Fig. 99 sei $Oa = h$ die Augeshöhe des Beobachters in Metern, $AD = H$ die Höhe des Objektes, AB der unter dem Horizont liegende, BD der sichtbare Theil desselben, welcher unter dem Winkel m , in Minuten ausgedrückt, gemessen ist. Stellt ferner OC den scheinbaren Horizont dar, so ist Kt die der Augeshöhe entsprechende Kimmtiefe und $\mu = (m - Kt)$ der Höhenwinkel über dem scheinbaren Horizont. In dem Dreieck MOD ist:

$$\begin{aligned} \sphericalangle MOD &= 90^\circ + \mu \\ \sphericalangle OMD &= \text{dem gesuchten Abstand } D \text{ in Minuten} \\ \sphericalangle ODM &= 180^\circ - (\sphericalangle MOD + \sphericalangle OMD) = 90^\circ - (\mu + D). \end{aligned}$$

Nach dem Sinussatz ist:

$$\frac{\sin(90^\circ + \mu)}{\sin(90^\circ - [\mu + D])} = \frac{\cos \mu}{\cos(\mu + D)} = \frac{r + H}{r + h}.$$

Durch korrespondirende Addition und Subtraktion erhält man:

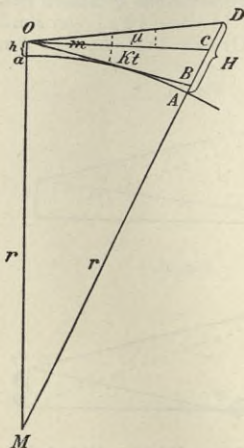
$$\begin{aligned} \frac{\cos \mu - \cos(\mu + D)}{\cos \mu + \cos(\mu + D)} &= \frac{H - h}{2r + H + h} \\ \frac{2 \sin \frac{2\mu + D}{2} \sin \frac{D}{2}}{2 \cos \frac{2\mu + D}{2} \cos \frac{D}{2}} &= \frac{H - h}{2r + H + h} \\ \operatorname{tg}\left(\mu + \frac{D}{2}\right) \cdot \operatorname{tg} \frac{D}{2} &= \frac{H - h}{2r + H + h} \end{aligned}$$

Wird $H + h$ wegen seiner geringen Grösse gegenüber $2r$ weggelassen und, wegen der Kleinheit der Winkel μ und D , $\operatorname{tg}\left(\mu + \frac{D}{2}\right) = \left(\mu + \frac{D}{2}\right) \cdot \sin 1'$

und $\operatorname{tg} \frac{D}{2} = \frac{D}{2} \cdot \sin 1'$ gesetzt, so ist

$$\begin{aligned} \left(\mu + \frac{D}{2}\right) \cdot \frac{D}{2} \cdot \sin 1' &= \frac{H - h}{2r} \text{ oder} \\ \frac{D^2}{4} + \frac{\mu D}{2} &= \frac{\sin 1'}{2r} \cdot (H - h) \\ D^2 + 2\mu D &= \frac{2 \sin 1'}{r} \cdot (H - h) = 3,71(H - h) \\ D^2 + 2\mu D + \mu^2 &= 3,71(H - h) + \mu^2 \\ D + \mu &= \sqrt{3,71(H - h) + \mu^2}, \text{ aber } \mu = (m - Kt) \\ D &= \sqrt{3,71(H - h) + (m - Kt)^2} - (m - Kt). \end{aligned}$$

Fig. 99.



Der Winkel Kt ist aus Tafel VIII des Nautischen Jahrbuchs zu entnehmen. Ist die Augeshöhe und die Objekthöhe in englischen Fussen gegeben, so lautet die Formel:

$$D = \sqrt{1,13(H-h) + (m - Kt)^2} - (m - Kt).$$

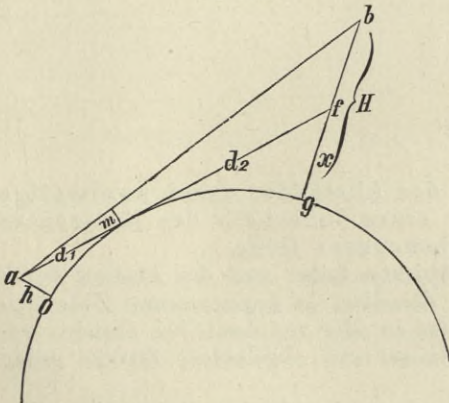
Beispiel.

Man mass auf S. M. S. „Moltke“ im Süden von Gran Canaria den Höhenwinkel des Piks von Teneriffa, Höhe 3717 m, bei 8,3 m Augeshöhe zu $1^\circ 34,5'$. Wie war der Abstand?

$m = 1^\circ 34,5'$	$H = 3717 \text{ m}$
$Kt = 5,1'$	$h = 8,3 \text{ m}$
$m - Kt = 89,4'$	$H - h = 3708,7 \text{ m}$
$3,71 \log = 0,56937$	$89,4 \log = 1,95134$
$3708 \log = 3,56922$	$2 \log = 3,90268$
$\log = 4,13859$	$Num_2 = 7992,4$
$Num_1 = 13759$	
$Num_2 = 7992,4$	
$Num_1 + Num_2 = 21751,4$	$\log = 4 \cdot 33748$
	$\frac{1}{2} \log = 2 \cdot 16874$
	$\sqrt{Num_1 + Num_2} = 147,5$
	$m - K = 89,4$
	$D = 58,1 \text{ Sm.}$

Wenn man nicht genau weiss, ob das ganze Objekt innerhalb oder ausserhalb des Horizontes liegt, so misst man den Höhenwinkel und berechnet den Abstand nach der Formel $\frac{13 H}{7 m}$, und für die Augeshöhe h den Abstand von der Kimm ($2,08 \sqrt{h}$); ist letzterer der grössere, so ist das Objekt diesseits der Kimm, ist er der kleinere, so wird ein Theil des Objektes durch die Kimm verdeckt.

Fig. 99 a.



Eine andere Lösung der vorstehenden Aufgabe ist folgende:

Ist $oa = h$ die Augeshöhe des Beobachters (Fig. 99 a), $gb = H$ die Höhe des Landobjectes und $gf = x$ der durch den Horizont verdeckte, $fb = H - x$ der sichtbare Theil desselben, dessen Höhenwinkel m gemessen worden ist, so ist der Abstand

$$D = d_1 + d_2 = \frac{13 H - x}{7 m}$$

$$d_1 = 2,08 \sqrt{h}$$

$$d_2 = 2,08 \sqrt{x} = \frac{25}{12} \sqrt{x}$$

$$x = \left(\frac{12}{25} d_2\right)^2 = \frac{144}{625} d_2^2, \text{ oder da}$$

$$\frac{144}{625} \text{ fast genau gleich } \frac{3}{13} \text{ ist,}$$

$$x = \frac{3}{13} d_2^2; \text{ mithin diesen Werth für } x \text{ eingesetzt, giebt:}$$

$$D = d_1 + d_2 = \frac{13}{7} \frac{H}{m} - \frac{3}{7} \frac{d_2^2}{m}$$

$$d_2^2 + \frac{7}{3} m d_2 = \frac{13}{3} H - \frac{7}{3} m d_1$$

$$d_2 = -\frac{7}{6} m + \sqrt{\frac{13}{3} H - 2 \cdot \frac{7}{6} m d_1 + \left(\frac{7}{6} m\right)^2}$$

Beispiel.

1. Bei einer Augeshöhe von 3 m wurde die Höhe eines in der Karte zu 1461 m Höhe angegebenen Berges gemessen gleich $1^\circ 30'$. Wie gross war der Abstand?

$$h = 3. \quad H = 1461. \quad m = 1^\circ 30' = 90'.$$

$$d_1 = 2,08 \sqrt{3} = 3,6.$$

$$\frac{13}{3} H = 6331. \quad \frac{7}{6} m = 105. \quad 2 \left(\frac{7}{6} m\right) d_1 = 756.$$

$$+ \left(\frac{7}{6} m\right)^2 = 11025$$

$$\frac{17356}{16600}$$

$$- 2 \left(\frac{7}{6} m\right) d_1 = \frac{756}{16600}$$

$$\sqrt{16600} = 128,9$$

$$- \frac{7}{6} m = 105$$

$$d_2 = \frac{23,9}{3,6}$$

$$d_1 = 3,6$$

$$D = 27,5 \text{ Sm.}$$

2. Bei 6 m Augeshöhe wurde der Höhenwinkel eines 610 m hohen Berges zu 53' gemessen. Wie gross war der Abstand?

$$h = 6. \quad H = 610. \quad m = 53.$$

$$d_1 = 2,08 \sqrt{6} = 5,1.$$

$$\frac{13}{3} H = 2643. \quad \frac{7}{6} m = 61,9. \quad 2 \cdot \frac{7}{6} m \cdot d_1 = 631.$$

$$+ \left(\frac{7}{6} m\right)^2 = 3832$$

$$\frac{6475}{5844}$$

$$- 2 \cdot \frac{7}{6} m d_1 = \frac{631}{5844}$$

$$\sqrt{5844} = 76,5$$

$$- \frac{7}{6} m = 61,9$$

$$d_2 = \frac{14,6}{5,1}$$

$$d_1 = 5,1$$

$$D = 19,7 \text{ Sm.}$$

§ 180. 6. Bestimmung des Abstandes durch zweimalige Messung des Höhenwinkels eines innerhalb des Horizontes liegenden Objectes von unbekannter Höhe.

Bei unbekannter Höhe des Objectes findet man den Abstand durch Messen von zwei Höhenwinkeln desselben in angemessenem Zwischenraum, während man auf das Object zu oder von demselben absteht, wobei die zwischen beiden Winkelmessungen abgelaufene Strecke genau bestimmt wird.

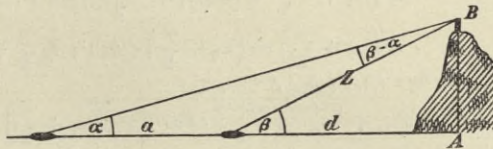
Wenn der Kurs nicht mehr als zwei Strich von der Richtung des Objectes abweicht, so lässt sich die abgelaufene Entfernung mit der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke hinreichend genau reduciren.

Sind in Fig. 100 α und β die gemessenen Höhenwinkel des Objekts AB , ist ferner a die zwischen beiden Winkelmessungen abgelaufene Distanz in Seemeilen, so ist die Entfernung von dem Objekt bei der zweiten Winkelmessung:

$$d = z \cdot \cos \beta, \text{ aber nach dem Sinussatz ist } z = \frac{a \cdot \sin \alpha}{\sin(\beta - \alpha)}, \text{ also}$$

$$d = \frac{a \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta}{\sin(\beta - \alpha)} \text{ Sm } \dots A.$$

Fig. 100.

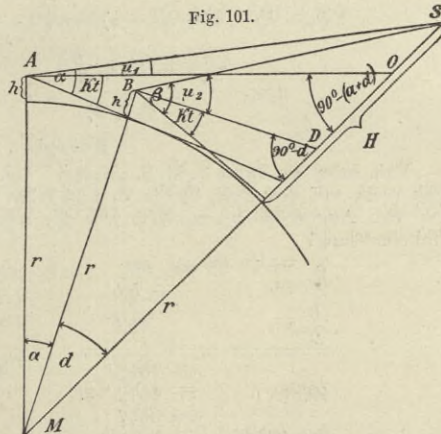


Bei grösseren Entfernungen, wo die Winkel klein werden, und die sich schnell ändernden Sinus das Ergebniss stark beeinflussen, darf die Augeshöhe und die von ihr abhängige Kimmtiefe nicht ausser Acht gelassen werden. An Stelle der Formel A tritt dann die Gleichung

$$d = \frac{a \left(a - Kt + \frac{a}{2} \right)}{\beta - (a + \alpha)} \dots B,$$

worin a die abgelaufene Distanz in Seemeilen, Kt die der Augeshöhe entsprechende Kimmtiefe, α und β die gemessenen Höhenwinkel in Minuten bedeutet.

Fig. 101.



Die mathematische Ableitung dieser Formel geschieht, wie folgt:

In Fig. 101 bedeute: H die unbekannte Objekthöhe, α den in A gemessenen Höhenwinkel, β den in B gemessenen Höhenwinkel, a die Versegelung in Minuten (Seemeilen), d den gesuchten Abstand von der Spitze des grösseren Höhenwinkels bis zum Objekt in Minuten (Seemeilen), Kt die Kimmtiefe.

Zur Abkürzung setze man $\alpha - Kt = \mu_1$, $\beta - Kt = \mu_2$.
Es ist nun:

$$\begin{aligned} \sphericalangle MAS &= 90^\circ + \mu_1, \text{ daher } \sphericalangle ASM = 90^\circ - (a + d + \mu_1), \\ \sphericalangle MBS &= 90^\circ + \mu_2, \quad \sphericalangle BSM = 90^\circ - (d + \mu_2). \end{aligned}$$

Aus $\triangle MAS$ folgt nach dem Sinussatz:

$$\frac{\sin(90^\circ + \mu_1)}{\sin(90^\circ - [a + d + \mu_1])} = \frac{\cos \mu_1}{\cos(a + d + \mu_1)} = \frac{r + H}{r + h} \dots 1.$$

Aus $\triangle MBS$ folgt nach der gleichen Regel:

$$\frac{\sin(90^\circ + \mu_2)}{\sin(90^\circ - [d + \mu_2])} = \frac{\cos \mu_2}{\cos(d + \mu_2)} = \frac{r + H}{r + h} \dots \dots \dots 2.$$

Demnach:

$$\frac{\cos \mu_1}{\cos(a+d+\mu_1)} = \frac{\cos \mu_2}{\cos(d+\mu_2)}$$

Durch correspondirende Addition und Subtraktion erhält man:

$$\frac{\cos \mu_1 - \cos(a+d+\mu_1)}{\cos \mu_1 + \cos(a+d+\mu_1)} = \frac{\cos \mu_2 - \cos(d+\mu_2)}{\cos \mu_2 + \cos(d+\mu_2)} \text{ oder}$$

$$tg\left(\mu_1 + \frac{a+d}{2}\right) tg \frac{a+d}{2} = tg\left(\mu_2 + \frac{d}{2}\right) tg \frac{d}{2} \dots\dots\dots 3.$$

Setzt man, da die Winkel klein sind:

$$tg\left(\mu_1 + \frac{a+d}{2}\right) = \left(\mu_1 + \frac{a+d}{2}\right) \sin 1'; \quad tg \frac{a+d}{2} = \frac{a+d}{2} \cdot \sin 1'$$

$$tg\left(\mu_2 + \frac{d}{2}\right) = \left(\mu_2 + \frac{d}{2}\right) \cdot \sin 1'; \quad tg \frac{d}{2} = \frac{d}{2} \cdot \sin 1',$$

so geht die Gleichung 3 über in:

$$\left(\mu_1 + \frac{a+d}{2}\right) \frac{a+d}{2} \cdot \sin^2 1' = \left(\mu_2 + \frac{d}{2}\right) \frac{d}{2} \cdot \sin^2 1' \text{ oder}$$

$$\left(\mu_1 + \frac{a+d}{2}\right) \frac{a+d}{2} = \left(\mu_2 + \frac{d}{2}\right) \frac{d}{2} \dots\dots\dots 4$$

$$\frac{a}{2} \cdot \mu_1 + \frac{d}{2} \cdot \mu_1 + \frac{a^2}{4} + \frac{a d}{2} + \frac{d^2}{4} = \mu_2 \cdot \frac{d}{2} + \frac{d^2}{4}$$

$$\frac{a^2}{4} + \frac{a \cdot \mu_1}{2} = \frac{\mu_2 d}{2} - \frac{\mu_1 d}{2} - \frac{a d}{2}$$

$$a\left(\frac{a}{2} + \mu_1\right) = d(\mu_2 - \mu_1 - a).$$

Durch Einsetzen der ursprünglichen Werthe für μ_1 und μ_2 erhält man

$$d(\beta - Kt - \alpha + Kt - a) = a\left(\alpha - Kt + \frac{a}{2}\right) \text{ und daraus:}$$

$$d = \frac{a\left(\alpha - Kt + \frac{a}{2}\right)}{\beta - (\alpha + a)} \text{ d. i. die Gleichung B.}$$

Beispiel.

Man misst an Bord S. M. S. „Kaiser“ den Höhenwinkel des Aetna zu 1° 28', segelt recht auf den Berg 38 Sm zu und misst den Höhenwinkel zum zweiten Mal zu 5° 15'. Augeshöhe 9,5 m. Wie war der Abstand von dem Berge bei der zweiten Winkelmessung?

$\alpha = 1^\circ 28' = 88'$	$\beta = 5^\circ 15' = 315'$	
$Kt = \quad \quad - 5,5'$	$a = \quad \quad \quad - 38$	
$\frac{a}{2} = \quad \quad \quad 19,0'$	$\alpha = \quad \quad \quad - 88$	
= 101,5'	Nenner	189
= 101,5' · 38		
= 3857		
log Zähler = 3,5863		
log Nenner = 2,2765		
log d = 1,3098		
d = 20,4 Sm.		

§ 181. 7. Benutzung des Schalls zur Abstandsbestimmung.

Die Verwerthung des Schalls zur Abstandsbestimmung beruht auf dem Satz, dass die Schallgeschwindigkeit bei ruhiger Luft 333 m in der Sekunde beträgt. Hat man z. B. Gelegenheit, die Zeit zwischen dem

Aufblitzen eines Schusses und der Wahrnehmung des Knalls zu messen, so erhält man den Abstand (d) vom Schützen durch die Gleichung:

$$d = 333 s \cdot m,$$

worin s die Zahl der zwischen Blitz und Knall verflissenen Sekunden ausdrückt. Unter Berücksichtigung der Temperatur lautet die Gleichung

$$d = \frac{333 s}{1 - 0,00183 t} m, \text{ worin } t \text{ die Temperatur in Celsiusgraden über } 0^\circ$$

bedeutet. Angesichts der ohnehin geringen Genauigkeit der Abstandsbestimmung durch den Schall infolge der Witterungseinflüsse kann die Berücksichtigung der Temperatur in der Regel unterbleiben.

In ähnlicher Weise kann man besonders bei Nebel das Echo zur Feststellung in der Nähe befindlichen Landes und seines ungefähren Abstandes benutzen, indem man die halbe Zahl der zwischen einem abgegebenen Ton und der Wahrnehmung des Echos verflissenen Sekunden mit $333 m$ multiplicirt.

$$d = \frac{s}{2} \cdot 333 m.$$

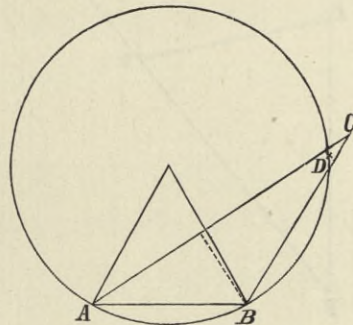
Wie schon vorher angedeutet, haben die Abstandsbestimmungen durch den Schall, weil stark durch Wetterverhältnisse beeinflusst, nur geringen Anspruch auf Zuverlässigkeit. Sie bieten aber manchmal einen wünschenswerthen Anhalt und bei Nebel zuweilen eine werthvolle Warnung dadurch, dass das Echo die Nähe des verhüllten Landes anzeigt.

B. Ortsbestimmung mit Hilfe von zwei Objekten.

§ 182. 1. Kreuzpeilung. Wenn zwei bekannte Gegenstände gleichzeitig in Sicht sind, so ist der Schiffsort durch die beiden Peilungen dieser bestimmt. Die Genauigkeit hängt lediglich von der Richtigkeit der Peilungen ab, und das Resultat ist um so zuverlässiger, je mehr sich der Unterschied beider Peilungen einem rechten Winkel nähert.

Der Winkel lässt sich ausserdem noch mittelst Peilscheiben oder Reflexions-Instrumenten messen. Durch diesen Winkel allein, als den Peripheriewinkel über der Verbindungslinie beider Objekte als Sehne, ist der Ort des Schiffes bestimmt als in der Peripherie des zugehörigen Kreises liegend. Man kann daher die Kreuzpeilung durch Konstruktion eines solchen Kreises kontrolliren. Wenn derselbe nicht durch den Punkt der Kreuzpeilung (C) hindurchgeht, so ist derjenige Punkt der Peripherie als der gesuchte anzunehmen, welcher zwischen den beiden Peilungslinien in der Mitte liegt (D). (Fig. 102.)

Fig. 102.



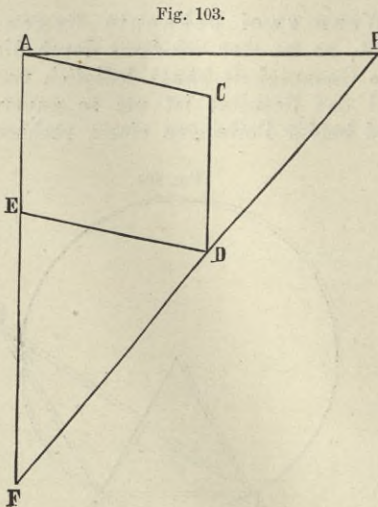
Der Mittelpunkt des betreffenden Kreises wird bekanntlich dadurch gefunden, dass man an der Sehne AB in A und in B das Komplement des gemessenen Winkels ACB anträgt.

Die Lösung der Aufgabe kann auch durch Rechnung und zwar entweder auf rein trigonometrischem Wege oder mit Benutzung der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke erfolgen. In letzterem Fall erhält man zwei rechtwinklige Dreiecke dadurch, dass man von dem einen Objekt ein Loth auf die Peilungslinie nach dem anderen Objekt fällt, wie die gestrichelte Linie in Fig. 102 zeigt.

§ 183. 2. Die Peilung und Horizontalwinkelmessung besteht darin, dass von zwei Objekten (A und B) eines gepeilt und der Horizontalwinkel zwischen beiden Objekten mit dem Winkelinstrument gemessen wird. Sie ist der Kreuzpeilung dann vorzuziehen, wenn der Schneidungswinkel zwischen den Peilungsrichtungen der beiden Objekte stark vom rechten Winkel abweichen würde. Die der Peilung leicht anhaftenden Ungenauigkeiten kommen bei dem Verfahren weniger zur Geltung.

Bemerkung. Das Prismenkreuz lässt sich mit Vortheil verwenden, um genau den Moment zu bestimmen, in welchem ein Schiff sich gerade auf der Verbindungslinie zweier bekannten Objekte befindet, zwischen denen es durchsegelt, bzw. mit seiner Hilfe ist man im Stande, möglichst genau auf dieser Verbindungslinie entlang zu segeln.

§ 184. 3. Wenn die beiden Objekte nicht gleichzeitig sichtbar sind, sondern hinter einander nach dazwischen liegender Versegelung, so erhält man eine abgestumpfte Doppelpeilung und verfährt, wie folgt:



Man zieht die Peilungslinien AF und BF (Fig. 103) durch die Objekte (A und B), durch das erste Objekt den Kurs mit abgelaufener Distanz (AC) und durch den Endpunkt (C) dieser Linie eine Parallele mit der ersten Peilung. Der Schnittpunkt (D) der Letzteren mit der zweiten Peilungslinie ergibt den Ort des Schiffes bei der zweiten Peilung, eine Parallele, durch letzteren Punkt mit dem Kurs gezogen, ergibt den Schiffsort (E) bei der ersten Peilung. Durch Rechnung lassen sich die Entfernungen mit Hilfe der Sinusregel oder unter Benutzung der Tafel für rechtwinklige Dreiecke finden.

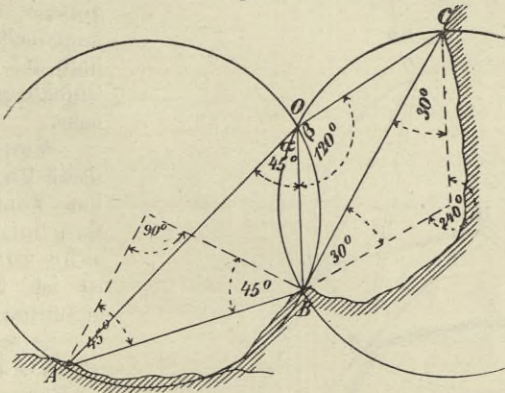
C. Ortsbestimmung mit Hilfe von drei Objekten.

§ 185. Die Bestimmung des Schiffsortes durch Horizontalwinkelmessung zwischen drei in der Karte verzeichneten Objekten (Pothenotsche Aufgabe*) kann durch Zeichnung oder durch Rechnung erfolgen.

Die Zeichnung des Schiffsortes geschieht am besten mit dem in § 32 beschriebenen Doppeltransporteur, für welchen erforderlichenfalls die eben dort erwähnten Ersatzmittel eintreten können. Der Gebrauch des Instrumentes ist an derselben Stelle beschrieben.

Auf andere Weise zeichnet man den Schiffsort (O Fig. 104) als Schnittpunkt zweier Kreise, welchen die Verbindungslinie zwischen je zwei Objekten (AB bzw. BC) als Sehne und der zwischen denselben gemessene Winkel (α bzw. β) als Peripheriewinkel angehört. (Siehe Fig. 104). Den Mittelpunkt des Kreises erhält man bei Peripheriewinkeln bis zu 90° durch Anlegen des Winkelkomplements an die Endpunkte

Fig. 104.



der Sehne nach der dem Beobachtungsort zugewendeten Seite. Bei Peripheriewinkeln über 90° ist der Ueberschuss über 90° an der vom Beobachter abgewendeten Seite anzutragen.

In Fig. 104 beträgt der Winkel zwischen A und B 45° , derjenige zwischen B und C 120° .

Je mehr sich der Winkel, unter dem sich beide Kreise schneiden, dem rechten Winkel nähert, um so günstiger ist dies für die genaue Festlegung des Schiffsortes.

Diese Art der Ortsbestimmung wird ergebnisslos, wenn der Schiffsort auf dem Umfang des durch die drei Objekte bestimmten Kreises liegt. Beim Abtragen der Winkel mit dem Doppeltransporteur erkennt

*) Nach dem Franzosen Pothenot benannt, welcher 1692 mit dem Verfahren als einer neuen Erfindung hervortrat. Nachgewiesenermassen wurde dasselbe schon früher von Anderen, besonders bei Vermessungen, angewendet.

man dies daran, dass die Schenkel derselben auch bei den verschiedensten Lagen mit den drei Objekten in Berührung bleiben. Einen Ausweg bietet in diesem Fall die Peilung eines Objekts.

Ein Schenkel des Doppeltransporteurs wird an die in die Karte eingetragene Peilungslinie angelegt und an dieser solange verschoben, bis die anderen beiden Schenkel die entsprechenden Objekte berühren.

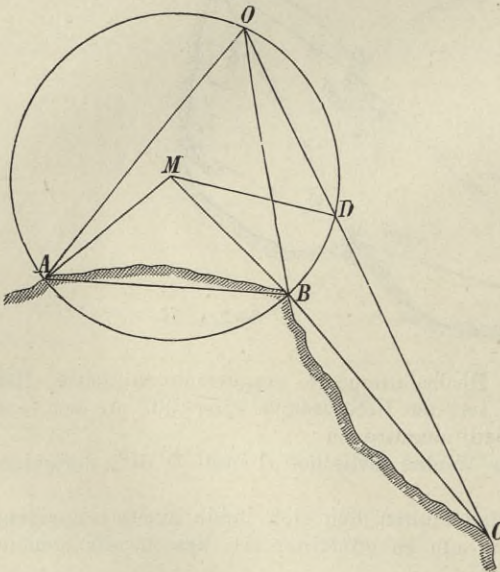
Ist der durch die drei Objekte gehende Kreis eingezeichnet, so giebt der Schnittpunkt desselben mit der Peilungslinie den Schiffsort.

Die Festlegung des Schiffsortes wird immer dadurch sehr erleichtert, dass das mittelste Objekt gepeilt und so die Lage der Winkel gegeneinander ermittelt wird.

Die Zeichnung wird am einfachsten, wenn der Beobachter zwei der Objekte in Deckpeilung hat. Der Schiffsort liegt dann mit den drei Objekten in einem Dreieck, von welchem man eine Seite und die drei Winkel kennt.

Die gemessenen Winkel sind um so grösser, je näher den Objekten sich der Beobachter befindet. Ist ihre Summe 180° , so ist der Beobachter auf der Verbindungslinie der beiden äusseren Objekte. Ist die Summe grösser als 180° , so liegt der Schiffsort innerhalb des durch die drei Objekte gebildeten Dreiecks.

Fig. 105.



Wenn von den drei Punkten einer im Verhältniss zu den beiden anderen sehr entfernt liegt, so ist folgende Konstruktion bequemer:

Es seien in Fig. 105 A, B, C die drei Punkte.

Für den Winkel zwischen A und B wird der Kreis wie vorher konstruirt, sodann der Winkel BMD gleich dem doppelten Winkel, welcher

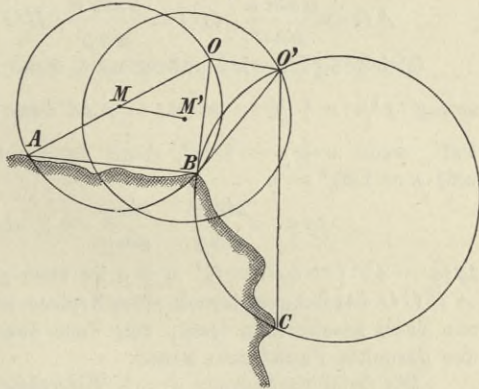
zwischen B und C beobachtet war, im Mittelpunkt M an MB an-

getragen. Zieht man dann die Linie CD und verlängert sie über D bis O , so ist O der gesuchte Punkt der Beobachtung. Die Richtigkeit dieser Konstruktion ist leicht einzusehen.

Es kommt zuweilen vor, dass man nicht drei Punkte zugleich sieht, aber zum zweiten den dritten kurze Zeit darauf in Sicht bekommt. Dann kann man auf folgende Weise die Pothenotsche Aufgabe um-

formen. Man hat in Fig. 106 den Winkel AOB und den Mittelpunkt des zugehörigen Kreises in M gefunden, darauf ist man eine bekannte Fahrt und Distanz gesehelt und hat dann $BO'C$ gemessen, für welchen Winkel der Kreis über BC konstruiert wurde. Wenn man nun Kurs und Distanz von M aus absetzt gleich MM' und um M' denselben Kreis wie den zu M gehörigen nochmals beschreibt, so erhält man den Punkt der zweiten Beobachtung als Schnittpunkt O' . Umgekehrt könnte man auch durch Verschiebung des zweiten Kreises den Punkt der ersten Beobachtung finden.

Fig. 106.

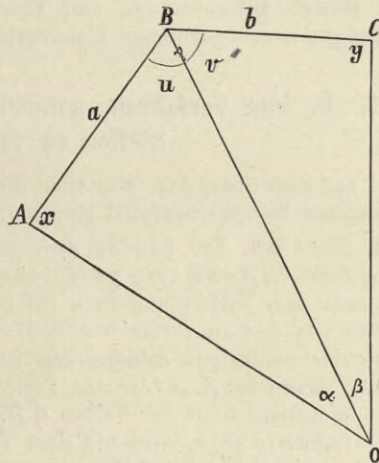


§ 186. Die Auflösung der Aufgabe durch Rechnung lässt sich in folgender Weise ausführen:

Es sind von O aus zwischen den drei Objekten A, B und C die Winkel α und β gemessen (Fig. 107): bekannt sind die Entfernungen der Objekte voneinander, a und b , und ihre Lage zu einander, d. h. der Winkel $ABC = \gamma$.

Es soll die Lage des Punktes O , d. h. also $\sphericalangle x$ oder $\sphericalangle y$ und die Distanz AO oder CO berechnet werden.

Fig. 107.



I. Es ist $\sphericalangle x + \sphericalangle y = 360^\circ - (\alpha + \beta + \gamma)$

$$BO = \frac{a \sin x}{\sin \alpha} = \frac{b \sin y}{\sin \beta}$$

II. $\frac{\sin x}{\sin y} = \frac{b \sin \alpha}{a \sin \beta} = \operatorname{tg} \varphi$ gesetzt: durch Umformung dieser Gleichung

entsteht:

$$\frac{\sin x + \sin y}{\sin x - \sin y} = \frac{\operatorname{tg} \varphi + 1}{\operatorname{tg} \varphi - 1}$$

$$\frac{\operatorname{tg}^{1/2}(x+y)}{\operatorname{tg}^{1/2}(x-y)} = \frac{\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} 45^\circ + 1}{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} 45^\circ} = \frac{1}{\operatorname{tg}(\varphi - 45^\circ)}$$

III. $\operatorname{tg}^{1/2}(x-y) = \operatorname{tg}(\varphi - 45^\circ) \operatorname{tg}^{1/2}(x+y)$.

Nachdem man nach Gleichung II den Hilfswinkel φ berechnet, findet man nach III $\frac{1}{2}(x - y)$ und mit Hilfe von I demnach x und y . Die Winkel u und v sind dann auch bekannt. Die Berechnung der Abstände AO , CO und BO bietet sodann keine Schwierigkeit.

$$AO = \frac{a \sin u}{\sin \alpha}; \quad CO = \frac{b \sin v}{\sin \beta}; \quad BO = \frac{a \sin x}{\sin \alpha} = \frac{b \sin y}{\sin \beta}.$$

Gleichung III wird unbestimmt, wenn $\operatorname{tg}(\varphi - 45^\circ) = 0$ und gleichzeitig $\operatorname{tg} \frac{1}{2}(x + y) = \infty$ ist; es wird dann $\operatorname{tg} \frac{1}{2}(x - y) = \frac{0}{0}$; dies ist der Fall, wenn $x + y = 180^\circ$, denn dann ist $\operatorname{tg} \frac{1}{2}(x + y) = \operatorname{tg} 90^\circ = \infty$ und $x = 180^\circ - y$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin x}{\sin y} = \frac{\sin y}{\sin y} = 1, \text{ also } \varphi = 45^\circ \text{ und}$$

$\operatorname{tg}(\varphi - 45^\circ) = \operatorname{tg} 0 = 0$. $x + y$ ist aber gleich 180° , wenn das Viereck $ABCO$ das Sehnenviereck eines Kreises ist, d. h. wenn sich um dasselbe ein Kreis beschreiben lässt, von dem dann jeder Punkt der Peripherie der gesuchte Punkt sein kann.

Die Ortsbestimmung durch Winkelmessung zwischen drei Objekten hat den grossen Vortheil, dass sie unabhängig vom Kompass und dessen durch Deviationsänderungen und Erschütterungen infolge der Schiffsbewegungen hervorgerufenen Unzuverlässigkeiten ist.

§ 187. D. Das Verfahren, gefährliche einer Küste vorgelagerte Stellen zu vermeiden

beruht auf dem Satz, dass alle über derselben Sehne in einen Kreis eingezeichneten Peripheriewinkel gleich gross sind.

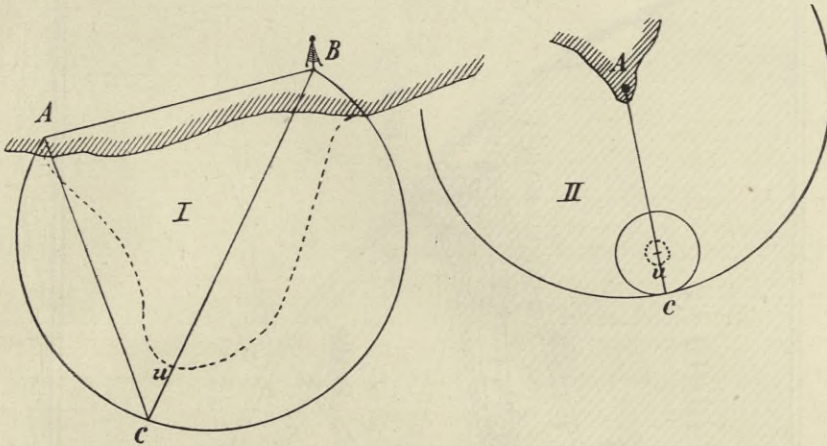
1. Sind an der hinter der gefährlichen Stelle liegenden Küste zwei in der Karte verzeichnete Gegenstände in Sicht, so zieht man die Verbindungslinie (AB Fig. 108 I) zwischen denselben. Seewärts von der zu vermeidenden Untiefe (U) wird ein Punkt (C) als Grenze der zulässigen Annäherung bezeichnet und mit A und B verbunden. Dann ist $\sphericalangle ACB$ der Peripheriewinkel des durch A, C und B gehenden Kreises über der Sehne AB . Die Grösse des Winkels ACB , des Gefahrwinkels, wird mit dem Transporteur bestimmt.

Durch Horizontalwinkelmessung zwischen A und B kontrollirt man die Entfernung des Schiffes von der Untiefe U . Solange der gemessene Horizontalwinkel kleiner bleibt als der Gefahrwinkel ACB , ist man ausserhalb des Kreises und ausser Gefahr, wird derselbe grösser, so ist man innerhalb des Kreises also in unzulässiger Nähe der gefährlichen Stelle.

2. Ist in der Nähe der gefährlichen Stelle ein in der Karte enthaltener Gegenstand von bekannter Höhe in Sicht, so kann man den nach demselben gemessenen Höhenwinkel in ähnlicher Weise als Warnung gegen zu grosse Annäherung benutzen. Man schlägt zu dem Zweck um die Untiefe (U Fig. 108 II) einen Kreis, dessen Halbmesser

das Maass der beabsichtigten Annäherung ist, und zieht die Verbindungslinie des bekannten Gegenstandes A mit U , welche den Kreis seawärts in C schneidet. Dann giebt AC die Entfernung in Seemeilen, in welcher man A zu halten hat, um ausser Gefahr zu bleiben.

Fig. 108.



Den entsprechenden Höhenwinkel, den Gefahrwinkel, erhält man nach der Formel:

$$d = \frac{13}{7} \frac{h}{m} \text{ (siehe § 178), d. i. } m = \frac{13}{7} \frac{h}{d} \text{ in Minuten,}$$

worin d die Entfernung in Seemeilen und h die Höhe in Metern bedeutet, oder aus der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke.

Ist der von Bord aus gemessene Höhenwinkel kleiner als der berechnete Gefahrwinkel, so ist man ausserhalb eines mit AC um A geschlagenen Kreises, also ausser Gefahr, ist er grösser, so ist man innerhalb desselben, demnach zu nahe herangekommen.

Beispiel 1 (Fig. 109):

Zwischen Markelsdorfer Huk und Marienleuchte ist der Küste von Fehmarn das Puttgarden-Riff mit seinen Ausläufern bis etwa 1,7 Sm in den Fehmarn-Belt hinein vorgelagert. Die genannten Küstenpunkte sind durch Leuchtfeuer bezeichnet. Das Gewässer kann unter gewöhnlichen Umständen ohne Schwierigkeit mit NWzW bis SOzO-Kurs durchsteuert werden, hat man jedoch Ursache, dicht an der Küste von Fehmarn entlang zu steuern, so bietet der Gefahrwinkel zwischen Markelsdorf und Marienleuchte eine schätzenswerthe Hülfe.

Schlägt man über der Verbindungslinie beider Orte AB als Sehne durch einen Punkt C einen Kreisbogen, welcher etwa 0,6 Sm nördlich frei von der 10 m-Linie geht, so erhält man durch Nachmessen mit dem Transporteur einen Gefahrwinkel von $96^\circ 45'$. Man befindet sich also in tiefem Wasser, solange man innerhalb der Peilungen Markelsdorf SWzW und Marienleuchte S keinen grösseren Winkel als $96^\circ 45'$ zwischen den beiden Feuerthürmen misst.

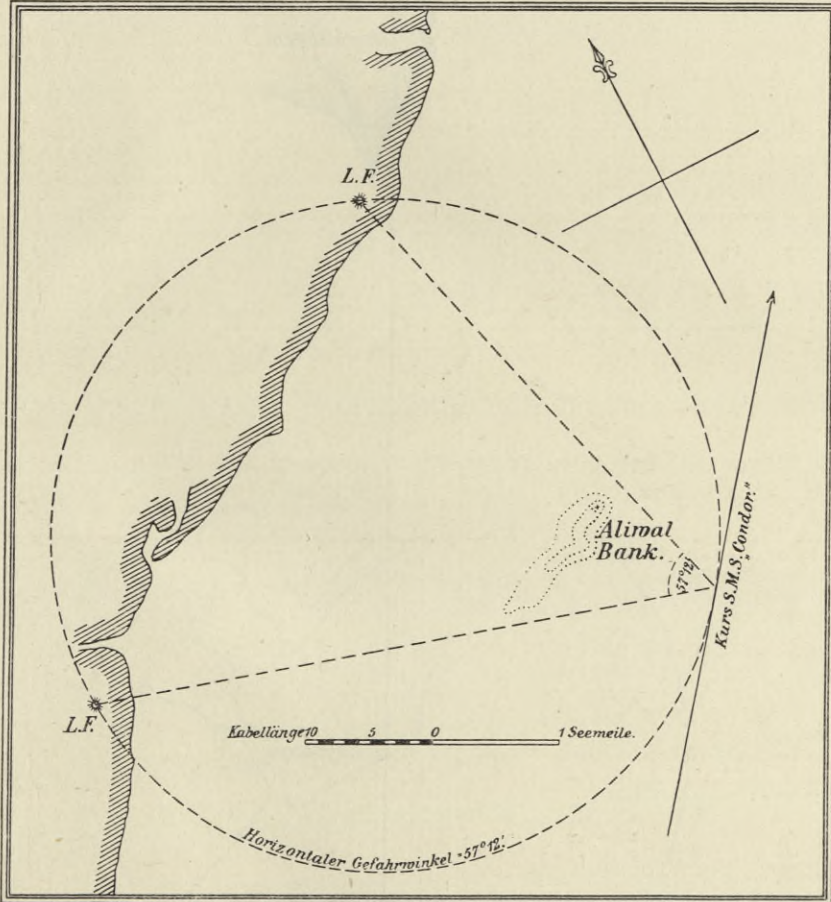
Als Gedächtnissregel merke man: So lange man den Winkel zwischen Markelsdorf und Marienleuchte nicht grösser als 90° misst, ist das Schiff gut frei von Puttgarden-Riff.

Beispiel 2 (Fig. 109 a):

In der Nacht vom 29. zum 30. März 1899 wollte S. M. S. „Condor“ in einem Abstand von nicht unter 1 Sm ausserhalb der an der Küste von Natal gelegenen Aliwal Bank passiren.

Der durch Konstruktion gefundene Gefahrwinkel betrug $57^{\circ} 12'$ und wurde als horizontaler Winkel am Sextanten eingestellt.

Fig. 109 a.



Beispiel 3:

Man will beim Runden der Südspitze von Helgoland vom Hogstean eine halbe Seemeile entfernt bleiben. (Fig. 110.)

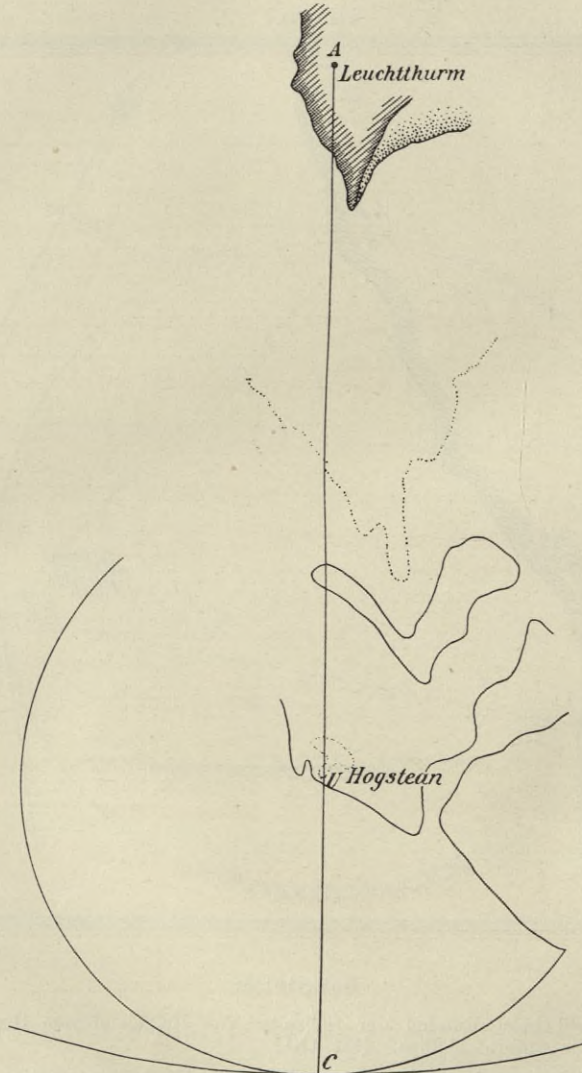
Die Entfernung des Hogstean vom Helgoland-Leuchtthurm entnimmt man aus der Karte zu 2300 m = 1,24 Sm, die Höhe des Leuchtfeuers über Hochwasser beträgt 68,5 m.

Dann ist $d = AC = 1,24 + 0,5 = 1,74 \text{ Sm} = 3226 \text{ Sm}$ also

$$m = \frac{13 h}{7 d} = \frac{13 \cdot 68,5}{7 \cdot 1,74} = 73' = 1^\circ 13'.$$

Die Benutzung der Tafel für rechtwinklige Dreiecke empfiehlt sich bei solch kleinem Winkel nicht, da ein einigermaassen genaues Ergebniss eine zeitraubende Interpolation erfordert.

Fig. 110.



Der nach dem Helgoland-Leuchtturm gemessene Höhenwinkel darf also nicht kleiner als $1^\circ 13'$ werden, wenn man mit der beabsichtigten Sicherheit fahren soll.

Beispiel 4 (Fig. 110a):

Am 23. Januar 1899, 3^h p. m., wollte S. M. S. „Condor“ das Kap der guten Hoffnung in einem Abstände von 3,3 Sm runden, um 1 Sm von dem südlich gelegenen Bellows Fels abzubleiben.

$$d = \frac{13}{7} \cdot \frac{h}{m},$$

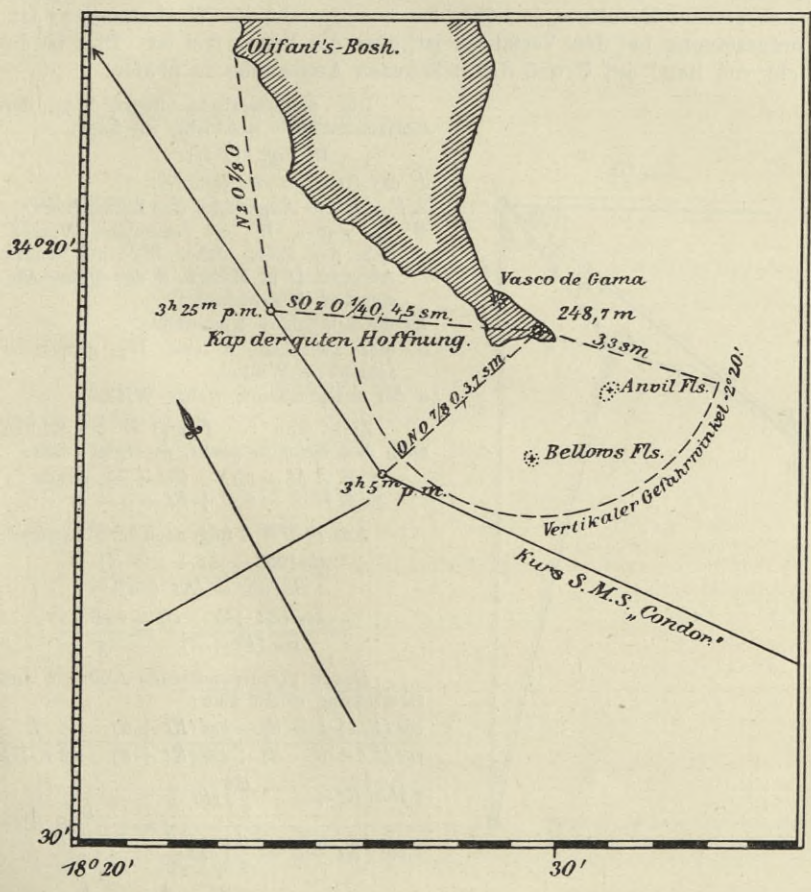
$d = 3,3 \text{ Sm} =$ dem gewünschten Abstände vom Kap der guten Hoffnung,

$h =$ der Höhe des Feuers auf Kap der guten Hoffnung $= 248,7 \text{ m}$.

$$3,3 = \frac{13}{7} \cdot \frac{248,7}{m},$$

Gefahrwinkel $m = 2^\circ 20'$.

Fig. 110a.



E. Abstandsbestimmung auf See.

Diese Abstandsbestimmung dient vorzugsweise artilleristischen Zwecken. Da ihre Ausübung an Bord der Kriegsschiffe in der Regel dem Navigationspersonal zufällt, soll ein kurzer Abriss der mit den gewöhnlichen nautischen Spiegelinstrumenten ausführbaren Verfahren gegeben werden.

1. Die Horizont-Methode.

§ 188. Man misst zur Bestimmung des Abstandes (D) (Fig. 111) von möglichst hohem Standpunkt, in der Regel vom Mars aus, mit dem Sextanten den Vertikalwinkel (α_1) zwischen der freien Kimm und der Wasserlinie des Objektes (feindliches Schiff, Scheibe) und entnimmt den der Augeshöhe des Beobachters und dem gemessenen Winkel entsprechenden Abstand einer hierzu berechneten Abstandstabelle. Die Methode giebt um so bessere Resultate, je höher der Standpunkt des Winkelmessers ist. Voraussetzung bei dem Verfahren ist, dass die Kimm frei ist. Dies ist in Sicht von Land auf Grund der bekannten Augeshöhe zu prüfen.

Die mathematische Begründung der Horizontmethode geschieht, wie folgt:

In Fig. 111 sei:

F der Standort des Schiffes,
 $AF = h$ die Augeshöhe des Beobachters,
 W die wahre, W_1 die scheinbare Wasserlinie des Ziels, daher WF der wahre Abstand D in Metern, d der wahre Abstand in Bogenminuten,
 Kt die scheinbare Kimmtiefe,
 α_1 der zwischen K und W_1 gemessene scheinbare Winkel,
 α der entsprechende wahre Winkel.

Zieht man von F und W die Radien nach dem Erdmittelpunkt, so ergibt sich:

$$\sphericalangle WAM = 90^\circ - (Kt + \alpha), \text{ daher}$$

$$\sphericalangle MWA = 90^\circ + Kt + \alpha - d.$$

Aus $\triangle MWA$ folgt nach der Sinusregel:

$$\frac{\sin [90^\circ + Kt + \alpha - d]}{\sin [90^\circ - (Kt + \alpha)]} = \frac{r + h}{r}$$

$$= \frac{\cos (Kt + \alpha - d)}{\cos (Kt + \alpha)} = \frac{r + h}{r}.$$

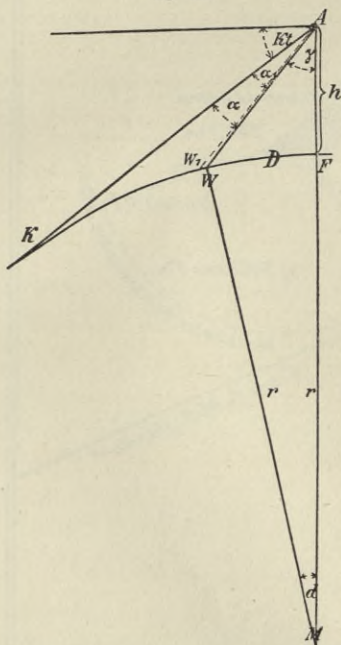
Durch korrespondirende Addition und Subtraktion erhält man:

$$\frac{\cos (Kt + \alpha - d) - \cos (Kt + \alpha)}{\cos (Kt + \alpha - d) + \cos (Kt + \alpha)} = \frac{h}{2r + h}$$

$$\frac{2 \sin \left(Kt + \alpha - \frac{d}{2} \right) \sin \frac{d}{2}}{2 \cos \left(Kt + \alpha - \frac{d}{2} \right) \cos \frac{d}{2}} = \frac{h}{2r + h} \text{ oder}$$

$$\operatorname{tg} \left(Kt + \alpha - \frac{d}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{d}{2} = \frac{h}{2r + h}.$$

Fig. 111.



Da h gegenüber $2r$ sehr klein und $\frac{d}{2}$ ebenfalls sehr klein ist, gilt

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \left(Kt + \alpha - \frac{d}{2} \right) \cdot \frac{d}{2} \cdot \sin 1' &= \frac{h}{2r} \text{ oder} \\ \operatorname{tg} \left(Kt + \alpha - \frac{d}{2} \right) &= \frac{h}{r \cdot d \cdot \sin 1'}. \end{aligned}$$

Führt man statt d in Bogenminuten den Abstand D in Metern ein, indem man $d = \frac{D}{1852}$ setzt, so lautet die Gleichung:

$$\operatorname{tg} \left(Kt + \alpha - \frac{0,5'}{1852} D \right) = \frac{h}{D} \cdot \frac{1852}{r \cdot \sin 1'}.$$

Da sich die Bogen desselben Winkels wie die Radien verhalten, so ist

$$\frac{1852}{\operatorname{arc} 1'} = \frac{r}{1} \text{ also } \frac{1852}{r \cdot \sin 1'} = 1.$$

Die Gleichung geht daher über in:

$$\operatorname{tg} \left(Kt + \alpha - \frac{0,5'}{1852} \cdot D \right) = \frac{h}{D}.$$

Berücksichtigt man nun, dass die vom Auge nach dem Objekt gezogene Linie AW durch die irdische Refraktion um etwa $\frac{1}{13} = 0,08$ des Abstandes der Wasserlinie (in Bogenminuten ausgedrückt) gehoben wird, so erhält man:

$$\alpha - \alpha_1 = \frac{0,08}{1852} D \text{ oder } \alpha = \alpha_1 + \frac{0,08}{1852} D.$$

Es ist also:

$$\operatorname{tg} \left(Kt + \alpha_1 - \frac{0,42'}{1852} D \right) = \frac{h}{D}$$

oder ausgerechnet und für Abstandsunterschiede von 100 zu 100 Meter eingerichtet:

$$\operatorname{tg} \left(Kt + \alpha_1 - \frac{1,36''}{100} \cdot D \right) = \frac{h}{D}.$$

für die logarithmische Rechnung einer Abstandstabelle ergibt sich hieraus die Formel:

$$\log \operatorname{tg} \left(Kt + \alpha_1 - \frac{1,36''}{100} \cdot D \right) = \log h - \log D, \text{ oder}$$

$$Kt + \alpha_1 - \frac{1,36''}{100} \cdot D = \operatorname{arc} \log \operatorname{tg} (\log h - \log D).$$

Die Formel, nach welcher die Abstandstabellen für Augeshöhen von 1 bis 50 m und Entfernungen bis 5000 m berechnet werden, lautet dementsprechend:

$$\alpha_1 = \operatorname{arc} \log \operatorname{tg} (\log h - \log D) + 1,36'' \frac{D}{100} - Kt.$$

2. Die Höhenwinkelmethode.

§ 189. Dieses Verfahren entspricht genau dem in § 178 für Abstandsbestimmungen geschilderten.

Die Winkel für die Berechnung der von 50 m zu 50 m oder von 100 m zu 100 m fortschreitenden Tabelle ergeben sich aus der Formel:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{D}.$$

Der Einfluss der Refraktion sowie die Augeshöhe des Beobachters bleibt ausser Betracht. Das Verfahren ist anwendbar, wenn die Höhe der Masten oder Schornsteine des Schiffes etc., dessen Abstand bestimmt werden soll, bekannt und die Spitze des Höhenobjektes und die Wasserlinie sichtbar ist. Es findet besonders zur Positionsbestimmung in Schiffsverbänden Verwendung.

3. Die doppelte Horizontalwinkelmessung.

§ 190. Zwei an den Endpunkten einer Basis von bekannter Länge stehende Beobachter messen gleichzeitig den Horizontalwinkel zwischen sich und einem bestimmten Punkt des Objekts. Die Mittellinie des durch die Basis-Endpunkte und den Objektpunkt gebildeten Dreiecks, von welchem man eine Seite und zwei Winkel kennt, ist der gesuchte Abstand. Derselbe wird durch trigonometrische Rechnung leicht gefunden.

In Fig. 112 sind:

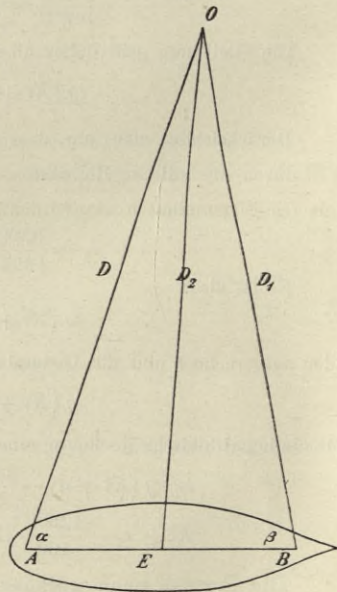
- A* und *B* die Endpunkte der Basis *E*,
- α und β die gemessenen Winkel nach dem Objektpunkt *O*.
- D* und *D*₁ die Seiten des Dreiecks *AOB*,
- D*₂ die Verbindungslinie von *O* mit der Mitte der Basis, der gesuchte Abstand.

Es ist sofort ersichtlich, dass die Lösung der Aufgabe nur dann schnell möglich ist, wenn das Objekt gerade querab peilt. Man hat dann:

$$D_2 = \frac{E}{2} \cdot \cos \alpha = \frac{E}{2} \cdot \cos \beta.$$

Man kann diesen Werth entweder aus der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke oder einer für das einzelne Schiff, auf Grund der halben Basislänge, besonders berechneten Tabelle entnehmen. In allen anderen Fällen ist das Verfahren für den Gebrauchszweck zu zeitraubend. Gieren oder Stampfen des Schiffes macht das Ergebniss unsicher.

Fig. 112.



F. Allgemeines über Zuverlässigkeit und Werth von Peilungen und Winkelmessungen.

Es ist nothwendig, sich Rechenschaft zu geben, welches Maass von Vertrauen den im Vorhergehenden beschriebenen Orts- und Abstandsbestimmungen gebührt.

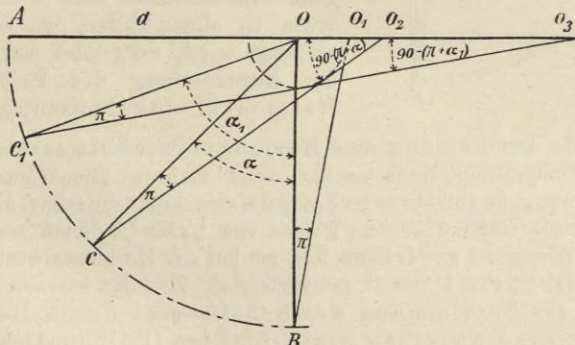
§ 191. Eine Peilung kann an Bord durch ungünstige Umstände, wie Seegang, Dunkelheit, unsichtiges Wetter, Trägheit oder zu grosse Beweglichkeit der Kompassrose, stark beeinflusst werden, so dass Fehler von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ Strich nicht ausgeschlossen sind. Hierzu kommen noch die

durch Ungenauigkeiten bei der Deviationsbestimmung und Eintragung der Peilungslinie in die Karte bedingten Abweichungen.

Der beliebtesten und gebräuchlichsten Ortsbestimmung, der Kreuzpeilung, können an Bord Fehler von etwa einem Strich anhaften. Hieraus folgt, dass die Objekte für eine Kreuzpeilung so zu wählen sind, dass der Fehler möglichst geringen Einfluss hat. Dies ist der Fall, wenn der Winkel, unter dem sich die beiden Peilungslinien schneiden, 90° ist. Wie sehr der Fehler in der Position bei gleichem Peilungsfehler wächst, je mehr der Winkel zwischen den Peilungslinien von 90° abweicht, zeigt Fig. 113.

O sei der durch rechtwinklig sich schneidende Peilungen nach den Objekten A und B bestimmte Schiffsort. Ist die Peilung nach B mit einem Fehler π behaftet, so ist OO_1 der hierdurch bedingte Positionsfehler. Peilt man an Stelle von B ein anderes Objekt C , dessen Peilungsrichtung gegenüber von OA um den Winkel α von 90° abweicht, so er-

Fig. 113.



hält man bei gleichem Peilungsfehler den erheblich grösseren Positionsfehler OO_2 . Das Anwachsen der Abweichung des Schneidungswinkels vom rechten Winkel auf den Betrag α_1 hat eine Vergrößerung des Positionsfehlers auf OO_3 zur Folge.

Die Steigerung des Positionsfehlers lässt sich berechnen und erforderlichenfalls in einer Tabelle zusammenstellen.

Ist d der Abstand des Schiffsortes von den Peilobjekten, so ist:

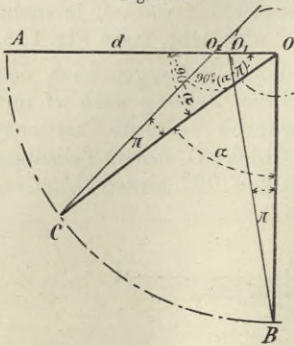
$$\begin{aligned} \frac{d}{OO_1} &= \cotg \pi \\ \frac{d}{OO_2} &= \frac{\sin [90 - (\pi + \alpha)]}{\sin \pi} = \frac{\cos (\pi + \alpha)}{\sin \pi} = \cos \alpha \cdot \cotg \pi - \sin \alpha \\ \frac{d}{OO_2} &= \frac{OO_1}{OO_2} = \frac{\cos \alpha \cdot \cotg \pi - \sin \alpha}{\cotg \pi} = \cos \alpha - \sin \alpha \cdot \tg \pi, \text{ oder} \\ \frac{d}{OO_1} &= \frac{OO_1}{OO_2} = \frac{d \cdot \tg \pi}{\cos \alpha - \sin \alpha \tg \pi} = \frac{d}{\cos \alpha \cdot \cotg \pi - \sin \alpha} \end{aligned}$$

Man sieht, OO_2 wächst mit dem Anwachsen von α und wird unendlich, wenn $\alpha = 90^\circ - \pi$ ist. Fällt π auf die andere Seite in den spitzen Winkel zwischen den Peilungslinien, so tritt $\sin [90^\circ + (\alpha - \pi)]$ an Stelle von $\sin [90^\circ - (\pi + \alpha)]$ und die Schlussformel lautet:

$$OO_2 = \frac{d}{\cos \alpha \cdot \cot \pi + \sin \alpha} \quad (\text{Fig. 113a}).$$

Der Fehler wächst weniger schnell als im vorhergehenden Fall.

Fig. 113a.



Um grobe Peilungsfehler auszuschalten, hat man, wenn die Gelegenheit sich bietet, zwei Kreuzpeilungen zu nehmen oder die Kreuzpeilung wenigstens durch Peilung eines dritten Objekts zu kontrollieren.

In solchen Fällen, wo der Winkel zwischen den Peilungslinien stark von 90° abweicht, oder wenn der Abstand der Objekte vom Schiffsort sehr verschieden ist, sowie in allen Fällen, wo Genauigkeit verlangt wird, verwendet man an Stelle der Kreuzpeilung die Peilung und Horizontalwinkelmessung.

§ 192. Die Peilung und Horizontalwinkelmessung verdient vor der Kreuzpeilung, auch nachts, wenn mehrere Leuchtfeuer in Sicht sind, den Vorzug, da sich diese im Spiegelinstrument sehr scharf zur Deckung bringen lassen. Gegenüber dem Fehler von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ Strich, welchen man bei einer Peilung zu gewärtigen hat, ist bei der Horizontalwinkelmessung eine Genauigkeit von $1'$ bis $2'$ gewährleistet. Es folgt hieraus, dass dann, wenn sich zur Bestimmung des Schiffsortes durch Horizontalwinkelmessung zwischen drei Objekten (Pothenotsche Aufgabe) Gelegenheit bietet, derselben stets der Vorzug vor der Kreuzpeilung gebührt, indem ein geschultes Personal Winkelmessungen mit dem Spiegelinstrument schneller, gleichzeitiger und genauer ausführt als Kompasspeilungen, und mit Hilfe des Doppeltransporteurs auch die Eintragungen in die Karte schnell genug bewerkstelligt.

Wenn z. B. beim Durchsteuern eines gekrümmten schwierigen Fahrwassers die Kurse schnell geändert werden, so wird die beständig wechselnde Deviation des Peilkompasses eine grosse Fehlerquelle, auch abgesehen davon, dass infolge der Eile Versehen beim Ablesen oder der Anwendung der Deviation mit unterlaufen können. Die das Peilen oft sehr erschwerenden Behinderungen durch Seitenboote, Segel, Masten etc., sowie durch Gieren, Stampfen und Schlingern des Schiffs, fallen bei Winkelmessungen entweder ganz fort oder wirken weniger störend.

Bei der Navigierung an der Küste ist der Horizontalwinkelmessung mit Gebrauch des Doppeltransporteurs besondere Wichtigkeit beizumessen. Unsere heimischen Gewässer, z. B. die Belt- und Sunddurchfahrten, sind ein Gebiet, auf welchem eine zuverlässige Ortsbestimmung nach Landobjekten bei vertriebener oder aufgenommenen Betonung oft besonders notwendig wird.

Sorgsame Schulung des Navigationspersonals im Messen von Horizontalwinkeln und im Gebrauch des Doppeltransporteurs ist daher unerlässlich.

Ist, wie auf Kriegsschiffen vorausgesetzt werden kann, ausreichendes geschultes Personal vorhanden, so übertrage man zwei Beobachtern die Winkelmessung, einem dritten Mann die Bedienung des Doppeltransporteurs. Die zu messenden Winkel werden als „rechter“ und „linker Winkel“ bezeichnet. Die Leitung der Beobachter, Angabe und Bezeichnung der Landobjekte und die Kontrolle der in der Karte niedergelegten Punktreihen übt der Navigationsoffizier selbst aus. Wird hierzu noch das Loth in Gebrauch genommen, so sind die Hauptanforderungen an sichere Navigirung erfüllt.

§ 193. Bei Höhenwinkelmessungen ist zu beachten, dass die in Betracht kommenden Winkel in der Regel klein sind und in der Rechnungsformel meist mit der Tangente oder dem Sinus auftreten, deren Werth sich bei kleinen Winkeln rasch ändert. Die Höhenwinkelmessungen sind deshalb sorgfältig und mit guten Spiegelinstrumenten auszuführen. Wegen des veränderlichen Einflusses der irdischen Strahlenbrechung darf man bei grossen Entfernungen kein ganz scharfes Ergebniss mehr erwarten.

Höhenangaben von Bergen sind oft ungenau. Die Höhenangabe bei Leuchthürmen bezieht sich auf die Höhe des Feuers über Wasser, der Höhenwinkel ist also nach der Mitte der Laterne zu messen. Der Unterschied des Wasserstandes zur Zeit der Winkelmessung gegen denjenigen, auf welchen die Höhenangabe bezogen ist, ist zu berücksichtigen.

Die Fehler, welche der Messung des Schiffsweges durch das Log anhaften, sind schon früher besprochen, es sei hier nur darauf hingewiesen, dass die hieraus entspringende Ungenauigkeit beim Messen der Versegelung bis zu 10 pCt. der geloggeten Distanz sich steigern kann.

G. Die Peilscheibe für Abstandsbestimmungen.

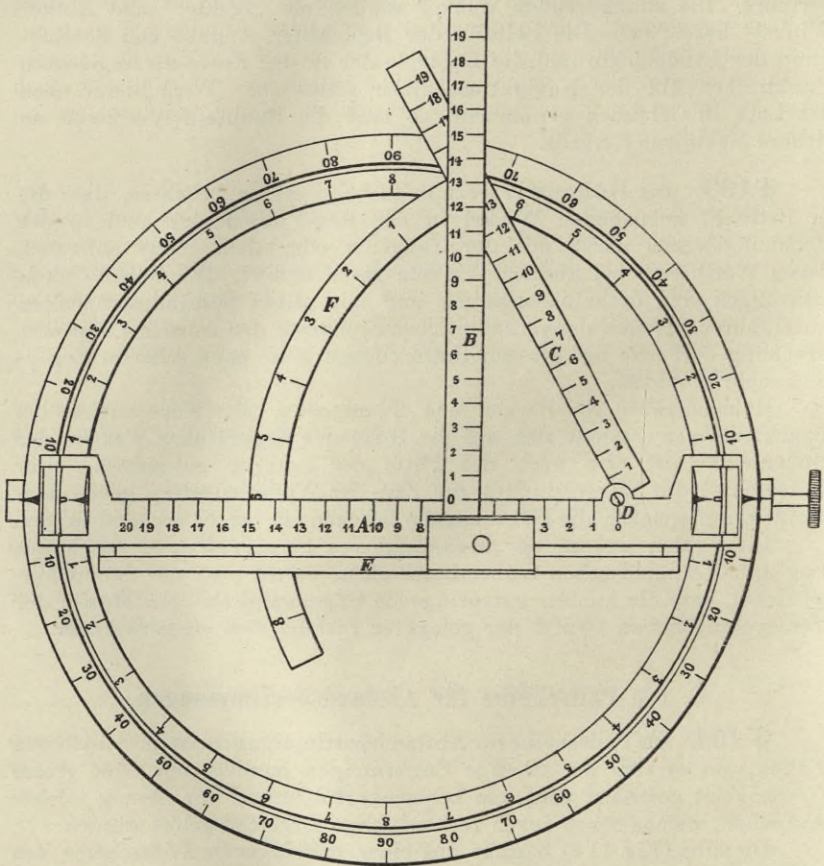
§ 194. Die Peilscheibe für Abstandsbestimmungen ist in denjenigen Fällen, wo es sich um mässige Entfernungen handelt und keine grosse Genauigkeit gefordert wird, ein bequemes Hilfsmittel zur Lösung solcher Aufgaben, welche sonst durch rechtwinklige Dreiecke gelöst werden.

Dieselbe (Fig. 114) besteht aus einer messingenen Kreisscheibe von 30 cm Durchmesser, welche am Rande eine Eintheilung in Striche und Grade und, um den Mittelpunkt drehbar, eine Peilvorrichtung trägt, welche aus Diopter und Faden besteht. Das die beiden letzteren verbindende Diopterlineal A ist mit einer bis 20 reichenden Eintheilung in ganze und zehntel Theilstriche versehen und trägt den an einer Stange E verschiebbaren Schenkel B und den um den Punkt D drehbaren Schenkel C . Beide Schenkel haben eine der Linealtheilung entsprechende Eintheilung, welche ebenfalls — bei B nach Ansetzen eines Verlängerungsstücks — bis 20 reicht.

Schenkel C trägt einen nach Graden und Strichen getheilten Kreisbogen F , mittelst dessen der Winkel bei D zwischen A und C gemessen

bezw. eingestellt werden kann. *A* und *B* stellen somit die Katheten, *C* die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks dar. Die Peilscheibe ruht, um eine Achse drehbar, auf einem rautenförmigen Träger, welcher zu ihrer Ein- und Feststellung auf dem anliegenden Kurs mit Indexstrichen

Fig. 114.



und Klemmschraube versehen ist. Ein an der Unterseite des Trägers befindlicher Zapfen und eine Schraube dienen zur Befestigung auf einer an geeignetem Ort auf der Kommandobrücke eingelassenen Platte.

Zur Erleichterung des Gebrauchs des Instrumentes bei Nacht ist neuerdings eine Vorrichtung zur selbstthätigen Einstellung auf die Kardinal- und Interkardinalpunkte angebracht.

§ 195. Der Gebrauch des Instrumentes soll durch die folgenden Beispiele erläutert werden:

1. Aus Peilung und gleichzeitiger Entfernung eines Gegenstandes vom Schiff den Abstand zu finden, in welchem derselbe bei unverändertem Kurs passirt wird.

Der Kurs sei Nord, die Peilung $NNO\frac{1}{2}O$, die Entfernung 2000 m (Fig. 115). Man stelle mittelst des Kreisbogens bei D den Winkel von $2\frac{1}{2}$ Strich ein und verschiebe den Schenkel B so lange, bis seine Schneide die Theilung des Schenkels C bei dem 20. Theilstrich trifft; man liest dann auf B an der Kreuzungsstelle 9,4 ab, was, da 20 2000 m bedeutet, den Passirabstand zu 940 m ergibt. (Aus der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke erhält man 943 m.)

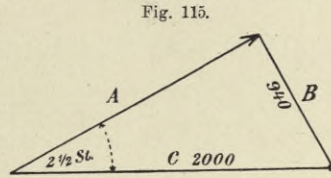


Fig. 115.

2. Welcher Kurs muss gesteuert werden, damit man einen Gegenstand, dessen Peilung und Entfernung bekannt ist, in bestimmtem Abstand passirt? (Fig. 116.)

Die Peilungsrichtung ist $NNO\frac{1}{2}O$, die Entfernung 1950 m, der Passirabstand soll 1250 m betragen.

Durch Bewegungen des Schenkels B entlang A und Drehen von C , bis die Theilungen von B und C sich in 12,50 bzw. 19,5 treffen, bringt man C in einen Winkel von $3\frac{1}{2}$ Strich zu A , wie die Ablesung auf dem Kreisbogen F zeigt. Der zu steuernde Kurs ist also NzW bzw. ONO , je nachdem man den Gegenstand an St. B. oder an B. B. lassen will.

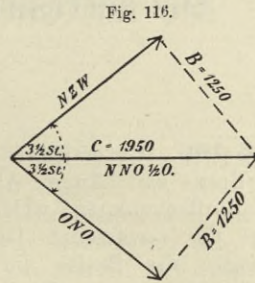


Fig. 116.

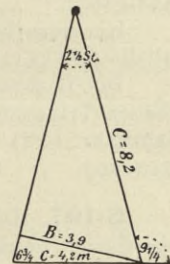
(Aus der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke erhält man einen Winkel von 40° .)

3. Bestimmung des Abstandes durch zweimalige Peilung im Vorübersegen und Ermittlung der Versegelung zwischen den Peilungen.

Man peilt einen Gegenstand das erste Mal $6\frac{3}{4}$ Strich vom Kurs, das zweite Mal $9\frac{1}{4}$ Strich vom Kurs, die Versegelung zwischen beiden Peilungen ist 4 Sm. Wie ist der Abstand? (Fig. 117.)

Stellt man bei D den Winkel von $6\frac{3}{4}$ Strich ein und verschiebt B , bis seine Schneide die Theilung von C bei 4 trifft, so liest man an B die Länge des vom Ort der zweiten Peilung auf die erste Peilungslinie gefällten Lothes zu 3,9 ab. Wird jetzt bei D der Winkel $2\frac{1}{2}$ Strich eingestellt und B verschoben, bis 3,9 seiner Theilung den Schenkel C trifft, so giebt die Ablesung auf C die Entfernung bei der zweiten Peilung zu 8,2 Sm an. (Das Ergebniss deckt sich mit dem aus der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke erlangten.)

Fig. 117.



4. Abstandsbestimmung durch Höhenwinkelmessung nach einem Gegenstand von bekannter Höhe.

Der Höhenwinkel eines Gegenstandes von 20 m Höhe ist zu $2^\circ 0'$ gemessen. Wie gross ist der Abstand?

Stelle bei D den Winkel 2° ein, verschiebe B so lange, bis 0,2 seiner Theilung mit der Kante von C zusammentrifft, dann giebt die Ablesung auf A den Abstand zu 560 m. (Aus der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke erhält man 560 bis 580 m.)

Soll umgekehrt der einem Abstand von 560 m entsprechende Höhenwinkel gefunden werden, so schiebt man den Schenkel B nach 560 der Theilung auf A und dreht C so lange, bis seine Kante die Schneide von B an der Theilungsstelle 0,2 kreuzt. An dem Kreisbogen F liest man dann den Höhenwinkel zu $2,0^\circ$ ab.

Die Benutzung der Peilscheibe zu Aufgaben der Höhenwinkelmessung liefert mit Rücksicht darauf, dass Bruchtheile von Winkelgraden und die der Entfernung gegenüber in der Regel sehr geringe Objektshöhe meist auf Schätzung eingestellt werden müssen, nur in günstigen Ausnahmefällen ein zuverlässiges Ergebniss. Dasselbe ist im Allgemeinen nur als roher Anhalt anzusehen.

Theil VII.

Die terrestrische Besteckrechnung.

Allgemeines.

§ 196. Unter Besteck versteht man die Angabe des Schiffsortes nach Breite und Länge. Als Besteckrechnung schlechthin bezeichnet man die Rechnungen, welche nöthig sind, um einerseits aus Breite und Länge des verlassenen Ortes und den gesteuerten Kursen und Entfernungen die Breite und Länge des erreichten Schiffsortes sowie andererseits, um aus Breite und Länge zweier Orte den zu steuernden Kurs und die abzulaufende Entfernung von einem Ort zum andern zu finden.

Der Kurs des Schiffes wird durch den Kompass, die abgelaufene Entfernung durch das Log angegeben.

Diese beiden Instrumente bilden daher die Grundlage der terrestrischen Navigation.

Ein unentbehrliches Hilfsmittel, vor Allem in der Küstenschiffahrt, ist die Seekarte.

Die Rechnungen selbst beruhen vorzugsweise auf den Sätzen der ebenen Trigonometrie, in einzelnen Fällen, wie bei der orthodromischen Schiffahrt (§ 215 u. f.), kommt auch die sphärische Trigonometrie zur Anwendung.

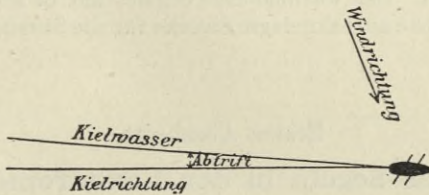
§ 197. Die Richtung des zurückgelegten Schiffsweges auf der Erdoberfläche weicht infolge verschiedener Einwirkungen von der vom Kompass angegebenen Kursrichtung ab. Diese Einwirkungen sind: die Abtrift, die Missweisung und Deviation und die Stromversetzung.

1. Die Abtrift oder der Leeweg ist der Winkel zwischen der Kielrichtung des sich fortbewegenden Schiffes, d. i. dem gesteuerten Kurs, und der Richtung des Schiffsweges durch das Wasser, d. i. dem gesegelten Kurs. Sie ist eine Folge des seitlichen Drucks des Windes oder des Seegangs auf den Schiffskörper. Die seitliche Verschiebung, welche der Schiffskörper im Wasser erleidet, ist um so geringer, je weniger Druckfläche der Schiffskörper dem Wind über Wasser bietet, und je mehr Widerstand der eingetauchte Theil des Schiffskörpers, infolge grossen Tiefgangs, dem Winddruck entgegensetzt.

Die durch die seitliche Verschiebung des Schiffskörpers im Wasser hervorgerufene Abweichung des gesegelten Kurses vom gesteuerten Kurs ist um so geringer, je grösser der inzwischen zurückgelegte Schiffsweg, d. h. je grösser die Fahrt des Schiffes ist.

Die Abtrift wird in Strichmaass gemessen durch den Winkel zwischen der Richtung des Kielwassers, bezw. der Logleine und der Kielrichtung des Schiffes (Fig. 118). Sie ist auf den gesteuerten Kurs stets nach Lee anzuwenden.

Fig. 118.



2. Missweisung und Deviation sind im Theil III eingehend besprochen. Für die Verwandlung der in der Besteckrechnung vorkommenden Kurse wird auf die dort in § 67 Seite 88 gegebenen Regeln verwiesen.

Anmerkung. Bei den Kompassrichtungen fehlt leider in Bezug auf die Anwendung von Graden und Strichen ein zweckmässiges System. Die in die meisten Seekarten eingezeichneten Kompasskreise sind in Strichmaass getheilt; daneben ist die Missweisung in Graden angegeben. Sowie also die Karte nicht mehr ganz neu ist, muss man auf derselben schon Strich- und Gradmaass kombiniren. Die Deviation des Kompasses wird in Strich- oder in Gradmaass angegeben. Man peilt mittelst des allgemein in Aufnahme gekommenen Prismendiopters aber durchweg nach Graden. Die Abtrift wird wiederum immer in Strichmaass angegeben. Durch diese zwei nebeneinander herlaufenden Systeme ist es nothwendig geworden, die Kompassrosen nach Strichen und Graden einzutheilen. Diese doppelte Eintheilung ist für alle Kompassse der Kaiserlichen Marine in Anwendung gebracht.

Beispiel.

Der Kompasskurs ist NO, die Missweisung 2°W, die Deviation 5°O. Die Abtrift beträgt bei Nordwind 1/2 Strich. Welches ist der rechtweisende gesteuerte und gesegelte Kurs?

$$\begin{aligned} \zeta_w \text{ gest} &= \zeta^1 + Mw + Dev. \\ \zeta_w \text{ gest} &= NO - 2^\circ + 5^\circ = NO + 3^\circ = NO + 1/4 \text{ Strich} = NO^{1/4}O \text{ rw.} \\ & \qquad \qquad \qquad \text{Abtrift} \qquad \qquad \qquad + \frac{1}{2} \text{ Str} \\ \hline \zeta_w \cdot \text{ges.} & \qquad \qquad \qquad NO^{3/4}O \text{ rw.} \end{aligned}$$

3. Die Stromversetzung wird als ein besonderer Kurs in Rechnung gezogen oder auf der Karte abgesetzt. Dieselbe wird, sofern sie nicht unmittelbar gemessen wurde, angenommen nach Bemerkungen, welche darüber in Karten und Segelanweisungen oder in den Gezeitentafeln in der Regel rechtweisend angegeben sind. (Siehe auch „Anwendung von Strom beim Koppeln der Kurse“ und unter „Stromschiffahrt“.)

Die zurückgelegte Entfernung wird aus der geloggtten Fahrt und der Zeit, während welcher sie innegehalten wurde, berechnet. Bei stetigen Wind- und Seegangsverhältnissen giebt das Mittel der Ergebnisse des in der Regel halbstündlichen Loggens die während einer Stunde zurückgelegte Entfernung an. Tritt jedoch infolge plötzlicher Aenderung dieser Verhältnisse, wie z. B. Nachlassen von Wind und Seegang, weil das Schiff unter Schutz von Land kommt, oder plötzliche Zunahme derselben aus dem entgegengesetzten Grunde, unvermittelt eine Fahrtänderung ein, so ist dies beim Eintragen der zurückgelegten Entfernung ins Logbuch zu berücksichtigen. Der wachhabende Offizier hat in solchem Fall selbst zu bestimmen, welche zurückgelegte Strecke für die Stunde anzurechnen ist.

Erster Abschnitt.

Das Segeln in der Loxodrome.

§ 198. Die Aufgaben der terrestrischen Besteckrechnung sind, wie schon vorher erwähnt, folgende:

a) Aus der bekannten geographischen Lage des Abgangsortes, dem gegebenen Kurs und der zurückgelegten Strecke ist der erreichte Schiffsort zu bestimmen.

b) Aus der bekannten geographischen Lage zweier Orte ist der Kurs und die Entfernung von einem Ort zum andern zu ermitteln.

Zunächst bieten sich zwei einfache Fälle dar, welche der allgemeinen Behandlung dieser Aufgaben zweckmässig vorausgeschickt werden.

1. Das Meridiansegeln.

War der gesegelte Kurs des Schiffes rechtweisend Nord oder Süd, bezw. liegen die beiden Orte, zwischen welchen Kurs und Entfernung bestimmt werden sollen, auf demselben Meridian, so ist eine Aenderung der Länge ausgeschlossen, da der Schiffsweg mit dem Meridian zusammenfällt. Die zurückgelegte Strecke in Seemeilen giebt, da eine Seemeile einer Meridianminute entspricht, unmittelbar die Breitenänderung, den Breitenunterschied (Br-U), in Minuten.

Umgekehrt ist der Breitenunterschied von zwei auf demselben Meridian liegenden Orten, in Minuten ausgedrückt, gleich der Entfernung derselben in Seemeilen.

Beispiele.

1. Von $33^{\circ} 10'$ W-Lg v. Grw.
 $6^{\circ} 5'$ N-Br

segelt ein Schiff S 15° W missweisend 400 Sm (Missweisung 15° W). Welches ist die erreichte Position?

Mw. Kurs S 15° W
 Mw. 15° W

Rw. Kurs Süd

400 Sm gleich $6^{\circ} 40'$ Br-U.

Erreichter Ort des Schiffes

$$\begin{array}{l} 33^{\circ} 10' \text{ W-Lg,} \\ 0^{\circ} 35' \text{ S-Br.} \end{array}$$

2. Kurs und Entfernung zwischen $33^{\circ} 10' \text{ W-Lg}$ v. Grw. $0^{\circ} 35' \text{ S-Br}$
und $33^{\circ} 10' \text{ W-Lg}$ „ $6^{\circ} 5' \text{ N-Br}$

sind zu finden.

$$\begin{array}{l} \text{Lg-U} = 0^{\circ} 0' \\ \text{Br-U} = 6^{\circ} 40' = 400 \text{ Sm.} \end{array}$$

Daher: Rechtweisender Kurs: Nord 400 Sm und für die Missweisung 15° West, missweisender Kurs N 15° O 400 Sm.

2. Das Parallelsegeln.

§ 199. Ist der gesegelte Kurs rechtweisend Ost oder West, bezw. liegen die beiden Orte, zwischen welchen Kurs und Entfernung bestimmt werden sollen, auf demselben Breitenparallel, so ist eine Aenderung der Breite ausgeschlossen, da der Schiffsweg mit dem Breitenparallel zusammenfällt. Die zurückgelegte Strecke in Seemeilen giebt jedoch nur dann, wenn das Schiff auf dem Aequator gefahren ist, den Längenunterschied zwischen dem verlassenen und dem erreichten Ort in Minuten an, ebenso wie der Längenunterschied zwischen zwei auf demselben Breitenparallel liegenden Orten in Minuten nur dann gleich deren Entfernung in Seemeilen ist, wenn sie auf dem Aequator liegen.

Auf jedem anderen Breitenparallel ist die Seemeile länger als eine Minute Längenunterschied, da die Grösse der Längenminuten auf den Breitenparallelen nach den Polen zu abnimmt. (Siehe § 6.)

Die Entfernung zweier auf demselben Breitenparallel liegender Orte in Seemeilen heisst Abweichung (Abw) zum Unterschied von dem in Graden und Minuten ausgedrückten Längenunterschied (Lg-U).

Da die Grösse der Längenminute auf jedem Breitenparallel gleich einer Seemeile multiplicirt mit dem Kosinus der Breite ist, entspricht einer Abweichung von 1 Sm auf der Breite φ ein Längenunterschied von $1' \sec \varphi$, d. h.

der Längenunterschied in Minuten ist gleich der Abweichung in Seemeilen multiplicirt mit der Sekante der Breite.

$$\text{Lg-U} = \text{Abw. sec } \varphi \text{ oder}$$

die Abweichung in Seemeilen ist gleich dem Längenunterschied in Minuten multiplicirt mit dem Kosinus der Breite.

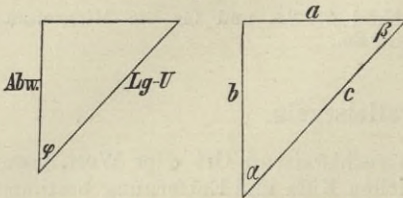
$$\text{Abw} = \text{Lg-U} \cdot \cos \varphi.$$

Diese Gleichungen können entweder logarithmisch, oder mit Hülfe der Tafeln für goniometrische Funktionen (Ligowski, Naut. Tafeln No. IV bis VI), welche die Werthe für sinus und secans geben, berechnet werden. Bei den gewöhnlichen täglichen Rechnungen, in welchen ein streng genaues Ergebniss nicht verlangt wird, bedient man sich der

Tafeln für rechtwinklige Dreiecke (Ligowski Naut. Tafeln No. XI und XIa) und wendet die trigonometrische Berechnung nur an, wenn diese Tafeln nicht ausreichen.

In den Tafeln der rechtwinkligen Dreiecke von Ligowski ist der bekannte Winkel mit α , die Hypotenuse mit c , die dem bekannten Winkel gegenüberliegende Kathete mit a , die anliegende Kathete mit b bezeichnet (Fig. 119). Die Beziehungen

Fig. 119.



zwischen Längenunterschied, Abweichung und Breite gelangen demnach in einem Dreieck zur Darstellung, dessen Hypotenuse der Längenunterschied, dessen bekannter Winkel die Breite (φ) und dessen φ anliegende Kathete die Abweichung ist. (Fig. 119).

Die Regel für die Benutzung der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke zur Verwandlung von Abweichung in Längenunterschied und umgekehrt lautet dementsprechend:

Man gehe mit der Breite in die α -Spalte, mit der Abweichung in die b -Spalte, dann giebt die c -Spalte den gesuchten Längenunterschied.

Oder: Man gehe mit dem Längenunterschied bei der Breite α in die c -Spalte, dann giebt die b -Spalte die entsprechende Abweichung.

Beispiel 1.

Von $50^\circ 40'$ N-Br und $2^\circ 10'$ O-Lg segelt ein Schiff rechtweisend West 140 Sm. Welche ist die erreichte Länge?

a) Lösung durch logarithmische Rechnung.

$$\begin{aligned} \text{Lg-U} &= \text{Abw. } \sec \varphi \\ &= 140 \cdot \sec 50^\circ 40' \\ \log 140 &= 2,1461 \\ \log \sec \varphi &= 0,1980 \\ \hline \log \text{Lg-U} &= 2,3441 \\ \text{Lg-U} &= 220,9' = 3^\circ 40,9' \text{ W.} \end{aligned}$$

b) Lösung mit Benutzung der Tafeln für goniometrische Funktionen.

$$\begin{aligned} \text{Lg-U} &= \text{Abw } \sec \varphi \\ \text{Abw} &= 140 \\ \sec \varphi &= 1,577 \\ \hline \text{Lg-U} &= 220,8 = 3^\circ 40,8' \text{ W.} \end{aligned}$$

c) Lösung mit Benutzung der Tafel für rechtwinklige Dreiecke.

Für $\varphi = 50,7^\circ$ in der α -Spalte und $\text{Abw} = 140$ in der b -Spalte giebt die c -Spalte:

$$\begin{aligned} \text{Lg-U} &= 221' = 3^\circ 41'. \\ \text{Verlassene Länge } (\lambda \text{ verl.}) &= 2^\circ 10' \text{ O} \\ \text{Lg-U } (\Delta \lambda) &= 3^\circ 40,9' \text{ W} \\ \hline \text{Erreichte Länge } (\lambda \text{ err.}) &= 1^\circ 30,9' \text{ W.} \end{aligned}$$

Beispiel 2.

Es wird gesucht Kurs und Entfernung von dem Ort $\varphi = 65^\circ 40'$ N und $\lambda = 16^\circ 10'$ W nach dem Ort $\varphi = 65^\circ 40'$ N u. $\lambda = 17^\circ 53'$ W

$$\begin{aligned} \varphi \text{ verl.} &= 65^\circ 40' \text{ N} & \lambda \text{ verl.} &= 16^\circ 10' \text{ W} \\ \varphi \text{ err.} &= 65^\circ 40' \text{ N} & \lambda \text{ err.} &= 17^\circ 53' \text{ W} \end{aligned}$$

$$\Delta \varphi = \Delta \lambda = 1^\circ 43' \text{ W} = 103' \text{ W}$$

$$\text{Abw} = \text{Lg-U } \cos \varphi.$$

a) Lösung durch logarithmische Rechnung.

$$\begin{array}{r} \log \text{Lg-U} = \log 103 = 2,0128 \\ \log \cos \varphi = \log \cos 65^\circ 40' = 9,6149 \\ \hline \log \text{Abw} = 1,6277 \\ \text{Abw} = 42,4 \text{ Sm.} \end{array}$$

b) Lösung mit Benutzung der Tafel der goniometrischen Funktionen.

$$\begin{array}{r} \text{Lg-U} = 103' \\ \cos 65^\circ 40' = 0,412 \\ \hline \text{Abw} = 42,4 \text{ Sm.} \end{array}$$

c) Lösung mit Benutzung der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke.

Für $\varphi = 65,7^\circ$ in der α -Spalte und Lg-U = 103 in der c -Spalte giebt die b -Spalte:

$$\text{Abw} = 42,4 \text{ Sm.}$$

Der gesuchte Kurs nebst Entfernung ist W 42,4 Sm.

Auf höheren Breiten geben die Tafeln für rechtwinklige Dreiecke ungenaue Ergebnisse, oder es wird eine umständliche Einschaltung der Werthe nöthig. Diesem Uebelstand wird in Ligowskis Nautischen Tafeln durch die Tafel XIa, welche eine bequeme Entnahme der Werthe gestattet, Rechnung getragen. Ist eine solche Tafel nicht zur Hand, so ist die logarithmische oder goniometrische Rechnung anzuwenden.

3. Das Segeln auf einem Zwischenstrich.

§ 200. Auf die vorstehenden selten vorkommenden Sonderfälle gründet sich das Rechnungsverfahren für jeden anderen Kurs.

Segelt das Schiff auf einem Zwischenstrich, d. h. auf der Loxodrome (§ 19), so verändert es gleichzeitig Breite und Länge.

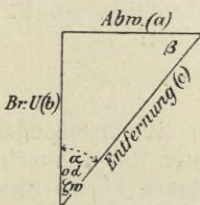
Nimmt man nun die Erdoberfläche für kleinere Ausdehnungen als eben an, so ist durch den gesegelten rechtweisenden Kurs und die abgelaufene Entfernung ein rechtwinkliges Dreieck bestimmt, dessen Katheten der Breitenunterschied und die Abweichung sind. Dieses Dreieck heisst in der Nautik das Kursdreieck (Fig. 120).

Der Winkel, welchen der Schiffskurs mit dem Meridian bildet, heisst der Kurswinkel α (oder ζ_w). Figur 121 bringt den Kurswinkel und die Theile des Kursdreiecks in verschiedenen Lagen zur Anschauung.

Aus dem Kursdreieck ergeben sich unmittelbar die Gleichungen:

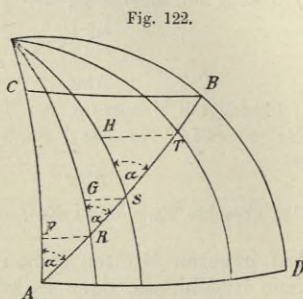
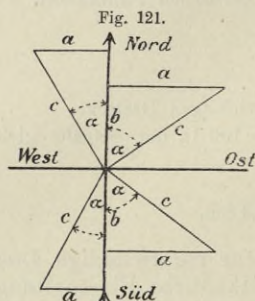
1. Br-U = Entfernung $\times \cos$ Kurswinkel
= Abw $\times \cot$ Kurswinkel.
2. Abw = Entfernung $\times \sin$ Kurswinkel
= Br-U $\times \tan$ Kurswinkel.
3. Entfernung = Br-U $\times \sec$ Kurswinkel
= Abw $\times \csc$ Kurswinkel.
4. \tan Kurswinkel = $\frac{\text{Abw}}{\text{Br-U}}$.

Fig. 120.



Sind zwei Stücke des Kursdreiecks bekannt, so lassen sich die übrigen trigonometrisch berechnen oder aus der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke entnehmen.

Dieselben Gleichungen sind auch gültig, wenn das Kursdreieck sich über einen grösseren Theil der Erdoberfläche erstreckt.



Wenn Fig. 122 einen Theil der Erdoberfläche darstellt, auf welchem ein Schiff von A nach B einen loxodromischen Kurs gesegelt hat, so stellt die Linie AB die Entfernung, a den Kurswinkel, AC den Breitenunterschied und BC die Abweichung dar.

Zerlegt man die Entfernung in eine Anzahl kleiner Abschnitte und bildet durch Einzeichnen der Meridiane und Breitenparallele für jeden Entfernungsabschnitt das zugehörige kleine Kursdreieck, so kann man jedes derselben als ebenes Dreieck ansehen. Es ist dann:

$$\begin{aligned}FR &= AR \sin \alpha \\GS &= RS \cdot \sin \alpha \\HT &= ST \cdot \sin \alpha, \text{ also}\end{aligned}$$

$$FR + GS + HT = (AR + RS + ST) \sin \alpha = AB \cdot \sin \alpha.$$

Die linksstehende Summe der einzelnen Abweichungen muss gleich der Gesamtabweichung BC sein, und es gilt die Gleichung:

$$BC = AB \cdot \sin \alpha, \text{ d. h.}$$

$$\text{Abw} = \text{Entfernung} \times \sin \cdot \text{Kurswinkel},$$

ferner ist: $AF + RG + SH = (AR + RS + ST) \cos \alpha = AB \cdot \cos \alpha$ also:

$$AC = AB \cdot \cos \alpha, \text{ d. h.}$$

$$\text{Br-U} = \text{Entfernung} \times \cos \sin \cdot \text{Kurswinkel}.$$

Es bleibt nun noch zu untersuchen, in welcher Weise der Uebergang zwischen Längenunterschied und Abweichung zu bewerkstelligen ist. Für den Fall des Parallelssegeln hatten die Formeln Gültigkeit:

$$\text{Lg-U} = \text{Abw} \cdot \sec \varphi$$

$$\text{Abw} = \text{Lg-U} \cdot \cos \varphi.$$

Jetzt steht man vor der Frage, welcher Werth in die vorstehenden Formeln für die Breite φ einzusetzen ist, da die Breiten des Ankunftsortes und des Abgangsortes verschieden sind. Zur Lösung dienen zwei Verfahren: Die Rechnung nach Mittelbreite und die Rechnung nach vergrößerter Breite.

A. Die Rechnung nach Mittelbreite.

§ 201. Dieselbe beruht auf der für die gewöhnliche tägliche Besteckrechnung zulässigen Voraussetzung, dass das durch die Meridiane und Breitenparallele des Abgangs- und Ankunftsortes gebildete Viereck ($ACBD$) (Fig. 123) in abgewickeltem Zustand ein Trapez bildet, dessen Diagonale die Kurslinie (AB) ist. Die parallelen Seiten des Trapezes sind die von den Meridianen eingeschlossenen Bögen der Breitenparallele beider Orte. Denkt man sich in diesem Viereck den Mittelmeridian (LM) gezogen, welcher von der Kurslinie (bei K) unter dem Kurswinkel (α) geschnitten wird, so ist die dem Stück AK der Kurslinie entsprechende Abweichung:

$$AM = AK \cdot \sin \alpha.$$

Dem Stück KB der Kurslinie entspricht die Abweichung:

$$BL = KB \cdot \sin \alpha.$$

Der ganzen Entfernung AB entspricht also die Abweichung: $AM + BL$, d. i. die halbe Summe der parallelen Seiten des Trapezes. Diese ist aber gleich der in halber Höhe gleichlaufend mit den parallelen Seiten gezogene Mittellinie des Trapezes (EJ). Die Länge dieser Mittellinie ist unter der gegebenen Voraussetzung gleich dem von den Meridianen des Abgangs- und des Ankunftsortes eingeschlossenen Bogen des Parallels der Mittelbreite zwischen beiden Orten, also gleich dem Längenunterschied multiplicirt mit dem Kosinus der Mittelbreite. Es gilt demnach die Gleichung: $Abw = Lg-U \times \cosin$ Mittelbreite.

Bezeichnet φ_1 die Breite des Abgangsortes, φ_2 die Breite des Ankunftsortes, so ist:

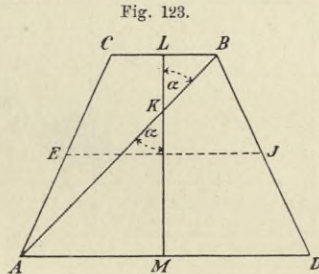
die Mittelbreite $\varphi_m = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$ und man erhält die Gleichungen:

$$Abw = Lg-U \cdot \cosin \varphi_m$$

$$Lg-U = Abw \cdot \sec \varphi_m.$$

Die Rechnung nach diesen Gleichungen kann ebenfalls entweder logarithmisch oder mit Benutzung der goniometrischen Funktionen und endlich mit Hülfe der Tafel für rechtwinklige Dreiecke erfolgen. Denn die Beziehungen zwischen Längenunterschied, Abweichung und Mittelbreite lassen sich durch ein rechtwinkliges Dreieck (Fig. 124) veranschaulichen, in welchem ein Winkel (α) die Mittelbreite, die anliegende Kathete (b) die Abweichung und die Hypotenuse (c) den Längenunterschied darstellt.

Dieses Dreieck heisst in der Nautik Mittelbreitendreieck. Für den Gebrauch der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke gelten die Regeln:



1. Um Abweichung in Längenunterschied zu verwandeln, gehe man mit der Mittelbreite in die α -Spalte und mit der Abweichung in die b -Spalte, dann giebt der zugehörige Werth in der c -Spalte den Längenunterschied.

2. Um die einem Längenunterschied entsprechende Abweichung zu erhalten, geht man mit dem Längenunterschied in die c -Spalte und findet für die Mittelbreite in der α -Spalte die Abweichung in der b -Spalte. Die

Rechnung nach Mittelbreite ist für die tägliche Besteckrechnung vollständig genau genug und bequem, für sehr grosse Entfernungen ist sie aber nicht anwendbar.

Wenn der verlassene und der erreichte Ort auf verschiedenen Seiten des Aequators liegen, so ist die Berechnung nach Mittelbreite etwas umständlicher, das Verfahren wird unzweckmässig. Wegen der niedrigen Breite beider Orte und dem geringen Betrag des in einem Etmal

gut gemachten Breitenunterschieds ist der Unterschied zwischen Abweichung und Längenunterschied in der Regel so gering, dass für diesen Fall die Abweichung gleich dem Längenunterschied gesetzt werden kann.

§ 202. In denjenigen Fällen, wo es sich um grosse Entfernungen mit grossen Breitenunterschieden oder um genaue Rechnung handelt, ist die Voraussetzung, dass die Kurslinie als Diagonale eines ebenen Trapezes angesehen werden kann, nicht mehr zulässig, und man hat die dem Rechnungsverfahren nach Mittelbreite anhaftende Ungenauigkeit durch Hinzufügen der aus Tafel IX der Nautischen Tafeln von Ligowski zu entnehmenden Verbesserung zur Mittelbreite zu berichtigen, oder die Rechnung nach vergrösserter Breite anzuwenden.

Anmerkung. Bezeichnet man die Abweichungen auf den Breiten φ_1 und φ_2 mit A_1 und A_2 , so ist:

$$A_1 = \Delta \lambda \cdot \cos \varphi_1$$

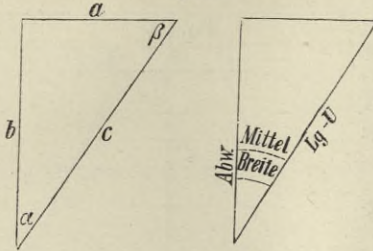
$$A_2 = \Delta \lambda \cdot \cos \varphi_2$$

$$A_1 + A_2 = \Delta \lambda (\cos \varphi_1 + \cos \varphi_2) = \Delta \lambda \cdot 2 \cdot \cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \cdot \cos \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} \text{ und}$$

$$\text{die mittlere Abweichung } \frac{A_1 + A_2}{2} = \Delta \lambda \cdot \cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \cdot \cos \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}.$$

In dieser Gleichung ist $\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = \varphi_m$, d. i. der Mittelbreite und $\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = \frac{\text{Br-U}}{2}$, d. i. dem halben Breitenunterschied. Der letztere Faktor wird, wie wir oben gesehen haben, bei der gewöhnlichen Besteckrechnung nicht berücksichtigt. Derselbe ist bei geringen Breitenunterschieden als Kosinus eines kleinen Winkels nahezu gleich 1, so dass kein nennenswerther Fehler in der Besteckrechnung entsteht.

ig. 124.



Da ferner die Abweichung sich nicht in demselben Verhältniss ändert wie der Breitenwinkel, sondern wie der Kosinus des Letzteren und diese Funktion bei grösseren Winkeln schneller abnimmt als bei kleinen, so muss die wahre mittlere Abweichung einer Breite entsprechen, welche der höheren Breite näher liegt als die Mittelbreite.

Man kann also setzen:

$$\frac{A_1 + A_2}{2} = \Delta \lambda \cos \cdot \left(\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} + K \right) \text{ und erhält die Gleichungen:}$$

$$\text{Abw} = \Delta \lambda \cos (\varphi_m + K) \text{ und Lg-U} = \text{Abw. sec} (\varphi_m + K).$$

Hierin bedeutet K die Verbesserung, welche auf die Mittelbreite anzuwenden ist, um für die errechnete Abweichung den genauen Werth zu erhalten. Der Werth K ist stets positiv auf die Mittelbreite anzuwenden und kann aus den Nautischen Tafeln von Ligowski unter No. IX entnommen werden, er ist jedoch nur bei grossen Breitenunterschieden und in hohen Breiten von Bedeutung.

Liegen die Orte auf verschiedenen Seiten des Aequators, so entspricht der Mittelbreite der Werth:

$$\varphi_m = \frac{\varphi_1^2 + \varphi_2^2}{2(\varphi_1 + \varphi_2)}.$$

Die Mittelbreite für zwei Orte auf 10° N-Br und 15° S-Br wäre demnach:

$$\varphi_m = \frac{100 + 225}{50} = 6,5^\circ.$$

Der Umständlichkeit halber ist diesem Verfahren die Berechnung nach vergrösserter Breite (§ 204) vorzuziehen.

Uebersicht über das Verfahren bei Rechnung nach Mittelbreite.

I. Aufgabe.

§ 203. Gegeben: Schiffsort, Kurs und Entfernung.

Gesucht: Breite und Länge des erreichten Schiffsortes.

Lösung:

- | | | |
|--|---|---|
| <p>1. Entfernung \times <i>cosinus</i> Kurswinkel giebt
Breitenunterschied</p> <p>Entfernung \times <i>sinus</i> Kurswinkel giebt
Abweichung</p> | } | <p>Gewöhnlich durch Tafel
für rechtwinklige
Dreiecke in Strichen.</p> |
| <p>2. Verlassene Breite \pm Breitenunterschied giebt erreichte Breite.</p> <p>3. Verlassene Breite \pm $\frac{1}{2}$ Breitenunterschied giebt Mittelbreite.</p> | | |
| <p>4. Abweichung \times <i>secans</i> Mittelbreite giebt
Längenunterschied</p> | } | <p>Gewöhnlich durch Tafel
der rechtwinkligen
Dreiecke in Minuten.</p> |
| <p>5. Verlassene Länge \pm Längenunterschied giebt erreichte Länge</p> | | |

II. Aufgabe.

Gegeben: Verlassener und erreichter Schiffsort.

Gesucht: Kurs und Entfernung zwischen beiden.

Lösung:

1. Die Breiten und Längen beider Orte geben Breitenunterschied und Längenunterschied.
2. Verlassene Breite \pm $\frac{1}{2}$ Breitenunterschied giebt Mittelbreite.

- | | | |
|---|---|---|
| <p>3. Längenunterschied \times <i>cosinus</i> Mittelbreite
gibt Abweichung</p> <p>4. $\frac{\text{Abweichung}}{\text{Breitenunterschied}}$ gibt <i>tangens</i> Kurs-
winkel</p> <p>5. Breitenunterschied \times <i>secans</i> Kurswinkel
gibt Entfernung</p> | } | <p>Gegebenenfalls unter
Benutzung
der Tafel für
rechtwinklige Dreiecke.</p> |
|---|---|---|

Beispiele:

1. Man steuert von Eddystone-Leuchtturm (50° 11' N-Br 4° 16' W-Lg) bei nordwestlichem Wind WSW nach Kompass, Abtrifft 1/2 Strich, Deviation 1/4 Strich W und läuft nach dem Log bis zum nächsten Mittag 187 Sm ab. Missweisung nach der Karte 18° W. Wo steht das Besteck?

a. Logarithmische Lösung.

<p>$\zeta' = \text{WSW}$ Dev. = - 1/4 Str. Abtr. = - 1/2 Str. $\zeta = \text{SWzW } 1/4 \text{ W} = \text{S } 59^\circ \text{ W}$ Mw. = - 18° $\zeta_w = \text{S } 41^\circ \text{ W}$ Entf. = 187 Sm.</p> <p>Br-U = Entf. <i>cosin</i> ζ_w; Abw = Entf. <i>sin</i> ζ_w; Lg-U = Abw <i>sec</i> φ_m.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><u>log cos ζ_w 9,8778</u></td> <td rowspan="5" style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">$\left. \begin{array}{l} 1/2 \Delta \varphi = 1^\circ 10,5' \\ \varphi_m = 49^\circ \end{array} \right\}$</td> <td style="width: 40%;"><u>log sin ζ_w 9,8169</u></td> </tr> <tr> <td><u>log Entf. 2,2718</u></td> <td><u>log Entf. 2,2718</u></td> </tr> <tr> <td><u>log Br-U 2,1496</u></td> <td><u>log sec φ_m 0,1831</u></td> </tr> <tr> <td>Br-U 141,1' S</td> <td><u>log Lg-U 2,2718</u></td> </tr> <tr> <td>Br-U 2° 21,1' S</td> <td>Lg-U 187,0' W</td> </tr> <tr> <td>φ verl. 50° 11' N</td> <td>Lg-U 3° 7' W</td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>φ err. 47° 50' N</u></td> <td><u>λ verl. 4° 16' W</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><u>λ err. 7° 23' W</u></td> </tr> </table>	<u>log cos ζ_w 9,8778</u>	$\left. \begin{array}{l} 1/2 \Delta \varphi = 1^\circ 10,5' \\ \varphi_m = 49^\circ \end{array} \right\}$	<u>log sin ζ_w 9,8169</u>	<u>log Entf. 2,2718</u>	<u>log Entf. 2,2718</u>	<u>log Br-U 2,1496</u>	<u>log sec φ_m 0,1831</u>	Br-U 141,1' S	<u>log Lg-U 2,2718</u>	Br-U 2° 21,1' S	Lg-U 187,0' W	φ verl. 50° 11' N	Lg-U 3° 7' W		<u>φ err. 47° 50' N</u>	<u>λ verl. 4° 16' W</u>				<u>λ err. 7° 23' W</u>	<p><u>log Entf. 2,2718</u> } = log Abw. <u>log sec φ_m 0,1831</u> <u>log Lg-U 2,2718</u> Lg-U 187,0' W Lg-U 3° 7' W λ verl. 4° 16' W <u>λ err. 7° 23' W</u></p>
<u>log cos ζ_w 9,8778</u>	$\left. \begin{array}{l} 1/2 \Delta \varphi = 1^\circ 10,5' \\ \varphi_m = 49^\circ \end{array} \right\}$		<u>log sin ζ_w 9,8169</u>																		
<u>log Entf. 2,2718</u>			<u>log Entf. 2,2718</u>																		
<u>log Br-U 2,1496</u>			<u>log sec φ_m 0,1831</u>																		
Br-U 141,1' S			<u>log Lg-U 2,2718</u>																		
Br-U 2° 21,1' S		Lg-U 187,0' W																			
φ verl. 50° 11' N	Lg-U 3° 7' W																				
<u>φ err. 47° 50' N</u>	<u>λ verl. 4° 16' W</u>																				
		<u>λ err. 7° 23' W</u>																			

b. Lösung mittelst der goniometrischen Funktionen:

<p><i>cos</i> ζ_w 0,755 Entf. 187</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><u>Br-U 141,18' S</u></td> <td rowspan="5" style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">$\left. \begin{array}{l} 1/2 \Delta \varphi = 1^\circ 10,5' \\ \varphi_m = 49^\circ \end{array} \right\}$</td> <td style="width: 40%;"><u>sin ζ_w 0,656</u></td> </tr> <tr> <td>Br-U 2° 21' S</td> <td><u>Entf. 187</u></td> </tr> <tr> <td>φ verl. 50° 11' N</td> <td><u>Abw 123</u></td> </tr> <tr> <td><u>φ err. 47° 50' N</u></td> <td><u>sec φ_m 1,524</u></td> </tr> <tr> <td></td> <td><u>Lg-U 187' W</u></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Lg-U 3° 7' W</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><u>λ verl. 4° 16' W</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><u>λ err. 7° 23' W</u></td> <td></td> </tr> </table>	<u>Br-U 141,18' S</u>	$\left. \begin{array}{l} 1/2 \Delta \varphi = 1^\circ 10,5' \\ \varphi_m = 49^\circ \end{array} \right\}$	<u>sin ζ_w 0,656</u>	Br-U 2° 21' S	<u>Entf. 187</u>	φ verl. 50° 11' N	<u>Abw 123</u>	<u>φ err. 47° 50' N</u>	<u>sec φ_m 1,524</u>		<u>Lg-U 187' W</u>		Lg-U 3° 7' W			<u>λ verl. 4° 16' W</u>			<u>λ err. 7° 23' W</u>		<p><u>sin ζ_w 0,656</u> Entf. 187 Abw 123 <u>sec φ_m 1,524</u> Lg-U 187' W Lg-U 3° 7' W λ verl. 4° 16' W <u>λ err. 7° 23' W</u></p>
<u>Br-U 141,18' S</u>	$\left. \begin{array}{l} 1/2 \Delta \varphi = 1^\circ 10,5' \\ \varphi_m = 49^\circ \end{array} \right\}$		<u>sin ζ_w 0,656</u>																		
Br-U 2° 21' S			<u>Entf. 187</u>																		
φ verl. 50° 11' N			<u>Abw 123</u>																		
<u>φ err. 47° 50' N</u>			<u>sec φ_m 1,524</u>																		
		<u>Lg-U 187' W</u>																			
	Lg-U 3° 7' W																				
	<u>λ verl. 4° 16' W</u>																				
	<u>λ err. 7° 23' W</u>																				

c. Lösung mit Benutzung der Tafel für rechtwinklige Dreiecke.
 Für $c = 187$ und $\alpha = 41^\circ$ gibt No. XI der Nautischen Tafeln von Ligowski:

<p>$\Delta \varphi = 141,1 \text{ S}$ = 2° 21,1' S φ verl. = 50° 11' N <u>φ err. = 47° 50' N</u></p>	$\left. \begin{array}{l} 1/2 \Delta \varphi = 1^\circ 10,5' \\ \varphi_m = 49^\circ \end{array} \right\}$	<p>Abw = 122,7 f. Aus Ligowski's Tafel XIa $\Delta \lambda = 187$ } für $\alpha = 49^\circ$ $b = 122,7$ 3° 7' W λ verl. 4° 16' W <u>λ err. 7° 23' W</u></p>
--	---	--

2. Der missweisende Kurs und die Entfernung von einem Ort auf 47° 50' N-Br und 7° 23' W-Lg nach Madeira (32° 30' N-Br und 16° 15' W-Lg) wird gesucht.

φ verl. $47^\circ 50' N$ φ err. $32^\circ 30' N$ <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> $\Delta \varphi$ $15^\circ 20' S$ $\Delta \varphi$ $920'$	$\frac{1}{2} \Delta \varphi = 7^\circ 40'$ $\varphi_m = 40^\circ 10'$	λ verl. $7^\circ 23' W$ λ err. $16^\circ 15' W$ <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> $\Delta \lambda$ $8^\circ 52' W$ $\Delta \lambda$ $532'$
---	--	---

$$\Delta \lambda \times \cos \varphi_m = \text{Abw}; \quad \frac{\text{Abw}}{\Delta \varphi} = \text{tang } \zeta_w; \quad \Delta \varphi \cdot \text{secans } \zeta_w = \text{Entf.}$$

a. Logarithmische Lösung.

$\log \cos \varphi_m = 9,8832$	
$\log \Delta \lambda = 2,7259$	
$\log \text{Abw} = 2,6091$	
$\log \Delta \varphi = 2,9638$	$\log \Delta \varphi = 2,9638$
$\log \text{tang } \zeta_w = 9,6453$	
$\zeta_w = S 23^\circ 50' W$	$\log \text{sec } \zeta_w = 0,0387$
$\text{Mw.} = 18^\circ W$	$\log \text{Entf.} = 3,0025$
$\zeta = S 42^\circ W \text{ m. w.}$	
<u>missw. Kurs = SW $\frac{1}{4}$ S.</u>	<u>Entf. = 1006 Sm.</u>

b. Lösung mit den goniometrischen Funktionen.

$$\text{tang } \zeta_w = \frac{\Delta \lambda \cdot \cos \varphi_m}{\Delta \varphi} = \frac{532' \cdot 0,764}{920'} = 0,4413; \quad \zeta_w = 23^\circ 49'$$

$$\zeta_w = S 23^\circ 49' W$$

$$\text{Mw.} = 18^\circ W$$

$$\zeta = S 42^\circ W \text{ mw.}$$

$$\text{Entf.} = \Delta \varphi \cdot \text{sec } \zeta_w = 920' \cdot 1,093 = 1006 \text{ Sm.}$$

Missweisender Kurs SW $\frac{1}{4}$ S. Entfernung 1006 Sm.

c. Lösung mit der Dreieckstafel.

Für $c = 532$ und $\alpha = 40,2$ gibt Tafel XI (Ligowski) $b = 404$ als Abw.

Für $a = 404$ und $b = 920$ gibt Tafel XI (Ligowski) $\alpha = 24^\circ$ als Kurswinkel und $c = 1000$ als Entfernung.

$$\zeta_w = S 24^\circ W$$

$$\text{Mw.} = 18^\circ W$$

$$\zeta = S 42^\circ W.$$

$$\text{Entf.} = 1000 \text{ Sm (angenähert).}$$

B. Die Rechnung nach vergrößerter Breite.

§ 204. Diese Rechnung gründet sich auf die Konstruktion der Seekarte nach Merkators Projektion (§ 21). Eine solche Karte ist unmittelbar eine Darstellung der Rechnung nach vergrößerter Breite. Eine Kurslinie in der Merkatorkarte ist die Hypotenuse eines vom Meridian des Abgangsortes und dem Breitenparallel des Ankunftsortes eingeschlossenen rechtwinkligen Dreieks, in welchem der Winkel beim Abgangsort der Kurswinkel, die diesem gegenüberliegende Kathete der Längenunterschied und die anliegende Kathete die Meridionaldifferenz oder der vergrößerte Breitenunterschied (§ 21) ist. Dieses Dreieck heisst in der Nautik Merkatordreieck. Die Entfernung tritt im Merkator-

dreieck nicht auf, da die wachsende Karte Entfernungen nicht in ihrer wahren Grösse wiedergibt (Fig. 125).

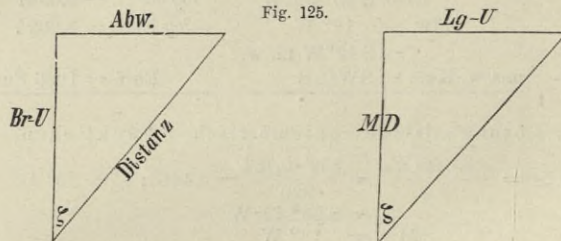
Ein Vergleich des Merkatordreiecks mit dem Kursdreieck zeigt, dass beide Dreiecke einander ähnlich sind, da die drei Winkel in beiden die gleichen sind. Hieraus ergeben sich folgende Beziehungen:

$$\frac{\text{Br-U}}{\text{Abw}} = \frac{\text{Vergr. Br-U}}{\text{Lg-U}}; \quad \frac{\text{Lg-U}}{\text{Abw}} = \frac{\text{Vergr. Br-U}}{\text{Br-U}}$$

$$\frac{\text{Lg-U}}{\text{Vergr. Br-U}} = \frac{\text{Abw}}{\text{Br-U}} = \text{tangens Kurswinkel}$$

$\text{Br-U} = \text{Entf.} \times \cosin \text{ Kurswinkel}; \text{Lg-U} = \text{Vergr. Br-U} \times \text{tang Kurswinkel}$.

$\text{Entfernung} = \text{Breitenunterschied} \times \text{secans Kurswinkel} = \text{Abweichung} \times \text{cosecans Kurswinkel}$.



Aus der Gleichung der Loxodrome (§ 19) geht hervor:

$$\text{tang } \zeta_w = \frac{L - L_1}{\log \text{nat tang } \frac{90 + \varphi_1}{2} - \log \text{nat tang } \frac{90 + \varphi_2}{2}}$$

In dieser Gleichung ist aber $L - L_1$ gleich dem Längenunterschied und $\log \text{nat tang } \frac{90 + \varphi_1}{2}$ bezw. $\log \text{nat tang } \frac{90 + \varphi_2}{2}$ gleich der vergrösserten Breite von φ_1 und φ_2 , der Nenner stellt also den vergrösserten Breitenunterschied oder die Meridionaldifferenz M-D dar und die Gleichung lautet nun:

$$\text{tang } \zeta_w = \frac{\text{Lg-U}}{\text{M-D}}$$

Die bildliche Darstellung dieser Gleichung ist das Merkatordreieck.

Zu den Rechnungen mit vergrösserter Breite hat man aus den Tafeln der vergrösserten Breite oder der Meridionaltheile (Ligowski Nautische Tafeln No. X) die der Ortsbreite entsprechenden Meridionaltheile zu entnehmen. Je nachdem zwei Orte auf derselben oder auf verschiedenen Halbkugeln vom Aequator liegen, stellt die Differenz oder die Summe dieser Meridionaltheile die Meridionaldifferenz oder den vergrösserten Breitenunterschied dar.

Uebersicht über das
Verfahren bei Rechnung nach vergrösserter Breite.

I. Aufgabe.

§ 205. Gegeben: Schiffsort, Kurs und Entfernung.
Gesucht: Breite und Länge des erreichten Schiffsorts.

Lösung:

1. Entfernung \times *cosinus* Kurswinkel giebt Breitenunterschied.
Verlassene Breite \pm Breitenunterschied giebt erreichte Breite.
2. Für beide Breiten entnimmt man die vergrößerten Breiten (aus Ligowski Nautischen Tafeln No. X) und bildet den Unterschied der vergrößerten Breiten, die Meridionaldifferenz.
3. Meridionaldifferenz \times *tangens* Kurswinkel giebt Längenunterschied.
Verlassene Länge \pm Längenunterschied giebt erreichte Länge.

II. Aufgabe.

Gegeben: Verlassener und erreichter Schiffsort.
Gesucht: Kurs und Entfernung zwischen beiden.

Lösung:

1. Aus beiden Breiten erhält man den Breitenunterschied und den vergrößerten Breitenunterschied.
2. Aus beiden Längen bildet man den Längenunterschied.
3. $\frac{\text{Längenunterschied}}{\text{Vergröß. Breitenunterschied}}$ giebt *tangens* Kurswinkel.
4. Breitenunterschied \times *secans* Kurswinkel giebt Entfernung.

Beispiele.

(Die für Rechnung nach Mittelbreite gegebenen Beispiele werden nunmehr nach vergrößerter Breite berechnet.)

1. Von Eddystone-Leuchtturm ($50^{\circ} 11' \text{ N-Br}$, $4^{\circ} 16' \text{ W-Lg}$) sind nach Kompass WSW 187 Sm gelaufen. Abtritt $\frac{1}{2}$ Strich. Deviation $\frac{1}{4}$ Strich W. Missweisung 18° W . Wo steht das Besteck?

$$\begin{array}{r}
 \zeta' = \text{WSW} \\
 \text{Dev.} = -\frac{1}{4} \\
 \text{Abtr.} = -\frac{1}{2} \\
 \hline
 \zeta = \text{SWzW}\frac{1}{4}\text{W} = \text{S } 59^{\circ} \text{ W} \\
 \text{Mw.} \quad \quad \quad = 18^{\circ} \text{ W} \\
 \hline
 \zeta_w \quad \quad \quad \text{S } 41^{\circ} \text{ W} \text{ Entf. } 187 \text{ Sm.} \\
 \log \cos \zeta_w = 9,8778 \quad \quad \quad \log \tan \zeta_w = 9,9392 \\
 \log \text{Entf.} = 2,2718 \\
 \hline
 \log \Delta \varphi = 2,1496 \\
 \Delta \varphi = 141,1' \text{ S} \\
 \quad \quad = 2^{\circ} 21,1' \text{ S} \\
 \hline
 \varphi \text{ verl.} = 50^{\circ} 11' \text{ N} \quad \text{M-Th } 3492 \\
 \varphi \text{ err.} = 47^{\circ} 50' \text{ N} \quad \text{M-Th } 3277 \\
 \hline
 \text{M-D } 215 \\
 \hline
 \log = 2,3324 \\
 \log \Delta \lambda = 2,2716 \\
 \Delta \lambda = 3^{\circ} 7' \text{ W} \\
 \lambda \text{ verl.} = 4^{\circ} 16' \text{ W} \\
 \hline
 \lambda \text{ err.} = 7^{\circ} 23' \text{ W.}
 \end{array}$$

2. Der missweisende Kurs und die Entfernung von einem Ort auf $47^{\circ} 50' \text{ N-Br}$ und $7^{\circ} 23' \text{ W-Lg}$ nach Madeira ($32^{\circ} 30' \text{ N-Br}$ und $16^{\circ} 15' \text{ W-Lg}$) wird gesucht.

φ verl. = 47° 50' N	M-Th = 3277	λ verl. = 7° 23' W	
φ err. = 32° 30' N	M-Th = 2064	λ err. = 16° 15' W	
$\Delta \varphi$ = 15° 20' S	M-D = 1213	$\Delta \lambda$ = 8° 52' W	
$\Delta \varphi$ = 920'	log = 2,9638	$\Delta \lambda$ = 532'	
	$\log \sec \zeta_w = 0,0382$		$\log = 2,7259$
	\log Entf. = 3,0020		\log M-D = 3,0839
	Entf. = 1004,7 Sm		$\log \tan \zeta_w = 9,6420$
			$\zeta_w = 23^\circ 41'$
			$\zeta_w = S 24^\circ W$
			Mw. = 18° W
			$\zeta = S 42^\circ W$
			<u>Missw. Kurs SW $\frac{1}{4}$ S</u>

3. Es soll Kurs und Entfernung zwischen Valparaiso (33° 2' S-Br, 71° 42' W-Lg) und Nagasaki (32° 45' N-Br und 129° 52' O-Lg) gefunden werden.

φ verl. = 33° 2' S	M-Th = 2102	λ verl. = 71° 42' W	
φ err. = 32° 45' N	M-Th = 2082	λ err. = 129° 52' O	
$\Delta \varphi$ = 65° 47' N	M-D = 4184	$\Delta \lambda$ = 158° 26' W	
$\Delta \varphi$ = 3947'	log = 3,5963	$\Delta \lambda$ = 9506	
	$\log \sec \zeta_w = 0,3950$		$\log = 3,9780$
	\log Entf. = 3,9913		\log M-D = 3,6216
	Entf. = 9802 Sm.		$\log \tan \zeta_w = 0,3564$
			$\zeta_w = N 66^\circ 15' W$

Der Gebrauch der Rechnung nach vergrößerter Breite ist keiner Beschränkung unterworfen. Wird bei grossen Entfernungen Genauigkeit verlangt, so sind beim Kurs auch die Minuten zu berücksichtigen.

Zweiter Abschnitt.

Das Koppeln der Kurse.

§ 206. Hat ein Schiff mehrere verschiedene Kurse abgelaufen, nach denen das Besteck aufgemacht werden soll, so können zwei Rechnungsarten Anwendung finden.

1. Es wird für jeden gesegelten Kurs und die zugehörige Entfernung die erreichte Breite und Länge nach den obigen Regeln berechnet. Dieses Verfahren — das Aufmachen des Bestecks nach Einzelkursen — ist ziemlich langwierig und wird in der Regel nicht benutzt. Es kann jedoch nothwendig werden bei grossen Entfernungen sowie in hohen Breiten, wenn man eine gewisse Genauigkeit nicht entbehren will.

2. Die Regel ist das Aufmachen des Bestecks durch Koppeln der Kurse und einzelnen Entfernungen zu einem Gesamtkurs und einer Gesamtentfernung. Dieses Verfahren wird stets dann befolgt, wenn eine grössere Zahl von Kursen mit kurzen Entfernungen gesteuert worden ist, wie es z. B. beim Kreuzen mit Segelschiffen vorkommt.

Wie schon erwähnt, wird das Koppeln der Kurse mit grossen Entfernungen zu ungenau. Das Verfahren ist deshalb auf die Berechnung

des täglichen Etmals beschränkt. Die Tafeln für rechtwinklige Dreiecke von Ligowski sind daher nur für Entfernungen bis 300 Sm eingerichtet.

Das Verfahren bei der Koppelkursrechnung, welche in der im nachstehenden Beispiel gezeigten tabellarischen Form erfolgt, ist folgendes:

Man trägt in das Schema die aus dem Logbuch entnommenen Kurse mit Abtrift und Deviation sowie die sich unter Berücksichtigung des Windes hieraus ergebenden geseelten Kurse und die abgelaufenen Entfernungen ein. Die einzelnen Kurse und Entfernungen zerlegt man mit Hilfe des Kursdreiecks in einen nördlich oder südlich gerichteten Breitenunterschied und eine östlich oder westlich gerichtete Abweichung. Aus der Summe der gleichgerichteten und der Differenz der entgegengesetzten Breitenunterschiede und Abweichungen erhält man den Gesamtbreitenunterschied und die Gesamtabweichung. Aus diesen ergibt sich nach dem Kursdreieck der Gesamtkurs und die Gesamtentfernung. Da es sich bei dieser Umwandlung nur um ebene rechtwinklige Dreiecke handelt, ist es gleichgültig, ob die Kurse rechtweisende oder missweisende sind. Meist ist das Letztere der Fall, und man erhält zunächst den gesamt missweisenden Kurs, welcher in den gesamt rechtweisenden Kurs verwandelt wird. Aus diesem und der Gesamtentfernung wird nach dem Kursdreieck, Breitenunterschied und Abweichung, sowie aus letzterer und der Mittelbreite nach dem Mittelbreitendreieck der Längenunterschied ermittelt.

Beispiel.

Vor Coquimbo von 29° 55' S-Br und 71° 29' W-Lg von Greenwich sind bei 14° 4' östlicher Missweisung folgende Kurse beim Winde gesteuert worden:

Wind	Gesteuert	Abtrift	Deviation	Gesegelt	Entfernung	Br-U		Abw	
						N	S	O	W
von SW	WNW ³ / ₄ W	1/4 Strich	3/4 W	W ³ / ₄ N	Sm	2,2	—	—	14,8
nach	SO ¹ / ₂ S	1/4 „	1/2 O	SO ³ / ₄ S	16	—	12,9	9,5	—
SzW	W ¹ / ₄ N	—	1/2 W	W ¹ / ₄ S	11	—	0,5	—	11,0
umgehend	SO ³ / ₄ O	—	1/2 O	SO ¹ / ₄ O	18	—	12,1	13,3	—
	W ¹ / ₂ S	—	1/4 W	W ³ / ₄ S	21	—	3,1	—	20,8
	SOzO ¹ / ₂ O	—	1/4 O	SOzO ¹ / ₄ O	20	—	10,3	17,2	—
Ges. mw. Kurs S 10° W Entf. 37,3 Sm						2,2	38,9	40,0	46,6
Mw. 14° O							2,2		40,0
Ges. rw. Kurs S 24° W						Br-U	36,7	Abw	6,6

giebt Br-U 0° 34' S und Abw 15,3 W

Lg-U 0° 17,7' W

φ verl. 29° 55' S λ verl. 71° 29' W v. Grw.

φ err. 30° 29' S λ err. 71° 46,7' W v. Grw.

m 30,2° S

Die vorstehenden Anweisungen über das Koppeln der Kurse ergeben bei näherer Prüfung, dass das Verfahren kein ganz korrektes ist und keine scharfen Ergebnisse liefern kann.

Zunächst überzeugt man sich leicht, dass Abweichungen gegeneinander verrechnet werden, die ungleichwerthig sind, weil sie auf verschiedenen Breitenparallelen versegelt wurden. Die hieraus entstehende Ungenauigkeit wird um so grösser, je grösser der Breitenunterschied zwischen dem Abfahrts- und Ankunftsort ist. Ferner tritt ein Fehler ein, wenn in einem Etmal in gewisser Breite vorwiegend Länge verändert wurde, während auf anderen Breiten vorwiegend Breite verändert wurde. Die entstehenden Fehler sind jedoch nur in hohen Breiten bei sehr ungleicher Vertheilung der Längen- und Breitenänderung auf den Gesamtweg und bei Gesamtentfernungen von mehr als 300 Sm von Belang, so dass es nicht nöthig ist, hier weiter darauf Rücksicht zu nehmen.

Die Rechnung beim Aufmachen des Bestecks aus Einzelkursen wie beim Koppelfverfahren kann bei genügend grossem Kartenmaassstab durch Einzeichnen der einzelnen Kurse und Entfernungen in die Karte ersetzt werden. Bei einer grösseren Anzahl von Kursen ist jedoch die Rechnung vorzuziehen.

Anwendung von Strom und Peilungen.

§ 207. Das Verfahren des Koppelns der Kurse hat das Bequeme, dass man zusammen mit den gesegelten Kursen auch bekannte Strömungen sowie sogenannte Abgangspeilungen in Rechnung bringen kann.

Ist das Schiff der Einwirkung einer nach Stärke und Richtung bekannten Strömung ausgesetzt gewesen, so wird dieselbe als Kurs und Entfernung in Rechnung gebracht, indem die Stromrichtung den Kurs und die Stromgeschwindigkeit die Fahrt angiebt, welche unter Berücksichtigung der Dauer der Einwirkung in Entfernung umgesetzt wird.

Ist der Abgangsort eines Schiffes durch Peilung und Abstand eines Gegenstandes von bekannter Lage bestimmt, so wird die Position des Gegenstandes als Abgangsort betrachtet und die umgekehrte Peilung als Kurs, der Abstand als Entfernung in Rechnung gebracht.

Beispiel.

Man peilt Comprido Leuchthurm (Azoren), welcher auf $38^{\circ} 36' N$ -Br und $28^{\circ} 51' W$ -Lg liegt, in $O\frac{3}{4}S$ und bestimmt seinen Abstand vom Schiff zu 10 Sm. Es werden dann bei umspringendem Wind 12 Stunden lang nachstehende Kurse gesteuert, während eine konstante Strömung rw. NW $1,5$ Sm stündlich setzt. Die Missweisung ist $24^{\circ} W$. Wo steht das Besteck?

Wind	Gesteuert ζ'	Abtrift	Deviation	Gesegelt ζ	Ent- fernung	Br-U		Abw.	
						N	S	O	W
Peilung (umgek.)	$W\frac{3}{4}N$	—	$+1\frac{1}{4}$ Str.	WzN	10,0	2,0	—	—	9,8
OzS	$SzO\frac{1}{2}O$	$1\frac{1}{2}$ Str.	$-1\frac{1}{4}$ "	$SzO\frac{1}{4}O$	15,2	—	14,7	3,7	—
SO	$ONO\frac{3}{4}O$	$\frac{3}{4}$ "	$+1\frac{1}{2}$ "	$ONO\frac{1}{2}O$	22,5	6,5	—	21,5	—
SSO	$SW\frac{1}{4}W$	$\frac{3}{4}$ "	$+1\frac{1}{2}$ "	$SWzW\frac{1}{2}W$	13,2	—	6,2	—	11,6
SW	WNW	1 "	$-1\frac{1}{4}$ "	$NWzW\frac{1}{4}W$	8,7	4,5	—	—	7,5
Strom	NW rw.		$24^{\circ} W$	$N 21^{\circ} W$	18,0	16,8	—	—	6,5
						29,8	20,9	25,2	35,4
						8,9	—	—	10,2

Ligowski, Taf. XI.	Gesamt ζ	N 49° W	Entf. 13,5 Sm.
	Mw.	24° W	
	Gesamt ζ_w	N 73° W	
Ligowski, Taf. XI. Br-U	3,9' N	Abw. 12,9'	
		Lg-U 16,5' W (Lig., Taf. XI od. XIa)	
	φ verl. 38° 36' N	λ verl. 28° 51' W	
	φ err. 38° 40' N	λ err. 29° 8' W	

φ_m 38,6 N

Der durch terrestrische Besteckrechnung gefundene Schiffsort heisst das gegisste Besteck im Gegensatz zu dem durch terrestrische oder astronomische Beobachtung ermittelten Schiffsort, dem beobachteten Besteck.

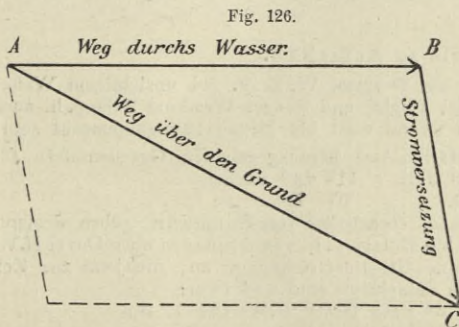
Dritter Abschnitt.

Die Stromschiffahrt.

§ 208. Segelt ein Schiff in einer Strömung, d. h. in einer Wassermasse, die sich selbst in fortschreitender Bewegung befindet, so wird die wahre Ortsveränderung des Schiffes hervorgerufen durch eine Bewegung, welche sich aus dem durch Kompass, Log und Abtrift angegebenen Weg des Schiffes durchs Wasser und der Bewegung des Wassers selbst, d. i. der Stromversetzung zusammensetzt. Diese zusammengesetzte Bewegung heisst der Weg über den Grund.

Drückt man die Geschwindigkeit der Wasserbewegung, d. i. die Stromstärke, ebenso wie die Fahrt des Schiffes in Seemeilen pro Stunde aus, so ist die Fahrt eines genau in der Stromrichtung segelnden Schiffes

über den Grund gleich der Fahrt des Schiffes durchs Wasser + Stromstärke, die Fahrt eines genau gegen den Strom segelnden Schiffes über den Grund dagegen ist gleich der Fahrt des Schiffes durchs Wasser - Stromstärke. Der Weg über den Grund ergibt sich aus der Fahrt über den Grund und der Zeit, während welcher diese Fahrt gelaufen wurde.



Bildet die Stromrichtung einen Winkel mit dem Schiffskurs, so findet man den Weg über den Grund nach Richtung und Entfernung als Diagonale eines Parallelogramms, dessen Seiten der Weg des Schiffes durchs Wasser und die gleichzeitige Stromversetzung sind (Fig. 126).

Eine Strömung wird in der Nautik, entgegengesetzt dem bei den Winden üblichen Verfahren, durch die rechtweisende Richtung, wo-

hin sie setzt, bezeichnet. Die Stromstärke wird bei Gezeiten- und Küstenströmungen pro Stunde, bei den grossen ozeanischen Strömungen auch pro 24 Stunden angegeben. Das Dreieck (ABC Fig. 126), welches die Wirkung des Stromes veranschaulicht, wird als Stromdreieck bezeichnet und für die Rechnung in der Regel pro Stunde konstruiert.

§ 209. Die Stromschiffahrt stellt drei Aufgaben:

1. Gegeben: Kurs und Fahrt durchs Wasser, sowie Richtung und Stärke des Stromes.

Gesucht: Kurs und Entfernung über den Grund.

2. Gegeben: Kurs und Fahrt durch das Wasser und über den Grund.

Gesucht: Stärke und Richtung des Stromes.

3. Gegeben: Kurs und Entfernung über den Grund, sowie Richtung und Stärke des Stromes.

Gesucht: Kurs und Fahrt durchs Wasser.

Allgemein lassen sich diese Aufgaben trigonometrisch nach der Sinusregel lösen, da es sich nur um die Berechnung eines Stücks in einem Dreieck handelt, von welchem drei andere Stücke gegeben sind.

Für einzelne Fälle, wie gelegentlich der Anwendung von Strom und Peilungen in der Koppelrechnung erwähnt, bietet die Tafel der rechtwinkligen Dreiecke eine wesentliche Vereinfachung der Rechnung, zumal wenn es sich nicht um grosse Genauigkeit handelt.

Bei den Aufgaben der Küstenschiffahrt, wo die Berücksichtigung der Strömungen besonders angezeigt ist, verdient das zeichnerische Verfahren auf der Karte selbst den Vorzug, weil es die navigatorischen Verhältnisse am Ort unmittelbar veranschaulicht. Selbstverständlich lässt sich die Konstruktion auch ohne Karte mit Zirkel und Transporteur unter Zugrundelegung eines angemessenen Maassstabes auf Papier durchführen.

Im Folgenden sollen die drei Aufgaben durch Beispiele erläutert werden.

§ 210.

Beispiele zu Aufgabe 1.

1. Man steht am 9. Juli 1899 um 5^h vorm. W. E. Zt. bei unsichtigem Wetter dicht unter St. Catherine Point (Insel Wight) und steuert Westkurs 9 Sm p. h. nach Log. Welche Entfernung über den Grund wird bis Mittag 12^h gutgemacht sein?

Lösung: Die vom Reichs-Marine-Amt herausgegebenen Gezeitentafeln für 1899 geben an: Dover H. W 8. Juli 11^h 48^m nachm.

9. " 0^h 7^m

Die Stromkarten für den Kanal (bearbeitet von Seemann) geben dementsprechend für die Zeit von 5^h vorm. bis Mittag, d. h. von 6 Stunden nach Dover H. W. bis Dover H. W. dauernd Ost setzende Gezeitenströmungen an, die jetzt zur Zeit des Neumondes in vollem Betrag zu entnehmen sind und zwar:

5 bis	6 ^h vorm. d. h	6 ^h nach Dover H. W.	Ost	1	Sm
6 "	7 "	" "	5 vor	" "	" 2 "
7 "	8 "	" "	4 "	" "	" 3 "
8 "	9 "	" "	3 "	" "	" 3,5 "
9 "	10 "	" "	2 "	" "	" 3 "
10 "	11 "	" "	1 "	" "	" 1,5 "
11 "	12 "	" "	bei	" "	" 0,5 "

Gesamtstrom Ost 14,5 Sm

Geloggte Entfernung 5^h bis 12^h West 63 Sm

Weg über den Grund West 48,5 Sm

2. Man steht 8^h nachm. vor dem Englischen Kanal auf 48° 37' N-Br und 6° 58' W-Lg und steuert mw. SWzW 7 Sm p. h., während ein Strom rw. NW 0,6 Sm p. h. setzt. Missweisung 19° W. Wo steht das Besteck am nächsten Morgen 8^h?

Lösung:

Gesegelter Kurs und Entfernung in 12 Stunden SWzW mw. 84 Sm

		S 56° W mw.			
		Mw. 19° W			
ζ_w	S 37° W	Entf. 84 Sm	ζ_w S 37° W	$\Delta \varphi$ 67,1' S	Abw 50,6 Sm W
Strom N 45° W		„ 7,2 Sm	$\Delta \varphi$ 5,1' N		„ 5,1 „ W
		Gesamt $\Delta \varphi$ 62,0' S	Gesamt-Abw 55,7 Sm W.		
φ verl. 48° 37' N		$\varphi_{\text{m}} 48^\circ \text{N}$	$\Delta \lambda$ 83,3' W		
$\Delta \varphi$ 1° 2' S			$\Delta \lambda$ 1° 23' W		
φ err. 47° 35' N			λ verl. 6° 58' W		
			λ err. 8° 21' W.		

Man erhält dasselbe Ergebniss, wenn man in der Segelkarte vom Abgangsort zunächst die Versegelung SWzW mw. 84 Sm und von dem hierdurch erreichten Punkt die Stromversetzung in 12^h NW rw. 7,2 Sm abträgt.

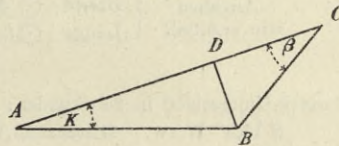
Auf trigonometrischem Wege findet man Fahrt und Kurs über den Grund, bei bekannter Fahrt und Kursrichtung durchs Wasser sowie Strömung, wie folgt:

Im Stromdreieck ABC (Fig. 127) sei AC der stündliche Weg durchs Wasser, CB die stündliche Stromversetzung und $\sphericalangle ACB = \beta$ der bekannte Winkel zwischen Kurs durchs Wasser und Stromrichtung, dann ist AB die gesuchte Fahrt über den Grund und K der gesuchte Winkel zwischen dem Kurs durchs Wasser und dem Kurs über den Grund. Fällt man von B aus das Loth BD auf AC , so ist:

$$BD = CB \cdot \sin \beta; \quad CD = CB \cdot \cos \beta; \quad AD = AC - CB \cdot \cos \beta;$$

und $\text{tg } K = \frac{BD}{AD} = \frac{CB \cdot \sin \beta}{AC - CB \cos \beta}; \quad AB = \frac{BD}{\sin K} = \frac{CB \cdot \sin \beta}{\sin K}.$

Fig. 127.



§ 211. Die zweite Aufgabe, die nachträgliche Berechnung des Stroms nach Stärke und Richtung kommt vorzugsweise bei der täglichen Besteckrechnung vor, in welcher man den Unterschied zwischen dem nach der Logrechnung gefundenen gegissten Besteck und dem durch astronomische oder terrestrische Beobachtung gefundenen beobachteten Besteck als Stromversetzung bezeichnet und als solche in das Logbuch einträgt. Diese Stromversetzung, welche richtiger als Besteckversetzung zu bezeichnen wäre, wird durch Kurs und Entfernung von dem gegissten Besteckpunkt nach dem beobachteten Besteckpunkt dargestellt und entweder errechnet oder aus der Karte entnommen.

Es liegt auf der Hand, dass diese Art der Stromberechnung nur dann berechtigt ist, wenn gegisstes und beobachtetes Besteck unbedingt

richtig sind. Thatsächlich trifft dies meist weder für das gegisste noch für das beobachtete Besteck zu, indem das erstere häufig mit Fehlern behaftet ist, welche aus ungenauem Steuern und Loggen, fehlerhafter Deviation sowie unrichtiger Beurtheilung der Abtrift entspringen und auch das beobachtete Besteck nicht von Ungenauigkeiten frei ist. Der Besteckunterschied giebt deshalb nur einen je nach der Zuverlässigkeit der beiden Bestecke mehr oder weniger sicheren Anhalt für die Stromversetzung.

Als Beispiel dient folgendes Muster eines Besteckzettels für ein Etmal mit Berechnung des Besteckunterschiedes.

An Bord S. M. S. „Moltke“, den 2. Februar 1899.			
Ort des letzten Bestecks nach Observation. um 12 Uhr den 1. Februar.	Breite	21° 24,8' N	Länge 65° 28,9' W
Seitdem gesegelt nach Logrechnung:			
N 5° O rw. Distanz 164 Sm.	Br-U.	2° 43,4' N	Lg-U. 0° 15,4' O
Gegisstes Besteck	Breite	24° 8,2' N	Länge 65° 13,5' W
Um 12 Uhr mittags.			
Nach Beobachtung:	Breite	23° 45,7' N	Länge 65° 19,5' W
Angaben wie ermittelt	{ Breite	⊙ Mrd. h.	
	{ Länge	⊙ h Chr. I.	
Besteck-Unterschied in 24 Stunden:			
S 13,5° W rw. Distanz 23,1 Sm.	Br-U	22,5' S	Lg-U 6,0' W
Missweisung 4° W.			
Während der letzten 24 Stunden sind nach astronomischen Beobachtungen folgende Bestimmungen der Deviation des Regelkompasses gemacht worden:			
auf mw. Kurs	alte Deviat.	neue Deviat.	Der Navigationsoffizier
NzO	+ 1,5°	+ 1,8°	N. N.

Bei geringen Versiegelungen lässt sich aus dem durch Peilung von Landobjekten ermittelten Schiffsort und dem durch den nach Kompass und Log zurückgelegten Weg bestimmten Schiffsort die Stromversetzung nachträglich ermitteln.

Die Lösungen erfolgen entweder zeichnerisch in der Karte oder nach Maassstab, oder aber durch Rechnung mit Hülfe der Tafel für rechtwinklige Dreiecke. Bei letzterem Verfahren ist stets der nach der Logrechnung gefundene scheinbare Ort als Abgangspunkt, der durch Peilung bestimmte wahre Schiffsort als erreichter Ort zu betrachten.

Ist z. B. eine Peilung mit Abstand genommen, dann eine Strecke auf einem oder mehreren Kursen zurückgelegt, und zum Schluss von demselben Gegenstand abermals eine Peilung mit Abstandsbestimmung ge-

nommen, so erhält man Stärke und Richtung der inzwischen stattgehabten Stromversetzung, wenn man die erste Peilung nebst Abstand mit den umgekehrten versegelten Kursen und Entfernungen und der umgekehrten zweiten Abstandsbestimmung zusammenkoppelt.

Kommen zwei Landobjekte nacheinander in Sicht, deren gegenseitige Lage nach Richtung und Entfernung bekannt ist, so findet man die während des Vorbeisegeln stattgehabte Stromversetzung durch Zusammenkoppeln der umgekehrten Versegelungen, der ersten Peilung, des direkten Abstands vom 1. zum 2. Peilungsobjekt und der umgekehrten zweiten Peilung.

Da bei diesen Rechnungen stets nur kleine Entfernungen in Frage kommen, geht man, um die Decimaltheile genauer zu bekommen, mit den zehnfachen Entfernungen in die Dreieckstafel ein.

Beispiele.

1. Man peilt Lizard-Feuerthurm in NW mw. und bestimmt den Abstand zu 10 Sm. Nachdem dann auf WSW-Kurs 17,3 Sm abgelaufen, wird dasselbe Feuer in NOzO¹/₂O mw. im Horizont im Verschwinden gepeilt (Abstand 20,3 Sm). Wie war die Stromversetzung?

			N	S	O	W
I. Peilung	NW	10 sm	7,1	—	—	7,1
umgekehrter Kurs	ONO	17,3 „	6,6	—	16,0	—
umgekehrte II. Peilung	SWzW ¹ / ₂ W	20,3 „	—	9,6	—	17,9
			13,7	9,6	16,0	25,0
			4,1	—	—	9,0

$\zeta = N 66^\circ W 9,9 \text{ Sm,}$
Strom = WNW mw. 9,9 Sm.

Dasselbe Ergebniss liefert die Konstruktion auf der Karte.

2. Der Weg von Feuerschiff Elbe I nach Feuerschiff Borkum-Riff ist W¹/₄N mw. 69,5 Sm. Ein Schiff, welches 2 Sm NW mw. von ersterem Feuerschiff steht, steuert W¹/₂N mw. und hat nach dem Log 70 Sm abgelaufen, als es das Borkum-Riff-Feuerschiff in NWzW mw. auf 7 Sm in Sicht bekommt. Welche Stromversetzung hat das Schiff gehabt?

			N	S	O	W
umgekehrte Segelung	O ¹ / ₂ S	70	—	6,9	69,7	—
I. Peilung	SO	2	—	1,4	1,4	—
Weg vom I. zum II. Objekt	W ¹ / ₄ N	69,5	3,4	—	—	69,4
umgekehrte II. Peilung	SOzO	7	—	3,9	5,8	—
			3,4	12,2	76,9	69,4
			—	8,8	7,5	—

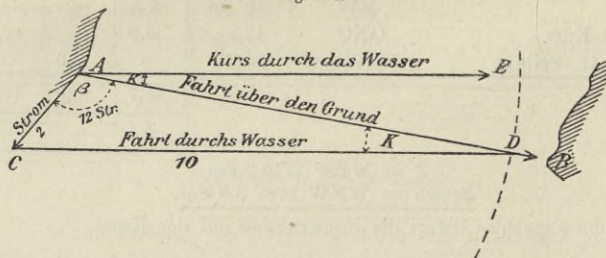
$\zeta = S 41^\circ O 11,5 \text{ Sm,}$
Strom = SO¹/₄S 11,5 Sm.

§ 212. Eine Bestimmung des augenblicklichen Stromes ist nur mit Hilfe eines festen Punktes möglich, welcher selbst von dem Strome nicht beeinflusst wird. Als ein solcher fester Punkt kann der Meeresboden oder eine stillstehende untere Wasserschicht dienen, indem man z. B. auf flachem Wasser das Loth als Grundlog verwendet. Aus der bekannten Wassertiefe als einer Kathete und der ausgelaufenen Lothleine als Hypotenuse erhält man als die andere Kathete die zurückgelegte Fahrt des Schiffes über den Grund, d. h. Bewegung des Schiffes im Wasser und Bewegung des Wassers zusammen, wie in § 171 beschrieben.

Für die genaue Messung der Stromrichtung und Geschwindigkeit sind besondere Instrumente hergestellt worden, welche auf verschiedenen Prinzipien beruhen, je nachdem die Strommessung an der Oberfläche oder in der Tiefe vorgenommen werden soll. Diese Ermittlungen gehören weniger auf das Gebiet der Navigation als auf dasjenige der Vermessungskunde und Oceanographie.

§ 213. Die dritte Aufgabe, Ermittlung des zwischen zwei bekannten Orten zu steuernden Kurses und der zum Zurücklegen des Weges erforderlichen Zeit bei bekannter

Fig. 128.



Fahrt und Strömung, wird gelöst durch Zeichnung eines Parallelogramms, dessen Diagonale die Verbindungslinie des bekannten Abgangs- und Ankunftsortes und dessen Seiten die Stromversetzung und der Weg des Schiffes durch das Wasser sind.

Da Stromversetzung und Weg durchs Wasser in der Regel nur für die Stunde bekannt sind, zeichnet man zunächst das Stundenstromdreieck (ADC Fig. 128), in welchem die Seiten, die stündliche Stromversetzung (AC) und die stündliche Fahrt des Schiffes durchs Wasser (CD) sowie der Winkel (β) der Stromrichtung mit dem bekannten Kurs über den Grund gegeben sind, und erhält den Winkel (K) zwischen dem Kurs über den Grund und dem Kurs durch das Wasser, sowie den stündlichen Weg über den Grund (AD).

Aus dem Verhältniss dieses letzteren zu dem zurückzulegenden Gesamtweg ergibt sich die erforderliche Zeit.

Die Aufgabe kann auch durch Rechnung nach der Sinusregel gelöst werden, indem:

$$\frac{\sin K}{\sin \beta} = \frac{\text{Stromstärke}}{\text{Fahrt durchs Wasser}} \quad \text{oder} \quad \sin K = \frac{\text{Stromstärke} \times \sin \beta}{\text{Fahrt durchs Wasser}} \quad \text{und}$$

$$\frac{\sin(180^\circ - [K + \beta])}{\sin \beta} = \frac{\text{Fahrt über den Grund}}{\text{Fahrt durchs Wasser}} \quad \text{oder}$$

$$\text{Fahrt über den Grund} = \frac{\text{Fahrt durchs Wasser} \cdot \sin(K + \beta)}{\sin \beta}$$

Beispiel.

Ein Schiff sei von einem Ort A nach einem 50 Sm Ost von ihm liegenden Ort B bestimmt, seine Fahrt betrage 10 Sm, während ein konstanter Strom SW 2 Sm p. h. setzt. Welcher Kurs ist zu steuern und welche Zeit wird gebraucht?

Lösung durch Zeichnung (Fig. 128).

Man trage vom Abgangsort A die stündliche Stromversetzung nach Richtung und Stärke (AC) an, schlage mit der Fahrt des Schiffes (10 Sm) einen Kreis um C , der die Verbindungslinie von A mit B in D schneidet, und ziehe CD , dann ist ACD das Stundenstromdreieck.

Eine Parallele zu CD durch A (AE) giebt den zu steuernden Kurs, welcher um den Betrag K von der Richtung AB gegen den Strom aufliegt, und die Strecke AD ist die stündliche Fahrt über den Grund, somit der Maassstab für die erforderliche Zeit.

Lösung durch Rechnung.

$$\sin K = \frac{AC \cdot \sin \beta}{CD} = \frac{2 \cdot \sin 12 \text{ Str.}}{10} = \frac{0,7071}{5} = 0,1416$$

$$K = 8,1^\circ = \frac{3}{4} \text{ Str.} \quad \text{daher}$$

zu steuernder Kurs $O \frac{3}{4} N$,

$$\text{ferner: } AD = \frac{CD \cdot \sin(K + \beta)}{\sin \beta} = \frac{10 \text{ Sm} \cdot \sin 12\frac{3}{4} \text{ Str.}}{\sin 12 \text{ Str.}}$$

$$= \frac{10 \text{ Sm} \cdot \sin 3\frac{1}{4} \text{ Str.}}{\sin 4 \text{ Str.}} = \frac{10 \text{ Sm} \cdot 0,596}{0,707} = 8,5 \text{ Sm.}$$

$$\text{Der Weg über den Grund ist } 8,5 \text{ Sm p. h. Die erforderliche Zeit } \frac{50^h}{8,5} = \underline{5^h 53^m.}$$

Soll die Dreieckstafel zur Lösung benutzt werden, so ist, wie folgt, zu verfahren (Fig. 128a):

1. Mit dem Winkel (β Fig. 128a) zwischen Stromrichtung und Weg über den Grund, bezw., falls er grösser ist als 90° , dessen Supplement, und der Stromstärke als Hypotenuse (c) entnimmt man den entsprechenden Werth der Katheten b und a .

2. Mit diesem a als Kathete und der Fahrt durchs Wasser als Hypotenuse (c) entnimmt man die zugehörige Kathete b und den der Kathete a gegenüberliegenden Winkel α . Dieser giebt den Betrag an, um welchen der Kurs über den Grund gegen den Strom berichtigt werden muss, um den zu steuernden Kurs zu erhalten.

3. Schliesslich giebt (bei $\beta < 8$ Str.) die Summe oder (bei $\beta > 8$ Str.) die Differenz der beiden b -Werthe die Fahrt über den Grund.

Vierter Abschnitt. Das Jagdsegeln.

§ 214. Das Jagdsegeln kommt vornehmlich im Kreuzer- und Aufklärungsdienst der Kriegsmarine vor und erfordert die Bestimmung des zu steuernden Kurses nach einem Objekt hin, welches sich selbst in Bewegung befindet.

Fig. 129 a.

Gegeben bezw. nach Schätzung bekannt sind hierbei:

Die erreichbare Fahrt des eigenen Schiffes und seine Position gegenüber dem zu treffenden Schiff, sowie Kurs und genaue bzw. muthmaassliche Fahrt des Letzteren.

Diese Angaben ermöglichen die Zeichnung eines Stundendreiecks, ähnlich wie bei der Stromschiffahrt, als Grundlage für die Berechnung.

Ein Beispiel diene zur Erläuterung.

Beispiel.

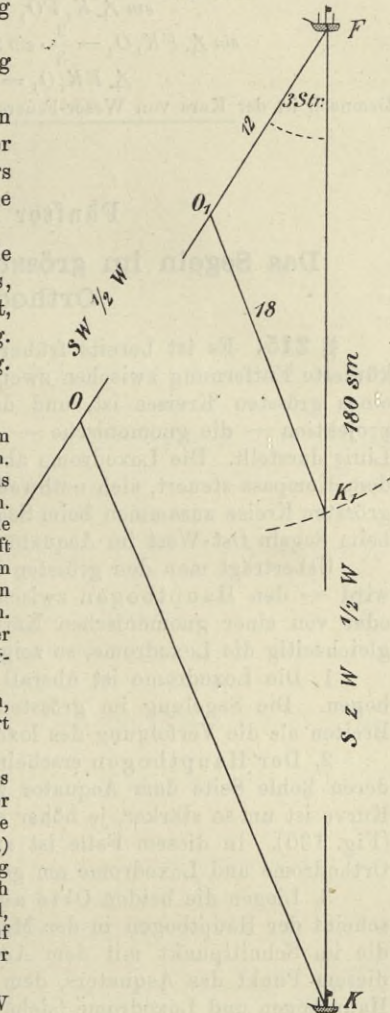
Eine Flotte passirt Skagen, nach dem Englischen Kanal bestimmt, um 5^h a. m. Derselben sollen von Wilhelmshaven aus wichtige Depeschen entgegengebracht werden. Die Flotte läuft mit 12 Sm Fahrt, und die Nachricht vom Passiren bei Skagen trifft nach 5^h in Wilhelmshaven ein, nebst dem Befehl, schleunigst einen Kreuzer mit den Depeschen an die Flotte abgehen zu lassen. Nach zwei weiteren Stunden hat der Kreuzer Anker auf und steht um 2^h p. m. bei Weser-Feuerschiff.

Welchen Kurs muss der Kreuzer steuern, um die Flotte zu treffen, wenn er eine Fahrt von 18 Sm halten kann?

Lösung: Das Jagdsegeln des Kreuzers beginnt bei Weser-Feuerschiff, von wo er einen geraden Kurs anliegen kann. Die Flotte steht zu dieser Zeit (2^h p. m.) $9 \times 12 = 108$ Sm von Skagen auf dem Weg nach dem Kanal, also gemäss Schätzung nach Passiren von Hanstholm auf 10 Sm Abstand, nunmehr auf der Höhe von Lodbjerg auf rund $56^\circ 54'$ N-Br und $8^\circ 0'$ O-Lg. Der wahrscheinliche Kurs ist $SW\frac{1}{2}W$ mw.

Der Kreuzer dagegen steht $SzW\frac{1}{2}W$ mw. von der Flotte rund 180 Sm entfernt.

Stellt in Fig. 129 a *K* die Stellung des Kreuzers, *F* diejenige der Flotte und *O* den Ort des Zusammentreffens dar, so ist in dem Dreieck *KFO* der Winkel *KFO*



= 3 Strich bekannt, ferner müssen sich verhalten die Seiten: $\frac{FO}{KO} = \frac{12}{18}$. Man findet dementsprechend den gesuchten Winkel FKO , welcher die Abweichung des zu steuernden Kurses vom direkten Kurse darstellt, durch Zeichnung des ähnlichen Stundendreiecks K_1FO_1 , in welchem die Seite $FO_1 = 12$, die Seite $KO_1 = 18$ und der Winkel $K_1FO_1 = 3$ Strich ist. Eine durch K gezogene Parallele zu K_1O_1 giebt die gesuchte Kurslinie.

Die Lösung durch Rechnung erfolgt nach der Sinusregel, indem:

$$\frac{\sin \sphericalangle FK_1O_1}{\sin \sphericalangle K_1FO_1} = \frac{12}{18} = \frac{2}{3} \text{ ist, also}$$

$$\sin \sphericalangle FK_1O_1 = \frac{2}{3} \cdot \sin 3 \text{ Str.} = \frac{2}{3} \cdot 0,556 = 0,371$$

$$\sphericalangle FK_1O_1 = 21^\circ 47' = 2 \text{ Str.}$$

Demnach ist der Kurs von Weser-Feuerschiff aus $NzO \frac{1}{2} O - 2 \text{ Str.} = \underline{N \frac{1}{2} W \text{ mw.}}$

Fünfter Abschnitt.

Das Segeln im grössten Kreise oder in der Orthodrome.*)

§ 215. Es ist bereits früher (§ 15) darauf hingewiesen, dass die kürzeste Entfernung zwischen zwei Punkten auf der Erdkugel der Bogen eines grössten Kreises ist, und dass eine besondere Art der Kartenprojektion — die gnomonische — diesen Bogen auf der Karte als gerade Linie darstellt. Die Loxodrome aber, in welcher ein Schiff, welches nach dem Kompass steuert, sich nothwendig bewegen muss, fällt nur mit dem grössten Kreise zusammen beim Segeln Nord-Süd in einem Meridian, oder beim Segeln Ost-West im Aequator.

Ueberträgt man den grössten Kreis- oder — wie er auch genannt wird — den Hauptbogen zwischen zwei Orten von einem Erdglobus oder von einer gnomonischen Karte auf die Merkator Karte und zieht gleichzeitig die Loxodrome, so zeigt sich:

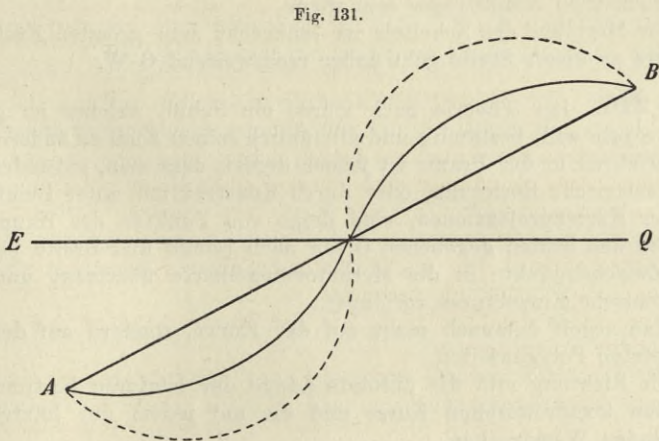
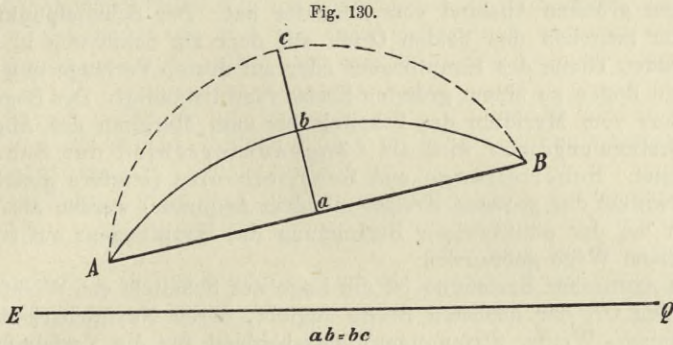
1. Die Loxodrome ist überall dem Aequator näher als der Hauptbogen. Die Segelung im grössten Kreise führt daher stets in höhere Breiten als die Verfolgung des loxodromischen Kurses.

2. Der Hauptbogen erscheint in der Merkator Karte als eine Kurve, deren hohle Seite dem Aequator zugekehrt ist. Die Krümmung dieser Kurve ist um so stärker, je höher die Breiten der beiden Endpunkte sind (Fig. 130). In diesem Falle ist auch der Streckenunterschied zwischen Orthodrome und Loxodrome am grössten.

3. Liegen die beiden Orte auf ungleichnamiger Breite, so erscheint der Hauptbogen in der Merkator Karte als eine S-förmige Kurve, die im Schnittpunkt mit dem Aequator ihre Konkavität wechselt. In diesem Punkt des Aequators, dem Uebergangspunkt, schneiden sich Hauptbogen und Loxodrome (siehe Fig. 131).

*) Orthodrome (geradläufige Linie) im Gegensatz zur Loxodrome (schieflaufende Linie), weil man so steuert, als ob der Bestimmungsort sich recht voraus befindet.

4. Eine Kurve von gleicher Länge wie die Loxodrome lässt sich auch auf der Polseite des Hauptbogens konstruiren — angenähert, indem man den grössten Abstand zwischen Loxodrome und Hauptbogen nach dem Pol hin nochmals abträgt und durch diesen Punkt und die beiden Orte freihändig eine Kurve legt (siehe Fig. 130).



Alle gesegelten Kurse, die in dem Segment zwischen dieser letzteren Kurve und der Loxodrome von Ort zu Ort führen, sind dann immer noch kürzer als der loxodromische Schiffsweg selbst.

Die Kenntniss dieser Verhältnisse ist wichtig, um danach zu beurtheilen, in welcher Weise bei grossen Entfernungen eine Abweichung vom loxodromischen Kurse mit Vortheil vorgenommen werden kann, z. B. über welchen Bug ein Schiff am günstigsten für das Erreichen des Bestimmungs-ortes zu legen ist, wenn der Wind das Segeln in der Loxodrome nicht zulässt.

5. Abgangskurs nennt man den Winkel am Abfahrtsorte zwischen dem Hauptbogen und dem Meridian des Ortes. Ankunfts-kurs ist der entsprechende Winkel am Bestimmungsorte.

Abfahrts- und Ankunfts-kurs sind nicht — wie beim loxodromischen Segeln — einfache Gegenkurse, sondern sie sind verschieden, und zwar liegt der grössere Kurswinkel stets bei dem Orte der höheren Breite, gleichgültig, ob die Orte auf derselben oder auf entgegengesetzten Seiten des Aequators liegen.

6. Scheitel nennt man denjenigen Punkt des Hauptbogens, in welchem er seinen grössten Abstand vom Aequator hat. Der Scheitelpunkt liegt entweder zwischen den beiden Orten auf dem als Schiffsweg in Frage kommenden Theile des Hauptbogens oder auf dessen Verlängerung, wenn man den Bogen zu einem grössten Kreise vervollständigt. Der Bogen des Aequators vom Meridian des Scheitels bis zum Meridian des Abgangs- oder Bestimmungsortes wird als Längenunterschied des Scheitels bezeichnet. Scheitellänge und Scheitelbreite (letztere gleich dem Schnittwinkel des grössten Kreises mit dem Aequator) werden als Hülfsgrössen bei der punktweisen Berechnung des Hauptbogens auf trigonometrischem Wege gebraucht.

In nautischer Beziehung ist die Lage des Scheitels von Wichtigkeit, da er den Ort der höchsten Breite angiebt, deren Navigirbarkeit (Eisverhältnisse, Winde, Strömungen) entscheidend für die Verfolgung des orthodromischen Schiffsweges sein wird.

Der Meridian des Scheitels ist senkrecht zum grössten Kreisbogen, der Kurs an dieser Stelle geht daher rechtweisend O-W.

§ 216. Der Theorie nach würde ein Schiff, welches im grössten Kreise segeln will, beständig und allmählich seinen Kurs zu ändern haben. Das Verfahren in der Praxis ist jedoch derart, dass man, entweder durch trigonometrische Rechnung, oder durch Konstruktion unter Beihülfe besonderer Kartenprojektionen, eine Reihe von Punkten des Hauptbogens zwischen den beiden gegebenen Orten nach Länge und Breite bestimmt, diese Zwischenpunkte in die Merkator-Segelkarte überträgt und durch loxodromische Einzelkurse verbindet.

Man segelt demnach nicht auf der Kurve, sondern auf den dafür eingesetzten Polygonseiten.

Die Richtung und die absolute Länge der letzteren bestimmen die einzelnen loxodromischen Kurse und die auf jedem der letzteren abzusehenden Wegstrecken.

Das Einzeichnen dieser Kurse in die Segelkarte und die Berechnung des Distanzunterschiedes zwischen Orthodrome und Loxodrome geben überhaupt erst den richtigen Ueberblick und die Gelegenheit, an der Hand der Segelanweisungen zu entscheiden, ob die Segelung im grössten Kreise für den fraglichen Fall nützlich oder zulässig ist.

Führt der grösste Kreis in zu hohe Breiten, so wird man sich häufig begnügen müssen, nur den Anfang und den Schluss der Reise im Hauptbogen zurückzulegen, den mittleren Theil der Reise hingegen durch Einschalten eines längeren loxodromischen O-W-Kurses zu ersetzen.

§ 217. Für die Bestimmung und Beurtheilung des orthodromischen Weges zwischen zwei Orten sind folgende Aufgaben zu lösen:

1. Eintragen des Hauptbogens zwischen beiden Orten bzw. der zu steuernden Einzelkurse in die Merkator Karte.

2. Berechnung der Entfernung im Hauptbogen, und zum Vergleich auch derjenigen auf der Loxodrome.

Wie oben erwähnt, lassen sich diese Aufgaben auf rechnerischem Wege oder auch rein konstruktiv lösen.

A. Berechnung des Hauptbogens.

Die für das Segeln im grössten Kreise nöthigen Rechnungen sind reine Anwendungen der sphärischen Trigonometrie; es ist daher hier nur erforderlich, die passenden Formeln auszuwählen.

Da die Rechnungen ziemlich lang ausfallen und unter Umständen, wenn das Schiff aus dem Hauptbogen herausgeräth, von Neuem durchgeführt werden müssen, so ist zur Vereinfachung der Rechnung eine Reihe von Methoden und Hülftafeln in Vorschlag gebracht worden*.)

In Folgendem sollen nur die gewöhnlichen Formeln der sphärischen Trigonometrie zur Lösung der Aufgabe benutzt werden, ohne auf besondere Hülftabellen Bezug zu nehmen.

Gang der Rechnung.

1. Man berechne den Abgangs- und Ankurskurs des grössten Kreises nach der auf Seite 301 folgenden Formel A und lege diese Kurse in der Karte nieder.

2. Im Anschluss daran findet man am bequemsten die Distanz nach Formel B (Seite 302).

3. Man berechne denjenigen Punkt des grössten Kreises, welcher dem Pol am nächsten liegt, d. h. den Scheitelpunkt, nach den Formeln C und D (Seite 303).

4. Mit Hilfe des Scheitelpunktes werden für beliebige Längenunterschiede, etwa von 5 zu 5° oder von 10 zu 10°, aus rechtwinkligen sphärischen Dreiecken die zugehörigen Breiten der Zwischenpunkte des grössten Kreises nach der Formel E (Seite 303) gefunden. Durch Eintragung dieser Punkte in die Segelkarte wird die gesuchte Wegkurve festgelegt.

5. Wenn die Orte zu beiden Seiten des Aequators liegen, so ist die Berechnung des Schnittpunktes mit dem Aequator nach Formel F (Seite 304) der Berechnung des Scheitelpunktes vorzuziehen. Von diesem Punkt ausgehend, werden nach Formel G (Seite 304) die weiteren Punkte für Eintragung der Kurve in die Karte bestimmt.

Formeln für die Berechnung des grössten Kreises zwischen zwei Orten.

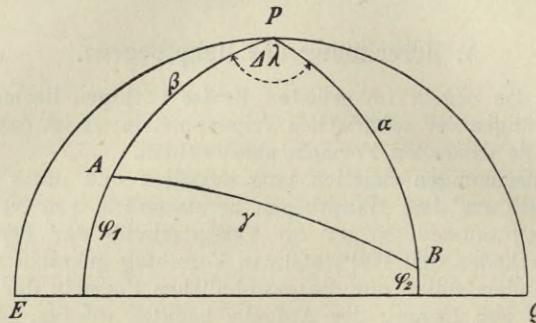
§ 218. Es empfiehlt sich in jedem Falle, zunächst eine schematische Figur für die Lösung der Aufgabe zu zeichnen.

*) Vergl. „Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens, Pola 1883“, wo von dem bekannten Nautiker E. Gelcich dieser Gegenstand eingehend behandelt ist.

In der Fig. 132 ist

P der Nordpol,
 A der Ort, näher dem Pol
 B der Ort, entfernter dem Pol } beide auf N-Breite.

Fig. 132.



Man setze:

$PA = \beta$, Komplement der Breite φ_1 des Ortes A ,
 $PB = \alpha$, " " " " φ_2 " " B ,
 $AB = \gamma$, Entfernung im Hauptbogen zwischen A und B ,
 $\sphericalangle PAB = A$, Kurswinkel von A nach B ,
 $\sphericalangle PBA = B$, " " B " A ,
 $\sphericalangle APB = A\lambda$, Längenunterschied der Orte A und B .

Nach dem Napierschen Gleichungen ist:

$$\operatorname{tg} \frac{A+B}{2} = \frac{\cos \frac{\alpha-\beta}{2}}{\cos \frac{\alpha+\beta}{2}} \operatorname{ctg} \frac{A\lambda}{2}$$

$$\operatorname{tg} \frac{A-B}{2} = \frac{\sin \frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin \frac{\alpha+\beta}{2}} \operatorname{ctg} \frac{A\lambda}{2}.$$

Um die Breiten selbst einzuführen, benutzt man

$$\begin{aligned} \alpha &= 90^\circ - \varphi_2 \\ \beta &= 90^\circ - \varphi_1 \\ \frac{\alpha + \beta}{2} &= 90^\circ - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \\ \frac{\alpha - \beta}{2} &= \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}. \end{aligned}$$

Demnach erhält man für die

a. Berechnung der Abgangs- und Ankunftscurve.

$$A. \left\{ \begin{array}{l} tg \frac{A+B}{2} = \frac{\cos \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}}{\sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}} ctg \frac{\Delta\lambda}{2} \\ tg \frac{A-B}{2} = \frac{\sin \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}}{\cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}} ctg \frac{\Delta\lambda}{2}. \end{array} \right.$$

A und B ergeben sich durch Addition und Subtraktion von

$$\frac{A+B}{2} \text{ und } \frac{A-B}{2}.$$

Zusatz 1. Liegen die beiden Orte auf S-Breite, so nimmt man P als den Südpol und hat, wie vorher, $\alpha = 90^\circ - \varphi_2$ und $\beta = 90^\circ - \varphi_1$, wobei das Vorzeichen der φ nicht in Betracht kommt. Daher bleiben für diesen Fall die Formeln unter A unverändert.

Zusatz 2. Liegen die beiden Orte auf verschiedenen Seiten des Aequators, A etwa auf S-Breite, B auf N-Breite, so hat man, wenn die verschiedenen Vorzeichen der φ nicht berücksichtigt werden, $\alpha = 90^\circ + \varphi_2$ und $\beta = 90^\circ - \varphi_1$, also

$$\frac{\alpha + \beta}{2} = 90^\circ - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} \text{ und}$$

$$\frac{\alpha - \beta}{2} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}.$$

Daher erhält die obige Formel A die Form

$$A I. \left\{ \begin{array}{l} tg \frac{A+B}{2} = \frac{\cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}}{\sin \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}} ctg \frac{\Delta\lambda}{2} \text{ und} \\ tg \frac{A-B}{2} = \frac{\sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}}{\cos \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}} ctg \frac{\Delta\lambda}{2} \end{array} \right.$$

worin die φ ohne Berücksichtigung der Vorzeichen zu nehmen sind.

b. Berechnung der Entfernung.

Nach den Napierschen Gleichungen ist

$$tg \frac{\alpha + \beta}{2} = \frac{\cos \frac{A-B}{2}}{\cos \frac{A+B}{2}} tg \frac{\gamma}{2} \text{ und}$$

$$tg \frac{\alpha - \beta}{2} = \frac{\sin \frac{A - B}{2}}{\sin \frac{A + B}{2}} tg \frac{\gamma}{2}$$

Daraus ergibt sich, wenn zugleich wieder die Breiten selbst eingeführt werden, zur Berechnung der Entfernung:

$$B. \left\{ \begin{array}{l} \text{oder} \\ tg \frac{\gamma}{2} = \frac{\cos \frac{A + B}{2}}{\cos \frac{A - B}{2}} ctg \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \\ tg \frac{\gamma}{2} = \frac{\sin \frac{A + B}{2}}{\sin \frac{A - B}{2}} tg \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} . \end{array} \right.$$

Bei der Auswahl der Formel ist zu berücksichtigen, dass stark ändernde Funktionen die Schärfe des Resultats beeinträchtigen, daher wähle man die erstere B-Formel, wenn $\frac{A - B}{2}$ nahe $= 0^\circ$, die zweite B-Formel hingegen, wenn $\frac{A + B}{2}$ nahe $= 90^\circ$ sind.

Zusatz. Liegen die beiden Orte auf S-Breite, so gilt auch hier das oben im Zusatz 1 für die A-Formel Gesagte.

Liegen hingegen die beiden Orte auf verschiedenen Seiten des Aequators, so gehen die B-Formeln über in

$$B.I. \left\{ \begin{array}{l} \text{oder} \\ tg \frac{\gamma}{2} = \frac{\cos \frac{A + B}{2}}{\cos \frac{A - B}{2}} ctg \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} \\ tg \frac{\gamma}{2} = \frac{\sin \frac{A + B}{2}}{\sin \frac{A - B}{2}} tg \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} . \end{array} \right.$$

Anmerkung. Man könnte die Entfernung auch einfach nach dem Sinussatze berechnen und erhält dann unmittelbar

$$\begin{aligned} \sin \gamma &= \frac{\sin \alpha \sin A \lambda}{\sin A} \text{ oder } = \frac{\sin \beta \sin A \lambda}{\sin B} \\ &= \cos \varphi_2 \sin A \lambda \operatorname{cosec} A \text{ oder } = \cos \varphi_1 \sin A \lambda \operatorname{cosec} B. \end{aligned}$$

Diese Formeln sind jedoch nur anwendbar, wenn γ nicht nahe 90° ist. — Auch ist zu beachten, dass für γ zwei Werthe, der spitze und der stumpfe Winkel, gelten.

Der Vergleich mit der loxodromischen Entfernung entscheidet, welcher Winkelwerth für γ zu nehmen ist.

c. Berechnung des Scheitels.

S sei in Fig. 133 und 134 der Scheitelpunkt des grössten Kreises, $PS = b_s$, das Komplement der Scheitellänge φ_s .

Mit Hilfe der Kurswinkel A und B hat man in den rechtwinkligen sphärischen Dreiecken APS und BPS nach der Napiersehen Regel

$$\begin{aligned} \sin b_s &= \sin A \sin \beta \text{ und} \\ \sin b_s &= \sin B \sin \alpha \end{aligned}$$

oder

$$C. \begin{cases} \cos \varphi_s = \sin A \cos \varphi_1 \text{ und} \\ \quad = \sin B \cos \varphi_2. \end{cases}$$

Wie die Winkel A und B zu gebrauchen sind, wird sich durch eine Zeichnung, wie sie Fig. 133 und 134 darstellt, stets sofort ersehen lassen.

Fig. 133.

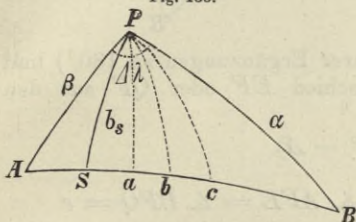
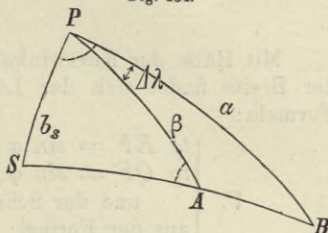


Fig. 134.



Diese Formeln gelten, wie aus den Figuren hervorgeht, auch dann, wenn der Scheitelpunkt ausserhalb der Bahn AB liegt. Bei der Rechnung erkennt man dies daran, dass der Abgangs- oder Ankunftswinkel grösser als 90° ist.

Für die Bestimmung der Scheitellänge findet sich mit Hilfe einer der Formeln

$$D. \begin{cases} \cos APS = \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{ctg} \varphi_s \text{ oder} \\ \cos BPS = \operatorname{tg} \varphi_2 \operatorname{ctg} \varphi_s \end{cases}$$

der Längenunterschied zwischen dem Scheitelpunkt und einem der gegebenen Orte.

d. Berechnung der Zwischenpunkte für die Karte.

Für die beliebigen Längenunterschieden — $\angle S Pa$, $\angle S Pb$, $\angle S Pc$ u. s. f. in Fig. 133 — entsprechenden Punkte a, b, c u. s. f. wird nun die Breite $\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c \dots$ gefunden durch die Formeln:

$$E. \begin{cases} \operatorname{tg} \varphi_a = \cos S Pa \cdot \operatorname{tg} \varphi_s \\ \operatorname{tg} \varphi_b = \cos S Pb \cdot \operatorname{tg} \varphi_s \end{cases}$$

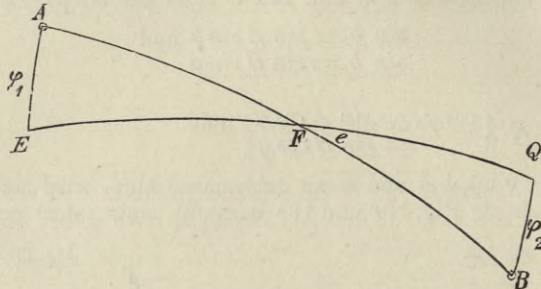
.....

Für die Praxis wird es genügen, wenn man für die Zwischenpunkte einen Längenunterschied von 10 zu 10° fortschreitend wählt; die zwischen diesen Punkten gezogenen loxodromischen Einzelkurse fallen dann mit dem Hauptbogen noch fast ganz zusammen.

e. Berechnung des Schnittpunkts mit dem Aequator.

Für die Berechnung des Schnittpunkts F mit dem Aequator hat man die rechtwinkligen Dreiecke AEF und BQF (Fig. 135, E, Q Aequator, Winkel bei E und Q rechte).

Fig. 135.



Mit Hülfe der Kurswinkel (bezw. ihrer Ergänzungen zu 180°) und der Breite findet sich der Längenunterschied EF oder QF aus den Formeln:

$$F. \begin{cases} tg \ EF = \sin \varphi_1 \cdot tg (180^\circ - A) \\ tg \ QF = \sin \varphi_2 \cdot tg \ B \\ \text{und der Schnittwinkel } \sphericalangle AFE = \sphericalangle BFQ = e \\ \text{aus der Formel:} \\ \cos e = \cos \varphi_1 \cdot \sin (180^\circ - A) \text{ oder } = \cos \varphi_1 \sin A. \end{cases}$$

Aus diesen Stücken ist dann die Breite des grössten Kreisbogens an beliebigen Punkten a, b, c u. s. f. zu finden aus den Formeln:

$$G. \begin{cases} tg \ \varphi_a = tg \ e \cdot \sin Fa \\ tg \ \varphi_b = tg \ e \cdot \sin Fb. \\ \dots \dots \dots \end{cases}$$

worin Fa, Fb, Fc u. s. f. den Längenunterschied der Punkte a, b, c u. s. f. gegen F bedeutet.

Für die Anwendung der Formeln ist in jedem Falle anzurathen, sich eine Figur wie die vorstehende roh zu entwerfen und die Winkel daraus zu entnehmen. Es ist dies einfacher, als bei strenger Durchführung der Vorzeichen die Formeln für eine mechanische Rechnung zu verallgemeinern.

Ueber die Anwendung und den Vorthheil des grössten Kreissegels ergibt erst die praktische Benutzung ein Urtheil. Es sollen daher hier zum Schluss noch einige Beispiele durchgeführt werden.

§ 219.

Beispiele.

1. Von S. Francisco nach Jedo.

S. Francisco Breite = $37^\circ 49' \text{ N}$	Länge = $122^\circ 30' \text{ W}$
Jedo „ = $35^\circ 40' \text{ N}$	„ = $140^\circ 0' \text{ O}$
$(\varphi_1 - \varphi_2) = 2^\circ 9'$	$\sphericalangle \lambda = 97^\circ 30'$
$(\varphi_1 + \varphi_2) = 73^\circ 29'$	$\sphericalangle \lambda_2 = 48^\circ 45'$

Berechnung des Abgangs- und Ankunftsurses.

$$tg \frac{A+B}{2} = \frac{\cos \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}}{\sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}} ctg \frac{\Delta \lambda}{2}; \quad tg \frac{A-B}{2} = \frac{\sin \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}}{\cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}} ctg \frac{\Delta \lambda}{2}.$$

$$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = 1^\circ 5' \quad \log \cos = 9,9999 \quad \log \sin = 8,2766$$

$$\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = 36^\circ 45' \quad \log \operatorname{cosec} = 0,2231 \quad \log \sec = 0,0962$$

$$\frac{\Delta \lambda}{2} = 48^\circ 45' \quad \log ctg = 9,9430 \quad \log ctg = 9,9430.$$

$$\frac{\log tg}{\log tg} = 0,1660 \quad \log tg = 8,3158$$

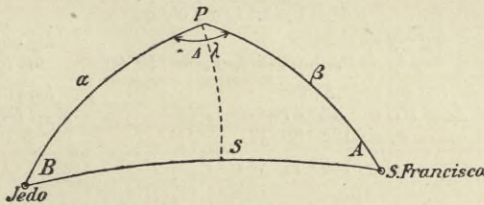
$$\frac{A+B}{2} = 55^\circ 42' \quad \frac{A-B}{2} = 1^\circ 11'$$

$$A = 56^\circ 53' \quad B = 54^\circ 31'$$

Abgangskurs = N 56,9° W = NW₂W rw.

Ankunftskurs = S 54,5° W = SW⁷/₈W rw.

Fig. 136.



Berechnung der Distanz.

$$tg \frac{\gamma}{2} = \frac{\cos \frac{A+B}{2}}{\cos \frac{A-B}{2}} ctg \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}.$$

$$\frac{A+B}{2} = 55^\circ 42' \quad \log \cos = 9,7509$$

$$\frac{A-B}{2} = 1^\circ 11' \quad \log \sec = 0,0001$$

$$\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = 36^\circ 45' \quad \log ctg = 0,1268$$

$$\log tg \frac{\gamma}{2} = 9,8778$$

$$\frac{\gamma}{2} = 37^\circ 3'$$

$$\gamma = 74^\circ 6' = 4446'$$

Die Entfernung beträgt 4446 Sm.

Zum Vergleich: Kurs und Distanz in der Loxodrome.

San Francisco	$\varphi_1 = 37^\circ 49' N$	M-Th = 2455	$\lambda_1 = 122^\circ 30' W$
Jedo	$\varphi_2 = 35^\circ 40' N$	= 2293	$\lambda_2 = 140^\circ 0' O$
$\Delta \varphi = 2^\circ 9' S$		M-D = 162	$\Delta \lambda = 97^\circ 30' W$
$= 129' S$			$= 5850' W$

$$\begin{aligned} M-D &= 162 & \log &= 2,2095 \\ \Delta \lambda &= 5850 & \log &= 3,7672 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kurs} &= S 88^\circ 25' W & \log \operatorname{tg} \zeta_w &= 1,5577 \\ &= W \frac{1}{8} S. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \varphi &= 129' & \log &= 2,1106 \\ \zeta_w &= 88^\circ 25' & \log \sec &= 11,5586 \end{aligned}$$

$$D = 4669 \text{ Sm} \quad \log D = 3,6692.$$

Die Ersparniss beträgt somit 223 Sm.

Berechnung des Scheitels.

$$\begin{aligned} \cos \varphi_s &= \sin A \cdot \cos \varphi_1 \\ &= \sin B \cdot \cos \varphi_2 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcll} A = 56^\circ 53' & \log \sin = 9,9230 & B = 54^\circ 31' & \log \sin = 9,9108 \\ \varphi_1 = 37^\circ 49' & \log \cos = 9,8976 & \varphi_2 = 35^\circ 40' & \log \cos = 9,9098 \\ \hline & \log \cos = 9,8206 & & \log \cos = 9,8206 \\ & \varphi_s = 48^\circ 35' & & \varphi_s = 48^\circ 35'. \end{array}$$

Berechnung der Länge des Scheitelpunktes.

$$\begin{aligned} \cos APS &= \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{ctg} \varphi_s \\ \cos BPS &= \operatorname{tg} \varphi_2 \operatorname{ctg} \varphi_s \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcll} \varphi_s = 48^\circ 35' & \log \operatorname{ctg} = 9,9455 & & \log \operatorname{ctg} = 9,9455 \\ \varphi_1 = 37^\circ 49' & \log \operatorname{tg} = 9,8900 & \varphi_2 = 35^\circ 40' & \log \operatorname{tg} = 9,8559 \\ \hline & \log \cos = 9,8355 & & \log \cos = 9,8015 \\ \sphericalangle APS = 46^\circ 47' & & \sphericalangle BPS = 50^\circ 43' & \\ \lambda_1 = 122^\circ 30' W & & \lambda_2 = 140^\circ 0' O & \\ \hline \lambda_s = 169^\circ 17' W & & \lambda_s = 190^\circ 43' O & \\ & & & = 169^\circ 17' W. \end{array}$$

Der Scheitelpunkt liegt auf $\left\{ \begin{array}{l} 48^\circ 35' N \\ 169^\circ 17' W. \end{array} \right.$

Berechnung der Zwischenpunkte des Hauptbogens für die Karte.

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi_a &= \cos SP_a \operatorname{tg} \varphi_s \\ \operatorname{tg} \varphi_b &= \cos SP_b \operatorname{tg} \varphi_s \\ &\text{etc.} \end{aligned}$$

Länge Winkel, $\log \operatorname{tg} \varphi_s = 0,0545$

122° 30' W	46° 47'	$\log \cos = 9,8355$	$\log \operatorname{tg} \varphi_a$ 9,8900	$\varphi_a = 37^\circ 49'$
130° 0' "	39° 17'	" " = 9,8888	" " φ_b 9,9433	$\varphi_b = 41^\circ 16'$
140° 0' "	29° 17'	" " = 9,9406	" " φ_c 9,9951	$\varphi_c = 44^\circ 41'$
150° 0' "	19° 17'	" " = 9,9749	" " φ_d 0,0294	$\varphi_d = 46^\circ 56'$
160° 0' "	9° 17'	" " = 9,9943	" " φ_e 0,0488	$\varphi_e = 48^\circ 13'$
170° 0' "	0° 43'	" " = 9,9999	" " φ_f 0,0544	$\varphi_f = 48^\circ 35'$
180° 0' "	10° 43'	" " = 9,9924	" " φ_g 0,0469	$\varphi_g = 48^\circ 5'$
170° 0' O	20° 43'	" " = 9,9709	" " φ_h 0,0254	$\varphi_h = 46^\circ 41'$
160° 0' "	30° 43'	" " = 9,9344	" " φ_i 9,9889	$\varphi_i = 44^\circ 16'$
150° 0' "	40° 43'	" " = 9,8796	" " φ_k 9,9341	$\varphi_k = 40^\circ 40'$
140° 0' "	50° 43'	" " = 9,8015	" " φ_l 9,8560	$\varphi_l = 35^\circ 40'$

2. Von Valparaiso nach Nagasaki.

$$\begin{array}{rcl} \text{Valparaiso Breite} &= 33^\circ 2' S & \text{Länge} &= 71^\circ 38' W \\ \text{Nagasaki} &= 32^\circ 45' N & &= 129^\circ 52' O \end{array}$$

$$\begin{aligned} \varphi_1 + \varphi_2 &= 65^\circ 47' & \Delta \lambda &= 158^\circ 30' \\ \varphi_1 - \varphi_2 &= 0^\circ 17'. \end{aligned}$$

Berechnung des Abgangs- und Ankunftsurses.

$$tg \frac{A+B}{2} = \frac{\cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}}{\sin \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}} ctg \frac{\Delta \lambda}{2}; \quad tg \frac{A-B}{2} = \frac{\sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}}{\cos \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}} ctg \frac{\Delta \lambda}{2}$$

(vergl. Zusatz 2, zu Formel A)

$$\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = 32^\circ 53,5' \quad \log \cos = 9,92412 \quad \log \sin = 9,73484$$

$$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = 0^\circ 8,5' \quad \log \operatorname{cosec} = 2,60686 \quad \log \sec = 0,00000$$

$$\frac{\Delta \lambda}{2} = 79^\circ 15' \quad \log ctg = 9,27842 \quad \log ctg = 9,27842$$

$$\log tg = 1,80940 \quad \log tg = 9,01326$$

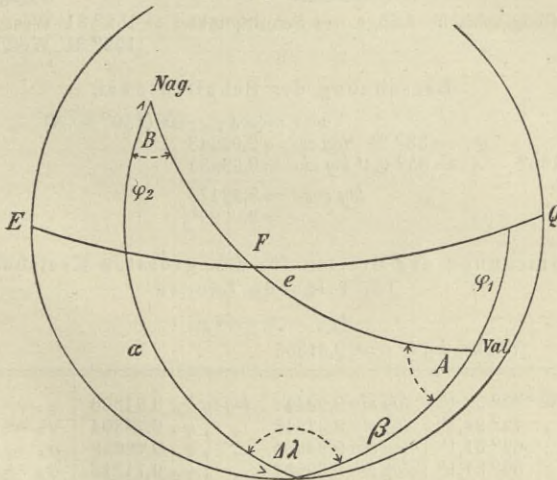
$$\frac{A+B}{2} = 89^\circ 6,7' \quad \frac{A-B}{2} = 5^\circ 53,2'$$

$$A = 94^\circ 59,9'; \quad B = 83^\circ 13,5'$$

Abfahrtskurs = N 85° 0,1' W

Ankunftskurs = N 83° 13,5' W.

Fig. 137.



Berechnung der Distanz.

$$tg \frac{1}{2} \gamma = \frac{\sin \frac{1}{2} (A+B)}{\sin \frac{1}{2} (A-B)} \cdot tg \frac{1}{2} (\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\frac{1}{2} (A+B) = 89^\circ 6,7' \quad \log \sin 9,99995$$

$$\frac{1}{2} (A-B) = 5^\circ 53,2' \quad \log \operatorname{cosec} 0,98902$$

$$\frac{1}{2} (\varphi_1 - \varphi_2) = 32^\circ 53,5' \quad \log tg 9,81072$$

$$\log tg \frac{1}{2} \gamma = 0,79969$$

$$\frac{1}{2} \gamma = 80^\circ 59'$$

$$\gamma = 161^\circ 58'$$

$$\text{Distanz} = 9718,6 \text{ Sm.}$$

Zum Vergleich: Kurs und Distanz in der Loxodrome.

Valparaiso $\varphi_1 = 33^\circ 2' S$	M-Th = 2102	$\lambda_1 = 71^\circ 38' W$
Nagasaki $\varphi_2 = 32^\circ 45' N$	M-Th = 2082	$\lambda_2 = 129^\circ 52' O$
$\Delta \varphi = 65^\circ 47' N$ = 3947'	M-D = 4184	$\Delta \lambda = 158^\circ 30' W$ = 9510'
$\Delta \lambda = 9510$		$\log = 3,97818$
M-D = 4184		$\log = 3,62159$
<u>Kurs = N 66° 15,1' W</u>		$\log \operatorname{tg} \zeta_w = 0,35659$
$\Delta \varphi = 3947$		$\log = 3,59627$
$\zeta_w = 66^\circ 15,1'$		$\log \operatorname{sec} = 0,39500$
<u>Distanz = 9801 Sm</u>		$\log D = 3,99127$

Die Wegersparnis im Hauptbogen beträgt 82,4 Sm.

Berechnung des Schnittpunkts mit dem Aequator.

$\operatorname{tg} QF = \sin \varphi_1 \operatorname{tg} (180 - A)$	$\operatorname{tg} EF = \sin \varphi_2 \operatorname{tg} B$
$\varphi_1 = 33^\circ 2,0' \log \sin 9,73650$	$\varphi_2 = 32^\circ 45,0' \log \sin 9,73318$
$(180^\circ - A) = 85^\circ 0,1' \log \operatorname{tg} 1,05819$	$B = 83^\circ 13,5' \log \operatorname{tg} 0,92518$
$\log \operatorname{tg} QF = 0,79469$	$\log \operatorname{tg} EF = 0,65836$
$QF = 80^\circ 53'$	$EF = 77^\circ 37'$
v. Valparaiso.	v. Nagasaki.

Geographische Länge des Schnittpunktes = $152^\circ 31'$ West I.
 $152^\circ 31'$ West II.

Berechnung der Schnittwinkel.

$\cos e = \cos \varphi_1 \cdot \sin (180^\circ - A)$
$\varphi_1 = 33^\circ 2' \log \cos = 9,92343$
$(180^\circ - A) = 85^\circ 0,1' \log \sin = 9,99835$
$\log \cos e = 9,92178$
$e = 33^\circ 22'$

Berechnung der Breiten für den grössten Kreisbogen für folgende Längen.

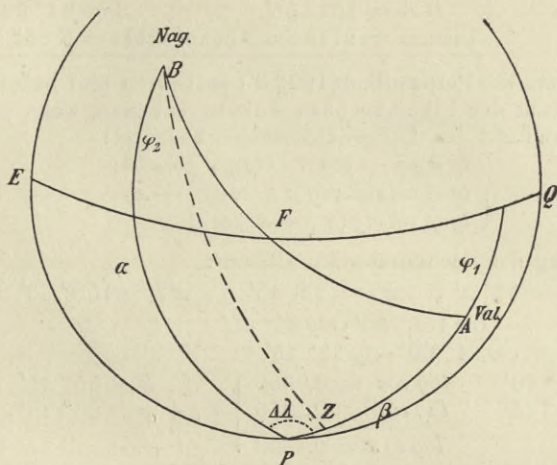
$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} e \sin \lambda$$

Länge	Winkel $\log \operatorname{tg} e = 9,81858$			
71° 38' W	80° 53,1'	$\log \sin 9,99448$	$\log \operatorname{tg} \varphi_a 9,81306$	$\varphi_a = 33^\circ 2,0' S$
80° 0' "	72° 31,1'	$\log \sin 9,97946$	" " $\varphi_b 9,79804$	$\varphi_b = 32^\circ 8,0' "$
90° 0' "	62° 31,1'	$\log \sin 9,94800$	" " $\varphi_c 9,76658$	$\varphi_c = 30^\circ 17,7' "$
100° 0' "	52° 31,1'	$\log \sin 9,89957$	" " $\varphi_d 9,71815$	$\varphi_d = 27^\circ 35,4' "$
110° 0' "	42° 31,1'	$\log \sin 9,82988$	" " $\varphi_e 9,64841$	$\varphi_e = 23^\circ 59,5' "$
120° 0' "	32° 31,1'	$\log \sin 9,73043$	" " $\varphi_f 9,54901$	$\varphi_f = 19^\circ 29,7' "$
130° 0' "	22° 31,1'	$\log \sin 9,58317$	" " $\varphi_g 9,40175$	$\varphi_g = 14^\circ 9,3' "$
140° 0' "	12° 31,1'	$\log \sin 9,33597$	" " $\varphi_h 9,15455$	$\varphi_h = 8^\circ 7,4' "$
150° 0' "	2° 31'	$\log \sin 8,64285$	" " $\varphi_i 8,46143$	$\varphi_i = 1^\circ 39,4' "$
160° 0' "	7° 28,9'	$\log \sin 9,11464$	" " $\varphi_k 8,93322$	$\varphi_k = 4^\circ 54,1' N$
170° 0' "	17° 28,9'	$\log \sin 9,47770$	" " $\varphi_l 9,29628$	$\varphi_l = 11^\circ 11,4' "$
180° 0' "	27° 28,9'	$\log \sin 9,66414$	" " $\varphi_m 9,48272$	$\varphi_m = 16^\circ 54,2' "$
170° 0' O	37° 28,9'	$\log \sin 9,78426$	" " $\varphi_n 9,60284$	$\varphi_n = 21^\circ 50,2' "$
160° 0' "	47° 28,9'	$\log \sin 9,86751$	" " $\varphi_o 9,68609$	$\varphi_o = 25^\circ 53,5' "$
150° 0' "	57° 28,9'	$\log \sin 9,92594$	" " $\varphi_p 9,74452$	$\varphi_p = 29^\circ 2,6' "$
140° 0' "	67° 28,9'	$\log \sin 9,96556$	" " $\varphi_q 9,78414$	$\varphi_q = 31^\circ 18,8' "$
130° 0' "	77° 28,9'	$\log \sin 9,98955$	" " $\varphi_r 9,80818$	$\varphi_r = 32^\circ 44,2' "$

Zusatz. Wird zunächst nur der Abgangskurs und die Distanz im Hauptbogen gesucht, so genügt es, aus den beiden gegebenen Seiten (den Breitenkomplementen α und β) und dem eingeschlossenen Winkel (Längenunterschied $\Delta\lambda$), den einen Winkel und die dritte Seite in der einfachen Weise zu berechnen, dass man von dem Bestimmungsorte eine Senkrechte auf den Meridian des Abfahrtsortes zieht, und sich auf die Berechnung zweier rechtwinkliger Dreiecke beschränkt.

Die Berechnung des letzten Beispiels (von Valparaiso nach Nagasaki) würde sich demnach darstellen lassen, wie folgt:

Fig. 138.



Aus dem rechtwinklig sphärischen Dreieck BPZ folgt nach der Napierschen Regel:

$$\begin{aligned} \sin BZ &= \sin BP \sin \Delta\lambda \text{ und} \\ \cos \Delta\lambda &= \text{ctg } BP \text{ tg } PZ \end{aligned}$$

Also

$$\begin{aligned} \sin BZ &= \sin 122^\circ 45' \cdot \sin 158^\circ 30' \\ &= \sin 57^\circ 15' \cdot \sin 21^\circ 30' \text{ und} \\ \text{tg } PZ &= \cos 158^\circ 30' \cdot \text{tg } 122^\circ 45' \\ &= \cos 21^\circ 30' \cdot \text{tg } 57^\circ 15' \end{aligned}$$

$21^\circ 30'$	$\log \sin = 9,5641$	$\log \cos = 9,9687$
$57^\circ 15'$	$\log \sin = 9,9248$	$\log \text{tg} = 0,1916$

$\log \sin BZ = 9,4889$	$\log \text{tg } PZ = 0,1603$
$BZ = 17^\circ 57'$ oder auch	$PZ = 55^\circ 21'$
$= 162^\circ 3'$	$PA = 56^\circ 58'$

da $\sin BZ = \sin (180^\circ - BZ)$. $ZA = 1^\circ 37'$

Im vorliegenden Falle muss der Perpendikelwerth $BZ = 162^\circ 3'$ sein, denn da Kathete und gegenüberliegender Winkelwerth stets gleichartig sind, muss $BZ > 90^\circ$ sein.

Aus $\triangle BZA$ ist nach der Napierschen Regel:

$$\cos BA = \cos BZ \cos ZA \text{ und } \sin ZA = \operatorname{ctg} A \operatorname{tg} BZ$$

Also

$$\begin{array}{l} \cos BA = \cos 162^\circ 3' \cdot \cos 1^\circ 37' \\ \quad = -\cos 17^\circ 57' \cdot \cos 1^\circ 37' \\ \cos(180^\circ - BA) = \cos 17^\circ 57' \cdot \cos 1^\circ 37' \operatorname{ctg}(180^\circ - A) = \sin 1^\circ 37' \cdot \operatorname{ctg} 17^\circ 57' \\ \begin{array}{l} 1^\circ 37' \quad \log \cos = 9,9998 \\ 17^\circ 57' \quad \log \cos = 9,9783 \end{array} \quad \begin{array}{l} \operatorname{ctg} A = \sin 1^\circ 37' \cdot \operatorname{ctg} 162^\circ 3' \\ \quad = -\sin 1^\circ 37' \cdot \operatorname{ctg} 17^\circ 57' \\ \log \sin = 8,4504 \\ \log \operatorname{ctg} = 0,4894 \end{array} \\ \hline \log \cos = 9,9781 \quad \log \operatorname{ctg} = 8,9398 \\ (180^\circ - BA) = 18^\circ 2' \quad (180^\circ - A) = 85^\circ 1' \\ \quad \quad \quad BA = 161^\circ 58' \quad \quad \quad A = 94^\circ 59' \\ \text{Distanz} = 9718 \text{ Sm} \quad \text{Abgangskurs} = \text{N } 85^\circ 1' \text{ W.} \end{array}$$

Wenn man das Perpendikel ($162^\circ 3'$) entbehren und lieber nach der Formel als nach der Figur rechnen will, so hat man, wenn φ_1 und φ_2 die Breiten und $A\lambda$ den Längenunterschied bedeutet:

$$\begin{array}{l} \operatorname{tg} x = -\cos A\lambda \operatorname{ctg} \varphi_2 \text{ gesetzt;} \\ \left\{ \begin{array}{l} \operatorname{tg} A = \sin x \operatorname{tg} A\lambda \sec(\varphi_1 + x) \\ \operatorname{tg} \gamma = \operatorname{ctg}(\varphi_1 + x) \sec A \end{array} \right. \end{array}$$

Der Gang der Rechnung wäre alsdann:

$$\begin{array}{l} \varphi_1 = 33^\circ 2' \quad \varphi_2 = 32^\circ 45' \quad A\lambda = 158^\circ 30' \\ \operatorname{tg} x = -\cos 158^\circ 30' \cdot \operatorname{ctg} 32^\circ 45' \\ \quad = \cos 21^\circ 30' \cdot \operatorname{ctg} 32^\circ 45' \\ \begin{array}{l} 21^\circ 30' \quad \log \cos = 9,9687 \\ 32^\circ 45' \quad \log \operatorname{ctg} = 0,1916 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 21^\circ 30' \\ 32^\circ 45' \end{array}} \right\} \begin{array}{l} x = 55^\circ 21' \\ \varphi_1 + x = 88^\circ 23' \end{array} \\ \quad \quad \quad \log \operatorname{tg} x = 0,1603 \\ \operatorname{tg} A = \sin 55^\circ 21' \cdot \operatorname{tg} 158^\circ 30' \cdot \sec 88^\circ 23' \\ \operatorname{tg}(180^\circ - A) = \sin 55^\circ 21' \cdot \operatorname{tg} 21^\circ 30' \cdot \sec 88^\circ 23' \\ \begin{array}{l} 55^\circ 21' \quad \log \sin = 9,9152 \\ 21^\circ 30' \quad \log \operatorname{tg} = 9,5954 \\ 88^\circ 23' \quad \log \sec = 1,5496 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 55^\circ 21' \\ 21^\circ 30' \\ 88^\circ 23' \end{array}} \right\} \begin{array}{l} (180^\circ - A) = 85^\circ 1' \\ \quad \quad \quad A = 94^\circ 59' \\ \text{Abgangskurs N } 85^\circ 1' \text{ W} \end{array} \\ \quad \quad \quad \log \operatorname{tg} = 1,0602 \\ \operatorname{tg} \gamma = \operatorname{ctg} 88^\circ 23' \cdot \sec 94^\circ 59' \\ \operatorname{tg}(180^\circ - \gamma) = \operatorname{ctg} 88^\circ 23' \cdot \sec 85^\circ 1' \\ \begin{array}{l} 88^\circ 23' \quad \log \operatorname{ctg} = 8,4506 \\ 85^\circ 1' \quad \log \sec = 1,0611 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 88^\circ 23' \\ 85^\circ 1' \end{array}} \right\} \begin{array}{l} (180^\circ - \gamma) = 18^\circ 0' \\ \quad \quad \quad \gamma = 162^\circ 0' \\ \text{Distanz} = 9720 \text{ Sm.} \end{array} \\ \quad \quad \quad \log \operatorname{tg} = 9,5117 \end{array}$$

§ 220. Anmerkung. Von Zescewich ist ein einfaches Verfahren vorgeschlagen, beliebig viele Zwischenpunkte des Hauptbogens ziemlich rasch zu berechnen, ohne Schwierigkeit bezüglich der Vorzeichen.

Die Punkte ergeben sich ohne Berechnung des Scheitels oder sonstiger Hilfswinkel.

Man halbire den Längenunterschied P durch einen Meridian PM und bezeichne, wie aus Figur 139 ersichtlich $\sphericalangle PMB = x$, $PM = y$, $AM = b$, $BM = a$, $PA = (180^\circ - x)$.

Nun ergibt sich aus Dreieck PMB

$$1. \quad \sin \varphi_2 = \cos y \cos a + \sin y \sin a \cos x$$

und 2. $\cos a = \cos y \sin \varphi_2 + \sin y \cos \varphi_2 \cos \frac{1}{2} \Delta \lambda$

Gleichung 2 in Gleichung 1 eingesetzt ergibt nach einigen kleinen Veränderungen

$$\sin \varphi_2 \sin y = \cos y \cos \varphi_2 \cos \frac{1}{2} \Delta \lambda + \sin a \cos x$$

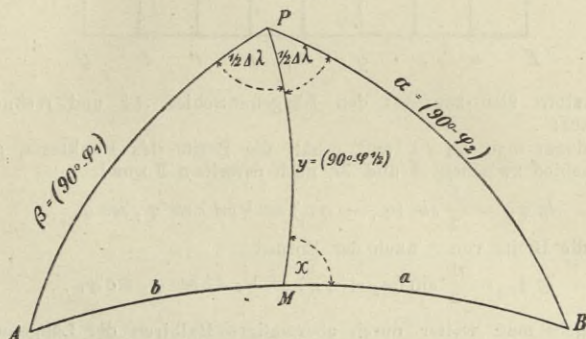
Beide Seiten durch $\cos \varphi_2$ dividirt:

$$\operatorname{tg} \varphi_2 \sin y = \cos y \cos \frac{1}{2} \Delta \lambda + \frac{\sin a \cos x}{\cos \varphi_2}$$

$$\frac{\sin a}{\cos \varphi_2} = \frac{\sin \frac{1}{2} \Delta \lambda}{\sin x}$$

folglich 3. $\operatorname{tg} \varphi_2 \sin y = \cos y \cos \frac{1}{2} \Delta \lambda + \sin \frac{1}{2} \Delta \lambda \operatorname{ctg} x$

Fig. 139.



Durch dasselbe Verfahren erhält man aus dem Dreieck APM :

$$\operatorname{tg} \varphi_1 \sin y = \cos y \cos \frac{1}{2} \Delta \lambda + \sin \frac{1}{2} \Delta \lambda \operatorname{ctg} (180 - x)$$

oder

$$4. \quad \operatorname{tg} \varphi_1 \sin y = \cos y \cos \frac{1}{2} \Delta \lambda - \sin \frac{1}{2} \Delta \lambda \operatorname{ctg} x.$$

Gleichung 3 und 4 addirt, ergeben

$$\sin y (\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2) = 2 \cos y \cos \frac{1}{2} \Delta \lambda \text{ oder}$$

$$\frac{\sin y \sin (\varphi_1 + \varphi_2)}{\cos \varphi_1 \cos \varphi_2} = 2 \cos y \cos \frac{1}{2} \Delta \lambda$$

woraus

$$5. \quad \operatorname{tg} y = \frac{2 \cos \frac{1}{2} \Delta \lambda \cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{\sin (\varphi_1 + \varphi_2)}.$$

Diese Formel 5 ergibt also das Komplement der Breite des Punktes M , welcher auf halbem Längenunterschied zwischen den Orten A und B liegt.

Bezeichnet man die Breite des Punktes M mit $\varphi_{1/2}$, so erhält man dieselbe nach der Formel:

$$6. \quad \operatorname{tg} \varphi_{1/2} = \frac{\sin (\varphi_1 + \varphi_2)}{2 \cos \frac{1}{2} \Delta \lambda \cos \varphi_1 \cos \varphi_2}$$

oder bei Einführung der Sekanten:

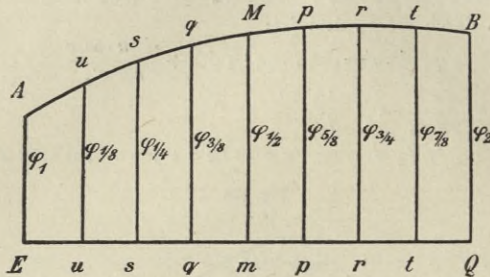
$$\operatorname{tg} \varphi_{1/2} = \frac{1}{2} \sin (\varphi_1 + \varphi_2) \sec \frac{1}{2} \Delta \lambda \sec \varphi_1 \sec \varphi_2.$$

Da hierin drei Sekanten vorkommen, so hängt das Zeichen von $\varphi_{1/2}$ lediglich vom Faktor $\sin (\varphi_1 + \varphi_2)$ ab.

Bezeichnet man N-Breite als +, S-Breite als -, so ist $\varphi_{1/2}$ nördlich, wenn die algebraische Summe $(\varphi_1 + \varphi_2)$ positiv ist, und umgekehrt.

Mit der Gleichung 6 können nun beliebig viele Zwischenpunkte des Hauptbogens berechnet werden, indem man nacheinander $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ u. s. w. des Längenunterschiedes λ einsetzt, und die zugehörigen Breiten mit $\varphi_{1/2}$, $\varphi_{1/4}$, $\varphi_{1/8}$, $\varphi_{1/16}$ u. s. w. bezeichnet.

Fig. 140.



Man halbt also zunächst den Längenunterschied λ und rechnet $\varphi_{1/2}$ des Punktes M aus:

Nun nimmt man $\frac{1}{4} \lambda$ und erhält die Breite des Punktes s , auf halbem Längenunterschied zwischen A und M , nach derselben Formel

$$\operatorname{tg} \varphi_{1/4} = \frac{1}{2} \sin(\varphi_1 + \varphi_{1/2}) \sec \frac{1}{4} \lambda \sec \varphi_1 \sec \varphi_{1/2}$$

und ebenso die Breite von r nach der Formel

$$\operatorname{tg} \varphi_{3/4} = \frac{1}{2} \sin(\varphi_2 + \varphi_{1/2}) \sec \frac{1}{4} \lambda \sec \varphi_2 \sec \varphi_{1/2}$$

Dann geht man weiter durch abermaliges Halbieren der Längenunterschiede und bekommt für die Punkte u , q , p und t

$$\operatorname{tg} \varphi_{1/8} = \frac{1}{2} \sin(\varphi_1 + \varphi_{1/4}) \sec \frac{1}{8} \lambda \sec \varphi_1 \sec \varphi_{1/4}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{3/8} = \frac{1}{2} \sin(\varphi_{1/4} + \varphi_{1/2}) \sec \frac{1}{8} \lambda \sec \varphi_{1/4} \sec \varphi_{1/2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{5/8} = \frac{1}{2} \sin(\varphi_{1/2} + \varphi_{3/4}) \sec \frac{1}{8} \lambda \sec \varphi_{1/2} \sec \varphi_{3/4}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{7/8} = \frac{1}{2} \sin(\varphi_{3/4} + \varphi_2) \sec \frac{1}{8} \lambda \sec \varphi_{3/4} \sec \varphi_2 \text{ etc.}$$

Wie man sieht, wiederholen sich die aufzuschlagenden Logarithmen vielfach, so dass die Rechnung sehr verkürzt wird.

Das obige Beispiel 1 (Hauptbogen zwischen San Francisco und Jedo) würde nach der Methode von Zescewich folgendermaßen zu berechnen sein:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi_{1/2} &= \frac{1}{2} \sin(\varphi_1 + \varphi_2) \sec \frac{\Delta \lambda}{2} \sec \varphi_1 \sec \varphi_2 \\ \varphi_1 &= +37^\circ 49' & \log \sec &= 0,1024 \\ \varphi_2 &= +35^\circ 40' & \log \sec &= 0,0902 \\ \hline (\varphi_1 + \varphi_2) &= 73^\circ 29' & \log \sin &= 9,9817 \\ \frac{\Delta \lambda}{2} &= 48^\circ 45' & \log \sec &= 0,1809 \\ & & \log \frac{1}{2} &= 9,6990 \\ \hline \log \operatorname{tg} \varphi_{1/4} &= 0,0542; & \varphi_{1/2} &= 48^\circ 34' \text{ N} \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{1/4} = \frac{1}{2} \sin(\varphi_1 + \varphi_{1/2}) \sec \frac{\Delta \lambda}{4} \sec \varphi_1 \sec \varphi_{1/2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{3/4} = \frac{1}{2} \sin(\varphi_2 + \varphi_{1/2}) \sec \frac{\Delta \lambda}{4} \sec \varphi_2 \sec \varphi_{1/2}$$

$\varphi_1 = 37^\circ 49'$	$\log \sec = 0,1024$	
$\varphi_{1/2} = 48^\circ 34'$	$\log \sec = 0,1793$	$\log \sec = 0,1793$
$\varphi_2 = 35^\circ 40'$		$\log \sec = 0,0902$
$\varphi_1 + \varphi_{1/2} = 86^\circ 23'$	$\log \sin = 9,9991$	
$\varphi_2 + \varphi_{1/2} = 84^\circ 14'$		$\log \sin = 9,9978$
$\frac{\Delta \lambda}{4} = 24^\circ 23'$	$\log \sec = 0,0406$	$\log \sec = 0,0406$
	$\log 2 = 9,6990$	$\log 1/2 = 9,6990$
$\log \operatorname{tg} \varphi_{1/4} = 0,0204$		$\log \operatorname{tg} \varphi_{3/4} = 0,0069$
$\varphi_{1/4} = 46^\circ 21' \text{ N}$		$\varphi_{3/4} = 45^\circ 27' \text{ N}$
	etc.	

B. Bestimmung des Hauptbogens mit Hilfe besonderer Kartenprojektionen.

§ 221. Als Hilfsmittel für die Uebertragung des Hauptbogens zwischen zwei Punkten in die Merkator Karte kommt die gnomonische und die stereographische Kartenprojektion in Betracht.

1. Die gnomonische Kartenprojektion ist in § 15 näher beschrieben und ist auf deren Anwendung bei Lösung der Aufgaben der orthodromischen Schifffahrt oben bereits hingewiesen.

Hat man eine gnomonische Karte, wie solche zu diesem Zweck entworfen sind, so ist für das Absetzen des grössten Kreises jede Rechnung erspart. Man verbindet in der gnomonischen Karte die beiden gegebenen Orte durch eine gerade Linie und findet für beliebige Punkte dieser Linie in der Karte die Länge und Breite, welche, in die Merkatorsche Karte eingetragen, ebenso viel Punkte der grössten Kreiskurve in dieser geben. Eine gnomonische Karte für jeden Ozean genügt. Das Hydrographic Office zu Washington hat 1889 fünf Karten in gnomonischer Projektion herausgegeben, je zwei für den Atlantischen und Stillen, eine für den Indischen Ozean, welche 1891 noch in neuer verbesserter Ausgabe erschienen sind.

Die Karten sind in den „Annalen der Hydrographie“ 1890 V und 1892 VI eingehend besprochen. Sie bieten ein gutes Mittel, den Hauptbogen darzustellen, und geben auch Anweisung, wie sich aus der gnomonischen Karte noch die Kurs- und Distanzbestimmung direkt entnehmen lässt.

Bezüglich dieser Ermittelungen sei auf die in jeder Karte angegebene Gebrauchsanweisung hingewiesen.

Die gnomonischen Ozeankarten werden ab und zu auf der Rückseite der von demselben Hydrographic Office herausgegebenen Pilot Charts der Weltmeere neu veröffentlicht.

Die mathematische Begründung der in den Karten enthaltenen Gebrauchsanweisung ist in dem vom United States Hydrographic Office herausgegebenen Buche: „The development of great circle sailing“, by G. W. Littlehales, Washington Government printing office 1899, in anschaulicher Weise gegeben.

Das in der englischen Marine gebräuchliche Great circle diagram von Godfray ist ein Gradnetz in gnomonischer Polarprojektion, welches

die halbe Kugel umfasst. Das Gradnetz ist brauchbar für beide Breiten und jedes Weltmeer, indem man die Meridiane mit der entsprechenden Bezeichnung versieht.

2. In der stereographischen Polarprojektion erscheinen alle Meridiane als gerade Linien, alle anderen Kreise auf der Erde als Kreise. Will man in einer solchen Karte den Hauptbogen zwischen zwei Orten niederlegen, so verzeichne man zu einem dieser beiden Orte den Antipodenpunkt (d. h. den Punkt von entgegengesetzter, gleich hoher Breite und einer um 180° verschiedenen Länge). Legt man durch diese drei Punkte einen Kreis, so stellt dieser den verlangten Hauptbogen dar. Die Uebertragung beliebig vieler Zwischenpunkte des Hauptbogens nach Breite und Länge in die Merkatorregelkarte geschieht in der üblichen Weise.

Für den Seegebrauch bestimmte stereographische Karten sind z. Z. nicht vorhanden.*)

§ 222. Anmerkungen. Zu erwähnen ist noch eine von Airy gegebene Näherungsmethode, welche ohne Rechnung eine schnelle und bequeme Einzeichnung des Hauptbogens zwischen zwei Orten in die Merkatorerdkarte gestattet. Für dieses Verfahren, bei dem man sich der am Schluss gegebenen kleinen Hilfstabelle bedient, sind folgende Regeln aufgestellt:

- I. Man verbinde die beiden Orte, wenn sie auf gleichnamiger Breite liegen, in der Merkatorerdkarte durch eine gerade Linie, halbire diese Linie und errichte im Mittelpunkt nach der Aequatorseite hin eine Senkrechte, die event. bis über den Aequator hinaus zu verlängern ist.
- II. Mit der Mittelbreite beider Orte entnehme man aus der Hilfstabelle den korrespondirenden Parallel.
- III. Der Schnittpunkt dieses Parallels mit der Senkrechten ist der Mittelpunkt des Kreises, den man über der Loxodrome als Sehne durch beide Orte legt.
- IV. Liegen die beiden Orte auf verschiedenen Seiten des Aequators, so ziehe man ebenfalls die Loxodrome und konstruirt nun für jeden Abschnitt derselben nördlich und südlich vom Aequator den zugehörigen Hauptbogen.

Airy fand die nachstehende Hilfstabelle durch folgende Ueberlegungen:

Nennt man φ_1 und φ_2 die Breiten und $\Delta\lambda$ den Längenunterschied zweier Orte A und B , so erhält man aus dem durch beide Orte und den Pol bestimmten sphärischen Dreieck für die Kurswinkel A und B die schon öfter benutzte Gleichung:

$$\operatorname{tg} \frac{A+B}{2} = \cos \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \cdot \operatorname{cosec} \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\Delta\lambda}{2}.$$

Der Hauptbogen, welcher in Fig. 141 als gestrichelte Linie dargestellt ist, schliesse mit der Loxodrome bei A den Winkel μ_1 und bei B den Winkel μ_2 ein, dann ist $A + \mu_1 + B + \mu_2 = 2R$, also $\frac{A+B}{2} = R - \frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$. Der ausgezogene Bogen gehöre dem Kreise an, zu dem AB die Sehne und $\frac{\mu_1 + \mu_2}{2} = \mu$ der Winkel zwischen dieser und der Peripherie ist. Airy nennt den Breitenparallel, welcher den Mittelpunkt dieses Kreises enthält, korrespondirenden Parallel. Für μ gilt dann folgende Gleichung:

$$\operatorname{ctg} \mu = \cos \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \cdot \operatorname{cosec} \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\Delta\lambda}{2}.$$

*) „Paugger, Lehrbuch des terrestrischen Theiles der Nautik“. Triest 1874, enthält eine solche Karte; desgleichen waren der Broschüre „Lösung der Probleme der Schifffahrt im grössten Kreise“ von demselben Verfasser zwei solche Erdkarten beigegeben.

Airy bestimmte den korrespondirenden Parallel für den Sonderfall, dass der Breitenunterschied Null und der Längenunterschied nicht bedeutend ist. Für diesen Fall wird zunächst: $ctg \mu = ctg \frac{\Delta \lambda}{2} \cdot cosec \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$.

Aus Fig. 142 folgt weiter: $y = \frac{\Delta \lambda}{2} \cdot ctg \mu$. Daher ist

$$y = \frac{\Delta \lambda}{2} \cdot ctg \frac{\Delta \lambda}{2} \cdot cosec \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

Bei nicht grossem Längenunterschied ist

$$\frac{\Delta \lambda}{2} \cdot ctg \frac{\Delta \lambda}{2} = \frac{\frac{\Delta \lambda}{2}}{tg \frac{\Delta \lambda}{2}} = \frac{\frac{\Delta \lambda}{2}}{\frac{\Delta \lambda}{2} \cdot \sin 1'} = cosec 1'$$

Also $y = cosec 1' \cdot cosec \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$ in Meridionaltheilen.

Fig. 141.

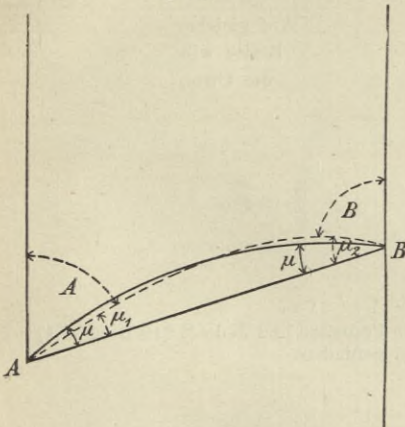
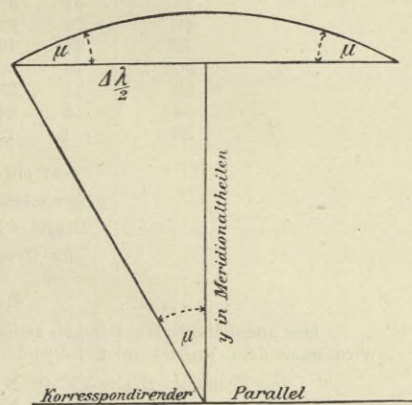


Fig. 142.



Auf dieser Formel beruht die Berechnung der Airyschen Tabelle. Es soll z. B. der korrespondirende Parallel für 46° und für 60° Mittelbreite bestimmt werden.

$\log cosec 1' = 3,53627$
$\log cosec 46^\circ = 0,14307$
$\log y = 3,67934$
$y = 4779$
M. Th. für 46° = 3116
1663

1663 M. Th. = 26° 42' auf entgegengesetzter Breite wie die Orte.

$\log cosec 1' = 3,53627$
$\log cosec 60^\circ = 0,06247$
$\log y = 3,59874$
$y = 3969,5$
M. Th. für 60° = 4527
557,5

557,5 M. Th. = 9° 15' auf gleicher Breite wie die Orte.

Der korrespondirende Parallel, den die folgende Tabelle liefert, ist für die Praxis genau genug, solange nicht der Breiten- sowohl wie der Längenunterschied gross wird.

Airys Hülftabelle für Segeln im Hauptbogen.

Mittelbreite	Korrespondirender Parallel	Mittelbreite	Korrespondirender Parallel
20°	81° 13'	58°	4° 0'
22	78 16	60	9 15
24	74 59	62	14 32
26	71 26	64	19 50
28	67 38	66	25 9
30	63 37	68	30 30
32	59 25	70	35 52
34	55 5	72	41 14
36	50 36	74	46 37
38	46 0	76	52 1
40	41 18	78	57 25
42	36 31	80	62 51
44	31 38		
46	26 42		Auf gleicher
48	21 42		Breite wie
50	16 39		die Orte
52	11 33		
54	6 24		
56	1 13		
	Auf entgegengesetzter		
	Breite wie		
	die Orte		

Beispiel.

Der angenäherte Hauptbogen zwischen San Francisco und Jedo (§ 219 Beispiel 1) wird nach dem Vorstehenden folgendermassen gefunden:

San Francisco Breite	37° 49' N
Jedo „	35° 40' N
$\varphi_1 + \varphi_2$	73° 29'
$\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$	36° 45' N Korrespondirender Parallel 48° 53' S

Ziehe in der Merkator Karte die Kurslinie zwischen San Francisco und Jedo und errichte in ihrem Mittelpunkt eine Senkrechte zu ihr. Der Schnittpunkt dieser Senkrechten mit dem Breitenparallel von 48° 53' S ist der Mittelpunkt des durch San Francisco und Jedo zu legenden Kreisbogens, welcher dem Hauptbogen nahe kommt.

Der amerikanische Kapitän Kirby hat ein Instrument erdacht, welches die Lösung der Aufgaben der grössten Kreisrechnung auf mechanischem Wege bezweckt und Kirbys Circumnavigator heisst.

§ 223. Allgemeines. Das Segeln im grössten Kreise war vor Einführung der Merkator Karten als sog. Globussekeln bekannt (John Davis, „The secrets of the sea“, im 16. Jahrhundert).

Mit Einführung der Merkator Karten kam es fast ganz in Vergessenheit und wurde erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts infolge der Arbeiten

Maurys in der Wetter- und Meereskunde wieder mehr bekannt und in seiner Bedeutung für die grosse Fahrt richtig beurtheilt. Mit dem Aufschwung der Dampfschiffahrt auf festen Linien, der Einführung von Schnelldampfern und Schnellkreuzern, sowie bei der allgemeinen Verschärfung des Wettbewerbs zur See hat die Befolgung der kürzesten Routen für die Handelsschiffahrt und den Kreuzerkrieg erhöht an Bedeutung gewonnen.

Zum Schlusse sei eine vergleichende tabellarische Zusammenstellung einiger orthodromischen und loxodromischen Ozeanwege gegeben:

Orte	Loxodrome		Orthodrome		
	Kurs	Distanz Sm	Anfangs- und Endkurse	Distanz Sm	Scheitel
Bermuda und Lizard	N 68° 3' O	2873	N 49° 6' O N 88° 7' W	2812	49° 58' N 6° 57' W
Kap Clear und St. Johns (N. Fundl.)	N 87° 2' O	1751	N 80° 7' W N 65° 8' O	1676	52° 2' N 21° 19' W
Lizard und Kap Race	S 84,1° W	1917	N 77° 2' W N 66° 1' O	1889	51° 9' N 21° 44' W
Lizard und Kap Frio (Rio)	S 24,3° W	4804	S 85° W N 74,2° O	4796	68° 54' N 38° 36' O
Lizard und Barbados (Ost)	S 50,6° W	3477	S 69° 8' W N 38,4° O	3434	52° 52' N 30° 52' W
Kap Clear und New York (Sandy Hook)	S 76,5° W	2754	N 77,4° W N 53,4° O	2674	52° 31' N 25° 24' W
Kap Frio und Kap d. g. Hoffnung	S 77,9° O	3248	S 77,9° O N 70,7° W	3208	34° 38' S 10° 5' O
Funchal und Bahia	S 24,3° W	3012	S 27,8° W N 23,8° O	3011	Aequator in 32° 51,4' W
Bahia und Kapstadt	S 68,1° O	3348	S 57,6° O N 82,4° W	3323	34° 39' S 31° 56' O
St. Thomas und Lissabon	N 67,3° O	3164	N 54,8° O N 96,4° W	3131	39° 10' N 1° 6' O
Kap Hatteras und Kap d. g. Hoffnung	S 51,7° O	6742	S 62,6° O N 61,4° W	6716	Aequator in 27° 29' W-Lg
K. Henry (Chesapeake B.) u. St. Ubes (Portugal)	N 88,3° O	3189	N 66,4° O	3116	42° 54' N 40° 3' W
Kap d. g. Hoffnung und Kap Horn	S 70° W	3792	S 40,2° W S 72,2° O	3590	57° 49' S 46° 3' W
Kap d. g. Hoffnung und Hobarttown (Tasmania)	S 85,2° O	6149	S 34,8° O S 40,0° W	5384	61° 54' S 87° 5' W
Kap d. g. Hoffnung und Rio de Janeiro	N 78,0° W	3309	S 84,7° W S 63,2° O	3267	34° 43' S 9° 15' O
St. Helena und Kap Horn	S 49,9° W	3736	S 34,2° W N 75,0° W	3664	57° 17' S 85° 10' W
Kap d. g. Hoffnung und Montevideo (La Plata)	S 89,5° W	3675	S 66,9° W S 66,1° O	3596	42° 5' S 22° 20' W

Orte	Loxodrome		Orthodrome		
	Kurs	Distanz S _m	Anfangs- und Endkurse	Distanz S _m	Scheitel
Kap Horn und Ostkap Neu Seeland	N 76,6° W	4740	S 49,8° W S 32,7° O	4249	64° 42' S 112° 43' W
Valparaiso und Kap Palliser	N 84,5° W	5417	S 43,9° W S 51,0° O	4995	54° 31' S 133° 44' W
Otago (Neu Seeland) und Callao	N 73,3° O	6088	S 65,7° O S 40,6° W	5764	50° 31' S 157° 5' W
Otago und Panama	N 71,4° O	6793	S 82,0° O S 44,4° W	6608	46° 19' S 178° 10' W
Kap Horn und Honolulu	N 45,3° W	6597	N 78,3° W S 59,5° O	6477	Aequator in 143° 13' W
Kap Horn und Kap Elisabeth (Amur)	N 46,5° W	9717	N 80,6° W S 64,9° O	9532	Aequator in 153° 54' W
Kap d. g. Hoffnung und Java Head	N 71° O	5088	S 86,2° O S 56° W	5010	Aequator in 85° 55' W
Mauritius und Freemantle (Swan River)	S 77,2° O	3218	S 87,9° O N 64,4° W	3178	43° 6' S 67° 47' O

Sechster Abschnitt.

Zuverlässigkeit der terrestrischen Besteckrechnung.

§ 224. Bei der Behandlung der Besteckrechnung ist bereits darauf hingewiesen, dass sowohl die Rechnung nach Mittelbreite wie auch das Koppeln der Kurse nur Näherungsmethoden sind, deren Zulässigkeit für bestimmte Fälle, zumal in hohen Breiten, zu prüfen ist.

Für die weitaus meisten Aufgaben der terrestrischen Besteckrechnung können die obigen Methoden jedoch schon deshalb ohne Bedenken angewendet werden, weil in den Daten, wie man sie durch den Kompass und das Log erhält, in der Regel viel grössere Ungenauigkeiten und Fehler verborgen liegen, als durch die Anwendung von Näherungsrechnungen hervorgebracht werden.

Die Zuverlässigkeit des nach der Besteckrechnung bestimmten Schiffsortes wird eingeschränkt

- durch Kursfehler,
- durch Distanzfehler,
- durch Stromversetzungen.

Die Kursfehler entstehen einerseits durch Ungenauigkeiten der Deviation und Missweisung des Kompasses, andererseits durch Steuerfehler. Die ersteren können durch stetige und sorgsame Kompasskontrolle vermindert werden, die letzteren hängen von der Schulung der Rudergänger, der Beaufsichtigung derselben, sowie auch von den nautischen Eigenschaften des Schiffes und den Wind- und Seeverhältnissen ab.

Gut steuernde Schiffe mit zweckmässig aufgestellten, richtig kompensirten und in sorgsamer Kontrolle gehaltenen Kompassen werden somit geringere Kursfehler erwarten lassen als solche Schiffe, bei denen obige Voraussetzungen nicht erfüllt sind. Dampfer sind in dieser Beziehung günstiger gestellt wie Segelschiffe, zumal wenn letztere dicht am Winde liegen, wo der Kurs dauernd schwankt und ausserdem noch die nur schätzungsweise in Rechnung gestellte Abtrift des Schiffes ein weiteres Element der Ungenauigkeit bildet.

Das seemännische Gefühl und die Erfahrung wird ferner bei besonderen Wind- und Seeverhältnissen zu beurtheilen haben, wie weit dem gesteuerten Kurse Ungenauigkeiten beizumessen sind. Man mag annehmen, dass gut Kurs haltende Dampfer mit gutem Kompassgeschirr unter gewöhnlichen Wetterverhältnissen keine grösseren Kursfehler als $\frac{1}{8}$ Strich zu gewärtigen haben, während bei Segelschiffen dieser Betrag $\frac{1}{2}$ Strich und mehr erreichen kann, je nach Umständen. Dies würde für den Dampfer in einem Etmal von 240 Sm eine Kursversetzung von etwa 7,5 Sm nach der einen oder anderen Seite ausmachen, während für das Segelschiff bei einem Etmal von nur 150 Sm schon 14,7 Sm Kursversetzung in Frage kommen.

Die Distanzfehler in der Besteckrechnung entstehen aus den ungenauen Angaben des Logs. Schon die verschiedenen Ansichten über die praktisch richtige Knotenlänge und die Verwendung verschiedener Knotenlängen lässt erkennen, welche Genauigkeit der Wegmessung vom Log zu erwarten ist. Wie bei den Kursfehlern, so befinden sich auch bezüglich der Logfehler die Dampfer in günstigerer Lage wie Segelschiffe. Während bei ersteren im Allgemeinen eine für gewisse Zeitabschnitte gleichmässige Fahrt angenommen werden kann, ist die Geschwindigkeit des Segelschiffs erheblichen Schwankungen unterworfen, und das halbstündliche Loggen giebt immer nur einen angenäherten Mittelwerth. Wenn man erfahrungsmässig für das Segelschiff einen Logfehler von ± 5 pCt. zugesteht, wird man ihn bei einem mit gleichmässiger Maschinenkraft laufenden Dampfer erheblich geringer annehmen können.

Schaufelrad oder Schiffsschraube bilden, zumal in glattem Wasser, einen genaueren Fahrtmesser als die Logapparate.

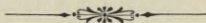
Nimmt man, wie oben, für einen Dampfer beispielsweise ein Etmal von 240 Sm an, so würden 2 pCt. = \pm etwa 5 Sm die Unsicherheit der geloggtten Distanz darstellen, während das Segelschiff für das Etmal von nur 150 Sm doch schon $\pm 7,5$ Sm Spielraum zugestehen muss.

Fasst man die Kurs- und Distanzfehler zusammen, so würde sich die Unsicherheit des Bestecks graphisch darstellen lassen als ein Rechteck, welches bei einem gut steuernden Dampfer für ein Etmal von 240 Sm etwa 15 Sm breit und 10 Sm lang ist, während bei einem Segelschiff in minder günstiger Lage für ein Etmal von nur 150 Sm das Fehlerrechteck schon etwa 30 Sm breit und 15 Sm lang sein kann.

Diese Zahlen, welche, wie wir gesehen, auf spekulativem Wege gewonnen sind, sollen lediglich einen Fingerzeig geben, welches Maass von Vertrauen man den Ergebnissen der täglichen Besteckrechnung entgegenbringen darf. In vielen Fällen werden zwar Steuerfehler sowohl wie die

Logfehler sich zum Theil aufheben, doch darf man die möglichen Beträge der Besteckfehler nicht aus dem Auge verlieren, sobald ein Schiff in Ermangelung zuverlässiger astronomischer Ortsbestimmungen auf die terrestrische Besteckführung angewiesen ist.

Schliesslich bleibt noch die durch Stromversetzung entstehende Unsicherheit des Bestecks zu berücksichtigen. Zwar lässt sich ein bekannter Strom nach Richtung und Stärke bei der Besteckrechnung als Kurs mitkoppeln; die in den Karten und Segelanweisungen enthaltenen Stromangaben sind jedoch nur allgemeine Mittelwerthe und keineswegs konstant. Man wird daher in der Regel nur einen Rückschluss auf die zu erwartende Stromversetzung ziehen können, zu einer verlässlichen rechnerischen Einführung des Stromes nach Richtung und Stärke berechtigen die Angaben jedoch nicht.



Anhang.



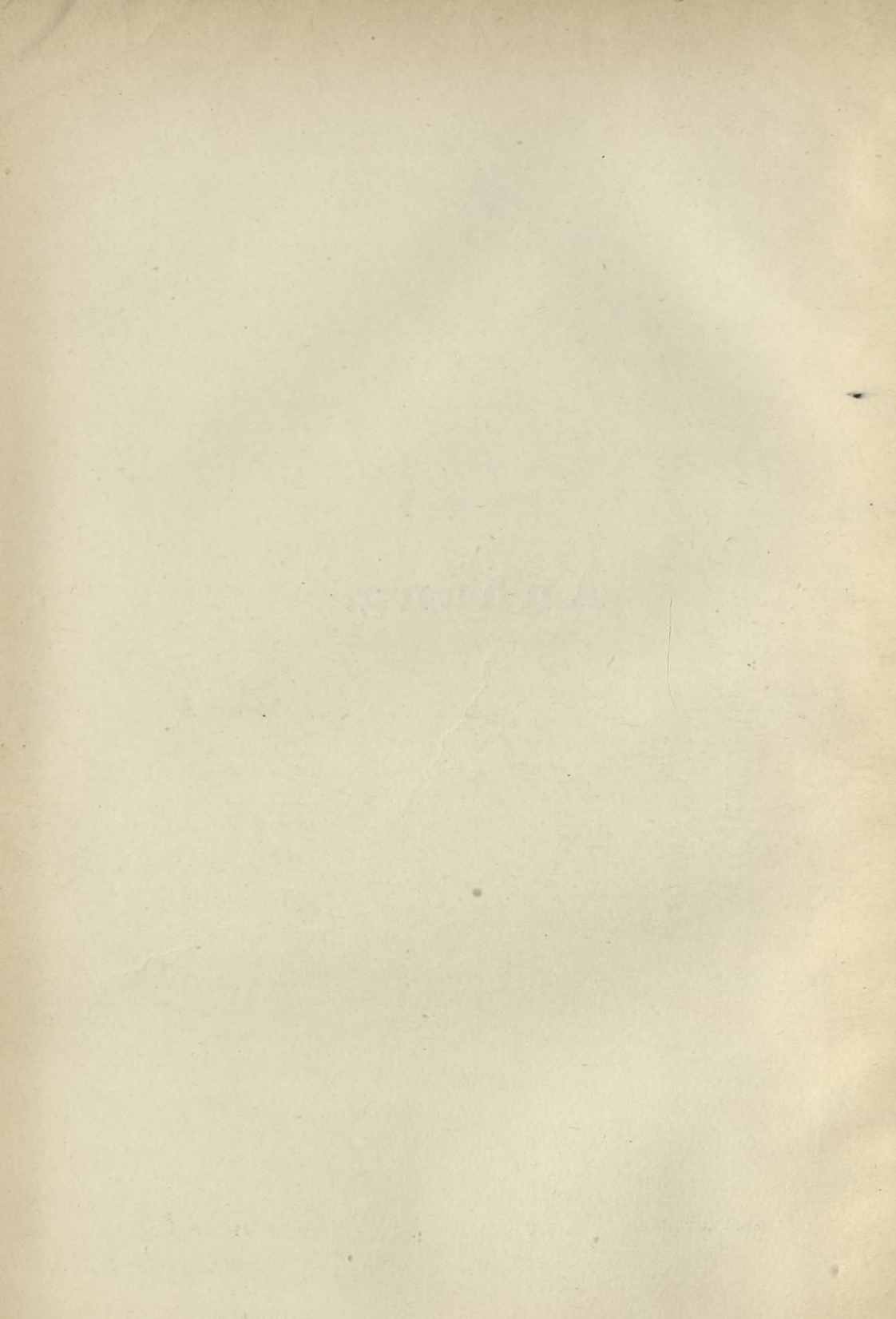


Tabelle I.

(Zu Seite 8.)

Grösse eines Grades der Länge auf den Breitenparallelen 0°—89°.

Breite	Grössen- verhältniss. Aequator = 1	Differenz	Anzahl Seemeilen	Differenz	Anzahl Meter	Differenz
0°	1,00000		60,10		111306,6	
1	0,99985	0,00015	60,09	0,01	111289,7	16,9
2	0,99939	0,00046	60,06	0,03	111239,2	50,5
3	0,99864	0,00075	60,02	0,04	111155,0	84,2
4	0,99758	0,00106	59,96	0,06	111037,2	117,8
5	0,99622	0,00136	59,87	0,09	110885,8	151,4
6	0,99456	0,00166	59,77	0,10	110700,9	184,9
7	0,99259	0,00197	59,66	0,11	110482,4	218,5
8	0,99033	0,00226	59,52	0,14	110230,5	251,9
9	0,98777	0,00256	59,37	0,15	109945,2	285,3
10	0,98491	0,00286	59,19	0,18	109626,6	318,6
11	0,98175	0,00316	59,00	0,19	109274,8	351,8
12	0,97829	0,00346	58,79	0,21	108889,9	384,9
13	0,97453	0,00376	58,57	0,22	108472,1	417,8
14	0,97049	0,00404	58,33	0,24	108021,4	450,7
15	0,96614	0,00435	58,07	0,26	107538,0	483,4
16	0,96151	0,00463	57,79	0,28	107021,9	516,1
17	0,95658	0,00493	57,49	0,30	106473,4	548,5
18	0,95136	0,00522	57,18	0,31	105892,6	580,8
19	0,94585	0,00551	56,85	0,33	105279,7	612,9
20	0,94006	0,00579	56,50	0,35	104634,8	644,9
21	0,93398	0,00608	56,13	0,37	103958,2	676,6
22	0,92762	0,00636	55,75	0,38	103250,0	708,2
23	0,92097	0,00665	55,35	0,40	102510,5	739,5
24	0,91405	0,00692	54,94	0,41	101739,8	770,7
25	0,90685	0,00720	54,50	0,44	100938,2	801,6
26	0,89937	0,00748	54,05	0,45	100105,9	832,3
27	0,89162	0,00775	53,59	0,46	99243,2	862,7
28	0,88360	0,00802	53,10	0,49	98350,3	892,9
29	0,87531	0,00829	52,61	0,49	97427,4	922,9
30	0,86675	0,00856	52,09	0,52	96474,8	952,6
31	0,85793	0,00882	51,56	0,53	95492,9	981,9
32	0,84884	0,00909	51,02	0,54	94481,9	1011,0
33	0,83950	0,00934	50,45	0,57	93442,1	1039,8
34	0,82990	0,00960	49,88	0,57	92373,8	1068,3
35	0,82005	0,00985	49,29	0,59	91277,3	1096,5
36	0,80995	0,01010	48,68	0,61	90152,9	1124,4
37	0,79960	0,01035	48,06	0,62	89001,0	1151,9
38	0,78901	0,01059	47,42	0,64	87821,9	1179,1
39	0,77818	0,01083	46,77	0,65	86616,0	1205,9
40	0,76710	0,01108	46,10	0,67	85383,6	1232,4

Breite	Größen- verhältniss. Aequator = 1	Differenz	Anzahl Seemeilen	Differenz	Anzahl Meter	Differenz
40	0,76710		46,10		85383,6	
41	0,75580	0,01130	45,42	0,68	84125,1	1258,5
42	0,74426	0,01154	44,73	0,69	82840,8	1284,3
43	0,73249	0,01177	44,02	0,71	81531,1	1309,7
44	0,72050	0,01199	43,30	0,72	80196,5	1334,6
45	0,70829	0,01221	42,57	0,73	78837,3	1359,2
46	0,69586	0,01243	41,82	0,75	77453,9	1383,4
47	0,68322	0,01264	41,06	0,76	76046,8	1407,1
48	0,67037	0,01285	40,29	0,77	74616,3	1430,5
49	0,65731	0,01306	39,50	0,79	73162,9	1453,4
50	0,64405	0,01326	38,71	0,79	71687,0	1475,9
51	0,63059	0,01346	37,90	0,81	70189,1	1497,9
52	0,61694	0,01365	37,08	0,82	68669,6	1519,5
53	0,60310	0,01384	36,25	0,83	67129,0	1540,6
54	0,58907	0,01403	35,40	0,85	65567,7	1561,3
55	0,57487	0,01420	34,55	0,85	63986,3	1581,4
56	0,56048	0,01439	33,69	0,86	62385,1	1601,2
57	0,54592	0,01456	32,81	0,88	60764,7	1620,4
58	0,53120	0,01472	31,93	0,88	59125,6	1639,1
59	0,51631	0,01489	31,03	0,90	57468,2	1657,4
60	0,50126	0,01505	30,13	0,90	55793,1	1675,1
61	0,48605	0,01521	29,21	0,92	54100,8	1692,3
62	0,47070	0,01535	28,29	0,92	52391,7	1709,1
63	0,45520	0,01550	27,36	0,93	50666,5	1725,2
64	0,43956	0,01564	26,42	0,94	48925,7	1740,8
65	0,42378	0,01578	25,47	0,95	47169,7	1756,0
66	0,40787	0,01591	24,51	0,96	45399,1	1770,6
67	0,39184	0,01603	23,55	0,96	43614,5	1784,6
68	0,37569	0,01615	22,58	0,97	41816,3	1798,2
69	0,35941	0,01628	21,60	0,98	40005,2	1811,1
70	0,34303	0,01638	20,62	0,98	38181,8	1823,4
71	0,32654	0,01649	19,63	0,99	36346,5	1835,3
72	0,30995	0,01659	18,63	1,00	34499,9	1846,6
73	0,29327	0,01668	17,63	1,00	32642,7	1857,2
74	0,27649	0,01678	16,62	1,01	30775,3	1867,4
75	0,25963	0,01686	15,60	1,02	28898,4	1876,9
76	0,24269	0,01694	14,59	1,01	27012,5	1885,9
77	0,22567	0,01702	13,56	1,03	25118,2	1894,3
78	0,20858	0,01709	12,54	1,02	23216,2	1902,0
79	0,19143	0,01715	11,50	1,04	21306,9	1909,3
80	0,17421	0,01722	10,48	1,02	19391,0	1915,9
81	0,15695	0,01726	9,43	1,05	17469,1	1921,9
82	0,13963	0,01732	8,39	1,04	15541,8	1927,3
83	0,12227	0,01736	7,35	1,04	13609,7	1932,1
84	0,10488	0,01739	6,30	1,05	11673,3	1936,4
85	0,08745	0,01743	5,26	1,04	9733,3	1940,0
86	0,06999	0,01746	4,21	1,05	7790,3	1943,0
87	0,05251	0,01748	3,16	1,05	5844,8	1945,5
88	0,03502	0,01749	2,10	1,06	3897,6	1947,2
89	0,01751	0,01751	1,05	1,05	1949,1	1948,5

Tabelle II.

(Zu Seite 90.)

Zur Umwandlung der Kompassstriche in Grade und umgekehrt.

Striche	No.	Grade etc.	No.	Striche
N	0	0° 0' 0''	0	S
	1/8	1 24 22	1/8	
	1/4	2 48 45	1/4	
	3/8	4 13 7	3/8	
	1/2	5 37 30	1/2	
	5/8	7 1 52	5/8	
	3/4	8 26 15	3/4	
	7/8	9 50 37	7/8	
NzO · NzW	1	11 15 0	1	SzW · SzO
	1/8	12 39 21	1/8	
	1/4	14 3 45	1/4	
	3/8	15 28 7	3/8	
	1/2	16 52 30	1/2	
	5/8	18 16 52	5/8	
	3/4	19 41 15	3/4	
	7/8	21 5 37	7/8	
NNO · NNW	2	22 30 0	2	SSW · SSO
	1/8	23 54 22	1/8	
	1/4	25 18 45	1/4	
	3/8	26 43 7	3/8	
	1/2	28 7 30	1/2	
	5/8	29 31 52	5/8	
	3/4	30 56 15	3/4	
	7/8	32 20 37	7/8	
NOzN · NWzN	3	33 45 0	3	SWzS · SOzO
	1/8	35 9 22	1/8	
	1/4	36 33 45	1/4	
	3/8	37 58 7	3/8	
	1/2	39 22 30	1/2	
	5/8	40 46 52	5/8	
	3/4	42 11 15	3/4	
	7/8	43 35 37	7/8	
NO · NW	4	45 0 0	4	SW · SO
	1/8	46 44 22	1/8	
	1/4	47 48 45	1/4	
	3/8	49 13 7	3/8	
	1/2	50 37 30	1/2	
	5/8	52 1 52	5/8	
	3/4	53 26 15	3/4	
	7/8	54 50 37	7/8	

Striche	No.	Grade etc.	No.	Striche
NOzO · NWzW	5	56 15 0	5	SWzW · SOzO
	$\frac{1}{8}$	57 39 22	$\frac{1}{8}$	
	$\frac{1}{4}$..	59 3 45	.. $\frac{1}{4}$	
	$\frac{3}{8}$	60 28 7	$\frac{3}{8}$	
	$\frac{1}{2}$..	61 52 30	.. $\frac{1}{2}$	
	$\frac{5}{8}$	63 16 52	$\frac{5}{8}$	
	$\frac{3}{4}$..	64 41 15	.. $\frac{3}{4}$	
	$\frac{7}{8}$	66 5 37	$\frac{7}{8}$	
ONO · WNW	6	67 30 0	6	WSW · OSO
	$\frac{1}{8}$	68 54 22	$\frac{1}{8}$	
	$\frac{1}{4}$..	70 18 45	.. $\frac{1}{4}$	
	$\frac{3}{8}$	71 43 7	$\frac{3}{8}$	
	$\frac{1}{2}$..	73 7 30	.. $\frac{1}{2}$	
	$\frac{5}{8}$	74 31 52	$\frac{5}{8}$	
	$\frac{3}{4}$..	75 56 15	.. $\frac{3}{4}$	
	$\frac{7}{8}$	77 20 37	$\frac{7}{8}$	
OzN · WzN	7	78 45 0	7	WzS · OzS
	$\frac{1}{8}$	80 9 22	$\frac{1}{8}$	
	$\frac{1}{4}$..	81 33 45	.. $\frac{1}{4}$	
	$\frac{3}{8}$	82 58 7	$\frac{3}{8}$	
	$\frac{1}{2}$..	84 22 30	.. $\frac{1}{2}$	
	$\frac{5}{8}$	85 46 52	$\frac{5}{8}$	
	$\frac{3}{4}$..	87 11 15	.. $\frac{3}{4}$	
	$\frac{7}{8}$	88 35 37	$\frac{7}{8}$	
Ost · West	8	90 0 0	8	West · Ost

Tabelle III.

(Zu Seite 126.)

Tabelle der Produkte jedes Zehntelgrades mit den Sinussen der Kompassstriche.

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	
0,0°	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °	0,0 °
0,1	0,02	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,1
0,2	0,04	0,08	0,11	0,14	0,17	0,18	0,20	0,2
0,3	0,06	0,11	0,17	0,21	0,25	0,28	0,29	0,3
0,4	0,08	0,15	0,22	0,28	0,33	0,37	0,39	0,4
0,5	0,10	0,19	0,28	0,35	0,42	0,46	0,49	0,5
0,6	0,12	0,23	0,33	0,42	0,50	0,55	0,59	0,6
0,7	0,14	0,27	0,39	0,49	0,58	0,65	0,69	0,7
0,8	0,16	0,31	0,44	0,57	0,67	0,74	0,78	0,8
0,9	0,18	0,34	0,50	0,64	0,75	0,83	0,88	0,9
1,0°	0,20°	0,38°	0,56°	0,71°	0,83°	0,92°	0,98°	1,0°
1,1	0,21	0,42	0,61	0,78	0,91	1,02	1,08	1,1
1,2	0,23	0,46	0,67	0,85	1,00	1,11	1,18	1,2
1,3	0,25	0,50	0,72	0,92	1,08	1,20	1,28	1,3
1,4	0,27	0,54	0,78	0,99	1,16	1,29	1,37	1,4
1,5	0,29	0,57	0,83	1,06	1,25	1,39	1,47	1,5
1,6	0,31	0,61	0,89	1,13	1,33	1,48	1,57	1,6
1,7	0,33	0,65	0,94	1,20	1,41	1,57	1,67	1,7
1,8	0,35	0,69	1,00	1,27	1,50	1,66	1,77	1,8
1,9	0,37	0,73	1,06	1,34	1,58	1,76	1,86	1,9
2,0°	0,39°	0,77°	1,11°	1,41°	1,66°	1,85°	1,96°	2,0°
2,1	0,41	0,80	1,17	1,48	1,75	1,94	2,06	2,1
2,2	0,43	0,84	1,22	1,56	1,83	2,03	2,16	2,2
2,3	0,45	0,88	1,28	1,63	1,91	2,12	2,26	2,3
2,4	0,47	0,92	1,33	1,70	1,99	2,22	2,35	2,4
2,5	0,49	0,96	1,39	1,77	2,08	2,31	2,45	2,5
2,6	0,51	0,99	1,44	1,84	2,16	2,40	2,55	2,6
2,7	0,53	1,03	1,50	1,91	2,24	2,49	2,65	2,7
2,8	0,55	1,07	1,56	1,98	2,33	2,59	2,75	2,8
2,9	0,57	1,11	1,61	2,05	2,41	2,68	2,84	2,9
3,0°	0,59°	1,15°	1,67°	2,12°	2,49°	2,77°	2,94°	3,0°
3,1	0,60	1,19	1,72	2,19	2,58	2,86	3,04	3,1
3,2	0,62	1,22	1,78	2,26	2,66	2,96	3,14	3,2
3,3	0,64	1,26	1,83	2,33	2,74	3,05	3,24	3,3
3,4	0,66	1,30	1,89	2,40	2,83	3,14	3,33	3,4
3,5	0,68	1,34	1,95	2,47	2,91	3,23	3,43	3,5
3,6	0,70	1,38	2,00	2,55	2,99	3,33	3,53	3,6
3,7	0,72	1,42	2,06	2,62	3,08	3,42	3,63	3,7
3,8	0,74	1,45	2,11	2,69	3,16	3,51	3,73	3,8
3,9	0,76	1,49	2,17	2,76	3,24	3,60	3,83	3,9

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	
4,0°	0,78°	1,53°	2,22°	2,83°	3,33°	3,70°	3,92°	4,0°
4,1	0,80	1,57	2,28	2,90	3,41	3,79	4,02	4,1
4,2	0,82	1,61	2,33	2,97	3,49	3,88	4,12	4,2
4,3	0,84	1,65	2,39	3,04	3,58	3,97	4,22	4,3
4,4	0,86	1,68	2,44	3,11	3,66	4,07	4,32	4,4
4,5	0,88	1,72	2,50	3,18	3,74	4,16	4,41	4,5
4,6	0,90	1,76	2,56	3,25	3,82	4,25	4,51	4,6
4,7	0,92	1,80	2,61	3,32	3,91	4,34	4,61	4,7
4,8	0,94	1,84	2,67	3,39	3,99	4,43	4,71	4,8
4,9	0,96	1,88	2,72	3,46	4,07	4,53	4,81	4,9
5,0°	0,98°	1,91°	2,78°	3,54°	4,16°	4,62°	4,90°	5,0°
5,1	0,99	1,95	2,83	3,61	4,24	4,71	5,00	5,1
5,2	1,01	1,99	2,89	3,68	4,32	4,80	5,10	5,2
5,3	1,03	2,03	2,95	3,75	4,41	4,90	5,20	5,3
5,4	1,05	2,07	3,00	3,82	4,49	4,99	5,30	5,4
5,5	1,07	2,10	3,06	3,89	4,57	5,08	5,39	5,5
5,6	1,09	2,14	3,11	3,96	4,66	5,17	5,49	5,6
5,7	1,11	2,18	3,17	4,03	4,74	5,27	5,59	5,7
5,8	1,13	2,22	3,22	4,10	4,82	5,36	5,69	5,8
5,9	1,15	2,26	3,28	4,17	4,91	5,45	5,79	5,9
6,0°	1,17	2,30°	3,33°	4,24°	4,99°	5,54°	5,88°	6,0°
6,1	1,19	2,33	3,39	4,31	5,07	5,64	5,98	6,1
6,2	1,21	2,37	3,44	4,38	5,16	5,73	6,08	6,2
6,3	1,23	2,41	3,50	4,45	5,24	5,82	6,18	6,3
6,4	1,25	2,45	3,56	4,53	5,32	5,91	6,28	6,4
6,5	1,27	2,49	3,61	4,60	5,40	6,01	6,38	6,5
6,6	1,29	2,53	3,67	4,67	5,49	6,10	6,47	6,6
6,7	1,31	2,57	3,72	4,74	5,57	6,19	6,57	6,7
6,8	1,33	2,60	3,78	4,81	5,65	6,28	6,67	6,8
6,9	1,35	2,64	3,83	4,88	5,74	6,37	6,77	6,9
7,0°	1,37	2,68°	3,89°	4,95°	5,82°	6,47°	6,87°	7,0°
7,1	1,39	2,72	3,94	5,02	5,90	6,56	6,96	7,1
7,2	1,40	2,76	4,00	5,09	5,99	6,65	7,06	7,2
7,3	1,42	2,79	4,06	5,16	6,07	6,74	7,16	7,3
7,4	1,44	2,83	4,11	5,23	6,15	6,84	7,26	7,4
7,5	1,46	2,87	4,17	5,30	6,24	6,93	7,36	7,5
7,6	1,48	2,91	4,22	5,37	6,32	7,02	7,45	7,6
7,7	1,50	2,95	4,28	5,44	6,40	7,11	7,55	7,7
7,8	1,52	2,99	4,33	5,52	6,49	7,21	7,65	7,8
7,9	1,54	3,02	4,39	5,59	6,57	7,30	7,75	7,9
8,0°	1,56°	3,06°	4,44°	5,66°	6,65°	7,39°	7,85°	8,0°
8,1	1,58	3,10	4,50	5,73	6,73	7,48	7,94	8,1
8,2	1,60	3,14	4,56	5,80	6,82	7,58	8,04	8,2
8,3	1,62	3,18	4,61	5,87	6,90	7,67	8,14	8,3
8,4	1,64	3,22	4,67	5,94	6,98	7,76	8,24	8,4
8,5	1,66	3,25	4,72	6,01	7,07	7,85	8,34	8,5
8,6	1,68	3,29	4,78	6,08	7,15	7,95	8,43	8,6
8,7	1,70	3,33	4,83	6,15	7,23	8,04	8,53	8,7
8,8	1,72	3,37	4,89	6,22	7,32	8,13	8,63	8,8
8,9	1,74	3,41	4,94	6,29	7,40	8,22	8,73	8,9

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	
9,0°	1,76°	3,44°	5,00°	6,36°	7,48°	8,31°	8,83°	9,0°
9,1	1,78	3,48	5,06	6,43	7,57	8,41	8,93	9,1
9,2	1,80	3,52	5,11	6,51	7,65	8,50	9,02	9,2
9,3	1,81	3,56	5,17	6,58	7,73	8,59	9,12	9,3
9,4	1,83	3,60	5,22	6,65	7,82	8,68	9,22	9,4
9,5	1,85	3,64	5,28	6,72	7,90	8,78	9,32	9,5
9,6	1,87	3,67	5,33	6,79	7,98	8,87	9,42	9,6
9,7	1,89	3,71	5,39	6,86	8,07	8,96	9,51	9,7
9,8	1,91	3,75	5,44	6,93	8,15	9,05	9,61	9,8
9,9	1,93	3,79	5,50	7,00	8,23	9,15	9,71	9,9
10,0°	1,95°	3,83°	5,56°	7,07°	8,31°	9,24°	9,81°	10,0°
10,1	1,97	3,87	5,61	7,14	8,40	9,33	9,91	10,1
10,2	1,99	3,90	5,67	7,21	8,48	9,42	10,00	10,2
10,3	2,01	3,94	5,72	7,28	8,56	9,52	10,10	10,3
10,4	2,03	3,98	5,78	7,35	8,65	9,61	10,20	10,4
10,5	2,05	4,02	5,83	7,42	8,73	9,70	10,30	10,5
10,6	2,07	4,06	5,89	7,50	8,81	9,79	10,40	10,6
10,7	2,09	4,10	5,94	7,57	8,90	9,89	10,49	10,7
10,8	2,11	4,13	6,00	7,64	8,98	9,98	10,59	10,8
10,9	2,13	4,17	6,06	7,71	9,06	10,07	10,69	10,9
11,0°	2,15°	4,21°	6,11°	7,78°	9,15°	10,16°	10,79°	11,0°
11,1	2,17	4,25	6,17	7,85	9,23	10,26	10,89	11,1
11,2	2,19	4,29	6,22	7,92	9,31	10,35	10,98	11,2
11,3	2,20	4,32	6,28	7,99	9,40	10,44	11,08	11,3
11,4	2,22	4,36	6,33	8,06	9,48	10,53	11,18	11,4
11,5	2,24	4,40	6,39	8,13	9,56	10,62	11,28	11,5
11,6	2,26	4,44	6,44	8,20	9,64	10,72	11,38	11,6
11,7	2,28	4,48	6,50	8,27	9,73	10,81	11,48	11,7
11,8	2,30	4,52	6,56	8,34	9,81	10,90	11,57	11,8
11,9	2,32	4,55	6,61	8,41	9,89	10,99	11,67	11,9
12,0°	2,34°	4,59°	6,67°	8,49°	9,98°	11,09°	11,77°	12,0°
12,1	2,36	4,63	6,72	8,56	10,06	11,18	11,87	12,1
12,2	2,38	4,67	6,78	8,63	10,14	11,27	11,97	12,2
12,3	2,40	4,71	6,83	8,70	10,23	11,36	12,06	12,3
12,4	2,42	4,75	6,89	8,77	10,31	11,46	12,16	12,4
12,5	2,44	4,78	6,95	8,84	10,39	11,55	12,26	12,5
12,6	2,46	4,82	7,00	8,91	10,48	11,64	12,36	12,6
12,7	2,48	4,86	7,06	8,98	10,56	11,73	12,46	12,7
12,8	2,50	4,90	7,11	9,05	10,64	11,83	12,55	12,8
12,9	2,52	4,94	7,17	9,12	10,73	11,92	12,65	12,9
13,0°	2,54°	4,98°	7,22°	9,19°	10,81°	12,01°	12,75°	13,0°
13,1	2,56	5,01	7,28	9,26	10,89	12,10	12,85	13,1
13,2	2,58	5,05	7,33	9,33	10,97	12,20	12,95	13,2
13,3	2,59	5,09	7,39	9,40	11,06	12,29	13,04	13,3
13,4	2,61	5,13	7,44	9,48	11,14	12,38	13,14	13,4
13,5	2,63	5,17	7,50	9,55	11,22	12,47	13,24	13,5
13,6	2,65	5,21	7,56	9,62	11,31	12,56	13,34	13,6
13,7	2,67	5,25	7,61	9,69	11,39	12,66	13,44	13,7
13,8	2,69	5,29	7,67	9,76	11,47	12,75	13,53	13,8
13,9	2,71	5,32	7,72	9,83	11,56	12,84	13,63	13,9

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	
14,0°	2,73°	5,36°	7,78°	9,90°	11,64°	12,93°	13,73°	14,0°
14,1	2,75	5,40	7,83	9,97	11,72	13,03	13,83	14,1
14,2	2,77	5,43	7,89	10,04	11,81	13,12	13,93	14,2
14,3	2,79	5,47	7,95	10,11	11,89	13,21	14,03	14,3
14,4	2,81	5,51	8,00	10,18	11,97	13,30	14,12	14,4
14,5	2,83	5,55	8,06	10,25	12,06	13,40	14,22	14,5
14,6	2,85	5,59	8,11	10,32	12,14	13,49	14,32	14,6
14,7	2,87	5,63	8,17	10,39	12,22	13,58	14,42	14,7
14,8	2,89	5,66	8,22	10,47	12,31	13,67	14,52	14,8
14,9	2,91	5,70	8,28	10,54	12,39	13,77	14,61	14,9
15,0°	2,92°	5,74°	8,33°	10,61°	12,47°	13,86°	14,71°	15,0°
15,1	2,94	5,78	8,39	10,68	12,56	13,95	14,81	15,1
15,2	2,96	5,82	8,44	10,75	12,64	14,04	14,91	15,2
15,3	2,98	5,85	8,50	10,82	12,72	14,14	15,01	15,3
15,4	3,00	5,89	8,56	10,89	12,80	14,23	15,10	15,4
15,5	3,02	5,93	8,61	10,96	12,89	14,32	15,20	15,5
15,6	3,04	5,97	8,67	11,03	12,97	14,41	15,30	15,6
15,7	3,06	6,01	8,72	11,10	13,05	14,50	15,40	15,7
15,8	3,08	6,05	8,78	11,17	13,14	14,60	15,50	15,8
15,9	3,10	6,08	8,83	11,24	13,22	14,69	15,59	15,9
16,0°	3,12°	6,12°	8,89°	11,31°	13,30°	14,78°	15,69°	16,0°
16,1	3,14	6,16	8,94	11,38	13,39	14,87	15,79	16,1
16,2	3,16	6,20	9,00	11,46	13,47	14,97	15,89	16,2
16,3	3,18	6,24	9,06	11,53	13,55	15,06	15,99	16,3
16,4	3,20	6,28	9,11	11,60	13,64	15,15	16,08	16,4
16,5	3,22	6,31	9,17	11,67	13,72	15,24	16,18	16,5
16,6	3,24	6,35	9,22	11,74	13,80	15,34	16,28	16,6
16,7	3,26	6,39	9,28	11,81	13,89	15,43	16,38	16,7
16,8	3,28	6,43	9,33	11,88	13,97	15,52	16,48	16,8
16,9	3,30	6,47	9,39	11,95	14,05	15,61	16,58	16,9
17,0°	3,32°	6,51°	9,44°	12,02°	14,13°	15,71°	16,67°	17,0°
17,1	3,34	6,54	9,50	12,09	14,22	15,80	16,77	17,1
17,2	3,36	6,58	9,56	12,16	14,30	15,89	16,87	17,2
17,3	3,37	6,62	9,61	12,23	14,38	15,98	16,97	17,3
17,4	3,39	6,66	9,67	12,30	14,47	16,08	17,07	17,4
17,5	3,41	6,70	9,72	12,37	14,55	16,17	17,17	17,5
17,6	3,43	6,74	9,78	12,45	14,63	16,26	17,26	17,6
17,7	3,45	6,78	9,83	12,52	14,72	16,35	17,36	17,7
17,8	3,47	6,81	9,89	12,59	14,80	16,45	17,46	17,8
17,9	3,49	6,85	9,94	12,66	14,88	16,54	17,56	17,9
18,0°	3,51°	6,89°	10,00°	12,73°	14,97°	16,63°	17,65°	18,0°
18,1	3,53	6,93	10,06	12,80	15,05	16,72	17,75	18,1
18,2	3,55	6,97	10,11	12,87	15,13	16,81	17,85	18,2
18,3	3,57	7,00	10,17	12,94	15,22	16,91	17,95	18,3
18,4	3,59	7,04	10,22	13,01	15,30	17,00	18,05	18,4
18,5	3,61	7,08	10,28	13,08	15,38	17,09	18,14	18,5
18,6	3,63	7,12	10,33	13,15	15,47	17,18	18,24	18,6
18,7	3,65	7,16	10,39	13,22	15,55	17,28	18,34	18,7
18,8	3,67	7,20	10,44	13,29	15,63	17,37	18,44	18,8
18,9	3,69	7,23	10,50	13,36	15,72	17,46	18,54	18,9

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	
19,0°	3,71°	7,27°	10,56°	13,44°	15,80°	17,55°	18,63°	19,0°
19,1	3,73	7,31	10,61	13,51	15,88	17,65	18,73	19,1
19,2	3,75	7,35	10,67	13,58	15,96	17,74	18,83	19,2
19,3	3,77	7,39	10,72	13,65	16,05	17,83	18,93	19,3
19,4	3,79	7,42	10,78	13,72	16,13	17,92	19,03	19,4
19,5	3,80	7,46	10,83	13,79	16,21	18,02	19,13	19,5
19,6	3,82	7,50	10,89	13,86	16,30	18,11	19,22	19,6
19,7	3,84	7,54	10,94	13,93	16,38	18,20	19,32	19,7
19,8	3,86	7,58	11,00	14,00	16,46	18,29	19,42	19,8
19,9	3,88	7,62	11,06	14,07	16,55	18,38	19,52	19,9
20,0°	3,90°	7,65°	11,11°	14,14°	16,63°	18,48°	19,62°	20,0°
20,1	3,92	7,69	11,17	14,21	16,71	18,57	19,71	20,1
20,2	3,94	7,73	11,22	14,28	16,80	18,66	19,81	20,2
20,3	3,96	7,77	11,28	14,35	16,88	18,75	19,91	20,3
20,4	3,98	7,81	11,33	14,43	16,96	18,85	20,01	20,4
20,5	4,00	7,84	11,39	14,50	17,05	18,94	20,11	20,5
20,6	4,02	7,88	11,44	14,57	17,13	19,03	20,20	20,6
20,7	4,04	7,92	11,50	14,64	17,21	19,12	20,30	20,7
20,8	4,06	7,96	11,56	14,71	17,30	19,22	20,40	20,8
20,9	4,08	8,00	11,61	14,78	17,38	19,31	20,50	20,9
21,0°	4,10°	8,04°	11,67°	14,85°	17,46°	19,40°	20,60°	21,0°
21,1	4,12	8,07	11,72	14,92	17,54	19,49	20,69	21,1
21,2	4,14	8,11	11,78	14,99	17,63	19,59	20,79	21,2
21,3	4,16	8,15	11,83	15,06	17,71	19,68	20,89	21,3
21,4	4,18	8,19	11,89	15,13	17,79	19,77	20,99	21,4
21,5	4,19	8,23	11,95	15,20	17,88	19,86	21,09	21,5
21,6	4,21	8,27	12,00	15,27	17,96	19,96	21,18	21,6
21,7	4,23	8,31	12,06	15,34	18,04	20,05	21,28	21,7
21,8	4,25	8,34	12,11	15,41	18,13	20,14	21,38	21,8
21,9	4,27	8,38	12,17	15,49	18,21	20,23	21,48	21,9
22,0°	4,29°	8,42°	12,22°	15,56°	18,29°	20,33°	21,58°	22,0°
22,1	4,31	8,46	12,28	15,63	18,37	20,42	21,68	22,1
22,2	4,33	8,50	12,33	15,70	18,46	20,51	21,77	22,2
22,3	4,35	8,53	12,39	15,77	18,54	20,60	21,87	22,3
22,4	4,37	8,57	12,44	15,84	18,62	20,69	21,97	22,4
22,5	4,39	8,61	12,50	15,91	18,71	20,79	22,07	22,5
22,6	4,41	8,65	12,56	15,98	18,79	20,88	22,17	22,6
22,7	4,43	8,69	12,61	16,05	18,87	20,97	22,26	22,7
22,8	4,45	8,72	12,67	16,12	18,96	21,06	22,36	22,8
22,9	4,47	8,76	12,72	16,19	19,04	21,16	22,46	22,9
23,0°	4,49°	8,80°	12,78°	16,26°	19,12°	21,25°	22,56°	23,0°
23,1	4,51	8,84	12,83	16,33	19,21	21,34	22,66	23,1
23,2	4,53	8,88	12,89	16,40	19,29	21,43	22,75	23,2
23,3	4,55	8,92	12,95	16,48	19,37	21,53	22,85	23,3
23,4	4,57	8,96	13,00	16,55	19,46	21,62	22,95	23,4
23,5	4,58	8,99	13,06	16,62	19,54	21,71	23,05	23,5
23,6	4,60	9,03	13,11	16,69	19,62	21,80	23,15	23,6
23,7	4,62	9,07	13,17	16,76	19,71	21,90	23,24	23,7
23,8	4,64	9,11	13,22	16,83	19,79	21,99	23,34	23,8
23,9	4,66	9,15	13,28	16,90	19,87	22,08	23,44	23,9

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	
24,0°	4,68°	9,18°	13,33°	16,97°	19,96°	22,17°	23,54°	24,0°
24,1	4,70	9,22	13,39	17,04	20,04	22,27	23,64	24,1
24,2	4,72	9,26	13,44	17,11	20,12	22,36	23,74	24,2
24,3	4,74	9,30	13,50	17,18	20,20	22,45	23,83	24,3
24,4	4,76	9,34	13,56	17,25	20,29	22,54	23,93	24,4
24,5	4,78	9,38	13,61	17,32	20,37	22,64	24,03	24,5
24,6	4,80	9,41	13,67	17,39	20,45	22,73	24,13	24,6
24,7	4,82	9,45	13,72	17,46	20,54	22,82	24,23	24,7
24,8	4,84	9,49	13,78	17,54	20,62	22,91	24,32	24,8
24,9	4,86	9,53	13,83	17,61	20,70	23,07	24,42	24,9
25,0°	4,88°	9,57°	13,89°	17,68°	20,79°	23,10°	24,52°	25,0°
25,1	4,90	9,60	13,94	17,75	20,87	23,19	24,62	25,1
25,2	4,92	9,64	14,00	17,82	20,95	23,28	24,72	25,2
25,3	4,94	9,68	14,06	17,89	21,04	23,37	24,81	25,3
25,4	4,96	9,72	14,11	17,96	21,12	23,47	24,91	25,4
25,5	4,98	9,76	14,17	18,03	21,20	23,56	25,01	25,5
25,6	4,99	9,80	14,22	18,10	21,29	23,65	25,11	25,6
25,7	5,01	9,84	14,28	18,17	21,37	23,74	25,21	25,7
25,8	5,03	9,87	14,33	18,24	21,45	23,84	25,30	25,8
25,9	5,05	9,91	14,39	18,31	21,54	23,93	25,40	25,9
26,0°	5,07°	9,95°	14,44°	18,38°	21,62°	24,02°	25,50°	26,0°
26,1	5,09	9,99	14,50	18,46	21,70	24,11	25,60	26,1
26,2	5,11	10,03	14,56	18,53	21,78	24,21	25,70	26,2
26,3	5,13	10,06	14,61	18,60	21,87	24,30	25,79	26,3
26,4	5,15	10,10	14,67	18,67	21,95	24,39	25,89	26,4
26,5	5,17	10,14	14,72	18,74	22,03	24,48	25,99	26,5
26,6	5,19	10,18	14,78	18,81	22,12	24,58	26,09	26,6
26,7	5,21	10,22	14,83	18,88	22,20	24,67	26,19	26,7
26,8	5,23	10,26	14,89	18,95	22,28	24,76	26,28	26,8
26,9	5,25	10,29	14,94	19,02	22,37	24,85	26,38	26,9
27,0°	5,27°	10,33°	15,00°	19,09°	22,45°	24,94°	26,48°	27,0°
27,1	5,29	10,37	15,06	19,16	22,53	25,04	26,58	27,1
27,2	5,31	10,41	15,11	19,23	22,62	25,13	26,68	27,2
27,3	5,33	10,45	15,17	19,30	22,70	25,22	26,78	27,3
27,4	5,35	10,49	15,22	19,37	22,78	25,31	26,87	27,4
27,5	5,37	10,52	15,28	19,45	22,87	25,41	26,97	27,5
27,6	5,38	10,56	15,33	19,52	22,95	25,50	27,07	27,6
27,7	5,40	10,60	15,39	19,59	23,03	25,59	27,17	27,7
27,8	5,42	10,64	15,44	19,66	23,11	25,68	27,27	27,8
27,9	5,44	10,68	15,50	19,73	23,20	25,78	27,36	27,9
28,0°	5,46°	10,72°	15,56°	19,80°	23,28°	25,87°	27,46°	28,0°
28,1	5,48	10,75	15,61	19,87	23,36	25,96	27,56	28,1
28,2	5,50	10,79	15,67	19,94	23,45	26,05	27,66	28,2
28,3	5,52	10,83	15,72	20,01	23,53	26,15	27,76	28,3
28,4	5,54	10,87	15,78	20,08	23,61	26,24	27,85	28,4
28,5	5,56	10,91	15,83	20,15	23,70	26,33	27,95	28,5
28,6	5,58	10,94	15,89	20,22	23,78	26,42	28,05	28,6
28,7	5,60	10,98	15,94	20,29	23,86	26,52	28,15	28,7
28,8	5,62	11,02	16,00	20,36	23,95	26,61	28,25	28,8
28,9	5,64	11,06	16,06	20,44	24,03	26,70	28,34	28,9

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	
29,0°	5,66°	11,10°	16,11°	20,51°	24,11°	26,79°	28,44°	29,0°
29,1	5,68	11,14	16,17	20,58	24,20	26,88	28,54	29,1
29,2	5,70	11,17	16,22	20,65	24,28	26,98	28,64	29,2
29,3	5,72	11,21	16,28	20,72	24,36	27,07	28,74	29,3
29,4	5,74	11,25	16,33	20,79	24,45	27,16	28,83	29,4
29,5	5,76	11,29	16,39	20,86	24,53	27,25	28,93	29,5
29,6	5,78	11,33	16,44	20,93	24,61	27,34	29,03	29,6
29,7	5,79	11,37	16,50	21,00	24,69	27,44	29,13	29,7
29,8	5,82	11,40	16,56	21,07	24,78	27,53	29,23	29,8
29,9	5,83	11,44	16,61	21,14	24,86	27,62	29,33	29,9
30,0°	5,85°	11,48°	16,67°	21,21°	24,94°	27,72°	29,42°	30,0°
30,1	5,87	11,52	16,72	21,28	25,03	27,81	29,52	30,1
30,2	5,89	11,56	16,78	21,35	25,11	27,90	29,62	30,2
30,3	5,91	11,59	16,83	21,42	25,19	27,99	29,72	30,3
30,4	5,93	11,63	16,89	21,50	25,28	28,09	29,82	30,4
30,5	5,95	11,67	16,95	21,57	25,36	28,18	29,91	30,5
30,6	5,97	11,71	17,00	21,64	25,44	28,27	30,01	30,6
30,7	5,99	11,75	17,06	21,71	25,53	28,36	30,11	30,7
30,8	6,01	11,79	17,11	21,78	25,61	28,46	30,21	30,8
30,9	6,03	11,82	17,17	21,85	25,69	28,55	30,31	30,9
31,0°	6,05°	11,86°	17,22°	21,92°	25,78°	28,64°	30,40°	31,0°
31,1	6,07	11,90	17,28	21,99	25,86	28,73	30,50	31,1
31,2	6,09	11,94	17,33	22,06	25,94	28,82	30,60	31,2
31,3	6,11	11,98	17,39	22,13	26,03	28,92	30,70	31,3
31,4	6,13	12,02	17,44	22,20	26,11	29,01	30,80	31,4
31,5	6,15	12,05	17,50	22,27	26,19	29,10	30,89	31,5
31,6	6,17	12,09	17,56	22,34	26,27	29,19	30,99	31,6
31,7	6,18	12,13	17,61	22,42	26,36	29,29	31,09	31,7
31,8	6,20	12,17	17,67	22,49	26,44	29,38	31,19	31,8
31,9	6,22	12,21	17,72	22,56	26,52	29,47	31,29	31,9
32,0°	6,24°	12,25°	17,78°	22,63°	26,60°	29,56°	31,39°	32,0°
32,1	6,26	12,28	17,83	22,70	26,69	29,66	31,48	32,1
32,2	6,28	12,32	17,89	22,77	26,77	29,75	31,58	32,2
32,3	6,30	12,36	17,95	22,84	26,85	29,84	31,68	32,3
32,4	6,32	12,40	18,00	22,91	26,94	29,93	31,78	32,4
32,5	6,34	12,44	18,06	22,98	27,02	30,03	31,88	32,5
32,6	6,36	12,48	18,11	23,05	27,10	30,12	31,97	32,6
32,7	6,38	12,51	18,17	23,12	27,19	30,21	32,07	32,7
32,8	6,40	12,55	18,22	23,19	27,27	30,30	32,17	32,8
32,9	6,42	12,59	18,28	23,26	27,35	30,40	32,27	32,9
33,0°	6,44°	12,63°	18,33°	23,33°	27,44°	30,49°	32,37°	33,0°
33,1	6,46	12,67	18,39	23,41	27,52	30,58	32,46	33,1
33,2	6,48	12,70	18,44	23,48	27,60	30,67	32,56	33,2
33,3	6,50	12,74	18,50	23,55	27,68	30,77	32,66	33,3
33,4	6,52	12,78	18,56	23,62	27,77	30,86	32,76	33,4
33,5	6,54	12,82	18,61	23,69	27,85	30,95	32,86	33,5
33,6	6,55	12,86	18,67	23,76	27,93	31,04	32,95	33,6
33,7	6,57	12,90	18,72	23,83	28,02	31,13	33,05	33,7
33,8	6,59	12,94	18,78	23,90	28,10	31,23	33,15	33,8
33,9	6,61	12,97	18,83	23,97	28,18	31,32	33,25	33,9

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	
34,0°	6,63°	13,01°	18,89°	24,04°	28,27°	31,41°	33,35°	34,0°
34,1	6,65	13,05	18,94	24,11	28,35	31,50	33,45	34,1
34,2	6,67	13,09	19,00	24,18	28,44	31,60	33,54	34,2
34,3	6,69	13,13	19,06	24,25	28,52	31,69	33,64	34,3
34,4	6,71	13,16	19,11	24,32	28,60	31,78	33,74	34,4
34,5	6,73	13,20	19,17	24,40	28,69	31,87	33,84	34,5
34,6	6,75	13,24	19,22	24,47	28,77	31,97	33,94	34,6
34,7	6,77	13,28	19,28	24,54	28,85	32,06	34,03	34,7
34,8	6,79	13,32	19,33	24,61	28,94	32,15	34,13	34,8
34,9	6,81	13,36	19,39	24,68	29,02	32,24	34,23	34,9
35,0°	6,83°	13,39°	19,44°	24,75°	29,10°	32,34°	34,33°	35,0°
35,1	6,85	13,43	19,50	24,82	29,18	32,43	34,43	35,1
35,2	6,87	13,47	19,56	24,89	29,27	32,52	34,52	35,2
35,3	6,89	13,51	19,61	24,96	29,35	32,61	34,62	35,3
35,4	6,91	13,55	19,67	25,03	29,43	32,71	34,72	35,4
35,5	6,93	13,59	19,72	25,10	29,52	32,80	34,82	35,5
35,6	6,95	13,62	19,78	25,17	29,60	32,89	34,92	35,6
35,7	6,96	13,66	19,83	25,24	29,68	32,98	35,01	35,7
35,8	6,98	13,70	19,89	25,31	29,77	33,07	35,11	35,8
35,9	7,00	13,74	19,94	25,39	29,85	33,17	35,21	35,9
36,0°	7,02°	13,78°	20,00°	25,46°	29,93°	33,26°	35,31°	36,0°
36,1	7,04	13,81	20,06	25,53	30,02	33,35	35,41	36,1
36,2	7,06	13,85	20,11	25,60	30,10	33,44	35,50	36,2
36,3	7,08	13,89	20,17	25,67	30,18	33,54	35,60	36,3
36,4	7,10	13,93	20,22	25,74	30,27	33,63	35,70	36,4
36,5	7,12	13,97	20,28	25,81	30,35	33,72	35,80	36,5
36,6	7,14	14,01	20,33	25,88	30,43	33,81	35,90	36,6
36,7	7,16	14,04	20,39	25,95	30,51	33,91	35,99	36,7
36,8	7,18	14,08	20,44	26,02	30,60	34,00	36,09	36,8
36,9	7,20	14,12	20,50	26,09	30,68	34,09	36,19	36,9
37,0°	7,22°	14,16°	20,56°	26,16°	30,76°	34,18°	36,29°	37,0°
37,1	7,24	14,20	20,61	26,23	30,85	34,28	36,39	37,1
37,2	7,26	14,24	20,67	26,30	30,93	34,37	36,49	37,2
37,3	7,28	14,27	20,72	26,38	31,01	34,46	36,58	37,3
37,4	7,30	14,31	20,78	26,45	31,10	34,55	36,68	37,4
37,5	7,32	14,35	20,83	26,52	31,18	34,65	36,78	37,5
37,6	7,34	14,39	20,89	26,59	31,26	34,74	36,88	37,6
37,7	7,35	14,43	20,94	26,66	31,35	34,83	36,98	37,7
37,8	7,37	14,47	21,00	26,73	31,43	34,92	37,07	37,8
37,9	7,39	14,50	21,06	26,80	31,51	35,02	37,17	37,9
38,0°	7,41°	14,54°	21,11°	26,87°	31,60°	35,11°	37,27°	38,0°
38,1	7,43	14,58	21,17	26,94	31,68	35,20	37,37	38,1
38,2	7,45	14,62	21,22	27,01	31,76	35,29	37,47	38,2
38,3	7,47	14,66	21,28	27,08	31,85	35,38	37,56	38,3
38,4	7,49	14,69	21,33	27,15	31,93	35,48	37,66	38,4
38,5	7,51	14,73	21,39	27,22	32,01	35,57	37,76	38,5
38,6	7,53	14,77	21,45	27,29	32,09	35,66	37,86	38,6
38,7	7,55	14,81	21,50	27,37	32,18	35,75	37,96	38,7
38,8	7,56	14,85	21,56	27,44	32,26	35,85	38,05	38,8
38,9	7,59	14,89	21,61	27,51	32,34	35,94	38,15	38,9

Tabelle IV.
(Zu Seite 156 und 157.)
enthaltend die Entfernungen, in welchen die Korrektoren für Kompensirung der quadrantalen Deviation anzubringen sind.

I.
Grosser Fluidkompass.

Entfernung der Kugeln vom Rosenmittelpunkt	zwei 17,5 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$										zwei 21,5 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$										zwei 25,5 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$									
	λ										λ										λ									
	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3			1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3			1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3		
285mm	12,5°	13,0°	14°	15,7°	17,8°	20,2°	23°	28,4°		16,1°	17,1°	18,5°	20,4°	22,6°	26,3°	30,2°	36,3°			17,9°	20,0°	22,3°	25,7°	28,3°	32,3°	36,1°	42°			
290 "	11,3	11,8	12,8	14	16	18,3	21	25,5		14,8	15,8	17,0	18,8	21,0	24,2	27,6	33,9			16,7	18,5	20,5	23,3	26,4	30,3	33,9	39,6			
295 "	10,3	10,7	11,7	12,8	14,3	16,5	18,7	23,4		13,8	14,6	15,7	17,6	19,3	22,3	25,7	31,4			15,6	17,2	19,1	21,6	24,2	28,2	31,2	36,8			
300 "	9,4	9,7	10,6	11,7	13,1	15,2	17,1	21,5		13	13,7	14,5	16,2	17,9	20,7	23,7	29,0			14,5	16	17,7	20,1	22,5	26,3	29	34,3			
305 "	8,7	9	9,4	10,7	12,1	13,9	15,8	19,8		12	12,6	13,4	15	16,6	19,2	22	26,6			14,5	16	17,7	20,1	22,5	26,3	29	34,3			
310 "	8,1	8,3	9	9,9	11,2	12,7	14,5	18,2		11,2	11,7	12,4	13,8	15,5	18,3	20,4	24,8			16,7	18,5	20,5	23,3	26,4	30,3	33,9	39,6			
315 "	7,4	7,7	8,3	9,1	10,2	11,7	13,3	16,7		10,3	10,8	11,5	12,8	14,5	16,5	18,8	23,0			15,6	17,2	19,1	21,6	24,2	28,2	31,2	36,8			
320 "	6,9	7,1	7,7	8,4	9,3	10,8	12,4	15,3		9,6	10,0	10,7	12	13,5	15,3	17,3	21,2			14,5	16	17,7	20,1	22,5	26,3	29	34,3			
325 "	6,4	6,6	7,2	7,8	8,7	9,8	11,3	14,2		8,9	9,3	10,0	11,2	12,5	14,2	16,0	19,8			13,5	14,8	16,4	18,8	21,2	24,3	27,1	31,9			
330 "	6,0	6,2	6,6	7,2	8,1	9,2	10,4	13,1		8,4	8,8	9,3	10,3	11,5	13,1	14,7	18,6			12,6	13,8	15,1	17,5	19,9	22,8	25,2	29,8			
335 "	5,6	5,8	6,1	6,6	7,5	8,5	9,7	12,1		7,7	8,2	8,7	9,5	10,8	12,3	13,8	17,1			11,8	12,8	14,3	16,4	19	21,2	23,3	27,4			
340 "	5,3	5,4	5,7	6,2	7,0	7,9	9	11,1		7,2	7,7	8,2	8,8	10,1	11,5	12,2	15,3			10,7	11,9	13,4	15,2	17,1	19,5	21,6	25,2			
345 "	5	5,1	5,4	5,9	6,6	7,4	8,3	10,3		6,6	7,1	7,6	8,2	9,3	10,3	11,5	14,2			10,7	11,9	13,4	15,2	17,1	19,5	21,6	25,2			
350 "	4,7	4,8	5,1	5,6	6,2	6,9	7,6	9,7		6,6	7,1	7,6	8,2	9,3	10,3	11,5	14,2			10,7	11,9	13,4	15,2	17,1	19,5	21,6	25,2			
355 "	4,3	4,4	4,8	5,3	5,9	6,1	7,1	9,0		6,6	7,1	7,6	8,2	9,3	10,3	11,5	14,2			10,7	11,9	13,4	15,2	17,1	19,5	21,6	25,2			
360 "	4	4,1	4,4	5,0	5,5	6	6,6	8,4		6,6	7,1	7,6	8,2	9,3	10,3	11,5	14,2			10,7	11,9	13,4	15,2	17,1	19,5	21,6	25,2			

II.

Kleiner Fluidkompass.

Entfernung der Kugeln vom Rosenmittelpunkt	zwei 12 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$										zwei 15 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$										zwei 17,5 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$									
	2										2										2									
	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3						
208mm	10,0°	10,2°	10,8°	12,1°	13,9°	16,0°	18,7°	21,6°	16,0°	16,6°	17,3°	19,6°	21,0°	23,7°	27,7°	34,4°	18,6°	19,9°	20,9°	22,4°	25,0°	27,4°	31,4°	37,9°						
220 "									14,0	14,6	15,4	17,6	18,9	21,4	25,1	31,1	16,8	17,8	18,8	20,2	22,1	24,8	28,7	34,9						
225 "									12,6	13,0	13,6	15,3	17,1	19,3	22,6	28	15,2	16,6	16,9	18,3	19,9	22,1	26,1	31,9						
230 "									11,5	11,9	12,3	13,5	14,9	17,2	20,3	25,1	13,9	14,7	15,6	16,6	18,0	20	23,6	28,8						
235 "									10,1	10,6	11,1	12	13,2	15,2	18,2	22,4	12,7	13,3	14,0	15,1	16,3	18,2	21,4	26,1						
240 "									9,2	9,6	10,0	10,6	12	13,7	16,3	20,3	11,6	12	12,6	13,7	14,8	16,6	19,2	23,4						
245 "									8,4	8,6	9	9,4	10,8	12,4	14,7	18,3														
250 "									7,4	7,6	7,8	8,2	9,7	11,3	13,2	16,3														
255 "									7,0	7,1	7,3	7,6	8,9	10,0	11,9	14,7														
260 "																														

III.
Trockencompass. (Rose von Bamberg.)

Entfernung der Kugeln vom Rosenmittelpunkt	zwei 21,5 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$										zwei 25,5 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$										zwei 30 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$																		
	λ										λ										λ																		
	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2		1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2		1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2										
305 mm	7,3°	7,5°	7,7°	7,9°	8,3°	8,6°	9,0°	9,4°	9,8°																														
310 "	7,0	7,1	7,3	7,5	7,8	8,1	8,5	8,9	9,2																														
315 "	6,6	6,7	6,9	7,1	7,4	7,7	8,0	8,4	8,8																														
320 "	6,3	6,4	6,6	6,8	7,0	7,3	7,6	8,0	8,3																														
325 "	6	6,1	6,3	6,5	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9	9,5°	9,6°	9,7°	10,0°	10,5°	11,1°	11,7°	12,5°	13,3°																					
330 "	5,7	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,9	7,2	7,5	9,0	9,1	9,2	9,5	10,0°	10,6	11,2	11,9	12,8																					
335 "	5,4	5,5	5,7	5,8	6,0	6,2	6,5	6,8	7,2	8,5	8,5	8,7	9,1	9,5	10,1	10,7	11,4	12,3																					
340 "	5,1	5,3	5,4	5,5	5,7	5,9	6,2	6,5	6,8	8,0	8,1	8,2	8,6	9,0	9,5	10,1	10,8	10,6																					
345 "	4,9	5	5,1	5,3	5,4	5,6	5,9	6,2	6,6	7,5	7,7	7,9	8,2	8,6	9,0	9,5	10,2	11																					
350 "	4,7	4,8	4,9	5,0	5,2	5,4	5,6	6,0	6,4	7,3	7,3	7,5	7,8	8,1	8,6	9,1	9,8	10,5	12,7°	12,7°	12,8°	13,1°	13,6°	14,3°	15,2°	16,1°	17,0°												
355 "	4,5	4,5	4,5	4,8	4,9	5,2	5,4	5,7	6,1	7	7	7,2	7,5	7,8	8,2	8,8	9,4	10,1	12,2	12,2	12,2	12,5	13,1	13,8	14,6	15,4	16,3												
360 "	4,3	4,3	4,4	4,6	4,7	4,9	5,2	5,5	5,9	6,7	6,8	6,9	7,1	7,5	7,9	8,4	9,0	9,7	11,8	11,8	11,8	12,1	12,7	13,9	14,0	14,8	15,7												

IV.

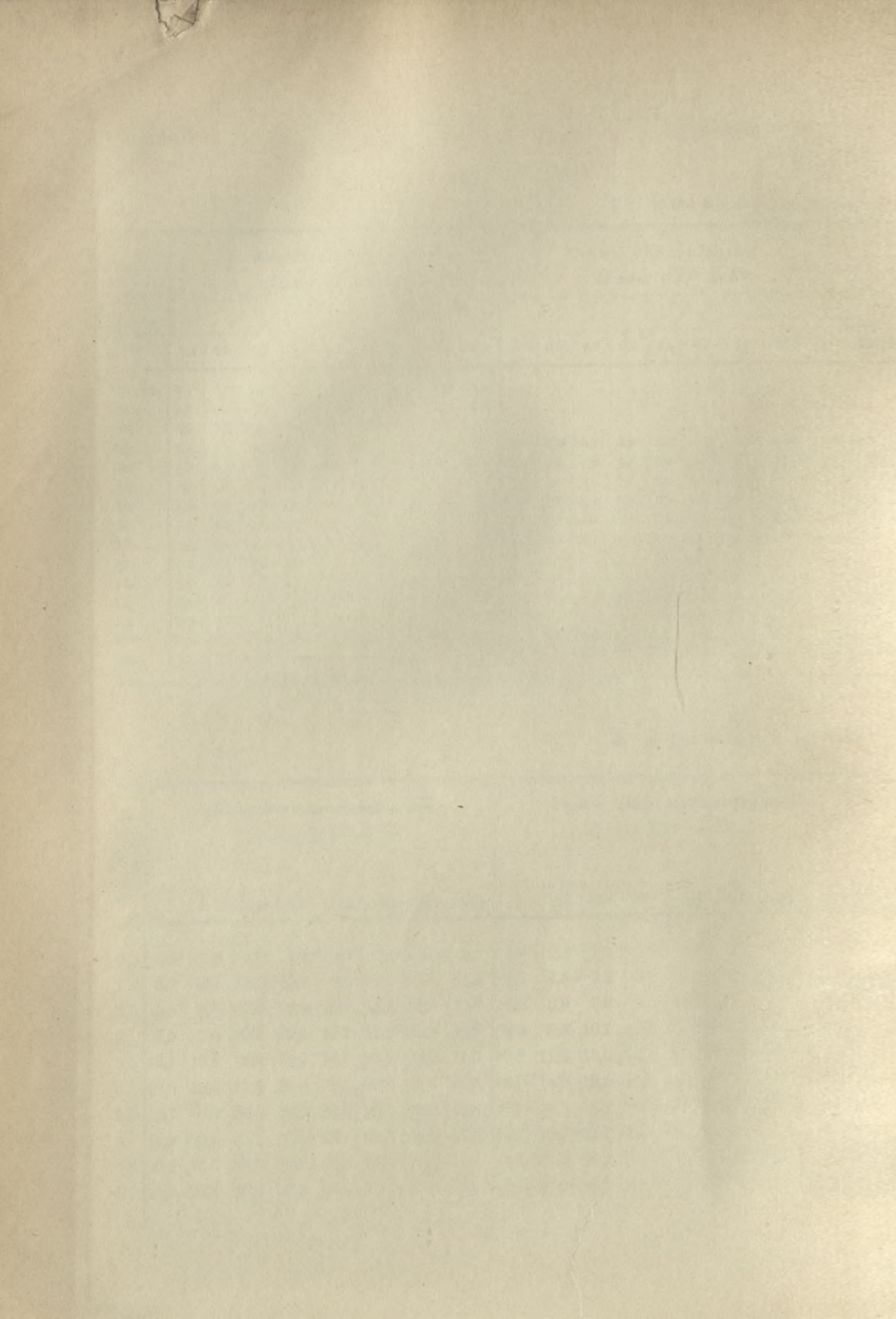
Trockenkompass

Ent- fernung der Kugeln vom Rosen- mittel- punkt	Zwei 17,5 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$										Zwei 21,5 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$									
	λ										λ									
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2		1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	
290 mm	6,1°	6,5°	6,9°	7,3°	7,6°	7,9°	8,3°	8,6°	11,5°											
295 "	5,8	6,3	6,6	7,0	7,3	7,6	7,9	8,3	10,6											
300 "	5,5	6,0	6,4	6,7	7,0	7,3	7,6	7,9	10,1											
305 "	5,3	5,7	6,1	6,4	6,7	7,0	7,3	7,6	9,4	7,9°	8,2°	8,5°	8,8°	9,0°	9,3°	9,6°	9,7°	10,7°		
310 "	5,0	5,4	5,8	6,2	6,5	6,7	6,9	7,2	8,9	7,6	7,8	8,0	8,3	8,5	8,8	9,0	9,3	10,0		
315 "	4,8	5,2	5,5	5,9	6,2	6,4	6,6	6,8	8,4	7,3	7,4	7,6	7,9	8,1	8,3	8,5	8,7	9,4		
320 "	4,5	4,9	5,3	5,6	5,9	6,1	6,3	6,5	7,9	6,9	7,1	7,4	7,6	7,8	8,0	8,1	8,3	8,9		
325 "	4,3	4,7	5,0	5,3	5,6	5,8	6,0	6,2	7,5	6,5	6,7	6,9	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,5		
330 "	4,0	4,4	4,7	5,1	5,3	5,5	5,7	5,9	7,0	6,2	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1	7,4	7,7	8,2		
335 "	3,8	4,2	4,5	4,8	5,1	5,3	5,4	5,6	6,6	6,0	6,2	6,3	6,5	6,6	6,8	7,1	7,4	7,9		
340 "	3,6	4,0	4,2	4,5	4,7	5,0	5,1	5,3	6,2	5,7	5,9	6,1	6,2	6,3	6,5	6,8	7,1	7,6		
345 "	3,4	3,8	4,0	4,3	4,5	4,7	4,8	5,0	5,8	5,4	5,6	5,7	5,9	6,0	6,2	6,5	6,8	7,3		
350 "	3,2	3,5	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,7	5,5	5,1	5,2	5,4	5,6	5,7	5,9	6,2	6,5	6,9		
355 "	3,0	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,3	4,4	5,1	4,9	5,0	5,2	5,4	5,5	5,6	5,8	6,1	6,5		
360 "	2,8	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,0	4,1	4,7	4,6	4,8	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,6	6,1		

V.

Kompensations-

Einstellung der D -Skala	Kleiner Kompensationskompass D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$									Grosser Kompensationskompass D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$								
	λ									λ								
	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3		1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	
0,5	1,9°	1,9	2,0°	2,2°	2,5°	2,8°	3,2°	3,7°	1,8°	2,1°	2,4°	2,9°	3,2°	3,9°	4,4°	5,5°		
1	3,7	4,4	4,9	5,7	6,5	7,2	9,0	11,4	4,2	4,5	5,2	6,1	6,7	7,8	9,8	12,3		
1,5	5,8	6,6	7,5	9,4	10,7	12,3	14,5	18,0	6,2	6,9	7,9	9,1	10,2	11,7	14,7	18,3		
2	7,9	9,5	10,7	12,5	14,7	17,2	20,3	24,9	8,5	9,3	10,7	12,2	13,7	15,0	19,4	25,2		
2,5	10,4	12,4	14,2	16,2	18,6	21,9	26,2	31,5	10,8	11,6	13,0	15,7	17,1	19,5	24,3	31,8		
3	13,0	15,0	17,5	20,0	22,5	26,8	31,4	38,3	13,0	14,0	15,5	18,0	20,4	24,5	29,3	37,2		
3,5	15,7	18,0	20,6	23,2	26,0	30,4	36,0	42,6	15,2	16,3	18,2	20,7	24,0	28,0	33,8	41,0		
4	18,2	20,8	23,7	26,5	29,7	34,3	40,1	47,5	17,3	18,7	21,7	24,6	28,2	32,4	37,7	44,3		
4,5	20,5	23,6	26,5	29,6	33,3	38,1	44,0	51,1	19,4	21,4	24,2	27,6	31,1	35,4	41,2	46,4		
5	23,0	26,4	29,4	32,6	36,4	41,7	47,9	54,4	21,3	24,4	26,9	30,8	34,4	38,8	44,2	50,5		



IV.

(Rose von Hechelmann).

Zwei 25,5 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$										Zwei 30 cm Kugeln D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$										Ent- fernung der Kugeln vom Rosen- mittel- punkt
λ										λ										
1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2		1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2		
																				290 mm
																				295 "
																				300 "
																				305 "
																				310 "
																				315 "
																				320 "
																				325 "
																				330 "
																				335 "
																				340 "
																				345 "
10,3°	10,6°	10,9°	11,2°	11,6°	11,9°	12,2°	12,6°	13,6°												350 mm
10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,5	11,7	12,0	12,9												355 "
9,7	9,9	10,2	10,5	10,7	11,0	11,2	11,4	12,3												360 "
9,3	9,6	9,8	10,0	10,3	10,5	10,7	10,9	11,7												365 "
8,9	9,2	9,5	9,7	10,0	10,2	10,3	10,5	11,2												370 "
8,6	8,9	9,1	9,3	9,6	9,8	9,9	10,1	10,8	13,3°	13,6°	14,0°	14,3°	14,7°	15,0°	15,2°	15,6°	16,3°		375 "	
8,3	8,5	8,8	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8	10,5	12,8	13,1	13,4	13,8	14,1	14,4	14,8	15,2	15,6		380 "	
8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	9,0	9,2	9,4	10,2	12,4	12,8	13,1	13,4	13,7	14,0	14,4	14,7	15,1		385 "	

kom p a s s e .

VI.

Einstellung der D -Skala	Grosser Kompensationskompass mit achttheiliger D -Skala D oder $\sqrt{D^2 + E^2}$								
	λ								
	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	
0,5	1,2°	1,3°	1,4°	1,6°	1,8°	2,1°	2,5°	3,1°	
1	2,7	3,0	3,3	3,7	4,5	5,6	7,2	9,8	
1,5	3,4	4,8	5,4	6,4	7,6	9,3	11,6	15,1	
2	6,2	6,8	7,6	8,8	10,4	12,7	15,6	19,9	
2,5	7,8	8,6	9,8	11,5	13,8	16,5	20,0	25,2	
3	9,6	10,5	12,0	14,2	17,0	20,1	24,3	29,9	
3,5	11,5	12,7	14,5	16,9	19,8	23,5	28,0	34,1	
4	13,2	14,7	16,6	19,2	22,5	26,4	31,1	37,7	
4,5	15,0	16,6	18,8	21,8	25,4	29,5	34,4	41,2	
5	16,8	18,8	21,3	24,3	28,0	32,2	37,5	44,3	
5,5	18,8	20,9	23,5	26,9	30,6	35,0	40,4	47,6	
6	20,8	22,9	25,7	29,0	33,0	37,7	43,3	50,8	
6,5	22,5	24,9	27,9	31,6	35,8	40,7	46,2	52,9	
7	24,3	26,8	29,8	33,6	38,2	43,3	48,9	55,3	
7,5	26,2	28,6	31,8	35,8	40,3	45,2	50,6	57,2	
8	28,0	30,5	33,8	37,8	42,3	47,0	52,0	58,6	

Tabelle VI.

(Zu Seite 239.)

Zur Bestimmung des Abstandes in Seemeilen durch zweimalige Peilung eines festen Objekts im Vorübersegh.

Winkel zwischen Kurs und zweiter Peilung	Winkel zwischen Kurs und erster Peilung																			
	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°	105°	110°	115°	
45°	1,24																			
50	1,00	1,46																		
55	0,84	1,18	1,68																	
60	0,74	1,00	1,36	1,88																
65	0,66	0,87	1,15	1,52	2,07															
70	0,60	0,78	1,00	1,29	1,67	2,24														
75	0,55	0,71	0,89	1,12	1,41	1,81	2,40													
80	0,52	0,65	0,81	1,00	1,23	1,53	1,94	2,53												
85	0,49	0,61	0,75	0,91	1,10	1,34	1,64	2,05	2,65											
90	0,47	0,58	0,70	0,84	1,00	1,19	1,43	1,73	2,14	2,74										
95	0,45	0,55	0,66	0,78	0,92	1,08	1,27	1,51	1,81	2,22	2,82									
100	0,44	0,53	0,63	0,74	0,86	1,00	1,16	1,35	1,58	1,88	2,29	2,88								
105	0,43	0,52	0,61	0,71	0,81	0,94	1,07	1,23	1,41	1,64	1,93	2,33	2,91							
110	0,42	0,51	0,59	0,68	0,78	0,89	1,00	1,13	1,28	1,46	1,68	1,97	2,36	2,92						
115	0,42	0,50	0,58	0,67	0,75	0,85	0,95	1,06	1,18	1,33	1,50	1,72	1,99	2,37	2,91					
120	0,42	0,50	0,58	0,65	0,73	0,82	0,90	1,00	1,11	1,23	1,37	1,53	1,74	2,00	2,36	2,88				
125	0,43	0,50	0,57	0,65	0,72	0,79	0,87	0,96	1,05	1,15	1,26	1,39	1,55	1,74	1,99	2,33	2,82			
130	0,44	0,51	0,58	0,64	0,71	0,78	0,85	0,92	1,00	1,09	1,18	1,29	1,41	1,56	1,74	1,97	2,29	2,74		
135	0,45	0,52	0,58	0,65	0,71	0,77	0,83	0,90	0,96	1,04	1,12	1,20	1,30	1,41	1,55	1,72	1,93	2,22	2,65	





Gedruckt in der Königlichen Hofbuchdruckerei von E. S. Mittler & Sohn
Berlin SW12, Kochstrasse 68-71.

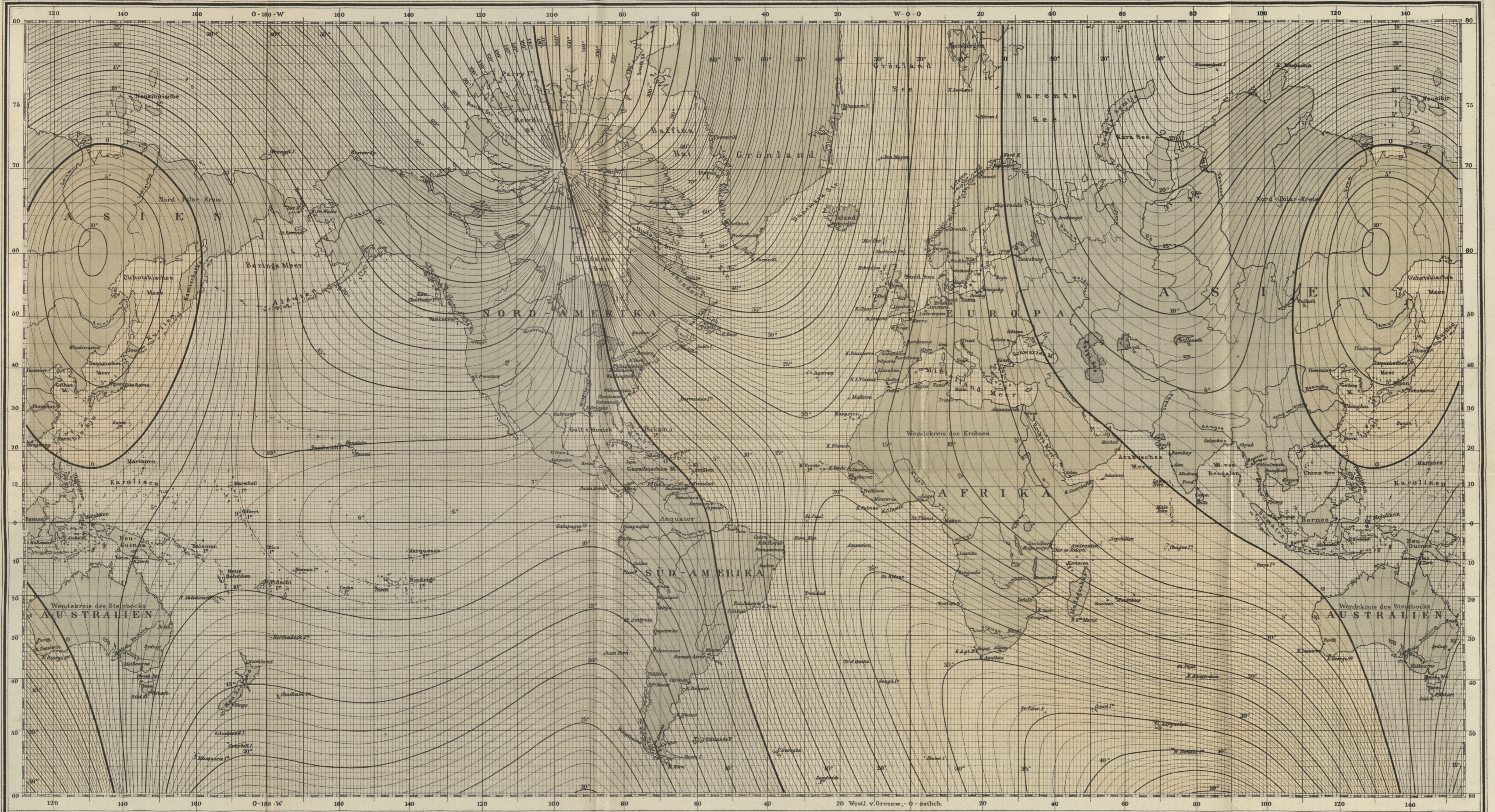


LINIEN GLEICHER MAGNETISCHER DEKLINATION

Für 1900. o.

Zum Lehrbuch der Navigation Band I.

Tafel I.



Entworfen von D^r G. Neumayer.

Geogr. lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller, Berlin S.

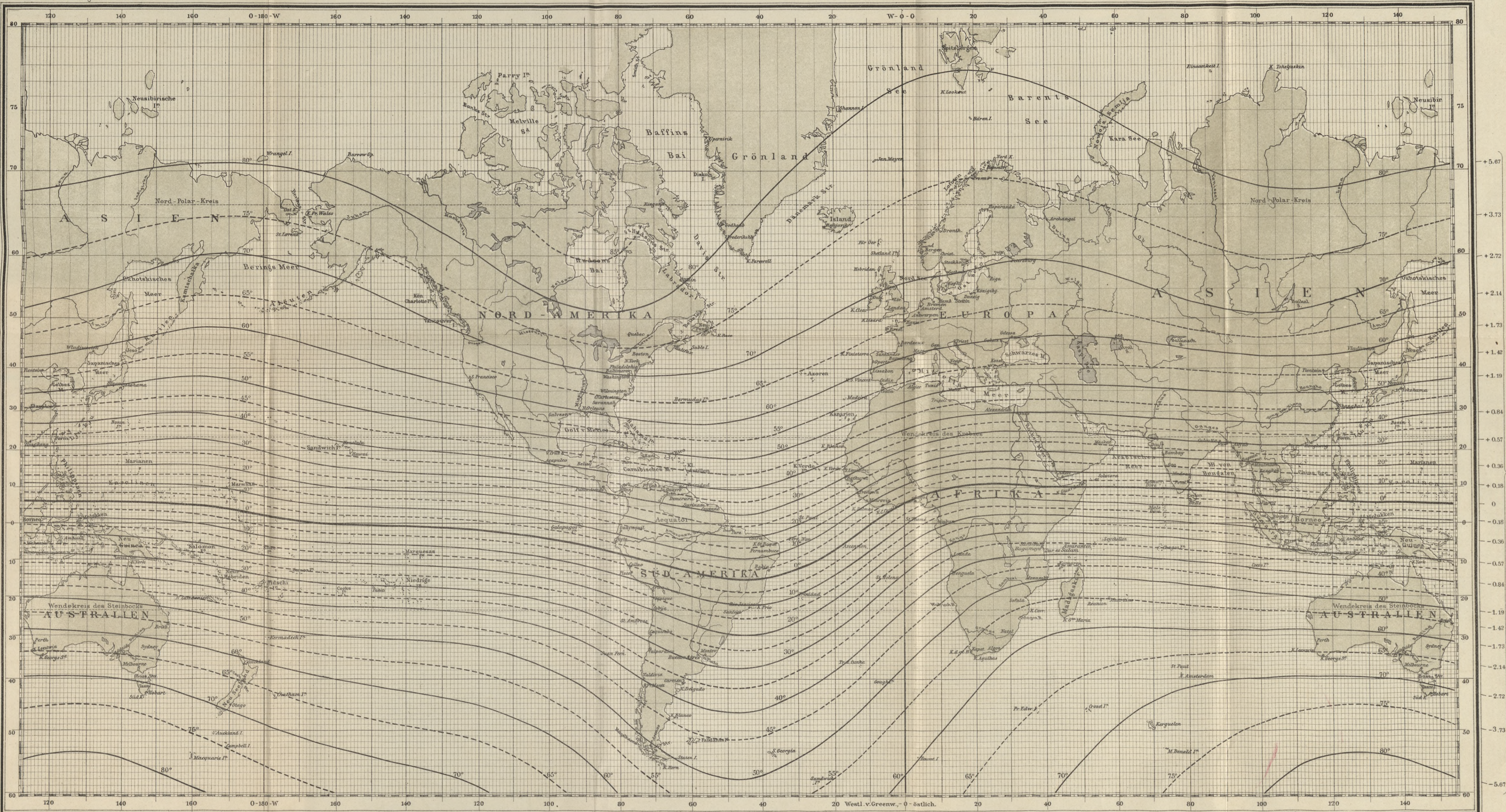


LINIEN GLEICHER MAGNETISCHER INKLINATION

Für 1895.o.

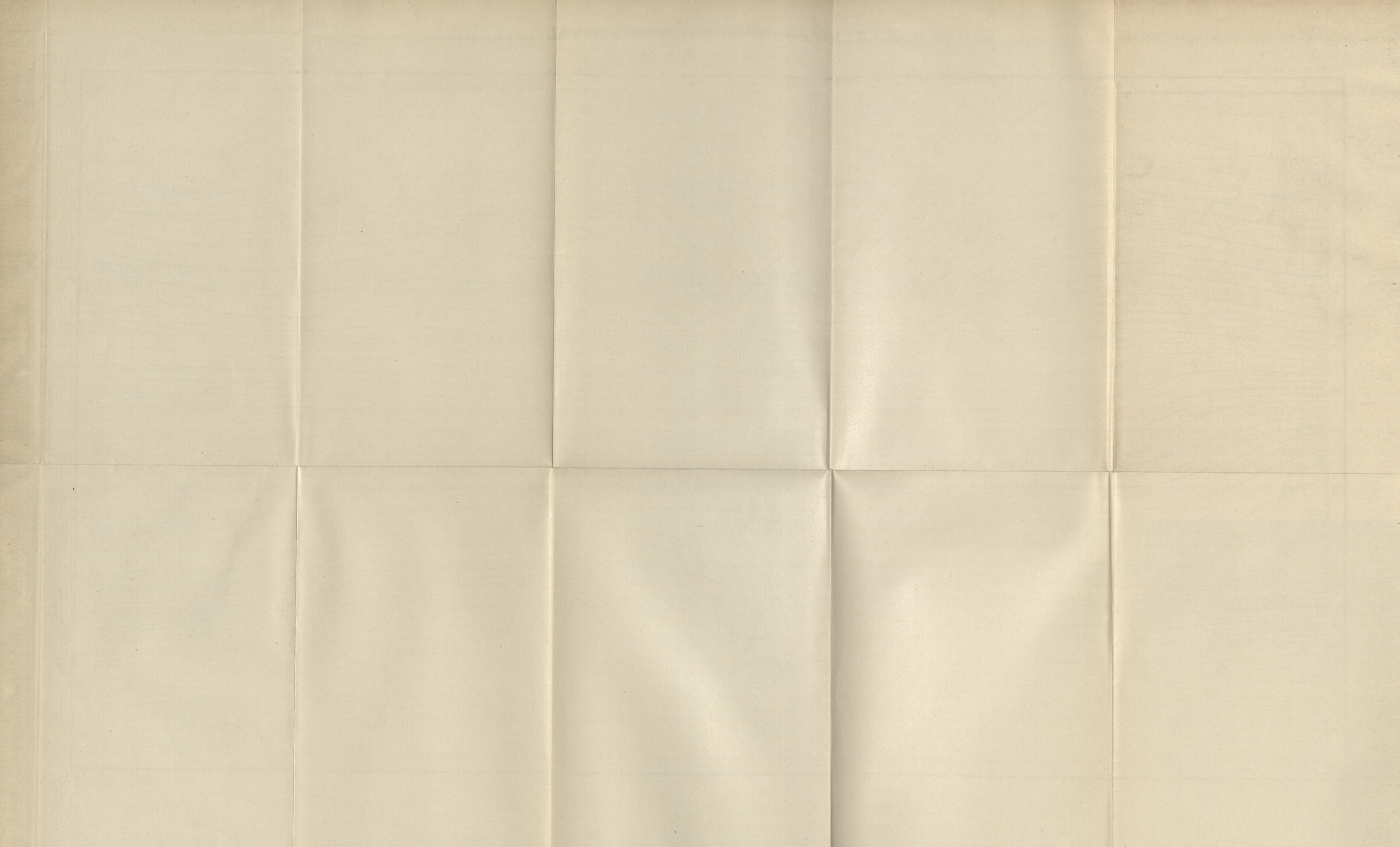
Zum Lehrbuch der Navigation Band I.

Tafel II.



Entworfen von D^r G. Neumayer.

Geogr. lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller, Berlin S.



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

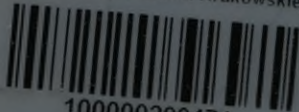
BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

7533

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299471