

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

2531

inw.

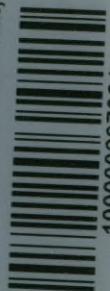




**Räumliche  
Photographieen**  
Tafel Nr. 1—14a

Nr. 15—24a befinden sich in der  
Tasche auf der Innenseite des  
Hinterdeckels.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

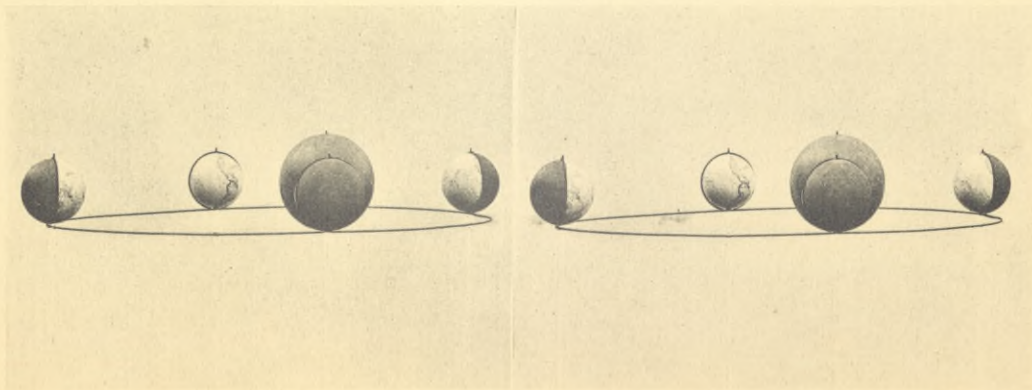


100000297321

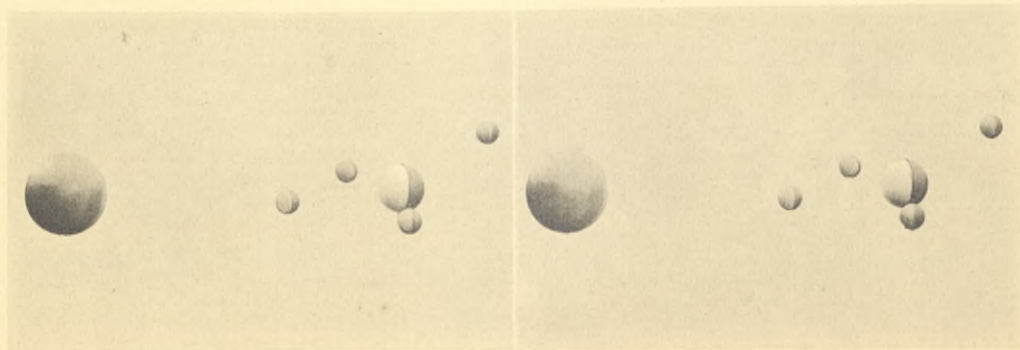




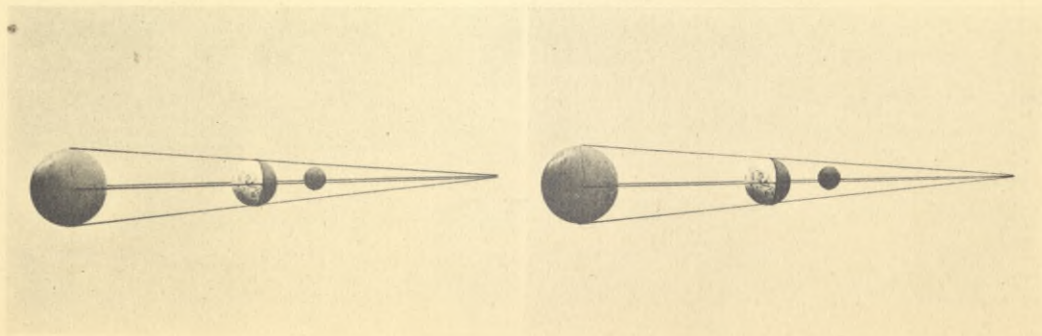




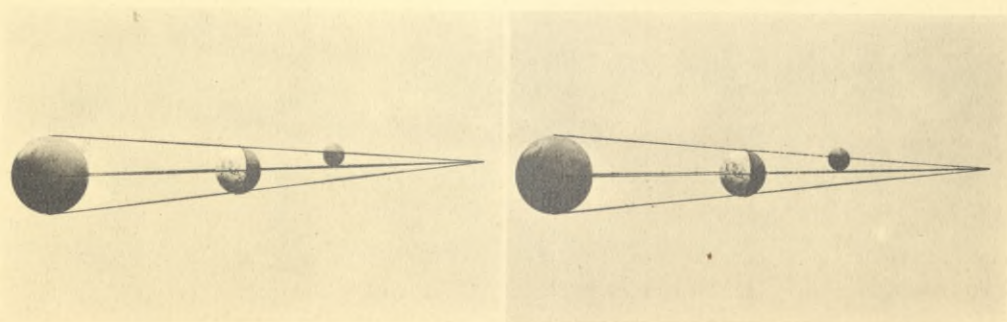




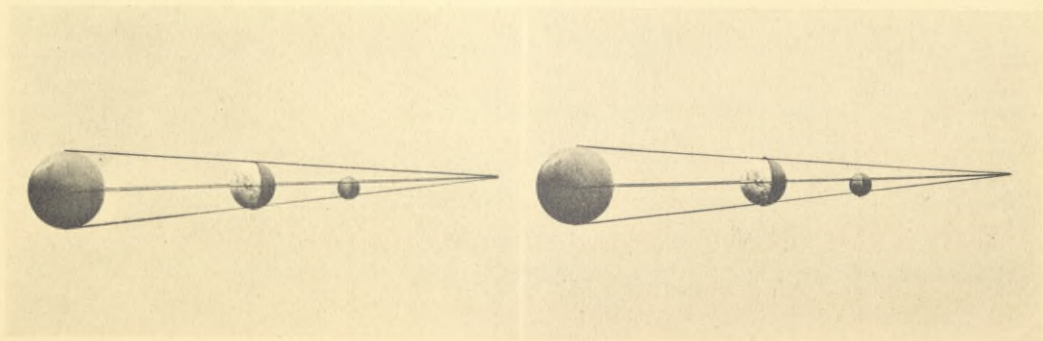




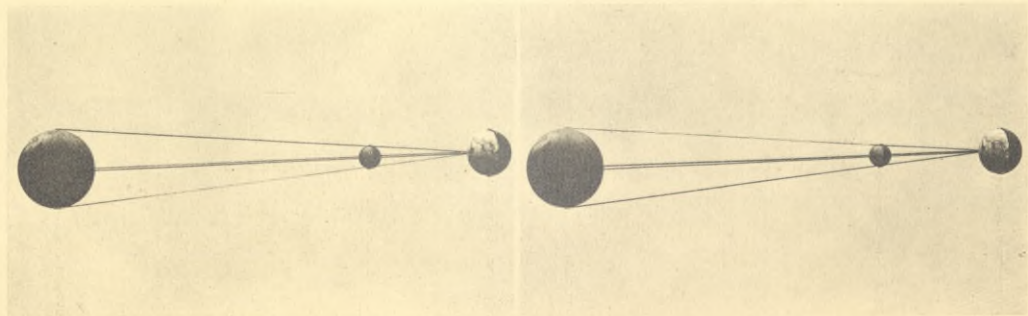


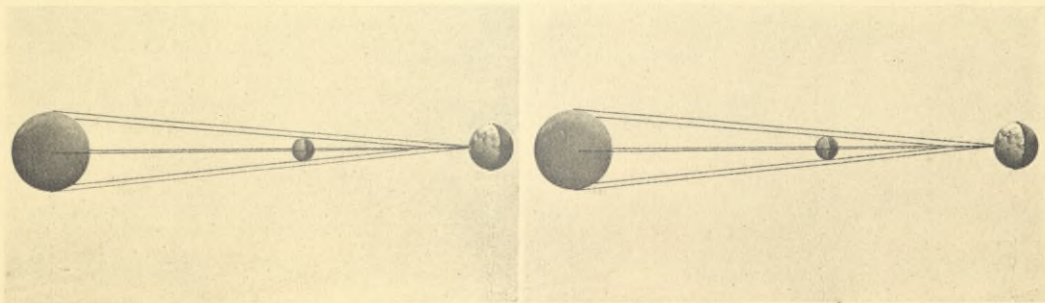


5a

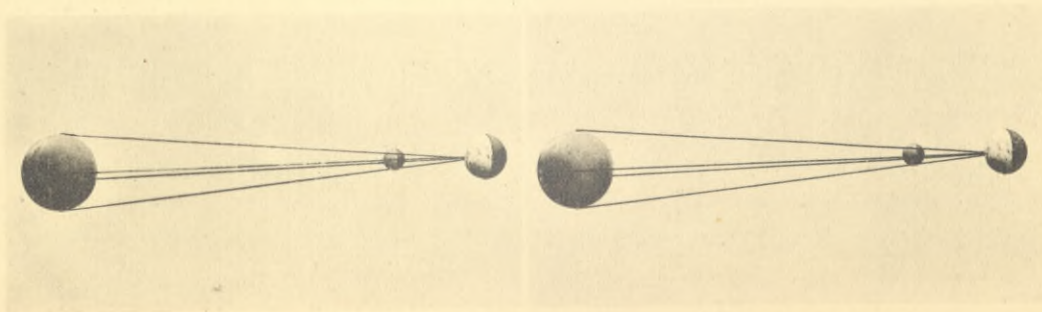


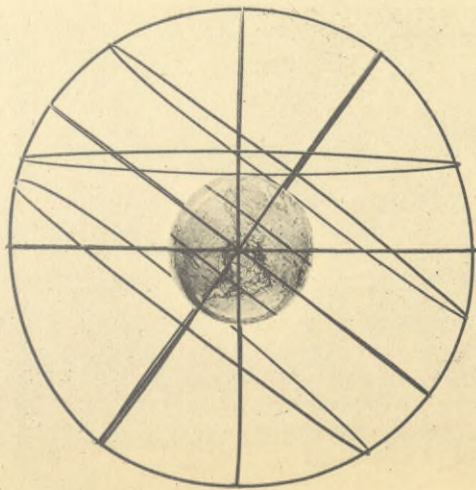
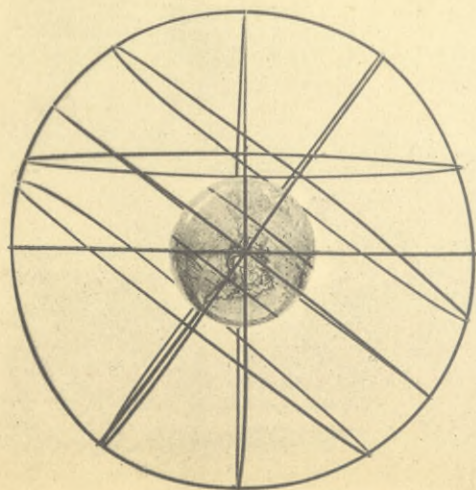




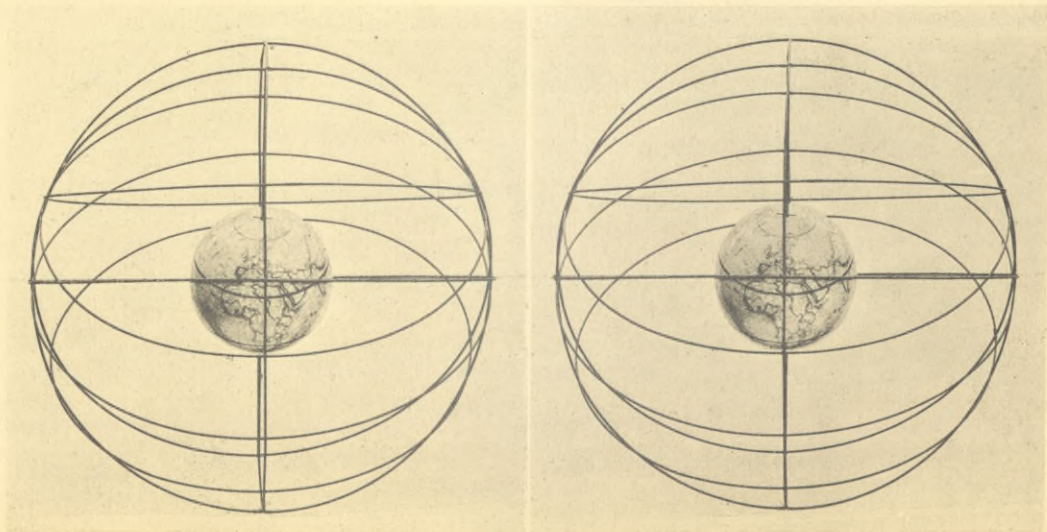




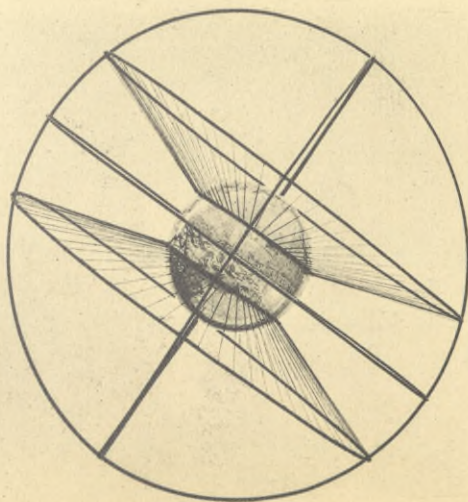
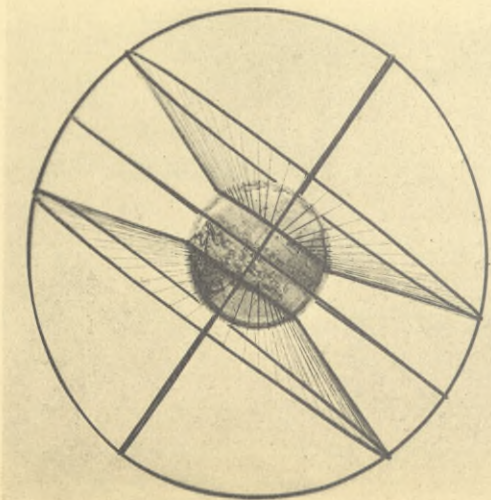








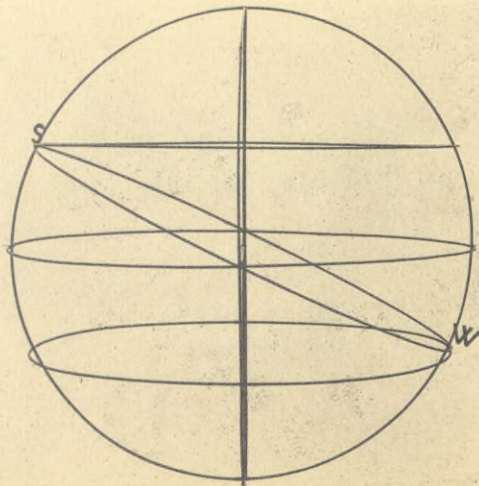
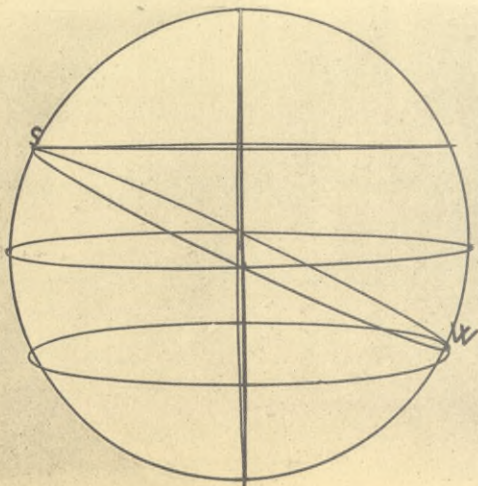
9a

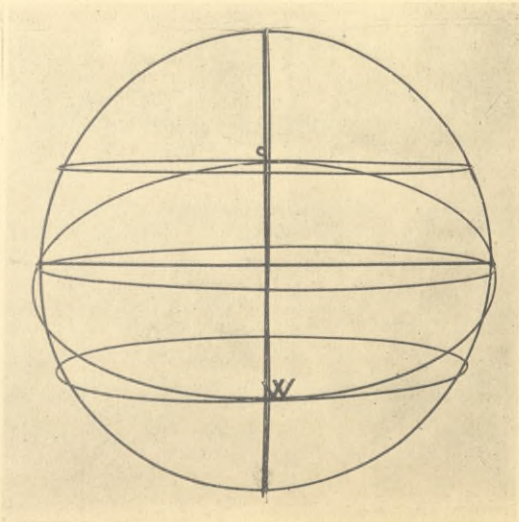
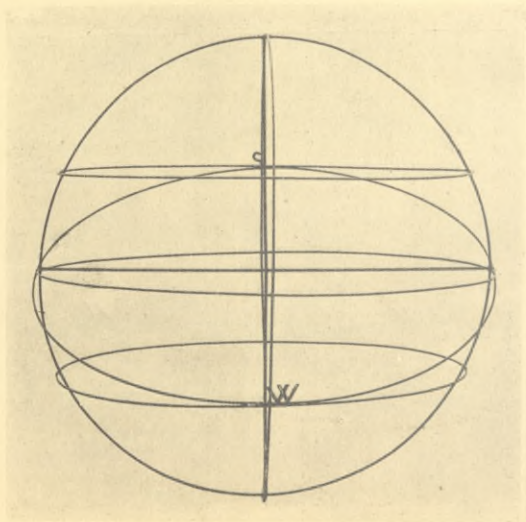




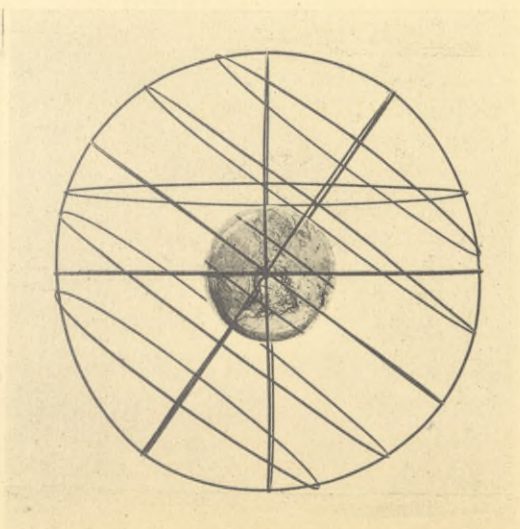
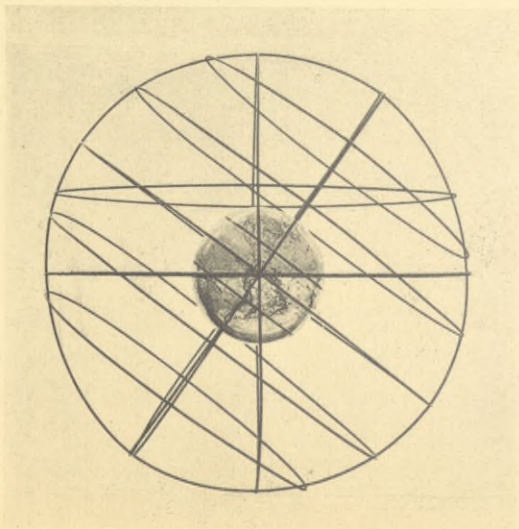
10a





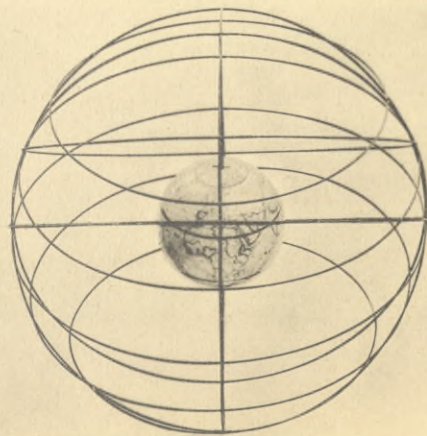
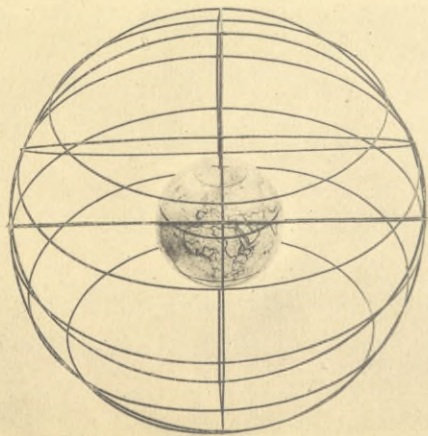


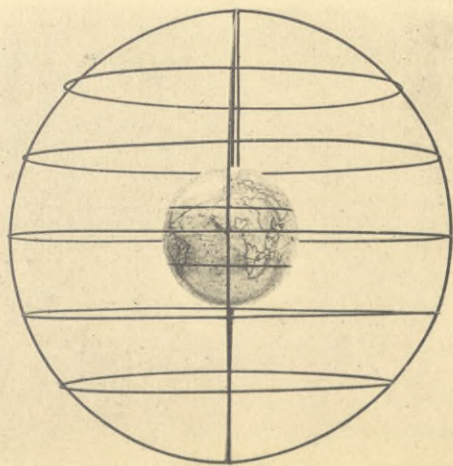
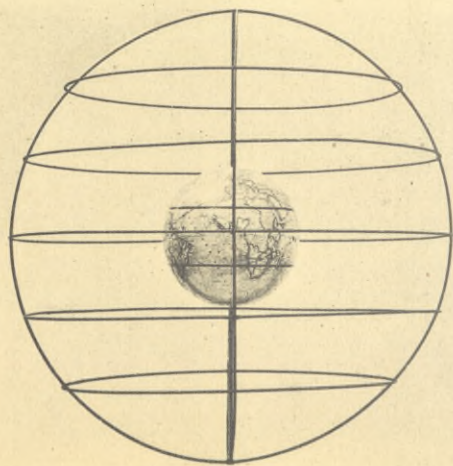
11a

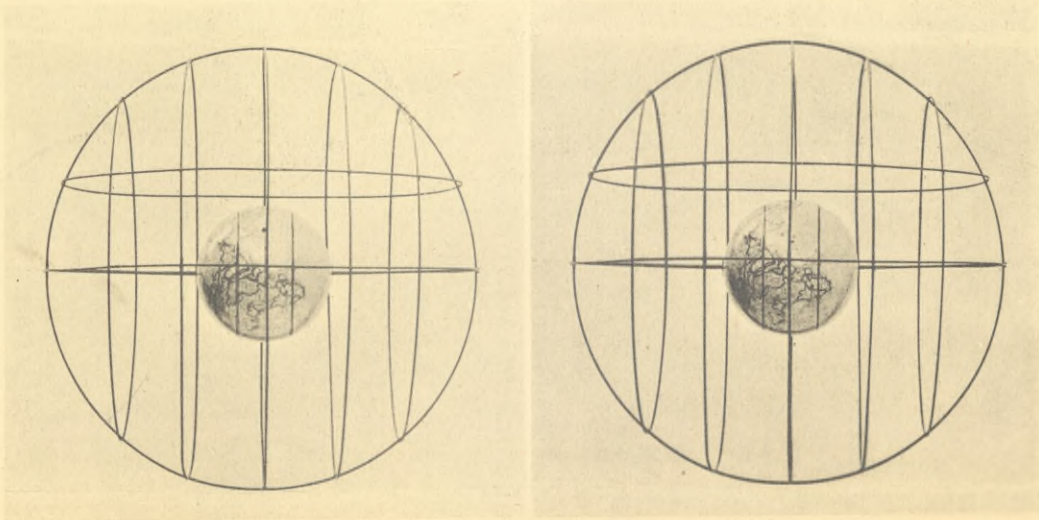


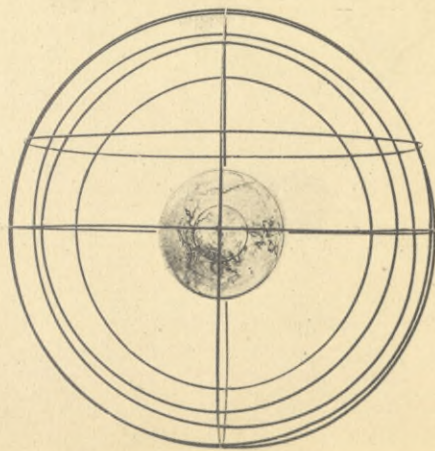
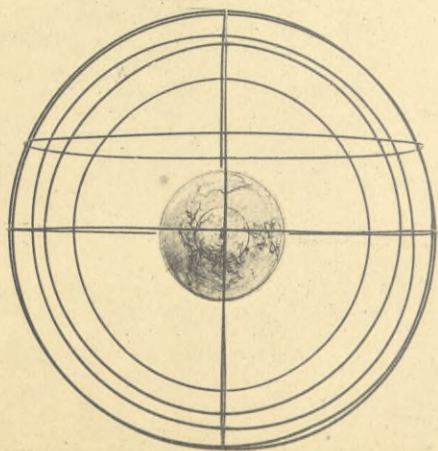


12a

















Uapuu.

Lehrbuch für den  
**Unterricht in der Navigation**  
an den Deckoffizier-Schulen  
der Kaiserlichen Marine

---





Lehrbuch für den  
Unterricht in der Navigation  
an den Deckoffizier-Schulen  
der Kaiserlichen Marine

Herausgegeben  
auf Veranlassung des  
Reichs-Marine-Amtes



Mit 7 Tafeln und zahlreichen Figuren im Text

---

Berlin 1917 / Ernst Siegfried Mittler und Sohn  
Königliche Hofbuchhandlung

~~954-173~~  
2.602

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

II 2531



Akc. Nr. 1531/49



## Vorwort.

---

Das Buch berücksichtigt die Anforderungen, welche bei den Deckoffizier-Schulen der Kaiserlichen Marine im Unterricht in der Navigation gestellt werden.

Die einzelnen Teile sind von den nachstehend aufgeführten Herren bearbeitet worden.

Teil 1: Kapitänleutnant Albrecht (Frig).

Teil 2: Kapitänleutnant d. R. Reuter, Lehrer an der Seefahrtsschule in Flensburg.

Teil 3: Leutnant zur See d. R. Krause, Lehrer an der Seefahrtsschule in Danzig.

Teil 4: Professor Dr. Meldau, Lehrer an der Seefahrtsschule in Bremen.

Teil 5: Dr. Möller, Direktor der Seefahrtsschule in Elsfleth.

Teil 6: Dr. Brennecke, Ständiger Mitarbeiter der Deutschen Seewarte.

Teil 7: Dr. Leberkinck, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Kaiserlichen Observatorium in Wilhelmshaven.

Die Schriftleitung hat in den Händen des Wirklichen Admiralitätsrates, Korvettenkapitäns a. D. Capelle gelegen, von dem auch die räumlichen Photographien herrühren.

Berlin, Oktober 1916.

---





# Inhaltsverzeichnis.

## 1. Teil. Terrestrische Navigation.

### I. Mathematisch-geographische Vorkenntnisse.

	Seite
Erster Abschnitt. <b>Gestalt der Erde; Kreisystem auf der Erdoberfläche</b> . . . . .	1
Die Maße der Erde S. 2.	
Zweiter Abschnitt. <b>Abmessungen auf der Erde; Maße</b> . . . . .	3
Dritter Abschnitt. <b>Horizont; Himmelsrichtungen</b> . . . . .	3

### II. Karten.

Erster Abschnitt. <b>Die Seekarten und ihre Herstellung</b> . . . . .	5
Zweiter Abschnitt. <b>Inhalt der Seekarten</b> . . . . .	10
Dritter Abschnitt. <b>Die die Seekarten ergänzenden Bücher und ihr Inhalt</b>	13
Vierter Abschnitt. <b>Gebrauch der Seekarten und ihre Berichtigung durch die Schiffskommandos</b> . . . . .	14
Bezeichnung von Fahrwassern und Untiefen S. 22.	

### III. Bestimmung der Wassertiefe.

Erster Abschnitt. <b>Allgemeines über Lotungen</b> . . . . .	23
Zweiter Abschnitt. <b>Lotmaschinen</b> . . . . .	23
Verbesserung der Lotungen S. 26. — Verwertung der Lotungen S. 27.	
Dritter Abschnitt. <b>Sonstige Lotmittel</b> . . . . .	28
Gewöhnliche Handlote S. 28. — Handlote für größere Tiefen (Tief- lote) S. 29. — Der Hahnische Handlotapparat S. 30.	

### IV. Bestimmung der Fahrt des Schiffes.

Erster Abschnitt. <b>Allgemeines über Feststellung der Fahrt. Fahrttabelle</b>	31
Zweiter Abschnitt. <b>Instrumente zur Fahrtbestimmung</b> . . . . .	33
Gewöhnliches Log S. 33. — Das Relingslog S. 34. — Das Decklog von Haacke S. 34.	

### V. Die Bestimmung des Schiffsortes.

Erster Abschnitt. <b>Ortsbestimmungen nach Landobjekten</b> . . . . .	35
Bezeichnung des Schiffsortes S. 35. — Abstandsbestimmung mit Hilfe von zwei Gegenständen S. 36. — Abstandsbestimmung mit Hilfe von drei Gegenständen S. 36. — Abstandsbestimmung durch mehrfaches Peilen eines Gegenstandes S. 36. — Doppelwinkelmessung S. 38. — Peilung und Abstandsbestimmung S. 39. — Die Deckpeilung S. 40.	

	Seite
Zweiter Abschnitt. <b>Ortsbestimmungen durch Unterwasser-Schallsignale</b> . . . . .	41
Dritter Abschnitt. <b>Verfahren zur Vermeidung von gefährlichen, einer Küste vorgelagerten Stellen. Gefahrwinkel. Peilscheiben</b> . . . . .	42
Höhenwinkel S. 42. — Horizontalwinkel S. 44. — Peilscheiben S. 46. — Peilscheibe für Tag- und Nachtgebrauch S. 51.	
<b>VI. Die terrestrische Besteckrechnung.</b>	
Erster Abschnitt. <b>Einfache Besteckrechnung</b> . . . . .	51
Allgemeines S. 51. — Die Fahrt auf dem Meridian S. 52. — Die Fahrt auf dem Breitenparallel S. 52. — Die Fahrt auf einem Zwischenkurse S. 54. — Die Rechnung nach Mittelbreite S. 56. — Übersicht über das Verfahren bei Rechnung nach Mittelbreite S. 57. — Die Rechnung nach vergrößerter Breite S. 59. — Übersicht über das Verfahren bei Rechnung nach vergrößerter Breite S. 60.	
Zweiter Abschnitt. <b>Zusammengesetzte Besteckrechnung</b> . . . . .	61
Das Koppeln S. 61.	
Dritter Abschnitt. <b>Die Stromschiffahrt</b> . . . . .	63
Allgemeines S. 63. — Gesucht Kurs und Entfernung über den Grund S. 64. — Stärke und Richtung des Stromes gesucht (Besteckverziehung) S. 65. — Berechnung des Kurses durch das Wasser und der Fahrt über den Grund S. 66.	
Vierter Abschnitt. <b>Die Schifffahrt im größten Kreise (Orthodrome)</b> . . . . .	68
Allgemeines S. 68. — Eintragung des größten Kreises in die Karte S. 69. — Berechnung der Wegelaparis S. 72.	
Fünfter Abschnitt. <b>Kreuzeraufgaben</b> . . . . .	76
Sechster Abschnitt. <b>Zuverlässigkeit der terrestrischen Besteckrechnung</b> . . . . .	80

## 2. Teil. Astronomische Navigation.

### I. Vorkenntnisse; mathematische Geographie.

Erster Abschnitt. <b>Die Weltkörper</b> . . . . .	83
Zweiter Abschnitt. <b>Das Sonnensystem</b> . . . . .	83
Keplersche Gesetze . . . . .	84
Erstes Kapitel. Die Erde . . . . .	84
Zweites Kapitel. Der Mond . . . . .	86
Drittes Kapitel. Finsternisse . . . . .	88
Viertes Kapitel. Tabelle der Größen, Entfernungen, Geschwindigkeiten usw. der Planeten des Sonnensystems . . . . .	89
Dritter Abschnitt. <b>Der Sternhimmel</b> . . . . .	89
Nördliche Halbkugel S. 90. — Südliche Halbkugel S. 92.	
Vierter Abschnitt. <b>Die Kreissysteme am Himmelsgewölbe</b> . . . . .	92
Erstes Kapitel. Weltachse, Vertikallinie, Himmelsmeridian . . . . .	92
Zweites Kapitel. Das Kreissystem des wahren Horizontes . . . . .	94
Drittes Kapitel. Das Kreissystem des Weltäquators . . . . .	96
Viertes Kapitel. Geradeaufsteigung und Abweichung . . . . .	97
Fünftes Kapitel. Die Ekliptik. (Der Frühlingspunkt.) . . . . .	99



Fünfter Abschnitt.	Die Meridianfigur . . . . .	102
Sechster Abschnitt.	Die scheinbare tägliche Bewegung der Gestirne . . . . .	103

## II. Die Zeit. Das Ausmessen der Zeit.

Erster Abschnitt.	Der Tag als Zeitmaß . . . . .	106
Zweiter Abschnitt.	Das Datum . . . . .	108
Dritter Abschnitt.	Die Zeitgleichung . . . . .	109
Vierter Abschnitt.	Die Ortszeit. Beziehungen der Ortszeiten untereinander . . . . .	110
Fünfter Abschnitt.	Änderung des Datums auf 180° Länge . . . . .	111
Sechster Abschnitt.	Gesetzliche Zeit. (Zonenzeit) . . . . .	112
Siebenter Abschnitt.	Verhältnis der Gestirnstage zueinander . . . . .	112
Achter Abschnitt.	Das Jahr als Zeitmaß . . . . .	113
Neunter Abschnitt.	Beziehungen zwischen Sternzeit, Geradeaufsteigung und Stundenwinkel . . . . .	114

## III. Das astronomische Grunddreieck . . . . . 118

## IV. Die Höhenberichtigungen der Gestirne.

Erster Abschnitt.	Verwandlung des Kimmabstandes in scheinbare Höhe . . . . .	120
Zweiter Abschnitt.	Die Verwandlung der scheinbaren Höhe in die wahre Höhe . . . . .	122
	a. Die astronomische Strahlenbrechung S. 122. — b. Die Parallaxe S. 124.	
Dritter Abschnitt.	Die Verwandlung der wahren Unterrand(Oberrand)-höhe in die wahre Mittelpunkthöhe . . . . .	126
Vierter Abschnitt.	Die Gesamtberichtigung . . . . .	127
Fünfter Abschnitt.	Das Beobachten von Kimmabständen . . . . .	129
Sechster Abschnitt.	Die Verbesserung der Beobachtungszeiten . . . . .	130
Siebenter Abschnitt.	Verbesserung der aus dem N. J. entnommenen Größen . . . . .	130

## V. Nautisch-astronomische Aufgaben.

Erster Abschnitt.	Berechnung der Kulminationszeit der Gestirne . . . . .	131
	1. Die Sonne S. 131. — 2. Die Fixsterne S. 132. — 3. Die Planeten S. 134. — 4. Der Mond S. 135. — 5. Die Zeit der größten (kleinsten) Höhen S. 136.	
Zweiter Abschnitt.	Zeit des Auf- und Untergangs der Gestirne . . . . .	136
	Erstes Kapitel. Allgemeiner Fall . . . . .	136
	Zweites Kapitel. Sichtbarer Untergang der Sonne. (Flaggenparade) . . . . .	139
	Drittes Kapitel. Auf- und Untergang des Mondes . . . . .	140
Dritter Abschnitt.	Gestirne im Ersten Vertikal . . . . .	141
Vierter Abschnitt.	Bestimmung des Namens eines Gestirns . . . . .	143
Fünfter Abschnitt.	Berechnung der Höhe eines Gestirns . . . . .	144
	Erstes Kapitel. Allgemeiner Fall . . . . .	144
	Zweites Kapitel. Besondere Fälle . . . . .	148
	Drittes Kapitel. Höhentafeln und Diagramme . . . . .	149

	Seite
<b>Sechster Abschnitt. Das wahre Azimut der Gestirne</b> . . . . .	150
Erstes Kapitel. Berechnung des Azimuts. (Zeitazimut) . . . . .	150
Zweites Kapitel. Azimuttafeln . . . . .	151
Drittes Kapitel. Das Azimut-Diagramm von Weir . . . . .	152
Viertes Kapitel. Azimut der Sonne im wahren Auf- und Untergang . . . . .	154
Fünftes Kapitel. Das Azimut des Polarsterns . . . . .	154
<b>Siebenter Abschnitt. Berechnung des Stundenwinkels eines Gestirns aus seiner Höhe</b> . . . . .	156
Stellen der Uhren an Bord S. 157.	
<b>VI. Ortsbestimmung aus Gestirnshöhen.</b>	
<b>Erster Abschnitt. Vorkenntnisse</b> . . . . .	158
Der Projektionspunkt S. 158. — Die Höhengleiche S. 158. — Die astronomische Standlinie S. 160.	
<b>Zweiter Abschnitt. Ortsbestimmung mit Hilfe einer Standlinie</b> . . . . .	161
Erstes Kapitel. Allgemeiner Fall . . . . .	161
Zweites Kapitel. Sonderfall . . . . .	165
Drittes Kapitel. Die Zuverlässigkeit der Standlinie . . . . .	166
Viertes Kapitel. Abhängigkeit des Schiffsortes auf der Standlinie von der Breite und Länge . . . . .	169
<b>Dritter Abschnitt. Die Verwertung einer Standlinie</b> . . . . .	171
Erstes Kapitel. Zur Ortsbestimmung . . . . .	171
Zweites Kapitel. Zur Chronometerkontrolle . . . . .	173
<b>Vierter Abschnitt. Ortsbestimmung aus mehreren Standlinien</b> . . . . .	174
Erstes Kapitel. Die Höhen sind an demselben Ort beobachtet . . . . .	174
Zweites Kapitel. Die Zuverlässigkeit der Ortsbestimmung aus zwei Standlinien . . . . .	182
Drittes Kapitel. Drei oder mehrere Standlinien . . . . .	182
Viertes Kapitel. Die Höhen sind an verschiedenen Orten beobachtet . . . . .	183
<b>Fünfter Abschnitt. Das tägliche Bestek</b> . . . . .	187
Schematische Darstellung der astronomischen Schiffsort-Kontrolle im Laufe eines Tages S. 190.	

## VII. Anhang zur Ortsbestimmung aus Gestirnshöhen.

<b>Erster Abschnitt. Die Meridianbreite</b> . . . . .	192
Die Breite aus der Meridianhöhe eines Fixsterns S. 193. — Die Breite aus der Meridianhöhe der Sonne S. 195. — Die Breite aus der Meridianhöhe eines Planeten S. 195. — Der Mond S. 196. — Das Messen der Meridianhöhe S. 196.	
<b>Zweiter Abschnitt. Die Nebenmeridianbreite</b> . . . . .	197
Erstes Kapitel. Die Rechnung . . . . .	197
Zweites Kapitel. Diagramm der Nebenmeridianbreiten von Ritchin . . . . .	200
Drittes Kapitel. Die Polarsternbreite . . . . .	201
<b>Dritter Abschnitt. Die Längenbestimmung</b> . . . . .	203
Erstes Kapitel. Die Rechnung . . . . .	203
Zweites Kapitel. Zuverlässigkeit der Längen(Zeit)bestimmung . . . . .	205



## VIII. Erklärungen zu den Tafeln 1 bis 24.

Tafel 1. Kreissystem der Erde S. 207. — Tafel 2. Die Jahreszeiten S. 207. — Tafel 3. Die Phasen des Mondes S. 208. — Tafel 4. Totale Mondfinsternis S. 209. — Tafel 5 und 5a. Teilweise Mondfinsternis S. 209. — Tafel 6. Totale Sonnenfinsternis S. 209. — Tafel 7. Ringsförmige Sonnenfinsternis S. 209. — Tafel 8. Teilweise Sonnenfinsternis S. 209. — Tafel 9 und 9a. Das Kreissystem des wahren Horizontes S. 210. — Tafel 10 und 10a. Das Kreissystem des Weltäquators S. 210. — Tafel 11 und 11a. Die Ekliptik als scheinbare Sonnenbahn S. 210. — Tafel 12 und 12a. Die schiefe Sphäre S. 211. — Tafel 13. Die parallele Sphäre S. 212. — Tafel 14 und 14a. Die gerade Sphäre S. 212. — Tafel 15. Der mittlere Sonnentag S. 212. — Tafel 16. Die Ortszeiten S. 213. — Tafel 17. Sterntag und mittlerer Sonnentag S. 213. — Tafel 18 und 18a. Beziehungen von Stundewinkel, Geradeaufsteigung und Sternzeit zueinander S. 214. — Tafel 19 bis 21a. Das astronomische Grunddreieck (Poldreieck) S. 214. — Tafel 22 und 22a. Die „Größten Kreise“ am Himmelsgewölbe S. 216. — Tafel 23 bis 24a. Allgemeine Meridianfiguren S. 216.

## IX. Instrumente zur astronomischen Ortsbestimmung.

<b>Erster Abschnitt. Spiegelinstrumente</b> . . . . .	217
Erstes Kapitel. Der Sextant . . . . .	217
Zweites Kapitel. Der Oktant . . . . .	223
Drittes Kapitel. Die Messung eines Winkels mit dem Sextanten. (Oktanten) . . . . .	223
Viertes Kapitel. Die Indexverbesserung . . . . .	224
Fünftes Kapitel. Die Bestimmung der Indexverbesserung . . . . .	226
Sechstes Kapitel. Beschaffenheit der Spiegel und Blendgläser . . . . .	227
<b>Zweiter Abschnitt. Die Prüfung des Sextanten und die Berichtigung der   Instrumentalfehler</b> . . . . .	227
Erstes Kapitel. Untersuchung der Spiegel und Blendgläser . . . . .	227
Zweites Kapitel. Untersuchung der Stellung der Fernrohrachse . . . . .	229
Drittes Kapitel. Untersuchung des Gradbogens und des Nonius . . . . .	230
<b>Dritter Abschnitt. Behandlung und Gebrauch der Winkelmessinstrumente</b>	230
Erstes Kapitel. Die Behandlung . . . . .	230
Zweites Kapitel. Der Gebrauch . . . . .	231
<b>Vierter Abschnitt. Künstliche Horizonte und Libellen</b> . . . . .	232
Erstes Kapitel. Die Quecksilberhorizonte . . . . .	233
Zweites Kapitel. Der Glashorizont . . . . .	234
Drittes Kapitel. Regeln für das Beobachten über dem künstlichen Horizont . . . . .	235

## 3. Teil. Chronometerkunde.

## I. Das Chronometer.

<b>Erster Abschnitt. Beschreibung des Chronometers</b> . . . . .	236
Das Uhrwerk S. 236. — Besondere Vorrichtungen des Chronometers S. 239. — Die Beobachtungsuhr S. 241.	

	Seite
Zweiter Abschnitt. <b>Behandlung und Unterbringung der Chronometer . . .</b>	242
Behandlung beim Transport S. 242. — Behandlung beim Gebrauch S. 243. — Das Chronometerspind S. 244.	
Dritter Abschnitt. <b>Stand und Gang . . . . .</b>	245
Erklärungen S. 245. — Gangstörungen S. 247. — Die Gangformel S. 249. — Chronometervergleiche S. 250. — Das Chronometerbegleitbuch S. 252. — Das Chronometertagebuch S. 253.	
<b>II. Chronometerkontrolle.</b>	
Erster Abschnitt. <b>Standbestimmungen . . . . .</b>	255
Allgemeines Verfahren S. 255. — Standbestimmung durch Zeitignale S. 257. — Standbestimmung durch Vergleich mit Normaluhren S. 261. — Standbestimmung durch Einzelhöhen eines Gestirns S. 262. — Standbestimmung durch gleiche Sonnenhöhen S. 264. — Bewertung der verschiedenen Verfahren zur Standbestimmung S. 271.	
Zweiter Abschnitt. <b>Gangbestimmungen . . . . .</b>	272
Gang aus zwei beobachteten Ständen S. 272. — Gang aus einem beobachteten und einem errechneten Stande S. 274. — Allgemeines S. 276.	

#### 4. Teil. Kompaßkunde.

##### I. Der Magnetkompaf.

Erster Abschnitt. <b>Magnete, Erdmagnetismus . . . . .</b>	279
Zweiter Abschnitt. <b>Allgemeines über Kompaße . . . . .</b>	287
Dritter Abschnitt. <b>Beschreibung der in der kaiserlichen Marine gebrauchten Kompaße . . . . .</b>	292
Vierter Abschnitt. <b>Bestimmung der Deviation . . . . .</b>	298
Fünfter Abschnitt. <b>Entstehung der verschiedenen Arten des Schiffsmagnetismus . . . . .</b>	309
Sechster Abschnitt. <b>Deviationen und Richtkraftstörungen . . . . .</b>	315
Siebenter Abschnitt. <b>Änderungen der Deviation . . . . .</b>	329
Achter Abschnitt. <b>Kompensation der Kompaße . . . . .</b>	336
Neunter Abschnitt. <b>Anhang . . . . .</b>	349

##### II. Der Kreiselkompaf.

Zehnter Abschnitt. <b>Vorkenntnisse aus der Mechanik . . . . .</b>	354
Elfter Abschnitt. <b>Der Kreiselkompaf und die Dämpfung seiner Schwingungen . . . . .</b>	359
Zwölfter Abschnitt. <b>Einfluß der Schiffsbewegungen auf die Weisung des Kreiselkompasses . . . . .</b>	366
Dreizehnter Abschnitt. <b>Der Dreikreiselkompaf von Anschütz . . . . .</b>	370



## 5. Teil. Wetterkunde.

	Seite
Erster Abschnitt. <b>Die Atmosphäre.</b> . . . . .	377
Einleitung S. 377. — Wärme und Temperatur der Luft S. 377. — Der Luftdruck S. 384. — Die Luftfeuchtigkeit S. 390.	
Zweiter Abschnitt. <b>Niederschläge, Nebel und Wolken.</b> . . . . .	392
Dritter Abschnitt. <b>Optische Erscheinungen.</b> . . . . .	395
Vierter Abschnitt. <b>Elektrische Erscheinungen.</b> . . . . .	396
Fünfter Abschnitt. <b>Der Wind.</b> . . . . .	398
Der Wind im allgemeinen S. 398. — Die Entstehung des Windes S. 400. — Der große allgemeine Kreislauf der Winde S. 404. — Die wichtigsten periodischen Winde S. 406.	
Sechster Abschnitt. <b>Atmosphärische Störungen.</b> . . . . .	409
Die atmosphärischen Störungen im allgemeinen S. 409. — Die Stürme der gemäßigten Zone S. 413. — Die tropischen Wirbelstürme S. 415. — Allgemeine Regeln für das Verhalten in einem tropischen Wirbelsturm S. 420. — Einige für die Schifffahrt wichtige örtliche Stürme S. 422.	
Siebenter Abschnitt. <b>Wetterdienst und Sturmwarnungen.</b> . . . . .	426

## 6. Teil. Meereskunde.

Erster Abschnitt. <b>Geschichte und Organisation.</b> . . . . .	429
Die Forschungsgeschichte S. 429. — Die nautischen Behörden und ihre Veröffentlichungen S. 431.	
Zweiter Abschnitt. <b>Horizontale und vertikale Gliederung des Meeres.</b> . . . . .	432
Die horizontale Gliederung der Meeresfläche S. 432. — Die Bodengestaltung der Ozeane S. 434.	
Dritter Abschnitt. <b>Die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Meer- wassers.</b> . . . . .	446
Der Salzgehalt des Meeres S. 446. — Die Temperatur des Meeres S. 450. — Das spezifische Gewicht (Dichte) des Seewassers S. 457. — Gasgehalt, Farbe und Durchsichtigkeit des Meeres S. 460.	
Vierter Abschnitt. <b>Die Bewegungen des Meeres (mit Ausschluß der Ge- zeiten) und das Treibeis.</b> . . . . .	462
Die Wellenbewegung des Meeres S. 462. — Die Meeresströmungen S. 464. — Das Treibeis des Meeres S. 473.	

## 7. Teil. Gezeitenlehre.

Erster Abschnitt. <b>Art des Auftretens der Gezeiten und ihre Erklärung.</b> . . . . .	478
Übersicht über die Gezeitenercheinung S. 478. — Erklärung der Gezeitenercheinungen S. 483.	
Zweiter Abschnitt. <b>Die Beeinflussung der Gezeiten.</b> . . . . .	489
Übersicht S. 489. — Arten der Einflüsse S. 489. — Zusammen- fassung der einzelnen Gezeitenbeobachtungen S. 494.	

	Seite
Dritter Abschnitt. <b>Die Bestimmung der Eintrittszeiten und Höhen von Hoch- und Niedrigwasser</b> . . . . .	498
Berechnung der Zeiten S. 498. — Berechnung der Höhen S. 500.	
Vierter Abschnitt. <b>Beispiele für die Vorausberechnung von Gezeitenangaben</b> . . . . .	500
Benutzung von ausführlichen Vorausberechnungen der Hoch- und Niedrigwasser S. 500. — Benutzung der Tidekonstanten S. 501. — Benutzung der Hafenzzeit S. 501.	
Fünfter Abschnitt. <b>Zurückführung von Lotungen auf Kartennull</b> . . . . .	503
Beschickung mit Hilfe beobachteter Wasserstände S. 503. — Beschickung mit Hilfe errechneter Wasserstände S. 503.	
Sechster Abschnitt. <b>Die Tidesströmungen</b> . . . . .	505
Begriffserklärungen S. 505. — Entstehung und Art der horizontalen Wasserbewegung in einer Gezeitenwelle S. 505. — Störung der normalen Gezeitenströmungen S. 507.	
Siebenter Abschnitt. <b>Die navigatorische Wichtigkeit der Gezeiten</b> . . . . .	509

---

### Beilagen.

	Zwischen Seite
Sternkarte der nördlichen Halbkugel . . . . .	92/93
Sternkarte der südlichen Halbkugel . . . . .	92/93
Azimuthdiagramm von Weir . . . . .	152/153
Diagramm der Nebenmeridianbreiten von Kitchin . . . . .	200/201
Die Strömungen an der Oberfläche des Meeres im Nordwinter . . . . .	472/473
Abbildung eines Pegels . . . . .	478/479
Wasserstandsaufzeichnungen des Mutmessers in Wilhelmshaven. Verkleinerte Wiedergabe . . . . .	482/483

---



## Abkürzungen.

Abkürzung oder Zeichen	Bedeutung	Abkürzung oder Zeichen	Bedeutung
$a$	Gerade Aufsteigung	G. = S.	Gezeiten-Signalstation
m. $\odot a$	Gerade Aufsteigung der mittleren Sonne	G. B.	Gesamtverbesserung
* $a$	Gerade Aufsteigung des beobachteten Sterns	H	magnetische Horizontal- kraft
Abw.	Abweichung	H	Meridianshöhe
Ab.	Augeshöhe	h	Gestirnshöhe
astr.	astronomisch	$h_a$	abgelesene Höhe
Az.	Azimuth	$h_b$	beobachtete Höhe
Bar.	Barometer	$h_g$	gemessene Höhe
Bb. B. B.	Backbord	hr	berechnete Höhe
Bt., $\varphi$	Breite	$h_s$	scheinbare Höhe
$\varphi_b$	Beobachtete Breite	h	Stunde
$\varphi_g$	Gegißte Breite	Hfn. 3.	Hafenzeit
$\varphi_m$	Mittelbreite	H. B.	Hochwasser
$\varphi_o$	Angelkommene (obser- vierte) Breite	J. B.	Jahresverbesserung
$\varphi_v$	Verlassene Breite	K.	Kompaß
Br. = ll. oder $\Delta \varphi$	Breitenunterschied	K. Kp.	Kompaßkurs
cbm	Kubimeter	Kmw.	Mißweisender Kurs
Chr. 3.	Chronometerzeit	Krw.	Rechtweisender Kurs
D	magnetisches Drehmo- ment	K. Kp.	Kurs nach dem Regel- kompaß
D. a. B.	Dienst an Bord	K. Stkp.	Kurs nach dem Steuer- kompaß
$\delta$	Abweichung oder Dekli- nation	KM.	Kartennull
Dev. oder $\delta$	Deviation	Kt.	Kimmtiefe
$\delta_n$	Deviation auf N-Kurs	Kulm.	Kulmination
$\delta_o$	Deviation auf O-Kurs	Lg. oder $\lambda$	Länge
$\delta_s$	Deviation auf S-Kurs	$\lambda_b$	Beobachtete Länge
$\delta_w$	Deviation auf W-Kurs	$\lambda_g$	Gegißte Länge
$\delta_{no}$	Deviation auf NO-Kurs	$\lambda_o$	Angelkommene Länge
$\delta_{so}$	Deviation auf SO-Kurs	$\lambda_v$	Verlassene Länge
$\delta_{sw}$	Deviation auf SW-Kurs	Lg. = ll. oder $\Delta \lambda$	Längenunterschied
$\delta_{nw}$	Deviation auf NW-Kurs	M	magnetisches Moment
E	Ost	m	Minute
G.	Greenwich	MD.	Meridionaldifferenz
g	Chronometergang	MEZ	Mitteuropäische Zeit
$g_o$	Normalgang (Gang des Chronometers bei 20 Grad)	MEZ Mtg	mittlerer Greenw. Mittag
$\Delta g$	Gangunterschied	MEZ	Mittlere Greenwich-Zeit
G. E.	Gauß-Einheit	Mnt. B.	Mitternachtsverbesserung
Gl.	Gleichung	Mtg.	Mittag
		Mtg. B.	Mittagsverbesserung
		MT.	Meridionaltheile
		Mw.	Mißweisung
		mw.	mißweisend
		N	Nord

Abkürzung oder Zeichen	Bedeutung	Abkürzung oder Zeichen	Bedeutung
N. J.	Nautisches Jahrbuch	T.	Tafel
Nm.	Nachmittags	t	Stundenwinkel
NP	magnetischer Nordpol	t <sub>0</sub>	Östlicher Stundenwinkel
Np.	Nipp	t <sub>w</sub>	Westlicher Stundenwinkel
N. T.	Nautische Tafeln	Tbr.	Tagesbruch
N. W.	Niedrigwasser.	Td. Hb.	Tidenhub
O	Ost	Tg.	Tag
OÖZ	Osteuropäische Zeit	Th.	Thermometer
p.	Höhenparallaxe	tv	Temperaturverbesserung
p.	Poldistanz	tvm	Mittlere Temperaturver= besserung
Pl.	Pejel	U	Beobachtungsuhr
Plg.	Peilung	W.	Verbesserung
Plg. Ap.	Kompaßpeilung	v.	verbesserte
Plg. mw.	Wißweisende Peilung	v	Gilswert gleich $\varphi - h$ oder $h - \varphi$ ; $\varphi$ stets positiv
Plg. rw.	Rechtweisende Peilung	Wm.	Vormittags
qm	Quadratmeter	W	West
R.	Refraktion oder Strah= lenbrechung	W. A.	Wasserstandsanzeiger
r.	Radius oder Halbmesser	WÖZ.	Wahre Greenwicz=Zeit
rw.	rechtweisend	WÖZ.	Wahre Ortszeit
S	Süd	W. S.	Wasserstands = Signal= station
S.	Chronometerstand	z	Zeit
Sb	Beobachteter Stand	Z	magnetische Vertikalraft
Sr	Berechneter Stand	Z	Meridianzenitdistanz
s	Sekunde	z	Zenitdistanz
Sm	Seemeile	z	In der Kompaßkunde: Kompaß-Kurswinkel
SP	magnetischer Südpol	4 z	Zeitunterschied
Spr.	Spring	3gl.	Zeitgleichung
Stb. St. B.	Steuerbord	3w. z.	Zwischenzeit
* z	Sternzeit		
* zG	Sternzeit in Greenwicz		
* zD	Sternzeit am Ort		
Str.	Strich		



# 1. Teil. Terrestrische Navigation.

## I. Mathematisch-geographische Vorkenntnisse.

### Erster Abschnitt.

#### Gestalt der Erde; Kreisystem auf der Erdoberfläche.

1. Die Erde hat annähernd die Gestalt einer Kugel. Sie dreht sich um ihren „kleinsten“ Durchmesser, den man Erdachse nennt; die Endpunkte dieser Erdachse heißen Pole, und zwar Nordpol und Südpol (Fig. 1: N und S).

Die Erde erscheint also an den beiden Polen abgeplattet. Die Abplattung beträgt nur  $\frac{1}{299}$ , so daß man sie in der Nautik ganz vernachlässigen kann. Wir betrachten deshalb die Erde als eine vollkommene Kugel.

2. Um nun auf der Erdoberfläche einen Ort seiner Lage nach angeben zu können, hat man sich auf derselben ein Kreisystem niedergelegt gedacht. Als Ausgangspunkte hierfür benutzt man die Pole.

Erdäquator (A Q) heißt derjenige größte Kreis, dessen sämtliche Punkte gleichweit von den Polen entfernt liegen. Seine Ebene steht senkrecht zur Erdachse.

Breitenparallele (nn) sind kleinere Kreise auf der Erdoberfläche, welche dem Äquator parallel laufen; ihre Ebenen stehen demnach ebenfalls senkrecht zur Erdachse.

Erdmeridiane (N A S) sind größte Kreise auf der Erdoberfläche, welche durch die Pole gehen; ihre Ebenen stehen senkrecht zu der Ebene des Äquators und denen der Breitenparallele. Derjenige Meridian, welcher durch die Sternwarte von Greenwich bei London geht, heißt Null- oder Anfangsmeridian.

3. Geographische Breite ( $\varphi$ ) eines Ortes ist sein Abstand vom Äquator — oder der Winkel am Erdmittelpunkt, gebildet von der Ebene des Äquators und der Lotrichtung am Orte. Die geographische Breite eines Ortes wird gemessen durch den Bogen des Meridians (F B) vom Äquator bis zum Breitenparallel des Ortes; sie kann wachsen nach Nord und Süd von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$ .

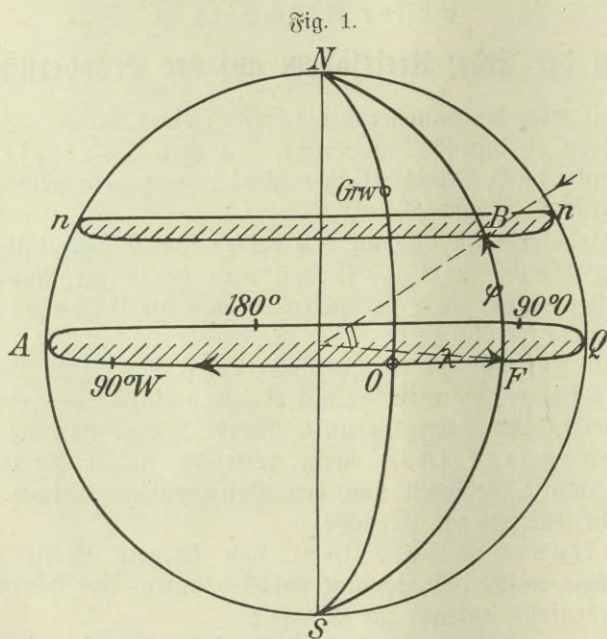
Geographische Länge ( $\lambda$ ) eines Ortes ist sein Abstand vom Nullmeridian — oder der Winkel am Pol, gebildet



vom Nullmeridian und dem Meridian des Ortes. Die geographische Länge eines Ortes wird gemessen durch den Bogen des Äquators vom Nullmeridian bis zum Meridian des Ortes; sie kann wachsen nach Ost und West von  $0^\circ$  bis  $180^\circ$ .

Durch Breite und Länge ist die Lage eines Ortes auf der Erdoberfläche bestimmt.

Alle Orte derselben Breite liegen auf demselben Breitenparallel; alle Orte der gleichen Länge liegen auf demselben Meridian.



Liegen zwei Orte auf verschiedenen Breiten, so haben sie einen Breitenunterschied (Br.=U.), d. i. der Bogen eines Meridians zwischen den beiden zugehörigen Breitenparallelen.

Liegen zwei Orte auf verschiedener Länge, so haben sie einen Längenunterschied (Lg.=U.), d. i. der Bogen des Äquators oder eines Breitenparallels zwischen den beiden zugehörigen Meridianen — ausgedrückt im Bogenmaß.

### Die Maße der Erde.

4. Der Astronom Bessel ermittelte aus den Gradmessungen die Länge des Äquatorhalbmessers zu 6 377 397 m und die der halben

Erdachse zu 6 356 079 m. Hieraus ergibt sich die Länge einer größten Kreisminute auf der als Kugel gedachten Erde zu 1851,85 m.

Diese größte Kreisminute nennt man Seemeile und rechnet sie = 1852 m. Die Seemeile ist die Maßeinheit für nautische Entfernungen.

Den zehnten Teil einer Seemeile nennt man eine Kabel-  
länge = 185 m.

Als Maßeinheit für die Messung von Landwegen ist außer dem Meter und dem Kilometer auch die geographische Meile, d. i. der 15. Teil eines Äquatorgrades (also 4'), gebräuchlich. Nach Bessel ist die Länge der Äquatorminute = 1855,11 m; demnach ist die Länge der geographischen Meile = 7420,44 m, rund 7,4 km.

Der Äquatorumfang ist also =  $360 \cdot 15 = 5400$  geographische Meilen und demnach der Durchmesser =  $\frac{5400}{3.1416} =$  rund 1719 geographische Meilen.

### Zweiter Abschnitt.

#### Abmessungen auf der Erde; Maße.

5. Die Erdachse ist etwa 13 000 km, der Äquator etwa 40 000 km lang.

Als Maßeinheit für die Messung von Seewegen gilt die Seemeile (Sm). Die Seemeile ist eine größte Kreisminute auf der als Kugel gedachten Erde, z. B. Äquatorminute. Ihre Länge ist = 1852 m.

### Dritter Abschnitt.

#### Horizont; Himmelsrichtungen.

6. Die Schifffahrt unterscheidet verschiedene Arten des „Horizonts“. Im vorliegenden Zusammenhange haben wir uns zunächst nur mit dem „sichtbaren Horizont“, der „Kimm“, zu befassen.

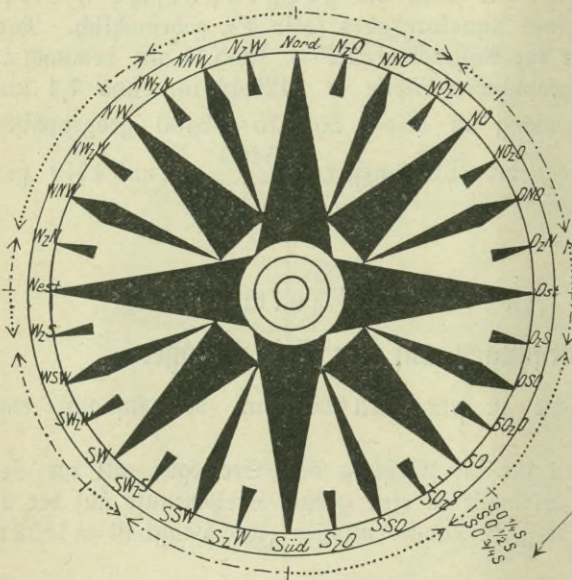
Unter der Kimm versteht man die Kreislinie, welche den von einem Beobachter auf dem Meere freiüberblickten Teil der Erdoberfläche begrenzt, d. h. den Kreis, wo sich Himmel und Meer zu berühren scheinen. Je höher der Beobachter steht, um so größer wird die Entfernung der Kimm. Die Höhe, in der sich das Auge des Beobachters befindet, bezeichnen wir mit Augenhöhe.



7. Den Horizont denken wir uns in 360 Grade eingeteilt. Den Ausgangspunkt für die Zählung gibt uns der Meridian des Orts, und zwar zählt man vom Nordpunkt aus nach rechts herum.

Dem Nordpunkt gegenüber liegt der Südpunkt und 90° von beiden entfernt der Ost- und der Westpunkt. Die Nord-Süd-Linie („Meridian“) und die Ost-West-Linie teilen den Horizont in Viertelskreise.

Fig. 2.



Die Pfeile geben die Richtung an, in der die  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{8}$  Striche gezählt werden, z. B.:

- SO  $\frac{1}{4}$  S
- SO  $\frac{1}{2}$  S
- SO  $\frac{3}{4}$  S
- SO z. S

Nord wird demgemäß mit 0° oder 360°, Ost mit 90°, Süd mit 180° und West mit 270° bezeichnet.

8. Außer der Einteilung des Horizonts in 360° ist noch eine Einteilung in 32 Striche im Gebrauch. Die Bezeichnung dieser Zählungsart ist aus Fig. 2 ersichtlich.

Die in Fig. 2 dargestellte Einteilung nennt man *R o m p a ß* - oder *W i n d r o s e*.

Für Zwecke der Schifffahrt genügt die Teilung in ganze Striche nicht. Man teilt jeden Strich wieder in Viertel- und Achtel-Striche ein und zählt diese, wie aus Fig. 2 zu ersehen ist.

Für die Umwandlung von Strichen in Grade und umgekehrt dient N. T. 6a.



## II. Karten.

### Erster Abschnitt.

#### Die Seekarten und ihre Herstellung.

9. Für die Zwecke der Schiffahrt brauchen wir Karten, die uns gestatten, den Weg des Schiffes festzulegen, um so alle Punkte zu vermeiden, welche wegen ihrer zu geringen Wassertiefe oder ihrer sonstigen Hindernisse dem Schiffe gefährlich werden können. Daraus ergibt sich für die Seekarten die Notwendigkeit, im Gegenjage zu den Landkarten, den Teil unserer Erde, der mit Wasser bedeckt ist, möglichst getreu wiederzugeben und sich bei dem festen Lande auf eine Wiedergabe seiner Umrisse und die Objekte zu beschränken, die vom Wasser aus sichtbar sind und sich ihrer Form und Lage nach zu Ortsbestimmungen eignen.

Wenn wir ein Bild von unserer Erde entwerfen wollen, so haben wir zu beachten, daß unsere Erde die Gestalt einer Kugel hat, also einen Körper darstellt, während unsere Karten auf Papier aufgezeichnet werden, deren Oberfläche eine ebene Fläche ist. Einen Körper können wir aber nur auf einem gleichen Körper, also hier auf einer Kugel (Globus), naturgetreu wiedergeben. Damit ist aber dem Seefahrer nicht gedient. Auf einer Ebene können wir von der Erde bzw. ihrer Oberfläche nur ein ähnliches Bild liefern, welches wir dadurch erhalten, daß wir sie auf die Ebene projizieren.

Diese Projektion kann in verschiedener Weise ausgeführt werden.

10. Unter den vorhandenen Möglichkeiten benutzt man bei den Seekarten die wachsende oder Merkatorsche Projektion. (1569 von einem Deutschen, Gerhard Kremer, genannt Merkator, erfunden.)

Der Grundgedanke ist folgender:

Um die Lage eines Ortes auf unserer Erde bestimmen zu können, haben wir uns ein System von Kreisen konstruiert. Während die Meridiane als größte Kreise alle gleich sind, werden die Breitenparallele nach den Polen zu immer kleiner.

Daraus ergibt sich, daß eine Breitenminute, da sie auf dem Meridian gemessen wird, auf der ganzen Erde die gleiche Ausdehnung hat. Die Längenminute wird hingegen auf den Breitenparallelen gemessen und, da diese in ihrer Ausdehnung zwischen der Größe eines größten Kreises (auf dem Erdäquator) und der Größe eines Punktes (auf beiden Polen) schwanken, müssen auch die Längenminuten eine verschiedene Ausdehnung haben. Nur auf dem Erdäquator ist eine Breitenminute gleich einer Längenminute.



Infolge der Größenabnahme der Breitenparallele nach den Polen zu muß nun auf jeder Breite, welche von  $0^\circ$  abweicht, die Längenminute kleiner als eine Seemeile, d. h. kleiner als 1852 m sein. Welche Größe sie hat, kann man leicht feststellen. Da bei  $0^\circ$  der Breitengrad seinen größten Wert hat, während er bei  $90^\circ$  zu einem Punkt zusammengeschrumpft ist, d. h. gleich 0 ist, muß sich die Längenminute in Übereinstimmung mit der Winkelfunktion ändern, die bei  $0^\circ = 1$  und bei  $90^\circ = 0$  ist. Dies ist der Kosinus. Um also die Ausdehnung einer Längenminute auf  $60^\circ$  Breite zu erhalten, muß man die Längenminute auf  $0^\circ$  Breite, d. h. 1852 m, mit dem Kosinus von  $60^\circ$ , d. i. 0,5, multiplizieren, = 926 m. Auf  $60^\circ$  Breite steht somit eine Längenminute zu einer Breitenminute in einem Verhältnis von 1:2, eine Breitenminute ist hier also doppelt so groß wie eine Längenminute.

Gehen wir umgekehrt von der uns bekannten Längenminute aus und suchen die zugehörige Größe der Breitenminute, so haben wir die Längenminute mit der Sekante der Breite zu multiplizieren.

Auf  $60^\circ$  Breite haben wir die Größe der Längenminute zu 926 m gefunden, die Breitenminute muß demnach sein 926 mal Sekans  $60^\circ$ . Sekans  $60^\circ$  ist 2,0, somit die Breitenminute =  $2 \times 926 \text{ m} = 1852 \text{ m}$ .

Diese auf unserer Erde zwischen den einzelnen Längen- und Breitenminuten bestehenden Verhältnisse müssen aufrechterhalten bleiben, wenn wir einen Teil unserer Erdoberfläche in der Ebene wiedergeben wollen.

**11.** Aber noch ein weiterer Umstand muß Berücksichtigung finden. Wenn wir uns auf der Erde die Winkel ansehen, unter denen sich die Meridiane und Breitenparallele schneiden, so werden wir finden, daß dies überall ein rechter Winkel ist. Sofern wir nun versuchen, dies bei unserer Karte ebenfalls zu machen, so wird uns das nur dadurch möglich sein, daß wir die Meridiane durch aufrechte Linien darstellen und die Breitenparallele durch wagerechte Linien. Sehen wir uns dann unsere so erhaltene Zeichnung an, so bemerken wir, daß der Abstand zwischen zwei Meridianen überall der gleiche ist; in unserer Karte ist demnach, abweichend von der Wirklichkeit, die Längenminute überall gleich groß. Daraus folgt, daß, wenn wir das richtige Verhältnis zwischen der Längen- und Breitenminute aufrechterhalten wollen, uns weiter nichts übrig bleibt, als die Größe der Breitenminute jedesmal der Größe der Längenminute anzupassen. Auf diese Weise erhalten wir allerdings Verhältnisse, die der Wirklichkeit gerade entgegengesetzt sind: auf der Erde ist die Breitenminute die unveränderliche Größe und die Längenminute die wechselnde; auf der Seekarte hingegen ist die Breitenminute der veränderliche Teil und die Längenminute der gleichbleibende.



Vorher haben wir gesehen, daß wir die zugehörige Breitenminute aus der Längenminute erhalten, wenn wir letztere mit der Sekante der Breite multiplizieren. Die Sekante hat aber bei  $0^\circ$  ihren kleinsten Wert = 1 und bei  $90^\circ$  ihren größten Wert. Mit zunehmender Breite muß daher bei gleichbleibender Längenminute die Breitenminute wachsen, daher der Name *wachsende Karte*.

12. Aus diesen Überlegungen folgt weiter, daß die Verwendungsfähigkeit der Merkator- oder wachsenden Karte begrenzt ist; dies hängt damit zusammen, daß die Zunahme des Wertes der Sekante nicht proportional mit der Zunahme des Winkels erfolgt. Es erfolgt vielmehr das Anwachsen der Sekante bei kleineren Winkeln langsam und bei größeren Winkeln unverhältnismäßig schneller. Befinden wir uns daher auf hohen Breiten, so bekommen wir für die Breitenminute einen so großen Wert, daß die Karte ein arges Zerrbild der Wirklichkeit abgeben würde, welches keinen praktischen Wert mehr besitzt. Deshalb muß man in hohen Breiten, also bei Polarexpeditionen, andere Kartenprojektionen verwenden, die diesen Nachteil nicht besitzen.

Für die Breiten jedoch, in denen sich unter gewöhnlichen Verhältnissen die Schifffahrt abspielt, reicht die Merkator- oder wachsende Karte vollkommen aus, so daß alle gewöhnlichen Seekarten nach dieser Projektion entworfen werden.

13. Einen Unterschied finden wir bei den einzelnen Karten in der Größe des gewählten Maßstabes. Denn es ist klar, daß man für den Ozean, wo man außer Sicht von Land ist und nur Wassertiefen antrifft, die auch dem größten Schiff in keiner Weise gefährlich werden können, mit einem bedeutend kleineren Maßstabe auskommt, als wenn man sich in der Nähe von Land mit geringen Wassertiefen und vorgelagerten Untiefen befindet, oder wenn es sich darum handelt, in einen Hafen einzulaufen, von dessen Anlage man sich, um das Schiff auf den richtigen Platz zu führen, eine durchaus klare Vorstellung machen muß. Diesen verschiedenen Verhältnissen tragen Karten Rechnung, deren Maßstäbe zwischen 1 : 2 000 000 und 1 : 20 000 liegen.

Je nach der Größe der Gebietsteile, welche die Karten umfassen, unterscheidet man: Übersichtskarten, Segelkarten, Küstenkarten und Sonderkarten.

14. Entwurf eines Gradnetzes nach Merkator. Es möge die Forderung gestellt werden, ein Gradnetz im Maßstabe von 1 : 100 000 zu entwerfen, welches die Längenausdehnung von  $7^\circ 48'$  Ost bis  $8^\circ 50'$  Ost und die Breitenausdehnung von  $53^\circ 24'$  Nord bis  $54^\circ 12'$  Nord umfaßt.

Wir haben gesehen, daß bei der Merkatorschen Projektion die Längenminute die feste Größe und die Breitenminute die wech-



felnde Größe ist. Demnach müssen wir zunächst feststellen, welche Ausdehnung bei dem geforderten Maßstabe der Längenminute zukommt.

Auf dem Äquator ist die Längenminute gleich einer Seemeile, d. h. 1852 m. Diese Größe verändert sich mit dem Kosinus der Breite. Wir erhalten somit als allgemeine Formel: „1852 m mal Kosinus der Breite.“ Das Ergebnis dieser Rechnung liefert uns die Größenausdehnung, wie sie in der Wirklichkeit ist. Gefordert wurde jedoch ein Maßstab im Verhältnis von 1 : 100 000. Wir haben demnach 1852 m mal Kosinus der Breite durch 100 000 zu teilen. Aus Zweckmäßigkeitsgründen rechnet man aber bei dem Entwurf eines Kartennetzes nicht mit Metern, sondern mit Millimetern. Wollen wir daher das Ergebnis in Millimetern haben, so müssen wir 1852 mal Kosinus der Breite mit 100 multiplizieren, da 1 m 1000 mm hat.

Nun soll unser Kartennetz die Breitenausdehnung von  $53^{\circ} 24'$  Nord bis  $54^{\circ} 12'$  Nord umfassen. Daraus entsteht die Frage, welche Breite ich in meine Formel einsetzen muß. Nehme ich die Anfangsbreite von  $53^{\circ} 24'$ , so erhalte ich für die Längenminute einen größeren Betrag, als wenn ich die Endbreite von  $54^{\circ} 12'$  nehme, weil der Kosinus mit der Zunahme der Winkelgröße kleiner wird. Lege ich also eine dieser Breiten meiner Konstruktion zugrunde, so mache ich in beiden Fällen einen Fehler. Diesen ganz zu vermeiden, wird nicht gelingen, denn welche Breite man innerhalb der gegebenen Grenzen auch immer auswählen mag, stets wird man zu dem Ergebnis gelangen, daß die gefundene Längenminute für einen Teil der Breite zu groß und für den anderen Teil zu klein ist. Hiernach ist es das richtigste, eine Breite zu wählen, die in der Mitte zwischen den gegebenen Grenzen liegt, da sich dann der entstehende Fehler gleichmäßig verteilt.

Somit hat man in unserem Beispiel die Mitte zwischen  $53^{\circ} 24'$  und  $54^{\circ} 12'$  auszuwählen, d. h.  $53^{\circ} 48'$ , und dann auszurechnen: „Eine Längenminute gleich 1852 mal Kosinus von  $53^{\circ} 48'$  mal 1000, geteilt durch 100 000.“ Kürzen wir 1000 im Zähler gegen 100 000 im Nenner und lösen die Aufgabe logarithmisch, so erhält man

$$\begin{array}{r} \log 1852 \dots\dots\dots = 3,26764 \\ \log \cos 53^{\circ} 48' \dots\dots\dots = 9,77130 \\ \hline \phantom{\log} \phantom{\cos} \phantom{53^{\circ}} \phantom{48'} \phantom{\dots\dots\dots} = 3,03894 \\ \log 100 \dots\dots\dots = 2, \\ \hline \log 1 \text{ Längenm.} \dots\dots\dots = 1,03894 \\ \phantom{\log} \phantom{1} \phantom{\text{Längenm.}} \phantom{\dots\dots\dots} = 10,98 \text{ mm} \end{array}$$

Da sich das Kartennetz über 62 Längenminuten, nämlich von  $7^{\circ} 48'$  Ost bis  $8^{\circ} 50'$  Ost erstrecken soll, würde die gesamte Längenausdehnung 62 mal 10,98 mm, d. h. 680 mm, betragen.



15. Um die zugehörigen Größen der Breitenminuten zu ermitteln, muß man, streng genommen, das für die Längenminute gefundene Maß mit der Sekante jeder Breitenminute multiplizieren. Es genügt jedoch vollkommen, wenn wir eine Anzahl von Breitenminuten zusammenfassen, im vorliegenden Falle etwa jedesmal 16, und der Rechnung dann die Sekante der Mittelbreite zwischen der Ausgangsbreite und der gewählten nächsten Breite zugrunde legen. Auf diese Weise würden wir erhalten:

log 1 Längenm. = 1,03894	1,03894	1,03894
log sec 53° 32' = 0,22595	log sec 53° 40' = 0,22732	log sec 53° 48' = 0,22870
log 16. . . . = 1,20412	log 32 = 1,50515	log 48 = 1,68124
<u>2,46901</u>	<u>2,77141</u>	<u>2,94888</u>
294,5	590,8	889.

Diese Zahlen besagen, daß der untere Rand unserer Karte einer Breite von 53° 24' entspricht, während der Breitenparallel für 53° 40' 294 mm, der für 53° 56' 591 mm und der für 54° 12' 889 mm vom unteren Kartenrand abliegt.

Zur Ersparung dieser letzten Rechnung finden wir in den „Nautischen Tafeln“ die Tafel 3 aufgenommen, die den Namen „Vergrößerte Breiten“ führt. Diese Tafel gibt an, wie weit in Längenminuten ausgedrückt die einzelnen Breitenparallele vom Äquator abliegen, wenn die Längenminute auf dem Äquator gleich 1 gesetzt wird.

Für die in unserem Beispiel vorkommenden Breiten finden wir in dieser Tafel nachstehende Werte:

53° 24' 3804	3804	3804
53° 40' 3831	53° 56' 3858	54° 12' 3885
Unterschied: <u>27</u>	<u>54</u>	<u>81</u>

Würde man für die Karte einen Maßstab wählen, bei dem auf dem Äquator die Längenminute 1 mm ausmacht, so müßte der Breitenparallel für 53° 24' 3804 mm vom Äquator abstehen, der für 53° 40' 3831 mm, der für 53° 56' 3858 mm und der für 54° 12' 3885 mm.

Da nun nur ein Gradnetz verlangt wird, welches sich von 53° 24' Breite bis 54° 12' erstreckt, so setzen wir den unteren Kartenrand gleich 53° 24', bilden, wie dies oben geschehen ist, die Unterschiede zwischen den vergrößerten Breiten und wissen damit, daß die Breite 53° 40' 27 mm, die Breite 53° 56' 54 mm und die Breite 54° 12' 81 mm vom unteren Kartenrande abstehen würde, unter der Voraussetzung, daß der für die Längenminute gewählte Maßstab 1 mm ist.



Der in der Aufgabe gewählte Maßstab ergab aber für die Längenminute 10,98 mm (14). Deshalb müssen wir die Zahlen 27, 54 und 81 mit dieser Zahl multiplizieren.

16. Die so hergestellte Karte erfüllt alle Forderungen, die der Seemann an seine Karte stellt:

1. die Kurzklinie des Schiffes ist eine gerade Linie,
2. der Kurswinkel des Schiffes ist derselbe wie auf der Erdoberfläche,
3. Entfernungen in der Karte lassen sich leicht messen und ablesen.

Fig. 3.

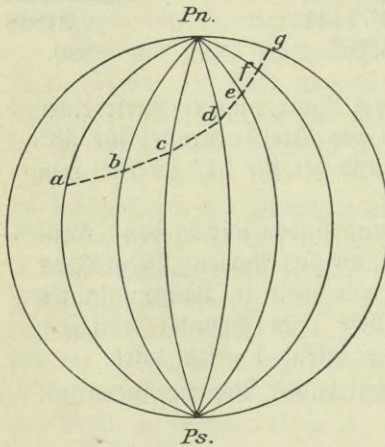


Fig. 4.

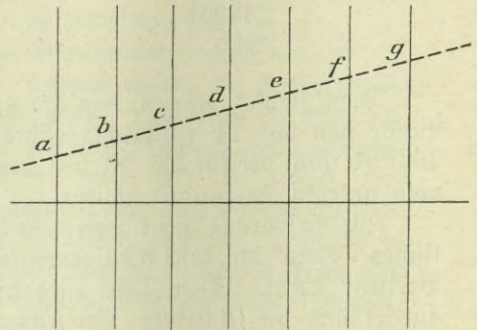


Fig. 3 zeigt uns den Weg *a* bis *g* in einer Projektion, bei der wie auf der Erde die Meridiane an den Polen zusammenlaufen. Der gleichbleibende Kurs des Schiffes schneidet die Meridiane unter gleichem Winkel; daher stellt sich die Linie *a g* als eine Spirale um den Pol herum dar. Hiervon stammt die Bezeichnung *Loxodrome* (Schieflaufende) für eine Kursrichtung. Betrachten wir dieselbe Linie *a g* in Mercators Projektion (Fig. 4), so finden wir sie wieder als gerade Linie, da die Meridiane hier parallel laufen.

### Zweiter Abschnitt.

#### Inhalt der Seekarten.

17. In die das Meer darstellende Fläche werden im besonderen eingetragen:

Wassertiefe, Beschaffenheit des Grundes, Untiefen, Sände, Riffe, Klippen, Angaben über Strömungen, künstliche Hilfsmittel der Schifffahrt, wie Seezeichen aller Art, z. B. Tonnen, Feuerchiffe und dergleichen.



Die das Land darstellende Fläche ist in der Regel grau getont und zeigt im einzelnen:

Umriffe des Landes, Gestaltung der Küste, Erhebungen im Gelände, Landmarken wie Feuertürme, Kirchtürme, Baken, besonders hervortretende Häuser, Windmühlen, Bergkuppen, Bäume usw.; von der Küste nach dem Innern führende Hauptwege und Eisenbahnen.

18. Für die Wiedergabe der Einzelheiten sind bestimmte Zeichen eingeführt. Soweit diese allgemein gebräuchlich sind und auf den vom Reichsmarineamt herausgegebenen Karten — Deutschen Admiralitätskarten — zur Anwendung gelangen, sind sie auf Blatt 1 der D. Adm.-Karten wiedergegeben.

Die Gestaltung des Meeresgrundes in der Nähe der Küsten ist für den Seefahrer von besonderer Wichtigkeit, da die Schifffahrt unter Land erhöhte Aufmerksamkeit erfordert. Deshalb finden wir die Grenzen der Wassertiefen von 2, 4 und 6 m durch verschiedene Schattierung, die von 10, 20, 40, 100 und 200 m durch punktierte und gestrichelte Linien bezeichnet, die man *Metergrenzen* nennt. Auf Seekarten mit sehr ungleichmäßigem Boden gestattet oft die Erhaltung der Übersichtlichkeit nicht, alle die genannten Metergrenzen auszuziehen.

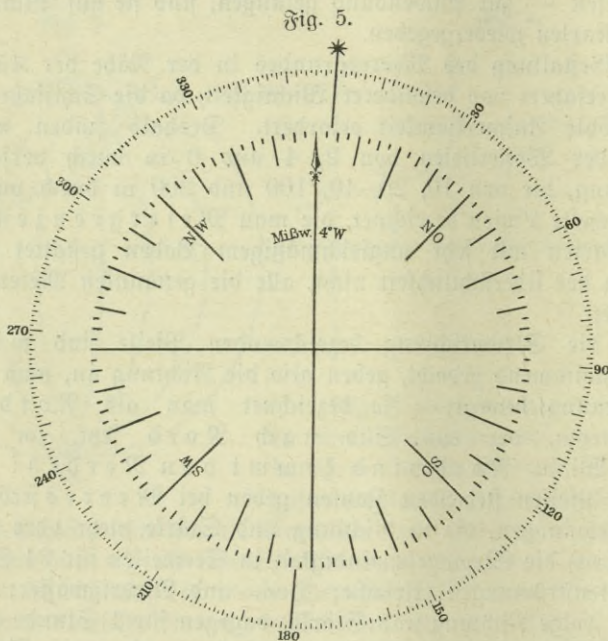
Die die Stromrichtung bezeichnenden Pfeile sind mit dem Strom schwimmend gedacht, geben also die Richtung an, nach der sich die Strömung bewegt — so bezeichnet man als *Nordstrom* einen Strom, der von Süd nach Nord setzt, im Gegensatz zum Wind: *Nordwind kommt von Norden!* — Die über den Pfeilen stehenden Zahlen geben bei Meeresströmungen (d. h. Strömungen, die in Richtung und Stärke mehr oder weniger gleichbleiben) die Stromgeschwindigkeit in Seemeilen für 24 Stunden, bei Gezeitenströmungen (Ursache: Hoch- und Niedrigwasser; ändern in kurzer Folge Richtung und Stärke) dagegen für 1 Stunde an. Die Form der Pfeile läßt die Art der Strömung erkennen. Seezeichen, durch schräge Zeichnung als solche gekennzeichnet, sind mit ihrem Fußpunkt an der Stelle eingetragen, an der ihr Anker liegt, in Gewässern mit Gezeitenströmung dagegen da, wo sie bei Ebbsstrom liegen.

Die größeren Maßstäbe der D. Adm. Karten zeigen um die Leuchfeuer Kennungskreise mit Angaben über Farben und Art des Feuers, sowie die Richtungen, aus denen das Feuer zu sehen ist. Zusätze über Sichtweite des Feuers zeigen uns an, auf welche Entfernung es gesichtet werden kann.

19. Eine freie Stelle in der Karte enthält unter dem Titel der Karte Angaben über die zugrunde liegende Vermessung und das



sonstige Quellenmaterial, ferner über den Maßstab, das Jahr der Herausgabe, die angewandten Höhen- und Tiefenmaße, sowie Angaben über die Mißweisung und ihre jährliche Änderung. Am unteren Rande außerhalb des Gradnetzes stehen Zeitangaben über Berichtigungen der Karte (große und kleine), die noch auf der Druckplatte ausgeführt werden konnten. Alle weiteren notwendigen Berichtigungen werden durch die wöchentlich erscheinenden „Nachrichten für Seefahrer“ bekannt gegeben und bis zur Abgabe der Karten an S. M. Schiffe durch die Navigationsressorts der Kaiserlichen Werften ausgeführt.



20. Die Darstellung der Einzelheiten in fremden Karten entspricht im allgemeinen der deutschen Wiedergabe. Die Bedeutung der wichtigsten Bezeichnungen hat das Hydrographische Amt in Washington zusammengestellt. Unter den britischen Karten enthält die Karte D 11 entsprechende Angaben.

Als Maß für Höhen und Tiefen haben die meisten Völker das Metermaß angenommen, in englischen und amerikanischen Karten jedoch wird für Wassertiefen das Fadenmaß (= 1,83 m) und das Fußmaß (= 0,3 m), für Höhen das Fußmaß verwandt.

21. Zur Erleichterung des Eintragens von Kursen und Peilungen erhalten alle D. Adm.-Karten Kompaßrosen nach Art der Fig. 5.



Wir sehen auf dem äußeren Kreisbogen die 360 Grade, von 30° zu 30° mit ihren entsprechenden Zahlen bezeichnet. Auf dem inneren Kreise befindet sich hingegen eine Einteilung in Striche, welche von der mißweisenden Nordrichtung ausgeht. Der Unterschied der Nullpunkte, die Mißweisung, ist ihrer Größe und Richtung nach angegeben. Sie bezieht sich auf den Teil der Karte, in den die betreffende Rose eingezeichnet ist. Bei starker Änderung der Mißweisung innerhalb des dargestellten Gebietes sind entsprechend viele Kompaßrosen angeordnet.

22. Es ist nicht möglich, daß eine Seekarte alles enthält, was dem Schiffsführer zu wissen notwendig und nützlich ist. Zur Ergänzung dienen die jedem Schiff mitgegebenen nautischen Bücher, Seehandbücher, Segelhandbücher, Dampferhandbücher, Leuchtfeuerverzeichnisse, Gezeitentafeln, ferner regelmäßig erfolgende Veröffentlichungen, wie „Nachrichten für Seefahrer“, „Annalen der Hydrographie“, Monatskarten für den Atlantischen Ozean, Vierteljahrskarten für die Nordsee und Ostsee u. a.

23. Früher bediente sich die Schifffahrt einschl. der deutschen vorwiegend englischer Karten und Handbücher. Erst im Jahre 1902 trat das Reichsmarineamt an die Aufgabe heran, ein eigenes deutsches Kartenwerk auch für die außerheimischen Gewässer zu schaffen.

24. Für die deutschen Seekarten und nautischen Bücher befindet sich bei der Kartenausrüstung eines jeden Schiffes ein „Katalog der Seekarten und nautischen Bücher“, derselbe erscheint jährlich und enthält gleichzeitig die noch im Gebrauch befindlichen fremden Karten und Bücher. (Näheres siehe im Vorwort des Kataloges der Seekarten und nautischen Bücher.)

### Dritter Abschnitt.

#### Die die Seekarten ergänzenden Bücher und ihr Inhalt.

25. Die Seehandbücher ergänzen die Karten durch eine eingehende Beschreibung der Küste. Daneben geben sie Aufschluß über das Schifffahrtswesen der betreffenden Länder, Lotsenverhältnisse, Eisverhältnisse, Zollwesen, Bezeichnung der Untiefen, Dockgelegenheit, Sturmwarnungsdienst, Wetternachrichten, Schifffahrts- und Wasserstands-signale usw.

26. Die Segelanweisungen und Küstenansichten — erstere mit guten Abbildungen der wichtigsten Küstenansichten versehen — geben Angaben über die übliche oder zweckmäßigste Durchsteuerung von schwierigen Durchfahrten (z. B. der Belte).



27. Die Leuchtfeuerverzeichniſſe werden jährlich vom Reichsmarineamt herausgegeben. Nach einer Vorſchrift über ihre Berichtigung, einer Weltkarte, die den Geltungsbereich der XII Leuchtfeuerverzeichniſſe erkennen läßt, folgt ein Vorwort, das — durch eine bildliche Darſtellung der verſchiedenen Leuchtfeuerarten ergänzt — allgemeine Angaben über die Leuchtfeuer und die von ihnen abgegebenen Nebel- und Unterwaſſerſchall-Signale enthält, dann eine Tabelle, die den „Abſtand eines Feuers in der Kimm in Sm“ behandelt. Im folgenden Haupttheil findet man alle notwendigen Angaben über geographiſche Lage, Zahl, Farbe und Art der Feuer, Sichtweite uſw. Ein alphabetiſches Verzeichniß aller im Buch vorkommenden Feuer mit Angabe, unter welcher Nummer ſie zu finden ſind, und ein Verzeichniß der Zeitſignalſtationen bilden den Beſchluß eines jeden Leuchtfeuerverzeichniſſes.

#### Vierter Abſchnitt.

### Gebrauch der Seekarten und ihre Berichtigung durch die Schiffskommandos.

28. Bei der Auswahl der Seekarten bevorzuge man grundsätzlich die größten zur Verfügung ſtehenden Maßſtäbe, da die Einzelheiten genauer dargeſtellt ſind. Bei allen Berichtigungen werden zuerſt dieſe größeren Maßſtäbe bearbeitet. Die Leuchtfeuerverzeichniſſe ſind beim Gebrauch der Karte ſtets heranzuziehen. Vor Benutzung der Karte mache man ſich mit der Einteilung der Längen- und Breitenſkala vertraut und prüfe, welcher Betrag für die Mißweiſung anzuwenden iſt, indem man nachſieht, für welches Jahr die Mißweiſung angegeben und welche Verbesserungen für die ſeitdem vergangene Zeit anzuwenden ſind. Beim Übergang auf fremde Karten beachte man ſorgfältig die abweichenden Maße für Waſſertiefen.

29. Wegen der Ungenauigkeit mancher Seekarten betrachte man jede Küſte als gefährlich, von der nicht unzweifelhaft erwieſen iſt, daß ſie frei von Gefahren iſt. Wo das der Fall iſt, findet es ſich in den Seehandbüchern angegeben. Auch in ſcheinbar genügend ausgeſoteten Gewäſſern bleiben häufig Klippen oder Untiefen bei der Vermessung unentdeckt.

Je älter eine Karte und die ihr zugrunde liegende Vermessung iſt, um ſo weniger zuverlässig wird die Karte ſein.

Wo nur einzelne Lotungen in großen Abſtänden verzeichnet ſind, iſt beſondere Vorſicht geboten; zumal wenn flaches Waſſer oder unreiner Grund mit Felſen oder Bänken in der Nähe iſt. Dieſ gilt



in erster Linie für Korallengegenden und in der Nähe felsiger Küsten, vor denen man sich bei glattem Wasser besonders hüten muß; bei See- gang machen sich gefährliche Stellen leichter bemerkbar.

Im allgemeinen sehe man die 10-m-Grenze als Warnungs- und Gefahrgrenze an, die große Schiffe nicht überschreiten sollten, an Küsten, die mit Riffen besetzt sind, möge die 20- oder 40-m-Grenze als Warnung gelten.

Man vermeide die Annäherung an einzelne Untiefen, die nach Lage, Ausdehnung und Tiefe nicht genau bestimmt sind.

In Gewässern mit starker Strömung und an Küsten, die starken Stürmen ausgesetzt sind, ist die Seekarte mit größter Vorsicht zu gebrauchen, da dort das Fahrwasser besonders großen Änderungen unterworfen ist (Hinweis in den D. Adm.-Karten). Seekarten von Mündungsgebieten großer Ströme, besonders solcher, in denen starker Gezeitenstrom setzt, sind stets nur von bedingtem Wert, mag ihre Vermessung auch noch so neu und sorgfältig sein.

Man überzeuge sich stets, für welchen Wasserstand die Tiefenangaben gelten — ob für mittleres Springniedrigwasser, wie unsere D. Adm.-Karten —, rechne damit, daß die tatsächlichen Verhältnisse **sehr wohl unter dem Kartennullpunkt** liegen können, und beachte dabei: Wo starke Gezeitenströme schon unter gewöhnlichen Verhältnissen großen Unterschied im Wasserstand hervorrufen, pflegen auch die durch außergewöhnliche Verhältnisse (heftige Winde) bedingten Schwankungen besonders groß zu sein.

Man meide das dichte Herangehen an Küsten- vor- sprünge, um Weg zu sparen; meide auch die Nähe unbekannter und wenig befahrener Küsten. Man gewöhne sich bei Kurs- änderung, z. B. beim Umfahren eines Kapes oder Passieren einer Boje, daran, möglichst mit einer Kursänderung auszukommen. Un- mähliches Ändern des Kurses, meist eine Folge unruhiger Schiffs- führung, erschwert die Sicherheit des Eintragens des Schiffsweges auf der Karte.

Bei der Auswahl von Peilobjekten wähle man die n a h e n L a n d m a r k e n, da sich bei fernem Gegenständen geringe Fehler der Peilung bemerkbarer machen. Schwimmende Seezeichen betrachte man, da sie vertrieben sein können, nur als eine w e i t e r e Unterstützung für die Schifffahrt. Wenn es sich vermeiden läßt, benutze man sie nicht zu Ortsbestimmungen. Auch ferne Landvorsprünge (Kapes) ver- wende man nur zu Peilungen, wenn man sicher ist, daß die äußerste Spitze bereits über dem Horizont sichtbar ist.

30. Bei Unterschieden zwischen den Angaben der Seekarten und Bücher ist stets große Vorsicht geboten. Man halte sich an die für



die Schiffsführung ungünstigere Angabe. Recht verschieden ist oft der Betrag der Mißweisung angegeben; die jüngste Angabe pflegt hier meist richtig zu sein. Besonders unzuverlässig sind Leuchtbojen, die häufig nachts nicht brennen.

**31.** Jeder Seefahrer fühle sich berechtigt und verpflichtet, im Dienste der Schifffahrt an der Berichtigung ihrer Hilfsmittel und besonders der Seekarten nach Kräften mitzuarbeiten. Solche Beiträge sind an das Reichsmarineamt zu richten, das besondere Postkartenblocks dafür ausgeben hat, so daß man nur die Vordrucke auszufüllen hat. Die einschlägigen Bestimmungen finden sich im Vorwort zu den „Nachrichten für Seefahrer“ alljährlich im 1. Heft.

**32.** Die Schiffsführung ist die beste, die zugleich die vorichtigste ist. Nicht nur Vorsicht im Gebrauch der Hilfsmittel, Vorsicht auch in persönlicher Hinsicht. Jeden neuen Kurs, den der Navigationsoffizier abgeseht hat, lasse er grundsätzlich durch seinen Steueremann nachprüfen und prüfe ihn dann noch einmal selbst nach. Die Sicherheit des Schiffes darf sich nicht auf zwei Augen gründen, und der erfahrenste und sicherste Navigator kann sich einmal irren, zumal wenn an seine körperliche Leistungsfähigkeit höchste Anforderungen gestellt werden, was meist dann der Fall ist, wenn seine Tätigkeit besonders wichtig und verantwortungsvoll ist.

**33.** Die Seekarten gehören zu den wichtigsten und unentbehrlichsten Hilfsmitteln der Schifffahrt. Sie sind deshalb mit größtmöglicher Sorgfalt und Schonung an Bord aufzubewahren. Je nach Größe der Kartenausrüstung sind Kartenkammern oder nur Kartenspinde mit herausziehbaren Fächern vorhanden. In diesen werden die Karten flachliegend und gefaltet aufbewahrt.

Auf dem Kartentisch soll Tinte nicht geduldet werden. Es ist zweckmäßig, den Teil der Karte mit einem darübergelegten und mit Reißnägeln auf dem Kartentisch befestigten Schutzstreifen (von einer ausgemusterten Karte) zu bedecken, der der Beschmutzung besonders ausgesetzt ist. Dieselbe Sorgfalt, die man der Schonung der Karten zuwendet, muß auch bei der Auswahl des Geräts für das Arbeiten in der Karte zur Geltung kommen. Dies besteht aus:

- 34.** Bleistift und Radiergummi,  
zwei rechtwinkligen Dreiecken, bzw. Anlegelineal,  
Zirkel,  
Doppelwinkelmesser.

Spuren früherer Arbeiten sind aus der Karte zu entfernen. Man radiere nicht, wenn die Karte feucht ist, da ihr Druck dadurch zerstört wird.



Die Dreiecke dienen zum Eintragen von Kurven und Beilungen und zum Übertragen von Richtungen. Aus durchsichtigem Zelluloid hergestellt, lassen sie den von ihnen bedeckten Teil der Karte sichtbar. Beide Dreiecke tragen eine Kreiseinteilung von  $0^\circ$  bis  $180^\circ$  in grünen, von  $180^\circ$  bis  $360^\circ$  in roten Zahlen.

Der Zirkel dient zum Abgreifen von Entfernungen. Man setze den Zirkel stets schräg an, um ein Hineinstecken in die Karte zu vermeiden.

35. Die Arbeit, welche bezweckt, den Schiffsort oder den zurückgelegten oder noch zurückzulegenden Schiffsweg auf der Karte zu veranschaulichen, heißt „Absetzen“.

36. Zu beachten ist, daß der Magnetkompaß nicht die mißweisende Richtung angibt, sondern durch die im Schiff befindlichen magnetischen Kräfte abgelenkt wird, und zwar um eine Größe, die wir „Deviation“ nennen und deren Betrag je nach dem „anliegenden“ Kurs verschieden ist, während die Mißweisung allgemein für den betreffenden Ort gilt. Wir müssen also, bevor wir auf die Karte gehen, jedesmal den Betrag der Deviation auf den Kurs, den uns der Kompaß gibt, anwenden, d. h. den Kompaßkurs in den mißweisenden verwandeln. Umgekehrt, was wir an Richtung der Karte entnommen haben, muß aus der mißweisenden Richtung in die Kompaßrichtung verwandelt werden — ebenfalls durch Anwendung der Deviation, jetzt natürlich in umgekehrtem Sinne, d. h. mit entgegengesetztem Vorzeichen. Die Deviation ist auf Tabellen, die stets zur Hand sein müssen, verzeichnet, in Graden angegeben und mit einem Vorzeichen (+ oder —) versehen, das angibt, in welcher Richtung sie angewandt werden muß. + heißt zum Kompaßkurs addieren, vom mißweisenden abziehen; — bedeutet vom Kompaßkurs abziehen, zum mißweisenden addieren.

Die übliche Gedächtnisregel lautet:

Die Vorzeichen sind so gewählt, daß das Falsche plus der Verbesserung das Richtige ergibt, also Kompaßkurs plus Deviation den mißweisenden Kurs und mißweisender Kurs plus Mißweisung den rechtweisenden Kurs.

37. Wir sollen einen Schiffsort nach — bekannter — Breite und Länge eintragen.

Wir zeichnen an der der Länge ungefähr entsprechenden Stelle ein Stück des Breitenparalleles des Ortes ein, darauf ebenfalls ein Stück des betreffenden Meridians. Beider Schnittpunkt ist der gesuchte Schiffsort.

Liegt der Ort nahe dem Kartenrand, so geschieht dies mit Hilfe der Dreiecke.



Liegt dagegen der Ort nicht nahe dem Rande, so nimmt man den Zirkel zur Hilfe. Den Schiffsort bezeichnet man durch einen kleinen Kreis und schreibt die Uhrzeit, für die er gilt, daneben.

38. Wir sollen die Breite und Länge eines in der Karte gegebenen Punktes bestimmen.

Dies geschieht am zweckmäßigsten mit Hilfe des Zirkels.

39. Eine Peilung oder ein Kurs soll eingetragen werden.

Der Mann am Kompaß verbessert seine Kompaßpeilung durch Anwendung der Deviation in eine mißweisende (richtiges Vorzeichen). Diese mißweisende Peilung wird auf der Karte dann in folgender Weise eingetragen:

Man zeichnet mit Bleistift die mißweisende Nord-Sübdlinie ein. Dann legt man das Dreieck mit der bekannten Gradzahl an der Nord-Sübdlinie an und verschiebt es am anderen Dreieck so lange, bis die eingestellte Richtung an dem gepeilten Gegenstand anliegt.

Will man umgekehrt einen Kurs oder eine Peilung aus der Karte entnehmen, so legt man ein Dreieck an die zu bestimmende Linie an und verschiebt diese Richtung am anderen bis zur nächstgelegenen mißweisenden Nord-Sübdlinie, an der man dann die gesuchte Gradzahl abliest. Diese mißweisende Richtung wird in Kompaßkurs verwandelt (Deviation mit umgekehrtem Vorzeichen) und kann dann eingesteuert werden.

40. Die Entfernung zwischen zwei Punkten mißt man mit dem Zirkel, und zwar auf der Breiten-skala. Die von den Zirkelspitzen eingeschlossene Anzahl Breitenminuten ist die Entfernung in Sm. Da die einzelnen Breitenminuten auf der Karte verschieden groß sind, greift man die gesuchte Entfernung in der gleichen Breite ab. Ebenso wird umgekehrt eine bestimmte Entfernung von der Breiten-skala in die Karte übertragen. Man hüte sich vor dem Fehler, die Entfernung an der Scala einer anderen Karte (mit anderem Maßstab) abzugreifen. Man soll deswegen nie mehrere offen ausgebreitete Karten übereinander auf dem Kartentische liegen haben.

Sehr zweckmäßig ist auch die Anfertigung einer Tabelle — Fig. 6 — (Zemelsen), die für die gebräuchlichen Kartenmaßstäbe eingerichtet ist und gestattet, die in bestimmten Zeiträumen zurückgelegte Entfernung — der Fahrt des Schiffes entsprechend — mit dem Zirkel ohne weiteres abzugreifen. Näheres in „Marine-Rundschau“ 1910, Aprilheft. Eine derartige Tabelle ist natürlich nur auf einer Karte großen Maßstabs mit hinreichender Genauigkeit verwendbar.

41. Man kann sich die Lösung der Aufgaben noch dadurch erleichtern, daß man die mißweisenden Nord-Sübdlinien mit roter Tusche auszieht und weitere parallele Linien dort einführt, wo die

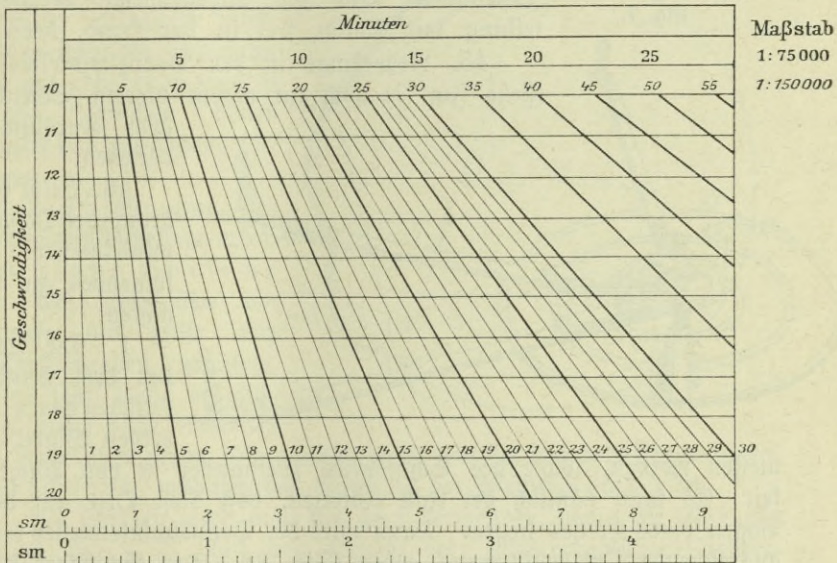


Kompaßrosen weit auseinander liegen. Dadurch erleichtert man das Verschieben der Dreiecke. Sehr zweckmäßig ist auch, solche Nord-Südlinien durch häufig benutzte Peilobjekte zu legen.

42. Der Übergang zur „rechtweisenden Navigation“ bedeutet eine weitere Vereinfachung des Arbeitens auf der Karte, da ein Verschieben des Dreiecks fast ganz fortfällt.

Der wesentliche Unterschied gegen das mißweisende Verfahren liegt darin, daß die Einstellung des Kompaßdreiecks nicht an der mißweisenden Nord-Südlinie, sondern an den rechtweisend Nord-

Fig. 6.



Süd zeigenden Meridianen erfolgt. Dadurch erhält man rechtweisende Richtungen.

43. Ein Verschieben der Dreiecke ist kaum nötig, da die Meridiane so dicht aneinander liegen, daß man das Dreieck gleichzeitig an einen Meridian und den gepeilten Gegenstand legen kann.

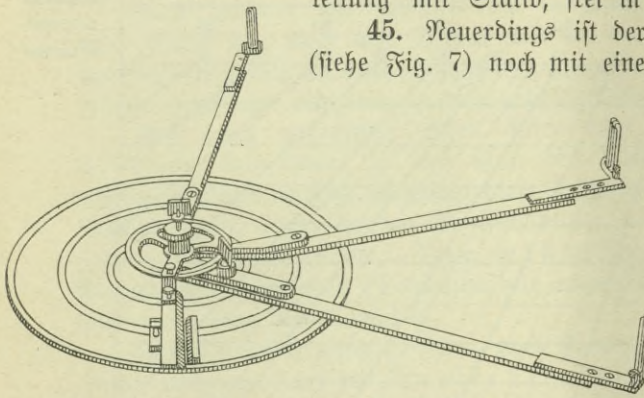
44. Der Doppelwinkelmesser gehört ebenfalls zu den Werkzeugen für das Arbeiten in der Karte. Seine Einrichtung ist aus Fig. 7 ersichtlich (System v. Klüging).

Er dient zur Festlegung des Schiffsorts ohne Benutzung des Kompasses. In der Mitte eines Kreises, an dem ein Lineal fest und zwei weitere durch Schrauben feststellbar befestigt sind, befindet sich ein Druckstift, am Ende jedes Lineals ein schmaler aufrechter Rahmen. Ein Beobachter hält das



festen Lineal so auf den mittelsten von drei zur Ortsbestimmung zu benutzenden Gegenständen gerichtet, daß er ihn durch seinen Rahmen über den Druckstift hinweg sieht, während zwei weitere Beobachter die anderen in derselben Weise mit ihren beweglichen Linealen „anvisieren“. Haben alle ihren Linealen die richtige Richtung gegeben, werden die beweglichen festgestellt und der Doppelwinkelmesser dann auf die Karte gesetzt. Das feste Lineal wird an den mittleren Gegenstand angelegt und solange vorgeschoben, bis die anderen ebenfalls an ihren Objekten anliegen. Durch Niederdrücken des Druckknopfes bekommt man dann den Schiffsort. Gewöhnlich wird das Instrument ohne die dazugehörige Gradeinteilung mit Stativ, frei in der Hand, bedient.

Fig. 7.



45. Neuerdings ist der Doppelwinkelmesser (siehe Fig. 7) noch mit einem vierten Schenkel, dem Kurslineal, versehen.

46. Beim Gebrauch des Doppelwinkelmessers ist folgendes zu beachten:

1. Die Lage der drei Punkte, zwischen denen die beiden Winkel ge-

messen werden, sowie des Schiffsortes zueinander ist von Wichtigkeit. Es kann nämlich der Fall eintreten, daß diese Orte auf dem Bogen eines Kreises liegen. Dann wird der Doppelwinkelmesser keine ausreichende Ortsbestimmung geben (Fig. 8). Der Schiffsort liegt dann irgendwo auf diesem Kreis.

Auf jedem Punkte dieses Kreises würde man zwischen A und B den  $\sphericalangle a$  und zwischen B und C den  $\sphericalangle \beta$  messen. Auch in dem Fall, daß man zwar nicht auf dem Kreise selbst, aber doch in seiner Nähe steht, wird die Ortsbestimmung unsicher, weil das Anlegen der Lineale unsicher und damit zeitraubend wird.

Man muß also die Objekte so wählen, daß man nicht mit ihnen „auf den Kreis kommt“. Davor ist man ohne weiteres sicher, wenn

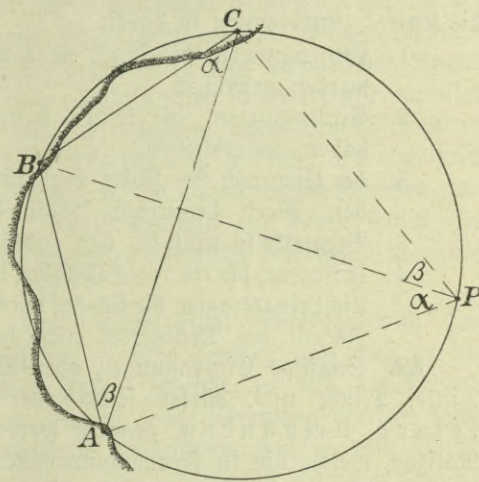
1. die Orte ABC auf einer geraden Linie liegen (der günstigste Fall),
2. der mittlere Ort den Beobachtern am nächsten liegt,
3. der Beobachtungsort innerhalb des Dreiecks ABC liegt;



4. kann man den erwähnten ungünstigen Kreisfall nicht vermeiden, dann muß man einen — am besten den mittleren — Ort außerdem nach dem Kompaß peilen, wodurch die Doppelwinkelmessung wieder eine eindeutige Ortsbestimmung wird.

Auch hier vermeide man sehr weit liegende Gegenstände wegen der erheblichen Wirkung der unausbleiblichen kleinen Messungsfehler, und weil das Absetzen auf der Karte mit den dann erforderlichen Verlängerungen der Schenkel unbequem wird. Am geeignetsten sind nahe, sich gut abhebende Gegenstände, zwischen denen Winkel von mindestens  $25^\circ$  liegen.

Fig. 8.



2. Die Benutzung des Doppelwinkelmessers erfordert große Vorsicht. Da das Feststellen der Lineale mit Hilfe von Flügelschrauben geschieht, ist es sehr leicht möglich, daß man beim Anziehen der Schrauben einen Zug ausübt, durch den sich das betreffende Lineal verschiebt, wodurch das Ergebnis der Messung stark leidet.

Im übrigen wird man ihn gern verwenden, wenn die Kompaße gestört sind, z. B. nach dem Gefecht oder nach erheblicher Ortsveränderung, die eine wesentliche Änderung der Deviation gebracht hat.

47. Besonders nahe der Küste, der gefährliche Steine oder Bänke vorgelagert sind, ist der Doppelwinkelmesser ein wertvolles Hilfsmittel der Schiffsführung.

Soll die Festlegung der Schiffsorte in schneller Folge geschehen, z. B. bei hoher Fahrt, so verwendet man zweckmäßig zwei Doppelwinkelmesser.

48. Die Berichtigung der Seekarten und nautischen Bücher ist einer der wichtigsten Dienstzweige des Steuermanns. Diese Arbeit muß mit außerordentlicher Gewissenhaftigkeit ausgeführt werden. Nachlässigkeit beim Auf-dem-Laufenden-halten der Karten usw. hat bereits eine große Zahl von Schiffsunfällen herbeigeführt. Der Steuermann sei sich stets der großen Verantwortung bewußt, die er im Hinblick hierauf trägt.



Die Berichtigung erfolgt nach den „Nachrichten für Seefahrer“, die wöchentlich alle Veränderungen der Seezeichen, Fahrwasser u. a. zur Kenntnis der Schifffahrt bringen. Auf jeder Karte ist an geeigneter Stelle ein rotes Viereck angebracht mit der Überschrift: „Siehe Nachrichten für Seefahrer“. In dieses werden mit Bleistift die Nummern der „Nachrichten für Seefahrer“, die für die betreffende Karte eine Berichtigung anordnen, eingetragen, und zwar in folgender Form:

16 — 244, d. h. im Jahrgang 1916 bezieht sich Ziffer 244 auf die Karte. Zu beachten ist dabei:

1. Eintragungen, die durch neue Berichtigungen überholt sind, werden gestrichen,
2. Eintragungen, die keinen dauernden navigatorischen Wert haben, unterbleiben,
3. der Umtausch der Karte wird bei dem Navigationsressort der betr. Werft beantragt, sobald die Zahl der eingetragenen Vermerke so groß ist, daß dadurch die Übersicht erschwert ist,
4. in Karten, die ein rotes Deckblatt haben, werden solche Vermerke nicht eingetragen, die sich auf ein Gebiet beziehen, das nach dem Inhalt des Deckblattes nicht handschriftlich berichtigt wird.

49. Sonstige Eintragungen oder Berichtigungen mit Buntstift, Tinte, Tusche usw. dürfen seitens der Schiffscommandos unter keinen Umständen gemacht werden. Die Eintragungen von Notizen, welche die in Frage kommenden Schiffswege betreffen, sind natürlich gestattet. Jedoch dürfen sie nur mit weichem Bleistift erfolgen und sind später wieder sorgfältig zu entfernen.

Über die erfolgten Berichtigungen ist ein Karten-Verbesserungsbuch zu führen, in dem für alle Karten und nautischen Bücher besondere Seiten vorgesehen sind. Auf diesen — für manche besonders bezeichnete Karten ist mehr als eine Spalte freizuhalten — werden die Berichtigungen in der gleichen Form wie auf den Karten, jedoch auch mit kurzer Inhaltsangabe eingetragen. Das Buch ist nach Eingang von vier Nummern der „Nachrichten für Seefahrer“ (d. h. monatlich) dem Navigationsoffizier zur Nachprüfung und Unterschrift vorzulegen.

Die Berichtigung der an Bord befindlichen Seehandbücher, Leuchtfeuerverzeichnisse usw. erfolgt in ähnlicher Weise. In letztere, die jährlich neu herausgegeben werden, können nach der ihnen vorgeordneten Anweisung ausführlichere Veränderungen eingetragen werden.

### Bezeichnung von Fahrwassern und Untiefen.

50. Für eine Bezeichnung von Fahrwassern und Untiefen hat jede Nation bestimmte Normen aufgestellt, welche sich in den betreffenden Seehandbüchern abgedruckt finden und bei der Benutzung der Seekarten zu Rate zu ziehen sind.



### III. Bestimmung der Wassertiefe.

#### Erster Abschnitt.

#### Allgemeines über Lotungen.

51. Die Bestimmung der Wassertiefe geschieht durch das Lot und heißt Loten.

Das Lot ist eins der für sichere Schifffahrt wichtigsten Hilfsmittel. Da unsere Seekarten außer den Wassertiefen auch die Art des Grundes darstellen, können wir durch Lotungen einen sehr wesentlichen Anhalt für unseren Schiffsort gewinnen. Häufig wird so unsere astronomische (nach Gestirnen erhaltene) oder terrestrische (nach Landobjekten erfolgte) Ortsbestimmung ergänzt oder bestätigt werden; oft aber wird auch das Loten das einzige Mittel sein, um einigermaßen Klarheit über den Schiffsort zu gewinnen. Es ist deshalb auf jedem Schiff eine unbedingt sichere Handhabung des Lotes durch das betreffende Personal anzustreben.

52. Die wesentlichen Bestandteile einer Loteinrichtung sind Lotkörper und Lotleine. Ersterer muß so geformt sein, daß er den Grund in möglichst schnellem Fallen erreicht, so daß die Grundberührung von dem Lotenden deutlich wahrgenommen werden kann. Die Form des Lotes ist deshalb so zu wählen, daß es dem Wasser möglichst wenig Widerstand bietet. Die Lotleine ist entweder gemarkt und dient dann unmittelbar zur Feststellung der Wassertiefe, oder sie ist nur zur Befestigung des Lotes da, während die Wassertiefe in anderer Weise gemessen wird. Anforderungen an die Lotleine sind möglichst große Tragkraft bei möglichst geringem Umfang und möglichst geringem Eigengewicht.

53. Um loten zu können, ohne die Fahrt verringern zu müssen, hat man Lotmaschinen konstruiert, bei deren Verwendung die Messung des Wasserdrucks Aufschluß über die Wassertiefe gibt.

#### Zweiter Abschnitt.

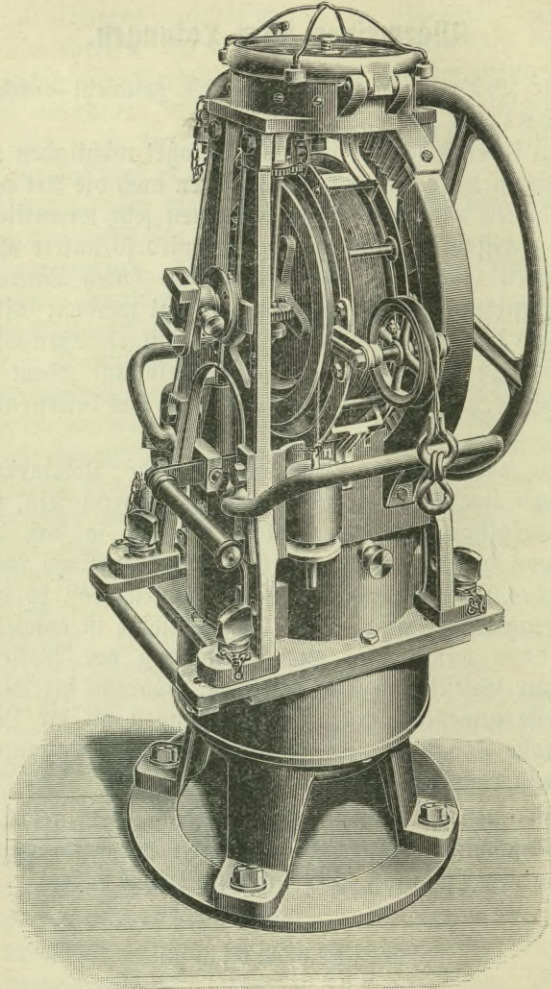
#### Lotmaschinen.

54. Das Prinzip der Lotmaschinen beruht auf dem Mariotteschen Gesetz: „Das Volumen einer abgeschlossenen Luftmenge steht in umgekehrtem Verhältnis zu dem auf ihr lastenden Druck.“ Unter Wasser setzt sich der auf einem Körper lastende Druck zusammen aus dem Gewicht der über ihm stehenden Wassersäule und dem Gewicht der Atmosphäre. Er kann für jede Wassertiefe errechnet werden.



Senkt man eine oben geschlossene, unten offene Röhre ins Wasser, so wird sich das Volumen der ihren Hohlraum füllenden Luft ent-

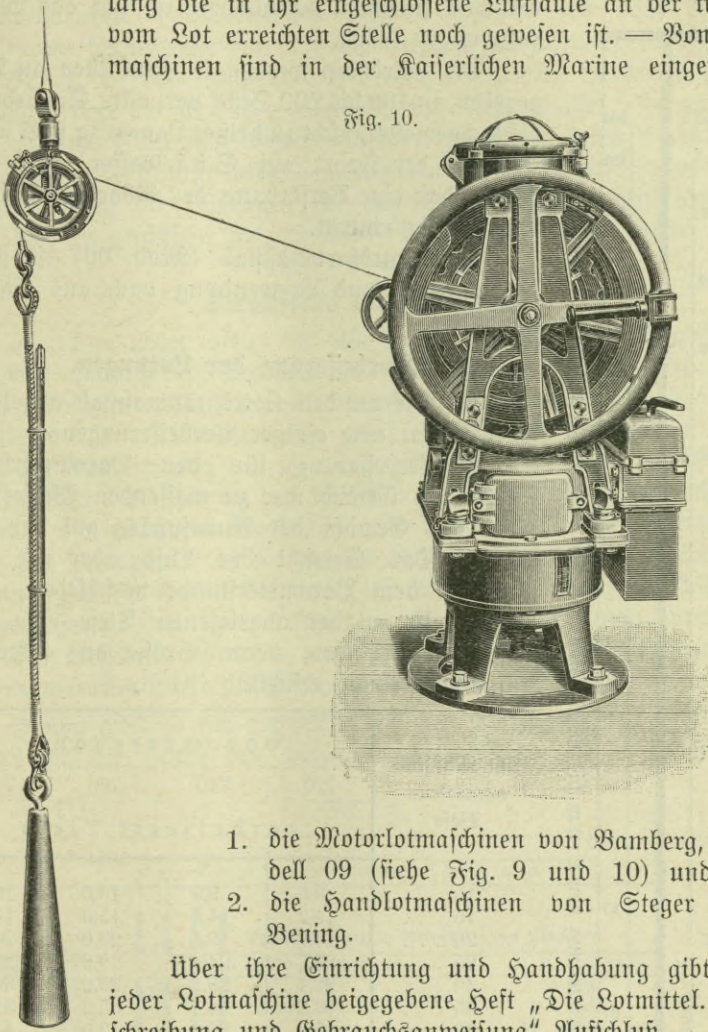
Fig. 9.



sprechend der Tiefe, in die die Röhre gelangt, verringern, das Wasser dringt entsprechend von unten in die Röhre ein. Nun ist das Innere der für die Lotmaschinen verwendeten Glasröhren mit einem roten Chromsilberbelag versehen, der sich bei der Berührung mit Seewasser gelblich weiß färbt. Man kann danach an einem entsprechend eingerichteten Maßstab, an den man die wieder aufgeholte Lotröhre legt,

die Wassertiefe, in welche die Röhre hinabgesenkt war, unmittelbar ablesen. Man sieht am rot gebliebenen Teil der Lotröhre, wie lang die in ihr eingeschlossene Luftsäule an der tiefsten vom Lot erreichten Stelle noch gewesen ist. — Von Lotmaschinen sind in der Kaiserlichen Marine eingeführt:

Fig. 10.



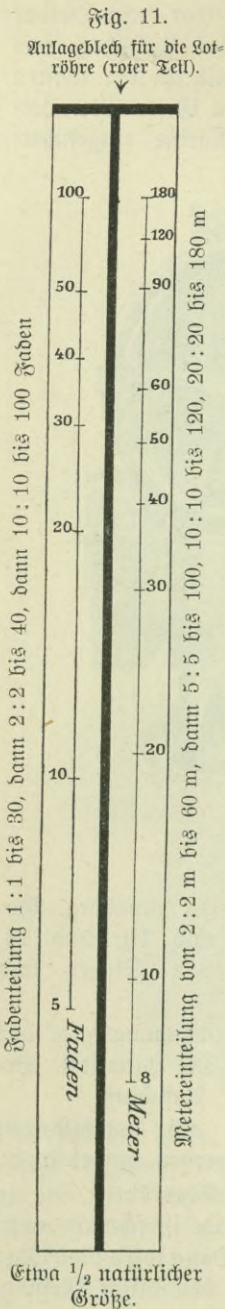
1. die Motorlotmaschinen von Bamberg, Modell 09 (siehe Fig. 9 und 10) und 14,
2. die Handlotmaschinen von Steger und Bening.

Über ihre Einrichtung und Handhabung gibt das jeder Lotmaschine beigegebene Heft „Die Lotmittel. Beschreibung und Gebrauchsanweisung“ Aufschluß.

Ältere Bambergische Handlotmaschinen und als Lotmaschinen eingerichtete Tiefenmelder sind abgeändert und werden aufgebraucht.

55. Die Lotröhren sind dünne, zylindrische Glasröhren, die an beiden Enden zugeschmolzen sind. Das untere Ende ist schwarz angestrichen und wird vor dem Gebrauch abgebrochen. Dann wird die Röhre mit der Öffnung nach unten in eine am Lotkörper befindliche Messing-





hülse (siehe Fig. 10) gesteckt, die oben durch einen Deckel mit Bajonettverschluß geschlossen wird, während sie unten durchlöchert ist, um das Wasser zutreten zu lassen.

Die Lotröhren werden in Zinkkästen an Bord gegeben, zu 100 bis 200 Stück verpackt. Sie arbeiten bei sachgemäßer, nicht zu heißer Lagerung stets sicher.

Bei der Fahrt auf Süßwasser denke man daran, daß eine Verfärbung der Röhren nur durch See wasser eintritt.

Der Lotröhrenmaßstab (Mod. 09) ist seiner Beschaffenheit und Verwendung nach aus Fig. 11 ersichtlich.

### Verbesserung der Lotungen.

56. Die auf dem Lotröhrenmaßstab abgelesene Tiefe bedarf noch einiger Verbesserungen.

1. Verbesserung für den Barometerstand. Außer dem Gewicht der zu messenden Wassersäule lastet das Gewicht der Atmosphäre auf der Lotröhre. Das Gewicht der Luft aber ist entsprechend dem Barometerstande verschieden. Wir müssen also an der abgelesenen Tiefe eine Verbesserung anbringen, deren Größe aus folgender Zusammenstellung ersichtlich ist:

Am Maßstab abgelesene Tiefe	Barometerstand			
	720	740	760	780
	verbesserte Tiefe			
10 . . . .	9,5	9,7	10,0	10,3
15 . . . .	14,2	14,6	15,0	15,4
20 . . . .	18,9	19,5	20,0	20,5
25 . . . .	23,7	24,4	25,0	25,6
30 . . . .	28,4	29,2	30,0	30,8
35 . . . .	33,2	34,1	35,0	35,9
40 . . . .	37,9	38,9	40,0	41,1
50 . . . .	47,4	48,7	50,0	51,3
60 . . . .	56,8	58,4	60,0	61,6
80 . . . .	75,8	77,9	80,0	82,1
100 . . . .	94,7	97,4	100,0	102,6
140 . . . .	132,6	136,3	140,0	143,7
180 . . . .	170,5	175,3	180,0	184,7

Einen weiteren nicht unerheblichen Einfluß übt der Wechsel der Temperatur in der Lotröhre aus. Eine genaue Zusammenstellung der anzuwendenden Verbesserungen befindet sich in den vom Reichsmarineamt herausgegebenen „Erläuterungen zum Lotröhrenmaßstab“.

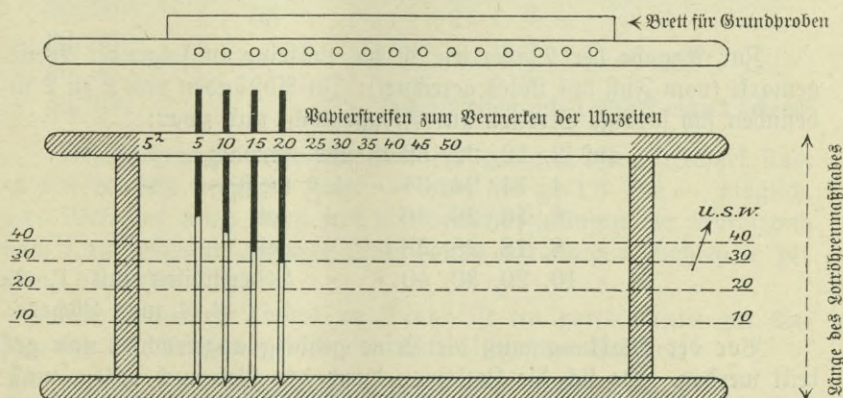
57. 2. Verbesserung für den Tidenhub. Unsere Seekarten geben die Wassertiefe an für das mittlere Spring-Niedrigwasser. Zu anderer Zeit gemachte Lotungen können daher in Gewässern, deren Tiefe durch die Gezeiten beeinflusst wird, den Angaben der Karte nicht entsprechen. Daher müssen die Lotungen für das Kartennull berichtigt werden. Wie dies zu geschehen hat, ist im 7. Teil, Gezeitenlehre, näher ausgeführt.

### Verwertung der Lotungen.

58. Das Loten bietet ein sehr wichtiges, oft das einzige Mittel zur Bestimmung des Schiffsortes. Die einzelne Lotung wird dazu selten genügen. Man nimmt deshalb in bestimmten Zeitabständen Lotungen vor — Lotungsreihe. Auf einem Stück Pauspapier trägt man die Kursrichtung auf und vermerkt den von Lotung zu Lotung zurückgelegten Schiffsweg, dem Maßstab der Karte entsprechend; schreibt daneben die gefundene Wassertiefe und die Uhrzeit. Dann verschiebt man das Pauspapier in der Gegend des wahrscheinlichen Schiffsortes so lange auf der Karte, bis ihre Tiefenangaben den nach Nr. 56 und 57 verbesserten Lotungen entsprechen. Natürlich kann man nur dann zu einem Ergebnis gelangen, wenn die in der Kursrichtung liegenden Tiefen charakteristische Unterschiede aufweisen.

Häufig wird es sich empfehlen, bei den Eintragungen des Schiffsweges auf die Pauspapier den wahrscheinlichen Strom zu berücksichtigen.

Fig. 12.



Auf dem Hintergrund aufgemalte Skala, wie Tiefenskala des Lotröhrenmaßstabes.



Es kommt vor allem darauf an, den Schiffsweg zwischen den einzelnen Lotungen so genau wie nur möglich dem wirklich über dem abgeloteten Grund zurückgelegten anzupassen. Man wird dann am besten auf der Pause mehrere parallele Kurzlinien einzeichnen und auf ihnen das Fortschreiten des Schiffsortes unter verschiedenen Stromannahmen bezeichnen.

Die Lotröhren und Grundproben bewahrt man bis zur nächsten sicheren Festlegung des Schiffsortes auf. Man bedient sich dazu eines hierfür eingerichteten Gestells (Fig. 12). Die Grundproben legt man zweckmäßig auf ein Brett mit runden flachen Ausparungen.

Während des Lotens ist ein Abdrehen des Schiffes möglichst zu vermeiden, damit der Lotdraht nicht in die Schrauben kommt und abge schlagen wird.

### Dritter Abschnitt.

#### Sonstige Lotmittel.

##### Gewöhnliche Handlote.

59. Außer einem 2,5 kg schweren Übungslot sind drei Arten vorhanden, die sich nur durch ihr Gewicht unterscheiden:

Handlot Nr. 0 . . . . .	10,0 kg
= = I . . . . .	6,0 =
= = II . . . . .	4,5 =

Das Bleigewicht (langgestreckte Form) endet oben in einer flachen Nase, in der sich ein Grummelstropp zum Befestigen der Lotleine befindet. Die zugehörige Lotleine ist ungeteerte Hanfleine mit einem Umfang von 2 cm. Ihre Länge beträgt für

Handlot Nr. 0 . . . . .	90 m
= = 1 . . . . .	50 =
= = 2 . . . . .	50 =

Zur Angabe der Wassertiefe ist die Lotleine in folgender Weise gemarkt (vom Fuß des Lotes gerechnet): In Abständen von 2 zu 2 m befinden sich farbige Streifen aus Flaggentuch, und zwar:

auf 2, 12, 22, 32 m usw.	schwarz,
= 4, 14, 24, 34 = =	weiß,
= 6, 16, 26, 36 = =	rot,
= 8, 18, 28, 38 = =	gelb,
= 10, 20, 30, 40 = =	Lederstreifen mit 1, 2, 3, 4 usw. Löchern.

Vor der Markung muß die Leine gehörig angefeuchtet und gereckt werden. Da sich die Lotleinen durch den Gebrauchrecken, muß die Markung von Zeit zu Zeit nachgeprüft werden.

Zur schnellen und sicheren Verbindung der Leine mit dem Lotkörper ist an ihrem Ende ein Auge angespleißt, welches durch den Stropp gesteckt und über das Lot gestreift wird.

Der Gebrauch des gewöhnlichen Handlots erfordert geringe Fahrt und geringe Wassertiefen. Die obere Grenze für die Verwendbarkeit ist dann überschritten, wenn das möglichst weit vorausgeworfene Lot beim Berühren des Grundes achterlich liegt, die Leine also achteraus zeigt. Ein tüchtiger Lotgast kann bei 8 Sm Fahrt noch Tiefen von 25 m erloten. Er muß die Höhe seines Lotstandes genau kennen, um auch nachts mit Hilfe der Laterne (wenn er oben ablieft) die richtige Tiefe angeben zu können. Der innere Tamp der Lotleine wird an Bord belegt, um einen Verlust des Lotes zu vermeiden. Das gewöhnliche Handlot findet auch vom Boot aus Verwendung.

### Handlote für größere Tiefen (Tiefelote).

60. Sie unterscheiden sich von den gewöhnlichen Handloten nur durch größeres Gewicht und eine im Boden des Lotkörpers befindliche Ausbuchtung, die mit Talg gefüllt wird, und in die sich beim Berühren des Grundes die Grundprobe hineindrückt.

In der Kaiserlichen Marine sind 3 Arten im Gebrauch:

	Gewicht des Lotkörpers	Länge der Leine (Umfang 3 cm)
Tiefelot 1 . . . . .	30 kg	500 m*)
= 2 . . . . .	20 "	225 "
= 3 . . . . .	12 "	225 "

Die Markung ist folgende:

bei 10, 60, 110, 160 m usw. ein Bündel mit 1 Knoten,  
 = 20, 70 " " " " = 2 "  
 = 30, 80 " " " " = 3 "  
 = 40, 90 " " " " = 4 "  
 = 50, 100 " = Lederstreifen mit 1 und 2 usw. Löchern.

Der Gebrauch dieser Lote, die für große Tiefen berechnet sind, ist nur bei sehr geringer Fahrt — etwa bis zu 1,5 Sm — möglich. Der Lotkörper wird dann frei von den Vorsprüngen der Bordwand nach vorn gemannt, mehrere Leute halten mit einigen Buchten in der Hand die Leine klar.

Ein schwereres Tiefelot im Grund ist ein gutes Mittel zur Erkennung des Treibens eines vor Anker liegenden Schiffes.

\*) Diese Leine wird nicht mehr vorrätig gehalten.



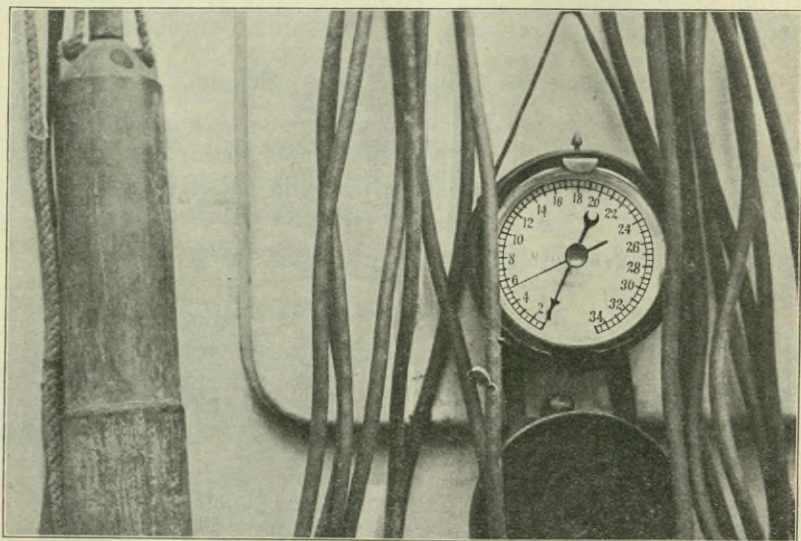
### Der Heynische Handlotapparat.

61. Beschreibung und Gebrauchsanweisung sind jedem Apparat mitgegeben. Er hat sich als ein gutes Mittel zur Erlangung brauchbarer Lotungen, hauptsächlich bei Nacht, erwiesen.

Voraussetzung hierzu ist die unbedingte Dichtigkeit des Schlauches und der Verschraubungen. Die Tiefe liest man an einem auf der Brücke aufgehängten Manometer unmittelbar ab.

Auch bei einem mißlungenen Lotwurf, d. h. einem solchen, bei dem der Grund nicht berührt ist, weiß man, auf welche Tiefe ke i n

Fig. 13.



Grund erlotet ist. Im übrigen kann man bei einiger Übung am Manometer selbst die Grundberührung erkennen.

Der Lotkörper darf nur an dem eingesplißten Stropp mit Knebel, nicht an dem Schlauch direkt geschwungen werden; jede weitere Beanspruchung des Schlauches als die beim Einholen des Lotkörpers erforderliche ist zu vermeiden.

Bei Frostwetter darf der Lotkörper nach dem Gebrauch nicht der kalten Luft ausgesetzt bleiben, da sich sonst im Innern desselben Eisteilchen ansetzen, die beim nächsten Lotwurf in den Schlauch gelangen und diesen verstopfen.

Der Lotapparat ist daher in einem frostfreien Raum aufzubewahren; bei längeren Pausen während des Lotens ist der Lot-

körper, wenn er nicht in einen warmen Raum gebracht werden kann, in eine mit Salzwasser gefüllte Balge zu stellen.

Liegt bei stärkerem Frost die Wassertemperatur nahe an 0°, so ist der Gebrauch des Lotes unstatthaft, da in diesem Falle die Eisbildung im Lotkörper schon zwischen zwei aufeinanderfolgenden Lotwürfen und darauf Verstopfung des Schlauches eintritt.

Fig. 13 gibt ein Bild des Heynschen Lotapparates.

62. Ein modernes großes Schiff besitzt folgende Lotmittel:

2 Motorlotmaschinen,

1 Handlotmaschine,

2 gewöhnliche Handlote Nr. 0 = 10,0 kg,

6 " " " " Nr. 2 = 4,5 kg,

1 Tieflot Nr. 2 = 20,0 kg,

1 " " Nr. 3 = 12,0 kg.

## IV. Bestimmung der Fahrt des Schiffes.

### Erster Abschnitt.

#### Allgemeines über Feststellung der Fahrt. Fahrttabelle.

63. Man bestimmt den Schiffsweg sowohl nach seiner Richtung wie auch nach der zurückgelegten Strecke. Während die Richtung, d. h. der Kurs, vom Kompaß angezeigt wird, bedient man sich zur Messung der Strecke der Logeinrichtungen. Die Maßeinheit hierfür bildet die Seemeile. Man bezeichnet als Fahrt des Schiffes die in Seemeilen ausgedrückte, in einer Stunde zurückgelegte Wegstrecke.

Man unterscheidet „Fahrt durch das Wasser“ und „Fahrt über den Grund“. Häufig hat das Wasser selbst eine eigene Bewegung (Strömung). Daraus ergibt sich der Unterschied zwischen der Fahrt über den Grund und der Fahrt durch das Wasser.

64. Fahrt durch das Wasser. Fahrtbestimmung nach Umdrehungen der Maschine. Fahrttabelle. Gemessene Meile. Dampfer bestimmen gewöhnlich ihre Fahrt aus der Umdrehungszahl der Schrauben.

Im allgemeinen erhält man die Fahrt, indem man die durchlaufene Strecke in Meridianertien ( $\frac{1852}{3600} = 0,514$ ) ausdrückt und durch die zum Durchlaufen erforderliche Zeit, ausgedrückt in Sekunden, dividiert.

Bei den Probefahrten der Schiffe wird durch Ablaufen einer an Land durch Baken bezeichneten Meile die für die verschiedenen



Geschwindigkeiten erforderliche Umdrehungszahl festgestellt und das Ergebnis in der Schiffsbiographie niedergelegt. Bei Schiffen mit mehr als einer Schraube werden auch die Werte verzeichnet, die für die Benutzung einzelner Maschinen ermittelt sind. Diese Angaben der Schiffsbiographie heißen „Fahrttabelle“. Sie müssen auf der Brücke vorhanden sein. Es empfiehlt sich, sie auch überall da recht deutlich lesbar aufzumalen, wo beim gewöhnlichen Fahren oder im Gefecht die Schiffsführung sich befindet. Natürlich sind diese Angaben gewissen Änderungen unterworfen, die z. B. im Bewachsen des Schiffsbodens, in einer Trimmänderung durch nachträgliche Einbauten oder in dem verschiedenem Kohlenvorrat ihre Ursache haben können. Deshalb veräume man keine Gelegenheit, die Angaben der Fahrttabelle an einer gemessenen Meile nachzuprüfen. Solche abgemessenen Meilen befinden sich vor:

	Wassertiefe m	Länge in Sm
Neukrug bei Danzig . . . . .	60	6
Eckernförde . . . . .	30	2
Auf Insel Alsen . . . . .	35	2
Auf Schilligreede bei Wilhelmshaven .	15	1

Im Auslande findet man derartige abgemessene Meilen meist in der Nähe von Kriegshäfen abgesteckt, worüber Seehandbücher und Seekarten Aufschluß geben.

65. Regeln für das Ablaufen an der gemessenen Meile.

1. Formel:  $F = \frac{3600}{Z \text{ in Sek.}}$  d. h. Fahrt gleich 3600 durch Zahl der für eine Seemeile gebrauchten Sekunden.
2. Tiefgang vorher und nachher ablesen und schriftlich niederlegen.
3. Wenn möglich, die Kontrolle bei wenig Wind und See- gang vornehmen, möglichst auch wenn kein Strom läuft; sonst die Meile einmal nach beiden Richtungen durchlaufen und Ergebnisse mitteln.
4. Man halte sich genau an den vorgeschriebenen Kurs, der senkrecht zu den Richtungen der Deckpeilung liegt, und achte auf gutes Steuern. In der Regel sind Bojen verankert, die, in gleichem Abstand passiert, den richtigen Kurs ergeben.
5. Man nehme genügenden Anlauf, damit die Fahrt ganz aufgenommen ist.

Beispiel:

Ein Schiff braucht zum Durchlaufen einer Meile  $3^m 0^s$ .

$$F = \frac{3600}{Z \text{ in Sec.}} = \frac{3600}{180} = 20 \text{ Sm.}$$

Um den Einfluß von Wind und Strom auszugleichen, wird dieselbe Strecke hin- und zurückgelaufen und mit dem Mittel aus beiden gefundenen Zeiten die Fahrt berechnet.

Beispiel:

Eine bekannte Entfernung von 4300 m ist hin in  $20^m 4^s$ , zurück in  $22^m 10^s$  durchlaufen. Wie groß ist die Fahrt des Schiffes?

$$\begin{array}{r} 1204^s \\ 1330^s \\ \hline \text{Mittel} = 1267^s. \end{array}$$

$$F = \frac{4300}{0,514 \cdot 1267} = 6,6 \text{ Sm.}$$

Zweiter Abschnitt.

## Instrumente zur Fahrtbestimmung.

### Gewöhnliches Log.

66. Läuft ein Schiff in  $1^h 1 \text{ Sm}$ , so läuft es in  $1^s = \frac{1852}{60 \times 60} \text{ m} =$

1 Meridiantertie =  $0,514 \text{ m}$ , d. h. die Fahrt, ausgedrückt in Seemeilen für die Stunde, ist angenähert gleich der Anzahl halbe Meter, welche in einer Sekunde zurückgelegt werden. Man mißt mit einer Leine — Logleine — die Wegstrecke, um welche sich ein Schiff von einem auf der Wasserfläche als feststehend angenommenen Körper — Logscheit — in einem kurzen Zeitraum entfernt hat. Als Meßzeit ist  $14^s$  gebräuchlich. Demnach steht jeder Teil der Leine — Knotenlänge — in der zum Messen gebrauchten Zeit in demselben Verhältnis wie die Länge einer Seemeile zu einer Stunde. Eine Knotenlänge müßte also  $= 14 \times 0,514 = 7,2 \text{ m}$  sein. Da jedoch das Logscheit etwas mitgeschleppt wird, so wird etwas weniger von der Logleine auslaufen. Aus diesem Grunde macht man die durch Bändsel mit entsprechender Knotenzahl gemarkte Knotenlänge als Verbesserung für das Mitschlepper um  $\frac{1}{20}$  kürzer =  $6,84 \text{ m}$ .

Bei Beginn der Messung wird das Logscheit durch den Sog des Schiffes beeinflusst. Um diesen Einfluß zu entfernen, läßt man einen Vorlauf von etwa Schiffslänge ungemarkt.



Zum Messen der Zeit dient das Logglas, eine Sanduhr, die 14<sup>s</sup> läuft. Weist dasselbe Fehler auf, so benutze man eine Sekundenuhr.

Logleine und Logglas müssen auf jeder Morgenwache in See auf Richtigkeit geprüft werden. Erstere ist in durchnäztem Zustande an den auf dem Deck angebrachten Marken nachzumessen.

Das gewöhnliche Log läßt sich nur bis zu einer Fahrt des Schiffes von 12 Sm benutzen.

### Das Kelingslog.

67. Ein Kelingslog kann man auf folgende Weise herstellen:

Man mißt die Entfernung zweier möglichst weit abstehender Marken auf der Keling des Schiffes ab. Hierauf wirft man einen schwimmenden Gegenstand, z. B. ein Stück Holz, vorn über Bord und ermittelt mit einer Uhr genau die Zeit, welche der Gegenstand, d. h. eigentlich das Schiff, zum Durchlaufen der abgemessenen Strecke braucht. Letztere drückt man in Meridiantertien aus (1 m = 1,94 Meridiantertien) und dividirt sie durch die Zeitsekunden. Das Resultat ist die Fahrt des Schiffes in Seemeilen.

Das Kelingslog gewährt bei hoher See und geringer Fahrt (bis zu 5 Sm) größere Genauigkeit als das gewöhnliche Log. Deshalb ist es auch bei Strommessungen bei zu Anker liegendem Schiff mit Vorteil zu benutzen.

#### Beispiel:

Man hat in der Längsschiffrichtung zwischen Vorderkante Kommando-  
brücke und Anfang Hütte die Entfernung zu 79 m = 153 Meridiantertien be-  
stimmt. Ein Stück Holz braucht zum Zurücklegen dieser Strecke 51<sup>s</sup>. Wie stark  
läuft der Strom?

$$\text{Strom} = \frac{153}{51} = 3,0 \text{ Sm.}$$

### Das Decklog von Haede.

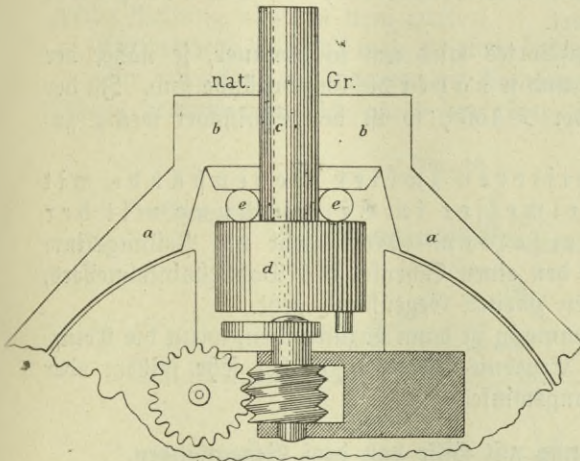
68. Das Prinzip für dieses Log besteht darin, daß die Um-  
drehungen einer im Wasser nachgeschleppten Schraube durch die  
Schlepplleine auf ein Zählwerk übertragen werden und so einen selbst-  
registrierenden Fahrtmesser bilden, welcher nicht nur gestattet, die in  
beliebigen Zeiträumen zurückgelegte Strecke abzulesen, sondern auch  
die augenblickliche Schiffsgeschwindigkeit zu messen.

Hierzu ist das Zifferblatt, auf dem sich zwei Zeiger bewegen, mit  
einer Teilung von 0 bis 60 versehen. Es vollendet der große Zeiger  
einen Umlauf, während der kleine einen Teilstrich vorrückt. Der letztere  
gibt die durchlaufene Zahl von Seemeilen an. Zwischen den Umlauf-  
zeiten beider Zeiger besteht dasselbe Verhältnis wie zwischen Minute  
und Stunde. Das Schiff legt daher ebensoviele Seemeilen in der  
Stunde zurück wie der große Zeiger Teilstriche in der Minute. Das

Ergebnis wird genauer, wenn man den großen Zeiger 2 Minuten lang beobachtet und die errechnete Fahrt durch 2 dividirt.

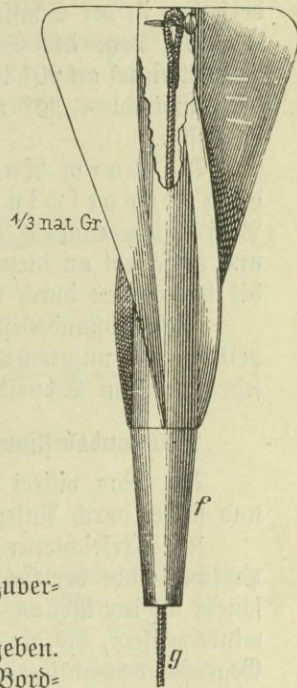
Jedes Patentlog hat einen konstanten Fehler, den man aus dem Vergleich der Ableseung am Log mit der wirklich abgelaufenen Meilenzahl zwischen zwei gut sichtbaren Punkten erhält.

Fig. 14.



a Gehäuse. b Aufsatz dient zur Lagerung des Schaftes c und zur Aufnahme der Kupplung d und der Frictionskugeln e.

Fig. 15.



f Schraube mit Schleppleine g.

Patentlogs sind bei geringen Fahrten unzuverlässig und versagen bei ganz hohen.

69. Den Schiffen wird ein Handlog mitgegeben. Die Einrichtung des Relingslogs läßt sich mit Bordmitteln herstellen. Ein Patentlog kann von der Werft empfangen werden.

## V. Die Bestimmung des Schiffsortes.

Erster Abschnitt.

### Ortsbestimmungen nach Landobjekten.

#### Bezeichnung des Schiffsortes.

70. Es ist vorgeschrieben, daß bei der Festlegung des Schiffsortes in der Karte jedesmal die Uhrzeit bei dem betreffenden Punkt vermerkt wird, da die Eintragung eines Schiffsortes ohne Zeitangabe



Veranlassung zu verhängnisvollen Irrthümern werden kann. Kann der Schiffsort als genau festgelegt gelten, so ist es üblich, die Stelle durch einen kleinen Kreis zu bezeichnen.

#### Abstandsbestimmung mit Hilfe von zwei Gegenständen.

71. Durch Kreuzpeilung. Man trägt die Peilungslinien zweier Gegenstände in die Karte ein; der Schnittpunkt derselben ist der Schiffsort.

Die Lage des Schiffsortes wird um so genauer, je näher der Schnittwinkel an  $90^\circ$  ist und je näher die Gegenstände sind. Ist der Schnittwinkel  $< 30^\circ$  oder  $> 150^\circ$ , so ist der Schiffsort wenig zuverlässig.

72. Durch Anvisieren zweier Gegenstände mit dem Doppelwinkelmesser in Verbindung mit der Peilung eines derselben. Man zieht die Peilungslinie und verschiebt an dieser den einen Schenkel des Doppelwinkelmessers, bis der andere durch den zweiten Gegenstand geht.

Diese Abstandsbestimmung ist dann anzuwenden, wenn die Kreuzpeilung ein ungenaues Ergebnis liefert, d. h. bei sehr spitzem oder sehr stumpfem Schneidungswinkel.

#### Abstandsbestimmung mit Hilfe von drei Gegenständen.

73. Man visiert drei Gegenstände mit dem Doppelwinkelmesser und findet durch Anlegen desselben den Schiffsort.

Zur Erleichterung des Eintragens bestimmt man häufig die Peilung eines der Gegenstände, trägt diese in die Karte ein und verschiebt an der Peilungslinie den entsprechenden Schenkel des Doppelwinkelmessers, bis die anderen beiden Schenkel an den entsprechenden Gegenständen anliegen. Dieses Verfahren muß man in Anwendung bringen, wenn der Schiffsort ungefähr in dem Kreise liegt, welcher durch die drei Gegenstände geht, zwischen denen die Winkel gemessen sind (s. 46).

In der Küstenschifffahrt liefert der Doppelwinkelmesser genügend genaue Schiffsorte. In Ermangelung desselben jedoch oder zu Vermessungszwecken mißt man die Horizontalwinkel zwischen den drei Gegenständen mit Winkelinstrumenten und stellt die Winkel auf dem Doppeltransporteur ein.

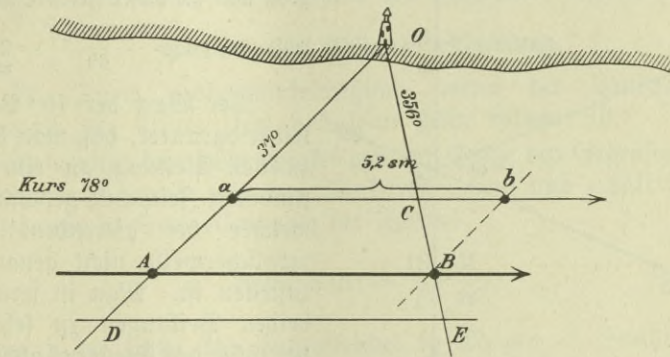
#### Abstandsbestimmung durch mehrfaches Peilen eines Gegenstandes.

74. Mit beliebig zu wählender Zwischenzeit. Man peilt den Gegenstand zweimal, zeichnet beide Peilungen in die Karte ein und trägt in einem beliebigen Punkte der 1. Peilung Kurs

und Distanz der Versegelung an a—b. Durch den Endpunkt derselben, b, zieht man eine Parallele zur ersten Peilung, welche die zweite Peilung im Punkte B trifft. Dies ist dann der Ort, an welchem man sich zur Zeit der zweiten Peilung befand. Der *Abstand* ergibt sich durch Abgreifen in der Karte. Die Zwischenzeit zwischen den Peilungen kann beliebig gewählt werden, doch ist es gut, die durchlaufene Distanz nicht zu klein werden zu lassen, damit der Winkel zwischen erster und zweiter Peilung nicht zu klein wird.

Entsprechend verfährt man bei einer dritten, vierten usw. Peilung. Zur schnellen und bequemen Ausrechnung der durchlaufenen Distanz bedient man sich am besten einer Tabelle, welche für eine

Fig. 16.



Reihe von Zwischenzeiten in Minuten (bis 55<sup>m</sup>) die bei verschiedenen Geschwindigkeiten durchlaufenen Strecken enthält. Man muß sie im Kartenhaus zur Hand haben.

Durch derartige *mehrfache Peilungen* hat man daher ein gutes Mittel, die *Richtigkeit* seiner in der Karte gezogenen *Kurslinie* zu kontrollieren, vorausgesetzt, daß die Fahrt einigermaßen richtig bekannt und nicht vom Strom beeinflusst ist. Ist z. B. in Fig. 16 das Stück AB die bei der angenommenen Fahrt errechnete Strecke, um von der Peilung AO in die Peilung BO zu kommen, in Wirklichkeit aber erreicht man letztere Peilung schon nach Ablaufen der Strecke ac, so wird das Schiff näher, als angenommen, an Land stehen. Braucht dagegen das Schiff eine längere Distanz als AB, z. B. DE, so wird es weiter von Land entfernt sein, als auf der eingezeichneten Kurslinie angenommen.

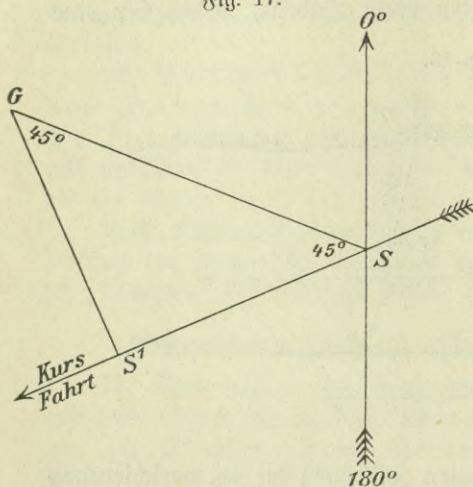
75. Die 45° Peilung. Die durchlaufene Distanz entnimmt man, wie vorher, aus vorstehender Tabelle. Die 45° Peilung ist die einfachste Art dieser Abstandsbestimmung.



Man peilt den Gegenstand, wenn derselbe  $45^\circ$  vom Kurse voraus und wenn derselbe *dwars* ist. Die Versegelung in der Zwischenzeit ist dann gleich der Entfernung vom Gegenstande zur Zeit der zweiten Peilung, da, wie aus Fig. 17 ersichtlich, in dem gleichschenkelig-rechtwinkligen Dreieck  $SGS^1$  die Seiten  $SS^1$ , d. i. die Versegelung, und  $S^1G$ , d. i. der Abstand, gleich sind.

Wird derselbe Kurs weiter gesteuert, so peilt man den Gegenstand wieder, wenn er  $45^\circ$  achteraus ist. Man erhält so eine Kontrolle für den *Dwars*abstand.

Fig. 17.



## Beispiel:

Bei 12,5 Sm Fahrt peilt Eddystone-Leuchtturm  $45^\circ$  voraus. Nach  $12^m 58^s$  ist der Leuchtturm *dwars*. Wie groß war zu dieser Zeit der Abstand?

$$\text{Abstand} = d = \frac{12,5 \cdot 13,0}{60} = \underline{\underline{2,7 \text{ Sm.}}}$$

Der Wert der  $45^\circ$  Peilung leidet darunter, daß man bei der zweiten Peilung an einen bestimmten Zeitpunkt gebunden ist, welcher bei gierendem Schiff möglicherweise nicht genau festzustellen ist. Man ist ferner bei beiden Peilungen zu sehr von der Güte des Steuerns abhängig. Bei größerem Abstände wird die Zwischenzeit sehr lang, und die

Fehler durch schlechtes Steuern, ungleichmäßige Geschwindigkeit und die Stromversegelung machen sich zu sehr bemerkbar.

Aus diesen Gründen und weil man auf die erste Art *j e d e r z e i t* imstande ist, den Abstand von dem Objekt zu bestimmen, ist die erstere vorzuziehen.

Bei beiden muß in der Zwischenzeit auf möglichst gutes Steuern und Innehaltung der befohlenen Geschwindigkeit (Umdrehungen der Maschine) besonderer Wert gelegt und etwaige Stromversegelung und Beeinflussung der Geschwindigkeit durch See und Wind in Rechnung gezogen werden.

**Doppelwinkelmessung.**

76. Hat man mindestens *d r e i* Peilobjekte gleichzeitig in Sicht, dann kann man auch den Doppelwinkelmesser anwenden.

Wenn z. B. beim Durchsteuern eines gekrümmten, schwierigen Fahrwassers die Kurse schnell geändert werden, so wird das ständige

Wechseln des Betrages der Deviation des Peilkompasses einige Unbequemlichkeit verursachen. Auch fallen gewisse, das Peilen manchmal erschwerende Behinderungen bei der Messung von Doppelwinkeln oft weniger störend ins Gewicht, wie z. B. Masten, Boote, Schornsteine, die beim Peilen im Wege sein können, Gieren, Stampfen oder Schlingern des Schiffes oder dgl.

Gerade unsere heimischen Gewässer, wie die Belte- und Sund-Durchfahrten sind ein Gebiet, in welchem eine zuverlässige Ortsbestimmung nach Landobjekten bei vertriebener oder aufgenommenener Betonung oft besonders wichtig ist.

Auf Kriegsschiffen werden stets die für den Doppelwinkelmesser erforderlichen drei Personen vorhanden sein. Große Schulung des Navigationspersonals im Gebrauch des Apparats ist notwendig.

### Peilung und Abstandsbestimmung.

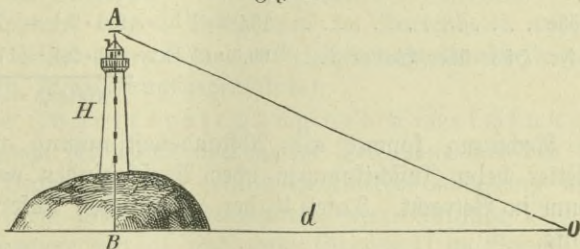
77. Durch Höhenwinkelmessung, wenn der Landgegenstand innerhalb der Kimm liegt und seine Höhe bekannt ist.

Man mißt den Höhenwinkel von der Spitze des Gegenstandes bis zu seinem Fußpunkt mit dem Winkelinstrument und erhält dann die Entfernung in Seemeilen nach der Formel

$$\text{Abstand (d)} = \frac{13}{7} \cdot \frac{h}{m},$$

in der  $h$  die Höhe des Gegenstandes in Metern — Leuchtfeuerverzeichnis oder Seehandbuch und bei Höhen über 100 m den Seekarten zu entnehmen — und  $m$  den gemessenen Winkel in Minuten bezeichnet.

Fig. 18.



### Beispiel:

Der Höhentwinkel des Feuersturms von Skagen wird gemessen zu  $0^{\circ} 25'$ . Der Feuerstuhl ist 19 m hoch über Wasser. Wie weit ist der Beobachter entfernt?

$$d = \frac{13}{7} \cdot \frac{19}{25} = 1,4 \text{ Sm.}$$



Tafel 4 a der „Nautischen Tafeln“ gibt mit den Eingängen Höhe in  $m$  und gemessener Winkel den Abstand in Seemeilen un- mittelbar an.

Ist die Höhe in Fuß ausgedrückt, so ist sie in Meter umzurechnen (1 Fuß = 0,3 m).

Unter günstigen Verhältnissen kann man einen so erhaltenen Ab- stand im Verein mit einer Peilung zur Bestimmung des Schiffsortes benutzen. Zuverlässiger ist es jedoch stets, den Abstand mit einem der E-Meßgeräte zu messen.

Durch Messen eines Höhenwinkels bestimmt man auch den Schiffs- abstand beim Fahren im Verbande. Man bedient sich dabei meist des *Abstandsmeßers*, eines kleinen und sehr handlichen Spiegel- instruments, das einfach und genau genug abzulesen ist. Man mißt den Höhenwinkel des Mastes und findet in der Tabelle „Distanz- bestimmung auf See“ (Schiffsbücherliste) mit den Eingängen ge- messener Winkel und Höhe des Objekts den gesuchten Abstand. Be- quemer noch findet man den Abstand in den Abstandstabellen, die jedes neu in Dienst gestellte Schiff allen anderen zuwendet, und die in Mappen, nach Schiffsklassen geordnet, zusammengestellt werden.

78. Abstandsbestimmung, wenn der Gegenstand unter der Kimm verschwindet.

Die Formel lautet, wenn mit  $H$  die Höhe des Gegenstandes, mit  $h$  die des Beobachters bezeichnet ist:

$$d = 2,1 \cdot (\sqrt{H} + \sqrt{h}).$$

Beispiel:

Man sieht bei klarer Luft das Feuer von Morro (Habana) aus dem Kreuz- want bei 13 m Augeshöhe im Verschwinden, wie groß ist der Abstand?

Augeshöhe . . . . .	13,0 m	$\sqrt{h} = 3,6 \cdot 2,1 = 7,5$ Sm
Morro Fr. Höhe über Wasser . . .	69,5 m	$\sqrt{H} = 8,3 \cdot 2,1 = 17,3$ =
		<hr/> Abstand = 25 Sm.

Diese Rechnung kommt als Abstandsbestimmung nachts bei klarem Wetter beim Zusehkommen oder Verschwinden von Feuern in der Kimm in Betracht. Tafel 4b der „Nautischen Tafeln“ erspart die Rechnung.

### Die Deckpeilung.

79. Zwei Gegenstände sind in Deckpeilung, wenn der eine den anderen verdeckt, d. h. beide genau in einer Richtung liegen. Sie macht vom Kompaß unabhängig und bietet ein sehr bequemes Mittel zur Orientierung. Auch für die Deviationskontrolle ist sie ein Hilfsmittel.



## Zweiter Abschnitt.

**Ortsbestimmungen durch Unterwasser-Schallsignale.**

80. Als Unterwasser-Schallsignale kommen für navigatorische Zwecke Glockensignale in Betracht. Die von den Glocken abgegebenen Töne breiten sich wegen der Schalleitfähigkeit des Wassers auf weite Entfernungen aus, so daß sie von Schiffen, welche mit entsprechenden Empfangsapparaten (Mikrophonen in Verbindung mit Telephonen) ausgerüstet sind, aufgenommen und abgehört werden können.

Mit einem an der Bordwand eines Schiffes angebrachten Empfänger hört man den Ton einer Unterwasserglocke am lautesten, wenn sie sich auf der Seite, an der der Empfänger angebracht ist, querab befindet. Der Ton wird allmählich leiser, wenn das Schiff dreht, und ist am leisesten, wenn die Unterwasserglocke recht voraus oder recht achteraus ist.

Infolge dieser Erscheinung kann man durch Unterwasser-Schallempfänger die Richtung einer Unterwasser-Schallquelle und damit die Lage des mit ihr ausgerüsteten Feuer Schiffes bei einer Entfernung bis zu 5 Sm bei einiger Übung innerhalb eines Kompaßstriches ( $11,3^\circ$ ) feststellen.

81. Eine nautische Empfangsanlage für Schiffe umfaßt: 4 Mikrophonanordnungen zum Aufnehmen der Unterwasser-Schallwellen. Je zwei sind an BB und an StB an geeigneten Stellen des Vorschiffes innenbords unterhalb der Wasserlinie angebracht. Je eine Mikrophonanordnung an BB und StB ist gleichartig gebaut; sie bilden ein zusammengehöriges Paar. Die beiden Paare sind am Hörapparat als „Gruppe I“ und „Gruppe II“ bezeichnet.

1 Hörapparat mit 2 Telephonen im Kartenhaus und 1 Hörapparat mit 2 Telephonen in der Gefechtsnavigationsstelle nebst den dazugehörigen Ausrüstungsgegenständen.

82. Die Inbetriebsetzung der Einrichtung erfolgt durch Abnehmen des einen oder beider Telephone von den Haltern.

Durch Beobachten des Milliamperemeters überzeugt man sich, daß Strom fließt und die Stromstärke, sofern Gruppe I in Betrieb ist, 50 Milliampere beträgt und, wenn Gruppe II im Betrieb ist, etwa 150 Milliampere.

Man nimmt dann möglichst beide Telephone ans Ohr und sucht durch öfteres Umlegen des Gruppenschalters und des Backbord-Steuerbordschalters festzustellen, ob und an welcher Seite eine Unterwasserglocke zu hören ist.



Durch Drehen des Schiffes unter gleichzeitigem Beobachten der Lautstärke im BB- und StB-Mikrophon kann alsdann die Richtung festgestellt werden, in der die Unterwasserglocke liegt.

Es ist wichtig, möglichst früh mit dem Hören zu beginnen, damit das Ohr sich an die im Telephon zu hörenden Nebengeräusche gewöhnt. Der Beobachter bleibt am besten dauernd am Hörapparat, damit er die erlangte Gewöhnung nicht wieder verliert und sein auf leise Geräusche eingestelltes Ohr nicht durch lautere Einwirkung wieder unempfindlich macht.

Wenn nur mit einem Telephon gehört wird, muß das freie Ohr zugehalten oder mit Watte verstopft werden.

Die Gruppen I und II sind mit Rücksicht auf die bestehenden Verschiedenheiten der Tonhöhe der Feuerschiffsglocken zum Empfang verschiedener Tonbereiche eingerichtet, so daß der Ton einer Unterwasserglocke je nach ihrer Tonhöhe in beiden verschieden stark zu hören ist. Beide Gruppen dienen außerdem zur gegenseitigen Reserve und Kontrolle.

Nach Beendigung der Beobachtungen müssen die Telefone wieder an ihre Halter gehängt werden, damit der Batteriestrom ausgeschaltet wird.

83. Die Unterwasser-Glockensignale werden von den Feuerschiffen nicht ständig, sondern nur bei unsichtigem Wetter und bei Nebel abgegeben. Die einzelnen Signale sind in der Art ihrer Zusammensetzung voneinander verschieden, worüber die Leuchtfeuerzeichnisse Aufschluß geben. Dort findet man auch die nötigen Angaben über Abgabe von Unterwasser signalen zur Übung, zur Einübung des Personals und zur Erprobung der Apparate, soweit deutsche Feuerschiffe in Betracht kommen.

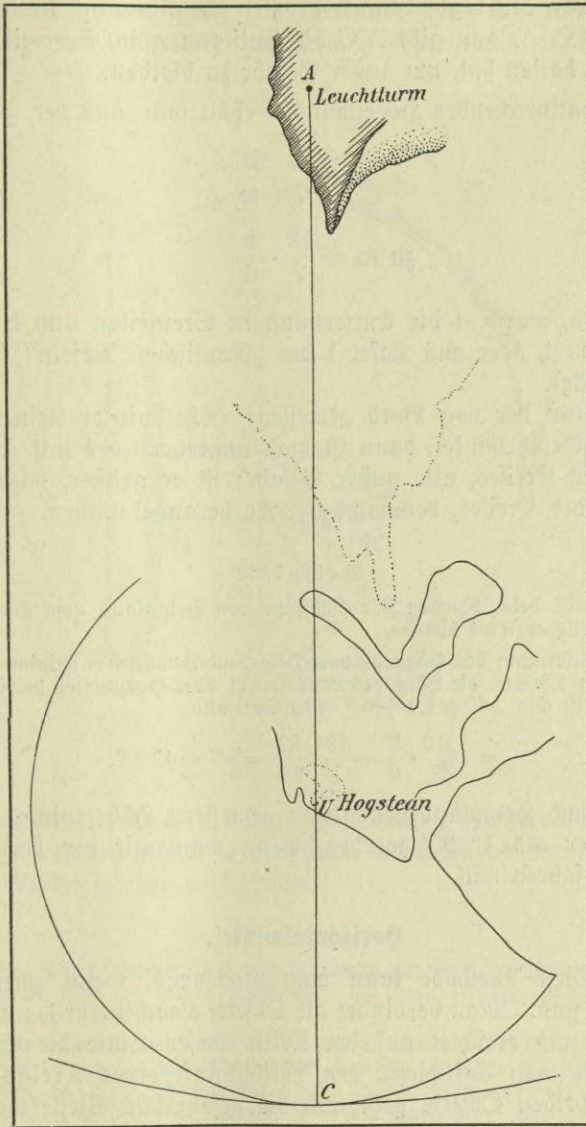
### Dritter Abschnitt.

## Verfahren zur Vermeidung von gefährlichen, einer Küste vorgelagerten Stellen. Gefahrwinkel. Peilscheiben.

### Höhenwinkel.

84. Will man sich einer Küste an einer gefährlichen Stelle, wo sich eine weit vorspringende Untiefe, ein vorgelagertes Riff oder dgl. befindet, nur auf einen bestimmten Abstand nähern, so kann man, falls Objekte in der Nähe liegen, durch Höhenwinkel oder Horizontalwinkel eine leichte Kontrolle ausüben, die besonders in stromreichen Gewässern sehr wichtig ist.

Fig. 19.



Ist in der Nähe der gefährlichen Stelle, die man vermeiden will, ein in der Karte enthaltener Gegenstand von bekannter Höhe in Sicht, so kann man den gemessenen Höhenwinkel als Warnung gegen zu große Annäherung benutzen. Man verlängert die Verbindungslinie



des Landobjektes mit dem Mittelpunkt der Untiefe (A U) (Fig. 19), um das Maß der beabsichtigten größten Annäherung an die Untiefe, also um U C. Dann gibt A C die Entfernung in Seemeilen, in der man A zu halten hat, um außer Gefahr zu bleiben.

Den entsprechenden Höhenwinkel erhält man aus der Formel:

$$d = \frac{13}{7} \cdot \frac{h}{m}$$

$$\text{zu } m = \frac{13}{7} \cdot \frac{h}{d}$$

in Minuten, worin  $d$  die Entfernung in Seemeilen und  $h$  die Höhe in  $m$  bedeutet, oder aus Tafel 1 der „Nautischen Tafeln“ (rechtwinklige Dreiecke).

Ist dann der von Bord gemessene Höhenwinkel kleiner als der berechnete Gefahrwinkel, dann ist man außerhalb des mit A C um A geschlagenen Kreises, also außer Gefahr; ist er größer, dann ist man innerhalb des Kreises, demnach zu nahe herangekommen.

#### Beispiel:

Man will beim Runden der Südspitze von Helgoland vom Fogstean eine halbe Seemeile entfernt bleiben.

Die Entfernung des Fogstean vom Helgoland-Leuchtturm entnimmt man aus der Karte zu 1,3 Sm, die Höhe des Leuchtfeuers über Hochwasser beträgt 82,0 m. Dann ist  $d = AC = 1,3 + 0,5 = 1,8$  Sm, also

$$m = \frac{13}{7} \cdot \frac{h}{d} = \frac{13}{7} \cdot \frac{82}{1,8} = 85' = 1^{\circ} 25'.$$

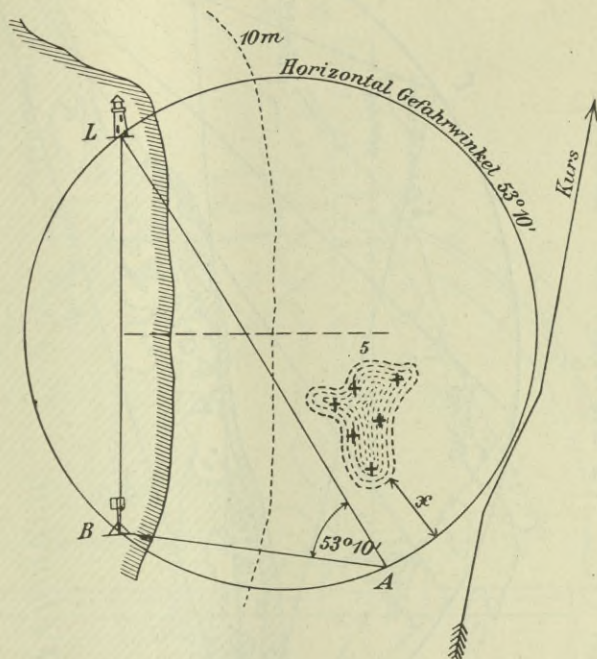
Der nach Helgoland-Leuchtturm gemessene Höhenwinkel darf also nicht größer als  $1^{\circ} 25'$  werden, wenn man mit der beabsichtigten Sicherheit fahren will.

#### Horizontalwinkel.

85. Diese Methode kann man anwenden, wenn zwei Objekte vorhanden sind. Man verbindet die Objekte Leuchtturm L und Bafe B (Fig. 20) und errichtet auf der Mitte dieser Linie die Senkrechte. Dann sucht man auf dieser den Mittelpunkt eines Kreises, welcher durch die beiden Objekte geht und die gefährliche Stelle um ein bestimmtes Maß  $x$  (größte beabsichtigte Annäherung) einschließt. Verbindet man nun einen beliebigen Punkt dieses Kreises, z. B. A, mit den Objekten, so erhält man den Gefahrwinkel B A L. Man mißt ihn durch Vergleich der Richtungen von B A und L A vermittle des Kompaßdreiecks.

Da nun alle über derselben Sehne in einem Kreise eingezeichneten Peripheriewinkel gleich groß sind, befindet man sich außerhalb des Kreises, wenn der von Bord gemessene Horizontalwinkel zwischen den

Fig. 20.



beiden Objekten kleiner ist als der Gefahrwinkel. Nähert man sich der Grenze des Gefahrwinkels, so muß man durch Kursänderung den gemessenen Winkel wieder verkleinern.

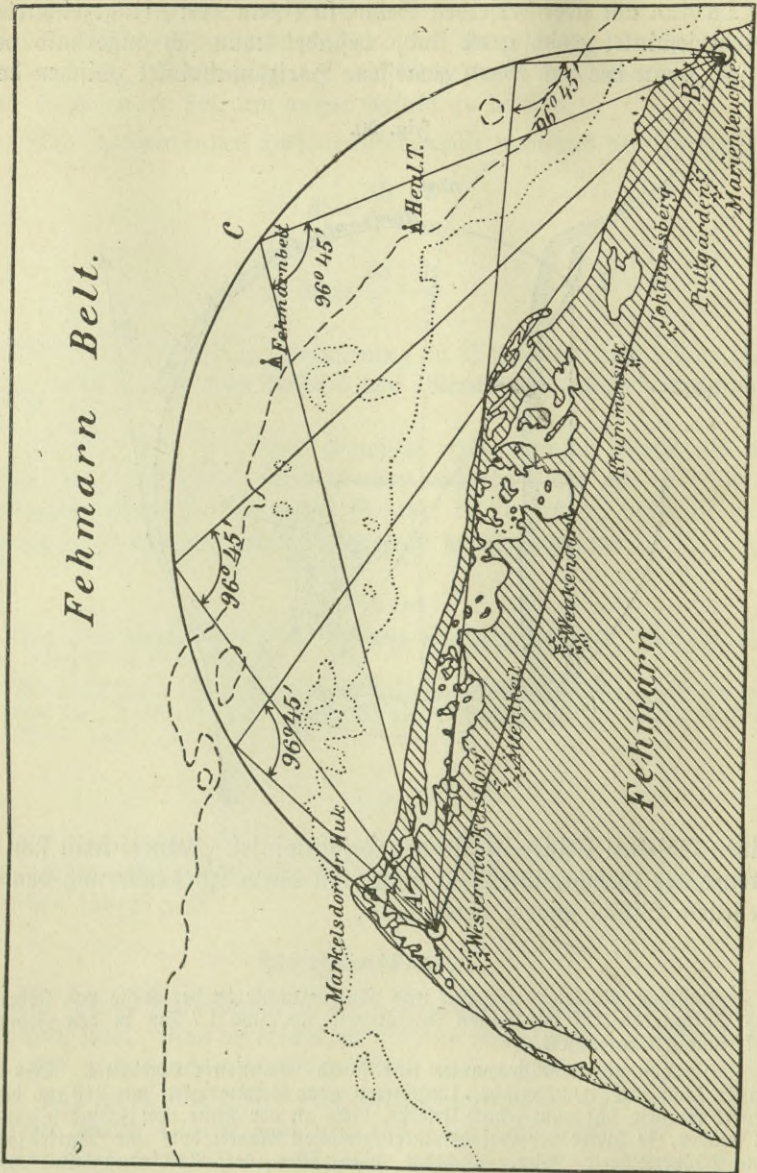
Beispiel:

Zwischen Markelsdorfer Huf und Marienleuchte ist der Küste von Fehmarn das Buttgarden-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 219 rw. durchsteuert werden, hat man jedoch Ursache, dicht an der Küste von Fehmarn entlang zu steuern, so bietet der Gefahrwinkel zwischen Markelsdorf und Marienleuchte eine schätzenswerte Hilfe. 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 Kursdreieck einen Gefahrwinkel von  $96^{\circ} 45'$ . Man befindet sich also in tiefem Wasser, solange man innerhalb der Peilungen Markelsdorf 220 rw. und Marienleuchte 170 rw. keinen größeren Winkel als  $96^{\circ} 45'$  zwischen den beiden Feuertürmen mißt.



Fig. 21.



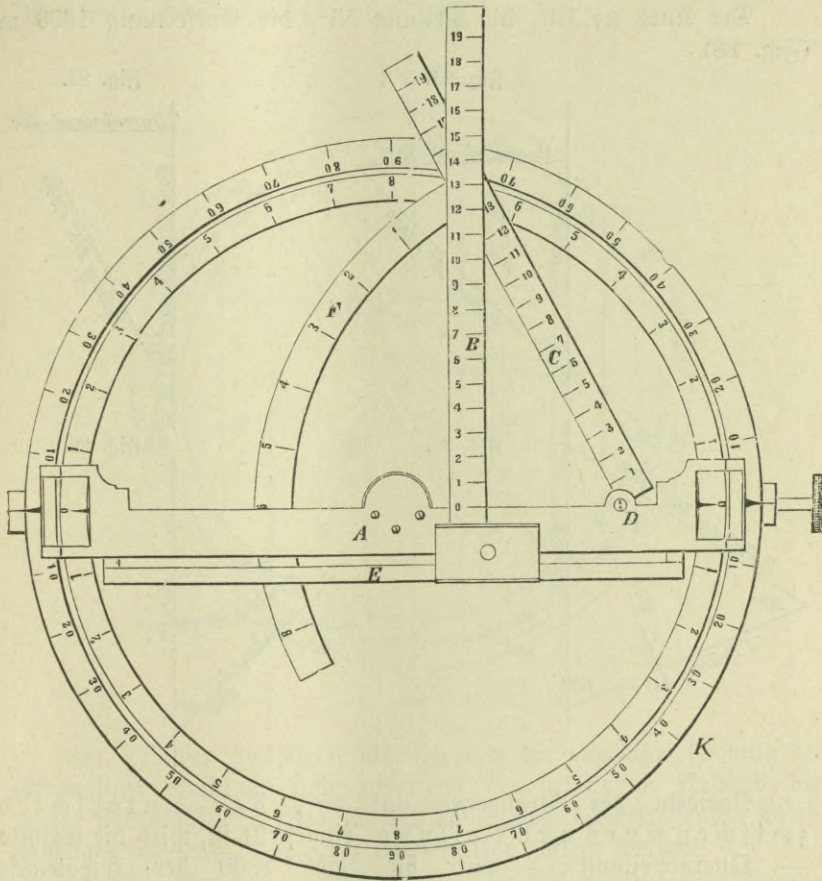
**Peilscheiben.**

86. Das mit Dioptern ausgerüstete Grundlineal A ist um die Mitte des äußeren Teilkreises K drehbar. Gegen dieses kann das Lineal C

bei D um Winkel gedreht werden, die sich am Gradbogen F in Graden und Strichen ablesen lassen, während das zu A senkrechte Lineal B mit einem Schlitten auf A an der Stange E verschoben werden kann.

Die Lineale sind mit einer Einteilung von 0 bis 20 versehen.

Fig. 22.



87. Das Instrument läßt sich als gewöhnliche Peilscheibe verwenden. Außerdem dient es aber zur Lösung aller derjenigen Aufgaben, welche sich mittels des rechtwinkligen Dreiecks lösen lassen, wenn nicht zu große Genauigkeit gefordert wird, daher mehr zu Schieß- und Manövrierübungen als zu navigatorischen Zwecken. Hierzu geht man immer auf den Unterschied zwischen Kurs und Peilung zurück und stellt das den Kurs



des Schiffes darstellende Lineal A und die Nulllinie des Teilkreises K in die Längschiffsrichtung.

Nachstehende Beispiele veranschaulichen dies:

1. Aus der Peilung und der gleichzeitigen Entfernung eines Gegenstandes vom Schiffe den Abstand zu finden, in welchem bei unverändertem Kurs derselbe querab passiert wird.

Der Kurs sei  $10^\circ$ , die Peilung  $55^\circ$ , die Entfernung 1800 m (Fig. 23).

Fig. 23.

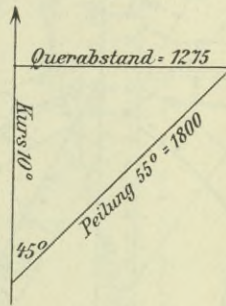


Fig. 24.

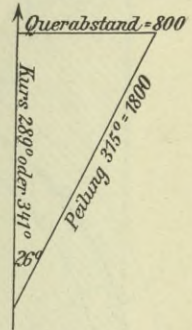


Fig. 25.

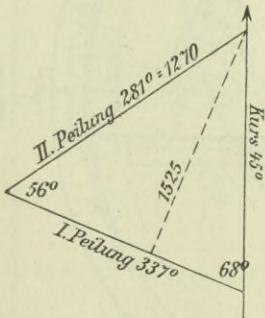
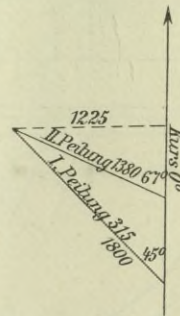


Fig. 26.



Nachdem der Gradbogen auf  $45^\circ$ , den Unterschied zwischen Kurs und Peilung, eingestellt ist, wird die Kathete — Querabpeilung — über die Zahl 1800 der Hypotenuse — Peilung — gebracht.

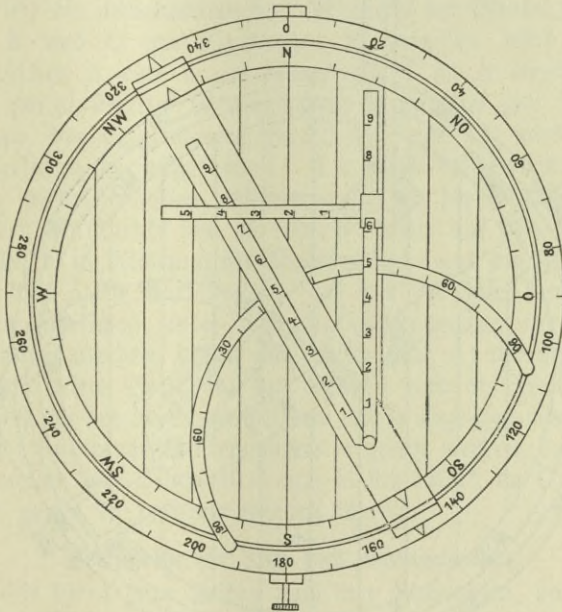
Die gesuchte, auf der Kathete — Querabpeilung — abzulesende Entfernung beträgt 1275 m.

2. Welcher Kurs muß gesteuert werden, damit man einen Gegenstand in einem bestimmten Abstände passiert, wenn Peilung und Entfernung des Gegenstandes bestimmt sind? (Fig. 24.)

Die Peilung sei  $315^\circ$ , der Abstand 1800 m, der Gegenstand soll auf 800 m Entfernung passiert werden.

Man verschiebe die Kathete — Querabpeilung — und drehe die Hypotenuse — Peilung — bis 800 der ersteren mit 1800 der letzteren zusammenfallen. Am Gradbogen liest man dann den Unterschied zwischen Kurs und Peilung =  $26^\circ$  ab, welche Größe sinngemäß nach rechts oder links auf die Peilung anzuwenden ist, je nachdem man den Gegenstand an B. B. oder St. B. lassen will. Hier also  $341^\circ$  oder  $289^\circ$ .

Fig. 27.



88. Mit der Peilscheibe läßt sich auch der ungefähre Abstand bei zweimaliger Peilung und anderseits bei bekanntem Abstand die zweite Peilung finden (Fig. 25 und 26), indem die betreffenden schiefwinkligen Dreiecke in je zwei rechtwinklige zerlegt werden.

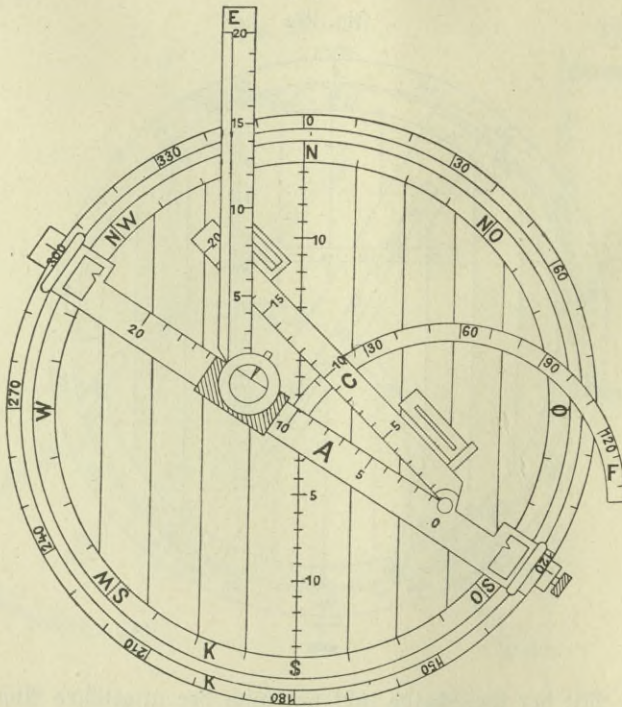
89. Ein Nachteil des Instrumentes ist, daß am Lineal C Diopter fehlen, um das Objekt in seiner Richtung unmittelbar anvisieren zu können. Liegt das Objekt an Backbord, so kann das Dreieck in der Natur nicht homolog liegend auf der Peilscheibe nachgebildet werden. Diesen Mißstand beseitigt die verbesserte Peilscheibe (Fig. 27), auf der ohne Umrechnung, allein durch Peilung nach Einstellung der Lineale die obigen Rechnungen gelöst werden können.

Auf der Peilscheibe sind Parallelen zur Nullrichtung eingerissen.



Die Diopter und der nach beiden Seiten gehende Gradbogen sind auf einem besonderen Diopterlineal angebracht, an dessen einem Ende zwei mit Teilung von 0 bis 10 versehene Lineale sich drehen. Während das bei nach vorn gerichtetem Objekt diopter nach außenbords zeigende Lineal durch Stift und Haltefeder festgestellt wird, wird auf das innen zeigende das Querlineal mit seinem Schlitten aufgeschoben. Stellt man

Fig. 28.



die Peilscheibe auf Null ein, so daß die auf ihr gezogenen Parallelen in die Längsschiffsrichtung fallen, und bringt das Kurslineal in diese Richtung, so wird dadurch das jedesmalige Ablesen des Gradbogens und Einstellen des Diopterlineals nach der Teilung auf der Peilscheibe gespart. Man dreht das Schiff so weit an oder ab, bis das Objekt in die Peilung des Diopters kommt.

90. In der ausübenden Schifffahrt wird aber des öfteren eine Lösung von Aufgaben über schiefwinklige Dreiecke erforderlich sein. Die Zerlegung in zwei rechtwinklige Dreiecke ist nicht immer rasch in eine brauchbare Form zu bringen. Es ist daher eine schiefwinklige Peilscheibe (Fig. 28) konstruiert worden. Sie

unterscheidet sich von der zuerst beschriebenen hauptsächlich dadurch, daß das verschiebbare Lineal E, das bei jener stets rechtwinklig zum Grundlineal A stand, um den Nullpunkt seiner Skala um meßbare Winkel drehbar gemacht ist. Lineal C ist wie das Grundlineal A mit Dioptern ausgerüstet. Die Scheibe trägt eine Schar von Parallelen zur Nulllinie des äußeren Teilkreises K; diese Nulllinie hat eine Teilung erhalten, deren Anfangspunkt mit dem Teilstrich 10 des Grundlineals und dem Mittelpunkt des Kreises K zusammenfällt. Man bilde also das betreffende Dreieck nach seinen bekannten Stücken nach und lese die unbekanntes ab. Während der Winkel zwischen den Linealen A und C am Kreisbogen F gemessen wird, wird der Winkel zwischen A und E auf dem Kreis K an A abgelesen, indem man das ganze Dreieck so dreht, daß E parallel zur Nulllinie der Scheibe bzw. der eingerissenen Parallelen liegt. E wird hierzu mit einer Flügelschraube festgeklemmt. Die zuerst beschriebene Peilscheibe kann man wiederherstellen, indem man A in die Ost-West-Linie der Scheibe, den Nullpunkt von E (einem Dorn) auf den Teilstrich 10 von A stellt, E in Richtung der Nulllinie dreht und die Flügelschraube festzieht. Mit Hilfe der Teilung auf der Nulllinie kann zu jedem Dreieck ein ähnliches unter alleiniger Verwendung der Lineale A und C gebildet werden, dessen eine Seite (auf A) die Länge 10 hat, während die dritte Seite auf der Nulllinie und der Winkel zwischen dieser und A bei der A-Spitze auf dem Kreis abgelesen werden. Dreiecke mit sehr stumpfem Winkel müssen so gelegt werden, daß der große Winkel zwischen den Linealen C und E sich bildet, da C und E nur etwa  $145^\circ$  gegen A verdreht werden können.

#### Peilscheibe für Tag- und Nachtgebrauch.

91. Sie dient zum Peilen nach den Richtungen, die am Platze des Peilkompasses verdeckt sind.

Auf einer mit einer Kreisteilung versehenen gläsernen Scheibe, die auf einer Art Kompaßbüchse sitzt, wird zentrisch ein Peillineal geführt. Die Büchse nimmt eine Glühlampe auf.

## VI. Die terrestrische Besteckrechnung.

### Erster Abschnitt.

#### Einfache Besteckrechnung.

##### Allgemeines.

92. Unter *Besteck* versteht man die Angabe des Schiffsortes nach Länge und Breite. Als *Besteckrechnungen* schlechthin bezeichnet man die Rechnungen, welche nötig sind, um einerseits: aus



Länge und Breite des verlassenen Ortes und den gesteuerten Kursen und Entfernungen die Breite und Länge des erreichten Schiffsortes, anderseits: aus Breite und Länge zweier Orte den von einem Ort zum anderen zu steuernden Kurs und die dabei abzulaufende Entfernung zu finden.

### Die Fahrt auf dem Meridian.

93. War der Kurs des Schiffes rechtweisend Nord oder Süd, oder liegen die beiden Orte, zwischen welchen Kurs und Entfernung bestimmt werden sollen, auf demselben Meridian, so tritt keine Änderung der Länge ein, da der Schiffsweg mit dem Meridian zusammenfällt. Die zurückgelegte Strecke in Seemeilen gibt, 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 ihrer Entfernung in Seemeilen.

#### Beispiele:

1. Von  $6^{\circ} 5' N$  und  $33^{\circ} 10' W$  fährt ein Schiff rechtweisend Süd 400 Sm. Welches ist der erreichte Ort des Schiffes?

$$\begin{array}{r} \varphi_v = 6^{\circ} 5' N \\ \Delta\varphi = 6^{\circ} 40' N \\ \hline \varphi_0 = 0^{\circ} 35' S \end{array} \qquad \begin{array}{r} \lambda_v = 33^{\circ} 10' W \\ \Delta\lambda = 0' \\ \hline \lambda_0 = 33^{\circ} 10' W. \end{array}$$

2. Kurs und Entfernung zwischen

$$\begin{array}{l} 33^{\circ} 10' W = \text{Lg. } 0^{\circ} 35' S = \text{Br.} \\ \text{und } 33^{\circ} 10' W = \text{Lg. } 6^{\circ} 5' N = \text{Br.} \end{array}$$

sind zu bestimmen.

$$\begin{array}{r} \varphi_v = 0^{\circ} 35' S \\ \varphi_0 = 6^{\circ} 5' N \\ \Delta\varphi = 6^{\circ} 40' N \\ \Delta = 400 \text{ Sm.} \end{array} \qquad \begin{array}{r} \lambda_v = 33^{\circ} 10' W \\ \lambda_0 = 33^{\circ} 10' W \\ \Delta\lambda = 0 \end{array}$$

Daher: Rechtweisender Kurs: Nord; Entfernung: 400 Sm.

### Die Fahrt auf dem Breitenparallel.

94. Ist der Kurs rechtweisend Ost oder West, oder liegen die beiden Orte, zwischen welchen Kurs und Entfernung bestimmt werden sollen, auf demselben Breitenparallel, so ist eine Änderung der Breite ausgeschlossen, da der Schiffsweg mit dem Breitenparallel zusammenfällt. Die zurückgelegte Strecke in Seemeilen gibt jedoch nur dann, wenn das Schiff auf dem Äquator gefahren ist, den Längenunterschied zwischen dem verlassenen und dem erreichten Ort in Minuten an; ebenso ist der Längenunterschied zwischen zwei auf demselben Breiten-

parallel liegenden Orten in Minuten nur dann gleich deren Entfernung in Seemeilen, wenn sie auf dem Äquator 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.

Die Entfernung zweier auf demselben Breitenparallel liegenden Orte in Seemeilen heißt *Abweichung* (*Abw.*) zum Unterschied von dem in Graden und Minuten ausgedrückten *Längenunterschied* (*Lg.-U.*).

Da die Längenminute auf jedem Breitenparallel gleich einer Seemeile (Äquatorminute) multipliziert mit dem  $\cos$  der Breite ist, entspricht einer Abweichung von 1 Sm auf der Breite  $\varphi$  ein Längenunterschied von  $1' \cdot \sec \varphi$ , d. h.

der Längenunterschied in Minuten ist gleich der Abweichung in Seemeilen multipliziert mit der Sekante der Breite.

$$\text{Lg.-U.} = \text{Abw.} \cdot \sec \varphi,$$

und die Abweichung in Seemeilen ist gleich dem Längenunterschied in Minuten multipliziert mit dem  $\cos$  der Breite.

$$\text{Abw.} = \text{Lg.-U.} \cdot \cos \varphi.$$

Für die Verwandlung von Abweichung in Längenunterschied und umgekehrt von Längenunterschied in Abweichung dient die *N. T. 2*. Ohne die Tafel können die Umwandlungen nach den vorstehenden Gleichungen auch logarithmisch oder mit Hilfe der Tafel für rechtwinklige Dreiecke (*N. T. 1*) ausgeführt werden.

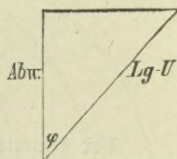
Die Beziehungen zwischen Längenunterschied, Abweichung und Breite gelangen in einem Dreieck zur Darstellung, dessen Hypotenuse der Längenunterschied, dessen bekannter Winkel die Breite  $\varphi$  und dessen anliegende Kathete die Abweichung ist. (Fig. 29.)

Die Regel für die Benutzung der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke zur Verwandlung von Abweichung in Längenunterschied lautet demgemäß:

Man gehe mit der Breite in die *Kurs-Spalte*, mit der Abweichung in die *Br.-U.-Spalte*, dann gibt die *Entfernung-Spalte* den gesuchten Längenunterschied.

Für die Umwandlung von Längenunterschied in Abweichung: Man gehe mit der Breite in die *Kurs-Spalte*, mit dem Längenunterschied in die *Entfernung-Spalte*, dann gibt die *Br.-U.-Spalte* die Abweichung.

Fig. 29.







Entfernung ein rechtwinkliges Dreieck bestimmt, dessen Katheten der Breitenunterschied und die Abweichung sind. Dieses Dreieck heißt in der Nautik das **Kursdreieck** (Fig. 30).

Der Winkel, welchen der Schiffskurs mit dem Meridian bildet, heißt der **Kurswinkel**  $\alpha$ . Fig. 31 bringt den Kurswinkel und die Teile des Kursdreiecks in verschiedenen Lagen zur Anschauung.

Aus dem Kursdreieck ergeben sich unmittelbar die Gleichungen:

1. Br.-U. = Entfernung  $\times$   $\cos$  Kurswinkel = Abw.  $\times$   $\cotg$  Kurswinkel.
2. Abw. = Entfernung  $\times$   $\sin$  Kurswinkel = Br.-U.  $\times$   $\tg$  Kurswinkel.
3. Entfernung = Br.-U.  $\times$   $\sec$  Kurswinkel = Abw.  $\times$   $\operatorname{cosec}$  Kurswinkel.
4.  $\tg$  Kurswinkel =  $\frac{\text{Abw.}}{\text{Br.-U.}}$

Sind zwei Stücke des Kursdreiecks bekannt, so lassen sich die übrigen berechnen oder aus N. T. 1 entnehmen.

Dieselben Gleichungen sind auch gültig, wenn das Kursdreieck sich über einen größeren Teil der Erdoberfläche erstreckt.

Wenn Fig. 32 einen Teil der Erdoberfläche darstellt, auf welchem ein Schiff von A nach B geraden Kurs (Loxodrome) gefahren ist, so stellt die Linie AB die Entfernung,  $\alpha$  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 dieser als ebenes Dreieck ansehen. Es ist dann:

$$\begin{aligned} FR &= AR \cdot \sin \alpha \\ GS &= RS \cdot \sin \alpha \\ HT &= ST \cdot \sin \alpha, \text{ also} \end{aligned}$$

$$FR + GS + HT + \dots = (AR + RS + ST + \dots) \sin \alpha.$$

Fig. 30.

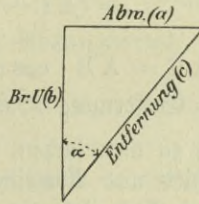


Fig. 31.

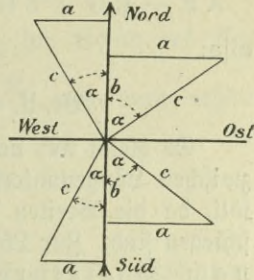
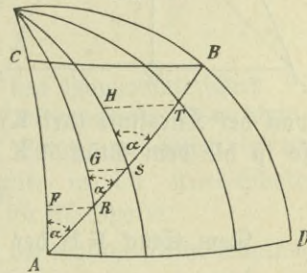


Fig. 32.





Daraus ergibt sich die Gleichung:

$$BC = AB \cdot \sin \alpha, \text{ d. h.}$$

Abw. = Entfernung  $\times$  sin Kurswinkel;

ferner ist:

$$AF + RG + SH + \dots = (AR + RS + ST + \dots) \cos \alpha,$$

also:

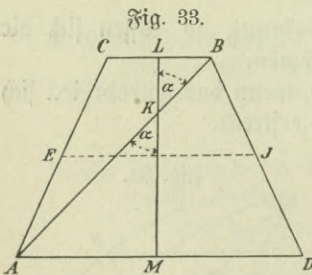
$$AC = AB \cdot \cos \alpha, \text{ d. h.}$$

Br.-U. = Entfernung  $\times$  cos Kurswinkel.

Es bleibt nur noch zu untersuchen, welche Breite beim Übergang zwischen Längenunterschied und Abweichung zugrunde gelegt werden soll, 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, die in den folgenden Abschnitten besprochen werden sollen.

### Die Rechnung nach Mittelbreite.

96. Die Rechnung beruht auf der für die gewöhnliche tägliche Besteckrechnung zulässigen Voraussetzung, daß das durch die Meri-



diane und Breitenparallele des Abgangsortes und Ankunftsortes gebildete Viereck (ABCD) (Fig. 33) in abgewinkeltem Zustand ein Trapez bildet, dessen Diagonale die Kurslinie (AB) ist. Die parallelen Seiten des Trapezes sind die von den Meridianen eingeschlossenen Bogenteile der Breitenparallele beider Orte. Denkt man sich in diesem Viereck den Mittelmeridian (LM) gezogen, welcher

von der Kurslinie (bei K) unter dem Kurswinkel  $\alpha$  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 gezogenen 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. multipliziert mit dem Kosinus der Mittelbreite. Es gilt demnach die Gleichung:

$$\text{Abw.} = \text{Lg.-U.} \times \cos \cdot \text{Mittelbreite.}$$

Bezeichnet  $\varphi_1$  die Breite des Abgangsortes,  $\varphi_2$  die Breite des Ankunftsortes, so ist die Mittelbreite  $\varphi_m = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$  und man erhält die Gleichungen:

$$\text{Abw.} = \text{Lg.-U.} \times \cos \varphi_m$$

$$\text{Lg.-U.} = \text{Abw.} \times \sec \varphi_m$$

Die Umwandlung von Abweichung in Längenunterschied und umgekehrt erfolgt demnach in derselben Weise, wie dies in 94 angegeben ist, nur tritt hier die Mittelbreite an die Stelle der Breite.

Die Beziehungen zwischen Längenunterschied, Abweichung und Mittelbreite lassen sich demnach durch ein rechtwinkliges Dreieck (Fig. 34) darstellen, das in der Nautik **Mittelbreiten-dreieck** heißt. Für den Gebrauch der Tafel der rechtwinkligen Dreiecke gelten die in 94 angegebenen Regeln:

1. Um Abweichungen in Längenunterschied zu verwandeln, gehe man mit der Mittelbreite in die Kurs-Spalte und mit der Abweichung in die Br.-U.-Spalte, dann gibt der zugehörige Wert in der Entfg.-Spalte den Längenunterschied.
2. Um die einem Längenunterschied entsprechende Abweichung zu erhalten, geht man mit dem Längenunterschied in die Entfg.-Spalte, mit der Mittelbreite in die Kurs-Spalte und findet die Abweichung in der Br.-U.-Spalte.

Die Rechnung nach Mittelbreite ist für die tägliche Besteckrechnung genau genug, für sehr große Entfernungen aber nicht anwendbar.

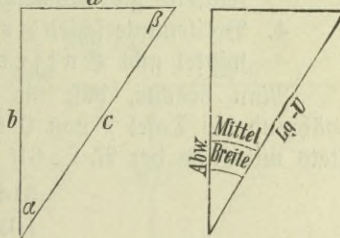
### übersicht über das Verfahren bei Rechnung nach Mittelbreite.

#### I. Aufgabe.

Gegeben: Schiffsort, Kurs und Entfernung.

Gesucht: Breite und Länge des erreichten Schiffsortes.

Fig. 34.





L ö s u n g:

1. Entfernung  $\times$   $\cos$  Kurswinkel }  
 gibt Breitenunterschied, }  
 Entfernung  $\times$   $\sin$  Kurswinkel }  
 gibt Abweichung. } Gewöhnlich durch Tafel für  
 rechtwinklige Dreiecke (N. T. 1).
2. Verlassene Breite  $\pm$  Breitenunterschied gibt erreichte Breite.
3. Verlassene Breite  $\pm \frac{1}{2}$  Breitenunterschied gibt Mittelbreite.
4. Abweichung  $\times$   $\sec$  Mittelbreite }  
 gibt Längenunterschied. } Gewöhnlich durch Tafel für  
 rechtwinklige Dreiecke (N. T. 1).
5. Verlassene Länge  $\pm$  Längenunterschied gibt erreichte Länge.

II. A u f g a b e.

Gegeben: Verlassener und erreichter Schiffsort.

Gesucht: Kurs und Entfernung zwischen beiden.

L ö s u n g:

1. Ein Vergleich der Breiten und Längen beider Orte gibt den Breitenunterschied und Längenunterschied.
2. Verlassene Breite  $\pm \frac{1}{2}$  Breitenunterschied gibt Mittelbreite.
3. Längenunterschied  $\times$   $\cos$  Mittelbreite }  
 gibt Abweichung. } Gewöhnlich durch Tafel für  
 rechtwinklige Dreiecke (N. T. 1).
4. Breitenunterschied  $\times$   $\sec$  Kurswinkel }  
 gibt Entfernung. } Gewöhnlich durch Tafel für  
 rechtwinklige Dreiecke (N. T. 1).

Man beachte, daß die Kurse bis  $360^\circ$  durchgezählt werden, während die Tafel 1 von  $0$  bis  $90^\circ$  zählt, man muß also die Kurse stets mit Hilfe der N. T. 6b umwandeln, also z. B.

$$314^\circ = N 46^\circ W$$

$$101^\circ = S 79^\circ O$$

Beispiele:

1. Man steuert von Eddystone-Leuchtturm ( $50^\circ 11' N = Br.$   $4^\circ 16' W = Lg.$   $242^\circ$  nach Kompaß, Deviation  $3^\circ W$  und läuft bis zum nächsten Mittag  $187$  Sm. Mißweisung nach der Karte  $18^\circ W$ . Wo steht das Besteck?

$$\begin{aligned} R. Sp. &= 242^\circ \\ Dev. &= -3^\circ (W) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rnw. &= 239^\circ \\ Mv. &= 18^\circ W \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rnw. &= 221^\circ \\ &= S 41^\circ W, 187 \text{ Sm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_v &= 50^\circ 11' N \\ \Delta \varphi &= 2^\circ 21' S \\ \hline \varphi_o &= 47^\circ 50' N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \Delta \varphi &= 1^\circ 10' \\ \varphi_m &= 49^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mv. &= 122,7 \\ \lambda_v &= 4^\circ 16' W \\ \Delta \lambda &= 3^\circ 7' W \\ \hline \lambda_o &= 7^\circ 23' W \end{aligned}$$

2. Zwischen  $35^\circ 15,3' N=Br.$  und  $36^\circ 44' W=Lg.$  und  $37^\circ 41' N=Br.$  und  $32^\circ 40' W=Lg.$  soll Kurs und Entfernung gefunden werden.

$$\begin{array}{r} \varphi_v \ 35^\circ 15,3' \ N \\ \varphi_o \ 37^\circ 41' \ N \\ \hline \Delta \varphi \ 2^\circ 25,7' \ N \\ = 145,7' \ N \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \frac{1}{2} \Delta \varphi = 1^\circ 13' \\ \varphi_m = 36^\circ 28' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \lambda_v \ 36^\circ 44' \ W \\ \lambda_o \ 32^\circ 40' \ W \\ \hline \Delta \lambda \ 4^\circ 4' \ O \\ = 244' \ O \end{array}$$

N. T. 1 gibt für  $c$  (Entfg.=Sp.) = 244 und  $a$  (Kurs=Sp.) =  $36,5^\circ$  ein  $b$  (Br.=ll.=Sp.) = 196,2 als Abw., für  $b$  (Br.=ll.) = 145,7 und  $a$  (Abw.) = 196,2 ein  $a$  (Kurs) =  $53^\circ$ , ein  $c$  (Entfg.) = 242,5.

Demnach rechtw. Kurs =  $N 53^\circ O$  Entf. = 242,5 Sm.

### Die Rechnung nach vergrößerter Breite.

97. Diese Rechnung gründet sich auf der Konstruktion der Seekarte nach Merkators Projektion (10). 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 Dreiecks, in welchem der Winkel beim Abgangsort der Kurswinkel, die diesem gegenüberliegende Kathete der Längenunterschied und die anliegende Kathete die Meridionaldifferenz oder der vergrößerte Breitenunterschied ist. Dieses Dreieck heißt in der Nautik Merkatordreieck. Die Entfernung tritt im Merkatordreieck nicht auf, da die wachsende Karte Entfernungen nicht in ihrer wahren Größe wiedergibt.

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:

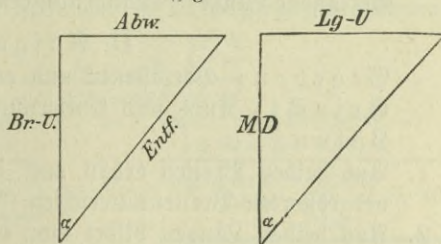
$$\frac{Br.-ll.}{Abw.} = \frac{Vergr. Br.-ll.}{Lg.-ll.}, \quad \frac{Lg.-ll.}{Abw.} = \frac{Vergr. Br.-ll.}{Br.-ll.};$$

$$\frac{Lg.-ll.}{Vergr. Br.-ll.} = \frac{Abw.}{Br.-ll.} = \text{tg Kurswinkel};$$

$Br.-ll. = \text{Entf.} \times \cos \text{Kurswinkel};$   $Lg.-ll. = \text{Vergr. Br.-ll.} \times \text{tang Kurswinkel}.$

$\text{Entfernung} = \text{Breitenunterschied} \times \sec \text{Kurswinkel} = \text{Abweichung} \times \text{cosec Kurswinkel}.$

Fig. 35.





Zu den Rechnungen mit vergrößerter Breite hat man aus den Tafeln der vergrößerten Breite oder der Meridionaltheile (N. T. 3) die den Ortsbreiten entsprechenden Meridionaltheile zu entnehmen. Je nachdem zwei Orte auf derselben oder auf verschiedenen Halbkugeln vom Äquator liegen, ist der Unterschied oder die Summe dieser Meridionaltheile gleich der Meridionaldifferenz oder dem vergrößerten Breitenunterschied.

Die Rechnungen können mit Hilfe der Tafeln für rechtwinklige Dreiecke oder wenn diese nicht mehr ausreichen — bei großen Entfernungen — logarithmisch ausgeführt werden.

### übersicht über das Verfahren bei Rechnung nach vergrößerter Breite.

#### I. Aufgabe.

Gegeben: Schiffsort, Kurs und Entfernung.

Gesucht: Breite und Länge des erreichten Schiffsortes.

Lösung:

1. Entfernung  $\times$   $\cos$  Kurswinkel gibt Breitenunterschied.  
Verlassene Breite  $\pm$  Breitenunterschied gibt erreichte Breite.
2. Für beide Breiten entnimmt man die vergrößerten Breiten (aus N. T. 3) und bildet den Unterschied der vergrößerten Breiten, die Meridionaldifferenz.
3. Meridionaldifferenz  $\times$   $\operatorname{tg}$  Kurswinkel gibt Längenunterschied.  
Verlassene Länge  $\pm$  Längenunterschied gibt 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 (N. T. 3).
2. Aus beiden Längen bildet man den Längenunterschied.
3. Längenunterschied: Vergrößerter Breitenunterschied gibt  $\operatorname{tg}$  Kurswinkel.
4. Breitenunterschied  $\times$   $\sec$  Kurswinkel gibt Entfernung.

#### Beispiele:

(Die für Rechnung nach Mittelbreite gegebenen Beispiele werden nunmehr nach vergrößerter Breite berechnet.)

1. Von Eddystone-Leuchtturm ( $50^{\circ} 11' N = Br.$ ,  $4^{\circ} 16' W = Lg.$ ) sind nach Kompaß  $242^{\circ} 187$  Sm. gelaufen. Deviation 3 W. Mißweisung 18 W. Wo steht das Besteck?

$$R. Kp. = 242^{\circ}$$

$$Dev. = -3^{\circ} (W)$$

$$Krv. = 239^{\circ}$$

$$Mw. = 18^{\circ} W$$

$$Krv. = 221^{\circ} \quad 187 \text{ Sm}$$

$$= S 41^{\circ} W.$$

Rechnung nach der Tafel für rechtwinklige Dreiecke.

Für Entf. = 187 und Kurs = 41° gibt N. T. 1  $\Delta \varphi = 141,1' S.$

$\varphi_v = 50^\circ 11' N$	$M. \cdot T. = 3492$	$\lambda_v = 4^\circ 16' W$
$\Delta \varphi = 2^\circ 21' S$		$\Delta \lambda = 3^\circ 7' W$
$\varphi_o = 47^\circ 50' N$	$M. \cdot T. = 3277$	$\lambda_o = 7^\circ 23' W$
	$M. \cdot D. = 215$	

Aus N. T. 1 findet man mit  $M. \cdot D.$  in der Br.-H.-Spalte = 215  
 und dem Kurs = 41°  
 in der Abw.-Spalte  $\Delta \lambda = 187'$   
 = 3° 7'

2. Der Kurs und die Entfernung von 47° 50' N-Br. und 7° 23' W-Lg. nach Madeira (32° 30' N-Br. und 16° 15' W-Lg.) wird gesucht.

$\varphi_v = 47^\circ 50' N$	$M. \cdot T. = 3277$	$\lambda_v = 7^\circ 23' W$
$\varphi_o = 32^\circ 30' N$	$M. \cdot T. = 2064$	$\lambda_o = 16^\circ 15' W$
$\Delta \varphi = 15^\circ 20' S$	$M. \cdot D. = 1213$	$\Delta \lambda = 8^\circ 52' W$
= 920' . . . log = 2,9638		= 532' . . . log = 2,4259
		log $M. \cdot D. = 3,0839$
log sec $\overline{K}w. = 0,0382$		log tg $\overline{K}w. = 9,6420 - 10$
log Entf. = 3,0020		$\overline{K}w. = 23^\circ 41'$
Entf. = 1004,7 Sm.		= S 24° W
		= 204°
		$\overline{M}w. = 18^\circ W$
		$\overline{K}mv. = 222^\circ$

3. Es soll Kurs und Entfernung zwischen Valparaiso (33° 2' S-Br., 27° 42' W-Lg.) und Nagasaki (32° 45' N-Br. und 129° 52' O-Lg.) gefunden werden.

$\varphi_v = 33^\circ 2' S$	$M. \cdot T. = 2102$	$\lambda_v = 71^\circ 42' W$
$\varphi_o = 32^\circ 45' N$	$M. \cdot T. = 2081$	$\lambda_o = 129^\circ 52' O$
$\Delta \varphi = 65^\circ 47' N$	$M. \cdot D. = 4183$	$\Delta \lambda = 158^\circ 26' W$
= 3947' . . . log = 3,5963		= 9506' . . . log = 3,9780
log sec = 0,3950		log $M. \cdot D. = 3,6215$
log Entf. = 3,9913		log tg $\overline{K}w. = 0,3565$
Entf. = 9802 Sm.		$\overline{K}w. = N 66^\circ 15' W$
		= 294°

Der Gebrauch der Rechnung nach vergrößerter Breite ist keiner Beschränkung unterworfen.

## Zweiter Abschnitt.

### Zusammengesetzte Besteckrechnung.

#### Das Koppeln.

98. Hat ein Schiff mehrere verschiedene Kurse abgelaufen, nach denen das Besteck aufgemacht werden soll, so werden diese Kurse gefoppelt.

Das Verfahren beider Koppelnkursrechnung ist folgendes:



Man trägt in das Schema die aus dem Logbuch entnommenen rechtweisenden Kurse und die abgelaufenen Entfernungen ein. Die einzelnen Kurse und Entfernungen zerlegt man mit Hilfe des Kursdreiecks oder N. T. 6b in einen nördlich und einen südlich gerichteten Breitenunterschied und eine östlich und eine westlich gerichtete Abweichung. Aus der Summe der gleichgerichteten und der Differenz der entgegengesetzten Breitenunterschiede und Abweichungen erhält man den Gesamtbreitenunterschied und die Gesamtabweichung. Der Gesamtbreitenunterschied ergibt mit der Abfahrtsbreite die erreichte Breite. — Die Gesamtabweichung wird mit N. T. 1 für die Mittelbreite in Lg.-U. verwandelt. Dieser gibt dann mit der Abfahrtslänge die Ankunftsänge.

Beispiel:

Von Coquimbo,  $29^{\circ} 55' S$  und  $71^{\circ} 29' W$ , sind folgende rechtweisende Kurse gesteuert worden:

Kriv.	Umgewandelt nach N. T. 6b	Ent- fernung Sm	Br.-U.		Abw.	
			N	S	O	W
278°	N 82 W	15	2,2	—	—	14,8
143°	S 37 O	16	—	12,9	9,5	—
267°	S 87 W	11	—	0,5	—	11,0
132°	S 48 O	18	—	12,1	13,3	—
262°	S 82 W	21	—	3,1	—	20,8
121°	S 59 O	20	—	10,3	17,2	—
			2,2	38,9	40,0	46,6
				- 2,2		- 40,0
			Br.-U. = 36,7 S		Abw. = 6,6 Sm W Lg.-U. = 7,6 W	

$$\begin{aligned} \varphi_v &= 29^{\circ} 55,0' S \\ \Delta \varphi &= 36,7' S \\ \hline \varphi_o &= 30^{\circ} 31,7' S. \end{aligned}$$

$$\varphi_m = 30^{\circ}$$

$$\begin{aligned} \lambda_v &= 71^{\circ} 29,0' W \\ \Delta \lambda &= 7,6' W \\ \hline \lambda_o &= 71^{\circ} 36,6' W. \end{aligned}$$

99. Die Rechnung beim Aufmachen des Bestecks aus Einzelkursen wird gewöhnlich durch Einzeichnen der einzelnen Kurse und Entfernungen in die Karte ersetzt. Nur da, wo der Maßstab der Karte ein Zeichnen nicht zuläßt, wird man rechnen.

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.

## Allgemeines.

100. Führt ein Schiff in einer Strömung, d. h. in einer Wassermasse, die sich selbst in fortschreitender Bewegung befindet, so setzt sich die wahre Ortsveränderung des Schiffes aus dem Weg des Schiffes durchs Wasser und der Bewegung des Wassers selbst, d. h. der Stromversetzung, zusammen. Diese zusammengesetzte Bewegung heißt der Weg über den Grund.

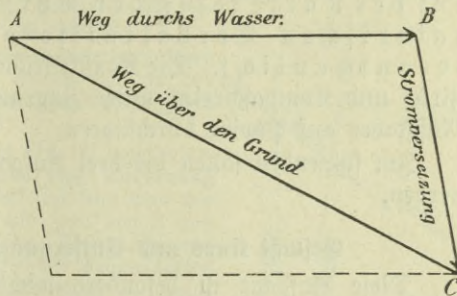
Drückt man die Stromstärke ebenso wie die Fahrt des Schiffes in Seemeilen pro Stunde aus, so ist die Fahrt eines in der Stromrichtung fahrenden Schiffes über den Grund gleich der „Fahrt des Schiffes durchs Wasser + Stromstärke“, die Fahrt eines gegen den Strom fahrenden Schiffes über den Grund gleich der „Fahrt des Schiffes durchs Wasser — Stromstärke“. 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. 36.)

Eine Strömung wird, entgegengesetzt dem bei den Winden üblichen Verfahren, durch die Richtung, wohin sie setzt, bezeichnet. Die Stromstärke wird bei Gezeiten- und Küstenströmungen pro Stunde, bei den großen ozeanischen Strömungen gewöhnlich pro 24 Stunden angegeben. Das Dreieck ABC (Fig. 36), welches die Wirkung des Stromes veranschaulicht, wird als Stromdreieck bezeichnet und für die Rechnung in der Regel pro Stunde konstruiert.

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 durchs Wasser und über den Grund.  
Gesucht: Stärke und Richtung des Stromes.

Fig. 36.





3. Gegeben: Kurs und Entfernung über den Grund, sowie Richtung und Stärke des Stromes und eigene Fahrt.  
Gesucht: Kurs durchs Wasser.

Allgemein lassen sich diese Aufgaben trigonometrisch nach der Sinusregel lösen, da es sich nur um die Berechnung eines Stückes in einem Dreieck handelt, von welchem drei andere Stücke gegeben sind.

Für einzelne Fälle bietet die Tafel der rechtwinkligen Dreiecke eine wesentliche Vereinfachung der Rechnung, zumal wenn es sich nicht um große Genauigkeit handelt. Besondere Genauigkeit kann schon wegen der stets nur ungefähr gegebenen Stromangaben nicht erzielt werden.

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. Die Konstruktion läßt sich auch ohne Karte mit Zirkel und Kompaßdreieck unter Zugrundelegung eines angemessenen Maßstabes auf Papier durchführen.

Im folgenden sollen die drei Aufgaben durch Beispiele erläutert werden.

### Gesucht Kurs und Entfernung über den Grund.

Diese Aufgabe ist besonders wichtig, wenn unsichtiges Wetter verhindert, den Schiffsort durch Landpeilungen zu kontrollieren.

#### Beispiele:

1. Man steht am 17. Mai 1916 5<sup>h</sup> Vm. MGZ bei unsichtigem Wetter dicht unter St. Catherine Point (Insel Wight) und steuert Westkurs 9 Sm stündlich. Welche Entfernung über den Grund wird bis Mittag 12<sup>h</sup> abgelaufen sein?

Lösung: Die vom Reichs-Marine-Amt herausgegebenen Gezeitentafeln für 1916 geben an:

Dover Niedrigwasser	17. Mai . . .	6 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> Vm.
= Hochwasser	17. = . . .	11 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> Vm.

Die den Gezeitentafeln beigegebenen Tafeln der Gezeitenströmungen, welche in vergrößertem Maßstab in der Form eines Atlas von der Deutschen Seewarte herausgegeben sind und zu der Seefarten- und Bücheranzüstung der Schiffe gehören, lassen erkennen, daß zur Zeit des Niedrigwassers bei Dover bei der Insel Wight östlicher Strom setzt, während zur Zeit des Hochwassers bei Dover der Strom in der gleichen Stärke nach Westen setzt. Hiernach wird die Stromverfegung von 5 bis 6<sup>h</sup> Vm. und von 11 bis 12<sup>h</sup> Mtg. sich aufheben. In der Zwischenzeit finden wir in den Tafeln östlichen Strom in der Stärke von etwa 2 Sm in der Stunde verzeichnet, so daß wir von 6<sup>h</sup> Vm. bis 11<sup>h</sup> Vm., d. h. während fünf Stunden, mit 10 Sm Stromverfegung nach Osten zu rechnen haben.

Die Fahrt durchs Wasser von 5<sup>h</sup> Vm. bis 12<sup>h</sup> Mtg. beträgt 63 Sm West, demnach die Fahrt über den Grund angenehert 53 Sm.



2. Man steht 8<sup>h</sup> Nm. vor dem Englischen Kanal auf 48° 37' N und 6° 58' W und steuert 217° rw. 7 Sm stündlich, während ein Strom rw. NW (315°) 0,6 Sm stündlich setzt. Wo steht das Schiff am nächsten Morgen 8<sup>h</sup>?

Lösung: Abgelaufener Kurs und Entfernung in 12 Stunden 217° rw. 84 Sm.

Krv. S 37° W	Entf. 84 Sm	$\Delta \varphi = 67,1' S$	Abw. = 50,6 Sm W
Strom N 45° W	= 7,2 Sm	$\Delta \varphi = 5,1' N$	= 5,1 Sm W

Gesamt  $\Delta \varphi = 62,0 S$  Gesamt Abw. = 55,7 Sm W

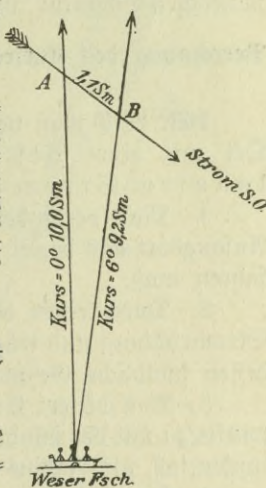
$\varphi_v = 48^\circ 37' N$	$\varphi_m$ 48° N	$\lambda_v = 6^\circ 58' W$
$\Delta \varphi = 1^\circ 2' S$		$\Delta \lambda = 1^\circ 23' W$
$\varphi_o = 47^\circ 35' N$		$\lambda_o = 8^\circ 21' W$

Lösung in der Karte. Man erhält dasselbe Ergebnis, wenn man in der Segelkarte vom Abgangsort zunächst die Versegelung 217° rw. 84 Sm und von dem hierdurch erreichten Punkt die Stromversegelung in 12<sup>h</sup> 315° rw. 7,2 Sm abträgt.

Fig. 37.

3. Ein Schiff steuert von Weser-Feuerschiff Kurs 0° rw. 10,0 Sm stündlich. Der Strom setzt rw. SO 0° rw. 1,1 Sm stündlich. Welches ist der Weg des Schiffes über den Grund in der Stunde?

Man trage in der Karte (Tit. III, 14) von Weser-Feuerschiff aus den Kurs 0° rw. und Entfernung 10,0 Sm ab. Durch den Endpunkt (A) lege man die Richtung des Stromes rw. SO und setze von A aus in dieser Richtung die stündliche Stromversegelung 1,1 Sm ab. Die Verbindungslinie des Abgangsortes mit dem Endpunkt der Stromversegelung B ergibt aus der Karte den Kurs über den Grund 6° rw. und stündliche Fahrt 9,2 Sm.



### Stärke und Richtung des Stromes gesucht (Besteckversegelung).

101. Die zweite Aufgabe, die nachträgliche Berechnung des Stromes 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 Stromversegelung bezeichnet und als solche in das Logbuch einträgt. Diese Stromversegelung, welche richtiger als Besteckversegelung zu bezeichnen wäre, wird durch Kurs und Entfernung von dem gegißten Besteck nach dem beobachteten Besteck dargestellt und entweder errechnet oder aus der Karte entnommen.



Als Beispiel diene folgendes Muster:

12 <sup>00</sup> gegißtes Besteck . . . . .	52° 34' N	11° 52' W	
12 <sup>00</sup> beobachtetes Besteck . . . . .	52° 37' N	11° 41' W	
$\Delta \varphi$ bzw. $\Delta \lambda$ . . . . .		3' N	11' O
		Abw. = 7 Sm	
Stromversezung inner=			
halb 24 Std. . . . .	N 66° O	7,6 Sm (n. N. T. 1.)	

102. In Sicht der Küste läßt sich aus dem durch Peilung von Landgegenständen ermittelten Schiffsort und dem nach Kompaß und Umdrehungen bestimmten Schiffsort die Stromversezung ermitteln.

Die Lösungen erfolgen entweder zeichnerisch in der Karte oder wie im vorigen Beispiel mit Hilfe der N. T. 1.

Die üblichste Art der Lösung ist die Zeichnung auf der Karte.

Die Einsendung von sorgfältig beobachteten Stromversezungen an die deutsche Seewarte zwecks Verwertung in der nautischen Literatur ist besonders erwünscht.

### Berechnung des Kurses durch das Wasser und der Fahrt über den Grund.

103. Will man von einem gegebenen Punkte aus einen anderen Ort mit einer bestimmten Geschwindigkeit bei bekanntem Strom erreichen, so verfährt man in folgender Weise:

1. Man verbindet die beiden gegebenen Punkte, bzw. zieht vom Anfangsort aus den Kurs über den Grund, welchen das Schiff fahren muß.

2. Durch einen beliebigen Punkt dieser Kurslinie legt man die Stromrichtung und trägt von demselben aus entgegen dem Strom dessen stündliche Geschwindigkeit ab.

3. Von diesem Endpunkte aus schlägt man nach dem Anfangspunkte zu mit der stündlichen Fahrt, welche das Schiff durch das Wasser laufen soll, als Radius einen Kreisbogen.

4. Den Schnittpunkt desselben mit der Kurslinie über den Grund verbindet man mit dem Kreismittelpunkt und erhält so den Kurs durch das Wasser.

5. Die Fahrt über den Grund, welche das Schiff stündlich macht, ist das Stück auf der Grund-Kurslinie vom Schnittpunkt des Kreisbogens bis zu dem der Stromrichtung.

#### Beispiel:

Ein Schiff soll vom Weser-Feuerschiff nach Eider-Feuerschiff fahren mit 10,0 Sm Geschwindigkeit. Der Strom läuft SOzO. mw. 1,5 Sm stündlich.

Welcher Kurs ist zu steuern, und welche Distanz legt das Schiff stündlich über den Grund zurück?

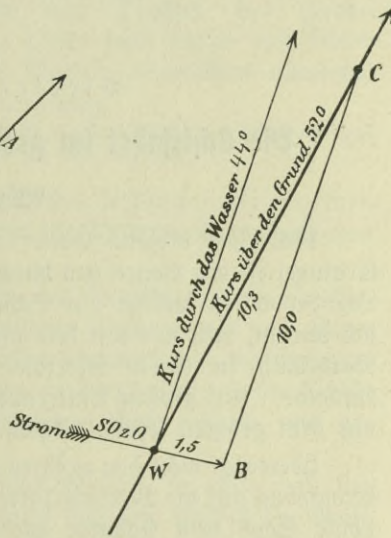
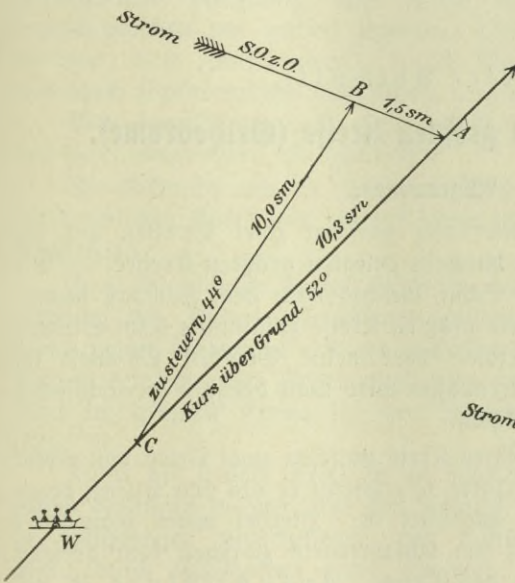
In der Karte (Tit. III. 14) findet man als mißweisenden Kurs vom Weser-Feuerschiff nach Eider-Feuerschiff  $52^\circ$ .

Ziehe diese Linie und trage an einen beliebigen Punkt A derselben den Strom an in der entgegengesetzten Richtung NWzW mv. mit der stündlichen Geschwindigkeit: 1,5 Sm.

Um den Endpunkt B schlage mit der Fahrt des Schiffes 10,0 Sm einen Kreisbogen nach W zu, der die Kurslinie in C schneidet.

Fig. 38.

Fig. 39.



Jetzt gibt die Richtung CB den Kurs durch das Wasser an, der gesteuert werden muß =  $44^\circ$  mv. und die Strecke CA die Distanz, welche das Schiff in 1<sup>h</sup> über den Grund zurücklegt = 10,3 Sm.

104. Man kann diese Aufgabe auch in der Weise lösen, daß man den Strom an den Anfangsort W mit seiner gegebenen Richtung und Geschwindigkeit anträgt und dann von B nach dem Endpunkte des Kurses zu den Kreis schlägt. Das Dreieck bleibt dasselbe, und die durch den Anfangspunkt W gezogene Parallele zu BC ist der Kurs durch das Wasser.

105. Alle hier durch Rechnung gelösten Aufgaben lassen sich auf Karten mit genügend großem Maßstab einfacher und schneller durch Zeichnung lösen. Dies wird besonders der Fall im Kreuzer-



und Geschwaderdienst sein. Um genügende Genauigkeit zu erzielen, unterlasse man nicht, den Drehbogen bis zum neuen Kurs in Rechnung zu ziehen.

Indessen kann die Rechnung nicht entbehrt werden, wenn man auf *Segelkarten* navigiert, auf welchen der Maßstab eine genügende Genauigkeit nicht zuläßt, oder dann, wenn bei größeren Entfernungen die Übertragung eines Punktes von einer Karte auf die andere notwendig wird, oder schließlich bei *Koppekkursen*, wenn eine große Anzahl Kurse in der Nähe eines Punktes gesteuert ist.

#### Vierter Abschnitt.

### Die Schifffahrt im größten Kreise (Orthodrome).

#### Allgemeines.

**106.** Die kürzeste Entfernung zwischen zwei Punkten auf der Erdkugel ist der Bogen des durch sie gelegten größten Kreises. — Die *Orthodrome*, in welcher ein Schiff, welches nach dem Kompaß steuert, sich bewegt, fällt nur mit dem größten Kreise zusammen beim Steuern Nord-Süd in einem Meridian oder beim Steuern Ost-West im Äquator. Auf großen Entfernungen wird man deshalb die Schifffahrt auf dem größten Kreise wählen.

Überträgt man den größten Kreis zwischen zwei Orten von einem Erdglobus auf die Merkator Karte, so erscheint er als eine Kurve, deren hohle Seite dem Äquator zugekehrt ist. Hierbei nennt man *Abgangskurs* den Winkel am Abfahrtsorte zwischen dem größten Kreise und dem Meridian des Ortes. *Ankunftskurs* ist der entsprechende Winkel am Bestimmungsort.

*Abfahrts-* und *Ankunftskurs* sind nicht — wie beim *orthodromischen* Steuern — 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 Äquators liegen.

*Scheitel* nennt man denjenigen Punkt des Hauptbogens, in welchem er seinen größten Abstand vom Äquator hat. Der Scheitelpunkt liegt entweder zwischen den beiden Orten auf dem als Schiffsweg in Frage kommenden Teile des größten Kreises oder auf dessen Verlängerung. Der Bogen des Äquators vom Meridian des Scheitels bis zum Meridian des Abgangs- oder Bestimmungsortes wird als *Längenunterschied des Scheitels* bezeichnet.



Scheitellänge und Scheitelbreite werden als Hilfsgrößen bei der punktweisen Berechnung des Hauptbogens auf trigonometrischem Wege gebraucht.

Der Meridian des Scheitels ist senkrecht zum größten Kreisbogen, der Kurs an dieser Stelle geht rechtweisend O-W.

107. Der Theorie nach würde ein Schiff, welches im größten Kreise steuern will, beständig seinen Kurs zu ändern haben. Das Verfahren in der Praxis ist jedoch derart, daß man durch trigonometrische Rechnung 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 dampft demnach nicht auf dem Kreisbogen, sondern auf den dafür eingesetzten Polygonseiten.

Die Richtung und die Länge der letzteren bestimmen die einzelnen loxodromischen Kurse und die auf jedem der letzteren abzdampfenden Wegstrecken.

Das Einzeichnen dieser Kurse in die Segelkarte und die Berechnung des Distanzunterschiedes zwischen Orthodrome und Loxodrome geben überhaupt erst den richtigen Überblick und die Gelegenheit, an der Hand der Segelanweisungen zu entscheiden, ob die Schifffahrt im größten Kreise für den fraglichen Fall nützlich und 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 Teil der Reise hingegen durch Einschalten eines längeren loxodromischen Kurzes zu ersetzen.

Für die Bestimmung und Beurteilung 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 Merkatorkarte.

2. Berechnung der Entfernung im Hauptbogen, und zum Vergleich auch derjenigen auf der Loxodrome.

### Eintragung des größten Kreises in die Karte.

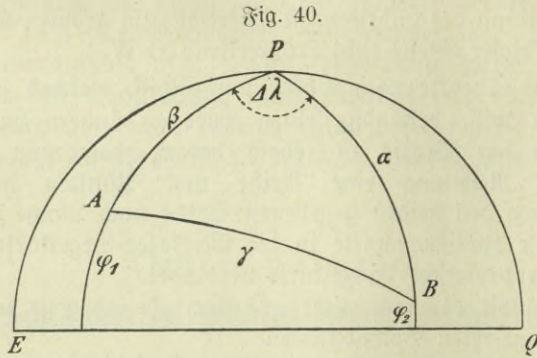
108. Man will von A nach B dampfen.

Voraus geht die Errechnung

1. des Abgangs- und Ankunftsurses,
2. des Scheitelpunktes,
3. der Zwischenpunkte.



1. Die Stücke zu 1. werden aus dem sphärischen Dreieck berechnet, das gebildet wird durch Pol, Abgangs- und Ankunftsstellen (Fig. 40).



Man zeichnet das sphärische Dreieck nach Augenmaß und setzt

A = Ort näher dem Pol,  
B = Ort entfernter vom Pol,  
P = Pol.

In diesem Dreieck sind bekannt die Seiten  $\alpha$  und  $\beta$  ( $\alpha = 90^\circ - \text{Breite von B}$ ,  $\beta = 90^\circ - \text{Breite von A}$ ), ferner der Winkel  $\angle APB$  (Längenunterschied zwischen A und B). Gesucht sind Abgangswinkel  $\angle PAB$  — kurz A bezeichnet — und Ankunfts Winkel  $\angle PBA$  — kurz B bezeichnet.

Die Formeln für ihre Errechnung ergeben sich aus den Napierschen Gleichungen:

$$\operatorname{tg} \frac{A+B}{2} = \frac{\cos \frac{\alpha-\beta}{2}}{\cos \frac{\alpha+\beta}{2}} \operatorname{ctg} \frac{C}{2} \quad (C \text{ ist } \angle APB)$$

$$\operatorname{tg} \frac{A-B}{2} = \frac{\sin \frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin \frac{\alpha+\beta}{2}} \operatorname{ctg} \frac{C}{2}$$

A und B ergeben sich dann durch Addition und Subtraktion von  $\frac{A+B}{2}$  und  $\frac{A-B}{2}$ .

In dieser Form gilt die Formel nur, wenn die Breiten von A und B gleichnamig sind. Von der Anwendung der Schifffahrt auf dem größten Kreise bei ungleichnamigen Breiten soll hier nicht ge-

sprochen werden, da bei verschiedener Breite die Wegerparnis so gering ist, daß man das Dampfen auf der Loxodrome vorziehen wird. So beträgt die Ersparnis von Valparaiso — 33° 2' S 71° 38' W — nach Nagasaki — 32° 45' N 129° 52' O — bei einer Entfernung von fast 10 000 Sm, also ungefähr der größtmöglichen Entfernung, nur 85 Sm, also noch nicht 1 v. H.!

2. Berechnung des Scheitelpunktes. Abgesehen von dem in 106 Gesagten ist die Berechnung des Scheitelpunktes wichtig, weil man von ihm ausgehend beliebig viele Punkte des gesuchten Hauptbogens bequem aus rechtwinkligen Dreiecken errechnen kann.

Man findet den Scheitelpunkt, wenn man vom Pol das Lot PS auf den Hauptbogen fällt (Fig. 41).

In seltenen Fällen fällt dieses Lot außerhalb von AB. Man erkennt das daran, daß Abgangs- oder Ankunfts- winkel größer als 90° sind. Wie die Winkel A und B zu gebrauchen sind, wird sich durch eine rohe Zeichnung (wie Fig. 41) stets sofort feststellen lassen.

Übrigens kann man in der Praxis gleich von der Verfolgung des größten Kreises absehen, wenn das Lot ihn nicht innerhalb von AB trifft.

Man hat nun zwei rechtwinklige Dreiecke APS und BPS. Wir suchen die Breite und Länge von S. Die Breite ist das Komplement von PS:

$$\begin{aligned} \sin PS &= \sin A \cdot \sin \beta \text{ oder} \\ &= \sin B \cdot \sin \alpha \end{aligned}$$

Dann ist die Breite des Scheitelpunktes  $90^\circ - PS$ .

Die Länge ergibt aus  $\sphericalangle APS$  oder  $\sphericalangle BPS$  nach der Formel

$$\begin{aligned} \text{ctg APS} &= \cos \beta \cdot \text{tg A} \text{ oder} \\ \text{ctg BPS} &= \cos \alpha \cdot \text{tg B.} \end{aligned}$$

3. Berechnung der Zwischenpunkte. Für die Praxis genügt es, wenn man für alle 10° Länge die Breite des größten Kreises errechnet, da die zwischen den so errechneten Orten gezogenen loxodromischen Einzelkurse mit dem größten Kreise noch fast zusammenfallen.

Die Berechnung der Breite der einzelnen Punkte erfolgt aus den rechtwinkligen sphärischen Dreiecken PSa, PSb, PSc usw.

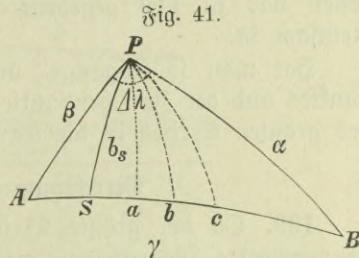


Fig. 41.



in denen die Seite  $PS = 90^\circ - \varphi$  des Scheitelpunktes und der Winkel  $SPa$ ,  $SPb$  usw. als Längenunterschied zwischen  $S$  und  $a$ ,  $S$  und  $b$  usw. gegeben sind.

Die Formel lautet:

$$\operatorname{tg} \varphi a = \cos SPa \cdot \operatorname{tg} \varphi S$$

$$\operatorname{tg} \varphi b = \cos SPb \cdot \operatorname{tg} \varphi S$$

usw.

Für die Berechnung aller Zwischenpunkte wählt man am besten das in 110 gegebene Schema, da ihnen ja  $\operatorname{tg} \varphi \cdot S$  gemeinsam ist.

Hat man so Abgangs- und Ankunftssturs, Lage des Scheitelpunktes und der Zwischenpunkte errechnet, dann kann die Eintragung des größten Kreises in die Karte vorgenommen werden.

### Berechnung der Wegersparnis.

109. Ob der größte Kreis seinen Zweck erfüllt, nämlich eine nennenswerte Wegersparnis gegenüber dem sonst üblichen Dampfen auf der Logodrome zu ergeben, ersieht man aus dem Vergleich der Entfernungen.

Die Entfernung auf dem größten Kreise müssen wir errechnen. Auf Fig. 40 ist sie als die Seite  $\gamma$  des sphärischen Dreiecks  $APB$  dargestellt, dessen beide anderen Seiten als die Komplemente der Breiten von  $A$  und  $B$  bekannt sind, und dessen Winkel bei  $P$  un $\ddot{e}$  ebenfalls bekannt ist, während wir die Winkel bei  $B$  und  $A$  (Abgangs- und Ankunftssturs) bereits errechnet haben, wie in 108 beschrieben.

Wir erhalten nach den Napier'schen Gleichungen die Beziehung:

$$\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} = \frac{\cos \frac{A+B}{2}}{\cos \frac{A-B}{2}} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha+\beta}{2} \text{ oder auch}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} = \frac{\sin \frac{A+B}{2}}{\sin \frac{A-B}{2}} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha-\beta}{2}.$$

Die logodromische Entfernung entnimmt man den in den Seehandbüchern gegebenen Entfernungstabellen oder der Seekarte, oder aber man errechnet sie. (VI. Zweiter Abschnitt.)

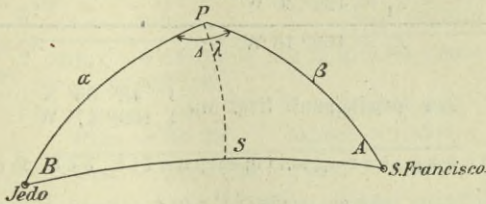
110.

Beispiele:

Über die Anwendung und den Vorteil des Steuerns auf dem größten Kreise ergibt erst die praktische Bemütung ein Urteil. Es soll daher hier ein Beispiel durchgeführt werden:

Ein besonders gutes Beispiel ist die Reise von San Francisco nach Jedo (Japan), da die Entfernung über den Großen Ozean — der Länge ( $\lambda$ ) nach — fast  $\frac{1}{3}$  der Erde ausmacht.

Fig. 42.



1. San Francisco Breite = 37° 49' N	Länge = 122° 30' W
Jedo Breite = 35° 40' N	Länge = 140° 0' O
$\alpha = 54^\circ 20'$	$C = 97^\circ 30'$ ,
$\beta = 52^\circ 11'$	$\frac{C}{2} = 48^\circ 45'$

2. Berechnung des Abgangs- und Ankunftskurses.

$$\operatorname{tg} \frac{A+B}{2} = \frac{\cos \frac{\alpha-\beta}{2}}{\cos \frac{\alpha+\beta}{2}} \operatorname{ctg} \frac{C}{2}; \quad \operatorname{tg} \frac{A-B}{2} = \frac{\sin \frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin \frac{\alpha+\beta}{2}} \operatorname{ctg} \frac{C}{2}.$$

$$\frac{\alpha-\beta}{2} = 1^\circ 5' \quad \log \cos = 9,9999 \quad \log \sin = 8,2766$$

$$\frac{\alpha+\beta}{2} = 53^\circ 15' \quad \log \sec = 0,2231 \quad \log \operatorname{cosec} = 0,0962$$

$$\frac{C}{2} = 48^\circ 45' \quad \log \operatorname{ctg} = 9,9430 \quad \log \operatorname{ctg} = 9,9430$$

$$\log \operatorname{tg} = 0,1660 \quad \log \operatorname{tg} = 8,3158$$

$$\frac{A+B}{2} = 55^\circ 42' \quad \frac{A-B}{2} = 1^\circ 11'$$

$$A = 56^\circ 53' \quad B = 54^\circ 31'$$

Abgangskurs = N 56,9° W = 303° rw.

Ankunftskurs = S 54,5° W = 235° rw.

3. Berechnung des Scheitels.

$$\sin PS = \sin A = \sin \beta, \text{ oder} \\ = \sin B = \sin \alpha.$$

$$A = 56^\circ 53' \quad \log \sin = 9,9230 \quad \text{oder} \quad B = 54^\circ 31' \quad \log \sin = 9,9108$$

$$\beta = 52^\circ 11' \quad \log \sin = 9,8976 \quad \alpha = 54^\circ 20' \quad \log \sin = 9,9098$$

$$\log \sin = 9,8206 \quad \log \sin = 9,8206$$

$$PS = 41^\circ 25' \quad PS = 41^\circ 25'$$

$$\varphi_s = 48^\circ 35' \quad \varphi_s = 48^\circ 35'$$



4. Berechnung der Länge des Scheitelpunktes.

$$\begin{aligned} \text{ctg APS} &= \cos \beta \cdot \text{tg A} \text{ oder} \\ \text{ctg BPS} &= \cos \alpha \cdot \text{tg B.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta = 52^\circ 11' \log \cos &= 9,7876 \text{ oder } \alpha = 54^\circ 20' \log \cos = 9,7657 \\ A = 56^\circ 53' \log \text{tg} &= 0,1856 \quad B = 54^\circ 31' \log \text{tg} = 0,1470 \end{aligned}$$

log ctg = 9,9732	log ctg = 9,9127
$\sphericalangle$ APS = 46° 46'	$\sphericalangle$ BPS = 50° 43'
$\lambda_1 = 122^\circ 30' \text{ W}$	$\lambda_2 = 140^\circ 0' \text{ O}$
$\lambda_s = 169^\circ 16' \text{ W}$	$\lambda_s = 190^\circ 43' \text{ O}$ = 169° 17' W

Der Scheitelpunkt liegt auf  $\left\{ \begin{array}{l} 48^\circ 35' \text{ N} \\ 169^\circ 17' \text{ W} \end{array} \right.$

5. Berechnung der Zwischenpunkte des Hauptbogens für die Karte.

$$\begin{aligned} \text{tg } \varphi_a &= \cos \text{SPa} \text{tg } \varphi_s, \\ \text{tg } \varphi_b &= \cos \text{SPb} \text{tg } \varphi_s \\ &\text{u.ä.} \end{aligned}$$

$$\text{Länge} \quad \text{Winkel} \cdot \log \text{tg } \varphi_s = \text{I}, 0,0545 \quad (\text{I} + \text{II} = \text{III})$$

	log cos = II	log tg $\varphi_b$ = III	
130° 0' W 39° 17'	9,8888	9,9433	$\varphi_b = 41^\circ 16'$
140° 0' = 29° 17'	= = = 9,9406	= = $\varphi_c = 9,9951$	$\varphi_c = 44^\circ 41'$
150° 0' = 19° 17'	= = = 9,9749	= = $\varphi_d = 0,0294$	$\varphi_d = 46^\circ 56'$
160° 0' = 9° 17'	= = = 9,9943	= = $\varphi_e = 0,0488$	$\varphi_e = 48^\circ 13'$
170° 0' = 0° 43'	= = = 10,0000	= = $\varphi_f = 0,0545$	$\varphi_f = 48^\circ 35'$
180° 0' = 10° 43'	= = = 9,9924	= = $\varphi_g = 0,0469$	$\varphi_g = 48^\circ 5'$
170° 0' O 20° 43'	= = = 9,9710	= = $\varphi_h = 0,0255$	$\varphi_h = 46^\circ 41'$
160° 0' = 30° 43'	= = = 9,9344	= = $\varphi_i = 9,9889$	$\varphi_i = 44^\circ 16'$
150° 0' = 40° 43'	= = = 9,8796	= = $\varphi_k = 9,9341$	$\varphi_k = 40^\circ 40'$

6. Ferner: Berechnung der Entfernung.

$$\text{tg } \frac{\gamma}{2} = \frac{\cos \frac{A+B}{2}}{\cos \frac{A-B}{2}} \text{tg } \frac{\alpha+\beta}{2}$$

$$\frac{A+B}{2} = 55^\circ 42' \log \cos = 9,7509$$

$$\frac{A-B}{2} = 1^\circ 11' \log \sec = 0,0001$$

$$\frac{\alpha+\beta}{2} = 53^\circ 15' \log \text{tg} = 0,1268$$

$$\log \text{tg } \frac{\gamma}{2} = 9,8778$$

$$\frac{\gamma}{2} = 37^\circ 3'$$

$$\gamma = 74^\circ 6' = 4446'$$

Die Entfernung beträgt 4446 Sm.

7. Zum Vergleich: Kurs und Entfernung in der Loxodrome.

San Francisco  $\varphi_1 = 37^\circ 49' N$   $M.:L. = 2454$   $\lambda_1 = 122^\circ 30' W$   
 Jedo  $\varphi_2 = 35^\circ 40' N$   $= 2293$   $\lambda_2 = 140^\circ 0' O$

$\Delta \varphi = 2^\circ 9' S$   $M.:D. = 161$   $\Delta \lambda = 97^\circ 30' W$   
 $= 129^\circ S$   $= 5850' W$

$M.:D. = 161$   $\log = 2,2068$   
 $\Delta \lambda = 5850$   $\log = 3,7672$

$Rw. = S 88^\circ 25' W$   $\log \operatorname{tg} Rw. = 1,5604$   
 $= 268^\circ rw.$

$\Delta \varphi = 129'$   $\log = 2,1106$   
 $Rw. = 88^\circ 25'$   $\log \operatorname{sec} = 1,5586$

$\operatorname{Entf.} = 4669 \operatorname{Em}$   $\log \operatorname{Entf.} = 3,6692$

Die **Ersparnis** beträgt somit **223 Em**; also bei gewöhnlicher Marschfahrt von 10 Em stündlich ein Tagesesmal. Das kommt bei der etwa 3 Wochen dauernden Reise natürlich sehr wohl in Betracht.

**111.** Von weiteren Beispielen sei abgesehen. Daß das Steuern auf dem größten Kreise bei ungleichnamiger Breite von Abgangs- und Ankunftsort keine wesentliche Ersparnis bedeutet, ist schon erwähnt. Deshalb erübrigt sich auch die Durchführung eines Beispiels für diesen Sonderfall.

Die folgende kleine Übersicht wird indessen für die Anwendbarkeit der Schifffahrt auf dem Hauptbogen einigen Anhalt geben:

Orte	Loxodrome		Orthodrome (größter Kreis)		
	Kurs	Entfernung	Anfangskurs	Entfernung	Scheitel
1. Bermuda und Lizard	68°	2873	50°	812	49° 58' N 6° 57' W
2. Funchal und Bahia	204°	<b>3012</b>	208°	<b>3011</b>	Äquator in 32° 51' W
3. St. Thomas und Lissabon . . . . .	67°	3164	55°	3131	39° 10' N 1° 6' O
4. Kap der guten Hoffnung und Kap Horn	250°	3792	220°	3590	57° 49' S 46° 3' W
5. Kap der guten Hoffnung und Hobartstown (Tasmania) . .	<b>95°</b>	<b>6149</b>	<b>145°</b>	<b>5384</b>	61° 54' S 87° 5' W
6. Kap Horn und Ostkap Neu-Seeland . .	283°	<b>4740</b>	230°	<b>4249</b>	64° 42' S 112° 43' W
7. Kap Horn und Honolulu . . . . .	315°	6597	273°	6477	Äquator in 143° 13' W

Aus dem Beispiel zu 2. sieht man, wie geringfügig der Vorteil bei verschiedenen Breiten ist; anderseits zeigen 6. und besonders 5. sehr beträchtliche Ersparnisse (gleichnamige, und zwar sehr hohe



Breiten). Allerdings liegen die Scheitelpunkte in recht unbequem hoher Südbreite!

Die Schifffahrt auf dem größten Kreise war vor Einführung der Merkatorarten als sogenanntes „Globussegeln“ bekannt. Seitdem geriet sie in Vergessenheit, und erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts wandte man sich ihr wieder zu.

Zur Erleichterung der Schifffahrt auf dem größten Kreise dienen Klärtchen, welche gelegentlich auf der Rückseite der von der Deutschen Seewarte herausgegebenen Monatskarten des Atlantischen Ozeans und der vom Hydrographischen Amt in Washington herausgegebenen Pilot charts Aufnahme finden.

Auf den erwähnten Klärtchen für das Steuern auf dem größten Kreise — gnomonische Karten — erscheinen die größten Kreise, also auch Äquator und Meridian, als gerade Linien, während die Breitengrade als nach dem Äquator zu gebogene Kurven auftreten. Diesen Karten kann man Kurs und Entfernung entnehmen, insbesondere aber die Schnittpunkte der Verbindungslinie zwischen Abgangs- und Ankunftsart mit Meridianen und Breitengraden, um dann den größten Kreis auf der Segelkarte einzutragen.

## Fünfter Abschnitt.

### Kreuzeraufgaben.

**112.** Im Kreuzer- und Aufklärungsdienst der Kriegsmarine wird häufig die Aufgabe gestellt, ein Schiff, dessen Kurs und Fahrt man kennt, aufzuspüren oder ein Zusammentreffen mit ihm zu vermeiden und statt dessen in eine bestimmte Richtung und Entfernung von ihm zu gelangen.

Die Lösung dieser Aufgaben geschieht durch Zeichnung auf Papier oder in der Karte.

**113.** Es sind gegeben der Standort des fremden Schiffes A (Fig. 43) und der Standort des eigenen Schiffes B. Der Kurs des fremden Schiffes wird durch die Linie AO dargestellt und seine stündliche Geschwindigkeit durch die Linie AC, während die Geschwindigkeit des eigenen Schiffes der Entfernung DC entspricht.

Um den Kurs zu finden, den das eigene Schiff einschlagen muß, um das fremde Schiff in O zu treffen, schlage man mit der Entfernung DC um C einen Kreis, welcher die Verbindungslinie AB in D und  $D_1$  schneidet. Die parallel zu DC gezogene Linie BO ist der Weg, den das eigene Schiff zurücklegen muß, um das fremde Schiff in O zu treffen. Mit Hilfe der Kompaßdreiecke läßt sich der



Kurs und mit Hilfe des Zirkels die Entfernung, die abzulaufen ist, leicht feststellen.

Aus der Fig. 43 ist ersichtlich, daß die Verbindungslinie  $AB$  mit der Entfernung  $CD$  in zwei Punkten geschnitten wird,  $D$  und  $D_1$ . Dies ist der Beweis dafür, daß im vorliegenden Falle nicht eine, sondern zwei Lösungen möglich sind, d. h. daß es zwei verschiedene Kurse und Entfernungen gibt, welche zu einem Zusammentreffen mit dem fremden Schiffe führen.

Diesen zweiten Kurs und die dazu gehörige Entfernung erhält man, wenn man  $D_1$  mit  $C$  verbindet und zu dieser Verbindungslinie durch  $B$  eine Parallele zieht, welche  $AO$  in  $O_1$  schneidet.  $BO_1$  ist dann der gesuchte Kurs und  $O_1$  der gewünschte Treffpunkt.

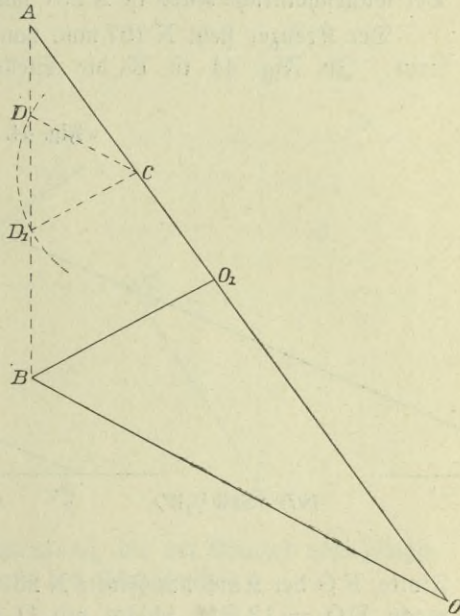
Welchen Weg man in der Praxis einzuschlagen hat, dafür sind die Umstände maßgebend, welche zur Zeit der Ausführung der Aufgabe vorliegen. Auf der anderen Seite läßt die Durchführung der Konstruktion auch sogleich erkennen, ob die Möglichkeit eines Treffens mit dem fremden Schiffe überhaupt gegeben

ist. Sobald nämlich die Entfernung, welche der eigenen Geschwindigkeit entspricht, nicht groß genug ist, um zu einem Schnittpunkt auf der Verbindungslinie der beiden Schiffe zu führen, liegt keine Möglichkeit vor, das fremde Schiff zu erreichen.

#### Beispiel.

Die Flotte passiert am 24. August 1916 um 5<sup>h</sup> Nm. auf dem Wege nach dem Englischen Kanal Skagen. Ihr sollen von Wilhelmshaven aus wichtige Depeschen entgegengebracht werden. Die Flotte läuft mit 12 Sm Fahrt. Die Nachricht vom Passieren bei Skagen trifft um 5<sup>h</sup> Nm. in Wilhelmshaven ein. Ein Kreuzer erhält den Befehl, mit den Depeschen an die Flotte auszulaufen. Um 7<sup>h</sup> Nm. ist der Kreuzer klar zum Inseegehen und um 2<sup>h</sup> Nm. steht er bei

Fig. 43.





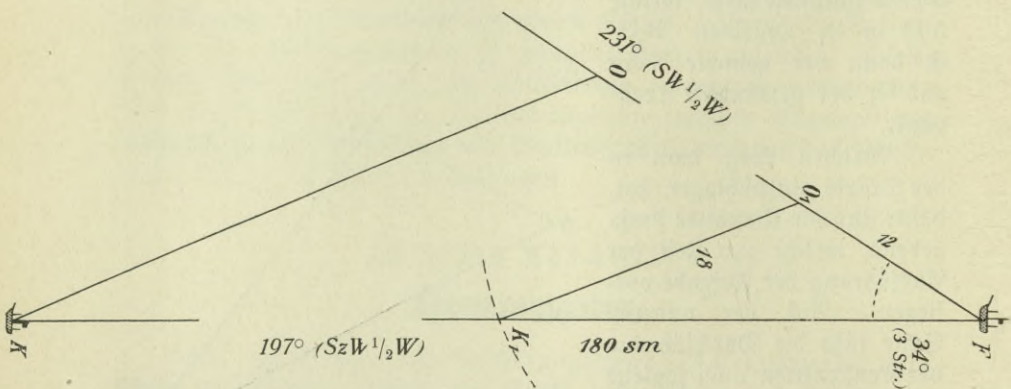
Wefer=Feuerschiff. Welchen Kurs muß der Kreuzer von hier aus ſteuern, um die Flotte zu treffen, bei 18 Sm Geſchwindigkeit?

### L ö ſ u n g.

Die Flotte hat bis 2<sup>h</sup> Nm., von 5<sup>h</sup> Vm.,  $9 \times 12 = 108$  Sm auf dem Wege nach dem Kanal zurückgelegt und ſteht unter der Annahme, daß Hanſtholm auf 10 Sm Abſtand paſſiert wurde, um dieſe Zeit auf der Höhe von Lodbjerg in  $56^\circ 54' N$ -Br. und  $8^\circ 0' O$ -Lg. Der wahrſcheinliche Kurs iſt N 231 mw.

Der Kreuzer ſteht N 197 mw. von der Flotte rund 180 Sm entfernt. In Fig. 44 iſt K die Stellung des Kreuzers, F die der

Fig. 44.



Flotte, FO der Kurs der Flotte N 231,  $\angle KFO$  mithin  $34^\circ$ . Man macht  $FO_1 = 12$  Sm, ſchlägt mit  $O_1K_1 = 18$  Sm einen Kreis, der FK in  $K_1$  ſchneidet, zieht  $KO$  parallel  $K_1O_1$ , dann iſt  $KO$  der zu ſteuernde Kurs, im vorliegenden Falle N 354 mw., und O der Punkt des Zuſammentreffens. Die Entfernung wird durch die Linie  $KO$  angegeben gleich 36 Sm.

114. Will man ein fremdes Schiff nicht treffen, ſondern in eine beſtimmte Richtung und Entfernung von ihm gelangen, ſo trage man an den Standpunkt des fremden Schiffes dieſe Richtung und Entfernung an und verfare wie zuvor.

In Fig. 45 iſt F das fremde und K das eigene Schiff. FA iſt die Richtung und Entfernung, in welche man von F gelangen will.

Man verbinde A mit K, trage in A die Kurslinie AG und die Fahrt AC des fremden Schiffes an und ſchlage von C mit der





Man verbinde A mit K, ziehe dann durch den Punkt eine Parallele zu  $FF_1$ , und trage auf ihr die stündliche Geschwindigkeit des Flaggschiffes 12 Sm gleich AC ab, dann nehme man die stündliche Geschwindigkeit des Kreuzers 18 Sm in den Zirkel und schlage damit von C aus einen Kreisbogen, der AK in D schneidet, verbinde C mit D und ziehe dazu die Parallele  $KK_1$ , welche Kurslinie und Entfernung darstellt, welche der Kreuzer durchlaufen muß, um die Stellung N 270 15 Sm vom Flaggschiff zu erreichen.

Der Kurs ist N 289 und die Entfernung 46,5 Sm.

### Sechster Abschnitt.

#### Zuverlässigkeit der terrestrischen Besteckrechnung.

115. Bei der Behandlung der Besteckrechnung ist bereits darauf hingewiesen, daß sowohl die Rechnung nach Mittelbreite wie auch das Koppeln der Kurze 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 Angaben, 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 Entfernungsfehler,  
durch Stromverfälschungen.

Die Kursfehler entstehen einerseits durch Ungenauigkeiten der Deviation des Kompasses und der Mißweisung, andererseits durch Steuerfehler. Die ersteren können durch stetige und sorgsame Kompaßkontrolle vermindert werden, die letzteren hängen von der Schulung der Rudergänger, ihrer Beaufsichtigung sowie auch von den nautischen Eigenschaften des Schiffes und den Wind- und Seeverhältnissen ab.

Gut steuernde Schiffe mit zweckmäßig aufgestellten, richtig kompensierten und in sorgfamer Kontrolle gehaltenen Kompassen werden somit geringere Kursfehler erwarten lassen als solche Schiffe, bei denen obige Voraussetzungen nicht erfüllt sind.



Mit seemännischem Gefühl und nach Erfahrung wird man bei besonderen Wind- und Seeverhältnissen zu beurteilen haben, wie weit dem gesteuerten Kurse Ungenauigkeiten beizumessen sind.

Die Entfernungsjehler in der Besteckrechnung entstehen aus ungenauer Einhaltung der befohlenen Umdrehungen, wie auch aus Ungenauigkeiten der Fahrtabelle. Sie werden auch durch Anwendung unserer Logmittel nicht ausgeschaltet.

In vielen Fällen werden zwar die Steuerfehler sowohl wie die Logfehler sich zum Teil aufheben, doch darf man die möglichen Beträge der Besteckfehler nicht aus dem Auge verlieren, sobald ein Schiff in Ermangelung zuverlässiger 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, wie wir gesehen haben, berücksichtigen; die in den Karten und Segelanweisungen enthaltenen Stromangaben sind jedoch nur allgemeine Mittelwerte und keineswegs gleichmäßig. 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 berechnen die Angaben nicht.

**116.** Fingerzeige für den Betrieb auf der Brücke.

Man halte streng darauf, daß jeder, dem etwas zugerufen wird (z. B. eine Peilung), richtig wiederholt. Um falsches Verstehen auszuschließen, ist eine besondere Aussprache der Zahlen erforderlich, die vom gewöhnlichen Sprachgebrauch abweicht. In der Kriegsmarine ist nachstehendes Verfahren üblich:

1 ein	15 fünfzehn
2 zw	21 einundzwanzig
3 drei	50 fünfzig
usw.	100 hundert (nicht einhundert)
12 zw	u. dgl.
0 zeh	

Man gewöhne sich sodann daran, bei Angabe von Kursen, Peilungen usw. das Wörtchen „Grad“ wegzulassen. Es ist zur Vermeidung von Mißverständnissen unbedingt erforderlich, einen klaren Unterschied zu machen zwischen den Richtungsbezeichnungen der Navigation und denen der Artillerie. Man denke da an die engen Verhältnisse im Kommandoturm. „215°“ gilt immer der Artillerie,



während der neue Kurs „215 Kompaß“ gegeben, eine Peilung „215 rw.“ gemeldet wird.

Wie man bei der Navigation überhaupt jede Unruhe und Hast ausschalten sollte, so ist auch beim Niederschreiben von Zahlen eine peinliche Sorgfalt am Platz. Ganz einfache, schlichte Zahlen ohne Haken und Schnörkel sind anzuwenden.

Bei Rechnungen achte man sorgsam darauf, daß die Zahlen in richtiger Weise untereinander stehen. Besondere Deutlichkeit zeichne die Kurstafel aus, nach der der Wachhabende Offizier sich in bezug auf Kurs und Umdrehungen zu richten hat.

Kompaßkurs . . . . .	214°
Fehlweisung . . . . .	— 8°
Kurs rechtweisend . . . . .	206°
Umdrehungen . . . . .	66

---

## 2. Teil. Astronomische Navigation.

### I. Vorkenntnisse; mathematische Geographie.

Erster Abschnitt.

#### Die Weltkörper.

Die Weltkörper werden eingeteilt in:

1. Fixsterne, d. s. selbstleuchtende Gestirne, welche von der Erde aus gesehen ihren Ort im Weltraum nicht oder nur wenig ändern. Ihre Entfernung von der Erde ist außerordentlich groß. Der nächststehende Fixstern ( $\alpha$  Centauri) ist so weit entfernt, daß das Licht, welches in etwa 8 Minuten von der Sonne bis zu uns gelangt,  $3\frac{1}{2}$  Jahre braucht bis zur Erde. Unsere Sonne ist auch ein Fixstern. Es ist wahrscheinlich, daß die übrigen Fixsterne ähnlich wie die Sonne ein System von anderen Gestirnen um sich haben.

2. Planeten, d. s. dunkle Himmelskörper, welche um einen Fixstern (Sonne) kreisen und von ihm ihr Licht erhalten. Planeten, welche die Sonne umkreisen, gehören zum Sonnensystem; zu ihnen gehört die Erde.

3. Monde, d. s. dunkle Himmelskörper, welche sich um die Planeten bewegen; sie erhalten ihr Licht von der Sonne.

4. Kometen, d. s. Himmelskörper, welche den Weltraum mit großer Geschwindigkeit durchheilen und bei Annäherung an das Sonnensystem durch die Anziehungskraft der Sonne gezwungen werden, diese in parabolischen, hyperbolischen oder elliptischen Bahnen zu umkreisen. Sie kehren z. T. nach längerer oder kürzerer Zeit wieder, so z. B. der Enke'sche Komet nach je  $3\frac{1}{3}$  Jahren und der Halleysche Komet nach je 76 Jahren. Man spricht in diesem Fall von periodischen Kometen.

Zweiter Abschnitt.

#### Das Sonnensystem.

5. Die Sonne wird von einer großen Zahl Planeten umkreist. Die größten derselben sind, in der Reihenfolge ihres Abstandes von der Sonne:

1. Merkur ☿

4. Mars ♂

7. Uranus ♅

2. Venus ♀

5. Jupiter ♃

8. Neptun ♆

3. Erde ☿

6. Saturn ♄



Die beiden ersten, welche sich innerhalb der Erdbahn bewegen, nennt man innere, die fünf letzten äußere Planeten.

Für die Navigation kommen nur in Betracht die wegen ihrer Helligkeit zur Beobachtung geeigneten Planeten: Venus, Mars, Jupiter und Saturn.

Die Sonne bewegt sich mit samt diesen Planeten mit großer Geschwindigkeit (30 km pro Sekunde) im Weltraum fort. Wahrscheinlich kreist sie zusammen mit anderen Fixsternen um einen gemeinsamen Schwerpunkt.

Die Planeten bewegen sich alle in derselben Richtung um die Sonne\*), allerdings mit ungleicher Geschwindigkeit. Ihre Bahnebenen weichen wenig voneinander ab ( $2^\circ$  bis  $8^\circ$ ). Sie haben alle auch eine Drehung um ihre Achse.

Der Königsberger Astronom Kopernikus (1473—1543) war der erste, dem es gelang, die alte Ptolemäische Weltanschauung, nach der die Erde stillstehen sollte und alle Gestirne sich um sie bewegten, wirksam zu bekämpfen. Er lehrte die oben genannten Bewegungen der Planeten. Für diese Behauptungen erbrachte dann der Astronom Kepler (1571—1630) den Beweis der Richtigkeit. Gleichzeitig fand er auch die Gesetze, nach denen diese Bewegungen erfolgen — die sogenannten

### Kepler'schen Gesetze.

6. 1. Sämtliche Planetenbahnen sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

2. Der Leitstrahl (d. i. die gerade Verbindungslinie des Sonnenmittelpunktes mit dem Mittelpunkt des Planeten), beschreibt in gleichen Zeiträumen gleiche Flächen.

3. Die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten verhalten sich wie die Kuben ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne.

7. Zu 2. Legt der Planet innerhalb eines gewissen Zeitraumes (etwa eines Monats) den Bogen AB zurück, so legt er in einem anderen Teil seiner Bahn in dem gleichen Zeitraum etwa den Bogen ab zurück, derart, daß die Fläche ASB = der Fläche aSb ist, d. h. die Bewegung eines Planeten in seiner Bahn ist ungleichmäßig.

In der Sonnennähe (Perihel) ist die Geschwindigkeit am größten, in der Sonnenferne (Aphel) ist die Geschwindigkeit am kleinsten (s. Fig. 1).

### Erstes Kapitel. Die Erde. (Tafel 1.)

8. Die Erde, welche irgendwann als gasförmiger und dann als glühendflüssiger Tropfen im Weltall sich geballt hat (Kant-Laplace-Hypothese),

\*) Die Bewegung erfolgt von uns aus gesehen von West nach Ost. Wenn ein Planet von dieser Bewegungsrichtung abweicht, so ist diese Abweichung nur eine scheinbare. Sie ist zurückzuführen auf die Eigenbewegung der Erde.



dreht sich um einen ihrer Durchmesser\*). Die Folge dieser Umdrehung war eine Abplattung an den Enden des Rotationsdurchmessers — der sogenannten Erdachse. Diese Abplattung bleibt in der astronomischen Navigation, gleichwie in der terrestrischen Navigation, unberücksichtigt. Die Erde wird als vollkommene Kugel betrachtet.

Denkt man sich auf Nordbreite befindlich und nach Süden sehend, so erfolgt die Drehung der Erde um ihre Achse in dem Sinne — gegen den Uhrzeiger — d. h. von West nach Ost. Den Zeitraum, welchen die Erde zu einer vollen Umdrehung braucht, nennt man einen Tag. Die Folgeerscheinung dieser Drehung der Erde um ihre Achse von West nach Ost ist die scheinbare Drehung der Himmelskugel um die Erde in der Richtung von Ost nach West. Wir sagen: die Gestirne gehen im Osten auf und im Westen unter. Man kann demnach auch den scheinbaren Umlauf eines Gestirnes um die Erde einen Tag nennen.

9. Als zweite Bewegung

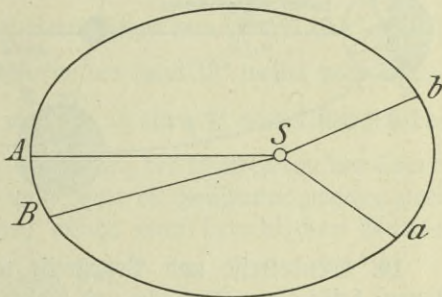
der Erde hatten wir aus den Keplerschen Gesetzen kennengelernt den mit ungleichmäßiger Geschwindigkeit erfolgenden Umlauf um die Sonne. Dieser erfolgt von West nach Ost. Die Bahn, welche die Erde hierbei

zurücklegt, nennt man auch wohl Ekliptik. Der Zeitraum, welcher zu einem vollen Umlauf nötig ist, heißt ein Jahr.

Nun steht die Erdachse nicht etwa senkrecht zur Ebene der Ekliptik, sondern sie ist um etwa  $66\frac{1}{2}^\circ$  gegen dieselbe geneigt. Infolgedessen bildet die Ebene der Ekliptik mit der Ebene des Erdäquators einen Winkel von rund  $23\frac{1}{2}^\circ$ , welcher Schiefe der Ekliptik genannt wird. Die Erdachse behält die gleiche Neigung während des jährlichen Umlaufes bei. Die Folgeerscheinung hiervon sind die Jahreszeiten.

Fig. 2 zeigt, daß die Äquatorbewohner die Sonne am 21. März und am 23. September im Zenit haben, während sie am 21. Juni den Bewohnern auf  $23\frac{1}{2}^\circ$  N und am 21. Dezember den Bewohnern auf  $23\frac{1}{2}^\circ$  S im Zenit steht. Die Wendepunkte der Sonne liegen also auf  $23\frac{1}{2}^\circ$  N und  $23\frac{1}{2}^\circ$  S vom Äquator, und dementsprechend nennt man die beiden dort liegenden Breitenparallele — nördlichen bzw. südlichen Wende-

Fig. 1.

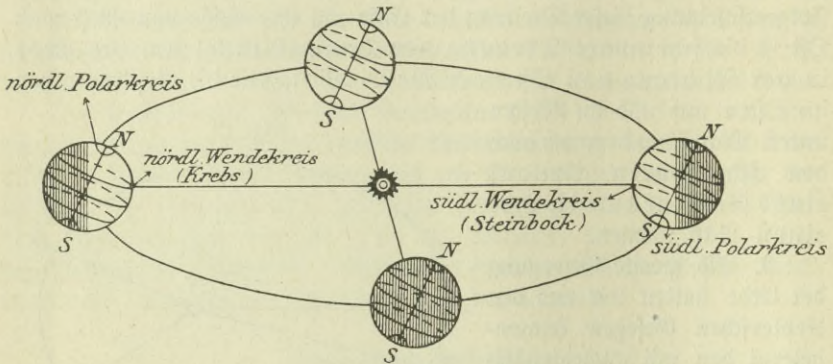


\*) Beweise: Foucault'scher Pendelversuch.  
Benzenberg's Fallversuche.  
Die Abplattung.



kreis oder auch wohl — Wendekreis des Krebses und Wendekreis des Steinbocks, weil von der Erde aus gesehen die Sonne zu diesen Zeitpunkten im Sternbild des Krebses bzw. des Steinbocks steht. Die beiden Breitenparallele, welche  $23\frac{1}{2}^\circ$  von den Polen entfernt liegen, nennt man nördlichen bzw. südlichen Polarkreis. Dieselben umschließen denjenigen Teil der Erdoberfläche, in welchem am 21. Juni bzw. am 21. Dezember die Sonne während des ganzen Tages sichtbar oder unsichtbar ist.

Fig. 2.



10. Wendekreise und Polarkreise teilen die Erdoberfläche in fünf Zonen: heiße Zone, nördliche und südliche gemäßigte Zone, nördliche und südliche kalte Zone.

Die Jahreszeiten verteilen sich auf das Jahr wie folgt:

- vom 21. März bis 21. Juni — Frühjahr,
- = 21. Juni bis 23. September — Sommer,
- = 23. September bis 21. Dezember — Herbst,
- = 21. Dezember bis 21. März — Winter (Tafel 2).

## Zweites Kapitel. Der Mond.

11. Der Mond umkreist die Erde von West nach Ost in einer Ellipse, deren mittlerer Halbmesser, die Mondweite, ungefähr 60 Erdhalbmesser beträgt. Die Neigung der Mondbahn gegen die Ebene der Ekliptik beträgt rund  $5^\circ$ . Den Zeitraum, welchen der Mond braucht für einen einmaligen Umlauf um die Erde, nennt man Monat. Während dieses Umlaufes um die Erde führt der Mond gleichzeitig eine einmalige Drehung um seine Achse aus; daher sehen wir immer fast genau denselben Teil seiner Oberfläche.

12. Durch die wechselnden Stellungen, in welche der Mond während seines Umlaufes um die Erde zur Sonne kommt, entstehen die Mondphasen. Steht der Mond zwischen Sonne und Erde, also in Konjunktion

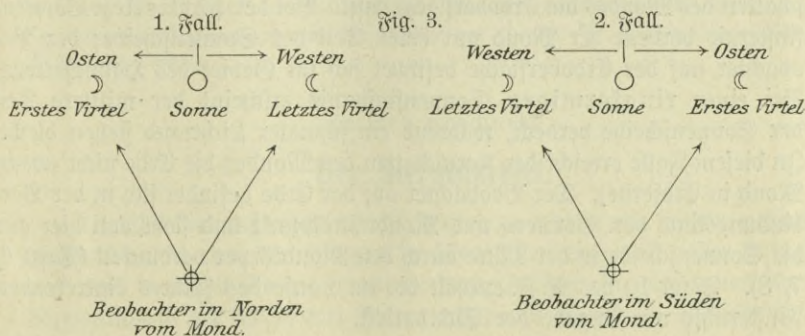
mit der Sonne, so ist es Neumond; der Mond kehrt uns die dunkle, nicht beleuchtete Seite zu und ist unsichtbar. In der Opposition dagegen, wenn die Erde zwischen Sonne und Mond steht, zeigt er uns die ganze beleuchtete Seite — es ist Vollmond. In den Quadraturen sind uns genau die Hälften der hellen und der dunklen Seite zugekehrt. Steht der Mond dann östlich von der Sonne (rund  $90^\circ$ ), so sagen wir, es ist Erstes Viertel (zunehmender Mond), steht er westlich von der Sonne, so ist Letztes Viertel (abnehmender Mond) (Tafel 3).

Im N. J. ist auf der Blattseite XII eines jeden Monats angegeben, wann der Mond in diese Phasen eintritt; ebenfalls, wann der Mond auf seinem Umlauf in der Erdnähe und wann er in der Erdferne ist.

13. Den Zeitraum, welchen der Mond braucht, um in seiner Bahn von einem Fixstern bis zu diesem zurückzukehren, nennt man einen siderischen Monat; seine Dauer beträgt etwa 27,3 Tage. Demnach legt der Mond täglich am Himmel einen Bogen von  $\frac{360^\circ}{27,3} = 13,2^\circ$  zurück, d. h. er rückt täglich gegen die Fixsterne um rund  $13^\circ$  weiter nach Osten.

Da aber die Sonne auch täglich um  $\frac{360^\circ}{365} = \text{etwa } 1^\circ$  nach Osten sich bewegt (37), so nimmt die scheinbare Entfernung des Mondes von der Sonne täglich nur um etwa  $12,2^\circ$  zu. Es muß daher die Zeitspanne zwischen zwei aufeinander folgenden Neumonden, welche man synodischen Monat nennt, ungefähr  $= \frac{360^\circ}{12,2} = 29,5$  Tagen sein.

Auf unseren Breiten sehen wir, wenn der Mond im Ersten Viertel steht — also östlich von der Sonne — die volle Seite der Mondichel nach rechts liegend —  $\text{D}$ ; im Letzten Viertel liegt die volle Seite nach links —  $\text{C}$ . Befindet sich der Beobachter auf südlichen Breiten, bzw. auf einer Breite, die weiter südwärts liegt als die Abweichung des Mondes, dann liegen die Ränder umgekehrt. Dies hat seinen Grund darin, daß der Mond im ersten Fall südwärts von uns steht, im zweiten Fall nordwärts.

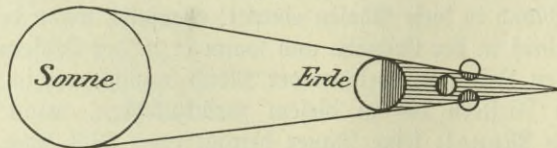




### Drittes Kapitel. Finsternisse.

14. Die von der Sonne beschienene Erde wirft als Kugel einen kegelförmigen Schatten, den Kernschatten, in den Weltraum. Die Spitze des Kegels liegt in der Ebene der Ekliptik. Die durchschnittliche Länge des Schattenkegels beträgt 216 Erdhalbmesser. Der Kernschatten ist umgeben von dem Halbschatten, der den Raum erfüllt, in den nur ein Teil der Sonnenstrahlen dringt. Tritt der Mond in den Kernschatten ein, so entsteht eine

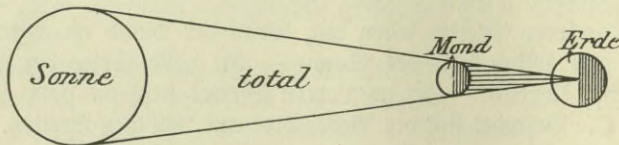
Fig. 4.



Mondfinsternis. Dies kann eintreten zur Zeit des Vollmondes und zwar dann, wenn gleichzeitig der Mond die Erdbahn kreuzt. Je nachdem der Mond ganz oder nur teilweise in den Kernschatten eintritt, haben wir eine totale oder eine partielle Mondfinsternis (Tafel 4, 5, 5a).

15. Tritt der Mond zwischen Sonne und Erde, also zur Zeit des Neumondes, so daß sein Schatten auf die Erde fällt, so entsteht eine Sonnenfinsternis. Man unterscheidet drei Arten der Sonnenfinsternis.

Fig. 5.



Bei einer totalen Sonnenfinsternis verdeckt der Mond die ganze Sonnenscheibe; der Beobachter auf der Erde befindet sich dort, wo der Kernschatten des Mondes die Erdoberfläche trifft. Bei der partiellen Sonnenfinsternis verdeckt der Mond nur einen Teil der Sonnenscheibe; der Beobachter auf der Erdoberfläche befindet sich im Gebiet des Halbschattens. Bei einer ringförmigen Sonnenfinsternis erscheint der mittlere Teil der Sonnenscheibe verdeckt, während ein schmaler Lichtrand stehen bleibt. In diesem Falle erreicht der Kernschatten des Mondes die Erde nicht (wenn Mond in Erdferne). Der Beobachter auf der Erde befindet sich in der Verbindungslinie von Sonnen- und Mondmittelpunkt und sieht von hier aus die Sonnenscheibe in der Mitte durch den Mondkörper verdunkelt (Tafel 6, 7, 8). Tafel 10 des N. J. enthält die im Laufe des Jahres eintretenden Finsternisse mit Angabe der Sichtbarkeit.

**16. Viertes Kapitel. Tabelle der Größen, Entfernungen, Geschwindigkeiten usw. der Planeten des Sonnensystems.**

Name und Zeichen	Größe in Durchmessern der $\odot$	Dichte oder spez. Gew.	Abplattung	Rotationsdauer	Entfernung v. der $\odot$ in astr. Einheiten ( $\frac{AU}{100}$ )	Siderischer Umlauf um die Sonne	Geschwindigkeit $v$ in km pro Stunde	Neigung der Bahn	Neigung der Bahn gegen Ekliptik	Monde
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Merkur $\text{☿}$	0,4	5,7		88 <sup>d</sup>	0,387	88 <sup>d</sup>	50 km	20°	7 $\frac{1}{2}$ °	
Venus $\text{♀}$	0,97	4,8			0,723	224 $\frac{1}{2}$ d	30 =	72°	3 $\frac{1}{2}$ °	
Erde $\text{♁}$	1,00	5,6	1 $\frac{1}{299}$	24 <sup>h</sup>	1,000	365 $\frac{1}{4}$ d	30 =	23 $\frac{1}{2}$ °	—	1
Mars $\text{♂}$	0,5	3,9		24 $\frac{1}{2}$ h	1,524	1a 321 $\frac{1}{2}$ d	24 =	25°	2°	2
Planetoiden										
Jupiter $\text{♃}$	11,3	1,3	1 $\frac{1}{14}$	10 <sup>h</sup>	5,203	11 <sup>a</sup> 315 <sup>d</sup>	14 =	3°	1 $\frac{1}{4}$ °	8
Saturn $\text{♄}$	9,3	0,7	1 $\frac{1}{10}$	10 <sup>h</sup>	9,539	29 <sup>a</sup> 167 <sup>d</sup>	10 =	30 $\frac{1}{4}$ °	2 $\frac{1}{2}$ °	10 und 3 Ringe
Uranus $\text{♅}$	3,9	1,4			19,183	84 <sup>a</sup> 3 $\frac{1}{2}$ d	8 =	90°	3 $\frac{3}{4}$ °	4
Neptun $\text{♆}$	3,9	1,5			30,057	164 <sup>a</sup> 285 <sup>d</sup>	4 =	34°	1 $\frac{3}{4}$ °	1

Sp. 1. Zwischen Mars und Jupiter stehen die „Planetoiden“, d. i. kleine Planeten. Der größte, „Ceres“, hat 960 km Durchmesser. Man kennt etwa 700.

Sp. 2 zeigt, daß im allgemeinen die entfernteren Planeten die größeren sind.

Sp. 3 zeigt, daß im allgemeinen mit zunehmender Entfernung von der Sonne die Dichte der Planeten abnimmt.

Sp. 4 und 5. Die äußeren Planeten haben eine starke Abplattung infolge hoher Rotationsgeschwindigkeit. Schneller Wechsel zwischen Tag und Nacht.

Sp. 6 gibt die Entfernungen der Planeten in astronomischen Einheiten. Hierunter versteht man die Entfernung  $\odot - \text{♁} = 150\,000\,000$  km.

Sp. 7 gibt die Umlaufzeiten und Sp. 8 die mittlere Geschwindigkeit. Letztere nimmt mit wachsender Entfernung von der Sonne ab.

Sp. 9 zeigt, daß  $\text{♃}$ ,  $\text{♄}$ ,  $\text{♅}$  und  $\text{♆}$  eine ähnliche Neigung der Achse gegen die Bahn haben wie die Erde, d. h. daß sie in gleicher Weise wie diese Jahreszeiten haben. Diese sind natürlich entsprechend den Umlaufzeiten verschieden lang, z. B.  $\text{♃} = 22$  Tg.,  $\text{♄} = 7\frac{1}{2}$  Jahre.

Sp. 10 zeigt, daß alle Planetenbahnen nahezu mit der Ebene der Ekliptik zusammenfallen; die größte Abweichung zeigt die Bahn des  $\text{♃}$  mit 7 $\frac{1}{2}$ °. (Breite des Tierkreis.)

Sp. 11 gibt die Anzahl der uns bekannten Monde. Dieselben bewegen sich durchweg alle von West nach Ost um ihren Planeten (rechtläufig — 38). Ausnahmen: der äußerste Saturnmond und die Monde des  $\text{♅}$  und  $\text{♆}$ , welche eine rückläufige Bewegung haben.

Dritter Abschnitt.

**Der Sternhimmel.**

17. Um die große Zahl von Fixsternen zu ordnen und leichter auffinden zu können, hat man den Himmel in Sternbilder eingeteilt. Der Helligkeit nach teilt man die Sterne in verschiedene Größen ein, von denen für die Navigation in der Regel nur Sterne erster und zweiter — ausnahmsweise



auch dritter — Größe Verwendung finden. Innerhalb der Sternbilder bezeichnet man die Sterne mit griechischen Buchstaben und einige außerdem mit Namen. Die bekanntesten sind folgende (die ungefähre Größe ist eingeklammert).

1. Polarstern	(2)	10. Castor	(2)	18. $\alpha$ Centauri	(1)
2. Achernar	(1)	11. Pollux	(1)	19. Antares	(1)
3. $\alpha$ Arietis	(2)	12. Procyon	(1)	20. Wega	(1)
4. Aldebaran	(1)	13. Regulus	(1)	21. Altair	(1)
5. Capella	(1)	14. $\alpha$ Crucis	(1)	22. Deneb	(1)
6. Rigel	(1)	15. Spica	(1)	23. Fomalhaut	(1)
7. Beteigeuze	(1)	16. $\beta$ Centauri	(1)	24. Markab	(2)
8. Canopus	(1)	17. Arcturus	(1)	25. Gemma	(2)
9. Sirius	(1)				

Ferner findet man im Nautischen Jahrbuch Seite 170—171 die Namen und Angaben für 90 Sterne. Die hellsten Sterne haben darin die Größenzahl I.

Zum leichteren Auffinden hat man Sternkarten konstruiert und das Himmelsgewölbe in die nördliche und südliche Halbkugel eingeteilt. Die Projektionsebene ist hierbei die Ebene des Himmelsäquators. Das Auge hat man sich bei der Karte der nördlichen Halbkugel im Südpol, bei der südlichen im Nordpol zu denken, so daß man sich dem Mittelpunkt der Projektionsfläche gegenüber befindet.

Die meisten Sternbilder sind dem ungeübten Beobachter schwer erkenntlich. Zum Auffuchen der Sterne benutzt man deshalb nur die bekanntesten Sternbilder; am häufigsten die folgenden: Der „große Bär“ und „Cassiopeja“ auf der nördlichen Halbkugel, „Orion“ am Äquator und das „südliche Kreuz“ auf der südlichen Halbkugel.

Von großer Wichtigkeit zum Orientieren ist ferner die „Milchstraße“, ein breites Band aus unzählbar vielen Sternen, welches annähernd als größter Kreis über das ganze Himmelsgewölbe und in einem Abstand von  $10^\circ$  an den Polen vorbeizieht.

Betrachten wir im folgenden die Sternkarten und suchen die wichtigsten Sterne auf:

### Nördliche Halbkugel.

#### Der große Bär oder Wagen.

18. Dies in der Nähe des Pols gelegene Sternbild ist an seiner Form (7 Sterne 2. bis 3. Größe als Wagen — 4 — mit Deichsel — 3 Sterne —) leicht zu erkennen. Verlängert man die Verbindungslinie der Hinterräder um das Vierfache, so trifft man auf den Polarstern.

Der Polarstern steht nur etwa  $1\frac{1}{6}^\circ$  vom Himmelspol ab und ist der



a Stern des „kleinen Bären“, eines Sternbildes, welches dem „großen Bären“ ähnlich, nur kleiner und schwächer ist.

Verlängert man die Deichsel des großen „Wagen“ im Sinne der Krümmung, so trifft man auf Arcturus ( $\alpha$  Bootis), und weiter um das selbe Stück auf Spica ( $\alpha$  Virginis), welche schon zur Südhalbkugel gehört.

Vom Viereck des „kleinen Bären“ über Viereck des „großen Bären“ um das Doppelte weiter führt auf Regulus ( $\alpha$  Leonis), welcher mit Arcturus und Polarstern ein gleichseitiges Dreieck bildet.

### Cassiopeja.

19. Hat die Gestalt eines W, mit der offenen Seite dem Pol zugekehrt, und liegt gegenüber dem „großen Bären“ an der Milchstraße. Geht man vom Polarstern über das in der Milchstraße liegende Ende um das Doppelte weiter, so findet man Sirrah ( $\alpha$  Andromedae) und trifft in der Verlängerung auf den Frühlingspunkt. Seitlich dieser Linie in der Richtung: „ $\alpha$  großer Bär“ — Polarstern liegt Markab ( $\alpha$  Pegasi).

Vom Polarstern über den inneren, nicht in der Milchstraße liegenden Endstern der Cassiopeja kommt man auf  $\alpha$  Arietis.

Geht man in der Milchstraße zu der Stelle, wo sich dieselbe in zwei Arme teilt, die sich später auf der Südhalbkugel wieder vereinigen, so findet man das Sternbild des Schwans (Cygnus), dessen hellere Sterne die Form eines Kreuzes bilden. Der hellere Spitzenstern zunächst der Cassiopeja heißt Deneb.

In der Nähe von Deneb liegt ebenso weit wie dieser vom Polarstern entfernt nach innen zu der helle Stern Wega ( $\alpha$  Lyrae).

Von Cassiopeja aus um die doppelte Entfernung wie Deneb weiter befindet sich im rechten, stärkeren Arm der Milchstraße Altair oder Atair ( $\alpha$  Aquilae).

### Der Orion.

20. Dies hellste und bedeutendste Sternbild liegt quer über den Äquator auf beiden Halbkugeln. Es ist leicht zu erkennen an den drei schräg dicht zusammen in gerader Linie liegenden Sternen 2. Größe, um welche sich fast symmetrisch vier helle Sterne in Form eines Vierecks gruppieren.

Der am weitesten nach Norden und an der Milchstraße liegende helle Stern ist Beteigeuze, erkenntlich an seinem rötlichen Licht, der daneben liegende Bellatrix, und diagonal dem ersteren gegenüber Rigel auf der Südhalbkugel.

Mit Hilfe des Orion sind folgende Sterne aufzufinden:

1. Ungefähr in der Mitte der Verbindungslinie Bellatrix—Polarstern befindet sich am Rande der Milchstraße Capella ( $\alpha$  Aurigae).
2. Die Linie Rigel—Beteigeuze, um gut das Doppelte verlängert, gibt Castor und dicht daneben Pollux ( $\alpha$  und  $\beta$  Geminorum).



3. Die Linie Bellatrix—Beteigeuze trifft auf Procyon ( $\alpha$  Canis minoris).

4. Von den drei Gürtelsternen über Bellatrix kommt man auf Aldebaran ( $\alpha$  Tauri), auch leicht zu finden an der in der Nähe liegenden Sterngruppe der Plejaden (Siebengestirn).

5. In der entgegengesetzten Richtung in Verlängerung des Gürtels nach Süden trifft man auf Sirius ( $\alpha$  Canis majoris).

### Südlige Halbkugel.

21. Von dieser sind bereits Spica, Sirius und Rigel vorher erwähnt. Im übrigen ist die südliche Halbkugel viel ärmer an hellen Sternen und Sternbildern als die nördliche. Besonders liegt in der Nähe des Südpols kein heller Stern.

Folgt man der Milchstraße, so findet man als charakteristisches Sternbild das „südliche Kreuz“, welches am nächsten dem Südpol liegt. Es hat annähernd die Form eines Kreuzes, den aufrechtstehenden Balken mit dem hellsten Stern an der Spitze —  $\alpha$  Crucis — dem Südpol zugekehrt.

Dicht daneben, nach der Teilung der Milchstraße zu, liegt das Sternbild des Centauren mit den beiden sehr hellen Sternen  $\gamma$  Größe  $\beta$  und  $\alpha$  Centauri. Gerade an der Teilung der Milchstraße befindet sich das Sternbild des Skorpion, dessen hellster Stern Antares ( $\alpha$  Scorpii) heißt und eben außerhalb der Milchstraße liegt.

Folgt man der Verlängerung des aufrechten Balkens des „südlichen Kreuzes“ über den Südpol hinaus, so liegt etwas links dieser Linie der Stern  $\gamma$  Größe Achernar ( $\alpha$  Eridani).

Ungefähr in der Mitte zwischen Rigel und  $\beta$  Centauri liegt Canopus ( $\alpha$  Argus) und von Canopus über Achernar etwa die doppelte Strecke liegt Fomalhaut ( $\alpha$  Piscis australis).

### Vierter Abschnitt.

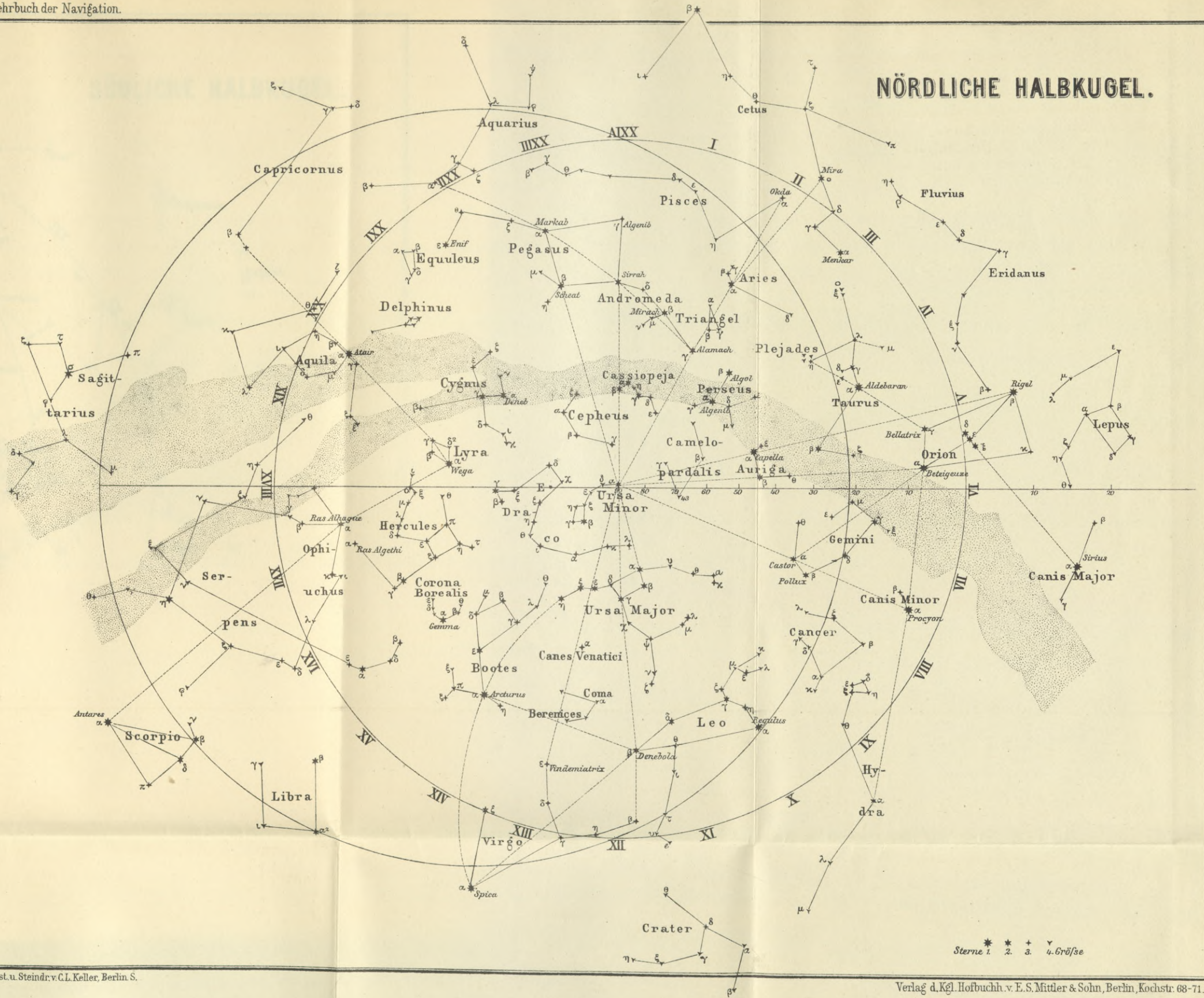
## Die Kreisysteme am Himmelsgewölbe.

### Erstes Kapitel. Weltachse, Vertikallinie, Himmelsmeridian.

22. Zwei Beobachter, die sich an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche befinden, sehen im selben Augenblick ein und dasselbe Gestirn am Himmel in verschiedenen Stellungen zum Horizont. Es muß daher möglich sein, aus dem Gestirnsort am Himmel einen Rückschluß zu machen auf die Lage des Beobachtungsortes auf der Erde. Dazu ist nun zunächst nötig, daß man den Ort eines Gestirnes am Himmel angeben kann. Zu diesem Zweck denkt man sich, in ähnlicher Weise wie es für die Erde geschehen, auch



# NÖRDLICHE HALBKUGEL.

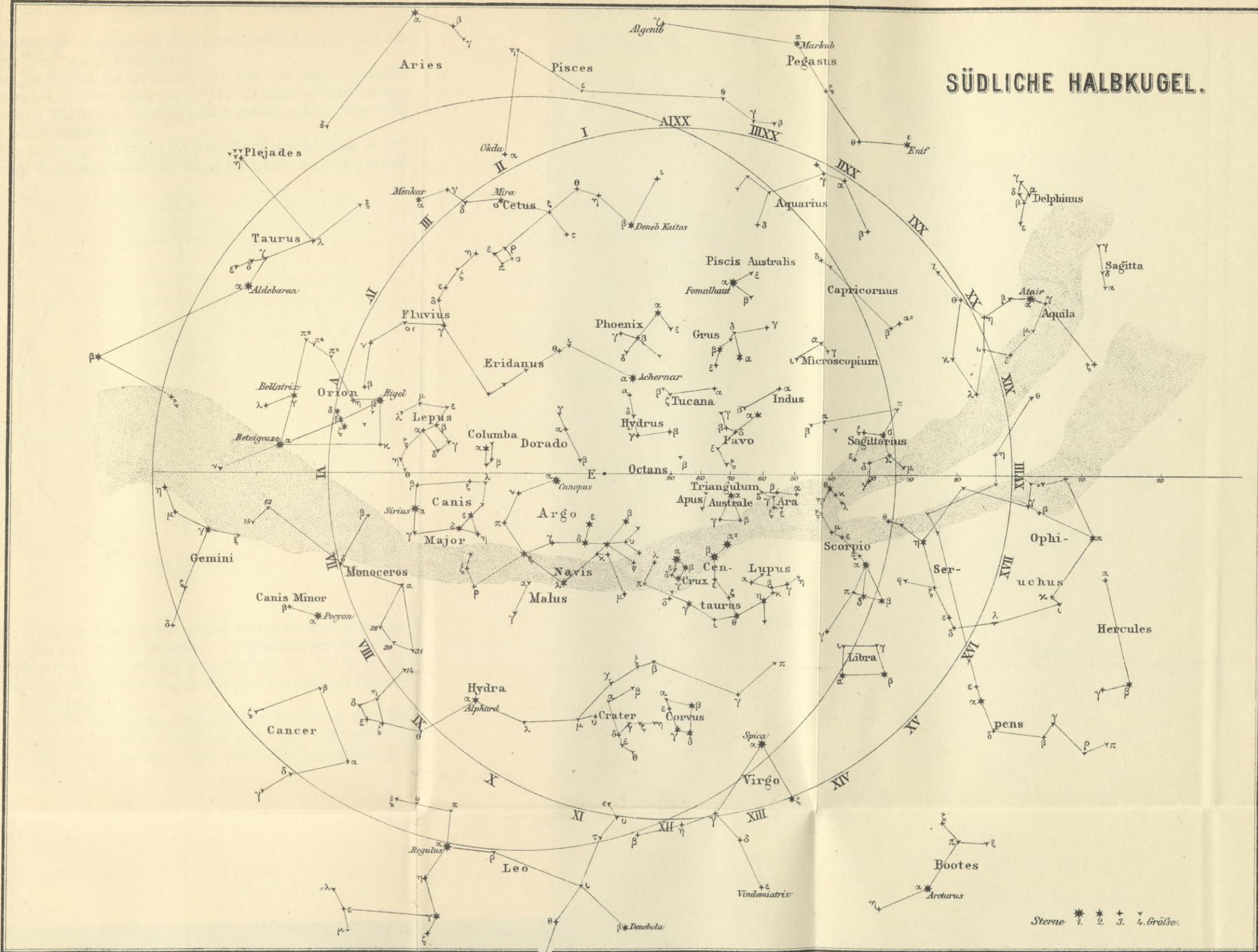








# SÜDLICHE HALBKUGEL.



Sterne \* 1. \* 2. \* 3. \* 4. Größe.



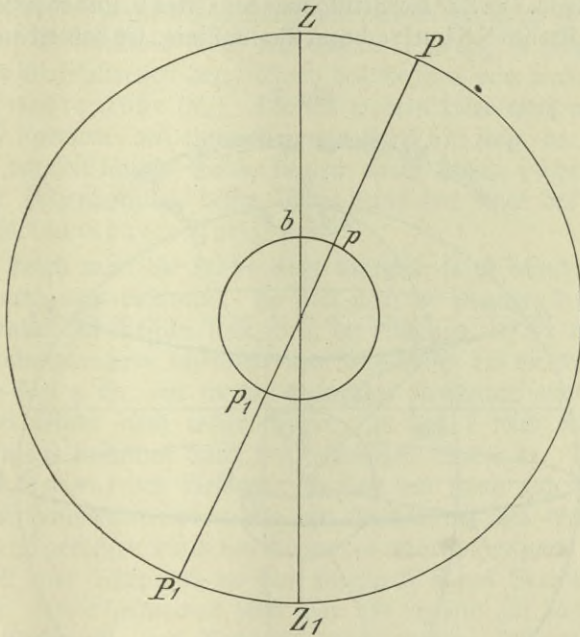


am Himmelsgewölbe Kreisysteme, die es ermöglichen, den Ort eines Gestirns seiner Lage nach zu bezeichnen.

Da wir das Weltall, das sich uns als hohle Kugel darstellt, als unendlich betrachten dürfen, ist es berechtigt, wenn wir für die folgenden Überlegungen die Erde als im Mittelpunkt dieses Weltalls befindlich ansehen, konzentrisch umgeben vom Himmelsgewölbe.

In Fig. 6 seien  $pp^1$  die beiden Erdpole. Denkt man sich dann die Erdachse über die Pole hinaus verlängert bis an das Himmelsgewölbe, so trifft

Fig. 6.



sie dasselbe in zwei Punkten,  $P$  und  $P^1$ , die wir Weltpole nennen, und zwar entsprechend den zugewandten Erdpolen — Nordweltpol und Südweltpol. Die so verlängert gedachte Erdachse heißt Weltachse. Sie ist die Umschwungsachse für die scheinbare tägliche Drehung des gesamten Himmelsgewölbes um die Erde.

Ferner trifft die Lotrichtung eines beliebigen Ortes  $b$  in ihrer Verlängerung das Himmelsgewölbe ebenfalls in zwei Punkten, die Zenit ( $Z$ ) und Nadir ( $Z_1$ ) genannt werden. Ihre gerade Verbindungslinie heißt Vertikallinie.

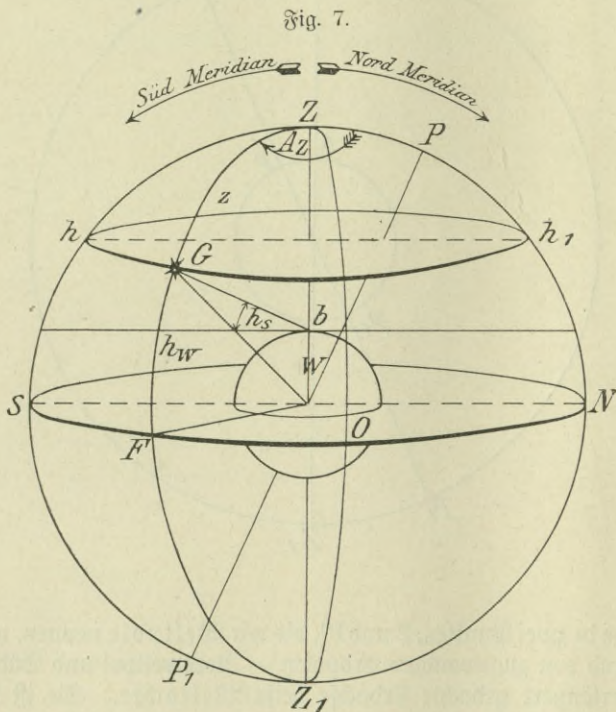


Legt man durch die vier so erhaltenen Punkte einen größten Kreis —  $ZPZ^1P^1$  —, so ist die Ebene desselben nichts anderes als die bis an das Himmelsgewölbe erweitert gedachte Ebene des Erdmeridians von  $b$ . Man nennt diesen größten Kreis in bezug auf  $b$  den Himmelsmeridian.

Auf der Erde waren die beiden Erdpole die Ausgangspunkte für die Niederlegung eines Kreissystems. In gleicher Weise werden nun am Himmelsgewölbe Zenit und Nadir sowie die beiden Weltpole verwendet, um auf ihnen je ein Kreissystem aufzubauen.

### Zweites Kapitel. Das Kreissystem des wahren Horizontes.

23. In Fig. 7 sei  $ZZ^1$  die Vertikallinie des Ortes  $b$ , und es stehe die Ebene des größten Kreises  $NS$  senkrecht zur Vertikallinie. Es haben dann sämtliche



Punkte dieses Kreises gleichen Abstand von Zenit und Nadir ( $90^\circ$ ). Man nennt diesen größten Kreis in bezug auf  $b$  den wahren Horizont. Seine beiden Schnittpunkte mit dem Himmelsmeridian heißen wahrer Nordpunkt ( $N$ ) und wahrer Südpunkt ( $S$ ), entsprechend den zugewandten Polen. Ihre gerade Verbindungslinie heißt wahre Nord-Südlinie.  $90^\circ$  ent-

fernt von Nord- und Südpunkt liegen auf dem wahren Horizont der wahre Ostpunkt und der wahre Westpunkt.

24. Die Vertikallinie zerlegt den Himmelsmeridian in zwei Hälften, und man nennt nun diejenige Hälfte, in welcher der wahre Nordpunkt liegt — Nordmeridian und diejenige Hälfte, in welcher der wahre Südpunkt liegt — Südmeridian.

Der Westpol, welcher für den Beobachter über dem wahren Horizont liegt, heißt oberer (sichtbarer) Pol; derjenige Westpol, welcher unter dem wahren Horizont liegt, heißt unterer Pol.

25. Größte Kreise, welche durch Zenit und Nadir gehen, heißen Vertikalkreise; sie stehen senkrecht zum wahren Horizont. Denkt man sich solch einen Vertikalkreis durch das Gestirn  $G$  gelegt, so mißt der Bogen  $FG$  dieses Vertikalkreises den Abstand des Gestirns vom wahren Horizont, d. i. die wahre Höhe ( $h_w$ ). Mit der wahren Höhe weiß man, daß das Gestirn  $G$  irgendwo auf einem kleineren Kreis  $hh^1$  steht, der dem wahren Horizont parallel läuft. Solche kleinere Kreise heißen Höhenparallele. Derjenige Höhenparallel, dessen Ebene durch das Auge des Beobachters geht, heißt scheinbarer Horizont.

26. Kennt man die Höhe eines Gestirns, so ist damit sein Ort am Himmel noch nicht bestimmt. Es fehlt noch die Angabe, wo auf seinem Höhenparallel das Gestirn steht, d. h. die Richtung, in der man es sieht. Diese Richtungsangabe orientiert man bekanntlich auf die Nord-Sübdlinie, und man sagt z. B.: ein Gestirn steht vom Nordpunkt aus gerechnet so und soviel Grade nach rechts herum. In Fig. 7 wird diese Richtung des Gestirns  $G$  bestimmt durch den sphärischen Winkel  $Az$ . Dieser Winkel heißt das Azimut des Gestirns. Er liegt am Zenit und wird gebildet durch den Himmelsmeridian und den Vertikalkreis des Gestirns. Das Azimut wird gemessen durch den Bogen des wahren Horizonts vom wahren Nordpunkt oder Südpunkt bis zum Fußpunkt  $F$  des Vertikalkreises ( $NF$  oder  $SF$ ). Im allgemeinen zählt man das Azimut auf Nordbreite vom wahren Nordpunkt, auf Südbreite vom wahren Südpunkt aus nach Ost und West von  $0^\circ$  bis  $180^\circ$ , oder auch vom wahren Nordpunkt aus nach rechts herum von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$ .

27. Höhe und Azimut bestimmen also für einen bestimmten Ort auf der Erde den Gestirnsort am Himmel.

Das Komplement der Höhe ( $h$ ) heißt Zenitdistanz ( $z$ ).

28. Derjenige Vertikalkreis, welcher senkrecht steht zum Himmelsmeridian, wird Erster Vertikal genannt; das Azimut aller Gestirne, welche im Ersten Vertikal stehen, ist  $90^\circ$  ( $270^\circ$ ). Der Erste Vertikal schneidet den wahren Horizont im wahren Ost- und Westpunkt. (Tafel 9, 9a.)

Anmerkung: Übungen zur Auffindung eines Gestirns nach Azimut und Höhe.

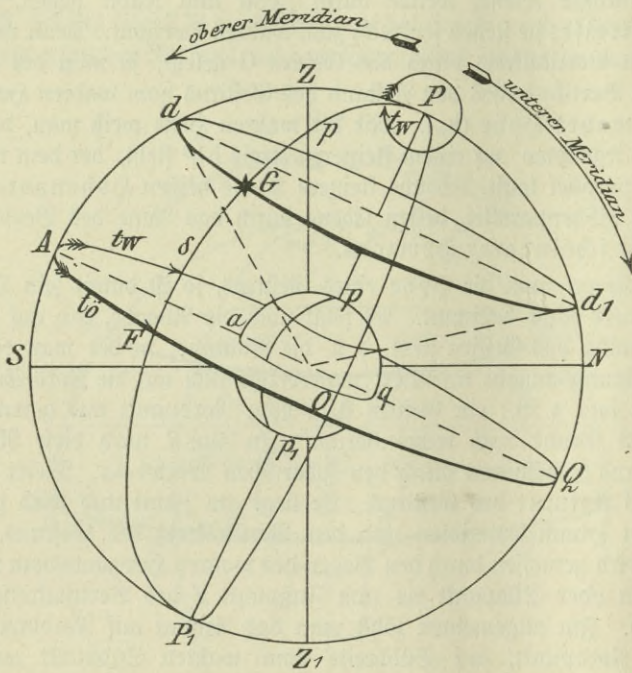


**Drittes Kapitel. Das Kreissystem des Weltäquators.**

29. Wie die Vertikallinie, so zerlegt auch die Weltachse den Himmelsmeridian in zwei Hälften. Diejenige Hälfte zwischen den beiden Polen, in der das Zenit liegt, nennt man oberen Meridian, während die andere Hälfte, in der das Nadir liegt, unterer Meridian heißt.

In Fig. 8 seien  $P$  und  $P^1$  die beiden Weltpole,  $p$  und  $p^1$  die Erdpole,  $aq$  der Erdäquator. Denkt man sich nun die Ebene des Erdäquators bis

Fig. 8.



an das Himmelsgewölbe erweitert, so trifft sie dasselbe in einem größten Kreis, den man Weltäquator nennt. Sämtliche Punkte dieses Kreises haben gleichen Abstand von den Weltpolen, und zwar  $90^\circ$ .

30. In gleicher Weise kann man sich auch die übrigen Kreise der Erdoberfläche (Meridian und Breitenparallele) vom Erdmittelpunkt aus auf die Himmelkugel projiziert denken. Den Meridianen entsprechen dann größte Kreise, welche durch die Weltpole gehen. Man nennt dieselben Stundenkreise. Denkt man sich solch einen Stundenkreis durch das Gestirn  $G$  (Fig. 8) gelegt, so mißt der Bogen  $FG$  den Abstand des Gestirns

vom Weltäquator. Diesen Abstand nennt man die Abweichung ( $\delta$ ) des Gestirns. Dieselbe entspricht der Ordinate „geographische Breite“ auf der Erde und wird wie diese gezählt nach Nord und Süd von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$ .

31. Ist die Abweichung ( $\delta$ ) eines Gestirns G bekannt, so weiß man, daß das letztere irgendwo auf einem kleineren Kreis  $\delta\delta^1$  steht, der dem Weltäquator parallel läuft. Solche kleineren Kreise heißen Abweichungsparallele. Dieselben entsprechen den Breitenparallelen auf der Erde. In welchem Punkt seines Abweichungsparallels das Gestirn steht, das wird bestimmt durch den sphärischen Winkel  $t$  (Fig. 8), den Stundenwinkel des Gestirns. Dieser Winkel liegt am Weltpol und wird gebildet durch den Himmelsmeridian und den Stundenkreis des Gestirns. Er wird gemessen durch den Bogen AF des Weltäquators, und zwar im allgemeinen vom oberen Meridian nach Westen ( $t_w$ ) herum von  $0^h$  bis  $24^h$ ; oder man zählt ihn vom oberen Meridian nach Osten und Westen, von  $0^h$  bis  $12^h$  ( $t_o$  und  $t_w$ ).

32. Abweichung und Stundenwinkel bestimmen also ebenfalls den Ort eines Gestirns am Himmel.

Poldistanz ( $p$ ) nennt man im allgemeinen den Abstand eines Gestirns vom sichtbaren oder oberen Pol:

Ist die Abweichung gleichnamig mit der Breite, so ist  $p = 90^\circ - \delta$ .  
Ist die Abweichung ungleichnamig mit der Breite, so ist  $p = 90^\circ + \delta$ . } Fig. 8.

33. Derjenige Stundenkreis, welcher senkrecht steht zum Himmelsmeridian, heißt Sechsstundenkreis. Für Gestirne, welche im Sechsstundenkreis stehen, ist  $t_w = 6^h$  oder  $= 18^h$ . Für letzteren kann man auch setzen  $t_o = 6^h$ .

Der Sechsstundenkreis schneidet den wahren Horizont im wahren Ost- und Westpunkt. (Tafel 10, 10a.)

Anmerkung: Übungen zur Aufsuchung eines Gestirns nach Abweichung und Stundenwinkel.

#### Viertes Kapitel. Geradeaufsteigung und Abweichung.

34. Nach den bisherigen Betrachtungen ist der Ort eines Gestirns bestimmt:

I. durch seine Höhe und seinen Azimut.

II. durch seine Abweichung und seinen Stundenwinkel.

Diese Bestimmungsstücke — ausgenommen die Abweichung — beziehen sich jedoch auf solche Hauptkreise am Himmel (Horizont, Meridian), die selber mit dem Beobachter ihre Lage ändern, d. h. sie sind abhängig vom dem Ort des Beobachters auf der Erde.

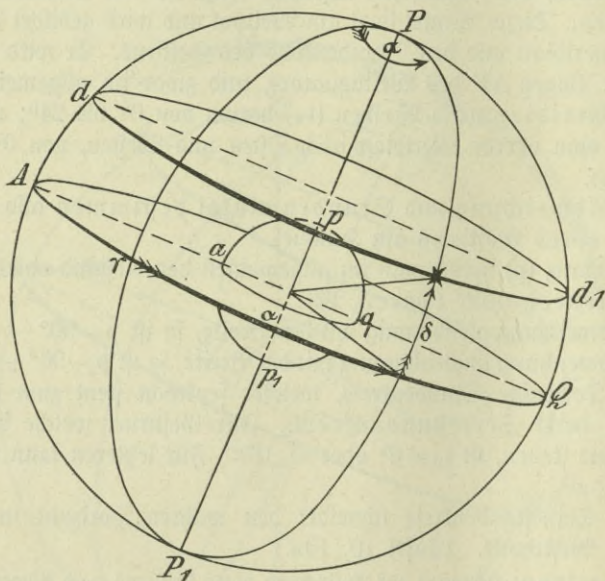
Es ist aber notwendig, die Gestirnsorte am Himmel allgemeingültig angeben zu können, ähnlich wie auf der Erde Breite und Länge eines Ortes.



Für die Abweichung trifft diese Forderung bereits zu, da dieselbe vom Äquator aus zählt, der ein festliegender Kreis ist — d. h. immer durch dieselben Punkte des gestirnten Himmels geht.

35. Der Stundenwinkel dagegen ist abhängig vom Ort des Beobachters, da er von dessen Himmelsmeridian aus gemessen wird. Man hat deshalb an Stelle des Meridians als Nullstundenkreis einen Stundenkreis gewählt, der durch einen festen Punkt des Äquators geht, ähnlich wie man

Fig. 9.



auf der Erde den Meridian von Greenwich gewählt hat. Dieser feste Punkt ist der Frühlingsspunkt ( $\gamma$ ) (39).

Von ihm aus (Fig. 9) wird der Weltäquator eingeteilt in 24 Stunden und man nennt nun den nach Osten herum gezählten Bogen des Äquators vom Frühlingsspunkt bis zum Stundenkreis des Gestirns — die Geradeaufsteigung ( $\alpha$ ) des Gestirns. Man kann dieselbe auch erklären als den östlichen Stundenwinkel eines Gestirns vom Frühlingsspunkt aus.

36. III. Geradeaufsteigung ( $\alpha$ ) und Abweichung ( $\delta$ ) bestimmen den Ort eines Gestirns am Himmel allgemeingültig.

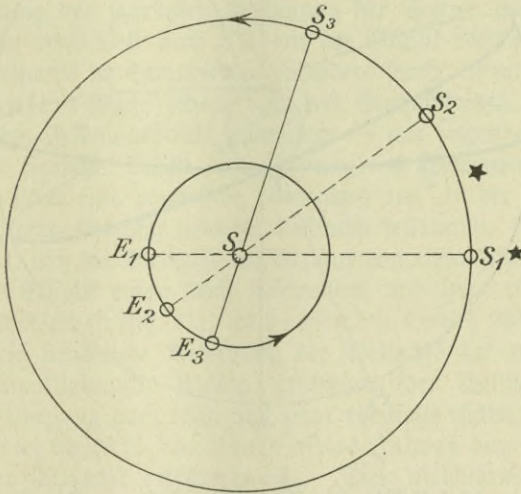
Im Nautischen Jahrbuch sind die für die Navigation wichtigen Gestirne, geordnet nach diesen beiden Bestimmungsstücken, angegeben. Ein Verzeichnis der Fixsterne findet sich auf den Seiten 170—180. Die beiden

letzten Blattseiten eines jeden Monats enthalten die Planetentafeln (Venus, Mars, Jupiter, Saturn). Für die Sonne findet man  $\alpha$  und  $\delta$  auf der ersten Blattseite eines jeden Monats von Tag zu Tag angegeben und für den Mond auf den Seiten V—XII eines jeden Monats; weil der Mond infolge seiner schnellen Bewegung am Himmel ( $13^\circ$  tägl.) sein  $\alpha$  und  $\delta$  schnell ändert, sind diese Werte von Stunde zu Stunde gegeben.

**Fünftes Kapitel. Die Ekliptik.** (Der Frühlingspunkt.)

37. Die Fig. 10 zeigt, daß die Folgeerscheinung der wahren Bewegung der Erde um die Sonne — etwa von  $E_1$  nach  $E_3$  — eine schein-

Fig. 10.

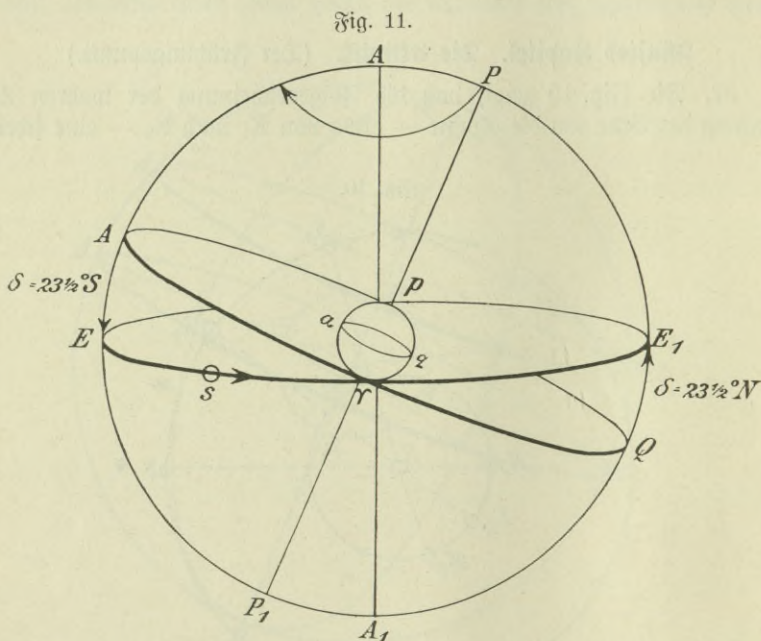


bare Bewegung der Sonne um die Erde ist — von  $S_1$  nach  $S_3$ . Die Sonne bewegt sich scheinbar von West nach Ost unter den anderen Gestirnen entlang, und zwar in einer Bahn, welche am Himmelsgewölbe als größter Kreis erscheint. Diesen größten Kreis nennt man ebenfalls Ekliptik; er ist nichts anderes als die bis an das Himmelsgewölbe erweiterte gedachte Ebene der Erdbahn. Die scheinbare Bewegung der Sonne in der Ekliptik ist natürlich auch eine ungleichmäßige, gleichwie die wahre Bewegung der Erde, deren Spiegelbild sie ist. Da die Sonne zu einem vollen scheinbaren Umlauf in der Ekliptik ein Jahr gebraucht, legt sie tägl.  $\frac{360^\circ}{365} =$  rund  $1^\circ$  zurück (nach Osten).



38. Die scheinbare Bewegungsrichtung der Sonne im Laufe eines Jahres (von West nach Ost) nennt man rechtläufig. Im Gegensatz dazu heißt die scheinbare tägliche Bewegungsrichtung der Sonne (von Ost nach West) rückläufig.

39. Die Ekliptik bildet mit dem Weltäquator einen Winkel von  $23\frac{1}{2}^\circ$  (9), — die Schiefe der Ekliptik.



In der Fig. 11 soll  $EE_1$  die Ekliptik darstellen. Die Senkrechte  $AA^1$  nennt man die Achse der Ekliptik und deren Endpunkte  $A$  und  $A^1$  die Pole der Ekliptik.

Die Sonne ( $S$ ) bewegt sich scheinbar im Laufe des Jahres in der Richtung des Pfeiles ( $s$ ) von West nach Ost um die Erde. Die beiden Punkte, in denen sich Weltäquator und Ekliptik schneiden, heißen Äquinoctial- oder Tag- und Nachtgleichenpunkte. Derjenige dieser Punkte, in dem die Sonne von Südabweichung auf Nordabweichung übergeht, heißt Frühlings- oder Widderpunkt ( $\gamma$ ). In ihm steht die Sonne von der Erde aus gesehen am 21. März. Der Frühlingspunkt kann also aufgefaßt werden als ein Punkt des Weltäquators.

40. Die beiden Punkte der Ekliptik, welche  $90^\circ$  von dem Äquinoctialpunkte entfernt liegen, heißen Solstitial- oder Sonnenwendpunkte.

(E und E<sub>1</sub>). In ihnen erreicht die Sonne ihre größte Abweichung und zwar am 21. Juni (23½° N) und am 21. Dezember (23½° S); dann wendet sie.

41. Schon von alters her hat man die Sterne zu beiden Seiten der Ekliptik geordnet zu einem Band von 12 Sternbildern, dem Tierkreis, nämlich:

1. Widder	♈	7. Waage	♎
2. Stier	♉	8. Skorpion	♏
3. Zwillinge	♊	9. Schütze	♐
4. Krebs	♋	10. Steinbock	♑
5. Löwe	♌	11. Wassermann	♒
6. Jungfrau	♍	12. Fische	♓

Diese Tierkreisbilder dachte man sich vom Widderpunkt anfangend, in der Richtung der jährlichen Bewegung der Sonne (rechtläufige Bewegung), also von West nach Ost auf der Ekliptik verteilt. Da derzeit der Frühlingspunkt im Sternbild des Widders stand, nennt man ihn auch Widderpunkt. Heute jedoch fällt das Sternbild des Widders nicht mehr mit dem Frühlingspunkt zusammen — aus folgendem Grunde:

42. Die Erdachse behält ihre Richtung im Weltraum nicht ständig bei, sondern führt eine pendelnde Bewegung aus, an der natürlich auch die als verlängerte Erdachse gedachte Weltachse teilnimmt. Die Bewegung erfolgt derart, daß die Weltpole im Verlauf von etwa 25000 Jahren um die Pole der Ekliptik einen Kreis beschreiben, und zwar rückläufig, d. h. von Ost nach West (s. Fig. 11); Halbmesser des Kreises 23½°.

43. Diese pendelnde Bewegung der Weltachse hat zur Folge, daß sich die Äquinoktialpunkte ständig verschieben (der Weltäquator nimmt ja an der Bewegung auch teil), und zwar ebenfalls rückläufig derart, daß der Frühlingspunkt im Laufe eines Jahres der Sonne etwa 50,2'' in der Ekliptik entgegenseilt. Diese gleichförmige Bewegung des Frühlingspunktes nennt man die Voreilung (Präzession) des Frühlingspunktes. Ihr zufolge liegt der letztere heute bereits im Sternbild der Fische.

44. Ferner: Die Weltpole gelangen auf ihrer Kreiswanderung um die Ekliptik-Pole im Laufe der Jahrtausende nach und nach in die Nähe von anderen Sternen, und der jetzige Polarstern ( $\alpha$  Ursae minoris), der etwa 1⅙° vom Nord-Weltpol entfernt ist und bis etwa ½° dem Pol noch nahe kommen wird, wird nicht immer Polarstern bleiben (Tafel 11, 11a).

Anmerkung: 1. Übungen im Auffinden von Sternen am Himmelsgewölbe nach Abweichung und Geradeaufsteigung. Zur Bestimmung der Lage des Frühlingspunktes geht man von einem bekannten Gestirn aus.

2. Zeichnen von Sternkarten für die bekanntesten Sterne mit Hilfe des Fixsternverzeichnis des N. J.

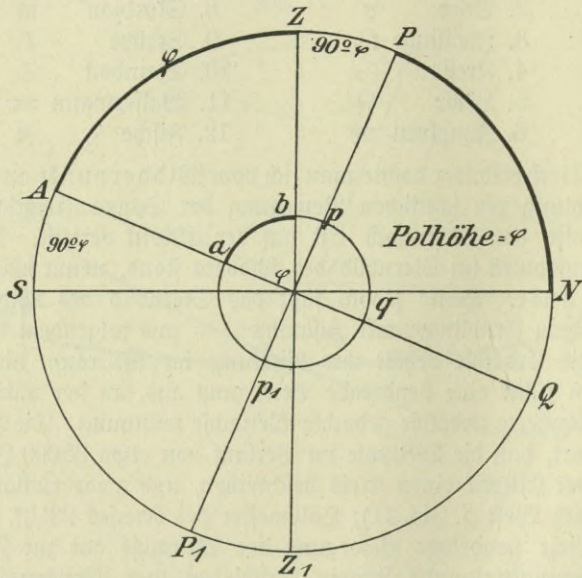


Fünfter Abschnitt.

Die Meridianfigur.

45. In der Fig. 12 sei:  
 PP' die Weltachse;                      ZZ' die Vertikallinie;  
 A Q der Weltäquator;                  SN der wahre Horizont.

Fig. 12.



Man sieht von Osten her in die Meridianebene hinein; daher liegt der wahre Nordpunkt rechts.

Die geographische Breite  $\varphi$  eines Beobachters in  $b$  wird offenbar nicht nur gemessen durch den Meridianbogen  $ab$  auf der Erde, sondern auch am Himmelsgewölbe durch den Bogen  $AZ$  des Himmelsmeridians.

Also: Breite ( $\varphi$ ) = Meridianzenitdistanz des Äquators.

Da nun der Bogen  $AP = 90^\circ$  ist, so ist Bogen  $PZ = 90^\circ - \varphi =$  dem Komplement der Breite.

Daraus wieder folgt, weil Bogen  $NZ = 90^\circ$  ist, daß Bogen  $NP = \varphi$  ist. Diesen Bogen nennt man die Polhöhe.

Also: Wahre Polhöhe = der Breite.

Ferner: Die Äquatorhöhe ist stets gleich dem Komplement der Breite ( $90^\circ - \varphi$ ).

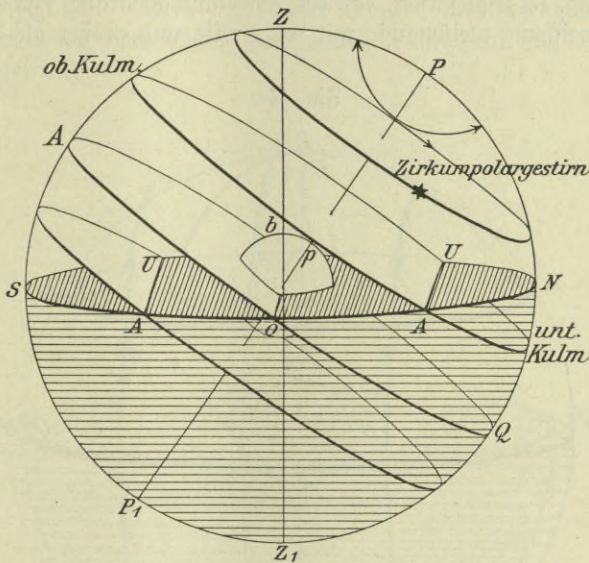
Anmerkung: Übungen im Zeichnen von Meridianfiguren für verschiedene Breiten.

Sechster Abschnitt.

**Die scheinbare tägliche Bewegung der Gestirne.**

46. Als Spiegelbild der Drehung der Erde um ihre Achse von West nach Ost erkannten wir schon früher den scheinbaren Umschwung des ganzen Himmelsgewölbes um die Weltachse von Ost nach West. Danach erfolgt

Fig. 13.



der tägliche Umlauf eines Gestirns um die Erde in seinem Abweichungsparallel (Fig. 13).

47. Die Schnittpunkte des Abweichungsparallels eines Gestirns mit dem wahren Horizont nennt man sinngemäß — wahren Aufgangspunkt ( $A$ ) und wahren Untergangspunkt ( $U$ ). Denjenigen Teil des Abweichungsparallels eines Gestirns, welcher über dem wahren Horizont liegt, nennt man den Tagbogen; in ihm ist das Gestirn dem Beobachter sichtbar und erreicht im oberen Meridian seine größte Höhe. Man sagt dann: es kulminiert oder: es steht in seiner oberen Kulmination. (Kulminationshöhe, bei der Sonne: Mittagshöhe.)

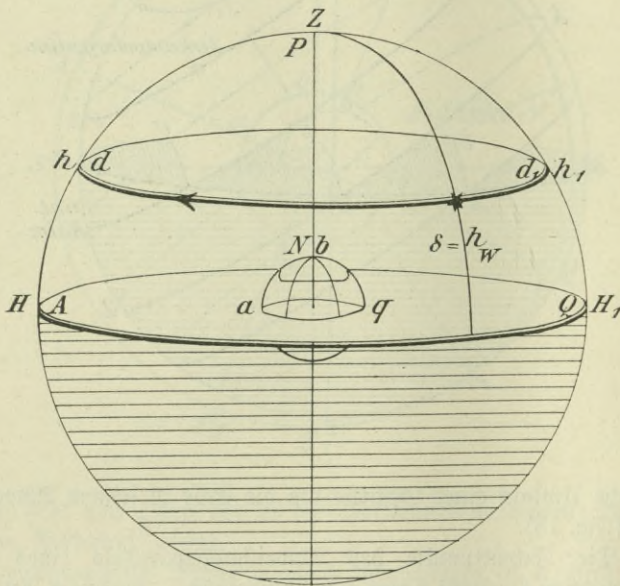
48. Derjenige Teil des Abweichungsparallels, welcher unter dem wahren Horizont liegt, heißt Nachtbogen; in ihm ist das Gestirn dem Beobachter unsichtbar und erreicht im unteren Meridian seinen tiefsten Stand unter dem Horizont. Man sagt dann: es steht in seiner unteren Kulmination.



49. Ist die Abweichung eines Gestirns  $0^\circ$ , steht dasselbe also auf dem Äquator, so ist der Tagbogen gleich dem Nachtbogen. Bei der Sonne ist dies der Fall am 21. März und am 23. September; daher: Tag- und Nachtgleichpunkte (39). Ist die Abweichung eines Gestirns gleichnamig mit der Breite, so ist der Tagbogen größer als der Nachtbogen, — ist die Abweichung ungleichnamig mit der Breite, so ist der Tagbogen kleiner als der Nachtbogen.

50. Fig. 13 zeigt ferner, daß der Abweichungsparallel eines Gestirns, dessen Abweichung gleichnamig mit der Breite und größer als das Kom-

Fig. 14.



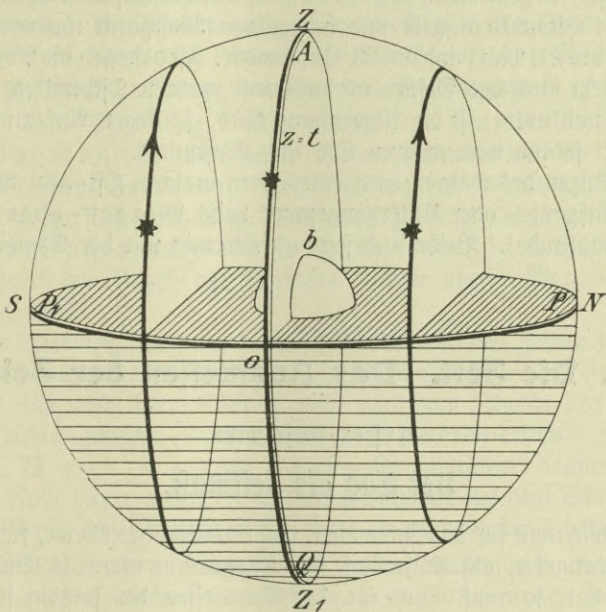
plement der Breite ist, den Horizont nicht mehr schneidet. Das Gestirn geht also für den Beobachter nicht unter. Solche Gestirne heißen Zirkumpolargestirne. Ist die Abweichung solcher Gestirne größer als die Breite, so kulminieren sie zwischen Zenit und Pol; sie schneiden also den Ersten Vertikal nicht. Ihr Azimut wird, von Null beginnend, einen größten Wert erreichen, der stets kleiner bleibt als  $90^\circ$ . Diesen größten Azimutwert nennt man die größte Ausweichung (Tafel 12, 12a).

Im folgenden sollen zwei Sonderfälle des eben besprochenen scheinbaren täglichen Umlaufs der Gestirne beleuchtet werden:

I. Der Beobachter steht auf dem Erdpol.

51. Es fallen dann offenbar Zenit und Nadir mit den Weltpolen zusammen und insollgedessen auch der wahre Horizont mit dem Weltäquator, die Höhenparallele mit den Abweichungsparallelen. Die letzteren laufen also dem wahren Horizont parallel, d. h. sämtliche sichtbaren Gestirne behalten, sofern sie ihre Abweichung nicht ändern, die gleiche Höhe und sind Zirkumpolargestirne. Man nennt diese Stellung die parallele Sphäre (Fig. 14). Dem Beobachter können nur diejenigen Gestirne sichtbar sein, deren Abweichung gleichnamig ist mit dem Pol, auf dem er steht. (Tafel 13.)

Fig. 15.



II. Der Beobachter steht auf dem Äquator.

52. In diesem Fall liegen Zenit und Nadir im Weltäquator, die beiden Pole im wahren Horizont. Dieser fällt mit dem Sechsstundenkreis zusammen und der Weltäquator mit dem Ersten Vertikal. Sämtliche Abweichungsparallele stehen senkrecht zum wahren Horizont und werden durch diesen halbiert, d. h. Tag- und Nachtbogen sämtlicher Gestirne sind einander gleich. Die Höhenänderung ist sehr groß. Ist die Abweichung eines Gestirns  $0^\circ$ , so ist seine in Zeit umgewandelte Zenitdistanz der Stundenwinkel. Man nennt diese Stellung die gerade Sphäre (Fig. 15). (Tafel 14, 14a.)



## Aufgabe. (Übungen.)

53. Es ist an der Hand einer Meridianfigur zu erläutern, zwischen welchen Grenzen die Abweichung derjenigen Gestirne liegt, welche auf  $x^{\circ}$ -Breite
- auf- und untergehen,
  - Zirkumpolargestirne sind,
  - überhaupt nicht aufgehen,
  - den oberen Meridian sichtbar passieren,
  - den unteren Meridian sichtbar passieren,
  - zwischen Zenit und Pol kulminieren,
  - zwischen Horizont und Äquator kulminieren,
  - den Ersten Vertikal sichtbar schneiden.

## Morgen- und Abendweite. (Amplitude.)

54. Fig. 13 zeigt auch, daß ein Gestirn, welches auf dem Äquator steht, im wahren Ostpunkt aufgeht und im wahren Westpunkt untergeht; z. B. die Sonne am 21. März und am 23. September. Ist dagegen die Abweichung Nord, so geht auch das Gestirn nördlich vom wahren Ostpunkt bzw. Westpunkt auf und unter; ist die Abweichung Süd, so liegen Auf- und Untergangspunkt südlich vom wahren Ost- und Westpunkt.

Der Bogen des wahren Horizontes, vom wahren Ost- oder Westpunkt bis zum Aufgangs- oder Untergangspunkt heißt Morgen- oder Abendweite (Amplitude). Beide sind stets gleichnamig mit der Abweichung.

## II. Die Zeit. Das Ausmessen der Zeit.

## Erster Abschnitt.

## Der Tag als Zeitmaß.

55. Wie man für das Ausmessen von Strecken das Meter, für Flächen das Quadratmeter, als Kräftemaß das Kilogramm usw. als Einheitsmaß festgelegt hat, so muß auch für das Ausmessen der ständig fließenden Zeit ein Einheitsmaß geschaffen werden. Dazu ist nötig, daß man einen Vorgang findet, der zu seiner Entwicklung immer wieder dieselbe Zeitspanne braucht.

56. Einen solchen Vorgang haben wir in der Drehung der Erde um ihre Achse bzw. im Spiegelbild dieser Bewegung, der scheinbaren Drehung des Himmelsgewölbes um die Weltachse von Ost nach West. Wir nannten schon früher die Dauer dieses Vorganges einen Tag, und zwar versteht man nun präziser ausgedrückt unter einem Tag den Zeitraum, welcher verfließt von der oberen Kulmination irgendeines bestimmten Punktes am Himmelsgewölbe bis zur nächstfolgenden oberen Kulmination dieses Punktes.



Der Tag wird eingetheilt in 24 gleiche Stunden (<sup>h</sup>), jede Stunde in 60 Minuten (<sup>m</sup>), jede Minute in 60 Sekunden (<sup>s</sup>). Da es sich hierbei um einen Vollkreis handelt, so sind:

$$24^h = 360^\circ$$

$$1^h = 15^\circ$$

$$4^m = 1^\circ$$

$$1^m = 15'$$

$$4^s = 1'$$

$$1^s = 15''$$

Zur bequemen Verwandlung von  
Zeit in Bogen und Bogen in Zeit  
dienen die N. T. 7a, b oder N. T. 14.

57. Alle Fixsternstage sind nun untereinander gleich lang, da die Fixsterne ihre Stellung untereinander nicht ändern. (Für unsere Zwecke genau genug.) Es ist aber nötig, einen bestimmten Stern oder einen bestimmten Punkt am Himmel als Marke für den Beginn eines Tages zu wählen. Hierzu hat man den Frühlingspunkt genommen.

58. Der Sterntag. Man nennt nun die Umlaufszeit des Frühlingspunktes von einer oberen Kulmination bis zur nächstfolgenden einen Sterntag. Der Sterntag hat 24 Sternstunden usw. Alle Sterntage sind gleich lang. Der jeweilige westliche Stundenwinkel des Frühlingspunktes heißt Sternzeit ( $\star Z.$ ). Dieselbe wird gemessen durch den Bogen des Äquators — vom oberen Meridian bis zum Frühlingspunkt.

Den Sterntag können wir aber als gebräuchliches Zeitmaß nicht wohl nutzen, da das uns Licht und Leben spendende Gestirn doch die Sonne ist und wir uns nach ihrem Stande, nicht nach dem Stande des Frühlingspunktes richten müssen. — Wohl aber spielt die eben erklärte Sternzeit — wie Nr. 74 zeigt — in den nautisch-astronomischen Rechnungen eine wichtige Rolle dann, wenn es sich darum handelt, aus dem Stundenwinkel eines Gestirns den Stundenwinkel eines anderen Gestirns herzuleiten.

59. Der wahre Sonnentag. Die Umlaufszeit der sichtbaren oder wahren Sonne nennt man einen wahren Sonnentag. Der jeweilige westliche Stundenwinkel dieser Sonne heißt wahre Zeit. Dieselbe wird gemessen durch den Bogen des Äquators — vom oberen Meridian bis zum Stundenkreis der wahren Sonne. Wenn die wahre Sonne im oberen Meridian steht, wahre Zeit also  $0^h$  ist, sagen wir: es ist wahrer Mittag.

Die wahren Sonnentage sind aber unter sich nicht gleich lang:

1. weil die Sonne sich im Laufe des Jahres nicht auf dem Äquator, sondern in der Ekliptik fortbewegt;
2. weil diese Bewegung obendrein ungleichmäßig ist. (II. Keplersches Gesetz.)

Sie eignen sich somit nicht als Einheitsmaß für das Ausmessen von Zeit.



Man hat deshalb statt der wahren Sonne eine sog. mittlere Sonne angenommen, d. i. eine gedachte Sonne, die sich mit gleichmäßiger Geschwindigkeit auf dem Äquator — ebenfalls rechtläufig — bewegt derart, daß sie auch in einem Jahre scheinbar einen ganzen Umlauf um die Erde vollendet.

**60.** Der mittlere Sonnentag. Den Zeitraum zwischen zwei aufeinander folgenden oberen Kulminationen der mittleren Sonne nennt man einen mittleren Sonnentag. Der jeweilige westliche Stundenwinkel dieser mittleren Sonne heißt mittlere Zeit. Dieselbe wird gemessen durch den Bogen des Äquators — vom oberen Meridian bis zum Stundenkreis der mittleren Sonne. Alle mittleren Sonnentage sind unter sich gleich lang, und sie eignen sich daher als Zeitmaß. Ihre Dauer ist gleich dem Mittel aus allen wahren Sonnentagen eines Jahres. (Tafel 15.)

**61.** Im bürgerlichen Leben rechnen wir nur nach mittlerer Sonnenzeit. Um nun jederzeit angeben zu können, wieviel von einem laufenden Tag verfloßen ist, oder wieviel Zeit ein Vorgang zu seiner Entwicklung braucht, hat man sog. Uhren (hora) konstruiert, d. s. mechanische Vorrichtungen, die ein direktes Ausmessen der Zeit in Stunden, Minuten und Sekunden ermöglichen. Das eigentliche Meßwerkzeug ist dabei das Pendel, die Spirale, der torfierte Draht usw. Galilei fand, daß die Schwingungsdauer eines Pendels unabhängig ist von der Schwingungsweite (nicht größer als  $20^\circ$ ), daß sie aber beeinflußt wird durch die Länge des Pendels. (Entfernung des Schwerpunktes vom Aufhängungspunkt.) Es läßt sich somit ein Pendel konstruieren, das im Laufe eines mittleren Tages genau  $24 \cdot 60 \cdot 60 = 86400$  Schwingungen vollführt. (Sekundenpendel.)

Das Uhrwerk ist nun weiter nichts als eine sinnreiche Vorrichtung, welche

1. dem Pendel immer wieder einen neuen Anstoß gibt, damit es schwingt,
2. die vollführten Schwingungen automatisch zählt und derart übersetzt, daß auf einem Ziffernblatt die verfloßenen Stunden usw. direkt abgelesen werden können.

## Zweiter Abschnitt.

### Das Datum.

**62.** Die Tage erhalten fortlaufend ein Datum.

Das Datum rechnet entweder von Mittag bis Mittag oder von Mitternacht bis Mitternacht.

Zählt man den Tag von Mittag bis Mittag, beginnend und endigend bei der oberen Kulmination der Sonne, so nennt man ihn einen astro-



nomischen Tag und spricht vom astronomischen Datum und auch von astronomischer Zeit. Man zählt dann die Stunden durch von 0<sup>h</sup> bis 24<sup>h</sup>, z. B. 3<sup>h</sup> 20<sup>m</sup> d. 3. 7. 16 oder 14<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> d. 3. 7. 16.

Der letztere Zeitpunkt liegt also 2½ Stunden nach Mitternacht.

63. Im bürgerlichen Leben ist es aber gebräuchlich, das Datum um Mitternacht zu wechseln. Man spricht dann von einem bürgerlichen Tag, einem bürgerlichen Datum und bürgerlicher Zeit. Die Stunden werden nicht wie beim astronomischen Tag durchlaufend gezählt von 0<sup>h</sup> bis 24<sup>h</sup>, sondern in zwei Abschnitten von 0<sup>h</sup> bis 12<sup>h</sup>. Dabei nennt man die Stunden von Mitternacht bis Mittag „Vormittag“ und diejenigen von Mittag bis Mitternacht „Nachmittag“.

Es verschiebt sich also das astronomische Datum gegen das bürgerliche Datum um einen halben Tag. Beide sind gleich in der Zeit von Mittag bis Mitternacht; dagegen ist von Mitternacht bis Mittag das bürgerliche Datum um ein Datum voraus;

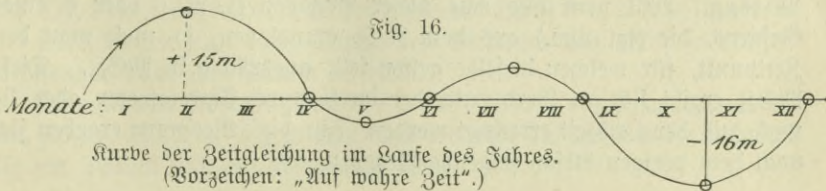
z. B. ist:	astronomisch	.	bürgerlich
	2 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> d. 4. 6. 16	=	2 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> d. 4. 6. 16 Nm.
	dagegen: 15 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> d. 4. 6. 16	=	3 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> d. 5. 6. 16 Nm.

### Dritter Abschnitt.

## Die Zeitgleichung.

64. Die ungleichmäßige Bewegung der wahren Sonne im Laufe des Jahres hat zur Folge, daß sie der mittleren Sonne gelegentlich nach Osten hin vorausseilt oder gegen sie zurückbleibt. Im ersten Fall ist die Geradeaufsteigung der wahren Sonne größer, im zweiten Fall kleiner als die der mittleren Sonne. Daraus folgt weiter, daß im ersten Fall die wahre Sonne später durch den Meridian gehen würde als die mittlere Sonne (im zweiten Fall früher), und zwar um den Betrag, um den die Geradeaufsteigungen verschieden sind. Diesen Unterschied, um den auch wahre und mittlere Zeit voneinander abweichen, nennt man die Zeitgleichung.

Man findet diese Zeitgleichung vorausberechnet im N. J. mit dem Vorzeichen „auf wahre Zeit“, so daß es möglich ist, jederzeit aus einer bekannten „wahren Zeit“ die zugehörige „mittlere Zeit“ — und nach Umkehrung des Vorzeichens auch aus „mittlerer Zeit“ die wahre Zeit zu ermitteln.





## Vierter Abschnitt.

**Die Ortszeit. Beziehung der Ortszeiten untereinander.**

65. Alle Bewohner ein und desselben Meridians haben natürlich auch denselben Himmelsmeridian gemeinsam. Für alle ist also auch der jeweilige Stundenwinkel der wahren Sonne oder der mittleren Sonne oder des Frühlingspunktes gleich, d. h. „alle Orte desselben Meridians haben gleiche Zeiten“. (Ortszeit = OZ.)

Dagegen weichen die Ortszeiten zweier verschiedener Meridiane natürlich voneinander ab, und zwar ist der Zeitunterschied gleich dem in Zeit ausgedrückten Längenunterschied. Liegen z. B. zwei Orte 15 Längengrade auseinander, so sind ihre Ortszeiten um eine Stunde verschieden, weil die Sonne eine Stunde braucht ( $\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$ ), um von dem einen Meridian zum anderen zu gelangen. Da die Sonne auf ihrem täglichen Umlauf allmählich von Osten nach Westen fortschreitet und so die Meridiane der westlicher gelegenen Orte später passiert, hat der westlicher gelegene Ort die kleinere Zeit. Umgekehrt hat der östlicher gelegene Ort die größere Zeit. (Tafel 16.)

z. B. Es liegt:

Petersburg auf  $30^\circ 18' 22''$  O

Berlin =  $13^\circ 23' 44''$  O

Längenunterschied =  $16^\circ 54' 38''$

ausgedrückt i. Z =  $1^h 7^m 9^s$  (N. Z. 7a,b).

Da Petersburg östlich von Berlin liegt, ist die Petersburger Ortszeit um  $1^h 7^m 9^s$  größer als die Berliner.

**66. Mittlere Greenwicher Zeit (MGZ).**

(Umwandlung von MGZ in mittlere Ortszeit — oder mittlere Ortszeit in MGZ.)

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist in der Nautik die mittlere Ortszeit des Meridians von Greenwich — „die mittlere Greenwicher Zeit“ (MGZ).

1. Fast sämtliche Angaben des N. Z. beziehen sich auf einen bestimmten Zeitpunkt, meistens den mittleren Greenwicher Mittag. Will man also eine dieser Angaben (z. B.  $\alpha$  oder  $\delta$  eines Gestirns, die Zgl usw.) aus dem N. Z. entnehmen, so muß man den Zeitpunkt, für welchen dieselbe gelten soll, ausdrücken in MGZ. Diese MGZ ergibt sich an Bord entweder direkt durch Chronometer oder sie muß aus der Ortszeit errechnet werden. Für diese Rechnung ergeben sich nach dem vorigen Absatz folgende Regeln:

- a) Der Beobachter befindet sich auf Ost-Länge.  
 $M\text{DZ} - \text{Ost-Länge i. Z} = M\text{GZ}.$   
 b) Der Beobachter befindet sich auf West-Länge.  
 $M\text{DZ} + \text{West-Länge i. Z} = M\text{GZ}.$

Beispiel.

Auf 65° 24' W ist die MDZ = 2<sup>h</sup> 41<sup>m</sup> 16<sup>s</sup> Nm. Welches ist die MGZ?

$M\text{DZ} = 2^h 41^m 16^s \text{ Nm.}$	$N. \text{ Z. } 7a, b.$
$\lambda W = + 4 \quad 21 \quad 36$	$65^\circ = 4^h 20^m$
$\underline{M\text{GZ} = 7 \quad 2 \quad 52 \text{ Nm.}}$	$24' = 1 \quad 36^s$
	$\lambda \text{ i. Z} = 4 \quad 21 \quad 36$

67. 2. Soll umgekehrt aus der MGZ auf die DZ geschlossen werden, so gelten folgende Regeln:

$$M\text{GZ} + \text{Ost-Länge i. Z} = M\text{DZ}$$

$$M\text{GZ} - \text{West-Länge i. Z} = M\text{DZ}.$$

Beispiel.

Man befindet sich auf 60° 15' W; MGZ ist nach Chr. = 7<sup>h</sup> 35<sup>m</sup> d. 3. 9. 16. Welches ist die MDZ?

$M\text{GZ} = 7^h 35^m \text{ d. 3. 9. 16.}$	$N. \text{ 7, 7a, b.}$
$\lambda \text{ W i. Z} = - 4 \quad 1$	$60^\circ = 4^h$
$\underline{M\text{DZ} = 3 \quad 34 \quad \text{d. 3. 9. 16.}}$	$15' = 0 \quad 1^m$
	$\lambda \text{ i. Z} = 4 \quad 1$

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist bei diesen Umrechnungen die richtige Bezeichnung des Datums. Diese Aufgabe wird sehr erleichtert, wenn man die Ortszeiten und MGZ stets astronomisch ausdrückt. Zeitangaben nach bürgerlicher Zeit ist stets „Vm.“ oder „Nm.“ hinzuzufügen.

Fünfter Abschnitt.

### Änderung des Datums auf 180° Länge.

68. Alle Orte, welche auf 180° Länge liegen, haben als Ortszeit eine Zeit, welche entweder 12<sup>h</sup> größer ist als die Greenwicher Zeit, oder 12<sup>h</sup> kleiner, je nachdem man die Länge nach Ost oder West herum zählt. Das heißt also: wenn zwei Schiffe von Greenwich aus nach Osten und nach Westen führen, so würden ihre Zeiten bei Ankunft auf 180° Länge um volle 12 + 12 = 24 Stunden — also ein volles Datum — verschieden sein, und zwar würde, wenn das nach Osten gefahrene Schiff vielleicht 2<sup>h</sup> d. 3. 7. 16 schriebe, das nach Westen gefahrene Schiff 2<sup>h</sup> d. 2. 7. 16 schreiben.

Überschreiten nun diese Schiffe den Meridian von 180°, so müssen sie offenbar beide das Datum wechseln.

Erfolgt dieser Übergang von West- auf Ostlänge, also vom kleineren zum größeren Datum, so geht man ohne weiteres auf dieses über; es fallen also ein Datum und ein Wochentag aus.



Beim Übergang von Ost- auf Westlänge dagegen, also vom größeren auf das kleinere Datum, müßte man auf dieses zurückgehen; man erreicht das gleiche, indem man zwei aufeinander folgende Tage mit dem gleichen Datum und Wochentag bezeichnet.

Verkehrsverhältnisse und staatliche Zusammengehörigkeit der Länder bedingen jedoch, daß der 180.° nicht absolut streng als Datumsgrenze gilt. So haben z. B. die Tonga- und Fidjiiinseln sowie das ganze asiatische Festland bis zum Ostkap das Datum der östlichen Halbkugel, die Neuten das Datum der westlichen Halbkugel.

### Sechster Abschnitt.

#### Gesetzliche Zeit. (Zonenzeit.)

69. Damit man nicht von Ort zu Ort mit einer anderen Zeit zu rechnen hat, haben die meisten Staaten eine sog. Einheitszeit — gesetzliche Zeit —, auch wohl Zonenzeit genannt, eingeführt. So gilt z. B. in den mitteleuropäischen Ländern als gesetzliche Zeit die „Mittleuropäische Zeit“ — MEZ — d. i. die mittlere Ortszeit des Meridians 15° O von Grw.

Es ist also: MEZ = Grw. + 1<sup>h</sup>.

Die deutsche Sommerzeit — 1. Mai bis 1. Oktober — ist die MEZ des Meridians 30° O von Grw., die sog. „Osteuropäische Zeit“ (OEZ), im Gegensatz zur mittleren Greenwich-Zeit, welche auch westeuropäische Zeit (WEZ) genannt wird.

In heimischen Gewässern werden die Schiffszuhren nach gesetzlicher Zeit gestellt.

Eine Zusammenstellung der in den einzelnen Staaten gültigen gesetzlichen Zeiten enthält das N. J. (S. 264—265) und die Gezeitentafeln Tafel II.

### Siebenter Abschnitt.

#### Verhältnis der Gestirnstage zueinander.

70. Angenommen, es gingen ein Fixstern (bzw. der Frühlingspunkt), die Sonne, der Mond und ein Planet gleichzeitig durch den Meridian, so werden, wenn ein Sterntag vergangen ist, der Frühlingspunkt und der Fixstern wieder im Meridian stehen, die übrigen Gestirne aber auseinandergezogen sein. Die Sonne hat sich während dieser Zeit um etwa 1° = 4<sup>m</sup>, der Mond um 13° = 52<sup>m</sup> nach Osten hin verschoben. Für den Planeten mag eine Verschiebung gegen den Frühlingspunkt nach Westen hin um 15' = 1<sup>m</sup> angenommen werden. Es wird dann die Sonne noch 4<sup>m</sup> brauchen, um in den Meridian zu gelangen, der Mond noch 52<sup>m</sup>. Der Sonnentag ist demnach um etwa 4<sup>m</sup>, der Mondtag um 52<sup>m</sup> länger als der Sterntag, bzw. um 48<sup>m</sup> im Mittel länger als der Sonnentag.







rechnet es zu 365 Tagen, also  $5^h 48^m 47,8^s$  zu kurz. Um diesen Fehler aufzuheben, schaltet man alle vier Jahre im Monat Februar 1 Tag ein, so daß das bürgerliche Jahr im Mittel  $365\frac{1}{4}$  Tag beträgt. Dabei rechnen nun die  $5^h 48^m 47,8^s$  zu 6 Stunden, also alle Jahr  $11^m 12,2^s$  zuviel. Dies macht in 100 Jahren etwa 18 Stunden, also in 400 Jahren etwa 72 Stunden oder 3 Tage. Man läßt daher im Laufe von 400 Jahren 3 Schalttage ausfallen und wählt hierfür diejenigen Säkularjahre, deren Hunderte nicht durch 4 teilbar sind; z. B. 1700, 1900. Dagegen ist 2000 ein Schaltjahr.

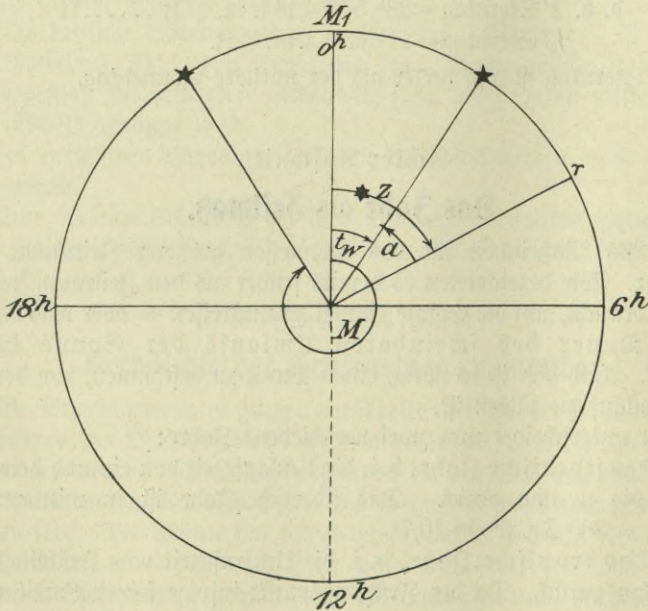
Neunter Abschnitt.

**Beziehungen zwischen Sternzeit, Geradeaufsteigung und Stundenwinkel.**

(Errechnung des Stundenwinkels eines Gestirns aus MZ.)

74. In Fig. 17 ist der Beobachter am Nordwelpol befindlich gedacht vor sich die Ebene des Weltäquators;  $MM_1$  sei der Meridian. Dann ist:

Fig. 17.



der Bogen  $M_1 \star$  = Stundenwinkel des Gestirns ( $t_w$ ),  
 $\gamma \star$  = Geradeaufsteigung des Gestirns ( $\alpha$ ),  
 $M_1 \gamma$  = Sternzeit ( $\star Z$ ),

und es ergeben sich, wenn man stets den westlichen Stundenwinkel einsetzt, folgende Regeln:

1.  $t_w + a = \star \beta$ ,

2.  $\star \beta - a = t_w$ , in Worten:

1. Der westliche Stundenwinkel eines Gestirns — vermehrt um die Geradeaufsteigung desselben Gestirns gibt die Sternzeit.
2. Die Sternzeit — vermindert um die Geradeaufsteigung eines Gestirns gibt den westlichen Stundenwinkel dieses Gestirns.

Sollte in letzterem Fall die Geradeaufsteigung einmal größer sein als die Sternzeit, von der sie abgezogen werden soll, so denkt man sich zu letzterer den vorhergehenden Sterntag = 24 Sternstunden zugelegt. Man erhält dann stets den westlichen Stundenwinkel.

Diese beiden Regeln werden gebraucht, wenn es sich darum handelt:

- a) aus der mittleren Ortszeit oder aus MÖZ den Stundenwinkel eines Gestirns abzuleiten.
- b) aus dem Stundenwinkel eines Gestirns die mittlere Ortszeit oder MÖZ abzuleiten. (Tafel 18, 18a.)

**75.** Zu jeder astronomischen Beobachtung wird die Uhrzeit der Beobachtungsuhr „U“ notiert. Aus dieser erhält man mit dem Uhrvergleich — „I—U“ — die Chronometerzeit der Beobachtung. Bringt man hieran an den Stand des Chronometers — „MÖZ—I“ —, so ergibt dies die mittlere Greenwicher Zeit der Beobachtung — „MÖZ“.

Diese MÖZ ist bei allen astronomischen Rechnungen für den Gebrauch des N. F. nötig.

Der Chronometer zeigt aber, wie alle anderen Uhren auch, die Stunden nur bis zu 12<sup>h</sup> an, so daß man ohne weiteres nicht weiß, ob MÖZ die Zeit „vormittags“ oder „nachmittags“ ist, und zu welchem Datum sie gehört. Hierüber erhält man aber Aufklärung, wenn man zu der ungefähren mittleren Ortszeit der Beobachtung (diese ist immer bekannt) die Länge i. B. hinzulegt; Ostlänge mit —, Westlänge mit +.

MÖZ wird stets astronomisch ausgedrückt.

Beispiele.

**76. 1. Ermittlung des Stundenwinkels eines Gestirns aus MÖZ.**

a) Gesucht: Stundenwinkel der Sonne.

Der Stundenwinkel der Sonne ist die wahre Ortszeit.

Regeln.

1. Ermittle MÖZ aus U durch Anbringen von „I—U“ und „MÖZ—I“. Entnehme mit MÖZ aus dem N. F. die Zeitgleichung. Die



MÖZ ist dabei astronomisch auszudrücken und „beachte, daß sie das richtige Datum erhält“ (siehe Randrechnung).

2. Ermittle aus MÖZ vermittlels  $\lambda$  i. Z. die MÖZ und hieraus vermittlels der Zeitgleichung die WÖZ. Dabei ist das Vorzeichen der Zgl. umzukehren.

3. Die WÖZ ergibt direkt  $\odot t_w$  (oder  $\odot t_s$  durch Abzug:  $24^h - t_w$ ).

1916, den 21. März wurde in  $150^\circ 20' W$  um etwa  $7^h$  MÖZ  $\odot$  beobachtet:  
 $U = 7^h 5^m 14^s$ .

$I - U = - 2^h 50^m 23^s$ $U = 7^h 5^m 14^s$ <hr/> $I = 4^h 14^m 51^s$ $MÖZ - I = + 0^h 50^m 13^s$ $MÖZ = 5^h 5^m 4^s \text{ d. 21. 3. 16 Nm.}$ $= \text{astr.} = 5^h 5^m 4^s \text{ d. 21. 3. 16.}$ <hr/> $\text{Wz i. Z.} = -10^h 1^m 20^s \dots \dots \text{N. Z. 14.}$ $MÖZ = 19^h 3^m 44^s \text{ d. 20. 3.}$ $\text{umg. Zgl.} = - 7^m 16^s$ $WÖZ = 18^h 56^m 28^s \text{ d. 20. 3.}$ $= 6^h 56^m 28^s \text{ d. 21. 3. 3m.}$ $\text{w. } \odot t_s = 5^h 3^m 32^s$	$I - U = - 2^h 50^m 23^s; MÖZ - I = + 0^h 50^m 13^s.$ <hr/> $\text{ungef. MÖZ} = 7^h \text{ d. 21. 3. 3m.}$ $\text{W. Zg. i. Z.} = + 10^h 1^m 20^s \text{ (N. Z. 14.)}$ $\text{ungef. MÖZ} = 5^h 1^m 20^s \text{ d. 21. 3. 3m.}$ <hr/> $\text{MÖZ} = 5^h 5^m \text{ d. 21. 3.}$ <hr/> $\text{d. 21. 3. } 5^h \text{ Zgl.} = + 7^m 16^s \text{ a. w. Z. (N. Z. } \odot \text{. 33.)}$
---	--

77. b) Gesucht: Stundenwinkel eines Fixsterns, Planeten oder des Mondes.

Hierzu gebraucht man die beiden in — 74 — unter 1. und 2. genannten Regeln:

1.  $t_w + \alpha = \star Z$ ,
2.  $\star Z - \alpha = t_w$ .

Aus der gegebenen Uhrzeit ermittelt man zunächst die MÖZ und aus dieser durch Anbringen der „Länge in Zeit“ die mittlere Ortszeit. (MÖZ =  $m. \odot t$ ). Hieraus bildet man dann nach obigen Gleichungen:

1.  $m. \odot t_w + m. \odot \alpha = \star Z$ ,
2.  $\star Z - (\star, Pl., C) \alpha = (\star, Pl., C) t_w$ .

Die Geradeaufsteigung der mittleren Sonne ( $m. \odot \alpha$ ) und die der anderen Gestirne ist aus dem N. Z. zu entnehmen und für die MÖZ der Beobachtung zu verbessern.

Beispiele.

Fixstern Vega.

1916, den 29. Mai wurde in  $80^\circ 25' O$  um  $5^h$   $\odot$  beobachtet:  
 $U = 5^h 8^m 50^s$ .

$I - U = + 1^h 0^m 11^s$ $U = 5^h 8^m 50^s$ <hr/> $I = 6^h 9^m 1^s$ $MÖZ - I = + 5^h 32^m 5^s$ $MÖZ = 11^h 41^m 6^s \text{ d. 28. 5.}$	$I - U = + 1^h 0^m 11^s; MÖZ - I = + 5^h 32^m 5^s.$ <hr/> $\text{ungef. } \odot Z = 5^h \text{ d. 29. 5. 3m.}$ $\text{Oz i. Z.} = 5^h 21^m 40^s$ $\text{ungef. MÖZ} = 11^h 38^m \text{ d. 28. 5. Nm.}$ <hr/> $\text{MÖZ} = 11^h 41^m \text{ d. 28. 5.}$
--	---

Ol i. Z.	= + 5 21 40	
MÖZ	= 17 2 46	d. 28. 5.
m. ♂ α	= 4 24 42	
★ Z	= 21 27 28	
★ α	= 18 34 6	
★ tw	= 2 53 22	

d. 28. 5. m. ♂ α	= 4h 22m 46s
9,9 · 11,7 = 115,8 <sup>s</sup> v	= + 1 56
v. m. ♂ α	= 4 24 42
★ α	= 18h 34m 6s

Planet: Venus (♀).

1916, den 17. Januar, wurde in 150° 20' W um etwa 7h Nm. beobachtet:

U	= 7h 15m 25s
I - U	= -2h 5m 47s; MÖZ - I = -0h 7m 58s.
U	= 7h 15m 25s
I - U	= -2 5 47
I	= 5 9 38
MÖZ - I	= -0 7 58
MÖZ	= 5 1 40 d. 18. 1. 3m.
astr.	= 17 1 40 d. 17. 1.
W λ i. Z.	= -10 1 20
MÖZ	= 7 0 20 d. 17. 1.
m. ♂ α	= 19 45 9
★ Z	= 26 45 29
♀ α	= 22 1 52
♀ tw	= 4 43 37

ungf. MÖZ	= 7h 0' d. 17. 1. Nm.
W λ i. Z.	= 10 1m 20s
ungf. MÖZ	= 17 1 d. 17. 1.
	= 5 1 d. 18. 1. 3m.
MÖZ	= 17h 2m d. 17. 1.
d. 17. 1. m. ♂ α	= 19h 42m 21s
9,9 · 17 = 168,3 <sup>s</sup> = +	2 48
v. m. ♂ α	= 19 45 9
d. 17. 1. ♀ α	= 21h 58m 31s
11,8 · 17 = 200,6 = +	3 21
v. ♀ α	= 22 1 52

Mond.

1916, den 10. August wurde in 88° 30' W um 10h Nm. beobachtet:

U	= 2h 55m 30s
I - U	= + 0h 15m 58s; MÖZ - I = + 0h 40m 11s.
U	= 2h 55m 30s
I - U	= + 0 15 58
I	= 3 11 28
MÖZ - I	= + 0 40 11
MÖZ	= 3 51 39 d. 11. 8. 3m.
astr.	= 15 51 39 d. 10. 8.
W λ i. Z.	= -5 54 0
MÖZ	= 9 57 39 d. 10. 8.
m. ♂ α	= 9 17 9
★ Z	= 19 14 48
♄ α	= 19 5 15
♄ tw	= 0 9 28

ungf. MÖZ	= 10h d. 10. 8. Nm.
W λ i. Z.	= + 5 54m 0s
ungf. MÖZ	= 15 54 d. 10. 8.
MÖZ	= 15h 52m d. 10. 8.
d. 10. 8. m. ♂ α	= 9h 14m 32s
9,9 · 15,9 = 157,4 <sup>s</sup> = +	2 37
v. m. ♂ α	= 9 17 9
d. 10. 8. 15h ♄ α = 19h 4m 33s	
2,67 · 15,8 = 42,1 <sup>s</sup> = +	42
5,6 v. ♄ α = 19	5 15

6. 50. 9 2 137-9  
7 57 2 17. 9

78. 2. Ermittlung der MÖZ (oder MÖZ) aus dem Stundenwinkel eines Gestirns.

Diese Aufgabe stellt gegen die vorhergehende „den Weg rückwärts“ dar. Sie kommt vor bei der Zeitbestimmung (Chronometerkontrolle) durch Gestirns Höhen.



Es ist gegeben der Stundenwinkel. Bei der Sonne ist  $\odot t_w =$  wahre Zeit. Bringt man hieran die Zeitgleichung an, so hat man die mittlere Ortszeit (MOZ).

Bei den anderen Gestirnen bildet man nach den bekannten Gleichungen:

$$1. t_w + \alpha = \star \mathcal{B},$$

$$2. \star \mathcal{B} - \alpha = t_w,$$

$\star t + \star \alpha$  und erhält damit die Ortssternzeit ( $\star \mathcal{B}$ ).

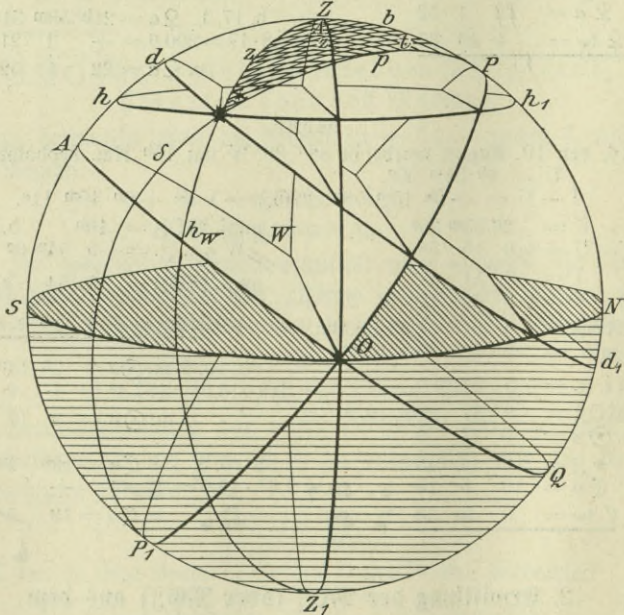
Für diese bildet man:

$\star \mathcal{B} - m. \odot \alpha$  und hat damit  $m. \odot t_w$  oder „die mittlere Ortszeit“.

### III. Das astronomische Grunddreieck.

79. In Fig. 18 sind die Kreissysteme des wahren Horizontes und des Weltäquators gleichzeitig dargestellt. Es ist ersichtlich, daß der wahre

Fig. 18.



Horizont (NS), der Weltäquator (AQ), der Sechsstundenkreis (POP1W) und der Erste Vertikal (ZOZ1W) sich im wahren Ost- und Westpunkt schneiden.

Ferner erhellt aus der Figur, daß der Himmelsmeridian gemeinsam mit dem Stundenkreis und dem Vertikalkreis eines Gestirns am Himmelsgewölbe ein sphärisches Dreieck bildet, dessen Winkel am Zenit, am Pol und am Gestirn liegen.

Dies Dreieck nennt man „das astronomische Grunddreieck“ (Poldreieck).

Die Seiten dieses Dreiecks sind:

1. das Komplement der Breite (b),
2. die Poldistanz (p),
3. die Zenitdistanz (z).

Die Winkel sind:

1. der Stundenwinkel (t),
2. das Azimut (Az.),
3. der parallaktische Winkel (x).

Sind drei dieser Stücke gegeben, so lassen sich die fehlenden berechnen.

Die Berechnung des gesuchten Stückes erfolgt meistens nach der aus der sphärischen Trigonometrie bekannten Grundgleichung — dem Kosinussatz — der jedesmal zu einer zweckmäßigen Gleichung umgeformt wird:

$$\begin{aligned} \text{z. B. } \cos z &= \cos b \cdot \cos p + \sin b \cdot \sin p \cdot \cos t \\ \text{oder: } \sin h &= \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t \text{ usw.} \end{aligned}$$

Gelegentlich werden auch gebraucht der „Sinussatz“ und der „Kotangentensatz“ oder die Gleichungen zur Auflösung des rechtwinkligen sphärischen Dreiecks. (Siehe Formelsammlung in N. L.).

Steht das Gestirn im Meridian (Kulmination), so kommt offenbar kein Dreieck zustande. Es ist dann  $t = 0^h$  oder  $12^h$ , und  $Az = 0^\circ$  oder  $180^\circ$ . (Tafel 19—24.)

80. Beim Auffuchen eines der fehlenden Stücke im sphärischen Grunddreieck ist es gelegentlich nötig, die wahre Höhe eines Gestirns in die Rechnung einzusetzen. Diese wahre Höhe können wir aber nicht direkt messen, sondern wir erhalten durch unsere Beobachtung nur den Kimmabstand der Gestirne, und es taucht nun die Frage auf: wie erhält man aus dem gemessenen Kimmabstand eines Gestirns dessen wahre Höhe?

Auch sind im N. J. die Orte der Gestirne so angegeben, wie sie vom Erdmittelpunkt aus beobachtet werden würden. Will man also die auf der Erdoberfläche angestellten Beobachtungen mit den Angaben des N. J. in Verbindung bringen, so muß man erstere auf den Erdmittelpunkt, d. h. auf wahre Höhen, beziehen.



#### IV. Die Höhenberichtigungen der Gestirne.

81. An jede Winkelmessung, also auch an jeden vom Instrument abgelesenen Kimmabstand ( $h_a$ ) ist der Instrumentfehler — die Index-Verbetterung (I. V.) — anzubringen, um die eigentliche gemessene Höhe ( $h_g$ ) zu erhalten. An diesen Kimmabstand sind dann zur Ermittlung der wahren Höhe die folgenden Berichtigungen anzubringen.

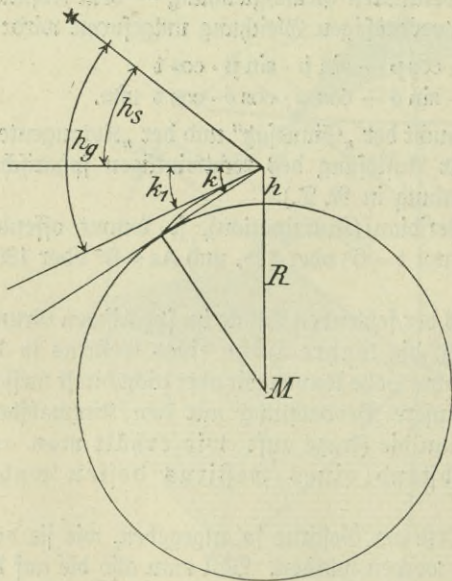
##### Erster Abschnitt.

#### Verwandlung des Kimmabstandes in scheinbare Höhe.

##### Die Kimmtiefe.

Befindet sich das Auge des Beobachters in der Meeresoberfläche, so fallen Kimm und scheinbarer Horizont zusammen. Sobald aber der Beobachter sich über den Meeresspiegel erhebt, sinkt für ihn scheinbar die Kimm, und zwar um so mehr, je größer die Augeshöhe wird.

Fig. 19.



82. Den Winkel am Auge des Beobachters, um den die Kimm tiefer liegt als der scheinbare Horizont, nennt man „die Kimmtiefe“ ( $k$ ) (Fig. 19).

Infolge der (irdischen) Strahlenbrechung erscheint die Kimm sehr häufig gehoben. Hierdurch wird die eigentliche wahre Kimmtiefe verkleinert zu der sog. scheinbaren Kimmtiefe ( $k_1$ ). Zieht man diese von dem gemessenen Kimmabstand ( $h_g$ ) ab, so erhält man die scheinbare Höhe ( $h_s$ ).

Die N. T. 8a enthält diese scheinbare Kimmtiefe für eine mittlere Wirkung der Strahlenbrechung und für Augeshöhen von 0,5 m bis 70 m.

83. Der bei Berechnung dieser Tafel verwandte mittlere Erfahrungswert der Strahlenbrechung kann in Wirklichkeit aber sehr erheblich von



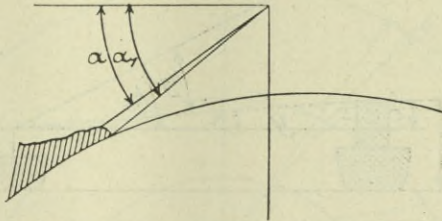
dem wahren Wert abweichen. Dadurch werden die Angaben der N. T. 8a unzuverlässig. Die N. T. 8b gibt nun eine Zusatzverbesserung, welche diesen Fehler der Kimmtiefe aufheben soll.

Die Vorzeichen der Tafel 8b sind so gewählt, daß die Verbesserung auf die Höhe angebracht werden muß (nicht auf die aus N. T. 8a entnommene Kimmtiefe). Trotz dieser Zusatz-Berichtigung wird man doch noch mit einer Unsicherheit von einigen Minuten in der Höhe zu rechnen haben.

#### Die Strandkimm.

84. In Ermangelung eines Seehorizonts (Kimm) kann man auch gelegentlich die Scheidelinie zwischen Wasser und Land — „die Strandkimm“ zur Höhenmessung benutzen, falls ihre Entfernung vom Beobachter genau bekannt ist. Da die Strandkimm dem Beobachter näher liegt als die

Fig. 20.



eigentliche Kimm, so ist die einer bestimmten Augeshöhe entsprechende Strandkimmtiefe größer als die eigentliche Kimmtiefe, wie Fig. 20 zeigt, in der  $a$  die Kimmtiefe und  $a_1$  die Strandkimmtiefe ist. Wegen des Einflusses unregelmäßiger Strahlenbrechung sollte man eine Strandkimm nur benutzen, wenn die Lage es erzwingt. N. T. 8c enthält für die Eingänge: „Augeshöhe“ und „Entfernung der Strandlinie“ den Unterschied der scheinbaren Kimmtiefe gegen die Strandkimmtiefe auf  $\frac{1}{2}'$  genau. Zieht man diesen Wert von der über der Strandkimm beobachteten Höhe ab, so erhält man den eigentlichen Kimmabstand.

85. Hierhin gehört auch die Möglichkeit, die Wasserlinie seines Neben- oder Vordermannes (bei Geschwaderfahrten) bei unsichtiger Kimm als Strandkimm zu benutzen. Bedingung ist, daß die Wasserlinie sich scharf abhebt und die Sonne genau hinter dem Nebenmann steht. Der Abstand vom Nebenmann ist gleichzeitig mit der Höhenmessung durch die E-Meßgeräte zu ermitteln.

86. Ferner kann man auch Sonnenhöhen messen über scharf begrenzte Aufbauten eines genügend weit entfernten Nebenmannes (Bock, Schanze, Turm), wenn etwa bei unsichtigem Wetter die Kimm verdeckt sein sollte.



Es entsteht dann folgende Aufgabe. Fig. 21. Es sei:

$a$  = Höhe des Nebenmannes (Wack, Turm usw.),

$b$  = eigene Augeshöhe,

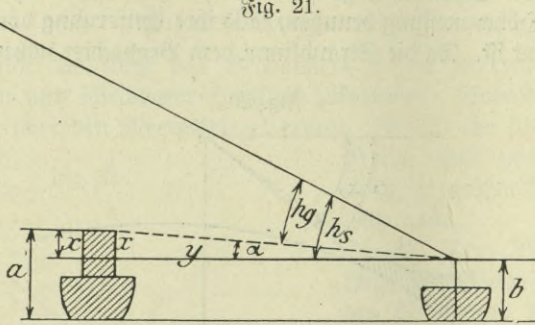
$y$  = Entfernung des Nebenmannes.

Subtrahiere  $b$  von  $a$  (oder  $a$  von  $b$ ); dann bleibt ein Wert  $x$ , der Kathete ist in einem rechtwinkligen Dreieck, in dem  $y$  die andere Kathete

darstellt. Aus diesem Dreieck ergibt sich dann:  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{y}$ ;  $\alpha$  kann aus

N. T. 22 entnommen werden. Der Winkel  $\alpha$ , zu der gemessenen Höhe  $h_g$  hinzugelegt, gibt die scheinbare Höhe des Gestirns. War  $b$  größer als  $a$ , so ist  $\alpha$  abzuziehen.

Fig. 21.



$a$ ,  $b$  und  $y$  werden meistens fehlerhaft sein, besonders bei unruhigem Wetter. Die erhaltene Höhe wird also sehr unsicher sein. Immerhin mag dies Verfahren bei stark unsicherem Besteck und der Aussichtslosigkeit anderweitiger Orientierung als Notbehelf dienen können. Den möglichen Fehler des Winkels  $\alpha$  kann man eingabeln, indem man diesen Winkel für die verschiedenen schätzungsweise möglichen Werte von  $a$ ,  $b$  und  $y$  ermittelt.

87. Beobachtet man eine Gestirns Höhe über dem künstlichen Horizont, so fällt die Berichtigung Kimmtiefe fort. Nach Anbringung der F. B. an die gemessene Höhe erhält man durch Division mit 2 die scheinbare Höhe unmittelbar.

## Zweiter Abschnitt.

### Die Verwandlung der scheinbaren Höhe in die wahre Höhe.

Hierzu sind erforderlichlich zwei Berichtigungen: „die astronomische Strahlenbrechung“ und „die Parallaxe“.

#### a. Die astronomische Strahlenbrechung.

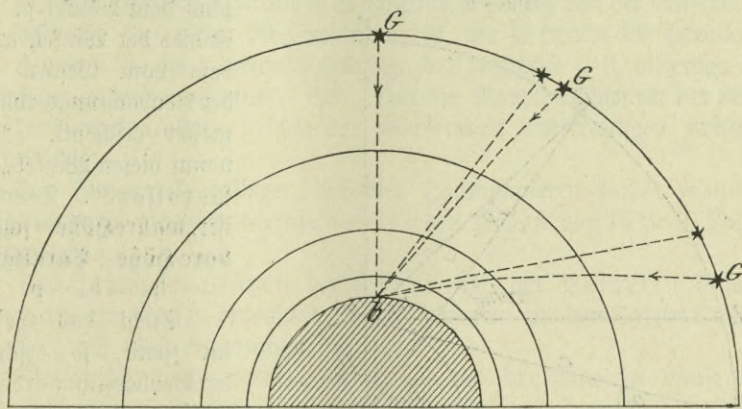
88. Die Erde ist allseitig von Luftschichten umgeben, deren Dichtigkeit mit Annäherung an die Erde zunimmt. Die von den Gestirnen zu uns ge-



langenden Lichtstrahlen werden durch diese Luftschichten gebrochen nach dem Gesetz: „Tritt ein Lichtstrahl von einem dünneren in ein dichteres Mittel über, so wird er dem Einfallslot zu gebrochen.“

Steht nun ein Gestirn im Zenit, so fällt der nach dem Beobachter gerichtete Lichtstrahl mit dem Einfallslot zusammen; es erfolgt keine Brechung. Je niedriger aber ein Gestirn steht, um so schräger fallen die Lichtstrahlen auf die Luftschichten, und um so stärker werden sie gebrochen. Es ist also der Weg eines Lichtstrahls in der Atmosphäre eine Kurve, und der Beobachter auf der Erde sieht das Gestirn *G* in der Richtung einer Tangente, welche in seinem Auge an diese Kurve gelegt ist; er sieht also das Gestirn höher, als es in Wirklichkeit steht. Dieser Winkel, um den das Gestirn zu hoch gesehen wird, heißt „astronomische Strahlenbrechung“.

Fig. 22.



Ihr mittlerer Wert kann aus N. L. 9a entnommen werden; die hier verzeichneten Werte gelten für 760 mm Luftdruck und + 10° C Lufttemperatur. Bei der Höhe 0° beträgt die Strahlenbrechung rund 35'.

Da man das Gestirn zu hoch sieht, muß die Strahlenbrechung von der scheinbaren Höhe abgezogen werden.

Die Strahlenbrechung ändert sich natürlich mit dem Dichtigkeitszustande der Luft. Bei höherem Luftdruck ist die Strahlenbrechung größer, während bei höherer Temperatur (leichtere Luft) die Strahlenbrechung kleiner sein wird. Diesen Einfluß der Luftdruck- und Temperaturschwankungen kann man aus der N. L. 9b entnehmen. Derselbe ist mit dem dort beigefügten Vorzeichen an die mittlere Strahlenbrechung anzubringen. — Ob diese Verbesserung berücksichtigt werden soll, richtet sich nach dem Genauigkeitsgrade, welcher für die zu lösende Aufgabe gefordert wird.



Bei kleinen Höhen ist sie jedoch stets zu berücksichtigen, da dann die Strahlenbrechung sehr unsicher ist. Höhen unter  $10^\circ$  sind deshalb bei astronomischen Beobachtungen möglichst zu vermeiden.

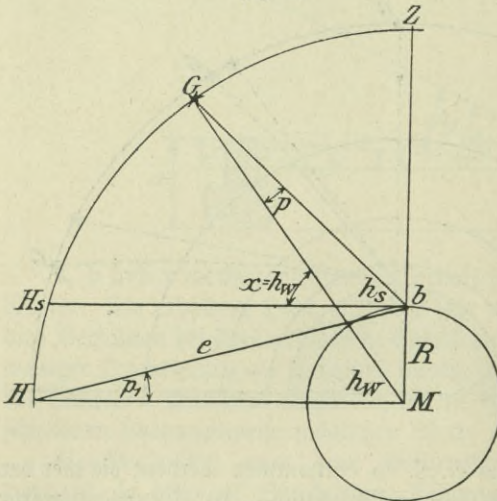
Die elliptische Gestalt der Sonnen- und Mondscheibe in der Nähe des Horizonts ist eine Folge der Strahlenbrechung. Der in kleinerer Höhe befindliche Unterrand der Scheibe wird stärker gehoben als der in größerer Höhe befindliche Oberrand. Der Betrag der hierdurch hervorgerufenen scheinbaren Verkürzung des vertikalen Sonnen- und Mondhalbmessers (der horizontale Halbmesser wird nicht beeinflusst) ist für verschiedene Höhen in Tafel 1a und b des N. 3. angegeben.

Bei Höhenverbesserungen werden diese Tafeln nicht gebraucht.

### b. Die Parallaxe.

89. In Fig. 23 ist die wahre Höhe  $h_w$  gleich dem Winkel  $x$  als Gegenwinkel bei parallelen Linien. Winkel  $x$  ist aber als Außenwinkel gleich

Fig. 23.



der scheinbaren Höhe  $h_s$  plus dem Winkel  $p$ . Es ist dies der Winkel, unter dem vom Gestirn aus der Beobachtungserdhalmesser erscheint. Man nennt diesen Winkel „die Parallaxe“. Demnach ist: „wahre Höhe = scheinbare Höhe + Parallaxe“.

$$h_w = h_s + p.$$

Steht das Gestirn im Zenit, so erscheint der Beobachtungserdhalmesser als Punkt. Die Parallaxe ist also = 0. Steht dagegen das Gestirn im Horizont, so erscheint von ihm aus der

Beobachtungserdhalmesser unter dem größtmöglichen Winkel, — die Parallaxe hat ihren größten Wert. Man nennt diesen „die Horizontalparallaxe“ ( $p_1$ ), während die zu irgendeiner Höhe gehörige (stets kleinere) Parallaxe „die Höhenparallaxe“ ( $p$ ) genannt wird.

90. Das Verhältnis dieser beiden Parallaxen zueinander ergibt sich aus der Gleichung:

$$p = p_1 \cdot \cos h_s,$$

wie folgende Betrachtung zeigt.

In Fig. 21 ist  $e$  die Entfernung des Gestirns vom Erdmittelpunkt,  $R$  der Erdhalmesser,  $h_s$  die scheinbare Höhe und  $\angle GbM = 90^\circ + h_s$ .



Nach der Sinusregel ist nun aus  $\Delta G b M$ :

$$\begin{aligned} \sin p : \sin (90^\circ + h_s) &= R : e \\ \text{oder: } \sin p : \cos h_s &= R : e \\ \text{oder: } \sin p &= \frac{R \cdot \cos h_s}{e} \end{aligned}$$

Da aber  $\frac{R}{e} = \text{tg } p_1$  ist ( $\Delta H M b$ ), so wird:

$$\sin p = \text{tg } p_1 \cdot \cos h_s.$$

Es sind aber  $p$  und  $p_1$  sehr kleine Werte, so daß man statt des Sinus und der Tangente den Bogen setzen kann. Daher ist:

$$\begin{aligned} p \cdot \text{arc } 1'' &= p_1 \cdot \text{arc } 1'' \cdot \cos h_s. \\ p &= p_1 \cdot \cos h_s. \end{aligned}$$

Die Höhenparallaxe ist also gleich der Horizontalparallaxe multipliziert mit dem Kosinus der scheinbaren Höhe des Gestirns.

**91.** Die Horizontalparallaxe ist natürlich abhängig von der Entfernung des Gestirns. Je größer die Entfernung ist, um so kleiner die Parallaxe.

So ist z. B. die Horizontalparallaxe der Fixsterne = 0, diejenige der uns näher stehenden Sonne = 8,8". Für die Planeten schwankt der Wert der Horizontalparallaxe wegen der wechselnden Entfernungen zwischen 1" und 34".

Die Horizontalparallaxen der vier Hauptplaneten findet man im N. J. am Fuße der Planetentafeln eines jeden Monats von 10 zu 10 Tagen angegeben.

Die Höhenparallaxen der Sonne und der Planeten braucht man nicht besonders zu berechnen; dieselben können aus den Tafeln 2 und 3 des N. J. (S. 235) entnommen werden.

Die Entfernungsänderung der Sonne von der Erde im Laufe des Jahres hat keinen Einfluß auf den Wert der Horizontalparallaxe, da diese Änderung in verschwindend kleinem Verhältnis zur Gesamtentfernung steht. Beim Mond dagegen, welcher der Erde verhältnismäßig nahe steht, ändert die Horizontalparallaxe im Laufe eines Monats infolge seiner elliptischen Bahn um die Erde um rund 6,5'; siehe im N. J. letzte Spalte der S. II eines jeden Monats.

**92.** Die Erde ist aber streng genommen keine Kugel, sondern an den Polen abgeplattet. Von einem nicht allzufernen Gestirn wird daher der Äquatorhalbmesser der Erde unter einem größeren Winkel gesehen werden als der Polhalbmesser. Diesen Winkel, der also den größten Wert darstellt, den die Parallaxe eines Gestirns erreichen kann, nennt man „die Äquatorreal-Horizontalparallaxe“, im Gegensatz zu den übrigen Horizontalparallaxen. (Lokal-Horizontalparallaxe.)

Der Unterschied der äquatorealen gegen die lokale Horizontalparallaxe (infolge der Abplattung der Erde) ist aber nur für den Mond, der nur 60 Erdhalbmesser von uns entfernt ist, erwähnenswert.



Die Seite II eines jeden Monats im N. J. enthält für den Mond die Äquatoreal-Horizontalparallaxe. Für die nautischen Aufgaben ist im allgemeinen eine Umrechnung derselben in die lokale Horizontalparallaxe, deren Wert von der Breite des Beobachters abhängt, nicht erforderlich. Soll es dennoch geschehen, so kann man aus Tafel 5 des N. J. (S. 236) die Verbesserung unmittelbar entnehmen.

Also: **wahre Höhe = scheinbare Höhe — Strahlenbrechung + Parallaxe.**

### Dritter Abschnitt.

## Die Verwandlung der wahren Unterrand (Oberrand)höhe in die wahre Mittelpunkthöhe.

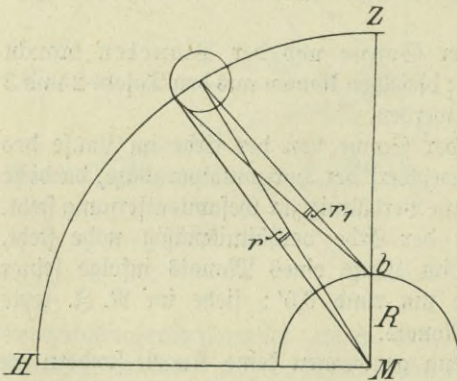
(Halbmesser der Gestirne.)

Bei Fixsternen und Planeten erhält man durch Anbringung von Strahlenbrechung und Parallaxe an die scheinbare Höhe sofort die wahren Mittelpunkthöhen.

93. Bei Sonnen- und Mondhöhen dagegen, die wir als Unterrand- oder Oberrandhöhen beobachten, wird es nötig, an diese Höhen eine weitere

Verbesserung — den Halbmesser — anzubringen, um die Mittelpunkthöhe zu erhalten.

Fig. 24.



Unter dem Halbmesser eines Gestirns versteht man den Winkel, unter dem sein Halbmesser von der Erde aus erscheint. Denkt man sich dabei am Erdmittelpunkt, so spricht man vom wahren Halbmesser ( $r$ ) des Gestirns. Der von der Erdoberfläche gesehene GestirnsHalbmesser wird scheinbarer Halbmesser genannt.

Für Sonne und Mond sind die wahren Halbmesser im N. J. auf den beiden ersten Blattseiten jedes Monats gegeben von Tag zu Tag. Daß ihre Werte sich ändern, liegt an der Änderung der Entfernung zwischen diesen Gestirnen und der Erde infolge der elliptischen Gestalt der Bahnen.

Hat man eine Sonnenunterrandhöhe (oder Mond-) beobachtet, so ist der Halbmesser zu addieren, um die Mittelpunkthöhe zu erhalten. Bei einer Oberrandmessung ist der Halbmesser zu subtrahieren.



Anm. Der scheinbare Halbmesser wird dem Beobachter auf der Erdoberfläche stets größer erscheinen als der wahre Halbmesser vom Erdmittelpunkt aus, da der Beobachter dem Gestirn näher steht. Dies letztere ist um so mehr der Fall, je höher das Gestirn steht (siehe Fig. 24). Der Unterschied zwischen dem wahren und dem scheinbaren Halbmesser, die Vergrößerung des Halbmessers, kommt nur beim Mond in Betracht wegen seiner Nähe. Sie kann aus Tafel 4 des N. J. entnommen werden, wird jedoch für die Beschickung von Höhenmessungen nicht gebraucht.

94. Es ist also:

$$\text{Wahre Höhe} = \text{Kimmabstand} - \text{Kimmtiefe} - \text{Strahlen-} \\ \text{brechung} + \text{Parallaxe} \pm \text{Halbmesser.}$$

#### Vierter Abschnitt.

### Die Gesamtberichtigung.

95. Der größeren Bequemlichkeit wegen hat man die Einzelberichtigungen zusammengefaßt und in Tafeln der Gesamtverbesserungen (G. V.) gebracht, zu denen in einzelnen Fällen noch Zusatzverbesserungen kommen. Die N. T. 10 bis 13 geben diese Verbesserungen für alle in Frage kommenden Gestirne auf Zehntelminuten genau. Der Gebrauch dieser Tafeln ergibt sich aus dem Vorwort und den Beidrucken. Ihre Genauigkeit genügt für alle gebräuchlichen nautischen Rechnungen.

Bei der Beschickung von Mondhöhen muß man die ungefähre M<sub>G</sub>Z kennen, um den Mondhalbmesser aus dem Nautischen Jahrbuch entnehmen zu können (S. II jedes Monats).

Die Verbesserungen für Änderung der Kimmtiefe oder für eine Beobachtung über Strandkimm (N. T. 8b und 8c) sind vor der G. V. anzubringen.

Die Einzelberichtigungen wendet man nur an bei Beobachtungen über dem künstlichen Horizont, weil diese von vornherein eine entsprechende Genauigkeit haben.

96. Soll eine wahre Gestirnsgröße rückwärts in scheinbare Höhe oder den Kimmabstand verwandelt werden, so sind die entsprechenden Einzelverbesserungen bzw. die G. V. mit entgegengesetztem Vorzeichen anzuwenden.

97. Ausführung der Verbesserungen: In bezug auf die Art der Ausführung der Höhenverbesserungen haben wir zwei Fälle zu unterscheiden:

a) Beobachtungen über der Kimm bzw. Strandkimm für Besteckrechnung,

b) Beobachtungen über dem künstlichen Horizont für Chronometerkontrolle.



Zu a. Bei Kimbeobachtungen ist eine absolute Genauigkeit nicht zu erreichen wegen der Unregelmäßigkeit der Kimmtiefe, selbst bei Anwendung der N. T. 8a bzw. 8b. Es genügt daher, wenn man auf die gemessene Höhe (nach Anbringen der Z. B.) nur die Gesamtverbesserung anwendet (N. T. 10—13); damit hat man dann die wahre Mittelpunkthöhe.

Beispiele.

Es wird gesucht: Die wahre Höhe ( $h_w$ ).

Sixstern. 1916, den 7. Mai, beobachtet man aus 10 m Augeshöhe bei Z. B. = + 2,2' die Höhe des Rigel:  $\star = 39^\circ 20,5'$

$$\star h_a = 39^\circ 20,5'$$

$$Z. B. = + 2,2$$

$$h_g = 39 \quad 22,7$$

$$N. T. 11. G. B. = - 6,9$$

$$h_w = 39 \quad 15,8$$

Planet. 1916, den 11. September, beobachtet man aus 8 m Augeshöhe bei Z. B. = - 1,1' die Höhe der Venus:  $\varphi = 45^\circ 32,3'$

$$\varphi h_a = 45^\circ 32,3'$$

$$Z. B. = - 1,1$$

$$h_g = 45 \quad 31,2$$

$$N. T. 11. G. B. = - 6,1$$

$$h_w = 45 \quad 25,1$$

$$p = 3'$$

Sonne. 1916, den 15. März, beobachtet man aus 9 m Augeshöhe unterrand. bei Z. B. = - 0,2' die Höhe der Sonne:  $\odot = 72^\circ 10,6'$

$$\odot h_a = 72^\circ 10,6'$$

$$Z. B. = - 0,2$$

$$h_g = 72 \quad 10,4$$

$$N. T. 10. G. B. = + 10,5$$

$$\ominus h_w = 72 \quad 20,9$$

Mond. 1916, den 27. August, um etwa 6<sup>h</sup> MGB beobachtet man unterrand. aus 10 m Augeshöhe die Höhe des Mondes:  $\lrcorner = 36^\circ 25,5'$ , Z. B. = + 1,3'

$$\lrcorner h_a = 36^\circ 25,5'$$

$$Z. B. = + 1,3$$

$$h_g = 36 \quad 26,8$$

$$N. T. 12. G. B. = + 51,8$$

$$\lrcorner h_w = 37 \quad 18,6$$

$$MGB = 6^h d. 27.8.16.$$

$$d. 27.8. \lrcorner r = 14' 52''$$

$$0,3 \cdot 6 = 1,8 + 2$$

$$\text{verb. } \lrcorner r = 14 \quad 54$$

Mit Rücksicht auf Luft- und Wassertemperatur. 1916, den 19. März, beobachtet man aus 9 m Augeshöhe bei Z. B. = - 2,5' die Höhe der Sonne:  $\odot = 32^\circ 10,2'$ . Temp. d. Luft = + 20° C, Temp. d. Oberflächenwassers = + 10° C.

$$\odot h_a = 32^\circ 10,2'$$

$$Z. B. = - 2,5$$

$$h_g = 32 \quad 7,7$$

$$N. T. 8b. \text{ Verb. f. Temp. } U = + 3,3$$

$$32 \quad 11,0$$

$$N. T. 10. G. B. = + 9,2$$

$$\ominus h_w = 32 \quad 20,2$$

Strand- kimm.	1916, den 19. März, beobachtet man über einer Strandkimm, die 1,5 Em entfernt ist, die Höhe der Sonne: $\odot = 53^\circ 17'$ , $\text{F. B.} = + 1'$ , Augeshöhe = 10 m.	
	$\odot$ $h_a = 53^\circ 17'$	
	$\text{F. B.} = + 1$	
	$h_g = 53 18$	
	N. T. 8c. Verb. f. Strdt. =	- 7,5
		53 10,5
N. T. 10.	$\odot$ $h_s = + 9,7$	
	$\ominus$ $h_w = 53 20,2$	

Zu b. Da man über dem künstlichen Horizont die doppelte Höhe mißt, so muß der Winkel — nach dem die Indexverbesserung angebracht ist — zuerst halbiert werden; man hat damit dann die scheinbare Höhe, an die nunmehr die übrigen Verbesserungen anzubringen sind, und zwar als Einzelverbesserungen — auf Sekunden genau. Thermometer- und Barometerstand sind zu berücksichtigen (N. T. 9b).

Künstl. Horizont. Barom. und Therm. Einzel-Ver- besserungen.	1916, den 21. November, beobachtet man über dem künstlichen Horizont die Höhe der Sonne: $\odot = 46^\circ 14' 20''$ ; $\text{F. B.} = + 3' 50''$ , Augeshöhe = 12 m, Barom. = 771 mm, Therm. = $+ 24^\circ \text{C}$ .	
	$\odot$ $h_a = 46^\circ 14' 20''$	
	$\text{F. B.} = + 3 50$	
	$h_g = 46 18 10$	
	$h_s = 23 9 5$	
	Strahlenbrechung = $\text{R.} = - 2 9$	
		= 23 6 56
	Parallaxe = $p = + 8$	
	$\odot$ $h_w = 23 7 4$	
	N. T.	$\odot$ $r = + 16 13$
	$\ominus$ $h_w = 23 23 17$	
	N. T. 9a. $\text{R.} = 2' 15''$	
	2. N. T. 9b. $- 8$	
	= 9b. $+ 2$	
	$\text{R.} = 2 9$	
	N. T. Tafel 2: $p = 8''$	

Fünfter Abschnitt.

Das Beobachten von Kimmabständen.

98. Bei der Beobachtung eines Kimmabstandes bringt man zunächst das Gestirn auf die Kimm, pendelt dann das Instrument leicht um die Gesichtslinie und läßt dabei das Gestirn bzw. dessen Rand (Unter- oder Oberband) die Kimm scharf tangieren. Wenn dies einwandfrei der Fall ist, ist die Höhe richtig eingestellt.

Befürchtet man bei nicht guter Kimm größere Beobachtungsfehler, so kann man versuchen, solche durch eine Reihenbeobachtung von 3 oder 5 voneinander unabhängigen Einzelbeobachtungen auszumerzen. Unter der Voraussetzung, daß die Höhen gleichmäßig mit der Zeit ändern, entspricht dann das Mittel der gemessenen Höhen dem Mittel der zugehörigen Uhrzeiten. Diese Voraussetzung trifft jedoch nur zu, wenn die Zwischenzeit zwischen der ersten und letzten Beobachtung im allgemeinen 2 bis 4 Minuten



nicht überschreitet. In der Nähe des Meridians ändern die Höhen nicht gleichmäßig mit der Zeit.

Gemessene Kinnabstände nimmt man auf höchstens 0,5' genau in Rechnung. Im allgemeinen genügt die volle Minute.

### Sechster Abschnitt.

#### Die Verbesserung der Beobachtungszeiten.

99. Zu jeder Höhenbeobachtung ist im allgemeinen auch die Kenntnis der MGZ erforderlich; dazu liest im Augenblick der Höhenmessung ein zweiter Beobachter die Beobachtungsuhr ab. Bezeichnet man diese Uhrzeit mit  $U$  und diejenige des Chronometers mit  $I$  (II, III) — je nach der Nummer des betreffenden Chronometers —, so erhält man die Chronometerzeit der Beobachtung, indem man zu  $U$  den Wert  $I - U$  zulegt. Chronometerzeit  $\pm$  Stand des Chronometers ( $MGZ - I$ ) gibt dann die MGZ der Beobachtung.

### Siebenter Abschnitt.

#### Verbesserung der aus dem N. J. entnommenen Größen.

100. Die Angaben des Nautischen Jahrbuchs gelten für den mittleren Greenwicher Mittag oder beim Mond, der Abweichung der Sonne und der Zeitgleichung für volle Stunden der mittleren Greenwicher Zeit. In die nautischen Rechnungen sind aber diejenigen Werte einzusetzen, welche für den Augenblick der Beobachtung gelten. Da dies im allgemeinen nicht gerade der mittlere Greenwicher Mittag ist, so muß man zwischen den im Jahrbuch gegebenen Werten einschalten. Zur Erleichterung dieser Rechnung sind im N. J. auch die Änderungen der gesuchten Größen während 1<sup>h</sup> oder 1<sup>m</sup> angegeben, so daß man nur diese Änderung mit dem in Stunden (Minuten) ausgedrückten Zeitraum, der seit dem vorhergehenden mittleren Greenwicher Mittag (bzw. seit der vorhergehenden vollen mittleren Greenwicher Stunde) verflossen ist, zu multiplizieren braucht, um diejenige Verbesserung zu erhalten, welche man mit dem entsprechenden Vorzeichen an den vorhergehenden Tafelwert anbringen muß. Die Kenntnis der MGZ, wenn auch nur angenähert, ist also zur Auswertung von Gestirns Höhen erforderlich. Liegt der Zeitpunkt der Beobachtung dem nächstfolgenden mittleren Greenwicher Mittag näher, so kann man zweckmäßig auch von diesem aus rückwärts berichtigen.

#### Beispiele.

Es ist dem nautischen Jahrbuch zu entnehmen für den Zeitpunkt 1916, den 13. Mai, 5<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> MGZ.

1. Die Geradeaufsteigung und Abweichung der wahren Sonne.		
d. 13. 5. 16.	v. $\alpha = 3^h 19,9^m$	d. 13. 5. 16.
0,16 <sup>m</sup> · 5,3	v. = + 0,8	0,61' · 5,3
0,848 <sup>m</sup>	<u>v. <math>\alpha = 3 20,7</math></u>	3,233'
		v. $\delta = + 18 25,6$



2. Die Geradeaufsteigung der mittleren Sonne.

d. 13. 5. 16.	m. $\odot \alpha = 3^h 23^m 38^s$
$9,9'' \cdot 5,3$	v. = + 52
<u><math>52,47^s</math></u>	<u>v. m. <math>\odot \alpha = 3^h 24^m 30</math></u>

3. Die Geradeaufsteigung und Abweichung des Mondes.

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">d. 13. 5. 16.</td> <td style="text-align: center;"><math>5^h \odot \alpha = 11^h 58^m 35^s</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>1,99^s \cdot 17</math></td> <td style="text-align: center;">v. = + 34</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u><math>33,83^s</math></u></td> <td style="text-align: center;"><u>v. <math>\odot \alpha = 11^h 59^m 9</math></u></td> </tr> </table>	d. 13. 5. 16.	$5^h \odot \alpha = 11^h 58^m 35^s$	$1,99^s \cdot 17$	v. = + 34	<u><math>33,83^s</math></u>	<u>v. <math>\odot \alpha = 11^h 59^m 9</math></u>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">d. 13. 5. 16.</td> <td style="text-align: center;"><math>5^h \odot \delta = -4^\circ 37,0'</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>0,243' \cdot 17</math></td> <td style="text-align: center;">v. = - 4,1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u>4,131</u></td> <td style="text-align: center;"><u>v. <math>\odot \delta = -4^\circ 41,1'</math></u></td> </tr> </table>	d. 13. 5. 16.	$5^h \odot \delta = -4^\circ 37,0'$	$0,243' \cdot 17$	v. = - 4,1	<u>4,131</u>	<u>v. <math>\odot \delta = -4^\circ 41,1'</math></u>
d. 13. 5. 16.	$5^h \odot \alpha = 11^h 58^m 35^s$												
$1,99^s \cdot 17$	v. = + 34												
<u><math>33,83^s</math></u>	<u>v. <math>\odot \alpha = 11^h 59^m 9</math></u>												
d. 13. 5. 16.	$5^h \odot \delta = -4^\circ 37,0'$												
$0,243' \cdot 17$	v. = - 4,1												
<u>4,131</u>	<u>v. <math>\odot \delta = -4^\circ 41,1'</math></u>												

4. Die Geradeaufsteigung und Abweichung des Jupiter.

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">d. 13. 5. 16.</td> <td style="text-align: center;"><math>2^h \alpha = 1^h 20^m 46^s</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>2,1^s \cdot 5,3</math></td> <td style="text-align: center;">v. = + 11</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u><math>11,13^s</math></u></td> <td style="text-align: center;"><u>v. <math>2^h \alpha = 1^h 20^m 57</math></u></td> </tr> </table>	d. 13. 5. 16.	$2^h \alpha = 1^h 20^m 46^s$	$2,1^s \cdot 5,3$	v. = + 11	<u><math>11,13^s</math></u>	<u>v. <math>2^h \alpha = 1^h 20^m 57</math></u>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">d. 13. 5. 16.</td> <td style="text-align: center;"><math>2^h \delta = +7^\circ 18,9'</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>0,20' \cdot 5,3</math></td> <td style="text-align: center;">v. = + 1,1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u>1,06'</u></td> <td style="text-align: center;"><u>v. <math>2^h \delta = +7^\circ 20,0'</math></u></td> </tr> </table>	d. 13. 5. 16.	$2^h \delta = +7^\circ 18,9'$	$0,20' \cdot 5,3$	v. = + 1,1	<u>1,06'</u>	<u>v. <math>2^h \delta = +7^\circ 20,0'</math></u>
d. 13. 5. 16.	$2^h \alpha = 1^h 20^m 46^s$												
$2,1^s \cdot 5,3$	v. = + 11												
<u><math>11,13^s</math></u>	<u>v. <math>2^h \alpha = 1^h 20^m 57</math></u>												
d. 13. 5. 16.	$2^h \delta = +7^\circ 18,9'$												
$0,20' \cdot 5,3$	v. = + 1,1												
<u>1,06'</u>	<u>v. <math>2^h \delta = +7^\circ 20,0'</math></u>												

5. Der Halbmesser und die Horizontalparallaxe des Mondes.

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">d. 13. 5. 16.</td> <td style="text-align: center;"><math>\odot r = 15' 35''</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>0,6'' \cdot 5,3</math></td> <td style="text-align: center;">v. = + 3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u><math>3,18''</math></u></td> <td style="text-align: center;"><u>v. <math>\odot r = 15' 38''</math></u></td> </tr> </table>	d. 13. 5. 16.	$\odot r = 15' 35''$	$0,6'' \cdot 5,3$	v. = + 3	<u><math>3,18''</math></u>	<u>v. <math>\odot r = 15' 38''</math></u>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">d. 13. 5. 16.</td> <td style="text-align: center;"><math>\odot p = 57' 7''</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>2,2'' \cdot 5,3</math></td> <td style="text-align: center;">v. = + 12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u><math>11,66''</math></u></td> <td style="text-align: center;"><u>v. <math>\odot p = 57' 19''</math></u></td> </tr> </table>	d. 13. 5. 16.	$\odot p = 57' 7''$	$2,2'' \cdot 5,3$	v. = + 12	<u><math>11,66''</math></u>	<u>v. <math>\odot p = 57' 19''</math></u>
d. 13. 5. 16.	$\odot r = 15' 35''$												
$0,6'' \cdot 5,3$	v. = + 3												
<u><math>3,18''</math></u>	<u>v. <math>\odot r = 15' 38''</math></u>												
d. 13. 5. 16.	$\odot p = 57' 7''$												
$2,2'' \cdot 5,3$	v. = + 12												
<u><math>11,66''</math></u>	<u>v. <math>\odot p = 57' 19''</math></u>												

Ferner für den Augenblick der Kulmination auf  $18^\circ$  W und  $18^\circ$  O-Länge

6. die Abweichung der Sonne (aus Spalte 3 S. II)

<p style="text-align: center;">für West-Länge</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">d. 13. 5. 16.</td> <td style="text-align: center;"><math>\odot \delta = +18^\circ 22,3'</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>0,041' \cdot 18</math></td> <td style="text-align: center;">v. = + 0,7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u><math>0,738'</math></u></td> <td style="text-align: center;"><u>v. <math>\odot \delta = +18^\circ 23,0'</math></u></td> </tr> </table>	d. 13. 5. 16.	$\odot \delta = +18^\circ 22,3'$	$0,041' \cdot 18$	v. = + 0,7	<u><math>0,738'</math></u>	<u>v. <math>\odot \delta = +18^\circ 23,0'</math></u>	<p style="text-align: center;">für Ost-Länge</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">d. 13. 5. 16.</td> <td style="text-align: center;"><math>\odot \delta = +18^\circ 22,3'</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>0,041' \cdot 18</math></td> <td style="text-align: center;">v. = - 0,7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u><math>0,738'</math></u></td> <td style="text-align: center;"><u>v. <math>\odot \delta = +18^\circ 21,6'</math></u></td> </tr> </table>	d. 13. 5. 16.	$\odot \delta = +18^\circ 22,3'$	$0,041' \cdot 18$	v. = - 0,7	<u><math>0,738'</math></u>	<u>v. <math>\odot \delta = +18^\circ 21,6'</math></u>
d. 13. 5. 16.	$\odot \delta = +18^\circ 22,3'$												
$0,041' \cdot 18$	v. = + 0,7												
<u><math>0,738'</math></u>	<u>v. <math>\odot \delta = +18^\circ 23,0'</math></u>												
d. 13. 5. 16.	$\odot \delta = +18^\circ 22,3'$												
$0,041' \cdot 18$	v. = - 0,7												
<u><math>0,738'</math></u>	<u>v. <math>\odot \delta = +18^\circ 21,6'</math></u>												

Die Abweichung der Sonne und die Zeitgleichung können auch den Seiten III und IV jedes Monats unmittelbar entnommen werden, wenn MÖZ bekannt ist.

## V. Nautisch-astronomische Aufgaben.

### Erster Abschnitt.

### Berechnung der Kulminationszeit der Gestirne.

#### 1. Die Sonne.

101. Wenn der Mittelpunkt der wahren Sonne durch den oberen Meridian eines Ortes geht, so ist an diesem Orte und sämtlichen anderen Orten desselben Meridians „wahrer Mittag“; die wahre Ortszeit ist  $0^h 0^m 0^s$  (astr.).

Soll nun in heimischen Gewässern die Zeit der Kulmination nach MÖZ gefunden werden, so ist zunächst an den wahren Mittag —  $0^h 0^m 0^s$  — die Zeitgleichung anzubringen und an die so erhaltene MÖZ der Kulmination der Längenunterschied gegen  $15^\circ$  O in Zeit. (Es genügt stets, diese Rechnung auf volle Minuten durchzuführen.)



Beispiel.

Wann geht 1916, am 7. August, auf  $12^{\circ} 30' O$  die Sonne nach MÖZ durch den Meridian?

WÖZ der Kulm. = $0^h 0^m$ d. 7. 8. Zgl. = $+ 6$ a. w. Zt.	Lg. II. = $2^{\circ} 30'$ = $10^m$ i. 3.
MÖZ der Kulm. = $0 6$ d. 7. 8. Lg. II. gegen $15^{\circ} O$ i. 3. = $+ 10$	
MÖZ der Kulm. = $0 16$ d. 7. 8.	

Geht der Mittelpunkt der Sonne durch den unteren Meridian eines Ortes, so hat dieser „wahre Mitternacht“; die wahre Ortszeit ist  $12^h 0^m$  (astr.).

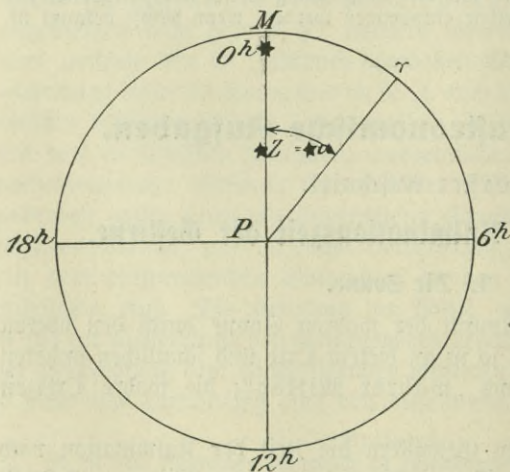
Die Zeit der unteren Kulmination, ausgedrückt in einer anderen Zeit, findet man ebenso wie mittags, nur mit dem Unterschied, daß man anstatt von  $0^h 0^m$  WÖZ von  $12^h 0^m$  WÖZ ausgeht.

Beispiel.

Wann geht 1916, am 25./26. Juni, auf  $75^{\circ} N$  und  $10^{\circ} O$  die Sonne nach MÖZ durch den unteren Meridian?

WÖZ d. unt. Kulm. = $12^h 0^m$ d. 25. 6. Zgl. = $+ 2$ a. w. Zt.	$10^{\circ} = 40^m$ .
MÖZ d. unt. Kulm. = $12 2$ d. 25. 6. O 1 i. 3. = $- 40$	
MÖZ d. unt. Kulm. = $11 22$ d. 25. 6.	

Fig. 25.



2. Die Fixsterne.

102. Steht ein Gestirn im oberen Meridian, so ist offenbar die Sternzeit am Ort = der Geradaufsteigung des Gestirns. (Fig. 25.)

Aus dieser Sternzeit ist dann nach der Regel:

$$\star ZD - \alpha = t_w$$

leicht der Stundenwinkel der mittleren Sonne, d. h. die MÖZ der Kulmination gefunden. Will man auf See, wo die Uhren nach wahrer Zeit gehen, die WÖZ

der Kulmination haben, so muß man von  $\star \alpha = \star ZD$ . die  $w. \circ \alpha$  subtrahieren.

Beispiel.

Wann geht 1916, am 7. August, in  $30^\circ$  W der Sirius durch den oberen Meridian: 1. nach  $M\mathcal{D}Z$ , 2. nach  $W\mathcal{D}Z$ ?

<p style="text-align: center;">1.</p> $\star a = \star ZD = 6^h 41^m$ $\text{d. 7. 8. m. } \odot \alpha = 9 \quad 3$ <hr style="width: 100%;"/> $\begin{array}{l} M\mathcal{D}Z \text{ d. Kulm.} = 21 \quad 38 \text{ d. 6. 8.} \\ \phantom{M\mathcal{D}Z \text{ d. Kulm.}} = 9 \quad 38 \text{ d. 7. 8. } \mathcal{B}m. \end{array}$	<p style="text-align: center;">2.</p> $\star a = \star ZD = 6^h 41^m$ $\text{d. 7. 8. m. } \odot \alpha = 9 \quad 8$ <hr style="width: 100%;"/> $\begin{array}{l} W\mathcal{D}Z \text{ d. Kulm.} = 21 \quad 33 \text{ d. 6. 8.} \\ \phantom{W\mathcal{D}Z \text{ d. Kulm.}} = 9 \quad 33 \text{ d. 7. 8. } \mathcal{B}m. \end{array}$
---	---

Es genügt im allgemeinen, wenn man  $\odot \alpha$  auf volle Minuten und unverbessert aus dem  $\mathcal{N}$ .  $\mathcal{J}$ . entnimmt (wie in den vorstehenden Beispielen). Ungünstigstenfalls begeht man damit einen Fehler von rund  $4^m$  ( $3^m 56,5^s$ ).

Will man ausnahmsweise die Kulminationszeit genau haben, so muß  $\odot \alpha$  für die  $M\mathcal{D}Z$  der Kulmination verbessert werden. Diese findet man genau genug durch Anbringen von  $\lambda$  in Zeit an die ungefähre Ortszeit der Kulmination.

**103.** Eine häufige Aufgabe ist es, festzustellen, welche Sterne innerhalb einer bestimmten Zeitspanne (etwa während der Mittelwache) den oberen Meridian passieren.

Man addiert dann zu der Anfangs- und Endortszeit das  $\odot \alpha$  und erhält so zwei Sternzeiten. Alle Sterne, deren Geradeaufsteigung zwischen diesen beiden Sternzeiten liegt, kulminieren in dem betreffenden Zeitraum.

Beispiel.

Welche Sterne werden 1916 in der Nacht vom 18. zum 19. Juni von  $12^h$   $W\mathcal{D}Z$  bis  $4^h$   $W\mathcal{D}Z$   $\mathcal{B}m.$  den oberen Meridian sichtbar passieren? Das Schiff befindet sich in  $35^\circ$  N und  $55^\circ$  W.

$$\begin{array}{l} W\mathcal{D}Z \text{ d. Kulm.} = 12^h \quad 0^m \text{ d. 18. 9. und } = 16^h \quad 0^m \text{ d. 18. 6.} \\ \text{d. 19. 6. m. } \odot \alpha = 5 \quad 51 \qquad \qquad \qquad 5 \quad 51 \\ \hline \star ZD = 17 \quad 51 \qquad \qquad \qquad \text{und } 21 \quad 51 \end{array}$$

d. h. alle Sterne, deren  $\alpha$  zwischen  $17^h 51^m$  und  $21^h 51^m$  liegt, werden auf der Mittelwache vom 18. zum 19. Juni durch den oberen Meridian gehen. Welche von diesen Sternen nun sichtbar sein werden, ist abhängig von ihrer Abweichung. Da das Schiff sich auf  $35^\circ$  N befindet, gehen nur die Gestirne sichtbar durch den oberen Meridian, deren  $\delta$  liegt: zwischen  $55^\circ$  S und  $90^\circ$  N. (Zur Erläuterung die Meridianfigur zeichnen.)

**104.** Lautet solch eine Aufgabe anstatt für  $M\mathcal{D}Z$  für  $M\mathcal{E}Z$  usw., so muß diese erst in  $W\mathcal{D}Z$  umgewandelt werden.

Beispiel.

Welche Sterne passieren 1916 in der Nacht vom 13. bis 14. April von  $9^h$  abds.  $M\mathcal{E}Z$  bis  $2^h$  morgens.  $M\mathcal{E}Z$  auf  $50^\circ$  N und  $10^\circ$  O sichtbar den oberen Meridian?

$$\begin{array}{l} M\mathcal{E}Z = 9^h \quad 0^m \text{ d. 13. 4. } \mathcal{B}m. \text{ und } 2^h \quad 0^m \text{ d. 14. 4. } \mathcal{B}m. \\ 5^\circ \Delta \lambda \text{ i. } Z = - 20 \qquad \qquad \qquad - 20 \\ \hline M\mathcal{D}Z = 8 \quad 40 \text{ d. 13. 4.} \qquad \qquad \text{und } 13 \quad 40 \text{ d. 13. 4.} \\ \text{m. } \odot \alpha = 1 \quad 27 \qquad \qquad \qquad 1 \quad 27 \\ \hline \star ZD = 10 \quad 7 \qquad \qquad \qquad \text{und } 15 \quad 7 \end{array}$$

d. h. alle Sterne, deren  $\alpha$  zwischen  $10^h 7^m$  und  $15^h 7^m$  liegt, werden in der Zeit von  $9^h$  abds. bis  $7^h$  morgens.  $M\mathcal{E}Z$  durch den Meridian gehen. Sichtbar können dabei sein diejenigen Sterne, deren  $\delta$  zwischen  $40^\circ$  S und  $90^\circ$  N liegt.







Beispiel.

Wann geht Jupiter 1916, am 28. Mai, in 90° W durch den oberen und wann durch den unteren Meridian?

MÖZ d. Kulm. i. G. =	21 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> d. 27. 5.	B. f. Lg.	
	B. f. W Lg. =	— 1	4 · 6
			24 = 1 <sup>m</sup>
// MÖZ d. Kulm. in 90° W =	21 10 d. 27. 5.		
	= 9 10 d. 28. 5. Mm.		
	27.—28. 5. 1/2 Tag =	11 58	
// MÖZ d. unt. Kulm. in 90° W =	9 8 d. 28. 5. Mm.		

4. Der Mond.

109. Im N. J. findet man für jeden Tag die MÖZ des oberen Mond-Meridiandurchganges in Greenwich. Da nun der Mond eine große Eigenbewegung von West nach Ost hat, und zwar täglich gegen die Sonne im Durchschnitt etwa 12° = 48<sup>m</sup> nach Osten zurückbleibt, so werden seine Kulminationszeiten in Greenwich sich um diesen Betrag von Tag zu Tag verspäten.

Ebenfalls wird für einen Beobachter auf West-Länge der Mond später durch den Meridian gehen als in Greenwich, da er auf seinem Weg von Greenwich her inzwischen bereits hinter der Sonne zurückgeblieben ist, und zwar um so mehr, je größer die Westlänge ist. Im N. J. findet man diese Verspätung für 1° Länge neben den Durchgangszeiten angegeben. Dieser Wert müßte für den angenommenen Fall mit der Anzahl Grade der West-Länge multipliziert und zu der Durchgangszeit des betreffenden Datums in Greenwich addiert werden, um die Kulminationszeit am Orte zu erhalten.

Befindet sich der Beobachter auf Ost-Länge, so muß natürlich rückwärts verbessert werden, da ja der Mond auf Ost-Länge früher in den Meridian eintritt als in Greenwich.

Also Regel: bei West-Länge zeitlich voraus (nach unten), bei Ost-Länge zeitlich zurück (nach oben) hin verbessern.

Die Zeit der unteren Kulmination des Mondes unterscheidet sich von der Zeit der oberen Kulmination um 1/2 Mondtag. Unter einem Mondtag versteht man den Zeitraum, welcher zwischen zwei aufeinander folgenden oberen Kulminationen des Mondes verfließt.

Beispiele.

1. Wann geht 1916, den 5. Juli, in 97° W der Mond durch den oberen und durch den unteren Meridian?

MÖZ C Kulm. i. G. =	3 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> d. 5. 7.	B. f. 97° W.	
	B. f. λ =	+ 12	0,12 · 97
			3 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> d. 5. 7.
MÖZ C Kulm. i. 97° W =	4 0 d. 5. 7. Mm.	194	4 30 d. 6. 7.
	1/2 C Tg. =	12 29	
MÖZ C unt. Kulm. i. 97° W =	3 31 d. 5. 7. Mm.	11,64 <sup>m</sup>	24 58 = 1 C Tg.
			12 29 = 1/2 C Tg.



2. Wann geht der Mond 1916, den 27. Oktober, in  $109^\circ$  O durch den oberen und durch den unteren Meridian?

MÖZ C ob. Kulm. i. G.	=	0 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> d. 27. 10.	B. f. $109^\circ$ O.
	B. f. $\lambda$	=	— 15
MÖZ C ob. Kulm. i. $109^\circ$ O	=	11 55 d. 27. 10. Vm.	0,14 · 109
	$\frac{1}{2}$ C Tg.	=	12 26
MÖZ C unt. Kulm. i. $109^\circ$ O	=	—	0 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> d. 27. 10.
			436 23 18 d. 26. 10.
			15,26 <sup>m</sup> 24 52 = 1 C Tg.
			12 26 = $\frac{1}{2}$ C Tg.

Am 27. Oktober findet eine untere Kulmination des Mondes nicht statt, da der halbe Mondtag länger ist als der halbe Sonnentag und man sowohl mit + als auch mit — Vorzeichen auf das benachbarte Datum kommt.

### 5. Die Zeit der größten (kleinsten) Höhen.

110. Gestirne, deren Abweichung nicht ändert, stehen in ihrer größten bzw. kleinsten Höhe dann, wenn sie durch den Meridian gehen.

Die Gestirne dagegen, deren Abweichung sich im Laufe eines Tages merklich ändert, erreichen ihre größte und kleinste Höhe nicht immer genau im Meridian. Dies kommt daher, daß der Betrag der Höhenänderung, der aus der Drehung der Erde folgt, in der Nähe des Meridians in der Regel sehr klein ist und geringer werden kann als der Teil der Höhenänderung, der von der Zu- oder Abnahme der Abweichung herrührt.

Bei der Sonne und den Planeten ist dieser Unterschied so unbedeutend, daß er in der Praxis nicht zu berücksichtigen ist. Beim Monde jedoch kann dieser Unterschied, wenn die Abweichung besonders stark ändert, bis auf mehrere Minuten anwachsen. Will man diesen Höhenfehler vermeiden, so muß man, um die Meridianhöhe zu erhalten, die Mondhöhe im Augenblick der vorher errechneten Kulminationszeit messen.

Auch Kurs und Fahrt des Schiffes können von Einfluß auf die Zeit der größten (kleinsten) Höhe sein. Ist z. B. die Ortsänderung in der rw. Nord-Südrichtung größer in Seemeilen als die Höhenänderung in Minuten, so kann bei allen Gestirnen die beobachtete größte Höhe nicht mehr als Meridianhöhe angesehen werden. Bei den hohen Fahrten, die unsere Schiffe heute laufen, wird dieser Fall bei Meridiankursen leicht eintreten können.

Will man die Meridianhöhe haben, so ist es dann immer richtig, die Höhe des Gestirns zu der vorher berechneten Kulminationszeit zu messen. Man muß sich dies zur Regel machen, wenn die Ortsänderung in der Meridianrichtung größer als 18 Seemeilen i. d. Std. ist.

## Zweiter Abschnitt.

### Zeit des Auf- und Untergangs der Gestirne.

#### Erstes Kapitel. Allgemeiner Fall.

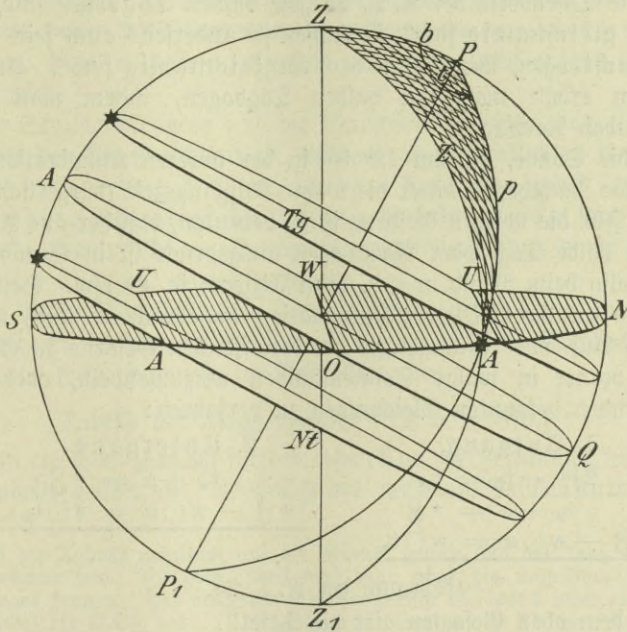
111. Der obere Kulminationspunkt eines Gestirns (oberer Meridian) halbiert den Tagbogen des Gestirns. Dieser halbe Tagbogen eines Gestirns

ist gleich dem Stundenwinkel des wahren Auf- und Untergangspunktes. (Fig. 26.)

Abdiert man den halben Tagbogen eines Gestirns zu seiner oberen Kulminationszeit, so erhält man die Zeit des Unterganges; subtrahiert man ihn, so erhält man die Aufgangszeit.

Steht ein Gestirn im wahren Auf- oder Untergang, so ist  $h_w = 0$ .

Fig. 26.



Das astronomische Grunddreieck gibt folgende bekannte Gleichung:

$$\cos z = \cos b \cdot \cos p + \sin b \cdot \sin p \cdot \cos t$$

oder:  $\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$ ,

da  $h = 0$ ;  $0 = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$

$$-\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t = \sin \varphi \cdot \sin \delta$$

$$\cos t = -\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta.$$

Nach dieser Gleichung lassen sich die Stundenwinkel der wahren Auf- und Untergangspunkte berechnen.

112. N. L. 25 enthält dieselben bereits berechnet für Gestirne, deren  $\delta$  zwischen  $0^\circ$  und  $29^\circ$  liegt, wenn  $\varphi$  und  $\delta$  gleichnamig sind.



Fig. 26 zeigt, daß in solchem Fall der halbe Tagbogen größer als  $6^h$  sein muß; genau  $= 6^h$  ist der halbe Tagbogen, wenn  $\delta = 0^\circ$  ist.

Bei der Sonne, die um  $0^h 0^m$  kulminiert, ist der halbe Tagbogen ohne weiteres die „wahre Untergangszeit“.

Die N. T. 25 läßt sich zur Ermittlung des halben Tagbogens aber auch verwenden, wenn  $\varphi$  und  $\delta$  „ungleichnamig“ sind.

Fig. 26 zeigt nämlich auch, daß der halbe Tagbogen ( $T_g$ ) eines Gestirns gleich ist dem halben Nachtbogen ( $N_t$ ) desjenigen Gestirns, das die gleiche aber entgegengesetzte Abweichung hat.

Da die Tafelwerte der N. T. 25 „die halben Tagbogen sind, wenn  $\varphi$  und  $\delta$  gleichnamig sind“, so müssen sie anderseits auch sein — „die halben Nachtbogen, wenn  $\varphi$  und  $\delta$  ungleichnamig sind“. Aus dem Nachtbogen erhält man den halben Tagbogen, indem man bildet:  $12^h -$  halben Nachtbogen.

Für die Sonne, die um  $12^h 0^m$  in der unteren Kulmination steht, ist der halbe Nachtbogen direkt die wahre Aufgangszeit (bürgerlich).

**113.** Für die übrigen Gestirne ist zu bedenken, daß der aus N. T. 25 gefundene halbe Tag- oder Nachtbogen ausgedrückt ist in Stunden des Gestirns, also beim Mond in  $C^h$ , beim Fixstern in  $\star^h$  usw. Soll dieser Wert etwa an die WZJ der Kulmination angebracht werden, um die WZJ des Auf- oder Unterganges des betreffenden Gestirns zu erhalten, so ist er vorher in wahre Sonnenstunden umzuwandeln, oder es ist nach folgenden bekannten Gleichungen zu verfahren:

1. Aufgang.	2. Untergang.
$24^h - t_w = t_w$	$t_w + \alpha = \star \beta$
$t_w + \alpha = \star \beta$	$\star \beta - w \odot \alpha = w \odot t_w$
<u><math>\star \beta - w \odot \alpha = w \odot t_w</math></u>	

#### Gebrauch der N. T. 25.

Nach dem oben Gesagten gibt die Tafel:

- a, wenn  $\varphi$  und  $\delta$  gleichnamig: den halben Tagbogen,
- b, wenn  $\varphi$  und  $\delta$  ungleichnamig: den halben Nachtbogen.

Zur Entnahme dieser Werte muß man kennen:

- 1. die Breite — d. i. die Bestecksbreite,
- 2. die Abweichung.

Letztere entnimmt man auf halbe Grade genau dem N. Z.

#### Beispiele.

1. Wann geht 1916, am 16. September, in  $54^\circ N$  und  $20^\circ O$  die Sonne auf und wann geht sie unter?

Das N. Z. gibt: d. 16. 9.  $\odot \delta = +2^\circ 40'$ ; hiermit und mit  $54^\circ N$  gibt N. T. 25: den halben Tagbogen  $= 6^h 15^m$ , woraus sich ergibt:

$\parallel$ wahre Aufgangszeit $= 12^h - 6^h 15^m$	$= 5 45$	d. 16. 9. Nm.
$\parallel$ wahre Untergangszeit $=$	$6 15$	d. 16. 9. Nm.



2. Wann geht 1916, am 16. September in  $54^\circ$  S und  $20^\circ$  O die Sonne auf und wann geht sie unter?

Mit  $\odot \delta = +2^\circ 40'$  und  $54^\circ$  gibt N. T. 25 den halben Nachtbogen =  $6^h 15^m$ , woraus sich ergibt:

$$\begin{aligned} // \text{wahre Aufgangszeit} &= && 6^h 15^m \text{ d. 16. 9. Nm.} \\ // \text{wahre Untergangszeit} &= 12^h - 6 \quad 15 \\ &= && 5 \quad 45 \text{ d. 16. 9. Nm.} \end{aligned}$$

**Zweites Kapitel. Sichtbarer Untergang der Sonne. (Flaggenparade.)**

114. Unter dem sichtbaren Aufgang und Untergang eines Gestirns versteht man sein Auftauchen oder Verschwinden in der Kimm. Uns interessiert wegen der Flaggenparade insbesondere der sichtbare Untergang der Sonne, dessen Zeitpunkt zu diesem Zweck auf  $1^m$  genau gebraucht wird.

Die Strahlenbrechung und die Kimmtiefe bewirken, daß ein Gestirn noch über der Kimm sichtbar ist, während es in Wirklichkeit den wahren Horizont schon passiert, d. h. der sichtbare Untergang findet später statt als der wahre Untergang. Die Sonne z. B. steht bereits in ihrem wahren Untergang, wenn sich der Sonnenunterrand noch etwa einen Sonnendurchmesser über der Kimm befindet.

Die N. T. 24 enthält den Zeitunterschied zwischen dem wahren und dem sichtbaren Untergang der Sonne für eine mittlere Augeshöhe (8 m). Diese Tafel wird gebraucht zur Aufstellung der

„Tabelle der Flaggenparade“. (D. a. B. 870.)

Man errechnet zunächst für den ersten Tag des Zeitraums, für welchen diese Tabelle gelten soll, die MÖZ des wahren Sonnenunterganges. (N. T. 25.)

Da die Tabelle möglichst auf die Minute genau sein soll, muß  $\delta$  auf  $\frac{1}{10}^\circ$  genau bekannt sein. Zu dem Zweck muß man aber die ungefähre MÖZ des Unterganges kennen. Auf mittleren Breiten genügt es, wenn man zur Bildung dieser MÖZ die MÖZ des  $\odot$  Unterganges im Sommer zu  $7^h$ , im Winter zu  $5^h$  annimmt.

Die MÖZ des wahren  $\odot$  Unterganges ergibt sich dann durch Anwendung der Zeitgleichung. Hierzu die Verbesserung aus N. T. 24 ergibt die MÖZ des sichtbaren Unterganges.

Diese Rechnung wiederholt man für jeden 5. Tag und findet dann die Untergangszeiten für die zwischenliegenden Tage durch Einschalten. Schließlich wandelt man die Zeiten in die gesetzliche Zeit des Hafens um.

Regeln.

1. Setze als ungefähre MÖZ des Unterganges  $6^h$  Nm. (bzw.  $5^h$  oder  $7^h$ ), wende Gg. i. Z. an, — gibt MÖZ.
2. Entnimm hierfür den S. III und IV des N. T.  $\odot \delta$  und Zgl.



3. Entnimm mit  $\varphi$  und  $\delta$  aus N. L. 25 die  $\text{W}\text{D}\text{Z}$  des  $\odot$  Unterganges, wende hierauf die Zeitgleichung an, — ergibt  $\text{M}\text{D}\text{Z}$ . des wahren Unterganges.

4. Setze hierzu die Zusatzverbesserung aus N. L. 24, ergibt sichtbare Untergangszeit.

5. Wiederhole diese Rechnung für jeden 5. Tag und schalte dann ein für jeden Tag.

Beispiel.

Flaggenparade für Christiania ( $\varphi = 59^\circ 55' \text{ N}$ ,  $\lambda = 10^\circ 44' \text{ O}$ )  
vom 10. bis 15. November 1916.

10. November.			ung. $\text{M}\text{D}\text{Z} = 5^{\text{h}}$ d. 10. 11. Nm.
$\varphi = +59,9^\circ$ $\delta = -17,2$	} N. L. 25 w. $\odot$ Untg. $\text{W}\text{D}\text{Z} = 3^{\text{h}} 51^{\text{m}}$ Nm.	$\text{Zgl.} = -16$	$\text{D. z. i. Z.} = 0 43^{\text{m}}$ (N. L. 14)
		$\text{ung. M}\text{D}\text{Z} = 4 17$ d. 10. 11. Nm.	
	w. $\odot$ Untg. $\text{M}\text{D}\text{Z} = 3 35$ Nm.		
	(N. L. 24) $\text{Z.} = + 9$		$\odot \delta = -17^\circ 11'$
// d. 10. 11. sichtb. $\odot$ Untg. $\text{M}\text{D}\text{Z} = 3 44$ Nm.			$\text{Zgl.} = -16^{\text{m}}$ a. w. Z.
15. November.			ung. $\text{M}\text{D}\text{Z} = 3^{\text{h}} 44^{\text{m}}$ d. 15. 11. Nm.
$\varphi = +59,9^\circ$ $\delta = -18,5$	} N. L. 25 w. $\odot$ Untg. $\text{W}\text{D}\text{Z} = 3^{\text{h}} 40^{\text{m}}$ Nm.	$\text{Zgl.} = -15$	$\text{D. z. i. Z.} = 0 43$
		$\text{ung. M}\text{D}\text{Z} = 3 1$ d. 15. 11. Nm.	
	w. $\odot$ Untg. $\text{M}\text{D}\text{Z} = 3 25$ Nm.		
	(N. L. 24) $\text{Z.} = + 10$		$\odot \delta = -18^\circ 31'$
// d. 15. 11. sichtb. $\odot$ Untg. $\text{M}\text{D}\text{Z} = 3 35$ Nm.			$\text{Zgl.} = -15^{\text{m}}$ a. w. Z.
// d. 10. 11. " " " " " " " " " " " "			
	Unterschied in 5 Tagen = 9		
	" " " " " " " " " " " "	= 1	= 1,8

Tabelle.

Datum	Uhrzeit
10. 11.	3h 44m
11. 11.	42
12. 11.	40
13. 11.	39
14. 11.	37
15. 11.	3 35

**Drittes Kapitel. Auf- und Untergang des Mondes.**

115. Während die Zeit des Auf- und Unterganges der Fixsterne oder Planeten kaum jemals von Interesse sein wird, will man beim Monde diese Daten doch gelegentlich kennen (z. B. wann setzt das Mondlicht ein?)

Die Zeit des sichtbaren Auf- und Unterganges fällt beim Mond mit der des wahren annähernd zusammen. Strahlenbrechung, Kimmtiefe und Mondhalbmesser verzögern den sichtbaren Untergang; um annähernd den gleichen Betrag beschleunigt aber die Parallaxe denselben. Wenn der Mondmittelpunkt durch den wahren Horizont geht, passiert daher bei 8 m Augeshöhe der Oberrand des Mondes die Kimm.

In N. L. 25 findet man den Stundenwinkel des wahren Auf- und Unterganges des Mondes in  $C^h$ . Diesen verwandelt man bequem in mittlere Sonnenstunden, indem man zu jeder  $C^h$  2 Minuten addiert. ( $24 C^h$  sind  $= 24^h 48^m \odot 3$ .)

Die Auf- und Untergangszeit des Mondes erhält man dann durch Anwendung dieses Stundenwinkels auf die Meridiandurchgangszeit des Mondes.

Dies Verfahren verbürgt eine Genauigkeit von rund 5 Minuten in Zeit.

Regeln.

1. Berechne die MÖZ der Kulmination am Ort. (N. J.)
2. Auf diese MÖZ wende den halben Tagesbogen des Mondes an, um die ungef. MÖZ des Auf- oder Unterganges zu erhalten. Hieran „Gg. i. J.“ gibt die ungef. MÖZ des  $C$  Auf- oder Unterganges.
3. Für diese ungef. MÖZ entnimm  $\delta$  auf  $0,1^\circ$  genau aus dem N. J. und ermittle nun mit  $\varphi$  und  $\delta$  aus N. L. 25 den Mond=Stundenwinkel (entweder  $t_0$  beim Aufgang, oder  $t_w$  beim Untergang). Diese Mondstunden sind in Sonnenstunden zu verwandeln, indem für jede  $C^h$  2 Minuten addiert werden.
4. Diesen Sonnenstundenwinkel bringe dann an die MÖZ der oberen Kulmination (1.) an, ergibt die MÖZ des Auf- oder Unterganges.

Beispiel.

Wann geht 1916, am 16. August, in  $43^\circ N$  und  $66^\circ W$  der Mond auf?

MÖZ $C$ Kulm. i. G. =	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> d. 16. 8.	
R. f. $\lambda$ =	+ 8	
// MÖZ $C$ Kulm. a. D. =	15 6 d. 16. 8.	
$\frac{1}{2} C$ Tbg. =	- 6 12	
ungef. MÖZ d. $C$ Aufg. =	8 54 d. 16. 8.	
(N. L. 14.) W $\lambda$ i. J. =	+ 4 24	
// ungef. MÖZ d. $C$ Aufg. =	13 18 d. 16. 8.	
$\varphi = + 43^\circ$ $\delta = + 9,3$ }	N. L. 25. $C t_0 =$ 6 35 i. $C^h$ R. = + 13 (6,5 · 2) $C t_0 =$ 6 48 i. $C^h$	R. f. $\lambda$ 0,13 · 60 = 7,8 m
MÖZ d. $C$ Kulm. =	15 6 d. 16. 8.	
MÖZ d. $C$ Aufg. =	8 18 d. 16. 8. Nm.	

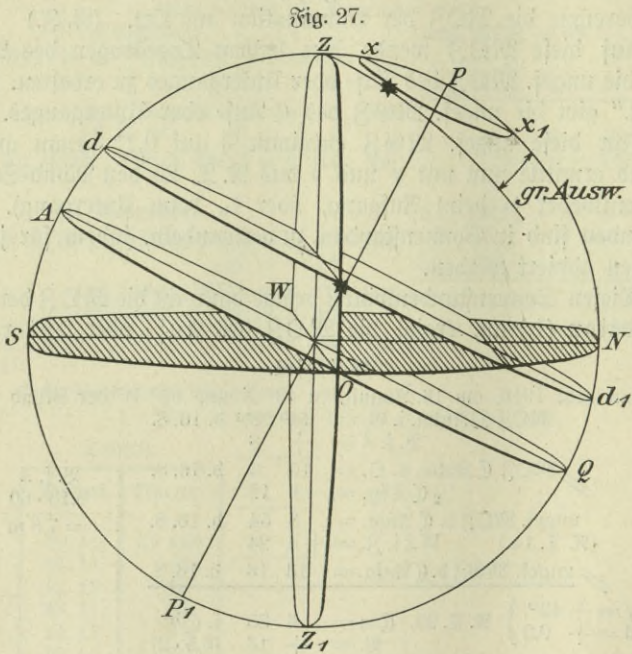
Dritter Abschnitt.

Gestirne im Ersten Vertikal.

116. Der Erste Vertikal schneidet den wahren Horizont im wahren Ost- und Westpunkt. Ein Gestirn, das im Ersten Vertikal steht, peilt deshalb auch  $rtw.$   $90^\circ$  oder  $270^\circ$ . Es kann jedoch auf seinem täglichen Umlauf in den Ersten Vertikal nur dann gelangen, wenn sein Abweichungsparallel ( $\delta\delta_1$ ) Fig. 27 diesen schneidet.



Dies ist zunächst der Fall, wenn die Abweichung gleichnamig ist mit der Breite. Wird jedoch diese Abweichung größer als die Breite ( $xx_1$  in Fig. 27), dann kulminiert das betreffende Gestirn zwischen Zenit und Pol und passiert auf seinem Tageslauf den Ersten Vertikal nicht. Das Azimut dieses Gestirns kann also niemals  $90^\circ$  werden; das größte Azimut, das solche Gestirne erreichen, nennt man die größte Ausweichung. Der Augenblick, wann ein Gestirn im Ersten Vertikal steht, läßt sich am einfachsten durch eine Kompaßpeilung feststellen. Es läßt sich aber dieser Zeitpunkt auch vorausberechnen.



117. Nr. 121 gibt als Ausdruck für die Höhe eines Gestirns im I Vertikal

$$\sin h = \operatorname{cosec} \varphi \cdot \sin \delta = \frac{\sin \delta}{\sin \varphi}; \quad 1.$$

ferner kennen wir die Gleichung:

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t; \text{ hierin 1. eingesetzt:}$$

$$\frac{\sin \delta}{\sin \varphi} = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$$

$$\text{oder: } \cos t = \frac{\sin \delta - \sin^2 \varphi \cdot \sin \delta}{\sin \varphi \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta} = \frac{\operatorname{tg} \delta \cdot (1 - \sin^2 \varphi)}{\sin \varphi \cdot \cos \varphi} = \frac{\operatorname{tg} \delta \cdot \cos^2 \varphi}{\sin \varphi \cdot \cos \varphi}$$

$$\text{oder: } \underline{\cos t = \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{cotg} \varphi} \quad 2.$$

Diese Gleichung liefert also den Stundenwinkel eines Gestirns im Ersten Vertikal.

Aus dem Stundenwinkel findet man die  $M\Delta Z$  nach den bekannten Regeln:

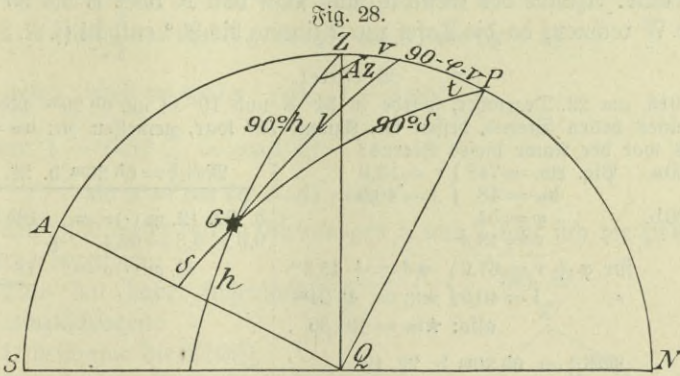
$$M\Delta Z = \odot t_w \pm \text{Zgl.} \quad \text{bei der Sonne,}$$

$$M\Delta Z = t_w + a - m \odot a \quad \text{bei den anderen Gestirnen.}$$

Vierter Abschnitt.

**Bestimmung des Namens eines Gestirns.**

118. Ist die Bestimmung des Namens eines Gestirns infolge Bewölkung oder in der Dämmerung mit Hilfe der Sternbilder nicht möglich,



so kann man seine Höhe dennoch benutzen, denn der Name läßt sich nachträglich finden, indem man aus Höhe und Azimut den Stundenwinkel und die Abweichung ableitet und dann aus dem Stundenwinkel die Geradeaufsteigung ermittelt.

Die Beziehungen dieser Ordinaten zueinander sind gegeben durch folgende Gleichungen:

$ZPG$  (Fig. 28) sei das astronomische Grunddreieck und  $l$  senkrecht zum Meridian. Es entstehen dann zwei rechtwinklige Dreiecke, aus denen sich ansetzen läßt:

1.  $\text{tg } v = \cos Az \cdot \text{cotg } h,$
2.  $\sin l = \sin Az \cdot \cos h.$

Da man nun statt  $90^\circ - \varphi - v$  setzen kann  $\varphi + v$ , wenn man die Konjunktion einführt, so hat man:

- 1 a.  $\text{cotg } t = \cos (\varphi + v) \cdot \text{cotg } l,$
- 2 a.  $\sin \delta = \sin (\varphi + v) \cdot \cos l.$

Diese Gleichungen hat man aufgelöst und in Tafeln gebracht. N. T. 20A und 20B ergeben mit den Eingängen „wahre Höhe“ (von Grad zu Grad)



und „rechtweisende Peilung“ (von  $4^\circ$  zu  $4^\circ$ ) den Stundenwinkel und die Abweichung des beobachteten Gestirns.

Mit dem Stundenwinkel erhält man dann die Geradeaufsteigung aus der zur Beobachtung notierten MÖZ nach den Gleichungen:

$$\begin{aligned} \text{MÖZ} + m. \odot \alpha &= \star \mathcal{Z} \\ \star \mathcal{Z} + \lambda \text{ i. } \mathcal{Z} &= \star \mathcal{D} \\ \star \mathcal{D} - t_w &= \alpha. \end{aligned}$$

Mit dem ermittelten  $\alpha$  und  $\delta$  findet man im Fixsternverzeichnis des N. J. den Namen des beobachteten Gestirns. Wenn dasselbe sich hier nicht vorfindet, ist unter den Planeten zu suchen.

Die Regeln zur Benutzung der N. T. 20a und b sind einfach und ergeben sich aus den Tafeln selbst bzw. den dazu gegebenen Erklärungen. Das rechth. Azimut des Gestirns muß man von N oder S bis  $90^\circ$  nach O oder W rechnen, da die Tafel nur Azimute bis  $90^\circ$  enthält (s. N. T. 6 b).

Beispiel.

1916, am 22. Dezember, wurde in  $54^\circ$  N und  $10^\circ$  O um 6h 20m MÖZ die Höhe eines hellen Sterns, dessen rechth. Azimut  $74^\circ$  war, gemessen zu:  $hw = 48^\circ$ . Welches war der Name dieses Sterns?

N. T. 20a. Hg. rw. =  $74^\circ$  }  $v = 13,9$

$hw = 48$  }  $l = 40,0$

N. T. 20b.  $\varphi = 54$   
 $v = 13,9$

für  $\varphi + v = 67,9$  }  $\star \delta = + 45,3^\circ$

=  $l = 40,0$  }  $\star t_0 = 4^h 24^m$

also:  $\star t_w = 19 36$

MÖZ = 6h 20m d. 22. 12.

O  $\lambda$  i.  $\mathcal{Z}$  = + 40

MÖZ = 7 0 d. 22. 12.

m.  $\odot \alpha$  = 18 4

$\star \mathcal{Z}$  = 25 4

$\star t_w$  = 19 36

$\star \alpha$  = 5 28

MÖZ = 6h 20m d. 22. 12.

d. 22. 12. m.  $\odot \alpha$  = 18h 2m 50s

$9,9 \times 6,3 = 62,4$  + 1 2

$\mathcal{Z}$ . m.  $\odot \alpha$  = 18 3 52

Der beobachtete Stern wird Capella sein.

Fünfter Abschnitt.

Berechnung der Höhe eines Gestirns.

Erstes Kapitel. Allgemeiner Fall.

119. Die Höhe eines Gestirns läßt sich aus dem astronomischen Stunden-dreieck berechnen, wenn bekannt sind:

- a) sein Stundenwinkel,
- b) seine Abweichung,
- c) die Breite.

In der bekannten Gleichung:

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$$

setze man:  $\cos t = 1 - 2 \sin^2 \frac{t}{2}$ , dann ergibt sich:

$$\begin{aligned} \sin h &= \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot (1 - 2 \sin^2 \frac{t}{2}) \\ &= \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta - \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot 2 \sin^2 \frac{t}{2} \\ \sin h &= \cos(\varphi - \delta) - 2 \sin^2 \frac{t}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta. \end{aligned}$$

Da nun  $\cos \alpha \cdot \sec \alpha$  stets = 1 ist, kann man das letzte Glied dieser Gleichung multiplizieren mit  $\cos(\varphi - \delta) \cdot \sec(\varphi - \delta)$ , ohne seinen Wert zu ändern. Man erhält dann:

$$\begin{aligned} \sin h &= \cos(\varphi - \delta) - 2 \sin^2 \frac{t}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos(\varphi - \delta) \cdot \sec(\varphi - \delta) \\ &= \cos(\varphi - \delta) \cdot [1 - 2 \sin^2 \frac{t}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec(\varphi - \delta)]. \end{aligned}$$

Nun kann man einen Hilfswinkel einführen, indem man setzt:

$$\sin^2 \frac{x}{2} = \sin^2 \frac{t}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec(\varphi - \delta) \quad 1.$$

$$\text{also: } \sin h = \cos(\varphi - \delta) \cdot \left[1 - 2 \sin^2 \frac{x}{2}\right];$$

da nun  $1 - 2 \sin^2 \frac{x}{2} = \cos x$  ist:

$$\sin h = \cos(\varphi - \delta) \cdot \cos x \quad 2.$$

Mit Hilfe dieser beiden Gleichungen 1. und 2. läßt sich die Höhe eines Gestirns berechnen.

Man hat dabei folgenden

Weg einzuschlagen:

1. bestimme die MÖZ,
2. entnimm für diese Zeit

aus dem N. J.:

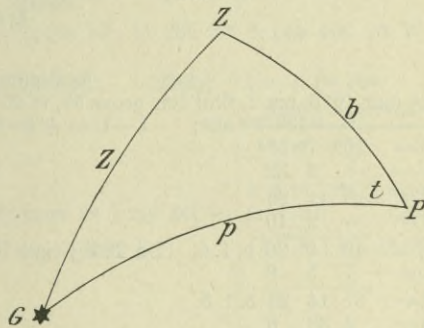
- a) bei der Sonne: Abweichung und Zeitgleichung,
- b) bei den anderen Gestirnen: die Geradeaufsteigung der mittleren Sonne, sowie die Geradeaufsteigung und Abweichung des Gestirns.

3. Aus diesen Werten ermittle den Stundenwinkel; bei der Sonne: die wahre Ortszeit.

4. Entnimm der Karte die Bestecksbreite.

Aus den so gefundenen Werten ( $t$ ,  $\varphi$  und  $\delta$ ) berechne die Höhe nach Gl. 1 und 2. Die Größe  $\varphi - \delta$  bedeutet darin die algebraische Differenz. Sind also beide gleichnamig, so sind ihre absoluten Beträge voneinander zu subtrahieren, sind sie ungleichnamig, so sind ihre absoluten Beträge zu addieren.

Fig. 29.





3. B.

$\varphi = + 27^\circ$	$\varphi = + 15^\circ$	$\varphi = - 38^\circ$	$\varphi = - 15^\circ$
$\delta = + 42$	$\delta = - 18$	$\delta = + 13$	$\delta = - 41$
<u><math>\varphi - \delta = 15</math></u>	<u><math>\varphi - \delta = 33</math></u>	<u><math>\varphi - \delta = 51</math></u>	<u><math>\varphi - \delta = 26</math></u>

Beispiele.

1. Sonne.

Welches war 1916, am 21. März Nm. gegen 4h, in  $12^\circ 21' N$  und  $94^\circ 7' O$  die wahre Höhe des Sonnenmittelpunktes?

$U = 10^h 2^m 5s;$	$I - U = + 3^m 7s;$	$M\mathcal{G} - I = - 1^m 16s.$	$M\mathcal{G} = 22^h 4^m d. 20. 3.$
$U = 10^h 2^m 5s$			
$I - U = + 3 7$			
$I = 10 5 12$			
$M\mathcal{G} - I = - 1 16$			
$M\mathcal{G} = 10 3 56 d. 21. 3. \text{ Nm. (Da } M\mathcal{G} \text{ rund } 5^h < \text{ als } M\mathcal{D})$			$d. 20. 3. 3gl. = + 7^m 38s a. w. 3.$
$afr. = 22 3 56 d. 20. 3.$			$0,8 \cdot 22,1 v = - 18$
$Oli. 3. = + 6 16 28 (N. \mathcal{Z}. 14)$			$\frac{17,68}{b. 3gl. = + 7 20 a. w. 3.}$
$M\mathcal{D} = 4 20 24 d. 21. 3.$			
$3gl. = - 7 20$			
$M\mathcal{D} 3 = 4 13 4 d. 21. 3.$			
$\sin^2 x/2 = \sin^2 t/2 \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec (\varphi - \delta)$			$d. 20. 3. \odot \delta = - 0^\circ 10,7'$
$\sin h = \cos (\varphi - \delta) \cdot \cos x$			$\frac{0,99 \cdot 22,1}{21,88} v = + 21,9$
$\odot tw = 4 13 4 \lg \sin^2 t/2 = 9,43946$			$v \odot \delta = + 0^\circ 11,2'$
$\varphi = + 12^\circ 21' \lg \cos = 9,98983$			
$\delta = + 0^\circ 11,2' \lg \cos = 10,00000$			
$\varphi - \delta = 12^\circ 9,8' \lg \sec = 0,00986 \lg \cos = 9,99014$			
$\lg \sin^2 x/2 = 9,43915 \lg \cos = 9,65343$			
$\lg \sin h = 9,64357$			
$hr = 26^\circ 6,8'$			

2. Fixstern.

Welches war 1916, am 2. Mai Nm. gegen 5h, in  $26^\circ 17' S$  und  $106^\circ 17' O$  die wahre Höhe des Altair?

$U = 10^h 7^m 58s;$	$I - U = + 3^m 32s;$	$M\mathcal{G} - I = - 2^m 10s.$	$M\mathcal{G} = 10^h 9^m d. 1. 5.$
$U = 10^h 7^m 58s$			
$I - U = + 3 32$			
$I = 10 11 30$			
$M\mathcal{G} - I = - 2 10$			
$M\mathcal{G} = 10 9 20 d. 1. 5. (Da M\mathcal{G} \text{ rund } 7^h < \text{ als } M\mathcal{D})$			$d. 1. 5. m. \odot \alpha = 2^h 36^m 19s$
$Oli. 3. = + 7 5 8$			$\frac{9,9 \cdot 10,1}{99,99} v = + 1 40$
$M\mathcal{D} = 17 14 28 d. 1. 5.$			$v m. \odot \alpha = 2 37 59$
$m. \odot \alpha = 2 38 0$			
$\star 3\mathcal{D} = 19 52 28$			
$\star \alpha = 19 46 43$			
$\star tw = 0 5 45$			
$\sin^2 x/2 = \sin^2 t/2 \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec (\varphi - \delta)$			$\star \alpha = 19^h 46^m 43s$
$\sin h = \cos (\varphi - \delta) \cdot \cos x$			$\star \delta = + 8^\circ 38,6'$
$\star tw = 0 5 45 \lg \sin^2 t/2 = 6,19438$			
$\varphi = - 26^\circ 17' \lg \cos = 9,95261$			
$\delta = + 8^\circ 38,6' \lg \cos = 9,99504$			
$\varphi - \delta = 34^\circ 55,6' \lg \sec = 0,08624 \lg \cos = 9,91376$			
$\lg \sin^2 t/2 = 6,22827 \lg \cos = 9,99985$			
$\lg \sin h = 9,91361$			
$hr = 55^\circ 2,8'$			

3. Planet.

Welches war 1916, am 31. Dezember Um. gegen 5<sup>h</sup>, in 36° 51' S und 110° 0' O die wahre Höhe der Venus?

$U = 9^h 55^m 28^s$ ;  $I - U = - 3^m 16^s$ ;  $M\odot\zeta - I = + 2^m 24^s$ .

$U = 9^h 55^m 28^s$   
 $I - U = - 3 16$

$M\odot\zeta = 9^h 55^m$  d. 30. 12.

$I = 9 52 12$   
 $M\odot\zeta - I = + 2 24$

d. 30. 12. m.  $\odot \alpha = 18^h 34^m 23^s$   
 $9,9 \cdot 9,9 \quad v = + 1 38$   
 $98,01 \quad v$  m.  $\odot \alpha = 18 36 1$

$M\odot\zeta = 9 54 36$  d. 30. 12. (Da  $M\odot\zeta$  rund 7<sup>h</sup> < als  $M\odot\zeta$ )

$O \lambda i. \zeta. = 7 20 0$   
 $M\odot\zeta = 17 14 36$  d. 30. 12.

m.  $\odot \alpha = 18 36 1$   
 $\star \zeta \odot = 35 50 37$

d. 30. 12.  $\zeta \alpha = 16 34 51$   
 $13,1 \cdot 9,9 \quad v = + 2 10$   
 $129,69 \quad v$   $\zeta \alpha = 16 37 1$

$\zeta \alpha = 16 37 1$   
 $\zeta t_w = 19 13 36$

$\sin^2 x/2 = \sin^2 t/2 \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec(\varphi - \delta)$   
 $\sin h = \cos(\varphi - \delta) \cdot \cos x$

d. 30. 12.  $\zeta \delta = -20^\circ 44,8'$   
 $0,53 \cdot 9,9 \quad v = - 5,2'$   
 $5,24 \quad v$   $\zeta \delta = -20^\circ 50,0'$

$\star t_0 = 4 46 24 \quad \lg \sin^2 t/2 = 9,53425$

$\varphi = -36^\circ 51' \quad \lg \cos = 9,90320$

$\delta = -20^\circ 50' \quad \lg \cos = 9,97063$

$\varphi - \delta = 16^\circ 1' \quad \lg \sec = 0,01719 \quad \lg \cos = 9,98281$

$\lg \sin^2 t/2 = 9,42527 \quad \lg \cos = 9,66980$

$\lg \sin h = 9,65261$

$h r = 26^\circ 42,2'$

4. Mond.

Welches war 1916, am 2. November Um. gegen 8<sup>h</sup>, in 28° 30' S und 40° 20' W die wahre Höhe des Mondmittelpunktes?

$U = 10^h 56^m 25^s$ ;  $I - U = - 3^m 16^s$ ;  $M\odot\zeta - I = + 1^m 10^s$ .

$U = 10^h 56^m 25^s$   
 $I - U = - 3 16$

$M\odot\zeta = 10^h 54^m$  d. 2. 11.

$I = 10 53 9^s$   
 $M\odot\zeta - I = + 1 10$

d. 2. 11. m.  $\odot \alpha = 14^h 45^m 42^s$   
 $9,9 \cdot 10,9 \quad v = + 1 48$   
 $107,9 \quad v$  m.  $\odot \alpha = 14 47 30$

$M\odot\zeta = 10 54 19$  d. 2. 11. (Da  $M\odot\zeta$  rund 3<sup>h</sup> > als  $M\odot\zeta$ )

$W \lambda i. \zeta. = - 2 41 20$   
 $M\odot\zeta = 8 12 59$  d. 2. 11.

m.  $\odot \alpha = 14 47 30$   
 $\star \zeta \odot = 23 0 29$

d. 2. 11. 10<sup>h</sup>  $\zeta \alpha = 20 57 36$   
 $2,28 \cdot 54 \quad v = + 2 3$   
 $123,12 \quad v$   $\zeta \alpha = 20 59 39$

$\zeta \alpha = 20 59 39$   
 $\zeta t_w = 2 0 50$

$\sin^2 x/2 = \sin^2 t/2 \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec(\varphi - \delta)$   
 $\sin h = \cos(\varphi - \delta) \cdot \cos x$

d. 2. 11. 10<sup>h</sup>  $\zeta \delta = -15^\circ 27,0'$   
 $0,211 \cdot 54 \quad v = + 11,4'$   
 $11,394 \quad v$   $\zeta \delta = -15^\circ 15,6'$

$t_w = 2 0 50 \quad \lg \sin^2 t/2 = 8,83186$

$\varphi = -28^\circ 30' \quad \lg \cos = 9,94390$

$\delta = -15^\circ 15,6' \quad \lg \cos = 9,98441$

$\varphi - \delta = 13^\circ 14,4' \quad \lg \sec = 0,01170 \quad \lg \cos = 9,98830$

$\lg \sin^2 x/2 = 8,77187 \quad \lg \cos = 9,94533$

$\lg \sin h = 9,93363$

$h r = 59^\circ 7,5'$



**Zweites Kapitel. Besondere Fälle.**

**120. Höhe eines Gestirns im Sechshöckereis.**

In diesem Fall ist  $t = 90^\circ$ . Da  $\cos 90^\circ = 0$  ist, geht die Gleichung

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$$

über in:  $\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta$ .

**121. Höhe eines Gestirns im Ersten Vertikal.**

In diesem Fall ist  $Az = 90^\circ$ . Da  $\cos 90^\circ = 0$  ist, geht die Gleichung

$$\sin \delta = \sin \varphi \cdot \sin h + \cos \varphi \cdot \cos h \cdot \cos Az$$

über in:  $\sin \delta = \sin \varphi \cdot \sin h$ ,

also:  $\sin h = \operatorname{cosec} \varphi \cdot \sin \delta$ .

**122. Höhe eines Gestirns in der größten Ausweichung.**

In diesem Fall ist der parallaktische Winkel  $= 90^\circ$ . Da  $\cos 90^\circ = 0$  ist, geht die Gleichung

$$\sin \varphi = \sin h \cdot \sin \delta + \cos h \cdot \cos \delta \cdot \cos G$$

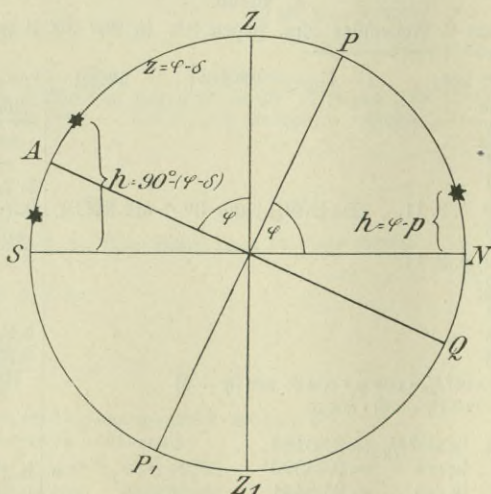
über in:  $\sin \varphi = \sin h \cdot \sin \delta$ ,

also:  $\sin h = \sin \varphi \cdot \operatorname{cosec} \delta$ .

**123. Höhe eines Gestirns im Meridian.**

In diesem Fall fällt das astronomische Grunddreieck fort. Fig. 30 (Meridianfigur) zeigt, daß im Augenblick der oberen Kulmination

Fig. 30.



$$H = 90^\circ - z \text{ ist.}$$

$z$  ist aber  $= \varphi - \delta$  (algebraisch), also:

$$\underline{H = 90^\circ - (\varphi - \delta) \text{ ob. Kulm.,}}$$

Für die sichtbare untere Kulmination ergibt die Fig. 30, da die Polhöhe bekanntlich gleich der Breite ist:

$$H = \varphi - p \text{ unt. Kulm.,}$$

worin  $p = 90^\circ - \delta$ , die Poldistanz. Diese ist in vorliegendem Fall stets spitz, da nur Zirkumpolarsterne in der unteren Kulmination sichtbar sind, bei denen immer  $\varphi$  und  $\delta$  gleichnamig.

Beispiele.

1. Obere Kulmination (Sonne).

Welches war 1916, den 22. September, in  $54^\circ 20' N$  und  $10^\circ O$  die wahre obere Meridianhöhe der Sonne? (Mittelpunkthöhe.)

$$\begin{array}{r} \text{ob. Kulm. } H_w = 90^\circ - (\varphi - \delta) \\ \varphi = + 54^\circ 20' \\ \delta = + 0 \quad 21,5 \\ \varphi - \delta = \quad 53 \quad 58,5 \\ 90^\circ - (\varphi - \delta) = \underline{\text{Hr}} = \quad 36 \quad 1,5 \end{array}$$

N. J. S. 115 Sp. 3.	
d. 22. 9. i. G.	$\odot \delta = + 0^\circ 20,8'$
$0,065 \cdot 10$	$\text{B.} = + \quad 0,7$
$0,65$	$\text{B. } \odot \delta = + 0 \quad 21,5$

Man könnte auch MÖZ bilden, indem man von der WÖZ =  $0^h 0^m$  ausgeht und hieran die ungef. Zgl. und Zg. i. Z. anbringt.

Für MÖZ entnimmt man dann  $\odot \delta$  aus S. III/IV des Monats.

2. Untere Kulmination (Fixstern).

Welches war 1916, am 23. Juni, in  $56^\circ 10' N$  und  $6^\circ O$  die wahre Höhe der Capella in der unteren Kulmination?

$$\begin{array}{r} \text{unt. Kulm. } H_w = \varphi - p \\ \varphi = + 56^\circ 10,0' \\ p = \quad 44 \quad 5,1 \\ \varphi - p = \underline{\text{Hr}} = \quad 12 \quad 4,9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \star \delta = + 45^\circ 54,9' \\ p = \quad 44 \quad 5,1 \end{array}$$

Drittes Kapitel. Höhentafeln und Diagramme.

124. Die Berechnung der Höhe eines Gestirns kommt bei der astronomischen Ortsbestimmung sehr häufig als Teilaufgabe vor. Hieraus ergibt sich, daß ein Tafelwerk, dem man die Höhe mit einem gegebenen Stundenwinkel, der Breite und der Abweichung direkt entnehmen kann, für den Nautiker großen Wert haben wird. Er kann dann die gesuchte Höhe unabhängig von möglichen Rechenfehlern finden. In der Tat gibt es auch bereits eine ganze Reihe solcher „Höhentafeln“. Dieselben haben aber bislang leider in der Praxis sich noch nicht durchsetzen können, weil der notwendige mehrmalige Eingang und die nicht zu umgehenden Interpolationen als zu lästig empfunden werden. Hinzu kommt, daß eine ausführliche Höhentafel auch äußerlich recht umfangreich ist. Die Berechnung einer Gestirnsgröße dagegen stellt sich als eine recht einfache Aufgabe dar, zumal für die Praxis die Benutzung von nur vierstelligen Logarithmen vollkommen genügt.



Ähnlich geht es auch mit den Diagrammen, welche zur Entnahme der Höhen der Gestirne usw. entworfen worden sind. Eins der brauchbarsten ist das von Dr. Maurer empfohlene Plattkartendiagramm von Favé und Kollet de l'Isle, und zwar in Form eines Atlas von etwas über hundert Blättern.

Einzelne neuere Arbeiten auf diesem Gebiet werden augenblicklich in der Front auf ihre Brauchbarkeit hin ausprobiert. Bei all diesen Aufgaben sind heute gleichermaßen interessiert die Schifffahrt auf sowie über und unter dem Wasser.

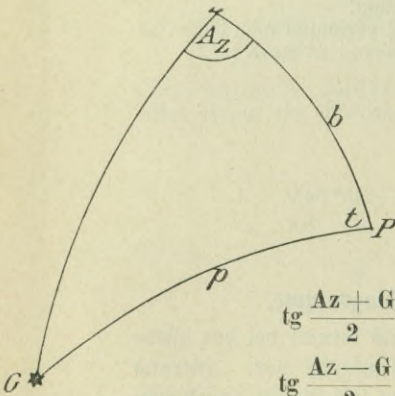
Sechster Abschnitt.

**Das wahre Azimut der Gestirne.**

**Erstes Kapitel. Berechnung des Azimuts. (Zeitazimut.)**

125. Sind im astronomischen Grunddreieck bekannt die Seiten  $b = 90^\circ - \varphi$  und  $p = 90^\circ \pm \delta$ , sowie der Stundenwinkel  $t$  des Gestirns, so ergibt sich sein Azimut aus den Napier'schen Gleichungen.

Fig. 31.



Es ist dann:

$$\cotg \frac{t}{2} : \tg \frac{Az + G}{2} = \cos \frac{p + b}{2} : \cos \frac{p - b}{2},$$

$$\cotg \frac{t}{2} : \tg \frac{Az - G}{2} = \sin \frac{p + b}{2} : \sin \frac{p - b}{2}.$$

Hieraus ergeben sich die Gleichungen:

$$\tg \frac{Az + G}{2} = \cotg \frac{t}{2} \cdot \sec \frac{p + b}{2} \cdot \cos \frac{p - b}{2} \dots \dots 1.$$

$$\tg \frac{Az - G}{2} = \cotg \frac{t}{2} \cdot \operatorname{cosec} \frac{p + b}{2} \cdot \sin \frac{p - b}{2} \dots \dots 2.$$

Solange  $p$  größer ist als  $b$ , ist  $Az = \frac{Az + G}{2} + \frac{Az - G}{2}$ ; wenn aber  $b$  größer ist als  $p$ , dann wird  $\sin \frac{p - b}{2}$  negativ und infolgedessen auch  $\tg \frac{Az - G}{2}$  negativ. Es ist dann:  $Az = \frac{Az + G}{2} - \frac{Az - G}{2}$ .

Zur Berechnung des Azimuts müssen also bekannt sein:

1. Breite . . . . . (Besteckbreite),
2. Abweichung . . . . . (mit M&Z aus N. Z.),
3. Stundenwinkel . . . . . (ableiten aus M&Z).

## Zweites Kapitel. Azimuttafeln.

126. Man hat zur schnellen Ermittlung des Azimuts unter Zugrundelegung der obigen Gleichungen besondere Tafeln berechnet, die sogenannten Azimuttafeln.

Unter anderen haben wir eine deutsche Azimuttafel von Ebsen, welche die Azimute aller Gestirne für jeden vollen Grad der Breite (70° N bis 70° S) von 10 zu 10 Minuten Stundenwinkel enthält. Da jedoch nur Gestirne bis zu 29° Abweichung berücksichtigt sind, hat die Tafel nur eng begrenzten Wert. Etwas unbequem wird die Tafel dadurch, daß die Azimute nur von 10 zu 10 Minuten gegeben sind.

127. Diesen Dingen ist abgeholfen durch die N. L. 16 a, b, c, welche das Azimut aller Gestirne gibt, deren Abweichung nicht größer als 70° ist und zwar in Zeitintervallen von 1<sup>m</sup> bis 5<sup>m</sup> des Stundenwinkels. Diesen Tafeln liegt zu Grunde die Gleichung:

$$- \sec \varphi \cdot \cotg Az = - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\sin t} + \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} t}.$$

Die 3 Glieder dieser Gleichung sind einzeln dargestellt.

$$\text{Die Tafel 16 a liefert: } a = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} t},$$

$$= \quad = \quad 16 b \quad = \quad b = \frac{- \operatorname{tg} \delta}{\sin t},$$

$$= \quad = \quad 16 c \quad = \quad c = - \sec \varphi \cdot \cotg Az,$$

worin  $c = a + b$  ist, so daß man mit  $c$  und  $\varphi$  das Azimut am Kopfe der Tafel 16 c entnehmen kann.

Im übrigen erläutern die beigedruckten Anweisungen den Gebrauch der Tafeln.

128. Die Entwicklung der Gleichung für N. L. 16 a, b, c. Das astronomische Grunddreieck gibt die Gleichung:

$$\cos p = \cos b \cdot \cos z + \sin b \cdot \sin z \cdot \cos Az,$$

$$\sin \delta = \sin \varphi \cdot \sin z + \cos \varphi \cdot \sin z \cdot \cos Az,$$

$$\cos Az = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cdot \cos z}{\cos \varphi \cdot \sin z}.$$

Diese Gleichung, dividiert durch  $\sin Az$ , gibt:

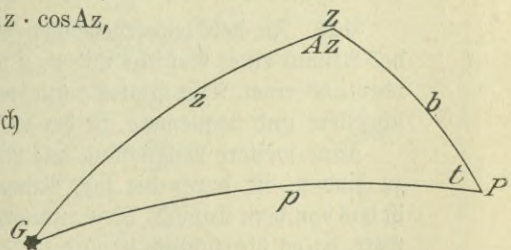
$$\cotg Az = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cdot \cos z}{\cos \varphi \cdot \sin z \cdot \sin Az}.$$

Ferner ergibt der Sinussatz:

$$\sin z \cdot \sin Az = \sin t \cdot \cos \delta;$$

$$\text{also: } \cotg Az = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cdot \cos z}{\cos \varphi \cdot \sin t \cdot \cos \delta}$$

Fig. 32.





$$\begin{aligned}
 &= \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos \varphi \cdot \sin t} - \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi \cdot \sin t \cdot \cos \delta} (\sin \varphi \cdot \sin \delta \\
 &\quad + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t) \\
 &= \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos \varphi \cdot \sin t} - \frac{\sin^2 \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta}{\cos \varphi \cdot \sin t} - \frac{\sin \varphi}{\operatorname{tg} t} \\
 &= \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos \varphi \cdot \sin t} \cdot (1 - \sin^2 \varphi) - \frac{\sin \varphi}{\operatorname{tg} t}
 \end{aligned}$$

oder:

$$\operatorname{cotg} Az = \frac{\operatorname{tg} \delta \cdot \cos \varphi}{\sin t} - \frac{\sin \varphi}{\operatorname{tg} t}.$$

Diese Gleichung, dividiert durch  $-\cos \varphi$ , gibt:

$$-\sec \varphi \cdot \operatorname{cotg} Az = -\frac{\operatorname{tg} \delta}{\sin t} + \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} t}.$$

Beispiel. (N. Z. 16a, b, c und Eöjen.)

Welches war 1916, am 17. April, um 20<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> MÖZ in 54° 17' N und 10° 40' O das wahre Azimut der Sonne?

$$\begin{aligned}
 \text{MÖZ} &= 20^{\text{h}} 30^{\text{m}} \text{ d. 17. 4.} \\
 \text{Oz i. Z.} &= + 43 \\
 \text{MÖZ} &= 21 13 \text{ d. 17. 4.} \\
 \text{Zgl.} &= - 4 \text{ a. m. Zt.} \\
 \text{WÖZ} &= 21 9 \text{ d. 17. 4.} \\
 \text{Oz} &= 2 51
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MÖZ} &= 20^{\text{h}} 30^{\text{m}} \text{ d. 17. 4.} \\
 \text{d. 17. 4. Oz} &= + 4^{\circ} 51' \\
 \text{d. 17. 4. Zgl.} &= + 3^{\text{m}} 44^{\text{s}} \text{ a. w. Z.}
 \end{aligned}$$

N. Z. 16a, b, c.

$$a = + 1,51$$

$$b = - 0,13$$

$$a + b = + 1,38$$

$$\begin{aligned} \text{Az} &= S 51^{\circ} O \\ &= 129^{\circ} \end{aligned}$$

Tafel Eöjen.

$$\text{w. Ö Zt.} = 21^{\text{h}} 9^{\text{m}} = 9^{\text{h}} 9^{\text{m}} \text{ Wm.}$$

$$\text{Az} = N 129,3^{\circ} O$$

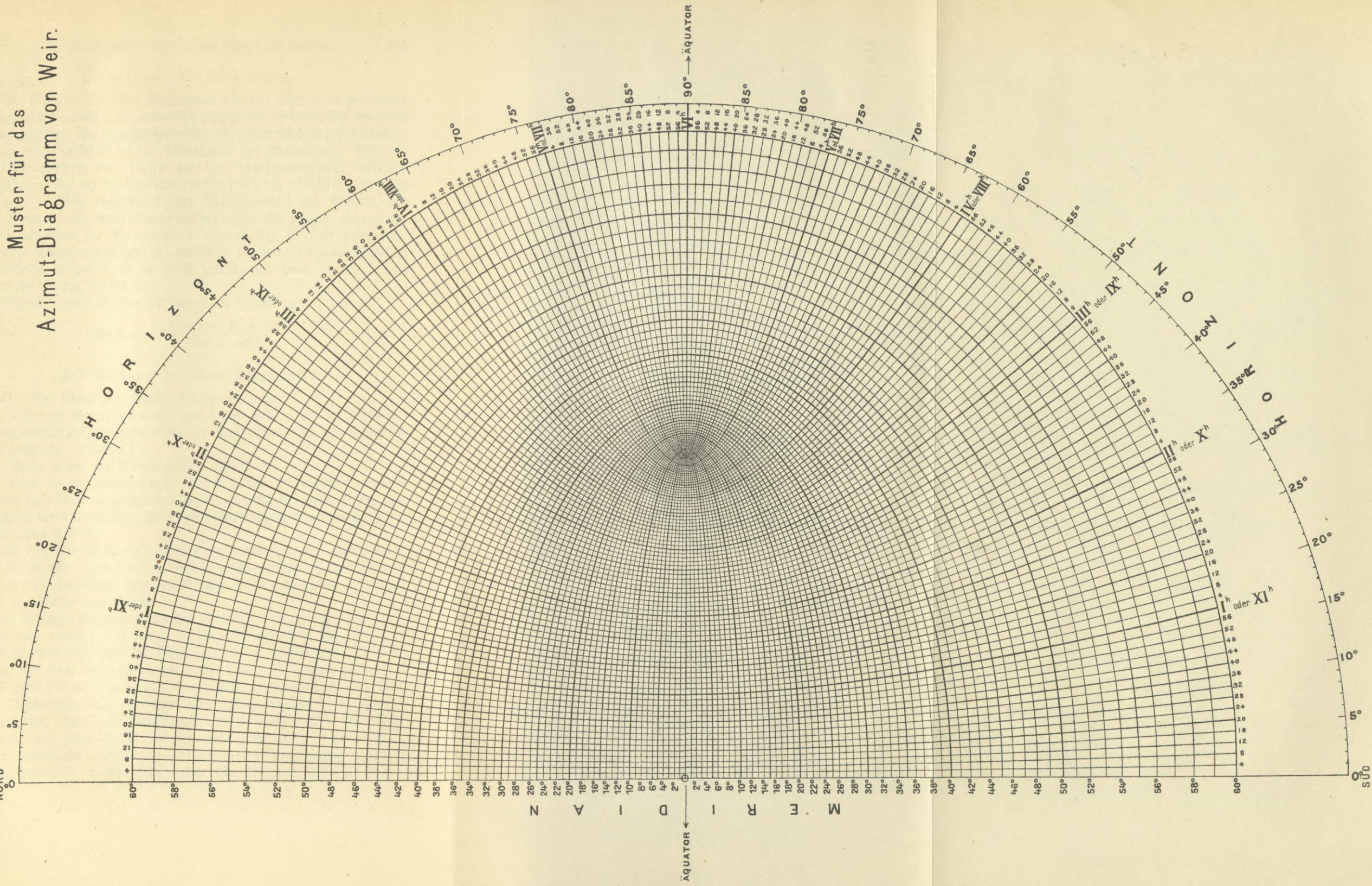
### Drittes Kapitel. Das Azimut-Diagramm von Weir.

129. In den vorhergehenden Absätzen ist gezeigt worden, wie man das Azimut eines Gestirns mit  $\varphi$ ,  $\delta$  und  $t$  entweder durch Rechnung finden oder aus einer Azimuttafel entnehmen kann. Der letztere Weg, als der schnellere und bequemere, ist der in der Praxis gebräuchliche.

Eine weitere Möglichkeit, das Azimut eines Gestirns schnell und sicher zu finden, ist durch die sog. Azimutdiagramme gegeben. Unter diesen ist das von dem Kapitän Weir entworfene Diagramm besonders erwähnenswert, da es übersichtlich ist und die gesuchte Größe in sehr einfacher Weise ergibt.

Das Diagramm gehört zur Navigationsausrüstung S. M. Schiffe. Tafel I stellt dasselbe verkleinert dar.











## Beschreibung des Diagramms.

130. Die eine Achse des Diagramms stellt den Meridian dar, dessen Teilungszahlen sowohl  $\varphi$  als auch  $\delta$  bedeuten sollen; dieselben sind von Grad zu Grad gegeben. Auf dem Meridian steht die zweite Achse des Diagramms, der Aquator, senkrecht im sog. Mittelpunkt des Diagramms. Von den Meridianteilpunkten aus laufen die sog. Breitenkurven; dieselben sind Ellipsen. Auf der Breitenkurve für  $60^\circ$  sehen wir ebenfalls Teilpunkte abgetragen. Diese entsprechen dem Stundenwinkel des Gestirns von 4 zu 4 Minuten. Die durch diese Stundenwinkelpunkte gelegten Stundenkurven schneiden die Breitenkurven rechtwinklig; sie sind Hyperbeln. Das ganze Diagramm umgibt ein Halbkreis, der den Horizont darstellen soll; derselbe ist von Grad zu Grad geteilt, und zwar in den beiden Quadranten je von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$ .

Zugrunde gelegt ist dem Diagramm die Gleichung:

$$\cotg A = - \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot \cos t \cdot - \operatorname{tg} \delta}{\sec \varphi \cdot \sin t}$$

## Der Gebrauch des Weir-Diagramms.

131. Man findet den Winkel A folgendermaßen:

1. Kehre die Vorzeichen von  $\varphi$  und  $\delta$  um; suche  $\varphi$  auf der Meridianlinie und verfolge die Breitenkurve bis zur Stundenkurve, die dem Stundenwinkel entspricht. (Punkt 1.)

2. Suche  $\delta$  auf der Meridianlinie. (Punkt 2.)

3. Lege an die beiden Punkte 1 und 2 das Kartendreieck an, und verschiebe diese Linie vermittels des zweiten Dreiecks (Anlegelineal) bis zum Mittelpunkt des Diagramms. Der Schnittpunkt derselben mit der Horizontlinie gibt das Azimut.

Noch einfacher erhält man das letztere, wenn man das Kartendreieck so an die Punkte 1 und 2 anlegt, daß sein Mittelpunkt auf dem Punkt 2 ( $\delta$  auf der Meridianlinie) liegt; es ist dann der am Meridian abgelesene Winkel unmittelbar das Azimut.

Das Weir'sche Diagramm gibt das Azimut im allgemeinen auf einige Zehntelgrade genau; nur wenn  $\varphi$  klein ist und der Stundenwinkel 5 bis 6 Stunden ist, liegen die Kurvenpunkte sehr gedrängt, so daß man hier nur mit einer Genauigkeit von höchstens  $0,5^\circ$  bis  $1^\circ$  rechnen darf.

Es wird sich im allgemeinen nicht lohnen, zur Auswertung einer einzelnen Beobachtung das immerhin doch etwas unhandliche Diagramm hervorzuholen. Von praktischem Nutzen aber ist dasselbe zweifellos, wenn man z. B. bei einer Rundschwauung eine große Reihe von Gestirns- (Sonnen-)peilungen gemacht hat, für die nun die zugehörigen wahren Azimute ermittelt werden sollen, um den Kompaßfehler zu finden.



Gerade das Azimutdiagramm ist dann sehr bequem und gibt vor allem auch ein sehr anschauliches Bild von der Änderung des Azimuts mit dem Stundenwinkel.

**Das Azimut ist stets gleichnamig mit Breite und Stundenwinkel.**

Beispiel 1.	$\varphi = 60^\circ \text{ N}$ ,	$t_0 = 3^{\text{h}} 20^{\text{m}}$ ,	$\delta = 20^\circ \text{ N}$ ;	Azimut = N 116° O = 116°
=	2. $\varphi = 30 \text{ N}$ ,	$t_w = 4 \ 0$ ,	$\delta = 20 \text{ S}$ ;	= N 123 W = 237
=	3. $\varphi = 40 \text{ S}$ ,	$t_0 = 8 \ 20$ ,	$\delta = 30 \text{ S}$ ;	= S 44,5 O = 135,5
=	4. $\varphi = 55 \text{ N}$ ,	$t_w = 10 \ 30$ ,	$\delta = 45,9 \text{ N}$ ;	= N 15,7 W = 344,3

Beispiel 2. Kehre die Vorzeichen von  $\varphi$  und  $\delta$  um, also:  $30^\circ \text{ S}$  und  $20^\circ \text{ N}$ .

1. Verfolge vom Meridianpunkt  $30^\circ \text{ S}$  die Breitenkurve bis zu ihrem ersten Schnittpunkt mit der Stundenkurve des  $t = 4^{\text{h}} 0^{\text{m}}$ .
2. Lege das Kartendreieck an diesen Punkt und den Meridianpunkt  $20^\circ \text{ N}$  an, und verschiebe es, bis sein Mittelpunkt auf der Meridianlinie liegt.
3. Da die Breite N war, lese den Winkel von Nord aus ab: =  $123^\circ$ .

Das Azimut ist N  $123^\circ \text{ W}$ , weil die Breite nördlich und der Stundenwinkel westlich ist.

Beispiel 3.  $\int$  Ist der Stundenwinkel größer als  $6^{\text{h}}$ , so verfolge die Breiten-

Beispiel 4.  $\int$  kurve über  $6^{\text{h}}$  hinaus bis zum Schnittpunkt mit der entsprechenden Stundenkurve.

**Viertes Kapitel. Azimut der Sonne im wahren Auf- und Untergang.**

132. Steht die Sonne im wahren Auf- oder Untergang, so ist  $Z = 90^\circ$ .

Die Gleichung:  $\cos p = \cos b \cdot \cos z + \sin b \cdot \sin z \cdot \cos Az$  geht dann über

$$\text{in: } \cos p = \sin b \cdot \cos Az,$$

$$\text{also: } \sin \delta = \cos \varphi \cdot \cos Az$$

$$\cos Az = \sec \varphi \cdot \sin \delta.$$

133. Die N. T. 19 gibt dieses Azimut mit den Eingängen  $\varphi$  und  $\delta$ , gerechnet von dem mit der Abweichung gleichnamigen Pol aus. (Auch die Tafel „Ebsen“ enthält dieses Azimut am Kopf jeder Seite.) Diese Tafel 19 ist besonders bequem zur Bestimmung des Kompaßfehlers beim wahren Auf- und Untergang der Sonne, also dann, wenn sich der Sonnenunterrand noch etwa 1 Sonnendurchmesser über der Kimm befindet.

Die Abweichung der Sonne entnimmt man dem N. J. für den Gebrauch dieser Tafel auf  $1/2^\circ$  genau.

Beispiel.

Welches war 1916, am 30. Juni, in  $30^\circ 17' \text{ N}$  und  $40^\circ 50' \text{ W}$  das wahre Azimut der Sonne, als dieselbe im wahren Aufgang stand?

$\parallel$	Nach „Ebsen“ T., w. Az. = $S 63^\circ \text{ O}$	$\parallel$	d. 30. 6. $\odot \delta = + 23,2^\circ$ .
$\parallel$	= N. T. 19, w. Az. = $S 63^\circ \text{ O}$		

**Fünftes Kapitel. Das Azimut des Polarsterns.**

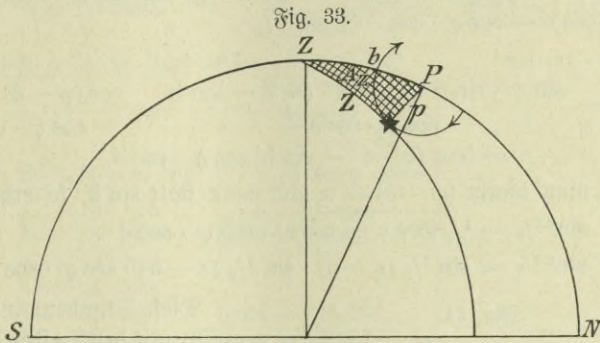
134. Ein günstiges Objekt zur Bestimmung des Kompaßfehlers zur Nachtzeit auf kleineren und mittleren Nordbreiten ist der Polarstern. Seine Polhöhe ist nur etwa  $1/6^\circ$  groß und tritt er deshalb nur wenig aus der Meridianrichtung heraus.

Nach dem Sinussatz ergibt sich aus der Fig. 33:

$$\begin{aligned} \sin Az : \sin t &= \sin p : \sin z \\ \sin Az &= \sin p \cdot \operatorname{cosec} z \cdot \sin t. \end{aligned}$$

Da  $Az$  und  $p$  sehr klein sind, kann man anstatt des Sinus den Bogen setzen, also:

$$Az = p \cdot \sec h \cdot \sin t.$$



Ein mäßiger Fehler in der Höhe hat bei Stundenwinkeln in der Nähe von  $0^h$  und  $12^h$  wegen des  $\sin t$  keinen nennbaren Einfluß. Bei größeren Stundenwinkeln nähert sich der Wert  $h$  der Polstanz ( $\varphi$ ). Man kann deshalb, ohne einen großen Fehler zu machen,  $\sec h = \sec \varphi$  setzen und bekommt damit:

$$Az = p \cdot \sec \varphi \cdot \sin t.$$

135. Die Tafel 8 des N. J. gibt für  $\varphi$  und  $t$  ( $p$  ist konstant) das zugehörige wahre Azimut. Um sich die Errechnung des Stundenwinkels zu ersparen, hat man in der Tafel an seiner Statt die ihm entsprechende „Sternzeit“ gesetzt.

Das entnommene Azimut zählt stets von Nord aus.

Beispiel.

Welches war 1916, am 17. November Nm. gegen  $8^h$  MÖZ, in  $49^\circ 30' N$  und  $50^\circ 20' W$  das wahre Azimut des Nordsterns?

MÖZ =	8 <sup>h</sup> d. 17. 11. Nm.	m. $\odot \alpha = 15,8^h$
W $\lambda =$	3,4	
MÖZ =	4,6 d. 17. 11.	
m. $\odot \alpha =$	15,8	
★ 3D =	20,4	
=	=	
=	=	
	$A_3 = N 1,8^\circ O$	



Siebenter Abschnitt.

**Berechnung des Stundenwinkels eines Gestirns aus seiner Höhe.**

136. Das *Poldreieck* ergibt die Gleichung:

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t.$$

Statt  $\cos t$  kann man setzen:  $1 - 2 \sin^2 t/2$ , also  $\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta - \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot 2 \sin^2 t/2$ ,

also:

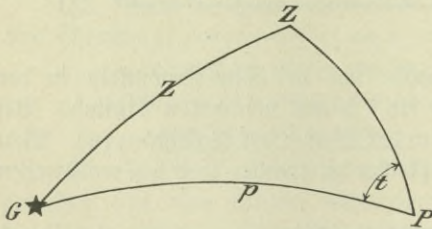
$$2 \sin^2 t/2 = \frac{\sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta - \sin h}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} = \frac{\cos(\varphi - \delta) - \sin h}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} \\ = [\cos(\varphi - \delta) - \sin h] \sec \varphi \cdot \sec \delta.$$

Setzt man hierin  $(\varphi - \delta) = u$  und  $\cos z$  statt  $\sin h$ , so erhält man:

$$\sin^2 t/2 = 1/2 (\cos u - \cos z) \cdot \sec \varphi \cdot \sec \delta$$

$$\text{oder: } \sin^2 t/2 = \sin^{1/2}(z + u) \cdot \sin^{1/2}(z - u) \cdot \sec \varphi \cdot \sec \delta.$$

Fig. 34.



Diese Stundenwinkelformel ergibt mit der *Bestecksbreite*, der aus dem *N. J.* entnommenen *Abweichung* des *Gestirns* und der durch *Beobachtung* erhaltenen (*wahren*) *Höhe* desselben den *Stundenwinkel*. Ob dieser der *östliche* oder *westliche* *Stundenwinkel* ( $t_o$  oder  $t_w$ ) ist, ergibt sich

daraus, ob die *Höhe* *östlich* oder *westlich* vom *Meridian* (ob *steigend* oder *fallend*) *beobachtet* wurde.

Der Wert  $1/2(z - u)$  wird zweckmäßig dadurch gebildet, daß man  $1/2(z + u)$  von  $z$  abzieht; [oder  $u$  von  $1/2(z + u)$ ].

Es ist nämlich:

$$1/2(z + u) + 1/2(z - u) = z \quad \text{und} \quad 1/2(z + u) - 1/2(z - u) = u, \\ \text{folglich: } 1/2(z - u) = z - 1/2(z + u) \quad \text{oder} \quad 1/2(z - u) = 1/2(z + u) - u;$$

z. B.: Es sei:  $\varphi = +10^\circ 20'$ ;  $\delta = -17^\circ 20'$ ;  $z = 48^\circ 20'$ ,

folglich:  $\varphi = +17^\circ 20'$

$\delta = -17^\circ 20'$

$(\varphi - \delta) = u = 27^\circ 40'$

$z = 48^\circ 20'$

$1/2(z + u) = 38^\circ 0'$

$1/2(z - u) = 10^\circ 20'$

Beispiel.

1916, am 17. August Bm. gegen 4<sup>h</sup>, in etwa 6° 8' N und 62° 14' O beobachtet man aus 10 m Augeshöhe bei  $\mathfrak{Z. B.} = -2'$  den folgenden Kimnabstand des Nigel östlich vom Meridian.

$$I = 11^h 46^m 30^s \quad \star h_a = 35^\circ 17'$$

$$\mathfrak{M}\mathfrak{Z} - I = + \quad 6$$

Welches war der Stundenwinkel?

	Nigel	
I = 11 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	★ h <sub>a</sub> = 35° 17' O.	M $\mathfrak{Z}$ = 11 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> d. 16. 8.
M $\mathfrak{Z}$ - I = + 6	$\mathfrak{Z. B.} = - 2$	
M $\mathfrak{Z}$ = 11 46 30 d. 16. 8.	h <sub>g</sub> = 37 15	★ $\delta = - 8^\circ 17,9'$
	G. B. = - 7,1	
	h <sub>w</sub> = 37 7,9	
	z = 54 52,1	
$\sin^2 t/2 = \sin 1/2 (z + u) \cdot \sin 1/2 (z - u) \cdot \sec \varphi \cdot \sec \delta$		
φ = + 6° 8,0'	lg sec = 0,00249	
δ = - 8 17,9	lg sec = 0,00457	
(φ - δ) = u = 14 25,9		
z = 54 52,1		
1/2 (z + u) = 34 39,0	lg sin = 9,75478	
1/2 (z - u) = 20 13,1	lg sin = 9,53857	
	lg sin <sup>2</sup> t/2 = 9,30041	
	t <sub>0</sub> = 3 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup>	
	t <sub>w</sub> = 20 27 39	

137. Stellen der Uhren an Bord.

Berechnet man aus einer Höhe der wahren Sonne den Stundenwinkel derselben, so hat man damit die wahre Zeit.

Auf See, außerhalb der heimischen Gewässer, sind die Uhren nach  $\mathfrak{W}\mathfrak{Z}$  gestellt,\*) und zwar so, daß sie jeweils im wahren Mittag 0<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> zeigen. Ändert das Schiff nun die geographische Länge, so stimmt die Bord-Uhrzeit nicht mehr mit der Ortszeit überein. Versegelt das Schiff z. B. nach Westen, so kommt es auf kleinere Zeit; die Bord-Uhr wird

\*) Dienst an Bord. 844c.

Die Wachuhr ist in den heimischen Gewässern in See und im Hafen nach mitteleuropäischer Zeit zu stellen.

In außerheimischen Gewässern wird die Wachuhr in See nach der wahren Zeit gestellt, bei Ankunft im Hafen unmittelbar nach dem Unternach der am Orte geltenden Zeit.

Nur bei Reisen zwischen Häfen mit der gleichen Zeit wird die Uhr in See nicht gestellt.

Bei Veränderungen des Schiffsorts nach W läßt der Navigationsoffizier in See die Wachuhr nach dem auf die Vormittagsgerzitten folgenden Klardeck, bei Veränderungen nach O vor Klardeck stellen, in der Regel also in ersterem Falle zwischen 11<sup>1/2</sup> und 12 Uhr vormittags, in letzterem Falle so rechtzeitig vor 11<sup>1/2</sup> Uhr, daß die Freizeit der Mannschaft nicht verkürzt wird.

Er benachrichtigt den Kommandanten und Ersten Offizier so frühzeitig von der beabsichtigten Zeitveränderung, daß diese beim Vormittagsdienst berücksichtigt werden kann.



daher eine Zeit zeigen, welche um den Betrag des gutgemachten Längenunterschiedes i. Z. zu groß ist. Man muß also in diesem Fall den gutgemachten W=Lg. u. i. Z. von der Bord-Uhrzeit abziehen, um die wahre Ortszeit zu erhalten.

#### Beispiel.

Angenommen, die Uhr gehe nach  $30^\circ$  W-Länge wahrer Ortszeit. Am nächsten Mittag ergibt das Vestiel, daß man auf  $35^\circ$  W-Länge steht. Dem Lg. u. von  $5^\circ$  entsprechen  $20^m$  Zeit. Die Uhr muß also um  $20^m$  zurückgestellt werden.

Ändert das Schiff seine Länge ostwärts, so ist der seit Mittag gutgemachte Lg. u. zu der Bord-Uhrzeit zu addieren, um die Ortszeit zu erhalten.

Ist die Schiffsuhr stehen geblieben oder soll kontrolliert werden, ob sie richtig geht, so muß man das Chronometer heranziehen. Dies kann gelegentlich einer astronomischen Beobachtung geschehen. Bei Verwertung derselben ergibt sich stets die MZG. Auf diese wendet man die umgekehrte Zeitgleichung und diejenige Länge an, nach der man die Uhr stellen will. Man erhält so die wahre Ortszeit für den Augenblick der Beobachtung. Vergleicht man diese mit der ebenfalls bei der Beobachtung notierten Zeit der Schiffsuhr, so findet man, um wieviel diese Uhr falsch geht gegen WZG und kann sie danach stellen.

## VI. Ortsbestimmung aus Gestirns Höhen.

### Erster Abschnitt.

#### Vorkenntnisse.

##### Der Projektionspunkt.

138. Die gerade Verbindungslinie eines Gestirns mit dem Erdmittelpunkt trifft die Erdoberfläche in einem Punkt, den man den Projektionspunkt ( $G_1$ ) — Fig. 35 — des Gestirns nennt. In diesem Punkt steht das Gestirn dem Beobachter im Zenit; seine Höhe ist  $90^\circ$ , seine Zenitdistanz ist  $0^\circ$ .

Aus der Fig. 35 geht nun hervor:

1. Die Breite  $\varphi$  des Projektionspunktes ist gleich der Abweichung  $\delta$  des Gestirns.

2. Die Länge  $\lambda$  des Projektionspunktes ist gleich dem Stundenwinkel des Gestirns für den Greenwicher Meridian.

Bei der Sonne wäre also die Länge des Projektionspunktes gleich der wahren Greenwicher Zeit.

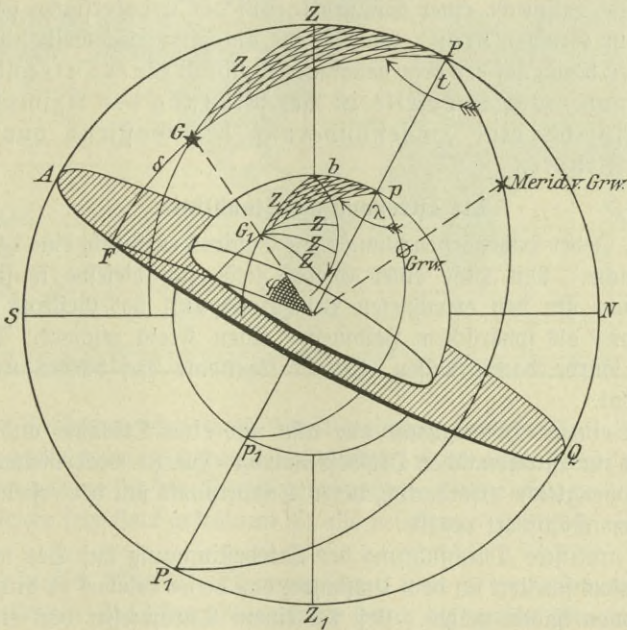
##### Die Höhengleiche.

139. Einem Beobachter in  $b$  (Fig. 35) steht das Gestirn  $G$  nicht im Zenit; es ist aber die Zenitdistanz  $Z$  des Gestirns am Himmelsgewölbe gleich dem Abstand des Beobachters vom Projektionspunkt ( $G_1 b$ ) auf der Erde.

Denkt man sich mit diesem Abstand als sphärischen Halbmesser um den Projektionspunkt einen Kreis geschlagen (siehe den Pfeil von  $b$  aus), so ist in sämtlichen Punkten dieses Kreises die Zenitdistanz  $Z$  die gleiche; alle Punkte dieses Kreises messen also auch die gleiche Höhe des Gestirns.

Man nennt diesen Kreis eine Höhengleiche des Gestirns.

Fig. 35.



Höhengleichen eines Gestirns sind kleinere Kreise auf der Erdoberfläche, welche den Projektionspunkt konzentrisch umgeben. Ihr Halbmesser ist gleich der Zenitdistanz des Gestirns. Ist die Zenitdistanz  $90^\circ$ , also die Höhe des Gestirns  $0^\circ$ , dann ist die Höhengleiche ein Größter Kreis.

Die Fig. 35 zeigt ferner:

1. Die Richtung des Projektionspunktes vom Beobachtungsort (Punkt der Höhengleiche) aus fällt stets mit der Richtung des Gestirns (Azimut) zusammen, d. h. jedem Punkt der Höhengleiche entspricht ein bestimmtes Azimut des Gestirns.
2. Da der Kreis stets senkrecht zum Halbmesser steht, folgt:  
„Die Höhengleiche steht senkrecht zum Azimut des Gestirns.“



3. Denkt sich der Beobachter auf dem sphärischen Halbmesser der Höhengleiche — also in der Azimutrichtung — auf den Projektionspunkt zugerückt, so wird die Höhe des Gestirns größer; rückt er ab, so wird die Höhe kleiner — und zwar:

da wir die Erde als eine vollkommene Kugel betrachten, die von dem Himmelsgewölbe konzentrisch umgeben ist, so entspricht einem Grad auf der Erde auch ein Grad am Himmel, oder: es entspricht einer Seemeile auf der Erdoberfläche (gemessen im Größten Kreise) eine Minute am Himmelsgewölbe; das heißt in bezug auf den eben genannten Punkt 3: einer Ortsänderung von einer Seemeile in der Richtung des Azimuts entspricht eine Höhenänderung des Gestirns von einer Minute.

### Die astronomische Standlinie.

140. Jeder Höhenbeobachtung eines Gestirns entspricht eine bestimmte Höhengleiche. Mit Hilfe eines Globus ließe sich dieselbe konstruieren, indem man um den errechneten Projektionspunkt des Gestirns mit der Zenitdistanz als sphärischem Halbmesser einen Kreis zeichnet. Der Beobachter würde damit wissen, daß er irgendwo auf diesem Kreis gestanden hat.

Eine einzige Höhengleiche gibt also nur eine Ortslinie und genügt noch nicht zur astronomischen Ortsbestimmung. Hierzu wäre vielmehr eine zweite Höhengleiche erforderlich, deren Schnittpunkt mit der ersten Höhengleiche den Schiffsort ergäbe.

Die praktische Durchführung der Ortsbestimmung auf See mit Hilfe eines Globus scheidet an dem Umstande, daß dieser Globus zu unhandliche Dimensionen haben müßte. Erst bei einem Durchmesser von etwa 7 m ist die größte Kreisminute = 1 Seemeile 1 mm lang.

Man ist daher gezwungen, die Höhengleichen in die Merkatorarte einzuzichnen. Hier erscheinen sie als sehr komplizierte Kurven.

Fig. 36 gibt ein Bild solcher Höhengleichen in der Merkatorarte. Die Kurven sind entstanden, indem man einzelne ihrer Punkte berechnet, in die Karte eingetragen und dann durch einfache Linien untereinander verbunden hat. E soll der Projektionspunkt sein; er liegt auf  $40^{\circ}$  N und  $20^{\circ}$  W. An allen auf der Kurve I gelegenen Orten hat ein Gestirn, das im Zenit des Projektionspunktes steht, den Zenitabstand  $30^{\circ}$ , also  $60^{\circ}$  Höhe. Auf Kurve II ist  $Z = 50^{\circ}$ ,  $h = 40^{\circ}$ , und auf Kurve III ist  $Z = 70^{\circ}$ ,  $h = 20^{\circ}$ .

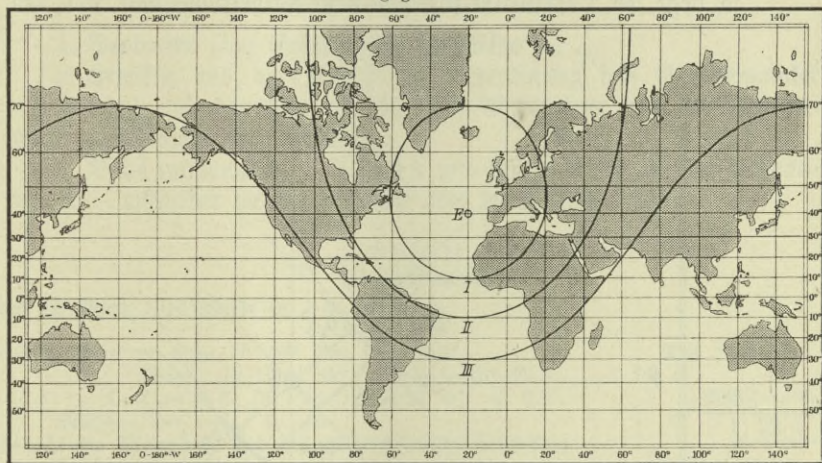
141. Zur praktischen Ortsbestimmung wird es nun immer vollkommen genügen, wenn nur ein kleiner Bogen der Höhengleiche, der in der Nähe des Bestecksortes liegt, dargestellt wird.

Da ein derartiges kleines Stück der Höhengleiche bei den großen Maßstäben der in Betracht kommenden Karten nur wenig von einer geraden Linie abweicht, so ersetzt man dieses Stück Höhengleiche durch eine gerade



Linie — die astronomische Standlinie. Diese hat man sich zu denken als eine Tangente an die Höhengleiche im Beobachtungsort. Es steht also die Standlinie, gleichwie die Höhengleiche, stets senkrecht zum Azimut.

Fig. 36.



Der Fehler, welcher durch die Abweichung der geraden Standlinie von der gekrümmten Höhengleiche entsteht, ist im allgemeinen belanglos, doch kann er eine für die Praxis nennenswerte Größe erreichen, wenn die Höhengleiche sehr stark gekrümmt ist, also bei kleinen Zenitdistanzen (große Höhen).

Aus diesem Grunde sollte man Höhen über  $85^\circ$  nur benutzen, wenn nur ein kleines Stück der Höhengleiche durch die gerade Standlinie dargestellt werden soll.

## Zweiter Abschnitt.

### Ortsbestimmung mit Hilfe einer Standlinie.

#### Erstes Kapitel. Allgemeiner Fall.

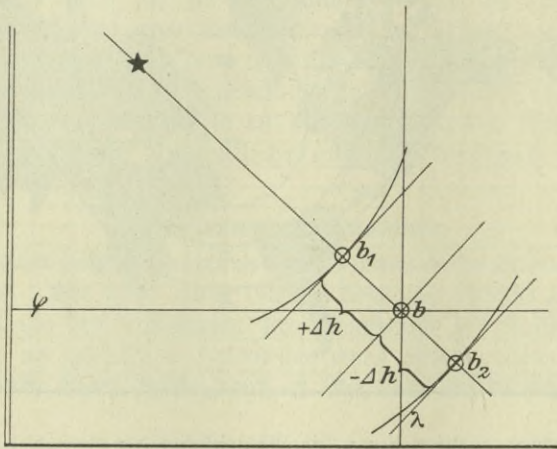
142. Berechnet man nach Gl. 1 und 2 119 für den Bestecksort  $b$  und einen bestimmten Augenblick die Höhe eines Gestirns, so muß, wenn der Bestecksort richtig ist, diese berechnete Höhe mit der im gleichen Augenblick beobachteten Höhe übereinstimmen. Die durch den Bestecksort  $b$  senkrecht zum Azimut des Gestirns gelegte Gerade ist dann die astronomische Standlinie des Schiffsortes. (Fig. 37.)

Weicht aber die beobachtete Höhe ( $h_b$ ) von der berechneten Höhe ( $h_r$ ) ab, so ist der Bestecksort falsch, und zwar:



1. Ist die beobachtete Höhe größer als die für  $b$  berechnete Höhe, so liegt der Zeitpunkt\*)  $b_1$  der Standlinie dem Projektionspunkt um den Betrag des Unterschiedes dieser Höhen ( $+\Delta h$ ) näher (139<sub>3</sub>).
2. Ist die beobachtete Höhe kleiner als die für  $b$  berechnete Höhe, so liegt der Zeitpunkt ( $b_2$ ) von dem Projektionspunkt um den

Fig. 37.



Betrag des Unterschiedes dieser Höhen ( $-\Delta h$ ) weiter entfernt (139<sub>3</sub>).

Zur Ermittlung des Zeitpunktes aus dem Bestecksort bilde man also den Höhenunterschied

$$\Delta h = h_b - h_r$$

und trage diesen ( $1' = 1 \text{ Sm}$ ) vom Bestecksort aus auf der Azimutrichtung an.

Dies geschieht, wenn der Maßstab der benutzten Seekarte so groß ist, daß die Minute (oder Seemeile) bequem abgetragen werden kann, zweckmäßig durch Zeichnung in der Karte. Ist aber der Maßstab der Karte zu klein (Segelkarten), so ermittelt man den Zeitpunkt der Standlinie durch Rechnung, indem man das gefundene  $\Delta h$  mit dem Azimut als Kurs an den Bestecksort koppelt.

Der so erhaltene „Zeitpunkt“ ist ein Punkt der zu der beobachteten Höhe gehörigen Höhengleiche. Diese selbst bzw. ein Stück derselben erhält man, indem man durch diesen Zeitpunkt senkrecht zum Azimut eine gerade Linie — die astronomische Standlinie — legt. Auf dieser steht das Schiff.

\*) „Zeitpunkt“, weil die Standlinie durch diesen Punkt geleitet wird. In einzelnen Bearbeitungen wird dieser Punkt auch wohl Bestimmungspunkt genannt.

Der Zeitpunkt einer Standlinie stellt offenbar einen verbesserten Bestecksort dar, und man nennt ihn deshalb auch wohl den wahrscheinlichen Schiffsort.

Gang des Verfahrens.

1. Beobachte eine Gestirnsgröße und bilde  $h_w$  (b).
2. Ermittle aus der MÖZ der Beobachtung den Stundenwinkel des Gestirns und berechne mit ihm, der Abweichung und der Besteckbreite — die Höhe ( $h_r$ ) desselben.
3. Bilde nunmehr  $h_b - h_r = \Delta h$  und bringe dieses an den Bestecksort an — entweder durch Zeichnung oder durch Rechnung.

Beispiel 1.

**Sonnenstandlinie.**

Am 22. März 1916 wurde in  $\varphi = 35^\circ 40' N$   
 $\lambda = 70^\circ 4' W$

in 7 m Augeshöhe um etwa 7h 20m 3s beobachtet:

$$U = 7^h 17^m 3^s \quad \odot h_a = 16^\circ 26,8'$$

$$I-U = +5 \quad 56 \quad 34 \quad \text{S. W.} = +2,9'$$

$$MÖZ - I = -1 \quad 6 \quad 40$$

Gesucht die Standlinie und der wahrscheinliche Schiffsort.

$$U = 7^h 17^m 3^s$$

$$I-U = +5 \quad 56 \quad 34$$

$$I = 1 \quad 13 \quad 37$$

$$MÖZ - I = -1 \quad 6 \quad 40$$

$$MÖZ = 0 \quad 6 \quad 57 \quad \text{d. 22. 3. Nm.}$$

$$\text{astr.} = 0 \quad 6 \quad 57 \quad \text{d. 22. 3.}$$

$$\text{W} \lambda = -4 \quad 40 \quad 16$$

$$MÖZ = 19 \quad 26 \quad 41 \quad \text{d. 21. 3.}$$

$$\text{umgef. } \text{Zgl} = -7 \quad 2$$

$$WÖZ = 19 \quad 19 \quad 39 \quad \text{d. 21. 3.}$$

$$\odot t_0 = 4 \quad 40 \quad 21$$

$$\odot h_a = 16^\circ 26,8'$$

$$\text{S. W.} = +2,9'$$

$$\odot h_g = 16^\circ 29,7'$$

$$\text{S. W.} = +8,1'$$

$$\ominus h_w = 16^\circ 37,8'$$

$$\text{h}_b = 16^\circ 38'$$

$$\text{N. L. } 14 \lambda = 4^h 40^m 16^s$$

$$\text{MÖZ} = 0^h 6^m 57^s$$

$$\text{d. 22. 3. Nm.}$$

$$\text{Zgl} = +7^m 2^s$$

$$\odot \delta = +0^\circ 37'$$

Formel:

$$\sin^2 \frac{x}{2} = \sin^2 \frac{t}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec (\varphi - \delta)$$

$$\sin h = \cos (\varphi - \delta) \cdot \cos x$$

$$t_0 = 4^h 40^m 21^s \quad \log \sin^2 \frac{t}{2} = 9,51808$$

$$\varphi = +35^\circ 40' \quad \log \cos = 9,90978$$

$$\delta = +0 \quad 37' \quad \log \cos = 9,99997$$

$$\varphi - \delta = 35 \quad 3 \quad \log \sec = 0,08690$$

$$\log \sin^2 \frac{x}{2} = 9,51473$$

$$\log \cos = 9,91310$$

$$\log \cos = 9,53888$$

$$\log \sin h = 9,45198$$

$$h_r = 16^\circ 27'$$

$$h_b = 16 \quad 38$$

$$\text{Az} = S 78^\circ O.$$

$$\Delta h = + 11 \rightarrow \star$$

N. L. 16a, b, c

$$a = +0,26$$

$$b = 0,00$$

$$c = +0,26$$



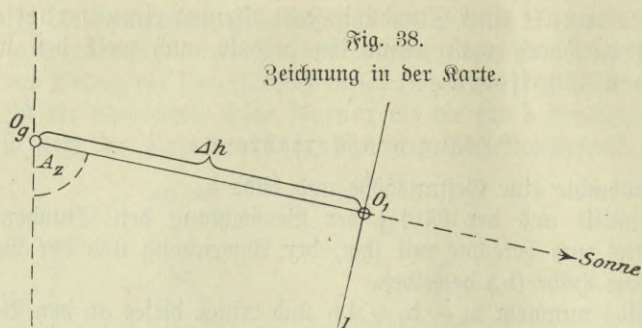


Fig. 38.  
Zeichnung in der Karte.

Beispiel 2.

**Zigsterntandlinie.**

Am 22. September 1916 wurde in  $\varphi = 26^\circ 50' N$   
 $\lambda = 32^\circ 57' W$

in 5 m Augeshöhe um etwa 5<sup>h</sup> Vm. beobachtet:

U = 4<sup>h</sup> 33<sup>m</sup> 22<sup>s</sup>      Rigel  $\star h_a = 54^\circ 24'$   
I - U = + 2 18 37      S. B. + 2,0'  
MÖZ - I = - 0 0 28

Gesucht Standlinie und wahrscheinlicher Schiffsort.

U = 4 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup>	$\star h_a = 54^\circ 24,0'$
I - U = + 2 18 37	S. B. = + 2,0
I = 6 51 59	$\star h_g = 54 26,0$
MÖZ - I = - 0 0 28	G. B. = - 4,8
MÖZ = 6 51 31 d. 22. 9. Vm.	$\star h_w = 54 21,2$
aftr. = 18 51 31 d. 21. 9.	$\star h_b = 54 21$
Wλ = - 2 11 48	
MÖZ = 16 39 43 d. 21. 9.	
v. m. $\odot \alpha = 12 3 13$	
$\star \beta \delta = 28 42 56$	
$\star \alpha = 5 10 33$	
$\star t_w = 23 32 23$	
$\star t_\delta = 0 27 37$	

N. T. 14  $\lambda = 2^h 11^m 48^s$

$$\frac{MÖZ = 18^h 51^m 31^s}{d. 21. 9.}$$

$$22. 9. m. \odot \alpha = 12^h 4^m 3^s$$

$$\frac{5,1 \cdot 9,9}{50,49} = - 50$$

$$v. m. \odot \alpha = 12 3 13$$

$$\star \alpha = 5^h 10^m 33^s$$

$$\star \delta = - 8^\circ 17,5'$$

Formel:  $\sin^2 \frac{x}{2} = \sin^2 \frac{t}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec (\varphi - \delta)$   
 $\sin h = \cos (\varphi - \delta) \cdot \cos x$

$\star t_\delta = 0^h 27^m 37^s$        $\log \sin^2 \frac{t}{2} = 7,55887$   
 $\varphi = + 26^\circ 50'$        $\log \cos = 9,95052$   
 $\delta = - 8 18$        $\log \cos = 9,99543$   
 $\varphi - \delta = 35 8$        $\log \sec = 0,08734$        $\log \cos = 9,91266$   
       $\log \sin h = 9,90925$

$\log \sin^2 \frac{x}{2} = 7,59216$        $\log \cos = 9,99659$   
 $h_r = 54^\circ 14'$   
 $h_b = 54 21$

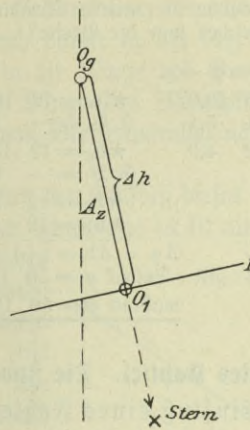
$\frac{Az = S 12^\circ O.}{\Delta h = + 7 \rightarrow \star}$

N. T. 16 a, b, c.

$a = + 4,19$   
 $b = + 1,22$   
 $c = + 5,41$

Fig. 38a.  
Zeichnung in der Karte.

Ann. Berechnung des wahrscheinlichen Schiffsortes  $O_1$ .  
 Kurs (Az) =  $S 12^\circ O$ , Distanz ( $\Delta h$ ) = 7 Sm. Abw. = 1,5 Sm O.  
 Og:  $\varphi g = 26^\circ 50' N$      $\lambda g = 32^\circ 57,0' W$   
 $\Delta \varphi = 6,8 S$      $\Delta \lambda = 1,7 O$   
 $O_1$ :  $\varphi_1 = 26 \quad 43,2 N$      $\lambda_1 = 32 \quad 55,3 W$   
 $\varphi = 26^\circ 43' N$   
 $\lambda = 32 \quad 55 W$



Abw.  $\Delta \lambda$   
 $1,0 = 1,1'$   
 $0,5 = 0,6$   
 $\Delta \lambda = 1,7$

**Zweites Kapitel. Sonderfall.**  
(Gestirn im Meridian.)

143. Wenn das Gestirn sichtbar im Meridian steht, also wenn es kulminiert, ist das Azimut entweder  $180^\circ$  (ob. Kulm.) oder  $0^\circ$  (unt. Kulm.). Die Standlinie läuft dann rw. Ost-West, fällt also mit dem Breitenparallel des Beobachters zusammen, d. h. man erhält durch die Standlinie die Breite.

Diesen Umstand verwertet man zur Ermittlung des Mittagsbestecks aus der Meridianhöhe der Sonne.

Die nach 123 für die Besteckbreite errechnete Meridianhöhe vergleicht man mit der beobachteten (wahren) Meridianhöhe und bringt das gefundene  $\Delta h$  als Breitenunterschied an die Besteckbreite an. Diese Rechnung ergibt die wahre Breite. (Direkte Methode siehe 171—176.)

Beispiele.

144. 1. Obere Kulmination.

1916, den 22. September, in  $54^\circ 20' N$  und  $10^\circ O$  beobachtete man bei  $\mathfrak{J. B.} = + 1,0'$  aus 10 m Augeshöhe die Meridianhöhe der Sonne  $\odot h_a = 35^\circ 56,5'$  im Südb. Mrd. Welches war die Breite?

Ob. Kulm.:  $H_w = 90^\circ - (\varphi - \delta)$   
 $\varphi = + 54^\circ 20,0'$      $\odot h_a = 35^\circ 56,5' S$   
 $\delta = + 0 \quad 21,5$      $\mathfrak{J. B.} = + 1,0$   
 $\varphi - \delta = 53 \quad 58,5$      $\odot h_g = 35 \quad 57,5$   
 $H_r = 36 \quad 1,5$      $\mathfrak{G. B.} = + 9,0$   
                            $\oplus h_b = 36 \quad 6,5$   
                            $h_r = 36 \quad 1,5$

$\Delta \varphi = \Delta h = (+) 5,0 S$ , da Az  $180^\circ$   
 Besteck  $\varphi = 54 \quad 20,0 N$   
 wahres  $\varphi = 54 \quad 15,0 N$

R. J. S. 115, Sp. 3.  
 d. 22. 9. i. Gr.  $\odot \delta = + 0^\circ 20,8'$   
 $0,065 \cdot 10$      $v = + 0,7$   
 $0,65$      $v \cdot \odot \delta = + 0 \quad 21,5$



145.

2. Untere Kulmination.

1916, am 23. Juni, in  $56^{\circ}10' N$  und  $6^{\circ} O$  beobachtete man bei  $\mathfrak{Z. B.} = -1'$  aus 9 m Augeshöhe die untere Meridianhöhe der Capella:  $\star h_a = 12^{\circ} 16'$  im Nord-Mrd. Welches war die Breite?

unt. Kulm.  $h_w = \varphi - p$

$\varphi = + 56^{\circ} 10,0'$   
 $p = 44 \quad 5,1$   
 $\star h_r = + 12 \quad 4,9$

$\star h_a = 12^{\circ} 16,0' \text{ i. N.}$   
 $\mathfrak{Z. B.} = - 1,0$   
 $\star h_g = 12 \quad 15,0$   
 $\mathfrak{G. B.} = - 9,8$   
 $\star h_r = 12 \quad 5,2$   
 $\star h_b = 12 \quad 4,9$

$\star \delta = + 45^{\circ} 54,9'$   
 $p = 44 \quad 5,1$

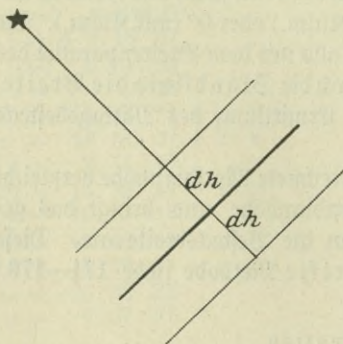
$\Delta \varphi = \Delta h = (+) 0,3 \text{ N, da } Az = 0^{\circ}$   
 Bestes  $\varphi = 56 \quad 10,0 \text{ N}$   
wahres  $\varphi = 56 \quad 10,3 \text{ N}$

**Drittes Kapitel. Die Zuverlässigkeit der Standlinie.**

Einfluß eines Fehlers in der beobachteten Höhe.

146. Ein Fehler in der beobachteten Höhe geht bei der Bildung von  $h_b - h_r$  unverändert in  $\Delta h$  über. Ein solcher Höhenfehler hat also nur eine Parallelverschiebung der ganzen Standlinie in der Azimutrichtung (Fig. 39) zur Folge.

Fig. 39.



In der Karte veranschaulicht man sich den Einfluß dieses Fehlers dadurch, daß man im Abstand der möglichen Fehlergrenze  $dh$  eine Parallele zur Standlinie zieht. Glaubt man die Höhe zu klein gemessen zu haben, so verlegt man die Parallele um den Betrag  $dh$  in der Richtung des Azimuts, also auf das Gestirn (Projektionspunkt) zu. Muß man aber annehmen, daß die Höhe zu groß gemessen wurde, so legt man nach

der dem Azimut entgegengesetzten Richtung im Abstände des geschätzten  $dh$  eine Parallele zur Standlinie. Die richtige Standlinie liegt dann innerhalb des durch diese Parallele gebildeten Standstreifens.

Wegen der Unsicherheit der Rimmtiefe sollte man immer mit einem möglichen Höhenfehler von mindestens 1' bis 4' rechnen. Bei Beobachtungen über einer nicht ganz klaren Kimm oder auch über der Nachtkimm ist natürlich die Fehlergrenze nach Erfahrung zu erweitern. Höhen unter  $12^{\circ}$  sollte man vermeiden wegen der Unsicherheit der Strahlenbrechung.

Wird eine Meridianhöhe zur Bestimmung der Standlinie (Breite) benutzt, so geht ein Fehler in der beobachteten Höhe direkt in die Breite über.

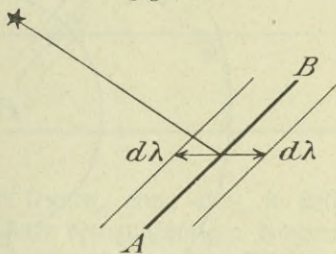


## Einfluß eines Fehlers im Chronometerstand.

147. Die geographische Länge des Projektionspunktes hatten wir erkannt als den Stundenwinkel des Gestirns vom Greenwicher Meridian. Ein Fehler im Chronometerstand und damit in der MZ wird also auch direkt und unverändert übergehen in die Länge des Projektionspunktes. Durch einen solchen Fehler in der Länge des Mittelpunktes verschiebt sich die ganze Höhengleiche längs dem Breitenparallel nach Westen oder Osten, — also auch die Standlinie.

In der Karte veranschaulicht man den Einfluß dieses Fehlers, indem man von einem beliebigen Punkt der Standlinie (A B) aus den mutmaßlichen Fehler des Chronometerstandes ( $d\lambda$ ) — ausgedrückt in Bogenminuten — in der Richtung Ost—West absetzt (Fig. 40) und durch den Endpunkt eine Parallele zur Standlinie legt. — Die richtige Standlinie liegt dann innerhalb des durch diese Parallele gebildeten Standstreifens.

Fig. 40.



Folgerung: Ist die MZ infolge eines Standfehlers zu groß, so liegt damit der Projektionspunkt zu westlich — also auch die Standlinie. Ergibt der Standfehler eine zu kleine MZ, so liegt der Projektionspunkt und mit ihm die Standlinie zu östlich.

148. Außer den eben genannten Fehlerquellen können noch zwei andere Umstände Veranlassung geben zu Ungenauigkeiten:

a) Man berechnet das Azimut des Gestirns mit dem falschen Bestecksort. Bei großen Besteckfehlern kann daher das Azimut ungenau werden, und zwar wird der Fehler um so größer werden, je größer die Höhe des Gestirns war, bzw. je kleiner die Zenitdistanz ist. Fig. 41 erklärt dies ohne weiteres. Es entspricht offensichtlich einem Besteckfehler  $d b$  bei kleiner Zenitdistanz ein größerer Azimutfehler  $d A_z$ , als demselben Besteckfehler  $d b_1$  bei größerer Zenitdistanz.

Diesem Fehler kann entgegengewirkt werden, indem man bei sehr großen Besteckfehlern die Azimutbestimmung mit dem verbesserten Bestecksort wiederholt. Im allgemeinen aber kann man den Fehler vernachlässigen.

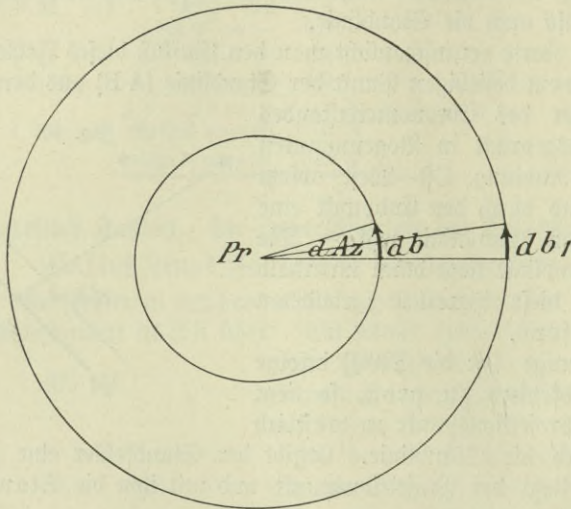
Ferner ist zu überlegen, daß die Azimutrichtung in der Seekarte als Größter Kreis, also als krumme Linie erscheinen müßte, während wir bislang  $\Delta h$  auf der geraden Linie (Loxodrome) abgesetzt haben. Theoretisch entsteht hierdurch ein Fehler, und zwar um so mehr, je näher das Azimut an  $90^\circ$  oder  $270^\circ$  liegt; bei den Azimuten  $0^\circ$  und  $180^\circ$  ist der Fehler



Null, da in diesem Fall die Logodrome mit dem Größten Kreis (dem Meridian) zusammenfällt. In der Praxis ist diese Fehlerquelle wirkungslos, da die vorkommenden Werte von  $\Delta h$  zu klein sind.

b) An Stelle der gekrümmten Höhengleiche bzw. eines Stückes derselben haben wir die gerade Standlinie gesetzt. Diese wird von der Höhengleiche

Fig. 41.



um so stärker abweichen, je kleiner die Zenitdistanz des Gestirns ist. Diese Abweichung nimmt natürlich mit der Entfernung vom Zeitpunkt zu.

Die nebenstehende Tabelle enthält die Entfernungen  $b a$  (Fig. 42) in Seemeilen, in denen die Abweichung  $a c$  der Standlinie von der Höhengleiche den Betrag von 1 Seemeile erreicht. Man ersieht daraus, daß man große Höhen möglichst vermeiden soll.

$\varphi$	$h$	84°	85°	86°	87°	88°	89°
0°		27	25	22	19	16	11 Sm.
70°		24	22	20	18	15	11

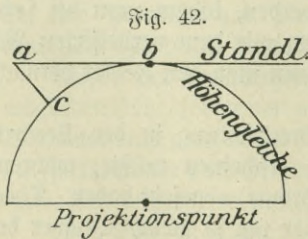


Fig. 42.

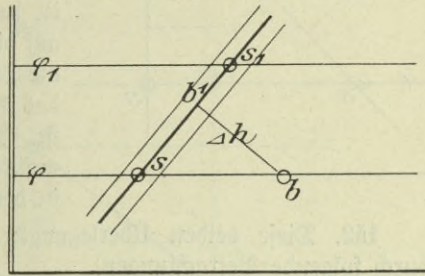
Andererseits aber ergibt sich auch, daß ein nennenswerter Fehler durch die Benutzung der geraden Standlinie nur dann entsteht, wenn ein großer Besteckfehler vorliegt. Um dem zu begegnen, könnte man die Rechnung mit dem verbesserten Bestecksort wiederholen.

**Viertes Kapitel. Abhängigkeit des Schiffsortes auf der Standlinie von der Breite und Länge.**

(Einfluß eines Breiten=(Längen)fehlers; die Fehlergleichungen.)

Das Ziel der astronomischen Ortsbestimmung ist mit der Ermittlung einer Standlinie noch nicht erreicht. Man weiß damit nur, daß der wahre Schiffsort irgendwo auf dieser Ortslinie liegt.

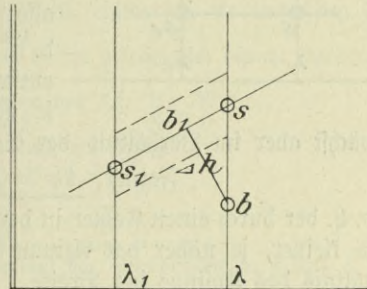
Fig. 43.



149. Darf man nun aus irgendeinem Grunde die Bestecksbreite  $\varphi$  oder eine andere Breite als richtige Breite ansehen, so ergibt natürlich der Schnittpunkt  $s$  (Fig. 43) dieses Breitenparallels mit der Standlinie den wahren Schiffsort. Ist dagegen die Breite unbestimmt, glaubt man aber die Grenzen des Breitenfehlers zu kennen, etwa  $\varphi \varphi_1$ , so stellt das Stück  $ss_1$  der Standlinie, welches zwischen den zugehörigen Breitenparallelen liegt, die Strecke dar, auf welcher der wahre Schiffsort liegen muß.

Berücksichtigt man ferner, daß man nicht auf der Standlinie, sondern auf einem Standstreifen steht (146—147), so ergibt sich in der Karte ein Parallelogramm, innerhalb dessen der wahre Schiffsort zu erwarten ist.

Fig. 44.



150. In gleicher Weise kann man natürlich auch vorgehen, wenn man glaubt, die Besteckslänge sei richtig. Der wahre Schiffsort ( $s$ ) (Fig. 42) ist dann der Schnittpunkt des Meridians  $\lambda$  mit der Standlinie. Glaubte man die Grenzen des Längenfehlers zu kennen, etwa  $\lambda \lambda_1$ , so ist wieder das eingeschlossene Stück  $ss_1$  der Standlinie diejenige Strecke derselben, auf welcher der wahre Schiffsort zu erwarten ist.

Die Berücksichtigung des Standstreifens ergibt auch hier wieder ein Parallelogramm.

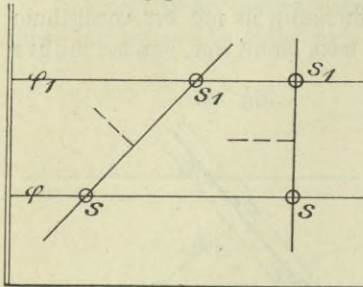
151. Eine einfache Überlegung zeigt nun:

1. (Fig. 45), daß ein Fehler in der Breite den kleinsten Einfluß auf die Lage des Schiffsortes hat, wenn die Standlinie rw. Nord—Süd



läuft, also das Azimut des Gestirns  $90^\circ$  oder  $270^\circ$  ist. Es ist daher zweckmäßig, daß man, wenn die Breite unsicher ist, nach Möglichkeit ein Gestirn nahe dem Ersten Vertikal beobachtet, um so ein möglichst eng begrenztes Gebiet zu erhalten, in dem man den wahren Schiffsort zu erwarten hat.

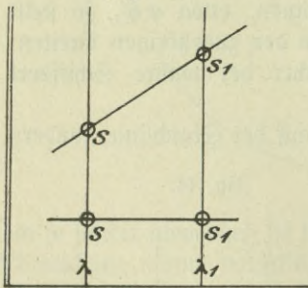
Fig. 45.



2. (Fig. 46) zeigt, daß ein Fehler in der Länge den kleinsten Einfluß auf die Lage des Schiffsortes hat, wenn die Standlinie *rw.* Ost—West läuft, also das Azimut des Gestirns  $0^\circ$  oder  $180^\circ$  ist. Man wird daher, wenn die Länge unsicher ist, nach Möglichkeit ein Gestirn in der Nähe des Meridians beobachten.

152. Diese beiden Überlegungen kommen präziser zum Ausdruck durch folgende Betrachtungen.

Fig. 46.



In der Fig. 47 ist  $x$  der Winkel, den die Standlinie mit dem Meridian bildet. Das bei  $o$  rechtwinklige Dreieck  $sos_1$ , in dem  $\Delta\varphi$  und  $\Delta\lambda \cdot \cos\varphi^*$  die Katheten sind und der Winkel  $s_1o = Az$  ist (als Komplementwinkel zu  $x$ ), ergibt die Gleichung:

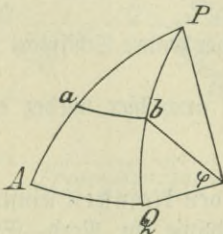
$$\cotg Az = \frac{\Delta\lambda \cdot \cos\varphi}{\Delta\varphi},$$

also:  $\Delta\lambda = \Delta\varphi \cdot \cotg Az \cdot \sec\varphi,$  1.

d. h. der durch einen Fehler in der Breite entstehende Längenfehler ist um so kleiner, je näher das Azimut  $90^\circ$  oder  $270^\circ$  ist, er wächst aber im Verhältnis der Sekante der Breite.

Ferner:  $\Delta\varphi = \Delta\lambda \cdot \tg Az \cdot \cos\varphi,$  2.

d. h. der durch einen Fehler in der Länge entstehende Breitenfehler ist um so kleiner, je näher das Azimut  $0^\circ$  oder  $180^\circ$  ist; er nimmt ab im Verhältnis des Kosinus der Breite.



\*) Bedeutet  $ab$  den in Seemeilen gemessenen Bogen eines Breitenparallels (Abw.) und  $AQ$  den Längenunterschied (Lg. U.) zwischen  $a$  und  $b$ , so gilt:

$$\begin{aligned} \text{Abw.} &: \text{Lg. U.} = \cos\varphi : 1 \\ & \text{Abw.} = \text{Lg. U.} \cdot \cos\varphi \\ & = \Delta\lambda \cdot \cos\varphi. \end{aligned}$$

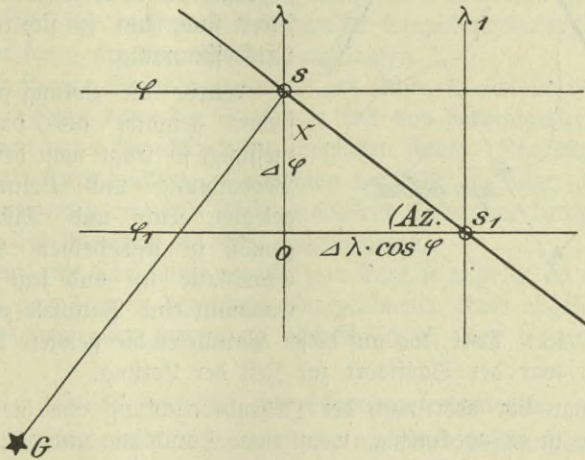
153. Diese beiden Gleichungen können benutzt werden, wenn man etwa durch Rechnung die Wirkung eines  $\Delta\varphi$  auf  $\lambda$  oder eines  $\Delta\lambda$  auf  $\varphi$  ermitteln will.

Den Wert  $-\cotg Az \cdot \sec \varphi$  der Gl. 1 kann man direkt aus der N. Z. 16 e entnehmen, denn er ist gleich dem Wert  $a + b$  oder  $c$ , der sich bei der Berechnung des Azimuts ergibt.

Es ist also die Längenverbesserung  $\Delta\lambda = \Delta\varphi \cdot (a + b)$  des Azimuts I.

Hieraus ergibt sich die Breitenverbesserung  $\Delta\varphi = \frac{\Delta\lambda}{(a + b) \text{ des Azimuts}}$  II.

Fig. 47.



Ob  $\Delta\varphi$  N oder S und  $\Delta\lambda$  O oder W ist, ergibt sich am einfachsten aus einer freihändigen Zeichnung der Standlinie.

Auch folgende mechanische Regel kann hierzu gelegentlich benutzt werden.

Obiges Beispiel (Fig. 47):

Schreibe die Generalrichtung des Az: S  $\times$  W

darunter die entg. Richtung: N  $\times$  O

Verbinde die Buchstaben durch ein Kreuz.

Ist dann  $\Delta\varphi$  S, so ist  $\Delta\lambda$  O

= =  $\Delta\varphi$  N, = =  $\Delta\lambda$  W

= =  $\Delta\lambda$  O, = =  $\Delta\varphi$  S

= =  $\Delta\lambda$  W, = =  $\Delta\varphi$  N.

Diese Regel ergibt sich aus dem Verlauf der Standlinien zu  $\varphi$  und  $\lambda$ .

### Dritter Abschnitt.

## Die Verwertung einer Standlinie.

### Erstes Kapitel. Zur Ortsbestimmung.

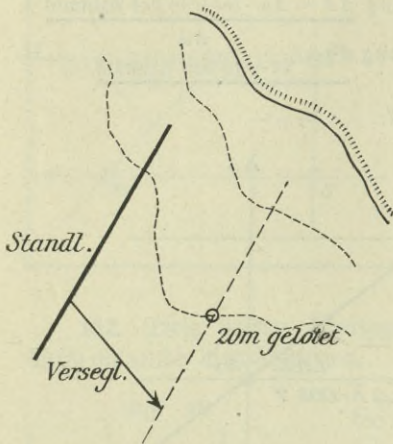
#### Standlinie und Lotung.

154. Wenn die Tiefenangaben der Seekarte geeignet erscheinen, in Verbindung mit einer Ortslinie — astronomische Standlinie — Aufschluß



zu geben über den wahren Schiffsort, so wird man natürlich gleichzeitig mit einer Höhenbeobachtung eine Lotung vornehmen und nach Einzeichnen

Fig. 48.



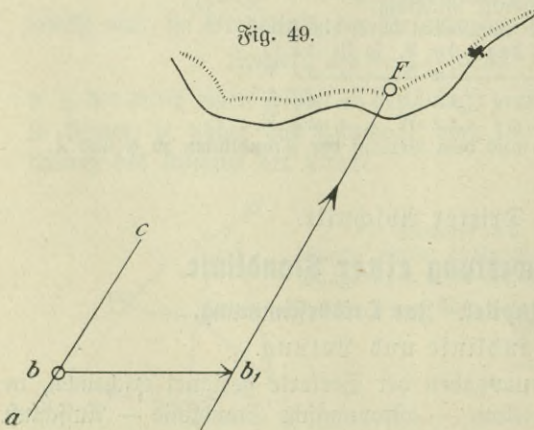
der Standlinie denjenigen Punkt derselben bzw. des Standstreifens als Schiffsort annehmen, der die gelotete Wassertiefe aufweist. Je günstiger die Standlinie in der Karte zu den Tiefenänderungen liegt, d. h. je größer die Unterschiede längs derselben sind, um so sicherer ist die Ortsbestimmung.

Würde die Lotung früher oder später gemacht als die Höhenmessung, so trägt man den zwischen Beobachtung und Lotung zurückgelegten Kurs und Distanz sinngemäß in irgendeinem Punkt der Standlinie an und legt durch den Endpunkt eine Parallele zur Stand-

linie. (Fig. 48.) Dort, wo auf dieser Parallelen die gelotete Wassertiefe sich findet, war der Schiffsort zur Zeit der Lotung.

Hat man vor oder nach der Höhenbeobachtung eine Reihenlotung gemacht, so ist es zweckmäßig, wenn man Standlinie und Lotungen im Maßstab der benutzten Seekarte auf Pauspapier aufzeichnet und mit dieser Zeichnung durch Verschieben der sich deckenden Standlinien aufeinander diejenige Stelle der Karte sucht, in welche die Lotungen sich einfügen.

Fig. 49.



Standlinie bei Ansegelung einer Küste.

155. a) Glaubt man ein unsicheres Besteck zu haben, so kann in Nähe des Landes eine Standlinie, die auf die Küste zuläuft, dazu benutzt werden, mit einiger Sicherheit einen bestimmten Punkt der Küste anzu- steuern.





linie zu westlich, dann war  $M\Omega$  zu groß, und zwar um den Betrag des Längenfehlers in Zeit. Liegt die Standlinie zu östlich, so ist  $M\Omega$  um diesen Fehler zu klein (147).

In Fig. 50 stellt  $AB$  die errechnete Standlinie dar. Würde man ihre Richtung auf die Küste zu verfolgen, dann müßte bei entsprechender Augeshöhe das Leuchtfeuer  $F$  in  $C$  in Sicht kommen. Wird es statt dessen in  $D$  gesichtet, so hat das Schiff nicht auf der Standlinie  $AC$  gestanden, sondern auf der ihr parallel laufenden Linie  $ED$ . Die berechnete Standlinie lag zu westlich — die  $M\Omega$  war zu groß, und zwar um den Längenunterschied  $d\lambda$  — in Zeit ausgedrückt.

Wirklich zuverlässige Resultate sind mit dieser Methode natürlich nicht zu erwarten.

#### Vierter Abschnitt.

### Ortsbestimmung aus mehreren Standlinien.

#### Erstes Kapitel. Die Höhen sind an demselben Ort beobachtet.

##### Zwei Standlinien.

157. Zu einer rein astronomischen Ortsbestimmung ist es nötig, aus den Höhen von mindestens zwei verschiedenen Gestirnen die zugehörigen Standlinien zu ermitteln. Der Schnittpunkt derselben ist dann der Schiffsort.

Die beiden Beobachtungen läßt man unmittelbar aufeinander folgen, so daß die Verzeigerung der Zwischenzeit vernachlässigt werden kann. Man wählt nach Möglichkeit solche Gestirne, deren Azimutunterschied  $90^\circ$  oder nahezu  $90^\circ$  beträgt, um dadurch einen günstigen Schneidungswinkel zu erhalten, jedoch soll man in erster Linie auf gute Sichtbarkeit der Kimm achten, da bekanntlich die Zuverlässigkeit des Ergebnisses in erster Linie von der Güte der Höhenmessung abhängt.

Zur Beobachtung können natürlich alle Gestirne herangezogen werden, deren Ordinaten ( $\alpha$  und  $\delta$ ) im  $N. J.$  gegeben sind.

Die beste Beobachtungszeit für Sterne ist die Morgen- und Abenddämmerung. Die Sichtbarkeit der Kimm ist dann meist besonders günstig. Höhen über der Nachtkimm sind nicht so zuverlässig.

Bei Tage ist es häufig möglich, gleichzeitig mit einer Sonnenhöhe auch eine Mondhöhe oder eine Höhe der Venus\*) zu messen. Bei Mondhöhen über der Nachtkimm sei man besonders vorsichtig betreffs der

\*) Am besten dann, wenn die Venus ihren größten Abstand von der Sonne hat. Die Höhenbeobachtung erfolgt, indem man die errechnete ungefähre Höhe am Instrument einstellt und nun das Gestirn in der Kimm sucht. Am bequemsten ist hierfür natürlich der Augenblick der Kulmination, da dann  $h = 90^\circ - (\varphi - \delta)$ , und man weiß, daß das Gestirn im Meridian steht.



Einschätzung der gemessenen Höhe, da der auf dem Wasser liegende Lichtkegel die Kimm sehr häufig nur als unbestimmte Linie erscheinen läßt.

**Lösung durch Zeichnung.**

158. Zunächst werden in rascher Folge die Höhen von zwei günstig stehenden Gestirnen gemessen und die zugehörigen Uhr- bzw. Chronometerzeiten notiert. Dann folgt:

1. Nachdem aus der für den gegifteten Bestecksort  $Og$  (Fig. 51) berechneten Höhe und der zuerst beobachteten Höhe  $h_1$  der Unterschied  $\Delta h_1$  gebildet und das zugehörige  $Az_1$  berechnet worden ist, findet man durch bekannte Konstruktion ( $\Delta h_1$  auf  $Az_1$ ) den Leitpunkt  $O_1$ . Durch diesen legt man die Standlinie  $I$  rechtwinklig zu  $Az_1$ .

2. Darauf berechnet man für den nummehrigen wahrscheinlichen Schiffsort — Leitpunkt  $O_1$  — die zweite Höhe und bildet mit der beobachteten  $h_2$  den Unterschied  $\Delta h_2$ . Dieser wird von  $O_1$  aus auf dem  $Az_2$  abgetragen und darauf durch den Leitpunkt  $O_2$  die Standlinie  $II$  gelegt.

3. Der Schnittpunkt  $O$  der beiden Standlinien  $I$  und  $II$  ist der Schiffsort.

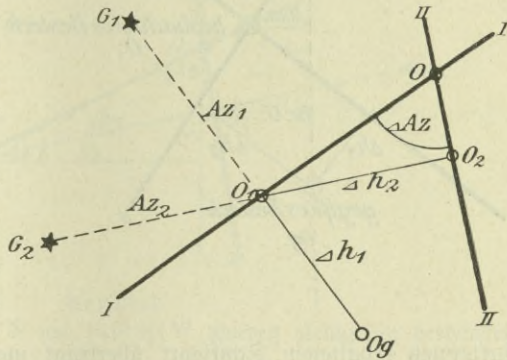
159. Es ist jedoch nicht unbedingt nötig, zur Ermittlung der zweiten Höhe den wahrscheinlichen Schiffsort  $O_1$  zu benutzen, um dann  $\Delta h_2$  von hier aus anzutragen.

Man kann sehr wohl beide Höhen für den gegifteten Bestecksort  $Og$  ausrechnen und mit diesen und den beobachteten Höhen die Unterschiede  $\Delta h_1$  und  $\Delta h_2$  bilden, die dann beide vom gegifteten Bestecksort aus auf den zugehörigen Azimuten abgetragen werden. Man erhält hierdurch die Leitpunkte für die beiden Standlinien. Der Schnittpunkt der letzteren ist dann der Schnittpunkt  $O$  wie oben.

Dieser Weg ist kürzer als der erst angegebene und deshalb auch der gebräuchliche, sobald nur die Zeichnung in Frage kommt.

Der Vorteil der zeichnerischen Lösung ist der, daß auf Grund der eingezeichneten Standlinien eine Beurteilung des Wertes der Ortsbestimmung möglich ist.

Fig. 51.

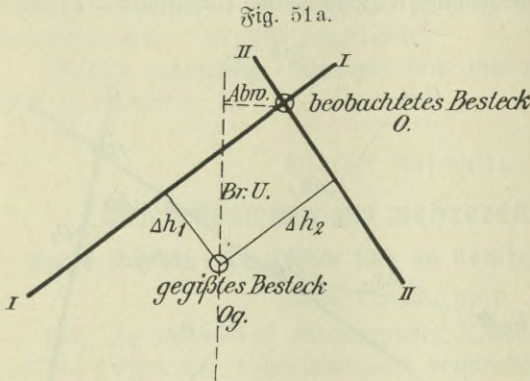




160. Man sollte deshalb, wenn möglich, die Zeichnung in der Gebrauchskarte vornehmen. Der Maßstab der meisten Karten ist auch derart, daß er eine sorgfältige Durchführung der Zeichnung gestattet.

Wo dies nicht möglich ist (bei Segelkarten), kann man sich sehr gut mit Millimeterpapier (Gitterbogen) helfen, da man dann den Maßstab selbst wählen kann.

Die durch Zeichnung (Fig. 51a) in Seemeilen gefundene Abweichung (Abw.) verwandelt man dann zweckmäßig mittels N. T. 2 in Lg. U.,



um die Länge des beobachteten Bestecks zu erhalten. Die Breite des beobachteten Bestecks läßt sich der Zeichnung unmittelbar entnehmen.

Außerdem kann man auf Wunsch sogenannte Summerkarten von den Werften entnehmen, d. s. Kartenwerke für alle Breiten von 20° bis 60° in zweckmäßigem Maßstabe. Den in solch einem

Kartenwerk erhaltenen Schiffsort überträgt man dann nach  $\varphi$  und  $\lambda$  in die Gebrauchskarte.

### Lösung durch Rechnung.

161. Vom gegißten Schiffsort  $Og$  (Fig. 52) aus findet man durch Koppeln mit  $\Delta h_1$  und  $Az_1$  den wahrscheinlichen Schiffsort  $O_1$ . Dieser wird der Berechnung des zweiten Höhenunterschiedes  $\Delta h_2$  zugrunde gelegt.

Die in der Fig. 52 mit  $Az_1$  bezeichneten Winkel sind nun einander gleich, da sie das Komplement des zwischenliegenden Winkels sind. Ferner ist offenbar der Richtungsunterschied der beiden Standlinien gleich dem Richtungsunterschied der beiden Azimute ( $\Delta Az$ ). Um nun aus  $O_1$  den Schiffsort  $O$  durch Rechnung zu erhalten, muß man die beiden Werte  $\Delta \varphi$  und  $\Delta \lambda$  an  $O_1$  koppeln. Diese beiden Werte müssen aber erst gefunden werden.

Für  $\Delta \varphi$ . Es ist:  $O_1O = \frac{\Delta h_2}{\sin \Delta Az}$  (Fig. 52)

ferner:  $\Delta \varphi = O_1O \cdot \sin Az_1$ ; hierin Gleichung 1 eingesetzt, gibt:  $\Delta \varphi = \Delta h_2 \cdot \sin Az_1 \cdot \text{cosec} \Delta Az$  . . . . . 1.

Nach dieser Gleichung ist die N. T. 17 berechnet worden für den Wert:  $\Delta h_2 = 1'$ . Es ist also der Tafelwert  $= \sin Az_1 \cdot \text{cosec} \Delta Az$ , und man muß ihn mit dem jeweiligen  $\Delta h_2$  multiplizieren, um  $\Delta \varphi$  in ' zu erhalten.

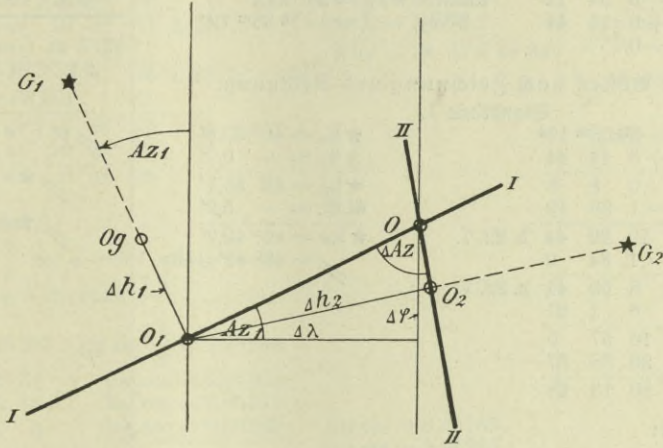
Die Tafel berücksichtigt für  $\Delta Az$  nur Werte zwischen 20° und 160°.  $Az_1$  ist gegeben von 1° bis 90°; es ist also stets mit dem spigen Wert von  $Az_1$  einzugehen — also  $Az_1$  gerechnet von N oder S nach O oder W.

Für  $\Delta \lambda$ . In Nr. 153 wurde bereits eine brauchbare Gleichung gefunden. Es war:  $\Delta \lambda = \Delta \varphi \cdot (a + b)$  des Azimuts . . . . . 2.

Man erhält also  $\Delta\lambda$ , indem man  $(a+b)$  des  $Az_1$  mit dem aus N. Z. 17 errechneten  $\Delta\varphi$  multipliziert.

Die Vorzeichen für  $\Delta\varphi$  und  $\Delta\lambda$  ergeben sich wieder leicht aus einer freihändigen Zeichnung. Am Fuß der N. Z. 17 sind außerdem entsprechende Regeln gegeben.

Fig. 52.



Beispiel.

Im Bestecksort:  $29^\circ 40' N$  und  $134^\circ 20' W$  wurden gleichzeitig beobachtet:  
 ★ Fomalhaut und ★ Rigel.

1. Für Fomalhaut ergab sich:  $\Delta h_1 = -23,5'$ ; ferner N. Z. 16  $a = +0,47$   
 $b = +0,75$   
 $a + b = +1,22$   
 $Az_1 = S 43^\circ W.$

gegibt. Schiffsort:  $\varphi = 29^\circ 40' N$   $\lambda = 134^\circ 20' W$   
 entg.  $Az_1$  u.  $\Delta h_1$ :  $N 43^\circ O 23 = 17,2' N$   $= 18,7' O$   
 wahrsh. Schiffsort:  $\varphi = 29 57,2 N$   $\lambda = 134^\circ 1,6' W.$

2. Hieraus ergab sich für Rigel:  $\Delta h_2 = +5,6'$ ; ferner N. Z. 16  $a = +0,60$   
 $b = +0,21$   
 $a + b = +0,81$   
 $Az_2 = S 55^\circ O$

a)  $\Delta\varphi = \Delta h_2 \cdot (N. Z. 17)$   
 $= 5,6 \cdot 0,69 = 3,8$   
 $\Delta\varphi = -3,8' S$

b)  $\Delta\lambda = \Delta\varphi \cdot (a+b)$  des  $Az_1$   
 $= 3,8 \cdot 1,22 = 4,6$   
 $\Delta\lambda = 4,6' O$

Diese beiden Werte sind an den wahrscheinlichen Schiffsort  $O_1$  zu koppeln. Also:

wahrsh. Schiffsort:  $\varphi = 29^\circ 57,2' N$   $\lambda = 134^\circ 1,6' W$   
 $\Delta\varphi = 3,8 S$   $\Delta\lambda = 4,6 O$   
 wahrer Schiffsort:  $\varphi = 29 53,4 N$   $\lambda = 133 57,0 W$



Beispiel.

Besteck aus gleichzeitiger Beobachtung zweier Gestirne.

Am 22. Juli 1916 wurde in  $\varphi = 33^\circ 45' N$   
 $\lambda = 23^\circ 30' W$

in 7,5 m Augeshöhe um etwa 9<sup>h</sup> Nm. beobachtet:

1. U = 8<sup>h</sup> 53<sup>m</sup> 19<sup>s</sup> Deneb ★  $h_a = 46^\circ 55,8'$   
 2. U = 8 54 12 Antares ★  $h_a = 29^\circ 24,4'$   
 I - U = + 3 14 44 MÖZ - I = - 1<sup>h</sup> 38<sup>m</sup> 19<sup>s</sup>  
 Z. Z. = - 0,7'

$$W \lambda = 23^\circ = 1^h 32^m$$

$$30' = \frac{2}{2} 0^s$$

$$\parallel W \lambda \text{ i. Z.} = 1 \ 34 \ 0$$

$$\parallel \text{MÖZ} = 10^h 29^m \text{ d. 22. 7.}$$

$$22. 7. \text{ m. } \odot \alpha = 7^h 59^m 37^s$$

$$\frac{9,9 \times 10,5}{103,95} = + 1 \ 44$$

$$\parallel \text{m. } \odot \alpha = 8^h \ 1^m 21^s$$

$$\parallel \star \alpha = 20 \ 38 \ 37$$

$$\parallel \star \delta = + 44^\circ 58,9,$$

Gesucht: Besteck nach Zeichnung und Rechnung.

Standlinie I.

$$U = 8^h 53^m 19^s$$

$$I - U = + 3 \ 14 \ 44$$

$$I = 0 \ 8 \ 3$$

$$\text{MÖZ} - I = - 1 \ 38 \ 19$$

$$\parallel \text{MÖZ} = 10 \ 29 \ 44 \text{ d. 22. 7.}$$

$$\parallel \lambda = 1 \ 34 \ 0$$

$$\star h_a = 46^\circ 55,8'$$

$$\text{Z. Z.} = - 0,7'$$

$$\star h_g = 46 \ 55,1'$$

$$\text{G. Z.} = - 5,9'$$

$$\parallel \star h_w = 46^\circ 49,2'$$

$$\parallel = 46^\circ 49' = h_b$$

$$\text{MÖZ} = 8 \ 55 \ 44 \text{ d. 22. 7.}$$

$$\text{v. m. } \odot \alpha = 8 \ 1 \ 21$$

$$\star \beta \odot = 16 \ 57 \ 5$$

$$\star \alpha = 20 \ 38 \ 37$$

$$\parallel \star t_w = 20 \ 18 \ 28$$

Formel:

$$\sin^2 \frac{x}{2} = \sin^2 \frac{t}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec (\varphi - \delta)$$

$$\sin h = \cos (\varphi - \delta) \cdot \cos x$$

$$\star t_w = 3^h 41^m 32^s \quad \log \sin^2 \frac{t}{2} = 9,33437$$

$$\varphi = + 33^\circ 45' \quad \log \cos = 9,91985$$

$$\delta = + 44^\circ 59' \quad \log \cos = 9,84961$$

$$\varphi - \delta = 11^\circ 14' \quad \log \sec = 0,00840 \quad \log \cos = 9,99160$$

$$\log \sin^2 \frac{x}{2} = 9,11223 \quad \log \cos = 9,86982$$

$$\log \sin h = 9,86142$$

$$h_r = 46^\circ 37'$$

$$h_b = 46^\circ 49'$$

$$\parallel \Delta h = + 12' \rightarrow \star$$

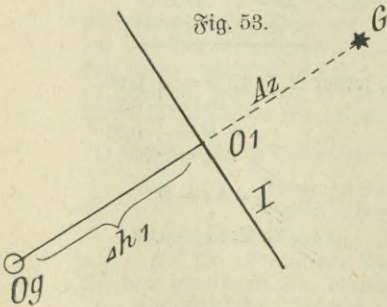
$$\parallel Az = N \ 58^\circ \ O$$

n. Z. 16.

$$a = + 0,45$$

$$b = - 1,21$$

$$c = - 0,76$$



1. Die Zeichnung auf der Karte ergibt für  $O_1$

$$\parallel \varphi \ 33^\circ 51,4' \ N$$

$$\parallel \lambda \ 23^\circ 17,7' \ W.$$

2. Berechnung des wahrscheinlichen Schiffsortes  $O_1$ .

$$\text{Kurs } (Az) \ N \ 58^\circ \ O \ 12 \text{ Sm } \text{Abw.} = 10,2 \text{ Sm } O$$

$$O_g \quad \varphi_g = 33^\circ 45,0' \ N \quad \lambda_g = 23^\circ 30' \ W$$

$$\Delta \varphi = 6,4' \ N \quad \Delta \lambda = 12,3' \ O$$

$$\parallel O_1 \quad \parallel \varphi_1 = 33^\circ 51,4' \ N \quad \parallel \lambda_1 = 23^\circ 17,7' \ W$$

$$\text{Abw. } \Delta \lambda$$

$$10,0 = 12,1$$

$$0,2 = 0,2$$

$$\parallel \Delta \lambda = 12,3'$$

Standlinie II.

$O_1: \varphi_1 = 33^\circ 51,4' N \quad \lambda_1 = 23^\circ 17,7' W$

$U = 8h 54m 12s$

$I - U = +3 14 44$

$I = 0 8 56$

$M\odot 3 - I = -1 38 19$

$M\odot 3 = 10 30 37 \text{ d. 22. 7.}$

$W\lambda = 1 33 11$

$M\odot 3 = 8 57 26 \text{ d. 22. 7.}$

$v. m. \odot \alpha = 8 1 21$

$\star 3\odot = 16 58 47$

$\star \alpha = 16 24 19$

$\star t_w = 0 34 28$

$\star h_a = 29^\circ 24,4'$

$\mathfrak{B}. \mathfrak{B}. = - 0,7$

$\star h_g = 29 23,7$

$\mathfrak{G}. \mathfrak{B}. = - 6,7$

$\star h_w = 29 17,0 = h_b$

$M\odot 3 = 10h 30m d. 22. 7.$

$N. \mathfrak{I}. 14 \lambda = 1h 33m 11s$

$22. 7. m. \odot \alpha = 7h 59m 37s$

$9,9 \cdot 10,5$

$108,95 + 1 44$

$v. m. \odot \alpha = 8 1 21$

$\star \alpha = 16h 24m 19s$

$\star \delta = -26^\circ 15,0'$

Formel:

$\sin^2 \frac{x}{2} = \sin^2 \frac{t}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec(\varphi - \delta)$

$\sin h = \cos(\varphi - \delta) \cdot \cos x$

$\star t_w = 0h 34m 28s \quad \log \sin^2 \frac{t}{2} = 7,75 155$

$\varphi = + 33^\circ 51' \quad \log \cos = 9,91 934$

$\delta = - 26 15 \quad \log \cos = 9,95 273$

$\varphi - \delta = 60 6 \quad \log \sec = 0,30 235$

$\log \sin^2 \frac{x}{2} = 7,92 597$

$\log \cos = 9,69 765$

$\log \cos = 9,99 262$

$\log \sin h = 9,69 027$

$h_r = 29^\circ 21'$

$h_b = 29 17$

$\Delta h = - 4 \rightarrow \star$

$N. \mathfrak{I}. 16.$

$a = + 4,43$

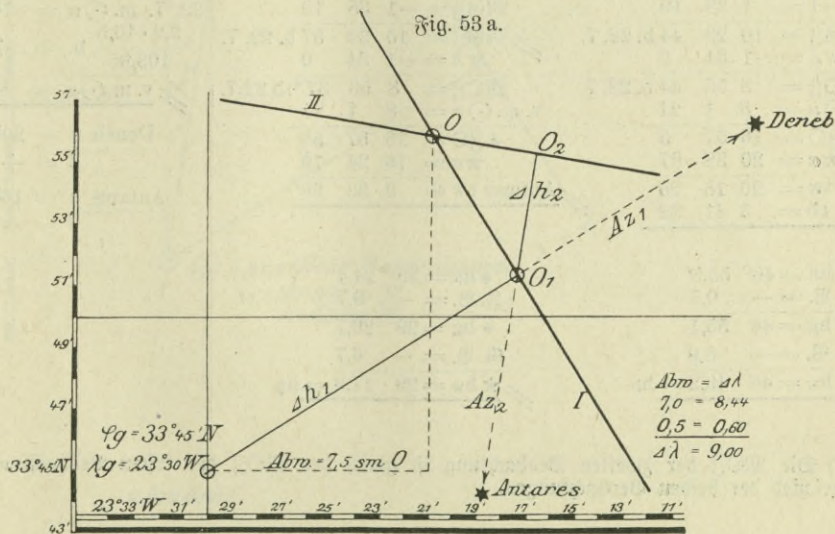
$b = + 3,30$

$c = + 7,73$

$\Delta z = S 9^\circ W$

1. Bested nach Zeichnung (auf Millimeterpapier oder einem selbst angefertigten Kartennetz).

Fig. 53 a.





2. Besteck nach Rechnung.

$Az_2 = S 9^\circ W$ $Az_1 = N 58^\circ O$ $\Delta Az = 131^\circ$	<p style="text-align: center;">N. Z. 17 für <math>Az_1 = 58^\circ \Delta Az = 131^\circ</math>                  findet man:                  Tafelwert = 1,12</p> $\Delta \varphi = \Delta h_2 \cdot \text{Tafelw.} = 4 \cdot 1,12 = 4,48$ $\Delta \varphi = 4,5'$ $\Delta \lambda = \Delta \varphi \cdot (a + b \text{ des } Az_1) = 4,48 \cdot 0,76 = 3,4048$ $\Delta \lambda = 3,4'$
$O_1: \varphi_1 = 33^\circ 51,4' N$ $\Delta \varphi = 4,5 N$ $\varphi = 33^\circ 55,9 N$	$\lambda_1 = 23^\circ 17,7' W$ $\Delta \lambda = 3,4 W$ $\lambda = 23^\circ 21,1 W$
$\varphi = 33^\circ 56' N$ $\lambda = 23^\circ 21' W$	

**Lösung der vorstehenden Aufgabe nach 159**

(durch Zeichnung in der Karte).

Am 22. Juli 1916 wurde in  $\varphi = 33^\circ 45' N$   
 $\lambda = 23^\circ 30' W$   
 in 7,5 m Augeshöhe um etwa 9h Nht. beobachtet:

- |                    |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|
| 1. U = 8h 53m 19s  | Deneb $\star ha = 46^\circ 55,8'$ |
| 2. U = 8 54 12     | Antares $\star ha = 29 24,4$      |
| I - U = + 3 14 44; | MÖZ - I = - 1h 38m 19s            |
| J. V. = - 0,7      |                                   |

1.	2.
U = 8h 53m 19s	U = 8h 54m 12s
I - U = + 3 14 44	I - U = + 3 14 44
I = 0 8 3	I = 0 8 56
MÖZ - I = - 1 38 19	MÖZ = - 1 38 19
$\varpi \lambda = - 1 34 0$	$\varpi \lambda = - 1 34 0$
MÖZ = 8 55 44 d. 22. 7.	MÖZ = 8 56 37*) d. 22. 7.
v. m. $\odot \alpha = 8 1 21$	v. m. $\odot \alpha = 8 1 21$
$\star \beta \delta = 16 57 5$	$\star \beta \delta = 16 57 58$
$\star \alpha = 20 38 37$	$\star \alpha = 16 24 19$
Deneb tw = 20 18 28	$\varpi \text{Antares tw} = 0 33 39$
tö = 3 41 32	

$W\lambda = 23^\circ 30' = 1h 34m (N. Z. 14)$

$MÖZ = 10h 29m (30m) \text{ d. } 22. 7.$

22. 7. m.  $\odot \alpha = 7h 59m 37s$   
 $9,9 \cdot 10,5$   
 $103,95$  v. = + 1 44  
 $\varpi \text{v. m. } \odot \alpha = 8 1 21$

Deneb  $\alpha = 20h 38m 37s$   
 $\delta = + 44^\circ 58,9'$   
 Antares  $\alpha = 16h 24m 19s$   
 $\delta = - 26^\circ 15,0'$

$\star ha = 46^\circ 55,8'$   
 $\text{J. B.} = - 0,7$   
 $\star hg = 46 55,1$   
 $\text{G. B.} = - 5,9$   
 $\star hw = 46 49,2 = hb$

$\star ha = 29^\circ 24,4'$   
 $\text{J. B.} = - 0,7$   
 $\star hg = 29 23,7$   
 $\text{G. B.} = - 6,7$   
 $\star hw = 29 17,0 = hb$

\*) Die MÖZ der zweiten Beobachtung ist gleich der MÖZ der ersten Beobachtung + dem Zeitunterschied der beiden Beobachtungen.

**Formel:**

$$\sin^2 \frac{x}{2} = \sin^2 \frac{t}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec(\varphi - \delta) \quad \sin h = \cos(\varphi - \delta) \cdot \cos x$$

* t <sub>ö</sub> = 3h 41m 32s	log sin <sup>2</sup> $\frac{t}{2}$ = 9,33437	
φ = + 33° 45'	log cos = 9,91985	
δ = + 54 59	log cos = 9,84961	
φ - δ = 11 14	log sec = 0,00840	log cos = 9,99160

$$\begin{aligned} \text{N. } \Sigma. & 16 \\ a & = + 0,45 \\ b & = - 1,21 \\ \hline a + b & = - 0,76 \end{aligned}$$

$$\log \sin^2 \frac{x}{2} = 9,11223 \quad \log \cos = 9,86982$$

$$\log \sin h = 9,86142$$

Deneb \* h<sub>r</sub> = 46° 37'

$$h_b = 46 49$$

$$\Delta h_1 = + 12' \quad \mathcal{A}_3 = N 58^\circ O$$

* t <sub>w</sub> = 0h 33m 39s	log sin <sup>2</sup> $\frac{t}{2}$ = 7,73119	
φ = + 33° 45'	log cos = 9,91985	
δ = - 26 15	log cos = 9,95273	
φ - δ = 60 0	log sec = 0,30103	log cos = 9,69897

$$\begin{aligned} \text{N. } \Sigma. & 16 \\ a & = + 4,71 \\ b & = + 3,45 \\ \hline a + b & = + 8,16 \end{aligned}$$

$$\log \sin^2 \frac{x}{2} = 7,90480 \quad \log \cos = 9,99297$$

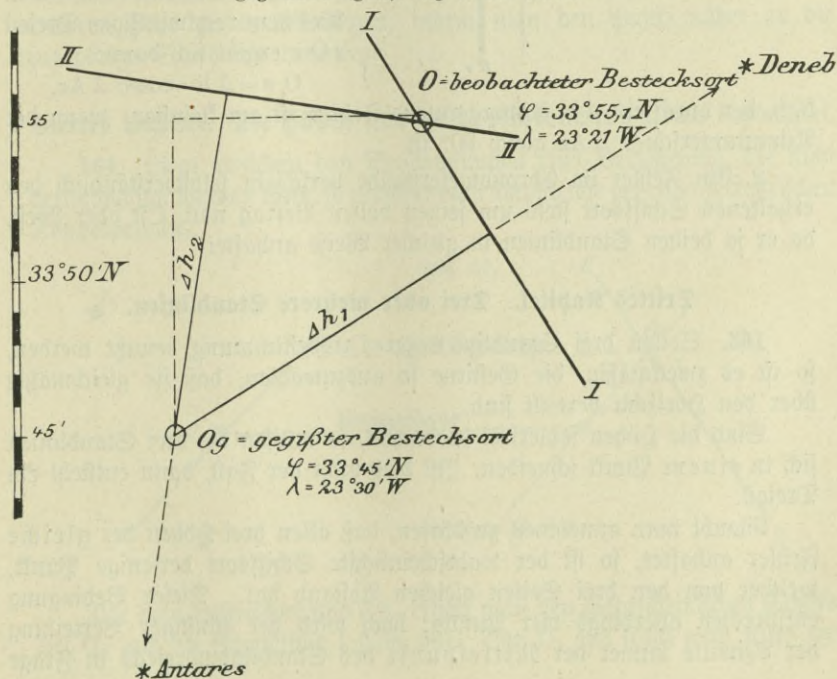
$$\log \sin h = 9,69194$$

Antares h<sub>r</sub> = 29° 28,2'

$$h_b = 29 17$$

$$\Delta h_2 = - 11,2' \quad \mathcal{A}_3 = S 9^\circ W$$

Fig. 53b. Zeichnung in der Karte.





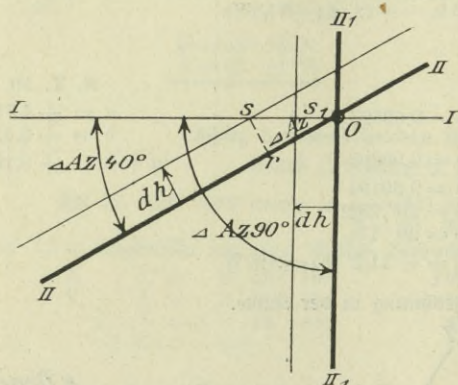
## Zweites Kapitel. Die Zuverlässigkeit der Ortsbestimmung aus zwei Standlinien.

162. Als Fehler, welche die Zuverlässigkeit des gefundenen Schiffsortes beeinträchtigen können, kommen in Betracht:

- ein Fehler in der Höhe und
- ein Fehler im Chronometerstand.

1. Die Fig. 54, in der I, II und II<sub>1</sub> Standlinien bedeuten sollen, zeigt, daß ein Fehler in einer Höhe ( $\Delta h$ ) eine um so kleinere Wirkung auf

Fig. 54.



die Lage des Schiffsortes hat, je größer der Azimutunterschied der beiden Standlinien I und II ist, d. h. je näher  $\Delta Az$  an  $90^\circ$  liegt. Zu einem mathematischen Ausdruck hierfür gelangt man durch folgende Betrachtung.

Infolge des für die Standlinie II angenommenen  $\Delta h$  rückt der wahre Schiffsort von O nach s. Das Lot sr ist  $= \Delta h$ . Aus dem rechtwinkligen Dreieck s O r ergibt sich dann:

$$O s = \Delta h \cdot \operatorname{cosec} \Delta Az,$$

d. h. der durch ein  $\Delta h$  hervorgerufene Fehler ist am kleinsten, wenn der Azimutunterschied  $\Delta Az$  gleich  $90^\circ$  ist.

2. Ein Fehler im Chronometerstande verschiebt selbstverständlich den erhaltenen Schiffsort stets um seinen vollen Betrag nach Ost oder West, da er ja beiden Standlinien in gleicher Weise anhaftet.

## Drittes Kapitel. Drei oder mehrere Standlinien.

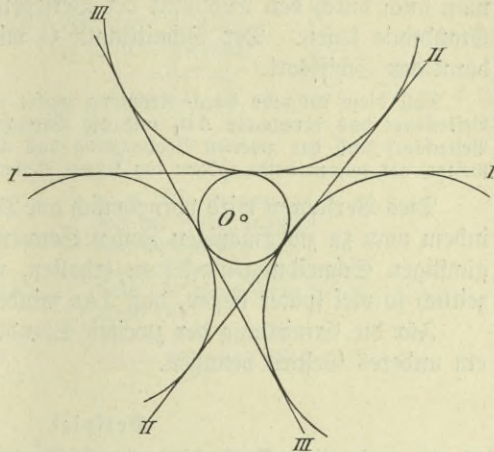
163. Sollen drei Standlinien zur Ortsbestimmung benutzt werden, so ist es zweckmäßig, die Gestirne so auszuwählen, daß sie gleichmäßig über den Horizont verteilt sind.

Sind die Höhen fehlerfrei beobachtet, so müssen die drei Standlinien sich in einem Punkt schneiden. Ist dies nicht der Fall, dann entsteht ein Dreieck.

Glaubt man annehmen zu dürfen, daß allen drei Höhen der gleiche Fehler anhaftet, so ist der wahrscheinlichste Schiffsort derjenige Punkt, welcher von den drei Seiten gleichen Abstand hat. Dieser Bedingung entsprechen allerdings vier Punkte; doch wird bei günstiger Verteilung der Azimute immer der Mittelpunkt des Standliniendreiecks in Frage

kommen. Im allgemeinen darf man wohl annehmen, daß die Vorzeichen der Höhenfehler gleich sind, da ein großer Teil derselben zu den sog. konstanten Fehlern gehört (Kimmtiefenfehler, individueller Fehler), die alle Höhen in demselben Sinne fälschen. Schätzt man nun die Größe dieser Fehler verschieden ein, so liegt der wahrscheinlichste Schiffsort so, daß sein Abstand von den Dreiecksseiten den angenommenen Höhenfehlern proportional ist.

Fig. 55.



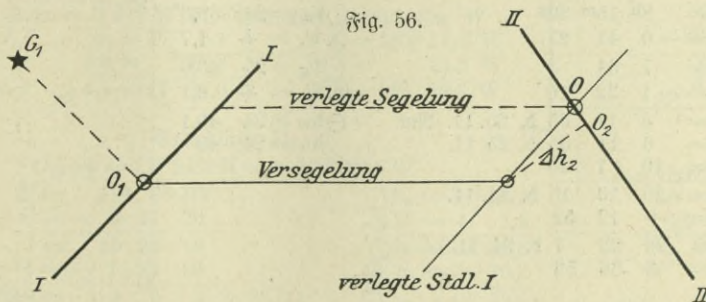
Sind mehr als drei Standlinien ermittelt worden, so erhält man in der Karte ein Vieleck. Der wahrscheinlichste Schiffsort ist dann auch wieder der Punkt, der von allen Seiten möglichst gleichen Abstand hat.

Natürlich ist das Vertrauen in die besondere Zuverlässigkeit der einen oder anderen Höhe zu berücksichtigen, indem man den Punkt näher an die zugehörige Standlinie heranlegt.

#### Viertes Kapitel. Die Höhen sind an verschiedenen Orten beobachtet.

164. Liegt zwischen den Beobachtungen eine Versegelung, die nicht vernachlässigt werden kann, so verfährt man ähnlich wie bei einer terrestrischen Doppelpfeilung.

Fig. 56.



Mit dem Bestecksort und  $\Delta h_1$  erhält man den wahrscheinlichen Schiffsort  $O_1$  und die Standlinie I (Fig. 56). Von  $O_1$  aus trägt man Kurs und



Distanz an und ermittelt mit dem neuen Bestecksort und  $\Delta h_2$  die Standlinie II. Den wahren Schiffsort würde man dann finden, indem man wie bei einer Doppelpfeilung die Versegelung parallel mit sich selbst verlegt, bis sie zwischen die beiden Standlinien hineinpaßt. Statt dessen kann man auch durch den Endpunkt der Versegelung eine Parallele zur ersten Standlinie legen. Der Schnittpunkt O mit der zweiten Standlinie ist dann der Schiffsort.

Soll diese Aufgabe durch Rechnung gelöst werden, so koppelt man an den Bestecksort das errechnete  $\Delta h_1$  und die Versegelung, ermittelt mit dem neuen Bestecksort und der zweiten Beobachtung das  $\Delta h_2$  und  $Az_2$  und verfährt dann weiter, als wären beide Höhen am letzten Bestecksort beobachtet.

Dies Verfahren wird vornehmlich am Tage zur Anwendung kommen, indem man zu zweckmäßigen Zeiten Sonnenhöhen beobachtet. Um einen günstigen Schneidungswinkel zu erhalten, muß die zweite Beobachtung zeitlich so viel später liegen, daß  $\Delta Az$  mindestens  $20^\circ$  beträgt.

Für die Ermittlung der zweiten Standlinie kann man natürlich auch ein anderes Gestirn benutzen.

Beispiel.

**Besteck aus zweimaliger Beobachtung der Sonne mit zwischenliegender Versegelung.**

Am 25. November 1916 wurden in  $\varphi = 17^\circ 10' N$   
 $\lambda = 150 25 W$

in 8 m Augeshöhe beobachtet:

1. um 8<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> U = 8<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> 32<sup>s</sup>  $\odot h_a = 24^\circ 38,3'$   $\mathfrak{Z. B.} = + 1,7'$   
 $I-U = -0 41 27$   $\mathfrak{M\ddot{O}Z} - I = -1^h 22^m 10^s$ ,  
 dann gepegelt NWzW mw. 27,7 Sm; Niv. 9° O.  
 2. um 11<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> U = 11<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> 45<sup>s</sup>  $\odot h_a = 49^\circ 37,4'$   $\mathfrak{Z. B.} = + 1,2'$   
 $I-U = -0 41 26$   $\mathfrak{M\ddot{O}Z} - I =$  wie vorher.

$$\begin{aligned} W \lambda = 150^\circ &= 10^h \\ 25' &= 0 1^m 40^s \\ W \lambda i. \mathfrak{Z.} &= 10 1 40 \\ \mathfrak{M\ddot{O}Z} &= 6^h 11^m \text{ d. } 25. 11. \\ \mathfrak{M\ddot{O}Z} &= 25. 11. \mathfrak{Z}gl. = - 12^m 52^s \\ \mathfrak{M\ddot{O}Z} &= 25. 11. \odot \delta = - 20^\circ 48' \end{aligned}$$

Gesucht: Besteck nach Zeichnung und Rechnung.  
 Standlinie I.

U = 8 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup>	$\odot h_a = 24^\circ 38,3'$
I-U = -0 41 27	$\mathfrak{Z. B.} = + 1,7$
I = 7 34 5	$\odot h_g = 24 40,0$
$\mathfrak{M\ddot{O}Z} - I = -1 22 10$	$\mathfrak{G. B.} = + 9,1$
$\mathfrak{M\ddot{O}Z} = 6 11 55 \text{ d. } 25. 11. \text{ Nm.}$	$\ominus h_w = 24 49,1$
$\mathfrak{a}fr. = 6 11 55 \text{ d. } 25. 11.$	$\ominus h_b = 24 49$
$\mathfrak{M\ddot{O}Z} = 20 10 15 \text{ d. } 24. 11.$	
$\text{umgef. } \mathfrak{Z}gl. = + 12 52$	
$\mathfrak{M\ddot{O}Z} = 20 23 7 \text{ d. } 24. 11.$	
$\odot t_0 = 3 36 53$	

**Formel:**

$$\sin^2 \frac{x}{2} = \sin^2 \frac{t}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec (\varphi - \delta)$$

$$\sin h = \cos (\varphi - \delta) \cdot \cos x$$

$$\begin{aligned} \odot t_0 &= 3^h 36^m 53^s & \log \sin^2 \frac{t}{2} &= 9,31731 \\ \varphi &= + 17^\circ 10' & \log \cos &= 9,98021 \\ \delta &= - 20 48 & \log \cos &= 9,97073 \\ \varphi - \delta &= 37 58 & \log \sec &= 0,10327 & \log \cos &= 9,89673 \\ & & \log \sin^2 \frac{x}{2} &= 9,37152 & \log \cos &= 9,72381 \end{aligned}$$

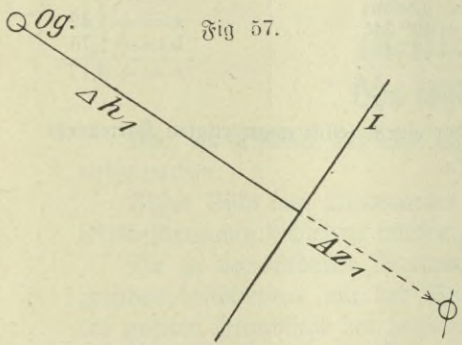
$$\begin{aligned} \log \sin h &= 9,62054 \\ h_r &= 24^\circ 40' \\ h_b &= 24 49 \\ \Delta h &= + 9 \rightarrow \star \end{aligned}$$

N. Z. 16.

$$\begin{aligned} a &= + 0,22 \\ b &= + 0,47 \\ c &= + 0,69 \end{aligned}$$

Az = S57° O.

Fig. 57.



1. Die Zeichnung auf der Karte ergibt nach Koppelung von Δh und der Verjege- lung als deren End- punkt O<sub>1v</sub>:  
 $\varphi_{1v} = 17^\circ 24,0' N$   
 $\lambda_{1v} = 150 38,5 W$

2. Berechnung des Punktes O<sub>1v</sub>.  
 Wahrscheinlicher Schiffsort O<sub>1</sub>.

Kurs (Az) S 57° O 9,0 Sm Abw. = 7,5 Sm  
 Og:  $\varphi_g = 17^\circ 10' N$   $\lambda_g = 150^\circ 25' W$   
 $\Delta\varphi = 4,9 S$   $\Delta\lambda = 7,8 O$   
 $\Rightarrow O_1: \varphi_1 = 17 5,1 N$   $\lambda_1 = 150 17,2 W$

Abw. Δλ  
 7,0 = 7,3  
 0,5 = 0,5  
 $\Rightarrow \Delta\lambda = 7,8$

Verlegter wahrscheinlicher Schiffsort O<sub>1v</sub>.

Kntw. N 56° W  
 Mw = 9° O  
 Strw. = N 47° W 27,7 Sm Abw. = 20,3 Sm W  
 O<sub>1</sub>:  $\varphi_1 = 17^\circ 5,1' N$   $\lambda_1 = 150^\circ 17,2' W$   
 $\Delta\varphi = 18,9 N$   $\Delta\lambda = 21,3 W$   
 $\Rightarrow O_{1v}: \varphi_{1v} = 17 24,0 N$   $\lambda_{1v} = 150 38,5 W$

Abw. Δλ  
 20,0 = 21,0  
 0,3 = 0,3  
 $\Rightarrow \Delta\lambda = 21,3$

Standlinie II.

O<sub>1v</sub>:  $\varphi = 17^\circ 24' 0'' N$   $\lambda = 150^\circ 38,5' W$

U = 11 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	⊙ ha = 49° 37,4'
I - U = - 0 41 26	☉. ☉. = + 1,2
I = 10 22 19	⊙ hg = 49 38,6
MÖZ - I = - 1 22 10	☉. ☉. = + 10,3
☉ MÖZ = 9 0 9	⊙ hw = 49 48,9
λ = 10 2 31	☉ hb = 49 49
MÖZ = 22 57 38	
ungef. 3gl. = + 12 50	
MÖZ = 23 10 28	
☉ t <sub>0</sub> = 0 49 32	

$\lambda = 150^\circ = 10^h 0^m$   
 38' = 2 32<sup>s</sup>  
 0,5 = 0 2  
 $\Rightarrow \lambda = 10 2 34$

MÖZ = 9<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> d. 25. 11.  
 $\Rightarrow 25. 11. 3gl. = - 12^m 50^s$   
 a. w. 3.  
 $\Rightarrow 25. 11. \odot \delta = - 20^\circ 49'$



Formel:

$$\sin \frac{x}{2} = \sin^2 \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec(\varphi \cdot \delta)$$

$$\sin h = \cos(\varphi \cdot \delta) \cdot \cos x$$

$$\odot t_0 = 0h 49m 35s \log \sin^2 \frac{t}{2} = 8,06568$$

$$\varphi = + 17^\circ 24' \log \cos = 9,97966$$

$$\delta = - 20 \ 49 \log \cos = 9,97068$$

$$\varphi - \delta = \frac{38 \ 13}{\log \sec} = 0,10476 \log \cos = 9,89524$$

$$\log \sin^2 \frac{x}{2} = 8,12078 \log \cos = 9,98837$$

$$\log \sin h = 9,88361$$

$$h_r = 49^\circ 54'$$

$$h_b = 49 \ 49$$

$$\Delta h = - \ 5 \star \rightarrow$$

$$Az = S 18^\circ O$$

N. T. 16.

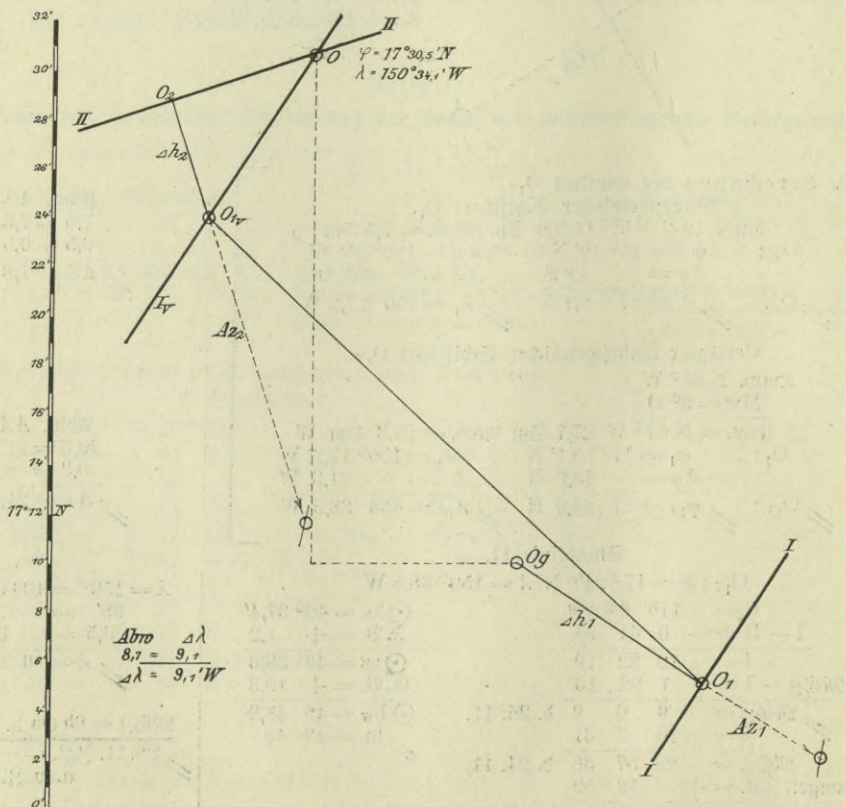
$$a = + 1,42$$

$$b = + 1,75$$

$$c = + 3,17$$

1. Besteck nach Zeichnung (mit Gitterpapier oder einem selbst angefertigten Kartennetz).

Fig. 57 a.



$$\begin{aligned} Az_2 &= S 18^\circ O \\ Az_1 &= S 57^\circ O \\ \Delta Az &= 39 \end{aligned}$$

2. Besteck nach Rechnung.

$$NT 17: \text{für } Az_1 = 57^\circ, \Delta Az = 39^\circ$$

$$\text{Tafelwert} = 1,34$$

$$\Delta \varphi = \Delta h_2 \cdot \text{Tafelw.} = 5,0 \cdot 1,34$$

$$\Delta \varphi = 6,5'$$

$$\Delta \lambda = \Delta \varphi \cdot (a + b \text{ des } Az_1 = 6,5 \cdot 0,69$$

$$\Delta \lambda = 4,4$$

$$O_{1V}: \quad \varphi_{1V} = 17^\circ 24' N \quad \lambda_{1V} = 150^\circ 38,5' W$$

$$\Delta \varphi = 6,5 N \quad \Delta \lambda = 4,4 O$$

$$O: \quad \varphi = 17^\circ 30,5' N \quad \lambda = 150^\circ 34,1' W$$

## Fünfter Abschnitt.

## Das tägliche Besteck.

165. Es ist üblich auf See, täglich für den wahren Mittag das Besteck aufzumachen.

Außer Sicht von Landmarken wird man sich dazu der astronomischen Ortsbestimmung bedienen müssen.

Die zu verwendende Methode ist die in den vorhergehenden Paragraphen beschriebene mit der Sonderheit, daß man zur Bestimmung der zweiten Standlinie der bequemen Rechnung wegen die Mittags- oder Meridianhöhe der Sonne benutzt. Diese in Verbindung mit einer Vormittags- oder Nachmittagshöhe und der zwischenliegenden Versegelung gibt den Mittagssort.

## Verfahren.

166. An den wahrscheinlichen Schiffsort der Vormittagslinie I koppelt man die Versegelung (Zeichnung oder Rechnung) bis zur Zeit der Kulmination der Sonne und beobachtet dann die „Mittagshöhe“. Diese gibt die Standlinie II.

Der Schnittpunkt der verlegten Standlinie  $I_V$  mit der Standlinie II ergibt das Besteck zur Zeit des wahren Ortsmittags.

Will man anstatt durch Zeichnung den Mittags-Schiffsort möglichst schnell durch Rechnung finden, so wählt man zweckmäßig den folgenden Weg:

Zur Zeit der Mittagsbeobachtung ist  $\varphi$  und  $\lambda$  des Endpunktes der Versegelung bekannt. Ebenso  $(a + b)$  des  $Az_1$ . Aus der Meridianhöhe ergibt sich sofort  $\Delta h = \Delta \varphi$ .

Hieraus ergibt sich nach der Gleichung:  $\Delta \lambda = \Delta \varphi \cdot (a + b)$  d.  $Az_1$  (153) sehr schnell  $\Delta \lambda$ . Dieses an die Länge des verlegten Schiffsortes (Endpunkt der Segelung) angebracht, gibt die zur Mittagbreite zugehörige Länge.

Siehe hier auch die mechanische Regel für das Vorzeichen von  $\Delta \lambda$ .

$$\begin{array}{c} N \times O \\ S \times W \end{array}$$



167. Soll das Mittagsbesteck, weil eine Vormittagshöhe nicht gemessen werden konnte, aus der Mittagshöhe der Sonne und einer Nachmittagshöhe nachträglich noch ermittelt werden, so ist die entgegengesetzte Verzeigung an den wahrscheinlichen Schiffsort der Nachmittagsstandlinie anzutragen und diese Standlinie II durch den so erhaltenen Punkt zu verlegen. Der Schnittpunkt dieser zurückverlegten Standlinie mit der Mittagsstandlinie ist dann der Schiffsort im wahren Mittag. Im allgemeinen wird man jedoch das Nachmittagsbesteck in das Loggbuch eintragen.

Konnte die Mittagshöhe aus irgendeinem Grunde (bedecktes Wetter) nicht beobachtet werden, so ist das Mittagsbesteck durch Giffung zu ermitteln.

Beispiel für ein Mittagsbesteck aus einer Vormittagslinie und einer Mittagsbreitenstandlinie der Sonne.

Am 29. August 1916 wurde in  $\varphi = 12^\circ 50' N$   
 $\lambda = 47^\circ 21' O$

in 5 m Augeshöhe beobachtet:

1. um 10<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> Vm. U = 10<sup>h</sup> 27<sup>m</sup> 27<sup>s</sup>  $\odot$   $h_a = 68^\circ 56,6'$ ,  
 dann gefogelt: S 75° O mw 11,9 Sm; Wv. 5° W.
  2. um Mittag  $\odot$   $H_a = 86^\circ 27,3' i. S. M.$
- I - U = - 3<sup>h</sup> 7<sup>m</sup> 24<sup>s</sup>; MÖ - I = + 0<sup>h</sup> 7<sup>m</sup> 13,8<sup>s</sup>; J. B. + 1';  
 Gesucht: Mittagsbesteck nach Zeichnung.

Standlinie I.

U = 10 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup>	$\odot$ $h_a = 68^\circ 56,6'$
I - U = - 3 7 24	$\text{J. B.} = + 1,0$
I = 7 20 3	$\odot$ $h_g = 68 57,6$
MÖ - I = + 0 7 14	$\text{G. B.} = + 11,4$
MÖ = 7 27 17 d. 29. 8. Vm.	$\ominus$ $h_w = 69 9,0$
// ajr. = 19 27 17 d. 28. 8.	// $h_b = 69 9$
$\lambda = 3 9 24$	
MÖ = 22 36 41 d. 28. 8.	
umgef. Zgl = - 57	
MÖ = 22 35 44 d. 28. 8.	
// $\odot$ $t_6 = 1 24 16$	

R. T. 14.  $\lambda = 3^h 9^m 24^s$

MÖ = 19<sup>h</sup> 27<sup>m</sup> d. 28. 8.

// 29. 8. Zgl = + 0<sup>m</sup> 57<sup>s</sup>  
 a. w. J.

// 29. 8.  $\odot$   $\delta = + 9^\circ 28'$

**Formel:**

$$\sin^2 \frac{x}{2} = \sin^2 \frac{t}{2} \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sec (\varphi - \delta)$$

$$\sin h = \cos (\varphi - \delta) \cdot \cos x$$

$t_6 = 1^h 24^m 16^s$	$\log \sin^2 \frac{t}{2} = 8,52399$		
$\varphi = + 12^\circ 50'$	$\log \cos = 9,98901$		
$\delta = + 9 28$	$\log \cos = 9,99404$		
$\varphi - \delta = 3 22$	$\log \sec = 0,00075$		
	$\log \sin^2 \frac{x}{2} = 8,50779$		
		$\log \cos = 9,99925$	
		$\log \cos = 9,97111$	
		$\log \sin h = 9,97036$	

Az = S 84° O

$h_r = 69^\circ 4'$   
 $h_b = 69 9$   
 $\Delta h = + 5 \rightarrow \star$

$a = + 0,58$   
 $b = - 0,46$   
 $c = + 0,12$

Die Zeichnung ergibt als wahrscheinlichen Schiffsort  $O_1$ :

$$\varphi = 12^\circ 49,5' N$$

$$\lambda = 47^\circ 26,1' O$$

für den um die Verfehlung verlegten wahrscheinlichen Schiffsort  $O_1 v$ :

$$\varphi = 12^\circ 47,4' N$$

$$\lambda = 47^\circ 37,8' O$$

Standlinie II.

$$O_1 v: \varphi = 12^\circ 47,4' N; \lambda = 47^\circ 37,8' O$$

Formel:

$$H = 90^\circ - (\varphi - \delta)$$

$$\varphi = + 12^\circ 47$$

$$\delta = + 9 26$$

$$\varphi - \delta = 3 21$$

$$\ominus H_r = 86 39$$

$$\ominus H_b = 86 40$$

$$\Delta\varphi = \Delta h = (+) 1 \text{ S, da Az } 180^\circ$$

$$\varphi = 12 47 \text{ N}$$

$$\varphi = 12 46 \text{ N}$$

$$\ominus H_a = 86^\circ 27,3' \text{ i. S. W.}$$

$$\text{Z. S.} = + 1,0$$

$$\ominus H_g = 86 28,3$$

$$\text{G. S.} = + 11,7$$

$$\ominus H_w = 86 40,0 = H_b$$

Direkte Methode. (Nr. 174.)

Formel:

$$\varphi = z + \delta$$

$$z = 90 - h$$

$$\ominus H_a = 86^\circ 27,3' \text{ i. S. W.}$$

$$\text{Z. S.} = + 1,0$$

$$\ominus H_g = 86 28,3$$

$$\text{G. S.} = + 11,7$$

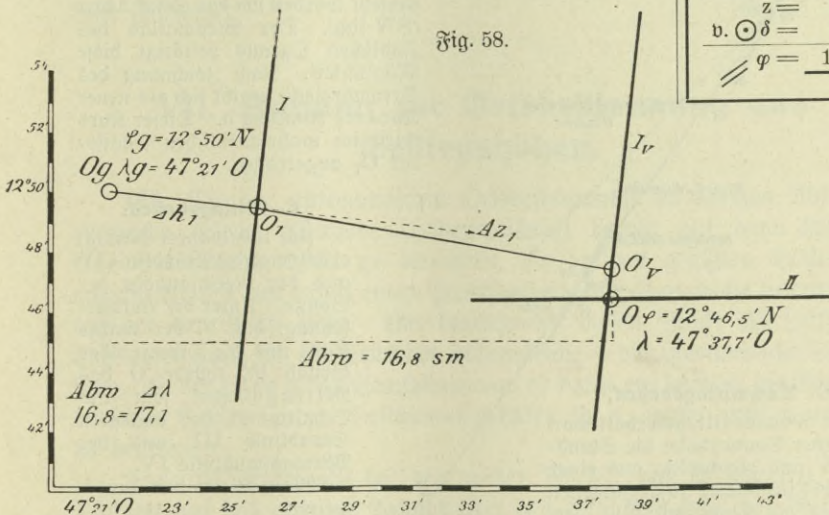
$$\ominus H_w = 86 40,0$$

$$z = 3 20,0 \text{ N}$$

$$v. \ominus \delta = 9 26,0 \text{ N}$$

$$\varphi = 12 46,0 \text{ N}$$

Fig. 58.



Die Zeichnung ergibt für den Schiffsort O:  $\varphi = 12^\circ 46' N$   
 $\lambda = 47^\circ 38' O$

Mittagsverbesserung für  $\lambda$  durch Rechnung.

$$\Delta\lambda = \Delta\varphi \cdot (a + b \text{ Az}_1)$$

$$\Delta\varphi = 1,0 \text{ S}$$

$$(a + b) \text{ Az}_1 = 0,12$$

$$\Delta\lambda = 0,1 \text{ W}$$

S ↙ O  
N ↘ W

gegebenes Besteck  $\lambda = 47^\circ 37,8' O$

iv. Mittag  $\lambda = 47^\circ 37,7' W$



### 168. Schematische Darstellung der astronomischen Schiffsort-Kontrolle im Laufe eines Tages.

Das Schiff befindet sich zur Zeit des NO-Monuns im Indischen Ozean in einem ungefähren Abstand von 100 Seemeilen von der afrikanischen Küste auf der Reise nach dem Süden.

#### A. Morgenbesteck.

Wenn möglich, in der Dämmerung Schiffsort bestimmen aus zwei günstig stehenden Gestirnen. Sind zwei Höhen nicht zu erhalten, — dann mindestens eine Standlinie ermitteln. Im vorliegenden Beispiel wird angenommen, daß um 5<sup>h</sup> morgens der Schiffsort A gefunden wurde aus zwei Gestirns Höhen. Es wird Kurs a gesteuert.

#### B. Vormittagsbesteck.

Um 8<sup>h</sup> erhält man aus einer Sonnenhöhe die Standlinie III. Das Schiff ist seit 5<sup>h</sup> offenbar verjert worden um das Stück A III (SW-lich). Der Stromatlas des Indischen Ozeans bestätigt diese Möglichkeit. Nach Zeichnung des Stromdreiecks ergibt sich als neuer Kurs die Richtung b. Dieser Kurs wird im wahrscheinlichen Schiffsort O<sub>1</sub> angetragen.

#### C. Mittagsbesteck.

Um 12<sup>h</sup> (wahrer Mittag) erhält man die Standlinie IV aus der Meridianhöhe der Sonne. Unter der Voraussetzung, daß b, der wahre Kurs und die Distanz über Grund ist, würde O das Mittagsbesteck sein als Schnittpunkt der verlegten Standlinie III und der Mittagsstandlinie IV.

Man steuert den Kurs b weiter.

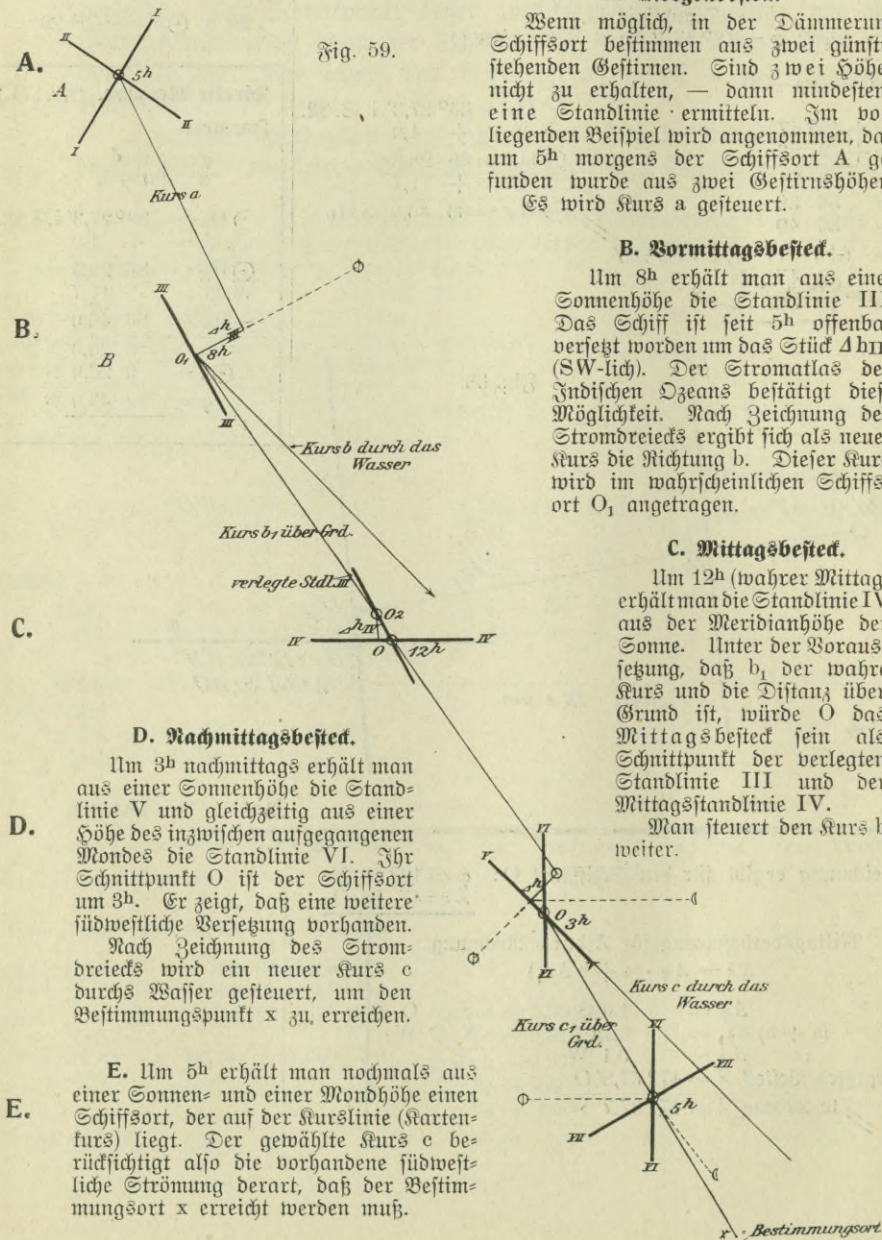
#### D. Nachmittagsbesteck.

Um 3<sup>h</sup> nachmittags erhält man aus einer Sonnenhöhe die Standlinie V und gleichzeitig aus einer Höhe des inzwischen aufgegangenen Mondes die Standlinie VI. Ihr Schnittpunkt O ist der Schiffsort um 3<sup>h</sup>. Er zeigt, daß eine weitere südwestliche Verjertung vorhanden.

Nach Zeichnung des Stromdreiecks wird ein neuer Kurs c durchs Wasser gesteuert, um den Bestimmungspunkt x zu erreichen.

E. Um 5<sup>h</sup> erhält man nochmals aus einer Sonnen- und einer Mondhöhe einen Schiffsort, der auf der Kurslinie (Kartenkurs) liegt. Der gewählte Kurs c berücksichtigt also die vorhandene südwestliche Strömung derart, daß der Bestimmungsort x erreicht werden muß.

Fig. 59.





So wird man weiter bei jeder günstigen Gelegenheit, wenn es nötig erscheint, den Schiffsort durch Höhenmessungen der Gestirne kontrollieren.

Auch zur Nachtzeit fährt man damit fort, muß sich jedoch klar sein darüber, daß die Höhen über der Nachtkimm weniger zuverlässig sind.

Führt der Kurs zur Nachtzeit unter einer Küste entlang, die auf längere Strecken hin keine Befeuerung hat, so gilt es durch astronomische Beobachtungen zwei Aufgaben zu lösen:

1. Wie nahe steht das Schiff der Küste.
2. Wie weit ist das Schiff gegen das Besteck voraus oder zurück.

Die Beantwortung dieser Fragen ist besonders dann wichtig, wenn man zu einer bestimmten Zeit am kommenden Morgen einen Hafen der Küste anlaufen will.

Wenn nicht zwei Höhen gleichzeitig beobachtet werden können, so erhält man Antwort auf Frage 1, durch eine Gestirnhöhe, deren Azimut senkrecht zur Küste liegt (Standlinie parallel), und Antwort auf Frage 2 durch eine Gestirnhöhe, deren Azimut parallel zum Kurs liegt (Standlinie senkrecht).

## VII. Anhang zur Ortsbestimmung aus Gestirnhöhen.

169. Die der astronomischen Ortsbestimmung im vorigen Abschnitt zugrunde gelegte Methode (Höhenmethode) beruht auf dem Prinzip, eine Berichtigung ( $\Delta h$ ) zu berechnen, die an den gegißten Bestecksort anzubringen ist, um damit einen Punkt derjenigen Höhengleiche zu erhalten, auf der das Schiff steht. Wir bezeichneten diesen Punkt als Zeitpunkt und legten durch ihn ein Stück der Höhengleiche — die astronomische Standlinie. An der Hand dieser Standlinie war es dann ein leichtes, die Wirkung etwaiger Fehler in den Bestimmungsstücken ( $h$ ,  $t$ , sowie auch  $\varphi$  und  $\lambda$ ) zu beurteilen.

Diese Höhenmethode hat den großen Vorteil, daß sie jederzeit, ohne Rücksicht auf das etwaige Azimut oder den Stundenwinkel des Gestirns, angewandt werden kann.

Es gibt nun noch eine Reihe anderer brauchbarer Methoden, vermittels derer man ebenfalls einen Punkt derjenigen Höhengleiche finden kann, auf der das Schiff steht. Dieselben unterscheiden sich von der Höhenmethode im Prinzip dadurch, daß man nicht eine an den gegißten Bestecksort anzubringende Berichtigung berechnet, um einen Zeitpunkt für die Standlinie zu erhalten, sondern man ermittelt diesen Punkt aus der gemessenen Höhe direkt unter Zugrundelegung des gegißten Besteckortes.



Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- a) entweder legt man der Rechnung die gegihte Besteckslänge zugrunde und erhält damit die Breite des gesuchten Punktes,  
 b) oder man legt der Rechnung die gegihte Bestecksbreite zugrunde und erhält damit die Länge.

In beiden Fällen also führt man in die Rechnung einen unsicheren Faktor ein; ein Fehler desselben muß das Resultat beeinflussen.

Um die Wirkung eines solchen Fehlers beurteilen zu können, ist es auch bei diesen Methoden notwendig, durch den errechneten Punkt die Höhengleiche (Standlinie) zu legen.

170. Die im folgenden zu besprechenden Methoden zeichnen sich aus durch die Kürze der Rechnung. Es sind dies:

1. Die Meridianbreite.
2. Die Nebenmeridianbreite.
3. Die Polarsternbreite.
4. Die Längenbestimmung.

### Erster Abschnitt.

## Die Meridianbreite.

Sowohl aus der oberen Meridianhöhe eines Gestirns (größte Höhe) wie auch aus der unteren Meridianhöhe (kleinste Höhe) läßt sich die Breite des Beobachtungsortes direkt berechnen.

In der Fig. 60 sollen  $G_1-4$  Gestirne im Meridian darstellen, und zwar steht in den Fällen  $G_1-3$  das Gestirn in der oberen Kulmination, im Fall  $G_4$  in der unteren Kulmination. Es ist aus der Figur leicht ersichtlich, daß man für die Fälle  $G_1, G_2$  und  $G_3$  (obere Kulm.) die Breite  $\varphi$  bilden kann aus  $Z$  und  $\delta$  des Gestirns.  $\delta$  erhält man aus dem N. Z. und  $Z$  ist gleich  $90^\circ - h$ . Dieser Höhe (Meridianhöhe =  $H$ ) gibt man zweckmäßig die Bezeichnung  $S$  oder  $N$ , je nachdem sie im Süd- oder Nordmeridian beobachtet worden ist, während die Zenitdistanz dann das entgegengesetzte Zeichen der Höhe erhält — also bei einer Höhe im Südmeridian das Zeichen  $N$  und bei einer Höhe im Nordmeridian das Zeichen  $S$ .

171. Die Breite  $\varphi$  ergibt sich dann als die algebraische Summe der Meridianzenitdistanz  $Z$  und der Abweichung  $\delta$ . (Fig. 60.)

$$\varphi = Z + \delta \qquad 1. \text{ (ob. Kulm.)}$$

172. Für den Fall  $G_4$  (untere Kulmination) ergibt sich die Breite  $\varphi$  (gleich der Polhöhe) offenbar als die absolute Summe der Meridianhöhe  $H$  und der Poldistanz  $p$ .

$$\varphi = H + p \qquad 2. \text{ (unt. Kulm.)}$$





Beispiele.

Im oberen Meridian.

1916, den 28. Mai, wurde auf  $0^{\circ} 3' S$  und  $46^{\circ} 42' W$  die Meridianhöhe von  $\alpha^2$  Centauri im Südmeridian zu  $29^{\circ} 34,6'$  abgelesen. Es war  $\mathfrak{Z. B.} = +1,2'$ , Augeshöhe = 10 m.

<p>★ <math>H_a = 29^{\circ} 34,6' S</math> Merd.</p> <p><math>\mathfrak{Z. B.} = + 1,2</math></p> <p>★ <math>H_g = 29 35,8</math></p> <p><math>\mathfrak{G. B.} = - 7,4</math></p> <p>★ <math>H_w = 29 28,4</math></p> <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p><math>Z = 60 31,6 N</math></p> <p><math>\delta = 60 29,4 S</math></p> <p><math>\varphi = 0 2,2 N</math></p>	<p>★ <math>\delta = + 60^{\circ} 29,4'</math></p>
---	---

Der wahrscheinliche Schiffsort liegt auf:  $0^{\circ} 2,2' N$  und  $46^{\circ} 42' W$ .  
Standlinie: Ost-West.

Fig. 61.

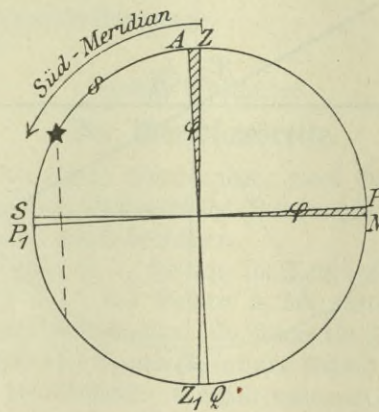
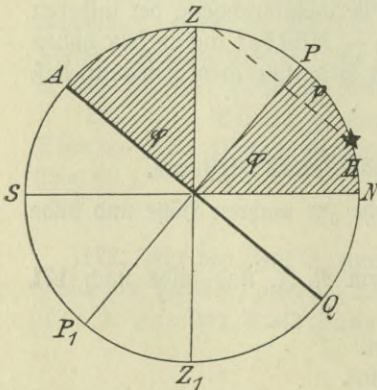


Fig. 62.



Im unteren Meridian.

1916, am 10. September, wurde auf  $49^{\circ} 7' N$  und  $6^{\circ} 40' W$  die Meridianhöhe von  $\alpha$  Ursae majoris (Dubhe) im Nordmeridian in der unteren Kulmination zu  $22^{\circ} 2,0'$  beobachtet. Es war  $\mathfrak{Z. B.} = -1,3'$ , Augeshöhe = 10 m.

<p>★ <math>H_a = 22^{\circ} 2,0'</math></p> <p><math>\mathfrak{Z. B.} = - 1,3</math></p> <p>★ <math>H_g = 22 0,7</math></p> <p><math>\mathfrak{G. B.} = - 8,1</math></p> <p>★ <math>H_w = 21 52,6</math></p> <p><math>p = 27 47,4</math></p> <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p><math>\varphi = 49 40,0 N</math></p>	<p>★ <math>\delta = + 62^{\circ} 12,6'</math></p> <p><math>p = 27 47,4</math></p>
--	---

Der wahrscheinliche Schiffsort liegt auf:  $49^{\circ} 40' N$  und  $6^{\circ} 40' W$ .

Standlinie: Ost-West.

**Die Breite aus der Meridianhöhe der Sonne.**

174. Die Zeit des oberen Meridiandurchgangs der Sonne ist  $0^h$  WZ; die Abweichung ist für diesen Zeitpunkt zu entnehmen. Der Gang der Rechnung ist folgender:

1. Richtige die abgelesene Höhe zur wahren Mittelpunkthöhe und bilde  $Z = 90^\circ - H_w$ .
2. Entnimm  $\delta$  aus dem N. J. im w. G. Mtg. und verbessere dieses  $\delta$  für die Bestecklänge mit der für  $1^\circ$  Westlänge gegebenen Änderung.
3. Bilde:  $\varphi = Z + \delta$ .

Beispiel.

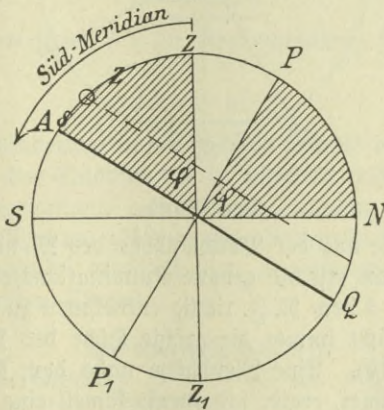
1916, am 10. Mai, wurde auf ungefähr  $58^\circ 26' N$  und  $19^\circ 26' O$  die Meridianhöhe der Sonne im Südmeridian zu  $48^\circ 51,1'$  abgelesen. Es war die  $\text{S. B.} = +1,5'$ , Augeshöhe = 9 m.

⊙	$H_a = 48^\circ 51,1'$	S	Mrd.
⊖	$\text{S. B.} = + 1,5$		
⊙	$H_g = 48$	52,6	
⊖	$\text{G. B.} = +$	9,8	
⊕	$H_w = 49$	2,4	
	$Z = 40$	57,6	N
	$\delta = 17$	23,7	N
	$\varphi = 58$	21,3	N

d. 10. 5. i. w. G. Mtg.	⊙	$\delta = + 17^\circ 24,6'$
		$v = - 0,9$
		$\frac{0,045 \cdot 19,5}{0,9}$
		<u><math>v \odot \delta = + 17^\circ 23,7'</math></u>

Der wahrscheinliche Schiffsort liegt auf:  $58^\circ 21' N$  und  $19^\circ 26' O$ .  
Standlinie: rw. Ost—West.

Fig. 63.



**Die Breite aus der Meridianhöhe eines Planeten.**

175. 1. Richtige die abgelesene Höhe zur wahren Höhe und bilde  $Z = 90^\circ - H$ .
2. Entnimm aus dem N. J. die M G B des Meridiandurchgangs und ermittle für diesen Zeitpunkt  $\delta$  des Gestirns.
3. Bilde:  $\varphi = Z + \delta$ .



Beispiel.

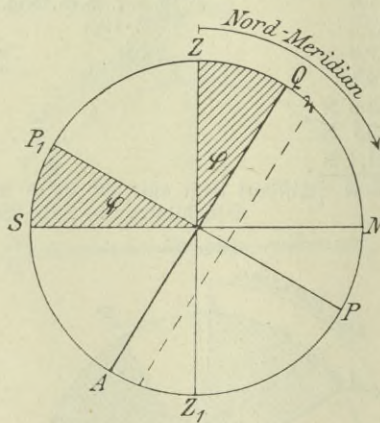
1916, den 4. Dezember, wurde in etwa  $31^{\circ} 53' S$  und  $72^{\circ} 3' W$  die Höhe des Jupiter im Nordmeridian gemessen zu  $49^{\circ} 29,9'$ . Es war  $\zeta. \text{B.} = -3,7'$ , Augeshöhe = 12 m.

$$\begin{aligned} \mathcal{L} H_a &= 49^{\circ} 29,9' \text{ N Merd.} \\ \zeta. \text{B.} &= - 3,7 \\ \mathcal{L} H_g &= 49 26,2 \\ \mathcal{G}. \text{B.} &= - 7,1 \\ \mathcal{L} H_w &= 49 19,1 \\ \hline Z &= 40 40,9 \text{ S} \\ \delta &= 8 41,9 \text{ N} \\ \hline \varphi &= 31 59,0 \text{ S} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. 4. 12. M} \mathcal{O} \mathcal{Z} \text{ d. Merd. Durchg. d. } \mathcal{L} &= 8^{\text{h}} 44^{\text{m}} \\ \lambda \text{ i. } \mathcal{Z} \text{t.} &= +4 48 \text{ N. T. 14.} \\ \text{d. 4. 12. M} \mathcal{O} \mathcal{Z} \text{ d. Durchg.} &= 13 32 \\ \hline \text{d. 4. 12. } \mathcal{L} \delta &= +8^{\circ} 42,4' \\ 0,04 \cdot 13,5 \text{ v} &= - 0,5 \\ \hline \text{v. } \delta &= +8 41,9 \end{aligned}$$

Der wahrscheinliche Schiffsort liegt auf:  $31^{\circ} 59' S$  und  $72^{\circ} 3' W$ .  
Standlinie: rw. Ost-West.

Fig. 64.



Der Mond.

176. Die Breite aus der Meridianhöhe des Mondes ist umständlich zu berechnen, da man erst die genaue Kulminationszeit des Mondes berechnen muß, um  $\mathcal{L} \delta$  dem  $\mathcal{N}. \mathcal{Z}.$  richtig entnehmen zu können. Ferner ist zu bedenken, daß nicht immer die größte Höhe des Mondes auch seine Meridianhöhe ist (110). Eine Mondhöhe nahe dem Meridian, nach der Höhenmethode errechnet, ergibt fast ebenso schnell eine Standlinie.

Das Messen der Meridianhöhe.

177. Der Zeitpunkt, zu dem die Höhenmessung vorzunehmen ist, ergibt sich daraus, daß das Gestirn bei der oberen Kulmination seinen höchsten, bei der unteren sichtbaren Kulmination seinen niedrigsten Stand über dem Horizont erreicht. Man stellt die größte und kleinste Höhe des Gestirns fest, indem man seinem Steigen mit dem Winkelmessinstrument

so lange folgt, bis das Gestirn wieder zu fallen beginnt, oder umgekehrt, indem man dem Fallen folgt, bis das Gestirn zu steigen beginnt, und nimmt dann an, daß die betreffende größte bzw. kleinste Höhe im Meridian gemessen wurde.

## Zweiter Abschnitt.

**Die Nebenmeridianbreite.****Erstes Kapitel. Die Rechnung.**

178. Hat man mittags aus irgendeinem Grunde (unsichtige Himmel usw.) die Meridianhöhe der Sonne nicht erhalten, statt dessen aber eine Höhe in der Nähe des Meridians, zu der auch die Uhrzeit notiert war, so kann man hieraus, wie in folgendem gezeigt wird, auf schnelle bequeme Weise die Breite des Beobachtungsortes bestimmen.

Der Grundgedanke der Nebenmeridianbreite ist der, daß man die beobachtete Nebenmeridianhöhe durch Hinzufügen einer kleinen Verbesserung ( $\Delta h$ ), die man „Reduktion auf den Meridian“ nennt, in die Meridianhöhe  $H$  umrechnet. Für kleine Stundenwinkel ist dies möglich, da die Höhenänderung in der Nähe des Meridians, abgesehen von sehr großen Höhen, nur noch gering ist.

Eine Gestirnshöhe in der Nähe des oberen Meridians ist kleiner als die Meridianhöhe, und deshalb ergibt sich die Gleichung:

$$H = h + \Delta h \quad 1.$$

Den Höhenunterschied  $\Delta h$  (in Bogenminuten) findet man nach der Formel:

$$\Delta h = c \cdot m^2 \quad 2.$$

worin  $c$  die Höhenänderung in der nächsten Minute vom oberen Meridian bedeutet, und  $m^2$  das Quadrat des in Minuten ausgedrückten Stundenwinkels. (Die Bezeichnung  $m$  soll daran erinnern, daß es sich nur um kleine, nur nach Minuten zählende Stundenwinkel handelt.)

Den Stundenwinkel ermittelt man in bekannter Weise aus der zur Beobachtung notierten Uhrzeit.

**Die Ableitung von  $\Delta h$ .**

179. Aus der Gleichung 1:  $H = h + \Delta h$  ergibt sich die Gleichung:  $h = H - \Delta h$ . Also nach dem Kosinussatz:

$$\sin h = \sin (H - \Delta h) = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t. \quad a.$$

Da nun in der oberen Kulmination  $t = 0$  ist, wird dann  $\cos t = 1$ . ( $t$  wird in der weiteren Ableitung  $m$  genannt.)

Für den Meridian ist also:

$$\sin H = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta. \quad b.$$

Subtrahiert man Gleichung  $a$  von Gleichung  $b$ , so gibt dies:

$$\begin{aligned} \sin H - \sin (H - \Delta h) &= \cos \varphi \cdot \cos \delta - \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos m \\ &= \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot (1 - \cos m) \end{aligned}$$



oder:  $\sin H - \sin H \cdot \cos \Delta h + \cos H \cdot \sin \Delta h = \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot 2 \sin^2 \frac{1}{2} m$ .

$\Delta h$  und  $m$  sind aber klein, und so ist dann:

$$\cos \Delta h = 1; \sin \Delta h = \Delta h \cdot \text{arc } 1'; \sin \frac{1}{2} m = \frac{1}{2} m \cdot \text{arc } 1''.$$

Die vorige Gleichung geht also über in:

$$\cos H \cdot \Delta h \cdot \text{arc } 1' = \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot 2 \cdot \frac{1}{4} m^2 \cdot \text{arc}^2 1''$$

oder, da  $\text{arc } 1'' = 15 \cdot \text{arc } 1'$  ist,

$$\cos H \cdot \Delta h = 15 \cdot \frac{1}{2} \cdot \text{arc } 1'' \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot m^2.$$

Da man nun für  $\cos H$  auch  $\sin Z$  oder  $\sin(\varphi - \delta)$  setzen kann, so bekommt man:

$$\Delta h = \frac{15 \cdot \text{arc } 1'' \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta}{2 \cdot \sin(\varphi - \delta)} \cdot m^2. \quad c.$$

Das erste Glied der rechten Seite dieser Gleichung bezeichnet man mit  $c$ , also:

$$\Delta h = c \cdot m^2.$$

**180.** Die Anwendung der Methode wird sehr erleichtert dadurch, daß die Höhenänderung in der nächsten Minute vom oberen Meridian ( $c$ ) in der N. T. 18a für die Breiten von  $0^\circ$  bis  $80^\circ$  und die Abweichungen von  $0^\circ$  bis  $23^\circ$  gegeben wird; ebenso die Quadrate der Stundenwinkel ( $m^2$ ) in N. T. 18b von  $0^m$  bis  $30^m$ . Die Begrenzung der Tafel 18a durch die Abweichung, welche nur bis  $23^\circ$  gegeben ist, zeigt auch, daß diese Methode speziell für Nebenmeridianhöhen der Sonne gedacht ist; natürlich können auch alle anderen Gestirne, welche in diesen Rahmen hineinpassen, verwendet werden.

Die Rechnung ist nur bis zu bestimmten Werten des Stundenwinkels zulässig. Die Grenzwerte über die Verwendungsfähigkeit der Methode können der Tafel 18 entnommen werden. (Das Weitere siehe Ergl. d. N. T.)

Die errechnete Breite gibt zusammen mit der Bestecklänge einen Punkt derjenigen Höhengleiche, auf der das Schiff zur Zeit der Beobachtung gestanden hat. Um durch diesen Punkt die Standlinie zeichnen zu können, wird man mit  $t$ ,  $\varphi$  und  $\delta$  aus N. T. 16 das Azimut entnehmen.

Fällt man von dem alten gegifteten Bestecksort ein Lot auf die Standlinie, so ist dieses Lot das  $\Delta h$ , welches man erhalten hätte, wenn die Beobachtung nach der Höhenmethode verwertet worden wäre. Der Fußpunkt dieses Lotes ist der wahrscheinliche Schiffsort nach dieser Methode.

### Der Gang des Verfahrens.

1. Bilde aus der für die Beobachtung notierten Uhrzeit die MGZ und den Stundenwinkel  $t$  ( $m$ ).

Für MGZ entnimm  $\delta$  aus dem N. F. und bilde aus  $h_a$  die wahre Höhe  $h_w$ .

2. Entnimm mit  $\varphi$  und  $\delta$  aus N. T. 18a die Höhenänderung in der nächsten Minute vom oberen Meridian ( $c$ ) und aus N. T. 18b  $m^2$ , nachdem zuvor aus dieser Tafel festgestellt wurde, ob die Methode für den Stundenwinkel noch anwendbar ist.

3. Bilde:  $\Delta h = c \cdot m^2$  und rechne dann weiter nach den bekannten Gleichungen:

$$\begin{aligned} H &= h + \Delta h \\ Z &= 90^\circ - H \\ \varphi &= Z + \delta. \end{aligned}$$

Beispiel.

1916, 22. März, wurde in etwa  $19^\circ 28' N$  und  $156^\circ 33' O$  eine Höhe der Sonne in der Nähe des Südmeridians gemessen. Es war  $\mathfrak{J. \mathfrak{B.}} = -2,7'$  Augeshöhe = 6 m.

	U =	12 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	
	I - U = +	6 18	
	MÖÖ - I = +	25 38	
	U =	12 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	
	I - U = +	6 18	
	I =	13 1 3	
	MÖÖ - I = +	25 38	
	MÖÖ =	13 26 41 d. 21. 3.	
	λ i. 3 =	10 26 12	
	MÖÖ =	23 52 53 d. 21. 3.	
	umgef. 3gl =	- 7 10	
	BÖÖ =	23 45 43 d. 21. 3.	
	t <sub>0</sub> =	0 14 17	

⊙ ha = 70° 23,5' i. N. d. S Merid.

⊙ ha = 70° 23,5'  
 $\mathfrak{J. \mathfrak{B.}} = - 2,7$   
 ⊙ hg = 70 20,8  
 $\mathfrak{G. \mathfrak{B.}} = + 11,3$   
 ⊙ hw = 70 32,1

MÖÖ = 13<sup>h</sup> 27<sup>m</sup> d. 21. 3.  
 $\delta = + 0^\circ 26'$   
 3gl = + 7<sup>m</sup> 10<sup>s</sup> a. w. 3t.

$\Delta h = c \cdot m^2$ ;       $H = h + \Delta h$ ;       $\varphi = Z + \delta.$

$m = 14^m 17^s$ ;       $m^2 = 204,0$

$\varphi_g = 19,5^\circ$   
 $\delta = 0,4$  gleichn. }  $c = 0,094$  { die Methode ist bis 22 m anwendbar

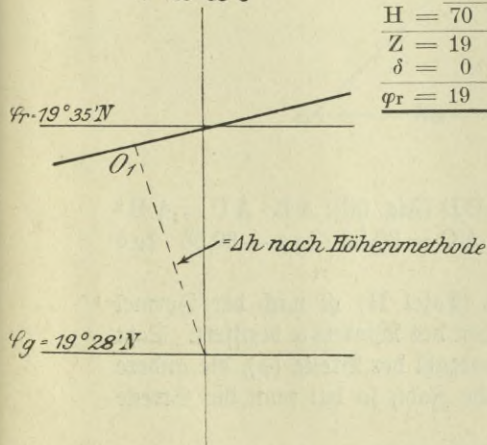
$\Delta h = +$	19,2'
h =	70° 32,1
H =	70 51,3 S
Z =	19 8,7 N
δ =	0 26,0 N
$\varphi_r =$	19 34,7 N

0,094 · 204
816
1836
19,176

N. 3. 16.  
 $a = + 5,7$   
 $b = - 0,1$   
 $a + b = + 5,6$   
 $Az = S 11^\circ O$   
 $= 169^\circ$

Fig. 65.

$\lambda = 156^\circ 33' O$



Der Zeitpunkt der Standlinie liegt auf:  $19^\circ 35' N$  und  $156^\circ 33' O$ .  
 Die Standlinie läuft  $(169^\circ - 90^\circ) = 79^\circ$ .



Die Nebenmeridianbreite ist eine Näherungsmethode, da man mit einer fehlerhaften Breite eine verbesserte Breite errechnet. Stellt sich der Breitenfehler als sehr groß heraus, so wird man gut tun, die Rechnung mit der verbesserten Breite zu wiederholen.

**Zweites Kapitel. Diagramm der Nebenmeridianbreiten von Ritchin.**

181. Ein sehr bequemer Weg, die „Reduktion auf den Meridian“ ( $\Delta h$ ) zu erhalten, ist durch das vorgenannte Diagramm gegeben. Dasselbe hat die in Tafel II dargestellte Form. Zu seiner Benutzung braucht man einen Zirkel und das rechtwinklige Kartendreieck.

Die für  $\Delta h$  gegebene Gleichung (179) war:

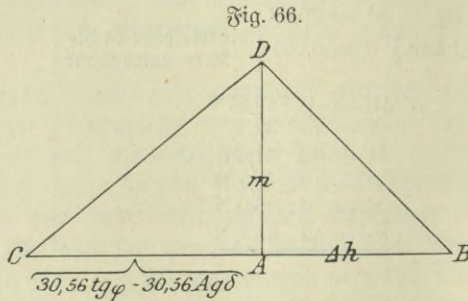
$$\Delta h = \frac{15 \cdot \text{arc } 1^m \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta}{2 \cdot \sin(\varphi - \delta)} \cdot m^2; \text{ hierfür kann man setzen:}$$

$$\Delta h = \frac{\cos \varphi \cdot \cos \delta}{30,56 \cdot (\sin \varphi \cdot \cos \delta - \cos \varphi \cdot \sin \delta)} \cdot m^2$$

oder: 
$$\frac{1}{\Delta h} = \frac{30,56 \cdot (\sin \varphi \cdot \cos \delta - \cos \varphi \cdot \sin \delta)}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} \cdot \frac{1}{m^2}$$

$$\frac{1}{\Delta h} = \frac{30,56 (\text{tg } \varphi - \text{tg } \delta)}{m^2}$$

oder:  $m^2 = \Delta h \cdot (30,56 \text{ tg } \varphi - 30,56 \text{ tg } \delta).$



Da nun im rechtwinkligen Dreieck BCD (Fig. 66):  $AB \cdot AC = AD^2$  ist, so wird:  $\Delta h = AB$  sein, wenn man  $AC = 30,56 \cdot \text{tg } \varphi - 30,56 \cdot \text{tg } \delta$  und  $AD = m$  macht.

Die untere Skala des Diagramms (Tafel II) ist nach der Formel  $30,56 \cdot \text{tg } x$  eingeteilt und nach den Gradzahlen des Winkels  $x$  beziffert. Setzt man also die eine Zirkelspitze auf die Gradzahl der Breite ( $\varphi$ ), die andere auf die der Abweichung ( $\delta$ ) entsprechende Zahl, so hat man die Strecke  $30,56 \cdot \text{tg } \varphi - 30,56 \cdot \text{tg } \delta$  im Zirkel.

Hieraus ergeben sich nun die dem Diagramm beigegebenen Gebrauchsregeln.



## Diagramm der Nebenmeridianbreiten von Kitchin.

### Erklärung.

#### 1. $\varphi$ und $\delta$ gleichnamig.

Setze eine Zirkelspitze rechts auf die Anzahl der Breitengrade auf der Skala unter dem Diagramm — lege die andere Spitze auf die Anzahl Grade der Abweichung rechts vom Nullpunkt; übertrage diese Strecke auf A C, eine Spitze auf A legend, bezeichne den Endpunkt mit x. Nehme dann ein rechtwinkliges Dreieck und lege den Scheitelpunkt des rechten Winkels auf die Linie A D auf die Anzahl Minuten der Zeit vor oder nach Mittag; lege eine Kathete des Dreiecks durch Punkt x. Die andere Kathete schneidet A B in einer Zahl, welche die „Reduktion auf den Meridian“ gibt.

#### 2. $\varphi$ und $\delta$ ungleichnamig.

Man verfähre genau wie vorher, nur setze man beim Abgreifen von x die eine Spitze des Zirkels auf die Abweichung zur linken Seite des Nullpunktes der unteren Skala.

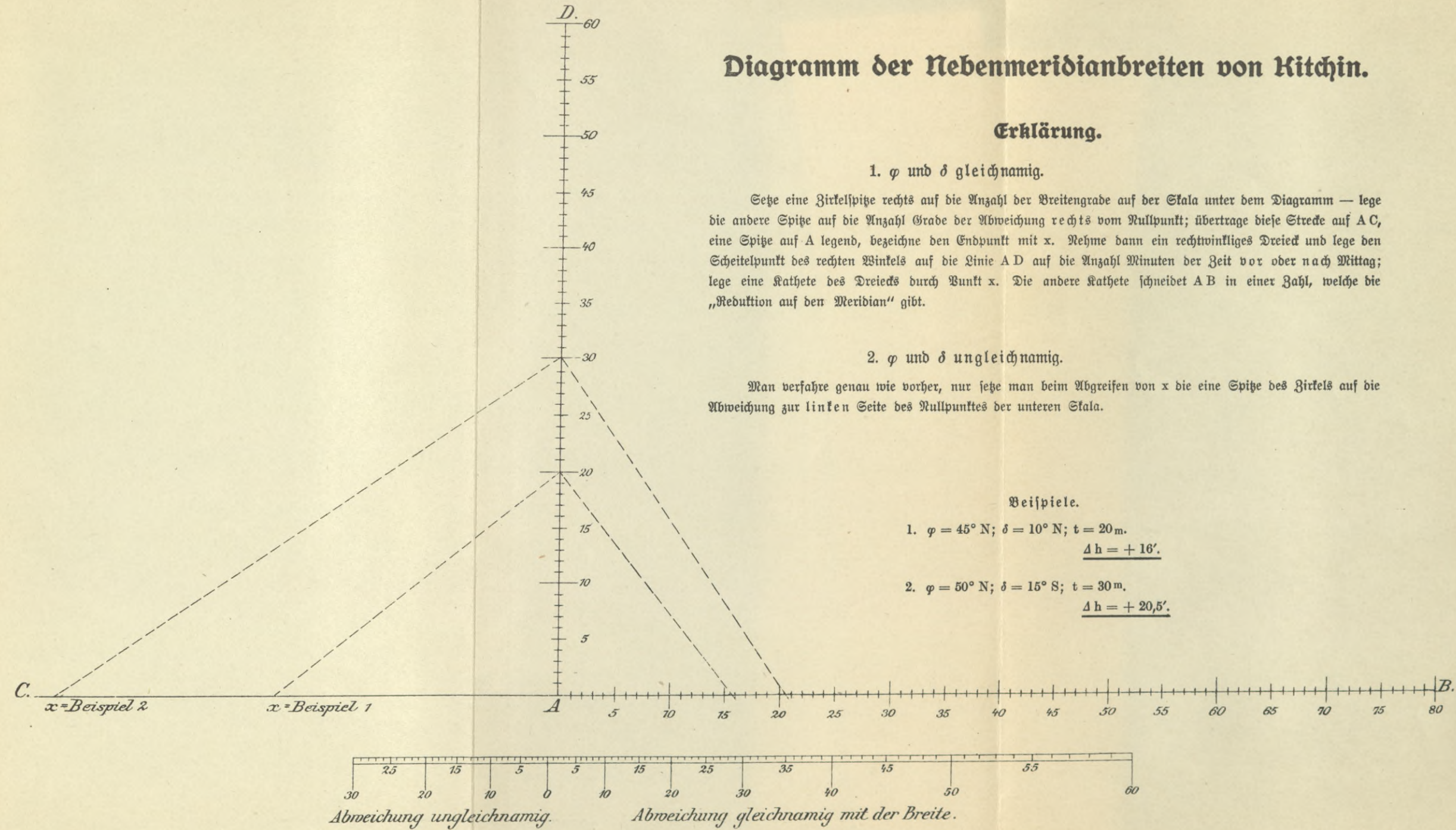
#### Beispiele.

1.  $\varphi = 45^\circ \text{ N}; \delta = 10^\circ \text{ N}; t = 20 \text{ m.}$

$\Delta h = +16'.$

2.  $\varphi = 50^\circ \text{ N}; \delta = 15^\circ \text{ S}; t = 30 \text{ m.}$

$\Delta h = +20,5'.$





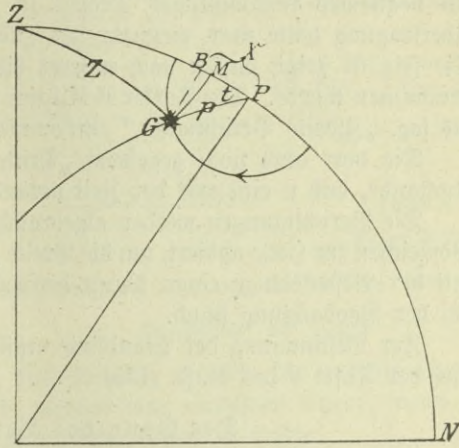




## Drittes Kapitel. Die Polarsternbreite.

182. Stände der Polarstern im Weltpol, so würde seine Höhe gleich der Polhöhe sein, also gleich der Breite. Man hätte dann auf nördlichen Breiten, auf denen der Polarstern sichtbar ist, ein sehr bequemes Mittel, schnell die geographische Breite zu bestimmen. Tatsächlich entfernt sich nun der Polarstern niemals weit vom Pol. Seine Abweichung beträgt etwa  $88\frac{5}{6}^\circ$ , so daß er den Pol in einem Abstand von  $1\frac{1}{6}^\circ$  umkreist. Aus dieser Überlegung ergibt sich für den Augenblick der oberen Kulmination:

Fig. 67.



Polhöhe =  $\varphi = H - p$   
und für den Augenblick der unteren Kulmination:

$$\text{Polhöhe} = \varphi = H + p.$$

Will man aber die Polhöhe ableiten aus irgendeiner Höhe außerhalb des Meridians, so kann die Berichtigung nicht gleich  $p$  sein, sondern sie ist stets kleiner. Bezeichnet man diese Berichtigung mit  $x$ , so ist allgemein:

$$\varphi = h \pm x \quad 1.$$

In Fig. 67 ist  $NP = \varphi$  und  $ZPG$  das Dreieck.

Fällt man nun von  $G$  aus ein Lot  $GB$  auf den Meridian, so entsteht das rechtwinklige Dreieck  $GBP$ , in dem  $p$  die Hypotenuse ist;  $t$  ist der Stundenwinkel. Die Kathete  $PB = x$  kann man zunächst als die Berichtigung ansehen, welche an  $h$  anzubringen ist, um  $\varphi$  zu erhalten. Da das Dreieck sehr klein ist, kann man es als eben betrachten, und es ergibt sich

$$x = p \cdot \cos t$$

oder, wenn dieser Wert in die Gleichung 1 eingesetzt wird:

$$\varphi = h \pm p \cdot \cos t. \quad 2.$$

Den Wert  $p \cdot \cos t$  kann man bequem der Koppeltafel entnehmen, indem man mit dem Stundenwinkel als Kurs und der Poldistanz als Distanz eingeht und  $x = p \cdot \cos t$  aus der Br. U. Spalte entnimmt. Dieser Wert ist dann zu addieren, wenn  $t$  innerhalb 6 Stunden vom unteren Meridian aus liegt, und zu subtrahieren, wenn  $t$  innerhalb 6 Stunden vom oberen Meridian aus liegt.

Die Tafel 9 des N. J. gibt diese Berichtigung als sog. „Erste Berichtigung“ für jedes laufende Jahr. Als Eingang wird hier allerdings nicht



der Stundenwinkel, sondern die Sternzeit benutzt, wodurch die Rechnung abgekürzt wird.

Im allgemeinen erhält man so die Breite bis auf 1' genau. Die Ursache, daß in der Rechnung ein Fehler steckt, ist der Umstand, daß durch Fällen des Lotes  $GB$  auf den Meridian nur eine genähert richtige Übertragung von  $Z$  auf den Meridian stattgefunden hat. Es geschah dies lediglich, um ein bequemes rechtwinkliges Dreieck zu erhalten. Zur einwandfreien Übertragung hätte man vielmehr den Höhenparallel  $GM$  ziehen müssen. Die Fig. 67 zeigt, daß  $x$  nach unserer bisherigen Betrachtung fehlerhaft genommen wurde. Der Fehler  $BM$  kann ebenfalls der Tafel 9 des N. J. als sog. „Zweite Berichtigung“ entnommen werden.

Die dort auch noch gegebene „Dritte Berichtigung“ entspricht dem Umstande, daß  $p$  eine mit der Zeit veränderliche Größe darstellt.

Die Berichtigungen werden algebraisch mit ihren im N. J. gegebenen Vorzeichen zur Höhe addiert, um die Breite zu erhalten. Diese Breite ergibt mit der Bestecklänge einen Punkt der Höhengleiche, auf der das Schiff bei der Beobachtung stand.

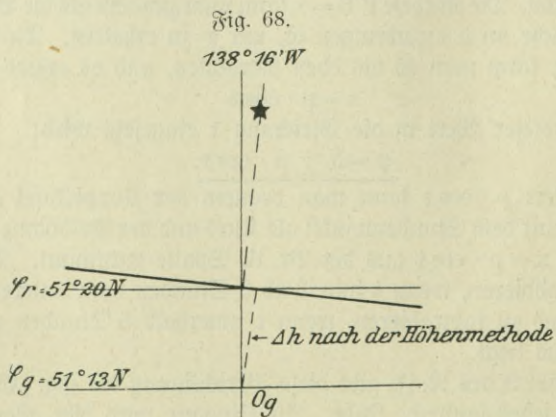
Zur Bestimmung der Standlinie ergibt sich das Azimut sehr bequem aus der Tafel 8 des N. J. (135).

#### Der Gang des Verfahrens.

1. Ermittle aus der Beobachtungszeit die Ortssternzeit.
2. Beschide die abgelesene Höhe zur wahren Höhe.
3. Entnimm aus Tafel 9 des N. J. die drei Berichtigungen (in der Praxis genügen Br. I u. II) und berechne  $\varphi$  nach der Gleichung:

$$\varphi = h + (\text{I, II u. III Br.}).$$

4. Entnimm der Tafel 8 des N. J. das Azimut und lege in der Karte die Standlinie durch den erhaltenen Punkt.



Beispiel.

1916, am 15. September, wurde in etwa  $51^{\circ} 13' N$  und  $138^{\circ} 16' W$  Nm. um  $7\frac{1}{2}^h$  aus 9 m Augeshöhe bei  $\mathcal{Z}. \mathcal{B}. = -1,7'$  die Höhe des Polarsterns gemessen:

$$U = 7^h 34,0^m \quad \text{Polaris } \star h_a = 51^{\circ} 23,4'$$

$$I - U = -4 \quad 36,0$$

$$\mathcal{M}\mathcal{Z} - I = +1 \quad 53,0$$

$U = 7^h 34^m$	$\star h_a = 51^{\circ} 23,4'$	$\mathcal{M}\mathcal{Z} = 16^h 51^m$ d. 15. 9.
$I - U = -4 \quad 36$	$\mathcal{Z}. \mathcal{B}. = -1,7$	
$I = 2 \quad 58$	$\star h_g = 51 \quad 21,7$	d. 15. 9. m. $\odot \alpha = 11^h 36^m 28^s$
$\mathcal{M}\mathcal{Z} - I = +1 \quad 53$	$\mathcal{G}. \mathcal{B}. = -6,3$	$9,9 \cdot 16,9 \quad v = + \quad 2 \quad 47$
$\mathcal{M}\mathcal{Z} = 4 \quad 51$ d. 16. 9. Nm.	$\star h_w = 51 \quad 15,4$	$167,3$
$\text{astr.} = 16 \quad 51$ d. 15. 9.	$\mathcal{B}r. I = + \quad 4,7$	$\text{b. m. } \odot \alpha = 11 \quad 39 \quad 15$
$\text{W } \lambda \text{ i. } \mathcal{Z}. = -9 \quad 13$	$II = - \quad 0,4$	
$\mathcal{M}\mathcal{Z} = 7 \quad 38$ d. 15. 9.	$III = + \quad 0,6$	
$m. \odot \alpha = 11 \quad 39$	$\text{gr} = 51 \quad 20,3 N$	
$\star \mathcal{Z}\mathcal{D} = 19 \quad 17$		

Tafel 8.

$\mathcal{A}_3 = N 2^{\circ} O.$

Der wahrscheinliche Schiffsort liegt auf:  $51^{\circ} 20' N$  u.  $138^{\circ} 16' W$

(Siehe Fig. 68.)

Standlinie:  $92^{\circ} - 272^{\circ}.$

Fällt man vom gegifteten Bestecksort  $O_g$  aus ein Lot auf die Standlinie, so ist dieses Lot das  $\Delta h$ , welches man errechnen würde, wenn die gemessene Höhe nach der Höhenmethode verwertet würde.

Dritter Abschnitt.

Die Längenbestimmung.

Erstes Kapitel. Die Rechnung.

183. Die in 136 gegebene Stundenwinkelformel

$$\sin^2 \frac{t}{2} = \sin^2 \frac{1}{2} (z + u) \cdot \sin^2 \frac{1}{2} (z - u) \cdot \sec \varphi \cdot \sec \delta$$

ermöglicht es, aus einer Gestirnsgröße mit  $\varphi$  und  $\delta$  den Stundenwinkel des Gestirns herzuleiten. Man benutzt diese Rechnung im allgemeinen zur Zeitbestimmung bzw. zur Chronometerkontrolle, wobei allerdings Voraussetzung ist, daß  $\varphi$  und  $\lambda$  genau bekannt sind. Ist dagegen der Bestecksort unsicher, so ist eine zuverlässige Zeitbestimmung nicht möglich, wohl aber läßt sich der aus einer Gestirnsgröße mit der Besteckbreite ermittelte Stundenwinkel verwerten zur Ortsbestimmung, indem man aus diesem Stundenwinkel die  $\mathcal{M}\mathcal{Z}$  ermittelt und diese mit der aus der Uhrzeit der Beobachtung hergeleiteten  $\mathcal{M}\mathcal{Z}$  vergleicht. Der Unterschied dieser beiden Zeiten ist die in Zeit ausgedrückte Länge.

Die so errechnete Länge ergibt gemeinsam mit der in Rechnung genommenen Besteckbreite einen Punkt der Höhengleiche, auf der das Schiff zur Zeit der Beobachtung gestanden hat.



Um die Standlinie zu erhalten, muß man mit dem errechneten  $t$  sowie mit  $\varphi$  und  $\delta$  das Azimut aus N. T. 16 entnehmen.

Da die in Rechnung gezogene Bestecksbreite im allgemeinen unsicher sein wird, gibt die Standlinie ebenso wie bei der Höhenmethode ein Bild davon, wie ein Breitenfehler wirken wird.

Der Gang des Verfahrens.

1. Bilde aus der Uhrzeit der Beobachtung die MÖZ und entnimm hierfür aus dem N. T., wenn die Sonne beobachtet wurde:  $\odot \delta$  und Zgl., wenn ein anderes Gestirn beobachtet wurde:  $m \odot a$ ,  $\star a$  und  $\star \delta$ .
2. Bilde aus  $h_a$  die wahre Höhe  $h_w$ .
3. Errechne nach der Stundenwinkelformel  $t_w$  oder  $t_v$ , und bilde hieraus die MÖZ.
4. Bilde den Unterschied zwischen MÖZ. und MÖZ, und verwandle diesen in Bogen. Dies ist die Länge. Trage  $\varphi$  und  $\lambda$  in die Karte ein.
5. Entnimm mit  $t$ ,  $\varphi$  und  $\delta$  aus N. T. 16 das Azimut und zeichne die zugehörige Standlinie ein.

Beispiel.

1916, den 18. Juni gegen 7 $\frac{1}{4}$  Uhr Vm., in etwa  $8^\circ 57' S$  und  $101^\circ 55' O$  wurde aus 6 m Augeshöhe bei Z. B. =  $+2' 30''$  die Höhe der Sonne gemessen zu:  $\odot = 17^\circ 29' 20''$ . Die zugehörige Chronometerzeit war:  $0^h 39^m 33^s$ ; MÖZ - I =  $+7^m 30^s$ .

$I = 0^h 39^m 33^s$	$\odot h_a = 17^\circ 29' 20''$	
$MÖZ - I = + 7 30$	$Z. B. = + 2 30$	
$MÖZ = 0 47 3 \text{ d. 18. 6. Nm.}$	$\odot h_g = 17 31,8$	
$\text{aftr.} = 12 47 3 \text{ d. 17. 6.}$	$G. B. = + 8,5$	
	$\ominus h_w = 17 40$	
	$Z = 72 20$	

MÖZ =  $12^h 47^m \text{ d. 17. 6.}$

$\odot \delta = + 23^\circ 24'$   
 Zgl. =  $+ 0^m 44^s \text{ a. w. 3t.}$

$\sin^2 \frac{t}{2} = \sin \frac{1}{2}(z + u) \cdot \sin \frac{1}{2}(z - u) \cdot \sec \varphi \cdot \sec \delta.$

$\varphi = - 8^\circ 57'$	$\lg \sec = 0,00532$	
$\delta = + 23 24$	$\lg \sec = 0,03727$	
$\varphi - \delta = 32 21$		
$3 = 72 20$		
$\frac{1}{2}(z + u) = 52 20$	$\lg \sin = 9,89849$	
$\frac{1}{2}(z - u) = 20 0$	$\lg \sin = 9,53405$	
	$\lg \sin^2 \frac{t}{2} = 9,47513$	

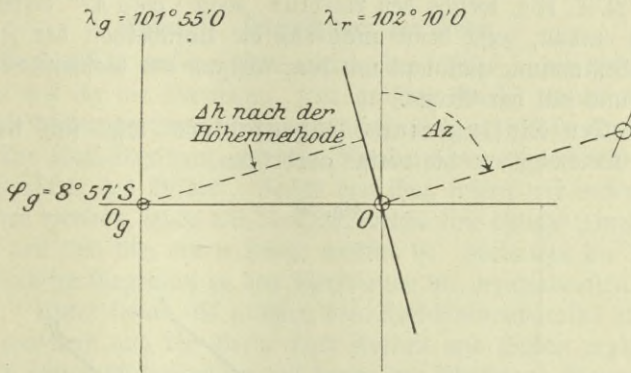
$t_v = 4^h 25^m 0^s$	
$tw = MÖZ = 19 35 0 \text{ d. 17. 6.}$	
$Zgl. = + 44$	
$MÖZ. = 19 35 44 \text{ d. 17. 6.}$	
$MÖZ = 12 47 3 \text{ d. 17. 6.}$	
$\lambda i. Z. = 6 48 41$	
$\lambda = 102^\circ 10' O.$	

N. T. 16 a, b, c.

$a = + 0,07$	
$b = + 0,47$	
$c = + 0,54$	
$Az = N 67^\circ O$	
$= S 118^\circ O.$	

Das Lot von dem gegifteten Bestecksort  $O_g$  auf die Standlinie wäre das  $\Delta h$ , welches man errechnet hätte, wenn die Höhenmethode angewendet worden wäre.

Fig. 69.



184. Ein Vorteil, welchen die Längenbestimmung enthält, ist der, daß man gleichzeitig eine Zeitbestimmung hat. Diese ist allerdings infolge der in Rechnung genommenen unsicheren Bestecksbreite ebenfalls unsicher; sie genügt jedoch für das Stellen der Kartenhausuhren. Richtig ist sie, wenn das Gestirn im Ersten Vertikal stand (siehe 152).

185. Berechnet man eine Länge mit zwei verschiedenen Breiten aus derselben Höhe, so liegen die beiden erhaltenen Orte natürlich auf derselben Höhengleiche. Die gerade Verbindungslinie dieser beiden Punkte ist die Standlinie. Der Unterschied dieser Standlinie gegen die bislang benutzte ist der, daß sie eine Sehne der Höhengleiche ist, anstatt Tangente. (Praktisch fällt sie ebenfalls mit der Höhengleiche zusammen, sofern der Breitenunterschied nicht zu groß gewählt wurde.)

Diese Methode nennt man die „Summermethode“ und die erhaltene Standlinie „die Summerlinie“.

### Zweites Kapitel. Zuverlässigkeit der Längen(Zeit)bestimmung.

In die Rechnung sind eingeführt:  $\varphi$ ,  $h$  und  $\delta$ .

$\delta$  darf man als fehlerfrei ansehen, da  $\text{M}\ddot{\text{O}}\text{B}$  mit genügender Genauigkeit bekannt ist.

186. Für einen Fehler in der Breite erhielten wir bereits in Nr. 152 die Gleichung:

$$dt = d\lambda = d\varphi \cdot \sec \varphi \cdot \cotg Az.$$

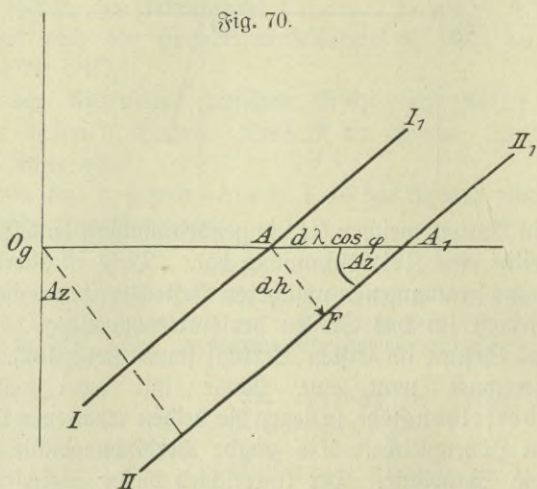
Die Gleichung zeigt, daß  $dt = 0$  wird, wenn  $\cotg Az = 0$  ist, d. h. wenn das Azimut  $= 90^\circ$  ist.



Es ergibt sich daher für die Zeit- und Längenbestimmung, daß die Beobachtung des Gestirns im Ersten Vertikal erfolgen muß, wenn man den aus einem  $d\varphi$  hervorgehenden Zeitfehler möglichst einschränken will. Die Bedingungen sind in niedrigen Breiten günstiger als in höheren.

Die N. L. 16c, welche den Ausdruck „ $\sec \varphi \cdot \cotg Az$ “ dieser Fehlergleichung enthält, zeigt denn auch, daß die Unsicherheit der Zeit- und Längenbestimmung zunimmt mit dem Abstand des Gestirns vom Ersten Vertikal und mit der Breite.

187. Der Einfluß eines Höhenfehlers läßt sich durch eine ähnliche Gleichung wie die vorige ausdrücken.



Es sei in Fig. 70  $II_1$  die einer Höhenbeobachtung entsprechende Standlinie; darf man dann die Breite des Bestecksortes  $O_g$  als richtig ansehen, so ist  $A$  der Schiffsort. Ein Fehler in der Höhe ( $d h$ ) rückt nun die Standlinie nach  $II II_1$  und verlegt die Länge um das Stück  $AA_1$  nach  $A_1$ . Dieses Stück (Abw.) ist  $= d\lambda \cdot \cos \varphi$ . Aus dem rechtwinkligen Dreieck  $AA_1 F$ , in dem der Winkel bei  $A_1 =$  dem Azimut ist, ergibt sich nun:

$$\frac{d\lambda \cdot \cos \varphi}{d h} = \operatorname{cosec} Az.$$

oder:

$$d\lambda = d h \cdot \sec \varphi \cdot \operatorname{cosec} Az,$$

woraus man erkennt, daß die Wirkung eines Höhenfehlers auf die Länge (bzw. Stundenwinkel) um so geringer ist, je näher das Azimut an  $90^\circ$  liegt.

Der Fehler nimmt im Verhältnis der Sekante der Breite zu.

188. Ein Fehler im Chronometerstand und damit in der MÖZ geht natürlich direkt und unverändert in die Länge über.



## VIII. Erklärungen zu den Tafeln 1 bis 24.

(Mathematische Geographie; räumliche Bilder.)

Diese Tafeln geben uns, wenn wir sie mit einem Stereoskop betrachten, eine körperliche Darstellung von den in der Ebene gezeichneten Figuren.

### Tafel 1. Kreisystem der Erde.

Die Kugelgestalt unserer Erde tritt in dem Bilde in die Erscheinung. Wir sehen auf ihr die Meridiane, jene größten Kreise, welche durch die beiden Pole hindurchgehen und demgemäß sämtlich die gleiche Ausdehnung haben. Der Null-Meridian oder der Meridian von Greenwich befindet sich in der Mitte des Bildes. Rechts von ihm, sofern wir unseren Blick nach Norden wenden, sehen wir die Orte, welche eine östliche Länge haben, und links von ihm die, deren Länge westlich ist. Weiterhin die Breitenparallele, die im Gegensatz zu den Meridianen die verschiedensten Größen aufweisen. Unter ihnen als größten den Null-Breitenparallel oder Erdäquator, von dem aus die Breite nach Norden und Süden gezählt wird und der in seinen Abmessungen mit denen der Meridiane übereinstimmt.

Die Abnahme der Größenverhältnisse der Breitenparallele nach den Polen zu tritt sehr deutlich hervor, wenn wir uns die beiden Wendekreise, jene Breitenparallele, die  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  vom Äquator entfernt liegen und als nördlicher Wendekreis oder Wendekreis des Krebses und als südlicher Wendekreis oder Wendekreis des Steinbocks bezeichnet werden, ansehen, oder auch die beiden Polarkreise, d. h. die Breitenparallele, die  $66\frac{1}{2}^{\circ}$  vom Äquator abstehen und als südlicher und nördlicher Polarkreis voneinander unterschieden werden.

### Tafel 2. Die Jahreszeiten.

Die Erdachse ist  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  aus der Vertikalen gerückt, so daß sie zur Ebene der Erdbahn um  $66\frac{1}{2}^{\circ}$  geneigt ist. Außerdem nimmt die Erdachse, während die Erde auf ihrer Bahn fortschreitet, stets die gleiche Stellung im Raume ein, d. h. ihr Nordende bleibt jederzeit auf den nördlichen Weltpol gerichtet. Wir sehen, daß die Beleuchtungsgrenze den Äquator überall in zwei gleiche Teile teilt, so daß auf ihm der Tag ständig gleich der Nacht sein muß. Bei den anderen Breiten ändert indessen die Beleuchtungsgrenze ihre Lage zu den Breitenparallelen derart, daß am 21. Juni der größere Teil eines jeden nördlichen Breitenparallels in die beleuchtete Hälfte fällt und der kleinere Teil in die unbeleuchtete, während auf Südbreite das Umgekehrte der Fall ist. Aus dem Bilde können wir uns eine Vorstellung davon machen, wie mit zunehmender nördlicher Breite der Tag ständig an Dauer gewinnt und die Nacht dafür hieran verliert, bis wir die hohen nördlichen Breiten erreicht haben, wo wir ständig Tag haben und die Nacht gänzlich entbehren müssen. Treten wir dagegen vom Äquator unsere Reise nach Süden an,



so sehen wir den Tag zunehmend kürzer werden, bis wir die ewige Nacht erreicht haben. Es ist die Jahreszeit, wo auf der nördlichen Halbkugel der astronomische Sommer beginnt, während auf der südlichen Halbkugel der Winter einsetzt.

Greifen wir die entgegengesetzte Stellung, d. h. die Stellung unserer Erde am 21. Dezember heraus, so liegt jetzt der kleinere Teil eines jeden Breitenparallels auf der nördlichen Halbkugel in der beleuchteten Hälfte und der größere in der unbeleuchteten Hälfte, während auf der südlichen Halbkugel der größere Teil eines jeden Breitenparallels sich in der beleuchteten Hälfte befindet und der kleinere in der unbeleuchteten. Damit beginnt für die nördliche Halbkugel der Winter und für die südliche Halbkugel der Sommer. Die Erscheinungen des 21. Juni nehmen wir somit in umgekehrter Weise auf unserer Erde wahr.

Am 21. März und 23. September hingegen sehen wir die Beleuchtungsgrenze sämtliche Breitenparallele unserer Erde in zwei gleiche Teile zerlegen und damit die Verhältnisse der Tag- und Nachtgleichen schaffen. Für die Bewohner nördlicher Breiten beginnt am 21. März der Frühling und am 23. September der Herbst, für die Bewohner südlicher Breiten am 21. März der Herbst und am 23. September der Frühling.

### Tafel 3. Die Phasen des Mondes.

Tafel 3 läßt uns die verschiedenen Phasen des Mondes erkennen. Neumond zur Mittagszeit, wenn der Mond zwischen der Erde und der Sonne steht und damit seine unbeleuchtete Hälfte der Erde zuwendet. Vollmond, wenn die Reihenfolge Sonne, Erde, Mond ist, eine Erscheinung, die zur Mitternacht eintritt und bei der wir die beleuchtete Hälfte des Mondes von der Erde aus sehen. Erstes Viertel, bei dem der Mond etwa 6 Uhr nachmittags unseren Meridian passiert und uns dann auf seiner rechten Seite beleuchtet erscheint, und letztes Viertel, bei dem er 6 Uhr vormittags im Ortsmeridian zu suchen ist und bei dem wir seine linke helle Seite sehen.

Für unsere Zeitrechnung ist die Stellung der Sonne zu unserem Ortsmeridian maßgebend; für die Meridiandurchgangszeit des Mondes die Stellung des Mondes zur Sonne. Letztere wechselt dauernd, da der Mond in einem Monat einmal um die Erde sich bewegt.

So sehen wir bei Neumond Sonne und Mond gleichzeitig den Meridian passieren. Es ist Mittag.

Beim ersten Viertel geht erst die Sonne durch den Meridian und sechs Stunden später der Mond. Es ist 6 Uhr abends.

Bei Vollmond kommt erst die Sonne und zwölf Stunden später der Mond. Es ist Mitternacht.

Beim letzten Viertel geht der Mond achtzehn Stunden später durch den Meridian wie die Sonne. Es ist 6 Uhr morgens.



**Tafel 4. Totale Mondfinsternis.**

Auf der Tafel 4 ist eine totale Mondfinsternis wiedergegeben. Sie wird, wie die Stellung der Sonne, der Erde und des Mondes zueinander erkennen läßt, jedesmal dann eintreten, wenn der Mond auf seinem Wege um die Erde vollständig in ihren Kernschatten eintritt und ihm damit das Sonnenlicht abgeschnitten wird.

**Tafel 5 und 5a. Teilweise Mondfinsternis.**

Beide Tafeln stellen eine teilweise Mondfinsternis dar. Sie zeigen uns, daß bei ihr der Mond nicht ganz im Kernschatten der Erde verschwindet, sondern nur teilweise, so daß für einen Beobachter auf der Erde nur der Teil des Mondes verfinstert erscheint, den das Sonnenlicht nicht zu erreichen vermag.

Im Gegensatz zu den Sonnenfinsternissen, für welche die Stellung des Mondes zur Erde Vorbedingung war, die wir mit Neumond zu bezeichnen pflegen, können Mondfinsternisse nur zur Zeit des Vollmondes eintreten, weil nur dann der Mond mit dem Kernschatten unserer Erde in Berührung kommen kann.

**Tafel 6. Totale Sonnenfinsternis.**

Die Tafel stellt eine totale Sonnenfinsternis dar, die jedesmal dann zustande kommt, wenn der Mond zwischen der Erde und der Sonne eine Stellung einnimmt, in der sein Schatten das Bild der Sonne für einen Beobachter auf der Erde vollständig verdeckt.

**Tafel 7. Ringförmige Sonnenfinsternis.**

Auf dieser Tafel sehen wir den Mond gleichfalls in einer Stellung zwischen der Sonne und der Erde, aber im Gegensatz zu Tafel 6 in einer Entfernung von ihr, daß sein Schatten nicht das ganze Sonnenbild verdeckt, sondern nur den größeren inneren Teil. Ein Beobachter auf der Erde wird somit von der Sonne an Stelle der sonst gewohnten Vollkugel nur einen erleuchteten Ring von ihr wahrnehmen. Daher bezeichnet man diese Art Sonnenfinsternis als ringförmige Sonnenfinsternis.

**Tafel 8. Teilweise Sonnenfinsternis.**

Für das Zustandekommen einer totalen oder ringförmigen Sonnenfinsternis, wie sie in den Tafeln 6 und 7 zur Darstellung gebracht sind, ist es Bedingung, daß der Beobachter den Mittelpunkt der Sonne, des Mondes und der Erde genau in der gleichen Richtung sieht. Ist dies indessen nicht der Fall, sondern steht er seitlich von dieser Richtungslinie, so wird für ihn der Mond nur einen Teil der Sonne bedecken, woraus sich eine



Erscheinung ergibt, welche als teilweise Sonnenfinsternis bezeichnet wird. Alle drei Tafeln lassen zudem erkennen, daß Sonnenfinsternisse nur zur Zeit des Neumondes möglich sind.

### **Tafel 9 und 9a. Das Kreisystem des wahren Horizontes.**

Tafel 9 und 9a geben uns einen Begriff davon, wie wir uns die Entstehung des Kreisystems des Horizontes zu denken haben, wobei Tafel 9 in der Richtung Ost—West und Tafel 9a in der Richtung Nord—Süd aufgenommen ist.

Wir sehen auf ihnen, wie die Verbindungslinie unseres Beobachtungs-ortes mit dem Mittelpunkt der Erde über uns am Himmel zum Zenit führt und unter uns zum Nadir; 90° davon finden wir den wahren Horizont, parallel zu ihm, nach dem Zenit und Nadir kleiner werdend, die Höhenparallele, während die Vertikalkreise senkrecht auf dem wahren Horizonte stehen und als größte Kreise durch Zenit und Nadir gehen.

### **Tafel 10 und 10a. Das Kreisystem des Weltäquators.**

Tafel 10 und 10a lassen uns die Übertragung der Erdachse sowie der Breitenparallele und Meridiane auf das Himmelsgewölbe erkennen. Wir sehen auf ihnen, wie die Erdachse zur Weltachse, die Breitenparallele zu Abweichungsparallelen und die Meridiane zu Stundenkreisen werden. Tafel 10 gibt uns dabei die Stellung wieder, wenn wir unser Auge in die Richtung Ost—West bringen und Tafel 10a, wenn wir den Blick von Norden nach Süden richten. Hierbei ist der Erdachse die Neigung gegeben, die sie in ihrer Bahn um die Sonne innehält, nämlich eine Neigung von  $23\frac{1}{2}^\circ$  zur Vertikalen oder  $66\frac{1}{2}^\circ$  zur Horizontalen.

Aus Tafel 10 vermögen wir zu entnehmen, daß wir von den Breitenparallelen unserer Erde zu den Abweichungsparallelen am Himmel gelangen, wenn wir den Mittelpunkt unserer Erde mit einer größeren Anzahl von Punkten auf dem Breitenparallel verbinden und uns diese Linien verlängert denken, bis sie das Himmelsgewölbe treffen. Ein durch die so erhaltenen Punkte gelegter Kreis führt zu dem gesuchten Abweichungsparallel. Die Breitenparallele, welche in den Tafeln 10 und 10a auf das Himmelsgewölbe in dieser Weise übertragen sind, sind der Erdäquator und der nördliche und südliche Wendekreis. Von den Meridianen sind wieder gegeben der Meridian von Greenwich und der Meridian, welcher einer Länge von 90° Ost bzw. West von Greenwich entspricht.

### **Tafel 11 und 11a. Die Ekliptik als scheinbare Sonnenbahn.**

Tafel 11 und 11a liefern uns ein Bild von der Ekliptik, erstere in der Richtung Ost—West, letztere in der Richtung Nord—Süd.



Es handelt sich um jenen größten Teil an unserem Himmel, den die Sonne im Laufe eines Jahres scheinbar zurücklegt und der mit dem Himmelsäquator einen Winkel von  $23\frac{1}{2}^\circ$ , der Schiefe der Ekliptik, einschließt. Dabei erscheint uns die Sonne am 21. Juni  $23\frac{1}{2}^\circ$  nördlich vom Äquator und am 21. Dezember um den gleichen Betrag südlich vom Äquator, während sie am 21. März und 23. September scheinbar im Äquator steht. Die ersteren Punkte sind die Solstitial- oder Sonnenstillstandspunkte, weil zu jener Zeit die Sonne mittags ihre Höhe nur unwesentlich ändert, d. h. still zu stehen scheint. Sie werden vielfach auch Sonnenwendepunkte genannt, weil nach dem Passieren dieser Punkte die Sonne scheinbar den entgegengesetzten Weg in bezug auf die Lage des Äquators einschlägt, d. h., hat sie sich vor dem Durchgange durch die Solstitialpunkte von dem Äquator entfernt, so nähert sie sich ihm nach ihrem Durchgange wieder und umgekehrt.

Der Punkt, den die Sonne in der Ekliptik am 21. Juni erreicht, ist das Sommerjohstitium, S in unserer Tafel, der, der am 21. Dezember erreicht wird, das Winterjohstitium, W in der Tafel.

Die beiden Punkte, die  $90^\circ$  von S und W entfernt liegen, wo wir demnach die Sonne im Äquator sehen, sind die Äquinoktialpunkte oder Nachtgleichenpunkte. Zur Zeit dieser Stellungen, am 21. März und 23. September, ist der Tag gerade so lang wie die Nacht.

Solstitial- und Äquinoktialpunkte sind die Grenzen für die astronomischen Jahreszeiten Frühling, Sommer, Herbst und Winter. Deshalb heißt der am 21. März erreichte Äquinoktialpunkt auch Frühlingpunkt und der am 23. September erreichte Herbstpunkt. Der Frühlingpunkt fiel in früheren Zeiten mit dem Anfang des seit Widder bezeichneten Sternzeichens zusammen, daher wird an Stelle der Bezeichnung Frühlingpunkt auch häufig die des Widderpunktes gewählt. In diesem Punkte haben wir uns den für unsere Rechnung nach Sternzeit maßgebenden Frühling- oder Widderpunkt zu denken, eine Annahme, die dazu geführt hat, gelegentlich für den Ausdruck Sternzeit die Bezeichnung westlicher Stundenwinkel des Widder- oder Frühlingpunktes zu setzen.

### Tafel 12 und 12a. Die schiefe Sphäre.

Tafel 12 und 12a lassen die Stellung der Abweichungsparallele für einen Beobachter, dessen Breite von 0 und  $90^\circ$  abweicht, erkennen. Aus ihnen können wir entnehmen, daß die Abweichungsparallele, deren Abweichung einmal gleichnamig mit der Breite und zum anderen größer wie das Komplement der Breite ist, für ihn vollkommen sichtbar sind. Dagegen die Abweichungsparallele, deren Abweichung gleichnamig mit der Breite, aber kleiner wie das Komplement der Breite oder ungleichnamig, aber nicht größer wie das Komplement der Breite ist, nur teilweise sichtbar



sind, während alle Abweichungsparallele für ihn unsichtbar bleiben, deren Abweichung ungleichnamig mit der Breite ist und größer als das Komplement der Breite.

Tafel 12 gibt dabei die Richtung Ost—West und Tafel 12 a die Richtung Nord—Süd wieder.

### Tafel 13. Die parallele Sphäre.

Der Beobachter befindet sich auf dem Nordpol. Der Nordpol fällt mit dem Zenit zusammen, der Südpol mit dem Nadir; demgemäß Stundenkreise und Vertikalkreise, Abweichungsparallele und Höhenparallele, Himmelsäquator und wahrer Horizont. Es sind dies die Verhältnisse der parallelen Sphäre. Von den Abweichungsparallelen sehen wir nur die, die zwischen dem Himmelsäquator und dem Nordpol liegen, d. h. nördliche Abweichung haben.

### Tafel 14 und 14a. Die gerade Sphäre.

Tafel 14 und 14a zeigen uns die Verhältnisse auf dem Äquator, wobei auf Tafel 14 der Beobachter von Osten nach Westen schaut und auf Tafel 14a von Norden nach Süden.

Zenit und Nadir liegen im Himmelsäquator, die beiden Pole im wahren Horizont. Sämtliche Abweichungsparallele, deren Größe nach den Polen zu abnimmt, schneiden den wahren Horizont unter einem Winkel von  $90^\circ$ , daher der Name Gerade Sphäre. Der charakteristische Unterschied zwischen Vertikal und Stundenkreis tritt deutlich hervor. Denken wir uns ein Gestirn im wahren Ostpunkt bei  $0^\circ$  Abweichung, so fällt sein Vertikalkreis mit dem Himmelsäquator zusammen, sein Stundenkreis hingegen mit dem wahren Horizonte.

### Tafel 15. Der mittlere Sonntag.

Auf der Tafel 15 sehen wir als Erdbahn einen Kreis angenommen, von dem ein Teil von  $90^\circ$  wiedergegeben ist. An den beiden Enden dieses Bahnteils steht die Erde. Aus diesen Stellungen können wir entnehmen, daß, wenn die Erde nicht stillsteht im Raum, sondern sich außer ihrer Drehung um ihre Achse noch vorwärts bewegt, eine Drehung der Erde um  $360^\circ$  nicht genügt, um ihren Mittelpunkt, den Ortsmeridian und den Mittelpunkt der Sonne wieder in die gleiche Richtungslinie zu bringen.

Um welchen Betrag die Erde sich weiter drehen muß, dies zu erreichen, zeigt uns die Erde in ihrer zweiten Stellung. Hier weicht die Verbindungslinie zwischen ihrem Mittelpunkte und unserem Ortsmeridian um  $90^\circ$  von der erstrebten Richtungslinie ab.

Angenommen nun, die Erde bewegte sich auf ihrer Erdbahn mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, so hätten wir die Abweichung von  $90^\circ$  durch die



Anzahl der bis zu diesem Tage vollendeten Meridiandurchgänge zu teilen, um den Betrag zu erhalten, den wir  $360^\circ$  hinzuzufügen haben, um damit zu wissen, welche Achsendrehung die Erde von einem Meridiandurchgange bis zum nächsten auszuführen hat oder mit anderen Worten gesagt, welches Maß wir für die Länge eines Sonnentages erhalten.

Die Tafel gestattet uns weiter, uns eine Vorstellung davon zu machen, daß wir für die gesuchte Achsendrehung der Erde ein stets wechselndes Maß erhalten, wenn einmal die Erdbahn von der Form eines Kreises abweicht und zum anderen sich die Erde in ihr mit ungleichmäßiger Geschwindigkeit vorwärts bewegt, was bekanntermaßen der Fall ist. Auf diese Weise erhalten wir den wahren Sonnentag, während uns unsere Tafel den mittleren Sonnentag vor Augen führt.

### Tafel 16. Die Ortszeiten.

Auf der Tafel sind drei Beobachter wiedergegeben, von denen der eine sich auf  $0^\circ$  befindet, der zweite auf  $90^\circ$  Ostlänge und der dritte auf  $90^\circ$  Westlänge. Weiter sehen wir auf ihr die Sonne, die zur Erde eine Stellung hat, in der sie für den Beobachter auf  $0^\circ$  Länge gerade den Meridian passiert. Da die Erde sich nun in einer Richtung um ihre Achse dreht, die der Vorwärtsbewegung eines Zeigers bei unseren Uhren entgegengesetzt ist, so hat die Sonne für den Beobachter auf Ostlänge den Meridian bereits passiert, er hat somit schon Nachmittag, dahingegen wird sie für den Beobachter auf Westlänge erst später in seinen Meridian einrücken, bei ihm ist es somit noch Vormittag. Für die Größe der Zeit ist der Abstand der Sonne vom Meridian maßgebend. So sehen wir aus der Tafel, daß es für den Beobachter auf  $0^\circ$  Länge 0 Uhr wahre Ortszeit ist, für den Beobachter auf  $90^\circ$  Ostlänge 6 Uhr wahre Ortszeit nachmittags und für den Beobachter auf  $90^\circ$  Westlänge 6 Uhr wahre Ortszeit vormittags. Der Vergleich dieser Zeiten untereinander läßt dann auch umgekehrt erkennen, auf welcher Länge die einzelnen Beobachter sind, da ein Zeitunterschied von 6 Stunden  $90^\circ$  entspricht.

Die Tafel gibt uns somit das wieder, was wir bei einer Längenbestimmung ausführen. Aus der Beobachtung der Sonne erhalten wir für diesen Augenblick ihren Abstand vom unserem Ortsmeridian, d. h. unsere wahre Ortszeit. Auf sie die Zeitgleichung angewendet, ergibt die mittlere Ortszeit und diese mit der von unseren Chronometern gelieferten mittleren Greenwicher Zeit verglichen die Länge.

### Tafel 17. Sterntag und mittlerer Sonnentag.

Die Tafel 17 zeigt uns die Stellung der mittleren Sonne am 21. März, 21. Juni, 23. September und 21. Dezember im Vergleich zu der jedesmaligen Stellung des Widerpunktes. Aus ihr ersehen wir, daß der Richtungs-



unterschied zwischen der Sonne und dem Widderpunkt am 21. März 0 ist, am 21. Juni 6 Stunden, am 23. September 12 Stunden und am 21. Dezember 18 Stunden. Der Richtungsunterschied zwischen diesen beiden Gestirnen ist aber die Geradeaufsteigung der mittleren Sonne, somit muß deren Größe an den genannten Tagen mit den aufgeführten Werten zusammenfallen.

Weiter können wir der Tafel entnehmen, daß, wenn am 21. März die Sonne den Meridian passiert, es also 0 Uhr mittlere Ortszeit ist, der westliche Stundenwinkel des Widderpunktes oder die Sternzeit gleichfalls 0 Uhr ist. Dagegen entspricht am 21. Juni, 23. September und 21. Dezember einer Uhrzeit von 0 Uhr mittlerer Ortszeit eine Sternzeit von 6 Uhr, 12 Uhr und 18 Uhr.

Da die fortschreitende Bewegung der mittleren Sonne im Gegen-  
sage zu der wahren eine gleichmäßige ist, so müssen wir bei dem Richtungs-  
unterschiede zwischen dem Widderpunkte und der mittleren Sonne eine  
tägliche Zunahme von 3,94 Minuten wahrnehmen. Der Widderpunkt  
muß somit von Tag zu Tag 3,94 Minuten früher den Ortsmeridian passieren  
wie die mittlere Sonne oder, was das gleiche ist, die tägliche Zunahme  
einer Sternzeituhr von einem Meridiandurchgang der mittleren Sonne  
bis zum nächsten beträgt 3,94 Minuten.

#### **Tafel 18 und 18a. Beziehungen von Stundenwinkel, Geradeaufsteigung und Sternzeit zueinander.**

Die Tafel 18 zeigt uns in der Richtung Ost—West und die Tafel 18a  
in der Richtung Nord—Süd den westlichen Stundenwinkel des Widder-  
punktes. Aus den Stellungen dieser beiden Gestirne können wir entnehmen,  
daß wir aus der Sonnenzeit die Sternzeit erhalten, wenn wir zu dem  
westlichen Stundenwinkel der Sonne ihre Geradeaufsteigung hinzulegen,  
und umgekehrt aus der Sternzeit die Sonnenzeit, wenn wir von der Stern-  
zeit die Geradeaufsteigung der Sonne abziehen.

Was für die Sonne gilt, gilt auch in der gleichen Weise für den Mond,  
die Planeten und die Sterne.

#### **Tafel 19 bis 19b. Das astronomische Grunddreieck (Poldreieck).**

Die Tafel 19 ist in der Richtung Ost—West aufzufassen, die Tafel 19a  
in der Richtung Nord—Süd. Beide Tafeln geben das charakteristische Pol-  
dreieck wieder, jenes sphärische Dreieck, dessen Seiten sich aus dem Kom-  
plement der Breite, dem Komplement der Höhe und dem Komplement  
der Abweichung zusammensetzen, während der Winkel am Pol der Stunden-  
winkel, der Winkel am Zenit das Azimut und der Winkel beim Gestirn  
der parallaktische Winkel ist.



Tafel 19 und 19a zeigen uns die Gestalt dieses Dreiecks, wenn der Beobachter sich auf  $50^\circ$  Breite befindet, der Stundenwinkel ein westlicher ist und die Abweichung Null beträgt, das Gestirn somit im Himmelsäquator steht, während uns Tafel 19b das Poldreieck für  $50^\circ$  Nordbreite,  $23^\circ$  Nordabweichung und einen östlichen Stundenwinkel in der Richtung Ost—West gesehen wiedergibt.

Das Gestirn steht in der Nähe seines Aufgangspunktes, der im Hinblick auf die nördliche Breite und nördliche Abweichung in den Quadranten zwischen Norden und Osten liegen muß; wir haben daher ein Azimut Nord  $50^\circ$  Ost. Der Stundenwinkel ist größer als 6 Stunden, da zur Zeit der Beobachtung vom Gestirn der Sechsstundenkreis, d. h. der Stundenkreis, der  $90^\circ$  oder 6 Stunden vom Meridian entfernt steht, noch nicht erreicht ist. Das Gestirn hat weiter zur Zeit der Beobachtung den Ersten Vertikal, d. h. den Vertikalkreis, der  $90^\circ$  vom Meridian absteht, noch nicht erreicht; seine Höhe muß demgemäß in diesem Augenblicke noch kleiner sein als die im Ersten Vertikal.

#### **Tafel 20 und 20 a. Das astronomische Grunddreieck (Poldreieck).**

Der Beobachter ist wiederum auf  $50^\circ$  Nord, aber die Abweichung beträgt jetzt  $23^\circ$  Süd, während der Stundenwinkel gleichfalls ein östlicher ist.

Tafel 20 läßt uns etwa von Ost—Süd—Ost in die Figur hineinblicken, Tafel 20a von Norden aus.

Infolge der ungleichnamigen Abweichung stellt sich das Poldreieck in gänzlich anderer Form dar. Zunächst ist das Gestirn nur in Richtungen sichtbar zwischen Osten und Süden, solange der Stundenwinkel ein östlicher ist. Der Teil seines Abweichungsparallels, der über dem Horizonte liegt, d. h. sein Tagbogen, ist gering, in Übereinstimmung damit auch die für das Gestirn möglichen Höhen. Die Entfernung vom erhabenen Pol bis zum Gestirn ist groß, sie setzt sich aus der Entfernung vom Pol bis zum Äquator, d. i.  $90^\circ$ , zusammen und weiter der Entfernung vom Äquator bis zum Gestirn, d. i. seine Abweichung.

Der Aufgangspunkt des Gestirns ist weit vom Ostpunkt und damit auch vom Ersten Vertikal abgerückt.

#### **Tafel 21 und 21 a. Das astronomische Grunddreieck (Poldreieck).**

Diese beiden Tafeln führen uns auf den Äquator und zeigen uns dort die Gestalt des Poldreiecks eines Gestirns, dessen Abweichung  $25^\circ$  Nord beträgt, während der Stundenwinkel ein westlicher ist. Auf Tafel 21 erblicken wir die Figur in der Richtung Ost—West, in der Figur 21a in der Richtung Nord—Süd. Charakteristisch ist hierbei der Verlauf des Stundenkreises, der von dem im wahren Horizonte liegenden nördlichen Weltpole



ausgeht und sich nach oben erstreckt. Ferner der Abstand zwischen Zenit und Pol, der das Komplement der Breite darstellt und für alle Abweichungen ausnahmslos auf dem Äquator gleich  $90^\circ$  ist. Endlich noch die Übereinstimmung von Tag- und Nachtbogen, von denen jeder 12 Stunden für sich in Anspruch nimmt.

### **Tafel 22 und 22a. Die „Größten Kreise“ am Himmelsgewölbe.**

Sie lassen uns jenen Vertikal- und Stundenkreis erkennen, den wir mit Meridian bezeichnen und seine Unterabteilungen als Nord- und Südmeridian sowie oberen und unteren Meridian. Ferner den Verlauf des Ersten Vertikals und des Sechsstundenkreises, die Lage der vier Kardinalpunkte Nord, Süd, Ost und West sowie den Begriff der Mittagslinie und der Ost-Westlinie.

### **Tafel 23 und 23a, 24 und 24a. Allgemeine Meridianfiguren.**

Die Tafeln 23 und 24 lassen uns den Ersten Vertikal erkennen und zeigen uns, wie die Abweichung eines Gestirns beschaffen sein muß, wenn es auf seinem Wege über dem Horizont den Ersten Vertikal nur berühren, ihn schneiden oder gar nicht mit ihm in Berührung kommen soll. Der erste Fall tritt ein, wenn die Abweichung gleich 0 ist oder wenn sie gleichnamig mit der Breite und gleichzeitig gleich der Breite ist. Der zweite Fall, wenn die Abweichung gleichnamig und kleiner als die Breite ist, und der dritte Fall, wenn die Abweichung entweder gleichnamig mit der Breite und größer wie diese ist oder ungleichnamig mit der Breite. Die Tafeln rufen uns ferner ins Gedächtnis zurück, daß die Sichtbarkeit der Gestirne von dem Verhältnis der Abweichung zu der jedesmaligen Breite abhängig ist.

Wir sehen auf ihnen dauernd sichtbare Gestirne, d. s. alle die, deren Abweichung gleichnamig mit der Breite und gleichzeitig größer wie das Komplement der Breite ist.

Gestirne, deren größerer Teil ihrer Bahn über dem Horizont liegt, d. s. die, deren Abweichung gleichnamig mit der Breite, aber kleiner wie das Komplement der Breite ist.

Gestirne, deren Tagbogen gleich dem Nachtbogen ist, wenn ihre Abweichung 0 ist.

Gestirne, deren größerer Teil ihrer Bahn unter dem Horizont liegt, wenn die Abweichung ungleichnamig mit der Breite ist und in ihrem Zahlenwerte das Komplement der Breite nicht überschreitet.

Endlich Gestirne, die für uns unsichtbar bleiben, ein Fall, der eintritt, wenn die Abweichung ungleichnamig mit der Breite ist und gleichzeitig Beträge aufweist, die größer wie das Komplement der Breite sind.

Weiter zeigen uns die Tafeln auch nochmals, daß wir auf Nordbreite



alle die Gestirne in ihrer oberen Kulmination im Norden sehen, deren Abweichung gleichnamig mit der Breite und größer wie diese ist.

Ist die Abweichung gleichnamig mit der Breite und gleich der Breite, so kulminiert das Gestirn im Zenit.

Wird die mit der Breite gleichnamige Abweichung kleiner wie diese oder nimmt sie Werte an, die ungleichnamig mit der Breite, aber nicht größer wie das Komplement der Breite sind, so kulminiert das Gestirn im Südmeridian.

Die obere Kulmination findet im Horizonte statt, wenn die Abweichung ungleichnamig mit der Breite und gleich dem Komplement der Breite ist.

Alle unteren Kulminationen, die für uns nur dann sichtbar sind, wenn die Abweichung gleichnamig mit der Breite und größer wie das Komplement der Breite sind, finden im Nordmeridian statt. Dabei steht das Gestirn im Horizont, wenn die Größe der Abweichung mit der Größe des Komplements der Breite übereinstimmt.

Die umgekehrten Verhältnisse, hinsichtlich der Richtung, in der wir die Gestirne bei ihrer Kulmination sehen, finden wir auf südlichen Breiten.

## IX. Instrumente zur astronomischen Ortsbestimmung.

Erster Abschnitt.

### Spiegelinstrumente.

#### Erstes Kapitel. Der Sextant.

Der Sextant besteht aus folgenden Teilen:

1. Dem Instrumentenkörper,
2. der Alhidade mit Nonius, Einstellvorrichtung und Lupe,
3. den beiden Spiegeln,
4. dem Fernrohrträger,
5. den Fernrohren,
6. den Vorschlaggläsern.

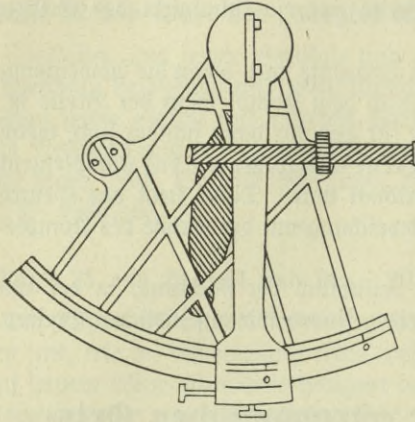
189. 1. Der Instrumentenkörper ist ein Kreissektor aus Metall, bestehend aus einem Kreisringstück mit den einschließenden Halbmessern und dazwischen liegenden Verstrebungen. Er ist an der unteren Seite mit einem Handgriff und mit Füßen versehen. In den Kreisbogen, welcher etwa den fünften Teil des Kreisumfangs beträgt, ist ein silberner Gradbogen eingelegt (Fig. 1).

Die Teilung des Gradbogens hat ihren Nullpunkt nahe dem rechten Ende des Kreisbogens; sie geht nach links bis etwa  $150^\circ$  und nach rechts nur einige Grade über den Nullpunkt hinaus.



Genau dem Mittelpunkte der Kreiseinteilung entsprechend ist in den Instrumentenkörper die Zapfenbuchse für die Alhidade eingelassen und mit drei Schrauben befestigt. Die Buchse ist konisch ausgedreht, so daß der konische Zapfen der Alhidade saugend in dieselbe hineinpaßt.

Fig. 71.



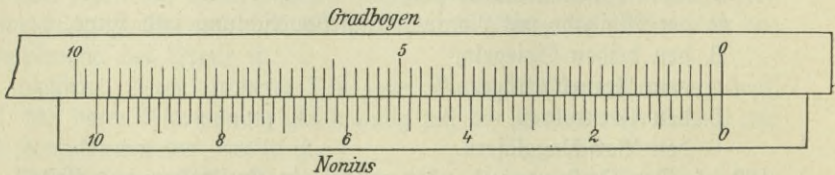
**190.** 2. Die Alhidade ist ein linealförmiger Schenkel, der um den Mittelpunkt des Gradbogens drehbar mit seinem äußeren Ende auf dem Gradbogen geleitet wird. Die Alhidade endigt hier in einem viereckigen Rahmen, der die Ablesevorrichtung und die zum Ein- und Feststellen der Alhidade dienende Vorrichtung trägt. Ferner ist auf der Alhidade eine Lupe mit Blende angebracht, welche das Ablesen erleichtern soll. Über dem Drehpunkt der Alhidade ist der große Spiegel angebracht.

**191.** Der Nonius ist eine Vorrichtung, welche ein genaueres Ablesen des gemessenen Winkels ermöglichen soll. Er ist an der Alhidade befestigt und gleitet mit ihr auf dem Gradbogen entlang.

Bei dem Sextanten ist die Noniuseinteilung folgende:

Der Gradbogen ist zunächst in volle Grade geteilt worden und jeder Grad wieder in sechs unter sich gleiche Teile, so daß jeder Gradbogenteil

Fig. 72.



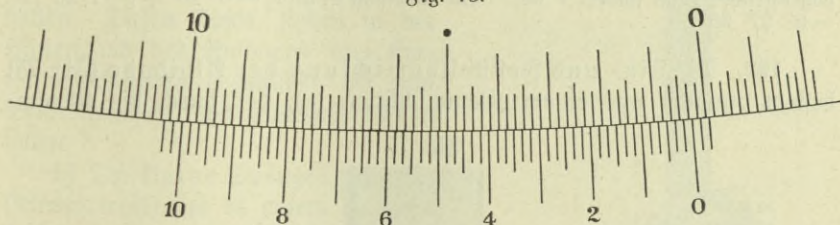
10' ist. Nun hat man auf dem Nonius eine Strecke von 59 Gradbogenteilen eingeteilt in 60 gleiche Teile, so daß jeder Noniusteil gleich  $\frac{59}{60}$  Gradbogenteil ist, d. h. jeder Noniusteil ist um  $\frac{1}{60}$  Gradbogenteil = 10'' kleiner als ein Gradbogenteil (Fig. 72).

Steht nun der Nullpunkt des Nonius genau über einem Teilstrich des Gradbogens, so ist die Ablesung sehr einfach. Weicht er jedoch von einem Teilstrich des Gradbogens ab, so ist folgende Überlegung zu machen: Steht der Noniusnullpunkt mit einem Gradbogenteilstrich genau in Deckung,



dann bleibt der erste Teilstrich des Nonius, welcher links vom Nullpunkt steht, um  $10''$  hinter dem nächsten Gradbogenteilstrich zurück. Beim nächsten Teilstrich des Nonius verdoppelt sich dieser Wert, beim dritten beträgt er  $30''$ , beim vierten  $40''$  usw. D. h. also: Würde man die Alhidade mit dem Nonius von der oben zuerst angenommenen Stellung um  $10''$  nach links schieben, dann rückt der erste Noniusteilstrich mit einem Gradbogenstrich in Deckung; würde man sie  $20''$  nach links schieben, dann rückt der zweite Teilstrich mit einem Gradbogenstrich in Deckung und bei  $40''$  wäre das gleiche mit dem vierten Teilstrich der Fall; der Noniusnullpunkt wäre gleichzeitig um  $10''$ ,  $20''$  und um  $40''$  von dem Gradbogenteilstrich, mit dem er ursprünglich in Deckung stand, nach links gerückt. Im allgemeinen

Fig. 73.



## Beispiel.

In Fig. 73 liegt der Nullpunkt des Nonius zwischen den Limbusteilstrichen  $0^{\circ} 10'$  und  $0^{\circ} 20'$ . Verfolgt man den Nonius nach links, so sieht man, daß der Noniusteilstrich von  $6' 30''$  mit dem ihm gegenüberliegenden Limbusteilstrich zusammenfällt. Die Ableseung ist also  $0^{\circ} 10' + 6' 30'' = 0^{\circ} 16' 30''$ .

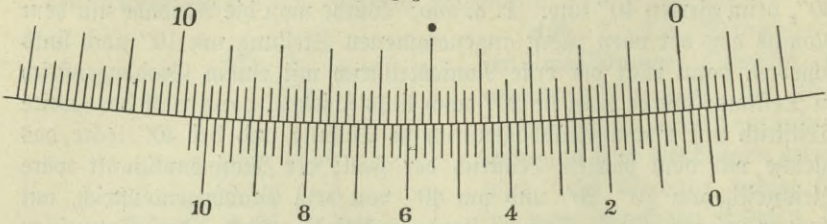
also kann man den Winkelwert, um den der Noniusnullpunkt von einem Gradbogenteilstrich nach links abweicht, feststellen, indem man sich davon überzeugt, der wievielte Noniusteilstrich mit einem Gradbogenstrich in Deckung steht. Ist es zum Beispiel der fünfte Teilstrich, so sind es  $5 \times 10''$  gleich  $50''$ , ist es der 35. Teilstrich, so sind es  $35 \times 10''$  gleich  $5' 50''$ . Dieser Wert ist dann dem Winkel, der dem letzten Gradbogenteilstrich rechts vom Noniusnullpunkt entspricht, zuzuzählen. Die Bezeichnung der Noniusteilung gestattet eine bequeme direkte Ableseung in Minuten und vollen Zehnersekunden. Bei einiger Übung kann man sogar auf  $5''$  genau schätzen. Beim Ableseung mit der Lupe achte man darauf, daß die Teilstriche, von denen man glaubt, daß sie in Deckung stehen, sich genau in der Mitte des Gesichtsfeldes befinden, da sonst Ableseungsfehler vorkommen.

Steht der Nullstrich des Nonius rechts vom Nullpunkt des Gradbogens, so liest man die vollen Gradbogenteile wie gewöhnlich ab; bei der Noniusteilung jedoch muß man die Teilstriche von links nach rechts



entgegen der Bezifferung zählen bis zu dem Teilstrich, der in Deckung mit einem Gradbogenstrich steht. (Fig. 74.)

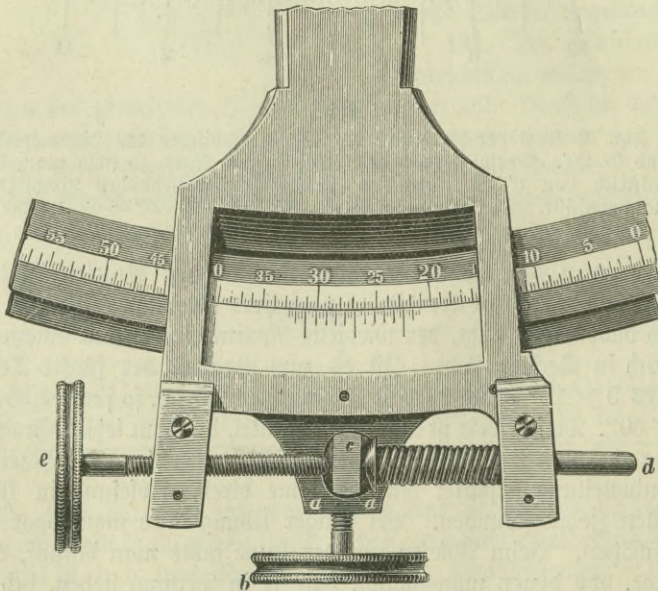
Fig. 74.



Der Noniusnullpunkt liegt zwischen  $-0^{\circ} 20'$  und  $0^{\circ} 30'$ . Jetzt muß man die Noniusteile von links her zählen bis zur Übereinstimmung mit einem Gradbogenstrich. Man findet:  $7' 50''$ . Die Ablefung ist also:  $-0^{\circ} 20' + (-7' 50'') = -0^{\circ} 27' 50''$ .

192. Die Ein- und Feststellvorrichtung der Alhidade (Fig. 75) besteht zunächst aus einem Klemmschlitten (a), der durch die Klemm-

Fig. 75.



schraube (b) an dem Gradbogen festgeklemmt werden kann. Ein auf dem Klemmschlitten sitzender Zapfen (c) stellt die Verbindung zwischen Klemmschlitten und Alhidade her. Letzterer hat über den Rahmen des Nonius hinaus eine gabelartige Verlängerung, deren rechter Arm einen Messing-

stift (d) mit Knopf trägt, der durch eine übergestreifte Spiralfeder gegen den Zapfen (c) des Klemmschlittens gedrückt wird, so daß dieser sich fest gegen eine im linken Arm der Verlängerung gelagerte Feinschraube (e) legt. Ist der Schlitten durch die Klemmschraube festgestellt, so kann man die Alhidade noch mittels der Feinschraube bewegen und so eine möglichst genaue Einstellung des zu messenden Winkels bewirken.

### 193. Die beiden Spiegel.

a) Der große Spiegel (Fig. 76) steht mit seiner Mitte über dem Drehzapfen der Alhidade; er befindet sich in einem Rahmen, der durch zwei Schrauben fest mit der Alhidade verbunden ist. Im Rahmen wird er durch drei federnde Nasen (o), welche über seine Vorderfläche greifen, gehalten. Diesen Nasen stehen in der Hinterwand des Rahmens drei Korrekturenschrauben gegenüber, die zum Senkrechtstellen des Spiegels dienen sollen.

b) Der kleine Spiegel (Fig. 77) (Kimm Spiegel) sitzt in einem Rahmen (n), der mit einer Fußplatte (q) auf zwei Spitzen (r) steht. Durch den Instrumentenkörper greifen zwei Schrauben (v) in die Fußplatte (q) ein; sie dienen zur Senkrechtstellung des Spiegels auf der Instrumentenebene.

Fig. 76.

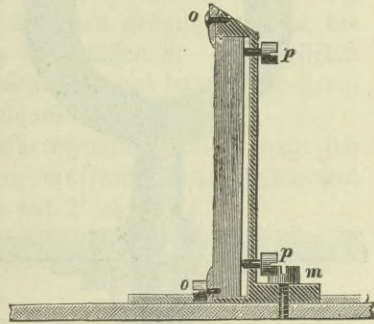
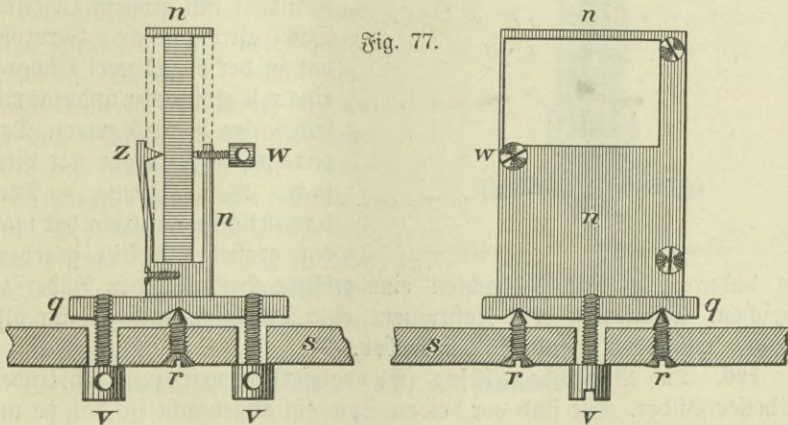


Fig. 77.



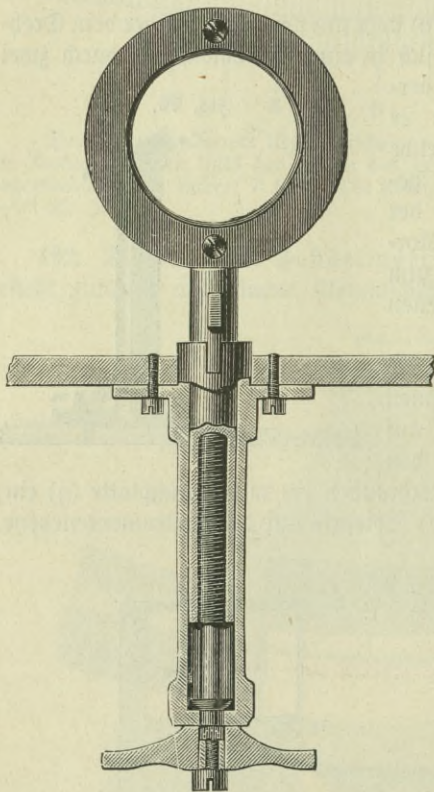
Der kleine Spiegel ist nur zur Hälfte belegt und mit dem belegten Teil nach unten in den Rahmen eingesetzt. Eine in der Hinterwand des Rahmens



befindliche Schraube (w) ermöglicht in Verbindung mit einem an der Vorderseite angebrachten federnden Metallstreifen mit Dorn (z) die Berichtigung der Spiegelstellung im Rahmen.

**194.** Der Fernrohrträger (Fig. 78) befindet sich dem kleinen Spiegel gegenüber; er ruht mit seinem Schaft in einer Buchse, genau senkrecht

Fig. 78.



zur Instrumentenebene und kann durch eine Stellschraube auf und niederbewegt werden. Oben endigt der Fernrohrträger in einem zur Aufnahme des Fernrohres bestimmten Gewinding.

Bei vielen Sextanten ist die Neigung dieses Ringes mittels zweier Schraubchen, deren Köpfe in Fig. 8 sichtbar sind, regulierbar, so daß Fehler in der Parallelstellung des Fernrohres zur Instrumentenebene beseitigt werden können.

#### 195. Fernrohre.

Zu jedem Instrument gehören ein astronomisches Fernrohr mit doppeltem Fadenkreuz und ein terrestrisches Fernrohr mit großem Objektiv. Das astronomische Fernrohr hat in der Regel zwei Okulare, eins mit zehnfacher und eins mit sechsfacher Vergrößerung. Das terrestrische Fernrohr hat vierfache Vergrößerung. Dem terrestrischen Fernrohr hat man ein großes Objektiv gegeben,

um dadurch bei Nachtbeobachten eine größere Helligkeit der Bilder zu erreichen. Ferner ist dem Instrument eine Durchsicht und ein für alle Okulare passendes Blendglas beigegeben.

**196.** Die Vorschlaggläser (Blendgläser) dienen zum Ablenden zu heller Bilder. Sie sind vor beiden Spiegeln angebracht (so daß sie um  $180^\circ$  gedreht werden können) und können, wenn sie nicht gebraucht werden, zur Seite geschlagen werden.

**197.** Das Zubehör des Sextanten besteht aus einem Haarpinsel,



einem Schraubenzieher, zwei Dioptern zur Kontrolle der Parallelstellung der Fernrohrachse zur Instrumentenebene und einem Dorn zum Drehen der Korrektionschraube für die Spiegelstellung.

### Zweites Kapitel. Der Oktant.

198. Der Oktant weist gegenüber dem Sextanten folgende Abweichungen auf:

1. Die Gradbogenteilung geht bis  $130^\circ$  und ist auf  $20'$  durchgeführt.  
2. 40 Teile des Nonius entsprechen 39 Teilen des Gradbogens; man liest also auf  $\frac{1}{40}$  der Gradbogenteilung, das ist auf  $0,5'$ , genau ab.

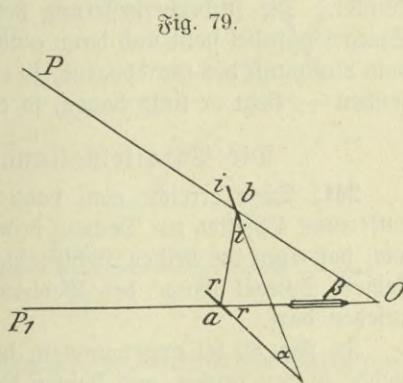
3. Das astronomische Fernrohr gibt nur sechsfache Vergrößerung. Für Nachtbeobachtungen hat man einen Oktanten gebaut, bei dem der unbelegte Teil des kleinen Spiegels ganz weggelassen ist. Zur besseren Erkennung der Kimm in der Dunkelheit ersetzt man das terrestrische Fernrohr durch ein Doppelglas mit zweieinhalbfacher Vergrößerung.

Zum Entfernungsmessen im Geschwaderverbande bedient man sich eines kleinen „Oktanten zum Entfernungsmessen“. Dieses Instrument ermöglicht, Winkel von Mastenhöhen usw. auf  $2'$  abzulesen.

### Drittes Kapitel. Die Messung eines Winkels mit dem Sextanten. (Oktanten).

199. Bilden die beiden Spiegel des Instruments einen beliebigen Winkel  $\alpha$  miteinander (Fig. 79), so ergibt sich aus den Grundgesetzen der Spiegelung folgendes:

Ein Lichtstrahl vom Punkte P, der den großen Spiegel in b unter einem Winkel  $i$  trifft, wird unter demselben Winkel  $i$  nach dem kleinen Spiegel reflektiert, wo er in a den Winkel  $r$  zur Spiegelfläche bildet und wiederum unter demselben Winkel  $r$  nach O hin reflektiert wird. Der Lichtstrahl legt also den Weg PbaO zurück; der Winkel  $POP_1 = \beta$  ist bestimmt durch den Winkel  $\alpha$ , den beide Spiegel miteinander bilden.



Es ist nämlich für das Dreieck  $abl$  der Außenwinkel

$$r = \alpha + i$$

für das Dreieck  $obO$  der Außenwinkel

$$2r = \beta + 2i;$$

daher:

$$\beta = 2\alpha.$$



Wenn man also in der Richtung  $Oa$  außer dem gespiegelten Gegenstande ( $P$ ) noch einen direkt gesehenen ( $P'$ ) wahrnimmt, so daß sich die beiden Gegenstände im Gesichtsfelde decken, so ist der Winkel  $POP'$  stets gleich dem doppelten Winkel, den die beiden Spiegel einschließen. Damit man den Winkel  $\alpha$  direkt ablesen kann, ist die Teilung des Gradbogens verdoppelt, d. h. bei einer Winkeldrehung der Alhidade von  $1^\circ$  liest man auf dem Gradbogen einen Bogen von  $2^\circ$  ab.

#### Viertes Kapitel. Die Indexverbesserung.

**200.** Das Instrument steht auf seinem eigentlichen Nullpunkt, wenn die beiden Spiegel einander parallel stehen; in diesem Falle sollten auch der Nullpunkt des Nonius und der Nullpunkt des Gradbogens genau in Deckung stehen. Dies ist jedoch meistens nicht der Fall, da das Instrument infolge von Temperaturänderung kleinen Verzerrungen ausgesetzt ist. Stellt man die beiden Spiegel parallel, so wird man meistens finden, daß der Nullpunkt des Nonius entweder rechts oder links vom Gradbogen-nullpunkt liegt. Die Folge davon ist, daß man den gemessenen Winkel auf dem Gradbogen im ersten Fall zu klein, im zweiten Fall zu groß abliest, und zwar ist in beiden Fällen der Fehler gleich dem Betrag, um welchen die beiden Nullpunkte voneinander abweichen. Diesen Fehler nennt man den Indexfehler; gibt man ihm das entgegengesetzte Vorzeichen, so erhält man die Indexverbesserung, die bekannt sein muß, damit man den abgelesenen Winkel verbessern kann in den gemessenen Winkel. Die Indexverbesserung bestimmt man, indem man die beiden Spiegel parallel stellt und dann abliest. Liegt der Noniusnullpunkt rechts vom Nullpunkt des Gradbogens, so erhält die Indexverbesserung das Vorzeichen  $+$ , liegt er links davon, so erhält sie das Vorzeichen  $-$ .

#### Die Parallelstellung der beiden Spiegel.

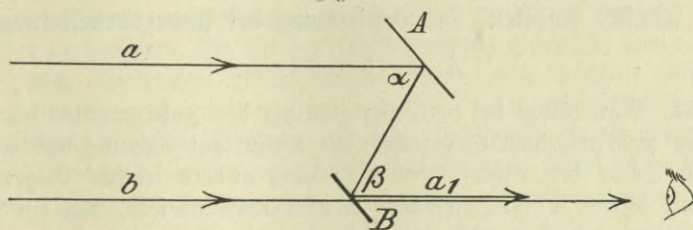
**201.** Diese erreicht man dadurch, daß man die Bilder eines weit entfernten Objektes zur Deckung bringt. Das Objekt muß so weit entfernt sein, daß man die beiden Lichtstrahlen, welche in den großen und in den kleinen Spiegel (Auge des Beobachters) fallen, als unter sich parallel ansehen darf.

In Fig. 80 sei angenommen, daß die beiden Lichtstrahlen  $a$  und  $b$ , welche in den großen und kleinen Spiegel fallen, einander parallel sind; ferner sollen der große Spiegel  $A$  und der kleine Spiegel  $B$  ebenfalls parallel sein. Es ist dann leicht einzusehen, daß Winkel  $\alpha$  gleich dem Winkel  $\beta$  ist als Wechselwinkel bei parallelen Linien. Daraus ergibt sich weiter, daß der Lichtstrahl  $b$ , welcher durch den unbelegten Teil des kleinen Spiegels in das Auge gelangt, mit dem doppelt reflektierten Lichtstrahl  $a'$  zusammenfällt. Wenn nun die beiden Lichtstrahlen  $a$  und  $b$  von einem Stern stammen,

so wird man das direkt gesehene und das doppelt reflektierte Bild des Sternes in Deckung sehen (vorausgesetzt, daß beide Spiegel genau senkrecht zur Instrumentenebene stehen, 211).

Umgekehrt kann man nun sagen: „Decken sich die Bilder eines genügend weit entfernten Gegenstandes, so stehen die Spiegel

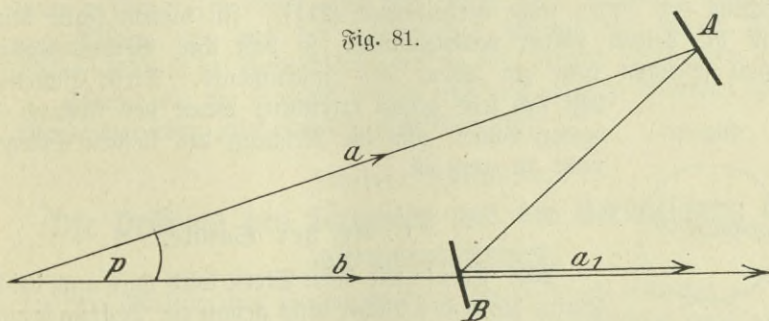
Fig. 80.



parallel.“ Der in diesem Falle am Instrument abgelesene Winkel ist also der Fehler.

Das gewählte Objekt muß so weit entfernt sein, daß der senkrechte Abstand der beiden Spiegel unter einem verschwindend kleinen Winkel erscheint. Normalerweise ist der Abstand der beiden Spiegel voneinander etwa 5 cm groß. Es ergibt sich leicht durch Rechnung, daß diese Strecke bei einem Abstände von etwa einer halben Seemeile nur noch unter einem

Fig. 81.



Winkel von etwa 10'' und bei einem Abstände von rund 3 Seemeilen nur noch unter einem Winkel von weniger als 2'' erscheint.

Schon bei 3 m Augeshöhe ist die Kimm 3,6 cm vom Beobachter entfernt, so daß eine an ihr beobachtete Fehlerverbesserung um weniger als 2'' fehlerhaft wäre. Ein solcher Fehler kommt im Vergleich zur Genauigkeit der Ableseung nicht in Betracht.

**202.** Liegt das zur Parallelstellung der Spiegel benutzte Objekt zu nahe, so bilden die von ihm ausgehenden Lichtstrahlen a und b (Fig. 81)



einen Winkel  $p$  miteinander. Bringt man die beiden Bilder zur Deckung, so stehen dann die Spiegel einander nicht parallel, sondern bilden ebenfalls diesen Winkel  $p$  miteinander. Man nennt diesen Winkel die Spiegelparallaxe. Um den gleichen Winkel würde auch die Indexverbesserung falsch sein.

### Fünftes Kapitel. Die Bestimmung der Indexverbesserung.

#### A. An der Kimm.

**203.** Man bringt bei vertikaler Haltung des Instrumentes das direkt gesehene Bild mit dem Spiegelbild der Kimm zur Deckung und liest ab.

An Stelle der Kimm kann man auch andere irdische Gegenstände benutzen, jedoch müssen dieselben so weit entfernt sein, daß ein Fehler durch Spiegelparallaxe nicht in Frage kommt. Nimmt man ein vertikal stehendes Objekt, etwa einen Flaggenmast, so wird man das Instrument horizontal halten, um eine Deckung der beiden Bilder herbeizuführen.

#### B. An einem Stern.

**204.** Man bringt wiederum das gespiegelte Bild des Sternes mit dem direkt gesehenen Bild zur Deckung und liest ab. Hat der kleine Spiegel eine auch nur geringe Neigung zur Instrumentebene, so läßt sich die Deckung der Bilder nicht herbeiführen (211). In diesem Falle bringt man die beiden Bilder nebeneinander, so daß ihre Verbindungslinie genau senkrecht steht zur Ebene des Instruments. Diese Einstellung läßt sich sehr genau erreichen, wenn der Abstand der beiden Bilder, also die Neigung des kleinen Spiegels, nicht zu groß ist.

Fig. 82.



#### C. An der Sonne.

**205.** Ebenso wie beim Stern wird man auch bei der Sonne die beiden Bilder nicht genau zur Deckung bringen können. Statt dessen bringt man nacheinander den Ober- und den Unterrand des gespiegelten Bildes mit dem direkt gesehenen Bild der Sonne in genaue Berührung. Man erhält dann zwei Ablesungen, wie die Fig. 82 veranschaulicht. Diese Ablesungen bekommen je nachdem, ob sie rechts oder links vom Nullpunkt des Gradbogens liegen, das Vorzeichen + oder —. Die halbe algebraische Summe der beiden Ablesungen ist dann die Indexverbesserung.



## Beispiel 1.

Erste Ablejung	= + 30' 20''
Zweite Ablejung	= - 34 20
Algebraische Summe	= - 4 0
Indexverbesserung	= - 2 0

## Beispiel 2.

Erste Ablejung	= - 0' 20''
Zweite Ablejung	= - 1° 2 40
Algebraische Summe	= - 1 3 0
Indexverbesserung	= - 31 15

Auf dieselbe Weise kann mit Hilfe des Mondes die Indexkorrektur des Instruments bestimmt werden.

Die Indexverbesserung ist sehr veränderlich und muß daher zu jeder Winkelmessung neu bestimmt werden. Es sind dabei dieselben Blendgläser zu benutzen, die bei der Winkelmessung gebraucht wurden.

206. Bisweilen ist es wünschenswert, eine reichlich große Indexverbesserung ganz fortzuschaffen oder doch nahe gleich Null zu machen. Man stellt dazu die Alhidade auf Null und bringt durch Drehen der in der Hinterwand des Rahmens des kleinen Spiegels befindlichen Schraube *w* (Fig. 77) den kleinen Spiegel in eine solche Lage, daß sich die beiden Bilder decken.

### Sechstes Kapitel. Beschaffenheit der Spiegel und Blendgläser.

207. Beide Spiegel müssen zunächst eben geschliffen sein, damit die Bilder nicht verzerrt und scharf begrenzt erscheinen. Ferner müssen die Spiegel parallel geschliffen sein, d. h. die Vorder- und Hinterfläche der Spiegel müssen parallel sein. Nur in diesem Falle geben die Spiegel von einem weit entfernten Gegenstand nur ein Bild. Sind dagegen die Spiegelflächen nicht parallel, so gibt der Spiegel, den man dann prismatisch nennt, auch von einem weit entfernten Gegenstande zwei Bilder, wie aus der Spiegellehre bekannt ist. Dieser Umstand würde natürlich bei einer Winkelmessung sehr störend empfunden werden.

Ebenso wie die Spiegel müssen aus den gleichen Gründen auch die Blendgläser eben und parallel geschliffen sein.

## Zweiter Abschnitt.

### Die Prüfung des Sextanten und die Berichtigung der Instrumentalfehler.

Die Prüfung des Sextanten kann sich an Bord erstrecken auf:

1. die Beschaffenheit der Spiegel und Blendgläser sowie auf die Stellung der Spiegel,
2. auf die Stellung der Fernrohrachse zur Instrumentalebene,
3. auf die Teilung des Gradbogens und des Nonius.

#### Erstes Kapitel. Untersuchung der Spiegel und Blendgläser.

208. Ob ein Spiegel eben geschliffen ist, erkennt man, wenn man schräg in den Spiegel sieht und dabei das Bild eines Gegenstandes durch eine Lupe betrachtet. Man bewege dabei den Spiegel leicht hin und her,



so daß für die Spiegelung verschiedene Teile des Spiegels in Betracht kommen. Erscheinen die Bilder überall unverzerrt, so ist der Spiegel eben geschliffen.

Ob ein Spiegel parallel geschliffen ist, erkennt man daran, daß er von einem weit entfernten Gegenstand nur ein Bild gibt. Auch dies ist unter Benutzung einer Lupe und möglichst schrägem Einfallswinkel zu untersuchen. (Aus der Spiegellehre ist bekannt, daß jeder Spiegel — auch der parallelgeschliffene — von einem sehr nahen Gegenstand zwei Bilder gibt.)

**209.** Die Blendgläser sollen ebenfalls eben und parallel geschliffen sein. Das erstere ist wiederum daran zu erkennen, daß die durch das Blendglas geleiteten Bilder unverzerrt erscheinen; zweitens darf natürlich auch nur wieder ein Bild im Spiegel erscheinen, woraus dann hervorgeht, daß das Blendglas nicht prismatisch ist.

Nicht ebene oder prismatische Spiegel und Blendgläser sind möglichst bald gegen eben und parallel geschliffene auszutauschen.

**210.** Beide Spiegel müssen senkrecht stehen zur Instrumentebene. Zur Feststellung, ob dies der Fall ist, untersucht man zunächst die Stellung des großen Spiegels; steht dieser richtig, so stellt man den kleinen Spiegel parallel zum großen und dadurch gleichzeitig senkrecht zur Instrumentebene.

Um die richtige Stellung des großen Spiegels zu untersuchen, schiebt man die Alhidade auf die Mitte des Gradbogens, hält das Instrument horizontal, Gradbogen vom Auge abgewandt, und sieht nun schräg in den großen Spiegel und gleichzeitig an diesem vorbei nach dem linken Ende des Gradbogens. Bildet dann das im Spiegel gesehene rechte Ende des Gradbogens mit dem direkt gesehenen linken Ende des Gradbogens eine durchlaufende ungebrochene Linie, so steht der große Spiegel senkrecht; erscheint die Linie gebrochen, so steht der Spiegel geneigt. In diesem Falle wird man durch vorsichtiges Schrauben der an der Oberkante des großen Spiegels sitzenden Korrekcionsschraube *p* (Fig. 76) die beiden Spiegelbilder des Gradbogens in Linie bringen können; damit ist dann der große Spiegel senkrecht gestellt. Dies Verfahren ist auf etwa 5' genau, was für die Praxis vollauf genügt.

**211.** Zur Untersuchung der Stellung des kleinen Spiegels bringt man das Spiegelbild der Kimm mit dem direkt gesehenen Bilde bei senkrechter Haltung des Instrumentes zur Deckung. Dann dreht man das Instrument langsam um die Sehlinie (Achse des Fernrohres). Bleiben hierbei die beiden Kimmlinien in Deckung, dann steht der kleine Spiegel gut. Erscheinen sie dagegen als eine gebrochene Linie, dann steht der kleine Spiegel geneigt. Diese Neigung schafft man fort durch vorsichtiges Bedienen der Korrekcionsschrauben *v* (Fig. 77), von denen die eine gelöst und die andere



angezogen werden muß. Sehr häufig hat man auch wie beim großen Spiegel an der Oberkante des kleinen Spiegels eine Korrektionschraube, wodurch sich die Senkrechtstellung desselben bewerkstelligen läßt. Diese Berichtigung ist natürlich bei geneigter Lage des Instruments vorzunehmen.

Eine geringe Neigung des kleinen Spiegels läßt man immer bestehen, damit man terrestrische Höhenwinkel überhaupt beobachten kann. (Siehe auch Bestimmung der *Z. B.* am Stern.)

Bei Nacht benutzt man zu dieser Untersuchung einen Stern. Kann man dessen beide Bilder zur Deckung bringen, so steht der kleine Spiegel genau senkrecht.

### Zweites Kapitel. Untersuchung der Stellung der Fernrohrachse.

**212.** Die Fernrohrachse muß parallel sein zur Instrumentebene. Ob dies der Fall ist, untersucht man bequem auf folgende Weise: Das zum scharfen Sehen eingestellte Fernrohr wird in den Träger geschraubt und das eine Fadenpaar parallel zur Instrumentebene gedreht. Sodann stellt man einen möglichst großen Winkel zwischen zwei scharf begrenzten Gegenständen, z. B. zwischen zwei hellen Sternen, ein, indem man die Deckung der beiden Bilder an einem Faden beobachtet. Darauf ändert man die Haltung des Instruments derart, daß die beiden Bilder sich an dem gegenüberliegenden Faden befinden; decken sie sich auch hier genau, so steht das Fernrohr richtig; gehen die beiden Bilder aber auseinander, so läßt sich der Fehler in der Fernrohrstellung beseitigen vermittels der beiden kleinen Korrektionschraubchen am Gewinding (Fig. 78).

Man kann sich zu dieser Untersuchung auch der beiden Diopter bedienen, welche dem Sextanten beigegeben sind. Zu diesem Zweck stellt man den Sextanten auf eine feste Unterlage und setzt das Lochdiopter neben den Fernrohrträger und das Fadendiopter neben den kleinen Spiegel auf den Sextanten, so daß die Visierlinie parallel zur Instrumentebene läuft. Darauf richtet man die Visierlinie durch geeignetes Verrücken des ganzen Instrumentes auf eine scharf begrenzte Linie oder einen Punkt ein und sieht nun durch das Fernrohr, dessen eines Fadenpaar parallel zur Instrumentebene gestellt ist. Erblickt man dann die anvisierte Linie oder den Punkt genau in der Mitte zwischen den beiden Fäden, so steht das Fernrohr gut; andernfalls muß die Stellung berichtigt werden. Selbstverständlich muß diese Untersuchung durchgeführt werden für alle Stellungen des Fernrohres, indem man dasselbe mit dem Fernrohrträger auf und abschraubt.

**213.** Die Verstellbarkeit des Fernrohres vermittels des Fernrohrträgers senkrecht zur Instrumentebene hat den Zweck, durch Verschieben des Objektivs vor dem kleinen Spiegel die beiden Bilder (gespiegeltes und direkt Gesehenes) gleich lichtstark machen zu können.



### Drittes Kapitel. Untersuchung des Gradbogens und des Nonius.

Die Teilung des Gradbogens und des Nonius muß eine gleichmäßige sein.

214. Im allgemeinen wird bei den heutigen Instrumenten eine schlechte Teilung nicht mehr zu befürchten sein. Will man dieselbe dennoch untersuchen, so verfähre man in folgender Weise:

Gradbogen. Man stelle den Nullpunkt des Nonius genau auf den Nullpunkt des Gradbogens ein und beobachte, ob der letzte Teilstrich (10) des Nonius mit dem 59. Teilstrich des Gradbogens übereinstimmt. (Bei dem Oktanten, der auf halbe Minuten abliest, muß der letzte Teilstrich des Nonius mit dem 39. Teilstrich des Gradbogens übereinstimmen.) Dieses Verfahren wiederholt man, indem man den Nonius ungefähr von  $10^\circ$  zu  $10^\circ$  verschiebt.

Stellt sich hierbei heraus, daß Nonius und Gradbogenteilstriche sich stets decken, dann ist die Gradbogenteilung einwandfrei. Erscheinen die Teilstriche des Nonius während dieser Untersuchung gleichmäßig zu weit auseinander oder zu eng beisammen, so steht der Nonius dem Drehpunkt der Alhidade zu nahe bzw. ist er zu weit entfernt.

Nehmen die Noniusteile im Verhältnis zu dem des Gradbogens gleichmäßig zu oder ab, so ist dies ein Zeichen von Exzentrizität, d. h. der Drehpunkt der Alhidade fällt nicht genau mit dem Mittelpunkt des Gradbogens zusammen.

Die Größe eines eventuellen Exzentrizitätsfehlers ermittelt man, indem man genau bestimmte Winkel mit dem zu prüfenden Instrument nachmißt. Stellt sich heraus, daß sich die Endteilstriche (0 und 10) des Nonius zuweilen mit den Gradbogenteilstrichen gleichzeitig decken oder zuweilen nicht, so ist die Gradbogenteilung fehlerhaft und muß ausgewechselt werden.

Nonius. Hat sich die Gradbogenteilung als richtig herausgestellt, so stellt man zur Untersuchung der Noniusteilung einen Teilstrich in der Mitte desselben auf einen Teilstrich des Gradbogens ein. Bleiben dann nach beiden Seiten hin die Teilstriche des Nonius gleichmäßig hinter den Teilstrichen des Gradbogens zurück, so ist die Noniusteilung fehlerfrei; andernfalls muß sie ausgewechselt werden.

### Dritter Abschnitt.

## Behandlung und Gebrauch der Winkelmessinstrumente.

### Erstes Kapitel. Die Behandlung.

215. Die Instrumente erfordern eine sorgfältige Behandlung; sie sind vor Stoß und Fall zu schützen und der Sonne nicht unnütz auszusetzen. Man vermeide die Berührung der empfindlichen Gradbogenteilung.



Spiegel, Blendgläser, Fernrohrlinsen und Gradbogen werden mit dem Haarpinsel, der dem Instrument beigegeben ist, gereinigt; nur wenn sie feucht geworden sind, benutzt man einen weichen Lederlappen oder einen staubfreien weichen Leinwandlappen.

Für die Gangbarhaltung der Klemm- und Feinschrauben und des Gewindes des Fernrohrträgers verwende man reines Öl, das nur ganz leicht aufgetragen wird.

Allzuhäufiges Reinigen ist zu vermeiden, vor allem aber ist das Schrauben an den Korrektionschrauben für die Spiegel und Fernrohrstellung auf das allernotwendigste Maß zu beschränken.

Fernrohre sind möglichst nicht auseinanderzunehmen; muß es dennoch geschehen, so ist besonders das Zusammenschrauben mit Vorsicht auszuführen, damit die Gewinde nicht beschädigt werden.

Das Instrument ist gegen Seewasser zu schützen.

Beim Verstauen des Instrumentes in den Kasten beachte man folgendes:

Reinigen — Blendgläser einschlagen — Alhidade annähernd auf Null stellen, Feinschraube lösen, Klemmschraube leicht anziehen.

Größere Reparaturen sind lediglich durch geeignete Mechaniker auszuführen. Auf die Reparatur, besonders wenn sie im Auslande stattgefunden hat, muß eine Untersuchung des Instrumentes folgen.

## Zweites Kapitel. Der Gebrauch.

216. 1. Für genaue Messungen benutzt man das astronomische Fernrohr; bei Winkeln, die man nur auf eine halbe Minute genau haben will, genügt das terrestrische Fernrohr. Für Nachtbeobachtungen benutzt man ein Fernrohr mit großem Objektiv. (Nachtoktant mit Doppelglas.)

2. Bei jedem Beobachten einer Gestirnshöhe ist dem Instrument eine leichte Drehung um die Fernrohrachse zu geben. Nur dann hat man die Sicherheit, den kleinsten Winkel zu messen.

3. Eine große Augeshöhe ist günstig, da dann die Kimm besser als scharfe Linie erscheint; auch die Kimmtiefe ist dann zuverlässiger.

4. Bei Messungen von Sonnen- oder Mondhöhen bringe man die Instrumentebene in die Vertikalebene des Gestirns, sehe durch den kleinen Spiegel nach der Kimm und schiebe nun die Alhidade langsam voraus, bis das Spiegelbild des Gestirns im kleinen Spiegel erscheint. Hierbei sind die Blendgläser so auszuwählen, daß das Auge möglichst geschont wird.

Bei Meridianhöhen der Sonne hüte man sich, der Bewegung der Sonne voranzueilen, sondern halte ihren Rand dauernd in möglichst scharfer Berührung mit der Kimm, da man sonst den Augenblick des Fallens nicht genau bestimmen kann.



Bei Meridianhöhen in der Nähe des Zenits merke man sich die Lage der Nord-Südlinie, um zu wissen, wo der Höhenwinkel zu messen ist.

5. Bei Messung von Sternhöhen sieht man zunächst durch den kleinen Spiegel nach dem betreffenden Gestirn und sucht das Spiegelbild desselben im kleinen Spiegel, indem man die Alhidade in der Nähe des Nullpunktes langsam hin und her bewegt. Darauf wandert man im Vertikalkreis des Gestirns auf die Kimm herunter, indem man durch gleichzeitiges Vorwärtsschieben der Alhidade das Gestirn im Auge behält.

Planeten und Fixsternhöhen werden als Mittelpunktshöhen gemessen. Der geeignetste Zeitpunkt für Sternbeobachtungen ist die Dämmerung.

Wenn der Mond Sichelform hat, beobachte man seine Höhe nicht wenn die Sichel senkrecht steht, sondern warte etwa ein bis zwei Stunden, bis die Sichel sich geneigt hat.

6. Beobachtungen über der Nachtkimm nehme man in bezug auf ihre Zuverlässigkeit mit Vorsicht auf; besonders ist die Kimm unter dem Mond sehr ungünstig für die Messung von Gestirns Höhen.

7. Soll die Uhrzeit der Beobachtungen notiert werden, so ruft der Beobachter kurz vor der Berührung Achtung und im Augenblick der Berührung Null, worauf ein anderer die Zeit nach der Beobachtungsuhr aufschreibt.

8. Bei Gestirns Höhen liest man der Genauigkeit des Instrumentes entsprechend ab, also beim Oktanten auf  $\frac{1}{2}'$  genau, beim Sextanten auf  $10''$  genau, und führt bei Beobachtungen über der Kimm den Winkel auf  $0,5'$  oder  $1,0'$  abgerundet in die Rechnung ein.

9. Reihenbeobachtungen sind im allgemeinen an Bord nicht zu empfehlen. Man muß sich dahin schulen, einzelne zuverlässige Höhen zu nehmen. Von diesen legt man die dem Gefühl nach beste der Bestrecknung zugrunde.

10. Kurz vor oder nach der Winkelmessung ist die Indexverbesserung zu bestimmen.

#### Vierter Abschnitt.

### Künstliche Horizonte und Libellen.

Bei Beobachtungen an Land, wo es auf größere Genauigkeit ankommt (Chronometerkontrolle, Vermessungen), bedient man sich zur Höhenmessung des künstlichen Horizontes.

217. Ein künstlicher Horizont ist eine horizontale ebene Fläche, in welcher sich der zu bestimmende Höhenpunkt spiegelt. Der Winkel  $\alpha$  (Fig. 83), unter welchem ein von dem Höhenpunkt A ausgehender Strahl die Spiegelebene trifft, ist der Höhenwinkel über dem künstlichen Horizont.



Der in das Auge — O — gelangende zurückgeworfene Strahl verläßt den Spiegel unter demselben Winkel  $\alpha$ ; das Bild im Spiegel erscheint also um den gleichen Winkel  $\alpha$  unter dem Horizont zu liegen oder um den doppelten Höhenwinkel unter dem Punkt A.

Wißt man also den Höhenwinkel zwischen dem Punkt A und seinem Spiegelbild  $A_1$ , wendet hierauf die Inzidenzverbesserung an und dividirt durch 2, so hat man den Höhenwinkel über dem künstlichen Horizont, d. i. die scheinbare Höhe.

Ein Fehler in der horizontalen Stellung des künstlichen Horizontes geht mit seinem vollen Betrag in die gemessene Höhe über. Eine genaue horizontale Lage der spiegelnden Fläche ist demnach die Hauptanforderung an jeden künstlichen Horizont.

218. Die Höhenmessung über dem künstlichen Horizont bietet gegenüber derjenigen über der Kimm folgende Vorteile:

1. Die Kenntnis der Augenhöhe ist nicht erforderlich.
2. Der unsichere Faktor „terrestrische Strahlenbrechung“ (Kimmtiefe) fällt fort.
3. Beobachtungsfehler kommen, da die gemessenen Winkel halbiert werden, nur mit ihrem halben Betrage zur Geltung.

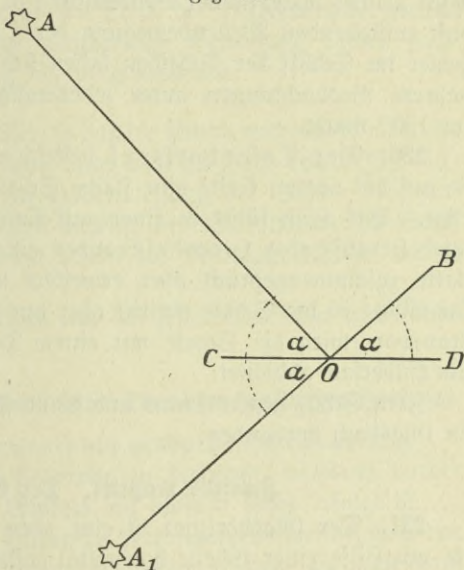
Die Oberfläche einer in Ruhe befindlichen spiegelnden Flüssigkeit liefert unmittelbar einen künstlichen Horizont. Am besten eignet sich reines Quecksilber. In Ermangelung dessen können auch andere Flüssigkeiten mit gut spiegelnder Oberfläche, z. B. Steinkohlenteer, Sirup, geschwärztes Öl usw., benutzt werden.

Außer diesen Flüssigkeitshorizonten sind auch Glashorizonte im Gebrauch.

### Erstes Kapitel. Die Quecksilberhorizonte.

219. Der Troghorizont. Man gießt das in einer Holzbüchse aufbewahrte Quecksilber in den auf eine feste Unterlage zu stellenden Trog. Sollte das Quecksilber unrein sein, so filtriert man es zweckmäßig durch

Fig. 83.





fein durchlöcherteres Papier. Es muß soviel Quecksilber eingefüllt werden, daß es eine möglichst große, überall deckende Flüssigkeitsschicht bildet. Die matte Drydschicht, welche zunächst auf der Oberfläche des Quecksilbers schwimmt, entfernt man durch leichtes Überstreichen mit einem scharfen Papierrand. Zum Schutz der Quecksilberfläche gegen Staub und Wind ist ein Glasdach (oder Glimmerdach) beigegeben; die Flächen sind planparallel und mit den Ziffern I und II bezeichnet. Die Benutzung dieses Daches während der Beobachtung ist bei Wind notwendig wegen der sonst entstehenden Wellenbewegung der Quecksilberoberfläche. Eventuelle Fehler im Schliff der Scheiben lassen sich dadurch eliminieren, daß man mehrere Beobachtungen unter jedesmaligem Umstellen des Glasdaches um  $180^\circ$  macht.

**220.** Der Dosenhorizont besteht aus einer runden Metallbüchse, die auf der oberen Seite eine flache Schale mit einem Loch in der Mitte trägt. Das Loch führt in einen mit Quecksilber gefüllten Ledersack, der durch Heraus- oder Herunterschrauben einer unter ihm befindlichen Holzplatte zusammengebrückt oder erweitert werden kann, so daß entweder Quecksilber in die Schale eintritt oder aus ihr in den Sack abfließt. Zum Transport wird die Schale mit einem Deckel verschraubt, der auch den Quecksilbersack abdichtet.

Zum Schutz gegen Staub und Wind ist ebenso wie beim Troghorizont ein Glasdach vorhanden.

### Zweites Kapitel. Der Glashorizont.

**221.** Der Glashorizont ist eine eben geschliffene dunkle Glasplatte, die mit Hilfe einer Libelle horizontal gestellt wird. Da ein Fehler in der Horizontstellung mit seinem vollen Betrag in die Höhe übergeht, muß der Glashorizont sehr fein gearbeitet und sorgfältig aufgestellt werden.

Zur Horizontierung des Glashorizontes dienen die unter ihm angebrachten drei Horizontierschrauben, die gleichzeitig die Füße des Horizontes darstellen, in Verbindung mit einer Röhrenlibelle.

Diese letztere besteht aus einem Glasrohr, das bis auf eine kleine Luftblase mit einer leicht beweglichen Flüssigkeit (Alkohol oder Äther) gefüllt ist und sich in einer Messinghülse befindet, die Füße zum Aufsetzen der Libelle auf die Glasplatte hat. Auf der Außenseite des Glasrohres ist eine Teilung angebracht, an der man die Stellung der beiden Enden der Luftblase abliest. Zur Horizontierung müssen natürlich die Enden der Luftblase gleichmäßig zu beiden Seiten des Nullpunktes einspielen. Da es sich um die Horizontierung einer Ebene handelt, so muß man die Libelle in zwei um  $90^\circ$  verschiedene Richtungen zum genauen Einspielen bringen, und zwar geht man hierbei in folgender Weise vor: Man setzt die Libelle so auf, daß sie parallel zur Verbindungslinie zweier Fußschrauben



steht. Diese beiden Fußschrauben werden so lange gegeneinander angeschraubt, bis die Blase genau einspielt. Danach bringt man die Libelle in eine um  $90^\circ$  andere Stellung, so daß sie mit ihrem einen Ende über der dritten Fußschraube steht. Dann bewegt man diese dritte Fußschraube, bis die Libelle wieder einspielt. Ist dies erreicht, so kontrolliert man das Einspielen in der ersten Lage nochmals.

Ist statt der dritten Fußschraube ein fester Fuß vorhanden, so wird zunächst ebenso wie vorher verfahren. An Stelle der Bewegung der dritten Fußschraube wird indes jetzt eine gleichzeitige Bewegung beider Fußschrauben nach derselben Richtung hin vorgenommen.

Liegt noch Nebel auf dem Wasser, so daß die Rimm verdeckt ist, während die Gestirne gut sichtbar sind, so kann man auch an Bord einen Flüssigkeitshorizont (Deer) sehr wohl zur Höhenmessung der Sonne benutzen. Sollte die Oberfläche der Flüssigkeit infolge der Vibrationen im Schiff sehr unruhig sein, so mißt man am besten die Mittelpunktshöhe, indem man die Bilder sich decken läßt.

Ein Glashorizont kann natürlich nur bei fester Unterlage am Lande benutzt werden.

### Drittes Kapitel. Regeln für das Beobachten über dem künstlichen Horizont.

222. 1. Man achte (Glashorizont) auf genaueste Horizontierung.

2. Es ist das astronomische Fernrohr zu benutzen, nachdem vorher die angenäherte Einstellung des Winkels mit bloßem Auge erfolgt ist.

3. Um ein Verwechseln der Bilder zu vermeiden, verwende man vor dem großen und kleinen Spiegel verschiedenfarbige Gläser. Es muß dann die Indexverbesserung unter Benutzung der gleichen Gläser bestimmt werden.

4. Bei Beobachtung gleicher Gestirnhöhen benutze man das gleiche Glasdach in der gleichen Stellung; bei allen übrigen Beobachtungen, wenn es sich um Reihenbeobachtungen handelt, ist das Glasdach bei jeder Beobachtung umzusetzen.

5. Bei Flüssigkeitshorizonten beobachte man wegen des Einflusses der Kapillarität möglichst in der Mitte des Horizontes.



### 3. Teil. Chronometerkunde.

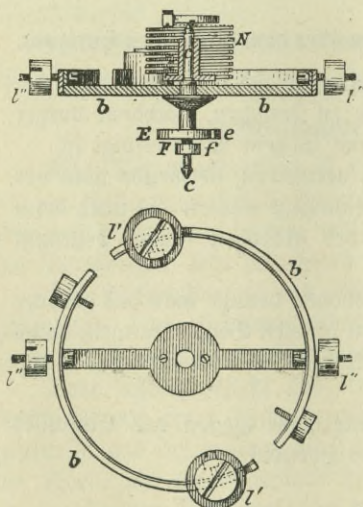
#### 1. Das Chronometer.

Erster Abschnitt.

#### Beschreibung des Chronometers.

1. Das Chronometer ist eine Uhr, aus deren Angabe die mittlere Greenwich-Zeit mit möglichster Genauigkeit abgeleitet werden soll. Zur Verwendung kommen daher nur ganz besonders gut gearbeitete Uhren.

Fig. 1.



#### Das Uhrwerk.

Die Hauptteile des Chronometers sind: der Gangordner, dessen Doppelschwingung stets eine halbe Sekunde dauern soll; die Hemmung, die als Verbindung zwischen Gangordner und Räderwerk dient; das Räderwerk; die Triebkraft, die den Gangordner dauernd antreibt.

Außerdem enthält das Chronometer noch einige besondere Vorrichtungen wie die Temperaturkompensation, das Gegengesper, das Auf- und Abwerk.

2. Der Gangordner besteht aus der Unruhe *bb* (Fig. 1), einem kleinen metallenen Schwungrade, das um eine Achse *cc* drehbar ist, und der Spiralfeder *N*; das eine Ende der Feder ist an der Unruhe, das andere am Gerüst des Uhrwerks befestigt. Die Unruhe kann sich um ihre senkrecht stehende Achse parallel zur Grundplatte des Chronometers drehen. Wird die Unruhe aus der Ruhelage gebracht, so schwingt sie infolge der dabei eintretenden Spannung der Spiralfeder zurück und

wegen des Beharrungsvermögens des Schwungrades über die Ruhelage hinaus; dann kehrt sich die Drehrichtung um, und es würde nach einigen Wiederholungen dieses Vorganges Stillstand eintreten, wenn nicht ein Antrieb, der von der Triebkraft ausgeht, für ständige Erneuerung der Drehbewegung sorgen würde. Dieser Antrieb wird durch das Hemmungsrad auf den Gangordner übertragen.

Fig. 2a.

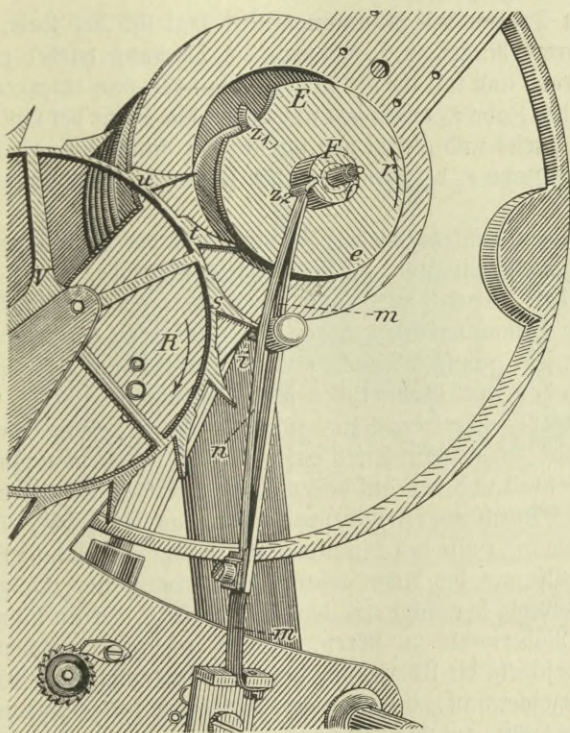
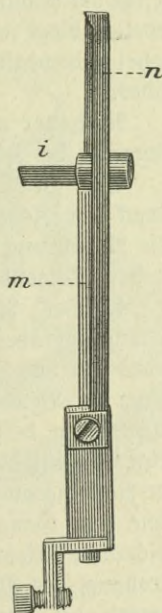


Fig. 2b.



3. Die Hemmung besteht aus den auf der Unruhachse befindlichen Rollen Ee und Ff (Fig. 1 u. 2a), dem Hemmungsrade V (Fig. 2a) und der Hemmungsfeder m, die noch eine schwache Goldfeder n und den Ruhestein i trägt.

Das Hemmungsrad V hat in Folge des Zuges, den die Triebkraft ausübt, das Bestreben, sich ständig in der Richtung R zu drehen; dadurch legt sich der Zahn s gegen den Ruhestein i. Der dann folgende Vorgang läßt sich in drei Hauptabschnitte einteilen:

a) Die Rollen Ee und Ff schwingen mit der Unruhe in der Richtung r; der Zahn  $z_2$  drückt die Goldfeder n gegen die Hemmungsfeder m, beide



weichen nach rechts aus; dadurch kommt der Zahn  $s$  vom Ruhestein  $i$  frei, das Hemmungsrad dreht sich in der Richtung  $R$ .

b) Beim Drehen drückt der Zahn  $u$  für sehr kurze Zeit gegen die gerade Kante des Zahnes  $z_1$  und erteilt somit der Unruhe einen kleinen Antrieb in der Richtung  $r$ ; die Unruhe schwingt weiter, bis sie durch die eintretende Spannung der Spiralfeder zur Umkehr gezwungen wird. Der Zahn  $z_2$  hat inzwischen die beiden Federn  $m$  und  $n$  passiert, beide kehren mit dem Ruhestein  $i$  in die alte Lage zurück.

c) Beim weiteren Drehen des Hemmungsrades legt sich der Zahn  $t$  gegen den zurückgekehrten Ruhestein  $i$ , wodurch die Drehung wieder gehemmt wird. Die Unruhe und mit ihr die Rollen schwingen nun entgegengesetzt der Richtung  $r$ ; der Zahn  $z_2$  drückt jetzt nur gegen die Spitze der Goldfeder  $n$ , biegt sie leicht zurück und gleitet von ihr ab; der Ruhestein  $i$  bleibt dabei unbeweglich. Der Zahn  $z_1$  berührt keinen der Zähne des Hemmungsrades.

Nach der abermaligen Umkehr wiederholt sich dann der beschriebene Vorgang bei jeder Doppelschwingung, d. i. jede halbe Sekunde.

Das Stillstehen der Unruhe wird also durch den obenerwähnten Druck der Zähne des Hemmungsrades gegen den Zahn  $z_1$  verhindert. Die Berührung ist von sehr geringer Dauer, etwa  $\frac{1}{80}$  Sekunde; sie erfolgt in dem Augenblick, in dem der Gangordner seine Ruhelage passiert.

4. Das Räderwerk überträgt die sprungweise Drehung des Hemmungsrades auf die Zeiger. Ein Trieb auf der Achse des Hemmungsrades setzt das Sekundentrad und den auf dessen Achse sitzenden Sekundenzeiger in Bewegung. Durch ein Zwischenrad wird das Großbodenrad angetrieben, dessen Achse die Hülse des Minutenzeigers trägt; der Minutenzeiger ist mit dieser Hülse auf die Achse gestreift und nimmt nur in Folge der Reibung an der Drehung der Achse teil, damit er verstellt werden kann, ohne den Gang des Räderwerks zu stören. Durch mehrere zwischengeschaltete Triebräder geschieht die Übersetzung der verhältnismäßig schnellen Drehung des Minutenzeigers in eine langsame Drehung des Stundenzeigers, der mit seiner Hülse auf die Hülse des Minutenzeigers gesetzt ist.

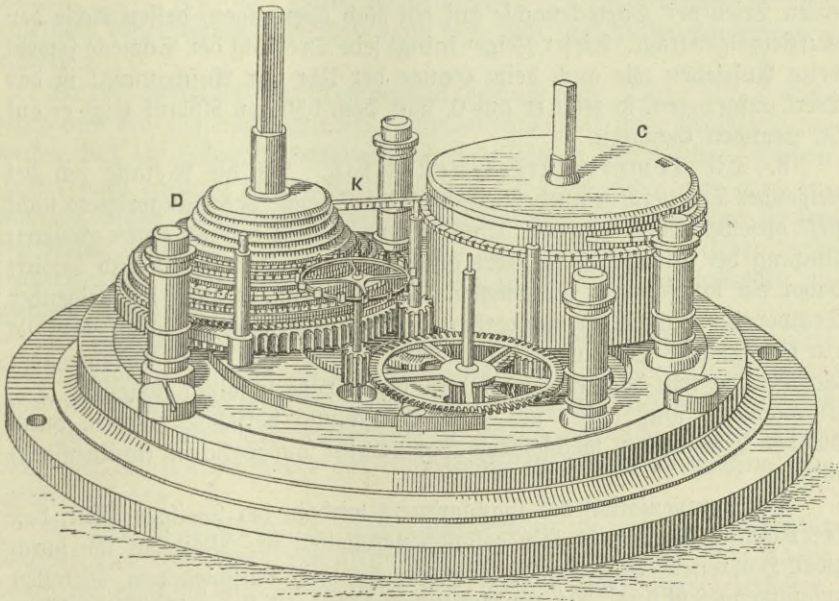
5. Die Triebkraft besteht aus der spiralförmigen Zugfeder und der Schnecke, beide sind durch eine Kette miteinander verbunden.

Die Zugfeder ist eine breite, starke Feder aus hartem Stahl, die in dem trommelförmigen Federhause  $C$  (Fig. 3) untergebracht ist; das eine Ende der Feder ist an der Welle, das andere am Federhause befestigt. Beim Aufziehen der Uhr wird die Feder in enger werdende Windungen um die Welle gerollt, nach dem Aufziehen entspannt sich die Feder wieder und gibt dabei dem Federhause eine Drehung, wodurch das Werk angetrieben wird. Die Spannkraft der Feder ist aber ungleichmäßig, am stärksten solange die Windungen eng sind, dann allmählich nachlassend.



Die Schnecke D (Fig. 3) hat den Zweck, die ungleichmäßig wirkende Federkraft in möglichst gleichmäßiger Weise auf das Räderwerk zu übertragen. Sie hat die Form eines abgestumpften Kegels, dessen Mantel mit schraubenartigen Windungen versehen ist. In diese Windungen legt sich eine Kette K, deren eines Ende in der größten Windung befestigt ist; das andere Ende ist mehrmals um das Federhaus gewickelt und dort befestigt. Beim Aufziehen der Uhr wird die Kette um die Schnecke gewickelt,

Fig. 3.



beim Ablaufen wickelt sie sich auf das Federhaus; hierbei zieht die Feder während ihrer größten Spannung an dem kleinsten Hebelarme der Schnecke, bei allmählich kleiner werdender Spannung an dem entsprechend größer werdenden Hebelarme. Das am Boden der Schnecke sitzende Schneckenrad dreht sich daher gleichmäßig und überträgt diese Drehung auf das übrige Räderwerk.

### Besondere Vorrichtungen des Chronometers.

6. Das Gegengespeerr. Die Aufziehbewegung der Schnecke muß entgegengesetzt der Drehungsrichtung erfolgen, die das Uhrwerk beim Gange hat. Befände sich eine starre Verbindung zwischen Schnecke und Räderwerk, so müßten beim Aufziehen alle Räder und Zeiger zurückgehen,



und die Hemmungsvorrichtung würde zerstört werden. Zur Vermeidung dessen ist zwischen Schnecke und Räderwerk das Gegengesperre eingeschaltet, das aus zwei entgegengesetzt drehbaren Zahnrädern in Verbindung mit einer halbkreisförmigen Feder besteht. Diese Feder, die während der Gangbewegung des Uhrwerks gespannt wird, entspannt sich beim Aufziehen der Uhr und bildet während dieser kurzen Zeit den Antrieb des Chronometers.

7. Das Auf- und Abwerk läßt erkennen, wie lange sich das Uhrwerk in Gang befindet. Die Drehungen der Schnecke werden durch einen Trieb der Schneckenachse auf ein Rad übertragen, dessen Achse den Aufziehzeiger trägt. Dieser Zeiger bringt jede Drehung der Schnecke sowohl beim Aufziehen wie auch beim Gange der Uhr zur Anschauung; ist das Werk aufgezogen, so zeigt er auf 0, nach dem völligen Ablauf zeigt er auf 56 Stunden Gangzeit.

8. Die Temperaturkompensation. Da die Metalle sich bei steigender Temperatur ausdehnen, wird die Speiche des Gangordners nicht stets dieselbe Länge behalten. Eine längere Speiche bedingt einen größeren Umfang der Unruhe, vergrößert also das Trägheitsmoment und bewirkt daher ein langsameres Schwingen. Die Spiralfeder wird bei steigender Temperatur auch länger und verliert dabei an Elastizität, wodurch ebenfalls ein langsameres Schwingen der Unruhe bewirkt wird. Bei abnehmender Temperatur tritt das Umgekehrte ein, die Unruhe schwingt schneller. Das Chronometer muß daher mit einer Einrichtung versehen werden, durch die der Einfluß der wechselnden Temperatur ausgeglichen (kompensiert) wird.

Die Kompensation des Gangordners wird in der Weise bewirkt, daß der Umfang der Unruhe kein geschlossener Reifen ist. Man hat ihn durch zwei Halbreifen *bb* (Fig. 1) gebildet, die aus verschiedenen Metallen zusammengesetzt sind. Auf der Außenseite befindet sich gewöhnlich Messing, das sich stärker ausdehnt als der auf der Innenseite befindliche Stahl. Auf den freien Schenkeln der Halbreifen sind kleine Kompensationsgewichte *l'l'* angebracht, die auf den Schenkeln verschoben werden können. Bei steigender Temperatur biegen sich die freien Schenkel der Unruhe infolge der größeren Ausdehnung des äußeren Messingstreifens nach innen, die Kompensationsgewichte werden dadurch der Unruhachse näher gebracht, und das Trägheitsmoment des Gangordners wird kleiner, d. h. er schwingt schneller. Die entgegengesetzte Wirkung findet bei sinkender Temperatur statt. Die verschiebbaren Gewichte verändern das Trägheitsmoment der Unruhe um so mehr, je näher sie den Enden der Schenkel sind. Die Gewichte müssen so eingestellt werden, daß bei steigender Temperatur das Trägheitsmoment der Unruhe in demselben Verhältnis abnimmt wie die Elastizität der Spiralfeder.



An der Unruhe sind ferner zwei Schrauben l'l' (Fig. 1) angebracht an den Stellen, an denen die Halbreifen auf der Speiche befestigt sind; durch Hineinschrauben in die Speiche läßt sich das Trägheitsmoment des Gangordners verkleinern, durch Heraus-schrauben vergrößern, wodurch die Schwingungen entsprechend schneller oder langsamer werden. Hierdurch kann ein zu großer, von der Temperatur unabhängiger Gang beseitigt werden. Bei der Feinstellung des Chronometers lassen sich diese Schrauben und die Kompensationsgewichte so einstellen, daß bei zwei verschiedenen Temperaturen, z. B. 10° und 30° C der gleiche Gangwert auftritt. Bei den an Bord vorkommenden Temperaturschwankungen innerhalb dieser Grenzen werden dann keine sehr großen Gangänderungen eintreten.

Die bei veränderlicher Temperatur veränderliche Länge der Spiralfeder und die zugleich auftretende Ungleichmäßigkeit ihrer Elastizität bewirken, daß die Schwingungsbogen sich nicht ständig gleichbleiben. Diesem Fehler wird dadurch entgegengewirkt, daß die Spiralfeder eine ganz bestimmte, durch Versuche ermittelte Länge erhält, oder daß ihre Enden die Form bestimmter Kurven erhalten. Eine solche Spiralfeder heißt isochron, d. h. sie vollführt verschieden große Schwingungsbogen in gleichen Zeiträumen.

Da die Stahlteile der Unruhe und der Spiralfeder in starken Magnetfeldern leicht magnetisch werden und außerdem in feuchter Luft rosten, wird bei der Unruhe statt des reinen Stahls vielfach Nickelstahl verwendet und die Spiralfeder aus Palladium hergestellt, wodurch die erwähnten Nachteile, die sich besonders auf Unterseebooten bemerkbar machen, vermieden werden.

**9. Die Aufhängung.** Das Uhrwerk ist in eine Messingbüchse eingeschlossen, die oben einen abschraubbaren Glasdeckel trägt. Die Büchse hängt mittels Ring und Kreuzzapfen (Kardanisch) in dem Chronometerkasten. Am Kasten ist ein Arretierhebel angebracht, der sich in einen Einschnitt des Kardanischen Ringes und in eine Nutte des Gehäuses legen und durch eine Klemmschraube feststellen läßt.

### Die Beobachtungsuhr.

**10.** Die Beobachtungsuhr ist eine gut gearbeitete Taschenuhr, die bei allen Beobachtungen gebraucht wird, bei denen die Zeit nicht unmittelbar am Chronometer abgelesen werden kann. Durch Vergleich der Beobachtungsuhr mit dem Chronometer läßt sich die Chronometerzeit der Beobachtung ermitteln. Die Vorschriften über die Behandlung des Chronometers müssen fünggemäß auch bei der Beobachtungsuhr beachtet werden.



## Zweiter Abschnitt.

**Behandlung und Unterbringung der Chronometer.****Behandlung beim Transport.**

11. a) Das Anbordbringen der Chronometer bei der Indienstellung muß so zeitig wie möglich geschehen, damit noch vor dem Auslaufen des Schiffes etwaige durch den Transport verursachte Unregelmäßigkeiten bemerkt und der Stand und Gang des Chronometers neu bestimmt werden können. In Kiel und Wilhelmshaven haben die Schiffe sich hierzu einige Tage vor dem beabsichtigten Empfang an die Werften zu wenden, um durch deren Vermittlung die Chronometer von dem Chronometer-Observatorium in Kiel und dem Observatorium in Wilhelmshaven zu erhalten. In Danzig werden die Chronometer im Navigations-Kessort aufbewahrt.

Wenn es irgend angängig ist, holt man die Chronometer nur bei trockenem Wetter ab. Der Transport hat stets unter Aufsicht einer Person zu geschehen, die mit den Eigenschaften des Instruments hinreichend vertraut ist (Steuermann).

b) Vor dem Transport sind die Chronometer mittels des Arretierhebels festzustellen, die zugehörige Klemmschraube ist anzuziehen. Die gepolsterten Überkästen sind zu benutzen, um die Chronometer vor scharfen Temperaturänderungen und vor feuchter Luft zu schützen.

c) Beim Tragen muß darauf geachtet werden, daß das Zifferblatt in der horizontalen Lage bleibt.

d) Jede Erschütterung und besonders jede schnelle Drehung in horizontaler Richtung ist zu vermeiden. Durch eine solche Drehung kann entweder die Unruhe zum Stillstand gebracht werden, oder es kann vorkommen, daß die Unruhe in ihrer Schwingungsrichtung zu stark angetrieben wird, so daß sie nicht rechtzeitig umkehrt, sondern zu weit schwingt. Hierdurch wird die Hemmungsfeder zweimal bei derselben Schwingung ausgelöst, der Sekundenzeiger macht daher zwei Sprünge. Dieser Vorgang pflegt sich dann mehrfach zu wiederholen, wodurch der Stand erheblich geändert wird; ferner wird hierdurch die Elastizität der Spiralfeder wesentlich verändert, es kann sogar ein Bruch der Feder eintreten.

e) Beim Fahren im Boot oder Wagen darf man das Chronometer nicht hinstellen, sondern es muß am Riemen des Überkastens in der Hand gehalten werden, um Erschütterungen fernzuhalten.

f) Beim Anbordkommen wird die Arretierung gelöst, die hölzernen Schutzdeckel der Chronometerkasten werden abgenommen, nachdem sie durch Herausziehen des durch die Ösen des Gelenkes hindurchführenden Metallstiftes gelöst sind, und die Chronometer in die gepolsterten Fächer des Spindes gesetzt.



**Behandlung beim Gebrauch.**

12. a) Das Aufziehen der Chronometer ist täglich zur gleichen Stunde von derselben Persönlichkeit auszuführen, im allgemeinen um 8<sup>h</sup> morgens. Man dreht dazu die Büchse im kardanischen Ring vorsichtig mit der linken Hand um, verschiebt die Verschlussscheibe so, daß das Aufziehloch freikommt, und dreht den aufgesteckten Schlüssel mit der rechten Hand 6 bis 7 mal links herum. Dabei zählt man die Umdrehungen, dreht dann gegen Ende sehr vorsichtig weiter, bis ein leichter Widerstand bemerkt wird, welcher anzeigt, daß das Chronometer ganz aufgezo-gen ist. Das Chronometer muß jedesmal vollständig aufgezo-gen werden, damit stets derselbe Teil der Zugfeder zur Wirkung kommt. Hierauf entfernt man den Schlüssel, läßt die Verschlussscheibe in die alte Lage drehen und legt die Büchse vorsichtig wieder horizontal. Der Zeiger des Auf- und Abwerks muß jetzt auf Null stehen. Vor dem Aufziehen der Chronometer liest man die höchste und niedrigste Temperatur ab, die während der letzten 24 Stunden im Spind aufgetreten ist, und nimmt dann die Vergleiche der Chronometer untereinander und der Beobachtungsuhr mit Chronometer I vor. Nach dem Aufziehen stellt man die Extremzeiger wieder an den Temperaturzeiger.

b) Ist ein Chronometer stehen geblieben, so wird es, wenn an-gängig, zu der der Zeigerstellung entsprechenden Zeit in Gang gesetzt. Man setzt den Arretierhebel fest, faßt den Chronometerkasten mit beiden Händen und gibt ihm eine sanfte horizontale Drehung um etwa 60° bis 90°.

c) Will man ausnahmsweise die Zeiger stellen, so stellt man die Büchse vermittels des Arretierhebels fest, schraubt den Glasdeckel ab, setzt den Schlüssel auf das Vierkant des Minutenzeigers und dreht nach rechts bis zur richtigen Einstellung. Eine Drehung nach links würde eine Verletzung der Zähne des Hemmungsrades oder einen Bruch der Unruhachse herbei-führen.

Der Sekundenzeiger darf nicht verstellt werden. Daher ist der Minutenzeiger so zu stellen, daß er mit dem Sekundenzeiger überein-stimmt, d. h. der Minutenzeiger muß genau eine volle Minute zeigen, wenn der Sekundenzeiger auf dem Sekundenblatt die Zahl 60 passiert. Schließlich überzeugt man sich, ob nach der Einstellung der Minutenzeiger frei über den Sekundenzeiger hinweggehen kann; im anderen Fall würde ein Stillstand des Uhrwerks eintreten. Diesem Uebelstande wird durch vorsichtiges Aufbiegen des Minutenzeigers abgeholfen.

d) Sind die Gangänderungen so groß, daß das Chronometer unbrauchbar zur astronomischen Ortsbestimmung wird, so deutet das auf eine Störung im Werke. In diesem Falle ist das Chronometer nicht weiter aufzuziehen, da dadurch der Schaden leicht vergrößert werden kann.

e) Ebenso muß man das Chronometer ablaufen lassen, wenn ein andauernd starkes Zurückbleiben beobachtet wird, da dies ein Zeichen



vom Rosten der Spirale ist, wodurch bei längerem Gebrauch ein Brechen derselben eintreten kann.

f) Bleibt das Chronometer ohne bekannte Ursache stehen, so ist dies noch kein Zeichen, daß eine dauernde Schädigung vorliegt. Man kann es daher mit Vorsicht wieder in Gang setzen. In der Regel wird es aber nach einiger Zeit nochmals stehen bleiben.

Bleibt ein Chronometer zum zweiten Male stehen, so ist es reparaturbedürftig und muß außer Gebrauch gesetzt werden. Der Schaden würde sich in den meisten Fällen vergrößern, wenn das Chronometer wieder in Gang gesetzt würde.

g) Reinigung. Ein gut gehendes Chronometer kann man bis zu fünf Jahren benutzen. Meist wird aber schon nach drei Jahren eine Reinigung nötig, weil das Öl allmählich dickflüssiger wird und durch die vermehrte Reibung die Achsen und Achsenlager angegriffen werden können. Die Reinigung und das neue Ölen geschehen am besten durch den Verfertiger.

Für die rechtzeitige Auswechslung der Chronometer an Bord S. M. Schiffe sorgen das Observatorium in Wilhelmshaven und das Chronometer-Observatorium in Kiel.

h) Eine Anweisung über die Behandlung der Beobachtungsuhr befindet sich in dem der Uhr beigegebenen Begleitbuche. Die Beobachtungsuhr hängt zum Gebrauch im Kartenhause; in heimischen Gewässern wird sie nach mitteleuropäischer Zeit gestellt.

### Das Chronometerspind.

13. Die Chronometer sind an Bord in dem Chronometerspind untergebracht.

Ein Holzkloß von etwa 1 m Höhe ist mit dem Deck fest verbolzt und auf diesem Klotz ein Kasten mit gepolsterten Lagern für die Chronometer und für das Maximum- und Minimumthermometer fest angebracht; oben wird der Kasten durch einen verschließbaren Glasdeckel abgeschlossen. Rings um diesen Klotz und Kasten, in einem Abstände von etwa 4 cm, ist ein Spind herumgebaut, welches oben durch einen aufklappbaren Holzdeckel zu verschließen ist. Durch diesen doppelten Verschluß werden die Chronometer gegen Erschütterungen des Chronometerspindes, gegen das Eindringen der Feuchtigkeit und gegen Temperatureinflüsse möglichst geschützt.

Für die Wahl des Ortes sind folgende Gesichtspunkte maßgebend:

a) Der Ort für das Spind muß möglichst vor den Einflüssen der Schiffsbewegungen geschützt sein; daher ist die Aufstellung mittschiffs, fern den Schiffsenden, tief im Schiff, nicht in der Nähe von Maschinen oder unter schweren Geschützen, am besten.

b) Die Temperatur muß möglichst gleichmäßig sein und darf weder über 35° C steigen noch unter +5° C sinken. Daher ist die Nähe der



Maschinenräume, Lufts und Niedergänge zu vermeiden und ein möglichst tiefer, heizbarer Raum zu wählen.

c) Rost und Magnetismus der Stahlteile müssen verhindert werden. Daher dürfen die Chronometer nicht in feuchten Räumlichkeiten oder in der Nähe der elektrischen Anlagen oder größerer vertikaler Eisenmassen aufgestellt werden.

d) Zufällige Störungen sind zu vermeiden. Daher darf das Spind nicht in den Wohnräumen der Mannschaft aufgestellt sein.

e) Der Ort muß leicht zugänglich und zu erleuchten sein.

Falls die Chronometer an Bord an einem andern Ort untergebracht werden müssen, z. B. bei Klarschiff, stellt man sie zweckmäßig in die Transportkästen, die man festschraubt. Es empfiehlt sich hierbei, die Kästen mit einer trocknen wollenen Decke einzuhüllen, um sie vor Feuchtigkeit und Temperaturwechsel zu schützen.

### Dritter Abschnitt.

### Stand und Gang.

#### Erklärungen.

14. Wenn ein Chronometer an einem Tage genau die mittlere Greenwich-Zeit angibt, so wird sich dieser Zustand nicht für längere Zeit aufrechterhalten lassen, sondern das Chronometer wird nach einigen Tagen mehr anzeigen, dann ist es vorgeeilt gegen die mittlere Greenwich-Zeit, oder es wird weniger angeben, dann ist es zurückgeblieben. Der Grund hierfür liegt in der Unvollkommenheit des Uhrwerks und in den störenden Einflüssen, denen das Chronometer wie jede Uhr unterworfen ist.

Um mittlere Greenwich-Zeit zu erhalten, muß daher an die vom Chronometer abgelesene Zeit ein Betrag durch Rechnung angebracht werden, den man Stand nennt; also:

$$\text{MGZ} = \text{Chr. Z.} + \text{Stand};$$

$$\text{hieraus ergibt sich: } \text{Stand} = \text{MGZ} - \text{Chr. Z.}$$

$$= \text{MGZ} - \text{I (II, III)};$$

durch I (II, III) wird kurz die Zeitangabe des Chronometers I (II, III) bezeichnet.

Stand ist der Unterschied der Chronometerzeit gegen die mittlere Greenwich-Zeit.

Zeigt das Chronometer mehr als die mittlere Greenwich-Zeit, so muß der Stand abgezogen werden, er ist minus (—); zeigt es weniger, so muß der Stand zugezählt werden, er ist plus (+), um mittlere Greenwich-Zeit zu ergeben.



Regel. Man erhält die mittlere Greenwich-Zeit, wenn man auf die Chronometerzeit den Stand mit seinem Vorzeichen anbringt.

Beispiele: 1. 
$$\begin{array}{r} I = 5^h 16^m 2^s \\ \text{Stand von } I = \text{MGZ} - I = +0 \quad 4 \quad 10 \\ \hline \text{MGZ} = 5^h 20^m 12^s \end{array}$$

2. 
$$\begin{array}{r} I = 23^h 30^m 8^s \\ \text{MGZ} - I = -1 \quad 10 \quad 3 \\ \hline \text{MGZ} = 22^h 20^m 5^s \end{array}$$

Soll aus der bekannten mittleren Greenwich-Zeit und der Chronometerablesung der Stand bestimmt werden, so wird die Chronometerzeit algebraisch von der mittleren Greenwich-Zeit subtrahiert. Stände, die größer als sechs Stunden sind, vermeidet man, indem man zur kleineren Stundenzahl  $12^h$  zuzählt, oder indem man den Stand von  $12^h$  abzieht und ihm das umgekehrte Vorzeichen gibt.

Beispiele.

1. 
$$\begin{array}{r} \text{MGZ} = 6^h 25^m 10^s \\ I = 5 \quad 8 \quad 2 \\ \hline \text{MGZ} - I = +1^h 17^m 8^s \end{array}$$

2. 
$$\begin{array}{r} \text{MGZ} = 10^h 0^m 0^s \\ I = 11 \quad 20 \quad 18 \\ \hline \text{MGZ} - I = -1^h 20^m 18^s \end{array}$$

3. 
$$\begin{array}{r} \text{MGZ} = 1^h 25^m 36^s \\ I = 8 \quad 11 \quad 16 \\ \hline \text{MGZ} - I = +5^h 14^m 20^s \end{array}$$

4. 
$$\begin{array}{r} \text{MGZ} = 8^h 10^m 40^s \\ I = 1 \quad 3 \quad 25 \\ \hline \text{MGZ} - I = +7^h 7^m 15^s \\ = -4 \quad 52 \quad 45 \end{array}$$

Vorzeichenregel: MGZ größer als Chr. Z.: Stand ist +  
MGZ kleiner als Chr. Z.: Stand ist -.

15. Der Stand des Chronometers wird aus den unter 17 aufgeführten Gründen nicht immer unverändert bleiben; die tägliche Standänderung heißt Gang (g).

Gang ist die Standänderung in 24 Stunden.

Durchläuft das Chronometer an einem Tage mehr als  $24^h 0^m 0^s$ , so ist der Gang gewinnend, das Chronometer eilt vor; durchläuft es weniger als  $24^h 0^m 0^s$ , so ist der Gang verlierend, das Chronometer bleibt zurück. Voreilender Gang wird mit minus (-), zurückbleibender mit plus (+) bezeichnet.

Regel: g ist +, wenn das Chronometer zurückbleibt (verliert),  
g ist -, wenn das Chronometer voreilt (gewinnt).

Beispiele.

1. alter Stand = +  $4^m 16^s$       2. alter Stand = -  $10^m 3^s$   
g = +      2      g = +      1  
neuer Stand = +  $4^m 18^s$       neuer Stand = -  $10^m 2^s$

3. alter Stand = +  $0^m 1^s$       4. alter Stand = -  $0^m 3^s$   
g = -      3      g = +      4  
neuer Stand = -  $0^m 2^s$       neuer Stand = +  $0^m 1^s$

Da der Gang die Standänderung in 24 Stunden ist, so ergibt er sich durch Vergleich zweier Stände, die um 24 Stunden auseinander liegen. Nach den vorstehenden Erklärungen gilt dafür folgendes:

Ist der + Stand größer geworden, so ist  $g +$   
 = = + = kleiner = , = =  $g -$   
 = = — = größer = , = =  $g -$   
 = = — = kleiner = , = =  $g +$ .

Aus den nachstehenden Beispielen ist zur Bestimmung des Vorzeichens von  $g$  folgende Regel erkennbar:

Regel. Subtrahiere den zeitlich ersten Stand algebraisch vom zweiten, der Unterschied ist der Gang.

$$g = S_2 - S_1.$$

Beispiele.

7. 12. MGG—I=+1 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 18,5 <sup>s</sup>	MGG—II=+0 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 12,0 <sup>s</sup>	MGG—III=+0 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 2,5 <sup>s</sup>
8. 12. MGG—I=+1 10 20,0	MGG—II=+0 4 11,0	MGG—III=-0 0 0,5
$g = +$ 1,5	$g = -$ 1,0	$g = -$ 3,0
15. 9. MGG—I=-4 0 14,3	MGG—II=-3 20 0,5	MGG—III=-0 0 1,0
16. 9. MGG—I=-4 0 15,8	MGG—II=-3 19 58,3	MGG—III=+0 0 0,3
$g = -$ 1,5	$g = +$ 2,2	$g = +$ 1,3

**16. Der Normalgang ( $g_0$ )** ist der Gang bei einer Temperatur von 20° C (siehe unter 18). Beim Vorherrschen einer anderen Temperatur im Chronometerspind hat das Chronometer einen anderen Gang ( $g$ ); um diesen zu erhalten, muß eine Temperaturverbesserung ( $t_v$ ) ihrem Vorzeichen entsprechend an  $g_0$  angebracht werden. Diese Verbesserung wird aus dem Chronometerbegleitbuche genommen, das die Verbesserungen für jeden Grad von 10° bis 30° enthält;

$$g = g_0 + t_v.$$

Sind der Gang und die Temperaturverbesserung bekannt, so ergibt sich der Normalgang durch Umstellung der obigen Formel:

$$g_0 = g - t_v.$$

Regel. Die Temperaturverbesserung mit umgekehrtem Vorzeichen auf den Gang angebracht gibt den Normalgang.

### Gangstörungen.

**17.** Von den verschiedenen Einflüssen, die den regelmäßigen Gang des Chronometers erfahrungsgemäß erheblich stören, ist nur der Einfluß, den die wechselnde Temperatur ausübt, rechnerisch zu verfolgen, während die anderen sich jeder Berechnung entziehen.

a) Temperatur. Die Temperaturveränderung bewirkt:

1. Änderung der Elastizität der Spirale,
2. Änderung in den Abmessungen der Metallteile des Uhrwerks,
3. Änderung in der Beschaffenheit des Öls.



Bei steigender Temperatur dehnt sich die Unruhe aus, dadurch wird ihr Trägheitsmoment größer, gleichzeitig verliert die Spiralfeder an Elastizität; beides bedingt ein langsameres Schwingen des Gangordners, also einen verlierenden Gang. Bei sinkender Temperatur tritt das Umgekehrte ein. Dieser Einfluß des Temperaturwechsels läßt sich größtenteils durch die Temperaturkompensation aufheben.

Das Öl ist bei verschiedenen Temperaturen in verschiedenem Maße flüchtig, wodurch die Reibung der Metallteile ungleichmäßig wird.

b) Änderung in der Beschaffenheit des Öls. Im allgemeinen ist anzunehmen, daß das Öl nach Ablauf von drei Jahren dickflüssiger wird und kleine Verunreinigungen enthält, wodurch sich die Reibung an den Zapfen vergrößert. Die Folge davon sind kleinere und daher schnellere Schwingungen der Unruhe, woraus sich ein voreilender Gang ergibt. Es ist daher meist erforderlich, daß das Chronometer ungefähr alle drei Jahre gereinigt wird.

c) Schiffsbewegungen und Erschütterungen. Stampfen und Schlingern des Schiffes verursachen durchweg ein Voreilen, Stöße ein Zurückbleiben des Chronometers. Es ist eine häufig beobachtete Erscheinung, daß der Gang für einige Zeit nach dem Transport des Chronometers an Bord einen anderen Wert annimmt; der Gang auf See ist auch häufig ein etwas anderer als der Gang am Lande. Das Chronometer muß daher nach Möglichkeit vor Erschütterungen, z. B. beim Transport oder bei Reparaturarbeiten in der Nähe des Spindes oder durch in der Nähe aufgestellte Maschinen bewahrt werden.

d) Magnetismus. Wenn sich das Chronometer im Wirkungsbereiche eines starken Magnetfeldes befindet, so werden einzelne Stahlteile, namentlich die des Gangordners, magnetisch, wodurch der Gang stark unregelmäßig wird. Das magnetische Feld kann ausgehen von Dynamomaschinen oder auch von größeren Eisenmassen, die induzierten Magnetismus aufnehmen. Gegen Störungen infolge magnetischer Kräfte werden mit Erfolg die unter 8. erwähnten Palladiumspiralen und Nickelstahlunruhen angewandt. Nach neueren Versuchen scheint die Anwendung eines Gehäuses aus weichem Eisen guten Schutz gegen magnetische Einflüsse zu bieten.

Blitzschläge, die das Schiff treffen, können durch ihre magnetische Wirkung ebenfalls erhebliche Gangstörungen verursachen.

e) Luftfeuchtigkeit. Die an Bord vorherrschende feuchte Luft verursacht feine Niederschläge am Gangordner und begünstigt die Rost- und Schimmelbildung; das Trägheitsmoment der Unruhe wird dadurch vergrößert, und ein Zurückbleiben ist die Folge. Schon ein kleiner Rostfleck auf der Spiralfeder kann ein Zurückbleiben um mehrere Sekunden täglich bewirken. Die häufige Erscheinung, daß das Chronometer nach dem Ortswechsel von Land an Bord zurückbleibt, ist aus der vermehrten Luftfeuchtigkeit in Verbindung mit den beim Transport erlittenen Stößen zu erklären.



f) Neigung. Wenn das Chronometer infolge mangelhafter Aufhängung in den Kreuzzapfen statt in der horizontalen in einer geneigten Lage hängt, wird sich in den meisten Fällen ein zurückbleibender Gang einstellen. Die Kardanische Aufhängung muß daher dem Chronometer eine leichte Bewegung beim Schlingern und Stampfen des Schiffes gestatten, darf aber nicht so locker sein, daß die Büchse schlottert.

### Die Gangformel.

18. a) Da die Temperaturkompensation nur gleiche Gangwerte für zwei bestimmte Temperaturen schafft, nimmt der Gang des Chronometers bei anderen Temperaturen etwas andere Werte an. Zur Berechnung des Ganges ( $g$ ) bei einer beliebigen Temperatur dient die Gangformel

$$g = g_0 + a(t - t_0) + b(t - t_0)^2,$$

in der  $g_0$  den Normalgang,  $t$  eine beliebige und  $t_0$  die Temperatur beim Normalgange, d. i.  $20^\circ \text{C}$ , bedeutet; damit lautet die Gangformel:

$$g = g_0 + a(t - 20^\circ) + b(t - 20^\circ)^2.$$

Die Koeffizienten  $a$  und  $b$  sind zwei dem einzelnen Chronometer eigene, im allgemeinen für längere Zeit unveränderliche Größen, die auf den Chronometer-Observatorien oder auf der Seewarte durch eine Beobachtungssreihe bestimmt werden. Das Chronometer wird hierbei je zehn Tage lang den erst fallenden, dann wieder steigenden Temperaturen

$$30^\circ \quad 25^\circ \quad 20^\circ \quad 15^\circ \quad 10^\circ \quad 10^\circ \quad 15^\circ \quad 20^\circ \quad 25^\circ \quad 30^\circ$$

ausgesetzt, und für jeden Zeitraum wird der mittlere tägliche Gang festgestellt. Durch Einsetzen der erhaltenen Gangwerte und der zugehörigen Temperaturen in die obige Formel lassen sich dann  $g_0$  sowie  $a$  und  $b$  ermitteln, und aus diesen Größen die Gangwerte für andere Temperaturen als die angeführten berechnen.

Als Normaltemperatur ist  $20^\circ \text{C}$  gewählt worden, weil diese Temperatur den Aufbewahrungsräumen an Bord S. M. Schiffe am besten entspricht. Früher wurde  $15^\circ \text{C}$  als Normaltemperatur angenommen; es ist daher erforderlich, sich beim Gebrauche des Chronometers zu vergewissern, für welche Temperatur  $g_0$  Gültigkeit hat.

Setzt man in der Gangformel den Ausdruck

$$a(t - 20^\circ) + b(t - 20^\circ)^2 = t_v,$$

d. i. die Temperaturverbesserung, so lautet die an Bord gebrauchte Formel für den Gang bei einer beliebigen Temperatur:

$$g = g_0 + t_v.$$

Die Temperaturverbesserungen sind im Begleitbuche des Chronometers für jeden Grad zwischen  $10^\circ$  und  $30^\circ \text{C}$  angegeben, ebenfalls findet man dort den Normalgang sowie die Größen  $a$  und  $b$ .

b) Wenn  $g_0$  sich geändert hat, kann es nach einer zuverlässigen Standbestimmung neu berechnet werden. Die Umstellung der letzten Formel ergibt



hierfür  $g_0 = g - t_v$ ; setzt man für  $g$  den neuermittelten Gang ein, für  $t_v$  die mittlere Temperaturverbesserung  $t_{v,m}$ , d. i. diejenige Verbesserung, die für das Mittel aus den Tagestemperaturen seit der letzten Standbestimmung gilt, so erhält man den neuen Normalgang nach der Formel:

$$g_0 = g - t_{v,m}.$$

### Chronometervergleiche.

19. a) Auf See, wenn keine Standbestimmungen gemacht werden können, kann man ein sicheres Urteil über die Zuverlässigkeit eines Chronometers nur durch Vergleiche mit anderen Chronometern gewinnen. Deshalb sind alle größeren Schiffe mit drei Chronometern ausgerüstet. Die Vergleiche werden täglich in das Chronometertagebuch eingetragen; man benutzt sie zur Prüfung des Ganges der Chronometer.

b) Die Vergleiche werden jeden Morgen zu derselben Zeit nach dem Aufziehen der Chronometer vorgenommen, wozu man sich ein passendes Muster zum Eintragen der Zahlen entwirft.

Man vergleicht von links nach rechts. Sobald das linksstehende Chronometer (I) eine volle Minute zeigt, beginnt man, die Schläge desselben zu zählen (zwei in der Sekunde) und sieht von fünf—ne auf den Sekundenzeiger des rechtsstehenden (II), bis zehn—ne nach dem Gehör weiter zählend; dann notiert man die Angaben beider Uhren. Bei 20<sup>s</sup> des Chronometers I beginnt man wieder, und erhält in derselben Weise bei 30<sup>s</sup> einen Vergleich zwischen I und III. Ebenso vergleicht man II und III. Eine Kontrolle für die Richtigkeit der abgelesenen Sekunden läßt sich durch Wiederholung des Verfahrens bei einer beliebig gewählten Zehnersekunde anstellen.

Nach dem Vergleich der Chronometer untereinander vergleicht man noch die Beobachtungsuhr mit Chronometer I. Nach einiger Übung ist man imstande, die Vergleiche auf 0,5<sup>s</sup> genau auszuführen.

Die algebraischen Differenzen II—I, III—I und III—II ergeben die Stände der einzelnen Chronometer gegeneinander, z. B. bedeutet II—I den Betrag, der mit seinem Vorzeichen an I angebracht werden muß, um II zu erhalten.

Beispiel.

		Zur Kontrolle
I =	7 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 10 s	40 s
II =	7 25 25,5	55,5
// II - I =	+ 0 20 15,5	15,5
I =	7 5 30	10
III =	6 56 50,5	30,0
// III - I =	- 0 8 39,5	40,0
II =	7 27 10	50
III =	6 58 15	55
// III - II =	- 0 28 55	55



Die Vorzeichen ergeben sich durch algebraische Subtraktion. Man vermeidet auch hier Werte größer als sechs Stunden wie bei den Ständen.

Eine Kontrolle für die Richtigkeit der Vergleiche hat man durch die Gleichung:

$$(III-I) - (III-II) = (II-I),$$

d. h. die Differenz der beiden Vergleiche des Chronometers III ist gleich dem Vergleich von I und II. Beim obigen Beispiel ist:

$$III-I = -0^h 8^m 39,5^s$$

$$III-II = -0 28 55,0$$

$$II-I = +0 20 15,5.$$

Diese regelmäßig beim Aufziehen der Chronometer genommenen Vergleiche gelten streng genommen nur für diesen Zeitpunkt. Sollen Vergleiche zu einer anderen Zeit Verwendung finden, z. B. bei Standbestimmungen, so müssen sie für diese wiederholt werden.

c) Zur Errechnung der mittleren Greenwich-Zeit benutzt man Chronometerzeit und Stand des besten Chronometers, also in der Regel des Chronometers I.

Kleine vorübergehende Störungen sollen nicht gleich als Veranlassung genommen werden, die Chronometer zu wechseln; erst häufiger auftretende oder dauernde Unregelmäßigkeiten im Gange des Chronometers I, durch sorgfältige Beobachtungen festgestellt, machen einen Wechsel notwendig.

d) Der Stand des Chronometers I wird täglich aus dem Chronometertagebuch entnommen, auf volle Sekunden abgerundet und auf einem Zettel mit Datum im Kartenhaus ausgehängt zur Benutzung bei nautischen Rechnungen. Wenn auf längeren Seereisen häufig astronomische Rechnungen angestellt werden, empfiehlt es sich, den für den mittleren Greenwicher Mittag vorausberechneten Stand von I in das Nautische Jahrbuch auf den breiten Rand der ersten Seite des betreffenden Monats in Höhe des Datums einzutragen. Streng genommen gilt dieser Stand nur für den mittleren Greenwicher Mittag, für genauere Beobachtungen muß er für den Augenblick der Beobachtung durch Einschalten verbessert werden.

e) Die Beobachtungsuhr wird bei allen Beobachtungen gebraucht, bei welchen man die Chronometerzeit der Beobachtung nicht unmittelbar an dem Chronometer ablesen kann.

Man bestimmt die Zeit der Beobachtung nach der Beobachtungsuhr (U) und findet die Chronometerzeit der Beobachtung aus U und dem Uhrvergleich mit dem Chronometer I, I-U.

Beispiele.

$$\begin{array}{r} U = 1^h 5^m 25^s \\ I - U = + 1 2 5 \\ \hline I = 2 7 30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} U = 11^h 0^m 0^s \\ I - U = + 2 0 0 \\ \hline I = 1 0 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} U = 1^h 0^m 0^s \\ I - U = - 5 0 0 \\ \hline I = 8 0 0 \end{array}$$



Erhält man eine Zeit  $> 12^h$ , so zieht man  $12^h$  ab, ist  $I-U > U$ , so legt man  $12^h$  zu.

Dieser tägliche Uhrvergleich wird morgens nach dem Aufziehen der Chronometer genommen und ebenfalls auf dem Zettel im Kartenhaus aufgeschrieben.

Bei genaueren Rechnungen (Chronometerkontrolle) muß man die Änderung des Uhrvergleichs berücksichtigen, indem man vor und nach der Beobachtung Uhrvergleiche nimmt und dieselben mittelt für die Zeit der Beobachtung.

### Das Chronometerbegleitbuch.

20. a) Für jedes Chronometer ist im Observatorium ein Chronometerbegleitbuch angelegt, das mit dem Chronometer an Bord gegeben wird. Bei Rückgabe des Chronometers sollen dort Bemerkungen über die Verwendung des Chronometers sowie sämtliche Angaben eingetragen werden, die bei einer späteren Benutzung von Wert sein können.

Das Begleitbuch enthält alle für das Chronometer wichtigen Angaben über vorgenommene Reparaturen, Reinigung, Prüfung, Bauart, Herkunft usw.

Ferner sind dort angegeben:

- die Wertzahlen für die Güte des Chronometers;
- die Koeffizienten  $a$  und  $b$ ;
- die Temperaturberichtigungstabelle;
- der Normalgang  $g_0$ ;
- der am Ablieferungstage auf dem Observatorium bestimmte Stand.

Alle diese Angaben entnimmt man dem Vordruck der zuletzt ausgefüllten Seiten des Begleitbuches.

b) Nach ihrer Güte werden die Chronometer in vier Klassen eingeteilt, I bis IV. Die Klasse wird an Land durch eine längere Prüfung bei verschiedenen Temperaturen festgestellt; etwaige sprungweise Änderungen des Ganges haben eine Herabsetzung der Klasse zur Folge.

Schiffe auf außerheimischen Stationen erhalten die besten Chronometer. Im allgemeinen erhält jedes größere Schiff drei, kleinere Schiffe in heimischen Gewässern und Torpedoboote ein Chronometer.

An Bord erhält das beste Chronometer die Bezeichnung I, das schlechteste die Bezeichnung III. Bei mehreren Chronometern derselben Klasse ist dasjenige das beste, dessen Fehlerwert  $A + 2B + C$  am kleinsten ist; dieser Wert ist bei der Angabe der Klasse im Begleitbuche zu finden. Mit der Zeit ändern sich öfter die ursprünglichen Güteverhältnisse der Chronometer, man muß sich dann selber aus dem Verhalten der Instrumente gegeneinander ein Urteil bilden, welches man als bestes seinen Rechnungen zugrunde zu legen hat.



### Das Chronometertagebuch.

21. Das Tagebuch dient dazu (s. nebenstehendes Muster):

a) auf der linken Seite:

für jeden Tag im voraus die Stände der einzelnen Chronometer unter Berücksichtigung der Temperatur zu errechnen für den praktischen Gebrauch bei den astronomischen Rechnungen;

b) auf der rechten Seite:

durch die täglichen Vergleiche der 3 Chronometer untereinander festzustellen:

1. wie groß die Genauigkeit der Stände und damit der mittleren Greenwich-Zeiten ist,
2. ob die auf der linken Seite verwandten Normalgänge noch richtig sind, oder ob sie sich geändert haben,
3. ob Sprünge vorgekommen sind.

Die Bestimmungen über die Führung des Tagebuches sind demselben vorgegedruckt.

Spalte 16 ist die wichtigste, Spalte 14 und 15 — die täglichen Chronometervergleiche — dienen nur zur Errechnung von Spalte 16.

In dieser Spalte sieht man:

a) den Genauigkeitsgrad der Stände.

Sind die Stände richtig, so muß die mittlere Greenwich-Zeit, welche man aus dem einen Chronometer errechnet (durch Anwendung eines Standes), dieselbe sein, wie die aus den beiden anderen errechneten. Sind einer oder mehrere Stände falsch, so sind die Greenwich-Zeiten verschieden. Diesen Unterschied der Greenwich-Zeiten zeigt die Spalte 16 an, er ist daher ein angenähertes Maß für die Genauigkeit der Chronometerstände.

b) die Richtigkeit der Gänge und langsame oder sprungweise Gangänderungen.

Ist  $d > 0$ , bleibt es aber annähernd gleich groß, so sind zwar die Stände falsch; da aber die Standfehler sich nicht ändern, sind die Gänge richtig. Eine Standbestimmung ist nötig.

Nimmt  $d$  gleichmäßig ab oder zu, so sind die Normalgänge  $g_0$  nicht mehr richtig bei einem oder beiden Chronometern. Stand- und Gangbestimmung ist nötig.

Welches Chronometer den falschen Gang gehabt hat, erkennt man erst nach der Standbestimmung aus Spalte 11 bis 13. Dasjenige Chronometer, dessen Stand sich als richtig herausstellt, hatte einen richtigen Gang, dasjenige, bei dem sich ein erheblicher Standfehler in Spalte 11 bis 13 zeigt, hatte einen falschen Gang.

Nimmt  $d$  plötzlich zu oder ab, oder tritt in der normalen Zu- oder





Abnahme eine starke Änderung ein, so hat eine plötzliche sprunghafte Gangänderung stattgefunden, besondere Vorsicht ist nötig.

c) das Vorkommen von Sprüngen.

Sprünge kommen manchmal aus unbekanntem Gründen vor. Die Chronometer behalten ihren Gang bei, nur der Stand ändert sich plötzlich. Hierbei wird d an einem Tage größer oder kleiner, ohne daß eine Änderung in der gewöhnlichen Ab- oder Zunahme am nächsten Tage festgestellt werden kann. Eine neue Standbestimmung ist nötig. Die Größe des Sprunges ergibt Spalte 17, es ist der Unterschied in Spalte 17 an dem Tage, an welchem der Sprung stattfand, gegenüber den bisherigen Werten.

Welches Chronometer eine Unregelmäßigkeit hat (Sprung oder sprunghafte Gangänderung), erkennt man aus Spalte 16. Tritt z. B. eine Unregelmäßigkeit in der ersten Spalte 16 und in der letzten Spalte 16 auf, dagegen nicht in der mittleren, so ist daran einmal I oder II und ferner II oder III beteiligt, aber nicht I oder III. Es muß also die Unregelmäßigkeit an II liegen.

d) Nach den Bestimmungen über die Führung des Tagebuches ist die Ausfüllung der Spalte 8 (Temperaturverbesserung) freigestellt. Ob man die Temperaturverbesserung zweckmäßigerweise anwendet oder sie besser unberücksichtigt läßt, hängt von ihrer Größe und von ihrer Stetigkeit ab. Über die Größe gibt das Begleitbuch des Chronometers Aufschluß, während man ein Urteil über die Stetigkeit nur auf Grund von längeren Beobachtungen erhält. Durch Vergleiche zwischen dem beobachteten und dem mit und ohne Temperaturverbesserungen errechneten Stand wird man sich darüber klar werden müssen, ob die Anwendung der Temperaturverbesserungen einen Vorteil darstellt oder nicht. Bis diese Beobachtungen vorliegen, berücksichtigt man zweckmäßigerweise die Temperaturverbesserungen.

## II. Chronometerkontrolle.

Erster Abschnitt.

### Standbestimmungen.

#### Allgemeines Verfahren.

22. a) Die astronomische Ortsbestimmung durch Standlinien hat die genaue Kenntnis der mittleren Greenwich-Zeit zur Voraussetzung. Ein Fehler im Chronometerstande bringt daher eine falsche Greenwich-Zeit in die Rechnung und verlegt demnach die Standlinie in ost-westlicher Richtung. Infolge der mannigfachen Gangstörungen wird der Stand selbst eines guten Chronometers mit der Zeit unsicher, eine häufige Kontrolle des Standes ist demnach unbedingt notwendig.



b) Zur Standbestimmung ist nötig die Kenntnis der MÖZ und die Angabe des Chronometers zu diesem Zeitpunkte.

$$\text{Stand} = \text{MÖZ} - \text{I.}$$

Beispiel.

$$\text{MÖZ} = 11^{\text{h}} 0^{\text{m}} 0^{\text{s}} \text{ Nm. 7. 10.}$$

$$\text{I} = 1 \ 5 \ 25,5$$

$$\text{MÖZ} - \text{I} = - \ 2 \ 5 \ 25,5 \ \text{z. B. d. Beob., d. i. am 7. 10. um } 11^{\text{h}} \text{ Nm. MÖZ.}$$

c) Für das Chronometertagebuch braucht man den Stand zur Zeit des mittleren Greenwicher Mittagess. An den beobachteten Stand muß daher noch der Gang für die Stunden bis zum nächsten mittleren Greenwicher Mittag angebracht werden. Diese Anzahl Stunden und Minuten heißt die Zwischenzeit (Zw. Z.), der Gang in der Zwischenzeit wird mit  $\Delta g$  bezeichnet. Es ist dann

$$\begin{aligned} \text{für } 24^{\text{h}} & : g = g_0 + t_v \\ & = 1^{\text{h}} \text{ Zw. Z.} & : \Delta g = \frac{g_0 + t_v}{24} = \frac{g}{24} \\ & = \text{mehrere Stunden Zw. Z.} : \Delta g = \frac{g}{24} \cdot \text{Zw. Z.} \end{aligned}$$

Der Bruch  $\frac{\text{Zw. Z.}}{24}$  heißt der Tagesbruch (Tbr.), der aus N. 2. 27 zu entnehmen ist; daher ist

$$\Delta g = g \cdot \text{Tbr.}$$

Der beobachtete Stand wird nach den beiden Formeln für  $g$  und  $\Delta g$  auf den nächsten mittleren Greenwicher Mittag umgerechnet. Hierbei ist zu beachten, daß  $\Delta g$  bei einer Vorwärtsverbesserung (MÖMitg. später als Beobachtung) das gleiche Vorzeichen wie  $g$ , bei Rückwärtsverbesserung (MÖMitg. früher als Beobachtung) das umgekehrte Vorzeichen wie  $g$  erhält.

Beispiel.

Am 14. Mai wurde beobachtet

$$\text{MÖZ} = 7^{\text{h}} 5^{\text{m}} 40^{\text{s}} \text{ Nm.}$$

$$\text{I} = 7 \ 3 \ 31$$

$$g_0 = +1,5^{\text{s}}; \text{ am 14. 5. } t_v = +0,5^{\text{s}}.$$

Gesucht der Stand für das Tagebuch am 14. 5.

$$g = g_0 + t_v; \Delta g = g \cdot \text{Tbr.}$$

$$g_0 = +1,5^{\text{s}}$$

$$t_v = +0,5$$

$$g = +2,0$$

$$\text{Tbr.} = 0,30$$

$$\text{(Produkt) } \Delta g = -0,6$$

$$\text{MÖZ} = 7^{\text{h}} 5^{\text{m}} 40^{\text{s}} \text{ Nm. 14. 5.}$$

$$\text{I} = 7 \ 3 \ 31$$

$$\text{MÖZ} - \text{I} = +0 \ 2 \ 9 \ \text{z. B. d. Beob.}$$

$$\Delta g = -0,6$$

$$\text{MÖZ} - \text{I} = +0 \ 2 \ 8,4 \ \text{f. d. Tagebuch}$$

$$\begin{aligned} \text{MÖZ d. Beob.} & = 7^{\text{h}} 5^{\text{m}} 40^{\text{s}} \text{ Nm. 14. 5.} \\ \text{für } 7^{\text{h}} 5,7^{\text{m}} \text{ Tbr.} & = 0,30 \text{ N. 2. 27.} \end{aligned}$$

Rückwärtsverbesserung, da MÖZ der Beob. Nachmittags, also  $\Delta g$  umgekehrtes Vorzeichen wie  $g$ .

## Regeln:

1.  $g_0$  und  $t_v$  vom letzten Tage aus dem Tagebuch nehmen;  
 $g = g_0 + t_v$ .
2.  $\Delta g = g \cdot \text{Tbr.}$   
 bei Vorwärtsverbesserung  $\Delta g$  gleiches Vorzeichen wie  $g$ ,  
 bei Rückwärtsverbesserung  $\Delta g$  umgekehrtes Vorzeichen wie  $g$ .
3. Stand für Tagebuch = beobachteter Stand +  $\Delta g$ .

d) Soll aus dem für den mittleren Greenwich Mittag geltenden Tagebuchstande der Chronometerstand für eine später oder früher gemachte Beobachtung berechnet werden, so wird zur Ermittlung von  $\Delta g$  dasselbe Verfahren angewandt; die Vorzeichenregel für  $\Delta g$  lautet dann: bei einer Vorwärtsverbesserung (Beobachtung später als MGMTg.) hat  $\Delta g$  das gleiche Vorzeichen wie  $g$ , bei Rückwärtsverbesserung (Beobachtung früher als MGMTg.) das umgekehrte Vorzeichen wie  $g$ .

## Beispiel.

Am 5. 12. war der Stand nach dem Tagebuch

$$\text{MGZ} - \text{I} = -1^{\text{h}} 5^{\text{m}} 17,5^{\text{s}}; g_0 = -2,5^{\text{s}}; t_v = +1,8^{\text{s}}.$$

Um 9<sup>h</sup> 5<sup>m</sup> Vm. MGZ wurde eine Beobachtung angestellt.

Gesucht der Stand für die MGZ der Beobachtung.

$$g = g_0 + t_v; \Delta g = g \cdot \text{Tbr.}$$

$$g_0 = -2,5^{\text{s}}$$

$$t_v = +1,8$$

$$g = -0,7^{\text{s}}$$

$$\text{Tbr.} = 0,12$$

$$\text{(Produkt) } \Delta g = +0,1^{\text{s}}$$

$$\text{MGZ} - \text{I} = -1^{\text{h}} 5^{\text{m}} 17,5^{\text{s}}$$

$$\text{MGZ} - \text{I} = -1 \ 5 \ 17,4 \quad \text{z. B. d. Beob.}$$

$$\text{MGZ} = 9^{\text{h}} 5^{\text{m}} \text{ Vm. 5. 12.} \\ = 2^{\text{h}} 55^{\text{m}} \text{ vor d. MGMTg. 5. 12.}$$

$$\text{für } 2^{\text{h}} 55^{\text{m}} \text{ Tbr.} = 0,12 \text{ N. Z. 27.}$$

Rückwärtsverbesserung,  $\Delta g$   
 umgekehrtes Vorzeichen wie  $g$ .

e) Die zur Bestimmung der Stände von Chronometer II und III gebrauchten Chronometervergleiche müssen entweder kurz vor oder kurz nach der Standbestimmung vorgenommen werden, so daß der Gang in der Zwischenzeit vernachlässigt werden kann, oder man vergleicht vor und nach der Standbestimmung und mittelt die Stände.

f) Standbestimmungen können auf folgende Arten vorgenommen werden:

1. durch Beobachtung eines Zeitsignals,
2. = Vergleich mit einer Normaluhr,
3. = Beobachtung der Höhe eines Gestirns,
4. = = von gleichen Sonnenhöhen.

## Standbestimmung durch Zeitsignale.

23. a) Auf den Stationen für Funkentelegraphie in Norddeich und Paris sowie auf einigen außereuropäischen Stationen werden täglich ein-



oder mehrmals funkentelegraphische Zeitsignale abgegeben, die von den mit einer Empfangstation ausgerüsteten Schiffen abgenommen werden können. Hierdurch wird eine sichere Standbestimmung nicht nur im Hafen sondern auch auf See ermöglicht. Das zur Abgabe der Signale dienende Schema und die sonstigen zur Standbestimmung nötigen Angaben finden sich in Tafel 15 des Nautischen Jahrbuches.

Vor der Standbestimmung wird die Beobachtungsuhr mit Chronometer I verglichen und die Schaltung auf die Wellenlänge der betreffenden Station angeordnet. Die Zeitsignale werden im Funkenraum vom Steuermann mit dem Hörer am Ohr abgenommen, die Zeiten auf der Beobachtungsuhr abgelesen und in ein vorher entworfenes Schema eingetragen. Norddeich gibt in der Minute vor dem letzten Zeitsignal bei den einzelnen Sekunden 59<sup>m</sup> 36<sup>s</sup> bis 40<sup>s</sup>, 46<sup>s</sup> bis 50<sup>s</sup> und 56<sup>s</sup> bis 60<sup>s</sup> jedesmal einen langen Ton (—) ab; es lassen sich daher drei Vergleiche bei 40<sup>s</sup>, 50<sup>s</sup> und 60<sup>s</sup> vornehmen, wodurch die Richtigkeit der Uhrablesungen gewährleistet wird.

Die Funkenstation Paris bietet durch eine ähnliche Anordnung der Signale ebenfalls die Möglichkeit zu mehreren Vergleichen kurz hintereinander.

Die Differenz MGZ — I ist der Stand des Chronometers I für den Zeitpunkt der Beobachtung; der Stand für das Tagebuch wird unter Zuhilfenahme des bekannten Ganges berechnet.

b) Wenn das Schiff an das Fernspreknetz von Wilhelmshaven oder Hamburg angeschlossen ist, läßt sich eine Standbestimmung durch Fernsprecher in folgender Weise vornehmen:

Man läßt sich mit der Stationszentrale Wilhelmshaven verbinden. Ihre Telephonnummer ist: Wilhelmshaven Nr. 2000 bis 2019. Nachdem sich die Zentrale gemeldet hat, verlangt man Nr. Null, Zeitsignal, und wartet mit dem Hörer am Ohr, bis das Zeitsignal ertönt. Es wird von einer auf dem Kaiserlichen Observatorium aufgestellten Uhr in jeder Minute einmal erteilt. Das Signal besteht aus einem im Hörer des Fernsprechers deutlich wahrnehmbaren sirenenartigen Tone, der in jeder Minute genau von der Sekunde 55,0 bis zur Sekunde 60,0 MGZ ertönt, so daß das Ende des Tones der vollen Minute entspricht. Nach kurzer Pause folgen die Kennungstöne, die die Minutenzahl kennzeichnen. Die Kennungstöne setzen sich aus kurzen Schnarrtönen (●) und einem zwei Sekunden dauernden Sirenenton (—) nach dem folgenden Schema zusammen.

Bei Minute 1 ertönt: ● " " 2 " : ●● " " 3 " : ●●● " " 4 " : ●●●● " " 5 " : ●●●●●	Bei Minute 6 ertönt: ● — " " 7 " : ●● — " " 8 " : ●●● — " " 9 " : ●●●● — " " 10 " : ●●●●● — Bei der vollen Stunde = : —————
--	--



Abgesehen von der vollen Stunde wiederholen sich also alle 10 Minuten dieselben Kennungen, woraus sich die Notwendigkeit ergibt, bei Benutzung dieses Zeitsignals die mitteleuropäische Zeit auf etwa 5 Minuten genau zu kennen. Um Verwechslungen, namentlich zwischen Minute 1 und 6, zu vermeiden, muß man nach dem letzten Schnarrton den Hörer noch 5 Sekunden am Ohr behalten.

Während des anderen Teiles der Minute ertönt zum Zeichen, daß Verbindung mit dem Zeitsignal besteht, beständig ein regelmäßiges Knacken im Hörer. Die Schnarrtöne und das regelmäßige Knacken werden, wenn der Hörapparat weit von Wilhelmshaven entfernt ist, leicht überhört, so lange das Ohr nicht an solche Zeichen gewöhnt ist. Es empfiehlt sich daher, den Uhrvergleich zur Kontrolle einige Zeit später zu wiederholen.

Die Standbestimmung durch Fernsprecher wird in folgender Weise bewerkstelligt: Sobald die Verbindung mit Nummer Null der Zentrale hergestellt ist, richtet man mit dem Hörer am Ohr den Blick auf den Sekundenzeiger der Beobachtungsuhr, bis der sirenenartige Ton von Sekunde 55,0 bis Sekunde 60,0 ertönt. Man schreibt die Sekunde auf, die der Zeiger der Uhr im Augenblick des Aufhörens des Tons anzeigt. Dann beobachtet man die Minutenkennung und schreibt sie unter Hinzufügung der Sekundenzahl 0<sup>s</sup> über die Angabe der Beobachtungsuhr. Die letztere wird dann durch Vorsetzen der hinzugehörigen abgelesenen Minutenzahl vervollständigt. Die Differenz M $\mathcal{E}$ Z — U ist dann der Stand der Beobachtungsuhr gegen mitteleuropäische Zeit.

Bekommt man keinen Anschluß an die Stationszentrale Wilhelmshaven, so kann man das völlig gleichartige Zeitsignal der Hamburger Sternwarte benutzen, das unter der Nummer Hamburg Gruppe 4 Nr. 10000 anzurufen ist. In Ostseehäfen wird daher wegen der größeren Lautstärke im Fernsprecher vorteilhaft das Hamburger Zeitsignal benutzt.

Da die mittlere Greenwich-Zeit eine Stunde kleiner ist als die mitteleuropäische Zeit, muß von der letzteren 1<sup>h</sup> abgezogen werden, um mittlere Greenwich-Zeit zu erhalten.

#### Beispiel.

Am 1. 7. wurde in Wilhelmshaven eine Standbestimmung durch Fernsprecher vorgenommen.

Es war: M $\mathcal{E}$ Z = 8h 9m 0<sup>s</sup> Nm. 1.7.

U = 8 11 43

I — U = + 1 10 15.

Gesucht der Stand des Chronometers I zur Zeit der Beobachtung.

M $\mathcal{E}$ Z = 8h 9m 0<sup>s</sup> Nm. 1.7.

43 = 1 0 0

M $\mathcal{E}$ Z = 7 9 0

U = 8 11 43

M $\mathcal{E}$ Z — U = — 1 2 43

I — U = + 1 10 15

M $\mathcal{E}$ Z — I = — 2 12 58 3. 3. d. Beob.



c) In vielen Seehäfen gibt es Zeitsignalstationen, auf denen ein- oder mehrmals täglich zu bestimmten Greenwich-Zeiten Zeitsignale abgegeben werden (Zeitball, -klappe, -flagge, Zeitlichtsignal, Kanonenschuß). Ein Verzeichnis der Zeitsignalstationen ist dem Leuchtfeuerverzeichnis für den betreffenden Meeresteil angeheftet, ein anderes gibt Tafel 15 des Nautischen Jahrbuches; beide Verzeichnisse enthalten alle bei der Standbestimmung nötigen Angaben. In der erwähnten Tafel 15 N. J. befindet sich auch eine Zusammenstellung über die gesetzliche Zeit in den einzelnen Staaten.

Man bestimmt die Chronometerzeit für den Zeitpunkt der Abgabe des Signals, meist unter Benutzung der Beobachtungsuhr, und erhält daraus den Stand des Chronometers für die Zeit der Beobachtung.

Optische Signale sind am sichersten. Fehler sind möglich bei der Bedienung des Signals und bei der Beobachtung; der letztere Fehler beträgt bei einiger Übung höchstens  $0,5^s$ .

Zur Standbestimmung sind zwei Beobachter erforderlich: ein im Beobachten von Zeitsignalen geübter Maat, der bei Abgabe des Signals „Null“ ruft, und ein Beobachter an der Uhr bzw. am Chronometer (Steuermann). Es ist nützlich, die Uhrzeit, zu der das Signal abgegeben werden wird, unter Benutzung des ungefähren Standes im voraus zu berechnen, um dem Beobachter des Signals etwa  $20^s$  vor der Abgabe das Ankündigungszeichen „Achtung“ geben zu können; durch ein unnötig frühzeitiges Hinsehen wird sonst leicht das Auge des Beobachters ermüdet. Nach der Abgabe des Signals muß noch festgestellt werden, ob das im Verzeichnis angegebene Signal für fehlerhafte Abgabe dem Zeitsignal folgt. Die Signalübermittlung durch mehrere Leute bis an das Chronometerspind ist wegen der eintretenden Fehler ausgeschlossen.

Beispiel für die Vorausberechnung der Fallzeit.

Am 6. 8. soll in Vigo eine Standbestimmung nach Zeitball vorgenommen werden; nach Tagebuch ist am 6. 8. MGZ  $- I = + 0^h 16^m 12^s$ .

Gesucht die ung. Chr. 3. I des Fallens.

$$\begin{array}{r} \text{N. J. Tafel 15: MGZ des Fallens} = 0^h 34^m 53^s \\ \text{ung. Stand (mit umgekehrt. Vorzeichen)} = - 16 \quad 12 \\ \hline \text{ung. Chr. 3. des Fallens} = 0 \quad 18 \quad 41 \end{array}$$

Akustische Signale sind weniger zuverlässig wie optische. Ist das Signalgeschütz vom Schiffe aus sichtbar, so läßt sich der dem Knall vorhergehende Blitz des Schusses beobachten, andernfalls muß von der abgelesenen Zeit eine Berichtigung für die Verspätung des Schalles abgezogen werden; der Schall legt in  $1^s$  die Strecke von  $333 \text{ m} = 0,18 \text{ Sm}$  zurück.

Beispiel für die Standbestimmung.

Am 9. 4. wurde in Surabaja der Fall des Zeitballes beobachtet;

$$\begin{array}{r} \text{Uhrzeit des Falles} \quad U = \quad 0^h 16^m 7,5^s \\ \text{I} - U = - 5 \quad 13 \quad 8,0 \\ \text{II} - \text{I} = - 2 \quad 13 \quad 39,0 \\ \text{III} - \text{II} = + 5 \quad 59 \quad 57,5 \end{array}$$



Gesucht die Stände zur Zeit der Beobachtung.

	U =	0 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 7,5 <sup>s</sup>	
	I - U =	- 5 13 8,0	
	I =	7 2 59,5	3. 3. d. Beob.
N. 3. T. 15	MÖZ =	4 40 45,5	Bm. 9. 4.
	MÖZ - I =	- 2 22 14,0	3. 3. d. Beob.
///	II - I =	- 2 13 39,0	
///	MÖZ - II =	- 0 8 35,0	
///	III - II =	+ 5 59 57,5	
///	MÖZ - III =	- 6 8 32,5	
///		+ 5 51 27,5	

N. 3. T. 15:  
MÖZ = 16<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> 45<sup>s</sup> afr. 8. 4.  
= 4 40 45 Bm. 9. 4.

Regeln.

1. Die algebraische Summe aus Uhrzeit und Uhrvergleich mit I gibt die Chronometerzeit I für die Zeit der Beobachtung.
2. Die MÖZ der Signalabgabe wird dem Verzeichniß der Signalstationen entnommen.
3. Der Unterschied beider gibt den Stand von I zur Zeit der Beobachtung.
4. Aus dem Stand von I und den Chronometervergleichen wird der Stand von II und III bestimmt.
5. Berechnung des Standes für das Tagebuch nach Regel unter 22c.

**Standbestimmung durch Vergleich mit Normaluhren.**

24. Eine Standbestimmung läßt sich durch Vergleich mit einer Normaluhr (N. U.) vornehmen. Normaluhren, die meistens Pendeluhren sind, finden sich auf Sternwarten, Seefahrtsschulen und Telegraphenämtern, wo ihr Stand und Gang dauernd überwacht wird.

Man muß, da zwischen dem Uhrvergleich an Bord und dem Vergleich mit der Normaluhr an Land eine längere Zeit liegt, die Beobachtungsurh vor dem Anlandgehen und nach Rückkehr an Bord mit Chronometer I vergleichen und beide Vergleiche mitteln. Der Stand der Normaluhr zur Zeit der Beobachtung muß bekannt sein.

Beispiel.

Am 6. 10. wurde in Porta (1<sup>h</sup> 54<sup>m</sup> 30<sup>s</sup> W) durch Vergleich mit einer Normaluhr eine Standbestimmung gemacht. Zur Zeit des Vergleichs war der Stand der Normaluhr = + 2<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> 4,3<sup>s</sup> gegen MÖZ; ungefähre MÖZ des Vergleichs = 7<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> Bm.

Vorher an Bord: I - U = - 1<sup>h</sup> 34<sup>m</sup> 18,5<sup>s</sup>  
 beim Vergleich an Land: U = 8 58 10,5  
   : N.U. = 7 20 0,0  
 nach Rückkehr an Bord: I - U = - 1 34 20,5  
 Nach dem Tagebuch war am 6. 10. g<sub>0</sub> = - 2,4<sup>s</sup>; τ<sub>v</sub> = + 0,3<sup>s</sup>.

Gesucht der Stand von I für das Tagebuch.

	U =	8 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 10,5 <sup>s</sup>	3. 3. d. Beob.
	mittl. I - U =	- 1 34 19,5	
///	I =	7 23 51,0	= = = =

vorher: I - U =	- 1 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 18,5 <sup>s</sup>
nachher: I - U =	- 1 34 20,5
mittl. I - U =	- 1 34 19,5







An Land kann die Beobachtung über dem künstlichen Horizont ausgeführt werden, wodurch Nimmiefenfehler vermieden werden. Wenn bei der Standbestimmung durch gleiche Sonnenhöhen (s. unter 26 u. 27) die zweite Beobachtungsreihe wegen Bewölkung ausfällt, so läßt sich die erste als Einzelhöhe gerechnet zur Standbestimmung verwerten.

Wegen der möglichen Ungenauigkeit des beobachteten Standes ( $S_b$ ) benutzt man ihn meist nicht zur Gangbestimmung, sondern verschafft sich durch Vergleich mit dem nach dem Tagebuch berechneten Stande ( $S_r$ ) Klarheit über eine Gangänderung.

Beispiel zur Standbestimmung durch Einzelhöhe der Sonne.

1916, am 16. 9. wurde bei der Insel Gough der Schiffsort bestimmt in  $\varphi = 40^\circ 23,2' S$ ,  $\lambda = 9^\circ 56,6' W$  und zur Kontrolle des Chronometerstandes um etwa  $3\frac{1}{2}^h$  Nm. beobachtet, wie folgt. Es war  $I - U = -0^h 6^m 10,5s$ ; nach Tagebuch d. 16. 9.  $M\mathcal{G}\mathcal{Z} - I = +0^h 1^m 20,2s$ ;  $\mathcal{Z} \mathcal{B} = -20''$ ;  $Mh = 10 m$ ;  $T_{herm} = +12^\circ C$ ;  $Bar. = 770 mm$ .

Gesucht der Stand von I und seine Abweichung vom Tagebuchstande.

$U = 4^h 14^m 36,0s$	$\odot h_a = 24^\circ 39' 10''$
15 29,0	31 30
16 11,5	22 50
m. U = 4 15 25,5	m. $\odot h_a = 24 31 10$
$I - U = -0 6 10,5$	$\mathcal{Z} \mathcal{B} = - 20$
I = 4 9 15,0 $\mathcal{Z} \mathcal{B}$ d. Beob.	$\odot h_g = 24 30,8'$
$M\mathcal{G}\mathcal{Z} - I = +0 1 20,2$ nach Tagebuch	$\mathcal{R}t. = - 5,8$
$M\mathcal{G}\mathcal{Z} = 4 10 35,2$ Nm. 16. 9.	$\odot h_s = 24 25,0$
	$R - p = - 2,0$
	$\odot h_w = 24 23,0$
	$\odot r = + 15,9$
	$\oplus h_w = 24 38,9$
	$z = 65 21,1$

$R = 2' 8''$
$\mathcal{B} \text{ f. } \mathcal{R}h. = - 1$
$\mathcal{B} \text{ f. } \mathcal{B}ar. = + 2$
$v. R = 2 9$
$p = - 8$
$R - p = 2 1$

$M\mathcal{G}\mathcal{Z} = 4^h 11^m$  Nm. 16. 9.  
d. i.  $4,2^h$  nach d.  $M\mathcal{G}\mathcal{Z}$ tg. 16. 9.

16. 9. $\mathcal{Z}gl. = - 5^m 7^s$	$4,2 \cdot 0,9^s$
$\mathcal{B} = - 4$	$3,78^s$
$v. \mathcal{Z}gl. = - 5 11$	

16. 9. $\odot \delta = + 2^\circ 40,4'$	$4,2 \cdot 0,97'$
$\mathcal{B} = - 4,1$	$4,074'$
$v. \odot \delta = + 2 36,3$	

$W\mathcal{L}g. 9^\circ = 0^h 36^m$
56' = 3 44 <sup>s</sup>
0,6' = 2
$W\mathcal{L}g. i. \mathcal{B} = 0 39 46$

$$\sin^2 \frac{t}{2} = \sec \varphi \cdot \sec \delta \cdot \sin \frac{z+u}{2} \cdot \sin \frac{z-u}{2}$$

$\varphi = - 40^\circ 23,2'$	$\log \sec = 0,11822$
$\delta = + 2 36,3$	$\log \sec = 0,00045$
$u = 42 59,5$	
$z = 65 21,1$	
$\frac{z+u}{2} = 54 10,3$	$\log \sin = 9,90890$
$\frac{z-u}{2} = 11 10,8$	$\log \sin = 9,28756$
$\log \sin^2 \frac{t}{2} = 9,31513$	

$\odot t_w = M\mathcal{G}\mathcal{Z} = 3^h 36^m 17^s$	Nm. 16. 9.
$v. \mathcal{Z}gl. = - 5 11$	
$M\mathcal{G}\mathcal{Z} = 3 31 6$	=
$W\mathcal{L}g. = + 0 39 46$	=
$M\mathcal{G}\mathcal{Z} = 4 10 52$	=
$I = 4 9 15$	
$M\mathcal{G}\mathcal{Z} - I = + 0 1 37$	$\mathcal{Z} \mathcal{B}$ d. Beob.
$S_b = + 1 37$	
$S_r = + 1 20,2$	
$\text{Standunterschied} = S_b - S_r = 16,8$	$\mathcal{Z} \mathcal{B}$ d. Beob.



## Regeln.

1. Das Mittel der Beobachtungszeiten und der Uhrvergleich geben die Chronometerzeit I zur Zeit der Beobachtung.

2. Aus I und dem Tagebuchstande wird die MZB berechnet; diese wird zur Bestimmung der Jahrbuchgrößen benutzt.

3. Das Mittel der  $h_a$  wird in  $h_w$  umgerechnet, Verbesserungen für Barometer und Thermometer werden angewandt,  $R-p$  wird auf Zehntelminuten abgerundet.

4.  $t$  wird berechnet, daraus die wahre Ortszeit und durch Anwendung der Zeitgleichung die mittlere Ortszeit bestimmt. Bei Fixsternbeobachtung wird aus  $t_w$  durch Anwendung von  $\star a$  und v. m.  $\odot a$  die mittlere Ortszeit abgeleitet.

5. Länge in Zeit auf mittlere Ortszeit angebracht gibt mittlere Greenwich-Zeit.

6. Der Vergleich der mittleren Greenwich-Zeit und der Chronometerzeit I gibt den Stand zur Zeit der Beobachtung.

7. Der Vergleich von  $S_b$  und  $S_r$  gibt den Standunterschied.

b) Wenn sich bei genau bestimmtem Ankerplazze Gelegenheit bietet, Höhen zweier Gestirne, von denen das eine östlich, das andere westlich vom Meridian in ungefähr gleicher Höhe und ungefähr demselben Azimut steht, kurz nacheinander zu messen, so läßt sich der Chronometerstand aus beiden Beobachtungen berechnen. Das Mittel der gefundenen Stände ist der Stand von I für die Mittelzeit der Beobachtungen.

Da die Beobachtungen unter den gleichen äußeren Bedingungen stattfinden, läßt sich annehmen, daß die Höhenfehler jedesmal im gleichen Sinne wirken, d. h. beide Höhen werden um denselben Betrag zu groß oder beide zu klein sein; die damit berechneten Stundenwinkel haben dann ebenfalls den gleichen Fehler. Da der eine Stundenwinkel Ost, der andere West ist, so wird der eine Stand um ebensoviel zu groß wie der andere zu klein, das Mittel beider wird daher nahezu fehlerfrei sein.

Bei unverändertem Schiffsort läßt sich auch die Beobachtung desselben Gestirns einmal östlich, das andere Mal westlich vom Meridian in annähernd derselben Höhe zur Standbestimmung verwenden; die gefundenen Stände werden ebenfalls gemittelt.

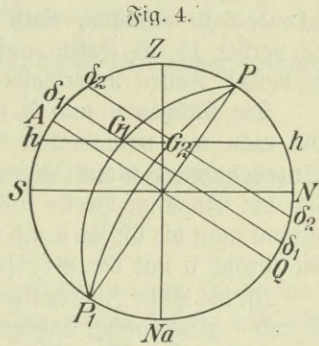
**Standbestimmung durch gleiche Sonnenhöhen.**

26. Infolge der gleichmäßigen Drehung der Erde um ihre Achse gehören zu gleichen Höhen eines Fixsterns vor und nach seiner Kulmination gleiche Stundenwinkel. Das Mittel aus den beiden zu gleichen Höhen gehörigen Chronometerzeiten gibt daher die Chronometerzeit der Kulmination.



a) Dieses Verfahren wird hauptsächlich bei der Sonne angewandt, deren Abweichung sich in der Zwischenzeit jedoch merklich ändert. Das Mittel der beiden Chronometerzeiten gibt daher nicht genau den wahren Mittag, sondern es gehört, wenn sich die Sonne dem oberen Pole nähert, zu derselben Höhe nachmittags ein größerer Stundenwinkel als vormittags; das Mittel der beiden Chronometerzeiten fällt daher später als der wahre Mittag. Umgekehrt fällt das Mittel der Chronometerzeiten früher als der wahre Mittag, wenn sich die Sonne vom oberen Pole entfernt.

In Fig. 4 sei  $hh$  der Höhenparallel, in dem die Sonne vor- und nachmittags beobachtet wird,  $\delta_1\delta_1$  sei der Abweichungsparallel zur Zeit der Vormittagshöhe, dann ist  $ZPG_1$  der Vormittagsstundenwinkel. Wenn nun die Abweichung bis zur Nachmittagsbeobachtung um den Bogen  $\delta_1\delta_2$  zugenommen hat, so ist  $\delta_2\delta_2$  der Abweichungsparallel und  $ZPG_2$  der zur gleichen Höhe gehörige Stundenwinkel. Es ist ersichtlich, daß  $ZPG_2$  größer als  $ZPG_1$  ist; das Mittel der zugehörigen Chronometerzeiten fällt also später als der wahre Mittag.



Wenn umgekehrt  $\delta_2\delta_2$  der Abweichungsparallel vormittags und  $\delta_1\delta_1$  derjenige nachmittags ist, so ist der Vormittagsstundenwinkel  $ZPG_2$  größer als der Stundenwinkel nachmittags  $ZPG_1$ , das Mittel der Chronometerzeiten fällt also früher als der wahre Mittag.

Um die Chronometerzeit der Kulmination zu finden, ist demnach auf das Mittel der Chronometerzeiten eine Berichtigung für Änderung der Sonnenabweichung anzubringen.

Das Mittel der Chronometerzeiten  $\frac{1}{2} (I_{\text{vm.}} + I_{\text{nm.}})$  heißt der unverbesserte Mittag, die Berichtigung heißt Mittagsverbesserung (Mtg. B.). Es ist dann:

Chronometerzeit im wahren Mittag = unverbessertes Mittag + Mittagsverbesserung.

Diese Mittagsverbesserung stellt die Änderung des Stundenwinkels dar ( $dt$ ), die durch die Änderung der Sonnenabweichung ( $d\delta$ ) in der halben Zwischenzeit verursacht wird; sie wird berechnet nach der Formel:

$$\text{Mtg. B.} = dt = (a-b) \cdot \frac{d\delta}{15'}$$

wobei die Regel gilt:

$d\delta$  ist +, wenn sich die Sonne dem oberen Pole nähert,

$d\delta$  ist -, wenn sich die Sonne vom oberen Pole entfernt.



In dieser Formel bedeutet  $\frac{d\delta}{15}$  die Änderung der Sonnenabweichung in der halben Zwischenzeit, ausgedrückt in Zeitsekunden. Man erhält diesen Wert, wenn man die Änderung der Abweichung für  $1^\circ = 4^m$  mit 60 multipliziert, wodurch die im Nautischen Jahrbuche gegebenen Minuten in Bogensekunden verwandelt werden. Diese mit 15 multipliziert gibt die Änderung in einer Stunde, und noch mit der halben Zwischenzeit multipliziert gibt die Änderung für die halbe Zwischenzeit. Um Zeitsekunden zu erhalten, muß noch durch 15 dividiert werden ( $15'' = 1s$ ); da vorher 15 als Faktor auftrat, so kann die Ausführung der Rechnung in beiden Fällen unterbleiben.

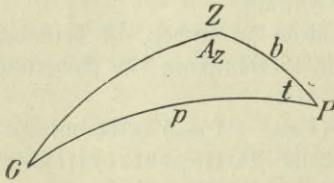
Die Größen a und b werden den N. L. 16a und 16b entnommen, die man mit veränderten Eingängen benutzt. Anstatt des Eingangs Stundenwinkel nimmt man die halbe Zwischenzeit, ferner denkt man sich die Eingänge Breite und Abweichung vertauscht, d. h. aus Tafel 16a nimmt man die Größe a mit der Abweichung als Eingang, aus Tafel 16b die Größe b mit der Breite als Eingang.

Ist die halbe Zwischenzeit kleiner als 6 Stunden, so ist a positiv, wenn  $\varphi$  und  $\delta$  gleichnamig, dagegen negativ, wenn  $\varphi$  und  $\delta$  ungleichnamig sind. Ist die halbe Zwischenzeit größer als 6 Stunden, so wird das Vorzeichen umgekehrt.

Die Größe b ist stets positiv.

b) Ableitung der Formel für die Mittagsverbesserung.

Fig. 5.



Die Fehlergleichung für den Stundenwinkel bei fehlerhafter Breite lautet:

$$dt = d\varphi \cdot \sec \varphi \cdot \cotg Az,$$

wo  $dt$  die Änderung des Stundenwinkels bedeutet, wenn sich die Breite um  $d\varphi$  ändert. Da in den Stundenwinkelgleichungen die Abweichung in derselben Funktion auftritt wie die Breite, so muß sich eine entsprechende

Gleichung für die Änderung von  $t$  ergeben, wenn  $\delta$  sich ändert. Man erhält die Gleichung aus dem Poldreieck (Fig. 5), wenn man sich G mit Z und dementsprechend  $p$  mit  $b$  vertauscht denkt. Demnach ist:

$$dt = d\delta \cdot \sec \delta \cdot \cotg G. \quad I$$

Nach dem Notangentensatz ist im  $\Delta ZPG$ :

$$\cotg G \cdot \sin t = \sin p \cdot \cotg b - \cos t \cdot \cos p$$

$$\cotg G = \frac{\sin p \cdot \cotg b - \cos t \cdot \cos p}{\sin t};$$

für  $p$  und  $b$  die Komplemente  $\delta$  und  $\varphi$  eingeführt:

$$\begin{aligned} \cot g G &= \frac{\cos \delta \cdot \operatorname{tg} \varphi - \cos t \cdot \sin \delta}{\sin t}; \text{ in die Gleichung I} \\ &\text{eingesetzt:} \\ dt &= \frac{\cos \delta \cdot \operatorname{tg} \varphi - \cos t \cdot \sin \delta}{\cos \delta \cdot \sin t} \cdot d\delta \\ &= \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin t} - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} t} \right) \cdot d\delta; \end{aligned}$$

$d\delta$  und  $dt$  sind hier in Bogensekunden ausgedrückt. Da  $1'' = \frac{1^s}{15}$  ist, so muß, um  $dt$  in Zeitsekunden zu erhalten, durch 15 dividiert werden, also:

$$dt = \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin t} - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} t} \right) \cdot \frac{d\delta}{15}.$$

Setzt man  $\frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin t} = b$  und  $\frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} t} = a$ , so geht die Gleichung über in

$$dt = (b - a) \cdot \frac{d\delta}{15} = (a - b) \cdot -\frac{d\delta}{15}.$$

Wenn nun die Sonne sich in der Zwischenzeit dem oberen Pole nähert, so fällt der unverbesserte Mittag später als der wahre Mittag,  $dt$  wird also negativ, im umgekehrten Falle wird  $dt$  positiv. Man kann daher die letzte Gleichung in der Form schreiben:

$$\text{Mtg. B.} = dt = (a - b) \cdot \frac{d\delta}{15},$$

wobei die Regel gilt:

- $d\delta$  ist +, wenn sich die Sonne dem oberen Pole nähert,
- $d\delta$  ist -, wenn sich die Sonne vom oberen Pole entfernt.

Bei einer halben Zwischenzeit größer als 6 Stunden wird der Nenner  $\operatorname{tg} t$  negativ,  $a$  muß also das Vorzeichen wechseln;  $b$  bleibt dagegen positiv, da  $\sin t$  im zweiten Quadranten positiv ist.

c) Bei der Beobachtung gleicher Sonnenhöhen ist folgendes zu beachten:

1. Vor dem Anlandgehen Uhrvergleich zwischen Beobachtungsuhr und Chronometer I.
2. Beobachtung an Land auf geographisch genau bestimmtem Orte über dem künstlichen Horizont; Schirm und Stuhl mitnehmen.
3. Vm. und Nm. derselbe Beobachter und Sertant, dieselben Blendgläser und dieselbe Seite des Glasdaches benutzen; Höhen möglichst im I. Vertikal; Reihenbeobachtung mit 10', 20' oder 30' Höhenunterschied, je nach Schnelligkeit des Steigens der Sonne; Sonnenbild einlaufen lassen; die letztgemessene Höhe auf dem Instrument stehen lassen; Stöße und Sonnenbestrahlung vermeiden.
4. Nach dem Anbordkommen Uhr- und Chronometervergleiche.
5. Vor dem Anlandgehen Nm. Vergleich zwischen Beobachtungsuhr und Chronometer I.



6. Dieselben Höhen wie am Vormittag genau einstellen.
7. Nach dem Anbordkommen Uhr- und Chronometervergleiche.
8. Statt der Chronometervergleiche vor- und nachher genügt auch ein Vergleich im wahren Ortsmittage.

9. Zur Vermeidung von Einstellungsfehlern am Sextanten kann man für dieselbe Einstellung vormittags erst die Oberrandhöhe und dann die Unterrandhöhe beobachten; nachmittags erhält man dann dieselben Höhen in umgekehrter Folge.

Durch die unter 3, 6 und 9 gegebenen Vorschriften sollen etwaige Höhenfehler vor- und nachmittags möglichst den gleichen Betrag annehmen; s. unter 25 b.

Beispiel.

1916, am 28. 1. wurden auf Sofora,  $\varphi = 12^\circ 30,5' N$ ,  $\lambda = 53^\circ 21' 50'' O$  zur Standbestimmung die folgenden gleichen Sonnenhöhen vor- und nachmittags beobachtet. Die Uhrvergleiche waren:

Vm. Nm.

m. I — U = — 3h 10m 25,5s m. I — U = — 3h 10m 20,0s  
 im wahren Ortsmittage: II — I = — 1h 2m 20,5s; III — II = — 2h 10m 19,5s.

Gesucht die Stände im wahren Ortsmittage.

<p>Die Beob. Uhr zeigte: Vm.</p> $\odot h_a = 72^\circ 0' U_1 = 9h \ 3m \ 34,0s$ <table style="margin-left: 20px;"> <tr><td>10</td><td>4</td><td>24,5</td></tr> <tr><td>20</td><td>5</td><td>15,5</td></tr> </table> <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p>m. U<sub>1</sub> = 9 4 24,7</p> <p>Vm. I — U = — 3 10 25,5</p> <table style="margin-left: 20px;"> <tr><td>1/2 Zw. Z.</td><td>= 2</td><td>59</td><td>5,1</td></tr> <tr><td>unverb. Mtg.</td><td>= 8</td><td>53</td><td>4,3</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Mtg. Z. = (a — b) · <math>\frac{d\delta}{15}</math></p> <p>N. Z. 16 a: } a = — 0,33</p> <p><math>\delta = -18,5^\circ</math></p> <p>N. Z. 16 b: } b = + 0,32</p> <p><math>\varphi = +12,5^\circ</math></p> <p style="text-align: center;">a — b = — 0,65</p> <p>Mtg. Z. = — 0,65 · + 7,74 = — 5,0</p>	10	4	24,5	20	5	15,5	1/2 Zw. Z.	= 2	59	5,1	unverb. Mtg.	= 8	53	4,3	<p style="text-align: right;">(zur Kontrolle)</p> <table style="margin-left: auto;"> <tr><td>U<sub>2</sub> = 3h 3m 20,0s</td><td>12h 3m 27,0s</td></tr> <tr><td>2 29,3</td><td>26,9</td></tr> <tr><td>1 39,0</td><td>27,3</td></tr> </table> <hr style="width: 50%; margin-left: auto;"/> <p>m. U<sub>2</sub> = 3 2 29,4</p> <p>Nm. I — U = — 3 10 20,0</p> <table style="margin-left: 20px;"> <tr><td>1/2 Zw. Z.</td><td>= 5</td><td>58</td><td>10,2</td></tr> <tr><td>Zw. Z.</td><td>= 5</td><td>58</td><td>10,2</td></tr> <tr><td>1/2 Zw. Z.</td><td>= 2</td><td>59</td><td>5,1</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Aenderung d. <math>\odot \delta</math> i. w. D. Mtg.</p> <p>für 1° od. 4m = 0,043' = 2,58''</p> <p>für 1h = 2,58'' · 15</p> <p style="text-align: center;"><math>\frac{d\delta}{15} = \frac{2,58 \cdot 15 \cdot 3,0}{15}</math></p> <p style="text-align: center;">= + 7,74s</p>	U <sub>2</sub> = 3h 3m 20,0s	12h 3m 27,0s	2 29,3	26,9	1 39,0	27,3	1/2 Zw. Z.	= 5	58	10,2	Zw. Z.	= 5	58	10,2	1/2 Zw. Z.	= 2	59	5,1	<p>O Zg. = 53° = 3h 32m 0s</p> <table style="margin-left: 20px;"> <tr><td>21' =</td><td>1</td><td>24</td></tr> <tr><td>50'' =</td><td></td><td>3,3s</td></tr> </table> <p>O Zg. i. Z. = 3 33 27,3</p> <p style="text-align: right;">WZG = 0 0 0,0 d. 28. 1.</p> <p style="text-align: right;">O Zg. = 3 33 27,3</p> <p style="text-align: right;">WZG = 8 26 32,7 Vm. 28. 1.</p> <hr style="width: 50%; margin-left: auto;"/> <p>unverb. Zgl. = + 12 54s</p> <p>ung. WZG = 8 39 26,7s Vm. 28. 1.</p> <p style="text-align: right;">d. i. 3,3h vor d. WZG Mtg. 28. 1.</p> <p>28. 1. Zgl. = + 12m 54s 0,5s · 3,3</p> <p style="text-align: right;">Z. = — 1,7s 1,65s</p> <hr style="width: 50%; margin-left: auto;"/> <p style="text-align: right;">v. Zgl. = + 12m 52,3</p> <p>28. 1. <math>\odot \delta = -18^\circ 28,2'</math> 0,64' · 3,3</p> <p style="text-align: right;">Z. = — 2,1 2,112'</p> <hr style="width: 50%; margin-left: auto;"/> <p style="text-align: right;">v. <math>\odot \delta = -18^\circ 30,3</math></p> <p style="text-align: right;">WZG = 8h 26m 32,7s Vm. 28. 1.</p> <p style="text-align: right;">v. Zgl. = + 12 52,3</p> <hr style="width: 50%; margin-left: auto;"/> <p style="text-align: right;">WZG = 8h 39m 25,0s Vm. 28. 1.</p>	21' =	1	24	50'' =		3,3s
10	4	24,5																																						
20	5	15,5																																						
1/2 Zw. Z.	= 2	59	5,1																																					
unverb. Mtg.	= 8	53	4,3																																					
U <sub>2</sub> = 3h 3m 20,0s	12h 3m 27,0s																																							
2 29,3	26,9																																							
1 39,0	27,3																																							
1/2 Zw. Z.	= 5	58	10,2																																					
Zw. Z.	= 5	58	10,2																																					
1/2 Zw. Z.	= 2	59	5,1																																					
21' =	1	24																																						
50'' =		3,3s																																						

## Regeln.

1. Bilde das Mittel der Vm.-Uhrzeiten (m.  $U_1$ ) und ebenso der Nm.-Uhrzeiten (m.  $U_2$ ); wende auf jedes Mittel den zugehörigen Stand I—U an.

2. Zur Kontrolle middle auch die zur gleichen Höhe gehörigen Uhrzeiten; stark außerhalb liegende Werte werden nicht zur Rechnung benutzt, da sie aus Beobachtungs- oder Einstellungsfehlern herrühren.

3. Subtrahiere I der Vm.-Beobachtung von I der Nm.-Beobachtung und halbiere den Unterschied, das gibt  $\frac{1}{2}$  Zwischenzeit; diese zu I am Vm. addiert, gibt den unverbesserten Mittag für Chronometer I.

4. Berechne aus wahrer Ortszeit ( $0^h 0^m 0^s$ ) und Länge in Zeit die wahre Greenwich-Zeit; darauf die unverbesserte Zeitgleichung angewandt, gibt die ungefähre mittlere Greenwich-Zeit.

5. Für die ungefähre mittlere Greenwich-Zeit verbessere  $\odot \delta$  und Zeitgleichung; die letztere auf die wahre Greenwich-Zeit angewandt, gibt die mittlere Greenwich-Zeit im w. D. Mtg.

6. N. T. 16a gibt mit  $\odot \delta$  und  $\frac{1}{2}$  Zw. Z. als Eingang den Wert a, N. T. 16b gibt mit  $\varphi$  und  $\frac{1}{2}$  Zw. Z. als Eingang den Wert b; bilde a—b.

7. Multipliziere die Änderung der  $\odot \delta$  im w. G. Mtg. (S. II des betreffenden Monats) mit 60 und mit  $\frac{1}{2}$  Zw. Z.; das gibt  $\frac{d \delta}{15}$ .

$$\text{Berechne: Mtg. B.} = (a - b) \cdot \frac{d \delta}{15}.$$

Vorzeichen der Werte a, b und  $d \delta$  nach untenstehender Tafel.

8. Die Mtg. B. algebraisch zum unverb. Mtg. des Chron. I addiert, gibt Chr. Z. I im w. D. Mtg.; Vergleich mit der MÖZ im w. D. Mtg. gibt MÖZ—I.

9. Berechnung der Stände für die anderen Chronometer und der Verbesserung  $\Delta g$ , um den Stand für das Tagebuch zu erhalten.

Vorzeichentafel.

	a		b	d $\delta$	
	$\frac{1}{2}$ Zw. Z. kleiner als 6 Stunden	$\frac{1}{2}$ Zw. Z. größer		$\odot$ nähert sich dem oberen Pol	$\ominus$ entfernt sich vom Pol
$\varphi$ u. $\delta$ gleichnamig	+	—	+	+	—
$\varphi$ u. $\delta$ ungleichnamig	—	+	+		

d) Zuweilen ist es wünschenswert, die Uhrzeit, zu der die erste Nachmittagsbeobachtung gemacht werden muß, angenähert vorauszuberechnen;



hierzu muß der ungefähre Chronometerstand bekannt sein. Der Gang der Rechnung soll an dem nachstehenden Beispiel gezeigt werden. Es sei

ung. MÖZ — I =	— 12 <sup>m</sup> .	
Letzte U <sub>1</sub> =	9 <sup>h</sup> 5	j. vorig. Beisp.    ⊙ t <sub>0</sub> = t <sub>w</sub> = 2 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>
I — U =	— 3 10	t <sub>0</sub> + t <sub>w</sub> = 5 54
I =	5 55	letzte U <sub>1</sub> = 9 5
ung. MÖZ — I =	— 12	<u>erste ung. U<sub>2</sub> = 2 59</u>
ung. MÖZ =	5 43	Bm. 28. 1.
O Lg. =	3 33	
ung. MÖZ =	9 16	=    "
entgeg. Zgl. =	— 13	
ung. MÖZ =	9 3	=    "

27. Die Beobachtung gleicher Sonnenhöhen kann auch in der Weise erfolgen, daß die erste Beobachtung am Nachmittage und die zweite am folgenden Vormittage angestellt wird. Das Mittel der entsprechenden Chronometerzeiten gibt dann wegen der in der Zwischenzeit erfolgten Änderung der Sonnenabweichung nicht die Zeit der wahren Ortsmitternacht, sondern die unverbesserte Mitternacht; die anzubringende Berichtigung heißt Mitternachtsverbesserung (Mitt. B.).

Durch eine ähnliche Betrachtung wie unter **26a** findet man, daß der vom unteren Meridian gezählte Nachmittagsstundenwinkel bei Annäherung der Sonne an den oberen Pol größer ist als der folgende Vormittagsstundenwinkel, der zur gleichen Höhe gehört; die unverbesserte Mitternacht fällt also vor die wahre Mitternacht. Wenn sich dagegen die Sonne in der Zwischenzeit vom sichtbaren Pole entfernt hat, so fällt die unverbesserte Mitternacht später als die wahre Mitternacht.

Die Mitternachtsverbesserung wird berechnet nach der Formel:

$$\text{Mitt. B.} = dt' = (a + b) \cdot \frac{d\delta}{15}$$

Man erhält die Größen  $a$ ,  $b$  und  $d\delta$  in der gleichen Weise wie bei der Mittagsverbesserung, die Vorzeichenregeln sind ebenfalls dieselben.

Ableitung der Formel für die Mitternachtsverbesserung:

Bezeichnet  $t'$  den vom unteren Meridian gezählten Stundenwinkel, so ist  $t = 180^\circ - t'$ ; durch Einsetzen dieses Wertes in die unter **26b** entwickelte Gleichung erhält man für die Änderung  $dt'$ , die durch die Änderung  $d\delta$  entsteht:

$$\begin{aligned} dt' &= \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin(180^\circ - t')} - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg}(180^\circ - t')} \right) \cdot \frac{d\delta}{15} \\ &= \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin t'} + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} t'} \right) \cdot \frac{d\delta}{15} \end{aligned}$$

Setzt man  $\frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin t'} = b$  und  $\frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} t'} = a$ , so lautet die Gleichung:

$$dt' = (a + b) \cdot \frac{d\delta}{15}$$

Beispiel.

1916, am 9. und 10. Sept., wurden in  $\varphi = 47^\circ 0' N$ ,  $\lambda = 65^\circ 36,3' W$  zur Standbestimmung die folgenden gleichen Sonnenhöhen ohne Verschiebung der Alhidade nachmittags und am folgenden Vormittage beobachtet. Die Uhrvergleiche waren:

Nm.		Nm.		
m. I — U = + 0h 40m 10,0s		m. I — U = + 0h 40m 12,5s		
Gefucht der Stand des Chron. I in der wahren Ortsmitternacht.				
Nm.		Nm.		(zur Kontrolle)
Die Beob.-Uhr zeigte:	U <sub>1</sub> = 8h 52m 15,0s	U <sub>2</sub> = 23h 41m 39,0s	16h 16m 57,0s	
35° 30'	= 55 26,5	38 27,2	56,9	
	m. U <sub>1</sub> = 8 53 50,8	m. U <sub>2</sub> = 23 40 3,1	WZg. = 65° = 4h 20m 0s	
Nm. I — U = + 0 40 10,0		Nm. I — U = + 0 40 12,5	36' = 2 24	
	Nm. I = 9 34 0,8	Nm. I = 24 20 15,6	0,3' = 1,2	
1/2 Zw. Z. = 7 23 7,4		Zw. Z. = 14 46 14,8	WZg. i. Z. = 4 22 25,2	
unverb. Mt. = 16 57 8,2		1/2 Zw. Z. = 7 23 7,4	WZg. = 12 0 0,0 ajr. 9. 9.	
			WZg. = 4 22 25,2	
			WZg. = 16 22 25,2 = =	
			unverb. Zgl. = - 3 0	
			ung. WZg. = 16 19 25,2 = =	
			d. i. 7,7h vor d. WZMt. 10. 9.	
			10. 9. $\odot \delta = + 4^\circ 58,2'$ 0,95' · 7,7	
			Z. = + 7,3 7,315'	
			v. $\odot \delta = + 5 5,5$	
			10. 9. Zgl. = - 3m 0s 0,8s · 7,7	
			Z. = + 6,2 6,16s	
			v. Zgl. = - 2 53,8	
			WZg. = 16h 22m 25,2s ajr. 9. 9.	
			v. Zgl. = - 2 53,8	
			WZg. = 16 19 31,4 = =	

Mt. Z. = (a + b) ·  $\frac{d\delta}{15}$

N. Z. 16a: } Änderung d.  $\odot \delta$  i. d.  
 $\delta = + 5,1^\circ$  } a = - 0,03 w. D. Mt. für  $1^\circ$  od.  $4m = 0,063' = 3,78''$   
 N. Z. 16b: } b = + 1,15  $\approx 1h = 3,78'' \cdot 15$   
 $\varphi = + 47,0^\circ$  } a + b = + 1,12  $\frac{d\delta}{15} = \frac{3,78 \cdot 15 \cdot 7,4}{15} = - 27,97s$

Mt. Z. = + 1,12 · - 27,97s = - 31,3

1 = 16h 57m 8,2s i. unverb. Mt.  
 I = 16 56 36,9 i. d. w. D. Mt.  
 WZg = 16 19 31,4 = = = =  
WZg - I = - 0 37 5,5 = = = =

Das Rechnungsverfahren ist den bei der Mittagsverbesserung gegebenen Regeln sinngemäß anzupassen. Bei Berechnung der WZg muß von der wahren Ortsmitternacht (12h 0m 0s) ausgegangen werden. Für die Vorzeichen der Werte a, b und d  $\delta$  gilt die unter 26c gegebene Vorzeichentafel.

**Bewertung der verschiedenen Verfahren zur Standbestimmung.**

28. Die Standbestimmung durch Zeitsignale ist in jedem Falle das sicherste Verfahren.

Die durch Funkentelegraphie und Fernsprecher gegebenen Zeitsignale verdienen den Vorzug, da hierbei das Ohr desselben Beobachters das



Signal hört, dessen Auge die Sekunde abliest. Die funkentelegraphischen Zeitsignale bieten außerdem die ganz außerordentlich wichtige Gelegenheit, den Stand auf See täglich kontrollieren zu können. Die durch den Fernsprecher gegebenen Zeitsignale bringen den großen Vorteil mit sich, daß die Standbestimmung in den Häfen, die an das Fernsprecknetz von Wilhelms- haben oder Hamburg angeschlossen sind, zu jeder Tages- und Nachtzeit geschehen kann; es lassen sich also beliebig oft Vergleiche vornehmen, wodurch Fehler vermieden werden, auch kann der Stand noch kurz vor einem unerwartet nötig werdenden Auslaufen bestimmt werden. Die Sicherheit, daß die Signalluhr stets die richtige Zeit angibt, ist die denkbar größte; bei den funkentelegraphischen Signalen kann eine fehlerhafte Signalabgabe vorkommen, in welchem Falle dem Signal die Worte „Zeitsignal ungültig“ nachtelegraphiert werden.

Optische Zeitsignale geben im allgemeinen einen guten Stand; sie haben den Nachteil, daß zwei Beobachter nötig sind, wodurch Fehler entstehen können; den akustischen Zeitsignalen gegenüber sind sie vorzuziehen, da bei diesen die Schallgeschwindigkeit berücksichtigt werden muß und außerdem die richtige Bedienung nicht immer gewährleistet ist.

Die Genauigkeit einer Standbestimmung durch Vergleich mit einer Normaluhr hängt davon ab, ob der Stand der Uhr gut überwacht wird, was im Auslande nicht immer zutrifft.

Von den astronomischen Standbestimmungen gibt das Verfahren nach gleichen Sonnenhöhen im allgemeinen einen guten Stand, wenn die Länge des Beobachtungsortes bekannt ist oder ihre Bestimmung mit genügender Genauigkeit erfolgen kann. Nachteile sind hierbei das etwas umständliche Beobachtungsverfahren und die oft lange Zwischenzeit zwischen den Beobachtungen, während der sich die Strahlenbrechung und der Indexfehler geändert haben können.

Unnähernd gleich gute Ergebnisse darf man erwarten bei Beobachtung von Höhen zweier Gestirne östlich und westlich vom Meridian und bei Beobachtung des gleichen Gestirns erst östlich, dann westlich vom Meridian. Dahingegen kann die Standbestimmung durch Einzelhöhen eines Gestirns wegen der möglichen, unbestimmbaren Höhenfehler nur als Notbehelf angesehen werden.

## Zweiter Abschnitt.

### Gangbestimmungen.

#### Gang aus zwei beobachteten Ständen.

29. Der Gang des Chronometers ist die Standänderung in 24 Stunden; er ergibt sich daher aus je einer Standbestimmung an zwei aufeinander folgenden Tagen. Infolge der verschiedenen Gangstörungen ist der Gang



veränderlich; es ist daher unzulässig, den in einer Zwischenzeit von 24 Stunden beobachteten Gang für eine Reihe weiterer Tage in Rechnung zu nehmen, vielmehr nimmt man zwei um mehrere Tage auseinander liegende Standbestimmungen zur Berechnung des Ganges. Um den täglichen Gang zu ergeben, muß die gesamte Standänderung ( $S_2 - S_1$ ) durch die Anzahl der dazwischen liegenden Tage ( $T_2 - T_1$ ) dividiert werden, also

$$g = \frac{S_2 - S_1}{T_2 - T_1}$$

Der auf diese Weise gefundene Gang ist unter dem Einflusse verschiedener Temperaturen entstanden. Unter der Voraussetzung, daß die Temperaturschwankungen in der Zwischenzeit nicht sehr groß waren, läßt sich aus dem gefundenen Gange ( $g$ ) der neue Normalgang ( $g_0$ ) durch Anwendung einer mittleren Temperaturberichtigung ( $t_{vm}$ ) berechnen, daher:

$$g_0 = g - t_{vm}$$

Die mittlere Temperaturberichtigung erhält man, indem man die Temperaturmittel (Spalte 6 des Chronometertagebuchs) für die Tage der Zwischenzeit mittelt und denjenigen Gangwert als  $t_{vm}$  in Rechnung nimmt, den die Temperaturberichtigungstabelle für das letztere Mittel gibt.

Beispiel.

Chronometertagebuch					
Spalte					
1	6	7	8	9	10
Datum	Therm. Mittel	$g_0$	Temp. Korr.	täglicher Gang	Stand $S_1$
	o	s	s	s	h m s
24. 10.	+ 19	+ 0,5	- 0,1	+ 0,4	- 1 4 10,2
25.	18		- 0,1	+ 0,4	9,8
26.	20		0,0	+ 0,5	9,3
27.	20		0,0	+ 0,5	8,8
28.	22		+ 0,3	+ 0,8	8,0
29.	21		+ 0,1	+ 0,6	7,4
30.	23		+ 0,3	+ 0,8	6,6
31.	23		+ 0,3	+ 0,8	5,8
1. 11.	25		+ 0,4	+ 0,9	4,9
2.	26		+ 0,4	+ 0,9	4,0
3.	25		+ 0,4	+ 0,9	3,1
4.	25		+ 0,4	+ 0,9	- 1 4 2,2
12 Tg.					

Am 4. 11. 16 wurde in Ponta Delgada nach Zeitball MÖZ - I = -1h4m3,8s um 5h 0m 0s MÖZ gefunden.

Am 24. 10. war in der Nordsee nach F. T.-Zeit-signal von Norddeich MÖZ - I = -1h4m10,2s um 12h 0m 0s MÖZ gefunden worden.

Temperaturberichtigungen gemäß nebenstehendem Tagebuchauszug.

Gesucht der neue Normalgang und der Stand für das Tagebuch am 4. 11.

$$\frac{267^\circ}{12} = 22,3^\circ; \text{ hierfür ist } t_v = + 0,3^s = t_{vm}$$

$$\begin{array}{l} 4. 11. S_2 = -1^h 4^m 3,8^s \quad T_2 = 5^h 0^m 0^s \text{ MÖZ astr. } 4. 11. \\ 24. 10. S_1 = -1^h 4^m 10,2^s \quad T_1 = 12^h 0^m 0^s = 24. 10. \\ \hline \text{S}_2 - \text{S}_1 = + 6,4^s \quad T_2 - T_1 = 17^h 0^m 0^s \text{ und } 10 \text{ Tage} \\ \qquad \qquad \qquad = 10,7 \text{ Tage (N. T. 27).} \end{array}$$



$$g = \frac{S_2 - S_1}{T_2 - T_1} = \frac{+6,4^s}{10,7} = +0,6^s$$

$$\text{neues } g_0 = g - t_{vm} = +0,6^s - 0,3^s = \underline{\underline{+0,3^s}}$$

$g = \text{neues } g_0 + t_v; \Delta g = g \cdot \text{Tbr.}$	$T_2 = 5^h 0^m \text{ M}\text{G}\text{Z}$ astr. 4. 11., d. i. 5,0 <sup>h</sup> nach d. MGMtg. 4. 11. für 5 <sup>h</sup> Tbr. = 0,208.
neues $g_0 = +0,3^s$ $g = +0,7^s$	
letzte $t_v = +0,4^s$ Tbr. = 0,208	
$g = +0,7^s$ $\Delta g = -0,1^s$ (Rückwärtsverb. $\Delta g$ ungef. Vorzeichen von $g$ )	

4. 11.  $S_2 = -1^h 4^m 3,8^s$  z. z. d. Beob.  
 $\Delta g = -0,1^s$

4. 11.  $S_2 = -1^h 4^m 3,9^s$  für das Tagebuch.

## Regeln.

1. Bilde den Unterschied zwischen den beiden beobachteten Ständen ( $S_2 - S_1$ ) und den Unterschied der mittleren Greenwicher Zeiten (astronomisch ausgedrückt), für welche die Stände gelten ( $T_2 - T_1$ ).

2. Berechne  $g = \frac{S_2 - S_1}{T_2 - T_1}$ .

3. Berechne neues  $g_0 = g - t_{vm}$ .

4. Berechne  $g$  des letzten Tages mit dem neuen  $g_0$  und der  $t_v$  des letzten Tages.  $g = \text{neues } g_0 + t_v$ .

5. Berechne  $\Delta g = g \cdot \text{Tbr.}$  für die Zeit zwischen der mittleren Greenwich-Zeit der letzten Standbestimmung und dem nächsten mittleren Greenwicher Mittag; bei Vorwärtsverbesserung erhält  $\Delta g$  das Vorzeichen von  $g$ , bei Rückwärtsverbesserung das umgekehrte Vorzeichen.

6.  $\Delta g$  auf  $S_2$  angewandt, gibt den Stand für das Tagebuch.

Bei längerer Zwischenzeit wird die Berechnung der Tage erleichtert durch Benutzung der Jahrestage in der ersten Spalte auf Seite I des betr. Monats des Nautischen Jahrbuches; im obigen Beispiel:

$$1916. \quad 4. 11. \text{ Jahrestag} = 309$$

$$25. 10. \quad \quad \quad = 299$$

$$\text{Unterschied} = 10 \text{ Tage.}$$

## Gang aus einem beobachteten und einem errechneten Stande.

30. Wenn zwischen zwei Standbestimmungen eine längere Zeit liegt, oder wenn größere Temperaturschwankungen stattgefunden haben, z. B. beim Übergang von den Tropen in kaltes Klima, so gibt die mittlere Temperaturberichtigung  $t_{vm}$  nicht den richtigen Ausdruck für die Einflüsse, die beim Temperaturwechsel auf das Chronometer eingewirkt haben. Der Gang läßt sich dann durch Vergleich eines beobachteten Standes ( $S_b$ ) mit dem nach dem Tagebuche errechneten Stande ( $S_r$ ) bestimmen.

Der Unterschied dieser beiden Stände ( $S_b - S_r$ ) ist der Fehler des errechneten Standes, der durch Anwendung eines fehlerhaften Normal-

ganges entstanden sein muß, wenn die tägliche Temperaturberichtigung als richtig angesehen wird; der Fehler muß entstanden sein seit dem Tage, an dem der Normalgang in das Tagebuch eingeführt worden ist.

Die Zwischenzeit ( $T_2 - T_1$ ) erhält man durch Abziehen des Zeitpunktes der letzten beobachteten Standbestimmung von dem Zeitpunkt, an dem der Normalgang eingeführt wurde. Der Standfehler ( $S_b - S_r$ ), dividiert durch die Zwischenzeit ( $T_2 - T_1$ ), gibt den täglichen Fehler des Normalganges, der mit  $\Delta g_0$  bezeichnet wird. Dieser Fehler ( $\Delta g_0$ ) auf den fehlerhaften Normalgang angewandt, gibt den neuen Normalgang.

$$\Delta g_0 = \frac{S_b - S_r}{T_2 - T_1}; \text{ neues } g_0 = \text{ altes } g_0 + \Delta g_0.$$

Beispiel (siehe voriges Beispiel und Tagebuchauszug).

1916, am 4. 11. wurde in Ponta Delgada nach Zeitball  
 MÖZ - I = - 1<sup>h</sup> 4<sup>m</sup> 3,8<sup>s</sup> um 5<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> 0<sup>s</sup> MÖZ  
 gefunden. Der Stand nach Tagebuch war am 4. 11.  
 MÖZ - I = - 1<sup>h</sup> 4<sup>m</sup> 2,2<sup>s</sup>; das alte  $g_0 = + 0,5^s$  war seit dem MÖZtg.  
 des 24. 10. in Gebrauch, am 4. 11.  $t_v = + 0,4^s$  (siehe Tagebuchauszug).  
 Gefucht das neue  $g_0$  und der Stand für das Tagebuch am 4. 11.

1. Berechnung des Tagebuchstandes für die Zeit der Beobachtung.

$$\begin{array}{r} \text{altes } g_0 = + 0,5^s \\ 4. 11. t_v = + 0,4 \\ \hline g = + 0,9 \end{array} \quad \begin{array}{r} \Delta g = g \cdot \text{Zbr.} \\ g = + 0,9^s \\ \text{Zbr.} = 0,208 \end{array}$$

$$\Delta g = + 0,2^s \text{ (Vormwärtsverb.)}$$

$$S_r = - 1^h 4^m 2,2 \text{ im MÖZtg. 4. 11.}$$

$$\text{Zbr.} = 0,208$$

3t. d. Beob.  
 = 5<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> MÖZ,  
 d. i. 5<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> nach  
 d. MÖZtg. 4. 11.

$$\text{Zbr.} = 0,208$$

2. Berechnung von  $g_0$ .

$$S_b = - 1^h 4^m 3,8^s \text{ z. Z. d. Beob.}$$

$$S_r = - 1 \ 4 \ 2,0 \text{ " " " "}$$

$$S_b - S_r = - \quad 1,8$$

$$T_2 = 5^h 0^m \text{ astr. MÖZ 4. 11.}$$

$$T_1 = 0 \ 0 \text{ " " " 24. 10.}$$

$$T_2 - T_1 = 5 \ 0 \text{ und } 11 \text{ Tg.}$$

$$= 11,2 \text{ Tage.}$$

$$\Delta g_0 = \frac{S_b - S_r}{T_2 - T_1} = \frac{- 1,8^s}{11,2} = - 0,2^s$$

$$\text{neues } g_0 = \text{ altes } g_0 + \Delta g_0$$

$$= + 0,5^s - 0,2^s = + 0,3^s$$

3. Berechnung des neuen Standes für das Tagebuch.

$$g = \text{ neues } g_0 + t_v$$

$$= + 0,3^s + 0,4^s$$

$$\text{4. 11. } g = + 0,7^s$$

$$\Delta g = g \cdot \text{Zbr.}$$

$$g = + 0,7^s$$

$$\text{Zbr.} = 0,208$$

$$\Delta g = - 0,1^s \text{ Rückwärtsverb.}$$

$$S_b = - 1^h 4^m 3,8^s \text{ z. Z. d. Beob.}$$

$$\Delta g = - \quad 0,1$$

$$\text{MÖZ - I} = - 1 \ 4 \ 3,9 \text{ f. d. Tagebuch.}$$

Regeln.

1. Verbessere den letzten Stand aus dem Tagebuch für die Zw. Z. bis zur Beobachtung mit Hilfe von  $g_0$  und  $t_v$  des letzten Tages;  $g = g_0 + t_v$ ;  $\Delta g = g \cdot \text{Zbr.}$ ; das Ergebnis ist  $S_r$  z. Z. d. Beob.



2. Bilde  $S_b - S_r$  und  $T_2 - T_1$  in ganzen Tagen und Bruchteilen von Tagen;  $T_2$  und  $T_1$  stets nach astr. MÖZ ausdrücken.
3. Berechne  $\Delta g_0$  nach der Formel:  $\Delta g_0 = \frac{S_b - S_r}{T_2 - T_1}$ .
4. Berechne das neue  $g_0$  nach der Formel: neues  $g_0 =$  altes  $g_0 + \Delta g_0$ .
5. Rechne den beobachteten Stand um in den Stand für das Tagebuch nach Regel unter 22c.

### Allgemeines.

31. Zur Gangbestimmung dürfen nur ganz sichere Stände benutzt werden. Etwaige kleine Beobachtungsfehler in den Ständen wirken um so weniger auf den berechneten Gang, je größer die Zwischenzeit ist; als kleinste Zwischenzeit nimmt man drei Tage, besser sind acht bis zehn Tage. Zeigt das Chronometertagebuch, daß größere Sprünge in der Zwischenzeit vorgekommen sind, so darf der vor den Sprüngen beobachtete Stand nicht zur Gangbestimmung herangezogen werden, da sonst der tägliche Gang unrichtig gefunden würde, besonders bei kleiner Zwischenzeit.

Nach der Anbordnahme des Chronometers ist der Gang neu zu bestimmen, da sich der im Observatorium ermittelte Gang durch den Transport geändert haben wird. Die Gangbestimmung ist am besten erst einige Tage nach dem Transport vorzunehmen. Grundsätzlich wird nach der Ankunft und vor dem Verlassen eines Hafens eine Stand- und Gangbestimmung gemacht.

Ergibt sich nach einer sicheren Standbestimmung ein größerer Unterschied zwischen dem beobachteten und dem im Tagebuch errechneten Stande, so muß ein neuer Normalgang eingeführt werden. Das Chronometertagebuch zeigt auch ohne Standbestimmung durch Veränderung von  $d$  in Spalte 16 schon an, daß die benutzten Gänge unrichtig sind.

Zur Bestimmung eines neuen Normalganges werden im allgemeinen zwei beobachtete Stände benutzt. Sind jedoch größere Temperaturschwankungen in der Zwischenzeit vorgekommen, so ist die Bestimmung des neuen  $g_0$  aus einem beobachteten und einem errechneten Stande empfehlenswerter.

## 4. Teil. Kompaßkunde.

Einleitung. Kompaße sind Instrumente zur Festlegung einer horizontalen Richtung, insbesondere der Richtung des Erdmeridians. An Bord S. M. Schiffe sind zwei Arten von Kompassen im Gebrauch, die auf völlig verschiedenen Grundlagen beruhen. Von ihnen weist der Magnetkompaß eine geschichtliche Entwicklung von mehreren Jahrhunderten auf, während der Kreiselkompaß eine Erfindung des letzten Jahrzehnts darstellt.

Der Magnetkompaß beruht auf der Tatsache, daß durch die magnetischen Eigenschaften der Erde an jeder Stelle ihrer Oberfläche (ausgenommen die magnetischen Pole) eine horizontale Richtung schon bestimmt ist, die nur durch eine geeignete Magnetnadel oder ein System von Magnetnadeln angezeigt zu werden braucht. Diese Richtung, der magnetische Meridian, fällt zwar im allgemeinen nicht mit dem Erdmeridian zusammen, da aber der Winkel zwischen beiden, die Mißweisung, durch die erdmagnetische Torßung bekannt ist, so hat es keine Schwierigkeit, von der einen zu der anderen Richtung überzugehen.

Die Möglichkeit, auf diese einfache Weise eine horizontale Richtung festlegen zu können, ist seit der Einführung des Eisens als Schiffbaumaterial dadurch beeinträchtigt, daß schiffsmagnetische Kräfte zu der erdmagnetischen Kraft hinzutreten und eine Ablenkung der Kompaßnadel aus dem magnetischen Meridian, die Deviation, hervorrufen. Ihr Betrag ist in erster Linie vom Kurs abhängig, er ändert sich aber auch mit dem Schiffsort und mit der Zeit. Man hat gelernt, das Verhalten der Deviation zum großen Teil auf bestimmte Gesetze zurückzuführen und die Ablenkung durch mechanische Hilfsmittel in enge Grenzen einzuschließen.

Zimmerhin ist wegen der Veränderlichkeit der schiffsmagnetischen Kräfte der Gebrauch des magnetischen Kompasses im Laufe der Zeit immer mehr erschwert. Zumal an Bord der Kriegsschiffe sind mit der Verstärkung der Kampfmittel sehr ernstliche Schwierigkeiten in seinem Gebrauche hervorgetreten. Um ihnen zu entgehen, hat man an Bord S. M. Schiffe den von Anschütz-Kaempfe erfundenen Kreiselkompaß eingeführt.

Das richtende Element des Kreiselkompasses ist ein schnell rotierender Kreis, dessen Achse durch die Anordnung des Instrumentes gezwungen ist, nahezu in einer Horizontalebene zu bleiben. Ein solcher Kreis, auf der

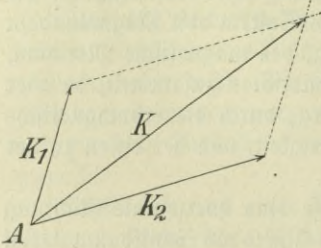


sich drehenden Erde aufgestellt, erfährt einen Zwang durch die Erddrehung, der am geringsten ist, wenn die Kreiselachse mit der Erdachse einen möglichst kleinen Winkel bildet. Das ist aber in der Meridiananlage der Fall. Nach dieser Lage strebt deshalb die Kreiselachse hin, und bei geeigneter Anordnung gelingt es, diese Richtung, d. h. die rechtweisende Nord-Südrichtung vom Kreiselkompaß anzeigen zu lassen.

Trotz der großen Vorzüge des Kreiselkompasses wird man neben ihm auf den magnetischen Kompaß in absehbarer Zeit auch an Bord der Kriegsschiffe nicht verzichten. Der Magnetkompaß ist ein verhältnismäßig einfaches Instrument, während der Kreiselkompaß in seiner gegenwärtigen Gestalt eine Präzisionsmaschine mit ziemlich großem Zubehör darstellt.

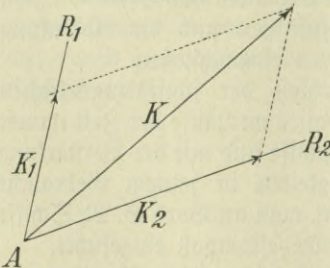
Im folgenden sind unter I der Magnetkompaß, der Schiffsmagnetismus und die Kompensation des Magnetkompasses, unter II die Prinzipien des Kreiselkompasses besprochen. Jedem Abschnitt ist eine kurze Darlegung der magnetischen oder mechanischen Grundgesetze vorangestellt, die zum Verständnis der Ausführungen nötig sind.

Fig. 1.



Zusammensetzung zweier Kräfte nach dem Kräfteparallelogramm (s. Fig. 1). Zwei Kräfte  $K_1$  und  $K_2$ , die auf einen Punkt A nach zwei verschiedenen Richtungen wirken, können durch eine Einzelkraft, die Resultante K,

Fig. 2.



ersetzt werden. Diese wird gefunden, indem man durch den Endpunkt von  $K_1$  die Parallele zu  $K_2$  und durch den Endpunkt von  $K_2$  die Parallele zu  $K_1$  zieht. Die von A auslaufende Diagonale in dem entstehenden Parallelogramm ist die Resultante K.

Zerlegung einer gegebenen Kraft nach zwei gegebenen Richtungen

(s. Fig. 2). Jede Kraft K kann durch zwei Teilkräfte oder Komponenten nach zwei beliebig vorgegebenen Richtungen  $R_1$  und  $R_2$



erzeugt werden. Ist A der Angriffspunkt von K, so ziehe man durch den Endpunkt von K die Parallelen zu  $R_2$  und  $R_1$ ; diese Parallelen schneiden von  $R_1$  und  $R_2$  die gesuchten Komponenten  $K_1$  und  $K_2$  ab.

## I. Der Magnetkompaß.

Erster Abschnitt.

### Magnete, Erdmagnetismus.

1. Magnete. a) In der Natur finden sich gewisse Eisenerze, die die Eigentümlichkeit haben, Eisenteilchen anzuziehen. Solche Erze nennt man natürliche Magnete, die ihnen innewohnende Eigenschaft Magnetismus. Magnetismus läßt sich von den natürlichen Magneten durch geeignetes Bestreichen auf Stahlstäbe übertragen, diese werden künstliche Magnete genannt. Seit etwa einem Jahrhundert besitzt man im elektrischen Strom ein viel wirksameres Mittel zur Herstellung künstlicher Magnete. Schickt man einen elektrischen Strom in vielen Windungen, etwa durch eine Rolle von isoliertem Kupferdraht, um einen Eisenkern herum, so erweist sich dieser als ein Magnet. Ein solcher Elektromagnet ist wegen der großen Stärke, die man ihm leicht durch Verwendung eines starken Stromes geben kann, sehr geeignet, gehärtete Stahlstäbe durch Bestreichen zu magnetisieren.

Die im Kompaßwesen gebrauchten Magnete haben in der Regel die Form von kräftigen runden oder prismatischen Stäben (Stabmagnete) oder von dünneren, nadelförmigen Stäben oder rechteckigen bzw. rautenförmigen Platten (Magnetnadeln). Letztere sind oft in ihrer Mitte mit einem Hütchen zum Aufsetzen auf eine Spitze versehen.

b) Bringt man einen Magnetstab oder eine Magnetnadel in Berührung mit Eisenfeilspänen, so sieht man diese in der Mitte des Stabes nur wenig haften, an den Enden aber in zwei dichten Büscheln starren. Die Strahlen der Büschel weisen je auf einen Punkt im Innern des Magnets hin, von dem die stärkste Anziehung auszugehen scheint. Diese Mittelpunkte der Anziehung heißen die Pole des Magnets, sie liegen etwa  $\frac{1}{12}$  der Stablänge von den Enden entfernt.

Die gerade Verbindungslinie der Pole eines Magnetstabes wird seine magnetische Achse genannt.

c) Die beiden Pole sind nicht gleichartig. Das zeigt sich, wenn man den Magnetstab horizontal frei beweglich aufhängt oder eine Magnetnadel mit dem Hütchen auf eine Spitze setzt. Die Achse des Magnets stellt sich dann in eine bestimmte, angenähert nordsüdliche Richtung ein, und zwar wendet sich immer ein und derselbe Pol nach Norden, der andere nach Süden.



Der nach Norden weisende Pol wird Nordpol, der nach Süden zeigende wird Südpol genannt. An den in der Kaiserlichen Marine gebrauchten Kompensationsmagneten ist das Nordende durch rote Farbe kenntlich gemacht.

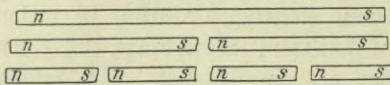
d) Nähert man den Nordpol oder den Südpol eines Magnets nacheinander den beiden Polen einer frei schwebenden Magnetenadel (Probier-nadel), so erkennt man als magnetisches Grundgesetz:

Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige Pole ziehen einander an.

Diese magnetische Wirkung erfolgt ungehindert durch fast alle Stoffe, z. B. Holz, Glas und die meisten Metalle. Nur durch zwischengestelltes Eisen wird die Wirkung merklich beeinflusst.

e) Zerbricht man einen dünnen Magnetstab etwa in seiner Mitte, wie in Fig. 3 angedeutet, so erhält man nicht etwa ein nordmagnetisches

Fig. 3.



und ein süd magnetisches Stück, sondern an der Bruchstelle bilden sich zwei neue Pole, so daß jedes Stück wieder ein vollständiger Magnet mit Nord- und Südpol ist. Man kann das Zerbrechen

fortsetzen, immer behält man vollständige Magnete. Vereinzelte Magnetpole kommen in der Natur nicht vor. Trotzdem kann man die Wirkung eines Einzelpols untersuchen, indem man recht lange Magnetenadeln verwendet, so daß der andere Pol bei der Beobachtung weit entfernt ist. Ein Magnetpol kann eine größere oder geringere Polstärke haben. Um sie zu messen, muß ein bestimmter Pol als Einheitspol festgesetzt werden. Man spricht von einem nordmagnetischen und einem süd magnetischen Einheitspol.

Durch den beschriebenen Versuch erhält man ein Bild von dem Aufbau eines Magnets. Zudem man nämlich das Zerbrechen immer weiter fortgesetzt denkt, kommt man zu der Vorstellung, daß letzten Endes die kleinsten Teile des Eisens, die Moleküle, selbst kleine Magnete sind. In einem magnetisierten Stahlstab sind diese „Molekularmagnete“ annähernd parallel gelagert mit dem Nordpol nach der einen und dem Südpol nach der andern Seite.

2. Magnetisches Feld. a) Jeder Raum, in dem magnetische Kräfte wirksam sind, heißt ein magnetisches Feld. Denkt man sich an irgendeiner Stelle eines magnetischen Feldes einen nordmagnetischen Einheitspol, so erfährt dieser eine Kraft in einer bestimmten Richtung. Diese Kraft wird die Feldstärke, ihre Richtung die Feldrichtung genannt. Ein süd magnetischer Einheitspol erfährt an derselben Stelle die entgegengesetzt gleiche Kraft. Eine kleine Magnetenadel stellt sich in die Feldrichtung ein, indem ihr Nordpol in der Feldrichtung, ihr Südpol in der entgegengesetzten Richtung getrieben wird. Geht man von einer Stelle

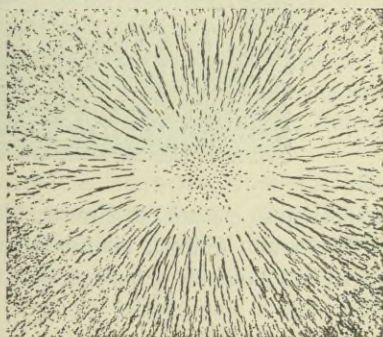


des Feldes immer in der Feldrichtung weiter, so beschreibt man eine Kraftlinie.

b) Das einfachste magnetische Feld ist das homogene. Man nennt ein Magnetfeld homogen oder gleichförmig, wenn sowohl die Feldrichtung wie auch die Feldstärke überall dieselben sind. Die Kraftlinien sind dann parallele Gerade. Homogen ist z. B. das Feld des Erdmagnetismus innerhalb des Raumes eines Zimmers oder das des Magnetismus eines eisernen Schiffes innerhalb der Kompaßbüchse. Sind in einem Raume gleichzeitig zwei homogene Felder vorhanden, so setzen sie sich zu einem homogenen Gesamtfeld nach dem Kräfteparallelogramm zusammen.

c) Auch das Feld um einen einzelnen Magnetpol ist sehr einfach. Ist der Pol ein Nordpol N, so ist die Kraft überall geradlinig von ihm fortgerichtet, die Feldstärke nimmt mit der Entfernung von N rasch ab; von einer bestimmten Entfernung ausgehend, hat man in der doppelten Entfernung nur  $\frac{1}{4}$ , in der dreifachen Entfernung nur  $\frac{1}{9}$  des ursprünglichen Wertes der Feldstärke. Die Kraftlinien sind gerade Linien, die radial von N auslaufen. Zur Veranschaulichung dieses Kraftfeldes legt man über den Nordpol eines senkrecht aufgestellten Magnets eine glatte Pappscheibe, streut Eisenfeilspäne darauf und klopft die Scheibe etwas.

Fig. 4.



Die Feilspäne ordnen sich dann in geradlinigen von dem Pol auslaufenden Strahlen, wie die Fig. 4 zeigt. Die Strahlen sind mit nach außen gerichteten Pfeilspitzen versehen zu denken. Für einen magnetischen Südpol S ergibt sich dasselbe Bild, nur sind die Pfeilspitzen nach innen zu richten.

Aus dem Feld des einzelnen Magnetpols läßt sich das beliebig vieler Pole dadurch ableiten, daß man an jeder Stelle die von den einzelnen Polen herrührenden Feldstärken nach dem Parallelogramm der Kräfte zusammensetzt.

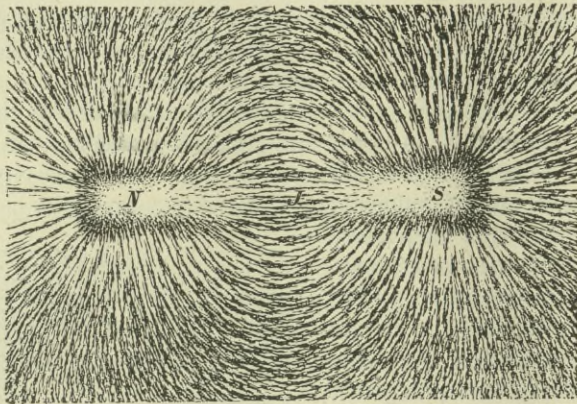
d) Feld eines Magnetstabes. Besonders wichtig ist das Feld eines gut magnetisierten Stahlstabes; es enthält einen Nordpol und einen gleichstarken Südpol. Die Fig. 5 stellt dieses Feld im axialen Querschnitt dar. Man erhält ein solches Bild, wenn man einen Magnetstab mit einer Pappscheibe bedeckt und diese mit Eisenfeilspänen bestreut. Eine Kraftlinie verläuft in der Verlängerung der magnetischen Achse des Magnets, alle übrigen gehen in größerem oder kleinerem Bogen vom Nordpol zum



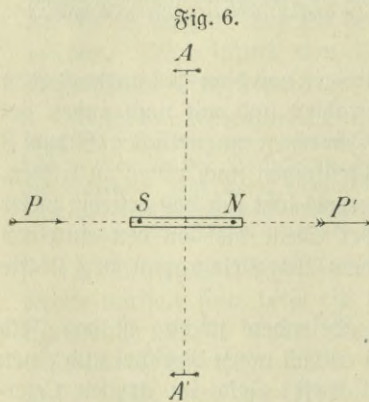
Südpol hinüber, indem sie querab von der Mitte des Magnets parallel mit diesem laufen.

Denkt man sich die Fig. 5 um den Magnet als Achse gedreht, so erhält man ein Bild von der räumlichen Kraftverteilung um den Magnet. Aus-

Fig. 5.



gezeichnet sind erstens die Punkte, die in der Verlängerung der Achse über den Nord- und Südpol hinaus liegen, und zweitens die querab von der Mitte J des Magnets gelegenen Punkte. In der Fig. 6, in der ein Magnet



in kleinerem Maßstabe gezeichnet ist, sind diese Punkte nochmals besonders hervorgehoben, durch Pfeile ist die Richtung der Kraft in jedem Punkte angegeben. Man sagt, daß der Magnet auf die Punkte P und P' endweise, auf die Punkte A und A' seitweise wirkt. Die Figur veranschaulicht folgende beiden Sätze:

In der Verlängerung der Achse über den Nordpol hinaus ist die Kraft gerade vom Magnet fort, in der Verlängerung über den Südpol hinaus ist sie auf den Magnet zu gerichtet (endweise Wirkung).

Querab von der Mitte des Magnets ist die Kraft dem Magnet parallel gerichtet, eine hier aufgestellte Magnetnadel stellt sich dem Magnet parallel mit entgegengesetzt gerichteten Polen (seitweise Wirkung).



e) Wenn ein Stahlstab schlecht magnetisiert ist, oder in unregelmäßiger Lagerung mit anderen Magneten zusammengelegt hat, so können noch weitere Pole an beliebigen Stellen in ihm vorhanden sein. Diese „Folgepole“ vermindern die Wirksamkeit des Magnets nach außen.

Magnete müssen einzeln oder in Paaren von gleicher Länge, mit ungleichnamigen Polen zusammengelegt, aufbewahrt werden.

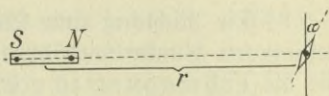
3. Magnetisches Moment. a) Die Kraft an einer bestimmten Stelle des Feldes eines Stabmagnets ist um so größer, je „stärker“ der Magnet oder, wie der Fachausdruck lautet, je größer das magnetische Moment des Magnets ist. Unter dem magnetischen Moment versteht man das Produkt aus Polabstand und Polstärke. Es ist daher um so größer, je länger der Magnet ist und je stärkere Pole dem Stabe durch die Magnetisierung eingeprägt sind.

Das magnetische Moment von Magnetstäben wird im Kompaßwesen gewöhnlich in Gauß'schen Einheiten (G. E.), oder, da diese Einheit sehr klein ist, in Millionen Gauß-Einheiten angegeben. Von den in der Kaiserlichen Marine gebrauchten Kompensationsmagneten haben die Horizontalmagnete Momente bis etwa 200, die Krängungsmagnete solche bis etwa 400 Millionen G. E., während die kleinsten Magnete Momente von 20 bis 30 Millionen G. E. aufweisen.

Sind mehrere Magnetnadeln mit parallelen Achsen wie bei einer Kompaßrose vereinigt, so ist das magnetische Moment des ganzen „Nadelnsystems“ gleich der Summe der Momente der Einzelnadeln. Der Rose eines größeren Fluidkompasses gibt man ein Moment von 40 bis 70 Millionen G. E., während leichte Trockenkompassrosen nur ein solches von 3 bis 5 Millionen G. E. haben.

b) Um das magnetische Moment  $M$  eines Magnets zu bestimmen, stellt man eine kleine Magnetnadel zunächst so auf, daß nur die erdmagnetische Horizontalkraft (s. 4d) darauf wirkt. Sie stellt sich dann in die magnetische Nordrichtung ein. Darauf legt man den zu untersuchenden Magnet recht O oder W vom Mittelpunkt der Nadel in bestimmter Entfernung  $r$  von der Nadel hin, so daß seine Achse auf die Nadel zu zeigt. Dadurch wird die kleine Nadel um einen bestimmten Winkel  $\alpha$  abgelenkt. Es ist dann in unseren Breiten angenähert

Fig. 7.



$$M = 0,9 \cdot r^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha \text{ Gauß-Einheiten}$$

wobei  $r$  in Millimetern auszudrücken ist.

Ein kleiner Magnet z. B., der in 400 mm Abstand von der Nadel diese um  $1^\circ$  ablenkt, hat das magnetische Moment

$$M = 0,9 \cdot 400^3 \cdot \operatorname{tang} 1^\circ = 1,005 \text{ Millionen Gauß-Einheiten,}$$

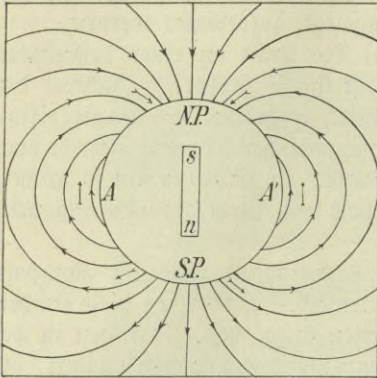
also rund eine Million G. E.

Um das magnetische Moment einer Kompaßrose zu untersuchen, legt man sie an Stelle des Magnets NS in bestimmter Entfernung von der kleinen Nadel hin, so daß ihre Nord-Südlinie auf diese zu gerichtet ist, und verfährt ebenso, wie bei einem Magnetstabe.



4. Erdmagnetismus. a) Die Erde selbst verhält sich wie ein großer Magnet. Ihre magnetischen Kraftlinien werden schematisch durch die Fig. 8 dargestellt. An einer Reihe von Stellen ist durch Pfeile die Richtung

Fig. 8.



des erdmagnetischen Feldes angegeben, d. h. die Richtung, in die sich an Ort und Stelle eine Magnetnadel einstellt.

Die Kraftverteilung um die Erde ist angenähert so, als wäre in ihrer Mitte ein großer Magnet SN wirksam. Wegen des oben unter 1d angeführten magnetischen Grundgesetzes hat man anzunehmen, daß der Südpol des Zentralmagnets dem „magnetischen Nordpol“ NP der Erde, der Nordpol des Zentralmagnets dem „magnetischen Südpol“ SP der Erde zugekehrt ist. Im

Punkte NP ist die Feldstärke senkrecht abwärts, in SP ist sie senkrecht aufwärts gerichtet. In den Punkten des Hauptkreises AA' liegt sie horizontal, also der Erdoberfläche parallel; in allen anderen Punkten bildet sie mit der Horizontalen einen Winkel.

Die wirkliche Kraftverteilung auf der Erde ist nicht so regelmäßig, wie die in Fig. 8 dargestellte, auch fallen die magnetischen Pole NP und SP nicht mit den geographischen Polen zusammen.

Die Annahme eines Zentralmagnets ist nur eine Hilfsvorstellung, die Ursache des Erdmagnetismus sind elektrische Ströme, die in der Erdrinde fließen und die Erde im allgemeinen in ostwestlicher Richtung umkreisen.

b) Die Richtung und Stärke der erdmagnetischen Kraft an einem bestimmten Punkte wird durch folgende Begriffe und Größen bestimmt, die als erdmagnetische Elemente bezeichnet werden:

Der magnetische Meridian des Ortes ist die Richtung, in die sich eine ungestörte Magnetnadel oder Kompaßrose am Orte einstellt oder die durch diese Richtung gelegte Vertikalebene.

Als Mißweisung oder Deklination bezeichnet man den Winkel zwischen dem geographischen und dem magnetischen Meridian.

Im Gegensatz zu den auf den geographischen Meridian bezogenen rechtweisenden, heißen die auf den magnetischen Meridian bezogenen Richtungen und Kurse magnetische oder mißweisende.

Bersieht man eine Magnetnadel mit einer durch den Schwerpunkt gehenden Achse und stellt sie so auf, daß sie frei in der Vertikalebene des magnetischen Meridians schwingen kann, so stellt sie sich in die Richtung



der erdmagnetischen Gesamtkraft (vgl. Fig. 8) ein und bildet mit der Horizontalen einen bestimmten Winkel, die Inklination.

Die Inklination ist demnach der Winkel, den die Richtung der erdmagnetischen Gesamtkraft mit der Horizontalen bildet. An den deutschen Küsten beträgt die Inklination etwa  $67^\circ$ , und zwar ist um diesen Winkel das Nordende der Inklinationsnadel nach unten geneigt. Man vergleiche die Fig. 9, die annähernd für unsere Breite gezeichnet ist.

c) Die Größe der Mißweisung und der Inklination an den verschiedenen Punkten der Erde sind durch Beobachtung ziemlich genau bekannt.

Um übersichtliche Darstellungen für die Verteilung der Mißweisung zu erhalten, verbindet man in einer Karte alle Punkte, die dieselbe Mißweisung haben, durch eine Linie untereinander. Diese Linien gleicher Mißweisung werden Isogonen genannt. Im größten Teile des Atlantischen und des Indischen Ozeans ist westliche Mißweisung vorhanden, im Stillen Ozean ist die Mißweisung im allgemeinen östlich, nur an der Ostküste Asiens findet sich ein Gebiet westlicher Mißweisung.

Ebenso verfährt man zur übersichtlichen Darstellung der Inklination. Die Linien gleicher Inklination werden Isoklinen genannt. Unter ihnen ist die Isokline von  $0^\circ$  ausgezeichnet, die der magnetische Äquator der Erde genannt wird (AA' in Fig. 8). Er verläuft in der Nähe des Erdäquators. Nördlich von ihm oder auf nordmagnetischer Breite ist das Nordende, südlich von ihm oder auf südmagnetischer Breite ist das Südennde der Inklinationsnadel nach unten geneigt. Magnetische Pole der Erde nennt man die Punkte der Erdoberfläche, in denen die Inklination gleich  $90^\circ$  ist.

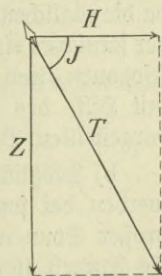
Das Wort magnetische Pole ist daher in bezug auf die Erde in anderer Bedeutung gebraucht wie bei einem Magnetstab, wo es Anziehungsmittelpunkte im Innern des Körpers bedeutet.

d) Die Gesamtkraft des Erdmagnetismus wirkt in der Inklinationsrichtung, d. h. in der von der Inklinationsnadel angezeigten Richtung. Es ist praktisch, sie in ihre horizontalen und vertikalen Komponenten zu zerlegen. In Fig. 9 bedeutet T die in der Inklinationsrichtung wirkende erdmagnetische Gesamtkraft an einem Orte der Erdoberfläche. Man zieht durch den Ausgangspunkt von T eine horizontale und eine vertikale Linie und zu diesen Linien Parallelen durch den Endpunkt von T. Durch sie wird auf der Horizontalen die Horizontalkraft H und auf der Vertikalen die Vertikalkraft Z abgeschnitten. Es. ist:

$$H = T \cdot \cos J \qquad Z = T \cdot \sin J.$$

Auf den magnetischen Polen verschwindet die Horizontalkraft H, auf dem magnetischen Äquator die Vertikalkraft Z.

Fig. 9.





Von den beiden Teilkräften  $H$  und  $Z$  ist die Horizontalkraft  $H$  weitaus die wichtigste. Sie hat das Bestreben, das Nordende der Kompaßrose in den magnetischen Meridian einzustellen, und wird deshalb auch als erdmagnetische Richtkraft bezeichnet.

e) Auch für die Horizontalkraft sind Karten entworfen, in denen die Orte gleicher Horizontalkraft durch Linien gleicher magnetischer Horizontalintensität verbunden sind. Der Wert der Horizontalkraft  $H$  wird im Kompaßwesen gewöhnlich in Gauß'schen Einheiten (G. E.) der Feldstärke ausgedrückt. Für die deutsche Küste ist  $H = 1,8$  G. E. Nach dem Äquator zu steigt der Wert, unter dem Äquator herrschen Werte von  $H = 3,6$  bis  $H = 3,8$  G. E., dort ist demnach die Horizontalkraft rund doppelt so groß als an der deutschen Küste. In höheren Breiten nimmt  $H$  ab, um in den magnetischen Polen zu verschwinden, was bedeutet, daß der magnetische Kompaß unbrauchbar wird.

f) Die Vertikalkraft  $Z$  hat das Bestreben, die Kompaßrose zu kippen, z. B. bei uns das Nordende nach unten zu ziehen. Man kann dieses Kippbestreben durch ein kleines Gewicht, auf der entgegengesetzten Seite angebracht, aufheben. Bei den heutigen Kompaßrosen macht man das Anbringen eines solchen Gewichts meistens dadurch unmöglich, daß man den Aufhängepunkt der Rose ziemlich hoch über ihren Schwerpunkt legt. Die Rose wird dann durch die magnetische Vertikalkraft zwar gekippt, aber nur so wenig, daß man es gar nicht bemerkt.

5. Veränderung der erdmagnetischen Elemente, Zuverlässigkeit der erdmagnetischen Karten. Gestörte Gebiete.

a) Die erdmagnetischen Elemente sind nicht konstant, sondern täglichen Schwankungen und langsamen, sogenannten jährlichen oder säkularen Änderungen unterworfen. Für die praktische Navigation haben nur die Änderungen der Mißweisung Bedeutung, und zwar nur die säkularen, da die täglichen Schwankungen im allgemeinen unter  $0,5^\circ$  bleiben. Wegen der säkularen Änderungen der Mißweisung hat man den Gebrauch veralteter Isogonen- und Seekarten zu vermeiden. Nötigenfalls ist die Mißweisung mit Hilfe des auf der Karte angegebenen oder durch besondere Karten dargestellten Betrages der säkularen Änderung zu verbessern.

b) Plötzliche Störungen der Mißweisung bis zu mehreren Graden werden bei sogenannten magnetischen Gewittern, insbesondere zur Zeit großer Sonnenflecken und großer Nordlichterscheinungen wahrgenommen. Es handelt sich hier aber stets um kurze Schwingungen und keine langdauernden Ablenkungen nach einer Seite, so daß diese Störungen nautisch wenig Belang haben.

c) Die auf den Isogonenkarten angegebenen Werte sind größtenteils für die Zeit und den Ort nicht durch direkte Beobachtung gefunden, sondern



eingeschaltet, außerdem ſind ſie mehr oder weniger abgerundet, ſo daß Abweichungen von  $1^{\circ}$  bis  $2^{\circ}$  von den wirklichen Werten vorkommen.

d) Außer dieſen Abweichungen gibt es kleine Gebiete, in denen das magnetiſche Feld der Erde durch örtliche magnetiſche Kräfte, etwa eisenführende Geſteine im Meeresgrunde, unter Umſtänden ſtark geſtört iſt. Als ſolche Störungsgebiete ſeien z. B. genannt: die Inſel Zuſſarö im ſchwediſchen Buſen (Abweichungen von mehreren Strichen), Bornholm, Malmö, die Nordſpitze von Dland (einige Grade).

## Zweiter Abſchnitt.

### Allgemeines über Kompaſſe.

6. Arten der Kompaſſe nach ihrer Verwendung. Nach ihrer Verwendung werden die an Bord aufgeſtellten Kompaſſe als Navigationskompaſſe und Steuerkompaſſe unterſchieden.

Die Navigationskompaſſe umfaſſen die Regellkompaſſe und die Peilkompaſſe. Der Regellkompaß hat den Zweck, das richtige Kurshalten des Schiſſes zu überwachen und die geſteuerten Kurse für die Zwecke der terreſtriſchen Beſteckrechnung feſtzulegen. Die Navigationskompaſſe dienen weiter dazu, die für die Ortsbeſtimmung notwendigen Peilungen vorzunehmen. Sie ſind demgemäß ſämtlich auf dem Oberdeck aufgeſtellt, und zwar auf möglichſt feſtem Unterbau an magnetiſch günſtigen Plätzen, von denen man eine gute freie Rundſicht hat.

Die Steuerkompaſſe werden benutzt, das Schiff auf dem jeweils befohlenen Kurse zu halten. Sie ſind deshalb an allen Steuerſtellen zu finden, ſowohl auf dem Oberdeck wie auch in den unteren Decks und bei den einzelnen Gefechtssteuerborrichtungen.

7. Die verſchiedenen Teile des Kompaſſes. a) Alle Kompaſſe beſtehen aus folgenden Hauptteilen:

1. der Kompaßbüchſe;
2. der Aufhängevorrichtung dieſer Büchſe, der ſogenannten kar-daniſchen Aufhängung;
3. der Kompaßroſe;
4. dem Kompaßhaus.

Dazu kommt noch bei Peil- und Regellkompaſſen

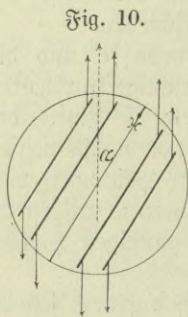
5. die Peilvorrichtung.

b) Der Hauptteil des Kompaſſes iſt die Roſe. Sie beſteht aus dem Roſenblatt oder der Roſenfarte, die gewöhnlich am äußeren Rande eine Gradteilung und innerhalb derſelben eine Einteilung nach Kompaßſtrichen zeigt; ferner den Magnetenadeln und dem mit einem polierten Edelſtein ausgeſtatteten Hütchen, mit dem die Roſe in der Kompaßbüchſe auf eine



Spitze, die Pinne, gesetzt wird. Zu diesen Teilen kommt bei Schwimmkompassen noch der Schwimmer (s. 10 c). Die heutigen Kompaßrosen haben nicht mehr eine einzige Magnetnadel unter dem Nord-südstrich des Rosenblattes, wie die alten Rosen, sondern zwei bis acht oft aus mehreren Streifen zusammengesetzte Nadeln, die parallel zueinander und zum Nord-südstrich unterhalb des Rosenblattes befestigt sind. Sie bilden zusammen das Nadelssystem der Rose (s. Fig. 10). Wichtig für das Nadelssystem ist sein magnetisches Moment. Es ist gleich der Summe der Momente der Einzelnadeln (s. 3). Weiteres über die notwendigen Eigenschaften der Kompaßrose ist unter den folgenden Nummern zu besprechen.

e) Um die äußeren Bedingungen für das ruhige Arbeiten der Kompaßrose auf dem bewegten Schiff möglichst günstig zu gestalten, ist die Rose in die allseitig geschlossene Kompaßbüchse eingeschlossen. Diese wird in einem besonderen Kompaßhause kardaniisch aufgehängt. Am Boden ist die Kompaßbüchse beschwert, so daß sich ihre Achse, in der die Pinne zum Aufsetzen der Rose angeordnet ist, sicher in die Vertikale einstellt. Der Glasdeckel der Büchse hat dann die horizontale Lage.



d) Der Bügel der kardaniischen Aufhängung der Kompaßbüchse ist in den oberen Teil des Kompaßhauses eingehängt. Dieses enthält Vorrichtungen zum Anbringen von Magneten und Massen von weichem Eisen, die den Zweck haben, die magnetischen Einflüsse des eisernen Schiffes auf den Kompaß nach Möglichkeit aufzuheben oder zu kompensieren.

Für die Fahrt bei Nacht ist eine zweckmäßige Beleuchtung des Kompasses von großer Wichtigkeit. Die dazu dienenden Lampen befinden sich im Boden des Kompasses, im Kompaßhause oder an der Schutzhaube.

8. Richtkraft und Richtmoment einer Kompaßrose im erdmagnetischen Feld. a) Setzt man an einem eisenfreien Orte auf der Erde eine mit einem Hütchen versehene Magnetnadel auf eine Spitze, so bleibt sie in Ruhe, wenn man sie gerade im magnetischen Meridian losläßt. Diese Stellung wird deshalb als die Ruhe- oder Gleichgewichtslage der Nadel bezeichnet. Wird die Nadel durch irgendwelche mechanische oder magnetische Kraft aus der Ruhelage herausgedreht und dann wieder sich selbst überlassen, so strebt sie in die Ruhelage zurück. Dieses Drehbestreben wächst natürlich mit der Größe des Ablenkungswinkels  $\alpha$ , es ist außerdem um so größer, je größer das magnetische Moment  $M$  der Nadel und je größer die von außen auf die Nadel wirkende Kraft, in diesem Falle die Horizontalkraft  $H$  des Erdmagnetismus an dem betreffenden Orte, ist.



Das Drehbeſtreben kann nach der Formel

$$D = H \cdot M \cdot \sin \alpha$$

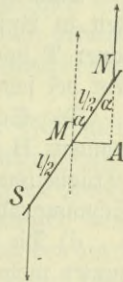
berechnet werden. Dieſe Formel gilt nicht nur für die Einzelnadel, ſondern auch für das Magnetſyſtem einer Kompaßroſe.

Das Produkt  $H \cdot M$  wird als das Richtmoment, die von außen auf die Roſe wirkende Kraft  $H$  als die Richtkraft bezeichnet (ſ. 4d).

Der magnetiſche Meridian werde in Fig. 11 durch den geſtrichelten Pfeil darſtellt. Die Nadel  $NS$  ſei um ihren Mittelpunkt drehbar und bilde den Winkel  $\alpha$  mit dem Meridian. Iſt  $m$  die Polſtärke der Nadelpole, ſo wirkt auf den Nordpol  $N$  die Kraft  $H \cdot m$  in der Meridianrichtung. Sie greift am Hebelarm  $MA = \frac{1}{2} \cdot \sin \alpha$  an, wenn  $l$  der Polabſtand der Nadel iſt. Das von der Kraft ausgeübte Drehmoment (Kraft mal Hebelarm) hat daher den Wert  $H \cdot m \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin \alpha$ . Ein ebenſo großes Drehmoment rührt vom Südpol her. Das ganze Drehmoment hat daher den Wert  $D = 2 H \cdot m \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin \alpha = H \cdot m \cdot \sin \alpha$ . Das Produkt  $m \cdot l$  iſt nach 3a das magnetiſche Moment  $M$  der Roſe. Es iſt alſo in der That  $D = H \cdot M \cdot \sin \alpha$ .

b) Das Einſtellungsbeſtreben einer Kompaßroſe iſt hienach auf den verſchiedenen Breiten je nach der Größe von  $H$  verſchieden. An den magnetiſchen Polen der Erde verſchwindet es ganz, auch in ihrer Nähe iſt es noch gering, ſo daß ſchon eine geringe Kraft die Roſe aus der magnetiſchen Nordrichtung abzulenken vermag. Bei Entfernung von den magnetiſchen Polen und mit Annäherung an den Äquator wird das Einſtellungsbeſtreben immer größer. In der Äquatorgegend iſt es am größten, und zwar etwa doppelt ſo groß wie an der deutſchen Küſte (ſ. 4e).

Fig. 11.



9. Empfindlichkeit und Ruhe der Roſe, Verhalten bei Schwingungen. a) Wird eine auf eine Pinne geſetzte Magnetnadel oder Kompaßroſe nur ſehr wenig aus ihrer Ruhelage herausgedreht, ſo wird ſie in vielen Fällen nicht in dieſe zurückkehren, ſondern ſtehen bleiben, weil das durch die obige Formel gegebene Drehbeſtreben für den ſehr kleinen Wert von  $\alpha$  ſo klein iſt, daß es die Reibung an der Pinne nicht zu überwinden vermag. Es gibt einen gewiſſen Grenzwinkel für  $\alpha$ , unterhalb deſſen der Wert von  $D$  kleiner iſt als die widerſtehende Reibungskraft. Je kleiner dieſer Winkel iſt, eine um ſo größere Empfindlichkeit ſchreibt man der Roſe zu. Die Empfindlichkeit iſt um ſo größer, je größer das magnetiſche Moment ( $M$ ), je größer die von außen auf die Roſe wirkende Kraft (hier  $H$ ), ferner je ſpitzer die Pinne, je glätter der Stein des Hütchens und je geringer der Auflagerdruck der Roſe iſt.

Man prüft die Empfindlichkeit einer Kompaßroſe dadurch, daß man die Roſe bei feſtſtehender Kompaßbüchſe, an Bord alſo bei feſtliegendem Schiff, durch einen Magnet um einige Grade ablenkt und darauf achtet, ob ſie nachher genau wieder dieſelbe Stellung annimmt, die ſie vor der Ablenkung hatte.

b) Neben der Empfindlichkeit iſt die Ruhe die wichtigſte Eigenſchaft einer an Bord brauchbaren Kompaßroſe. Man verſteht darunter die Eigenſchaft, daß die Roſe unbeeinflußt durch die Bewegungen des



Schiffes in ihrer Gleichgewichtslage verharret, daß sie nur schwer aus dieser Lage herauszubringen ist und in kurzer Zeit sie wieder aufgesucht hat, falls sie durch irgendeine Ursache doch aus ihr herausgekommen ist. Die Ruhe einer Kompaßrose hängt aufs engste mit ihren Schwingungseigenschaften zusammen, weshalb diese zunächst betrachtet werden sollen.

c) Wird eine Kompaßrose durch irgendwelche Ursache aus der Ruhelage herausgedreht und dann sich selbst überlassen, so kehrt sie nicht einfach in die Ruhelage zurück, sondern führt wie ein Pendel Schwingungen um sie aus. Jede Schwingung beansprucht eine gewisse Zeit, die als Schwingungsdauer ( $T$ ) bezeichnet wird. Man zählt entweder die Anzahl der Sekunden, die zu einem Hin- oder zu einem Rückgang (einfache Schwingung), oder die Anzahl, die zu einem Hin- und Rückgang (ganze Schwingung) gebraucht wird. Schwingungsweite nennt man den größten Winkel, um den die Nadelachse nach rechts und links ausschlägt.

Man bemerkt nun zunächst, daß größere Schwingungen nicht mehr Zeit in Anspruch nehmen, als ganz kleine, daß also die Schwingungsdauer  $T$  von der Schwingungsweite wenigstens nahezu unabhängig ist. Nur bei sehr großen Schwingungsweiten (über  $30^\circ$ ) steigt  $T$  merklich an.

Die Schwingungsdauer ist erklärlicherweise kleiner, wenn das Nichtmoment  $H \cdot M$  groß ist; sie ist andererseits um so größer, je größer das „Trägheitsmoment“ der Rose ist, d. h. je mehr ihre Massen wie bei einem Schwungrade an den Rand verlegt sind (vgl. 49 g).

d) Die Schwingungsweite nimmt im Verlauf der Schwingungen immer mehr ab. Der Grund hierfür ist

1. die Reibung an der Pinne;
2. der Widerstand des Mittels, in dem man die Rose schwingen läßt, also der Luft oder der Flüssigkeit im Kompaßfessel.

Die Abnahme der Schwingungsbögen wird als Dämpfung der Schwingungen bezeichnet. Ohne die genannten Dämpfungsurachen würden die Schwingungen der Rose nie aufhören, wenn sie einmal eingeleitet wären.

Für die Kompaßrose ist eine starke Dämpfung erwünscht, damit sie möglichst bald wieder zur Ruhe kommt, wenn sie einmal aus der Gleichgewichtslage gekommen ist.

e) Die beiden genannten Dämpfungsurachen haben für das übrige Verhalten der Rose sehr verschiedene Bedeutung. Die Reibung an der Pinne wirkt gleichsam un stetig; eine Pinnenreibung, die für die Dämpfung nennenswert in Frage käme, würde gleichzeitig die Empfindlichkeit aufs schwerste schädigen. Der Widerstand des Mittels dagegen ist eine stetig wirkende Kraft, die mit der Drehgeschwindigkeit der Rose gleichzeitig völlig verschwindet. Die Dämpfung durch den Widerstand des Mittels ist daher für die Kompaßrose als nützliche Dämpfung tunlichst zu erhöhen.



Der Widerstand des Mittels darf allerdings nicht zu groß werden, da sonst bei Drehung des Schiffes die Rose mitgerissen wird.

**10. Trockenkompaße und Schwimmkompaße.** a) Die Eigenschaften der Empfindlichkeit und der Ruhe hat man in möglichst hohem Grade in zwei Arten von Kompassen zu erreichen versucht, den Trockenkompassen und den Fluid- oder Schwimmkompassen.

b) Beim Trockenkompaß ist die Kompaßbüchse von Luft gefüllt. Es ist vorteilhaft, die Rose recht leicht zu machen, dann ist nur eine geringe Reibung an der Pinne zu überwinden, und man kann mit kleinen Magnetnadeln mit geringem magnetischen Moment (s. 3a) auskommen, was für eine vollkommene Kompensation vorteilhaft ist (s. 38). Für die Ruhe der Trockenrose ist eine große Schwingungsdauer vorteilhaft, die man durch ein großes Trägheitsmoment bei geringem magnetischen Moment erreicht. Nach diesen Grundsätzen ist die Trockenrose von W. Thomson (Lord Kelvin) gebaut. Der Thomson-Kompaß wird in der englischen und französischen Kriegsmarine, ferner in der Handelsmarine vielfach benutzt.

c) In der Kaiserlichen Marine werden an Bord selbst ausschließlich Fluidkompaße gebraucht.

Bei diesen Kompassen ist die Kompaßbüchse mit einer Flüssigkeit angefüllt. Die Flüssigkeit hat in erster Linie die Aufgabe, die Schwingungen der Rose kräftig zu dämpfen. Sie erfüllt aber noch einen weiteren Zweck. Die Rose des Fluidkompasses wird mit einer luftgefüllten Kapsel, dem Schwimmer, versehen. Dieser Schwimmer ist so bemessen, daß der durch ihn erzielte Auftrieb fast das ganze Gewicht der Rose aufhebt, so daß diese nur mit einem Druck von wenigen Gramm auf die Pinne drückt. Dadurch wird die Verwendung schwerer Rosen mit großem magnetischen Moment ohne nennenswerte Reibung an der Pinne ermöglicht.

Als Flüssigkeit verwendet man in den Schwimmkompassen ein Gemisch von Alkohol und Wasser. Da sich Alkohol mit steigender Temperatur stark ausdehnt, so müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, damit bei hoher Temperatur nicht die Kompaßbüchse gesprengt wird und daß sich bei niedriger Temperatur nicht Blasen in der Büchse bilden. Man ordnet zu dem Zwecke entweder elastische Böden oder Wellblechkapseln an der Büchse an, oder man trifft eine Vorrichtung, wie sie unten beim Fluidkompaß der Kaiserlichen Marine beschrieben ist. Diese Vorrichtung bietet den Vorteil, daß sich etwa entstandene Luftblasen durch einfaches Klappen der Kompaßbüchse sofort beseitigen lassen.

Um das Mitschleppen der Rose bei schnellen Schiffsdrehungen genügend klein zu machen, ist es bei Schwimmkompassen vorteilhaft, die Kompaßbüchse erheblich größer zu machen als es der Durchmesser des Rosenblattes verlangen würde. Zur Vermeidung eines Vershubes ist dann der Steuerstrich gegen den Rosenrand vorzurücken.



d) Der Schwimmkompaß ist komplizierter als der Trockenkompaß und bei Beschädigungen weniger leicht wieder instandzusetzen; seine Kompensation ist nicht so vollkommen ausführbar, wie die eines Trockenkompasses mit sehr kleinen Nadeln. Andererseits hat er aber den Vorteil größerer Ruhe. Den Erschütterungen des Schiffes durch Seegang, Maschinenbetrieb, Schießen aus schweren Geschützen usw. gegenüber verhalten sich die Kompaßbüchse, die Flüssigkeit und die Rose mehr als ein Ganzes. Die Finne wird deshalb weniger leicht abgenutzt. Hinsichtlich der Kompensation hat man beim Fluidkompaß unter Umständen gewisse Erleichterungen, indem man bei der Kompensation von D Nadelinduktion heranziehen kann (s. 38 e).

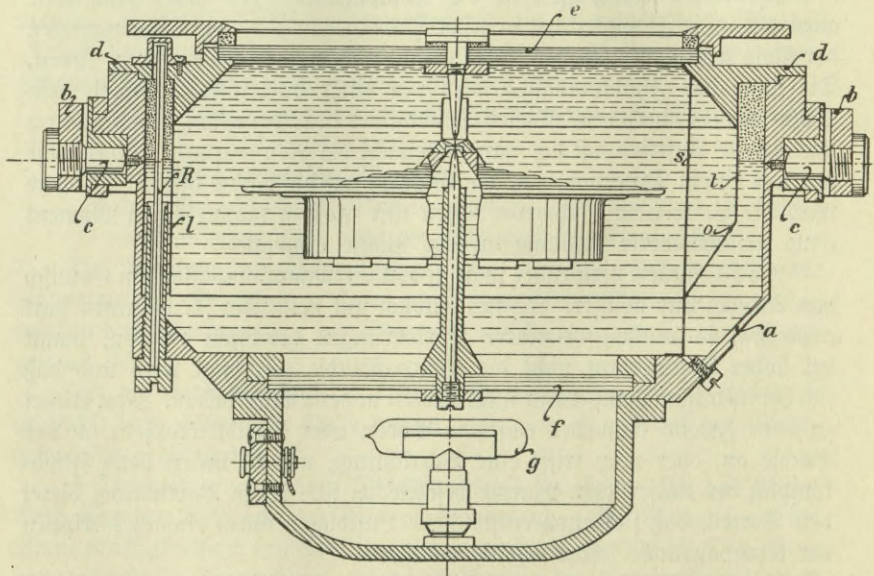
### Dritter Abschnitt.

## Beschreibung der in der Kaiserlichen Marine gebrauchten Kompaße.

11. Der große Fluidkompaß M/08, mit Rosenblatt M/09.

a) Dieser Kompaß ist der normale für alle größeren Schiffe und für große

Fig. 12.\*)



Torpedoboote. Die Abb. 12 stellt den Kompaß im Durchschnitt schematisch dar. Die Kompaßbüchse a enthält unten eine Scheibe aus blauem Glas,

\*) Der Ring b der kardanischen Aufhängung ist bei der jetzigen Ausführung wesentlich stärker; statt der einen Lampe g sind in der Bodentappe zwei Fingerlampen angebracht.



welche auf der klaren Glasscheibe *f* aufliegt, und wird oben durch den Metalldeckel *d* geschlossen. Der Deckel besteht aus einem Metallring, in den eine Spiegelglasplatte *e* mit Gummidichtung eingesetzt ist. Der Metallring trägt eine Gradeinteilung, die von vorn beginnend rechts herum von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$  läuft.

Der Innenraum der Büchse wird durch einen Mantel *l* in einen inneren und einen äußeren Raum geteilt. Der innere Raum soll ganz mit Flüssigkeit gefüllt sein, der äußere enthält unten Flüssigkeit und oben Luft. Diese Luft stellt ein elastisches Polster vor, welches die Ausdehnung der Flüssigkeit bei Temperaturzunahme ermöglicht. Damit keine zu hohen Drücke in der Büchse entstehen, ist der Luftraum durch ein sehr enges Rohr, die Kapillare *R*, mit der Außenluft in Verbindung gesetzt. Durch sie gleichen sich Druckunterschiede langsam aus. Sollten Blasen im inneren Teil der Büchse entstanden sein, so können sie durch Rippen des Kompasses in den Luftraum befördert werden\*), zu welchem Zweck der Mantel *l* vorn nach der Seite des Steuerstriches zu mit einer schrägen Fläche *o* versehen ist. Unter der Glasscheibe *f* ist eine Bodenklappe befestigt. Sie dient als Stabilitätsgewicht und zur Aufnahme von zwei elektrischen Lampen, die durch einen Stöpselkontakt an das Schiffsnetz angeschlossen sind\*\*).

b) Die Rose, Modell 1909, ist in Fig. 12 teilweise durchschnitten, in Fig. 13 körperlich schräg von oben gesehen dargestellt. Den mittleren Teil bildet der Schwimmer. Er enthält acht parallel zur Nord-Südlinie angeordnete Magnetenadeln, von denen vier in Fig. 12 unter dem Schwimmer sichtbar sind, während sich vier andere, aus je 3 Lamellen bestehende, im Innern des Schwimmers befinden. Der Schwimmer ruht mit einem Rubinhütchen auf der Pinne. Diese ist in den Pinnenträger, der in der Mitte der Glasscheibe *f* befestigt ist, eingeschraubt. Sie kann nach Bedarf herausgeschraubt und durch eine neue ersetzt werden\*\*\*). In die Mitte der Glasscheibe *e* ist ein in die Kompaßbüchse hineinragender Dorn eingesezt. Er faßt in eine Hülse auf der Oberseite des Schwimmers, ohne

\*) Nach Lösung des Stöpselkontaktes für die Beleuchtung kippt man die Kompaßbüchse von vorn nach achtern um, bis der Boden annähernd oben liegt, und bringt sie wieder in die alte Lage zurück. Lassen sich die Luftblasen auf diesem Wege nicht beseitigen, so ist Flüssigkeit ( $\frac{1}{3}$  Alkohol,  $\frac{2}{3}$  destilliertes Wasser) nachzufüllen. Man bringt zu dem Zweck die Füllschraube nach oben und dreht sie heraus. Nach dem Eingießen ist die Schraube wieder einzusetzen und fest anzuziehen. Das Herausnehmen und Einsetzen des Kompasses in das Kompaßhaus erfolgt durch zwei Mann mit Hilfe geeigneter, um die Zapfen der Kompaßbüchse gelegter Stropfen. Dabei ist vorsichtig zu verfahren, damit der schwere Kompaß nicht herabfällt.

\*\*\*) Zum Auswechseln der Lampen ist der Boden durch Kanten der Kompaßbüchse nach oben zu bringen und die Bodenklappe zu öffnen. Nachdem die alten Lampen durch Linksdrehen herausgeschraubt sind, werden die neuen eingesezt.

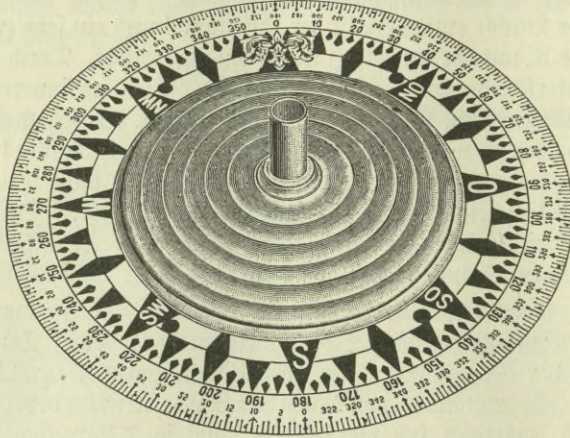
\*\*\*\*) Zu dem Zweck wird die Kompaßbüchse umgekantet und nach Öffnen der Bodenklappe zuvor die alte Pinne durch Linksdrehen entfernt.



jedoch die Rose zu berühren, und hat den Zweck, das Herabfallen der Rose von der Pinne zu verhindern, wenn die Kompaßbüchse gekippt wird.

Das Rosenblatt zeigt eine innere Nebenteilung nach Kompaßstrichen. Die Hauptteilung ist eine Gradeinteilung am Rande. Sie hat zwei Bezifferungen, eine in größeren Zahlen zum Ablesen des Kurses und eine in kleineren umgekehrt geschriebenen Zahlen, gegen jene um  $180^\circ$  versetzt zum Ablesen von Teilungen im Prisma des Peilapparates.

Fig. 13.



c) Der Kompaßkessel ist erheblich größer gemacht, als es der Durchmesser der Rose erfordern würde. Dadurch wird das Nachschleppen der Rose bei schnellen Schiffsdrehungen verringert.

d) Zur Ablesung des Kurses dient der Steuerstrich s; er ist gegen den Rand der Rose vorgerückt, um den Ablesefehler nicht zu groß werden zu lassen, wenn man das Auge nicht genau in die Vertikalebene durch Pinne und Steuerstrich hält.

e) Zur Aufhängung sind an der Büchse vorn und hinten zwei Lager angebracht, in die zwei stumpfe Schneiden c hineinragen. Diese sitzen an einem kräftigen Balanciering b, der seinerseits senkrecht zu den Schneiden zwei Zapfenlöcher aufweist. Mit ihnen ruht der Ring auf zwei rechts und links im Kompaßhause angebrachten Zapfenschrauben. Vermittels dieser kardaniischen Aufhängung kann sich der Kompaß bei den Bewegungen des Schiffes stets horizontal einstellen.

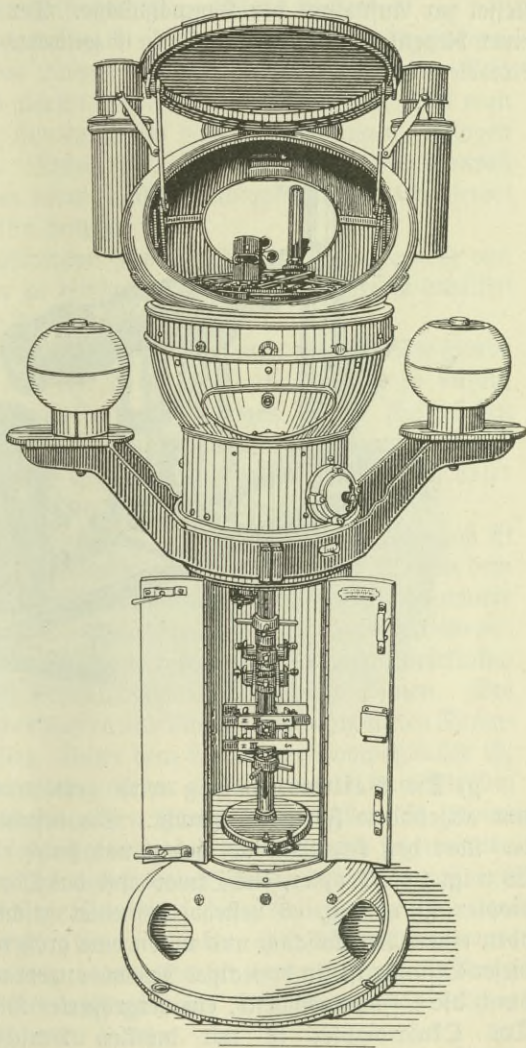
f) Das Kompaßhaus M/09, das bis zur Pinnenspitze 1,13 m hoch ist, wird mit einem runden Fußstück fest an Deck verschraubt. Aus dem Fußstück erhebt sich ein etwa 60 cm langer, 30 cm weiter starkwandiger



Messingzylinder. Er ist mit einer Doppeltür versehen und enthält in seinem Innern einen Teil der Kompensationsvorrichtungen\*). Zu ihrer Anbringung ist in der Achse des Zylinders ein starkes Messingrohr mit vertikalem Schlitze angebracht. In diesem Rohr kann ein Magnet, der sogenannte Krängungsmagnet, untergebracht werden, der dann senkrecht zum Deck steht (s. 39). Über das Rohr sind mehrere Träger gestreift, die mit Schrauben in beliebiger Höhe festgesetzt werden können und zur Aufnahme von längsschiffs und querschiffs gelagerten Magneten bestimmt sind (s. 37 c).

Oberhalb seines zylindrischen Teiles verjüngt sich das Kompaßhaus zu einem abgedrehten Ring, um den ein Kragen mit zwei Konsolen gelegt ist. Auf ihnen werden die meist kugelförmigen sogenannten D-Korrektoren festgeschraubt. Die Konsolen sitzen sich gegenüber, und zwar in der Regel querschiffs; der Kragen kann jedoch um das Halsstück gedreht und so festgesetzt werden, daß die Verbindungslinie der Konsolen einen bestimmten Winkel mit der Querschiffsrichtung einschließt.

Fig. 14.



\*) Die Türen sind mit einem Schloß versehen; sie sind, wenn nicht kompensiert wird, stets geschlossen zu halten. Der Schlüssel ist vom Steuermann aufzubewahren.

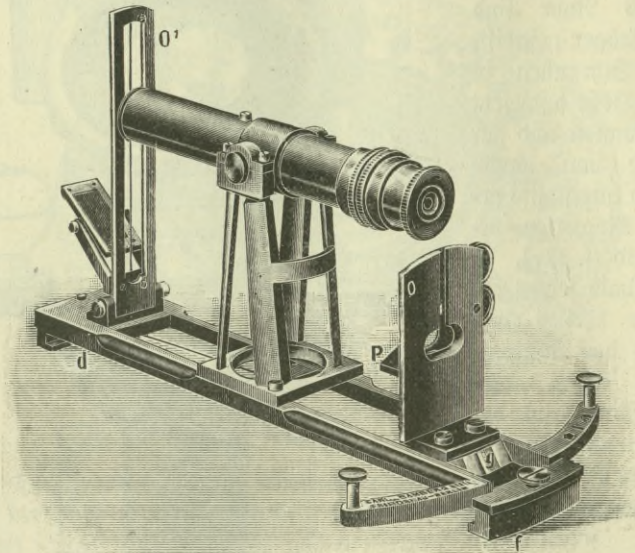


Dieser Winkel ist an einer auf dem Halsstück angebrachten Gradteilung ablesbar.

Oberhalb des beschriebenen D-Kugelträgers findet man zwei Schalter für die elektrische Beleuchtung.

In seinem oberen Teile erweitert sich das Kompaßhaus zu einem Kessel zur Aufnahme der Kompaßbüchse. Der Kessel ist zum Schutz mit einer Regenkappe überdeckt. Diese ist seitwärts mit zwei Lampen für die Notbeleuchtung versehen.

Fig. 15.



g) Die Peilvorrichtung wird gewöhnlich ohne das in Fig. 15 mit abgebildete Fernrohr benutzt. Sie besteht aus dem Diopterlineal, das über den Kompaßdeckel gelegt und durch einen Stift zentriert wird. Es trägt zwei Diopter, das Okular- und das Objektivdiopter. Das Okulardiopter ist niedrig, es besteht aus einer geschwärzten Metallplatte, die oben einen Vertikalschlitz und unten eine größere Öffnung aufweist. Vor dieser Öffnung ist ein dreieckiges Prisma angebracht, vermittle dessen man, durch die Öffnung blickend, ein vergrößertes Bild der Rosenteilung sieht. Das Okulardiopter ist mit dunklen Vorschlaggläsern für Sonnenbeobachtungen versehen. Das Objektivdiopter ist bedeutend höher; es hat einen breiten Ausschnitt, in dem ein Vertikalfaden ausgespannt ist. Vermittels eines kleinen schwarzen Azimutspiegels, der vor dem Objektiv-



dioptr um eine horizontale Achse drehbar angebracht ist, lassen sich auch höherstehende Gestirne peilen. Ein beigegebener Schattenstift findet bei Sonnenpeilungen Verwendung.

Bei manchen Peilvorrichtungen kann noch ein Fernrohr, wie es Fig. 15 zeigt, auf einem Bock in der Mitte des Diopterlineals aufgesetzt werden. Es soll zum Peilen entfernter Gegenstände dienen.

Im Ausschnitt des Diopterlineals ist ein Mittelfaden ausgespannt, an dem man die Stellung des Lineals entweder an der Teilung der Rose oder der des Kompaßrandes ablesen kann. An der Rosenteilung liest man Kompaßpeilungen ab, am Kompaßrande dagegen Peilungen, bezogen auf die Längsschiffsrichtung. Letztere Peilungen haben mit dem Kompaß als solchem nichts zu tun, der obere Rand der Kompaßbüchse wird hierbei als eine einfache Peilscheibe benutzt.

Der mit Leuchtfarbe gestrichene Faden des Objektivdiopters ist von Zeit zu Zeit mit Terpentin zu reinigen, damit die Leuchtkraft erhalten bleibt. Nötigenfalls ist der Anstrich zu erneuern.

Beim Peilen darf die Kompaßbüchse nicht gekantet werden. Die Hände sind nicht auf sie, sondern auf den Rand des Kompaßhauses zu stützen.

**12.** Die übrigen Kompaße. Die übrigen in der Kaiserlichen Marine gebrauchten Kompaße weisen einen ähnlichen Bau auf, wie der beschriebene große Fluidkompaß. Sie sollen hier aufgeführt werden unter Angabe der bemerkenswerten Abweichungen gegen diesen.

a) Der kleine Fluidkompaß M/15. Der kleine Fluidkompaß ist für Torpedoboote und Minenboote bestimmt. Er unterscheidet sich von dem großen Fluidkompaß durch kleinere Abmessungen, durch eine etwas andere Anordnung der Beleuchtung und durch die Möglichkeit, statt der beschriebenen auf seitlichen Konsolen sitzenden Kugel-Korrektoren kleinere Korrektoren für denselben Zweck an der Kompaßbüchse anbringen zu können. Der Kompaß findet so auch in Ruderhäusern und Türmen mit beschränkten Raumverhältnissen genügenden Platz. Unter dem Boden der Kompaßbüchse ist, statt der geschlossenen Kappe, ein offener Zylindermantel aus Messing befestigt. An zwei gegenüberliegenden Stellen dieses Mantels können Streifen aus weichem Eisenblech eingeklemmt werden. Solcher sogenannten D-Streifen sind sechs Paar von verschiedener Länge dem Kompaß beigegeben. In der Regel sind die Streifen so einzustellen, daß ihre Verbindungslinie querschiffs liegt. Es kann aber auch die Verbindungslinie aus der Querschiffsstellung herausgedreht werden, durch Drehung des Zylindermantels gegen die Kompaßbüchse. Der Betrag der Drehung ist an einer Gradteilung abzulesen (s. 38 e).

Die Beleuchtung geschieht durch Lampen, die im Kompaßhaus selbst angebracht sind, und deren Licht zum Innern der Büchse durch die Scheibe f Zutritt hat.



b) Der kleine Fluidkompaß M/11. Dieses ältere Modell des kleinen Fluidkompasses ist noch auf vielen Torpedobooten vertreten. Bei ihm werden statt der im Boden der Kompaßbüchse angeordneten D=Streifen zwei auf dem Deckel der Kompaßbüchse aufgesetzte kurze Stangen aus weichem Eisen benutzt. Diese Stangen oder Säulen sind in Messingzylinder eingesetzt, die an einem Ring befestigt sind und mit ihm querschiffs oder in einem gewünschten Winkel zur Querschiffsebene eingestellt werden können.

c) Der Bootskompaß M/13. Dieser Kompaß wird für sich oder in einem kleinen etwa 60 cm hohen Kompaßhause verwendet. Das Kompaßhaus ist mit Kompensationsvorrichtungen ausgestattet. Der Kompaß wird mit oder ohne Peilauflaß geliefert. Die Beleuchtung erfolgt durch Öllampen, die an der Schutzhaube angebracht sind.

d) Der Lichtbildkompaß für U=Boote. Da ein magnetischer Kompaß im Innern des Bootes selbst nicht gebrauchsfähig wäre, so wird dieser Kompaß in einem drucksicheren Messingrohr oberhalb des Bootes untergebracht. Der Kompaß ist mit den nötigen Kompensationsvorrichtungen ausgestattet. Die Rose ist verhältnismäßig klein; das Rosenblatt besteht aus einer dünnen Metallscheibe, aus der die Teilung ausgestanzt ist. Die Rose wird durch eine über ihr angebrachte elektrische Lampe hell beleuchtet. Von ihr wird durch eine Linse und, wenn nötig, unter Zuhilfenahme von spiegelnden Prismen ein Bild an der Steuerstelle im Innern des Bootes erzeugt.

e) Der Normalkompaß ist ein Trockenkompaß, der Auslandskreuzern zu Beobachtungen am Land für Vermessungszwecke oder gegenseitige Peilungen (s. 15 b) mitgegeben wird. Er hat zwei Rosen, die an der Unterkante mit verschiebbaren Messinggewichten versehen sind, um die Rose in allen Gegenden horizontal machen zu können. Mittels einer Arretierungsvorrichtung wird die Rose zur Schonung des Hütchens und der Pinne von dieser bei Nichtgebrauch abgehoben. Der Kompaß ist mit einer Peilvorrichtung versehen. Zur Aufstellung am Land dient ein Stativ.

#### Vierter Abschnitt.

### Bestimmung der Deviation.

13. Allgemeines über Deviationsbestimmungen. a) Die Deviation des magnetischen Kompasses ist der Winkel zwischen dem magnetischen Meridian und der Nord-Südlinie der Kompaßrose. Sie erhält das Zeichen +, wenn der Nordstrich der Rose nach Osten, das Zeichen —, wenn der Nordstrich nach Westen abgelenkt ist.

Im Gegensatz zu den auf den magnetischen Meridian bezogenen magnetischen oder mißweisenden Richtungen und Kursen (s. 4 b)



heißen die vom Nordstrich der Kompaßrose gezählten Richtungen Kompaßpeilungen und Kompaßkurse. Sie unterscheiden sich von den mißweisenden (magnetischen) durch die Deviation für den anliegenden Kurs, von den rechtweisenden durch die Summe Mißweisung + Deviation, welche Summe als Fehlweisung bezeichnet wird.

Man findet die Deviation:

entweder direkt durch Vergleich der Kompaßpeilung eines Peilobjekts mit seiner mißweisenden Peilung, die bekannt sein muß, oder indirekt, indem man zunächst die Fehlweisung des Kompasses bestimmt (durch Vergleich der Kompaßpeilung eines Peilobjekts mit seiner rechtweisenden Peilung) und darauf hiervon die Mißweisung subtrahiert.

Das erste Verfahren ist geeigneter bei vollständigen Deviationsbestimmungen (s. 14, 15), da es hier allein auf die Deviation ankommt; das zweite ist geeigneter bei der Kurskontrolle (s. 17), da hier der rechtweisende Kurs das Ziel der Beobachtung ist.

Die direkte Bestimmung der Deviation soll hier, die indirekte bei der Kurskontrolle erläutert werden.

b) Werden die Peilungen von Nord rechts herum von 0° bis 360° gezählt, so ist die Deviation  $\delta$  durch den Unterschied

$\delta = \text{mißweisende Peilung} - \text{Kompaßpeilung}$   
gegeben, wie dies aus dem Anblick der Fig. 16 hervorgeht.

Durch algebraische Addition der so gefundenen Deviation (Zuzählen östlicher, Abzählen westlicher Deviation) zum Kurs des Regellkompasses erhält man den mißweisenden Kurs des Schiffes. Indem man von ihm die gleichzeitig an den übrigen Kompassen abgelesenen Kompaßkurse subtrahiert, erhält man auch die Deviationen der anderen Kompaße.

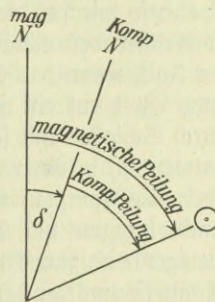
Beispiel.

Zwei Baken werden am Peilkompaß in 274° gepeilt in dem Augenblick, wo sie sich vom Schiffe aus gesehen decken. Die mißweisende Richtung der Verbindungsline ist nach der Karte West oder 270°. Das Schiff liegt an nach dem Peilkompaß 93°, nach dem Steuerkompaß 98°, nach dem Turmkompaß 74°. Welches sind die Deviationen der drei Kompaße?

- Lösung. Peilkompaß:  $\delta = 270^\circ - 274^\circ = -4^\circ$  oder  $4^\circ$  W.  
 Der mißweisende Kurs des Schiffes ist  $93^\circ - 4^\circ = 89^\circ$ .  
 Steuerkompaß:  $\delta = 89^\circ - 98^\circ = -9^\circ$  oder  $9^\circ$  W.  
 Turmkompaß:  $\delta = 89^\circ - 74^\circ = +15^\circ$  oder  $15^\circ$  O.

c) Die Deviation eines Magnetkompasses ist mit dem Kurse des Schiffes veränderlich. Um sie kennen zu lernen, hat man daher das Schiff

Fig. 16.





herumzuschwojen und dabei die Deviation auf einer Reihe möglichst gleichmäßig über den Kreis verteilter Kurse zu bestimmen. Auf Grund der Beobachtungen einer solchen vollständigen Deviationsbestimmung kann dann eine Deviationstabelle und eine Steuertafel aufgestellt werden. Die Deviationstabelle gibt für die Kompaßkurse, von Strich zu Strich, von  $10^\circ$  zu  $10^\circ$  oder von  $15^\circ$  zu  $15^\circ$  die Deviation; sie wird gebraucht, wenn die am Kompaß abgelesenen Kurse und Peilungen für Deviation verbessert werden sollen. Die Steuertafel soll zu den auf der Karte abgelesenen mißweisenden Kursen, die gesteuert werden sollen, die zugehörigen Kompaßkurse angeben. Die Steuertafel ist leicht auf Grund der Deviationstabelle abzuleiten (s. 16 e).

14. Vorbereitung und Ausführung der vollständigen Deviationsbestimmung. a) Für die vollständige Deviationsbestimmung ist ebenso wie für die Kompensation nach Möglichkeit eine Zeit zu wählen, in welcher der magnetische Zustand des Schiffes normal ist; dies ist nicht der Fall, wenn das Schiff unmittelbar vorher im Hafen oder auf der Reise lange Zeit auf ein und demselben Kurse gelegen hat, oder wenn es z. B. durch Schießen mit schweren Geschützen stark erschüttert ist. Ist es trotzdem notwendig, in einem solchen Falle eine vollständige Deviationsbestimmung oder eine Kompensation auszuführen, so empfiehlt es sich, vorher bei hohen Umdrehungen der Maschine einige Kreise zu fahren, um dem Schiff Gelegenheit zur Abschüttelung des vorher aufgenommenen halbfesten Magnetismus zu geben.

Bei der Deviationsbestimmung dürfen sich in unmittelbarer Nähe des Schiffes keine größeren Eisenmassen wie Schwimmdocks, Schiffe, Krane, große eiserne Bojen und dergleichen befinden; auch darf eine Deviationsbestimmung selbstverständlich nicht an einem magnetisch gestörten Orte stattfinden.

b) Bei der Beobachtung muß sich das Schiff in seeklarem Zustande befinden. Alle eisernen Gegenstände, die einen Einfluß auf den Kompaß haben könnten, müssen sich in der Lage befinden, in der sie auf See gefahren werden; namentlich gilt dies von Geschützen, Ladebäumen, eisernen Booten, Kranen, Lukendeckeln, Türen von Kommandotürmen, Davits, Ventilatoren, Ketten, Sonnensegelstützen usw.

Das Schiff muß aufrecht auf ebenem Kiel liegen. Kessel und Maschine müssen betriebsfertig sein.

c) Die Kompaße und Peilvorrichtungen sind vorher auf ihren guten Zustand untersucht. Das Personal wird verteilt und belehrt. Der Navigationsoffizier leitet die Beobachtungen und bestimmt, in welchen Zwischenräumen oder auf welchen am Regellkompaß anliegenden Kursen gepeilt werden soll, etwa auf den vollen Kompaßstrichen, auf den Zehnergraden  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $40^\circ$  usw. oder auf den Fünfzehnergraden  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,



45° usw. Der Steuermann peilt am Regellkompaß oder Peilkompaß, ein Signalmaat schreibt die Uhrzeit jeder Peilung, den Kurs nach dem Regellkompaß und die Peilung unter Benutzung von Formular b auf. Außerdem ruft der Signalmaat beim jedesmaligen Anliegen eines vollen Striches am Regellkompaß „Null!“, nachdem er etwa 3° vorher das Kommando: „Achtung!“ gegeben hat. Stehen die Kompaße weit voneinander entfernt, so ist für eine sichere Übermittlung durch Sprachrohr, Telephon oder elektrische Klingel zu sorgen. An jedem Kompaß steht ein zuverlässiger Beobachter, der jedesmal beim Nullrufen am Regellkompaß den an seinem Kompaß anliegenden Kurs in Graden abliest und aufschreibt. Die abgelesenen Kurse werden laufend numeriert. Von Zeit zu Zeit wird die kommende Nummer der Beobachtung vom Regellkompaß aus den anderen Kompassen zugerufen.

d) Es ist nicht erforderlich, das Schiff bei jeder Peilung auf dem betreffenden Kurse zu halten. Allerdings sollen die Peilungen auch nicht im Fluge gemacht werden, das Schiff ist möglichst gleichmäßig und langsam zu drehen. Als Mindestzeit für die ganze Drehung gilt eine halbe Stunde.

e) Da die Rose bei der Drehung des Schiffes leicht etwas mitgeschleppt wird, ferner weil halbtester Magnetismus sich bei der Drehung bemerkbar macht (s. 33 b), ist es für zuverlässige Deviationsbestimmungen nötig, zwei Drehungen zu machen, eine Rechts- und eine Linksdrehung. Aus den zwei für einen Kurs gefundenen Deviationswerten ist dann das Mittel zu nehmen. Wenn die mißweisende Peilung des Objekts während der Beobachtungen unverändert bleibt, kann man auch je das Mittel der zwei auf einem Kurse gemachten Kompaßpeilungen nehmen.

#### 15. Methoden der vollständigen Deviationsbestimmung.

a) Peilung eines entfernten irdischen Gegenstandes. Ein entferntes irdisches, vom Schiff aus sichtbares Objekt wird während der Drehung in den festgesetzten Zwischenräumen gepeilt. [Die Entfernung muß so groß sein, daß sich die mißweisende Peilung bei der Drehung des Schiffes um weniger als 0,5° verschiebt. Dazu genügt eine Entfernung von etwa dem Hundertfachen des Durchmesser des vom Peilkompaß während der Drehung beschriebenen Kreises (im allgemeinen 6 bis 8 Sm). Die Beobachtungen können vor Anker, an einer Boje, einem Deviationspfahl oder unter Dampf gemacht werden. In letzterem Falle ist darauf zu achten, daß der Schiffsort nach Möglichkeit beibehalten wird.]

Die mißweisende Peilung des Fernobjekts entnimmt man der Karte oder einer Segelanweisung. Nötigenfalls kann man das Mittel aus den Kompaßpeilungen des Regellkompasses nehmen, vorausgesetzt, daß diese gleichmäßig über den Kreis verteilt sind. In diesem Falle kann man jedoch nicht ohne Rechts- und Linksdrehung auskommen.



b) Gegenseitige Peilung mit einem Beobachter am Land. Diese Methode eignet sich besonders für Häfen mit beschränkter Fernsicht oder bei unsichtigem Wetter. Man stellt am Land den Normalkompaß auf an einem Platz, an dem weder über noch unter der Erde Eisen vorhanden ist. Während der Schwöjung peilt man in den festgesetzten Zwischenräumen am Peilkompaß den Landkompaß. Gleichzeitig peilt auf ein gegebenes Zeichen der Beobachter am Land den Bordkompaß oder einen in seiner Nähe aufgerichteten gut sichtbaren Gegenstand. Zur Vermeidung von Irrtümern werden an beiden Kompassen zu den Nummern auch die Uhrzeiten der Peilungen angeschrieben.

Man nimmt dann die Peilung des Normalkompasses (des Kompasses am Land) entgegengesetzt und subtrahiert von ihr die Peilung des Bordkompasses. Der Rest ist die Deviation.

c) Mit Hilfe von Bakensystemen. In der Kieler Bucht, der Eckernförder Bucht und in Wilhelmshaven sind Bakensysteme errichtet, die eine bequeme und genaue Bestimmung der Deviation ermöglichen. Für die Kieler Bucht geben zwei bei Mönkeberg aufgestellte Bakensysteme ein „inneres“ und ein „äußeres“ durch Deckung mit einer Zentralbake die mißweisenden Peilungen etwa zwischen  $57^\circ$  und  $74^\circ$  von Grad zu Grad bzw. zwischen  $98^\circ$  und  $128^\circ$  von  $2^\circ$  zu  $2^\circ$ , für die Eckernförder Bucht ein solches durch Deckung mit Krusendorf-Kirche die Peilungen etwa zwischen  $138^\circ$  und  $168^\circ$  von  $2^\circ$  zu  $2^\circ$  an. In Wilhelmshaven sind am neuen Hafen und auf dem Deiche der Reede Bakensysteme errichtet, deren mißweisende Peilungen mit Zentralbakensystemen bekannt sind. Näheres s. in den Segelhandbüchern für die Ostsee und die Nordsee.

Dreht man das Schiff im Winkelraum des Bakensystems und peilt auf den Kursen, für die die Deviation bestimmt werden soll, die Zentralbake, so kann man leicht die mißweisende Peilung auf halbe oder Viertelgrade genau aus der Stellung der Zentralbake zwischen den benachbarten kleinen Bakensystemen schätzen. Die Deviation ist dann wieder durch den Unterschied mißweisender Peilung — Kompaßpeilung gegeben.

d) Peilung von Gestirnen. Die Peilung von Gestirnen zur Deviationsbestimmung ist auf der Reise wie im Hafen gleich gut anwendbar, sobald ein Gestirn in bequemer Peilhöhe sichtbar ist. Man berechnet das wahre Azimut des Gestirns zur Zeit der Peilung oder entnimmt es einer Azimuttabelle und verwandelt es durch Anwendung der Ortsmißweisung in die mißweisende Peilung.

Sonnenpeilungen kann man mit Hilfe des Schattenstiftes bis zu  $45^\circ$  Höhe nehmen, sonst sollte die Höhe des zu peilenden Gestirns nicht über  $35^\circ$  betragen, da die Peilungen bei größeren Höhen unsicher werden.

Zweckmäßig ist, eine Uhr auf Wahre Ortszeit zu stellen und schon vorher die Azimute für die voraussichtliche Dauer der Beobachtung, etwa



von 10 zu 10 Minuten, der Azimuttafel zu entnehmen. Man verwandelt diese rechtweisenden Azimute durch Anwendung der Mißweisung (östliche Mißweisung subtrahieren, westliche Mißweisung addieren) in mißweisende Peilungen und stellt diese Angaben zu einer kleinen Hilfstabelle zusammen.

Beispiel.

Deviationsbestimmung durch Peilung der Sonne. Am 28. Mai 1916 Nm. gegen 6<sup>h</sup> vor der Weser auf etwa 54° N, 8° O soll eine vollständige Deviationsbestimmung ausgeführt werden.

Zur Vorbereitung entnimmt man dem Nautischen Jahrbuch

$$\odot \delta = 21,5^\circ \text{ N, Zgl.} = -3,0^m$$

und der Seefarte den Wert der Mißweisung am Schiffsort = 12,5° W.

Mit Hilfe der Azimuttafel stellt man schon vor Beginn der Beobachtung die nebenstehende kleine Tabelle zusammen. Nachdem noch die Beobachtungsuhr auf Wahre Ortszeit gestellt ist, kann mit den Beobachtungen begonnen werden.

	Wahre Ortszeit	Wahres Azimut	Mißw. Peilung	Unterschied
5h 10m		273,3°	285,8°	
		20	287,7°	1,9
		30	289,7°	2,0
		40	291,6°	1,9
		50	293,6°	2,0

Die Azimute des Polarsterns entnimmt man der Tafel 8 des N. J.

e) Mit Hilfe des Kreiselkompasses. Ist ein Kreiselkompaß an Bord aufgestellt, so können die magnetischen Kompaße nach ihm reguliert werden. Der Kreiselkompaß ist vier Stunden vor Beginn der Beobachtungen in Betrieb zu nehmen. Die richtige Einstellung des Steuerstriches am Kreiselmutterkompaß ist vorher festzustellen, indem man bei fest vertäutem Schiff den rechtweisenden Kurs durch Peilung eines Gestirns oder eines irdischen Fernobjekts bestimmt und mit dem Kurs am Kreiselkompaß vergleicht. Ergeben sich Unterschiede von mehr als 1/4°, so ist für eine Richtigeinstellung des Steuerstriches des Kreiselkompasses Sorge zu tragen.

Indem das Schiff gedreht wird, liest man etwa auf den 15°-Kursen des Kreiselkompasses den Magnetkompaß ab. Die rechtweisenden am Kreiselkompaß abgelesenen Kurse werden durch Anwendung der Mißweisung in mißweisende Kurse verwandelt. Von diesen werden die Magnetkompaßkurse subtrahiert.

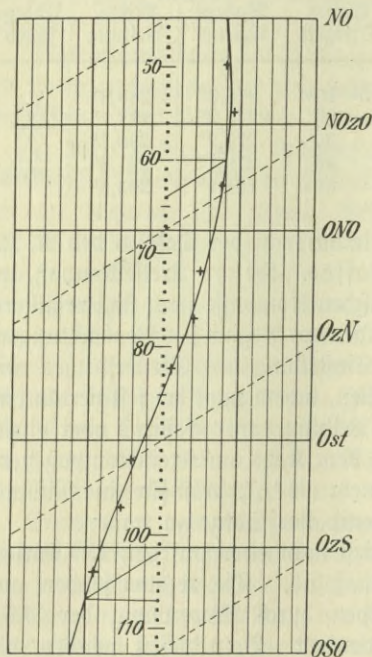
16. Auswertung der Beobachtungen, Diagramme, Deviations- und Steuertafeln. a) Die bei der Schwojung gefundenen, und im Formular b zusammengestellten Deviationen sind nur beim Regelkompaß auf den vollen Kompaßstrichen, auf den Zehnergraden oder den Fünfzehnergraden gemacht; für die anderen Kompaße sind die Deviationen für die in der Steuertafel gewünschten Kurse erst durch Einschalten zwischen den Nachbarwerten zu finden. Dazu bedient man sich zweckmäßig einer graphischen Darstellung der Deviationen in einem Netz oder Diagramm.

b) Das Diagramm zeigt den Rand der Kompaßrose mit seiner Grad- und Strichteilung in eine gerade von oben nach unten über ein Blatt Papier laufende Linie ausgestreckt. Diese Linie heißt die Achse des Diagramms.



Ihre Teilpunkte bedeuten zunächst Kompaßkurse. In jedem bei der Beobachtung an dem betreffenden Kompaß anliegenden Kompaßkurs wird die zugehörige Deviation senkrecht zur Achse aufgetragen, nach rechts, wenn sie östlich, nach links, wenn sie westlich ist. Bei dem in der Kaiserlichen Marine gebrauchten Diagramm (Formular a) wird das Eintragen der Deviationen durch feine der Achse parallel gezogene Linien erleichtert. Jede fünfte von diesen Linien ist kräftiger ausgezogen und mit der zugehörigen Gradzahl versehen. Ein

Fig. 17.



Teil dieses Diagramms mit einer eingezeichneten Deviationskurve ist in Fig. 17 abgebildet. Die den Beobachtungen entsprechenden Punkte sind durch kleine Kreuze bezeichnet. So ist z. B. auf dem Kompaßkurs  $50^\circ$  die Deviation  $+4^\circ$ , auf dem Kompaßkurs  $55^\circ$  die Deviation  $+4,5^\circ$  gefunden usw. Durch die eingetragenen Punkte ist eine schlank ausgezogene Kurve gelegt, indem man ersichtlich zu weit außen liegende Punkte außerhalb, zu weit innen liegende innerhalb der Kurve gelassen hat.

c) Man erzielt so eine Ausgleichung der Beobachtungsfehler. Daneben gewinnt man auch eine Übersicht über den Gesamtverlauf der Deviation. Ferner erkennt man aus der Zeichnung, wie weit die gezogene Kurve den wirklich gemachten Beobachtungen gerecht wird, und mit welcher Zuverlässigkeit die Deviation an jeder Stelle beobachtet

ist. Wegen dieser Vorteile empfiehlt sich der Entwurf einer Deviationskurve auch für den Regelkompaß, selbst wenn an ihm alle Peilungen auf den für die Steuertafel gewünschten Kursen gemacht sind, wie es oben angenommen war.

d) Nachdem die Deviationskurve im Diagramm gezeichnet ist, entnimmt man aus der Zeichnung die Werte der Deviation für die Kurse, die man in der Deviationstabelle haben will, also für die vollen Kompaßstriche, für die Zehner- oder die Fünfzehnergrade und stellt sie in einer Deviationstabelle nach nebenstehendem Muster zusammen. Sie wird für den Gebrauch an dem betreffenden Kompaß auf Holz oder Pappe gefleht.



Eine für die Einsendung bestimmte, alle Kompaße umfassende Tabelle ist nach Formular c zu entwerfen.

e) Deviationen für mißweisende Kurse; Steuertafel. Die Deviationen werden meist für die Kompaßkurse beobachtet und in das Diagramm eingetragen. Aus der Zeichnung kann man dann aber auch die Deviationen für die mißweisenden Kurse ablesen, und zwar in folgender Weise:

Man suche den mißweisenden Kurs an der Achse auf, ziehe durch ihn eine Parallele zu den schrägen, gestrichelten Linien des Diagramms bis zur Kurve. Vom erhaltenen Kurvenpunkte falle man das Lot auf die Achse. Dieses ist die Deviation für den mißweisenden Kurs und sein Fußpunkt ist der zugehörige Kompaßkurs.

Die Begründung des Verfahrens ist an zwei Stellen der Fig. 17 angedeutet. Zu dem Kompaßkurs 60° gehört in dem Diagramm  $\delta = +4^\circ$ , also der mißweisende Kurs 64°. Sucht man den Kompaßkurs an der Achse auf, errichtet in ihm senkrecht zur Achse das zugehörige  $\delta$  und verbindet dessen Endpunkt mit demjenigen Punkt, der dem magnetischen Kurse entspricht, so ist diese Linie parallel zu den gestrichelten Linien des Diagramms. In dem entstehenden rechtwinkligen Dreieck verhalten sich nämlich die Katheten wie 4 Grad der  $\delta$ -Teilung zu 4 Grad der Achsteilung, also auch wie beliebige Anzahl von Graden beider Teilungen, z. B. wie 10° der  $\delta$ -Teilung zu 10° der Achsteilung. Diesem Teilungsverhältnis entsprechend sind aber die gestrichelten Linien gezogen, wie man z. B. an der Stelle 80° sieht. Für westliche Deviation erhält man dieselbe Richtung der schrägen Linie, wie man beim Kompaßkurs 107° sieht, zu dem  $\delta = -5^\circ$ , also der magnetische Kurs 102° gehört.

Wie der Weg von der Achse über die Senkrechte zur Kurve und über die schräge Linie zur Achse zurück vom Kompaßkurs zum mißweisenden Kurs führt, so führt der umgekehrte Weg vom mißweisenden zum Kompaßkurs.

Man kann hiernach auch eine Steuertafel anfertigen, die zu jedem zu steuernden mißweisenden Kurs die zugehörige Deviation und den Kompaßkurs gibt (Formular d).

f) Sind die Deviationen nur klein, so unterscheiden sich ihre Werte für die mißweisenden Kurse nicht merklich von denen für die Kompaßkurse, und man kommt mit einer Deviationstabelle aus.

Die Werte dieser Tabelle sind anzuwenden:

beim Übergang von Kompaßkursen zu mißweisenden Kursen mit ihrem richtigen Zeichen;

beim Übergang von mißweisenden zu Kompaßkursen mit dem entgegengesetzten Zeichen.

Deviationstabelle für den Regelkompaß	
Kompaß- kurs	$\delta$
0°	- 1°
15	+ 3
30	+ 5
45	+ 6
60	+ 5
75	+ 2
<b>90</b>	$\pm$ 0
105	- 3
120	- 5
135	- 6
150	- 5
165	- 3
<b>180</b>	- 1
195	+ 2
210	+ 4
225	+ 5
240	+ 4
255	+ 3
<b>270</b>	+ 1
285	- 2
300	- 4
315	- 4
330	- 4
345	- 4
<b>0</b>	- 1



17. Kurskontrolle. a) Die Werte der Deviationsstabelle oder der Steuertafel, die man aus einer vollständigen Deviationsbestimmung ableitet, sind für die Folge als Werte anzusehen, die nur einen Anhalt über die ungefähre Größe der Deviation auf einem Kurse geben. Sie müssen fortgesetzt durch Neubeobachtung der Deviation auf dem anliegenden Kurse kontrolliert werden.

Nach Möglichkeit hat eine Deviationskontrolle stattzufinden: im allgemeinen mindestens einmal auf jeder Wache; nach jedem Kurswechsel, insbesondere wenn das Schiff vorher längere Zeit auf der Reise oder im Hafen auf demselben Kurs gelegen hat. Dabei ist zu beachten, daß eine unmittelbar nach erheblichem Kurswechsel beobachtete Deviation nur Augenblickswert hat; sie ist durch weitere Beobachtungen zu ergänzen (s. 32 c).

Vor dem Einlaufen in einen Hafen hat man, besonders in schwierig zu befahrenden Gewässern, die Deviationen für die Einlaufskurse vorher zu bestimmen.

Für die Deviationskontrolle ist ein besonderes übersichtlich geordnetes Heft zu führen. Als Methoden kommen Deckpeilungen terrestrischer Peilobjekte und vor allem Peilungen von Gestirnen in Frage.

b) Deckpeilungen. Deckpeilungen sind ein sehr zuverlässiges und bequemes Mittel der Deviationskontrolle, insbesondere beim Hinauf- oder Hinunterfahren auf einem Flußlauf. Man peilt zwei gut sichtbare Objekte in dem Augenblick, wo sie sich vom Schiffe gesehen in Deckung befinden. Die mißweisende Peilung der Verbindungslinie entnimmt man der Karte, wenn sie nicht sonstwie bekannt ist.

#### Beispiel.

Die Elbe hinuntersteuernd, peilt man auf dem Kurs  $295^\circ$  die Leuchttürme Neuenfelde-Osterende-Groden in Deckung  $167^\circ$ .

Da (nach Kompaß an Bord, S. 161) die mißweisende Peilung  $S 17^\circ O = 163^\circ$  ist, so hat man  $\delta = 163^\circ - 167^\circ = -4^\circ$  auf Kurs  $295^\circ$ .

c) Gestirnspeilungen. Peilungen von Gestirnen sind das wichtigste Hilfsmittel der Kurs- und damit der Deviationskontrolle in Sicht oder außer Sicht des Landes. Für eine zuverlässige Peilung ist es nötig, daß das Gestirn in bequemer Peilhöhe steht (vgl. 15 d). Ist dieses bei der für die Ortsbestimmung genommenen Höhe der Fall, so ist es zweckmäßig, gleichzeitig mit der Höhenmessung das Gestirn am Kompaß peilen zu lassen. Das für die Ortsbestimmung gebrauchte wahre Azimut kann dann gleichzeitig auch zur Deviationskontrolle Verwendung finden.

Da das Hauptziel die Kontrolle des Kurses ist und man die Peilung der Gestirne zunächst immer als ihr rechtweisendes Azimut erhält, so ist es praktisch, zunächst die Fehlweisung zu bestimmen und aus ihr erst die Deviation abzuleiten.



Werden die Peilungen von Nord rechts herum von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$  gezählt, so ist die Fehlweisung  $f$  durch den Unterschied

Fehlweisung  $f =$  rechtweisende Peilung — Kompaßpeilung  
gegeben, wie die Fig. 18 erkennen läßt. Aus ihr erhält man die Deviation  
 $d =$  Fehlweisung — Mißweisung.

Praktisch führt man die Subtraktion der Mißweisung aus, indem man ihren entgegengesetzten Wert addiert (s. die Beispiele). Zur Ermittlung des wahren Azimuts müssen der Schiffsort, die Deklination des Gestirns sowie sein Stundenwinkel bekannt sein. Letzteren leitet man aus der zur Zeit der Peilung abgelesenen Uhrzeit oder Chronometerzeit ab. Da die Zeit nicht genauer als auf die volle Minute bekannt zu sein braucht, so empfiehlt sich meist die Beobachtung nach einer auf wahre Ortszeit gestellten Uhr. Besonders gilt das für Sonnenbeobachtungen.

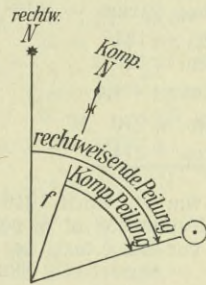
Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich die Ortszeit ändert, wenn das Schiff nach Ost oder West fährt. Die Berichtigung ist der in Zeit verwandelte Längenunterschied, sie wird addiert, wenn man nach Osten, subtrahiert, wenn man nach Westen gefahren ist (s. Beispiele 2a und 2b).

Das rechtweisende Azimut entnimmt man am bequemsten und sichersten einer Azimuttafel, die unmittelbar das fertige Azimut gibt, z. B. der von Ebsen oder Burdwood/Davis. Ist eine solche Tafel nicht zur Hand, oder geht die Deklination über die Werte der Tafel hinaus, so kann man es leicht mit Hilfe der Tafel 16abc der N. T. bestimmen.

Das Hauptbeobachtungs-gestirn ist die Sonne. Besonders einfach und genau ist die Deviationskontrolle durch Peilung der Sonne beim wahren Auf- oder Untergang, d. h. dann, wenn sich der Sonnenmittelpunkt im wahren Horizont befindet. Das ist der Fall, wenn der untere Sonnenrand — nach Schätzung — etwa  $\frac{3}{4}$  des Sonnendurchmessers über der Kimm steht. Man entnimmt das Azimut der Sonne beim wahren Auf- und Untergang der Tafel 19 der N. T. oder der Ebsenschen Tafel, nachdem man die Deklination der Sonne mit der angenäherten Greenwicher Zeit aus dem N. J. gefunden hat. Der Mond ist in seinem wahren Auf- und Untergang nicht zu beobachten, da er dann unter der Kimm steht; Fixsterne und Planeten sind in der Nähe der Kimm meistens nicht hell genug, um erkannt zu werden, so daß für Peilungen im wahren Auf- und Untergang nur die Sonne geeignet ist.

Im übrigen sind die hellen Fixsterne, die Planeten und der Mond, wenn sie in bequemer Peilhöhe stehen, für die Deviationskontrolle ebenso geeignet wie die Sonne. Unter den Fixsternen ändert der Polarstern sein

Fig. 18.





Mazmut so langsam, daß man die Zeit nur auf etwa eine Stunde genau zu ermitteln braucht. Man entnimmt das Mazmut mit der angenäherten Ortsternzeit der Tafel 8 des N. J. Peilungen des Polarsterns sind besonders in den Breiten von 10° N bis zu mittleren Nordbreiten am Plage.

Im dritten und fünften der folgenden Beispiele sind mehrere Kom-  
passe berücksichtigt.

Beispiele.

1. Am 10. Februar 1916 nachm. gegen 6 Uhr wurde Sirius in 129,5° am Regelkompaß gepeilt. Kurs am Regelkompaß West. Mißweisung 3,5° W. Bei der Standlinienrechnung fand man das wahre Mazmut des Sirius = S 46° O.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Mz.} & = & 134^\circ \\
 \text{Pfg. Kp.} & = & 129,5 \\
 \text{Fw.} & = & +4,5 \\
 \hline
 \text{N. Kp.} & = & 270 \leftarrow \\
 \text{N. rw.} & = & 274,5
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{rcl}
 + \text{ entg. Mw.} & & \text{Dev.} \\
 + 3,5^\circ & & = + 8^\circ
 \end{array}$$

2. Am 20. April 1916 vorm. gegen 9 Uhr in 52° 10' N und 35° 5' W peilte man nach einer Uhr, die 14m vor W D Z war, um 9h 35m die Sonne 158° am Pfp. — Kurs 313°; Mw. 33° W.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{U.} & = & 9^h 35^m \text{ Vm.} \\
 \text{S.} & = & 14 \\
 \text{W D Z} & = & 9 \quad 21 \text{ Vm.} \\
 \text{Mz.} & = & 127^\circ \\
 \text{Pfg. Kp.} & = & 158 \\
 \text{Fw.} & = & -31 \\
 \hline
 \text{N. Kp.} & = & 313 \leftarrow \\
 \text{N. rw.} & = & 282
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{rcl}
 + \text{ entg. Mw.} & & \text{Dev.} \\
 + 33^\circ & & = + 2^\circ
 \end{array}$$

2a. Um 4 Uhr nachm. stellt man eine Uhr auf W D Z, verändert die Länge um 47' nach W, und nimmt nun um 6h 4m nach der Uhr eine Peilung. Welches ist die W D Z?

2b. Um 8 Uhr vorm. findet man den Stand einer Uhr 4,5m nach W D Z. Man verändert die Länge um 1° 20' O und macht nun um 11h 30,5m nach derselben Uhr eine Beobachtung. Welches ist dabei die W D Z?

3. Am 18. Mai 1916 vorm. gegen 4 Uhr in 54° 40' N und 3° 48' O peilt man die Sonne beim wahren Aufgang 61,5°. Kurs a. Pfp. N 5° W; a. Stfp. N 15° O; Mw. = 15° W.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Mz.} & = & 54,5^\circ \\
 \text{Pfg. Kp.} & = & 61,5 \\
 \text{Pfp. : Fw.} & = & -7 \\
 \hline
 \text{N. Pfp.} & = & 355 \leftarrow \\
 \text{N. rw.} & = & 348 \\
 \hline
 \text{N. Stfp.} & = & 15 (= 375) \leftarrow \\
 \text{Stfp. : Fw.} & = & -27
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{rcl}
 + \text{ entg. Mw.} & & \text{Dev.} \\
 + 15^\circ & & = + 8^\circ \\
 & & = - 12^\circ
 \end{array}$$

$$\text{W D Z} = 9^h 21^m \text{ Vm.}$$

$$\text{Lg. i. Z.} = + 2 \quad 20$$

$$\text{W D Z} = 11 \quad 41 \text{ Vm. d. 20. 4.}$$

$$\delta = + 11,5^\circ$$

nach Ebfjens T. Mz. = N 127° O

oder N. T. 16: a = + 1,53

b = - 0,31

Mz. = S 53° O c = + 1,22

$$\text{U.} = 6^h 4^m$$

$$\text{S.} = 0$$

Ver. f. Lg. Änd. = - 3

$$\text{W D Z} = 6 \quad 1$$

$$\text{U.} = 11^h 30,5^m$$

$$\text{S.} = + 4,5$$

Ver. f. Lg. Änd. = + 5,3

$$\text{W D Z} = 11 \quad 40,3$$

ang. W D Z = 4h Vm.

Lg. i. Z. = -

W D Z = 4 Vm. d. 18. 5.

δ = 19,5° N.

nach Ebfjens T. Mz. = 54,5°  
oder N. T. 19

4. Am 4. September 1916 in 25,2° N und 140,6° W peilte man auf SO-Kurs um 12h 23m den Polarstern Nord. Stand der Uhr 7m vor WÖZ;  $Mw. = 10^{\circ} O$ .

U. = 12h 23m 3m.	$M_3. = 1^{\circ} +$
$\mathcal{E}. = - 7$	$\text{Fig. Rp.} = 0$ entg. $Mw.$ Dev.
WÖZ = 12 16	$\text{Zw.} = + 1 - 10^{\circ} = - 9^{\circ}$
m. $\odot \alpha = 10$ 52	$\text{R. Rp.} = 135 \leftarrow$
$\star \text{ZD} = 23$ 8	$\text{R. rw.} = 136$

Hier hätte die Bestimmung der Sternzeit auf ganze Stunden genügt.

5. Am 18. Februar 1916 nachm. auf 12,5° S und 110,0° W peilte man nach Chronometer I den Mond um 2h 14m in 66° a. Regelkompaß. Kurs a. Rp. = 350°, a. Stfp. = 342°;  $Mw. = + 11^{\circ}$ ,  $\mathcal{E}. \text{ d. Chr. I} = - 4^m$  geg. WÖZ.

I = 14h 14m	
$\mathcal{E}. = - 4$	
WÖZ = 14 10	d. 18. 2.
$\text{Zg i. Z.} = 7$ 20	
WÖZ = 6 50	
v. m. $\odot \alpha = 21$ 51	
$\star \text{ZD} = 28$ 41	
v. $\odot \alpha = 10$ 2	
$\odot t = 18$ 39	

	$M_3. = 78^{\circ}$	
	$\text{Fig. Rp.} = 66$	+ entg. $Mw.$ Dev.
Rfp.:	$\text{Zw.} = + 12$	$- 11^{\circ} = + 1^{\circ}$
	$\text{R. Rp.} = 350 \leftarrow$	
	$\text{R. rw.} = 362 (= 2)$	
	$\text{R. Stfp.} = 342 \leftarrow$	
Stfp.:	$\text{Zw.} = + 20$	$- 11^{\circ} = + 9^{\circ}$

N. Z. Taf. 8:  $M_3. = N 0,8^{\circ} O$

$\text{WÖZ} = 14^h 10^m$  d. 18. 2.

m.  $\odot \alpha = 21^h 48,5^m$   
 $\mathcal{E}. = + 2,3$

v. m.  $\odot \alpha = 21$  51  
 $\odot \alpha = 10^h 1,4^m$   
 $\mathcal{E}. = 0,3$

v.  $\odot \alpha = 10$  2  
 $\odot \delta = 10,2^{\circ} N$

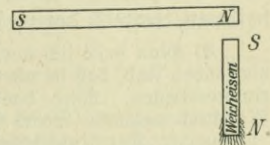
Ebens.  $\mathcal{E}. M_3. = S 102^{\circ} O$   
 oder N.  $\mathcal{E}. 16: a = + 0,04$   
 $b = + 0,18$   
 $c = + 0,22$   
 $M_3. = N 78^{\circ} O$

Fünfter Abschnitt.

Entstehung der verschiedenen Arten des Schiffsmagnetismus.

18. Magnetische Induktion. a) Als magnetische Induktion bezeichnet man die Erscheinung, daß Eisen magnetisch wird, sobald man es in ein magnetisches Feld bringt. Hält man z. B. ein vorher völlig unmagnetisches Eisenstück, wie die Fig. 19 zeigt, in die Nähe des Nordpols eines Magnets S N und taucht das untere Ende in Eisenfeilspäne, so bleiben diese büschelförmig am Eisen haften. Das vom Nordpol abgewandte Ende des Eisens erweist sich als nord-, also gleichnamig, das ihm

Fig. 19.





zugewendete Ende als süd-, also ungleichnamig, magnetisch. Den so entstehenden Magnetismus nennt man induzierten.

b) Wird weiches Eisen, z. B. ein Nagel, von einem Magnetpol angezogen, so wird das Eisen zunächst durch Induktion selbst zu einem Magnet, und dann erst findet Anziehung zwischen dem Pol des Magnets und dem benachbarten ungleichnamigen Pol im Eisen statt. Die Anziehung zwischen Magnet und Eisen ist natürlich wechselseitig. Das zeigt sich besonders, wenn man als Magnet eine auf eine Spitze gesetzte Magnetonadel verwendet. Nähert man ein Stück unmagnetisches Eisen ihrem Nordpol, so wird dieser angezogen, indem er im Eisen einen Südpol induziert, nähert man das Eisen dem Südpol, so wird dieser angezogen, indem er im Eisen einen Nordpol induziert. Eine solche Ablenkung einer Magnetonadel nennt man Ablenkung durch Nadelinduktion. Sie wird unter Umständen bei der Kompensation verwertet (s. 38 e).

c) Verschiedene Eisensorten zeigen hinsichtlich der magnetischen Induktion ein verschiedenes Verhalten:

Weiches, ausgeglühtes Eisen wird ohne Zeitverlust und stark magnetisch, es verliert den induzierten Magnetismus sofort und völlig wieder, wenn man es aus dem magnetischen Felde entfernt. Man nennt den im weichen Eisen erzeugten deshalb flüchtigen Magnetismus.

Gehärteter Stahl nimmt bei derselben induzierenden Kraft viel weniger Magnetismus auf, wenn er aber einmal magnetisch geworden ist, so hält er den aufgenommenen Magnetismus zum großen Teil dauernd fest. Hierauf beruht die Herstellung künstlicher Magnete. Dauernden Magnetismus nennt man fest oder permanent.

Das in der Praxis, insbesondere das zum Schiffbau verwendete Eisen, nimmt in seinem magnetischen Verhalten eine Mittelstellung zwischen weichem Eisen und gehärtetem Stahl ein. Wird es in ein magnetisches Feld gebracht und ruhig darin bewegt, so verhält es sich wesentlich wie weiches Eisen, indem es immer eine flüchtige Magnetisierung zeigt, die der jeweiligen Lage entspricht. Wird es dagegen in irgendeiner Lage, etwa durch Hammerschläge, kräftig erschüttert, so setzt sich der zur Zeit induzierte Magnetismus größtenteils im Eisen fest. Er verschwindet nur allmählich und nur zum Teil wieder, wenn das Eisen (ohne Erschütterungen) in andere Lagen gebracht wird. Den mit der Zeit verschwindenden Teil nennt man halbfesten Magnetismus.

Das sicherste Mittel, Eisen von aufgenommenem Magnetismus zu befreien, besteht darin, daß man es ausglüht.

d) Man stellt sich vor, daß in jedem Eisen die Molekularmagnete (s. 1 e) schon vorhanden sind, daß sie aber im unmagnetischen Zustande des Eisens regellos durcheinanderliegen. Wird das Eisen einem Magnetpol genähert, so ordnen sich die Molekularmagnete, indem sie dem induzierenden Pole ihre ungleichnamigen Pole zuwenden. Der Unterschied zwischen den verschiedenen Eisensorten erklärt sich da-



durch, daß die kleinen Magnete im weichen Eisen leicht, im halbharten schwerer, im gehärteten Stahl sehr schwer beweglich sind. Durch Erschütterungen wird die Beweglichkeit der Molekularmagnete erhöht. Durch Ausglühen kommen die Moleküle in so heftige Bewegungen, daß eine vorher vorhandene Ordnung nachher völlig aufgehoben ist.

19. Induktion im erdmagnetischen Felde. a) Für das Kompaßwesen wichtig ist die Induktion durch die erdmagnetische Kraft, da jedes eiserne Schiff der induzierenden Wirkung dieser Kraft ständig ausgesetzt ist.

Die erdmagnetische Induktion ist am einfachsten an einer Stange aus weichem Eisen zu beobachten. Eine (etwa 1 m lange, 2 bis 3 cm dicke) Stange werde zunächst O—W gehalten und einer kleinen, frei beweglichen Magnetnadel oder Kompaßrose genähert. Wenn die Stange unmagnetisch ist, so ist keine Einwirkung zu beobachten\*). Sobald man die Stange aufrichtet, also vertikal hält, stößt das untere Ende das Nordende der Magnetnadel ab, ein Zeichen dafür, daß es selbst nordmagnetisch ist. Auf dem magnetischen Äquator der Erde bleibt die Stange in vertikaler Stellung unmagnetisch, auf magnetischer Südbreite ist unten ein Südpol vorhanden.

Hält man die Stange horizontal, etwa in den magnetischen Meridian, so erweist sich das nach Norden gelegene Ende als nord-, das nach Süden gelegene Ende als süd-magnetisch. Dreht man die Stange aus der nord-südlichen Lage allmählich in die ostwestliche, so wird der Magnetismus der Stange immer schwächer, bis er in der O—W-Lage ganz verschwindet.

b) Schlägt man die Stange, während man sie etwa vertikal oder horizontal in den Meridian hält, einige Male kräftig mit einem Hammer, so wird der induzierte Magnetismus sehr verstärkt, und die Stange erweist sich nachher als dauernd magnetisch. Den Eigenmagnetismus der Stange erkennt man, indem man sie bei ostwestlicher Haltung der Probiernadel nähert. Die Stange behält ihn dauernd, zumal wenn man sie in derselben Lage beläßt, in der sie erschüttert wurde. In anderen Lagen verliert sie mit der Zeit einen Teil des aufgenommenen Magnetismus, am meisten in der Lage, die der ursprünglichen entgegengesetzt ist. Augenblicklich verschwindet die alte Magnetisierung, wenn man die Stange in dieser Lage gleich kräftigen Hammerschlägen aussetzt.

c) Man merke:

Jede vertikale Stange erhält durch erdmagnetische Induktion auf nordmagnetischer Breite unten einen Nordpol, oben einen Südpol; auf süd-magnetischer Breite unten einen Südpol, oben einen Nordpol; auf dem magnetischen Äquator verschwindet der induzierte Magnetismus vertikaler Stangen.

\*) Nur wenn man ganz nahe mit der Stange an eins der Nadelenden herankommt, so wird jedesmal dieses Nadelende durch Nadelinduktion angezogen.



Jede horizontale Stange erhält durch erdmagnetische Induktion auf der ganzen Erde an ihrem nördlichen Ende einen Nordpol und an ihrem südlichen Ende einen Südpol.

In ostwestlicher Lage verschwindet der induzierte Magnetismus horizontaler Stangen.

**20. Arten des Schiffsmagnetismus.** Schon bei seinem Bau ist das eiserne Schiff der Induktion durch die erdmagnetische Kraft des Erbauungsortes ausgesetzt. Die Induktion wird in dieser Zeit durch die unzähligen Hammerschläge der Eisenbearbeitung unterstützt, so daß sich ein bedeutender Betrag von Magnetismus dauernd im Rumpfe des Schiffes und in seinen einzelnen Aufbauten festsetzt. Aber auch später, während seiner Fahrten ist das Schiff ständig der erdmagnetischen Induktion am jeweiligen Schiffsort ausgesetzt. Es verhält sich dieser Induktion gegenüber zunächst als Weicheisenmasse, d. h. es nimmt flüchtige Pole auf, die in jeder Lage des Schiffes augenblicklich vorhanden sind und sich sofort ändern, wenn das Schiff, sei es durch Änderung des Kurses oder der magnetischen Breite, in eine andere Lage zur erdmagnetischen Kraft kommt. Es ist zweckmäßig, den Schiffsmagnetismus nach diesen verschiedenen Induktionen in die drei Klassen zu teilen:

  fester Schiffsmagnetismus;

  flüchtiger Magnetismus im vertikalen Eisen;

  flüchtiger Magnetismus im horizontalen Eisen.

Diese drei Arten von Magnetismus sind der Berechnung und der Kompensation zugänglich. Das Schiffseisen ist aber in der Tat halbhart, es nimmt einen Teil seiner Magnetisierung erst langsam auf und verliert diesen Teil auch erst im Laufe der Zeit wieder. Die Berücksichtigung der Wirkungen des

  halbfesten Schiffsmagnetismus

auf den Kompaß ist eine wichtige Aufgabe der Schiffsführung (s. 32).

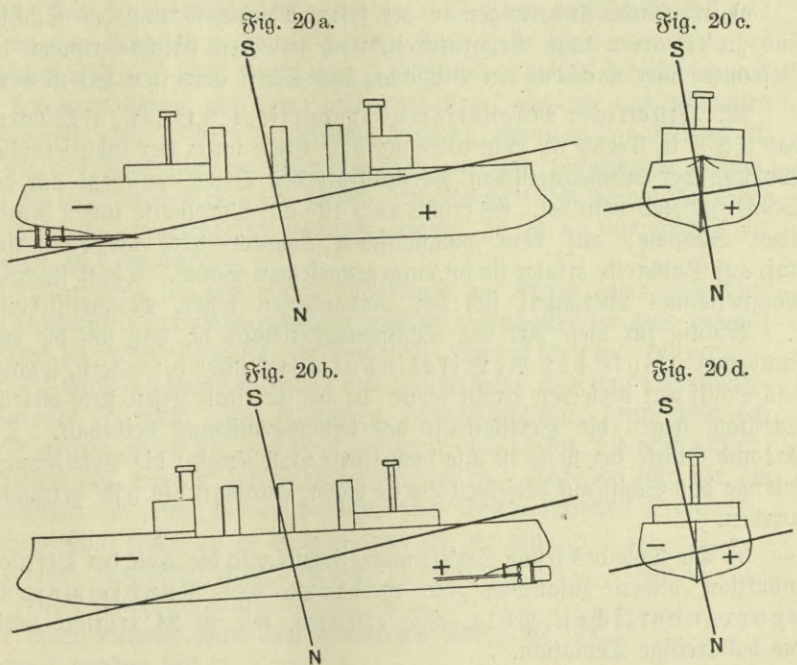
**21. Der feste Schiffsmagnetismus, Baumagnetismus.** a) Der feste Schiffsmagnetismus rührt meist ausschließlich aus der Bauperiode des Schiffes her. Die Lage der Pole des „Baumagnetismus“ ist von der magnetischen Breite des Erbauungsortes und vom Baukurs abhängig. Für die Hauptbaukurse wird die entstehende Verteilung des Baumagnetismus durch die Fig. 20 veranschaulicht, in denen Nordmagnetismus durch das +=Zeichen, Südmagnetismus durch das —=Zeichen kenntlich gemacht ist. Die Figuren sind für einen Erbauungsort auf etwa 70° N-Breite gezeichnet.

b) Bei Schiffen, die auf nordmagnetischer Breite gebaut sind, weisen die oberen Teile aller vertikalen Eisenmassen Südpole auf (s. 19 e). Entsprechend zeigen die Decksteile der Schiffe in den Fig. 20 durchweg Südmagnetismus. Dieser Südmagnetismus liegt unter dem Kompaß, und zwar dem Kompaß viel näher als der Nordmagnetismus des Schiffsbodens.



So ist an Bord dieser Schiffe nachher eine Kraft vorhanden, die den Nordpol der Kompaßrose nach unten zu ziehen sucht (s. 29 b, 1).

c) Die Verteilung des Baumagnetismus im horizontalen Sinne hängt vom Baukurs ab. Der beim Bau nach Norden liegende Teil des Schiffes wird nordmagnetisch, der nach Süden liegende süd magnetisch (s. 19 c). Das Schiff in Fig. 20 a ist auf Nordkurs gebaut, es hat vorn einen Nordpol, achtern einen Südpol. Auf S-Kurs entstehen die entgegen-



gesetzten Pole, wie in Fig. 20 b dargestellt. Auf östlichem Baukurs (Fig. 20c) entsteht an Steuerbord ein Südpol, an Backbord ein Nordpol; auf westlichem Baukurs liegen die Pole entgegengesetzt (Fig. 20d).

An Bord moderner Kriegsschiffe wird übrigens an den meisten Kompaßplätzen die magnetische Wirkung des Schiffes als eines Ganzen verwichen durch den überwiegenden Einfluß einzelner in der Nähe des Kompasses befindlicher Ein- und Aufbauten.

Die in der Querschiffsrichtung entstandenen Pole wirken wegen ihrer geringeren Entfernung im allgemeinen stärker auf den Kompaß als die Längschiffspole. Außerdem sind sie in der Regel viel mehr zur Veränderung geneigt und deshalb unangenehmer.



d) Der Baumagnetismus ist nur zum Teil wirklich fest, ein großer Teil verschwindet, wenn das Schiff nach dem Stapellauf auf Kurse kommt, die vom Baukurs stark abweichen. Der Vorgang der Abschüttelung der halbfesten Teile des Baumagnetismus dauert ein bis zwei Jahre. Er wird erheblich abgekürzt, wenn der Ausrüstungskurs entgegengesetzt oder nahe entgegengesetzt dem Baukurs gewählt wird. Überall, wo die Möglichkeit vorhanden ist, sollte deshalb das Schiff nach dem Stapellauf auf den entgegengesetzten Kurs gelegt und auf diesem ausgerüstet werden.

e) Erhebliche Änderungen in der festen Magnetisierung des Schiffes sind zu erwarten nach Reparaturen, nach schweren Erschütterungen bei Gefechten oder nachdem ein Blitzschlag das Schiff getroffen hat (s. 34 d).

**22. Flüchtiger Magnetismus im vertikalen Eisen.** a) Während das Schiff in Dienst ist, steht alles vertikale Eisen unter der induzierenden Wirkung der erdmagnetischen Vertikalkraft des Ortes, an dem sich das Schiff zur Zeit befindet. Es erhält nach 19c auf Nordbreite unten Nord-, oben Südpole; auf dem magnetischen Äquator hört die Induktion auf, auf Südbreite erfolgt sie im entgegengesetzten Sinne. Dieser flüchtige Magnetismus überlagert sich der vorhandenen festen Magnetisierung.

Wichtig für diese Art des Schiffsmagnetismus ist, daß sich die entstandenen „Pole der Vertikalinduktion“ nicht verändern, solange das Schiff auf derselben Breite bleibt, da das vertikale Eisen stets dieselbe Stellung gegen die Vertikalkraft des Erdmagnetismus beibehält. Die Art und Stärke der Pole ist also vom Kurse unabhängig; die Pole können, solange das Schiff auf derselben Breite bleibt, geradezu als feste betrachtet werden.

b) Die Pole des festen Schiffsmagnetismus und die Pole der Vertikalinduktion bilden zusammen die während der Rundschwöjung unveränderlichen Pole. Sie erzeugen, wie in 24 erörtert wird, die halbkreisige Deviation.

**23. Flüchtiger Magnetismus des horizontalen Eisens.** a) Das horizontale Schiffseisen steht unter der induzierenden Wirkung der erdmagnetischen Horizontalkraft. Die so entstehenden Pole sind also mit dem Kurse veränderlich. Eine längsschiffs liegende Stange z. B. ist auf N- und S-Kurs am stärksten magnetisch, da sie im Meridian liegt; während das Schiff sich dreht, nimmt der Magnetismus ab, bis er auf O- und W-Kurs ganz verschwindet. Eine Querschiffsstange, z. B. ein Decksbalken, ist auf N- und S-Kurs nicht, auf O- und W-Kurs am stärksten magnetisch.

b) Die „Pole der Horizontalinduktion“ bilden die während der Rundschwöjung veränderlichen Pole. Sie erzeugen in erster Linie die ordentliche viertelkreisige Deviation (s. 25). Falls der



Kompaß nicht mittschiffs steht oder unsymmetrisch zur Mittschiffsebene verteilte horizontale Eisenmassen wirksam sind, so kommt noch eine zweite viertelkreisige und außerdem eine konstante Deviation hinzu (s. 26).

### Sechster Abschnitt.

## Deviationen und Richtkraftstörungen.

24. Die halbkreisige Deviation. a) Sind im Schiffe beliebig viele mit der Schwojung unveränderliche Pole (feste Pole oder Pole der Vertikalinduktion, s. 22 b) vorhanden, so übt jeder dieser Schiffspole am Orte der Kompaßrose eine ganz bestimmte Kraft aus, die das Nordende der Kompaßnadel zu dem Schiffspole hinzieht, wenn er ein Südpol ist, und die das Nordende der Kompaßnadel von dem Schiffspole abstößt, wenn er ein Nordpol ist. Da wegen der Kleinheit der Nadel ihr Süden-ende die entgegengesetzt gleiche Kraft erfährt, so ist es nur nötig, das Nordende zu betrachten.

b) Man kann die von einem Schiffspole am Kompaßorte ausgeübte Kraft zunächst in zwei Komponenten zerlegen, von denen die eine parallel zum Deck, die andere senkrecht zum Deck wirkt. Darauf kann man die parallel zum Deck wirkende Kraft wieder in ihre Längschiffs- und ihre Querschiffs-komponente zerlegen. Die sämtlichen Längschiffskräfte kann man sich addiert denken, wobei die nach vorn gerichteten als positiv, die nach achtern gerichteten als negativ gerechnet werden sollen. Dasselbe gilt für die Querschiffskräfte sowie für die senkrecht zum Deck gerichteten Kräfte.

Schließlich hat man es demnach nur zu tun mit

einer Längschiffskraft, die mit  $V$ ,

einer Querschiffskraft, die mit  $S$ ,

einer senkrecht zum Deck gerichteten Kraft, die mit  $U$

bezeichnet werden soll.

Es sind als positiv zu rechnen:  $V$ , wenn das Nordende der Nadel nach vorn;  $S$ , wenn das Nordende nach Steuerbord;  $U$ , wenn das Nordende nach unten gezogen wird; als negativ im entgegengesetzten Falle. Man kann sich  $V$  ausgehend denken von einem Pol vorn im Schiff,  $S$  von einem Pol recht seitwärts vom Kompaß an Steuerbord,  $U$  von einem Pol unter dem Kompaß. In allen Fällen ist der gedachte Pol ein Südpol, wenn die Kraft positiv, dagegen ein Nordpol, wenn sie negativ ist.

c) Allgemein gelten für die Wirkung eines Schiffspoles auf den Kompaß die folgenden unmittelbar anschaulichen Grundsätze:

Ein Schiffspol, der in der Richtung der Kompaßnadel liegt, lenkt die Rose nicht ab, er verstärkt oder schwächt nur deren Richtkraft. Eine Deviation entsteht erst, wenn der Pol bei der Drehung des Schiffes seitlich von der



Nadel zu liegen kommt. Ein Südpol sucht das Nordende der Nadel nach der Seite zu ziehen, auf der er selbst liegt, während ein Nordpol das Nordende nach der entgegengesetzten Seite abstößt. Die Deviation ist am größten, wenn der Pol querab von der abgelenkten Kompaßnadel liegt.

In vielen Fällen wird die Wirkung eines Schiffspols durch die des zugehörigen ungleichnamigen Pols auf der entgegengesetzten Seite des Kompasses unterstützt. Man verfolge das bei den folgenden Figuren,

Fig. 21 a.

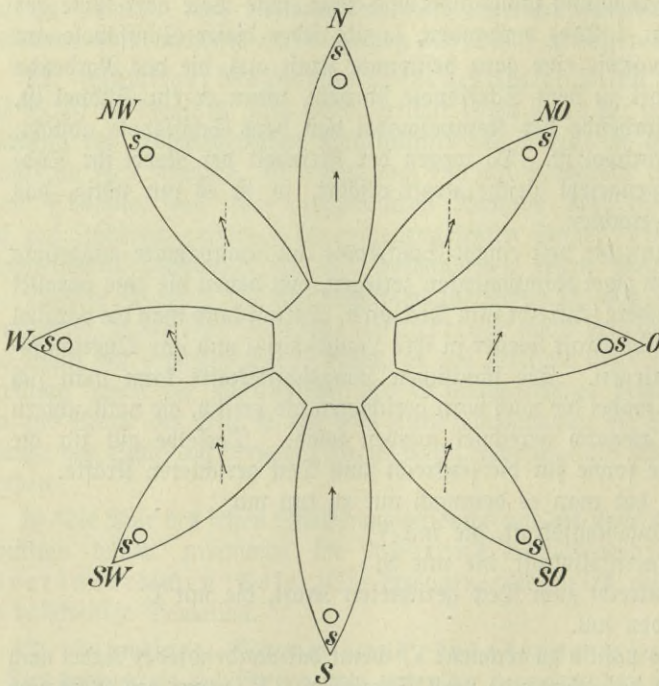
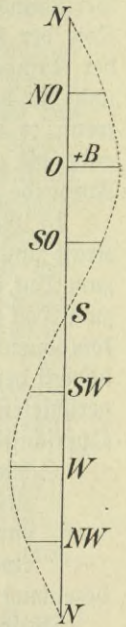


Fig. 21 b.



bei denen im Text der Kürze wegen stets nur von einem Pole gesprochen ist.

Ein Magnetpol, der recht unter oder über der Kompaßmitte liegt, erzeugt keine Ablenkung (vgl. 41). Die senkrecht zum Deck gerichtete Kraft  $U$  hat daher keinen Einfluß auf den Kompaß, solange das Schiff aufrecht liegt. Sie tritt in Wirksamkeit bei der Krängung des Schiffes (s. 29).

d) Deviation durch die Längsschiffskraft  $V$ . Die Längsschiffskraft werde zunächst als positiv angenommen, d. h. es sei vorn im Schiff ein Südpol vorhanden. Die entstehende Deviation  $\delta$  ist durch Fig. 21

erläutert. Auf N-Kurs ist  $\delta = 0$ , da der Pol in der Richtung der Nadel liegt, dasselbe gilt für S-Kurs. Auf östlichen Kursen rückt der Südpol auf die östliche Seite der Nadel und lenkt diese daher östlich ab, auf westlichen rückt er auf die westliche Seite und erzeugt westliche Deviation. Die Deviation ist am größten auf den Kompaßkursen O und W. Man bezeichnet die Deviation auf O-Kurs mit dem Buchstaben B; dieser Wert B bekommt das +=Zeichen, wenn auf O-Kurs östliche Deviation vorhanden ist, wie im vorliegenden Fall. B ist auch gleich der entgegengesetzten Deviation auf W-Kurs. In der Fig. 21b ist die entstehende Deviation senkrecht zur Achse NSN aufgetragen. Die Kurve verläuft wie eine Sinuslinie.

In der Tat gilt der Satz:

Eine Längsschiffskraft V oder ein Längsschiffspol erzeugt eine Deviation

$$\delta_v = B \cdot \sin z.$$

Hierin bedeutet  $z$  den Kompaßkurs.\*) Die Größe B ist die Deviation auf O-Kurs, die entgegengesetzte Deviation auf W-Kurs oder das Mittel aus diesen beiden Werten:

$$B = \frac{\delta_o - \delta_w}{2}.$$

Ist V negativ, also vorn ein Nordpol vorhanden, so hat die Deviation überall das entgegengesetzte Vorzeichen, und B ist negativ. (Man erläutere dies durch eine Figur.)

e) Deviation durch die Querschiffskraft S. Die Querschiffskraft werde zunächst als positiv angenommen, d. h. es sei an Steuerbord ein Südpol vorhanden. Die entstehende Deviation ist in Fig. 22 dargestellt. Sie verschwindet auf den Kursen O und W, weil der Pol auf diesen Kursen in der Richtung der Nadel liegt. Auf nördlichen Kursen ist die Deviation östlich, auf südlichen Kursen ist sie westlich; die größten Werte werden auf den Kompaßkursen N und S erreicht. Man bezeichnet die Deviation auf N-Kurs mit dem Buchstaben C; dieser Wert C bekommt das +=Zeichen, wenn die Deviation auf N-Kurs östlich ist, wie im vorliegenden Fall. C ist auch gleich der entgegengesetzten Deviation auf S-Kurs.

In der Fig. 22b ist die durch S erzeugte Deviation aufgetragen. Die Kurve verläuft wie eine Kosinuslinie. In der Tat gilt der Satz:

Eine Querschiffskraft S oder ein Querschiffspol erzeugt eine Deviation

$$\delta_s = C \cdot \cos z.$$

C ist die Deviation auf N-Kurs, die entgegengesetzte

\*) Der Kompaßkurs wird auch wohl mit  $\zeta'$  bezeichnet.



Deviation auf S-Kurs oder das Mittel aus diesen beiden Werten:

$$C = \frac{\delta_n - \delta_s}{2}.$$

Ist S negativ, also an Steuerbord ein Nordpol vorhanden, so hat die Deviation überall das entgegengesetzte Vorzeichen und C ist negativ. (Man erläutere dies durch eine Figur.)

Fig. 22 a.

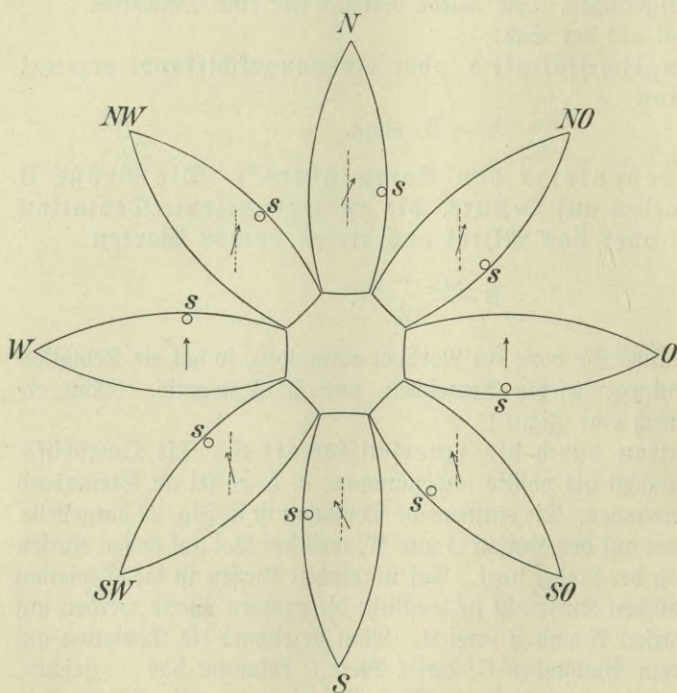
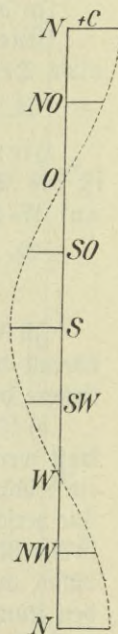


Fig. 22 b.



Die Größen B und C werden als Deviationskoeffizienten bezeichnet.

f) Halbkreisige Ablenkung. Ist gleichzeitig eine Längsschiffskraft V und eine Querschiffskraft S wirksam, so läßt sich die Deviation durch die Formel

$$\delta = B \cdot \sin z + C \cdot \cos z$$

berechnen. Diese Deviation heißt die halbkreisige oder semizirkulare, weil sich ihre Werte in einem Halbkreise im anderen Halbkreise mit entgegengesetzten Vorzeichen wiederholen. Auf je zwei entgegengesetzten Kursen sind die Deviationen entgegengesetzt gleich.

Die Produkte  $B \cdot \sin z$  und  $C \cdot \cos z$  kann man den Tafeln Ia und IIa auf S. 352 und 353 entnehmen. Der Kurswinkel ist in Ia von Strich zu Strich, in IIa von  $15^\circ$  zu  $15^\circ$  gegeben. Für das Produkt  $B \cdot \sin z$  ist der Eingang von oben, für  $C \cdot \cos z$  ist er von unten zu nehmen. Die Vorzeichen der Produkte in den verschiedenen Quadranten für positive und negative Werte der Koeffizienten sind am Fuße der Tafeln angegeben.

Ist der Kurswinkel von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$  durchgezählt, so verwandelt man ihn vor dem Gebrauch der Tafel in den von N oder S nach O oder W gezählten Kurswinkel (s. Beispiel 2) mit Hilfe der Tafel 6b der M. T.

## Beispiele.

1. Hat man etwa auf O-Kurs  $+7^\circ$ , auf N-Kurs  $+4^\circ$  Deviation, so ist  $B = +7^\circ$  (vorn Südpol) und  $C = +4^\circ$  (a. Stb. Südpol). Auf ONO-Kurs z. B. hat man dann eine halbkreisige Deviation  $\delta = +6,5^\circ + 1,5^\circ = +8,0^\circ$ , auf WSW-Kurs ist  $\delta = -6,5^\circ - 1,5^\circ = -8,0^\circ$ ; auf SOzS ist  $\delta = +3,9^\circ - 3,3^\circ = +0,6^\circ$  usw.

2. Ist z. B.  $\delta_n = -4^\circ$ ,  $\delta_o = -10^\circ$ ,  $\delta_s = +5^\circ$ ,  $\delta_w = +8^\circ$  beobachtet, so ist  $B = \frac{-10^\circ - 8^\circ}{2} = -9^\circ$ ;  $C = \frac{-4^\circ - 5^\circ}{2} = -4,5^\circ$ , vorn sowie an Steuerbord sind Nordpole vorhanden. Man hat z. B. auf dem Kurs  $105^\circ = 180^\circ - 75^\circ$  die halbkreisige Deviation  $\delta = -8,7^\circ + 1,2^\circ = -7,5^\circ$ , oder auf dem Kurs  $225^\circ = 180^\circ + 45^\circ = +6,4^\circ + 3,2^\circ = 9,6^\circ$  usw.

25. Die ordentliche viertelkreisige Deviation. a) Wie schon in 23 erörtert, erzeugt die erdmagnetische Horizontalkraft in den horizontalen Eisenmassen des Schiffes magnetische Pole, die sich während der Rundschwojung ändern und zweimal ihre Vorzeichen wechseln.

b) Das ganze Schiff kann hinsichtlich seiner Längserstreckung als eine große Stange aufgefaßt und durch eine solche, wie in Fig. 23a, versinnbildlicht werden. Die Längsschiffsstange ist auf N- und S-Kurs am stärksten magnetisch, da sie im Meridian liegt. Doch entsteht auf diesen Kursen keine Deviation, da die Pole der Stange in der Richtung der Nadel liegen. Ebensovienig entsteht Deviation auf den Kursen O und W, weil hier die Stange quer zum Meridian liegt, also unmagnetisch ist. Im NO-Quadranten ist westliche, im NW-Quadranten östliche Deviation vorhanden, weil das vordere Ende der Stange als Nordpol das Nordende der Nadel abstößt; im SO-Quadranten ist östliche, im SW-Quadranten westliche Deviation, weil das vordere Ende der Stange als Südpol das Nordende anzieht.

Die erzeugte Deviation ist in Fig. 23b dargestellt.

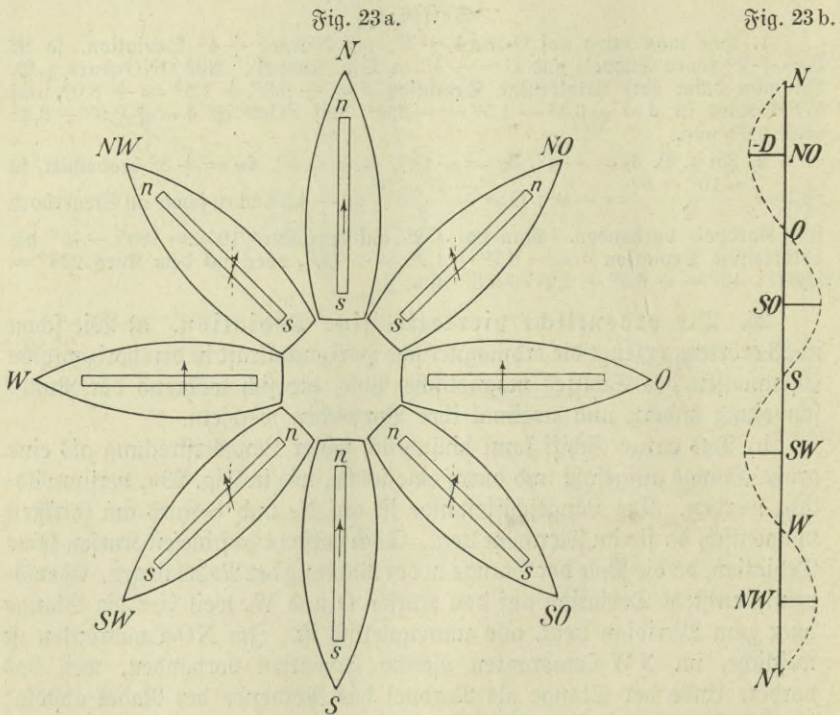
c) Das Schiff ist nicht nur als eine Längsschiffs-, sondern auch als eine Querschiffsstange aufzufassen, die zwar kürzer, aber wegen der Querverbände, Decksbalken usw. mächtiger ist als die Längsschiffsstange. Außerdem sind ihre Pole in viel geringerem Abstand vom Kompaß als die der Längsschiffsstange. In der Fig. 24 ist die Querschiffsstange mit ihrer magnetischen Wirkung versinnbildlicht. Auf N- und S-Kurs ist die Stange unmagnetisch, also  $\delta = 0$ , auf O- und W-Kurs ist sie zwar stark magnetisch,



aber trotzdem ist  $\delta = 0$ , weil die Pole in der Richtung der Nadel liegen. Auf NO-Kurs ist östliche, auf SO-Kurs westliche Deviation vorhanden, weil das Steuerbordende der Stange als Südpol das Nordende der Nadel anzieht, auf NW-Kurs ist westliche, auf SW-Kurs östliche Deviation vorhanden, weil das Steuerbordende der Stange als Nordpol das Nordende der Nadel abstößt.

Die entstehende Deviation ist in Fig. 24b dargestellt.

d) Der Vergleich der Fig. 23 und 24 zeigt, daß die Deviationen durch die Längsschiffsstange denen durch die Querschiffsstange in allen Quadranten



entgegengesetzt sind. Die Wirkungen würden sich also aufheben oder kompensieren, wenn sie von gleichem Betrag wären. Tatsächlich sind aber die Wirkungen der Querschiffsseisenmassen wegen der geringeren Entfernung der Pole fast immer sehr viel größer, so daß der in Fig. 24b dargestellte Verlauf der Deviation beobachtet wird.

e) Man nennt die besprochene Deviation eine viertelkreisige oder quadrantale, weil sich ihre Werte von Viertelkreis zu Viertelkreis mit entgegengesetzten Vorzeichen wiederholen. Ihren Betrag auf NO-Kurs bezeichnet man mit  $D$ . Die Größe  $D$  erhält das  $\pm$ -Zeichen, wenn die

viertelkreisige Deviation auf NO-Kurs östlich ist, wie im Falle der Fig. 24, sie erhält das — Zeichen im entgegengesetzten Falle (Fig. 23).

Es gilt der Satz:

Der flüchtige Magnetismus des horizontalen Längs- und Querschiffseisens erzeugt die ordentliche viertelkreisige Deviation

$$\delta = D \cdot \sin 2z.$$

Fig. 24 a.

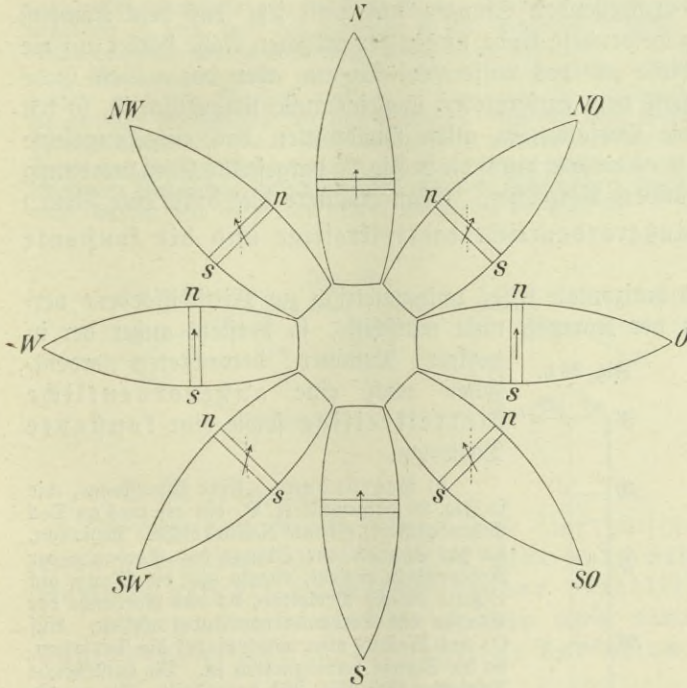
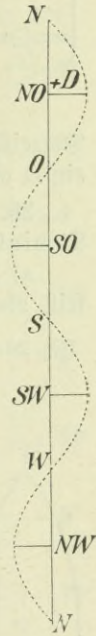


Fig. 24 b.



Hierin bedeutet D die viertelkreisige Deviation auf NO- oder SW-Kurs oder die entgegengesetzte viertelkreisige Deviation auf SO- oder NW-Kurs.

D ist bei fast allen (untcompensierten) Kompassen positiv.

Die Produkte  $D \cdot \sin 2z$  für gegebene Werte von D sind den Tafeln Ib und IIb auf S. 352, 353 mit Eingang von oben zu entnehmen. Die Vorzeichenübersicht ist am Fuße der Tafeln angegeben.

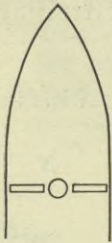
Beispiel.

Ist etwa  $D = +7^\circ$ , so hat die zugehörige Deviation auf dem Kurs NNO den Wert  $\delta = +4,9^\circ$ , auf SSW-Kurs denselben Wert mit demselben Vorzeichen; auf SzO-Kurs ist  $\delta = -2,7^\circ$ , auf NzW-Kurs gilt derselbe Wert.



f) Die Stangen der Fig. 23 und 24 können als unter dem Kompaß durchgehende bezeichnet werden. Denkt man sich am Kompaßorte aus jeder dieser Stangen ein Stück herausgeschnitten, so entsteht aus ihr eine beim Kompaß unterbrochene Stange; aus der durchgehenden Querschiffsstange (Fig. 24) z. B. die in Fig. 25 dargestellte unterbrochene Querschiffsstange. Bei der Schwojung des Schiffes ist der Sinn, in dem jeweils jede Hälfte der Stange magnetisiert ist, derselbe wie bei der durchgehenden Stange; nur wirkt jetzt das dem Kompaß zugewendete Ende wegen der größeren Nähe stärker auf die Rose als das entfernte. Da nun aber das nähere Ende stets dem entfernteren ungleichnamig magnetisch ist, so hat die Deviation in allen Quadranten das entgegengesetzte Vorzeichen, d. h. es entsteht durch die in Fig. 25 dargestellte Eisenanordnung ein D mit negativem Vorzeichen. (Man erläutere dies durch eine Figur.)

Fig. 25.



26. Die außerordentliche viertelkreisige und die konstante Deviation.

a) Ist das horizontale Eisen unsymmetrisch zur Mittschiffsebene verteilt oder steht der Kompaß nicht mittschiffs, so entsteht außer der in voriger Nummer betrachteten ordentlichen noch eine außerordentliche viertelkreisige sowie eine konstante Deviation.

Fig. 26 a.

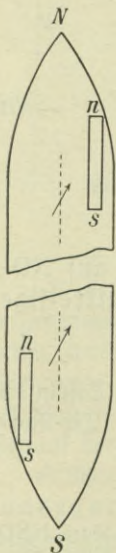
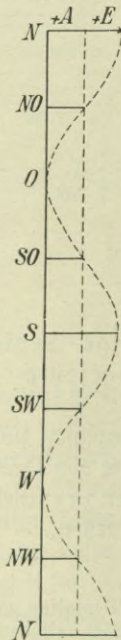


Fig. 26 b.



b) Begründung. Eine Eisenstange, wie in Fig. 26 dargestellt (z. B. ein eisernes an Deck stehendes Boot), gibt auf N-Kurs östliche Deviation, da das Südende der Stange das Nordende der Rosennadeln anzieht, ebenso gibt die Stange auf S-Kurs östliche Deviation, da das Nordende der Stange das Nordende der Nadel abstößt. Auf O- und W-Kurs aber verschwindet die Deviation, da die Stange unmagnetisch ist. Die entstehende Deviation ist in Fig. 26 b dargestellt. Sie hat die Eigentümlichkeit, daß die Kurve ganz auf der östlichen Seite der Achse liegt und diese nur in den Punkten O und W berührt. Die Kurve ist eine Kosinuslinie, nur ist die Nulllinie derselben (die gestrichelte Linie) um einen gewissen Betrag nach rechts verschoben. Nennt man den Betrag der Verschiebung A, so kann die Deviation durch die Formel

$$\delta = A + E \cdot \cos 2z$$

dargestellt werden. Hierin bedeutet E den Höchstwert, den diese viertelkreisige Deviation auf N-Kurs annimmt (s. Fig. 26 b, im vorliegenden Falle ist  $A = E$ , wie man bei den Kursen O und W sieht).



Eine unsymmetrische Eisenstange, wie sie die Fig. 27 andeutet, gibt auf N- und S-Kurs keine Deviation, da die Stange unmagnetisch ist; auf O-Kurs stößt das Nordende der Stange das Nordende der Nadeln ab, auf W-Kurs zieht das Südenende der Stange das Nordende der Nadel an, so daß auf beiden Kurzen westliche Deviation vorhanden ist. Die entstehende Deviation wird durch die Kurve Fig. 27 b dargestellt. Auch hier liegt eine Kosinuslinie vor, aber in Verbindung mit einer konstanten Verschiebung nach links. Die Deviation läßt sich durch dieselbe Formel wie die obige ausdrücken, nur hat jetzt A einen negativen Wert, während E positiv bleibt.

Legt man die Stangen der Fig. 26 a, 27 a auf die andere Seite des Schiffes oder auf die andere Seite des Kompasses, so entstehen weitere Deviationskurven, die ganz rechts oder links von der Achse liegen, also ein positives oder negatives A und statt des positiven E ein negatives E haben. (Man erläutere verschiedene solche Fälle durch Figuren.)

Sind irgendwelche unsymmetrischen horizontalen Eisenmassen auf den Kompaß wirksam, so kann man sie in Einzelstangen der betrachteten Art zerlegt denken. Alle auf diese Weise entstehenden Werte von A sind algebraisch zu addieren, ebenso die Werte von E. Der Gesamtwert von A stimmt dann wegen der verschiedenen Vorzeichen im allgemeinen mit dem Gesamtwert von E nicht überein, wie es in den obigen Beispielen der Fall ist.

Fig. 27a.

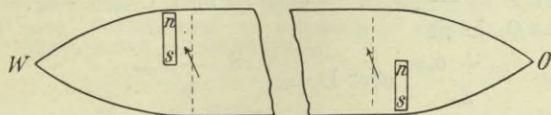
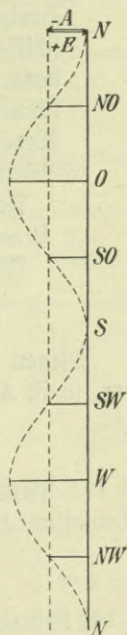


Fig. 27b.



c) Damit ist gezeigt:

Ist das horizontale Längs- und Querschiffseisen unsymmetrisch in bezug auf eine durch den Kompaß gelegte Längschiffsebene verteilt, so entsteht noch eine konstante und eine außerordentliche viertelkreisige Deviation:

$$\delta = A + E \cdot \cos 2z.$$

Die Berechnung von A und E ist in 27 e angegeben.

Die Produkte  $E \cdot \cos 2z$  für gegebene Werte von E sind den Tafeln Ib und IIb auf S. 352, 353 mit dem Eingang von unten zu entnehmen. Die Vorzeichenübersicht ist am Fuße der Tafel angegeben.

27. Die allgemeine Deviationsformel. a) Wenn die verschiedenen Ursachen der Deviation gleichzeitig vorhanden sind, so ist die Deviation — sofern sie nicht übermäßig groß ist — als Summe der Einzeldeviationen zu berechnen nach der Formel:

$$\delta = A + B \cdot \sin z + C \cdot \cos z + D \cdot \sin 2z + E \cdot \cos 2z.$$



In der Formel heißt

A die konstante (für alle Kurse gleiche) Deviation;

$B \cdot \sin z + C \cdot \cos z$  die halbkreisförmige Deviation;

$D \cdot \sin 2z + E \cdot \cos 2z$  die viertelkreisförmige Deviation.

b) Die Deviationskoeffizienten A, B, C, D, E haben folgende Ursachen:

B rührt her von der Längsschiffskraft der festen Pole und der

C rührt her von der Querschiffskraft der Pole der Vertikalinduktion.

D rührt her von den flüchtigen Polen der Horizontalinduktion, dieser Koeffizient ist fast immer positiv.

A und E können aus magnetischen Ursachen durch flüchtige Pole der Horizontalinduktion dann entstehen, wenn unsymmetrisch zur Mittschiffsebene liegendes horizontales Eisen vorhanden ist; sie entstehen dann meistens gleichzeitig. Zuverlässige Werte von A und E können nur als Mittel der bei Rechts- und Linksdrehung gefundenen Werte erhalten werden (s. 14 e).

c) Man findet die Koeffizienten folgendermaßen:

Falls  $A = 0$  und  $E = 0$ , so ist

$$B = \delta_o \text{ oder } B = -\delta_w; \quad C = \delta_n \text{ oder } C = -\delta_s.$$

Falls  $A = 0$ , so ist

$$D = \frac{\delta_{no} + \delta_{sw}}{2} \text{ oder } D = -\frac{\delta_{so} + \delta_{nw}}{2}.$$

Liegen Beobachtungen auf den Haupt- und den Hauptzwischenstrichen vor, so ist A das Mittel aus den Deviationen der vier Hauptstriche:

$$A = \frac{\delta_n + \delta_s + \delta_o + \delta_w}{4}$$

B das Mittel aus der Deviation auf O-Kurs und der entgegengesetzten Deviation auf W-Kurs:

$$B = \frac{\delta_o - \delta_w}{2}$$

C das Mittel der Deviation auf N-Kurs und der entgegengesetzten Deviation auf S-Kurs:

$$C = \frac{\delta_n - \delta_s}{2}$$

D erhält man als Mittel der Deviationen auf NO- und SW-Kurs und der entgegengesetzten Deviationen auf SO- und NW-Kurs:

$$D = \frac{(\delta_{no} + \delta_{sw}) - (\delta_{so} + \delta_{nw})}{4}$$

E erhält man als Mittel der Deviationen auf N- und S-Kurs und der entgegengesetzten Deviationen auf O- und W-Kurs:

$$E = \frac{(\delta_n + \delta_s) - (\delta_o + \delta_w)}{4}.$$

Beispiele.

1. Für den Regelkompaß eines Schiffes wurden vor der Kompensation bei Rechtsdrehung des Schiffes die in nebenstehender Tabelle verzeichneten Deviationen beobachtet. Gesucht sind die Werte der Koeffizienten.

Kompaß- kurs z	De- viation δ
N	+ 2°
NO	+ 24
O	+ 20
SO	+ 6
S	- 5
SW	- 10
W	- 19
NW	- 19

Lösung:

$$\begin{aligned} \delta_n + \delta_s &= -3 & \delta_n + \delta_s &= -3 \\ \delta_o + \delta_w &= +1 & \text{entg. } (\delta_o + \delta_w) &= -1 \\ & & & -4 \quad (: 4) \\ \underline{A = -0,5^\circ} & & \underline{E = -1^\circ} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_o &= +20 & \delta_n &= +2 & \delta_{no} + \delta_{sw} &= +14 \\ \text{entg. } \delta_w &= +19 & \text{entg. } \delta_s &= +5 & \text{entg. } (\delta_{so} + \delta_{nw}) &= +13 \\ & +39 \quad (: 2) & & +7 \quad (: 2) & & 27 \quad (: 4) \\ \underline{B = +19,5^\circ} & & \underline{C = +3,5^\circ} & & \underline{D = +6,8^\circ} & \end{aligned}$$

(vorn Südpol)

(a. Stb. Südpol)

Die Werte von A und E sind, da nur eine Rechtsdrehung stattgefunden hat, beide als Null anzunehmen (siehe 33b).

2. Für einen außerhalb der Mittschiffsebene stehenden Kompaß fand man als Mittelwerte der Beobachtungen bei Rechts- und Linksdrehung die nebenstehend verzeichneten Werte. Gesucht sind die Koeffizienten.

Kompaß- kurs z	De- viation δ
N	+ 5,5°
NO	+ 5
O	- 3
SO	- 11
S	- 4,5
SW	+ 10,5
W	+ 14
NW	+ 7

Lösung:

$$\begin{aligned} \delta_n + \delta_s &= +1 & \delta_n + \delta_s &= +1 \\ \delta_o + \delta_w &= +11 & \text{entg. } (\delta_o + \delta_w) &= -11 \\ & +12 \quad (: 4) & & -10 \quad (: 4) \\ \underline{A = +3^\circ} & & \underline{E = -2,5^\circ} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_o &= -3 & \delta_n &= +5,5 & \delta_{no} + \delta_{sw} &= +15,5 \\ \text{entg. } \delta_w &= -14 & \text{entg. } \delta_s &= +4,5 & \text{entg. } (\delta_{so} + \delta_{nw}) &= +4 \\ & -17 \quad (: 2) & & +10 \quad (: 2) & & +19,5 \quad (: 4) \\ \underline{B = -8,5^\circ} & & \underline{C = +5^\circ} & & \underline{D = +4,9^\circ} & \end{aligned}$$

(vorn Nordpol)

(a. Stb. Südpol)

3. Für die in 16d angeführte Deviationstafel findet man gleicherweise  $A = -0,3^\circ$ ;  $E = -0,8^\circ$ ;  $B = -0,5^\circ$ ;  $C = 0$ ;  $D = +5,3^\circ$ .

d) Das Verfahren der harmonischen Analyse, um aus einer Anzahl gleichmäßig über den Kreis verteilter Beobachtungen die Werte der Koeffizienten zu ermitteln, ist im Anhang unter 46 angegeben.

e) Berechnung der Deviation aus den Koeffizienten. Sind die Werte der Deviationskoeffizienten bekannt, so kann man aus ihnen die Deviation für alle Kurse berechnen. Die Produkte  $B \cdot \sin z$ ,  $C \cdot \cos z$ ,  $D \cdot \sin 2z$  und  $E \cdot \cos 2z$  entnimmt man den Tafeln auf S. 352 und 353. Die Berechnung sei an einem Beispiel gezeigt, in dem neben B, C und D



der Vollständigkeit wegen auch die meistens zu vernachlässigenden Koeffizienten A und E von Null verschiedene Werte haben. Dabei werden zweckmäßig zunächst die Glieder  $A + D \sin 2z + E \cos 2z$  zusammengenommen, weil sich ihre Werte mit denselben Vorzeichen im westlichen Halbkreise wiederholen, während  $B \cdot \sin z + C \cdot \cos z$  auf entgegengesetzten Kurven das entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Es sei  $A = +3^\circ$ ,  $B = -8,5^\circ$ ,  $C = +5^\circ$ ,  $D = +5^\circ$ ,  $E = -2,5^\circ$  (s. das Beispiel 2, oben).

Die Deviation soll für alle Kurse von  $15^\circ$  zu  $15^\circ$  berechnet werden.

Unter Benutzung der Tafel IIa und IIb erhält man:

Kompaß- kurs  z	I.				II.			$\delta$  (I + II)
	A 1	D . sin 2z 2	E . cos 2z 3	(1+2+3)	B . sin z 4	C . cos z 5	(4+5)	
0°	+ 3	0,0	- 2,5	+ 0,5	0,0	+ 5,0	+ 5,0	+ 5,5°
15	+ 3	+ 2,5	- 2,2	+ 3,3	- 2,2	+ 4,8	+ 2,6	+ 5,9
30	+ 3	+ 4,3	- 1,3	+ 6,0	- 4,3	+ 4,3	0,0	+ 6,0
45	+ 3	+ 5,0	0,0	+ 8,0	- 6,0	+ 3,5	- 2,5	+ 5,5
60	+ 3	+ 4,3	+ 1,3	+ 8,6	- 7,4	+ 2,5	- 4,9	+ 3,7
75	+ 3	+ 2,5	+ 2,2	+ 7,7	- 8,2	+ 1,3	- 6,9	+ 0,8
90	+ 3	0	+ 2,5	+ 5,5	- 8,5	0,0	- 8,5	- 3,0
105	+ 3	- 2,5	+ 2,2	+ 2,7	- 8,2	- 1,3	- 9,5	- 6,8
120	+ 3	- 4,3	+ 1,3	0,0	- 7,4	- 2,5	- 9,9	- 9,9
135	+ 3	- 5,0	0,0	- 2,0	- 6,0	- 3,5	- 9,5	- 11,5
150	+ 3	- 4,3	- 1,3	- 2,6	- 4,3	- 4,3	- 8,3	- 10,9
165	+ 3	- 2,5	- 2,2	- 1,7	- 2,2	- 4,8	- 7,0	- 8,7
180				+ 0,5			- 5,0	- 4,5
195				+ 3,3			- 2,6	+ 0,7
210				+ 6,0			0,0	+ 6,0
225				+ 8,0			+ 2,5	+ 10,5
240				+ 8,6			+ 4,9	+ 13,5
255				+ 7,7			+ 6,9	+ 14,6
270				+ 5,5			+ 8,5	+ 14,0
285				+ 2,7			+ 9,5	+ 12,2
300				0,0			+ 9,9	+ 9,9
315				- 2,0			+ 9,5	+ 7,5
330				- 2,6			+ 8,3	+ 5,7
345				- 1,7			+ 7,0	+ 5,3

28. Die Richtkraft an Bord eiserner Schiffe. a) Die schiffsmagnetischen Kräfte rufen nicht nur Deviationen der Kompaßrose hervor, sie bewirken auch eine Veränderung der Richtkraft.

Die Richtkraft kann verstärkt oder sie kann geschwächt sein; beides ist nachteilig für das Verhalten des Kompasses. Bei stark geschwächter Richtkraft fängt die Rose leicht an zu laufen, so daß der Kompaß unbrauchbar wird. Aber auch eine starke Vergrößerung der Richtkraft



durch schiffsmagnetische Kräfte ist nachteilig, indem der Kompaß „träge“ wird, d. h. den Bewegungen des Schiffes folgt.

Eine verringerte Richtkraft äußert sich darin, daß die Rose langsamer schwingt als am Land, bei verstärkter Richtkraft sind dagegen die Schwingungen schneller. Das Verhältnis der Richtkräfte an Bord und am Land kann aus dem Verhältnis der Schwingungsdauern unmittelbar berechnet werden, und zwar verhalten sich die Richtkräfte umgekehrt wie die Quadrate der Schwingungsdauern. Für die Beobachtung benutzt man nicht die Kompaßrose, weil deren Schwingungen zu stark gedämpft sind, sondern die Horizontalnadel des Deviationsmagnetometers (s. 45). Gebraucht die Nadel an Bord auf einem bestimmten Kurse zu 10 Schwingungen z. B. 16,0<sup>s</sup>, während sie am Land dazu nur 12,5<sup>s</sup> benötigt, so besteht zwischen der Richtkraft H' auf diesem Kurs an Bord zu der Richtkraft H am Land (der Horizontalkraft des Erdmagnetismus) die Beziehung

$$H' : H = 12,5^2 : 16^2$$

Es ist also

$$H' = 0,61 \cdot H.$$

b) Die Wirkung der Längsschiffskraft V auf die Richtkraft geht aus der Fig. 21 hervor. Ist ein positives V, also vorn im Schiff ein Südpol vorhanden, so liegt dieser Pol auf allen nördlichen Kursen mehr oder weniger in der Richtung des Nordendes der Rose, er verstärkt also auf diesen Kursen die Richtkraft, während er sie auf südlichen Kursen schwächt (s. Fig. 21).

Ein negatives V, also ein Nordpol vorn im Schiff, schwächt die Richtkraft auf nördlichen und verstärkt sie auf südlichen Kursen.

Die Wirkung der Querschiffskraft S auf die Richtkraft geht aus der Fig. 22 hervor. Ist ein positives S, also an Steuerbord ein Südpol vorhanden, so liegt dieser Pol auf allen westlichen Kursen mehr oder weniger in der Richtung des Nordendes der Rose, er verstärkt also auf diesen Kursen die Richtkraft, während er sie auf östlichen Kursen schwächt. So ist es in dem Fall der Fig. 22.

Ein negatives S, also ein Nordpol an Steuerbord, schwächt die Richtkraft auf westlichen und verstärkt sie auf östlichen Kursen.

Allgemein gilt: Wenn auf zwei entgegengesetzten Kursen große halbkreisige Deviationen vorhanden sind, so ist auf den dazu senkrecht gelegenen Kursen die Richtkraft stark verändert, auf dem einen Kurse ist sie verstärkt, auf dem anderen um denselben Betrag geschwächt. Der Mittelwert der Richtkraft auf den verschiedenen Kursen wird daher durch die Kräfte V und S nicht beeinflusst. Man erhält diesen Mittelwert am einfachsten, indem man die Richtkräfte auf den vier Hauptstrichen bestimmt und die Summe dieser Werte durch 4 dividiert.

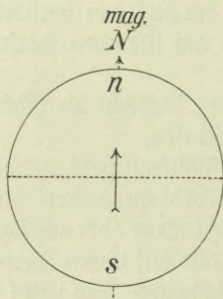
c) Die flüchtigen Pole der Horizontalinduktion üben einen noch weitergehenden Einfluß auf die Richtkraft aus; sie machen nicht nur die Richtkräfte auf den verschiedenen Kursen unter sich ungleich, sondern setzen auch den Mittelwert der Richtkraft im allgemeinen herab, wie dies aus den Fig. 23 und 24 hervorgeht. Die Längsschiffstange in Fig. 23 schwächt sowohl auf nördlichen wie auf südlichen Kursen die Richtkraft,



da ihr Nordpol stets mehr oder weniger vor dem Nordende der Kompaßnadeln liegt. Das gleiche gilt von der Querschiffsstange nach Fig. 24 auf östlichen wie auf westlichen Kursen; in diesem Falle ist die Schwächung der Richtkraft wegen der großen Nähe der Pole besonders stark.

Die Eigenschaft, die mittlere Richtkraft herabzusetzen, kommt allen unter dem Kompaß durchgehenden Eisenmassen zu. Hiervon gibt auch die folgende Anordnung eine anschauliche Vorstellung. Der Kompaß sei über oder unter der Mitte einer horizontalen, kreisförmigen Platte von weichem Eisen aufgestellt (s. Fig. 28). In der Platte wird durch die erdmagnetische Horizontalkraft Magnetismus induziert, so daß in der Richtung des Nordendes der Nadel ein Nordpol  $n$ , in der Richtung des Südens ein Südpol  $s$  liegt. Daran ändert sich auch bei der Drehung der Platte um ihren Mittelpunkt nichts. Ohne daß in diesem Falle eine Deviation vorhanden ist, wird die Richtkraft des Kompasses geschwächt.

Fig. 28.



Ähnlich wird auch an Bord eines eisernen Schiffes die Richtkraft durch das unter dem Kompaß liegende Eisen (Decksbalken, Deck, Panzerdeck usw.) vermindert, allerdings nicht auf allen Kursen in demselben Grade, sondern auf O- und W-Kurs wegen der größeren Nähe der querschiffs induzierten Pole in der Regel mehr als auf N- und S-Kurs. Besonders stark geschwächt ist die Richtkraft für Kompaße in Panzertürmen, deren Dede und Wände wie die in Fig. 28 abgebildete Platte wirken.

Mit dem Buchstaben  $\lambda$  wird in der Deviationslehre das Verhältnis der mittleren am Kompaßorte nach magnetisch Nord wirkenden Kraft zu der an Ort und Stelle vorhandenen Horizontalkraft  $H$  des Erdmagnetismus bezeichnet.

Der Wert  $\lambda = 0,8$  z. B. bedeutet, daß die Richtkraft am Kompaßorte im Mittel nur  $0,8 \cdot H$  ist, während sie auf einem hölzernen Schiffe an derselben Stelle der Erde gleich  $H$  sein würde.

Für Kompaße in den Panzertürmen der Kriegsschiffe sinkt  $\lambda$  bis auf Werte von  $0,5$  bis  $0,2$ ; hierin ist hauptsächlich die Schwierigkeit im Gebrauch des magnetischen Kompasses an solchen Stellen begründet.

d) Zur Bestimmung von  $\lambda$  mißt man am einfachsten die Richtkräfte auf den vier magnetischen Hauptkursen. Sind die Deviationen des Kompasses nur klein, so ist  $\lambda$  einfach das Mittel der vier beobachteten Werte. Sind sie größer als etwa  $10^\circ$ , so hat man jeden der vier Werte noch mit dem Kosinus der zugehörigen Deviation zu multiplizieren und erst dann das Mittel zu bilden.



Beispiel.

Durch Schwingungsbeobachtungen wurden als Werte der Richtkraft nach magnetisch Nord auf den vier magnetischen Hauptstrichen gefunden

$$H'_n = 0,74 \text{ H}, H'_o = 0,92 \text{ H}, H'_s = 1,04 \text{ H}, H'_w = 0,70 \text{ H}.$$

$$\text{Dann ist } \lambda = \frac{1}{4} (0,74 + 0,92 + 1,04 + 0,70) = 0,85.$$

(Die Ungleichheit von  $H'_n$  und  $H'_s$  rührt von einer Längsschiffskraft  $V$  her, und zwar ist  $V$  hier nach hinten gerichtet, ebenso zeigen die Werte  $H'_o$  und  $H'_w$ , daß eine nach Backbord gerichtete Querschiffskraft  $S$  vorhanden ist.)

Siebenter Abschnitt.

Änderungen der Deviation.

29. Der Krängungsfehler und seine Ursachen. a) Unter dem Krängungsfehler versteht man die Änderung der Deviation auf einem Kurs, die durch die Krängung des Schiffes hervorgerufen wird. Bezeichnet  $\delta_1$  die Deviation bei geneigter Lage des Schiffes und  $\delta$  die Deviation auf demselben Kurse bei aufrechter Lage, so ist der Krängungsfehler demnach gleich der Differenz  $\delta_1 - \delta$ .

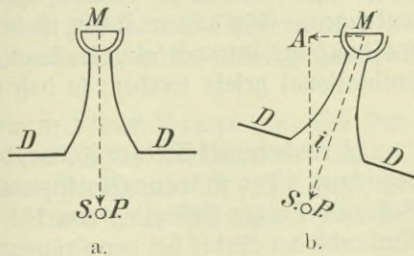
b) Die Hauptursachen des Krängungsfehlers sind:

1. die senkrecht zum Deck gerichtete Kraft  $U$  (s. 24b) gibt bei der Krängung eine horizontale Komponente, weil sie in eine schräge Lage zur Horizontalebene kommt. Sie erzeugt einen Krängungsfehler:

- wenn ein Südpol unter dem Kompaß liegt nach Luv;
- wenn ein Nordpol unter dem Kompaß liegt nach Lee\*).

Schiffe, die auf Nordbreite gebaut sind, haben aus dem in 21b angeführten Grunde für frei aufgestellte Kompaße fast stets einen Südpol unter dem Kompaß und infolgedessen einen Krängungsfehler nach Luv. Für Kompaße in geschlossenen Räumen mit eisernen Wänden findet gewöhnlich das Gegenteil statt, indem in den Wänden starke Südpole oberhalb des Kompasses liegen.

Fig. 29.



Das Verhalten der Kraft  $U$  vor und nach der Krängung wird durch die Fig. 29 erläutert. In ihr ist angenommen, daß ein Südpol unter dem Kompaß liegt. Vor der Krängung (Fig. 29a) hat die Kraft  $U$  lediglich das Bestreben, die

\*) Ohne Rücksicht auf den Wind soll hier die erhöhte Seite des Schiffes als Luv-, die erniedrigte als Lee-seite bezeichnet werden. Ein Krängungsfehler nach Luv ist ein solcher, bei dem das Nordende der Kompaßnadel nach Luv abgelenkt ist.



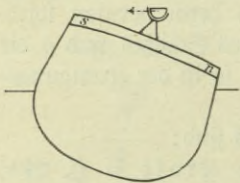
Rose umzukippen, was ihr aber wegen der Aufhängung der Rose (s. 41) nicht gelingt. Bei der Krängung (Fig. 29b) jedoch liefert U die horizontale Komponente MA und diese bewirkt eine Ablenkung des Nordendes der Rose nach Luv.

2. Bei der Krängung wird das Querschiffseisen zur Horizontalebene geneigt und dadurch der Vertikalinduktion ausgesetzt. Es entsteht:

auf Nordbreite luvwärts ein Südpol; also ein Krängungsfehler nach Luv;  
auf Südbreite luvwärts ein Nordpol; also ein Krängungsfehler nach Lee.

Auf dem magnetischen Äquator verschwindet diese Ursache des Krängungsfehlers.

Fig. 30.



Die Fig. 30 erläutert diese Ursache des Krängungsfehlers für Nordbreite. Hier erzeugt die erdmagnetische Vertikalinduktion am unteren Ende einer zum Horizont geneigten Eisenstange einen Nordpol, am oberen Ende einen Südpol (s. 19 e). Solche Pole entstehen z. B. an den Enden eines jeden Decksbalkens; sie ergeben auf Nordbreite eine das Nordende der Rose nach Luv ziehende Kraft.

**30. Berechnung des Krängungsfehlers.** Der Krängungskoeffizient  $K$ . a) Die beiden Ursachen des Krängungsfehlers geben bei der Krängung des Schiffes querschiffs liegende Kräfte. Auf Ost- und auf Westkurs fallen diese Kräfte in die Richtung der Rosennadeln, sie geben also keine Ablenkung. (Nur die Richtkraft der Rose wird etwas verstärkt oder geschwächt, was aber praktisch ohne Bedeutung ist.) Auf Nord- und auf Südkurs fallen die bei der Krängung entstehenden Querschiffskräfte senkrecht zur Kompaßnadel, sie erzeugen also die größten Ablenkungen. Für andere Kurse ist der Krängungsfehler proportional dem Kosinus des Kurswinkels. Er kann außerdem der Neigung  $i$  des Schiffes proportional gesetzt werden, so daß man hat:

$$\delta_i - \delta = -K \cdot i \cdot \cos z.$$

Hierin bedeutet  $K$  einen Faktor, den man als Krängungskoeffizient bezeichnet. Der Krängungskoeffizient ist der Krängungsfehler auf N- oder S-Kurs bei einer Krängung von  $1^\circ$ . Er erhält das +Zeichen, wenn das Nordende der Nadel bei der Krängung nach Luv geht (wie es gewöhnlich der Fall ist), das -Zeichen im entgegengesetzten Fall\*).

Der Krängungskoeffizient kann in ungünstigen Fällen Werte bis

\*) Der Krängungswinkel  $i$  in Graden gemessen, wird positiv gerechnet bei Krängung nach Steuerbord. In der obigen Formel ist rechts das -Zeichen zuzufügen, weil auf N-Kurs ( $\cos z = +1$ ) bei Krängung nach Steuerbord ( $i$  positiv) und positivem Wert von  $K$  ein westlicher, also negativer Krängungsfehler entsteht.



zu  $2^\circ$  haben, das bedeutet z. B. auf N- und S-Kurs  $2^\circ$  Deviationsänderung für jeden Grad der Krängung.

b) Die Bestimmung des Krängungskoeffizienten  $K$  erfolgt am besten auf N- oder S-Kurs, indem man den Krängungsfehler auf einem dieser Kurse bestimmt und ihn durch die Anzahl Grade der Krängung dividiert.

#### Beispiel.

Auf N-Kurs ist bei aufrecht liegendem Schiff  $\delta = +3^\circ$  bei  $10^\circ$  Krängung nach Steuerbord  $\delta_1 = -2^\circ$ . Dann ist der Krängungsfehler  $\delta_1 - \delta = -5^\circ$  und  $K = +0,5^\circ$ . Das Vorzeichen ergibt sich aus der obigen Formel oder der Überlegung, daß das Nordende der Nadel nach West, also nach Luv, abgelenkt ist.

c) Ist der Krängungskoeffizient  $K$  gefunden, so kann man aus ihm den Krängungsfehler für beliebige Kurse und beliebige Grade der Krängung nach der obigen Formel berechnen.

#### Beispiel.

Ist etwa  $K = +0,6^\circ$ , so hat man für NW-Kurs und  $9^\circ$  Krängung nach Backbord einen Krängungsfehler im absoluten Betrage von  $0,6 \cdot 9 \cdot \cos 4^{\text{str}} = 5,4 \cdot \cos 4^{\text{str}} = 3,9^\circ$  (s. Tafel Ia auf Seite 352). Er ist östlich, weil das Nordende der Nadel wegen des positiven Zeichens von  $K$  nach Luv geht. Der Krängungsfehler beträgt demnach rund  $+4^\circ$ .

d) Liegt das Schiff stetig nach einer Seite über, so ist die Deviation für den anliegenden Kurs um den Krängungsfehler verändert. Berücksichtigt man diese Änderung nicht, so wird das Schiff gegen die Loggerechnung veretzt, in demselben Sinne, wie die Rose durch die Krängung gedreht ist. Wird bei der Krängung das Nordende der Nadel nach Luv gezogen, so erfolgt demnach auf nördlichen Kursen die Veretzung nach Luv, auf südlichen nach Lee.

e) Schlingert das Schiff, so wirken die durch die Krängung erzeugten magnetischen Kräfte bald nach der einen, bald nach der anderen Seite. Der Kompaß kann dadurch ins Laufen geraten, besonders dann, wenn die Schwingungsdauer der Rose mit der Periode der Rollbewegung des Schiffes übereinstimmt. Eine gute Kompensation des Krängungsfehlers ist deshalb besonders wichtig.

**31. Änderung der Deviation mit der Breite.** a) Bei Veränderung der magnetischen Breite ändern sich die Koeffizienten  $B$  und  $C$ , während  $A$ ,  $D$  und  $E$  ihren Wert behalten. Die Gründe für dieses Verhalten ergeben sich aus den Ursachen der Koeffizienten in Verbindung mit folgender einleuchtenden Überlegung:

Wird eine Kompaßrose, die zunächst unter der erdmagnetischen Richtkraft  $H$  steht, durch einen Pol abgelenkt, so ist die entstehende Ablenkung um so kleiner, je größer die erdmagnetische Richtkraft  $H$ , und um so größer, je stärker der ablenkende Pol ist;  
die Ablenkung bleibt unverändert, wenn  $H$  und die Stärke des ablenkenden Pols beide in demselben Verhältnis zu- oder abnehmen.



b) Die Koeffizienten B und C rühren nun zum Teil her von den festen Polen des Schiffes. Diese bleiben bei einer Breitenänderung des Schiffes dieselben; in der Nähe des Äquators, wo H groß ist, vermögen sie nur kleine Deviationen zu erzeugen, in höheren Breiten wachsen die Deviationen wegen der Kleinheit von H stark an.

Ein fester Südpol z. B. vorn im Schiff, der in der Nordsee ein  $B = + 12^\circ$  erzeugt, bringt in der Nähe des Äquators nur ein  $B = + 6^\circ$  hervor, weil H doppelt so groß ist; an der Südküste Australiens ist wieder  $B = + 12^\circ$ , weil H dort denselben Wert hat wie in der Nordsee.

Die Koeffizienten B und C haben als zweite Ursache die Pole der Vertikalinduktion. Diese Pole sind bei der Breitenänderung selbst veränderlich, und zwar sind sie auf hohen Breiten stark, während H nur klein ist; beides bewirkt, daß hier die Deviation groß ausfällt. Auf kleinen Breiten dagegen sind die Pole nur schwach, H aber ist groß, weshalb die Deviation klein wird. Auf dem magnetischen Äquator verschwindet sie ganz, um jenseits desselben mit entgegengesetzten Zeichen wieder aufzutreten.

Wenn die Pole der Vertikalinduktion z. B. in der Nordsee ein  $B = + 12^\circ$  erzeugen, so verschwindet dieses B auf dem magnetischen Äquator völlig, da dort die Vertikalskraft = 0 ist; an der Südküste von Australien dagegen tritt ein  $B = - 12^\circ$  auf, weil die Vertikalskraft dort gleich, aber entgegengesetzt der in der Nordsee ist.

c) Die Koeffizienten A, D und E entstehen durch die flüchtigen Pole der Horizontalinduktion. Diese Pole sind mit der Breite veränderlich, sie ändern sich aber gerade proportional zu H. Da die erdmagnetische Richtung der Kompaßrose und die Stärke der ablenkenden Pole bei Breitenänderungen in demselben Verhältnis ab- oder zunehmen, so bleibt die Deviation dieselbe. Die Koeffizienten A, D und E verändern sich also nicht.

Eine Gruppe von Decksbalken z. B., die in Wilhelmshaven für sich ein D von  $+ 4^\circ$  erzeugt, erzeugt denselben Wert von D auch am Äquator. Zwar sind hier die Decksbalken doppelt so stark magnetisch als in Wilhelmshaven; dafür ist aber auch die erdmagnetische Richtung doppelt so groß.

d) Wenn ein Schiff auf seinen Fahrten in erheblich andere Breiten kommt, so ist zunächst fortlaufend durch die Kurskontrolle die Deviation auf den jeweils gesteuerten Kursen zu ermitteln. Wenn das Schiff in einer Breite längere Zeit verbleiben soll, so ist auf Grund einer neuen Schwojung eine neue Steuertafel aufzustellen.

### 32. Änderung der Deviation durch halbfesten Magnetismus.

a) Neben festem und flüchtigem Magnetismus macht sich an Bord aller eisernen Schiffe auch halbfester Magnetismus mehr oder weniger bemerkbar. Halbfester Magnetismus bildet sich schon, wenn das Schiff längere Zeit ein und denselben Kurs steuert. Der auf diesem, dem „alten“ Kurse, nach Norden gelegene Teil des Schiffes wird nordmagnetisch, der nach Süden gelegene süd magnetisch.

b) Neugebildete Pole. Da die neugebildeten Pole wenigstens angenähert in der Richtung der Kompaßnadel liegen, so erzeugen sie keine

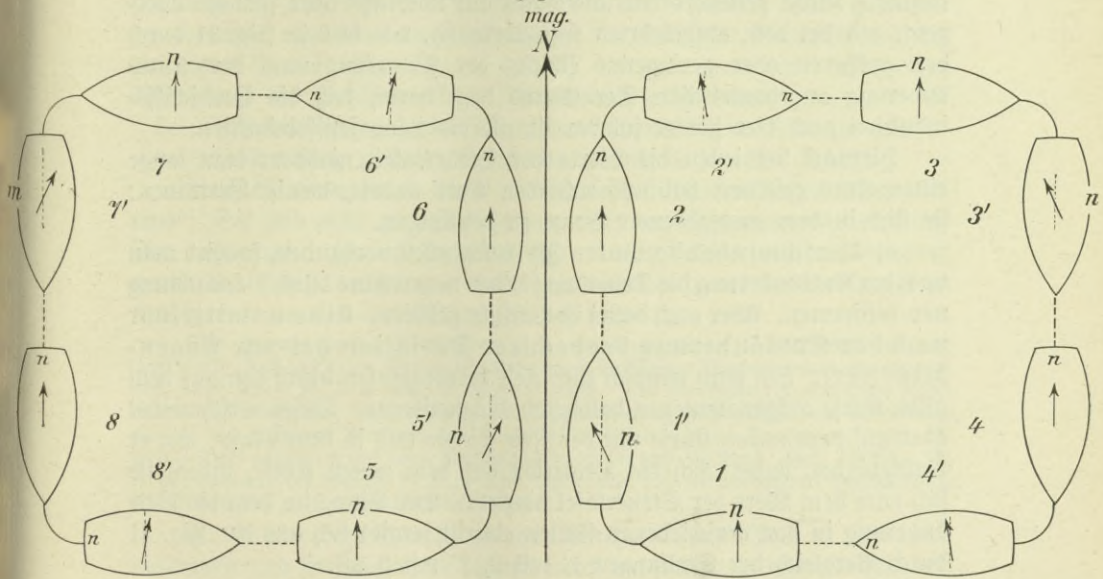


oder nur eine geringe Deviation, solange das Schiff den alten Kurs weitersteuert. Sie verraten ihre Anwesenheit erst nach einer Kursänderung.

Ändert das Schiff seinen Kurs nach Steuerbord, so kommt der neu gebildete Nordpol im Schiff auf die östliche Seite der Nadel zu liegen, er stößt also ihr Nordende nach Westen ab; bei Kursänderung nach Backbord kommt der Nordpol im Schiff auf die westliche Seite der Nadel und stößt das Nordende nach Osten.

Dies Verhalten wird ausführlich durch die Fig. 31 erläutert. Das bei 1 abgebildete Schiff z. B. nimmt auf W-Kurs an seiner Steuerbordseite Nordmagnetismus auf, dieser erzeugt aber noch keine Ablenkung,

Fig. 31.



da er in der Richtung der Kompaßnadel liegt. Nach der Kursänderung auf N-Kurs (1') stößt er das Nordende der Nadel nach West. Auf der weiteren Reise nach Nord verliert er sich allmählich, die Nadel kehrt in ihre richtige Stellung zurück (2); es bildet sich aber jetzt vorn im Schiff ein Nordpol. Nach einer Kursänderung auf O-Kurs (2') stößt dieser Nordpol vorn im Schiff das Nordende der Nadel wieder nach West auf. In der rechten Hälfte der Figur sind die Kursänderungen nach Steuerbord dargestellt; nach jeder Kursänderung hat man zunächst westliche Ablenkung durch halbfesten Magnetismus. In der linken Hälfte der Figur sind ebenso die Kursänderungen nach Backbord veranschaulicht, hier hat man nach der Kursänderung zunächst östliche Ablenkung durch halbfesten Magnetismus.



Man merke:

Nach einer Kursänderung nach Steuerbord hat man eine westlichere; nach einer Kursänderung nach Backbord hat man eine östlichere Deviation, als man nach der Steuertafel haben sollte; oder nach einer Kursänderung ist die Rose zunächst in der Richtung vom neuen Kurse nach dem alten zu gedreht.

Wenn man diese Änderung der Deviation nicht berücksichtigte, so würde das Schiff im Sinne der Drehung der Rose, also nach dem alten Kurse zu, verfezt.

Die Abweichung ist am größten bei Kursänderungen von 8 Strich. Sie ist in der Regel erheblich größer, wenn man lange Zeit östliche oder westliche Kurse gesteuert hat und dann auf nördliche oder südliche übergeht, als bei dem umgekehrten Kursübergang, wie dies in Fig. 31 durch den größeren oder geringeren Betrag der Ablenkung nach der Kursänderung angedeutet ist. Der Grund liegt darin, daß die Querschiffsinduktion auch hier stärker fühlbar ist, als die Längschiffsinduktion.

Hiernach verdienen die Werte der Steuertafel, nachdem man lange einen Kurs gesteuert hat und nun den Kurs ändert, wenig Vertrauen; sie sind in dem angegebenen Sinne zu berichtigen.

c) Verschwindende Pole. Ist Gelegenheit vorhanden, so wird man nach der Kursänderung die Deviation für den neuen Kurs durch Beobachtung neu bestimmen. Aber auch dabei ist Vorsicht geboten. Eine unmittelbar nach der Kursänderung beobachtete Deviation hat nur Augenblickswert. Sie wird nämlich zum Teil hervorgerufen durch den auf dem alten Kurse aufgenommenen halbfesten Magnetismus. Dieser verschwindet aber auf dem neuen Kurse mit der Zeit wieder und in dem Maße, wie er verschwindet, ändert sich die Deviation auf dem neuen Kurse, indem sie sich nach dem Wert der Steuertafel hinzieht. Der Sinn, in dem die Veränderung in den verschiedenen Fällen eintritt, ergibt sich aus der Fig. 31 durch Vergleich der Stellungen 1' mit 2, 2' mit 3 uff.

Die Unsicherheit, die nach einer Kursänderung in der Deviation herrscht, kann nur durch wiederholte Deviationsbestimmung behoben werden.

d) Auf halbfesten Magnetismus ist besonders bei der Kompensation der Kompaße und bei vollständigen Deviationsbestimmungen Rücksicht zu nehmen. Über die halbfesten Bestandteile des Baumagnetismus ist schon in 21d gesprochen. Auch nach längerer Liegezeit im Hafen oder auf der Werft, besonders nach Umbauten und größeren Reparaturen, bei denen das Schiff erschüttert wird, enthält das Schiff halb feste Pole, die nach Möglichkeit vor der Kompensation oder der Deviationsbestimmung aus dem Schiff wieder herausgebracht werden müssen (s. 14a).

e) Auch nach anderen schweren Erschütterungen des Schiffes, z. B. Schießen aus schweren Geschützen, nach Grundberührungen, ferner nach



Blitzschlägen, die das Schiff treffen, ist auf erhebliche Änderungen im magnetischen Zustand des Schiffes zu rechnen. Da der neugebildete Magnetismus zum größten Teil halbfeften Charakter hat, so kann man sich auf die neu bestimmte Deviation nicht für längere Zeit verlassen.

**33.** Einfluß des halbfeften Magnetismus auf die Werte der Koeffizienten. a) Halbfefter Magnetismus, der sich im Schiffe gebildet hat, wirkt, solange er vorhanden ist, genau wie fester Magnetismus, er verändert also die Werte der Koeffizienten B und C. Durch längeres Liegen auf nördlichem Kurs wird vorn ein Nordpol erzeugt, durch den B nach der negativen Seite geändert erscheint. Entsprechend wird auf südlichen Kursen B nach der positiven, auf östlichen Kursen C nach der positiven und auf westlichen Kursen C nach der negativen Seite geändert.

b) Eine eigentümliche Wirkung hat der halbfeeste Magnetismus auf die Werte der Koeffizienten A und E, die man aus einer einseitigen Schwojung des Schiffes erhält. Gewöhnlich erhält man

bei Rechtsdrehung negative Werte von A und E } im Betrage von  
 bei Linksdrehung positive Werte von A und E }  $1^{\circ}$  bis  $2^{\circ}$ .

Diese Werte entstehen durch „Nachschleppen des halbfeften Magnetismus“. Sie sind nicht zu berücksichtigen. Bei der Schwojung ist der Drehsinn anzugeben. Zuverlässige Werte von A und E kann man nur erhalten, wenn das Schiff rechts und links geschwojet und aus den beobachteten Koeffizientenwerten das Mittel gebildet wird.

Der Grund für die Entstehung z. B. eines negativen A bei Rechtsdrehung liegt darin, daß auf allen Kursen die Rose durch halbfeften Magnetismus etwas nach dem alten Kurse zu, d. h. nach W, gedreht wird. Der gleichzeitig auftretende Wert von E mit demselben Vorzeichen findet seine Erklärung darin, daß diese Ablenkung wegen der größeren Wirkung der Querschiffsinduktion beim Durchgang durch N- und S-Kurs größer ist als beim Durchgang durch O- und W-Kurs. Vgl. die Fig. 31, in der man nur die Schiffe 1', 2', 3' usw. beibehalte und die im Viereck gezeichneten Kurslinien sich zu Kreisen abgerundet denke.

**34.** Elektrische Störungen des Magnetkompasses. a) Dynamomaschinen und Elektromotore können durch die starken in ihnen wirksamen Magnetfelder, die sich mehr oder weniger in den Außenraum erstrecken, direkte Einflüsse auf den Kompaß ausüben. Sie sind durch eine gehörige Entfernung dieser Maschinen vom Kompaß auszuschließen.

b) Die meisten Störungen entstehen durch elektrische Gleichstromleitungen in der Nähe des Kompasses. Jede stromdurchflossene Leitung ist von einem Magnetfelde umgeben. Wenn die Leitung und die von demselben Strome durchflossene Rückleitung unmittelbar zusammengelegt werden, so heben sich die beiden Magnetfelder gerade auf. Es ist daher wichtig, daß ein solches Zusammenlegen bei allen in der Nähe des Kompasses vorüberführenden Leitungen erfolgt. Jede Schleifenbildung in stromführenden Kabeln oder Drähten in der Nähe des Kompasses ist streng zu vermeiden, ebenso eine absichtliche Rückführung der Ströme durch den



Schiffskörper oder unbeabsichtigte Ableitung infolge von Isolationsfehlern. Wechselstrom hat keinen Einfluß auf den Kompaß, da die Stromwechsel bei den technischen Wechselströmen so schnell erfolgen, daß die Rose ihnen nicht folgen kann. In erhöhtem Maße gilt dies von den hochfrequenten Wechselströmen der drahtlosen Telegraphie.

c) Dank sorgfältiger Anlage des Leiternetzes sind auf Linienschiffen, großen und kleinen Kreuzern, bei Regel- und Peilkompassen elektrische Störungen im allgemeinen nicht vorhanden, vorausgesetzt, daß die Scheinwerfer mindestens 6 bis 8 m vom Kompaß entfernt sind. Auf kleineren Fahrzeugen kommen leichter Störungen vor, erhebliche Schwierigkeiten sind bei U-Booten vorhanden, so daß man besondere Kompensationsvorrichtungen für diese Ablenkungen hat anbringen müssen (s. 37 e).

d) Blitzschläge, die das Schiff treffen, haben gewöhnlich erhebliche Änderungen der Deviation im Gefolge. Durch die große Stromstärke der elektrischen Entladung wird eine starke Magnetisierung des Schiffseisens veranlaßt, die den ursprünglichen magnetischen Zustand oft gänzlich vermischt. Dabei ist die neue Magnetisierung zum großen Teil nur halbfest, so daß für die nächste Zukunft erhebliche Deviationsänderungen zu erwarten sind. Durch den Blitzschlag können auch die Momente der Kompensationsmagnete geändert sein. Auch ist beobachtet, daß die Magnetisierung der Rosennadeln geschwächt, aufgehoben oder umgekehrt worden ist.

#### Achter Abschnitt.

### Kompensation der Kompaße.

35. Allgemeines über die Aufstellung und Kompensation des Magnetkompasses. a) Aufgabe der Kompensation des magnetischen Kompasses ist es, die Deviation auf ein geringes Maß zurückzuführen, gleichzeitig die Richtkräfte auf den verschiedenen Kursen auszugleichen und den mittleren Wert der Richtkraft nach Möglichkeit zu erhöhen.

b) Eine nicht nur für den Augenblick, sondern für längere Zeit befriedigende Lösung dieser Aufgabe ist nur möglich für solche Kompaße, die an magnetisch günstigen Orten aufgestellt sind. Ein solcher Ort ist daher vor allem für den Regelkompaß des Schiffes vorzusehen.

Ungünstig steht ein Kompaß, wenn sich in seiner Nähe einzelne größere Eisenmassen befinden. Vertikale Eisenmassen geben durch die vertikal in ihnen induzierten Pole Veranlassung zu großen halbkreisigen Deviationen, die vor allem bei Breitenänderungen durch ihre Veränderlichkeit stören. Horizontale Eisenmassen erzeugen große viertelkreisige Deviationen und setzen die mittlere Richtkraft unter Umständen stark herab. Vor allem ist ein Kompaßort dann ungünstig, wenn sich an ihm halbfester



Magnetismus in hohem Grade bemerkbar macht, denn gegen diese Art von Magnetismus gibt es keine Kompensation.

c) Das Ziel der Kompensation ist als erreicht zu betrachten, solange die Deviation auf keinem Kurse den Betrag von etwa  $6^\circ$  überschreitet.

d) Um die Wirkung einer schiffsmagnetischen Kraft auf den Kompaß aufzuheben, hat man eine andere magnetische Kraft hinzuzufügen, die auf allen Kursen und möglichst auch auf allen magnetischen Breiten dieselbe Größe, aber die entgegengesetzte Richtung hat.

e) Im folgenden sind zunächst die einzelnen Kompensationsmittel, ihre Wirksamkeit und ihre Anbringung im allgemeinen behandelt, sodann ist die Ausführung der Kompensation, soweit sie durch das Schiffskommando zu erfolgen hat oder zu wiederholen ist, im einzelnen erörtert.

**36. Kompensation von A.** Eine Kompensation des Koeffizienten A auf magnetischem Wege ist untunlich. Bei einem Steuerkompaß kann einem etwa vorhandenen A dadurch Rechnung getragen werden, daß man den Steuerstrich aus der Mittschiffsebene um den Betrag des A verschiebt, und zwar nach Steuerbord bei positivem, nach Backbord bei negativem Wert des A\*). Der Torpedobootskompaß M/11 (s. 12 a, b) erlaubt eine solche Verschiebung durch Drehung der Kompaßbüchse in der Aufhängung, der Lichtbildkompaß für U-Boote durch Verstellen des Steuerstrichs in der Kompaßbüchse. Der Betrag der Drehung ist an einem Gradbogen ablesbar. Die Einstellung für A erfolgt in der Regel bei der Hauptregulierung der Kompaße durch die Werft.

**37. Kompensation von B und C.** a) Die Koeffizienten B und C rühren nach 24 d, e her von der Längsschiffskraft V und der Querschiffskraft S des festen Magnetismus und der Pole der Vertikalinduktion. Man hebt diese beiden Kräfte auf durch längs- und querschiffs angeordnete Magnete, und zwar:

den Koeffizienten B durch Längsschiffsmagnete, die auf O- oder W-Kurs so angeordnet werden, daß die Deviation verschwindet,

den Koeffizienten C durch Querschiffsmagnete, die auf N- oder S-Kurs so angeordnet werden, daß die Deviation verschwindet.

Die Längsschiffs- wie die Querschiffsmagnete werden so angebracht, daß sie seitweise (s. 2 d) auf den Kompaß wirken, wie dies durch die Fig. 37 und 38 angedeutet wird. Jeder dieser Magnete übt dann eine zu ihm

\*) Für Peilkompaße würde eine Verschiebung des Steuerstriches zur Aufhebung von A unpraktisch sein, denn durch diese Verschiebung würden nur die Kurse korrigiert, während die Verschiebung ohne Einfluß auf alle an der Rose abgelesenen Peilungen wäre. Für Kurse und Peilungen müßten demnach gesonderte Deviations-tabellen angewandt werden.



selbst parallele Kraft, also eine Längsschiffs- bzw. eine Querschiffskraft auf den Kompaß aus. Ist B positiv, so ist vorn ein Südpol vorhanden (s. Fig. 21) und es muß das Nordende der Längsschiffsmagnete nach vorn gelegt werden und umgekehrt. Ist C positiv, so ist an Steuerbord ein Südpol vorhanden (s. Fig. 22) und es muß das Nordende der Querschiffsmagnete nach Steuerbord gelegt werden.

b) Sind diese Magnete richtig angebracht, so beseitigen sie nicht allein die halbkreisige Deviation, sondern auch die damit verbundenen Richtkraftstörungen (s. 28b). Nach Ausführung dieser Kompensation ist die Richtkraft auf N-Kurs gleich der auf S-Kurs, die auf O-Kurs gleich der auf W-Kurs.

Die Kompensationsmagnete sollen der Roße nicht zu nahe kommen; der Abstand soll mindestens das Doppelte der Länge des Magnets betragen (Marke im Kompaßhaus). Bei den in der Kaiserlichen Marine gebrauchten Kompensationsmagneten ist das Nordende durch rote Farbe bezeichnet.

Es sind drei Größen von Magneten mit den Bezeichnungen II, IIa und III im Gebrauch. Sie besitzen magnetische Momente von etwa 200 Millionen G. C. bis hinunter zu etwa 20 Millionen G. C.

c) Für die Anbringung der B- oder Längsschiffsmagnete ist in dem unter 11f beschriebenen Kompaßhause der obere Magnetträger des Achsenrohrs in der Kompaßsäule vorgesehen, für die C- oder Querschiffsmagnete der untere dieser Träger. Um alle Magnete von der Tür aus einlegen zu können, ist das Achsenrohr drehbar angeordnet. Nach Einlegen der Magnete ist es nach einem unteren Merk so einzustellen, daß die Magnete in ihre richtige Lage zum Schiff kommen, und dann festzuklemmen. Der Schluß des Rohres muß nach hinten zeigen.

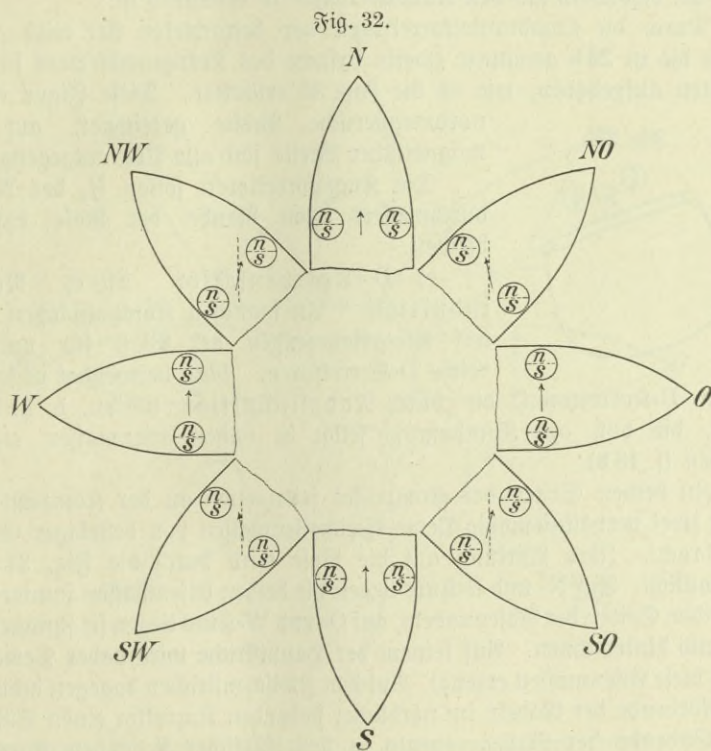
d) Da sich bei Breitenänderungen die Pole der Vertikalinduktion ändern, die Kompensationsmagnete aber ihre Stärke beibehalten, so wird die Kompensation bei starker Breitenänderung des Schiffes im allgemeinen nicht richtig bleiben, zumal für Kompaße, die in der Nähe großer vertikaler Eisenmassen oder an der Vorder- oder Rückseite eiserner Decksaufbauten stehen. Abhilfe könnte in einem solchen Falle geschaffen werden durch die Anbringung einer vertikalen Stange aus weichem Eisen in geeigneter Stellung am oder in der Nähe des Kompasses. Solche Stangen werden unter der Bezeichnung „Flindersstangen“ auf Rauffahrtschiffen, die Reisen mit großer Breitenänderung zu machen haben, nicht selten angewendet.

e) In Unterseebooten sind starke Einwirkungen der Elektromotoren auf den Magnetkompaß beobachtet. Um ihnen zu begegnen, hat man am Kompaß Drahtspulen mit Eisenkernen angebracht. Durch die Spulen werden elektrische Ströme geschickt, die von den Hauptstromkabeln abzweigt werden und zu fließen beginnen, sobald diese Kabel selbst Strom führen. Durch Probieren müssen die Abzweigungen so gewählt werden, daß der Einfluß der elektrischen Anlagen auf den Kompaß aufgehoben wird.

38. Kompensation von D und E. a) Die Koeffizienten D und E werden nach 25 und 26 durch die Pole der Horizontalinduktion erzeugt.

In der Regel hat man es nur mit D zu tun, da das horizontale Schiffseisen symmetrisch zu der durch den Kompaß gelegten Längsschiffsebene verteilt ist. Der Koeffizient D hat fast ausnahmslos das positive Vorzeichen wegen der starken Wirkung der unter dem Kompaß durchgehenden Querschiffseisenmassen (s. 25 d).

b) Man kompensiert D deshalb am besten durch querschiffs liegendes, unterbrochenes, weiches Eisen. Daß solches Eisen geeignet ist, die



Wirkung des durchgehenden Querschiffseisens aufzuheben, wurde schon in 25 f erörtert.

Man kann zur Kompensation zwei Zylinder aus weichem Eisen, wie in Fig. 25 dargestellt, an den beiden Seiten des Kompasses anbringen. In der Kaiserlichen Marine benutzt man statt solcher Zylinder meist Hohlkugeln oder Kugelzonen (s. Fig. 14). Sie werden seitwärts vom Kompaß auf besonderen Konsolen am Kompaßhause befestigt. Diese Körper, die als Quadrantal- oder Kugelkorrektoren bezeichnet werden, wirken hauptsächlich durch erdmagnetische Horizontalinduktion, und zwar in erster Linie

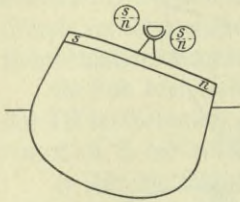


als unterbrochenes Querschiffseisen, in geringerem Grade auch als durchgehendes Längsschiffseisen. Die kompensierende Wirkung der Kugelkorrektoren wird durch Fig. 32 erläutert. Man sieht aus ihr, daß die Kugeln eine viertelkreisige Deviation mit negativem D erzeugen (vgl. Fig. 23b).

Als unterbrochenes Querschiffseisen erhöhen die Kugelkorrektoren den Wert der mittleren Richtkraft oder den Koeffizienten  $\lambda$ , wie aus Fig. 32, besonders auf den Kursen O und W ersichtlich ist.

Durch die Quadrantalkorrektoren der betrachteten Art wird gleichzeitig die in 29b genannte zweite Ursache des Krümmungsfehlers für alle Breiten aufgehoben, wie es die Fig. 33 erläutert. Diese Figur ist für nordmagnetische Breite gezeichnet, auf süd-

Fig. 33.



magnetischer Breite sind alle Pole entgegengesetzt. Die Kugelkorrektoren sollen  $\frac{2}{3}$  des Kompaßmessers vom Rande der Rose entfernt bleiben.

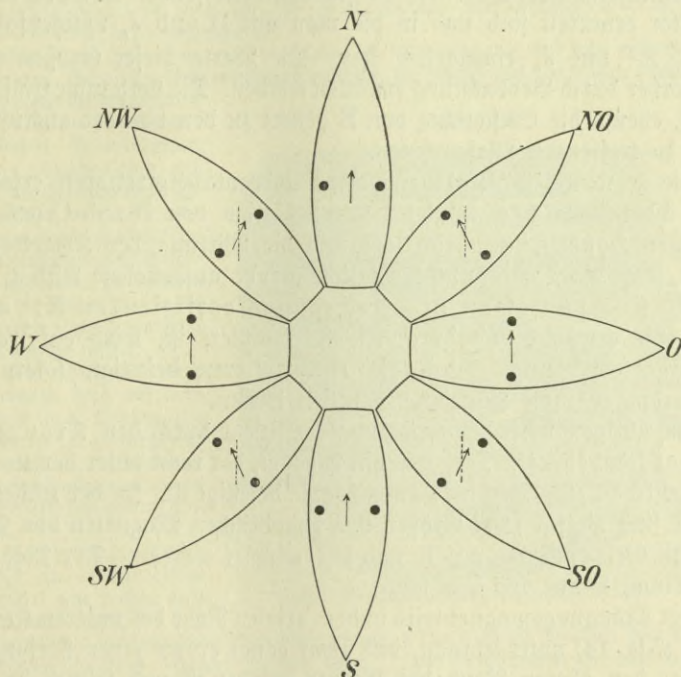
c) D = Kompensation durch Nadelinduktion. In manchen Kompaßplätzen fehlt auf Kriegsfahrzeugen der Platz für umfangreiche D-Korrektoren. Man verwendet in solchen Fällen D-Korrektoren, die durch Nadelinduktion wirken, d. h. durch Pole, die von der Kompaßrose selbst in nahen Eisenmassen erzeugt werden (s. 18b).

Zu beiden Seiten des Kompasses seien etwa an der Kompaßbüchse selbst zwei verhältnismäßig kleine Weicheisenmassen von beliebiger Gestalt angebracht. Ihre Wirkung auf die Rose wird durch die Fig. 34 veranschaulicht. Auf N- und S-Kurs liegen die beiden Eisenmassen symmetrisch zu beiden Seiten der Rosennadeln, auf O- und W-Kurs liegen sie symmetrisch vor und hinter ihnen. Auf keinem der Hauptstriche wird daher Deviation durch diese Eisenmassen erzeugt. Auf den Zwischenstrichen dagegen induziert das Nordende der Nadeln im nördlicher stehenden Korrektor einen Südpol, das Südende der Nadeln ebenso in dem südlicher stehenden Korrektor einen Nordpol, infolge der entstehenden Anziehung sucht sich in allen Fällen die Kompaßrose in die Verbindungslinie der Korrektoren einzustellen. Das bedeutet aber im NO- und SW-Quadranten westliche, in den beiden anderen Quadranten östliche Deviation, also eine quadrantale Deviation mit negativem Werte des D. Man kann demnach das positive D des Schiffes auch durch solche zwei kleinen Eisenkörper aufheben.

Diese Eisenkörper werden in der Kaiserlichen Marine entweder auf der Kompaßbüchse als zwei Säulen aus weichem Eisen oder in Form von vertikal stehenden Blechen, sogenannten D-Streifen, unter dem Boden der Kompaßbüchse angebracht (vgl. 12a, b).

D-Korrektoren, die durch Nadelinduktion wirken, sind in vielen Fällen zwar nicht zu entbehren, immerhin sind sie kein vollwertiger Ersatz für Korrektoren, die auf erdmagnetischer Induktion beruhen. Zunächst gilt die Kompensation durch Nadelinduktion nicht für alle Breiten; die für mittlere Breiten richtig eingestellten Korrektoren wirken in Äquaturnähe nicht stark genug, in hoher Breite zu stark. Der Satz, daß nach Ausführung der Kompensation die Richtkraft auf allen Kurven dieselbe ist, verliert bei Anwesenheit von Nadelinduktion seine Gültigkeit, auch wird die mittlere Richtkraft nicht verstärkt, wie es bei Anwendung der Kugel-Korrektoren der Fall ist.

Fig. 34.



Endlich tragen die durch Nadelinduktion wirkenden D-Korrektoren nichts zur Kompensation des Krängungsfehlers bei (s. 38b, Fig. 33).

Übrigens beruht bei Fluidkompassen auch für Kugellkorrektoren ein Teil der kompensierenden Wirkung auf Nadelinduktion.

d) Falls außer D auch der Koeffizient E einen nennenswerten Betrag hat, so kann er gleichzeitig mit dem Koeffizienten D durch die Quadrantal-Korrektoren beseitigt werden, indem man die Verbindungslinie der Korrektoren nicht querschiffs, sondern in einem Winkel  $\beta$  zur Querschiffsrichtung stellt, den man aus der Gleichung  $\tan 2\beta = E:D$  berechnen kann. Bei positivem Werte des E ist der Steuerbordkorrektor zurück-, der Backbordkorrektor vorzuschieben. Bei negativem E ist die entgegengesetzte Verschiebung vorzunehmen. Beim großen Fluidkompaß



ist zur Ermöglichung dieser Verschiebung der Konsolenträger am Kompaßhaus drehbar angeordnet, auf einer Teilung ist der Betrag der Drehung ablesbar, so daß man dem Winkel  $\beta$  die gewünschte Größe geben kann.

Eine ebensolche Einstellung für E ist auch für den Träger der D-Streifen beim kleinen Fluidkompaß M/15 sowie für den Träger der D-Säulen beim kleinen Fluidkompaß M/11 vorgesehen.

e) Die vorläufige Anbringung der Quadrantal-Korrektoren am Kompaß erfolgt nach Tabellen, die für den betreffenden Kompaß und den Korrektor ermittelt sind und in die man mit D und  $\lambda$ , nötigenfalls mit  $\sqrt{D^2 + E^2}$  und  $\lambda$ , einzugehen hat. Die Werte dieser Größen müssen dazu vorher durch Beobachtung ermittelt werden. Die vorläufige Einstellung von D, ebenso die Einstellung von E gehört zu den von der ausrüstenden Werft zu treffenden Maßnahmen.

Die genaue Einstellung der Quadrantal-Korrektoren erfolgt an Bord, indem man nach erfolgter Kompensation von B und C das Schiff auf einen Hauptzwischenstrich legt und die Wirkung der Korrektoren so bemißt, daß die Quadrantal-Deviation gerade aufgehoben wird (s. 42 e).

**39. Kompensation des Krängungskoeffizienten K.** a) Wie unter 38b erwähnt und durch Fig. 33 erläutert ist, wird ein Teil des Krängungskoeffizienten durch die D-Korrektoren beseitigt, sofern diese durch erdmagnetische Horizontalinduktion wirken.

Im übrigen wird der Krängungskoeffizient durch den Krängungsmagnet kompensiert. Dieser ist ein Magnet, der recht unter der Kompaßmitte senkrecht zum Deck im Kompaßhause befestigt ist. In der Kaiserlichen Marine sind hierfür zwei Größen von zylindrischen Magneten von 22 mm Dicke im Gebrauch, die mit K und k bezeichnet werden. Der Magnet K ist 335 mm, k nur 165 mm lang.

Der Krängungsmagnet wird in dem azialen Rohr des unteren Kompaßhauses (Fig. 14) untergebracht, und zwar hängt er an einer Messingkette, die über den oberen Rand des Rohres geführt ist und seitlich im Haus festgeklemmt wird. Der Krängungsmagnet soll der Rose nicht näher kommen als 75 cm; reicht der Magnet k in dieser Entfernung für die Kompensation nicht aus, so ist der größere K zu verwenden.

Bei Schiffen, die auf Nordbreite gebaut sind, liegt bei Oberdeckskompassen gewöhnlich ein Südpol unter dem Kompaß (s. 21 b), so daß der Krängungskoeffizient positiv oder eine Anziehung des Nordendes der Nadel nach Luv vorhanden ist. Gewöhnlich ist daher der Krängungsmagnet mit seinem Nordende nach oben einzusetzen.

b) Die Einstellung des Krängungsmagnets kann dadurch erfolgen, daß man die Deviation auf N- oder S-Kurs bei gekrängtem Schiff durch Verschiebung des Krängungsmagnets gleich der Deviation bei aufrechtem Schiff macht. Man macht die Einstellung am besten viermal, nämlich auf



N= und auf S-Kurs bei Krängung nach Steuerbord und nach Backbord und ſtellt ſchließlich den Magnet auf das Mittel der vier Stellungen ein. Gewöhnlich, beſonders auf größeren Schiffen, nimmt man die Einſtellung des Krängungsmagnets bei aufrecht liegendem Schiff vor, indem man ſich der Vertikalkraftwaage des Deviationsmagnetometers (ſ. 45) bedient. Die Vertikalkraftwaage beſteht aus einer Magnetnadel, die mit einer horizontalen Achſe auf feinen Schneiden ſehr leicht drehbar angeordnet iſt und ſo erlaubt, magnetiſche Vertikalkräfte zu erkennen und zu meſſen.

c) Die Nadel iſt, wie Fig. 35 zeigt, in ein Meſſingtätchen eingeſchloſſen, das mit Glasfenſtern verſehen iſt.

Mit ihren Schneiden ruht die Achſe der Magnetnadel auf fein polierten Edelſteinlagern. Eine Arretiervorrichtung erlaubt, die Nadel auf die Lager herabzulassen und ſie nach Gebrauch von ihnen wieder abzuhoben.

Die Nadel iſt mit einer Teilung verſehen und auf ihr iſt ein kleines Gewicht verſchiebbar, das auf Nordbreite auf die Südhälfte, auf Südbreite auf die Nordhälfte der Nadel zu ſchieben iſt, um die Nadel an einem eiſenfreien Orte horizontal einſpielen zu laſſen.

Das Käſtchen wird mit ſeinem Fuß auf dem Teilkreis des Deviationsmagnetometers aufgeſetzt und durch die Stellſchrauben dieſes Inſtrumentes an einer Libelle horizontal eingeſtellt.

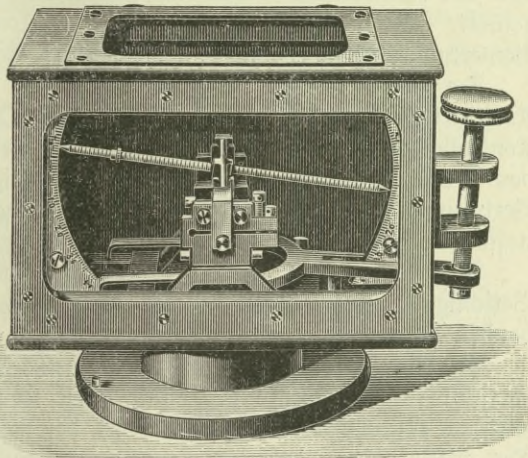
Das Inſtrument wird zunächſt an einem eiſenfreien Ort am Lande aufgeſtellt, und zwar ſo, daß die Nadel im magnetiſchen Meridian ſchwingt, was durch Drehen des Teilkreiſes des Magnetometers erreicht werden kann. Das Gewichtchen auf der Nadel wird jezt ſo eingeſtellt, daß die Nadel horizontal einſpielt.

d) Um mit der ſo vorbereiteten Nadel den Krängungsmagnet einzustellen, legt man das Schiff auf mißweisend O- oder W-Kurs und ſtellt das Inſtrument nach Wegnahme der Kompaßbüchſe im Kompaßhaus ſo auf, daß ſich die Nadel an der Stelle befindet, die ſonſt die Roſennadeln einnehmen. Der Teilkreis wird ſo gedreht, daß die Nadel im magnetiſchen Meridian ſchwingt. Neigt ſich jezt ihr Nordende nach unten, ſo liegt ein Südpol unter dem Kompaß und umgekehrt. Nun wird der Krängungsmagnet ſo eingeſtellt, daß die Nadel horizontal einſpielt.

Das Verfahren iſt in dieſer einfachen Form nicht genau, es genügt aber für gut aufgeſtellte Kompaſſe, um den Krängungsfehler hinreichend zu kompensieren, wenn die zweite Urſache des Krängungsfehlers durch D-Kugeln für ſich beſeitigt iſt.

**40. Reihenfolge der Kompensationen, Maßnahmen der Werft und des Schiffskommandos.** a) Die Anbringung der D-Korrektoren hat der Verlegung der Magnete voranzugehen. In dieſen Korrektoren werden nämlich leicht durch den Schiffsmagnetismus oder

Fig. 35.





die Kompensationsmagnete Pole induziert. Diese Pole ändern sich nicht mit der Schiffsdrehung, sie erzeugen daher für sich eine halbkreisige Deviation. Werden nun die Korrektoren gleich anfangs angebracht, so wird diese halbkreisige Deviation bei der Verlegung der B- und C-Magnete gleich mit der übrigen halbkreisigen Deviation beseitigt. Außerdem kompensieren die Kugeln einen Teil des Krümmungsfehlers.

b) Die volle Kompensation zerfällt in zwei Abschnitte. Der erste umfaßt die Bestimmung der Koeffizientenwerte für den unkompenzierten Kompaß, bei den Steuerkompassen nötigenfalls die Einstellung des gefundenen Wertes von A durch entsprechende Drehung des Steuerstriches, die ungefähre Kompensation von D und gegebenenfalls E nach den gefundenen Werten und die Einstellung des Krümmungsmagnets. Dieser Teil der Kompensation wird im allgemeinen durch Werftpersoneal ausgeführt. Die in **36**, **38** und **39** über diese Kompensationen enthaltenen Bemerkungen genügen für ein allgemeines Verständnis dieser Arbeiten.

Der zweite Teil der Kompensation besteht in der Kompensation der Koeffizienten B und C durch die Längs- und Querschiffsmagnete und die Kontrolle der D-Kompensation. Dieser Teil, besonders die Kompensation von B und C, bedarf einer häufigeren Berichtigung, so daß eine völlige Vertrautheit des Seeoffiziers und des Steuermannspersonals mit den zu treffenden Maßnahmen unerläßlich ist (s. **41** und **42**).

Auf Reisen mit großer Breitenänderung ist nicht selten eine Berichtigung der Einstellung des Krümmungsmagnets nötig. Hiervon handelt **43**.

**41.** Verfahren, um das Schiff auf bestimmte magnetische (mißweisende) Kurse zu legen. Die Kompensation von B und C wird am einfachsten dadurch ausgeführt, daß man das Schiff magnetisch oder mißweisend auf zwei benachbarte Hauptstriche legt und an allen zu kompensierenden Kompassen je die in Frage kommenden Magnete so anordnet, daß auch am Kompaß derselbe Kurs anliegt. Entsprechend verfährt man zur Berichtigung der Einstellung der Quadrantal-Korrektoren auf einem Hauptzwischenstrich. Um das Schiff auf einen bestimmten magnetischen Kurs zu legen, benutzt man eine der folgenden Methoden.

a) Mit Hilfe von Deckpeilungslinien. Zwei am Land in der gewünschten mißweisenden Peilung errichtete Kompensierungsbaken werden von dem Mann am Ruder recht voraus in Deckung gehalten. In der Kieler Bucht z. B. ist die N-S-Linie gegeben durch zwei Baken Priesser-Höhe-Nißeberg, die O-W-Linie durch zwei Baken in Möltenort in Deckung und eine dritte Bake bei Wosbrook, Quarantänestation. Die Kompensation von D erfolgt am besten in den unter **15c** erwähnten Bakensystemen.

b) Mit Hilfe einer Peilscheibe und eines Peilobjektes von bekannter mißweisender Peilung. Als Peilscheibe dient in der Regel der



geteilte Rand des Peilkompasses in Verbindung mit der Peilvorrichtung. Man stellt das Diopterlineal auf die Differenz:

$$w = \text{magnetisches Azimut} - \text{magnetischer Kurs} \\ (\text{mißweisende Peilung} - \text{mißweisender Kurs})$$

und läßt das Schiff so drehen, daß die Diopter auf das Peilobjekt gerichtet sind. Dann liegt das Schiff auf dem gewünschten magnetischen Kurs.

Die Begründung erhellt aus der Fig. 36, die als Beispiel für ein magnetisches Azimut  $a = 130^\circ$  und den magnetischen Kompensierungskurs Ost ( $90^\circ$ ) gezeichnet ist. Man hat in diesem Falle

$$\text{für Kurs Ost} \quad w = 130^\circ - 90^\circ = 40^\circ.$$

Läßt sich die Subtraktion nicht ausführen, so addiert man zum Azimut  $360^\circ$ .

z. B. ist einzustellen, wenn das magnetische Azimut wieder  $a = 130^\circ$  ist,

$$\text{für Kurs Süd} \quad w = 130^\circ - 180^\circ = 490^\circ - 180^\circ = 310^\circ,$$

$$\text{für Kurs Südwest} \quad w = 130^\circ - 225^\circ = 490^\circ - 225^\circ = 265^\circ.$$

Es ist praktisch, den einmal gefundenen magnetischen Kurs an einem Kompaß, dessen Kompensation einstellbar nicht geändert wird, festzuhalten. Sind die übrigen Kompaße reguliert, so kann der Kurs nachher an einem dieser Kompaße festgehalten und nun der zuerst unberührt gelassene Kompaß reguliert werden.

Auf See benutzt man als Peilobjekte Gestirne in bequemer Peilhöhe, am besten die Sonne. Man stelle in diesem Falle eine Uhr auf wahre Ortszeit und entnehme der Azimuttabelle für die voraussichtliche Zeit und Dauer der Arbeiten die rechtweisenden Azimute, etwa von 10 zu 10 Minuten. Durch Anwendung der Mißweisung verwandelt man diese in mißweisende Azimute (östliche Mißweisung abziehen, westliche zuzählen) und verfähre wie oben angegeben.

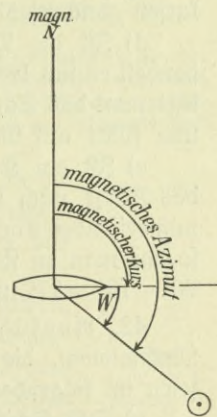
Beispiel.

Am 6. Mai 1916 nachmittags zwischen 5h und 6h wahrer Ortszeit sollen auf  $55,0^\circ$  N,  $13,2^\circ$  O die Kompaße eines Schiffes nach Sonnenpeilung kompensiert werden. Mißweisung  $9^\circ$  W. Dem Naut. Jahrbuch entnimmt man  $\delta = 16,5^\circ$  N,  $\text{Zgl.} = -3,5^m$  und findet aus der Azimuttabelle die Werte nebenstehender Tabelle.

Um nach dieser Tabelle das Schiff z. B. um 5h 5m auf N-Kurs zu legen, hat man an der Peilscheibe vorher  $277,5^\circ - 0^\circ = 277,5^\circ$  einzustellen und das Schiff so zu drehen, daß zur angegebenen Zeit die Sonne im Peilapparat erscheint.

Wahre Ortszeit	Wahres Azimut	Mißw. Azimut
5h 0 m	N $92,5^\circ$ W = 267,5°	276,5°
10	90,4 = 269,6	278,6
20	88,4 = 271,6	280,6
30	86,4 = 273,6	282,6
40	84,4 = 275,6	284,6
50	82,4 = 277,6	286,6
6h 0 m	80,4 = 279,6	288,6

Fig. 36.



c) Näherungsverfahren mit Hilfe eines annähernd kompensierten Kompasses und eines Peilobjekts von bekanntem Azimut. Man legt das Schiff zunächst statt auf den magnetischen auf den gleich-



namigen Kompaßkurs, und zwar an dem annähernd richtig zeigenden Kompaß. Am bequemsten ist es, wenn dieser Kompaß der Peil- oder der Regelkompaß ist. Man bestimme jetzt die Deviation des Kompasses und ändere den Kurs um ihren Betrag — bei östlicher Deviation nach Backbord, bei westlicher nach Steuerbord. Der jetzt anliegende Kurs ist der gewünschte. Er wird an einem Kompaß festgehalten, der zunächst unberührt bleibt, während die anderen reguliert werden.

#### Beispiel.

Das Schiff soll auf mißweisend Ostkurs gelegt werden. Man legt es zunächst am Peilkompaß auf Ostkurs, findet hier die Deviation  $8^\circ$  O, dreht das Schiff  $8^\circ$  nach Backbord, so daß  $82^\circ$  anliegt, und hält diesen Kurs während der weiteren Arbeiten an dem einen oder dem andern Kompaß fest.

Bei größeren Deviationen ist das Verfahren ungenau, weil die Deviationen auf den mißweisenden Kursen nicht mehr denen auf den Kompaßkursen gleichgesetzt werden können.

d) Ist die Deviation des Regelkompasses bekannt und handelt es sich lediglich um das Nachkompensieren der Steuerkompassse, so legt man das Schiff nach dem Regelkompaß auf die Kompensierungskurse und führt auf ihnen die Nachkompensierung der übrigen Kompassse aus.

e) Ist ein Kreiselkompaß an Bord aufgestellt, so kann man das Schiff nach diesem unter Berücksichtigung der Mißweisung auf die mißweisenden Kompensierungskurse legen. Ist z. B. die Mißweisung =  $13^\circ$  W, so hat man zu steuern für den mißweisenden Kurs Ost am Kreiselkompaß  $90^\circ - 13^\circ = 77^\circ$  usw. Man vgl. 15 e.

**42.** Ausführung der Kompensation von B, C und D. Die Maßnahmen, die zur Ausführung dieser Kompensation zu treffen sind, seien im folgenden zusammengestellt:

a) Das Schiff muß seeklar sein im Sinne von 14a, b.

b) Die D-Korrektoren bleiben — gegebenenfalls mit gelösten Muttern — in der ihnen bei der vorbereitenden Kompensation oder bei früherer Kompensation gegebenen Stellung. (Sollte bekannt sein, daß D noch positiv, also unterkompensiert ist, so ist die Wirkung nach Schätzung zu verstärken, im entgegengesetzten Fall zu verringern.)

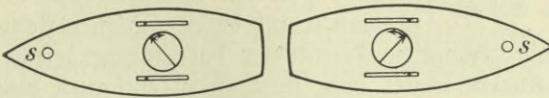
c) Das Schiff wird auf mißweisend O- oder W-Kurs gelegt. Längsschiffsmagnete werden so angeordnet, daß auch am Kompaß O- oder W-Kurs anliegt. Die Magnete sind zu legen:

wenn B positiv, d. h.	$\left. \begin{array}{l} \delta_o \text{ östlich} \\ \delta_w \text{ westlich} \end{array} \right\}$	ist, mit dem Nordpol nach vorn;
wenn B negativ, d. h.	$\left. \begin{array}{l} \delta_o \text{ westlich} \\ \delta_w \text{ östlich} \end{array} \right\}$	ist, mit dem Nordpol nach achtern.

Die Fig. 37 stellt die Kompensation eines positiven B auf mißweisend O- oder W-Kurs dar. Die durch den Südpol s vorn im Schiff abgelenkte Rose wird durch

die Längsschiffsmagnete im Sinne des gebogenen Pfeils in die Meridianlage zurückgeführt, indem das Nord der Rose vom (bezeichneten) Nordpol nach dem Südpol hin abgestoßen wird.

Fig. 37.



Das Schiff wird auf mißweisend N- oder S-Kurs gelegt. Querschiffsmagnete werden so angeordnet, daß auch am Kompaß N- oder S-Kurs anliegt. Die Magnete sind zu legen:

wenn C positiv, d. h.  $\left. \begin{array}{l} \delta_n \text{ östlich} \\ \delta_s \text{ westlich} \end{array} \right\}$  ist, mit dem Nordpol nach Stb.,

wenn C negativ, d. h.  $\left. \begin{array}{l} \delta_n \text{ westlich} \\ \delta_s \text{ östlich} \end{array} \right\}$  ist, mit dem Nordpol nach Vb.

Die Fig. 38 stellt die Kompensation eines positiven C auf mißweisend N- oder S-Kurs dar. Die durch den Südpol s an Steuerbord abgelenkte Rose wird durch den Querschiffsmagnet im Sinne des gebogenen Pfeils in die Meridianlage zurückgeführt, indem das Nord der Rose vom (bezeichneten) Nordpol des Magnets nach dem Südpol hin abgestoßen wird.

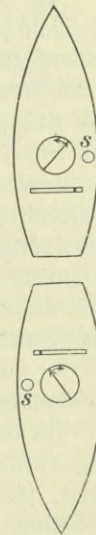
Man kann sich bei der Anbringung der Magnete an die Regel halten: Lege den Nordpol des Kompensationsmagnets nach der Seite, nach der das Nord der Rose abgelenkt ist.

Sind schon B- bzw. C-Magnete am Kompaß vorhanden, so genügt es in vielen Fällen, diese Magnete nur zu verschieben. Dabei hat für das „Hinlegen“ des Nordpols nach einer Seite das Näherbringen eines dort schon vorhandenen Nordpols oder das Entfernen eines dort vorhandenen Südpols einzutreten.

Es ist im allgemeinen einerlei, in welcher Reihenfolge man die zwei benachbarten Hauptstriche nimmt, auf denen man die Verlegung der Längs- und Querschiffsmagnete ausführt. Bei sehr ungleichen Werten von B und C beseitigt man zweckmäßig zunächst den größeren der Koeffizienten.

d) Die zur Kompensation von B und C eingeleitete Drehung des Schiffes wird fortgesetzt. Auf den noch folgenden zwei Hauptstrichen wird die Kompensation geprüft und gegebenenfalls verbessert. Dies geschieht dadurch, daß man die etwa noch vorhandene Deviation zur Hälfte wegbringt, auf W- oder O-Kurs durch eine entsprechende kleine Verschiebung der Längsschiffsmagnete, auf S- oder N-Kurs durch eine solche der Querschiffsmagnete.

Fig. 38.





e) Zur Kontrolle der D-Kompensation legt man das Schiff auf einen Hauptzwischenstrich. Ist (nachdem  $B=0$  und  $C=0$  gemacht ist)

$\delta_{no}$ oder $\delta_{sw}$ östlich	} so müssen die Kugeln dem Kompaß genähert bzw. stärkere D-Korrektoren angewendet werden, bis die Deviation auf diesen Kursen verschwunden ist.
$\delta_{so}$ oder $\delta_{nw}$ westlich	

Haben die genannten Deviationen das entgegengesetzte Vorzeichen, so sind die Kugeln weiter vom Kompaß zu entfernen bzw. schwächere D-Korrektoren anzubringen.

f) Nach der Kompensation ist das Schiff herumzuschwojen und die Restdeviation etwa von  $15^\circ$  zu  $15^\circ$  festzustellen. Die Kompensation ist als gelungen anzusehen, wenn der Höchstbetrag der Restdeviation  $3^\circ$  nicht überschreitet. Aus den gefundenen Ablenkungen sind die Koeffizienten zu berechnen. Ergibt sich für D noch ein nennenswerter Betrag, so merkt man ihn für spätere Regulierungen vor. Bezüglich A und E ist das in **33 b** Gesagte zu beachten.

g) Alle Magnete werden in ihren Trägern gut festgeschraubt, die Muttern der Kugelkorrektoren werden angezogen. Der Abstand der Magnete von der Rose, ebenso der Abstand der Kugelmitten vom Rosenmittelpunkt bzw. die Art und Stärke der gebrauchten D-Korrektoren werden in das Kompaßbuch eingetragen.

#### 43. Berichtigung der Einstellung des Krängungsmagnets.

a) Man darf nicht darauf rechnen, daß die Kompensation des Krängungsfehlers auf allen Breiten richtig bleibt, zumal dann nicht, wenn die D-Korrektoren nur durch Nadelinduktion wirken (s. **38c**). Ist in diesem Falle der Krängungsmagnet, wie es gewöhnlich nötig ist, in unseren Breiten mit dem Nordpol nach oben eingesetzt, so muß er in der Regel bei südlicher Breitenänderung weiter von der Rose abgerückt, unter Umständen sogar entfernt oder umgekehrt werden. Die Notwendigkeit, die Einstellung des Krängungsmagnets zu verändern, ergibt sich daraus, daß die Deviation besonders auf nördlichen oder südlichen Kursen bei gekrängtem Schiff eine andere ist als bei aufrecht liegendem Schiff, oder daraus, daß bei schlingerndem Schiff die Rose läuft.

b) Bevor man eine Änderung vornimmt, ist die alte Stellung des Krängungsmagnets genau zu bezeichnen.

Ist bei ruhig überliegendem Schiff der Nordpunkt der Rose nach Lee abgelenkt, so muß der Krängungsmagnet, falls der Nordpol oben sitzt, tiefer, falls der Südpol oben sitzt, höher gestellt werden. Findet eine Ablenkung des Nordendes der Rose nach Luv statt, so sind die entgegengesetzten Berichtigungen vorzunehmen. Führt die angegebene Verschiebung noch nicht zum Ziel, so ist der Magnet ganz herauszunehmen und, wenn nötig, in entgegengesetzter Lage wieder einzusetzen (s. auch **39 b**).

Bei schlingerndem Schiff kann man durch Probieren die Lage des Krängungsmagnets festzustellen suchen, bei der die Rose am ruhigsten liegt.



## Neunter Abschnitt.

## Anhang.

**44.** Das Kompaßbuch. a) Das Kompaßbuch soll alle für die Beurteilung der Kompaße und der magnetischen Eigenschaften des Schiffes wichtigen Angaben enthalten und dem Schiffskommando die Behandlung und Überwachung der Kompaße erleichtern.

b) Im ersten Teil des Kompaßbuches sind Angaben über das Schiff, die Aufstellung der Kompaße, die Deviationskoeffizienten der unkompenzierten Kompaße und die Urteile des Schiffskommandos über die einzelnen Kompaße zusammenzustellen.

In den zweiten Teil sind alle ausgeführten Kompensationen einzutragen. Die Lage der Magnete, ihre Entfernung von der Kompaßmitte sowie das magnetische Moment der verwendeten Magnete, die Art, Anzahl, Größe und Entfernung der Quadrantal-Korrektoren, endlich die nach der Kompensation beobachtete Restdeviation sind anzugeben.

Der dritte Teil dient zu Aufzeichnungen über die Deviationskontrolle.

c) Das Kompaßbuch ist vom Navigationsoffizier oder unter seiner Aufsicht vom Steuermann zu führen.

Bei Außerdienststellung wird es an die Werft zurückgegeben.

Die Vorschriften über die Führung sind dem Buche vorgedruckt.

**45.** Das Deviationsmagnetometer. a) Das Deviationsmagnetometer dient zur Messung magnetischer Horizontal- und Vertikalkräfte. Es wird durch die Fig. 39 veranschaulicht. Der Unterteil a des Instrumentes mit einem von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$  geteilten Horizontalkreis kann mittels der Schraubenfüße b' auf dem Untersatz l horizontal eingestellt werden. Die Höhe des Untersatzes ist so bemessen, daß die Magnetnadeln des Instrumentes, wenn dieses in das Kompaßhaus eingesetzt wird, die Höhe der Kompaßrosennadeln einnehmen. Über dem Teilkreis dreht sich ein zweiter, der Alhidadenkreis. Seine Stellung gegen jenen kann an zwei Nonien abgelesen werden. Auf ihm sind zwei Lagerböcke c c und eine Röhrenlibelle befestigt, an der die horizontale Lage des Teilkreises erkannt werden kann. Die Lagerböcke dienen als Träger eines Fernrohres und zum Einschrauben der Ablenkungsmagnete h h. Das Objektiv des Fernrohres liegt in einem Würfel d rechtwinklig zur Längsachse des Rohres, durch ein Prisma im Würfel werden die Strahlen in die Fernrohrachse geworfen.

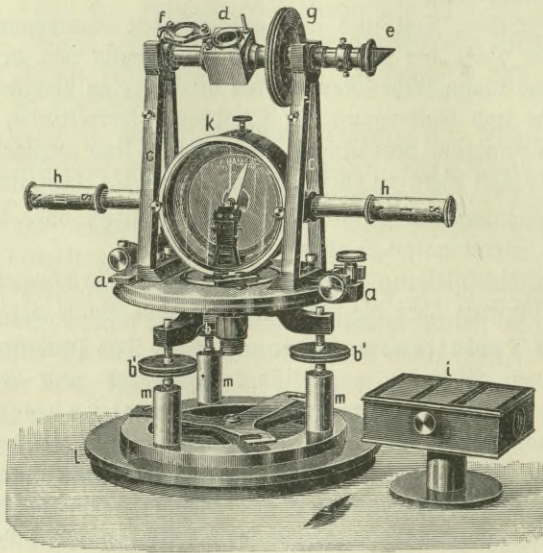
In der Mitte des Alhidadenkreises befindet sich eine kreisförmige Vertiefung zur Aufnahme der Gehäuse der Deklinationsnadel, der Inklinationsnadel oder der Vertikalkraftwage. Das Gehäuse der Deklinationsnadel i ist neben dem Instrument stehend, das der Inklinationsnadel k in das Instrument eingesetzt abgebildet, während die Vertikalkraftwage



schon durch die Fig. 35 veranschaulicht wurde. Die richtige Stellung der Gehäuse wird durch einen Stift gesichert.

b) Um mit dem Instrument z. B. eine magnetische Horizontalkraft durch Schwingungsbeobachtungen zu messen, setzt man das Deklinationskästchen ein und legt nach Abnahme des Deckels die Deklinationsnadel vorsichtig auf die Finne. Nachdem der Deckel wieder aufgelegt und das Instrument horizontiert ist, dreht man den Alhidadenkreis so, daß die Nadel auf Null steht. Durch einen Magnet wird jetzt die Nadel um etwa  $30^\circ$  abgelenkt. Nach Entfernung des Magnets fängt man an, die Schwingungen zu zählen, indem man beim ersten Durchgang durch die Ruhelage mit „Null“

Fig. 39.



anfängt. Man zählt etwa bis zur zehnten Halbschwingung. Die Zeit wird nach einer Stoppuhr oder nach einer Sekundenuhr durch einen Gehilfen bestimmt. Die Beobachtung wird wiederholt, bis die Ergebnisse gut übereinstimmen. Aus diesen wird alsdann das Mittel genommen.

Nachdem solche Beobachtungen an einem eisensfreien Ort am Land und darauf an Bord am Kompaßorte auf den Hauptstrichen ausgeführt sind, findet man  $\lambda$  nach den in 28 a, d angegebenen Regeln.

Über den Gebrauch der Vertikalkraftwage ist in 39 das Nötige gesagt.

**46. Harmonische Analyse.** Liegen Beobachtungen der Deviation etwa auf den 32 Kompaßstrichen oder auf den Fünfzehnergraden vor, so findet man die genauesten Werte der Koeffizienten durch ein Verfahren, (Fortsetzung des Textes auf Seite 354.)

Berechnung der Koeffizienten für den Peilkompaß S. W. S. „Danzig“.

Kompaß für	Spalte I δ	Kompaß für	Spalte II δ	Spalte III		Spalte IV		Spalte V Berechnung von B		Spalte VI Berechnung von C		Spalte VIIa Berechnung von D		Spalte VIIb Berechnung von E		
				I + II 2	I - II 2	Spalte IV mit den Multiplikatoren	Spalte IV mit den Multiplikatoren	Spalte IIIa Ia + IIa 2	Spalte IIIa Ia - IIa 2	Spalte VIIa IVa mit Multiplikatoren	Spalte VIIa IVa mit Multiplikatoren	Spalte VIIb IIIa mit den Multiplikatoren	Spalte VIIb IIIa mit den Multiplikatoren	Spalte VIIc IVa mit den Multiplikatoren	Spalte VIIc IVa mit den Multiplikatoren	
<b>Nord</b>	- 0,8°	<b>Süd</b>	- 0,8°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NzO	+ 1,8	SzW	+ 1,1	+ 0,35	S1	+ 0,07	S7	+ 0,34	+ 1,45	- 1,65	- 0,10	+ 1,55	S2	+ 0,59	S6	+ 1,43
NNO	+ 4,0	SSW	+ 3,0	+ 0,50	S2	+ 0,19	S6	+ 0,46	+ 3,50	- 3,45	+ 0,03	+ 3,48	S4	+ 2,46	S4	+ 2,46
NOzN	+ 4,7	SWzS	+ 4,0	+ 0,35	S3	+ 0,19	S5	+ 0,29	+ 4,35	- 4,20	+ 0,08	+ 4,28	S6	+ 3,95	S2	+ 1,63
NO	+ 6,4	SW	+ 4,7	+ 0,85	S4	+ 0,60	S4	+ 0,60	+ 5,55	- 4,40	+ 0,57	+ 4,97	1	+ 4,97	0	0
NOzO	+ 4,6	SWzW	+ 4,2	+ 0,20	S5	+ 0,17	S3	+ 0,11	+ 4,40	- 4,70	- 0,15	+ 4,55	S6	+ 4,21	- S2	- 1,74
ONO	+ 4,2	WSW	+ 3,2	+ 0,50	S6	+ 0,46	S2	+ 0,19	+ 3,70	- 4,15	- 0,23	+ 3,92	S4	+ 2,77	- S4	- 2,77
OzN	+ 2,3	WzS	+ 2,2	+ 0,25	S7	+ 0,05	S1	+ 0,01	+ 2,25	- 2,45	- 0,10	+ 2,35	S2	+ 0,90	- S6	- 2,17
<b>Ost</b>	- 0,2	<b>West</b>	+ 0,6	+ 0,20	1	- 0,40	0	0	+ 0,20	- 2,45	- 0,10	+ 2,35	S2	+ 0,90	- S6	- 2,17
OzS	- 2,1	WzN	- 1,2	- 1,65	S7	- 0,44	- S1	+ 0,09	+ 1,45	- 1,65	- 0,10	+ 1,55	S2	+ 0,59	- S6	- 2,17
OSO	- 3,5	WNW	- 3,4	- 3,45	S6	- 0,05	- S2	+ 0,02	+ 3,50	- 3,45	+ 0,03	+ 3,48	S4	+ 2,46	- S4	- 2,46
SOzO	- 5,0	NWzW	- 3,4	- 4,20	S5	- 0,67	- S3	+ 0,44	+ 4,35	- 4,20	+ 0,08	+ 4,28	S6	+ 3,95	- S2	- 1,63
SO	- 5,4	NW	- 3,4	- 4,40	S4	- 0,71	- S4	+ 0,71	+ 5,55	- 4,40	+ 0,57	+ 4,97	1	+ 4,97	0	0
SOzS	- 5,0	NWzN	- 4,4	- 4,70	S3	- 0,17	- S5	+ 0,25	+ 4,40	- 4,70	- 0,15	+ 4,55	S6	+ 4,21	- S2	- 1,74
SSO	- 4,3	NNW	- 4,0	- 4,15	S2	- 0,06	- S6	+ 0,14	+ 3,70	- 4,15	- 0,23	+ 3,92	S4	+ 2,77	- S4	- 2,77
SzO	- 2,5	NzW	- 2,4	- 2,45	S1	- 0,01	- S7	+ 0,05	+ 2,25	- 2,45	- 0,10	+ 2,35	S2	+ 0,90	- S6	- 2,17
+ Summe 0,68 - Summe 0,88																
+ Summe 19,85 - Summe 0,00																
8A = - 0,20 A = - 0,03°																
4D = + 19,85 D = + 4,96°																
4E = - 1,66 E = - 0,41°																
+ Summe 3,70 - Summe 2,51																
8B = - 0,78 B = - 0,10°																
8C = + 3,70 C = + 0,46°																



47.

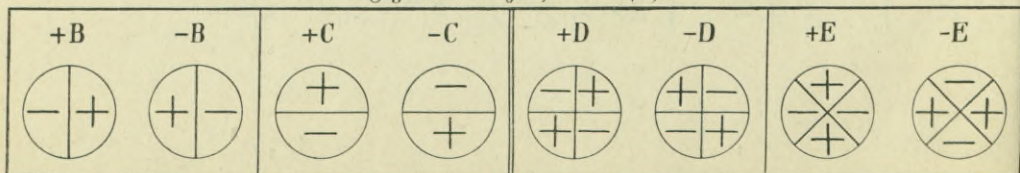
Tafel Ia.

B · sin z									
B	Kurswinkel in Strichen								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0,5	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
1,0	0,0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0
1,5	0,0	0,3	0,6	0,8	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5
2,0	0,0	0,4	0,8	1,1	1,4	1,7	1,8	2,0	2,0
2,5	0,0	0,5	1,0	1,4	1,8	2,1	2,3	2,5	2,5
3,0	0,0	0,6	1,1	1,7	2,1	2,5	2,8	2,9	3,0
3,5	0,0	0,7	1,3	1,9	2,5	2,9	3,2	3,4	3,5
4,0	0,0	0,8	1,5	2,2	2,8	3,3	3,7	3,9	4,0
4,5	0,0	0,9	1,7	2,5	3,2	3,7	4,2	4,4	4,5
5,0	0,0	1,0	1,9	2,8	3,5	4,2	4,6	4,9	5,0
5,5	0,0	1,1	2,1	3,1	3,9	4,6	5,1	5,4	5,5
6,0	0,0	1,2	2,3	3,3	4,2	5,0	5,5	5,9	6,0
6,5	0,0	1,3	2,5	3,6	4,6	5,4	6,0	6,4	6,5
7,0	0,0	1,4	2,7	3,9	4,9	5,8	6,5	6,9	7,0
7,5	0,0	1,5	2,9	4,2	5,3	6,2	6,9	7,4	7,5
8,0	0,0	1,6	3,1	4,4	5,7	6,7	7,4	7,8	8,0
8,5	0,0	1,7	3,3	4,7	6,0	7,1	7,9	8,3	8,5
9,0	0,0	1,8	3,4	5,0	6,4	7,5	8,3	8,8	9,0
9,5	0,0	1,9	3,6	5,3	6,7	7,9	8,8	9,3	9,5
10,0	0,0	2,0	3,8	5,6	7,1	8,3	9,2	9,8	10,0
10,5	0,0	2,1	4,0	5,8	7,4	8,7	9,7	10,3	10,5
11,0	0,0	2,1	4,2	6,1	7,8	9,1	10,2	10,8	11,0
11,5	0,0	2,2	4,4	6,4	8,1	9,6	10,6	11,3	11,5
12,0	0,0	2,3	4,6	6,7	8,5	10,0	11,1	11,8	12,0
12,5	0,0	2,4	4,8	6,9	8,8	10,4	11,6	12,3	12,5
13,0	0,0	2,5	5,0	7,2	9,2	10,8	12,0	12,8	13,0
13,5	0,0	2,6	5,2	7,5	9,5	11,2	12,5	13,2	13,5
14,0	0,0	2,7	5,4	7,8	9,9	11,6	12,9	13,7	14,0
14,5	0,0	2,8	5,6	8,1	10,3	12,1	13,4	14,2	14,5
15,0	0,0	2,9	5,7	8,3	10,6	12,5	13,9	14,7	15,0
15,5	0,0	3,0	5,9	8,6	11,0	12,9	14,3	15,2	15,5
16,0	0,0	3,1	6,1	8,9	11,3	13,3	14,8	15,7	16,0
16,5	0,0	3,2	6,3	9,2	11,7	13,7	15,2	16,2	16,5
17,0	0,0	3,3	6,5	9,4	12,0	14,1	15,7	16,7	17,0
17,5	0,0	3,4	6,7	9,7	12,4	14,6	16,2	17,2	17,5
18,0	0,0	3,5	6,9	10,0	12,7	15,0	16,6	17,7	18,0
C	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	Kurswinkel in Strichen								
C · cos z									

Tafel Ib.

D · sin 2 z						
D	Kurswinkel in Strichen					
	0	1	2	3	4	
0,5	0,0	0,2	0,4	0,5	0,5	
1,0	0,0	0,4	0,7	0,9	1,0	
1,5	0,0	0,6	1,1	1,4	1,5	
2,0	0,0	0,8	1,4	1,8	2,0	
2,5	0,0	1,0	1,8	2,3	2,5	
3,0	0,0	1,1	2,1	2,8	3,0	
3,5	0,0	1,3	2,5	3,2	3,5	
4,0	0,0	1,5	2,8	3,7	4,0	
4,5	0,0	1,7	3,2	4,2	4,5	
5,0	0,0	1,9	3,5	4,6	5,0	
5,5	0,0	2,1	3,9	5,1	5,5	
6,0	0,0	2,3	4,2	5,5	6,0	
6,5	0,0	2,5	4,6	6,0	6,5	
7,0	0,0	2,7	4,9	6,5	7,0	
7,5	0,0	2,9	5,3	6,9	7,5	
8,0	0,0	3,1	5,7	7,4	8,0	
8,5	0,0	3,3	6,0	7,9	8,5	
9,0	0,0	3,4	6,4	8,3	9,0	
9,5	0,0	3,6	6,7	8,8	9,5	
10,0	0,0	3,8	7,1	9,2	10,0	
10,5	0,0	4,0	7,4	9,7	10,5	
11,0	0,0	4,2	7,8	10,2	11,0	
11,5	0,0	4,4	8,1	10,6	11,5	
12,0	0,0	4,6	8,5	11,1	12,0	
12,5	0,0	4,8	8,8	11,6	12,5	
13,0	0,0	5,0	9,2	12,0	13,0	
13,5	0,0	5,2	9,5	12,5	13,5	
14,0	0,0	5,4	9,9	12,9	14,0	
14,5	0,0	5,6	10,3	13,4	14,5	
15,0	0,0	5,7	10,6	13,9	15,0	
15,5	0,0	5,9	11,0	14,3	15,5	
16,0	0,0	6,1	11,3	14,8	16,0	
16,5	0,0	6,3	11,7	15,2	16,5	
17,0	0,0	6,5	12,0	15,7	17,0	
17,5	0,0	6,7	12,4	16,2	17,5	
18,0	0,0	6,9	12,7	16,6	18,0	
E	4	5	6	7	8	0
	Kurswinkel in Strichen					
E · cos 2 z						

Fig. 40. Vorzeichen-Übersicht.





48.

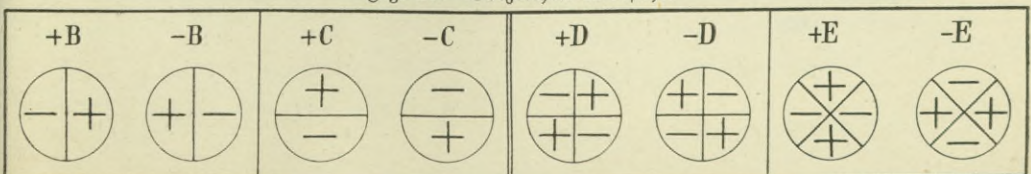
Tafel II a.

B · sin z							
B	Kurswinkel						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0,5	0,0	0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
1,0	0,0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,0
1,5	0,0	0,4	0,8	1,1	1,3	1,4	1,5
2,0	0,0	0,5	1,0	1,4	1,7	1,9	2,0
2,5	0,0	0,6	1,3	1,8	2,2	2,4	2,5
3,0	0,0	0,8	1,5	2,1	2,6	2,9	3,0
3,5	0,0	0,9	1,8	2,5	3,0	3,4	3,5
4,0	0,0	1,0	2,0	2,8	3,5	3,9	4,0
4,5	0,0	1,2	2,3	3,2	3,9	4,4	4,5
5,0	0,0	1,3	2,5	3,5	4,3	4,8	5,0
5,5	0,0	1,4	2,8	3,9	4,8	5,3	5,5
6,0	0,0	1,6	3,0	4,2	5,2	5,8	6,0
6,5	0,0	1,7	3,3	4,6	5,6	6,3	6,5
7,0	0,0	1,8	3,5	4,9	6,1	6,8	7,0
7,5	0,0	1,9	3,8	5,3	6,5	7,2	7,5
8,0	0,0	2,1	4,0	5,7	6,9	7,7	8,0
8,5	0,0	2,2	4,3	6,0	7,4	8,2	8,5
9,0	0,0	2,3	4,5	6,4	7,8	8,7	9,0
9,5	0,0	2,5	4,8	6,7	8,2	9,2	9,5
10,0	0,0	2,6	5,0	7,1	8,7	9,7	10,0
10,5	0,0	2,7	5,3	7,4	9,1	10,1	10,5
11,0	0,0	2,8	5,5	7,8	9,5	10,6	11,0
11,5	0,0	3,0	5,8	8,1	10,0	11,1	11,5
12,0	0,0	3,1	6,0	8,5	10,4	11,6	12,0
12,5	0,0	3,2	6,3	8,8	10,8	12,1	12,5
13,0	0,0	3,4	6,5	9,2	11,3	12,6	13,0
13,5	0,0	3,5	6,8	9,5	11,7	13,0	13,5
14,0	0,0	3,6	7,0	9,9	12,1	13,5	14,0
14,5	0,0	3,8	7,3	10,3	12,6	14,0	14,5
15,0	0,0	3,9	7,5	10,6	13,0	14,5	15,0
15,5	0,0	4,0	7,8	11,0	13,4	15,0	15,5
16,0	0,0	4,1	8,0	11,3	13,9	15,5	16,0
16,5	0,0	4,3	8,3	11,7	14,3	15,9	16,5
17,0	0,0	4,4	8,5	12,0	14,7	16,4	17,0
17,5	0,0	4,5	8,8	12,4	15,2	16,9	17,5
18,0	0,0	4,7	9,0	12,7	15,6	17,4	18,0
C	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°
	Kurswinkel						
C · cos z							

Tafel II b.

D · sin 2 z				
D	Kurswinkel			
	0° 90°	15° 75°	30° 60°	45°
0,5	0,0	0,3	0,4	0,5
1,0	0,0	0,5	0,9	1,0
1,5	0,0	0,8	1,3	1,5
2,0	0,0	1,0	1,7	2,0
2,5	0,0	1,3	2,2	2,5
3,0	0,0	1,5	2,6	3,0
3,5	0,0	1,8	3,0	3,5
4,0	0,0	2,0	3,5	4,0
4,5	0,0	2,3	3,9	4,5
5,0	0,0	2,5	4,3	5,0
5,5	0,0	2,8	4,8	5,5
6,0	0,0	3,0	5,2	6,0
6,5	0,0	3,3	5,6	6,5
7,0	0,0	3,5	6,1	7,0
7,5	0,0	3,8	6,5	7,5
8,0	0,0	4,0	6,9	8,0
8,5	0,0	4,3	7,4	8,5
9,0	0,0	4,5	7,8	9,0
9,5	0,0	4,8	8,2	9,5
10,0	0,0	5,0	8,7	10,0
10,5	0,0	5,3	9,1	10,5
11,0	0,0	5,5	9,5	11,0
11,5	0,0	5,8	10,0	11,5
12,0	0,0	6,0	10,4	12,0
12,5	0,0	6,3	10,8	12,5
13,0	0,0	6,5	11,3	13,0
13,5	0,0	6,8	11,7	13,5
14,0	0,0	7,0	12,1	14,0
14,5	0,0	7,3	12,6	14,5
15,0	0,0	7,5	13,0	15,0
15,5	0,0	7,8	13,4	15,5
16,0	0,0	8,0	13,9	16,0
16,5	0,0	8,3	14,3	16,5
17,0	0,0	8,5	14,7	17,0
17,5	0,0	8,8	15,2	17,5
18,0	0,0	9,0	15,6	18,0
E	45°	60° 30°	75° 15°	90° 0°
	Kurswinkel			
E · cos 2 z				

Fig. 40. Vorzeichen-Übersicht.





das als harmonische Analyse bezeichnet wird. Für die Ausführung der Rechnung dient Formular f. Zur Erläuterung ist das mit einem Beispiel ausgefüllte Formular f auf S. 351 abgedruckt. Die ersten Spalten enthalten neben den Kompaßkursen, die im Beispiel nach Strichen gegeben sind, die beobachteten Deviationen auf Zehntelgrade als Spalte I und II.

In Spalte III ist die halbe Summe  $\frac{I+II}{2}$  und in IV die halbe Differenz  $\frac{I-II}{2}$

berechnet. In Spalte V und VI sind Multiplikatoren angegeben, mit denen die Beträge der Spalten III und IV multipliziert werden müssen. Dabei bedeutet  $0 = \sin 0^{\text{str}}$ ,  $S_1 = \sin 1^{\text{str}}$ ,  $S_2 = \sin 2^{\text{str}}$  . . .  $1 = \sin 8^{\text{str}}$ . Die Produkte entnimmt man besonderen Tafeln, die an Bord zur Verfügung stehen. Durch algebraische Addition der Produkte und Division der Summen durch 8 erhält man die genauesten Werte von B und C. Die entsprechende Berechnung von A, D und E ist aus dem Formular ersichtlich.

Sind die Beobachtungen auf den Kursen  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  usw. gemacht, so legt man ein ganz ähnliches Formular an. Auch hierfür stehen Tafeln mit vorgedrucktem Rechengeschema an Bord zur Verfügung.

## II. Der Kreiselkompaß.

### Zehnter Abschnitt.

### Vorkenntnisse aus der Mechanik.

49. Aus der allgemeinen Mechanik. a) Zur Einführung in das Verständnis der Kreiselbewegungen sind einige Begriffe und Tatsachen aus der Mechanik der festen Körper voranzuschicken. Die Mechanik beschäftigt sich mit der Bewegung der Körper und der Veränderung dieser Bewegung infolge der auf die Körper wirkenden Kräfte.

b) Die Bewegung eines Körpers kann zunächst in einem Fortschreiten aller seiner Teile in parallelen Bahnen bestehen. Dieses Fortschreiten geschieht mit einer gewissen Geschwindigkeit. Die Größe der Geschwindigkeit ist der in der Sekunde zurückgelegte Weg. Außerdem hat die Geschwindigkeit eine bestimmte Richtung. Das Trägheits- oder Beharrungsgesetz sagt über die Geschwindigkeit aus: Jeder Körper behält seine Geschwindigkeit nach ihrer Größe und ihrer Richtung bei, solange keine äußere Kraft auf den Körper einwirkt. (Hierbei sind alle durch Reibung, Luft-, Wasserwiderstand usw. verursachten Hemmungen der Bewegung als Kräfte anzusehen.)

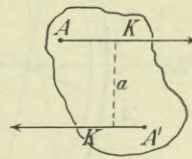


c) Wirkt auf einen Körper eine Kraft, so verändert sich seine Geschwindigkeit nach ihrer Größe, nach ihrer Richtung oder nach beiden zugleich. Die Veränderung der Geschwindigkeit in der Zeiteinheit heißt Beschleunigung. Eine Verzögerung, d. h. eine Verringerung der Größe der Geschwindigkeit, ist als negative Beschleunigung aufzufassen. Die durch eine bestimmte Kraft erzielte Beschleunigung ist um so kleiner, je größer die Masse des beschleunigten Körpers ist.

d) Die Bewegung eines Körpers kann auch in einer Drehung um eine Linie, die Drehachse, bestehen. Dabei beschreibt jedes Teilchen des Körpers eine kreisförmige Bahn um die Achse mit einer gewissen Winkelgeschwindigkeit. Diese ist gleich dem Weg in Zentimetern, der von einem Punkt in 1 cm Entfernung von der Achse in einer Sekunde zurückgelegt wird. Erfolgt die Drehung von dem einen Ende der Achse gesehen mit dem Uhrzeiger oder „im Zeigersinn“, so erfolgt sie vom anderen Ende der Achse gesehen gegen den Uhrzeiger oder „im Gegenzeigersinn“.

e) Um einen Körper in Drehung zu versetzen, läßt man zwei entgegengesetzt gleiche Kräfte  $K$  in einem Abstand voneinander auf ihn wirken (s. Fig. 41). Solche zwei Kräfte nennt man ein Kräftepaar. Das Drehbestreben oder Drehmoment eines Kräftepaares wächst nicht nur mit der Größe der Kraft  $K$ , sondern auch mit dem senkrechten Abstand  $a$  der Kräfte voneinander; es wird durch das Produkt  $K \cdot a$  gemessen. Das in Fig. 41 dargestellte Kräftepaar wirkt im Zeigersinn.

Fig. 41.



Als Beispiele für Kräftepaare seien genannt: Ein Zweischraubendampfer, dessen beide Schrauben, die eine vor-, die andere rückwärts, mit gleicher Kraft arbeiten. Ein Magnet, dessen Nordpol im erdmagnetischen Feld nach Norden, dessen Südpol mit derselben Kraft nach Süden getrieben wird (s. 7, Fig. 10, 11). Ein schief liegendes Schiff, dessen Gewicht im Schiffsschwerpunkt angreifend nach unten wirkt, während der dem Gewicht gleiche Auftrieb im Schwerpunkt der verdrängten Wassermasse angreifend nach oben gerichtet ist.

f) Um einen Körper um eine festgehaltene Achse zu drehen, genügt eine einzige Kraft, die zweite wird durch den Widerstand der Achse geliefert. Eine Kraft, die der Drehachse parallel wirkt, übt kein Drehmoment aus, ebensowenig eine Kraft, die gerade auf die Achse zu oder gerade von ihr fortgerichtet ist. Eine beliebige auf den Körper wirkende Kraft kann nach diesen beiden Richtungen und der zu ihnen senkrechten Richtung in ihre Komponenten zerlegt werden, nur die letzte, quer zur Achse wirkende Komponente übt ein Drehmoment um die Achse aus.

g) Wenn ein Drehmoment auf einen Körper um eine Achse wirksam ist, so wird die Drehgeschwindigkeit beschleunigt.

Die durch ein bestimmtes Drehmoment erzeugte Beschleunigung ist um so geringer, je größer das Trägheitsmoment des Körpers für die Drehachse ist. Man erhält das Trägheitsmoment, indem man jedes Massen-

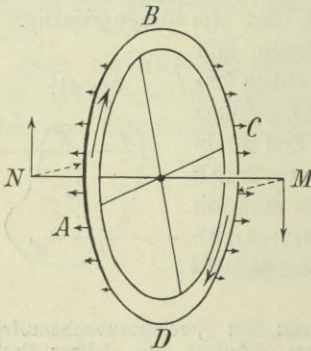


teilchen des Körpers mit dem Quadrat seines Abstandes von der Drehachse multipliziert und alle diese Produkte addiert. Das Trägheitsmoment ist daher bei gleicher Masse um so größer, je weiter die einzelnen Massenteilchen von der Drehachse entfernt sind.

Durch ein großes Trägheitsmoment zeichnet sich z. B. jedes Schwungrad einer Antriebsmaschine aus. Je weiter bei einem solchen die Massen von der Achse entfernt angeordnet sind, desto schwerer ist es zu beschleunigen, desto besser nimmt es daher die Stöße des Kolbens auf und macht so den Gang der Maschine gleichmäßig. Auch die Rose eines Magnetkompasses, besonders die eines Trockenkompasses, muß ein verhältnismäßig großes Trägheitsmoment haben, um ruhig zu liegen. Man verlegt deshalb bei ihr die Massen möglichst an den Rand (vgl. **9c** und **10b**).

**50.** Aus der Mechanik der Kreiselbewegungen. a) Ein Kreisell ist ein Umdrehungskörper mit gleichförmiger Massenverteilung um seine Achse. Um die Haupterscheinungen der Kreiselbewegung zu erklären,

Fig. 42.



stellen wir uns den Kreisell in Form eines Ringes ABCD (s. Fig. 42) vor, der durch dünne Speichen mit der Achse MN verbunden ist. Der Kreisell drehe sich um MN von M gesehen im Zeigersinn. Faßt man die Achse bei N und M und verschiebt sie parallel mit sich, so verspürt man keine besonderen Kräfte. Für eine Parallelverschiebung der Achse ist es vollkommen gleichgültig, ob sich der Kreisell dreht oder nicht.

b) Ganz anders, sobald wir die Richtung der Kreiselachse im Raum zu verändern suchen, etwa M nach unten, N nach oben drücken wollen. Gegen diese Drücke weicht die Kreiselachse seitwärts aus, und zwar M nach vorn (aus der Papierebene heraus), N nach hinten (in die Papierebene hinein). Während dieses Ausweichens verspüren wir gegen die ausgeübten Drücke einen bedeutenden Widerstand der Kreiselachse.

Diese Erscheinung kann man sich so plausibel machen: An Stelle des Ringes denkt man sich etwa eine Röhre, in der schwere Kugeln gleichverteilt im Sinne der Drehbewegung kreisen. Übt man nun bei M eine Kraft nach unten, bei N eine solche nach oben aus, wie es die ausgezogenen Pfeile der Figur andeuten, so suchen diese Kräfte den Kreisell um AC als Achse zu drehen. Wird diese Drehung um den kleinsten Winkel ausgeführt, so prallen die in der vorderen Ringhälfte aufsteigenden Kugeln gegen die linke Wand, die in der hinteren Hälfte absteigenden gegen die rechte Wand der Röhre. Durch den Anprall der Kugeln erfährt die Röhre Drücke in der Richtung der kleinen an ihrem Umfang angegebenen Pfeile. Diese Pfeile sind an der vorderen Ringhälfte nach links, an der hinteren Hälfte



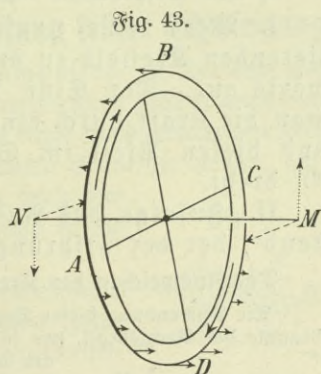
nach rechts gerichtet. Das durch diese Drucke auf den Kreisel ausgeübte Drehmoment kann man sich durch zwei bei M und N angreifende Kräfte dargestellt denken, die in der Richtung der gestrichelten Pfeile der Fig. 42 wirken.

Damit ist erklärt, weshalb M nach vorn und N nach hinten ausweicht. Die Richtung des Ausweichens findet man, indem man die Pfeile des ursprünglichen Drehmoments um  $90^\circ$  dreht, und zwar in demselben Sinne, wie sich der Kreisel dreht.

c) Die Erklärung dafür, daß der Kreisel, während seine Achse ausweicht, der ursprünglichen Drehkraft einen Widerstand entgegensetzt, ergibt sich aus der nochmaligen Anwendung derselben Betrachtung. Weicht nämlich die Kreiselachse in der Richtung der gestrichelten Pfeile aus, so prallen die in der oberen Ringhälfte nach hinten fliegenden Kugeln gegen die linke, die in der unteren Hälfte nach vorn fliegenden gegen die rechte Wand der Röhre an. Diese Drucke sind in Fig. 43 durch kleine Pfeile am Ringumfang angedeutet. Man kann sie durch zwei in M und N angreifende Kräfte ersetzt denken, die in der Richtung der punktierten Pfeile wirken. Diese Kräfte sind den ursprünglich auf die Kreiselachse ausgeübten Kräften (ausgezogene Pfeile der Fig. 42) entgegensetzt, sie stellen daher einen Widerstand der Kreiselachse gegen das ursprüngliche Drehmoment dar und sollen hinfort als der Kreiselwiderstand bezeichnet werden.

Der Kreiselwiderstand gegen das ursprüngliche Drehmoment ist hiernach nur eine Folge des Ausweichens der Achse; er ist nicht vorhanden, wenn die Kreiselachse am Ausweichen verhindert ist. Er ist um so größer, je schneller das Ausweichen erfolgt. Für eine bestimmte Geschwindigkeit des Ausweichens ist er dem ursprünglichen Drehmoment gleich, hebt dasselbe also gerade auf.

d) Zur Erläuterung des Gesagten stützt man die Kreiselachse bei N (Fig. 42) etwa mit der Hand. Das Gewicht des Kreisels zieht die Achse nach unten, es vertritt also die bei M nach unten gerichtete Kraft. Bei ruhendem Kreisel würde die Achse herunterfallen, bei rotierendem dagegen weicht das Ende M seitwärts aus, und zwar kommt M nach vorn, wenn der Kreisel von M gesehen im Zeigersinn rotiert. Die Kreiselachse läuft, horizontal bleibend, um N herum. Voraussetzung ist hierbei, daß wir den





Bewegungen der Achse willig mit der Hand folgen. Sobald wir das Ausweichen hindern, senkt sich die Kreiselachse, weil der Kreiselwiderstand (punktierter Pfeil in Fig. 43) gegen das Drehmoment des Kreiseltgewichts (ausgezogener Pfeil in Fig. 42) zu klein ausfällt. Befördern wir dagegen die Ausweichgeschwindigkeit, so hebt sich die Kreiselachse.

Man kann dieses Heben bzw. Senken der Kreiselachse auch unmittelbar als neues Ausweichen erklären. Befördern des Ausweichens z. B. würde einer bei M nach vorn gerichteten Kraft entsprechen. Diese, um  $90^\circ$  im Sinne der Rotation gedreht, zeigt nach oben. Die Kreiselachse weicht also nach oben aus oder hebt sich.

Zu diesen Versuchen eignet sich z. B. eine größere, mit einer Achse versehene Kreiselscheibe oder besser noch ein Rad von einem Fahrrad, dessen Achse mit geeigneten Verlängerungen versehen sind. Die Wirkung wird erhöht, wenn man in die Radfelge statt des Pneumatiks einen Bleiring einlegt und dadurch das Trägheitsmoment wesentlich erhöht.

e) Das Besprochene läßt sich in die Regel zusammenfassen:

I. Wenn eine Kraft die Richtung der Achse eines rotierenden Kreisels zu ändern strebt, so weicht die Achse seitwärts aus. Den Sinn des Ausweichens findet man, indem man die Kraft durch einen Pfeil an der Kreiselachse darstellt und diesen Pfeil im Sinne der Rotation des Kreisels um  $90^\circ$  dreht.

II. Infolge des Ausweichens entsteht ein „Kreiselwiderstand“, der der ursprünglichen Kraft entgegengesetzt ist.

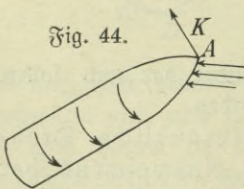
Das Ausweichen der Kreiselachse wird auch als Präzession bezeichnet.

Die Anwendung dieser Regel werde durch folgende Beispiele erläutert. Eine Granate hat Rechtsdrall, wie in Fig. 44 angegeben. Der bei A von vorn unten am stärksten wirkende Luftwiderstand hat das Bestreben, das Geschloß zum Umschlagen zu bringen, entsprechend einer nach hinten oben gerichteten Kraft K an der Spitze des Geschosses. Diese Kraft, um  $90^\circ$  in der Rotationsrichtung gedreht, zeigt aus der Papierebene heraus. Nach dieser Richtung weicht also die Spitze aus.

Der Kinderkreisel dreht sich — bei rechtshändig schlagenden Kindern — von oben gesehen im Zeigerinn. Steht der Kreisel, vom Beobachter gesehen, z. B. nach rechts schief, so sucht die Schwerkraft ihn nach dieser Seite umzuwerfen. Das im Schwerpunkt angreifende Gewicht des Kreisels kann zerlegt werden in eine in die Kreiselachse fallende Komponente, die nicht in Betracht kommt, und eine zu ihr senkrechte, nach rechts unten gerichtete Komponente K. Diese, um  $90^\circ$  im Sinne der Rotation gedreht, zeigt auf den Beobachter zu. Bei Rechtsneigung des Kreisels kommt also der Kopf des Kreisels auf den Beobachter zu.

Wird auf einem Raddampfer das Ruder stark übergelegt, so neigt sich der Dampfer nach der entgegengesetzten Seite, nach der er dreht. Das Rad wirkt als Kreisel, der, von Steuerbord gesehen, im Zeigerinne rotiert. Bei Kursänderung nach Steuerbord z. B. wird das Steuerbordende der Radachse nach hinten, das Backbordende nach vorn gedrängt. Diese Kräfte, um  $90^\circ$  im Sinne der Rotation gedreht, zeigen an Steuerbord nach oben, an Backbord nach unten; in diesem Sinne wird daher der Dampfer geträgt. Der Kreiselwiderstand zeigt sich dadurch, daß der Dampfer dem Ruder zunächst nicht gehorcht; erst wenn ein weiteres Ausweichen der Achse durch das Aufrichtungsmoment des Schiffes verhindert wird, folgt das Schiff dem Ruder. Raddampfer steuern deshalb schlechter als Schraubendampfer.

Fig. 44.





f) Die Geschwindigkeit, mit der die Kreiselachse ausweicht, ist um so größer, je größer die Drehkraft ist, die die Richtung der Kreiselachse zu verändern bestrebt ist, und um so geringer, je schneller der Kreisel rotiert.

Wenn man oft der Achse eines rotierenden Kreisels ein besonderes Bestreben zuschreibt, ihre Richtung im Raume beizubehalten, so ist das lediglich ein Ausdruck dafür, daß bei einem solchen Kreisel äußere Kräfte, die die Richtung der Achse zu verändern suchen, nur einen verhältnismäßig geringen Einfluß auf die Achsenrichtung haben, um so geringer, je schneller sich der Kreisel dreht. Diese Tatsache entspricht der uns viel geläufigeren, daß z. B. ein Geschloß durch die Schwerkraft um so weniger von der geradlinigen Bahn abgelenkt wird, je größer seine Geschwindigkeit ist.

Elfter Abschnitt.

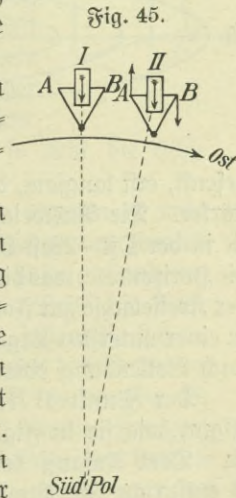
**Der Kreiselkompaß und die Dämpfung seiner Schwingungen.**

51. Grundgedanke des Kreiselkompasses. a) Der dem Kreiselkompaß zugrunde liegende Gedanke ist theoretisch schon 1852 erkannt worden. Schon damals zeigte L. Foucault, daß die Achse eines rotierenden Kreisels, wenn sie gezwungen ist, in einer horizontalen Ebene zu bleiben, auf der sich drehenden Erde das Bestreben haben muß, sich in eine der Erdachse möglichst parallele, also in die Nord-südlinie einzustellen.

Es ist mehrfach versucht worden, diesen Gedanken in die Tat umzusetzen. Aber erst im letzten Jahrzehnt ist es gelungen, einen bordbrauchbaren Kreiselkompaß herzustellen.

Zwar kann man wegen des Fehlens einer festen horizontalen Ebene an Bord des Schiffes nicht daran denken, den Gedanken in seiner ursprünglichen Fassung auszuführen. Man muß sich vielmehr damit begnügen, der Kreiselachse eine große Stabilität für die Einstellung in die horizontale Ebene zu erteilen, indem man den Kreisel so aufhängt, daß der Schwerpunkt in der Ruhelage unter dem Unterstützungspunkt liegt.

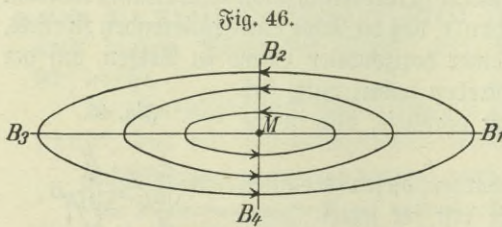
b) Das Verhalten eines so aufgehängten Kreisels zunächst am Äquator der Erde werde an der Fig. 45 erläutert. Der große Kreis stellt den vom Südpol gesehenen Äquator dar. Bei I ist ein Kreisel abgebildet, der so aufgehängt sein soll, daß die Achse AB durch ein darunter hängendes Gewicht zum Einspielen in die horizontale Ebene gebracht wird. Er rotiere von A aus gesehen im Zeigersinn. Stände die Kreiselachse parallel zur Nord-südlinie der Erde (also senkrecht zur Ebene des Papiers), so würde sie durch





die Erddrehung nur parallel mit sich verschoben, ohne daß irgendwelche Kräfte auf sie einwirkten. Es möge aber jetzt angenommen werden, daß die Achse A B anfangs irgendeine andere Richtung habe, z. B. horizontal West—Ost stehe. Kommt der Kreisel durch die Erddrehung in die benachbarte Stellung II, so bleibt seine Achse zunächst im Raume parallel, relativ zur Erde tritt also das Gewicht aus der Lotlinie nach rechts heraus. Indem es in diese zurückzusinken sucht, zieht es B nach unten und stößt A nach oben. Es genügt, immer nur das Verhalten des Achsenendes B zu betrachten, das andere Ende A verhält sich stets entgegengesetzt. Die bei B ausgeübte Kraft K, um  $90^\circ$  im Sinne der Rotation gedreht, zeigt nach Norden. Nach dieser Richtung weicht also B aus.

Entsprechend der zunächst geringen Hebung von B, fängt das Ausweichen ganz langsam an. Während sich die Erde weiter dreht, nimmt die Hebung von B immer mehr zu und das Ausweichen wird schneller. Je mehr sich dabei die Kreiselachse der Meridianstellung nähert, desto langsamer geht die Hebung von B vor sich. Im Meridian hat die Erhebung



ihren Höchstwert erreicht und der Antrieb für das Ausweichen ist daher jetzt am größten. Das Achsenende B schwingt über Nord hinaus nach Westen. Sobald es aber westlich vom Meridian liegt, wird B durch die Erddrehung

gesenkt, erst langsam, dann mit Annäherung an die Ost—West-Lage immer stärker. Die Ausweichbewegung wird also immer mehr verlangsamt, bis sie in der Ost—West-Lage ganz aufhört. Dann senkt sich das Ende B unter die Horizontale, was die entgegengesetzte, also eine rückschwingende Bewegung der Kreiselachse zur Folge hat. Auf dem Rückwege wird die Meridianebene in einer untersten Lage des Achsenendes B erreicht, darauf kehrt die Achse nach Vollendung einer „ganzen Schwingung“ in die Ausgangslage zurück.

Der Punkt B beschreibt demnach im Raume eine ellipsenähnliche Figur, wie sie in Fig. 46 durch die äußere Kurve schematisch angedeutet ist. Dem Anfang der betrachteten Schwingung, d. h. der O=Lage von B entspricht der Punkt B<sub>1</sub>, der Meridianstellung der Achse auf dem Hin-gang der Punkt B<sub>2</sub>, der W=Lage von B der Punkt B<sub>3</sub>, während B<sub>4</sub> die Meridianstellung auf dem Rückgang bedeutet.

Solche Schwingungen der Kreiselachse würden sich, wenn gar keine Reibungskräfte vorhanden wären, fortgesetzt wiederholen.

c) Ist B in der Anfangsstellung nicht nach Ost, sondern etwa nach O N O gerichtet, so erfolgt eine ganz ähnliche Schwingung, nur bleibt



die höchste Erhebung und Senkung von B im Meridian hinter dem vorigen Wert zurück, es wird von B eine kleinere Ellipse beschrieben. Noch kleiner wird diese, wenn wir den Kreisel in der Anfangsstellung N O, N N O usw. angehen lassen, für die Anfangsstellung N endlich schrumpft die Ellipse zu einem Punkt zusammen (s. in Fig. 46 die kleineren Ellipsen und ihren Mittelpunkt M). Dieser Mittelpunkt der Ellipsenschar entspricht der Meridianruhestellung der Kreiselachse.

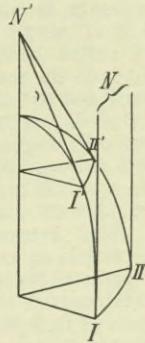
d) Das geschilderte Verhalten des Kreisels zeigt, daß die Kreiselachse das Bestreben hat, sich der Erdachse parallel zu stellen, und zwar wendet sich dabei das Ende B, d. h. dasjenige Ende, von dem aus gesehen der Kreisel im Gegenzeiger Sinn rotiert nach Norden. Da sich auch die Erde, vom Nordpol gesehen, im Gegenzeiger Sinn dreht, so kann man sagen, daß die Achse des Kreiselkompasses das Bestreben hat, sich „gleichsinnig parallel“ zur Erdachse einzustellen.

e) Es sei noch erwähnt, daß in der Fig. 46 die kleinen Achsen der Ellipsen übertrieben groß im Vergleich zu den großen Achsen gezeichnet sind, die Hebungen und Senkungen der Kreiselachse betragen bei den ausgeführten Kompassen nur Bruchteile eines Grades. Man hat mit dem Kreisel, parallel zur Kreiselachse, eine Libelle verbunden. Spielt diese ein, so muß sich B in irgendeinem Punkte der Linie  $B_1 B_2$  befinden, die Kreiselachse also entweder in der größten Ausweichung rechts oder links, oder in ihrer Meridianruhestellung sein. Spielt sie dauernd ein, so steht die Achse sicher im Meridian.

f) Das Verhalten des Kreiselkompasses in anderen Breiten ist nicht wesentlich verschieden von dem am Äquator. Die Ruhelage der Kreiselachse liegt überall in der Ebene des Erdmeridians, nur ist sie auf anderen Breiten als dem Äquator nicht mehr genau horizontal. Denn die Achse kann z. B. auf unserer Breite nur im Meridian bleiben, indem sie sich im Weltraume fortwährend entsprechend der Drehgeschwindigkeit des Meridians gegen den Uhrzeiger dreht, nämlich um den Winkel  $I'N''$  in der Fig. 47, während der Kreisel durch die Erddrehung von  $I'$  nach  $II''$  kommt. Zur Hervorbringung dieser Ausweichbewegung stellt sich das N-Ende der Kreiselachse automatisch auf N-Breite etwas über, auf S-Breite etwas unter der Horizontalen ein. Entsprechend müßte man den Stand der Kontrollilibelle berichtigen. Man kann auch die Kompensation durch ein kleines der Breite entsprechendes Gewicht am gehobenen Achsenende bewerkstelligen.

52. Der Einkreiselkompaß von Anschütz. a) Obwohl dieser Kompaß von späteren Konstruktionen überholt ist, soll er hier kurz beschrieben werden, weil dadurch das Verständnis des heute gebrauchten Dreikreisel-

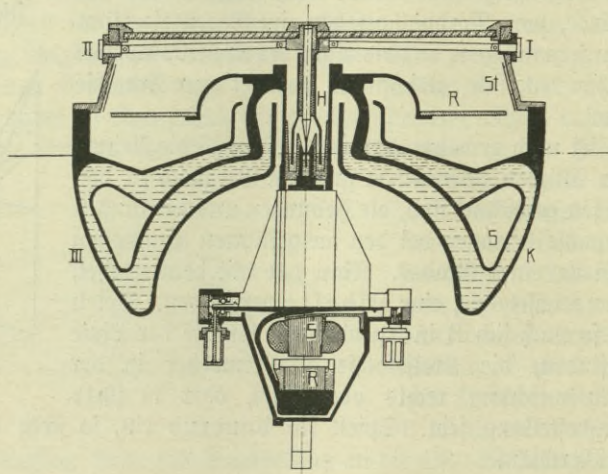
Fig. 47.





kompasses vorbereitet wird. In Fig. 48 ist der Einkreiselkompaß schematisch im Durchschnitt dargestellt, alle schwarz gezeichneten Teile sind aus Stahl hergestellt. Der kardanisch aufgehängte Kompaßkessel K hat die Gestalt einer kreisförmigen Rinne, die mit Quecksilber angefüllt ist. In ihm schwimmt ein lusterfüllter, ringförmiger Schwimmer S, der durch ein glockenförmiges Verbindungsstück mit der Rose R verbunden ist. St bedeutet den Steuerstrich. Mit dem glockenförmigen Verbindungsstück ist in der Rosenmitte ein herabhängendes Halsstück H verbunden, und dieses trägt unterhalb des Kompaßkessels den in eine Stahlblechkappe eingeschlossenen Kreisel.

Fig. 48.



Die Figur zeigt das Kreiselgehäuse mit dem Kreisel im unteren Teile im Durchschnitt. Die dünne Kreiselachse läuft in Stahlkugellagern. Der Kreisel macht im Betrieb 20000 Umdrehungen in der Minute.

b) Der Schwimmer, die Rose und die Kreiselkappe mit dem darin befindlichen Kreisel bilden zusammen einen Schwimmkörper; dieser wird durch eine vom Kompaßdeckel herabragende Finne zentriert. Der Schwerpunkt des Schwimmkörpers muß so tief gelegt werden, daß der Schwimmkörper (bei ruhendem Kreisel) stabil schwimmt, und zwar so, daß die Kreiselachse und die Rose horizontal sind. Je tiefer der Schwerpunkt gelegt ist, desto größer ist die Stabilität des Schwimmkörpers, d. h. das Bestreben, aus der gekippten Lage in die Gleichgewichtslage zurückzukehren. Nach der Größe der Schwerpunktsversenkung richtet sich in hohem Grade das Verhalten des Kreiselkompasses an Bord.

Der Kreisel am Schwimmkörper des Anschütz-Kompasses ist so aufgehängt, wie es von dem Kreisel der Fig. 45 vorausgesetzt war. In der



Tat ist die Achse in ihrer Ruhelage horizontal, sie hat das Bestreben horizontal zu bleiben, ferner kann der Kreisel im horizontalen Sinne ausweichen, indem er den Schwimmkörper mit der Rose um die Pinne dreht.

Die Nord-Südlinie der Rose ist parallel zur Kreiselachse angeordnet, und zwar befindet sich der Nordpunkt an der Seite, von der aus gesehen sich der Kreisel im Gegenzeigersinn dreht.

c) Der Kreisel erhält seinen Bewegungsantrieb durch Dreiphasenwechselstrom. Darunter versteht man bekanntlich drei periodisch rasch wechselnde elektrische Ströme, die in drei voneinander isolierten Drähten 1, 2, 3 fließen und die in ihrem Verlauf je um  $\frac{1}{3}$  Periode gegeneinander versetzt sind.

Wenn in einem Augenblick der Strom durch 1 zu-, durch 2 und 3 abfließt, so fließt er nach  $\frac{1}{6}$  Periode durch 1 und 2 zu, durch 3 allein ab, nach abermals  $\frac{1}{6}$  Periode durch 2 allein zu, durch 1 und 3 ab usw., so daß nach  $\frac{1}{6}$  Perioden der ursprüngliche Stromverlauf wieder eingetreten ist.

Leitet man die drei Einzelströme oder „Phasen“ des Drehstromes in geeigneter Weise durch die Drähte einer mit drei Windungen versehenen Spule, so ist diese Spule, der sogenannte „Stator“, von einem Magnetfeld umgeben, dessen Kraftlinien sich in der Periode der Drehströme herumdrehen, und das als Drehfeld bezeichnet wird. In jedem Leiter der Elektrizität, der als „Anker“ in das Drehfeld gebracht wird, induziert dieses bei seiner Drehung elektrische Ströme, die stets eine solche Richtung haben, daß sie den Leiter im Sinne der Drehung mitzudrehen streben. Auf diese Weise ist es möglich, einen Elektromotor ganz ohne Schleifringe und Bürsten herzustellen. Der Drehstrom für den Anschütz-Kreisel wird in einem Motorgenerator erzeugt, d. h. einem Elektromotor, der durch das Schiffsnetz mit Gleichstrom gespeist wird und der seinerseits eine Drehstromdynamo, den Generator, treibt. Die erste Phase wird dem Kreisel durch den Zentrierstift zugeführt, der zu diesem Zweck in Quecksilber taucht. Die zweite Phase wird durch eine den Zentrierstift umgebende Kontakthülse (s. Fig. 48) geleitet, während die dritte einfach an den Kompaßkessel geschlossen ist. Der Drehstrom hat 333 Perioden in der Sekunde und 120 Volt Spannung. Der Stator ist in Fig. 48 mit S bezeichnet. Der Anker ist in Gestalt eines Kupferringes (R = „Rotor“ in der Figur) in den glockenförmig gestalteten Kreiselkörper eingepreßt.

53. Richtmoment und Schwingungsdauer des Kreiselkompasses. a) Das Drehmoment, mit welchem die Rose eines Magnetkompasses zum magnetischen Meridian hinstrebt, wenn sie um einen Winkel  $\alpha$  daraus entfernt wurde, ist nach 8a durch den Ausdruck

$$D = H \cdot M \cdot \sin \alpha$$

gegeben. Es ist zunächst proportional dem Sinus des Ablenkungswinkels. Das Produkt  $H \cdot M$  wurde als Richtmoment bezeichnet. Der eine seiner Faktoren  $H$  ist von der Erde abhängig, er ist am größten am magnetischen Äquator und verschwindet an den magnetischen Polen; der andere Faktor drückt eine Eigentümlichkeit des Kompasses, nämlich das magnetische Moment seines Rosensystems, aus.

b) Ganz ähnliche Verhältnisse liegen beim Kreiselkompaß vor. Auch hier ist das Drehmoment, mit dem die abgelenkte Rose zum geographischen Meridian hinstrebt, durch einen Ausdruck von der Form

$$D = (H) \cdot (M) \cdot \sin \alpha$$

gegeben. Hierin ist

(H) = Winkelgeschwindigkeit der Erde  $\times \cos \varphi$

(M) = Winkelgeschwindigkeit des Kreisels  $\times$  Trägheitsmoment des Kreisels.



Das Drehmoment ist also auch hier proportional dem Sinus des Ablenkungswinkels. Das Produkt  $(H) \cdot (M)$  ist als das Richtmoment des Kreiselkompasses zu bezeichnen. Sein einer Faktor  $(H)$  ist von der Erde abhängig, er ist am größten am geographischen Äquator und verschwindet an den geographischen Polen der Erde. Der andere Faktor drückt eine Eigentümlichkeit des Kompasses aus. Um diesen Faktor groß zu machen, hat man einen Kreisel von großem Trägheitsmoment mit möglichst hoher Tourenzahl laufen zu lassen.

Das Richtmoment des Anschütz-Kreiselkompasses ist in unseren Breiten etwa 10 bis 12 mal so groß, als das eines guten Fluidkompasses.

c) Die Schwingungsdauer der Magnetrose sinkt mit wachsendem Wert des Richtmoments, sie wächst andererseits mit wachsendem Wert des Trägheitsmoments der Rose um ihre vertikale Drehachse (s. 9c). Ebenso ist es beim Kreiselkompaß. Wegen des großen Wertes des Richtmomentes könnte man beim Anschütz-Kreisel eine geringe Schwingungsdauer erwarten. Eine solche würde in der Tat vorhanden sein, wenn hier für die Schwingungsdauer lediglich dasjenige Trägheitsmoment des Schwimmkörpers um die vertikale Achse maßgebend wäre, das dieser bei ruhendem Kreisel hat. Das Trägheitsmoment des Schwimmkörpers mit dem rotierenden Kreisel ist jedoch wegen des Kreiselwiderstandes scheinbar vieltausendmal höher als es bei ruhendem Kreisel sein würde, so daß trotz des großen Richtmomentes die Schwingungsdauer recht groß wird. Man würde sie verkürzen können, indem man dem Schwimmkörper eine große Stabilität verleiht, d. h. indem man seinen Schwerpunkt recht tief legt.

Das hat sich jedoch aus einem anderen Grunde als durchaus unzulässig erwiesen. Je tiefer nämlich der Schwerpunkt gelegt ist, desto größer ist sein Bestreben, bei Beschleunigungen des Schiffes nach rückwärts, bei Verzögerungen nach vorwärts auszuweichen. Dieses Bestreben hat sogenannte ballistische Ausschläge des Kompasses zur Folge (s. 56). Mit Rücksicht auf diese ballistischen Ausschläge hat sich eine Schwingungsdauer von 80 Minuten als günstigste für den Kreiselkompaß herausgestellt, gegenüber einer solchen von 30 bis 40 Sekunden für den Magnetkompaß.

54. Dämpfung der Kreiselschwingungen. a) Bei einer so großen Schwingungsdauer ist eine kräftige Dämpfung der Schwingungen unerlässlich. Bei der äußerst langsamen Bewegung des Schwimmers im Quecksilber entwickelt sich nur eine ganz unmerkliche Reibung, so daß die Kreiselachse, wenn sie beim Anlassen des Kreisels nicht im Meridian gelegen, oder wenn sie sonstwie einen Ausschlag bekommen hätte, tagelang um die Meridianlage pendeln würde. In dieser ganzen Zeit würde man über die jeweils von der Rose angezeigte Richtung im Zweifel sein.

Es ist deshalb eine künstliche Dämpfung der Schwingungen durchaus nötig. Für den Kreiselkompaß sind im Laufe der Zeit verschiedene, immer



vollkommenere Dämpfungsvorrichtungen erfunden. Von ihnen soll hier nur die jetzt gebräuchliche ihrem Prinzip nach beschrieben werden, obwohl sie erst beim Dreikreiselkompaß zur Anwendung gebracht ist.

b) Der Einfachheit wegen soll dabei an das Beispiel in 51 b des Kreiselkompasses am Äquator mit zuerst horizontal O—W liegender Achse angeknüpft werden. Infolge der Erddrehung hebt sich das östliche Ende B der Kreiselachse etwas, schwingt nach Norden und erreicht schließlich den Meridian. Es schwingt über die Meridianstellung nur deshalb hinaus, weil es gehoben oder mit anderen Worten, weil der Schwerpunkt des schwimmenden Systems (nach dem N der Rose zu) aus der Vertikalen herausgedrängt ist. Diese Schwerpunktsverlegung treibt die Kreiselachse, wenn gar keine Dämpfungskräfte vorhanden sind, ebensoweit über den Meridian hinaus, wie sie zu Anfang diesseits stand. Eine Verringerung der Schwerpunktsverlegung würde demnach eine Dämpfung der Schwingungen bedeuten. Eine solche Verringerung kann man in folgender Weise erzielen:

c) Es seien mit dem Schwimmkörper zwei kleine Gefäße A und B fest verbunden, und zwar so, daß ihre Verbindungslinie der Kreiselachse parallel ist. Wir wollen uns A unter dem Südstrich, B unter dem Nordstrich der Rose befestigt denken. Die beiden Gefäße sollen an ihrem Boden durch eine Röhre verbunden sein. In dieser Röhre sei ein Hahn angebracht, durch den der Durchgang nach Belieben versperret werden kann. Das Verbindungsrohr und die Gefäße seien mit einer Flüssigkeit, etwa Wasser oder Öl, gefüllt, und zwar die Gefäße ungefähr bis zur Hälfte.

Mit dem so ausgerüsteten Kreisel werde nun wieder der obige Versuch gemacht, und zwar zunächst mit geschlossenem Verbindungsrohr. Da die Flüssigkeit sich nicht bewegen kann, so verhält sie sich nicht anders wie ein fester Bestandteil des Schwimmkörpers, zu einer Dämpfung gibt sie keine Veranlassung.

Ganz anders, wenn der Hahn im Verbindungsrohr etwas geöffnet wird! Die Flüssigkeit in B wird auch jetzt mit dem Achsenende B gehoben, indem sie dann aber langsam von der gehobenen nach der erniedrigten Seite abzufließen beginnt, verringert sie die Schwerpunktsverlegung. Der Antrieb zum Ausschwingen nach der anderen Seite wird damit verringert und die Schwingungsweite nach West kleiner, als die östliche war. Dasselbe wiederholt sich beim Rückgang uß. Die Schwingungen werden also in der That gedämpft.

Würde man den Hahn im Verbindungsrohr ganz öffnen, so würde die Vorrichtung wieder unwirksam sein, indem die Flüssigkeit in B überhaupt nicht mehr gehoben würde, sondern durch das geöffnete Rohr beim Heben der Achse sofort nach A hinüberträte.

Es wird demnach eine gewisse Stellung des Hahnes geben, bei der die Vorrichtung am wirksamsten ist. Diese Stellung ist dann erreicht, wenn

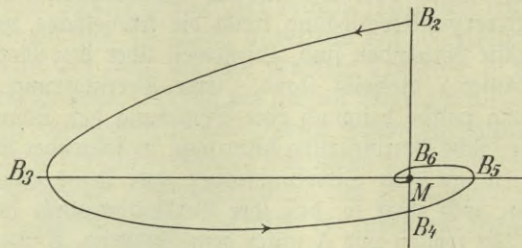


die Periode des Hinüberfließens der Flüssigkeit von der einen nach der anderen Seite übereinstimmt mit der Schwingungsdauer der Rose.

An der Wirkungsweise der Vorrichtung ändert sich nichts in anderen Breiten. An die Stelle der horizontalen Lage der Kreiselachse tritt lediglich die nach 51 f veränderte\*).

d) In 51 war gezeigt, wie bei nicht gedämpften Kreiselchwingungen das Achsenende B eine räumliche Ellipse beschreibt (s. Fig. 46). Bei gedämpften Schwingungen beschreibt B eine Linie, wie sie in Fig. 49

Fig. 49.



dargestellt ist, in der ebenso wie in Fig. 46 die Hebungen und Senkungen übertrieben groß im Vergleich zu den horizontalen Schwingungen gezeichnet sind. Nach drei bis vier immer kleiner werdenden einfachen Schwingungen hat die Achse die Meridianstellung erreicht. Wird der Kreiselkompaß also etwa vier Stunden vor dem Inseegehen angelassen, so ist man sicher, daß er rechtzeitig gebrauchsfähig ist.

### Zwölfter Abschnitt.

## Einfluß der Schiffsbewegungen auf die Weisung des Kreiselkompasses.

55. Der Fahrtfehler. a) Selbstverständlich wird der Kreiselkompaß von irgendwelchen magnetischen Kräften nicht beeinflusst. Dagegen machen sich die Bewegungen des Schiffes in gewissem Grade in seinen Weisungen bemerkbar, und zwar verursachen

1. die gleichförmige Fahrt des Schiffes eine kleine Ablenkung des Kreiselkompasses, die als der Fahrtfehler bezeichnet wird.

2. Geschwindigkeitsänderungen des Schiffes sogenannte ballistische Ausschläge der Kreiselachse aus der Gleichgewichtslage.

Der Fahrtfehler ist hier, der ballistische Ausschlag in 56 behandelt.

\*) Es ist ein Vorzug dieser Dämpfungsvorrichtung gegenüber früheren, daß die Dämpfung unabhängig von der Horizontallage der Kreiselachse ist.

b) Ein Schiff, das mit konstanter Geschwindigkeit nach Osten fährt, gehört gleichsam einer schneller rotierenden Erde an, der Kreiselkompaß zeigt deshalb auf diesem Kurs eine etwas erhöhte Richtkraft. Das Entgegengesetzte findet auf einem westlich fahrenden Schiff statt. Bei der Kleinheit der Fahrt des Schiffes gegenüber seiner Geschwindigkeit als Bestandteil der rotierenden Erde, sind diese Veränderungen der Richtkraft auf östlichen oder westlichen Kursen praktisch belanglos.

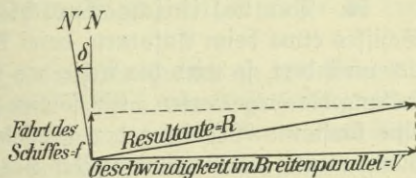
Auf nördlichen und südlichen Kursen entsteht dagegen durch die Fahrt des Schiffes eine Ablenkung des Kreiselkompasses, die sehr wohl beachtet und in Rechnung gezogen werden muß.

Die Geschwindigkeit des Schiffes als Bestandteil der rotierenden Erde liegt im Breitenparallel, sie werde mit  $V$  bezeichnet. Es ist, in Seemeilen und Stunden

$$V = \frac{21\,600 \cdot \cos \varphi}{24} = 900 \cdot \cos \varphi.$$

c) Wir betrachten zunächst die Fahrten im Meridian selbst. Fährt ein Schiff rechtweisend  $N$ , so setzt sich seine Fahrt  $f$  mit  $V$  nach dem Geschwindigkeitsparallelogramm zu einer Resultante  $R$  zusammen. Sie liegt, wie die Fig. 50 zeigt, im nordöstlichen Viertel. Der Kreiselkompaß stellt sich dann nicht nach dem senkrecht zu  $V$  gelegenen wirklichen Nordpol, sondern in einer zu  $R$  senkrechten Richtung ein, so daß er in diesem Falle dauernde westliche Ablenkung zeigt. Bei Fahrt nach Süd entsteht entsprechend eine östliche Ablenkung.

Fig. 50.



In niedriger Breite ist der Fahrtfehler klein, weil  $V$  groß ist; in höherer Breite wächst er an, weil  $V$  kleiner wird.

Nach der Figur kann man den Fahrtfehler für Fahrten im Meridian nach der Formel berechnen:

$$\text{tang } \delta = \frac{f}{V} = \frac{f}{900 \cdot \cos \varphi}.$$

d) Fährt das Schiff irgendeinen anderen Kurs  $K$  mit der Fahrt  $F$ , so hat man  $F$  in seine Komponenten längs des Meridians ( $F \cdot \cos K$ ) und längs des Breitenparallels ( $F \cdot \sin K$ ) zu berechnen. Es ist dann:

$$\text{tang } \delta = \frac{F \cdot \cos K}{V + F \cdot \sin K}.$$

Der im Nenner des Bruches neben  $V$  stehende Summand  $F \cdot \sin K$  trägt dem Rechnung, daß die Richtkraft auf östlichen Kursen etwas verstärkt,



auf westlichen geschwächt ist. Der Einfluß dieses Summanden auf  $\delta$  ist übrigens so gering, daß er praktisch nicht beachtet zu werden braucht.

Für den Gebrauch hat man den Fahrtfehler für die Breiten von  $10^\circ$  zu  $10^\circ$  in Tabellen zusammengestellt, von denen die folgende für die Breite von  $50^\circ$  als Beispiel angeführt sei.

K u r s				Schiffsgeschwindigkeit in Seemeilen						
(nördlich) $\delta$ negativ		(südlich) $\delta$ positiv		4	8	12	16	20	24	28
0	0	180	180	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8
15	345	165	195	0,4	0,8	1,1	1,5	1,8	2,2	2,6
30	330	150	210	0,3	0,7	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3
45	315	135	225	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0
60	300	120	240	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
75	285	105	255	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
90	270	90	270	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## Beispiele.

$$\begin{aligned} 1. \text{ Kurs } \text{Rp.} &= 315^\circ \\ \text{Fahrt } 20 \text{ kn } \delta &= -1,4 \\ \text{Kurs } \text{rw.} &= 313,6^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Kurs } \text{Rp.} &= 150^\circ \\ \text{Fahrt } 24 \text{ kn } \delta &= +2^\circ \\ \text{Kurs } \text{rw.} &= 152^\circ. \end{aligned}$$

56. Der ballistische Ausschlag. a) Wird die Geschwindigkeit des Schiffes etwa beim Anfahren, beim Abstoppen oder bei Kurswechsel plötzlich verändert, so wird die Achse des Kreiselkompasses aus ihrer Meridianstellung herausgeworfen. Ein solcher „ballistischer Ausschlag“ ist nicht etwa eine konstante Ablenkung der Kreiselachse wie der Fahrtfehler; die Achse sucht, wenn die Geschwindigkeit des Schiffes gleichförmig geworden ist, nach einigen Schwingungen wieder ihre Gleichgewichtslage, und zwar die durch den neuen Fahrtfehler gegebene Gleichgewichtslage auf.

b) Die Ursache des ballistischen Ausschlages sei an einem Beispiel erklärt. Ein auf Nordkurs stillliegendes Schiff nehme schnell eine Fahrt von 20 Knoten auf. Der Schwerpunkt des Schwimmkörpers, der ja absichtlich unter den Aufhängepunkt verlegt ist, hat das Bestreben, an seinem Platze zu verharren, d. h. nach Süden zurückzubleiben. Dadurch wird auf den Schwimmkörper eine Drehkraft ausgeübt, die das N-Ende B der Achse nach unten zieht. Da der Kreisel von N gesehen im Gegenzeigersinn rotiert, so zeigt diese Kraft K, um  $90^\circ$  in der Rotationsrichtung gedreht, nach W. Nach dieser Richtung also weicht die Kreiselachse aus. Das Ausweichbestreben dauert so lange, bis die Geschwindigkeit des Schiffes gleichförmig geworden ist. Bei Fahrtverminderung auf N-Kurs hat der Schwerpunkt das Bestreben, seine Geschwindigkeit beizubehalten, d. h. nach Norden voranzuschließen. Dadurch wird ein Ausschlag der Achse nach Osten veranlaßt. Entsprechend hat man auf S-Kurs bei Fahrtvermehrung einen Ausschlag nach Osten und bei Fahrtverminderung einen solchen nach Westen.



Auf O- und W-Kurs wird durch das Zurückbleiben oder Voraus-schießen des Schwerpunktes gegen den Aufhängepunkt nur eine Parallel-verschiebung der Kreiselachse, also kein Ausschlag bewirkt.

Für Zwischenkurse ist der ballistische Ausschlag proportional dem Kosinus des Kurswinkels.

c) Auch bei raschen Kursänderungen müssen ballistische Ausschläge stattfinden. Geht ein Schiff z. B. von N-Kurs unter Beibehaltung seiner Geschwindigkeit auf NO- oder NW-Kurs über, so bedeutet das eine Verminderung der N-Komponente der Geschwindigkeit, also einen ballistischen Ausschlag nach Osten.

d) Es ist erklärlich, daß der Antrieb und damit der Betrag des Ausschlags um so kleiner bleibt, je weniger der Schwerpunkt des Schwimkörpers unter seinem Aufhängepunkt versenkt ist. Je geringer die Schwerpunktsversenkung, desto größer ist aber die Schwingungsdauer des Kreiselkompasses. Die Rücksicht auf die ballistischen Ausschläge bei Geschwindigkeitsänderungen ist der Grund, weshalb man dem Kreiselkompaß die lange Schwingungsdauer von etwa 80 Minuten geben muß.

57. Fahrfehler in Verbindung mit ballistischem Ausschlag. a) Man hat die Tatsache, daß bei jeder Geschwindigkeitsänderung des Schiffes der Kreiselkompaß einen ballistischen Ausschlag erleidet, nützlich zu verwenden gewußt. Der Grundgedanke sei wieder an einem Beispiel erläutert.

b) Auf N-Kurs fahre ein Schiff (in unserer Breite) an und komme von der Ruhe etwa auf 20 Knoten Fahrt. Durch den Fahrfehler wird die Ruhelage der Kreiselachse um  $2^\circ$  nach Westen verlegt. Ohne den ballistischen Ausschlag würde der Kreiselkompaß sich langsam in Bewegung setzen von seiner alten Gleichgewichtslage im Meridian nach der neuen,  $N2^\circ W$ , er würde über diese hinaus-schwingen, zurückkehren und sich so allmählich in die neue Lage einstellen. Nach einigen Stunden würde er sie praktisch erreicht haben. In Wirklichkeit erfolgt nun aber beim Aufnehmen der Fahrt ein ballistischer Ausschlag, und zwar in diesem Falle nach Westen, ebenso wie der Fahrfehler. Ist der Kompaß nun durch geeignete Schwerpunktslage so eingerichtet, daß der ballistische Ausschlag dem Fahrfehler gleich ist, so wird der Kompaß in viel kürzerer Zeit zu der neuen Gleichgewichtslage gleichsam hingeworfen.

c) Wenn so die Anpassung des ballistischen Ausschlages an den Fahrfehler für den beschriebenen Fall erreicht ist, so gilt sie auch für alle anderen Kurse, da beide Fehler dem Kosinus des Kurswinkels proportional sind. Sie bleibt auch bei Breitenänderungen mit einer für die Praxis genügenden Genauigkeit in Kraft, obwohl der Fahrfehler mit der Breite etwas veränderlich ist, während die Größe des ballistischen Ausschlages auf allen Breiten die gleiche bleibt.



## Dreizehnter Abschnitt.

**Der Dreikreiselkompaß von Anschütz.**

58. Mängel des Einkreiselkompasses. a) Im Verlauf der Erprobungen des Einkreiselkompasses in der Kaiserlichen Marine traten mitunter Falschweisungen auf, die bis zu  $30^\circ$  gingen, insbesondere dann, wenn das Schiff auf einem Zwischenstrich fuhr und heftig schlingerte. Es wurde erkannt, daß der Grund dieses Versagens in der großen Verschiedenheit der Schwingungsdauern des Schwimmkörpers um den N—S- und den O—W-Durchmesser der Rose zu suchen sei.

b) Denselben Uebelstand hatte man schon 1840 an den mit einer Nadel versehenen Trockenrosen erkannt und durch Anbringung mehrerer Nadeln zu heben vermocht. Zur Erläuterung denken wir uns das Rosenblatt einer Trockenkompaßrose zunächst ohne Magnetnadel. In der Mitte des kreisförmigen Rosenblattes ist das Hütchen eingesetzt, und mit ihm ruht das Blatt auf der Pinne. Erfährt die Pinne eine Beschleunigung in irgendeiner horizontalen Richtung R, so bleibt der Schwerpunkt der Rose hiergegen zurück, und die Rose kippt um einen zu R senkrechten Durchmesser. Bei etwaigem Hin- und Herschwingen der Pinne schwingt die Rose um denselben Durchmesser und nur um diesen. Wird nun eine Einzelnadel unter der N—S-Linie des Rosenblattes befestigt, so sind die Bewegungsverhältnisse bei Schwingungen in der N—S- oder in der O—W-Richtung nicht wesentlich anders wie soeben, wieder pendelt die Rose um den zur Schwingungsrichtung senkrechten O—W- bzw. N—S-Durchmesser. Nur sind die beiden Schwingungsdauern nicht mehr untereinander gleich, die Schwingungen um den O—W-Durchmesser erfolgen langsamer, weil dabei der Magnet mit in Bewegung zu setzen ist, als die um den N—S-Durchmesser, die ja um den Magnet selbst erfolgen. Läßt man aber jetzt die Pinne in einer anderen Richtung, z. B. NO—SW schwingen, so erfolgt schon die erste Pendelschwingung der Rose nicht um den senkrechten, sondern um einen näher an der N—S-Linie, also näher der Nadel gelegenen Durchmesser. In der Folge gerät die Rose in wackelnde Bewegung und wird, was das wichtigste ist, im horizontalen Sinne abgelenkt. Diese Nachteile konnte man bei der magnetischen Rose leicht dadurch vermeiden, daß man statt einer Nadel deren zwei anbrachte und diese parallel zur N—S-Linie so weit nach außen schob, daß das Trägheitsmoment der Rose um den N—S-Durchmesser gleich dem um den O—W-Durchmesser wurde, was an der Gleichheit der Schwingungsdauern um diese beiden Durchmesser erkannt werden kann.

c) Die Verschiedenheit der Schwingungsdauer des Schwimmkörpers um den N—S- und um den O—W-Durchmesser der Rose ist beim Einkreiselkompaß ganz ungemein groß; um den N—S-Durchmesser schwingt der Kompaß mit einer Schwingungsdauer von nur wenigen Sekunden, weil hierbei die Kreiselachse nur eine Parallelverschiebung erleidet. Die Schwingungen um den O—W-Durchmesser dagegen nehmen wegen des großen Trägheitswiderstandes des Kreisels fast  $1\frac{1}{2}$  Stunden in Anspruch.

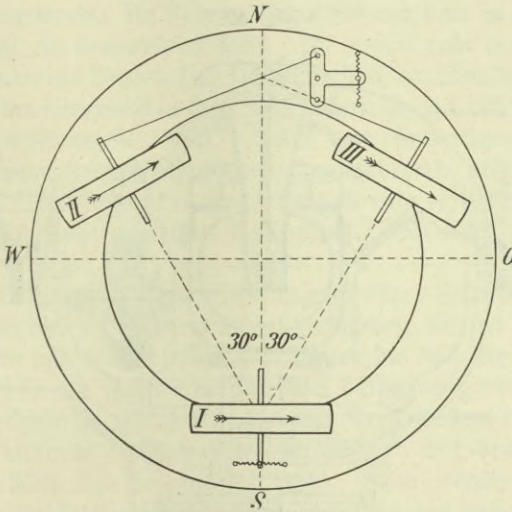
59. Hebung der Mängel durch Verwendung von drei Kreiseln. a) Zur Erhöhung der Schwingungsdauer um den N—S-Durchmesser sind unter der Rose der jetzt gebrauchten Kompaße drei Kreisel in der durch Fig. 51 erläuterten Weise angeordnet. Der eine Kreisel ist mit seiner Achse in der N—S-Linie selbst, und zwar auf ihrer südlichen



Hälfte angebracht. Die Mittelpunkte der beiden anderen liegen auf Geraden, die unter Winkeln von  $30^\circ$  zur Nord-Südlinie durch den Mittelpunkt des ersten Kreises gezogen sind. Diese Linien bezeichnen auch die Mittel-lagen der Achsen der Kreise II und III\*). Alle Kreise rotieren mit der gleichen Geschwindigkeit von etwa 20000 Umdrehungen in der Minute, und zwar alle drei von Norden gesehen im Gegenzeigerfönn.

b) Die Achsen der Kreise II und III sind durch einen dreiarmligen

Fig. 51.



Hebel und zwei Stangen miteinander so gefuppelt, daß sie stets gleiche Winkel mit der Nord-Südlinie bilden (s. Fig. 51)\*\*). Hierdurch ist erreicht, daß die Ruhelage der Rose stets der Meridian ist. Die Achsen der Kreise II und III werden durch zwei kleine Federn am dreiarmligen Hebel in ihrer Mittel-lage erhalten. Diese Federn erlauben den Achsen beim Kippen der Rose um die N—S-Linie ein gewisses Ausweichen\*\*\*). Wird die Rose

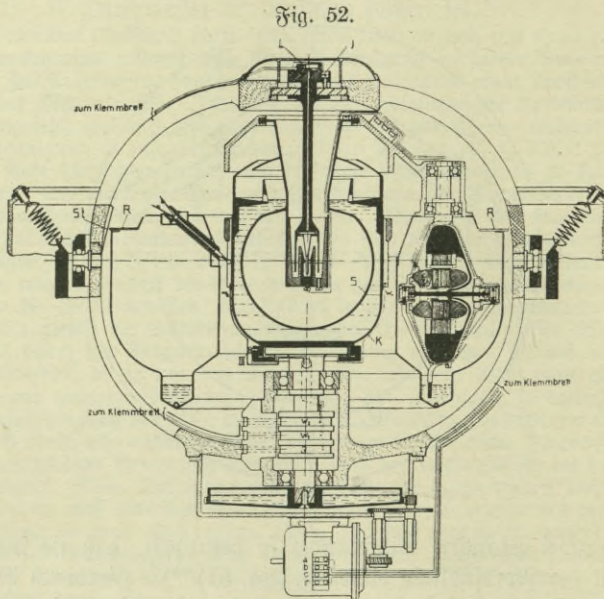
\*) Diese Achsen sind nicht der Nord-Südlinie parallel, weil sie dann beim Kippen der Rose um die Nord-Südlinie nur parallel mit sich verschoben würden, also zur Erhöhung der Schwingungsdauer nicht wesentlich beitragen.

\*\*\*) In Figur 51 sind die Kuppelungsstangen durch zwei ausgezogene Linien angegeben, die rechte würde in ihrer Verlängerung (punktirt) die linke gerade in einem Punkte der N—S-Linie treffen. Der Hebel ist um den Punkt drehbar, der mitten zwischen den Angriffspunkten der Stange liegt. Der dritte Arm des Hebels dient zur Befestigung der kleinen Federn, die den Hebel in seiner Mittelstellung halten.

\*\*\*\*) Bei fester Verbindung würden die Achsen beim Kippen um den Nord-Süd-Durchmesser nicht ausweichen können, es würde demnach auch kein Kreisellwiderstand entstehen.



um die N—S-Linie z. B. so gekippt, daß der Ostpunkt nach unten geht, so erfährt das N-Ende der Achse des Kreisels III einen Druck nach unten, der, um  $90^\circ$  in der Rotationsrichtung gedreht, einen Schub in der rechten Stange gibt, das N-Ende von II erfährt einen Druck nach oben, der, um  $90^\circ$  in der Rotationsrichtung gedreht, einen Schub in der linken Stange liefert. Indem die Achsen ausweichen entsteht der gewünschte Kreiselerwiderstand gegen das Rippen. Die entgegengesetzten Kräfte und Bewegungen erfolgen, wenn der W-Punkt der Rose nach unten geht.



Auf diese Weise wird die Schwingungsdauer der Rose um den N—S-Durchmesser auf fast eine Minute erhöht. Es hat sich gezeigt, daß diese Erhöhung genügt, da die genannte Schwingungsdauer schon wesentlich oberhalb der längsten Schlingerperiode des Schiffes (etwa  $35^{\text{sec}}$ ) liegt.

**60. Ausführungsform des Dreikreiselkompasses.** a) Der Dreikreiselkompaß wird stets in Verbindung mit einer Übertragungsanlage ausgeführt, die den vom „Mutterkompaß“ angezeigten Kurs auf beliebig viele „Tochterkompaße“ überträgt. Die ganze Anlage besteht, abgesehen von den nötigen Strom- und Spannungsmessern, Anlassern, Schaltern, Sicherungen, Widerständen, Leitungsfabeln usw. aus vier Hauptteilen:

1. dem Motorgenerator, der den Schiffsgleichstrom in Drehstrom von hoher Periodenzahl zum Betrieb der Kreisel umformt;



2. dem Dreikreiselmutterkompaß;
3. dem Wendemotorkasten mit dem Wendemotor und dem Gleichstromverteiler;
4. den Tochterkompassen, d. h. einer beliebigen Anzahl von Rosenblättern, die durch die Übertragungsvorrichtung entsprechend den Weisungen des Mutterkompasses eingestellt werden.

b) Der Mutterkompaß wird im Durchschnitt schematisch durch die Fig. 52 dargestellt. Er ist in einem mit geeigneter Ventilation versehenen Gehäuse untergebracht. In Federn, die rechts und links in der Figur sichtbar sind, hängt ein horizontaler Ring. In diesem ruht mit zwei Zapfen, die vor und hinter der Papierebene zu denken sind, der Ring der Kardanischen Aufhängung, der seinerseits in zwei Kugellagern (s. Fig. 52) den forbartigen Tragbügel des Kompasses trägt. Unter dem forbartigen Tragbügel ist ein kleiner Motor, der „Nachdrehmotor“, angebracht, dessen Zweck in 61 angegeben ist. Im Boden des Tragbügels ist eine vertikale Achse in einer Büchse mit Kugellagern drehbar angeordnet. Sie trägt den mit Quecksilber gefüllten Kessel K.

In dem Quecksilber schwimmt ein kugelförmiger Schwimmer S. Durch ein Halsstück ist dieser mit einem Bügel verbunden, der als „Dreiecksbügel“ bezeichnet wird und der an seinen drei Armen die drei Kreisel trägt. Von den Armen ist in der Figur einer mit dem daran hängenden Kreisel sichtbar. Die Verbindung zwischen Kreisel und Dreiecksbügel ist durch eine in Kugellagern laufende vertikale Achse hergestellt. Mit dem Dreiecksbügel ist auch die Rose RR verbunden. Unter ihrem ringsherum laufenden Rande ist ein ringförmiger Abschlußkessel befestigt, der unten in eine Rinne zur Aufnahme von Öl übergeht. Dieses Öl dient einerseits zur Schmierung der Kreiselachsen, zu welchem Zwecke Öldochte, wie in der Figur dargestellt, von den Achsen bis in die Rinne hinuntergeführt sind.

c) Andererseits stellt die ölgefüllte Rinne die Dämpfungsvorrichtung des Kompasses dar. Sie ist nämlich in Kammern abgeteilt, die durch Röhrchen in den Scheidewänden miteinander verbunden sind. Die Weite der Röhrchen ist so bemessen, daß das Hinüberfließen des Oles von der erhöhten Seite der geneigten Rinne zur erniedrigten die Zeit einer einfachen Schwingung beansprucht (s. 54).

Das Gestänge und die Federn zur Führung der Kreisel sind (in der Figur nicht sichtbar) auf den Kreiselkappen eben oberhalb der äußeren Kreiselachsen angebracht.

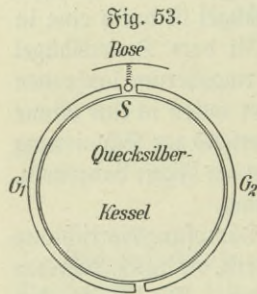
d) Der Schwimmer mit seinem Halsstück, der an diesem sitzende Dreiecksbügel mit den Kreiseln, der Rose und dem Abschlußkessel bilden zusammen das schwimmende System, während der Kardanring und der Tragbügel mit dem Quecksilberkessel und dem Nachdrehmotor als Kardansystem bezeichnet werden.



e) Auf der Rose des Mutterkompasses sind zwei Libellen, eine in der N—S-Richtung und eine in der O—W-Richtung, sowie ein in der N—S-Richtung verschiebbares Laufgewicht angebracht. Das Laufgewicht wird bei der Justierung des Instrumentes der Breite entsprechend so eingestellt, daß die N—S-Libelle bei laufendem Kreisel und ruhig im Meridian liegender Nord-südlinie einspielt (s. 51 e, f). In anderen Breiten wird die Libelle in der Meridianruhelage dann allerdings nicht genau einspielen. Ein Fehler in der Weisung des Kompasses entsteht dadurch jedoch nicht.

f) Die Stromzuführung zum schwimmenden System erfolgt in ähnlicher Weise, wie es beim Einkreiselkompaß beschrieben ist, durch die links oben mit der Bezeichnung „zum Klemmbrett“ angegebenen Drähte. Im Gehäuse des Kompasses sind zum Zwecke der Überwachung der Stromzuführung drei Amperemeter, eins für jede Phase des Drehstroms, angebracht. Sie lassen sich ebenso wie die Rose durch den Glasdeckel des Gehäuses ablesen. Dies muß während des Betriebes mindestens alle 20 Minuten geschehen. Eine Mißachtung dieser Vorschrift kann unter Umständen die dauernde Vernichtung der drei Kreisel zur Folge haben.

61. Die Übertragungsanlage. a) Der Kardanring und der Tragbügel bleiben stets in derselben Stellung zum Schiff. Dasselbe würde von dem Quecksilberkessel gelten, wenn er fest mit dem Tragbügel verbunden wäre. Nun ist aber eine Vorrichtung getroffen, die den Kessel bei der Drehung des Schiffes immer um denselben Betrag im entgegengesetzten Sinne dreht, so daß der Kessel immer dieselbe Stellung zur Rose behält. Diese Drehung des Kessels wird bewirkt durch den schon erwähnten Nachdrehmotor vermittels einer Zahnradübersetzung.



b) Die Betätigung des Motors geschieht in folgender Weise: Um den Quecksilberkessel sind isoliert von ihm und voneinander zwei Halbringe  $G_1$  und  $G_2$  (s. Fig. 53) gelegt, während am schwimmenden System, also in fester Verbindung mit der Rose, an einer kleinen Spiralfeder eine Platinkontaktperle befestigt ist. Es wird nun ein elektrischer Strom über die Perle zu dem von ihr gerade berührten Halbring  $G_1$  oder  $G_2$  geleitet. (Die Stromzuführung geschieht durch die links unten mit der Bezeichnung „zum Klemmbrett“ ange deuteten Drähte und die Schleifringe  $W_1, W_2, 3$  an der Achse des Kessels). Dieser Strom betätigt nun außerhalb des Kompasses einen „Wendemotor“, und zwar dreht sich dieser in dem einen oder im entgegengesetzten Sinne, je nachdem die Perle den Halbring  $G_1$  oder  $G_2$  berührt. Er steht still, wenn sich die Perle in dem Zwischenraum S zwischen  $G_1$



und  $G_2$  befindet, so daß der Strom unterbrochen ist. In Fig. 52 ist die Kontaktperle links mit ihrem Halter erkennbar.

c) Der Wendemotor dreht nun seinerseits einen Zylinder mit einer Schaltvorrichtung, den „Gleichstromverteiler“. Dieser schiebt (durch die rechts unten in Fig. 52 angegebenen Drähte) einen vom Schiffsnetz abgezweigten Gleichstrom durch den Nachdrehmotor. Je nachdem der Gleichstromverteiler rechts oder links herumgedreht wird, geschieht dies auch mit dem Nachdrehmotor, und die Einrichtung ist nun so getroffen, daß immer der Schütz S nach der Perle zu, also der Quecksilberkessel stets in dieselbe Stellung zur Rose, gedreht wird.

d) Mit dieser Einrichtung ist das Problem der Übertragung der Angaben des Kreisellkompasses an beliebige Stellen des Schiffes gelöst. Die Tochterkompassse sind Rosenblätter, die durch ebensolche Nachdrehmotoren stets um denselben Winkel gedreht werden wie der Quecksilberkessel, also auch um den entgegengesetzt gleichen Winkel, um den sich das Schiff gegen die im Meridian verharrende Mutterrose gedreht hat.

e) Mit der Tochterkompassrose hat man eine kleinere Rose durch Zahnradübertragung so verbunden, daß sie sich für  $10^\circ$  Kursänderung einmal ganz herumdreht. Diese sogenannte Minutenrose läßt jede kleine Kursabweichung sofort erkennen und ermöglicht daher durch rasches Stützen einen sehr geraden Kurs zu steuern.

Die Rosen bestehen aus Milchglas und können durch zwei Lampen von unten in verschiedenen Helligkeitsstufen erleuchtet werden.

**62. Besondere Ausführungsformen.** a) Gasgehäuse. Statt des gewöhnlichen Gehäuses mit Kühlöffnungen wird auf großen Schiffen ein luftdicht verschlossenes Gehäuse eingebaut, das mit leichtem, sauerstofffreiem Gas von etwas mehr als Atmosphärendruck gefüllt wird.

Hierdurch erzielt man folgende Vorteile: Die Oberflächenreibung der Kreisel ist bedeutend geringer, so daß die Kreisel mit 30000 Umdrehungen in der Minute laufen können. Dadurch wird die Richtkraft (s. 53 b) entsprechend erhöht. Wegen der Abwesenheit von Sauerstoff werden die Kontaktflächen an den Halbringen und der Perle vor dem Verbrennen bewahrt, ebenso wird eine Oxidierung des Quecksilbers im Kessel und in den Mittelkontakten verhindert. Der luftdichte Abschluß hält jede Verunreinigung vom Kompaß fern.

b) Signalanlage. Die Aufstellung des Mutterkompasses an einer geschützten Stelle im Schiffsinnern erfordert eine dauernde Wache zur Beobachtung der Amperemeter (s. 60 I). Da, wo es erwünscht ist, daß der wachhabende Offizier oder der Rudergänger ständig das ordnungsmäßige Arbeiten des Kompasses überwacht, wird eine Signalanlage vorgesehen. Diese besteht aus einem Signalgeber und dem Signallampentasten. An



dem Brennen bzw. Erlöschen von drei farbigen Lampen erkennt man, ob die Anlage ordnungsmäßig arbeitet oder ob z. B. der Drehstrom für die Kreisel, ob etwa der Gleichstrom für die ganze Anlage oder der für die Tochterkompaße ausgefallen ist, oder ob z. B. im Gasgehäuse ein zu geringer oder zu großer Gasdruck herrscht.

Weiteres über die Kreiselkompaßanlagen sowie Vorschriften über den Betrieb findet man in der zum Dienstgebrauch auf S. M. Schiffen zusammengestellten Druckschrift „Der Anschütz-Kreiselkompaß und seine Übertragung“ mit 26 Zeichnungen und Schaltskizzen.

## 5. Teil. Wetterkunde.

### Erster Abschnitt.

### Die Atmosphäre.

#### Einleitung.

1. Die Kenntnis der Meteorologie oder der Lehre vom Wetter ist für den Seemann in doppelter Hinsicht von Wichtigkeit: Sie lehrt ihn zunächst, die Wetterlage in der Umgebung des Schiffes oder der Küste zu beurteilen und unter Umständen Wetteränderungen und Winde, besonders Stürme, einige Zeit vorher zu erkennen, dann aber auch durch selbständige Beobachtungen Bausteine zu ihrem weiteren Ausbau zusammenzutragen und so wieder zu helfen, daß Beurteilung und Voraussage des Wetters an der Küste und auf See immer sicherer werden.

Die Erde wird von einer Lufthülle umgeben, die als *Atmosphäre* bezeichnet wird. Diese wird nach oben hin immer dünner und verliert sich allmählich im Weltraum; ihre äußeren Grenzen kennen wir wenigstens nicht. Für das Wetter kommen nur die unteren Schichten bis zur Höhe von rund 10 km in Betracht. Diese unteren Schichten sind ein Gasgemisch, in dem auf 100 Raumteile Luft 78 Teile Stickstoff, 21 Teile Sauerstoff und geringe Mengen anderer Gase (Argon, Kohlensäure, Wasserstoff u. a. m.) kommen. Außerdem ist immer noch Wasserdampf in ihnen enthalten.

Bei einer Höhe von etwa 10 km liegt eine scharfe Grenze. Bis zu dieser gibt es neben horizontalen Bewegungen der Luft auch starke vertikale Strömungen, die eine starke Durchmischung der oberen und unteren Luftteile verursachen und für das Wetter von größter Bedeutung sind. In den Höhen über 10 km hört eine solche Durchmischung durch vertikale Bewegungen auf.

Das Wetter hängt hauptsächlich von *Temperatur*, *Druck*, *Feuchtigkeit* und *Bewegung* der Luft ab.

#### Wärme und Temperatur der Luft.

2. Wenn wir ein Thermometer erst in ein Gefäß tauchen, in dem sich 1 kg Wasser befindet, und es so lange darin lassen, bis es seinen



Stand nicht mehr ändert, und gleich darauf in ein danebenstehendes Gefäß, das 1 kg Weingeist enthält, so wird das Thermometer wahrscheinlich jetzt denselben Stand zeigen, wie vorher im Wasser. Wir sagen dann: Das Wasser und der Weingeist haben dieselbe Temperatur. Nehmen wir einmal an, die Temperatur wäre  $15^{\circ}\text{C}$ . Setzen wir jetzt das Gefäß mit Wasser genau eine Minute lang auf eine Gasflamme und messen dann die Wassertemperatur noch einmal, so wird sie erheblich höher sein als vorher, z. B.  $25^{\circ}$ . Wir nehmen das Wassergefäß von der Flamme herunter und setzen statt dessen das Gefäß mit Weingeist wieder genau eine Minute lang auf die Flamme, so daß wir annehmen dürfen, daß wir dem Weingeist dieselbe Wärmemenge zugeführt haben, wie vorher dem Wasser. Wenn wir jetzt das Thermometer in den Weingeist hineintauchen, so werden wir nicht, wie bei dem erwärmten Wasser,  $25^{\circ}$  ablesen, sondern etwa  $32^{\circ}$ . Das Beispiel zeigt, daß die Temperaturen verschiedener Körper sich durch Zuführung gleicher Wärmemengen nicht gleichmäßig ändern, daß also die Temperatur eines Körpers, die wir auch als Wärmezustand bezeichnen können, etwas anderes ist als die in einem Körper enthaltene Wärmemenge.

Die Wärmemenge, die man einem Körper zuführt, ändert nicht nur dessen Temperatur, sondern sie dehnt ihn auch aus. Auf dieser Wirkung beruht die Einrichtung der Thermometer.

Am gebräuchlichsten sind die Flüssigkeitsthermometer und unter diesen wieder die Quecksilberthermometer. Diese sind folgendermaßen eingerichtet: Ein enges Glasrohr, das überall den gleichen Querschnitt hat, ist an einem Ende zu einer Kugel aufgeblasen, am anderen ist es zugeschmolzen. Dieses zugeschmolzene Ende wollen wir als oberes Ende bezeichnen. Die Kugel und der der Kugel benachbarte Teil der Röhre sind mit Quecksilber gefüllt, während der übrige Teil der Röhre luftleer ist. Die zusammenhängende Quecksilbermenge in dem engen Rohre bezeichnet man als Quecksilberfaden. Erwärmt man ein solches Thermometer, so dehnen sich Glashülle und Quecksilber aus, dieses aber erheblich stärker als jenes, und daher wird bei der Erwärmung Quecksilber aus der Glaskugel hinausgedrängt. Der Quecksilberfaden wird länger, das Quecksilber „steigt“.

Taucht man ein solches Quecksilberthermometer in schmelzendes Eis, so stellt sich das Ende des Quecksilberfadens auf eine bestimmte Stelle ein, die es bei jeder Wiederholung des Versuches wieder annimmt. Erwärmen wir es, so steigt der Quecksilberfaden, und tauchen wir es schließlich in die Dämpfe von siedendem Wasser, so erreicht das Ende des Quecksilberfadens eine bestimmte Stelle, die es bei



jeder Wiederholung des Versuches wieder einnimmt. Bei diesem letzten Versuch muß allerdings angenommen werden, daß auch der Luftdruck stets der gleiche ist. Bei geringerem Luftdruck siedet das Wasser schon bei niedrigerer Temperatur als bei höherem Druck. (Über den Luftdruck s. Nr. 3.) Durch solche Versuche erhält man zwei Festpunkte für Temperaturmessungen: den Schmelzpunkt des Eises und den Siedepunkt des Wassers bei einem Luftdruck von 760 mm. An den bei uns gebräuchlichen Celsiusthermometern wird der Schmelzpunkt mit  $0^{\circ}$ , der Siedepunkt mit  $100^{\circ}$  bezeichnet.

Der Raum zwischen beiden Festpunkten wird in 100 genau gleiche Teile geteilt und jeder Teilstrich von 0 bis 100 fortlaufend numeriert. Eine Teilstrecke, d. h. ein Zwischenraum zwischen zwei Teilstrichen, heißt ein Celsiusgrad oder ein Grad Celsius, geschrieben  $1^{\circ}\text{C}$ . Die gefundenen Teilstrecken werden in gleicher Größe vom Nullpunkt nach unten hin abgetragen und auch nach dieser Richtung hin fortlaufend numeriert. Sie geben die Temperaturen unter Null oder die negativen Temperaturgrade an, die von  $0^{\circ}$  nach unten als  $-1^{\circ}$ ,  $-2^{\circ}$ ,  $-3^{\circ}$  usw. gezählt werden. Diese ganze Einteilung des Thermometers nennt man die Thermometerskala. Bei Thermometern, die für genauere Messungen dienen sollen, wird der Grad noch in Fünftel, Zehntel oder Hundertstel eingeteilt.

Außer der Celsiuskala sind noch zwei andere im Gebrauch, die nach Réaumur (mit R bezeichnet), und die nach Fahrenheit (mit F bezeichnet). Réaumur hat beim Schmelzpunkt die Bezeichnung  $0^{\circ}$ , wie Celsius, aber beim Siedepunkt die Bezeichnung  $80^{\circ}$ . Es gehen also 80 Réaumurgrade auf 100 Celsiusgrade. Beim Fahrenheit-Thermometer liegt der Schmelzpunkt bei  $32^{\circ}$ , der Siedepunkt bei  $212^{\circ}$ , so daß zwischen beiden ein Zwischenraum von  $180^{\circ}$  liegt. Fahrenheit ist heute noch in Amerika und England in Gebrauch.

Um eine in Réaumurgraden ausgedrückte Temperatur in Celsiusgraden zu erhalten, hat man mit 100:80 oder mit 5:4 zu multiplizieren. Um eine in Fahrenheit ausgedrückte Temperatur in Celsius auszudrücken, hat man erst 32 zu subtrahieren und den Rest mit 100:180 oder 5:9 zu multiplizieren.

## Beispiele:

1. Wieviel Grad C sind  $+100^{\circ}\text{F}$ ? Antwort:  $(100 - 32) \cdot \frac{5}{9} = +37,8^{\circ}\text{C}$ .
2. Wieviel Grad C sind  $+17^{\circ}\text{F}$ ? Antwort:  $(17 - 32) \cdot \frac{5}{9} = -8,3^{\circ}\text{C}$ .
3. Wieviel Grad C sind  $23^{\circ}\text{R}$ ? Antwort:  $23 \cdot \frac{10}{8} = 28,75^{\circ}\text{C}$ .



Thermometer, die zum Messen der Lufttemperatur dienen sollen, müssen so aufgestellt werden, daß sie von den Strahlen der Sonne oder von den von warmen Gegenständen ausgehenden Wärmestrahlen nicht getroffen werden. Man hängt sie daher in Thermometerhütten oder Kästen auf, die an den Seiten mit Schlitzwänden geschlossen sind. Diese sollen vor Wärmestrahlen, Regen und Spritzwasser schützen, dem Wind aber freien Durchzug lassen. Eine solche Thermometerhütte soll mindestens 1 m über Deck stehen.

Nach dem bisher Gesagten dient das Thermometer zum Messen von Temperaturen. Vorher war an einem Beispiel gezeigt worden, daß gleiche Gewichtsmengen Wasser und Alkohol durch gleiche Wärmemengen ungleich erwärmt werden. Dieses Beispiel lehrt, daß das Thermometer als Maß für Wärmemengen nicht benutzt werden kann, und daß daher auch der Celsiusgrad, der das Einheitsmaß für die Temperatur darstellt, nicht auch das Einheitsmaß für Wärmemengen sein kann.

Als Maß für die Wärmemenge hat man die *Kalorie* eingeführt und festgesetzt, daß als eine Kalorie die Wärmemenge bezeichnet werden soll, die man aufwenden muß, um 1 kg Wasser von 0° auf 1° zu erwärmen. Will man 1 kg Quecksilber von 0° auf 1° erwärmen, so braucht man hierzu nur etwa den dreißigsten Teil einer Kalorie, genauer 0,033 Kalorien. Man sagt: Das Wasser hat die spezifische Wärme 1, das Quecksilber die spezifische Wärme 0,033. Hiernach ist die spezifische Wärme eines Körpers diejenige Wärmemenge, die nötig ist, um 1 kg des Körpers von 0° auf 1° zu erwärmen. Die spezifische Wärme des trockenen Erdbodens ist im Mittel etwa gleich 0,2 bis 0,3. Man kann also mit derselben Wärmemenge, die 1 kg Wasser um 1° erwärmt, 1 kg trockener Erde um 3° bis 5° erwärmen.

Die *Fortpflanzung der Wärme* aus einem wärmeren Körper in einen kühleren, z. B. die Wärmeabgabe von der Sonne an die Erde, von dieser an die atmosphärische Luft oder von einer wärmeren Luftschicht an eine kühlere, kann auf verschiedene Weise geschehen, durch *Konvektion*, *Wärmeleitung* und *Wärmestrahlung*.

Bei der *Konvektion* bewegt sich der Körper, der die Wärme trägt, selbst von einem Orte zum anderen. Die Fortpflanzung in flüssigen und gasförmigen Körpern geschieht vorwiegend durch Konvektion. So bringen uns die Ostwinde im Sommer durch Konvektion die Wärme aus den heißen Teilen Rußlands.

Bei der *Wärmeleitung* geht die Wärme von wärmeren zu kühleren Teilen des Körpers über, ohne daß sich die Körperteile selbst gegeneinander bewegen. Hält man z. B. einen Eisenstift mit



dem einen Ende in eine Flamme, so wird auch das andere Ende bald so heiß, daß man es nicht mehr anfassen kann. Das Wärmeleitungsvermögen des Wassers ist erheblich geringer als das der Erde, und noch geringer ist das der atmosphärischen Luft. Berühren sich zwei verschiedene Körper von verschiedenen Temperaturen, so gibt der wärmere ebenfalls durch Leitung Wärme an den kühleren ab.

Bei der *W ä r m e s t r a h l u n g* findet die Übertragung von einem zum anderen Körper durch den freien Raum hindurch statt, in ähnlicher Weise wie bei den Lichtstrahlen. Die Körper verhalten sich gegen sie je nach ihrer Durchlässigkeit für Strahlen, ihrer Farbe und ihrer Oberfläche sehr verschieden. Körper, die die Wärmestrahlen ungehindert hindurchlassen, werden von ihnen auch nicht erwärmt. Körper hingegen, die die Strahlen nicht hindurchlassen, sondern sie verschlucken oder „*a b s o r b i e r e n*“, werden hierdurch erwärmt, und zwar die dunklen und rauhen meist stärker als die glatten und hellen, bei denen ein größerer Teil der Strahlen gar nicht in den Körper eindringt, sondern an der Oberfläche zurückgeworfen wird.

Die Sonnenstrahlen, unsere wichtigste Wärmequelle, erwärmen den leeren Weltraum nicht. Wenn sie die oberen Schichten unserer Luftpille treffen, geben sie fast alle Bestandteile, die ihnen die Luft überhaupt entziehen kann, schon dort ab und erwärmen diese. Für den Rest der Strahlen ist die Luft sehr durchlässig. Er kann daher an die tieferen, für das Wetter allein in Betracht kommenden Luftschichten nur noch geringe Wärmemengen abgeben und trifft dann auf den Erdboden, der dadurch, daß er die Strahlen absorbiert, erwärmt wird.

Mit dem Boden in Berührung sind die unteren Luftschichten. An sie gibt der erwärmte Erdboden Wärme durch Leitung ab.

Je nach ihrer Beschaffenheit, ihrer Farbe und ihrer Oberfläche werden verschiedene Körper von denselben Strahlen verschieden erwärmt. So wird rauher und dunkler Erdboden im allgemeinen stärker erwärmt als glatter und heller, der einen Teil der Strahlen wieder zurückwirft, Thermometer mit geschwärzter Kugel stärker als solche mit blanker. Schon aus diesem Grunde geht es auch nicht an, von einer Temperatur „in der Sonne“ zu reden. Thermometer von verschiedenen Glasarten werden „in der Sonne“ verschiedene Temperaturen anzeigen, da sie sich nach ihrer Glasbeschaffenheit verschieden gegen die gleichen Strahlen verhalten.

Nicht alle Strahlen, die von der Luft nicht verschluckt werden, gelangen unmittelbar zum Erdboden. Ein Teil wird innerhalb der Luft von den kleinsten Luftteilchen und den meist in der Luft enthaltenen Staubkörnchen, oft auch von Wassertröpfchen und Eiskristallen, zurückgeworfen, abgelenkt oder gebrochen und erzeugt hierdurch das







strahlung überwiegt und den Boden erwärmt. Dann wächst die Temperatur bis zum Mittag, steigt auch nach Mittag noch etwas und erreicht im Januar etwa um 2 Uhr nachm., im Juli um 3 Uhr nachm. (Ortszeit) ihren größten Wert. Nachher sinkt die Temperatur wieder während des Nachmittags und Abends und die Nacht hindurch bis zum Sonnenaufgang, wo sie ihren niedrigsten Stand erreicht.

Diesem täglichen Gang der Temperatur entspricht für den größten Teil der Erde ein jährlicher. Mit der Tageslänge und der Mittagshöhe steigt auch die Wärmewirkung. Ähnlich wie bei dem täglichen Gang die höchste Temperatur nach Mittag eintritt, verspäten sich auch im jährlichen die höchsten und niedrigsten Temperaturen gegen den höchsten und niedrigsten Stand der Sonne. So ist es in der nördlichen gemäßigten Zone im Juli am wärmsten, im Januar am kältesten, in der südlichen umgekehrt.

Wäre die Erde völlig gleichmäßig mit Wasser umgeben, so würden Orte gleicher geographischer Breite auch annähernd gleiche Temperaturen haben. Wegen der geringeren Einwirkung der Sonnenstrahlen auf das Meer wird dieses aber am Tage und im Sommer weniger stark erwärmt als das Festland, kühlt dafür aber auch in der Nacht und im Winter weniger stark ab.

Bildet man aus den täglich zu verschiedenen Tageszeiten abgelesenen Lufttemperaturen Mittelwerte für die einzelnen Tage, Monate und Jahreszeiten, so findet man im allgemeinen zwar eine Abnahme dieser mittleren Temperaturen vom Äquator nach den Polen hin, aber nicht in gleichmäßiger Weise.

Um eine Übersicht über die Wärmeverteilung der Erde zu haben, hat man Landkarten hergestellt, auf denen die Orte gleicher mittlerer Temperatur durch Linien miteinander verbunden sind. Solche Linien nennt man *Isothermen*. Die Betrachtung solcher Isothermenkarten zeigt deutlich, daß die Temperaturen im Sommer über den Kontinenten höher, im Winter niedriger sind als über den Meeren auf gleichen Breiten.

Die Wärme des Erdbodens ist, wie schon gesagt, für die Temperaturverhältnisse der Atmosphäre von ausschlaggebender Bedeutung. Ist die Luft kühler als der Erdboden, so empfängt sie von ihm Wärme durch Leitung, nicht durch unmittelbare Sonnenstrahlung.

Durch Erwärmung dehnt sich die Luft, wie alle Körper, aus. Hierdurch wird sie leichter und steigt in die Höhe. Beim Aufsteigen dehnt sie sich weiter aus, da sie in größere Höhen und folglich unter geringeren Luftdruck kommt (vgl. Nr. 3). Alle Gase aber kühlen sich, wenn sie sich ohne Wärmezufuhr ausdehnen, ab, während sie sich



erwärmen, wenn sie zusammengedrückt werden. Die Erfahrung lehrt, daß trockene Luft sich beim Aufsteigen um je 100 m um  $1^{\circ}\text{C}$  abkühlt. Bei feuchter Luft ist die Abkühlung geringer. Die von oben herabsinkenden Luftschichten erwärmen sich in entsprechender Weise beim Herabsinken, da sie unten unter größeren Druck kommen.

### Der Luftdruck.

3. Die Luft übt, ähnlich wie eine Flüssigkeit, auf alle in ihr befindlichen Körper einen Druck aus. Dieser Druck ist ebenso groß wie der, dem sie selbst ausgesetzt ist. In der irdischen Atmosphäre steht jede Luftschicht unter einem Druck, der ebenso groß ist, wie das Gewicht der senkrecht darüber lagernden Luftschichten, und der Druck der Luft auf eine horizontale Fläche ist gerade so groß, wie das Gewicht der darüber lagernden Luftsäule.

Zum Messen des Luftdrucks dienen die verschiedenen Arten der *Barometer*, von denen das *Quecksilberbarometer* am genauesten ist. Zu seinem Verständnis dient folgender Versuch: Man fülle eine etwa 80 cm lange Glasröhre, die an einem Ende offen, am anderen geschlossen ist, mit Quecksilber. Dann verschließe man das offene Ende mit einem Finger, kehre das Rohr um und tauche es mit dem offenen, nur durch den Finger verschlossenen Ende in eine Schale mit Quecksilber. Nimmt man nun den Finger fort, so sinkt das Quecksilber etwas nach unten, aber nur bis zu einer gewissen Höhe. Eine Quecksilbersäule von ungefähr 76 cm bleibt in der Glasröhre stehen. Der Raum im Glasrohr über dem Quecksilber ist luftleer und wird die *Torricellische Leere* genannt (nach dem Physiker Torricelli, der zuerst diesen Versuch gemacht hat). Der Versuch ist folgendermaßen zu erklären: Die atmosphärische Luft drückt auf die freie Oberfläche des in der Schale befindlichen Quecksilbers und treibt das Quecksilber in der Röhre so weit hinauf, bis der Druck der Quecksilbersäule dem äußeren Luftdruck das Gleichgewicht hält. Wenn das Rohr einen lichten Querschnitt von 1 qcm besitzt, so hat die 76 cm hohe Quecksilbersäule einen Inhalt von 76 ccm. Da nun 1 ccm Quecksilber 13,6 g wiegt, so wiegt die ganze Säule  $76 \times 13,6 = 1033$  g. Der Druck der Luft auf ein Quadratcentimeter beträgt mithin 1,033 kg oder rund 1 kg, und diesen Druck bezeichnet man als den Druck einer Atmosphäre.

Die Höhe der Quecksilbersäule in der Torricellischen Röhre ist nicht immer genau gleich hoch. Hieraus muß man schließen, daß der Luftdruck auch nicht immer gleich groß ist. Um ihn jederzeit genau messen zu können, versieht man die Röhre mit einer *Skala*, d. h. einem *geteilten Maßstabe*, an dem man stets den Abstand der oberen



Quecksilberkuppe von der Oberfläche des Quecksilbers in der offenen Schale ablesen kann. Ein solches Instrument nennt man ein *Quecksilberbarometer*. Von dessen verschiedenen Formen kommt an Bord nur das *Marinebarometer* in Frage. Dieses besteht im wesentlichen aus einer Torricellischen Röhre, die mit ihrem unteren Ende in ein mit Quecksilber gefülltes Metallgefäß *a* (Figur 2) hineinragt. Dieses Gefäß ist auch oben geschlossen, damit bei Bewegungen und Transporten das Quecksilber nicht herausspritzen kann, hat aber in seinem Deckel eine feine Öffnung, durch die die atmosphärische Luft eintreten und auf die Quecksilberoberfläche drücken kann.

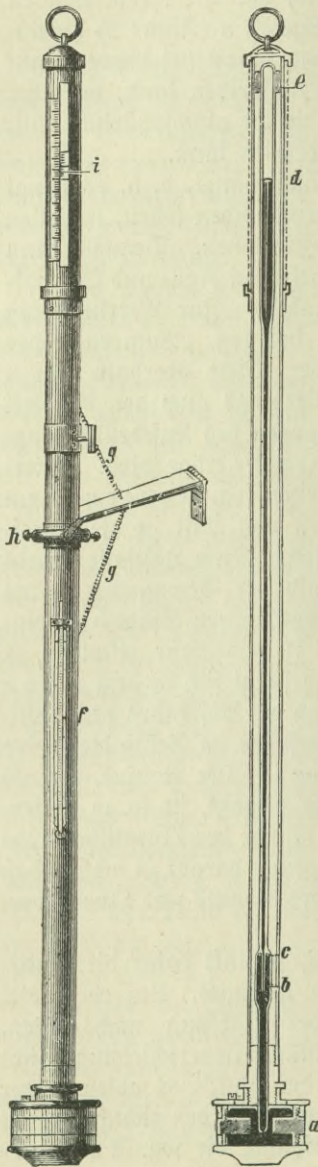
Das ganze Instrument ist kardantisch aufgehängt, d. h. es hängt in Kreuzringen *h*, die es dem Barometer ermöglichen sollen, bei allen Schiffsbewegungen eine senkrechte Lage einzunehmen. Dennoch kann man es nie ganz vermeiden, daß das Barometer bei Roll- und Stampfbewegungen des Schiffes hin und her pendelt. Zur Verringerung der hierdurch verursachten Schwankungen, des sog. „Bumpens“ des Quecksilbers, ist die Barometerröhre in der Mitte oberhalb von *c* stark verengt. Diese Verengung bringt allerdings auch den Nachteil mit sich, daß das Quecksilber den Schwankungen des Luftdrucks langsamer folgt oder, wie man sagt, daß das Barometer träge wird. Unterhalb der Verengung ist das Barometer mit einer sog. *Buntenschen Luftfalle* versehen, die das Eindringen von Luft in die Torricellische Leere über der Kuppe verhindern soll. Diese Luftfalle besteht aus einer Erweiterung der Röhre unterhalb der Verengung, in die der obere Teil der Röhre mit einer fein ausgezogenen Spitze *h* hineinragt. Sollte Luft aus dem unteren Gefäß in das Rohr gelangen, so steigt sie an der Glaswand in die Höhe und fängt sich in dem mit *c* bezeichneten Raume. Zur genaueren Ableseung des Abstandes der Quecksilberkuppe im Rohre von der Quecksilberoberfläche im Gefäß dient eine mit der Skala verbundene Noniuseinrichtung *i*. Der Nonius, der als verschiebbarer Zylinder die Barometerröhre umfaßt, ist so zu stellen, daß seine untere Nullkante mit dem oberen Rande der Quecksilberkuppe genau abschneidet. Beim Ablesen hat man genau darauf zu achten, daß das Auge, vordere und hintere Unterkante des Nonius und Quecksilberkuppe genau in einer Ebene liegen.

Wenn das Quecksilber im Rohre steigt, so sinkt dafür die Quecksilberoberfläche im unteren Gefäß um ein geringes. Um ebensoviel verschiebt sich dadurch der Nullpunkt der Zählung nach unten. Man würde also, wenn man diese Nullpunktverschiebung nicht berücksichtigte, einen zu kleinen Wert für den Luftdruck ablesen oder beim Fallen des Barometers einen zu großen. Um den richtigen Wert zu erhalten, müßte man noch eine Berichtigung, die sog. *Papazi-*



tätssberichtigung, anbringen. Dieser ist beim Marinebarometer schon dadurch Rechnung getragen, daß von dem Teilpunkt 760 mm an, der dem mittleren Barometerstande entspricht, die Ab-

Fig. 2.



stände von Strich zu Strich nach oben und unten hin um den Betrag der Kapazitätsberichtigung verkürzt sind. Fällt z. B. das Quecksilber im Gefäß um 1 mm, wenn es in der Röhre um 20 mm steigt, so ist der wirkliche Luftdruckunterschied 21 mm. In diesem Falle ist die Teilung der Skala so anzufertigen, daß auf den Raum von 20 mm nicht 20, sondern 21 Teilstriche kommen, und zwar von 760 an nach oben und unten hin. Ein solches Barometer wird als Barometer mit reduzierter Skala bezeichnet.

Wie alle Körper dehnt sich das Quecksilber durch Erwärmung aus. Will man also die Ablesungen verschiedener Barometer an verschiedenen Orten miteinander vergleichen, so müssen ihre Angaben auf die gleiche Temperatur bezieht werden. Gebräuchlich ist die Beschickung auf 0° C. Zu diesem Zweck muß man stets auch das am Barometer angebrachte Thermometer ablesen. Es empfiehlt sich, hierbei stets erst das Thermometer und dann das Barometer abzulesen, da die Körperwärme des Beobachters sich rascher dem Thermometer, als der größeren Quecksilbermasse des Barometers mitteilt.

Im Mittel hat die Temperaturberichtigung eines Quecksilberbarometers bei einer Temperatur von:

	-10°	-5°	0°	+5°	+10°	+15°	+20°	+25°	+30° C
den Betrag	+1,2	+0,6	0,0	-0,6	-1,2	-1,8	-2,4	-3,1	-3,7 mm

Außer der Temperaturberichtigung sind an den abgelesenen Barometerstand noch die Besichtigung auf den Meerespiegel und die Schwereberichtigung anzubringen.

Die Besichtigung auf den Meerespiegel ist beim Vergleich einer Barometerablesung mit anderen Barometerangaben nötig, weil der Luftdruck mit der Erhebung über den Meerespiegel abnimmt, und zwar um etwa 1 mm für je 11 m Erhebung.

Aber auch Ableesungen von Barometern, die in der Höhe des Meerespiegels aufgehängt sind, können ohne weiteres nicht miteinander verglichen werden, wenn ihre Aufhängungsorte auf verschiedenen Breiten liegen, weil die Erde an den Polen abgeplattet ist oder, anders ausgedrückt, weil die Pole dem Erdmittelpunkt näher sind als der Äquator, und weil die Zentrifugalkraft der Erdumdrehung, die an den Polen gar nicht vorhanden ist, am Äquator am stärksten wirkt. An den Polen ist daher die Schwere und also auch das Gewicht einer bestimmten Quecksilbermenge größer als am Äquator. Einem und demselben Luftdruck hält am Pol eine etwas niedrigere Quecksilbersäule das Gleichgewicht als am Äquator. Man ist übereingekommen, alle Barometerablesungen auf die Mittelschwere des 45. Breitenparallels zu besichtigen.

Tafel für die Besichtigung eines Normalbarometers auf Mittelschwere des 45. Breitenparallels (Normalschwere).

Geogr. Breite	Barometerstand						Geogr. Breite
	680	700	720	740	760	780	
0°	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	90°
15°	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	75°
30°	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	60°
45°	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45°

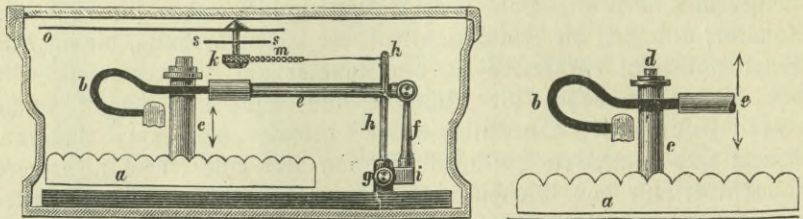
Zwischen 0° und 45° Breite werden diese Zahlen von dem auf 0° besichtigten Barometerstande abgezogen, zwischen 45° und 90° Breite dazu gezählt.

Außer dem Quecksilberbarometer benutzt man an Bord auch das *Kapsel-* oder *Aneroidbarometer*. Dieses hat die Form einer runden Dose, in deren Innern sich eine flache, fast luftleere Metallkapsel a mit wellenförmigem Deckel befindet. Der äußere Luftdruck sucht den elastischen gewellten Deckel einzudrücken. Dem wirkt aber eine Lamellenfeder b entgegen, die mittels des Metallzylinders c mit



dem welligen Deckel der Kapsel verbunden ist. Nimmt der Luftdruck zu, so werden *c* und *b* nach unten gezogen, weil der Deckel der Kapsel a stärker eingedrückt wird; nimmt er ab, so zieht die Spannung sie wieder nach oben. Diese Bewegungen werden auf den Zeiger *o* in folgender Weise übertragen: In der Verlängerung der Lamelle *b* befindet sich eine Stange *e*, die durch ein Kugelgelenk mit der Stange *f* zu einem Knie verbunden ist. Die Stange *f* wirkt auf eine Kurbel *i* und dreht mit dieser den Hebel *h* um die Achse *g*. Das eine Ende des Hebels *h* ist durch eine Kette *m* mit der Trommel *k* verbunden, so daß *h* auf *k* eine Zugwirkung ausüben kann. Die Spirale *s* wirkt der Zugwirkung entgegen und sucht die Trommel in der entgegengesetzten Richtung zu drehen wie *h* und *m*. Auf der Achse der Trommel sitzt der Zeiger *o*. Durch eine Schraube, deren Kopf durch eine Öffnung im Boden des Gehäuses sichtbar ist, kann die Stellung der Feder *b* ein wenig ver-

Fig. 3.



ändert und so der Gang des Barometers berichtigt werden, während eine Standverbesserung durch Verschieben der Skala erreicht wird.

Die Angaben eines Aneroids geben den wirklichen Luftdruck niemals ganz genau an und müssen, da die an sie anzubringenden Berichtigungen sich ständig ändern, häufig mit denen eines Quecksilberbarometers verglichen werden. Den Schwankungen des Luftdrucks folgt das Aneroid aber rascher als das trägere Quecksilberbarometer. Störungen im Gleichgewicht der Luft zeigt es daher schneller an als dieses.

Der Barograph (Schreibbarometer) ist im wesentlichen ein Aneroidbarometer, bei dem jedoch mehrere Kapseln von der Art der Kapsel *a* aufeinandergesetzt sind, deren Wirkungen sich summieren. Die Schwankungen des gewellten Deckels der oberen Kapsel werden auf einen Zeiger übertragen, dessen äußerstes Ende zu einer Schreibfeder umgewandelt ist. Diese Feder berührt eine mit einem eingeteilten Papierstreifen umhüllte Trommel, die sich in einer Woche oder in 24 Stunden einmal herumdreht, und zeichnet auf dem Papierstreifen den Verlauf des Barometerstandes in Gestalt einer Kurve, so daß man jederzeit die Veränderungen des Barometerstandes auf einen



Blick übersehen kann. Die aufgezeichnete Kurve bezeichnet man als *Barogramm*.

Die Verteilung des Luftdrucks auf der Erde steht in innigem Zusammenhange mit der Wärmeverteilung. Weil kalte Luft schwerer ist als warme, ist im allgemeinen der Luftdruck über kälteren Gebieten höher als über wärmeren. So liegt in der Nähe des Äquators das ganze Jahr hindurch ein Gebiet niederen Luftdrucks. Es fällt nicht ganz mit dem Äquator zusammen, sondern liegt nördlich von ihm, da in Folge des Überwiegens der großen als Wärmespeicher wirkenden Kontinente auf der Nordhälfte der Erde die mittlere Jahrestemperatur etwa auf  $10^\circ$  Nordbreite ihren größten Wert hat. Von hier aus nimmt der Luftdruck nach Norden und Süden zu, bis er in etwa  $30^\circ$  bis  $40^\circ$  Breite seinen höchsten Wert erreicht. Der geringere Luftdruck in höheren Breiten hat andere Ursachen, die später zu erläutern sind.

An ein und demselben Orte ist der Luftdruck nicht immer gleich groß. Er zeigt vielmehr zwei Arten von regelmäßigen Schwankungen, nämlich solche, die sich täglich wiederholen, und solche, die sich im Verlaufe des Jahres zeigen, ferner unregelmäßige, die unabhängig von Stunde und Jahreszeit sind.

Die täglichen Schwankungen sind in den Tropen, und hier wieder in der Nähe des Äquators, besonders stark ausgeprägt. Hier zeigt sich um  $4^h$  Vm. und Nm. ein geringster und um  $10^h$  Vm. und Nm. ein höchster Wert des Luftdrucks. Der Unterschied zwischen beiden beträgt hier 2 bis 3 mm. Die Linie, die ein Schreibbarometer auf niedrigen Breiten während eines Tages aufzeichnet, ist eine regelmäßige Welle mit zwei Bergen um  $10^h$  Vm. und Nm. und zwei Tälern um  $4^h$  Vm. und Nm. Dieser wellenförmige Verlauf läßt sich auch noch in höheren Breiten feststellen, ist jedoch hier nur an schönen, ruhigen Sommertagen deutlich wahrnehmbar; zu anderen Zeiten wird er durch andere unregelmäßige Luftdruckschwankungen so überdeckt, daß er nur noch in den Stundenmitteln ganzer Monate zum Vorschein kommt.

Die jährlichen Schwankungen des Luftdrucks sind am Äquator am geringsten, in unseren Breiten am stärksten ausgeprägt. Hier pflegt sich im Sommer über den großen Kontinenten, deren Landmassen stark erwärmt werden, niedriger, über den kühleren Meeren hoher Luftdruck auszubilden. Im Winter ist das Meer wärmer und die Kontinente kälter; daher herrscht dann über diesen hoher, über den Meeren niedriger Luftdruck.

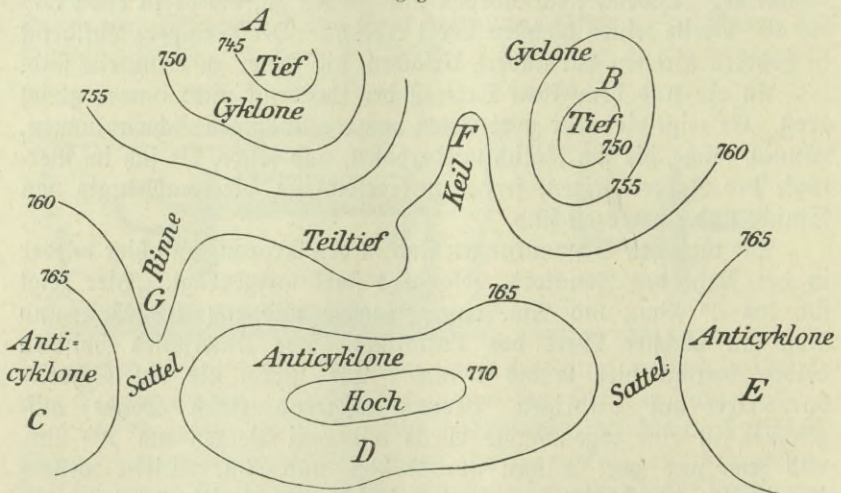
Außer diesen regelmäßigen Schwankungen beobachtet man unregelmäßige, die an keine Stunde oder Jahreszeit gebunden sind. Sie sind in der Nähe des Äquators im allgemeinen am schwächsten, erreichen



erst an den Wendekreisen beträchtliche Werte und treten in der Nähe der Polarkreise am stärksten auf.

Ein anschauliches Bild von der Luftdruckverteilung auf der Erde erhält man, wenn man alle Orte, an denen der gleiche Luftdruck herrscht, durch Linien miteinander verbindet. Solche Linien nennt man *Isobaren*. Fig. 4 zeigt eine solche Isobarenkarte mit den für sie besonders bemerkenswerten Gebilden. Bei A und B liegt je ein Gebiet niedrigen Luftdrucks, das man als ein *barometrisches Minimum* oder als ein *Tief* bezeichnet, während ein Gebiet hohen Luftdrucks (C, D und E) als ein *barometrisches*

Fig. 4.



Maximum oder ein Hoch bezeichnet wird. Die weiteren Bezeichnungen Cyclone und Anticyklone werden später bei der Besprechung der Luftbewegungen erklärt werden. — Die Tiefs und Hochs besitzen oft eiförmige Gestalt, oft aber auch senden sie sehr unregelmäßig geformte Ausläufer aus, die, wenn sie vom Hoch ausgehen, als *Keil* (F), wenn sie vom Tief ausgehen, als *Teiltief* oder *Randtief*, oder, wenn sie sich zwischen zwei Hochs hinein erstrecken, als *Rinne* (G) bezeichnet werden. Sind zwei Hochs durch eine flache Einsenkung voneinander getrennt, so spricht man von einem *Sattel*.

### Die Luftfeuchtigkeit.

4. Nicht minder wichtig als Temperatur und Luftdruck ist für das Wetter die Feuchtigkeit der Luft oder ihr Gehalt an Wasserdampf. Von ihr hängen nicht allein Bewölkung und Niederschläge ab, sondern

auch die Luftdruckverteilung wird, wenn auch in geringem Maße, von ihr beeinflusst, da die Luft um so leichter ist, je mehr Wasserdampf sie enthält.

In der Wetterkunde versteht man unter Wasserdampf nicht die feinen Wassertropfchen, wie wir sie dem Dampfrohr einer Maschine entströmen sehen, auch nicht die in der Luft schwebenden Wolken und Nebelgebilde, die aus kleinen Wassertropfen bestehen. Der Wasserdampf, der in der Luft enthalten ist, ist gasförmiges Wasser, das unsichtbar und durchsichtig ist wie die Luft.

Die Verdunstung des Wassers, d. h. seine Verwandlung in unsichtbaren Wasserdampf, findet bei jeder Temperatur statt, falls nicht die über dem Wasser befindliche Luftschicht schon so viel Wasserdampf enthält, wie sie überhaupt aufnehmen kann. Zum Verdunsten wird immer Wärme aufgewandt, die der Umgebung entzogen wird. Diese wird hierdurch kühler.

Die Wasserdampfmenge, die in der Luft enthalten sein kann, hängt von der Temperatur und dem Luftdruck ab. Bei einem Luftdruck von 760 mm und einer Temperatur von  $+15^{\circ}\text{C}$  vermag ein Kubikmeter Luft höchstens 12,8 g in sich aufzunehmen, bei  $+10^{\circ}\text{C}$  aber nur noch 9,4 g. Luft, die genau soviel Wasserdampf enthält, wie sie bei der herrschenden Temperatur gerade aufzunehmen vermag, heißt gesättigt. Kühlt man gesättigte Luft von beispielsweise  $+15^{\circ}\text{C}$  auf  $+10^{\circ}\text{C}$  ab, so muß sie 3,4 g Wasserdampf ausscheiden. Dieser überschüssige Wasserdampf schlägt sich in Form von Tröpfchen am Boden oder an festen Gegenständen oder als Nebel nieder.

Die folgende Tabelle gibt den Maximalgehalt an Wasserdampf in Gramm an, die ein Kubikmeter Luft bei einem Luftdruck von 760 mm enthalten kann.

Temperatur . . .	$-20^{\circ}$	$-15^{\circ}$	$-10^{\circ}$	$-5^{\circ}$	$0^{\circ}$	$+5^{\circ}$	$+10^{\circ}$	$+15^{\circ}$	$+20^{\circ}$	$+25^{\circ}$
Höchster Wasser- Dampfgehalt . .	1,1	1,6	2,4	3,4	4,9	6,8	9,4	12,8	17,3	23,1 g

Die Temperatur, bei welcher Luft von irgend einem Feuchtigkeitsgehalt gesättigt sein würde, nennt man den Taupunkt der Luft. Ist z. B. in einem Kubikmeter Luft 9,4 g Wasserdampf enthalten, so liegt der Taupunkt bei  $+10^{\circ}\text{C}$ .

Unter absoluter Feuchtigkeit versteht man die Anzahl Gramm, die in einem Kubikmeter Luft enthalten sind. Das Verhältnis der tatsächlich in 1 cbm Luft enthaltenen Gramm Wasserdampf zu dem bei der jeweiligen Temperatur möglichen Maximalgehalt, ausgedrückt in Prozenten, heißt relative Feuchtigkeit. Wenn z. B. in einem Kubikmeter Luft von  $+5^{\circ}\text{C}$  nur 5,2 g Wasserdampf enthalten sind, während nach der Tabelle höchstens 6,8 g darin sein



können, so ist die absolute Feuchtigkeit gleich 5,2 und die relative gleich  $5,2 : 6,8$  oder 76 %.

Man bestimmt die Luftfeuchtigkeit meist mittels des Psychrometers, das aus zwei Thermometern besteht. Über die Kugel des einen ist eine dünne Muffelhülle glatt herübergezogen. Feuchtet man diese mit reinem Wasser an, so kühlt sie sich infolge der Verdunstung des Wassers ab. Je trockener die Luft ist, um so stärker ist die Verdunstung und also auch die Abkühlung. Aus dem Unterschiede zwischen dem trockenen und dem feuchten Thermometer läßt sich der Wasserdampfgehalt der Luft berechnen oder aus den Psychrometertafeln entnehmen. An Bord ist die Benutzung des Psychrometers mit Schwierigkeiten verknüpft, weil es schwer ist, es von Salzwasserstaub ganz freizuhalten, der seine Angaben fälschen würde.

### Zweiter Abschnitt.

## Niederschläge, Nebel und Wolken.

5. Wird Luft unter ihren Taupunkt abgekühlt, so kann sie die in ihr enthaltene Feuchtigkeit nicht mehr in Form von unsichtbarem Wasserdampf festhalten. Der überschüssige Teil wird in Gestalt von Wassertropfen oder von Eisknadeln ausgeschieden. Man spricht dann von einer *Kondensation* des Wasserdampfes, die als Tau, Reif, Nebel, Wolken, Regen, Schnee, Graupeln oder Hagel sichtbar wird.

Zwischen Nebel und Wolken ist kein wesentlicher Unterschied. Die Entstehungsursache ist aber bei beiden merklich verschieden. Nebel entsteht vorwiegend bei ruhender oder horizontal bewegter Luft und zwar entweder durch Abkühlung der Luft am kühleren Erdboden oder durch Vermischung verschieden warmer feuchter Luftschichten, oder schließlich dadurch, daß kühle Luft über die Oberfläche wärmerer Gewässer oder wasserreichen Bodens hinwegstreicht. Im ersten Falle schlägt sich die Feuchtigkeit der Luft zunächst als Tau oder Reif nieder. Bei weiterer Abkühlung der unteren Luft bildet sich Bodennebel, der sich allmählich in immer höhere Schichten erstreckt, wenn die Abkühlung der Luft von unten her nach oben weiter fortschreitet.

Die Bedingung für Nebelbildung ist ferner gegeben, wenn feuchte warme Luft in der Nähe der Erde über kältere Luft hinstreicht, oder wenn an der Küste Wasser und Land große Temperaturunterschiede zeigen. Dem Gegensatz von kaltem Wasser und warmer Küste verdanken z. B. die regelmäßig auftretenden Nebel an den Küsten des nordwestlichen und südwestlichen Afrika, von Marokko, Loanda, Kap Guardafui, Peru, Kalifornien u. a. ihre Entstehung. (Nicht zu verwechseln hiermit sind die Staubnebel verschiedener Küsten, z. B. in



der Gegend der Kap Verdischen Inseln; diese bestehen aus Staubmassen, die durch ablandige Winde vom Lande her seewärts getragen werden.) Auf den Temperaturunterschied zwischen kaltem Wasser und warmer Luft sind in erster Linie die Nebel in der Umgebung der Neufundlandbank zurückzuführen. Der Mittelpunkt dieser für die Schifffahrt so gefährlichen Nebel liegt dort, wo der kalte Labradorstrom an der Bank entlang fließt und in nächste Berührung mit dem auf tiefem Wasser sich haltenden warmen Golfstrom kommt. Die Hauptnebel treten hier im Sommer auf, wenn die dann vorwiegenden SW-Winde ihre große Feuchtigkeit über dem kalten Wasser kondensieren. Im Winter kommt es hier seltener zu einer Nebelbildung, da dann die vom Lande her kommenden kalten trocknen NW-Winde vorherrschen.

Wird kalte Luft über warme Wasserflächen hinweggetrieben, so entsteht ebenfalls Nebel. Denn der Dampf, den die Wasserfläche verdunstet, und der bei warmer Luft unsichtbar bleiben würde, kann von der kalten Luft nicht aufgenommen werden und wird als Nebel sichtbar.

Untersuchungen über die Nebel Nordwesteuropas zeigen, wie scharf die jährliche Verteilung der Nebel an Land und Wasser gebunden ist. Für Nordwesteuropa gilt der Satz, daß an freien, dem Meere ausgesetzten Küstenpunkten Frühling und Sommer, im Binnenlande und an allen tief ins Land einschneidenden Gewässern Herbst und Winter die nebelreichen Jahreszeiten sind.

Die Hauptursache für die Ausscheidung von Wasser in größerem Maßstabe ist die Ausdehnung und die damit verbundene Abkühlung, die die Luft durch das Emporsteigen in größere Höhen erfährt. Ein solches Emporsteigen kann dadurch verursacht werden, daß die untere Luft durch Berührung mit erwärmtem Erdboden wärmer und dadurch leichter wird. Beim Emporsteigen dehnt sie sich aus und kühlt sich ab. Ist der Sättigungspunkt erreicht, so schlägt sich bei weiterem Steigen und weiterer Abkühlung der Dampf in Form von Wassertröpfchen nieder, deren Gesamtheit uns als Wolke erscheint. Sie ziehen mit dem Winde und fallen allmählich herunter. Dieses Fallen geschieht um so langsamer, je kleiner sie sind. Kommen die Tröpfchen in tiefere Schichten, deren relative Feuchtigkeit gering ist, so verdunsten sie allmählich wieder. Eine Wolke ist also nichts Dauerndes, sondern bildet sich beständig aus immer neuen Wassertröpfchen wieder, die am unteren Rande der Wolke wieder vergehen.

Die so entstehenden Wolken zeigen oben runde Kuppen, unten häufig eine fast ebene Begrenzung. Sie werden als *Cumulus*- oder *Hausenwolken* (abgekürzt *cu*) bezeichnet.

Gelangen die Tropfen bis zur Erde, so entsteht Regen oder,



wenn der Taupunkt unter Null liegt, Schnee. Eine Wolke, aus der Regen oder Schnee fällt, heißt *Nimbus* (ni) oder *Regenwolke*. Sie besteht meist aus einer dichten Schicht dunkler, formloser Wolken mit zerfetzten Rändern. Außer in Form von Regen oder Schnee zeigen sich die Niederschläge oft auch als *Graupeln* oder *Hagel*. Die Graupeln sind rundliche oder kegelförmige, etwa erbsengroße, schneeballartige Gebilde, während der Hagel aus Eistüchchen von unregelmäßiger Form besteht. Die Hagelkörner haben meist einen trüben Kern, der von mehreren abwechselnd hellen oder trüben Eisschichten umschlossen ist.

Außer *Cumulus* und *Nimbus* unterscheiden wir als Hauptwolkenformen noch *Stratus* (str.) oder *Schichtwolke* und *Cirrus* (ci) oder *Federwolke*.

Der *Stratus* ist eine gleichmäßige Wolkenschicht, die vermutlich dann entsteht, wenn zwei ausgedehnte Luftschichten von verschiedener Temperatur übereinander liegen. Dann kondensiert sich der Wasserdampf der wärmeren zum Teil durch Berührung mit der kühleren und bildet die dünne Schichtwolke.

Der *Cirrus* erscheint als zartes Gebilde von faserigem Gewebe oder in Form von Federn. Oft ist er in Streifen angeordnet, die einen Teil des Himmels überziehen und nach einem oder zwei einander gegenüberliegenden Punkten des Himmels zusammenzulaufen scheinen. Er besteht aus feinen Eiszadeln und schwebt in großen Höhen (7 bis 13 km).

Zwischen diesen Hauptformen gibt es eine Reihe von Zwischenformen, deren wichtigste die folgenden sind: *Cumulonimbus* (cu-ni) oder *Gewitter-* und *Plagregenwolke*, ferner *Stratocumulus* (str.-cu), die bei uns im Winter häufigste Form, die oft den ganzen Himmel als graue Masse überzieht oder als eine Reihe dicht aneinandergereihter dunkler Wülste erscheint, dann noch *Alto cumulus* (a.-cu) oder *grobe Schäfchenwolke*, *Cirrocumulus* (ci-cu) oder *Schäfchenwolke* und *Cirrostratus* (ci-str.) oder *Schleierwolke*, die als feiner weißer Schleier, oft von filzigem Gewebe, den Himmel überzieht.

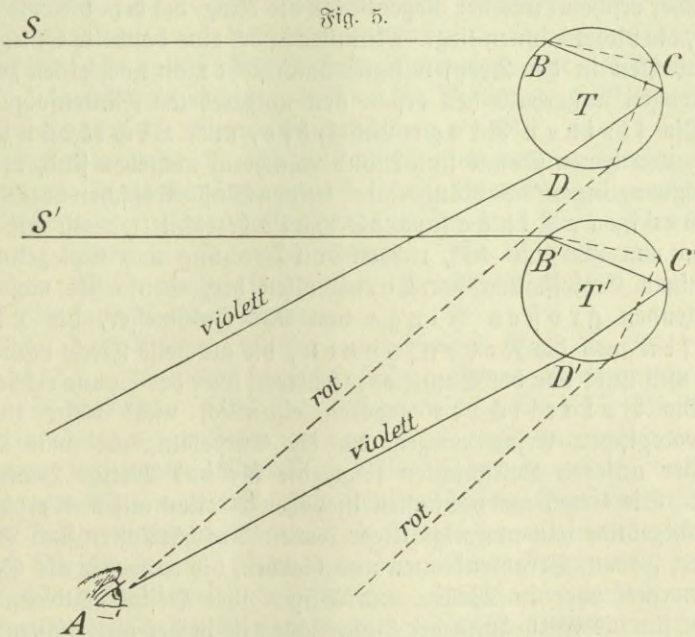
In ähnlicher Weise, wie sich Wellen auf der Wasseroberfläche zeigen, wenn der Wind darüber weht, bilden sich auch Luftwogen an der Grenze zweier Luftschichten aus, wenn solche mit verschiedener Geschwindigkeit übereinander hingleiten. Die Wellenberge der wärmeren Schicht ragen dann in die der kühleren hinein und scheiden bei der hierdurch verursachten Abkühlung Wasser aus, das die Form von wogenförmigen Wolken annimmt. Diese treten oft in der Form von str.-cu, a.-cu und ci-cu auf und sehen aus wie eng aneinander gelagerte Wülste oder Ballen. Man bezeichnet sie als *Wogenwolken*.

Die Höhe der Wolken ist sehr verschieden; die unteren (ni und str.-cu) reichen bis etwa 3 km, die mittleren (a.-cu und ci-cu) liegen zwischen 3 und 7 km, die oberen (ci und ci-str.) werden zwischen 7 und 13 km angetroffen, und die Haufenwolken (cu und cu-ni) dehnen sich oft vom Bereich der unteren bis in den der oberen aus.

## Dritter Abschnitt.

## Optische Erscheinungen.

6. Von den besonderen Lichterscheinungen in der Luft ist der Regenbogen der bekannteste. Er kann nur auftreten, wenn der Beobachter die Sonne hinter sich und eine Schar von Regentropfen vor sich hat.



In Fig. 5 trifft ein Sonnenstrahl S auf einen Regentropfen T, an dessen Außenwand B er in das Innere des Tropfens gebrochen wird. Dann wird er bei C durch innere Spiegelung zurückgeworfen und beim Verlassen des Tropfens bei D wieder gebrochen. Gleichzeitig aber zerlegt sich das Sonnenlicht bei der Brechung in Strahlen von verschiedener Farbe, ähnlich wie beim Durchgang durch ein Glasprisma. Die Farben des Sonnenlichtes sind der Reihenfolge nach violett, blau, grün, gelb, rot. Von ihnen wird bei der Brechung die violette Farbe am stärksten, die rote am wenigsten abgelenkt, und



daher gelangt von dem Tropfen T her nur eine Farbe in das Auge A, z. B. die rote, von dem tiefer liegenden Tropfen T' aber z. B. nur die violette, von dazwischen liegenden Tropfen die anderen Farben. Da nun alle Sonnenstrahlen (S, S' usw.) parallel verlaufen, so können von allen Tropfen einer vor dem Auge liegenden Wolkenwand nur diejenigen rote Strahlen in das Auge senden, die so liegen, daß die von ihnen zurückgeworfenen roten Strahlen mit der Anfangsrichtung der Sonnenstrahlen genau den gleichen Winkel bilden, wie die Strahlen SB und DA. Diese Tropfen liegen alle auf einem Kegel, dessen Spitze das Auge A bildet, und dessen Achse den Sonnenstrahlen parallel ist. Die rote Farbe erscheint daher dem Auge als Ring angeordnet. Genau so ist es mit den anderen Farben der Fall, und daher erscheint uns der Regenbogen als Ring, bei dem die rote Farbe außen, die violette innen liegt. Mitunter findet eine doppelte Spiegelung der Strahlen in den Tropfen statt; dann sieht man noch einen zweiten Regenbogen außerhalb des ersten von umgekehrter Farbenfolge.

Die kleinen Ringe und Höfe, auch Lichtkränze genannt, von denen Sonne und Mond manchmal umgeben sind, beruhen auf Lichtbeugung an den Rändern der kleinen Wassertröpfchen der Wolken.

Größere Ringe (auch als Halo bezeichnet), meist mit Halbmessern von  $22^\circ$  und  $46^\circ$ , rühren von Brechung und Spiegelung in den feinen Eiskristallen der Cirruswolken her, ebenso die manchmal auftretenden großen Ringe von  $90^\circ$  Halbmesser, die Lichtstreifen und die Nebensonnen, die als helle Flecke manchmal rechts und links von der Sonne oder senkrecht über der Sonne erscheinen.

Die Polarlichter gehören eigentlich nicht mehr zu den meteorologischen Erscheinungen, da ihr Entstehungsort weit außerhalb der unteren Luftschichten liegt, die für das Wetter Bedeutung haben. Sie treten am häufigsten in hohen Breiten auf und erscheinen als Lichtgebilde von mannigfaltiger Form. Am häufigsten sind Bogen, Bänder, Fäden, Strahlenkronen und Garben, die entweder als Ganzes sich bewegen oder in Wellen und Blitzen ihre Gestalt ändern. Die Ursache für die Entstehung der Polarlichter ist in der elektrischen Kraft der Sonne zu suchen, während Lage und Strahlenrichtung durch den Erdmagnetismus beeinflusst werden.

#### Vierter Abschnitt.

### Elektrische Erscheinungen.

7. Reibt man eine Glasstange mit einem Katzenfell, so wird durch die Reibung Elektrizität hervorgerufen, die sich dadurch äußert, daß leichte Körper, wie Papierchnitzel, von der Stange erst angezogen



und dann wieder abgestoßen werden. Durch stärkere Reibungen und mit Hilfe von Maschinen (Influenzmaschine) kann man auch stärkere Elektrizitätsercheinungen erzeugen.

Die Elektrizitätslehre zeigt, daß es zwei verschiedene Arten von Elektrizität gibt, die man als positive und negative voneinander unterscheidet. Nähert man zwei Körper einander, von denen der eine mit positiver, der andere mit negativer Elektrizität geladen ist, so suchen die beiden Elektrizitäten sich auszugleichen. Man sagt dann: Zwischen den beiden Körpern herrscht eine elektrische Spannung. Bei weiterer Annäherung springen Funken zwischen beiden hin und her, bis auf beiden die positive und negative Elektrizität gleichmäßig verteilt ist. Die Spannung hat sich dann ausgeglichen oder entladen. Außer durch Reibung können elektrische Spannungen auch durch Temperaturunterschiede hervorgerufen werden.

Gewitter sind Entladungsercheinungen der Lufterlektrizität, die als gelegentliches Nebenprodukt bei der Bildung von Wolken (cu-ni, vgl. Nr. 5) auftritt. Die meisten erscheinen als Wärmegewitter. Diese entstehen dadurch, daß eine mehr oder weniger mächtige Luftschicht durch starke Erwärmung und infolge ihres Wasserdampfgehaltes sehr leicht wird. Sie durchbricht dann die über ihr liegenden Luftschichten, wobei sie sich rasch abkühlt. Ihr Wasserdampf wird zu mächtigen Wolkenmassen kondensiert, die sich in Regen oder Hagel unter Blitz und Donner entladen.

Von den Wärmegewittern unterscheidet man die Wirbelgewitter, die unter dem Einfluß größerer barometrischer Depressionen entstehen. Sie bilden sich ziemlich gleichmäßig längs einer größeren Strecke, der Gewitterfront, aus und wandern dann in einem fast rechten Winkel zu dieser Front vorwärts, meist ungefähr von West nach Ost. Die Wolken solcher Gewitter erscheinen oft in Form eines scheinbar im Halbkreis heraufziehenden dunkelgrauen Wolkenwulstes, hinter dem die hellere Regenwand aufzieht. Starke Windstöße begleiten das Gewitter. Das Barometer fällt während des Gewitters rasch, um bei einer Gewitterböe plötzlich wieder um mehrere Millimeter zu steigen. Dieses eigentümliche Steigen des Barogramms nennt man Gewitternase, wenn ihm ein kurzes rasches Fallen wieder folgt, während man von einer Gewitterstufe spricht, wenn das Barometer nach dem plötzlichen Steigen nur wenig oder gar nicht fällt.

Der Blitz besteht aus mehreren rasch aufeinanderfolgenden Entladungen, die alle in derselben Funkenbahn einhergehen. Der Donner entsteht dadurch, daß der Blitz auf seiner Bahn die Luft explosionsartig auseinanderdrängt, die hinterher wieder ebenso heftig in den verdünnten Raum zurückstürzt.



Ist das Gewitter so weit entfernt, daß man den Donner nicht mehr hören kann, so spricht man von einem **Wetterleuchten**.

Das **S. t. Elm s Feuer** ist eine elektrische Erscheinung, die sich manchmal an Mastspitzen, Blitzableitern und anderen hohen spitzen Gegenständen zeigt. Hierbei gleicht sich die elektrische Spannung nicht plötzlich unter Blitz und Donner, sondern allmählich in Form von büschelförmigem Glimmlicht aus, das von den spitzen Gegenständen aus in die Luft hineinströmt.

### Fünfter Abschnitt.

## Der Wind.

### Der Wind im allgemeinen.

8. Bewegte Luft wird als Wind, sehr stark bewegte als Sturm bezeichnet.

Das Maß für die Windstärke ist der Weg, den der Wind in einer Sekunde zurücklegt. An Land wird die Windstärke meist mit dem Robinsonschen Schalen-Anemometer gemessen. Dieses besteht aus einem um eine vertikale Achse drehbaren Kreuz, an dessen Armen halbkugelige Schalen angebracht sind. Da der Wind auf die hohle Seite dieser Schalen stärker drückt als auf die konvexe, so versetzt er das Kreuz in mehr oder weniger rasche Umdrehungen, deren Anzahl auf ein Zählwerk mit Zeiger übertragen wird. Auf See wird die Windstärke stets geschätzt, und zwar nach der von dem Admiral Beaufort aufgestellten Skala.

Tafel der Windstärke nach Beaufort.

Windstärke nach Beaufort	Bezeichnung	Grenzen der Windgeschwindigkeit in m/sec	Mittlere Werte der Windgeschwindigkeit in m/sec	Fahrt und Segelführung beim Winde
0	Windstille . . . . .	0—1	0	Keine Steuerfähigkeit im Schiff Eben } voll } 1—2 Sm Fahrt und } 3—4 " " bei } 5—6 " " Reusegeln Volle Bramsegel Unterbramsegel Obermarssegel Man führt } Gereffte Obermarssegel und noch } Untersegel Unterbramsegel und gereffte Untersegel Sturmsegel Kein Segel hält Stand, vor Topp und Tafel
1	Leiser Zug . . . . .	1—2	1,7	
2	Leichte Brise . . . . .	2—4	3,1	
3	Schwache Brise . . . . .	4—6	4,8	
4	Mäßige Brise . . . . .	6—8	6,7	
5	Frische Brise . . . . .	8—10	8,8	
6	Starker Wind . . . . .	10—12	10,7	
7	Steifer Wind . . . . .	12—14	12,9	
8	Stürmischer Wind . . . . .	14—17	15,4	
9	Sturm . . . . .	17—20	18,0	
10	Schwerer Sturm . . . . .	20—23	21,0	
11	Orkanartiger Sturm . . . . .	23—30	26	
12	Orkan . . . . .	> 30	> 30	

Die Schätzung der Windstärke an Bord von Dampfern in Fahrt ist schwierig und nur durch Betrachtung des Seeganges genähert möglich. Bei Windstärke 4 beginnen die Wellenköpfe sich zu überschlagen. Geübte Seeleute sind in der Schätzung der Windstärke überraschend sicher, selbst auf Schnelldampfern.

Da der Wind niemals mit gleichmäßiger Geschwindigkeit weht, so kann diese Tafel nur die während eines Zeitraumes herrschende mittlere Windgeschwindigkeit darstellen. Tatsächlich weht der Wind in Stößen, die durch Pausen schwächerer Luftbewegung voneinander getrennt sind.

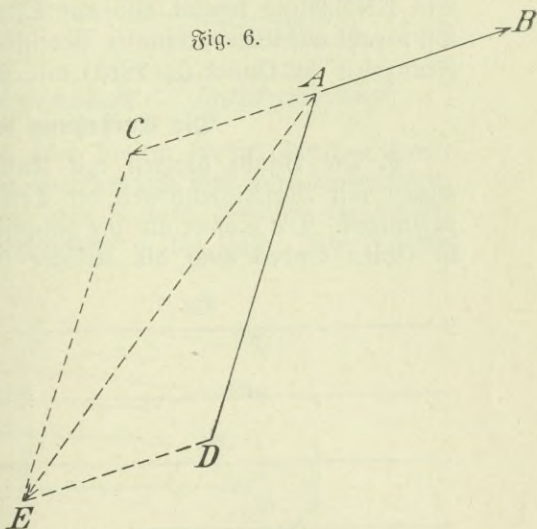
Durch Unebenheiten der Fläche, über die die Luft hinweht, wird die Windgeschwindigkeit stark verringert. Diese ist daher über dem Meere größer als über einer flachen Küste, über dieser wieder größer als über unebenem Lande mit Häusern, Bäumen, Wäldern, Hügeln und Bergen.

An Land zeigt die Windgeschwindigkeit eine Periode der Art, daß am Nachmittag der Wind seine größte, in der Nacht seine geringste Stärke erreicht. Auf See ist eine solche Periode nicht vorhanden.

Zur Beobachtung der Windrichtung dient an Land die Windfahne. Auf See kann man sie mit Hilfe eines Wimpels nach dem Kompaß schätzen. Da aber das Schiff selbst Fahrt macht, so muß zwischen scheinbarem und wahrem Winde unterschieden werden.

Fährt z. B. ein Schiff von A nach B nach ENE mit einer Fahrt von 5 m/sec (Fig. 6), so wird hierdurch ein Gegenwind AC erzeugt, der aus ENE mit der Geschwindigkeit 5 m/sec (Windstärke 3) zu wehen scheint. Weht tatsächlich ein Wind AD aus NNE mit 9 m/sec (Stärke 5), so wird man an Bord das Gefühl eines scheinbaren Windes AE haben, der durch Koppelung des Gegenwindes AC mit dem wahren Winde CE (= AD) erhalten wird. Dieser scheinbare Wind AE wird an Bord tatsächlich beobachtet. Aus ihm könnte man den wahren Wind konstruieren oder berechnen, wenn man ihn (AE) mit der Fahrt des Schiffes ED (= AB)

Fig. 6.



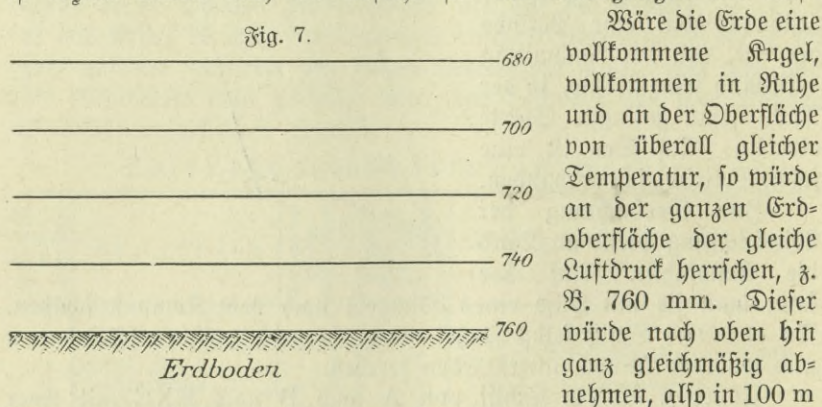


koppelte. Tatsächlich sind solche Berechnungen an Bord nicht gebräuchlich. Die meisten Seeleute haben, wie das Dampferhandbuch für den Atlantischen Ozean schreibt, in der Schätzung der wahren Windrichtung und -stärke eine solche Übung erlangt, daß eine Berechnung des Windes in der hier angedeuteten Art keine Erhöhung der Genauigkeit bedeutet. Oft ist es möglich, die Richtung des unteren Windes nach der Richtung der Wellen, die des oberen nach dem Zuge der Wolken zu schätzen. Zwischen beiden muß unterschieden werden, da mit der Höhe der Wind außer der Stärke oft auch seine Richtung ändert.

Man bezeichnet den Wind von der Richtung, von der er herweht. Ein ENE-Wind kommt also aus Ostnordost. Die Abkürzung E für Ost beruht auf internationaler Vereinbarung, der zufolge z. B. auch die Franzosen ihr Ouest (= West) mit W abkürzen.

### Die Entstehung des Windes.

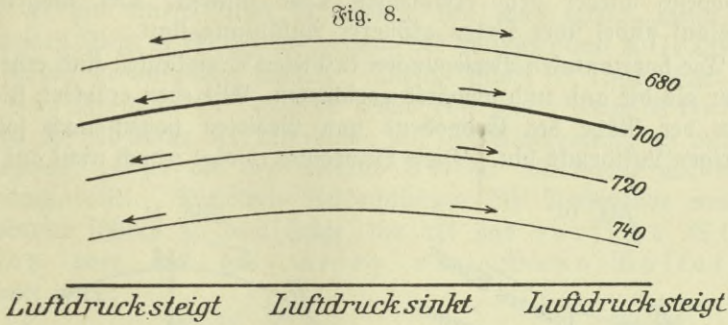
9. Die Winde hängen mit Unterschieden des Luftdrucks, diese wieder mit Verschiedenheiten der Temperatur an benachbarten Orten zusammen. Die Sonne als die hauptsächlichste Wärmequelle der Erde ist letzten Endes auch die Ursache für die Bewegungen der Luft.



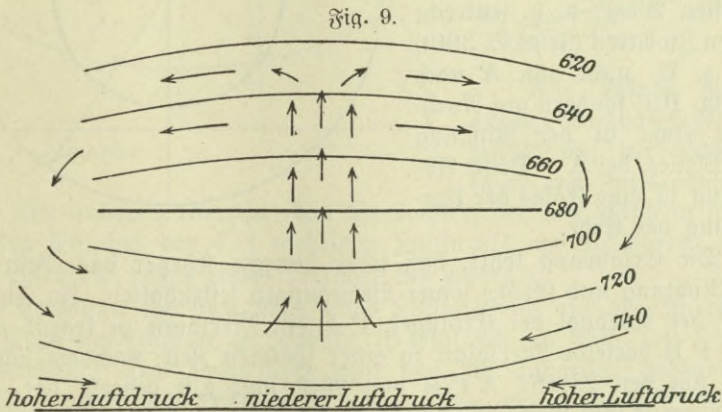
Höhe etwa 750 mm betragen. Die Temperatur würde ebenfalls nach oben hin gleichmäßig abnehmen, und zwar in solchem Verhältnis zu der nach oben hin abnehmenden Dichte der Luft, daß das Gleichgewicht nirgends gestört wird. Würde man nun alle Punkte miteinander verbinden, an denen der Luftdruck 750 mm herrscht, so würde man eine Fläche erhalten, die als eine Fläche gleichen Drucks (in diesem Falle von 750 mm) bezeichnet werden soll. Diese Fläche wäre von der Erdoberfläche überall gleich weit entfernt, und zwar etwa 100 m. In gleicher Weise würde man in

anderen Höhen über der Erde andere Flächen gleichen Drucks antreffen, von denen jede für sich dem Erdboden parallel verläuft. (Fig. 7.)

Wird nun irgend ein Gebiet des Erdbodens durch Sonnenstrahlung längere Zeit hindurch stärker erwärmt als seine Umgebung,



so erfährt die untere Luftschicht über diesem Gebiet durch Leitung vom Erdboden her ebenfalls eine Erwärmung und wird ausgedehnt. Durch die Ausdehnung nach oben hebt sie auch die über ihr befindlichen, noch nicht erwärmten Luftschichten in die Höhe. Die Flächen



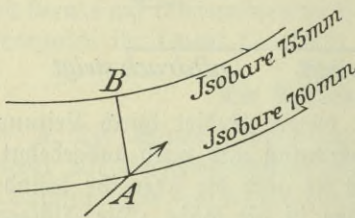
gleichen Drucks liegen nun nicht mehr horizontal wie in Fig. 7, sondern bilden eine Art von Hügel, an dessen Hängen die Luftteilchen nach außen abfließen. (Fig. 8.) Der Luftdruck wird insolge dessen über der erwärmten Erde sinken, während er in der kälteren Nachbarschaft steigt. Hierdurch bekommen allmählich die Flächen gleichen Drucks in den unteren Schichten eine Neigung nach dem Orte der Erwärmung hin, während sie in einer gewissen Höhe horizontal verlaufen und in noch größerer Höhe ein Gefälle nach außen hin zeigen,



wie es die Fig. 9 darstellt. Die Folge dieser Lagerung und Verteilung ist ein Luftkreis von der Art, daß über dem erwärmten Ort ein aufsteigender Luftstrom herrscht, der in größerer Höhe nach außen hin abfließt, weiterhin sich wieder nach unten senkt und in der Nähe des Erdbodens wieder dem erwärmten Orte zufließt. Der umgekehrte Kreislauf findet über Orten größerer Abkühlung statt.

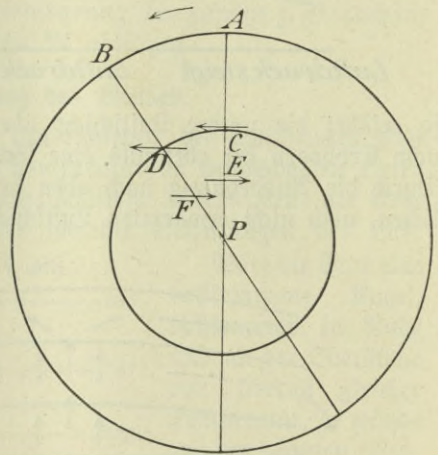
Die horizontalen Bewegungen in diesen Kreisläufen sind erheblich stärker als die auf- und abwärts gerichteten. Wie eben erörtert, fließen sie in der Nähe des Erdbodens von Gebieten hohen nach solchen niedrigen Luftdrucks hin. Diese Bewegung erfolgt jedoch nicht auf dem

Fig. 10.



kürzesten Wege, d. h. senkrecht zu den Isobaren (siehe S. 390), also z. B. nicht von A nach B (Fig. 10), sondern auf Nordbreite etwa in der Richtung des Pfeiles bei A. Diese Ablenkung ist eine Folge der Umdrehung der Erde.

Fig. 11.



Die Erfahrung lehrt, daß jeder bewegte Körper das Bestreben hat, Richtung und Größe seiner Bewegungen festzuhalten. In Fig. 11 sei P der Nordpol der Erdkugel, PA ein Meridian zu irgend einer Zeit, PB derselbe Meridian zu einer späteren Zeit, nachdem sich die Erde um den Winkel APB von West nach Ost gedreht hat. Die Kreise um P sind Breitenparallele, die in jedem Punkte von W nach E verlaufen. Weht nun in C ein W-Wind (siehe den Pfeil), so wird er nach einiger Zeit durch die Drehung der Erde nach D gekommen sein. Hier sucht er seine alte Richtung oder eine ihr parallele festzuhalten, er wird also in der Richtung des Pfeiles bei D verlaufen, d. h. er weht nicht mehr auf dem Breitenparallel entlang, sondern ist nach rechts abgelenkt, ist also etwa WNW-Wind geworden. In ähnlicher Weise wird aus dem anfänglichen E-Wind bei E durch die Drehung der Erde ein ESE-Wind bei F.

Weht aber (Fig. 12) im Punkt A ein S-Wind, so würde dieser, wenn sich die Erde nicht drehte, den Weg AB zurücklegen. Da sich die Erde aber dreht, ist der Punkt A nach einer gewissen Zeit in C angekommen. In dieser Bewegung hat der Wind auch teilgenommen, d. h. er hat einen Punkt D erreicht, den man erhält, wenn man die beiden Wege AB (Eigenbewegung des Windes) und AC (Drehung der Erde) miteinander koppelt. Dieser Punkt D liegt nicht mehr auf dem Meridian CP, sondern rechts von ihm. Denn  $BD = AC$  ist, da die Abstände der Meridiane mit der Annäherung an den Pol abnehmen, größer als der Abstand BE der Meridiane auf diesem Breitenparallel. Dieselben Betrachtungen für Nordwinde und für Südbreite führen zu dem Satze, der als das bari'sche Windgesetz oder als das Gesetz von Buys-Ballot bezeichnet wird:

Fig. 12.

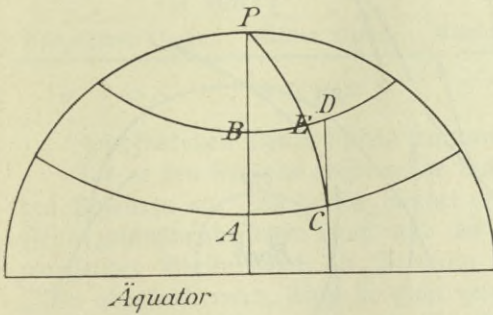
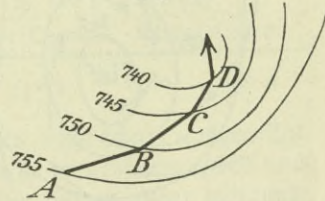


Fig. 13.



Alle Winde werden auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links abgelenkt.

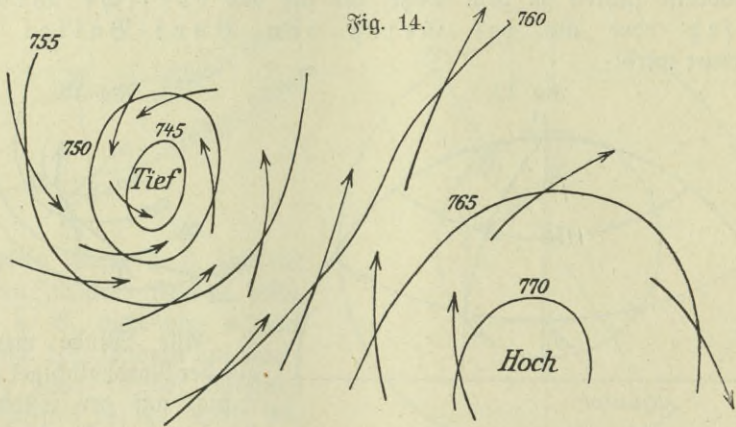
Mit anderen Worten: Ein Beobachter, der den Wind in seinem Rücken hat, hat den Ort niedrigen Luftdrucks auf Nordbreite links, auf Südbreite rechts etwas vorlicher als davor.

Verfolgen wir den Weg eines Luftteilchens auf der Nordhälfte der Erde von Isobare zu Isobare, so zeigt sich ein Bild, wie Fig. 13 es darstellt. Das Luftteilchen geht von der äußersten Isobare zur nächsten unter Ablenkung nach rechts, etwa von A nach B, von da nach C usw. So entstehen um ein Tief auf der Nordhalbkugel links herum (gegen den Uhrzeiger), auf der Südhalbkugel rechts herum (mit dem Uhrzeiger) in das Tief hineinlaufende Windbahnen, während um ein Hoch auf Nordbreite die Winde im Sinne des Uhrzeigers, auf Südbreite gegen den Uhrzeiger verlaufen und sich vom Hoch entfernen (Fig. 14). Ein Tiefdruckgebiet mit den zugehörigen Winden nennt man auch eine Zyklone, die Winde selbst zyklonale Winde, während ein Hochdruckgebiet als Antizyklone und die zugehörigen Winde als antizyklonale bezeichnet werden.



Das hier Gesagte gilt nur für die unteren Luftschichten. Schon in der Höhe der unteren und mittleren Wolken weht der Wind ungefähr parallel mit den Isobaren und in noch größeren Höhen strömt er aus dem Tief heraus.

Die Stärke des Windes hängt von dem Abstände der Isobaren untereinander ab. Zur Bestimmung der Beziehung zwischen Windstärke und Luftdruckunterschied hat man den Begriff des Gradienten eingeführt. Ein Gradient ist danach der Luftdruckunterschied in einem horizontalen Abstände von 60 Sm senkrecht zu den Isobaren gemessen. Ist z. B. in Fig. 13 der Abstand der Punkte A und B, die einen Luftdruckunterschied von 5 mm zeigen,



gleich 120 Sm, so ist der Luftdruckunterschied auf 60 Sm, in der Richtung A B gemessen, gleich  $2\frac{1}{2}$  mm. Genau so groß ist hier der Gradient. Je größer der Gradient, um so stärker ist der Wind, der jedoch nicht nur vom Gradienten abhängt, sondern außerdem von der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Daher kann man nicht ohne weiteres sagen, daß einem bestimmten Gradienten auch immer eine bestimmte Windgeschwindigkeit entspricht.

### Der große allgemeine Kreislauf der Winde.

10. In der Nähe des Äquators, als dem wärmsten Teile der Erde, bildet sich über dem Meere in Folge der Erwärmung der unteren Luft ein barometrisches Tiefdruckgebiet in der Weise aus, wie es unter 9 dargestellt ist. Hier herrschen aufsteigende Luftströmungen bei geringer horizontaler Luftbewegung. Man nennt dieses Gebiet den Äquator der Erde, auch wohl das Gebiet der Doldrums oder der Äquatormüllungen. Es zeichnet sich durch schwache unbeständige Winde, heftige Gewitter und häufige starke Regenfälle aus.



Der Kalmengürtel liegt durchweg auf nördlicher Breite, etwa zwischen  $0^\circ$  und  $10^\circ$  N, da infolge des Überwiegens der Landmassen auf der Nordhälfte der Erde das Gebiet der größten Erwärmung auch nördlich vom Äquator liegt.

Auf der Ostseite der Ozeane ist er im allgemeinen breiter als auf der Westseite. Das zeigt sich besonders im Atlantischen Ozean, wo das Kalmengebiet ein Dreieck bildet, dessen breite Seite sich an der afrikanischen Küste von Afrika befindet, während die Spitze nach W zeigt. Die Kalmen verschieben sich mit den Jahreszeiten, und zwar im nördlichen Sommer nach Norden, im südlichen nach Süden; doch bleiben sie um etwa drei Monate hinter dem höchsten Stand der Sonne zurück, so daß sie ihre größte nördliche und südliche Lage in den Monaten September bzw. März erreichen.

## L a g e d e r K a l m e n

im März		im September	
Atlantischer Ozean	Stiller Ozean	Atlantischer Ozean	Stiller Ozean
$0^\circ - 3^\circ$ N	$3^\circ$ N — $5^\circ$ N	$3^\circ$ N — $11^\circ$ N	$7^\circ$ N — $10^\circ$ N

Im Indischen Ozean ist das Kalmengebiet nicht scharf ausgeprägt.

Die in den Kalmen aufsteigende Luft fließt in größerer Höhe nach den Polen zu ab. Da sie sich hierbei auf eine immer enger werdende Zone zusammendrängen muß und da ihre Bewegungsrichtung mit wachsender Breite durch die Drehung der Erde immer stärker nach Osten abgelenkt wird, fließt sie nicht ganz bis zum Pol, sondern senkt sich zum Teil zwischen  $30^\circ$  und  $35^\circ$  Breite wieder zur Erde nieder und bildet hier ein Hochdruckgebiet mit absteigenden Luftströmungen. Ein anderer Teil wandert jenseits dieses Hochdruckgebietes als W-Wind um die Erde. Das Hochdruckgebiet zwischen  $30^\circ$  und  $35^\circ$  Breite führt den Namen der Roßbreiten. Auch in ihm wehen, wie in den Kalmen, meist nur schwache und unbeständige Winde, doch herrscht hier klarer Himmel, schönes Wetter und Regenarmut, wie sie für Hochdruckgebiete bezeichnend sind. Im Sommer verschieben sich die Roßbreiten etwas nach den Polen, im Winter wieder nach dem Äquator hin.

Von den Roßbreiten nach den Kalmen, also vom hohen zum niederen Luftdruck hin, wehen an der Meeresoberfläche die P a s s a t w i n d e, und zwar nicht von N nach S und umgekehrt, sondern, da sie durch die Drehung der Erde abgelenkt werden, auf N-Br. aus nordöstlicher, auf S-Br. aus südöstlicher Richtung. Die Grenzen des Passatgebietes verschieben sich ebenso wie die der Kalmen und der Roßbreiten, so daß sie im September am nördlichsten, im März am südlichsten liegen. Außer diesen regelmäßigen Verschiebungen



treten aber noch unregelmäßige Schwankungen der Stärke, der Richtung und der Grenzen der Passate auf.

Die folgende Tabelle gibt die mittleren Grenzen der Passate an:

Passat	Atlantischer Ozean		Stiller Ozean		Judischer Ozean
	NE	SE	NE	SE	SE
September	35°—11°N	3°N—25°S	30°—10°N	7°N—20°S	8°—25°S
März . . .	26°— 3°N	0°—25°S	25°— 5°N	3°N—28°S	11°—30°S

Im Indischen Ozean ist ein NE-Passat nicht vorhanden. An seine Stelle tritt im Nordwinter der NE-Monsun (siehe Nr. 11).

Die Windstärke der Passate kann im Mittel für die Hauptpassatgebiete als Stärke 4 nach Beaufort angenommen werden, sie ist im Winter größer als im Sommer. Das Wetter ist im Passatgebiet sehr beständig, meist trocken und heiter.

Polwärts von den Hoßbreiten bis etwa 60° Breite erstreckt sich das Gebiet der Westwinde der gemäßigten Zone. Auf Nordbreite wiegen hier SW- und WSW-Winde, auf Südbreite NW- und WNW-Winde vor. Auf Südbreite ist dieser Westwindgürtel am regelmäßigsten ausgebildet, weil hier keine dazwischenliegenden Ländermassen stören. Man bezeichnet sie hier als die „braven Westwinde“. Diese wehen zwischen 35° und 50° Breite fast mit der Regelmäßigkeit der Passate, aber meist böig und stürmisch. Auf der nördlichen Halbkugel wird durch die ungleiche Erwärmung von Wasser und Land die Ausbildung dieses regelmäßigen Westwindgürtels gestört. Hier durchziehen fortwährend große Zyklonen, die mit Antizyklonen abwechseln, das Gebiet der Westwinde und rufen sehr veränderliche Winde hervor.

### Die wichtigsten periodischen Winde.

11. Unter periodischen Winden verstehen wir solche, die in gleichen Zeiträumen regelmäßig wiederkehren. Die wichtigsten sind die Land- und Seewinde und die Monsune.

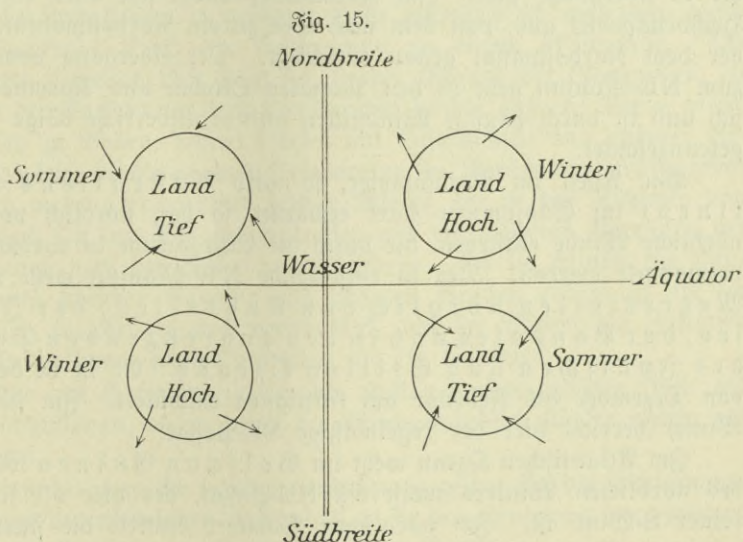
Die Land- und Seewinde entstehen durch den Unterschied der Temperatur von Land und Wasser und wehen an den Küsten, meist fast rechtwinklig zu diesen. Am Tage erwärmt sich das Land stärker und rascher als das Meer, wie früher unter 2 auseinandergesetzt worden ist. Über dem Lande fließt dann in der Höhe die Luft nach See zu ab (Fig. 7 und 8), während unten nahe der Meeresoberfläche eine Seebrise von See nach Land hinweht.

Diese setzt zuerst auf hoher See ein und nähert sich langsam der Küste. Ihre größte Stärke erreicht sie am Nachmittag. Nachts hingegen entsteht eine *Landbrise* (von Land nach See hin) dadurch, daß das Land sich stärker und rascher als das Meer abkühlt. Die Landbrise hat ihre größte Stärke in den Morgenstunden vor Sonnenaufgang. Meist ist die Seebrise kräftiger als die Landbrise. Zwischen beiden Brisen in den Abend- und Morgenstunden herrscht Windstille oder schwache Luftbewegung.

Land- und Seewinde sind am besten in den Tropen ausgebildet, auf höheren Breiten erscheinen sie deutlich nur in der wärmeren Jahreszeit an ruhigen, heiteren Tagen.

Während die Land- und Seewinde eine tägliche Periode haben, bringt der Wechsel zwischen Sommer und Winter Winde von halbjährlicher Periode hervor, die sogenannten *Monjune*.

Im Sommer bilden sich über den großen Kontinenten Gebiete niederen Luftdrucks aus, während auf See hoher Druck herrscht; im Winter ist es umgekehrt. Daher fließt in der Nähe der Erdoberfläche im Sommer der Wind von See nach Land, im Winter von Land nach See zu. Dieser wird durch die Drehung der Erde (Fig. 11 und 12) auf Nordbreite nach rechts, auf Südbreite nach links abgelenkt, so daß für die Richtungen der Monjune das folgende Schema gilt:



Die Monjune wehen im allgemeinen am kräftigsten in den Monaten Dezember bis Februar und Juni bis September.



Der *Mon sun wech sel* findet in den Monaten März und April sowie Oktober und November statt und dauert etwa zwei bis vier Wochen. Die hauptsächlichsten Monsungebiete der Erde sind:

1. Der nördliche Indische Ozean, das Arabische Meer, die Bucht von Bengalen und die Chinasee;
2. die Meeressteile nördlich von Australien, die Javasee und die angrenzenden Teile des Indischen und Stillen Ozeans;
3. der Golf von Guinea;
4. die Westküste Mittelamerikas.

Die starke Erwärmung der Hochländer Südasiens bewirkt im Nordsommer hier ein ziemlich tiefes Minimum, dem auf dem Meere, besonders über dem nördlichen Teil des Indischen Ozeans, ein Hoch gegenüberliegt. Vom Meere her, d. h. vom Indischen Ozean, dem Arabischen Meerbusen, dem Golf von Bengalen und den chinesischen Gewässern, strömt daher die untere Luft dem Festlande zu. Der südliche Wind wird durch die Drehung der Erde hier in einen vorwiegend südwestlichen verwandelt, der jedoch in den chinesischen Gewässern auch aus S und SE weht, entsprechend der östlich vom Festlande befindlichen Lage dieser Gewässer. Der Sommermonsun aus SW im Indischen Ozean und im Arabischen Meer ist die mächtigste Monsunströmung, die es überhaupt gibt. Im Nordwinter bildet sich über Asien ein Hochdruckgebiet aus, von dem nach See zu ein Nordostmonsun weht, der dem Nordostpassat genau entspricht. Der Übergang vom SW- zum NE-Monsun geht in den Monaten Oktober und November vor sich und ist durch häufige Windstillen und veränderliche böige Winde gekennzeichnet.

Wie Asien im Nordsommer, so wird Australiens Kontinent im Südsommer stark erwärmt, so daß nördlich von ihm nördliche Winde entstehen, die durch die Erdrotation in nordwestliche verwandelt werden. Der so entstehende NW-Monsun weht in den Meeressteilen nördlich von Australien, der Javasee, der Banda see und in den angrenzenden Teilen des Indischen und Stillen Ozeans. Er ist in der Zeit von Dezember bis Februar am kräftigsten entwickelt. Im südlichen Winter herrscht hier der regelmäßige SE-Passat.

Im Atlantischen Ozean weht im Golf von Guinea während des nördlichen Winters meist ein SE-Passat, der hier oft fast ein reiner S-Wind ist. Im nördlichen Sommer bewirkt die starke Erwärmung Nordwestafrikas, besonders während der Monate Juli bis September die Ausbildung eines barometrischen Tiefdruckgebietes über dem Lande (Senegambien, Sierra Leona usw.). Ihm fließt von



Süden her Luft zu, und so entsteht in Verbindung mit der ablenkenden Kraft der Erdrotation ein Südwestmonsun, der manchmal auch aus W weht und der Küste sehr viel Regen zuführt.

Ähnlich wie an der Guineaküste herrscht auch an der Westküste Kolumbiens und Kostarikas (Mittelamerika) im nördlichen Sommer ein SW-Monsun, der jedoch im Winter durch einen NE-Wind abgelöst wird.

## Sechster Abschnitt.

### Atmosphärische Störungen.

#### Die atmosphärischen Störungen im allgemeinen.

12. Unter 10 war gezeigt worden, daß in dem Gebiet zwischen Kalmen und Roßbreiten die Luftströmungen einen ziemlich regelmäßigen Kreislauf zeigen, daß dagegen zwischen Roßbreiten und kalter Zone Westwinde vorherrschen, deren Gebiet, besonders auf Nordbreite, von häufigen Zyklonen und Antizyklonen durchzogen wird.

Zyklonen können, wie unter 9 dargelegt ist, unmittelbar durch Erwärmung des Erdbodens entstehen. Doch sind die gewaltigen Wirbel der die außertropischen Gebiete durchziehenden Zyklonen wohl auf andere Ursachen zurückzuführen. Die im Gebiete der Kalmen aufsteigende Luft strömt in größerer Höhe polwärts ab und wird durch die ablenkende Kraft der Erddrehung zu einem Westwinde. Die polwärts fließende Luft staut sich in der Gegend der Roßbreiten, da sie mit der Entfernung vom Äquator auf immer engeren Raum gerät, senkt sich zu Boden, kommt hierbei mit Luftschichten von anderer Geschwindigkeit, Richtung und Temperatur in Berührung und erzeugt dadurch mehr oder weniger heftige Wirbel, die in der Richtung von West nach Ost den Äquator umkreisen und ein weiteres Vorrücken der Roßbreiten nach den Polen zu verhindern. Da im Winter die Luftbewegung zwischen Äquator und höheren Breiten größer ist als im Sommer, so wird es auch verständlich, daß im Winter die Zyklonen und Antizyklonen stärker auftreten als im Sommer.

Für den Seemann spielen die Zyklonen eine größere Rolle als die Antizyklonen, da in jenen die Winde erheblich stärker wehen als in diesen.

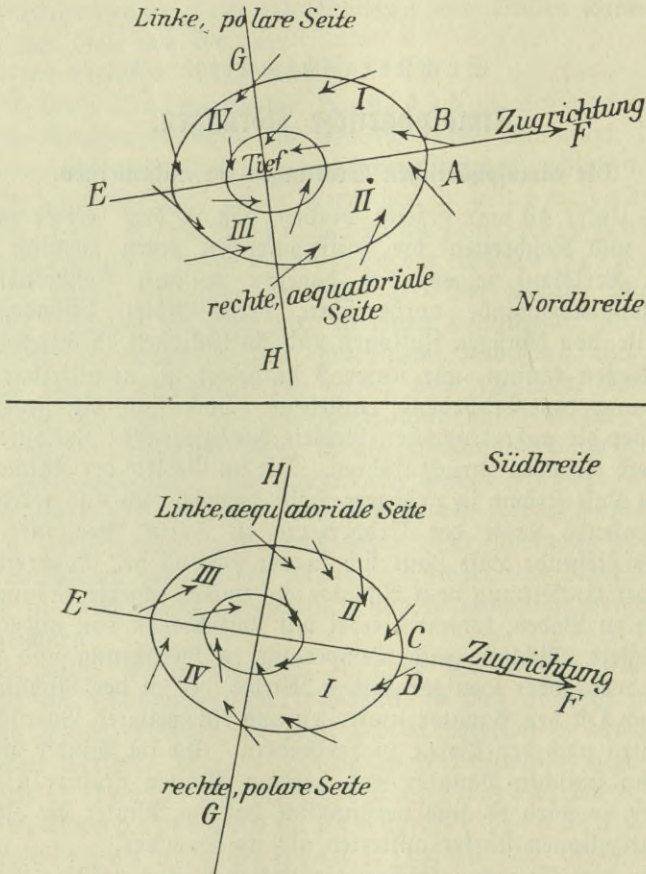
Befindet man sich in einer Zyklone, so gelten für die Bestimmung der Lage des niedrigsten Luftdrucks, d. h. des Zentrums der Zyklone, die unter 9 gegebenen Buys-Ballotschen Regeln.

Die Isobaren der Zyklonen haben meist unregelmäßige, annähernd elliptische Form.



Da die zyclonalen Wirbel im allgemeinen von W nach E, genauer auf Nordbreite mehr nach ENE, auf Südbreite mehr nach ESE ziehen, so kann man für einen Ort die wahrscheinliche Folge der Winde beim Vorübergehen der Depression bestimmen. In der nördlichen

Fig. 16.



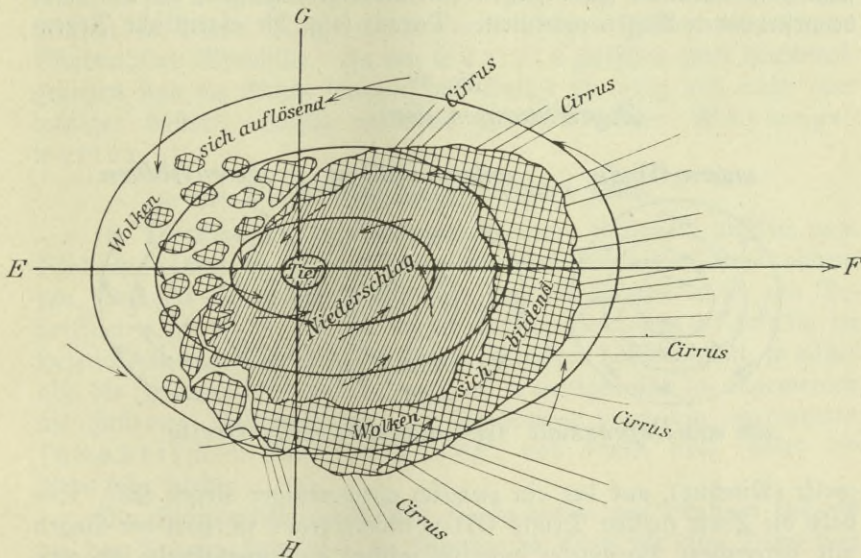
gemäßigten Zone wird z. B. ein Ort A (Fig. 16), der auf der äquatorialen Seite einer Depression liegt, erst SE-, dann S-, SW-, W- und schließlich NW-Wind haben. Für ihn dreht also der Wind rechts herum, während der polwärts gelegene Ort B links drehenden Wind hat. Auf der Südhalbkugel ist der Drehungssinn umgekehrt (C u. D).

Die Änderung der Winde beim Vorübergehen einer Depression hat auch einen Wechsel der Temperatur, des Luftdrucks, der Feuchtig-

keit, der Bewölkung und der Niederschläge zur Folge. Legt man durch die Mitte einer Depression in der Zugrichtung eine Gerade EF, so wird die Depression in eine polare (I und IV) und eine äquatoriale (II und III) Hälfte geteilt. Eine senkrecht zu AB durch die Mitte gezogene Gerade GH teilt sie dagegen in einen vorderen (I und II) und einen hinteren (III und IV) Abschnitt.

Im vorderen Abschnitt (I und II) hat man fallendes, im hinteren (III und IV) steigendes Barometer, und zwar um so stärker, je näher man dem Zentrum steht. Auf der Äquatorseite herrschen im vorderen

Fig. 17.



Abchnitte (II) Winde aus niedrigeren Breiten mit höherer Temperatur, zunehmender Feuchtigkeit und wachsender Bewölkung, im hinteren Abchnitte stellen sich polare Winde ein, die eine Erniedrigung der Temperatur und ein Aufbrechen der Wolkendecke zur Folge haben. Auf der polaren Seite kann bei stark polwärts gerichteten Bahnen schon der vordere Abschnitt Winde aus höheren Breiten bringen, die eine Abkühlung verursachen.

In der Höhe über einer Depression liegt als das Produkt der im Innern aufsteigenden Luftbewegung eine ausgedehnte Wolkendecke, die namentlich auf der äquatorialen Vorderseite (II) weit ausgebreitet ist. Im Innern der Depression und an ihrer Front fällt Regen oder Schnee (Fig. 17). Ein dünner Ring von Cirro-Stratus umgibt die ganze Außenseite des vorderen Randes der Wolkendecke,

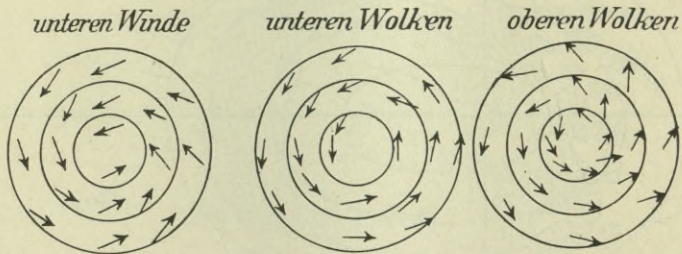


fehlt aber auf der Rückseite. Alle Wolken der Vorderseite sind mehr oder weniger Schichtwolken, Cirro-Stratus und Strato-Cumulus, während sie auf der Rückseite mehr Cumulus-Form haben.

Rückt eine Zyklone von fern heran, so erscheinen zunächst Cirrus- und Cirrostratuswolken, oft schon bevor das Barometer zu fallen beginnt. Bei weiterer Annäherung verdichten sich die Cirri zu einer Cirrostratusschicht, die häufig Höfe und Ringe um Sonne und Mond verursacht. Noch näher dem Mittelpunkt zeigen sich hohe, immer dichter werdende grauweiße Schichtwolken (Alto-Stratus), durch die die Sonne nur noch als matter Lichtfleck hindurchscheint. Zuweilen sieht man darunter schon Fegen von niedrigen Wolken, die den nahe bevorstehenden Regen andeuten. Darauf folgt die eigentliche Regen-

Fig. 18.

### Zugrichtungen der



um eine Depression (schematisch) auf N-Breite

wolke (Nimbus), aus der ein ziemlich gleichmäßiger Regen fällt. Sobald die Linie tiefsten Drucks GH vorübergezogen ist, hört der Regen mit steigendem Barometer plötzlich wieder auf, wiederholt sich nun aber noch öfter in Form von Regen- oder Graupelböen, die mit blauem Himmel abwechseln.

Die Wolken bewegen sich im Gebiet einer Depression im allgemeinen nicht so wie der untere Wind, da die Luft in der Höhe um eine Zyklone in anderer Weise kreist als unten. Während der Wind unten in die Zyklone hineinströmt, fließt er in mittleren Höhen auf den Isobaren entlang, auf der Vorderseite schon ein wenig nach außen (Fig. 18), während er in noch größeren Höhen schon nicht mehr den Eindruck zyklonaler Bewegung aufkommen läßt, sondern sich zum Teil der in diesen Höhen herrschenden starken allgemeinen westöstlichen Bewegung anschließt, zum Teil antizyklonal von der Mitte fortweht. Nur in der Nähe des Zentrums auf der Rückseite findet noch ein schwaches Einströmen des Oberwindes nach der Mitte zu statt. Diese



Luftbewegung zeigt sich deutlich im Zuge der oberen Cirruswolken (Fig. 17 u. 18), die auf der Vorderseite einer Depression fast rechtwinklig zum Unterwinde wehen, auf der Rückseite oft parallel mit ihm.

Nicht immer sind die großen Depressionen mit starken Niederschlägen verbunden. Die Hauptregenbringer sind die Teiltiefs und Rinnen (Fig. 4), die sich oft am Rande größerer Depressionen bilden, und die auch oft schwere Stürme verursachen. Die Rinnen im besonderen sind oft der Sitz gleichmäßig fortschreitender Frontgewitter.

In einem Hochdruckgebiete steigt die Luft von oben herab, erwärmt sich dadurch und bewirkt eine Auflösung der Wolken. Daher herrscht in einem Maximum meist schönes Wetter mit leichten Winden oder Windstille. In den Sätteln zwischen zwei Hochdruckgebieten sind die Winde schwach, das Wetter ist ruhig und mehr oder weniger düster. Häufig entstehen hier örtliche Wärmegewitter.

### Die Stürme der gemäßigten Zone.

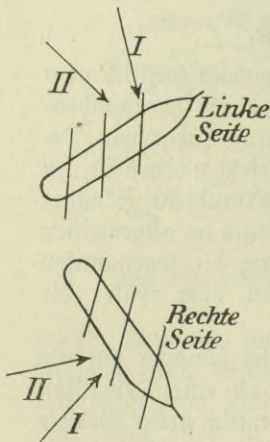
13. Die Kenntnis der Luftdruckverteilung besonders westlich vom Beobachtungsort ist für das rechtzeitige Erkennen eines herannahenden Sturmes von großer Wichtigkeit, da die Stürme meist von Depressionen herrühren, die, wie früher auseinandergesetzt worden ist, im wesentlichen von West nach Ost ziehen. Je größer der Gradient, je näher also die Isobaren aneinander liegen, um so heftiger sind im allgemeinen die Stürme. Erleichtert wird die Vorhersage durch die sogenannten synoptischen Wetterkarten, von denen noch später die Rede sein wird.

Die Stürme der gemäßigten Zonen treten viel häufiger auf als die der Tropen, besonders im Winter, da dann oft eine Depression der anderen folgt. Sie erstrecken sich meist über ziemlich große Gebiete und wandern auch über Länder und Gebirge hinweg, während die tropischen Orkane sich meist auf einen engeren Raum beschränken und fast nur auf den Ozeanen angetroffen werden. Selten erreichen aber die außertropischen Stürme die Heftigkeit der tropischen Orkane. Häufiger als im Bereich der großen Depressionen bilden sie sich im Gebiete von Teiltiefs (Fig. 4) aus, die manchmal rasch wachsen, größer und tiefer werden und schließlich die alte Depression, deren Anhängsel sie waren, verwischen. Über den Meeren sind Stürme häufiger als über dem Lande, entsprechend der Luftdruckverteilung, nach der während des Winters, der sturmreichsten Jahreszeit, große Tiefs über dem Meere zwischen den die Festländer bedeckenden Hochdruckgebieten liegen.



Auf See, wo synoptische Wetterkarten nicht zur Verfügung stehen, ist Aufmerksamkeit auf das Verhalten des Barometers, dessen Fallen Herannahen von Tiefs andeutet, und sinngemäße Anwendung des Buys-Ballotschen Windgesetzes unter sorgfältiger Beobachtung der Änderung der Windrichtung und des Zuges der oberen Wolken die beste Grundlage für das Erkennen einer herannahenden Depression. Dreht der Wind für ein begedreht liegendes Schiff rechts, so befindet man sich vermutlich auf der rechten, dreht er links, so auf der linken Seite des Tiefs, rechte und linke Seite so gerechnet, wie sie erscheinen, wenn man nach der Seite hinsieht, nach der sich die Depression bewegt. (Dreht der Wind auf N-Breite rechts, auf S-Breite links herum, so spricht man von einem *Aus-schießen* des Windes, dreht er auf N-Breite links, auf S-Breite rechts, so jagt man, der Wind *krimpt*). Cirrusgewölk, dessen Zugrichtung sich mit der des

Fig. 19.



Unterwindes kreuzt, deutet auf Herannahen eines Tiefs, und zwar aus der Richtung, aus der auch die Cirruswolken zu kommen scheinen, besonders wenn der Unterwind aus einem der östlichen Quadranten kommt, während auf der Rückseite des Tiefs Unterwind und Zug der oberen Wolken ungefähr übereinstimmen.

Beim Manövrieren in außertropischen Stürmen kommt es für ein modernes Segelschiff meist weniger darauf an, das Zentrum des Sturmfeldes zu vermeiden, als vielmehr den Wind gut auszunutzen und die Segel nicht back zu bekommen. Es ist deshalb im allgemeinen für ein nach W segelndes Schiff ratsam, auf Steuerbordhalsen zu liegen, wenn man sich auf der rechten Seite der Sturmbahn befindet, da hier der Wind rechts dreht. In diesem Falle bekommt das

Schiff raumen Wind (erst Wind I, später Wind II in Fig. 19), läuft nicht Gefahr, die Seen quer zu bekommen, wenn es dem herumgehenden Winde folgt und entfernt sich von der Mitte der Sturmbahn. Dagegen liegt man auf der linken Seite der Sturmbahn besser auf Backbordhalsen, da hier der Wind links dreht. Segelt man ostwärts, so kann es bei vorherrschendem Westwind vorteilhaft sein, die Raaien vierkant zu brassen, um sich so zum Lenzen fertig zu halten.

Diese Regeln, die nur als ganz allgemeine gelten können, bedürfen dringend der Ergänzung durch besondere Regeln über das Verhalten bei den verschiedenen Stürmen der verschiedenen Ozeane. Hierfür ist das eingehende Studium der von



der Deutschen Seewarte herausgegebenen Segelhandbücher der verschiedenen Ozeane unerläßlich.

### Die tropischen Wirbelstürme.

14. Als tropische Wirbelstürme oder tropische Zyklonen bezeichnet man die großen fortschreitenden Wirbelstürme der Tropen, nicht die lokalen, am Orte bleibenden Gewitterwirbel.

Die eigentlichen tropischen Wirbelstürme sind in ihrem Auftreten auf ganz bestimmte Meeresteile beschränkt, kommen auch durchaus nicht in jedem Jahre vor, während in manchen Jahren mehrere sich ereignen. Beim Betreten des Festlandes lösen sie sich meistens bald auf, sind also fast ganz auf die Ozeane beschränkt, wenn sie auch über Inseln und Küstengegenden hinwegschreiten. Hierdurch unterscheiden sie sich wesentlich von den Zyklonen der gemäßigten Zonen.

Die tropischen Wirbelstürme entstehen meist in dem Gebiete der Kalmen zwischen den beiden Passaten, aber nicht in der Nähe des Äquators, sondern jenseits von  $5^{\circ}$  Breite. Ihre Ursprungsstätte verschiebt sich gleichmäßig mit der jahreszeitlichen Verschiebung der Kalmen. Die günstigste Zeit für die Bildung großer Wirbel für beide Erdhälften ist die, in der der Kalmengürtel seine größte geographische Breite erreicht, da dann die ablenkende Kraft der Erdrotation am größten ist und die Bildung kräftiger Wirbel begünstigt. Folglich wird man im Spätsommer und Frühherbst jeder Halbkugel die meisten Wirbelstürme zu erwarten haben, also auf Nordbreite im Juli, August, September, auf Südbreite im Januar, Februar, März. Eine Ausnahme machen die Wirbelstürme des nördlichen Indischen Ozeans, die besonders während der Zeit des Monsunwechsels, also in den Monaten April bis Juni und September bis November, auftreten.

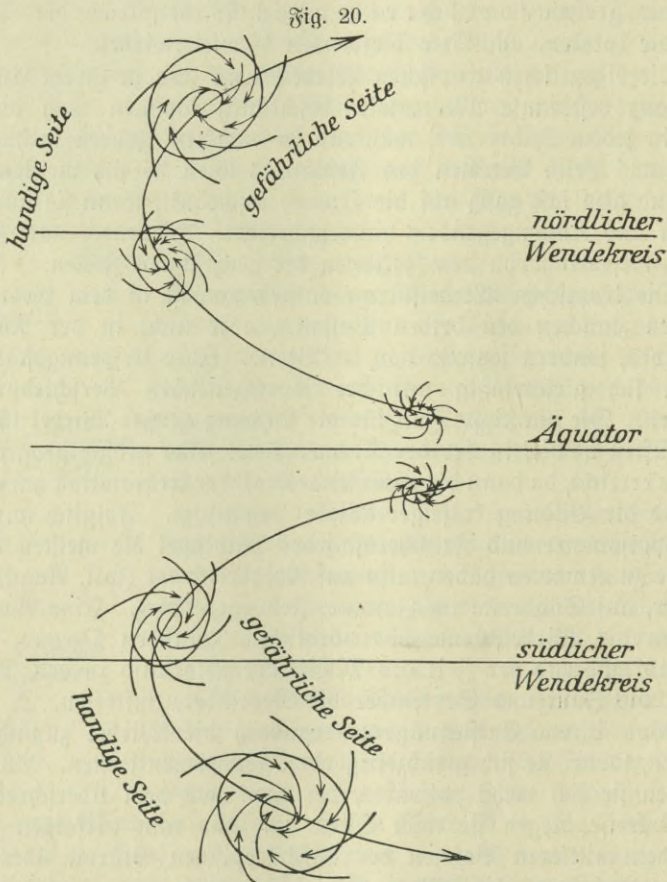
Von ihrem Entstehungsort wandern die Wirbel zunächst nach Westen, wobei sie sich gleichzeitig vom Äquator entfernen. Allmählich wenden sie sich mehr polwärts, bei oder nach dem Überschreiten der Wendekreise biegen sie nach Osten um, und nun verfolgen sie eine mit den mittleren Bahnen der außertropischen Stürme übereinstimmende Richtung (Fig. 20). Sie bilden also eine parabelähnliche Linie, deren Scheitel nach Westen gekehrt ist und in der Nähe der Wendekreise liegt. Nicht alle tropischen Zyklonen erreichen den Scheitelpunkt, manche beschreiben nur Teile dieser Parabel. Die Geschwindigkeit, mit der die Sturmfelder fortschreiten, ist sehr verschieden. Am Anfang beträgt sie oft nur 1 bis 2 Sm in der Stunde, nimmt dann zu, beim Erreichen des Scheitels wieder ab, schließlich wächst sie bis auf 30, ja manchmal auf 60 Sm in der Stunde.

Da bei voll ausgebildeten parabelförmigen Sturmbahnen auf



N-Breite die rechte, auf S-Breite die linke Seite (in der Richtung der Fortbewegung gesehen) im Innern der Parabel liegt, so soll im folgenden auf N-Breite die rechte, auf S-Breite die linke Seite des Sturmfeldes als innere Seite bezeichnet werden.

Die Form des Sturmfeldes ist meist elliptisch oder eiförmig. Die



große Achse der Ellipse liegt in der Bahnrichtung. Der Durchmesser wächst allmählich von etwa 60 Sm auf niederen Breiten bis über 1000 Sm auf höheren.

Im Innern einer Zyklone herrscht der niedrigste Luftdruck, Windstille und ein aufwärts gerichteter Luftstrom. Außerhalb des windstillen Kerns wüten heftige, sehr böige Stürme, die die Mitte in zyklonalem Sinne (also auf N-Breite links, auf S-Breite rechts herum) umkreisen. Auf der inneren und vorderen Seite des Sturmfeldes sind

die Stürme meist am heftigsten. Mit der Entfernung von der Mitte nehmen Windstärke und Böen allmählich ab.

Das Herannahen eines tropischen Wirbelsturmes wird am ersten durch das Barometer erkannt. In den Tropen zeigt an normalen Tagen das Barogramm des Schreibbarometers eine sehr regelmäßige Wellenlinie mit je einem Berge um 10<sup>h</sup> Nm. und 10<sup>h</sup> Nm. und je einem Tale um 4<sup>h</sup> Nm. und 4<sup>h</sup> Nm. Die geringste Störung dieser regelmäßigen Wellenlinie deutet auf das Herannahen einer schweren atmosphärischen Störung. Zu beachten ist, daß das Barometer mitunter etwas steigt, ehe man in die Orkanzone kommt. Mit diesem Steigen, das oft schon 3 bis 4 Tage vor dem Eintreffen des Sturmes einsetzt, ist besondere Klarheit der Luft, tiefblaue Färbung des Himmels und ruhiges, todeses, etwas kühleres Wetter verbunden. Allmählich beginnt das Barometer zu fallen, zeigt dabei aber immer noch die für die Tropen charakteristischen Schwankungen. Gleichzeitig mit dem Fallen setzen auch schon stürmische Winde ein. Der Schiffsführer muß auch bei ganz regelmäßiger Barographenkurve Verdacht schöpfen, wenn in niedrigen Breiten die täglichen Mittelwerte des Barometers merklich abweichen von den Durchschnittswerten des Luftdrucks, wie sie auf Grund vieljähriger Beobachtungen in den von der Deutschen Seewarte herausgegebenen Atlanten der Ozeane verzeichnet sind.

Außer dem Barometer ist das Verhalten der Winde zu beachten. Anzeichen für das Herannahen von Wirbelstürmen sind Änderungen der normalen Windrichtungen, unlaufende Winde oder stürmisches Anschwellen von Passat und Monsun.

Temperatur und Feuchtigkeit beginnen in solchen Fällen allmählich zu steigen, bis schließlich eine schwüle und drückende Hitze herrscht. Die anfangs ungewöhnlich durchsichtige Luft wird trübe. Der Himmel überzieht sich mit einem zarten Cirrusfchleier, der immer dichter wird und um Sonne und Mond Ringe und Höfe bildet. Die Dämmerung verlängert sich, und der Himmel zeigt abends und morgens eine eigentümlich ziegel- oder kupferrote Farbe, die sonst ganz ungewöhnlich ist. Allmählich treten Cirrusfedern auf, die meist von der Wolkenbank des Orkangebietes ausgehen. Die Richtung des Zuges dieser Federn gibt den besten Anhalt für die Lage des Sturmzentrums. Meist ist eine starke Dünung aus der Richtung des Wirbelsturmes her bemerkbar.

Das Fallen des Barometers wird nun immer schneller. Die ferne Wolkenbank steigt höher, nimmt die Form eines runden Schildes an und zeigt am vorderen Rande Fäden von Regentwolken, die Regenschauer und Böen bringen und den Beginn des eigentlichen Wirbelsturmes bedeuten.



Der gefährlichste Teil des Wirbelsturmes liegt in seinem Centrum. Hier setzt plötzlich Windstille ein, und die See läuft aus den verschiedensten Richtungen hoch und wild durcheinander. Die Wolkendecke zeigt Löcher, durch die man Sterne oder den blauen Himmel sieht. Nach Vorübergang des Centrums bricht der Sturm plötzlich wieder mit voller Stärke los, aber aus der entgegengesetzten Richtung.

Man beachte jedoch, daß die Verhältnisse vor und in einem Orkan nicht immer die gleichen sind. Oft sind nicht alle Kennzeichen gleichzeitig vorhanden, sondern nur einzelne. Jedenfalls ist beim Auftreten außergewöhnlicher Wettererscheinungen in den Tropen stets Vorsicht am Platze. Wichtig ist auch hier das sorgfältige Studium der von der Deutschen Seewarte herausgegebenen Segelanweisungen.

Als mittlere Werte für Ausdehnung, Fortbewegung und Marschrichtung der Orkane gibt die Deutsche Seewarte folgende an:

Geographische Breite	10°	20°	30°	über 30°
Durchmesser des Sturmfeldes . . . . .	bis 200 Sm	bis 400 Sm	bis 600 Sm	über 600 Sm
Fortbewegung in Knoten	5 Kn	10 Kn	15 Kn	über 15 Kn

Marschrichtung:

W bis NW in sehr niedrigen nördlichen Breiten	} bis 15° Breite
W = SW = = = südlichen =	
NW = N = etwas höheren tropischen nördlichen Breiten	} bis 23° Breite
SW = S = = = südlichen = =	
N = NE = der Nähe des nördlichen Wendekreises und nördlich davon	
S = SE = = = = südlichen = = südlich =	

Manche Orkane machen alle diese Richtungsänderungen durch, andere begnügen sich mit einer oder zwei Marschrichtungen. Unregelmäßig sind die Orkanbahnen ganz im Anfang der Entstehung des Orkans, wo ihre Marschgeschwindigkeit nur 1 bis 2 Knoten beträgt.

Die wichtigsten tropischen Wirbelstürme sind in der folgenden Tabelle (S. 419) zusammengestellt.

Diese Tabelle stellt nur Mittelwerte dar, von denen Abweichungen sehr oft vorkommen. Bei manchen Wirbelstürmen verschieben sich die Bahnen stark im Laufe der Monate. So entwickeln sich die westindischen Orkane im Juni am weitesten westlich, im August und September am weitesten östlich. Die wahrscheinliche Lage einer solchen Bahn ist also sehr vom Datum abhängig. Es ist daher dringend zu empfehlen, in Orkangebieten die Segelanweisungen der Deutschen Seewarte täglich und sorgfältig zu studieren. Sie geben die beste Auskunft über das, was der Seemann von den Wirbelstürmen wissen muß.

## N ö r d l i c h e H a l b k u g e l

	Atlantischer Ozean	Indischer Ozean		Stiller Ozean	
		Arabischer Meerbusen	Bengalischer Meerbusen	Ostasien	Mexikanische Gewässer
Bezeichnung	Westindischer Orkan	Zyklon <sup>1)</sup>	Zyklon <sup>1)</sup>	Taifun	Orkan
Entstehungs-ort	14° bis 25° N, östlich der Kleinen Antillen	Im östlichen Teile bei den Lakadiven und Malediven	8° — 21° N	5° — 25° N, meist östlich von den Philippinen	5° — 15° N, 90° — 110° W
Scheitel	20° — 30° N	15° — 20° N, meist nicht vorhanden	meist nicht vorhanden	20° — 35° N	Im Mittel auf 20° N, fehlt aber sehr oft
Zeit des Auftretens	Juni bis November, am häufigsten August bis Oktober, vereinzelt auch im Mai	März bis Januar, am häufigsten Mai, Juni, Oktober, November	März bis Januar, am häufigsten im Mai und Oktober	April bis Dezember, am häufigsten Juli bis November, vereinzelt auch im Januar und März	Juni bis Dezember, vorwiegend September, Oktober

## S ü d l i c h e H a l b k u g e l

	Indischer Ozean		Stiller Ozean
Bezeichnung	Mauritius-Orkane	Orkane in der Nähe von Australien	Südsee-Orkane
Entstehungs-ort	In der Nähe der Chagos-Inseln	Zwischen Java und Australien; diese Orkane treten selten auf	Bei den Hauptinselgruppen der Südsee zwischen 5° und 22° S, 140° E und 140° W
Scheitel	15° — 25° S, 55° — 75° E	Wenig beobachtet	Im Mittel 19½° S
Zeit des Auftretens	Oktober bis Juli, hauptsächlich Januar bis März	?	September bis Mai, hauptsächlich Januar bis März

<sup>1)</sup> Der Seemann pflegt einen Wirbelsturm des Indischen Ozeans einen Zyklon zu nennen. Der Sprachgebrauch unterscheidet also Zyklon = Wirbelsturm des nördlichen Indischen Ozeans und Zyklone = Depressionsgebiet mit zugehörigen Winden.



**Allgemeine Regeln für das Verhalten in einem tropischen Wirbelsturm.**

15. Will man die ungefähre Peilung der Orkanmitte wissen, so stelle man sich mit dem Rücken gegen den Wind; dann hat man nach dem Buys-Ballotschen Windgesetz bei:

Wind aus	Orkanmitte auf	
	N-Br.	S-Br.
N . . . . .	ESE	WSW
NE . . . . .	SSE	WNW
E . . . . .	SSW	NNW
SE . . . . .	WSW	NNE
S . . . . .	WNW	ENE
SW . . . . .	NNW	ESE
W . . . . .	NNE	SSE
NW . . . . .	ENE	SSW

Diese Peilungen sind nur als genäherte Werte aufzufassen; sie sind veränderliche Größen, die von der geographischen Breite, der Windstärke und der Fortbewegung des Orkans abhängen.

Die alten allgemeinen Orkanregeln für ein Segelschiff sind einfach, klar und verständlich. Sie lauten:

Dreht der Wind für ein Schiff, das beigedreht hat, rechts herum, so befindet es sich auf der rechten Seite der Sturmbahn; dreht der Wind links, so befindet es sich auf der linken Seite. Ändert der Wind seine Richtung nicht, so befindet man sich auf der Sturmbahn selbst. Nimmt die Windstärke bei fallendem Barometer zu, so nähert sich der Orkan, nimmt sie bei steigendem Barometer ab, so entfernt er sich.

Bei Herannahen der Mitte des Sturmes, also gleichbleibender Windrichtung, soll man den Abstand vom Orkan vergrößern und die handige Seite zu gewinnen suchen. Am schnellsten würde dies geschehen, wenn man den Wind

auf N-Breite von St. B. } etwa 2 Strich vorlicher als dwards  
auf S-Breite von B. B. }

hielte und zugleich viel Fahrt machen könnte. Das ist aber meist nicht möglich, wenn der Wind mit entsprechendem Seegang schon als Sturm weht. In solchen Fällen soll man lenzen, indem man auf N-Breite den Wind soviel wie möglich von St. B., auf S-Breite von B. B. einhält.

Befindet man sich seitlich von der Sturmbahn, so lege man sich



auf solche Halsen, daß der Wind für das Schiff r a u m t, d. h. auf der rechten Seite der Sturmbahn auf St B.-Halsen, auf der linken auf B. B.-Halsen (Fig. 19). Die gefährliche Seite der Sturmfelder aller Orkane ist die vordere innere, da hier die heftigsten Winde wehen und die Schiffe am meisten Gefahr laufen, in das Sturmzentrum hineingetrieben zu werden. Die äußeren Seiten der Sturmfelder sind nicht so gefährlich und werden als handige oder fahrbare bezeichnet.

Alle Schiffe, Dampfer wie Segler, tun gut daran, bei Herannahen eines Orkans rechtzeitig die handige Seite zu gewinnen. Dampfer, die dem Centrum sehr nahe kommen oder nicht mehr rechtzeitig die handige Seite erreichen, drehen gegebenenfalls bei mit dem Kopfe auf die See.

Diese alten Regeln bedürfen einer Ergänzung, die von der Erwägung ausgeht, daß man unter Umständen durch ihre Innehaltung viel Zeit verliert, und daß ein Schiff erst dann Kurs und Fahrt zu ändern braucht, wenn diese es in die Mitte oder in zu große Nähe des Orkans bringen würden. Die Ergänzungsregeln richten sich nach der Reise des Schiffes, den Jahreszeiten und den verschiedenen Ozeanen und finden sich in den Segelanweisungen der Deutschen Seewarte.

Für manche Gegenden sind die Orkanbahnen für einen bestimmten Monat an so wenige, jetzt immer genauer bekannte Richtungen gebunden, daß es dort leichter und sicherer ist, bei Annäherung an einen Orkan dessen Marschrichtung von vornherein nach der bisherigen Erfahrung zu schätzen, als sie durch Beobachtungen von Bord aus bestimmen zu wollen.

Am schwersten für den Kapitän ist immer die Frage zu beantworten, wann Kurs und Fahrt zu ändern sind. Eine solche Änderung bedeutet für ihn ein Opfer, das er, wenn nicht nötig, gern vermeidet, das er aber zu bringen versuchen muß, wenn er noch die Macht hat, es freiwillig zu bringen, ehe er dazu gezwungen wird.

Zur Erkenntnis des rechten Zeitpunktes dienen die alten Orkanregeln, die er wohl kennen muß, die aber nicht ausreichen, nur bis zu einem gewissen Grade; ergänzend hinzutreten müssen die Angaben der Segelanweisungen der Deutschen Seewarte über die nach Monat und Gegend wahrscheinlichen Geschwindigkeiten und Richtungen der Orkanbahnen.

Die Seewarte unterscheidet drei Perioden eines Orkans, die für das Verhalten des Kapitäns maßgebend sind. In der ersten Periode machen sich die ersten Anzeichen größerer atmosphärischer



Störungen bemerkbar. Schon jetzt sehe man in der Segelanweisung die mutmaßliche Marschrichtung und Geschwindigkeit der hier herrschenden Orkane an und vergleiche Stand und Schwankungen des Barometers mit den normalen Werten. Alle Windbeobachtungen trage man übersichtlich in einen Übersegler ein. Jetzt überlege man schon, ob man Kurs und Fahrt beibehalten kann, ob man sie ändern muß, oder ob Weidrehen oder Stoppen genügen würde, wenn wirklich ein Orkan kommen sollte.

In der zweiten Periode weisen die Anzeichen deutlich auf einen Orkan hin. Man kennt auch schon ungefähr die Lage des Sturmzentrums. Das Schiff ist jetzt noch manövrierfähig. Also ist jetzt der Entschluß für richtiges Handeln gekommen, das sich aus den alten Manövrierregeln in Verbindung mit den besonderen Vorschriften der Segelanweisungen ergibt. Die Seewarte sagt hierzu: „Als Richtschnur halte man nur immer fest, daß für das einzelne Schiff immer nur eine einzige Marschrichtung des Orkans in Frage kommt. Durch die Annahme einer veränderlichen Peilung aber einer einzigen Richtung der Bahn des Orkans tritt schneller eine viel größere Klarheit über alle Beobachtungen ein. Zudem entspricht diese Annahme am besten der Wirklichkeit. Je klarer man die ganze Lage übersieht, um so sicherer wird man jetzt auch in der Wahl des besten Manövers sein.“

In der dritten Periode ist das Schiff manövrierunfähig. Man kann nichts weiter tun als abwarten, bis sich der Orkan vom Schiff entfernt.

### **Einige für die Schifffahrt wichtige örtliche Stürme.**

16. Unter Umständen für die Schifffahrt besonders gefährlich sind die stoßförmigen Winde, von denen zwei Haupttypen unterschieden werden können, die Böen und die Tromben (Wind- oder Wasserhosen).

Die eigentlichen Böen sind von den böigen Winden scharf zu unterscheiden. Mit dem Ausdruck der böigen Winde wollen wir nur die häufigen Verstärkungen eines an sich schon starken Luftstromes bezeichnen. Unter den eigentlichen Böen versteht man dagegen nur solche großen Stoßwinde, die sich deutlich gegen die vor ihnen wehenden schwachen und zum Teil anders gerichteten Winde abheben und sich in jedem Augenblick über einen bandförmigen Raum der Erdoberfläche erstrecken. Dieser Raum kann sich auf mehrere hundert Kilometer in der Breite erstrecken, während er in der Fort-



pflanzungsrichtung der Böe nur geringe Ausdehnung besitzt. So hatte nach Köppens Untersuchung die heftige Böe vom 9. September 1913, bei der das Luftschiff  $L_1$  nordwestlich von Helgoland seinen Untergang fand, einen bandförmigen Raum inne, der etwa 120 km breit und 12 km tief war. Wegen der schmalen, fast linienartigen Ausdehnung, die sie in jedem Augenblick besitzen, werden solche Böen auch als *Linienböen* bezeichnet. Sie sind es, die hier allein in Frage kommen.

Die Linienböen sind ganz ähnliche Erscheinungen wie die *Frontgewitter*, deren elektrische Erscheinungen nur als besondere Begleiterscheinungen aufzufassen sind. Sie befinden sich oft an dem vorwärts dringenden Rande eines ausgedehnten kalten Luftgebietes, das in einen davor liegenden warmen Raum einbricht. Häufig sind Rinne oder V-förmige Ausläufer eines Tiefs (Fig. 4) der Sitz von Linienböen, die zusammen mit jenen in östlicher Richtung fortschreiten. Das Barometer pflegt in solchen Fällen vor der Böe mehrere Stunden hindurch zu fallen, um dann während des Sturmes erst plötzlich, dann langsam zu steigen. Das Barogramm zeigt dann eine Luftdruckstufe, der eine ebenso steile räumliche Druckstufe an der Rückseite der erwähnten Rinne entspricht. — Nicht selten kommen mehrere Gewitterböen rasch hintereinander.

Nicht alle echten Linienböen sind am Boden von einem Einbruch kalter Luft begleitet. So verlaufen in der Nacht auch solche Böen, die eine starke Druckschwankung aufweisen, gewöhnlich ohne bedeutende Temperaturänderung, da sich dann ein Teil des Vorganges in der Höhe über der am Erdboden liegenden schwereren erkalteten Luft abspielt.

Innerhalb eines und desselben Böenbandes zeigen sich häufig einzelne Stellen von erhöhter Stärke. So kommt es oft stellenweise zu Hagelbildung, aber nur auf kleineren Stücken des Bandes, die dann bei ihrem Weiterziehen lange Zerstörungstreifen, oft nur von 2 bis 4 km Breite hinterlassen. Die Längsrichtung dieser Streifen liegt annähernd quer zum Böenbande. Desgleichen ordnen sich die Orte mit Sturmschäden oft in Linien an, die rechtwinklig zum Böenbande in der Richtung ihres Fortschreitens liegen.

Besonders kennzeichnend für eine Linienböe ist die *schwere Wolke* und der Regen, Schnee oder Hagel, die den Windstoß begleiten. Naht eine Böe heran, so sieht man einen tief hängenden *Wolkenwulst*, den man als *Wolken-* oder *Gewitterfragen* bezeichnet. Dieser bildet den vorderen und seitlichen Rand eines unter ihm sichtbaren gleichförmigen, grauen Segmentes, das je nach der Beleuchtung heller oder dunkler erscheint als der *Wolkenwulst*, und aus



welchem Regen herabfällt. Ist der Himmel vor Auftreten der Böe schon sehr bedeckt oder die Luft unsichtig, so ist dieser Aufbau der Böenwolke manchmal nicht deutlich zu erkennen. Mit der Böe verbunden ist oft ein Ausschließen des Windes, aber nicht immer. Es sind Böen beobachtet, denen, nachdem der Wind vorher gekrimpt hatte, das Ausschließen stundenlang vorherging, so daß die Böe nur in einer Verstärkung des ausgeschlossenen Windes bestand.

Die meisten Linienböen können durch guten Ausguck an Bord unschädlich gemacht werden.

Böen von besonderer Art sind die aus NW kommenden, nachmittags von März bis Mai oft einsetzenden *Nordwester* in der Bengalischen Bucht, die von September bis April an der südlichen und südöstlichen Küste von Australien auftretenden *Burster*, die als schwere Böen von 1 bis 3 Stunden Dauer aus Süd wehen, die *Bora*, die vorwiegend während des Winterhalbjahres als trockener, schneidend kalter Wind aus NNE und E vom Gebirge her auf den nördlichen Teil des Adriatischen Meeres herabstürzt, der *Mistral* der französischen Mittelmeerküste, der auch hauptsächlich im Winter auftritt und als kalter, heftiger NW von den Hochflächen Frankreichs auf das Meer hin weht, und andere.

Mit Böen verbunden sind ferner die *Bizzards* an der Ostküste Nordamerikas, die als Schneestürme im Winter oft mehrere Tage lang aus NW wehen.

Zu beiden Seiten des Äquators liegt das Gebiet der *afrikanischen Tornados*, die an der Westküste von Afrika meist in den Monaten März bis April und Oktober bis November auftreten. Es sind heftige Sturzwinde, die sich durch eine von Osten her gegen den Unterwind heraufziehende schwere Wolkenwand ankündigen. Der vordere obere Rand der Wolke hebt sich scharf gegen den blauen Himmel ab. Allmählich nimmt sie die Form eines Pilzes an. Das Barometer steigt manchmal. Ist die Wolke 40 bis 60° hoch, so beginnt der Sturm mit einer schweren Böe aus NE. Strömender Regen und heftige Gewitter begleiten ihn oft. Nach mehrstündiger Dauer dreht der Wind durch E und SE wieder nach SW und W. Während eines Tornados zeigt das Barometer keine wesentlichen Schwankungen.

Mit dem Namen *Pampero* bezeichnet der Seemann die in der Nähe der La-Plata-Mündung auftretenden Stürme, die in der Zeit von Juni bis Oktober am häufigsten vorkommen. Vor ihrem Einsetzen wehen meist schwache nördliche und nordöstliche Winde bei großer Wärme und fallendem Barometer. Dann fängt der Himmel an, sich im SW zu beziehen. Bald zieht aus SW mit ziemlicher Ge-



schwindigkeit eine eigentümliche Wolkenbank hoch. Der Wind wird unbeständig und schießt plötzlich in einer schweren Böe nach SW aus. Er weht einige Zeit bei rasch steigendem Barometer, stark fallender Temperatur, Regen und Gewitter aus dieser Richtung, dreht dann nach S und SE und flaut hierbei bald ganz wieder ab.

Gewissermaßen Spiegelbilder der Pamperos sind die *Norder* im Golf von Mexiko, die hier hauptsächlich in den Monaten November bis Februar auftreten. Zunächst setzen warme südliche Winde ein, die einige Tage anhalten. Im N und NW zeigen sich dann schwarze Wolken mit Wetterleuchten. Ein Wolkenschleier beginnt den ganzen Himmel zu überziehen. Der Wind geht zuerst allmählich, dann in einer heftigen Böe nach SW, W und NW herum. In ENE stirbt er gewöhnlich ab. Ein neuer *Norder* tritt selten ein, ohne daß der Wind aufs neue alle Quadranten durchlaufen hätte, was gewöhnlich 1 bis 3 Wochen in Anspruch nimmt. Pampero und *Norder* können als Sonderfälle von Böen großen Maßstabes gelten.

Gefährlicher als die durch Ausguck meist rechtzeitig zu erkennenden Böen sind die *Windstöße*, die ohne Warnung das Schiff aus heiterem Himmel treffen. Solche werden von den Engländern als „*white squalls*“ bezeichnet.

Weit rätselhaftere Erscheinungen als die Böen sind die *Tromben*, die *Wind-* oder *Wasserhosen*. Sie entstehen oft in der Wolkengegend als kleine, aber außerordentlich heftige Wirbel, die sich allmählich trichterförmig nach unten verlängern und manchmal den Erdboden erreichen. In ihrer Mitte herrscht so niedriger Luftdruck, daß in ihr häufig Staub, Wasser und feste Gegenstände in die Höhe gesaugt werden. Wandern sie über das Meer hin, so entstehen *Wasserhosen* dadurch, daß im Innern des Wirbels durch den aufsteigenden Luftstrom der Wasserdampf der Luft kondensiert oder das Wasser des Meeres durch die saugende Wirkung des niedrigen Luftdrucks in die Höhe gehoben wird.

Zu den *Tromben* gehören u. a. die *nordamerikanischen Tornados*, die hauptsächlich am Tage während der heißen Jahreszeit auftreten. Ihr Durchmesser beträgt oft nur einige hundert Meter, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit und ihre zerstörende Kraft sind aber sehr groß.

Zu den in gewissen Gegenden besonders häufig auftretenden Winden von nicht ausgesprochen böigem Charakter gehören der *Scirocco* und der *Harmattan*.

Der *Scirocco* ist ein eigentümlich heißer trockener Wind aus südlicher Richtung, der im westlichen Teile des Mittelmeeres zu allen Jahreszeiten vorübergehend austritt, am



drückendsten aber in den Monaten Juli und August. Die Dauer des Windes währt zwischen wenigen Stunden und drei Tagen. Oft führt er große Mengen Staub mit, die aus der Sahara stammen. Hat er ausgeweht, so folgt meist nach kurzer Windstille NW-Wind mit leichtem Regen. — Der Scirocco des Adriatischen Meeres ist ein feuchter, warmer, stürmischer Wind aus SE, der besonders oft im Frühling und Herbst auftritt. Hervorgerufen wird er durch die Wechselwirkung zwischen einer Depression über NW-Europa und einem Hoch über der Balkanhalbinsel oder Kleinasien oder durch Depressionen über Südwesteuropa, deren Teilbildungen in den Bereich des Mittelmeeres gelangen.

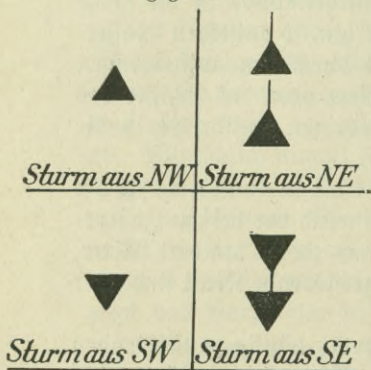
Der Harmattan ist ein dem Scirocco des westlichen Mittelmeeres ähnlicher Wind. Er tritt als heißer östlicher bis nordöstlicher Landwind an der Westküste von Nordafrika besonders in den Monaten Dezember und Januar auf, wenn über der Sahara ein Hochdruckgebiet liegt, während auf dem angrenzenden Meere niedriger Luftdruck herrscht. Sein Gebiet reicht von Madeira bis zum Gabunfluß. Auch er führt oft Wüstenstaub weit auf das Meer hinaus.

### Siebenter Abschnitt.

## Wetterdienst und Sturmwarnungen.

17. Um die Voraussage des kommenden Wetters zu erleichtern, läßt sich die Deutsche Seewarte von einer großen Zahl meteorologischer

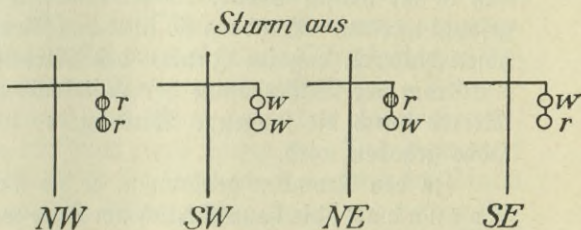
Fig. 21.



**Atmosphärische Störung**

Tagessturmwarnung.

Fig. 22.



Nachtsturmwarnung.

r = rote, w = weiße Laterne. Eine oder zwei rote Laternen neben einander = atmosphärische Störung.

Landstationen dreimal täglich meteorologische Beobachtungen telegraphieren, auf Grund deren es möglich ist, sog. synoptische (d. h. gleichzeitig überblickbare) Wetterkarten von Europa herzustellen. Diese Karten sollen Augenblicksbilder der

Wetterlage geben. Sie enthalten die Isobaren, die Tief- und Hochs, Isothermen und für die einzelnen Beobachtungsstationen Windrichtung und Stärke, Bewölkung, Niederschläge, kurze Schilderung der Wetterlage und Vorhersage des Wetters für den nächsten Tag. Die Windstärken nach Beaufort lassen sich aus der Fiederung der Windpfeile erkennen.

Die an den einzelnen Stationen herrschenden Winde sind durch Pfeile gekennzeichnet. Diese Pfeile fliegen mit dem Winde, und ihre Befiederung gibt die Windstärke nach Beaufort in der Weise an, daß ein halber Fiederungsstrich Windstärke 1, ein ganzer Windstärke 2, anderthalb Windstärke 3 usw. bedeutet. Die Pfeilspitze liegt in dem kleinen Kreis, der die Lage der Station auf der Karte angibt. Hier- nach wird z. B. Westwind Stärke 7 in dieser Weise gekennzeichnet:



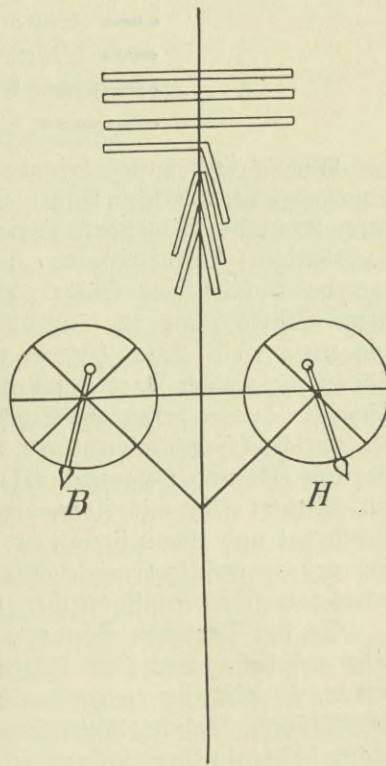
Aus dem Vergleich mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender Karten lassen sich Schlüsse über die Richtung ziehen, die die Tief- und Hochs vermutlich in den nächsten Tagen einschlagen werden.

Auch andere Länder haben meteorologische Institute, die tägliche Wetterkarten herausgeben. Die Vereinigten Staaten von Nordamerika hatten 1914 schon begonnen, Wetterkarten für die ganze nördliche Halbkugel herauszugeben.

Für die Schifffahrt haben diese Einrichtungen besonderen Wert bekommen, seitdem man begonnen hat, funktentelegraphische Wetternachrichten auszusenden, die von den Schiffen auf See aufgenommen werden können.

Um die Schiffe vor gefährlichen Stürmen zu warnen, hat man an vielen Punkten der Küste Sturmwarnungsstellen eingerichtet, die von der Deutschen Seewarte telegraphisch über heranziehende Depressionen und Stürme unterrichtet werden. Diese Warnungen werden öffentlich ausgehängt, außerdem aber durch Signale, die an Signal-

Fig. 23.





maften geheit werden, weithin ſichtbar gemacht (Fig. 21 u. 22). Auf See befindliche Schiffe erhalten funkentelegraphiſche Sturmwarnungen, die die mit funkentelegraphiſchen Empfangsapparaten verſehenen Schiffe aufnehmen und an die übrigen Schiffe durch Sturmſignale weitergeben, bei Tage durch Bälle und Regel (Fig. 21), bei Nacht durch Morſezeichen mit der Laterne. Es bedeutet dann:

- Signalball
- Sturm aus NW
- Sturm aus SW
- Sturm aus NE
- Sturm aus SE.

Wichtig ſind ferner beſonders für kleinere Fahrzeuge die Windſemaphoren der deutſchen Küſte. Sie geben durch Wagerechthtellen drehbarer Arme die Windſtärke zweier benachbarter Orte nach der halben (ſechſteiligen) Beaufortſkala. Ein Arm bedeutet danach Stärke 2 nach der zwölfteiligen Skala. An der Oſtſee bedeuten 4 horizontale Arme Stärke 7 bis 12. Die Windrichtung wird durch einen Pfeil angegeben (Fig. 23). Hierbei iſt zu beachten, daß an dem Windrichtungszeiger der Nordſee für ſtromabwärts fahrende Schiffe, an der Oſtſee für in See befindliche Schiffe Oſt rechts liegt. Die Semaphoren der Nordſee (Hohewegleuchtturm und Cuxhaven) geben die Winde von Borkum (B) und Helgoland (H), die der Oſtſee von Brüſterort (B) und Rixhöſt (R) mit Ausnahme von Memel, wo die Winde von Brüſterort und Libau ſignaliſiert werden. Fig. 23 gibt ein Bild des Semaphors des Hohewegleuchtturms, welcher einem die Weſer abwärts fahrenden Schiffe meldet: Borkum SSW 8, Helgoland SSE 6.

Da der Deutſchen Seewarte daran liegt, die Witterungsverhältniſſe auf hoher See zum Segen der Schifffahrt genauer kennen zu lernen, ſo gibt ſie meteorologiſche Tagebücher heraus, in die die Schiffsführer tägliche Wetterbeobachtungen eintragen. Dieſe Tagebücher bilden in ihrer Geſamtheit die wichtigſte Grundlage für unſere Kenntniß des Wetters auf den Ozeanen.

## 6. Teil. Meereskunde.

Erster Abschnitt.

### Geschichte und Organisation.

#### Die Forschungsgeschichte.

1. Die Entdeckung der einzelnen Meeresgebiete und die Kenntnis ihrer räumlichen Ausdehnung ist meist nur eine Nebenerscheinung in der Entdeckung der Festländer. Mit der Festlegung der Küstenumrisse der Kontinente und Inseln gewann man im Laufe der Jahrhunderte eine Kenntnis der Flächenausdehnung des Meeres; die Erforschung seiner Tiefen, seiner physikalisch-chemischen Eigenschaften und seiner Bewegungen gehört zum größten Teil der Neuzeit an. Nur in der Nähe der Küsten, die vom Handel berührt wurden, lernte man auch die vorgelagerten Untiefen kennen und benutzte schon im Altertum, wie uns Herodot, die Bibel u. a. überliefert haben, das Senkblei, um sich über die Nähe der Küste zu unterrichten. Über die Tiefe der Ozeane hatte man im Altertum und Mittelalter nur unklare Vorstellungen. Wohl ist hin und wieder das Lot auch auf hoher See in die Tiefe gesenkt worden, aber die erste sichere Nachricht über eine Tiefseelotung stammt erst aus dem Jahre 1773, in dem es Kapitän Bhipps mit mehreren aneinandergebundenen Lotleinen gelang, in 65° N-Br. und 2° 21' O-Lg. in 1250 m Grund festzustellen und eine Probe vom Meeresboden heraufzubefördern. Aber es vergingen noch viele Jahrzehnte, ehe sich die Technik der Tiefseelotung entwickelte, und noch im Jahre 1845 mußte Alexander von Humboldt im Kosmos sagen, daß die Tiefe des Ozeans und die Höhe des Luftmeeres uns unbekannt seien. Bald darauf, in den Jahren 1851 bis 1853, legte zum erstenmal das amerikanische Vermessungsschiff „Dolphin“ mehrere Lotungsreihen im Atlantischen Ozean, und 1855 veröffentlichte Maury, der Urheber dieser Forschungen, die erste Tiefenkarte dieses Ozeans.

Eine Haupttriebkraft zur Erforschung der Meerestiefen wurde dann der Gedanke, die Kontinente durch unterseeische Kabel zu verbinden, wozu man die Kenntnis der Tiefen gebrauchte. Nachdem es Ende der fünfziger Jahre geglückt war, die Verbindung zwischen



Europa und Nordamerika herzustellen, sind in der Folgezeit die Haupthandelszentren der Welt durch ein Kabelnetz verbunden worden. Da zu jeder Kabellegung Hunderte, oft Tausende von Lotungen erforderlich sind, so verdankt die Meereskunde die Kenntnis des Reliefs des Meeresbodens zum größten Teil der Arbeit der Kabeldampfer. Aber die Kabeldampfer loten immer nur bestimmte, geradlinige Verbindungen aus, auch schenken sie dem Inhalt der Meeresbecken nur in seltenen Fällen ihre Aufmerksamkeit. Diese Lücken werden nun durch selbständige Expeditionen, die die Erforschung des Meeres selbst zum Haupt- oder Nebenzweck haben, ausgefüllt; an ihnen haben sich alle Kulturstaaten beteiligt, sei es durch Tiefsee-Expeditionen oder durch Entsendung von Schiffen der Kriegsflotte, die für Tiefseeforschungen ausgerüstet waren oder auch durch Polarexpeditionen, die während der Seefahrt meereskundliche Forschungen betrieben. Aus der großen Zahl der Expeditionen seien hier einige größere, unter Hervorhebung des deutschen Anteils, aufgeführt.

Grundlegend für unsere Kenntnis des Meeres ist die Forschungsreise der von der englischen Regierung ausgesandten Fregatte „Challenger“ gewesen, die in den Jahren 1872—1876 auf einer Durchkreuzung aller drei Ozeane mit einem Stab von Gelehrten an Bord ein reiches Material aus allen Tiefen über die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Meeres und seine Tierwelt sammelte. Fast zu gleicher Zeit (1874—1876) fand von deutscher Seite aus die Weltumsegelung der Korvette „Gazelle“ statt, die gleichfalls sehr wertvolle ozeanographische Ergebnisse erzielte. Von Norwegen seien die Forschungen der „Vöringen“ (1876—1878) im Nordatlantischen Ozean, sowie Nansens Arbeiten auf der „Fram“ im Nördlichen Eismeer (1893—1896), von Amerika die Arbeiten der Schiffe „Blake“, „Albatross“ und „Tuscarora“ im Atlantischen und Stillen Ozean erwähnt. Rußland entsandte 1886—1889 das Kriegsschiff „Vitiaz“ auf eine Weltreise unter Makaroff, Österreich erforschte mit dem Forschungsschiff „Pola“ in den neunziger Jahren das Mittelmeer und Rote Meer, und der Fürst von Monaco hat viele Jahre hindurch zahlreiche Untersuchungen mit seinen Yachten im Atlantischen Ozean ausgeführt.

Neben der „Gazelle“-Expedition und den Untersuchungen der Kriegsschiffe „Pommernia“ (1871—1872) und „Drache“ (1881—1884) in den heimischen Meeren haben die Vermessungsschiffe der Kaiserlichen Marine „Planet“ und „Möwe“, beginnend mit dem Jahr 1906, meereskundliche Forschungen in großem Maßstabe betrieben. So verdanken wir „Planet“ die Feststellung der größten bislang bekannten Meerestiefen im Indischen und Stillen Ozean,



auch haben beide Schiffe wertvolle Beiträge zur Kenntnis der physikalisch-chemischen Eigenschaften der Tiefsee geliefert. Neben diesen Unternehmungen der Marine sind zu erwähnen die Plankton-Expedition auf dem Dampfer „National“ im Atlantischen Ozean (1889), ferner die groß angelegten Untersuchungen der „Baldivia-Expedition im Atlantischen und Indischen Ozean (1898 bis 1899), schließlich die ozeanographischen Forschungen auf den Südpolar Schiffen „Gauß“ (1901—1903) und „Deutschland“ (1911 und 1912).

Neben diese fast ausschließlich die Tiefsee erforschenden Expeditionen ist seit 1902 die internationale Meeresforschung für die nordeuropäischen Meere getreten, die zum Ziel hat, die Lebensbedingungen der Nuffische und ihre Abhängigkeit von Temperatur, Salzgehalt, Strömung u. a. zu ergründen. Deutschland hat sich an diesen Untersuchungen mit dem Dampfer „Poseidon“ beteiligt, der seit 1902 Jahr für Jahr in Nordsee und Ostsee tätig gewesen ist und wesentlich zur Kenntnis der heimischen Meere mit beigetragen hat.

### Die nautischen Behörden und ihre Veröffentlichungen.

2. Unsere Kenntnis von den Naturerscheinungen des Meeres beruht nun keineswegs allein auf den von einzelnen Expeditionen ausgeführten Untersuchungen, vielmehr, soweit die Meeresoberfläche in Betracht kommt, in erster Linie auf den von Handelsschiffen gemachten regelmäßigen Beobachtungen, die im meteorologischen Tagebuch des Schiffes auf jeder Wache verzeichnet werden. Die Tagebücher werden den Hydrographischen Ämtern eingesandt, die sämtliches Material, das über die Erscheinungen der Meeresoberfläche und der Küsten gesammelt worden ist, bearbeiten und durch Veröffentlichungen der Allgemeinheit nutzbar machen, wobei neben der wissenschaftlichen Bearbeitung stets die Förderung der Seeschifffahrt berücksichtigt wird. Bahnbrechend wirkte hier durch seine Organisation der amerikanische Schiffsoffizier *Mary* (1806—1873), der durch systematische Sammlung und Bearbeitung von Einzelbeobachtungen die Kenntnis der maritimen Meteorologie förderte und zum Nutzen der Seeschifffahrt verwandte. In Deutschland ist die Zentralstelle für die Sammlung und Bearbeitung der auf See gewonnenen Beobachtungen die Deutsche Seewarte in Hamburg (G. v. Neumayer 1875), in Amerika das Hydrographic Office in Washington, in Holland das Niederländische Meteorologische Institut in Utrecht usw. Die von der Deutschen Seewarte für die Schifffahrt herausgegebenen Veröffentlichungen sind sehr zahlreich, einige der wichtigsten



seien hier angeführt. In erster Linie sind zu nennen die drei Segelhandbücher nebst dazugehörigen Atlanten für den Atlantischen, Indischen und Stillen Ozean. Wenngleich diese Bücher in erster Linie für den Gebrauch an Bord der Segelschiffe bestimmt waren, so werden sie auch heute noch mit Nutzen zu Rate gezogen werden. Kürzer, und besonders den Interessen der Dampfschiffahrt dienend, ist das Dampferhandbuch für den Atlantischen Ozean, das ergänzt wird durch die Monatskarten für den Atlantischen Ozean, die stets die neuesten Eismeldungen und andere meteorologische oder hydrographische Mitteilungen enthalten. Für den Indischen Ozean liegen gleichfalls zwölf Monatskarten vor sowie ein Atlas, der ausschließlich die Meeresströmungen im Indischen Ozean zur Darstellung bringt. Für die heimischen Meere sind Vierteljahrskarten für die Nordsee und Ostsee sowie ein Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme für das Gebiet der Nordsee und der britischen Gewässer veröffentlicht. Ferner sei hingewiesen auf die täglichen Wetterberichte der Deutschen Seewarte und auf die Zeitschrift „Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie“.

Das Nautische Departement des Reichs-Marine-Amtes pflegt die Küstenkunde und gibt im Zusammenhange hiermit die Seehandbücher für die kleineren Meeresteile und für die einzelnen Küstestrecken nebst ihren Häfen heraus. Von ihm geht auch die Vermessung unbekannter Küsten sowie der heimischen Küsten aus, sowie vor allem die Herausgabe des Seekartenwerkes. Während früher die deutsche Schiffahrt vornehmlich auf englische Veröffentlichungen angewiesen war, liegt heute ein reichhaltiges und zuverlässiges deutsches Material vor, das in den Haupthäfen zu erhalten ist.

## Zweiter Abschnitt.

### Horizontale und vertikale Gliederung des Meeres.

#### Die horizontale Gliederung der Meeresfläche.

3. Von der Verteilung des Festen und Flüssigen auf unserer Erdkugel gewinnt man die beste Vorstellung, wenn man einen Globus betrachtet. Man erkennt leicht, daß der größte Teil der Erdoberfläche von Wasser bedeckt ist, das die gesamten Landmassen umschließt und ein zusammenhängendes Ganzes, das Weltmeer, bildet. Die große Wasserfläche wird durch die aus ihr sich erhebenden Kontinente und Inseln in Einzelmeere gegliedert, die wir in zwei Hauptgruppen

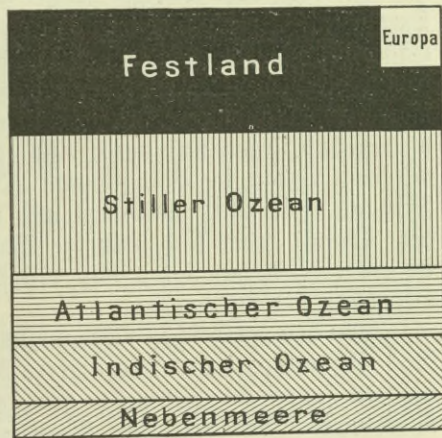


trennen: In die großen, selbständigen Ozeane und die von diesen abhängigen Nebenmeere, die mehr oder weniger von Landmassen eingeschlossen sind.

Wir unterscheiden drei Ozeane, den Atlantischen, den Indischen und den Stillen oder Pazifischen Ozean. Das Nördliche Eismeer, früher meist als selbständiger Ozean gezählt, rechnen wir als Nebenmeer zum Atlantischen Ozean, von dem es an Größe sechsmal übertroffen wird, die Grenze zwischen Atlantischem und Stilleem Ozean bildet im Norden die Beringstraße. Im Süden stoßen alle drei Ozeane zusammen und haben als Grenze gegen den Südpol das antarktische Festland; gegeneinander grenzt man sie meist durch die Meridiane der Südspitzen der Kontinente ab, und zwar durch den Meridian des Kap Agulhas (20° O=Lg.), des Südkaps von Tasmanien (170° O=Lg.) und des Kap Horn (67° W=Lg.). Ebenso wie im hohen Norden trennte man früher auch im Süden einen selbständigen Ozean, das Südliche Eismeer, durch den südlichen Polarkreis ab; durch den neuerdings gesicherten Nachweis eines großen antarktischen Kontinents ist auch der Begriff eines südlichen Eismeres hinfällig.

Die Wassermasse der drei Ozeane ist höchst ungleichartig auf die Erdoberfläche verteilt, indem in den mittleren südlichen Breiten die Meeresfläche, in den mittleren nördlichen Breiten das Festland vorherrscht. Halbirt man die Erdkugel nicht durch den Äquator oder einen Meridian, sondern durch einen andern größeren Kreis derart, daß auf der einen Halbkugel möglichst viel Landfläche, auf der andern möglichst viel Wasserfläche vereinigt ist, dann erhält man eine Landhalbkugel, deren Pol in Nordfrankreich liegt, und eine Wasserhalbkugel mit einem Pol südöstlich von Neuseeland. Auf der Landhalbkugel, der Europa, Afrika, Asien und Nordamerika angehören, sind annähernd gleiche Flächen von Festland und Wasser bedeckt,

Fig. 1.



Landfläche . . . . .	149	Mill.	qkm.
Europa . . . . .	10	=	=
Stiller Ozean . . . . .	166	=	=
Atlantischer Ozean . . . . .	82	=	=
Indischer Ozean . . . . .	73	=	=
Nebenmeere . . . . .	40	=	=



während im Gegensatz auf der Wasserhalbkugel nur 10 % vom Festland eingenommen und 90 % vom Meer bedeckt werden.

Das Größenverhältnis zwischen Festland und Meeresfläche sowie zwischen den einzelnen Ozeanen wird durch Fig. 1 veranschaulicht. Von der gesamten Erdoberfläche (510 Millionen qkm) sind nur 29 % Festland, während 71 % vom Meer bedeckt werden. Deutlich zeigt unsere Abbildung die überragende Größe des Stillen Ozeans, das von ihm eingenommene Areal ist größer als dasjenige aller Kontinente und Inseln zusammengenommen und ebenfalls größer als die Summen des vom Atlantischen und Indischen Ozean bedeckten Areals.

Zu mehr oder weniger großer Abhängigkeit von den selbständigen Ozeanen stehen die Nebenmeere, die insgesamt noch nicht die Hälfte der vom Atlantischen Ozean bedeckten Fläche einnehmen. Man trennt die Nebenmeere in der Regel in zwei Hauptgruppen: Mittelmeere und Randmeere. Erstere liegen fast ganz inmitten von Landmassen und stehen nur durch eine oder mehrere Straßen oder Sunde mit dem Ozean in Verbindung. Die Randmeere sind dagegen dem Festland meist nur angelagert und in unmittelbarer Verbindung mit dem Ozean, daher sind auch die Wassermassen in diesen Randmeeren in größerer Abhängigkeit von den Ozeanen und ihnen ähnlicher als diejenigen der Mittelmeere.

Von den zahlreichen Nebenmeeren seien hier nur einige angeführt. Das Gesamtareal der Nebenmeere beträgt etwa 40 Millionen qkm, hiervon fallen 30 Millionen qkm auf die Flächen der vier großen Mittelmeere: das Nördliche Eismeer, das Mittelländische Meer, das Amerikanische und das Australasiatische Mittelmeer; kleinere Mittelmeere sind: die Hudson-Bai, Ostsee, das Rote Meer und der Persische Golf. Randmeere sind: Bering's-, Schotskisches, Japanisches, Ostchinesisches und Kalifornisches Meer, die Nordsee und der St. Lorenz-Golf, auch das Weddell-Meer und das Roß-Meer auf der südlichen Halbkugel sind als den großen Ozeanen angelagerte kleinere Meeresgebiete hierzu zu zählen.

### Die Bodengestaltung der Ozeane.

4. Die Messung großer Meerestiefen. Die Feststellung geringer Meerestiefen während der Fahrt des Schiffes ist an anderer Stelle behandelt; bedeutend schwieriger ist die Tiefseelotung, deren Technik in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in ihren Anfängen von den Amerikanern unter Maury's Führung entwickelt worden ist. Zu den ersten Lotungen gebrauchte man dicke Hanfseinen, mit sehr schweren Gewichten belastet, bei denen



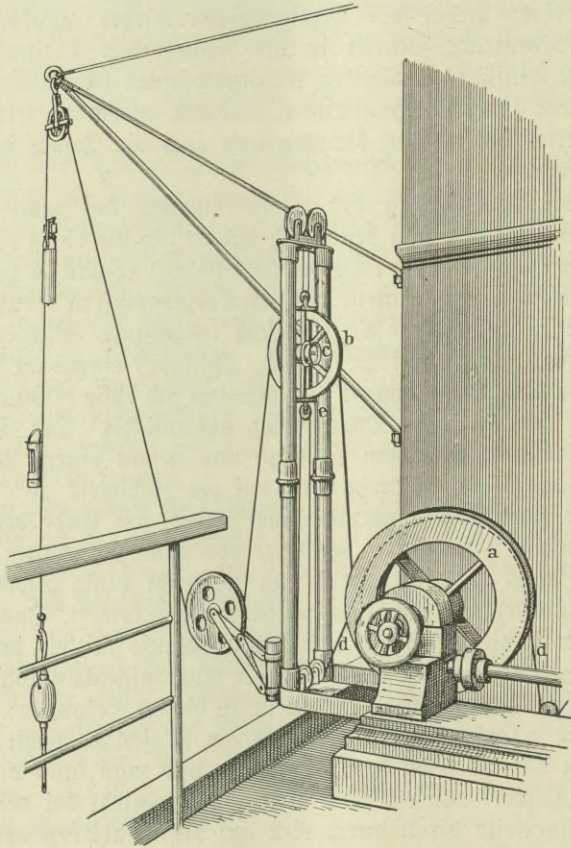
man die Grundberührung nur durch die Verlangsamung des Auslaufs der Lotleine erkennen konnte, später versenkte man Kanonenkugeln an dünnen Bindfäden, die nach der Grundberührung abgeschnitten wurden. Einen weiteren Fortschritt bedeutet die Erfindung des Amerikaners Brooke, der das Lotgewicht so an dem Lotkörper befestigte, daß es bei der Grundberührung abfiel, indessen die Lotröhre mit einer Probe des Meeresbodens wieder aufgeholt wurde. Der letzte bedeutende Schritt in der Technik der Tiefseelotung bestand in der Einführung dünnen Gußstahldrahtes (Klaviersaitendraht) an Stelle der schweren Hanfleinen, wodurch wiederum leichtere Lotgewichte verwendet werden konnten und auch die Dauer der Lotung abgekürzt wurde.

Für die Ausführung der Tiefseelotungen hat man besondere Maschinen konstruiert, von denen sich namentlich die *Sigsbee*- und die *Lucas-Lotmaschine* bewährt haben; erstere ist vornehmlich von Expeditionen, letztere meist von den Kabeldampfern benutzt worden. Umstehende Fig. 2 zeigt die mehrfach umgebaute *Sigsbee*-Maschine in der Form, wie sie auf S. M. S. „Planet“ eingebaut war. Auf einer starken Stahlgußtrommel „a“ befinden sich etwa 8000 m Klaviersaitendraht von 0,8 mm Durchmesser aufgewickelt. Der Draht geht von der Trommel über ein Meßrad von genau einem Meter Umfang „b“, das seine Umdrehungen auf ein Zählwerk „c“ überträgt, ferner über zwei Führungsrollen ins Meer; am Ende des Drahtes ist ein hanfener Vorläufer befestigt, der zum Anbringen von Instrumenten dient und verhindert, daß der leicht Rinne bildende Draht bei der Grundberührung auf den Boden zu liegen kommt. Das Wichtigste beim Loten ist die Regelung des Drahtauslaufs mittels der Bremse, die so gehandhabt werden muß, daß die Auslaufgeschwindigkeit gleichförmig ist (erfahrungsgemäß 100 m in 40 bis 50 Sekunden). Wird die Bremse richtig gehandhabt, so bleibt die Maschine, sowie das Lotgewicht den Meeresboden berührt, stehen, und man kann die Meerestiefe am Zählwerk ablesen. Die Bremsung geschieht bei der *Sigsbee*-Maschine einerseits direkt durch eine auf die Drahttrommel wirkende Fußbremse, andererseits durch das Bremstau „d“, das über eine Rille der Drahttrommel geht und mit dem an starken Federn aufgehängten Rahmen des Meßrades „b“ durch das Rädchen „e“ verbunden ist. Hierdurch wird erreicht, daß, wenn bei starkem Überholen des Schiffes während der Lotung großer Zug auf den Draht kommt, der Rahmen nach unten gezogen und hierdurch das Bremstau gelockert wird, so daß der Draht schneller auslaufen kann und nicht reißt. Holt das Schiff nach der anderen Seite über, so daß sich der Zug verringert und die Gefahr der Rinnebildung bestehen würde, so wird der Rahmen



durch die Federkraft nach oben und das Bremstau hierdurch angezogen, so daß der Drahtauslauf verlangsamt wird; man hat also eine automatische Bremse, die den Drahtauslauf entsprechend den Schiffsbewegungen regelt. In ähnlicher Weise wirkt die Brems-

Fig. 2.



vorrichtung bei der Lucas-Lotmaschine, deren kleineres Modell (für Tiefen bis 800 m) sich auch für Vermessungszwecke eignet. — Die Dauer einer Lotung, während der das Schiff möglichst an Ort und Stelle gehalten werden muß, so daß der Draht auf und nieder zeigt, beträgt z. B. für 5000 m Tiefe einschließlich des Aufholens  $\frac{5}{4}$  bis  $1\frac{1}{2}$  Stunden Zeit; bei geschickter Handhabung der Maschine ist es möglich, auch bei stürmischer Witterung zu loten.

Als Tiefseelot wird heute meist eine gleichfalls von dem ameri-

kanischen Seeoffizier Sigsbee konstruierte Lotspindel benutzt, die Fig. 3 zeigt. Das Tieffeelot besteht aus drei Teilen: Der Lotspindel „a“, der Schlammröhre „b“, die in den Meeresboden eindringt, und dem Lotgewicht „c“, das aus einer durchbohrten Eisenkugel besteht, die so an der Lotspindel aufgehängt ist, daß sie beim Auftreffen des Lotes auf den Meeresboden abfällt. Ist das Gewicht abgefallen, so kann die leichte Lotspindel mit der Schlammröhre, ohne ein Zerreißen des Drahtes befürchten zu müssen, aufgeholt werden. Durch ein dicht über der Schlammröhre befindliches Kugelventil, das sich beim Aufholen schließt, wird ein Herausspülen der Grundprobe verhindert, die später zur weiteren Untersuchung konserviert wird. Für Tiefen unter 1000 m oder für die Flachsee, wo der Boden körniger ist, so daß er aus der Schlammröhre herausfallen würde, gebraucht man in der Regel hohle Zangen, die beim Hinuntergehen auseinander gesperret sind und beim Aufstoßen durch Lösung eines Hebels oder durch Federkraft geschlossen werden.

5. Das Relief des Meeresbodens und seine Hauptformen. Trotz der vielen Kabelaufschiffe, der wissenschaftlichen Expeditionen und Vermessungsschiffe, die seit Jahrzehnten tätig sind und viele Tausende von Lotungen ausgeführt haben, sind uns viele Einzelheiten des Reliefs des Meeresbodens unbekannt. Wohl aber sind uns die großen Züge in der Bodengestaltung der Ozeane erschlossen worden, so daß wir, wenn wir Linien gleicher Tiefe (Isobathen genannt) in Abständen von 1000 m Tiefenunterschied ziehen, von den eigenartigen Tiefenverhältnissen der Ozeane ein ansprechendes Bild erhalten. Zu Hilfe kommt uns hierbei der Umstand, daß weite Flächen des Meeresbodens ziemlich gleichförmig gestaltet sind, nur bestimmte Gebiete, wie z. B. der von Riffen und Koralleninseln überfüllte südwestliche Teil des Stillen Ozeans oder solche, die von Gebirgszügen oder tiefen Senkungen durchzogen sind, zeigen einen schnellen Wechsel der Tiefen auf engem Raum. In der Nähe der Küsten, namentlich bei Flußmündungen, ist eine stete Überwachung durch Vermessungsschiffe notwendig, um Kenntnis von der Verlagerung der Sandbänke zu erhalten, die die Schifffahrt gefährden.

Wie sich der Übergang von der Festlandsküste zur Tiefsee vollzieht, zeigt uns Fig. 4, die eine Reihe von S. M. S. „Planet“ bei der Annäherung an die westafrikanische Küste bei Freetown ge-

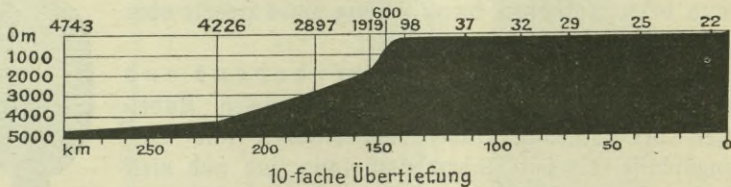
Fig. 3.





wonnener Lotungen veranschaulicht. Erst in etwa 100 km Entfernung von der Küste beginnt hier die eigentliche Tiefsee, während der Kontinent mit einer nur geringe Tiefen aufweisenden, untermeerischen Terrasse umgeben ist, der Kontinentalstufe oder dem Schelf, wie diese gesimsförmige Umrandung der Kontinente jetzt meist genannt wird. Nicht immer ist der Schelf so flach wie hier, meist senkt er sich langsam auf 100 bis 200 m Tiefe ab, bis sodann der Steilabfall zur Tiefsee beginnt. Die Breite des Schelfs ist sehr verschieden; während er z. B. an der südamerikanischen Westküste oder an der Ostküste der Philippinen nur wenige Kilometer breit ist, erstreckt er sich westlich der britischen Inseln über hundert Kilometer weit nach See zu und verbindet binnenwärts diese Inseln organisch mit dem Kontinent. Die Flachsee des Schelfes ist die Ablagerungsstätte für die von den Flüssen dem Meer zugeführten Sedimente, so

Fig. 4.



daß man auf dem Schelf meist grob- oder feinkörnige Sande, untermischt mit Muschelschalen, Röhrenwürmern und dergleichen oder auch tonigen Schlief von verschiedenartiger Färbung findet. Für die Ökonomie des Meeres ist der Schelf von großer Bedeutung, da sich hier die ertragreichsten Fischgründe finden.

Die geringen Tiefen des Schelfs und die wechselnde Art der Bodenbeschaffenheit auf ihm sind nun auch ein wertvolles Hilfsmittel für die Schifffahrt, um des Nachts oder bei unsichtigem Wetter Aufschluß über den Standort des Schiffes zu erhalten. So wird z. B. von den Schnelldampfern, die von Westen den Kanal ansteuern, regelmäßig der Schelf angelotet und meist auch die Bodenprobe sorgfältig geprüft. Es gibt Schiffe auf der Fahrt zwischen Hamburg und New York, die sich ganze Sammlungen von Bodenproben, die beim Anloten des Schelfs vom Atlantischen Ozean her gewonnen wurden, angelegt haben, um aus jeweilig neugewonnenen Bodenproben bessere Schlußfolgerungen über ihren Standort ziehen zu können. Am besten weiß natürlich der Fischer über die Beschaffenheit des Meeresbodens Bescheid und kann nach der Grundprobe meist beurteilen, ob er sich auf seinem Fischgrund befindet oder nicht.



Verfolgen wir den Schelf seewärts, so sehen wir, daß der Übergang vom Schelf zur Tiefsee nicht allmählich erfolgt, sondern daß, wie unser Profil (Fig. 4) zeigt, unterhalb 100 m der Boden sich steil zur Tiefsee absenkt; der Böschungswinkel für die Stufe von 100 m bis 2000 m beträgt hier etwa  $7^\circ$ , für die Stufe 2000 m bis 4000 m etwa  $2^\circ$ , während sonst in der Natur die Böschungswinkel meist viel kleiner sind. Ähnliche Verhältnisse wie bei Freetown finden wir fast überall wieder, nur ist häufig der Neigungswinkel des Steilabfalles der Kontinente geringer.

Zieht man einen Vergleich der Meerestiefen mit den Festlandshöhen, so ergibt sich, daß die größte Meerestiefe um etwa 900 m tiefer unter dem Meeresspiegel liegt als die größte Höhe sich über ihn erhebt (Mount Everest im Himalajagebirge, 8840 m hoch, „Planet“-Tief im Philippinen-Graben 9788 m tief). Aber es ist doch ein gewaltiger Unterschied zwischen den Erhebungen der Festländer und Meere: die Areale der Einsenkungen in die Erdoberfläche sind viel größer als die der Erhebungen über das Meeressniveau. So liegen z. B. 185 Mill. qkm der Erdoberfläche in Tiefen von mehr als 4000 m Tiefe, während nur 149 Mill. qkm über dem Meeresspiegel liegen und von diesen nur etwa 3 Mill. qkm Höhen von über 4000 m erreichen. Anders ausgedrückt: die mittlere Höhe des Festlandes ist viel geringer als die mittlere Tiefe des Meeres.

Ebenso wie man auf dem Festland die einzelnen Formen des Reliefs durch Namen, wie Gebirge, Plateau, Tal u. a. m., kennzeichnet, unterscheidet man auch in gleicher Weise die Einzelformen der Tiefsee, die durch den oben erwähnten Schelf mit dem sich anschließenden Steilabfall gegen den Kontinent begrenzt wird. Die *Hauptensenkungen* des Bodens der Tiefsee werden, wenn sie rundlich sind, mit *Becken*, wenn sie länglich sind, mit *Mulde* bezeichnet. Hierzu treten noch, vornehmlich an den Bruchrändern der Kontinente des Stillen Ozeans, die langgestreckten, sehr schmalen und sehr tiefen Einsenkungen, die wir *Gräben* nennen. Die *Haupterhebungen*, die die Becken und Mulden unterseeisch voneinander trennen, bezeichnet man mit *Schwellen*, wenn sie vorwiegend geringe Abböschungen gegen die Tiefsee, mit *Rücken*, wenn sie verhältnismäßig steil sind; erweitern sich die Erhebungen zu Ebenen, so nennt man sie *Plateaus*. Zu diesen Großformen gesellen sich nun zahlreiche untergeordnete Formen, wie die *Kuppen* (isolierte Berge, meist vulkanischen Ursprungs), die *Bänke* und *Riffe*, ferner *isolierte Eintiefungen*, die *Kessel* oder das *Tief*, häufig in Zusammenhang mit *Schiffs-* oder *Personennamen*.

6. Die *Bodengestaltung* der einzelnen Ozeane. Am besten bekannt ist die Bodengestaltung des Atlantischen



**D z e a n s.** Das nebenstehende Kärtchen (Fig. 5) läßt uns einen Einblick in die Großformen des Ozeans gewinnen, wenngleich nur wenige Tiefenstufen herausgehoben werden konnten. Auf den ersten Blick bemerkt man die Teilung des Ozeans in zwei Längstäler durch die langgestreckte atlantische Schwelle. Von Island ausgehend, durchzieht sie mit einer Tiefe von etwa 3000 m den ganzen Ozean von Norden nach Süden und schmiegt sich in ihren Formen der S-förmigen Gestalt desselben an. Die Schwelle trägt außer den Azoren, die auf einer plateauförmigen Erweiterung der Schwelle liegen, den St.-Pauls-Felsen und die Inseln Ascension, St. Helena, Tristan da Cunha nebst Gough-Insel. Bemerkenswert sind die in etwa 35° S-Br. von der Schwelle abzweigenden unterseeischen Höhenzüge des Rio Grande- und Walfischrückens; ersterer ist allerdings kein geschlossener Höhenzug, gliedert aber die Tiefen westlich der Schwelle in das Brasilianische Becken im Norden und das Argentinische Becken im Süden. Der Walfischrücken ist eine schmale, langgestreckte Erhebung, die die südatlantische Schwelle mit dem Sockel des afrikanischen Kontinents verbindet und eine wichtige Trennungslinie zwischen der westafrikanischen und der Kapmulde bildet. Der Rücken kann als unterseeische Wasserscheide bezeichnet werden, indem er das in den Tiefen unter 3000 m befindliche kalte und salzarme Wasser der höheren südlichen Breiten verhindert, in die Kapmulde nach Norden vorzudringen. (Vgl. die in das Kärtchen eingetragenen Bodentemperaturen.) Zu erwähnen ist noch, daß gerade die deutsche Farschung an der Klarelegung des Reliefs des Walfischrückens beteiligt ist durch die „Valdivia“-Expedition, die erste deutsche Südpolarexpedition sowie die Vermessungsschiffe der Marine „Planet“ und „Möwe“.

Die größte Tiefe des Atlantischen Ozeans ist in einer schmalen tiefen Einsenkung nördlich der Insel Puerto Rico, dem Puerto Rico-Graben, von dem amerikanischen Vermessungsschiff „Blake“ gelotet worden; sie beträgt 8341 m und liegt im Südwestwinkel des nordamerikanischen Beckens, dessen Tiefen meist 5000 m bis 6000 m betragen. Als Einzelercheinung ist sodann noch die „Romanche“-Tiefe, unter dem Äquator in 18° bis 19° W-Lg. gelegen, zu erwähnen. Hier befindet sich unmittelbar nördlich der mittelatlantischen Schwelle ein eng umgrenzter, tiefer Kessel mit einer größten Tiefe von 7370 m, eine völlig isolierte Einsenkung mitten im Ozean. Die Tiefen der dem Atlantischen Ozean angelagerten Mittelmeere, das amerikanische Mittelmeer, das Mittelländische Meer und das Nördliche Eismeer, stehen nicht in direkter Verbindung mit der Tiefsee des Hauptozeans, sondern sind von dieser durch unterseeische Schwellen getrennt. Die größte Schwellentiefe zwischen dem Ozean und dem amerikanischen



Fig. 5.

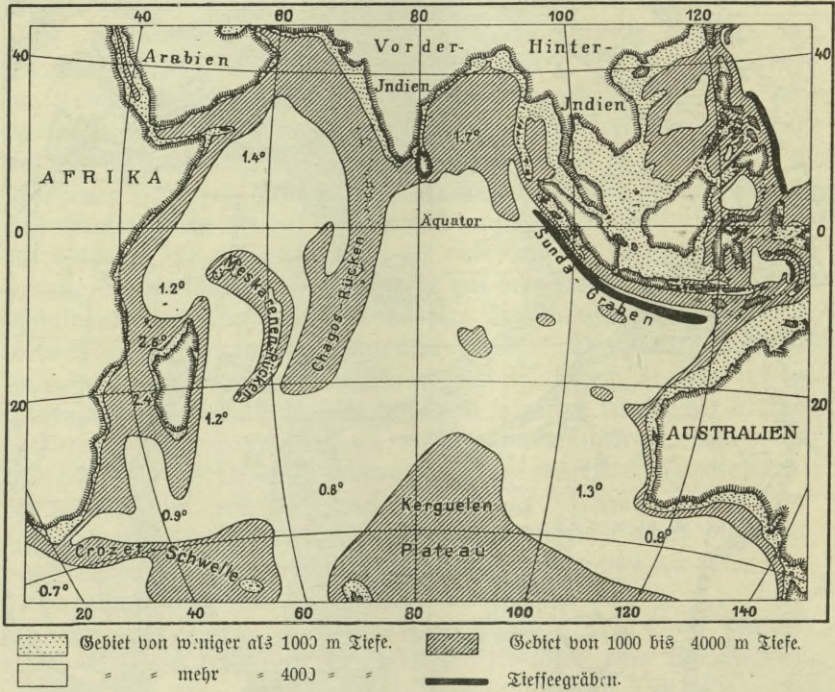


Die eingetragenen Zahlen 0,7, 1,4 usw. bezeichnen die Temperatur am Meeresboden.



Mittelmeer zwischen den Antillen beträgt nur 1700 m, beim Mittel-ländischen Meer in der Gibraltarstraße nur 320 m, beim Nördlichen Eismeer auf dem Grönland, Island und die Färöer verbindenden Rücken nur 600 m. Infolgedessen wird einerseits das Eindringen des kalten Tiefenwassers des Atlantischen Ozeans in die beiden ersteren Mittelmeere und andererseits der Zufluß aus den Tiefen des Nördlichen

Fig. 6.



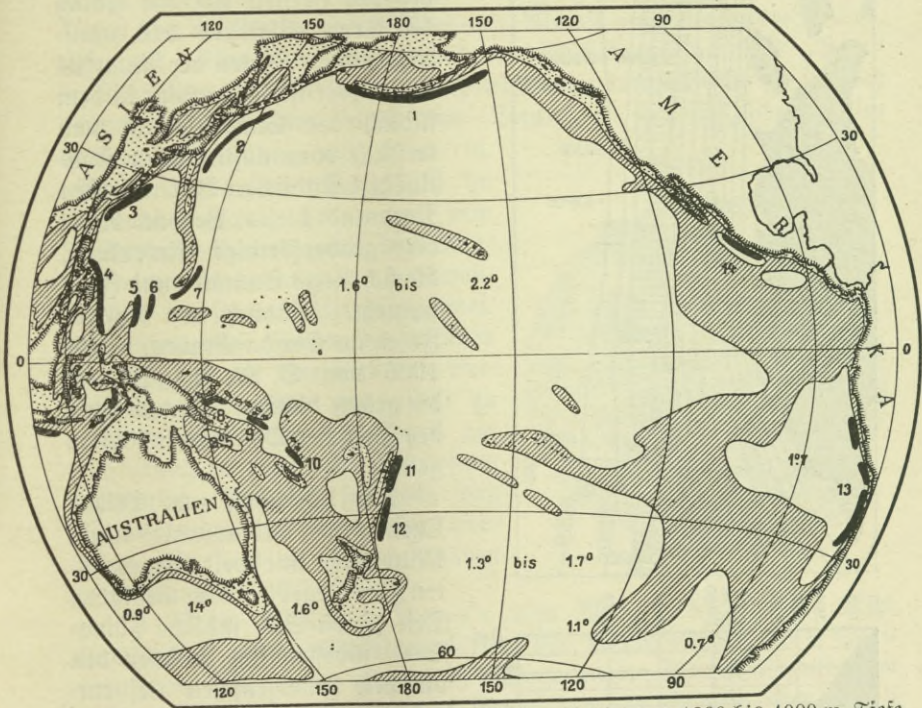
Eismees in die des Atlantischen Ozeans verhindert. (Siehe die Bodentemperaturen in Fig. 5.) Die größten Tiefen weist das amerikanische Mittelmeer auf, das auf weite Strecken mehr als 5000 m Tiefe besitzt und im Caymangraben über 6000 m erreicht; auch die beiden anderen Mittelmeere sind über 3000 m tief eingesenkt, das Nördliche Eismeer hat nahezu 4000 m, das Mitteländische Meer 4400 m als größte Tiefe. Unsere einheimischen Meere, Nordsee und Ostsee, sind Überflutungen untergetauchter Teile des Kontinents, ihre Tiefe überschreitet nur im Skagerrak und in einigen kesselförmigen Vertiefungen der mittleren Ostsee 200 m Tiefe. Schon bei einer Hebung um 40 m würde England an das europäische Festland an-



gegliedert und Schweden mit Dänemark und Deutschland in Land-  
verbindung sein; würde eine Hebung um 100 m erfolgen, so würden  
der Kanal und die gesamte südliche Nordsee Festland werden.

Der Indische Ozean zeigt, soweit seine Bodengestaltung  
bekannt ist, etwas einfachere Formen als der Atlantische Ozean (siehe

Fig. 7.



Gebiet von weniger als 1000 m Tiefe.    
  Gebiet von 1000 bis 4000 m Tiefe.

= = mehr = 4000 m =    
  Tiefengräben.

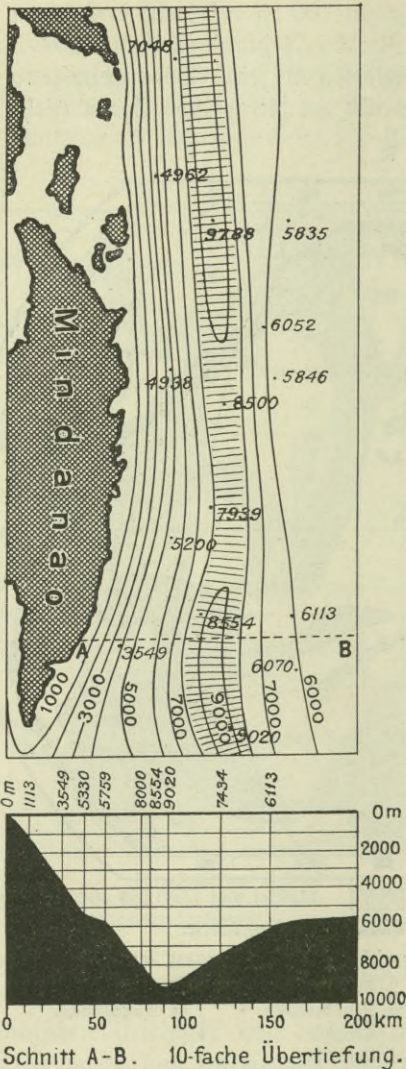
Die eingetragenen Zahlen 0,7, 1,4 usw. bezeichnen die Temperatur am Meeresboden.

1. Aleuten-Graben.	5. Palau-Graben.	9. Salomonen-Graben.
2. Japan-Graben.	6. Yap-Graben.	10. Neue Hebriden-Graben.
3. Liu-Kiu-Graben.	7. Suam-Graben.	11. Tonga-Graben.
4. Philippinen-Graben.	8. Neu-Fommern-Graben.	12. Kermadec-Graben.
		13. Peru-Chile-Graben.
		14. Mexikanischer -Graben.

Fig. 6). Wir finden in ihm nicht so viele Einzelbecken und Mulden,  
der ganze Ozean bildet im allgemeinen ein großes Becken, aus dem  
einige Höhenzüge und Plateaus aufragen. Diese stehen meist in Ver-  
bindung mit den Inselgruppen des Ozeans, so der Chagos-Rücken mit  
den Malediven- und Chagos-Inseln, der Maskarenen-Rücken mit den  
Seychellen und Mauritius, die Crozet-Schwelle mit den Prinz Edward-  
und den Crozet-Inseln, schließlich das Kerguelen-Plateau mit den Ker-



Fig. 8.



Dimensionen weist auch die größten Tiefen auf. Seine Tiefsee umfaßt ein Areal von 80 Mill. qkm, von dem die Hälfte mehr als 5000 m tief liegt; hier könnte ganz Asien Platz finden! Fast uneingeschränkt, nur durch einzelne Inselgruppen unterbrochen, die meist durch überseeische Höhenzüge miteinander verbunden sind, herrscht im nördlichen Teil des Ozeans die Tiefsee vor, während sie im südwestlichen Teil

quellen= Inseln. Zu diesen Erhebungen gesellt sich noch Madagaskar mit seiner weit nach Süden reichenden unterseeischen Fortsetzung. Größere Tiefen über 5000 m treten einerseits in den höheren Breiten auf, wo südlich des Crozet-Plateaus das atlantisch-indische Becken der Antarktis angelagert ist, anderseits in dem südlich der Sunda-Inseln und westlich vom australischen Kontinent befindlichen Becken. Den Nordrand dieses Beckens bildet eine grabenförmige Einsenkung, die sich längs Sumatra und Java hinzieht. Südlich von letzterer Insel, im Sunda-Graben, wurde 1906 von S. M. S. „Planet“ die größte bislang bekannte Tiefe des Indischen Ozeans mit 7000 m gelotet.

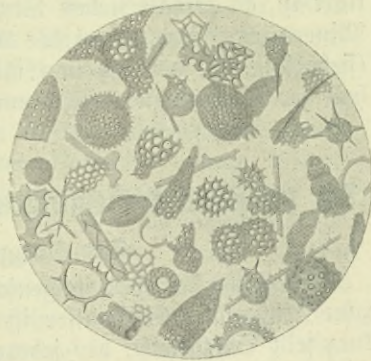
Den Übergang zum Stillen Ozean bildet das australasiatische Mittelmeer mit weit ausgedehnten Flachseegebieten im westlichen Teil (Java-See, südliche China-See), indessen sich zwischen den östlichen Inselgruppen tief eingesenkte Kessel mit zum Teil 5000 m überschreitenden Tiefen befinden, die durch Schwellen gegen die Tiefsee der großen Ozeane abgeschlossen sind.

Der Stille Ozean mit seinen gewaltigen horizontalen



durch das Neuseeland-Plateau mit seinen Fortsetzungen und im südöstlichen Teil durch die ausgedehnte Osterschwelle eingeengt wird (siehe Fig. 7). Was aber der Bodengestaltung des Stillen Ozeans ein ganz besonderes Gepräge gibt, sind die zahlreichen langen, schmalen und tiefen Einsenkungen, die den angrenzenden Kontinenten oder ehemaligen Kontinenträndern anliegen; in diesen unterseeischen Gräben finden wir die tiefsten Absenkungen der Erdrinde. Eine ganze Anzahl der Gräben weist Tiefen über 8000 m, ja über 9000 m auf. Als die größte bekannte Meeres-tiefe galt bislang die Lotung des amerikanischen Dampfers „Nero“ im Marianen-Graben östlich der Insel Guam mit 9636 m, sie ist aber neuerdings überboten durch eine Lotung S. M. S. „Planet“ im Philippinen-Graben mit 9788 m. „Planet“, das Vermessungsschiff im Bismarck-Archipel, hat außer dem Philippinen-Graben auch den Neuhannoverschen-Graben und den Hebriden-Graben auf seinen Reisen ausgelotet. Die eigenartige Form der Gräben zeigt Fig. 8, die einerseits den Verlauf der Isobathen von 1000 zu 1000 m, andererseits ein Profil der Einsenkung in zehnfacher Übertiefung wiedergibt. Erwähnt sei noch, daß die Ursprungsstätte der großen Erdbeben fast stets in diesen Gräben zu finden ist.

Fig. 9.



7. Die Ablagerungen am Meeresboden. Man unterscheidet zwei verschiedene Arten der Ablagerungen oder Sedimente: die küstennahen (litoralen) Ablagerungen, die vorwiegend vom Festland stammen oder aus den Resten der den Strand oder Schelf bewohnenden Organismen bestehen, und die Hochseeablagerungen (pelagische Sedimente), deren Ursprung nicht auf das Festland zurückgeht, und die vorwiegend aus den Gehäusen der kleinsten Lebewesen, dem Plankton, bestehen. Dieses Plankton, dessen Formen man erst bei vielfacher Vergrößerung durch das Mikroskop erkennt, ist in großen Mengen in den Oberflächenschichten des Meeres vorhanden und wird mit den Strömungen des Meeres mitgeführt; es bildet die Nahrung für die größeren Tiere des Meeres. Die Kalk- oder Kieselgehäuse dieser Mikroorganismen sinken nach dem Absterben auf den Meeresboden und häufen hier im Laufe der Jahrhunderte Schicht auf Schicht. Die durch das Tiefseelot heraufgeführte Grundprobe läßt dann bei der Untersuchung erkennen, aus welchen Organismen die



Bodenschichten des Meeres aufgebaut sind (vgl. Fig. 9). Hier sei nur angeführt, daß man fünf verschiedene Arten der Bodenbeschaffenheit der Tiefsee unterscheidet: Globigerinen- und Pteropodenschlamm, beide kalkhaltig, ferner Diatomeenschlamm, kieselhaltig, und schließlich Radiolarienschlamm und Roten Ton, fast nur in Tiefen über 5000 m vorkommend. Globigerinen- und Pteropodenschlamm sind nahe verwandt, es sind die Kalkgehäuse abgestorbener Foraminiferen; ersterer erfüllt vorwiegend Tiefen zwischen 3000 und 4500 m, der Pteropodenschlamm beschränkt sich auf Tiefen von weniger als 3000 m. Ganz anderer Natur sind die anderen Ablagerungen. Der Diatomeenschlamm besteht aus den Kieselpanzern abgestorbener Algen, sein Vorkommen ist meist auf die höheren Breiten beschränkt. Die weiteste Verbreitung hat der Rote Ton, dessen Entstehung noch nicht völlig geklärt ist, er enthält neben Organismenresten hauptsächlich vulkanische Mineralien. Eine Abart des Roten Tons ist der Radiolarienschlamm (siehe Fig. 9), der sich von ihm durch größere Beimengungen kieselhaltiger Organismenreste, namentlich von Radiolarien, unterscheidet.

### Dritter Abschnitt.

## Die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Meerwassers.

### Der Salzgehalt des Meeres.

8. Eine der Haupteigenschaften des Meerwassers im Gegensatz zum Fluß- oder Süßwasser ist sein Gehalt an gelösten Salzen, oder kurz sein Salzgehalt, der jederzeit leicht durch den Geschmack erkannt wird. Der Salzgehalt in den einzelnen Meeresteilen ist nun recht verschieden. So finden wir z. B. in den Randmeeren und in der Nähe der Küsten, wo das Meer einen bedeutenden Zufluß von Süßwasser durch die einmündenden Ströme der Festländer erhält, einen geringeren Salzgehalt als auf hoher See, andererseits ist in den Mittelmeeren, die von Trockengebieten umgeben sind, der Salzgehalt größer als im anschließenden freien Ozean, weil dort die Verdunstung den Niederschlag überwiegt. Im offenen Ozean wird gleichfalls das Verhältnis zwischen Verdunstung und Niederschlag maßgebend für die zonale Verteilung; so finden wir die Gebiete höchsten Salzgehalts an der Meeresoberfläche im Bereich der Passatwinde, wo die Verdunstung am größten ist, während die heißen Gebiete in der Nähe des Äquators salzärmer sind, weil hier der Niederschlag die Verdunstung überwiegt. Die zonale Verteilung, die sich aus dem Zusammenwirken der einzelnen meteorologischen Faktoren ergeben würde, erleidet nun eine Veränderung durch die Strömungen des Meeres, indem durch diese salzhaltiges Wasser in salzarme Gebiete geführt wird und umgekehrt.



Untersucht man Wasserproben von ganz verschiedenem Salzgehalt auf ihre chemische Zusammensetzung hin, so ergibt sich, daß mit ganz geringen Unterschieden alle aus dem Meere geschöpften Proben, woher sie auch stammen und welche Konzentration sie auch haben mögen, immer dieselben Salze in gleichem Verhältnis zueinander in Lösung enthalten. Die Hauptbestandteile, die jeder Tropfen Meerwasser enthält, sind folgende: 1. Kochsalz oder Chlornatrium 77,8 %, 2. Chlormagnesium 10,9 %, 3. Magnesiumsulfat 4,7 %, 4. Gips oder Calciumsulfat 3,6 %, 5. Kaliumsulfat 2,5 %. Insgesamt sind dies schon etwa 99,5 % des Gesamtbetrags aller Salze, die durch die chemische Analyse nachgewiesene große Anzahl von anderen Elementen kann also nur in verschwindend kleinen Mengen vorkommen. Den Hauptanteil am Gesamtsalzgehalt, fast 90 %, haben die Chlorverbindungen, unter diesen wieder das Kochsalz mit 78 %. Da das Verhältnis der Chlormenge zum Gesamtsalzgehalt stets das gleiche und bekannt ist, so genügt die Bestimmung des Chlorgehalts zur Ermittlung des Salzgehalts des Seewassers. Die Bestimmung des Chlorgehalts erfolgt durch Titration mittels Silbernitrat, indem man einer abgemessenen Menge der Seewasserprobe solange Silbernitrat zusetzt, bis alles Chlor an das Silber gebunden ist, was sich durch einen Farbumschlag erkennen läßt. Da man die Stärke der gebrauchten Silberlösung kennt und die verbrauchte Menge ablesen kann, so läßt sich leicht der Chlorgehalt und damit der Salzgehalt der Probe berechnen. Dies sehr genaue Verfahren wird vornehmlich auf Expeditionen und im Laboratorium angewandt. Will man Proben zur Untersuchung in der Heimat sammeln, so ist es notwendig, daß 1. die Sammelflaschen völlig rein sind, was sich am besten durch mehrmaliges Ausspülen der Flasche mit dem gleichen Wasser, das zur Untersuchung eingeschickt werden soll, erreicht wird, 2. daß der Flaschenverschluß die Probe gegen Verdunstung schützt. (Guter Korken mit Siegellacküberzug oder besser Flasche mit Patentverschluß.) Über andere Methoden zur Bestimmung des Salzgehalts aus dem spezifischen Gewicht des Seewassers wird im nächsten Abschnitt einiges gesagt.

Auf Grund der bislang ausgeführten Salzgehaltsbestimmungen im Meer ergibt sich, daß der mittlere Salzgehalt an der Oberfläche der Ozeane etwa 35 Gramm in 1000 Gramm Seewasser beträgt, was man in der Regel kurz mit dem Ausdruck 35 pro Mille (geschrieben  $35 \text{ ‰}$ ) bezeichnet. Die Genauigkeit, mit der der Salzgehalt durch Chlortitration bestimmt werden kann, beträgt  $0,03 \text{ ‰}$ , d. h. der Gehalt etwa eines Liters Seewasser an Salzen wird auf  $\frac{3}{100}$  Gramm genau ermittelt. Wie beträchtlich die Menge der im Ozean enthaltenen Salze ist, ersieht man daraus, daß, wenn alles Wasser der Weltmeere



eingedampft wäre, die Meeresebene mit einer 60 m hohen Salzschicht bedeckt sein würde. Eine andere Berechnung ergibt, daß die Gesamtmenge dieser Salze ein Volumen von etwa 21,8 Millionen Kubikmeter haben und noch etwas größer sein würde als die über den Meeresspiegel aufragenden Landmassen Afrikas. Man hat lange Zeit angenommen, daß der Salzgehalt des Meeres von den Kontinenten stamme, indem durch die Flüsse stetig Salze, wenn auch in minimalen Mengen, zugeführt würden. Wie wir oben sahen, bildet aber den Hauptbestandteil des Seesalzes das Chlornatrium, während die im Flußwasser gelösten Salzmenge eine gänzlich andere Zusammensetzung haben und die Chloride hier nur einen sehr geringen Prozentsatz ausmachen. Diese Erklärung ist also nicht stichhaltig. Wir erklären uns heute den Salzgehalt der Meere so, daß bei der Erstarrung des Magmas zur festen Erdrinde eine Entgasung des Erdkörpers stattfand, so wie wir sie heute noch in den Vulkanen beobachten können. Die Entgasung lieferte die Bestandteile der Seewassersalze, die sich zugleich mit der Verdichtung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser in diesem lösten. Diese Annahme der Entstehung gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch die Beobachtung, daß auch bei den heutigen Vulkanausbrüchen Chlorwasserstoff und Chlornatrium in großen Mengen geliefert werden.

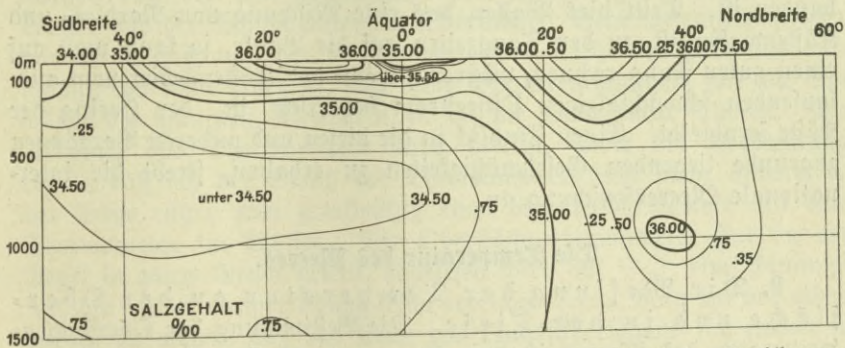
Die horizontale Verteilung des Salzgehalts an der Oberfläche des Meeres. In der Nähe des Äquators, in der Kalmenzone mit den starken Niederschlägen, der großen Bewölkung und der geringen Windstärke, dehnt sich in den Ozeanen von Osten nach Westen ein Gürtel niedrigen Salzgehalts unter 35 ‰, während südlich und nördlich im Bereich der Passate Gebiete höheren Salzgehalts (35 bis 38 ‰) liegen. Geht man polwärts, so nimmt die Größe der Verdunstung ab, die Niederschläge zu, was sich in der Verringerung des Salzgehalts ausprägt. In diesen höheren Breiten macht sich nun namentlich der Einfluß der Strömungen auf die Verteilung des Salzgehalts bemerkbar. So sehen wir im Nordatlantischen Ozean die Golfstromtrift Wasser hohen Salzgehalts, über 35 ‰, bis an die Westküste Spitzbergens führen, während an der Ostküste Grönlands der Polarstrom und an den Küsten Labradors und Neufundlands der Labradorstrom Wasser, das infolge des Schmelzprozesses der mitgeführten Eismassen niedrigen Salzgehalt hat (32 bis 34 ‰), nach Süden führt. Beispiele hoher Konzentration liefern uns das Mitteländische Meer, der Persische Golf und das Rote Meer, wo der Salzgehalt Werte bis zu 40 ‰ und 41 ‰ erreicht, eine Folge starker Verdunstung bei geringer Ansüßung und beschränkten Wasseraustausches mit dem Ozean. Sehr zahlreich sind die Beispiele für eine Herabsetzung des Salzgehalts bei abgeschlossener Lage infolge geringer



Verdunstung und großer Zufuhr von Süßwasser durch die das Festland entwässernden Ströme. Als Beispiele seien genannt das Schwarze Meer mit 18 bis 20 ‰ Salzgehalt, der geringe Salzgehalt des Nördlichen Eismeeres (20 bis 30 ‰) und vor allem die Ostsee mit etwa 7 ‰ Oberflächen-Salzgehalt im mittleren Teil. Während der niedrige Salzgehalt die Ostsee deutlich als abgeschlossenes Sammelbecken der Festlandsniederschläge kennzeichnet, sind in der Nordsee nur die Randgebiete merklich angefüllt, indessen der größte Teil einen Salzgehalt von annähernd 35 ‰ aufweist, eine Folge seiner freien Verbindung mit dem Atlantischen Ozean.

Die vertikale Verteilung des Salzgehalts. Trotz der im Verhältnis zur Größe der Ozeane geringen Zahl der

Fig. 10.



Längsschnitt durch den östlichen Atlantischen Ozean auf Grund der Forschungen S. M. S. „Planet“.

Salzgehaltsbestimmungen hat man doch leicht einen Einblick in die hier herrschenden Gesetzmäßigkeiten gewinnen können, da die Veränderlichkeit des Salzgehalts in der Tiefe viel geringer ist als an der Oberfläche und man zeitlich auseinanderliegende Beobachtungen zu Vertikalschnitten durch den Ozean zusammensaffen kann. Indem man alle die Punkte in einem Schnitt wo der Salzgehalt den gleichen Betrag hat, miteinander verbindet, erhält man Kurven gleichen Salzgehalts oder Isohalinen. Der Verlauf der Isohalinen gibt uns ein wertvolles Hilfsmittel zur Bestimmung der Herkunft des Wassers in den einzelnen Schichten. So sehen wir aus dem Verlauf der Isohalinen (vgl. Fig. 10), daß der Nordatlantische Ozean nicht nur an der Oberfläche, sondern bis in große Tiefen hinab salzreicher ist als der südatlantische, vornehmlich eine Folge des Absinkens von Wassermassen niedrigen Salzgehalts in den fünfziger Breiten der Südhalbkugel, die sich



äquatorwärts bis 25° N-Br. vorschieben. Wo immer man im süd-atlantischen Ozean die vertikale Verteilung des Salzgehalts studiert, immer trifft man in 800 bis 1000 m Tiefe ein Minimum des Salzgehalts, das diesen Tiefenstrom charakterisiert. In ganz ähnlicher Weise trifft man im nördlichen Atlantischen Ozean etwa in 1000 bis 1500 m Tiefe ein Salzgehaltmaximum, das die Folge eines salzhaltigen Unterstroms aus dem Mittelmeer ist, der über die Schwelle bei Gibraltar in den Atlantischen Ozean eindringt, während an der Oberfläche atlantisches Wasser in das Mittelmeer eintritt. So gewährt uns der Salzgehalt wertvolle Fingerzeige für die Tiefenzirkulation der Ozeane, aber sein Studium ist auch wichtig für die Ökonomie des Meeres. Man hat u. a. herausgefunden, daß das Auftreten des Heringes in großen Mengen an der Südwestküste Schwedens an einen Salzgehalt des Wassers auf den Küstenbänken von 32 bis 34 ‰ gebunden ist. Tritt dies Wasser, das eine Mischung von Nordsee- und Küstenwasser ist, zu den Fangzeiten auf die Bänke, so kann man auf einen guten Fang rechnen, während, wenn das Küstengebiet vom auslaufenden schwachsalzigen Ostseestrom beherrscht ist, der Hering der Küste fernbleibt. Einen Einblick in die diesen und anderen Vorgängen zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten zu erhalten, strebt die internationale Meeresforschung an.

### Die Temperatur des Meeres.

9. Die Messung der Temperatur an der Oberfläche und in der Tiefe. Die Bestimmung der Oberflächentemperatur des Meeres ist dem Seemann geläufig, aber es erscheint doch angezeigt, den Wert dieser Beobachtungen zu beleuchten und vor allem auf die Fehlerquellen, die bei der Temperaturmessung vorkommen können, kurz hinzuweisen. Zunächst ist sehr wesentlich, daß die Thermometer, mit denen die Messungen ausgeführt werden, geprüfte Instrumente sind, und daß die Korrekturen der Thermometer nebst Angabe der Thermometernummer vorn im Schiffstagebuch vermerkt sind. Auch hat man sich von Zeit zu Zeit davon zu überzeugen, daß das Thermometer in Ordnung ist, d. h. daß der Quecksilbersaden nicht durch Luftzwischenräume unterbrochen ist, und daß sich auch keine abgetrennten Quecksilberkügelchen im obersten, etwas erweiterten Ende der Kapillare befinden. Sind solche Schäden vorhanden, so benutze man ein anderes Thermometer oder versuche durch vorsichtiges Klopfen und Schleudern die gesamte Quecksilbermenge im unteren Teil zu vereinigen. Die Bestimmung der Oberflächentemperatur geschieht entweder durch ein Schöpfthermometer oder durch die Messung der Temperatur des in einer Püße aufgeholtten Wassers. Benutzt man ein

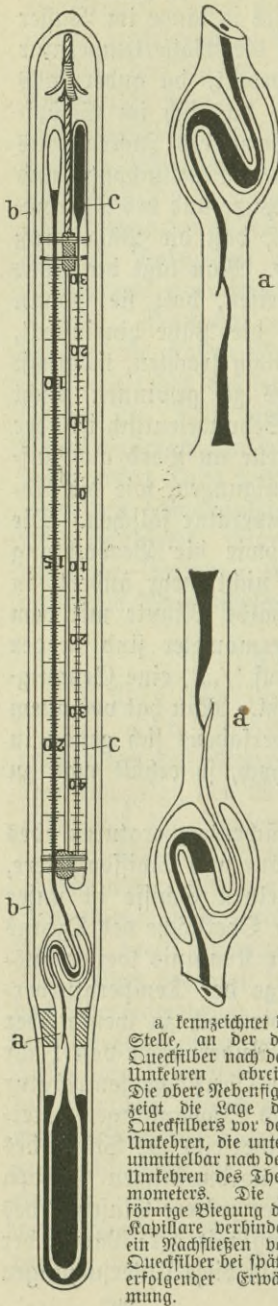


Schöpftthermometer, dessen Schöpfgesäß mit einer Lederpolsterung umgeben ist, so hat man darauf zu achten, daß dieses so lange im Wasser nachschleifen muß, bis das ganze Thermometer die Wassertemperatur angenommen hat, was mehrere Minuten erfordert, da andernfalls die Temperatur des geringen Wasserquantums, das sich im Schöpfgesäß befindet, nachträglich durch die Eigenwärme des Instruments beeinflusst wird. Bei der Messung mittels einer Segeltuchpüze und Thermometers kommt die Eigentemperatur der Püze und des Thermometers nicht so sehr in Betracht, vorausgesetzt, daß die Püze groß genug ist, am besten 6 bis 10 Liter enthaltend. Man läßt die Püze etwa eine halbe Minute im Wasser nachschleifen, holt sie sodann auf und gießt, ehe man das Thermometer in die Püze hineinsteckt, etwas Wasser darüber. Immer sollte man danach trachten, möglichst Wasser von der Oberflächenschicht des Meeres zu gewinnen, nicht Wasser aus der Schicht unter der Oberfläche. Sehr wesentlich ist aber vor allem, daß man das Wasser von einer Stelle an Bord aus aufschlägt, wo man sicher ist, daß keine Verunreinigungen, wie die Abwässer der Pumpen, Kloaken u. a. m., die Temperatur fälschen. Die Ableseung des Thermometers selbst erfolgt, sowie die Beobachtung ergibt, daß sich der Stand des Thermometers nicht mehr ändert; in der Püze rührt man zweckmäßig etwa eine halbe Minute mit dem Thermometer im Wasser. Die Oberflächenthermometer sind in der Regel in ganze Grade geteilt, abgelesen wird auf  $\frac{1}{10}^{\circ}$ , eine Genauigkeit, die sich bei einiger Übung leicht erreichen läßt. Man hat vor allem darauf zu achten, daß das Ende des Quecksilberfadens sich genau in Augenhöhe befindet; hat man das Auge zu hoch, so erhält man zu niedrige Temperaturen, umgekehrt zu hohe.

Die einwandfreie Messung der Oberflächentemperaturen des Meeres verdient die volle Beachtung der Kapitäne und Schiffsoffiziere, denn auf den zahllosen Messungen der einzelnen Schiffe ist unser ganzes Wissen von den Wärmeverhältnissen der Oberfläche des Ozeans aufgebaut, und auf ihnen wird dauernd unsere Kenntnis weiter ausgebaut. Wenn wir auch die allgemeinen Züge der Temperaturverteilung auf den Ozeanen kennen, so wissen wir noch zu wenig über die jahreszeitlichen Unterschiede und über die Änderungen von Jahr zu Jahr. Neuere Studien haben gezeigt, daß die Oberflächentemperatur im Golfstromgebiet des Nordatlantischen Ozeans Schwankungen unterliegt, die anscheinend bestimmte Beziehungen einerseits zur Stärke des Passats, andererseits zur Lufttemperatur im nordwestlichen Europa haben, in gleicher Weise scheint das frühere oder spätere Einsetzen des Südwestmonsuns in Indien in Zusammenhang mit der Wärme der Oberfläche des Indischen Ozeans zu stehen. Um diese Untersuchungen



Fig. 11.



fortführen zu können, sind die einzelnen Beobachtungen über die Oberflächentemperatur nicht zu entbehren, so daß kurz vor Ausbruch des großen Krieges eine dauernde internationale Sammlung von Temperatur- und Salzgehaltsbestimmungen des Nordatlantischen Ozeans in die Wege geleitet worden war.

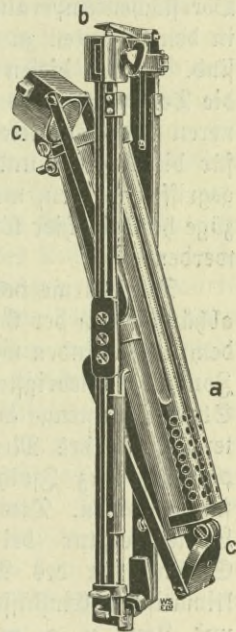
Die Messung der Tiefentemperaturen des Meeres. Hierzu gebraucht man Thermometer, die so eingerichtet sind, daß man die Temperatur derjenigen Tiefe, in die sie versenkt worden sind, nach dem Aufholen ablesen kann. In früheren Zeiten versenkte man meist sogenannte Maximum-Minimum-Thermometer, bei denen ein Stahlstift die niedrigste Temperatur anzeigt, indem man annahm, daß die Temperatur im Meer mit wachsender Tiefe stets niedriger werde. Dies ist jedoch nicht überall der Fall, so daß neuerdings fast nur sogenannte Umkehr- oder Kipp-Thermometer verwandt werden. Diese Thermometer sind so konstruiert (vgl. Fig. 11), daß infolge einer Verengung der Kapillare über dem Quecksilbergesäß der Quecksilberfaden immer an einer bestimmten Stelle „a“ abreißt, wenn man das Thermometer um  $180^\circ$  dreht. Diese Drehung geschieht nun in der Tiefe, deren Temperatur man bestimmen will. Kommt das Instrument hoch, so ergibt die Länge des abgerissenen Quecksilberfadens die Temperatur der betreffenden Tiefenschicht, welche an einer Skala direkt abgelesen werden kann. Im Laufe der letzten Jahre sind diese Thermometer so exakt konstruiert worden, daß es möglich ist, die Tiefentemperaturen mit einer Genauigkeit von  $\frac{2}{100}^\circ$  zu bestimmen. Hierbei ist noch zu erwähnen, daß die Thermometer gegen den hohen Druck, der in der Tiefe herrscht (er beträgt in 100 m schon 10, in 8000 m



Tiefe 800 Atmosphären) geschützt sein müssen, was dadurch geschieht, daß man das ganze Thermometer in ein starkwandiges Glasrohr „b“ einschließt und in den Raum zwischen ihm und dem Thermometergefäß Quecksilber einfüllt, um die Temperatur der Tiefe möglichst schnell auf das Thermometer zu übertragen. Ein kleines in das Hüllrohr mit eingeschlossenes Hilfsthermometer „c“ dient zur Bestimmung der Temperatur des Innenraums, die bei der endgültigen Berechnung der Temperatur mit berücksichtigt werden muß.

Die Auslösung der Kippthermometer geschieht entweder durch einen Propeller, der beim Aufholen des Instruments durch die Bewegung gegen den Wasserdruck hochgeschraubt wird, so daß nach einigen Umdrehungen die Hemmung, welche das Kippen des Instruments verhindert, gelöst wird, oder durch die direkte Wirkung eines Fallgewichts, das man an dem Draht hinabgleiten läßt. Die Auslösung durch Propeller wird heute nur noch für sehr große Tiefen angewandt, während in geringeren Tiefen, in denen die Temperatur sich oft sprunghaft ändert, die Thermometer stets durch Fallgewicht zum Kippen gebracht werden. Bei den sogenannten Reihen- oder Serienmessungen, wo zunächst in Abständen von 50 oder 100 m die Temperatur der ganzen Wasserfäule von der Oberfläche bis zum Boden bestimmt wird, handelt es sich meist auch darum, gleichzeitig eine Wasserprobe aus der gleichen Tiefe zu fördern, um den Salzgehalt feststellen zu können. Zu diesem Zweck ist das Kippthermometer so mit dem Wasserschöpfer verbunden, daß mit dem Verschluß des Schöpfers gleichzeitig das Thermometer gekippt wird. Einen viel gebrauchten Schöpfer, nach Angaben von Ekman verfertigt, zeigt die Fig. 12; hier sind die Thermometer in einem fest mit dem Schöpfer verbundenen Rahmen „a“ eingesetzt. Fällt das Fallgewicht auf den Sperrhebel „b“, der die Ventilkappen „c“ des Schöpfers offen hält, so dreht sich der Schöpfer mitsamt den Thermometern um 180°, was einerseits den Verschluß des Schöpfers, andererseits die Fixierung der Temperatur im gegebenen Augenblick durch Abreißen des Quecksilberfadens zur Folge hat. Von den anderen zahlreichen Konstruktionen sei nur erwähnt, daß man mehrfach versucht hat, das Wasser mit der an Ort und Stelle befindlichen Temperatur hochzufördern, indem man den innersten Teil des

Fig. 12.





Schöpfers durch mehrfache Isolation von der direkten Einwirkung der Lufttemperatur abschloß, jedoch haben sich immer gewisse Schwierigkeiten ergeben, so daß man von dieser Methode wieder mehr und mehr abgekommen ist.

10. Die Temperatur der Meeresoberfläche. Wie schon früher ausgeführt, werden die von den einzelnen Schiffen beobachteten Temperaturen der Meeresoberfläche in den Archiven der hydrographischen Ämter gesammelt und bearbeitet. So hat auch die Deutsche Seewarte in Hamburg auf Grund umfangreichen Materials, auch desjenigen ausländischer Ämter, für alle drei Ozeane Karten der Oberflächentemperatur zu verschiedenen Jahreszeiten entworfen, die in den Atlanten zu den Segelhandbüchern der drei Ozeane enthalten sind. Neben diesen großen Darstellungen finden sich Angaben über die Temperatur des Meeres auch in den Seehandbüchern für die kleineren Meeresgebiete, wie z. B. im allgemeinen Teil der Handbücher für die Nordsee und Ostsee. Auf diese Darstellungen muß zurückgegriffen werden, wenn es sich um die Kenntnis einzelner Charakterzüge handelt, hier können nur einige allgemeine Gesichtspunkte erörtert werden.

Die Wärme der Oberflächenschicht des Meeres ist in erster Linie abhängig von der Größe der zugeführten Strahlung durch die Sonne, demzufolge finden wir die höchsten Temperaturen in der äquatornahen Zone, die niedrigsten im Polargebiet. Wenn allein die zugeführte Strahlungsmenge ausschlaggebend für die Verteilung der Oberflächentemperatur des Meeres wäre, so würden die Linien gleicher Temperatur, kurz Isothermen genannt, mit den Breitenparallelen zusammenfallen. Dies ist nun ebensowenig wie bei der Verteilung der Lufttemperatur bei der Wassertemperatur der Fall, denn die Strömungen des Meeres, die Konfiguration der Landmassen, die klimatischen Einflüsse, hervorgerufen durch die Verteilung von Wasser und Land u. a. m., verursachen sehr erhebliche Abweichungen von der zonalen Verteilung der Temperatur.

Am wärmsten sind durchschnittlich die äquatornahen Gebiete, jedoch liegt die Linie größter Erwärmung oder der thermische Äquator stets auf der nördlichen Halbkugel in etwa 5° Breite. Dies findet seine Begründung ganz allgemein dadurch, daß die auf der nördlichen Halbkugel liegenden Ozeanteile wärmer sind als diejenigen der Südhalbkugel, da sie weniger Zufuhr kalten Wassers aus den polaren Gebieten erhalten als die südlichen Ozeangebiete infolge der Verteilung von Wasser und Land, die bewirkt, daß die Meeresgebiete auf Südbreite dem polaren Einfluß weit mehr ausgesetzt sind als die Nordozeane. Das wärmste Gebiet, mit einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von



28 bis 29° C, findet sich, dem Äquator benachbart, im Indischen und westlichen Stillen Ozean, jedoch finden sich hier nicht die absolut höchsten Temperaturen, die an der Meeresoberfläche beobachtet sind. Diese treten vielmehr in den von heißen Ländern umschlossenen Binnenmeeren auf, wie im Roten Meer und im Nordende des Persischen Meerbusens, wo Oberflächentemperaturen von 34° und 35° beobachtet sind. Die absolut niedrigsten Temperaturen kommen in den polaren Gebieten vor und liegen unter 0°, da der Salzgehalt den Gefrierpunkt des Meerwassers herabsetzt; für 35 ‰ Salzgehalt liegt der Gefrierpunkt bei -1,9° C.

In den Tropen finden wir im allgemeinen die Strömungen von Osten nach Westen gerichtet; hier angelangt, werden sie an den Landmassen der Ostkontinente nach Norden und Süden abgelenkt und verfrachten die hohe Temperatur der Meeresoberfläche in kältere Gebiete, während im Osten wieder Wasser aus kälteren Gebieten zuströmt. Es ergibt sich hieraus, daß in den Tropen und Subtropen die Westseiten der Ozeane wärmer sind als die Ostseiten, in den höheren Breiten verlagert sich dann auf der Nordhalbkugel das warme Gebiet mehr und mehr nach Osten infolge der Golfstromtrift bzw. des Kuro Shio, während an der Westseite des Ozeans kalte Strömungen äquatorwärts vordringen. Bei den südlichen Meeren werden in den höheren Breiten die Temperaturgegensätze zwischen Westen und Osten mehr und mehr ausgeglichen, da der Einfluß der Landverteilung verschwindet.

Der Gegensatz zwischen den westlichen und östlichen Gebieten in den Tropen und Subtropen wird noch dadurch vergrößert, daß im Osten vielfach Auftrieb beobachtet wird, d. h. daß das Oberflächenwasser durch aufquellendes Tiefenwasser abgekühlt wird. Dies bemerken wir z. B. an der nord- und südafrikanischen Westküste in den Subtropen bei Landnähe als Folge ablandiger Winde bzw. Strömungen sowie in großem Maßstabe im äquatorialen Gebiet des ganzen östlichen Stillen Ozeans.

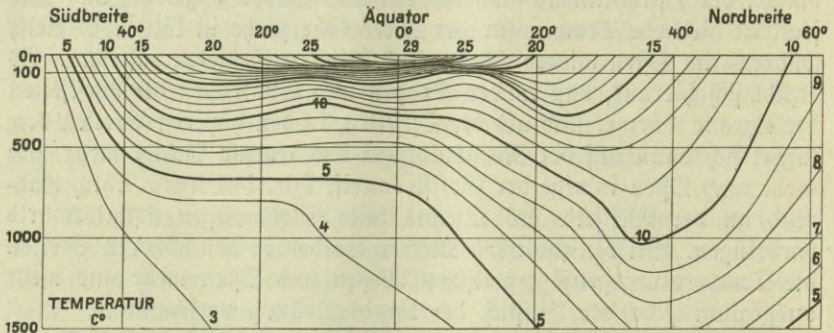
Eine der auffallendsten Erscheinungen in der Verteilung der Oberflächentemperatur ist die in gewissen Meeresgebieten auftretende schnelle Änderung der Temperatur in kurzen Zeiträumen, z. B. bei der Neufundland-Bank oder südlich der Agulhas-Bank. Sie erklärt sich aus dem Zusammentreffen warmer und kalter Meeresströmungen, die sich dann fingerartig ineinander schieben, so daß oft Änderungen über 5°, ja 10° im Zwischenraume von vier Stunden beobachtet werden. Im allgemeinen jedoch herrscht große Gleichförmigkeit in der Temperaturverteilung an der Meeresoberfläche, die tägliche Änderung ist gering und bleibt vielfach unter 1°. Auch die jahreszeitliche Änderung der Oberflächentemperatur erreicht im freien Ozean keine annähernd



so hohen Werte wie die der Bodentemperatur auf den Festländern, beträchtlich wird sie dagegen in den Rand- und Binnenmeeren. So beträgt der Unterschied zwischen Sommer- und Wintertemperatur bei Helgoland etwa  $14^{\circ}$ , bei Kiel bis zu  $20^{\circ}$ , im Schwarzen Meer bis zu  $25^{\circ}$ .

11. Die Temperatur in den Tiefenschichten des Meeres. Im allgemeinen nimmt im Ozean die Temperatur mit wachsender Tiefe ab; eine Ausnahme machen nur die polaren und subpolaren Gebiete, wo zuweilen wärmere Schichten die Abnahme der Temperatur mit der Tiefe unterbrechen, und bestimmte Schichten in großen Tiefen, die einen nur einige Zehntel Grade betragenden Tem-

Fig. 13.



Längsschnitt durch den östlichen Atlantischen Ozean auf Grund der Forschungen S. M. S. „Planet“.

peraturzuwachs gegen ihre Umgebung aufweisen. Während an der Oberfläche die Temperatur etwa zwischen  $-2^{\circ}$  und  $+30^{\circ}$  schwankt, herrscht in den größeren Tiefen große Gleichförmigkeit: unterhalb 3000 m Tiefe findet sich überall eine Temperatur, die zwischen  $-2^{\circ}$  und  $+3^{\circ}$  liegt. Wie ist nun der Übergang von der Oberfläche zur Tiefe? Dies veranschaulicht uns nebenstehende Fig. 13, die einen Schnitt durch den östlichen Atlantischen Ozean von  $60^{\circ}$  N-Br. bis  $50^{\circ}$  S-Br. von der Oberfläche bis 1500 m Tiefe wiedergibt, wie er auf Grund der von S. M. S. „Planet“ 1906/07 gewonnenen Reihemessungen gezeichnet wurde. Wir sehen, daß die Temperaturabnahme mit der Tiefe am größten in den tropischen Gebieten ist, hier liegen die Linien eng aneinander, da schon in 100 m Tiefe die Temperatur auf  $20^{\circ}$  gesunken ist. Betrachten wir nun die  $15^{\circ}$ - und  $10^{\circ}$ -Isothermen, so bemerken wir, daß sie nicht, wie zu erwarten wäre, ihre tiefste Lage in der Nähe des Äquators haben, sondern daß sie gerade hier in sehr geringen Tiefen liegen, daß also das Wasser unterhalb der Oberflächenschichten



am Äquator kälter ist als in den angrenzenden Gebieten der Subtropen. Namentlich fällt dies bei dem Verlauf der 10°-Isotherme in die Augen, die am Äquator in etwa 350 m Tiefe, in 40° N-Br. dagegen in 1000 m Tiefe liegt. Dies hängt zusammen mit der Zirkulation des Wassers in den Tiefenschichten: in der äquatorialen Zone findet eine aufsteigende Bewegung des Tiefenwassers statt, hervorgerufen einerseits durch den Transport des Oberflächenwassers in den äquatorialen Gebieten nach höherer Breite, andererseits durch den Drucküberschuß des Wassers in den hohen Breiten gegenüber dem in den tropischen Breiten. Gleichzeitig zeigt der Schnitt, daß die höhere Wärme des Nordatlantischen Ozeans im Vergleich zum Südatlantischen Ozean, die wir schon bei Erörterung der Oberflächentemperatur erwähnten, auch in den Tiefen in die Erscheinung tritt.

Der hier wiedergegebene Schnitt ist nur ein Beispiel für die Verteilung der Temperatur in den Tiefen des Weltmeeres, aber wir finden auch in den anderen Ozeanen überall die Hauptunterschiede der Temperatur in der obersten 1000-m-Schicht, die Tiefenschichten zeigen geringe Unterschiede. Unter Nummer 6 haben wir schon den Einfluß der Schwellen auf die Temperatur der Becken der Tiefsee und auf die abgeschlossenen Nebenmeere kennen gelernt, deren Tiefen bis zur Höhe der Schwelle mit Wasser von gleicher Temperatur ausgefüllt sind, da das kältere Wasser der Tiefsee abgesperrt ist. (Vergleiche die Bodentemperaturen in dem Kärtchen Fig. 5.) Zu diesen abgeschlossenen Nebenmeeren gehört auch unsere Ostsee, in deren Tiefenbecken das Wasser nur in längeren Zwischenräumen erneuert wird; im Sommer ist die warme Oberflächenschicht der Ostsee von der kälteren Bodenschicht stets durch eine scharf ausgeprägte Sprungschicht geschieden. Auch in der Nordsee finden wir im Sommer die Tiefenschichten meist kälter als die Oberfläche, während zu den anderen Jahreszeiten häufig Temperaturgleichheit von der Oberfläche bis zum Boden beobachtet wird.

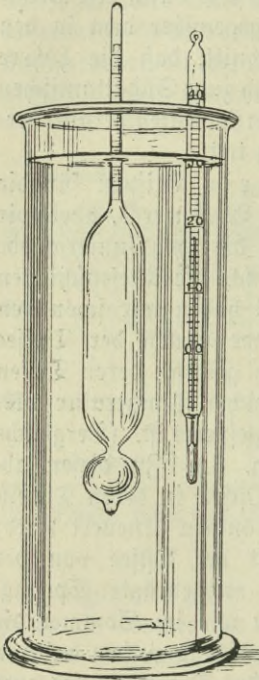
### Das spezifische Gewicht (Dichte) des Seewassers.

12. Unter spezifischem Gewicht des Seewassers versteht man die Zahl, die angibt, wievielmal schwerer ein bestimmtes Volumen des Seewassers ist im Vergleich zu einem gleichgroßen Volumen destillierten Wassers, beides bezogen auf eine bestimmte Temperatur (meist 17,5° C). Man bestimmt dies spezifische Gewicht an Bord mittels des Aräometers. Die Form des Aräometers ist aus Fig. 14 zu ersehen; es besteht aus einem Senfkörper aus Glas mit aufgesetzter Skala, der in das zu untersuchende Seewasser, welches in einen Standzylinder gefüllt ist, versenkt wird. Da jeder in eine



Flüssigkeit eingetauchte Körper nach dem Archimedischen Prinzip so viel an Gewicht verliert als dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit entspricht, so taucht das Aräometer in spezifisch schwerem Wasser weniger tief ein als in spezifisch leichterem Wasser. Hat das Aräometer, das man zweckmäßig vorher in Drehung versetzt hat, eine Ruhelage erreicht, so liest man den Punkt der Skala ab, in dem die Wasser-

Fig. 14.



fläche die Skala schneidet, indem man längs der Wasserfläche visiert, ohne die am Stengel des Aräometers befindliche Erhöhung der Wasserfläche zu berücksichtigen. Vorher hat man das Wasser im Zylinder gut durchgerührt und seine Temperatur bei der Beobachtung bestimmt, die man mit der Ableseung des Aräometers zugleich notiert, um den Skalenwert für  $17,5^\circ$  zu verbessern.

Dies so bestimmte spezifische Gewicht des Seewassers ist nichts anderes als ein Ausdruck für den Salzgehalt des Seewassers, da wir die Wirkung der Temperatur auf das spezifische Gewicht ausgeschaltet haben. Man kann aus den „Hydrographischen Tabellen“ von Knudsen für jedes so ermittelte spezifische Gewicht den entsprechenden Salzgehalt des Seewassers direkt entnehmen. Unter dem wahren spezifischen Gewicht des Seewassers, kurz mit Dichte bezeichnet, versteht man das Gewicht eines bestimmten Volumens des Seewassers bei der an Ort und Stelle gemessenen Temperatur, bezogen auf destilliertes Wasser von  $4^\circ \text{C}$ , so daß also z. B. der

Wert der Dichte 1,028 besagt, daß das Gewicht von 1 Liter dieses Wassers 1,028 mal so schwer ist als das Gewicht von 1 Liter destillierten Wassers bei  $4^\circ$ , oder, da letzteres 1000 g beträgt, ist das Gewicht des Liters Seewasser 1028 g bei der an Ort und Stelle gemessenen Temperatur. Die Ermittlung der Dichte aus dem aräometrisch bestimmten spezifischen Gewicht bei  $17,5^\circ$  geschieht mittels der Hydrographischen Tabellen, ebenso kann man die Dichte berechnen, wenn der Salzgehalt auf chemischem Wege bestimmt wurde (siehe 3. Abschnitt unter 8) und die Temperatur an Ort und Stelle bekannt ist.

Für die praktische Schifffahrt ist häufig die Kenntnis der Dichte des Wassers in Häfen, namentlich bei Flußmündungen, erwünscht,



da von dieser die Ladefähigkeit des Schiffes abhängt, indem das Schiff in spezifisch schwerem Wasser bei gleicher Belastung weniger tief liegt als in leichtem Wasser. Will man Angaben hierüber haben, so kann man entweder das spezifische Gewicht selbst an Bord mittels des Aräometers bestimmen (Temperatur des Wassers bei der Entnahme an Ort und Stelle sowie bei der Ableseung des Aräometers notieren!) und die Angaben der Seewarte zur rechnerischen Ermittlung der Dichte einsenden, oder eine Wasserprobe zur Salzgehaltsbestimmung entnehmen und mit der Temperaturbestimmung obiger Behörde übergeben. In Häfen, wo starke Flut- und Ebbeströmung sich bemerkbar macht, sind mindestens zwei Beobachtungen oder Wasserproben notwendig.

Die Verteilung der Dichte im Ozean ist vorzugsweise abhängig von der Temperatur, nur in der Nähe der Küste und in den mehr oder weniger stark angefüßten Nebenmeeren ist der Salzgehalt ausschlaggebend. Im freien Ozean treffen wir an der Oberfläche die geringsten Dichtewerte nördlich vom Äquator, die höchsten im Polargebiet an, die Unterschiede schwanken etwa zwischen 1,022 und 1,028. Ebenso wie bei der Temperatur sind die Hauptdichteunterschiede nur in den Oberflächenschichten vorhanden, in der Tiefe sind die Unterschiede sehr gering, in 2000 m Tiefe schwanken sie im Atlantischen Ozean nur zwischen 1,02770 und 1,02790. Die höchsten Werte der Dichte finden wir als Folge sehr hohen Salzgehalts im Suezkanal, wo sie über 1,030 hinausgehen; die geringsten Dichtewerte in stark durch Flußwasser angefüßten Mittelmeeren, wie in der Ostsee, in deren nördlichster Einbuchtung, dem Bottnischen Meerbusen, die Dichte unter 1,001 sinkt. Diese Abweichungen der Dichte der Mittelmeere von derjenigen des Ozeans geben naturgemäß Anlaß zu Strömungen, indem z. B. in der Ostsee das leichtere Oberflächenwasser als Baltischer Strom entlang der Südküste nach der Nordsee ausfließt, während das schwerere Nordseewasser als Tiefenwasser in die Ostsee eindringt. Umgekehrt ist der Wasseraustausch zwischen dem Atlantischen Ozean und dem Mittelländischen Meer, hier tritt das leichtere Wasser vom Ozean als Oberflächenstrom durch die Gibraltarrstraße in das Mittelmeer und das infolge hohen Salzgehalts schwere Mittelmeerwasser fließt als Unterstrom über die Gibraltarschwelle in den Ozean, wo es bis zu den Azoren und bis Irland hin durch genaue Salzgehaltsbestimmungen in den Tiefen nachgewiesen werden kann. Aber auch im freien Ozean findet eine Wasserbewegung infolge von Dichteunterschieden statt, indem das in höheren Breiten abgekühlte und infolgedessen schwerer gewordene Oberflächenwasser zu Boden sinkt und sich äquatorwärts fortbewegt, da infolge der geringeren Dichte des Ober-



flächenwassers der Wasserdruck in den niederen Breiten geringer ist. Gleichzeitig besteht hier ein Auftrieb von Tiefenwasser, so daß dieses in den Tropen allmählich dem Oberflächenwasser wieder beigemischt und mit diesem sodann nach höheren Breiten zurückverfrachtet wird. So wird infolge der Dichteunterschiede eine Tiefenzirkulation des Wassers und damit ein stetiger Wasseraustausch zwischen niederen und höheren Breiten hervorgerufen, der hier nur in großen Zügen angedeutet werden konnte.

### Gasgehalt, Farbe und Durchsichtigkeit des Meeres.

13. Ebenso wie in jedem anderen Wasser sind auch im Seewasser verschiedene Gase gelöst; die wichtigsten sind Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenäure, die auch in der Atmosphäre enthalten sind. Während in dieser das Verhältnis von Sauerstoff zu Stickstoff wie 1:4 ist, beträgt es im Wasser 1:2, andererseits enthält aber 1 Liter Luft etwa 210 ccm, 1 Liter Seewasser im allgemeinen aber nur 6 bis 8 ccm Sauerstoff. Der Sauerstoff ist von großer Bedeutung für die im Meer lebende Tierwelt, von der er zur Atmung verbraucht wird. Ist Seewasser längere Zeit von der Berührung mit der Atmosphäre ausgeschlossen, so verringert sich sein Sauerstoff infolge des Verbrauchs durch die Tierwelt, so daß in gewissen Meerestiefen kein Sauerstoff vorhanden und damit organisches Leben unmöglich gemacht ist. Dies ist z. B. in den Tiefen des Schwarzen Meeres der Fall, da das leichte Oberflächenwasser hier einen Austausch zwischen Oberflächen- und Tiefenschichten verhindert, so daß von etwa 200 m Tiefe ab der Sauerstoff verschwindet und an seiner Stelle Schwefelwasserstoff als Verwesungsprodukt von Organismen auftritt. Der Gehalt des Oberflächenwassers der Ozeane an Sauerstoff ist abhängig von der Temperatur und dem Salzgehalt des Wassers, je höher die Temperatur und der Salzgehalt, je geringer der Sauerstoffgehalt. Über die normale Sättigung hinaus kann der Sauerstoff vermehrt werden durch pflanzliche Organismen in den Oberflächenschichten, die Sauerstoff abgeben, so daß eine Übersättigung bis um 10, ja 15 % eintreten kann. Wie wir im vorigen Abschnitt gesehen haben, sinkt das Oberflächenwasser der höheren Breiten in die Tiefe und bewegt sich äquatorwärts, in den Tropen allmählich aufsteigend und sich den Oberflächenschichten wieder beimischend. Hierdurch wird stetig neuer Sauerstoff den Meerestiefen zugeführt, der langsam verbraucht wird, so daß in den Schichten unter der Oberfläche im Tropengebiet der Sauerstoffgehalt schließlich von etwa 8 ccm



auf 1 bis 2 cem gesunken ist. Von den anderen beiden Gasen, Stickstoff und Kohlensäure, sei nur erwähnt, daß bis auf kleine Unterschiede das Meer überall ungefähr gesättigt mit Stickstoff ist, und daß die Verteilung der Kohlensäure, die vorwiegend gebunden an die im Meerwasser gelösten Salze ist, noch nicht genügend bekannt ist. Sie spielt jedoch für die Organismenwelt des Meeres eine große Rolle, da sie das Material zum Kalkgerüst der Tiere liefert; erinnert sei hier nur an die zahllosen Insel- und Riffbauten aus Korallenkalken in den tropischen Gebieten, die aus lebenden oder abgestorbenen Organismen bestehen.

Die Farbe des Meeres ist abhängig von der Wassertiefe und von der Reinheit des Wassers. Das Wasser an und für sich ist farblos, aber das Licht, das eine mehrere Meter dicke Wasserschicht durchdringt, ist deutlich blau. Dies erklärt sich dadurch, daß das Wasser von den verschiedenen Farbenstrahlen, die das weiße Sonnenlicht enthält, vornehmlich die roten und gelben Strahlen absorbiert, so daß von den aus der Tiefe zurückgeworfenen Strahlen nur die blauen und grünen übrig bleiben. Je größer die Tiefe ist, in der die Strahlen reflektiert werden, um so länger ist der Weg der Strahlen im Wasser und um so vollständiger die Absorption der roten, gelben und grünen Strahlen, um so reiner das Blau des Wassers. Ist das Wasser getrübt, so wird das Licht aus geringeren Tiefen zurückgeworfen, die Absorption der roten und anderen Strahlen ist nicht so vollständig, und die Farbe des Meeres erscheint grünlich. In der intensiv blauen See der Nordbreiten ist die Trübung durch Organismen sehr klein, größer schon in den gemäßigten Breiten, wo das Wasser grünlich blau erscheint. In unseren Randmeeren ist die Trübung namentlich in der Nähe der Küsten durch die Sande und Schlamme, die vom Festlande herkommen, verursacht, hier werden oft auch gelbe Farben beobachtet. Zur Bestimmung der Wasserfarbe dient die Forellsche Farbenskala, die angibt, wie viel Prozent Gelb der rein blauen Farbe beigemischt ist. Hiernach ergibt sich die Farbe in den Nordbreiten zu 0, in den gemäßigten Breiten zu 5, in der Nordsee etwa zu 10, in der Ostsee zu 14 bis 21 % Gelb.

In Zusammenhang mit der Farbe des Meeres steht seine Durchsichtigkeit, die durch die Beobachtung der Tiefe, in welcher eine weiße Scheibe von  $\frac{1}{2}$  m Durchmesser verschwindet, festgestellt wird. Diese Sichttiefen betragen in den Nordbreiten 30 bis 50 m, in der Nordsee bis 23 m, in der Ostsee 11 bis 13 m, zum Teil sogar nur 7 m.



## Vierter Abschnitt.

Die Bewegungen des Meeres (mit Ausschluß der Gezeiten)  
und das Treibeis.

## Die Wellenbewegung des Meeres.

14. Im freien Ozean haben wir zu unterscheiden zwischen der Windsee und der Dünung. Erstere wird durch den jeweilig herrschenden Wind aufgeworfen und entwickelt sich mit der Zunahme und Dauer des Windes, letztere verdankt nur ihre Entstehung und ihre Energie der Windkraft und pflanzt sich von den Sturmgebieten frei über die Oberfläche der Meere fort, bis ihre Energie vernichtet ist. Windsee und Dünung sind in der Erscheinung sehr verschieden, die Windsee hat spitze Kämme und verhältnismäßig steile Formen,

Fig. 15.

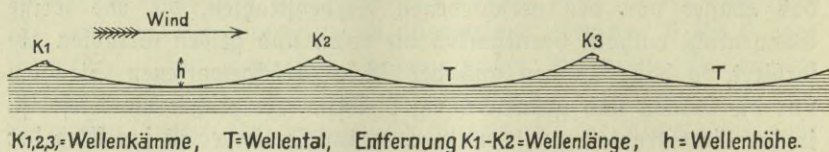
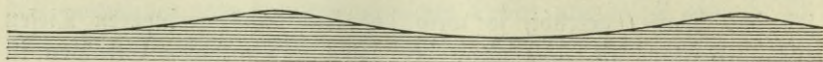
K<sub>1,2,3</sub> = Wellenkämme, T = Wellental, Entfernung K<sub>1</sub>-K<sub>2</sub> = Wellenlänge, h = Wellenhöhe.

Fig. 16.



während die Dünung flach gewölbt und länger ist, wie es unsere Fig. 15 und 16 zeigen. Dies sind jedoch nur die Grundformen der beiden Arten von Wellen, in Wirklichkeit sind, wie uns neuerdings photographische Aufnahmen, bei denen man die einzelnen Wellen ausmessen kann, gezeigt haben, die Formen der Wellenquerschnitte sehr unregelmäßig und das Ergebnis einer Anzahl durcheinanderlaufender Wellen. Auch hat die alte Anschauung, daß bei den Windseen der Kreis die Grundform für die Bewegung der einzelnen Wasserteilchen sei, durch diese neuern Forschungen Änderungen erfahren, die aber noch nicht spruchreif sind. Zu beachten ist, daß bei der Fortpflanzung der Wellen im allgemeinen nur die Bewegung übertragen wird, nicht aber ein wesentlicher Transport des Wassers selbst stattfindet.

Nach den vorliegenden Beobachtungen ergibt sich die Geschwindigkeit der Windseen bei stürmischen Winden zu 10 bis 12 m in der Sekunde, größere Werte sind selten. Die Wellenlänge liegt meist unter 60 m, sie erreicht aber auch Werte von 200 bis 400 m, ausnahmsweise geht sie auch darüber hinaus. Die Wellenperiode oder



die Zeit zwischen der Aufeinanderfolge zweier Wellen ist sehr verschieden, so beträgt sie in der westlichen Ostsee nur zwei bis drei Sekunden, im Passat sechs bis acht Sekunden, im Gebiet der Westwinddrift überschreitet sie oft zehn bis zwölf Sekunden. Die Höhe der Wellen ist oft überschätzt worden, als Maximum der Wellenhöhe ist 15 m anzusprechen, jedoch sind solche Höhen seltene Ausnahmen.

Als mittlere Höhe für sturmbewegte See kann man etwa 6 bis 8 m annehmen, Höhen von 10 und 12 m kommen nur selten vor, im Passat wird eine Höhe von 4 m kaum überschritten. Die größten Geschwindigkeiten und Wellenlängen werden bei den Dünungen angetroffen, die Geschwindigkeiten erreichen hier Werte bis zu 30 m in der Sekunde bei Längen bis zu 500 m.

Beobachtungen über Geschwindigkeit, Periode, Länge und Höhe der Wellen sind stets erwünscht, aber nur eine große Zahl von Beobachtungen, die nach hierfür bestehenden Anleitungen ausgeführt sind, gibt brauchbare Werte. Als Anleitung sei empfohlen: Rottok, Meereswellenbeobachtungen in den Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, Jahrgang 1903, S. 329; ferner sei hier hingewiesen auf das umfassende Handbuch der Ozeanographie von Professor D. Krümmel, eine Fundgrube für jeden, der sich über die Tatsachen und die Gesetze, die die Meeresforschung bislang zu Tage gefördert hat, unterrichten will. Hier sei nur kurz folgendes angeführt:

1. Die Wellengeschwindigkeit wird aus der Zeit ermittelt, die ein Wellenkamm zum Durchlaufen einer am Schiff abgemessenen Entfernung gebraucht. Berücksichtigt werden muß: Die Geschwindigkeit des Schiffes und der Winkel, den der Wellenzug mit der Fahrtrichtung bildet, auch ob die See achterlich oder vorlich ist.

2. Die Wellenperiode wird gefunden aus der Zeit, die zwischen dem Durchlaufen zweier Wellenkämme an einem bestimmten Punkt des Schiffes liegt, und der ermittelten Wellen- und Schiffsgeschwindigkeit. Winkel und Richtung der See ist wie bei 1. zu berücksichtigen.

3. Die Bestimmung der Wellenlänge erfolgt durch Abmessen der Länge zwischen zwei durchlaufenden Wellenkämmen am Schiff unter Berücksichtigung des Winkels wie bei 1. Ist die Welle länger als das Schiff, so kann die Wellenlänge erstens rechnerisch ermittelt werden aus Geschwindigkeit mal Periode oder zweitens auch mittels des Log durch Bestimmung der Länge der Logleine zu den Zeiten, wo sich das Logbrett auf den Wellenkämmen befindet.

4. Die Messung der Wellenhöhe ist schwierig; am einwandfreiesten ist die Messung von einem Punkt auf den Decksaufbauten

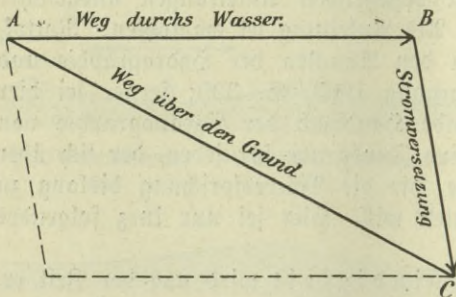


oder in den Wanten des Schiffs, der so gewählt ist, daß der Beobachter die Kämme zweier aufeinanderfolgender Wellen mit der Kinn in eine Linie bringt. Die Höhe des Auges über der Wasseroberfläche ergibt sodann die Wellenhöhe.

### Die Meeresströmungen.

15. Die Methoden zur Feststellung der Meeresströmungen. Während es verhältnismäßig einfach ist, die Richtung und Stärke der Luftströmungen in der Nähe der Erdoberfläche zu bestimmen, indem man an verschiedenen Punkten eines Gebietes registrierende Windmesser aufstellt, ist es bedeutend schwieriger, die Richtung und Stärke der Meeresströmungen zu ermitteln, da es bei den großen Tiefen des Ozeans im allgemeinen schwer möglich ist,

Fig. 17.



einen festen Beobachtungspunkt, von dem aus gemessen werden kann, zu schaffen. In den flachen Rand- und Binnenmeeren sind die Schwierigkeiten geringer, da hier leichter die Möglichkeit gegeben ist, ein Schiff, Boot oder eine Boje zu verankern, daß Apparate zur Aufzeichnung der Stromstärke und Richtung ins Wasser versenkt werden können. Infolgedessen ist man beim Ozean zur Festlegung der Meeresströmungen auf die Anwendung indirekter Methoden angewiesen, indem man aus Beobachtungen verschiedenster Art Schlüsse auf die Bewegung des Wassers während eines längeren Zeitraumes zieht.

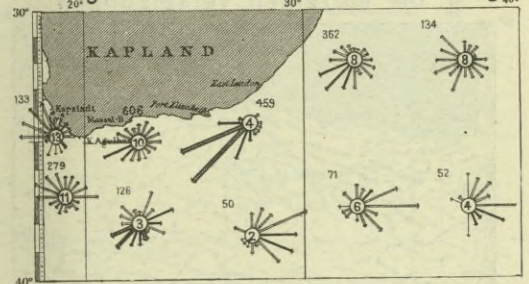
Die wichtigste Methode, mit deren Benutzung vornehmlich unsere Karten der Meeresströmungen entworfen sind, ist die Ermittlung der Besteckversetzung, die durch Kurs und Entfernung von dem gegißten Besteckpunkt nach dem beobachteten (astronomischen) Besteckpunkt dargestellt wird. In der Regel wird auf allen Schiffen die Besteckversetzung, wenn möglich, jeden Mittag ermittelt und entweder errechnet oder aus der Karte entnommen, sie wird dann in Sm für 24 Stunden (Etmal) rechtweisend angegeben. Entgegengesetzt wie bei den Winden wird in der Nautik der Strom (oder die Versetzung) stets durch die Richtung, wohin der Strom setzt, bezeichnet. Die wahre Ortsveränderung eines Schiffes setzt sich zusammen aus dem Weg des Schiffes durchs Wasser (rechtweisender Kurs unter Berücksichtigung der Abdrift) und der davon unabhängigen Bewegung des



Wassers selbst, beide zusammengesetzt ergeben den Weg über den Grund, wie es unsere Fig. 17 veranschaulicht. Sehr wesentlich ist es, daß beim gegißten Besteck nur die etwa vorhandene Abtrift, nicht aber der zu erwartende Strom eingerechnet wird, da andernfalls der Besteckunterschied falsche Werte für die tatsächliche Stromverziehung liefert. Da sowohl das gegißte wie das beobachtete Besteck mit Fehlern behaftet sind (das erstere namentlich infolge ungenauen Steuerns und Loggens, fehlerhafter Deviation und unrichtiger Beurteilung der Abtrift), so ist der Wert der einzelnen Besteckverziehung sehr abhängig von der Genauigkeit der Beobachtungen. Bei der Bearbeitung von Besteckverzeichnungen zu Stromarten kann man damit rechnen, daß sich die Fehler der einzelnen Beobachtungen gegenseitig aufheben, wenn die Zahl der Beobachtungen genügend groß ist; Beobachtungen, die weniger als 6 Sm Strom in 24 Stunden ergeben, werden meist als kein Strom oder Stromstille gerechnet.

Um die Verwertung dieser Besteckverzeichnungen für unsere Kenntnis der Strömungen zu veranschaulichen, sind hier zwei Ausschnitte aus dem von der Deutschen Seewarte in Hamburg herausgegebenen „Atlas der Meeresströmungen in dem Indischen Ozean“ in verkleinertem Maßstabe wiedergegeben. (Siehe Fig. 18 und 19.) Die obere Figur zeigt die Häufigkeit und die mittlere Stärke der Strömungen im Monat Juli südöstlich vom Kapland, dargestellt durch berechnete Stromsterne oder Stromrosen. Man gewinnt bei dieser Darstellung einen Überblick über alle Strömungen, die in dem Gebiet, das durch einen Stromstern gekennzeichnet ist, beobachtet sind, sieht auch sofort, ob häufig Stromstillen vorkommen, und erkennt, daß, wenn man vom Indischen nach dem Atlantischen Ozean will, man vorteilhaft den kräftigen Agulhasstrom benutzt, während man umgekehrt nach dem Indischen Ozean besser südlicher im Gebiet der Westwindtrift den Oststrom oder auch dicht unter Land den Meer-

Fig. 18.  
I. Häufigkeit u. mittlere Stärke d. Strömungen



Die prozentische Häufigkeit der Strömungen wird durch die Länge der Pfeile bezeichnet. Die Zahl im Kreise bedeutet die Zahl der Stromstillen. Die Zahl außerhalb des Stromsterne gibt die Anzahl der verfügbaren Beobachtungen an.

Die mittlere Stärke der Strömungen ist folgendermaßen gekennzeichnet:

—	7 - 12 Sm im Etmaal oder bis ½ 1
→	13 - 24 " " " " " " " " " " " "
→	25 - 36 " " " " " " " " " " " "
→	37 - 48 " " " " " " " " " " " "
→	49 - 60 " " " " " " " " " " " "
→	61 - 72 " " " " " " " " " " " "
→	über 72 " " " " " " " " " " " "



strom der Agulhasströmung ausnutzt. Ganz anderer Art ist die in der zweiten Figur gegebene Darstellung, die eine Auswahl der beobachteten Einzelversetzungen bringt. Sie ergänzt die Darstellung der Stromsterne, indem sie Einzelheiten, wie das Abkurven der Agulhasströmung nach Südosten, zur Anschauung bringt und namentlich die Veränderlichkeit der Meeresströmungen klar erkennen läßt. Denn dessen müssen wir uns immer bei allen Übersichtsdarstellungen der Meeresströmungen klar bewußt bleiben, daß auf den Karten nur die vorwiegende Richtung der Bewegung der Meeresoberfläche veranschaulicht wird, so daß also z. B. im Golfstrom trotz der vor-

Fig. 19.



Es sind hier, soweit der Maßstab der Karten es gestattet, die einzelnen von den Schiffen beobachteten Stromversetzungen eingetragen, wobei durch die verschiedene Stärke und auch Länge der Pfeile in der folgenden Weise die verschiedenen Stromstärken gekennzeichnet sind:

Sm in Etmaal:	0-6	7-12	13-24	25-48	49-72	73-96	über 96
Stromstärke	○	—	—	—	—	—	—
Knoten:	—	bis ½	½-1	1-2	2-3	3-4	über 4

herrscheid östlichen Bewegung Beobachtungen nach Westen nicht zu den Seltenheiten gehören. Erwähnt sei noch, daß für die Darstellung der Strömungen im Indischen Ozean 222 000 Besteckversetzungen gedient haben, so daß für jede Monatskarte fast 20 000 Beobachtungen zur Verfügung standen.

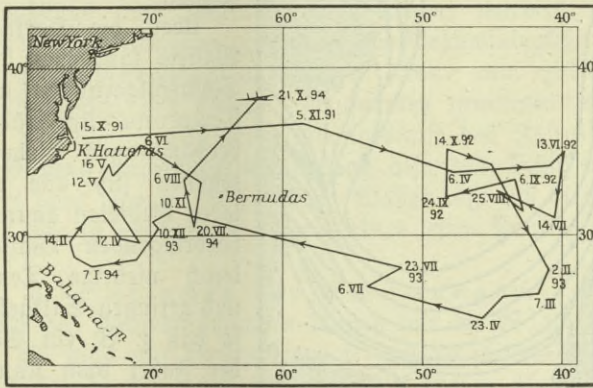
Ein weiteres Mittel, um Aufschlüsse über Strömungen zu erhalten, liefern uns die Wege, die von Treibkörpern im Meere zurückgelegt sind. Meist kennen wir allerdings nicht den Weg selber, sondern nur den Anfangs- und Endpunkt des Weges, können jedoch über den Verlauf der Strömung durch Sammlung sehr vieler Beobachtungen gute Anhaltspunkte gewinnen. Bekannt ist das Vorkommen des Sargassum-Krautes im zentralen Teil des Nordatlantischen Ozeans, daß, von den westindischen Küsten bei Stürmen losgerissen, durch den Golfstrom nach Nordosten geführt wird und mit den abkurvenden Stromfäden nach Süden zurück treibt. In dem Gebiet südlich des Golfstroms zwischen 25° N-Br. und 35° N-Br., das keine ausgeprägte Stromrichtung aufweist, wird das Kraut in solch großen Mengen von Schiffen gesichtet, daß das Gebiet seit langem den Namen Sargasso-See führt. Auf südlicher Breite sind im Gebiet der Westwindtrift die Seetang-Büschel bekannt, ihr Vordringen nordwärts z. B. bis zur



Breite von Buenos Aires ist ein Beweis für die Stromrichtung des kalten Falklandstroms. In gleicher Weise berichten uns die in Island, Grönland und Spitzbergen angeschwemmten Treibhölzer aus Sibirien über die Bewegung der Treibeismassen im Nordpolarbecken.

Manch lehrreichen Aufschluß über die Natur der Strömungen haben uns auch Wracktriften gegeben, wie uns die Trift des Schoners „Fanny Wolston“ (siehe Fig. 20) zeigt. Das Wrack triftete auf seiner Holzladung vom 15. Oktober 1891 bis zum 21. Oktober 1894, also etwa 1100 Tage; es wurde während dieser Zeit 46mal gemeldet und legte in mannigfachem Zickzack einen Weg von 8000 Sm zurück. Wie verschiedenartig aber Wracktriften sein können, zeigt uns

Fig. 20.



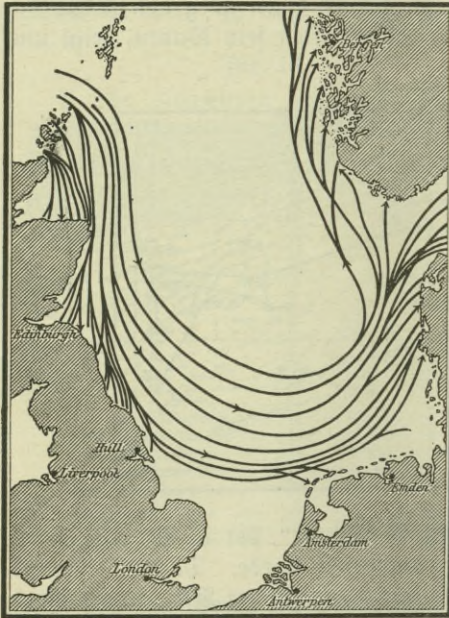
das Schicksal des Schoners „Fred B. Taylor“, der in  $40^{\circ} 19' N=Br.$ ,  $68^{\circ} 33' W=Lg.$  in zwei Hälften zerschnitten wurde. Das weit herausragende Heck trieb unter dem Einfluß südwestlicher Winde nach Nord, während der tiefer liegende Bug mit der kühlen Meeresströmung nach Südwesten triftete.

Die Aufschlüsse, die die Natur oder der Zufall dem Menschen gegeben hat, haben ihn zu Versuchen mit Treibkörpern angeregt, indem er versiegelte Flaschen, die eine Urkunde mit Ort, Zeit und Namen des Schiffes nebst Angabe, wohin der Zettel zu senden ist, enthalten, der Strömung übergeben hat. Diese Flaschenposten können recht gute Dienste tun, wenn sie, wie es der Fürst von Monaco oder W. Fulton in der Nordsee getan hat, in großen Mengen im Meer ausgelegt werden. So konnte Fulton auf Grund von 3550 ausgelegten Flaschenposten, von denen 572 wiedergefunden wurden, umstehendes Bild der Strömungen in der Nordsee entwerfen (siehe Fig. 21), das uns den zyklonischen Charakter der Strömung



(Strom entgegengesetzt dem Uhrzeiger) veranschaulicht. Da die Nordsee, wie alle Randmeere, vorwiegend Gezeitenströme aufweist, so ist die vorwiegende Versetzung oder der wirkliche Wassertransport hier besonders schwer zu bestimmen. Die größte Strecke, die, soweit wir wissen, bislang eine Flaschenpost zurückgelegt hat, ist der Weg, den eine Flasche von der Ostküste Südamerikas bis Neuseeland im Gebiet der Westwinddrift genommen hat. Zwischen dem Auswurfsort und dem Fundort hat die Flasche in 1271 Tagen einen Weg von rund

Fig. 21.



20 000 km zurückgelegt, woraus sich eine Minimalgeschwindigkeit von 16 km oder 9 Sm in 24 Stunden berechnet.

Über die Herkunft des Wassers kann man bestimmte Schlussfolgerungen auch aus Temperatur- und Salzgehaltsbeobachtungen ziehen. So zeichnen sich alle von polaren Gebieten äquatorwärts vordringenden Wassermassen durch niedrige Temperatur und geringen Salzgehalt aus, so daß z. B. ein Schiff auf der Fahrt vom Kanal nach New York bei Annäherung an die Neufundland-Bank klar aus der plötzlich erfolgenden Abnahme der Wassertemperatur erkennen kann, daß es

in den Bereich der Labradorströmung gekommen ist. In gleicher Weise kennzeichnet sich häufig die Nähe des Landes durch eine Abnahme des Salzgehalts, herrührend von der Anfüzung des Meeres durch die Zufuhr von Flußwasser, das sich seewärts ausbreitet.

Die Methoden, die wir bislang kennen gelernt haben, geben uns niemals die Strömung nach Richtung und Geschwindigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt oder für kurze Zeitintervalle, sondern nur einen Endwert meist für einen Zeitraum von 24 Stunden oder länger. Nur in der Nähe der Küste mit guten Peilungen kann man auch vom fahrenden Schiff aus für kürzere Zeiträume den Strom bestimmen. Um Augenblickswerte der Strömung zu erhalten, ist es notwendig, vom verankerten Schiff, Boot oder Boje zu arbeiten, wie



der Strom z. B. in der einfachsten Form mit Kellingslog bestimmt wird, indem man die Zeit mißt, die irgendein Treibkörper längs des Schiffes für eine abgemessene Länge gebraucht. Während so der Schiffsführer in unbekanntem Häfen sich über den Oberflächenstrom oder den Wechsel des Gezeitenstromes unterrichtet, bedienen sich Vermessungsschiffe und Forschungsfahrzeuge besonderer Strommesser, die Richtung und Geschwindigkeit des Stromes an der Oberfläche und in der Tiefe registrieren. Der am häufigsten benutzte Strommesser ist der Ekmanse; die Geschwindigkeit wird hier durch die Zahl der Umdrehungen eines Propellers gemessen, die Richtung durch Nadeln, die auf eine Kompaßnadel fallen, festgelegt, jedoch sind neuerdings auch Instrumente konstruiert worden, die photographisch während längerer Zeiträume die Geschwindigkeit und Richtung der Wasserbewegungen aufzeichnen. Wenn man exakte Angaben über Strömungen mit diesen Instrumenten gewinnen will, so ist die erste Bedingung, daß der Aufhängepunkt des Instruments zur Wasserbewegung unveränderlich ist, daß also das Schiff oder Boot nicht giert oder schwait. Auf flachem Wasser läßt sich dies erreichen, auf hoher See ist jedoch die Schaffung eines festen Punktes noch selten geglückt.

**16.** Die Ursachen der Strömungen. Als Hauptursache für die Meeresströmungen können wir die Windkraft bezeichnen, die nicht nur Wellen erzeugt, sondern mittels der Reibung die fortschreitende Bewegung der Luft dem Wasser übermittelt. Die größten Strömungen, die der Ozean aufweist, sind durch die bewegende Kraft des Windes verursacht, wie ein Vergleich der Wind- und Stromarten lehrt; man bezeichnet diese daher auch mit dem Namen Triftströme. Als Beispiele seien hier angeführt die gewaltige Ostströmung, die zwischen 50° und 60° S-Br. den Erdball umkreist und deren Name „Westwindtrift“ schon ihre Beziehung zu den „braven Westwinden“ anzeigt, ferner die Nord- und Südäquatorialströmung des Atlantischen Ozeans, deren Triebkraft die Passate sind, und schließlich die Monsunströmungen des westlichen Indischen Ozeans, die ihre Richtung etwa einen Monat nach dem Umspringen der Monsune ändern, eine Tatsache, die schon im Altertum erkannt und für die Schifffahrt benutzt wurde.

Die Richtung der Passate weicht von der Richtung der von ihnen verursachten Äquatorialströmungen ziemlich beträchtlich ab, so weht z. B. der Nordostpassat nach Südwesten, während der Nordäquatorialstrom nach Westen fließt, also nach rechts abgelenkt ist. Dies erklärt sich aus dem Einfluß der Erdrotation auf die Strömung, die bewirkt, daß alle Strömungen auf der Nordhalbkugel nach rechts,



auf der Südhalbkugel nach links abgelenkt werden. Diese, durch die Theorie geforderte Ablenkung zeigt sich nun nicht nur in der allgemeinen Bewegungstendenz der Strömungen, sondern sie konnte auch durch systematische Vergleiche von gleichzeitigen Wind- und Strombeobachtungen bestätigt werden. Zuerst wurde dies entscheidend nachgewiesen bei den Beobachtungen auf dem Feuerschiff „Adlergrund“, wo sich ein mittlerer Winkel von  $28^\circ$  nach rechts zwischen Wind- und Stromrichtung ergab; spätere Untersuchungen von Versezungen und Windbeobachtungen bestätigten die gefundenen Tatsachen und ergaben einen mittleren Ablenkungswinkel von  $45^\circ$ . Der Einfluß der Winde und der Erdrotation führt zu einer Zirkulation im Sinne des Uhrzeigers in den Gebieten nördlich des Äquators und in umgekehrtem Sinne des Uhrzeigers in denen südlich des Äquators.

Die durch den Wind fortgeführten Wassermassen geben nun Anlaß zu einer Reihe von Kompensationsbewegungen. So veranlassen Winde, die vom Lande nach dem Meere zu wehen, einen Ausgleich aus der Tiefe (Auftrieb), wodurch kälteres Wasser an die Oberfläche gebracht wird. In großer Ausdehnung sehen wir solche durch Auftrieb abgekühlten Gebiete in den Subtropen an den Westküsten der Kontinente, wie z. B. an der nord- und südafrikanischen Küste, wo jedes von See die Küste ansteuernde Schiff die Abnahme der Wassertemperatur küstenwärts beobachten kann. In kleinem Maßstabe können wir Auftrieberscheinungen auch an den Ostseeküsten beobachten, wenn ablandige Winde die Temperatur unter Land um mehrere Grade gegenüber derjenigen auf freier See erniedrigen. Neben dieser Ausgleichung aus der Tiefe, die auch in schnell bewegtem Wasser mitten im Ozean stattfinden kann und die Ursache der „Kaltwasserflecke“ ist, finden wir Kompensationsströmungen an der Oberfläche selbst, indem durch seitliche Zufuhr Ersatz für das fortgeführte Wasser geschaffen wird. Bekannt sind die Meerströme in Buchten, die seitlich von einer Hauptströmung liegen. Das Wasser in der Bucht wird hier von dem Hauptstrom angezogen, so daß unter Land eine dem Hauptstrom entgegengesetzte Bewegung, der Meerstrom, einsetzt. In ähnlicher Weise verdanken die ostwärts setzenden Gegenströme, die zwischen die Nord- und Südäquatorialströme zwischengelagert sind, ihre Entstehung großenteils dem Kompensationsbedürfnis, indem Wasser aus dem zwischen den Äquatorialströmen liegenden Gebiet nord- und südwärts abkurvt mit einer Bewegungstendenz nach Osten.

Eine weitere Ursache zur Entstehung von Strömungen haben wir schon im dritten Abschnitt unter 12 kennen gelernt, es sind die Unterschiede in der Dichte des Seewassers. Diese sind maßgebend für den vertikalen Austausch des Meerwassers zwischen Äquator



und Pol, auch treten sie in die Erscheinung beim Wasseraustausch zwischen dem Ozean und den Randmeeren. Wesentlich ist noch der Einfluß der Dichte-Unterschiede für die Ausbreitung der Schmelzwässer der Eis führenden Strömungen, indem das leichtere (weil salzärmere) Schmelzwasser sich über das schwerere Wasser der mittleren Breiten ausbreitet, so daß man z. B. westlich von Spitzbergen von dem Untertauchen des Golfstromes spricht, da kaltes, salzarmes, aber leichtes Polarwasser ihn überlagert.

17. Das Strömungsbild. Das Bild, das auf der Tafel von dem Verlauf der Strömungen entworfen ist, gibt nur die durchschnittliche Richtung und Stärke der Wasserbewegungen im Nordwinter, wie sie aus vielen Einzelbeobachtungen ermittelt wurden; in Wirklichkeit wird man häufig andere Stromrichtungen und -stärken in den einzelnen Gebieten antreffen, je nach den zur Zeit herrschenden allgemeinen Windverhältnissen.

Der Atlantische Ozean zeigt nördlich des Äquators einen Stromkreis im Sinne des Uhrzeigers, südlich des Äquators einen Stromkreis im entgegengesetzten Sinne verlaufend. Der erstere wird gebildet aus dem nördlichen Äquatorialstrom, nebst einem erheblichen Anteil des Südäquatorialstroms, dem karibischen und dem Florida-Strom, der zusammen mit dem Antillenstrom den Golfstrom formt. Mit dem von ihm abzweigenden Kanarenstrom schließt der Golfstrom den Stromkreis; der Hauptteil des für die europäischen Küstenländer so wichtigen Golfstroms gelangt jedoch unter den Einfluß der südwestlichen Winde, die ihn als Golfstromtrift über die Färöer zum Nordkap, ja bis zur Murmanküste und zur Westküste Spitzbergens führen. Im Gegensatz zu der warmen Strömung, die infolge der Wirkung der Winde und der Ablenkung der Erdrotation die Ostseite des Nordatlantischen Ozeans in mittleren und höheren Breiten beherrscht, finden wir an seiner Westseite kalte Strömungen aus dem Polargebiet nach Süden vordringend. So setzt längs der Ostküste Grönlands der Ostgrönlandstrom nach Süden und biegt bei Kap Farewell um die Südspitze Grönlands in die Davisstraße und Baffin-Bai. Ein Teil seines Wassers biegt nach Westen ab und wird weiter mit dem Labradorstrom nach Süden geführt, der östlich der Neufundland-Bank auf den Golfstrom trifft und hier teils untersinkt, teils durch Mischung und Zersplitterung endet. Ferner entwickelt sich aus dem St. Lorenz-Golf längs der Ostküste der Vereinigten Staaten eine kalte Küstenströmung, die zusammen mit dem auf dem Schelf befindlichen Wasser, dessen Temperatur durch die winterliche Abkühlung der anliegenden Landmassen erniedrigt wird, den durch seinen Gegensatz zum warmen Golfstrom bekannten „Kalten Wall“ bildet. — Der Stromkreis südlich



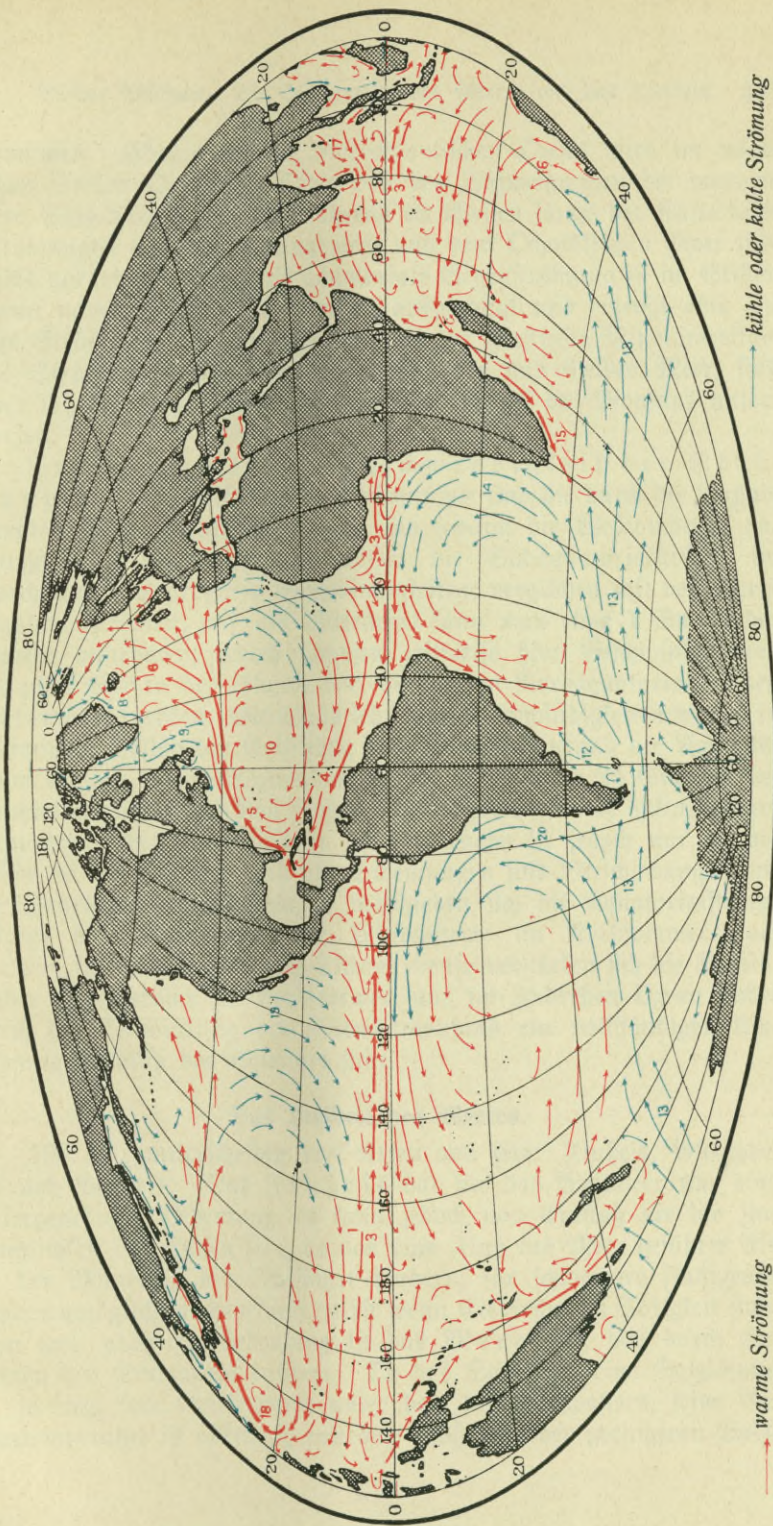
des Äquators besteht aus dem südlichen Äquatorialstrom, der bei Kap Roque sich spaltet; nur ein Teil der Strömung setzt als Brasilstrom nach Süden. Dieser krumt zwischen  $30^{\circ}$  und  $45^{\circ}$  S-Br. mehr und mehr nach Osten ab und bildet als südatlantischer Verbindungsstrom, zusammen mit dem um Kap Horn fließenden Oststrom, hier einen Teil des Stromrings, der als Westwindtrift alle drei großen Ozeane in den höheren Breiten verbindet. Von dem Verbindungsstrom zweigt sich der relativ kalte Benguelastrom nach Norden ab, der, ähnlich wie der Kanarenstrom den nördlichen, hier den südlichen Stromring zum Äquatorialstrom schließt. Ähnlich wie der Labradorstrom an der Küste Nordamerikas dringt der Falklandstrom an der Ostküste Südamerikas äquatorwärts vor, während die aus dem Weddell- Meer nach Nordwesten fließende antarktische Strömung die südliche Flanke der Westwindtrift bildet. Zu erwähnen ist schließlich noch der äquatoriale Gegenstrom, auch Guineaastrom genannt, der sich im September bis  $40^{\circ}$  W-Lg., im März dagegen höchstens bis  $25^{\circ}$  W-Lg. nach Westen ausdehnt.

Der Indische Ozean zeigt südlich des Äquators gleichfalls einen geschlossenen Stromkreis, bestehend aus Äquatorialstrom, Agulhas- und Madagaskarstrom, Westwindtrift und westaustralischer Strom; nördlich des Äquators ist das Strombild je nach der Jahreszeit ein verschiedenes. Im Nordwinter, wenn der Nordostmonsun herrscht, haben wir nördlich des Äquators von Hinterindien bis zur Somalküste eine westliche Wasserbewegung, die sich im Bengalischen Busen und Arabischen Meer meist dem allgemeinen Küstenverlauf anschmiegt, südlich des Äquators finden wir einen äquatorialen Gegenstrom, also Verhältnisse, die denen im Atlantischen Ozean ähnlich sind. Im Nordsommer, einige Wochen nach dem Umsetzen des Nordostmonsuns in den Südwestmonsun, ist nördlich des Äquators überall eine Bewegung nach Osten vorhanden, die als kräftiger Nordstrom längs der afrikanischen Küste in das Arabische Meer, sodann als Oststrom um die Insel Ceylon in den Bengalischen Meerbusen eintritt. Der Gegenstrom fehlt in dieser Jahreszeit, jedoch ist zwischen der Trift des Südwestmonsuns und des Südäquatorialstroms ein Gebiet häufiger Stillen und veränderlicher Strömungen zwischengelagert.

Der Stille Ozean zeigt ein Strömungsbild, das in hohem Maße demjenigen des Atlantischen Ozeans ähnlich ist. Der Stromkreis nördlich des Äquators setzt sich aus dem nördlichen Äquatorialstrom, dem Kuro Shio (das Abbild des Golfstroms) mit der ihn fortsetzenden Osttrift und dem Kalifornischen Strom, der südlich des Äquators liegende Stromkreis aus dem südlichen Äquatorialstrom, dem ostaustralischen Strom, der Westwindtrift und dem Perustrom



# Die Strömungen an der Oberfläche des Meeres im Nordwinter.



1 Nordäquatorialstrom, 2 Südäquatorialstrom, 3 Brasilienstrom (im Atl. Ocean Guineaström), 4 Antillenstrom, 5 Golfstrom, 6 Golfstromtrieb Atlantischer (Ström), 7 Kanarenstrom, 8 D'Isigrünlandstrom, 9 Labradorstrom, 10 Sargasso-See, 11 Brasilienstrom, 12 Falklandstrom, 13 Westwindtrieb, 14 Benguelastrom, 15 Agulhasstrom, 16 Westafrikanischer Strom, 17 Mozambischer Strom, 18 Kuro Shio, 19 Kalifornischer Strom, 20 Peru-Strom, 21 Ostaustralischer Strom.





zusammen. Ebenso wie im Nordatlantischen Ozean wird im nördlichen Stillen Ozean der Osten von den Abzweigungen der warmen Kuro Shio-Trift beherrscht, während im Westen längs der Küste kalte Strömungen aus dem Beringsmeer und dem Schotskischen Meer südwärts vordringen. Auch die äquatoriale Gegenströmung ist im Stillen Ozean namentlich im Nordsummer ausgeprägt und erzeugt eine östliche Strömung von den Karolinen bis zur Westküste Mittelamerikas. Die Strömungen der Randmeere, Chinajee und Gelbes Meer, sind einer jahreszeitlichen Änderung mit dem Wechsel des Monsuns unterworfen.

**Beständigkeit und Geschwindigkeit der Strömungen.** Die beständigsten Strömungen sind die durch die Passate erregten Äquatorialströme, denen sich sodann die Westwindtrift anschließt. In allen Ozeanen weisen die Südäquatorialströme im Durchschnitt die größeren Geschwindigkeiten, verglichen mit den Nordäquatorialströmen, auf, als Mittelwert kann man etwa 1 Sm in der Stunde annehmen, jedoch kommen zeitweise hier Geschwindigkeiten bis zu 4 Sm in der Stunde vor, die in den Nordäquatorialströmen nicht erreicht werden. Gleichfalls sehr hohe Geschwindigkeiten weisen in bestimmten Teilen der Golfstrom, der Somalstrom und der Agulhasstrom auf, in denen Maximalwerte über 120 Sm in 24 Stunden beobachtet worden sind. Von großer Beständigkeit sind die östlichen Verzweigungen in der Westwindtrift, meist betragen sie jedoch nur  $\frac{1}{2}$  bis 1 Sm in der Stunde. Fast alle Strömungen sind Verschiebungen mit der Jahreszeit unterworfen, so verschieben sich die Äquatorialströme infolge der Verschiebung der Windsysteme im Nordsummer nach Norden, im Nordwinter nach Süden, ebenso verstärken sich die äquatorialen Gegenströme im Nordsummer, nur im Indischen Ozean findet durch die Entwicklung des Südwestmonsuns ein vollständiger Umschwung nördlich des Äquators statt.

### Das Treibeis des Meeres.

18. Wir unterscheiden drei Arten von Eis: Flußeis, Gletschereis und Meereis. Das Flußeis hat für das Weltmeer nur eine untergeordnete Bedeutung, es kann jedoch von Einfluß für die Zugänglichkeit von Häfen sein, da das vom Fluß ins Meer geführte Eis an der Mündung die Schifffahrt hindern, für schwächere Fahrzeuge sogar unmöglich machen kann, selbst wenn Eisbrecher in Tätigkeit sind. Von weit größerer Bedeutung ist das Meereis, das durch Gefrieren des Seewassers entsteht. Da das Seewasser eine Salzlösung ist, so liegt sein Gefrierpunkt unter dem des Süßwassers, seine Gefriertemperatur ist abhängig von dem größeren oder geringeren Salz-



gehalt. Atlantisches Wasser von etwa 35 ‰ Salzgehalt gefriert z. B. bei  $-1,9^{\circ}\text{C}$ , Ostseewasser von  $7\frac{1}{2}\text{‰}$  Salzgehalt bei  $-0,4^{\circ}\text{C}$ . Vom Flußeis unterscheidet sich das in Schollen oder Feldern auftretende Meereis durch seine geringere Härte, auch enthält es zwischen den einzelnen Kristallen Einschlüsse von Salzlauge, so daß es meist zu Trinkwasser nicht zu verwenden ist. Die dritte und großartigste Form des Treibeises ist das Gletschereis oder Landeis, das von den Gletschern der polaren Gebiete stammt. Die dort im Meeresniveau mündenden Gletscher schieben ihre Eiszungen weit ins Meer vor, die infolge des Auftriebs schließlich abbrechen (der Gletscher „kalbt“). Das abgelöste Eis, der Eisberg, wird dann durch Winde und Strömungen nach niederen Breiten verfrachtet, bis er schließlich, meist weit entfernt vom Ursprungsort, zerfällt und schmilzt.

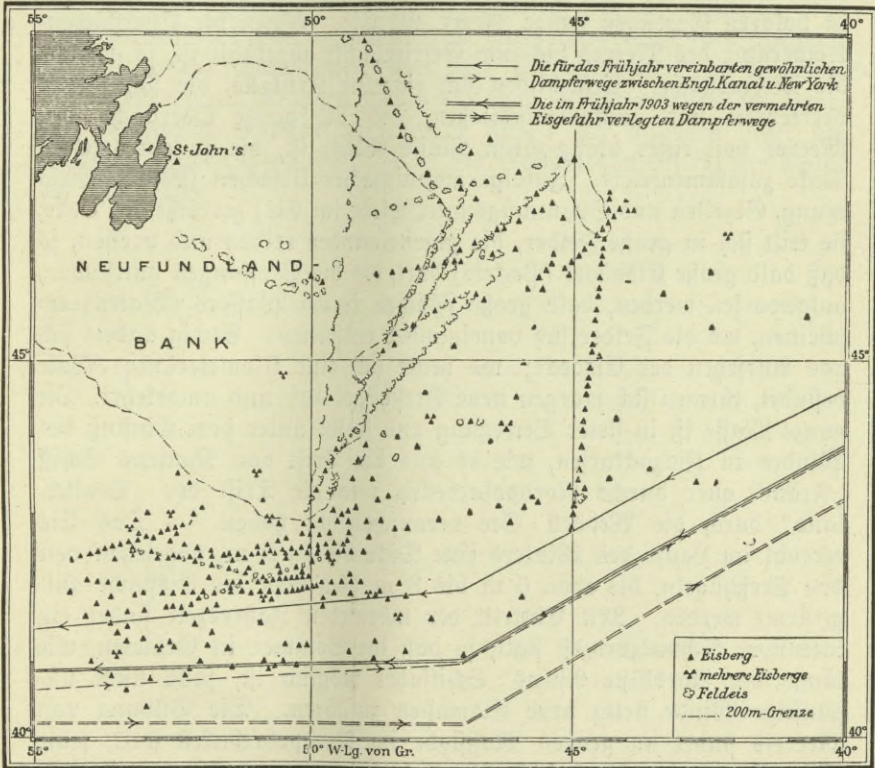
Für die Schifffahrt hat die Eisberggefahr auf der Fahrt nach New York eine große Bedeutung, wie dies noch die „Titanic“-Katastrophe im Frühjahr 1912 zeigte. Die vom grönländischen Inlandeis stammenden Eisberge, die im Sommer des einen Jahres ihre Bewegungsfreiheit erlangen, treiben mit dem längs der Küste von Labrador nach Süden ziehenden Strome in das Gebiet der Neufundland-Bank, wo sie im Frühjahr des nächsten Jahres teils auf den Untiefen der Bank stranden oder in die Grenzzone des Golfstroms gelangen und im wärmeren Wasser ihrer Auflösung rasch entgegengehen. Ist das Jahr ein normales Jahr, so besteht zwar immer die Gefahr eines Zusammenstoßes, aber sie ist verringert, da die Dampferwege nach Vereinbarung der großen Reedereien vom 15. Januar an so gelegt sind, daß das kritische Gebiet vermieden wird. Aber es gibt Jahre, in denen eine außergewöhnliche Menge von Eisbergen außergewöhnlich weit nach Süden (bis etwa  $38^{\circ}\text{N}$ -Br.) geführt wird, indem wahrscheinlich infolge besonderer Witterungsvorgänge der Labradorstrom verstärkt wird, während gleichzeitig eine größere Eisbergmenge im Norden sich gelöst hatte. In solchen Fällen dringen die Eisberge, wie uns unsere Fig. 22 zeigt, weit in das Gebiet der vereinbarten Dampferwege vor und werden dann oft zu Hunderten hier angetroffen. Wenn das Vordringen größerer Eisbergmengen bekannt wird, werden die Dampferwege zwar südlicher gelegt, aber die Gefahr bleibt stetig bestehen, auch wenn, wie es in den Jahren nach dem „Titanic“-Unglück der Fall war, Eispähdampfer funktentelegraphische Meldungen über angetroffene Berge in Fahrt befindlichen Schiffen übermitteln.

Der einzig sichere Weg für die Navigation in Eisregionen ist, in dickem Wetter zu stoppen und in dunklen Nächten sehr langsam zu fahren; in der Nacht oder bei Nebel soll der Ausguck so niedrig wie möglich aufgestellt sein.



Weit gewaltiger als auf der Nordhalbkugel ist das Auftreten der Eisberge in südlichen Breiten; diese Berge haben ihre Ursprungsstätte in dem Inlandeis, das den gesamten Südpolarkontinent bedeckt. Die antarktischen Eisberge unterscheiden sich von den meist pyramidenförmigen Bergen der Nordhalbkugel durch ihre Tafelform und durch

Fig. 22.



ihre größere Masse. Man hat Tafeln von mehreren Kilometern Länge und 30 bis 40 m Höhe angetroffen! Berücksichtigt man, daß etwa nur ein Viertel oder ein Fünftel des Eisbergs sich über Wasser befindet, so erhält man eine Vorstellung von den enormen Eismassen, die vom Südpolarkontinent nach gemäßigten Breiten vordringen. Für die Schifffahrt sind diese Eismassen aber nicht von so großer Bedeutung, da sie nur selten über 50° S.Br. nach Norden vordringen und außerhalb der Schifffahrtstraßen bleiben. Nur die ums Kap Horn gehenden Segelschiffe haben häufiger mit Eischwierigkeiten zu kämpfen; am weitesten nördlich treiben die Berge an der Ostküste Südamerikas, wo



sie mit dem Falklandstrom schon bis zur Breite von Buenos Aires gelangt sind. Was die Höhe der Eisberge anbelangt, so sind Höhen von über 100 m festgestellt; die Mehrzahl der Berge dürfte aber eine Höhe von 30 m bis 40 m nicht überschreiten.

Während die Eisberge meist nur die Schifffahrt gefährden, verhindert das Meereis in bestimmten Gebieten die Schifffahrt gänzlich. Ähnlich wie die Flüsse im Winter zufrieren, so bedecken sich in polaren Gegenden ganze Meere mit Eis. Wenn die Oberflächentemperatur des Meeres bis zum Gefrierpunkt abgekühlt ist, so gefriert die Meeresfläche. Erst bilden sich einzelne Kristalle, die sich schnell vermehren und zusammenschließen, bis die ganze Oberfläche des Meeres von einer breiig-zähen Masse bedeckt ist, die zu einer festen Decke zusammenfriert. Infolge mannigfacher Ursachen (Wind, Strömung, Gezeiten und Spannungsunterschiede im Eis) zerrißt die Decke, sie teilt sich in große Felder, die gegeneinander reiben und pressen, so daß bald große Eishügel (Packeis) dort, wo die Pressungen stattfinden, aufgeworfen werden, bald große Flächen freien Wassers (Waken) erscheinen, wo die Felder sich voneinander entfernen. Stetig ändert sich das Aussehen der Eisdecke; wo heute sich eine kilometerlange Wacke befindet, türmen sich morgen neue Preßhügel auf und umgekehrt. Die ganze Masse ist in steter Bewegung und treibt unter dem Einfluß des Windes in Zickzackkursen, wie es uns die Trift von Nansens Schiff „Fram“ quer durchs Nordpolarbecken und die Trift der „Deutschland“ durch die Weddell-See veranschaulicht haben. — Das Eis erreicht im Laufe des Winters eine Dicke bis zu 2 m, abgesehen von den Preßhügeln, die etwa 6 m bis 8 m hoch über die Eisfläche aufgetürmt werden. Mit Eintritt der wärmeren Jahreszeit findet ein intensiver Schmelzprozeß statt, so daß im Sommer in Gebieten wie längs der Nordküste Asiens Schifffahrt möglich ist, falls nicht ungünstige Winde stetig neue Eismassen zuführen. Die Bildung von Meereis findet im großen Maßstabe im Nordpolarbecken statt, seine Eismassen werden durch das atlantische Tor nach gemäßigten Breiten durch den ostgrönländischen Polarstrom geführt, ein Teil geht auch längs der Ostküste Spitzbergens nach Süden, hier oft noch im Frühsommer die Bären-Insel einschließend. Der aus dem Polarbecken ausgeführte Betrag des Eises schwankt in den einzelnen Jahren erheblich, so daß die Lage der Eisgrenze östlich von Grönland sehr verschiedenartig sein kann. So wird z. B. in Island in einzelnen Jahren überhaupt kein Eis gesichtet, während in anderen Jahren die Nordost- und zuweilen sogar die Südküste von Treibeis besetzt ist; in gleicher Weise äußert sich der Andrang des Eises aus dem Polarbecken bei Spitzbergen, das in günstigen Jahren umfahren werden kann, wäh-

rend in ungünstigen Jahren nur mit Mühe die Fjorde an der Westküste zugänglich sind. Große Massen von Meereis bilden sich auch Jahr für Jahr in den südpolaren Randmeeren, der Weddell-See und der Roß-See, die die Zugänglichkeit zum antarktischen Kontinent sehr erschweren.

In den Gewässern der Nordsee und Ostsee findet eine erhebliche Behinderung der Schifffahrt durch das Meereis nur im Finnischen und Bottenischen Meerbusen statt; die Erschwerung der Schifffahrt in den deutschen Häfen wird vorwiegend durch auf den Flüssen oder Häfen gebildetes Eis veranlaßt, das durch Eisbrecher in Bewegung gehalten wird. Nachrichten über das Eisvorkommen in deutschen Häfen werden als Anlagen zu den täglichen Wetterberichten der Deutschen Seewarte veröffentlicht, ferner finden sich Angaben über die durchschnittlichen Eisverhältnisse in den Seehandbüchern für die Nordsee und Ostsee.



## 7. Teil. Gezeitenlehre.

### Erster Abschnitt.

#### Art des Auftretens der Gezeiten und ihre Erklärung.

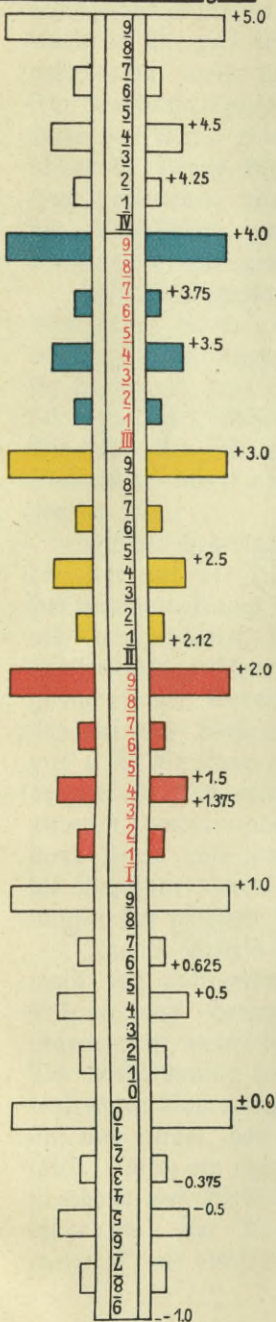
##### Übersicht über die Gezeitenerscheinung.

1. Begriffserklärungen. Unter der Gezeiten- oder Tidenerscheinung versteht man eine periodische Bewegung des Meeres. Sie setzt sich zusammen aus einer gleichförmigen Hebung und Senkung des Wasserpiegels, Flut und Ebbe, beide eine Tide genannt, ferner aus einem Hin- und Herströmen des Wassers, den Gezeiten- oder Tideströmungen. Während einer Tide wächst die Wasserstandshöhe von einem tiefsten Stande, dem Niedrigwasser, innerhalb einer örtlich verschiedenen Steig- oder Flutdauer um den Betrag des Tidenstiegs bis zu einem Höchstwert, dem Hochwasser, und nimmt mit der Fall- oder Ebbedauer um den Betrag des Tidenfalls ab bis zum nächsten Niedrigwasser. Das arithmetische Mittel aus Tidenstieg und Tidenfall bezeichnet man als den Hub dieser Tide, deren Dauer im Mittel 12 Stunden 25 Minuten umfaßt. Die ältere Gezeitenliteratur unterscheidet nicht zwischen Tidenstieg und Tidenfall, sondern gebraucht für diese Begriffe sowie für den Ausdruck Tidenhub unterschiedslos die Wörter Flutwechsel, Flutgröße oder auch Fluthöhe. Die letzte Bezeichnung ist noch im Nautischen Jahrbuch beibehalten. Unter dem Mittelwasser oder dem mittleren Wasserstande einer Tide versteht man das Mittel aus vielen, gleichmäßig über den Verlauf der Tiden verteilten Wasserständen. Das Mittel aus Hoch- und Niedrigwasser ist vom Mittelwasser streng zu unterscheiden. In der Deutschen Bucht liegt das Mittelwasser zum Teil mehr als ein Dezimeter höher als das Mittel aus Hoch- und Niedrigwasser. Die hier angeführten Begriffe der Gezeitenlehre sind in dieser Form für die Kaiserliche Marine vorgeschrieben und in den vom Reichs-Marine-Amt herausgegebenen Gezeitentafeln übersichtlich zusammengestellt.

2. Meßinstrumente. Über die zur Beobachtung der Gezeitenströmungen verwandten Hilfsmittel finden sich nähere Angaben

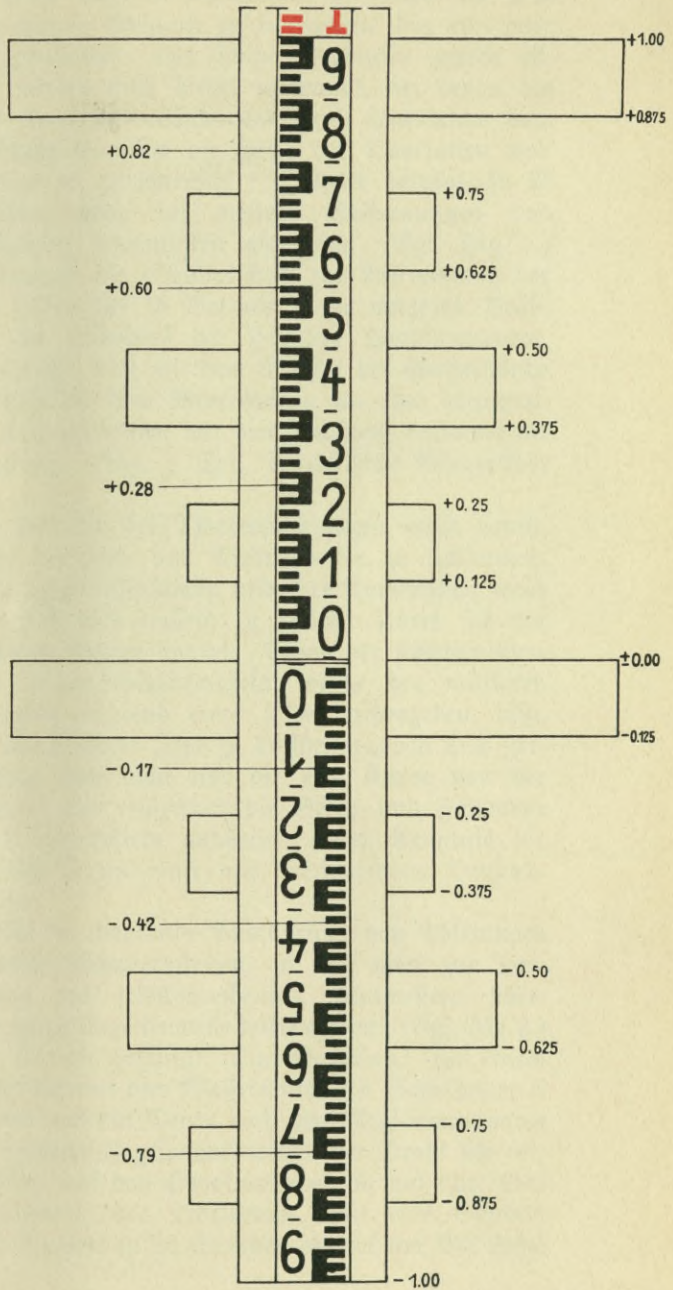
Fig. 1.

Gesamtbild des Pegels.



Maßstab 1:40

Einzelheit des Pegels.



Maßstab 1:12





im 6. Teile, Meereskunde, unter Nummer 15. Die senkrechten Spiegelschwankungen pflegt man in Küstennähe an einer mit dem Ausdruck *P e g e l* bezeichneten Meßplatte zu beobachten, die, ein- oder mehrfarbig, meist in Zentimeter oder halbe Dezimeter geteilt ist. Für Schiffsfahrtszwecke werden auch Pegel verwandt, bei denen die Höhe der Ahtel eines jeden Meterabschnittes durch Querlatten verschiedener Länge bezeichnet ist. Da die Höhe der Querlatten und ihre Entfernung voneinander gleichmäßig  $\frac{1}{8}$  Meter beträgt, so ist die Möglichkeit gegeben, auch auf weitere Entfernungen den Wasserstand mit genügender Genauigkeit abzulesen. (Vgl. Fig. 1.)

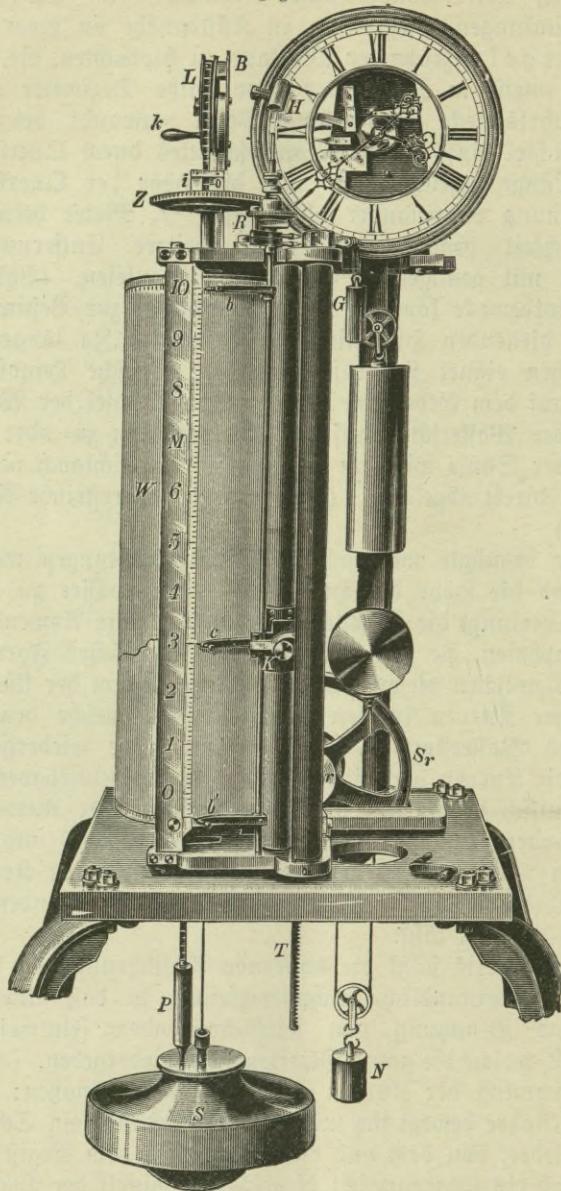
Für Bordzwecke kommen die gewöhnlichen, zur Bestimmung der Wassertiefe dienenden Hilfsmittel in Betracht. Zu längeren Beobachtungsreihen eignet sich besonders der Heynische Handlotapparat. Er beruht auf dem Gedanken, daß mit dem Wechsel der Wasserstände der Druck der Wassersäule auf dem Meeresboden zu- oder abnimmt. Die Höhe der Säule wird an einem mit dem Schlauch verbundenen Manometer direkt abgelesen. (Vgl. 1. Teil, Terrestrische Navigation, Nummer 71.)

Früher begnügte man sich bei Tidebeobachtungen meist damit, die Zeit und die Höhe der Hoch- und Niedrigwasser zu bestimmen. Heutzutage verlangt die Gezeitenforschung und ihre Anwendung mehr als Extremphasen, sie will auch wissen, in welcher Form sich der Wasserstand zwischen diesen Phasen ändert. Schon der flüchtige Vergleich einiger Kurven in den Gezeitentafeln, welche den mittleren Verlauf des Wasserstandes während einer Tide wiedergeben, läßt, wie z. B. die Kurven bei mittlerer Tide zu Wilhelmshaven und Zeebrügge, deutlich erkennen, daß nicht nur die eine Kurve von der anderen, sondern auch bei jeder einzelnen die Steig- und Falldauer ihrer Form nach starke Unterschiede aufweisen, deren Kenntnis für die Schifffahrt unerläßlich ist und nur aus fortlaufenden Beobachtungen sich ableiten läßt.

In der Praxis stößt die dauernde Ausführung von Ablesungen meist auf unüberwindliche Schwierigkeiten, so daß man zur Herstellung und Benutzung von selbstschreibenden Flutmessern übergegangen ist, welche die ganze Gezeitenwelle wiedergeben. (Vgl. Fig. 2.) Die Aufzeichnung der Kurven geschieht folgendermaßen: In einem senkrechten Rohre bewegt sich mit dem Wasserstande ein Schwimmer S auf und nieder, von dem aus ein Draht nach dem Registrierapparat läuft. Durch ein Gegengewicht N gespannt, wickelt der Draht sich entsprechend dem Wasserstande auf das Schwimmerrad Sr auf bzw. vom Rade ab. Zur Aufzeichnung der Tidekurven dient eine Schreibwalze W, die durch ein Uhrwerk in 24 Stunden einmal um ihre Achse



Fig. 2.



gedreht wird. Das Schwimmerrad überträgt nun in verkleinertem Maßstabe seine Bewegungen auf die Walze. In manchen Häfen sind an derartige selbstschreibende Pegel Wasserstandsanzeiger angeschlossen,

die durch Zeiger oder fortlaufende Zahlen den jeweiligen Wasserstand angeben<sup>1)</sup>).

Eine andere Pegelkonstruktion gestattet, die Schreibvorrichtung in einiger Entfernung vom Wasser aufzustellen. Man läßt den Wasserdruck auf eine versenkte Tauchglocke einwirken und leitet ihn durch Röhren an Land zu einem Quecksilbermanometer, das mit einer Aufschreibvorrichtung versehen ist.

Die genannten selbstzeichnenden Flutmesser bzw. ihre Registrierapparate sind mehr oder weniger an die Küste gebunden. Daher weisen noch manche Punkte des offenen Meeres empfindliche Lücken in der Kenntnis ihrer Tideerscheinungen auf. Hier werden in Zukunft erst jüngst vollendete selbstschreibende Pegel von besonderer Bauart eine reiche Verwendungsmöglichkeit finden. Sie beruhen gleichfalls auf dem Gedanken, den Druck der Wassersäule über dem Meeresboden zu messen. In einen am Beobachtungsorte zu versenkenden Kessel sind ein Uhrwerk nebst Schreibwalze und der den Wasserdruck aufnehmende Körper eingebaut. Dieser besteht bei den verschiedenen Konstruktionen teils aus einem Kautschuktrichter, dessen Ausdehnung sich direkt auf die Schreibwalze überträgt, teils aus einer Bourdonschen Röhre, wie sie auch bei Manometern verwandt wird. Ihre Formveränderung durch das eindringende Wasser liefert die Triebkraft für die Bewegung des Schreibstiftes.

**3. Besondere Eigenschaften der Gezeitenkurven.** In Fig. 3 sind sämtliche Wasserstände aus einem Zeitraume von etwa 14 Tagen dargestellt, welche von dem in Fig. 2 beschriebenen Flutmesser zu Wilhelmshaven aufgezeichnet sind. Vergleicht man die einzelnen Tiden miteinander, so fällt folgendes in die Augen: Die Hoch- und Niedrigwasser treten von Tag zu Tag um rund  $\frac{3}{4}$  Stunden später ein. Ferner nimmt die Hochwasserhöhe vom Beginn der Aufzeichnung bis etwa Mitte Juni täglich ab und gleichzeitig die Niedrigwasserhöhe zu, d. h. der Tidenhub wird kleiner; von Monatsmitte tritt der umgekehrte Fall ein. Alle diese Erscheinungen erweisen sich als regelmäßige Änderungen, sobald man sie mit der Bewegung des Mondes in Beziehung setzt. Es zeigt sich, daß, wenn man aus einer größeren Anzahl von Werten das arithmetische Mittel bildet, der Zwischenraum zwischen zwei Hochwassern einen halben Mondtag umfaßt, also 12 Stunden 25 Minuten Sonnenzeit. Mithin verschiebt sich das Hochwasser täglich um rund 50 Minuten. Ferner stehen die Zeiten der extremen Phasen in einer

<sup>1)</sup> Angaben über die mechanischen Wasserstandsanzeiger und die Wasserstandsprofile der deutschen Nordseeküste befinden sich in den Seehandbüchern und vom Jahre 1917 ab in den Gezeitentafeln.



bestimmten Beziehung zum Meridiandurchgang des Mondes derart, daß sie jedesmal um eine gewisse Anzahl Stunden und Minuten später eintreten als die Meridiandurchgänge, und zwar um den Betrag des Mondflutintervalls. Dieses ist am Tage des Neu- oder Vollmondes von gleicher Größe und führt die Bezeichnung gewöhnliche Hafenzzeit. An allen übrigen Tagen schwankt das Mondflutintervall in gesetzmäßiger Weise um einen Mittelwert, das mittlere Mondflutintervall oder die verbesserte Hafenzzeit, die das arithmetische Mittel aus sämtlichen Intervallen darstellt. Diese Abweichungen des Mondflutintervalls der einzelnen Tage von ihrem Mittelwert nennt man die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit, da sie nach Ablauf eines halben synodischen Monats zu ihrer Anfangsgröße zurückkehrt.

In dem gleichen Zeitraume spielt sich auch eine halbmonatliche Ungleichheit in Höhe ab. Sie zeigt sich darin, daß bei Voll- oder Neumond das Hochwasser seinen Höchstwert, das Niedrigwasser seinen Mindestwert, dadurch der Tidenhub seinen größten Betrag erreicht. Beim ersten oder letzten Viertel tritt der umgekehrte Fall ein, also niedrigstes Hochwasser, höchstes Niedrigwasser, kleinster Tidenhub. Zwischen diesen Grenzwerten liegen in regelmäßiger Folge die Werte an den anderen Tagen. Die Tiden dieser vier Mondphasen haben besondere Namen erhalten, bei Voll- und Neumond heißen sie Springtiden mit Springhochwasser-, =niedrigwasser und =tidenhub, beim ersten oder letzten Viertel Ripptiden oder taube Tiden mit Ripphochwasser-, =niedrigwasser und =tidenhub.

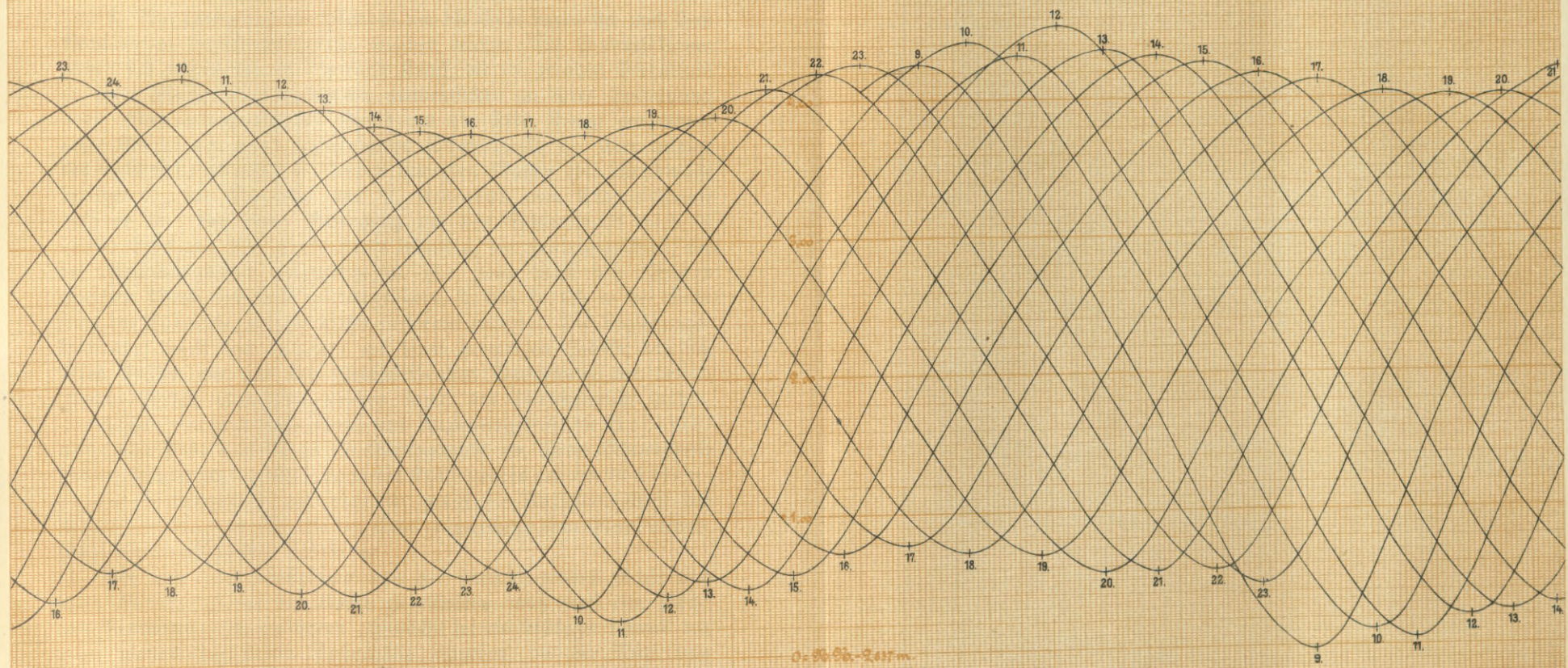
Die Berechnung der halbmonatlichen Ungleichheit in Höhe erfolgt ebenso wie diejenige der Zeit. Man bildet aus allen Hoch- und Niedrigwasserbeobachtungen eines oder mehrerer halber synodischer Monate das arithmetische Mittel und stellt die Abweichungen der Einzelwerte an jedem Tage von diesem Mittel fest. Bei längeren Beobachtungsreihen treten in den Werten der Ungleichheiten beträchtliche Schwankungen auf, die von der Abweichung und der Entfernung des flut-erzeugenden Gestirns herrühren.

Vergleicht man in Fig. 3 die beiden täglichen Hochwasser bzw. Niedrigwasser miteinander, so wird man meist bemerken, daß das Vormittagshochwasser nicht so hoch steigt und das Niedrigwasser weniger tief sinkt wie die entsprechenden Phasen am Nachmittage. Gewöhnlich tritt dieser Fall in der einen Hälfte des Jahres ein, der entgegengesetzte in der anderen Jahreshälfte. Ferner ist der Zeitraum zwischen den beiden Hochwasserzeiten eines Tages bald größer bald kleiner als der Unterschied zwischen dem Hochwasser des Nachmittages und demjenigen des folgenden Tages. Im Mittel gleichen sich die Unterschiede



Ergebnis 1 bis 3 Min.  $\frac{27}{100}$  Freitag d. 16.  
 Wasserstand am festen Pegel 4,13 m

Abgenommen 11 bis 28 Min.  $\frac{27}{100}$ ; Freitag d. 16.  
 Wasserstand am festen Pegel 3,57 m  
 Die Werte um 0 Min. sind



Zeichenerklärung:  $\odot$   
 Pegel Wilhelmshaven [I. Einfahrt]  
 Blatt No: 12 1914  
 vom 9. Juni bis 24. Juni 1914.  
 Zeichnerzeichnung:  $\odot$







aus und umfassen den Zeitraum eines halben Mondtages. Ähnliche Erscheinungen treten auch bei Niedrigwasser auf. Man bezeichnet diese Höhen- und Zeitunterschiede als die *t ä g l i c h e U n g l e i c h h e i t* in Höhe und Zeit.

Die Abhängigkeit der Hochwasserzeiten von den Mondkulminationen, sowie das Auftreten der halbmonatlichen und täglichen Ungleichheiten lassen erkennen, daß die Gezeitenercheinung eine periodische Bewegung des Wassers ist, die in Abhängigkeit steht von dem scheinbaren Umlauf der Sonne und der wahren Drehung des Mondes um die Erde.

### Erklärung der Gezeitenercheinungen.

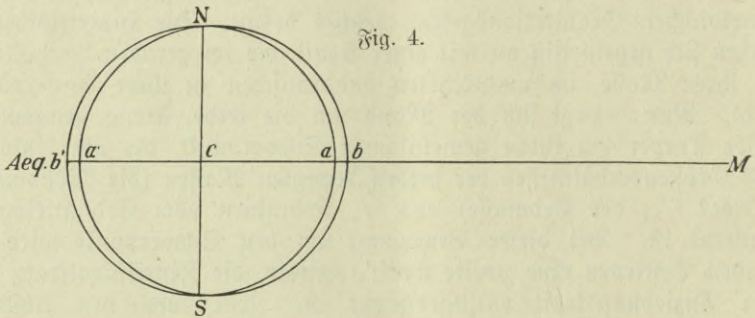
4. Die Bewegung des Mondes um die Erde regelt sich nach dem Newtonschen Gravitationsgesetz, welches besagt: Die Himmelskörper ziehen sich gegenseitig an mit einer Kraft, die im geraden Verhältnis zu ihrer Masse, im umgekehrten quadratischen zu ihrer Entfernung steht. Nun bewegt sich der Mond um die Erde, streng genommen beide Körper um ihren gemeinsamen Schwerpunkt, der aber infolge des Größenverhältnisses der beiden bewegten Massen (die Mondmasse beträgt  $\frac{1}{80}$  der Erdmasse) nur  $\frac{3}{4}$  Erdradien vom Erdmittelpunkt entfernt ist. Bei dieser Bewegung um den Schwerpunkt wird in beiden Gestirnen eine zweite Kraft lebendig, die Zentrifugalkraft, die der Anziehungskraft entgegengesetzt ist. Jene sucht den Abstand zwischen Mond und Erde zu vergrößern, so daß sie sich in der Richtung der Tangente zu ihrer Bahn entfernen würden. Die Anziehungskraft aber wirkt dem entgegen mit einer derartigen Stärke, daß sich beide Kräfte, wie aus der gleichbleibenden Entfernung der beiden Himmelskörper geschlossen werden kann, das Gleichgewicht halten.

Lassen nun auch Zentrifugal- und Anziehungskraft die *G e s a m t h e i t* von Erde und Mond im Gleichgewicht um ihren Schwerpunkt kreisen, so hebt sich die Wirkung dieses Kräftepaares auf ein *M a s s e n t e i l c h e n* keineswegs auf, vielmehr greift die Anziehungskraft des Mondes die einzelnen Punkte der Erde entsprechend dem Gravitationsgesetz mit verschiedener Stärke an.

Um nun eine Vorstellung von der fluterzeugenden Kraft und ihrer Einwirkung auf die Meere zu erhalten, muß man eine Reihe von Vereinfachungen einführen. Zunächst sei die Erdkugel überall mit einer gleichmäßig dicken Wasserhülle umgeben, die der Anziehung nur eines einzigen Gestirnes, des Mondes M, ausgesetzt sein und dieser Kraft ohne Verzögerung entsprechen soll. Das Gestirn möge im Äquator stehen. In Fig. 4 sei die Erde in einem senkrechten Schnitt durch den Nordpol N und den Südpol S wiedergegeben. Wenn nun



M das Zentrum  $e$  der Erde und alle anderen Teilchen mit gleichen und parallelen Kräften anziehen würde, so bliebe das Gleichgewicht der Wasserhülle vollkommen ungestört. Nun ist aber die Anziehungskraft auf die einzelnen Teilchen umgekehrt proportional dem Quadrat ihrer Entfernungen von der störenden Masse. Das heißt also: Das Teilchen  $a$  wird stärker angezogen als das Zentrum  $e$  der Erde, hat demnach das Bestreben, sich vom Erdmittelpunkte zu entfernen. Aus dem gleichen Grunde wird das Teilchen  $a'$  schwächer angezogen als der Erdmittelpunkt und hat die Neigung, ebenfalls seine Entfernung von  $e$  zu vergrößern. In Punkt  $a$  wird demnach das Teilchen durch den Mond von der Erde weggezogen, in Punkt  $a'$  zieht der Mond die Erde von dem Teilchen weg, in beiden Fällen erzeugt er eine



Erhebung der Teilchen über ihre frühere Gleichgewichtslage nach  $b$  und  $b'$  von nahezu gleicher Größe. Da nun der Rauminhalt des Wassergürtels der Erde derselbe bleibt, so wird in der Mitte zwischen  $b$  und  $b'$ , also in  $N$  und  $S$ , je ein Niedrigwasser entstehen. Die Wasserstandshöhe nimmt dann von  $b$  und  $b'$  nach  $N$  und  $S$  zu allmählich ab.

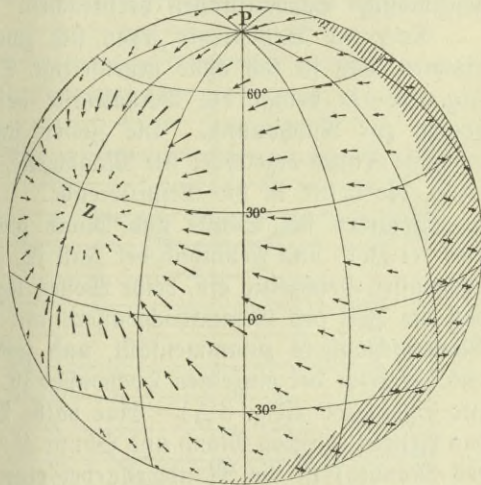
Man könnte nun leicht zu der Annahme kommen, daß z. B. in  $a$  eine unmittelbare Hebung des Wasserpiegels stattfände. Dies ist jedoch nicht möglich, weil die fluterzeugende Kraft, trotzdem sie hier ihren Höchstwert erreicht, nur einen ganz geringen Teil der zum Erdmittelpunkt gerichteten, ihr entgegengesetzten Schwerkraft ausmacht, und letztere somit eine Hebung der Wasserteilchen verhindert. Diese können vielmehr ihre Lage nur nach der Richtung, in welcher sie frei beweglich sind, also horizontal, verändern. Die störende Kraft läßt sich nach dem Parallelogramm der Kräfte überall in eine senkrechte, der irdischen Schwerkraft entgegenarbeitende, und eine wagerechte, längs der Wasseroberfläche wirksame Komponente zerlegen. Erstere kommt nach dem Gesagten für die Niveauänderungen nicht



in Frage, während die letztere eine Bewegung der Wasserteilchen nach den Punkten a und a' verursacht, also nach denjenigen Punkten, in denen die Verbindungslinie zwischen dem fluterzeugenden Gestirn und dem Erdmittelpunkt sowie ihre Verlängerung die Erdoberfläche schneidet.

Die Verteilung der fluterzeugenden, horizontalen Komponenten möge die perspektivische Fig. 5 erläutern. Auf der nicht schraffierten Erdhälfte ist die Bewegungsrichtung der Wasserteilchen nach dem Punkte Z gerichtet, auf der schraffierten Hälfte nach dem um 180° von Z entfernten Punkte N, der in der Figur nicht mehr sichtbar ist. Es wird dann in Z und N je ein Hochwasser auftreten. Alle Orte, die auf dem die beiden Erdhälften trennenden Meridian liegen, haben Niedrigwasser. Dadurch wird die flüssige Erdhülle zu einem Ellipsoid umgeformt, dessen große Achse auf das störende Gestirn hin gerichtet ist. So erhält man eine ähnliche Gleichgewichtsform, wie wenn die Erde infolge ihrer täglichen Bewegung um ihre Achse am Äquator anschwillt, an den Polen aber einsinkt.

Fig. 5.



Nun kreist der Mond im Mittel in 24 Stunden 50 Minuten einmal um die Erde. Das Flutellipsoid folgt dieser Drehung, mit anderen Worten, die Gezeitenerscheinung läuft in Gestalt zweier Flutwellen in der genannten Zeit um die Erde. Jeder Ort erlebt ein rhythmisches Steigen und Fallen des Wassers zweimal mit einem positiven und einem negativen Scheitelpunkt: zwei Hochwassern und zwei Niedrigwassern. Erstere treten ein bei der oberen, sichtbaren und unteren, unsichtbaren Kulmination des Mondes im Ortsmeridian, letztere in der Mitte zwischen diesen Mondstellungen, 6 Stunden 12,6 Minuten vorher bzw. nachher.

Außer dem Monde wirkt nun auch die Sonne als fluterregendes Gestirn, dessen Stellung zur Erde ebenfalls in der Äquatorebene gedacht sein mag. Auch sie wird ein Flutellipsoid verursachen, das entsprechend ihrer scheinbaren Bewegung in einem Tage, in 24 Stunden



einmal um die Erde läuft und je zwei Hochwasser und Niedrigwasser erzeugt. Für das Maß der Sonnenwirkung im Verhältnis zum Monde gilt außer den Beziehungen, welche sich nach der Entfernung voneinander regeln, das schon genannte Gesetz, daß die Anziehungskräfte sich wie ihre Massen verhalten. Freilich ist der Abstand der Sonne von der Erde weit größer als derjenige des Mondes von der Erde. Trotzdem nun die Masse der Sonne millionenmal größer ist als die des Mondes, so ist doch die fluterzeugende Kraft des letzteren wegen seiner größeren Erdnähe mehr als zweimal so stark wie die der Sonne. Mithin werden die Mondwellen die Grundlage für die Gezeiten bilden, während die Sonnenwellen nur gewisse gesetzmäßige Schwankungen verursachen.

Nach der Wellenlehre setzen sich zwei Wellensysteme derart zusammen, daß sie sich ohne gegenseitige Störung übereinanderlagern. Fig. 6 A—D bringt die Verhältnisse bei den verschiedenen Mondphasen zur Anschauung. Die Zeiten sind Mondstunden. Die gestrichelte Kurve bezeichnet die Mondwelle, die punktierte die Sonnenwelle, die dritte ist die Resultierende.

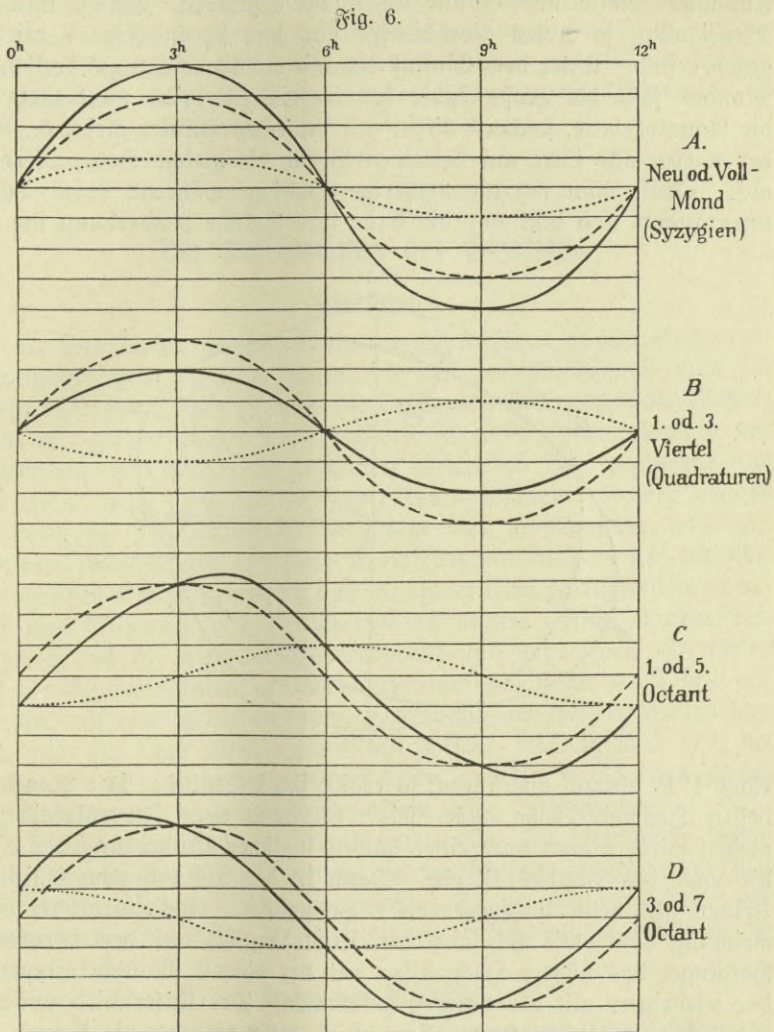
Befinden sich Sonne und Mond gleichzeitig im Meridian, wie dies bei Voll- und Neumond der Fall ist, so tritt Sonnen- und Mondhochwasser gleichzeitig ein, beide Wellen legen sich übereinander derart, daß die Zeit des Gesamthochwassers mit der Zeit des Sonnen- und Mondhochwassers zusammenfällt, und seine Höhe gleich der Summe aus der Höhe der einzelnen Hochwasser ist. Dies sind die Verhältnisse zur Springzeit (Fig. 6 A). Eine halbe Woche nach Neumond, wenn das Azimut zwischen Mond und Sonne  $45^\circ$  beträgt (im ersten Oktanten des Mondes) ist die Mondwelle bei einer täglichen Verspätung von 50 Minuten um etwa drei Stunden gegen die Sonnenwelle zurückgeblieben. Mithin wird sich die Hochwasserzeit entsprechend der fluterzeugenden Kraft beider Gestirne vom Mondhochwasser zum nächstliegenden Sonnenhochwasser etwas verschieben, also im Verhältnis zur Mondkulmination *verfrühen*, das Gesamthochwasser ist nur um einen geringen Betrag höher als das Mondhochwasser. (Fig. 6 C.)

Nach Verlauf einer Woche beim ersten Viertel, also wenn Sonne und Mond  $90^\circ$  voneinander abstehen, hat sich die Mondwelle bereits um sechs Stunden verspätet. Es fällt das Mondhochwasser mit dem Sonnenniedrigwasser zusammen. Die Eintrittszeit dieser Phasen ist auch die Zeit des Gesamthochwassers. Seine Höhe erreicht diejenige der Mondwelle, vermindert um die der Sonnenwelle, es ist *Nippzeit* mit einem Minimum des Tidenhubes. (Fig. 6 B.)

Bei einem Abstände des Mondes von der Sonne um  $135^\circ$  im dritten Oktanten wiederholen sich die Subverhältnisse, wie sie beim



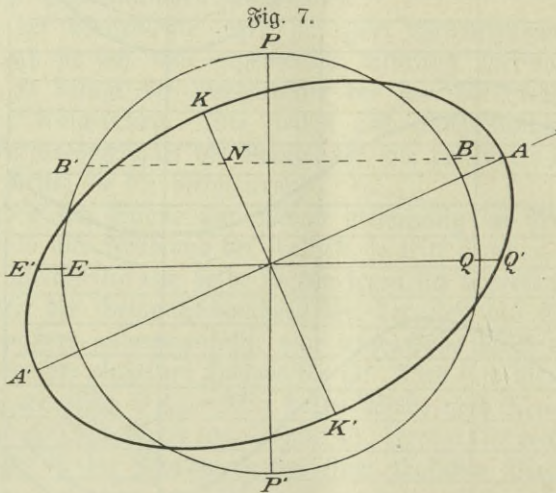
ersten Oktanten auftraten. Die Verspätung der Mondwelle hat jetzt neun Stunden erreicht, das Mondhochwasser wird wieder zum nächstliegenden, in diesem Falle zum folgenden Hochwasser der Sonnenwelle



abgelenkt werden, mithin sich gegen die Mondfulmination ver-  
späten. (Fig. 6 D.) Die Verspätung nimmt jetzt wieder ab. Der  
Tidenhub wächst weiter bis zum Vollmond. Von dieser Phase zum  
Neumond vollzieht sich das Zusammenspiel der Sonnen- und Mond-  
welle in ähnlicher Weise.



Diese Periode der Gezeitenwelle ist die schon angeführte halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und Höhe. Sie stellt in der soeben abgeleiteten Form nur einen Mittelwert dar, da nach der bisherigen Annahme Mond und Sonne im Äquator standen. Wächst nun die Abweichung, so treten Verhältnisse ein, wie sie in Fig. 7 wieder gegeben sind. Unter dem Einfluß des mit der Abweichung  $\delta$  kreisförmigen Mondes fällt die große Achse des Gezeitenellipsoids nicht mehr in die Äquatorebene, sondern bildet mit ihr einen Winkel gleich  $\delta$ . Bisher wiesen alle Orte auf derselben Breite die gleiche Hochwasserhöhe auf. Denkt man sich die bisherige Sachlage während eines Tages unverändert und läßt nur die Erde ihre tägliche Umdrehung um die



Achse  $PP'$  einmal ausführen, so ergibt sich folgendes: Der Punkt  $B$ , dessen Hochwasserhöhe durch seinen Abstand vom Flutellipsoid gemessen wird, nimmt nach einer halben täglichen Umdrehung der Erde die Lage des Punktes  $B'$  ein. Dann ist der Abstand vom Ellipsoid kleiner als beim vorhergehenden Hochwasser. Bei nördlicher Abweichung fällt, wie sich aus der Figur ergibt, auf der nördlichen Halbkugel das höhere Hochwasser mit der oberen Mondkulmination, das niedrigere mit der unteren zusammen. Der Unterschied zwischen den beiden täglichen Hochwassern wird desto geringer, je kleiner die Abweichung ist, er wird wieder gleich null, sobald das Gestirn im Äquator steht, und nimmt mit Zunahme der südlichen Abweichung ebenfalls an Höhe wieder zu. Dabei durchläuft er vom positiven bis zum negativen Scheitelpunkt eine halbmonatliche Periode. Den Höhenänderungen entspricht eine Änderung der Hochwasserzeiten.

Außer dem Monde ruft auch noch die Sonne derartige, aber geringere Abweichungen hervor mit einer halbjährlichen Periode. Diese Schwankungen stellen die tägliche Ungleichheit in Zeit und Höhe dar, die beim Hochwasser und beim Niedrigwasser vorhanden ist.

Eine weitere Änderung in der Höhe der Gezeitenwelle ist auf die wechselnde Entfernung (Parallaxe) von Sonne und Mond in Folge der elliptischen Bahn der Erde und der Sonne zurückzuführen, es ist die parallaxische Ungleichheit.

## Zweiter Abschnitt.

### Die Beeinflussung der Gezeiten.

#### übersicht.

5. Den bisher betrachteten theoretischen Tiden ist eine Reihe von Voraussetzungen zugrunde gelegt, die mit der Wirklichkeit nicht im Einklang stehen. Zunächst besitzt die Erdkugel keine geschlossene Wasserschale von gleichmäßiger Dicke, sondern ist zu  $\frac{3}{10}$  unregelmäßig mit Festlandsmassen bedeckt, deren Küsten verschieden stark gegliedert sind und bald steiler, bald sanfter zum Meere abfallen. Ferner machen die Reibung der Tidewellen in ihrem Bett und andere noch unbekanntere Ursachen ein sofortiges Einspielen des Wassers auf die flut-erzeugenden Kräfte unmöglich und verhindern ein Fortschreiten in der Art und Richtung, wie die Theorie es angibt. Nicht minder einflussreich sind die Tiefe des Meeresbodens und seine Form, sie wirken auf die Geschwindigkeit, besonders aber auf die Höhe der Tiden ein. Ferner ruft eine Welle an ihrem Entstehungsort weitere Wellen hervor, die sich nach allen Seiten mit starker Abhängigkeit von der Wassertiefe verschieden schnell fortpflanzen, von den Festländern zurückgeworfen werden und allmählich wieder ganz verschwinden.

Weiter wird die Höhe der Gezeitenwellen, in geringerem Grade auch ihre Geschwindigkeit, durch die herrschenden Winde und dem wechselnden Barometerstand beeinflusst. Es ist also eine Reihe von Kräften lebendig, welche die theoretischen Gezeiten ganz erheblich umformen.

#### Arten der Einflüsse.

6. Terrestrische Einflüsse. Zunächst ist zu bemerken, daß bei Voll- und Neumond das Hochwasser mit dem Zeitpunkt der Mondkulmination nicht zusammenfällt, vielmehr sich um ein gewisses Intervall verspätet, das von Ort zu Ort verschieden groß ist, nämlich um den Betrag der schon oben erwähnten Hafenzzeit. Die an allen anderen Tagen auftretenden Mondflutintervalle sind teilweise auf die



Beeinflussung der Mondwelle durch die Sonne zurückzuführen, zum anderen Teile auf örtliche Einflüsse, und kommen in der halbmonatlichen Ungleichheit zum Ausdruck.

An der westeuropäischen Küste ist diese Ungleichheit annähernd gleich groß und entspricht im großen ganzen den fluterzeugenden Kräften. Sie ist deshalb für Zwecke einer genäherten Hochwasserberechnung zusammengefaßt und veröffentlicht worden. (Vgl. 3. und 4. Abschnitt.) In anderen Gegenden, wie an der Ostküste der Vereinigten Staaten, ist die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und Höhe nur halb so groß, wie nach der Theorie zu erwarten ist. Der Einfluß des Mondes erreicht die doppelte Größe der Sonnenanziehung, steht also statt wie sonst im Verhältnis von 2:1, in dem von 5:1. Hier und da wird auch der umgekehrte Fall beobachtet, daß nämlich die Sonnenwirkung ebenso groß ist wie die des Mondes. Eine weitere Steigerung des Sonneneinflusses macht sich in Neuguinea bemerkbar. Dort sind die Gezeiten fast reine Eintagstiden. Sie folgen der Sonne derart, daß das Hochwasser bei Springflut im Juni einige Stunden nach Mitternacht, im Dezember einige Stunden nach Mittag eintritt.

Sehr seltsam und kaum zu erklären ist die *Ver-spä-tung* der *Springtiden*, die eigentlich mit Voll- und Neumond zusammenfallen sollten. In Wirklichkeit tritt der größte Tidenhub erst einige Zeit nach diesen Mondphasen auf, in der Deutschen Bucht um  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Tage. Man hat versucht, die Verspätung der Gezeitenwelle durch Reibung in ihrer Bahn zu erklären, aber ihre auffallende Größe bleibt ein Rätsel. In anderen Gegenden, wie z. B. in dem nur schwache Gezeiten aufweisenden Mittelmeer, fehlt die Verzögerung ganz, ja, in Toulon tritt Hochwasser  $4\frac{3}{4}$  Stunden vor Voll- und Neumond ein, im Kattegat und in den Belten sogar 1 bis 2 Tage zu früh<sup>1)</sup>.

Auch bei der täglichen Ungleichheit findet sich eine solche Verspätung, deren Größe von Ort zu Ort stark wechselt. Sie ist in der Nordsee durchweg beträchtlich und erreicht stellenweise mehr als eine Woche. Hier ist gleichfalls die Reibung als Ursache angenommen, doch bleibt ihre Größe ebenso wie ihr Verschwinden in manchen Gegenden, z. B. in der Adria, ungeklärt. In einigen Gegenden steigt sie sich derart, daß an den meisten Tagen nur ein Hoch- und Niedrigwasser auftritt, an den übrigen aber der gewöhnliche Gezeitenverlauf beobachtet wird. Eintägige Tiden sind besonders häufig im Indischen Ozean und dem austral-asiatischen Mittelmeer, ferner im Golf von Mexiko. Sie fehlen fast ganz an den europäischen Küsten.

<sup>1)</sup> Die Springverspätung bzw. -verfrühung hieß bislang das Alter der Gezeit.



7. Lokale Einflüsse. Eine Reihe von Formveränderungen der Gezeitenwelle ist auf die Gestalt der Ufer und auf die verschiedenen Wassertiefen zurückzuführen. Am auffälligsten ist der von Ort zu Ort wechselnde *Tidenhub*, der manchmal zu ganz außerordentlich hohen Werten anwachsen kann.

In Europa sind die größten *Tidenhübe* zu finden in der Bucht von St. Malo mit 12 m, im Bristolkanal mit 13 m im Maximum bei mittlerer Tide. Die größten Hübe der Welt treten auf in der Fundybai in den Vereinigten Staaten von Nordamerika mit über 15 m Hub zur Springzeit. Die deutsche Nordseeküste bleibt hinter solchen Zahlen erheblich zurück. Der größte Wert wird mit fast 4 m mittlerem *Tidenhub* südlich von Wilhelmshaven im Jadebusen erreicht.

Diese Steigerung der Wellenhöhe tritt gerade in Buchten auf, deren Ufer entweder parallel sind oder sich langsam gegeneinander nähern. Vom Eingange nach innen zu wird dann der Hub allmählich wachsen, wie einige *Tidenhübe* aus der Bucht von St. Malo zeigen, wenn man von der Westseite des Einganges an der Küste entlang zur Ostseite geht: Tréquier 8,4 m, Portrieux 9,2 m, Erquis 10,3 m, St. Malo 10,4 m, Granville 11,7 m, Carteret 9,2 m. Auch die Tafel der *Tidekonstanten*, Deutsche Nordseeküste, Jadegebiet (Gezeitentafeln 1916, Seite 78 bis 79), läßt das allmähliche Anwachsen der *Tidenhübe* deutlich erkennen. Die Verhältnisse ändern sich aber, wenn die Gezeiten unter der Einwirkung eines Flusses mit großer Wasserführung stehen. Die *Tidenwelle* wächst dann im unteren Stromschlauch an Höhe gar nicht oder nur wenig und nimmt dann langsam ab, bis ihre ganze Fortpflanzung bei der sogenannten *Flutgrenze* ein Ende findet. (Vgl. Gezeitentafeln 1916 Seite 78 und 79, Elbe-Gebiet, Weser-Gebiet, Ems-Gebiet.)

Graphische Darstellungen von *Hubverhältnissen* können folgendermaßen ausgeführt werden. Alle Orte mit gleichen *Tidenhüben* werden durch eine Linie verbunden, so daß Gebiete gleichen Hubes, *Hubzonen*, entstehen, die einem bestimmten Werte des *Tidenhubes* entsprechen.

Auf Störungen durch Boden- und Küstenform sowie einmündende Flüsse ist ferner die verlängerte Dauer des Fallens zurückzuführen. Die *Steigdauer* wird, je weiter man flußaufwärts kommt, immer kürzer zugunsten der *Falldauer*. Beispielsweise beträgt:

	die Dauer des	
	Steigens	Fallens
in Bremerhaven . . . . .	5h 45m	6h 40m
in Brake . . . . .	5h 13m	7h 12m
in Bremen . . . . .	4h 40m	7h 45m



Noch eine weitere Reihe örtlicher Erscheinungen ist zu nennen, die in der Form der Küste und der Gestaltung des Meeresbodens ihre Ursache haben. Die *Flutbrandung*, auch *Sprungwelle* oder *Stürmer* genannt, tritt dann auf, wenn eine hohe Tidewelle beim Einlaufen in eine Flußmündung durch Sandbänke oder seitliche Einengung in ihrem Durchflußprofil plötzlich stark zusammengeschnürt wird, und zwar die erste Hälfte der Vorderseite der Welle, die Vorderflut. Dadurch erhält die zweite Hälfte, die Hinterflut, ein Sondergefälle, so daß sich die Wassermassen, oft mehrmals hintereinander, in starker Brandung über die Vorderflut und die Sandbänke ergießen. Diese Erscheinungen kommen häufig vor an der französischen Küste, in der Gironde, ferner in England u. a. bei Severn, in Nordamerika am Nordende der Fundybai, an der Mündung des Colorado, im Mündungsgebiet des Amazonenstromes. Oft beobachtet ist sie auch in den asiatischen Flußgebieten, z. B. im Hugli, im Tjien-tang-kiang. Auch an den deutschen Nordseeküsten soll sie in früheren Jahrzehnten aufgetreten sein.

Weitere Unregelmäßigkeiten in den Tidefurven verursachen die mehrfachen Hoch- und Niedrigwasser. Nachdem z. B. auf das Hochwasser der Wasserstand eine Zeitlang gefallen ist, steigt er wieder, jedoch meist nicht zur Höhe des ersten Hochwassers, und fällt dann schließlich zum Niedrigwasser. Vereinzelt werden sogar drei solcher Hochwasser in einer Tide beobachtet. Im Englischen Kanal sind derartige Unregelmäßigkeiten ganz besonders zahlreich. Die Häfen des Solent, wie Christchurch, Poole, Southampton usw., bieten dafür ausgezeichnete Beispiele, ebenso die Seinebucht mit Le Havre, Point du Sidre, Tsigny usw. Le Havre wie Portsmouth (Tidefurven in den Gezeitentafeln 1916, Seite 161 und 133) sind besonders für die Schifffahrt deswegen bemerkenswert, weil hier der Wasserstand noch mehrere Stunden nach seiner größten Höhe nur wenige Dezimeter fällt. Doppelte Niedrigwasser sind an der englischen Küste selten, dagegen häufig an der holländischen, wo sich ein sehr wechselvolles Bild in den einzelnen Höhen zwischen doppeltem Hoch- und Niedrigwasser entrollt. Eine eingehende Beschreibung geben die Gezeitentafeln 1916 auf Seite 167. Von den außereuropäischen Ländern weisen derartige Kurvenveränderungen auf: die Mündung des Sao Francisco und des Paranagua an der Ostküste Brasiliens, ferner die Westküste Mexikos in Guayma.

Auch die Tidefurven der meisten deutschen Nordseehäfen zeigen im Tidenstieg Unregelmäßigkeiten. Vom Niedrigwasser erfolgt der Anstieg zum Hochwasser erst schneller, dann langsamer, so daß die Kurve des Tidenstiegs eine buckelförmige Ausbuchtung erhält. Im



Gegensatz dazu weicht der Abfall zum Niedrigwasser nur wenig von der theoretischen Kosinuskurve ab. Beispielsweise erreicht die Abweichung beim Tidenstieg zu Wilhelmshaven bis zu  $\frac{3}{4}$  m.

8. Meteorologische Einflüsse. Endlich beeinflussen auch Wind und Luftdruck nicht unerheblich die Tidenwelle. Der Barometerstand wirkt derart auf den Wasserspiegel, daß theoretisch 1 mm Luftdruckänderung einer 13fachen Änderung der Wasserstandshöhen entspricht. In der Praxis hat sich der volle Betrag dieser Spiegelschwankungen meist nicht feststellen lassen, da er nicht von dem weit stärkeren Einflusse des Windes zu trennen ist.

Die Windwirkung äußert sich nun darin, daß weniger die Form der Gezeitenwelle, sondern vor allem ihre gesamte Höhenlage verändert wird. Es erleidet also nicht eine einzelne Phase der Tide, wie Hoch- und Niedrigwasser, eine Störung, sondern die ganze Gezeitenwelle, d. h. ihr Mittelwasser wird gehoben oder gesenkt. Diese Erscheinung bezeichnet man als Windstau mit dem Beiwort positiv, wenn eine Hebung vorliegt, negativ im entgegengesetzten Falle. Die Beobachtungen ergeben aber manchmal ein Bild der Tidkurven, das von ihrer mittleren Form mehr oder weniger abweicht. Hier haben die verschiedenen Faktoren zusammengespielt, welche die Art und Größe des Windstaus ausmachen: Richtung des Windes zum Küstenverlauf, seine Dauer in einer Richtung und seine Stärke.

Bis zu welchen Scheitelwerten das Wasser steigen oder fallen kann, dazu bieten die Gezeitentafeln für die einzelnen deutschen Häfen hinreichend Beispiele. In Wilhelmshaven z. B. liegt das höchste beobachtete Hochwasser mehr als  $3\frac{1}{2}$  m über dem mittleren Hochwasser. Verursacht wird ein derartiger positiver Windstau durch stürmische Winde aus westlichen Richtungen, die nach Nordwest drehen. Auch die Größe des negativen Windstaus ist nicht zu unterschätzen, erreicht sie doch in demselben Hafen bei Niedrigwasser einen Wert von mehr als 2 m, bei Hochwasser fast 3 m. Die Ursache solcher Senkungen sind in der Helgoländer Bucht stürmische Winde aus Ost bis Südost. Die hohen Tiden sind als Sturmfluten berüchtigt, sie haben oft in wenigen Tagen das Werk vieler Jahre mit einem Schlage vernichtet. Sturmfluten haben den Dollart und den Jadebusen geschaffen und nagen noch weiter an den der Küste vorgelagerten Inseln.

Der allgemeine Satz, daß auslandige Winde das Niveau erhöhen, ablandige es erniedrigen, hat in der Nordsee nur eine eingeschränkte Gültigkeit. Der Windstau ist hier keine rein lokale Erscheinung, die in ihrer Größe von Ort zu Ort stark wechselt, sondern das Ergebnis der Windverhältnisse über einem großen Gebiete. Infolgedessen verlaufen die Niveaustörungen an der gesamten deutschen



Küste nach Größe und Sinn ihres Vorzeichens ziemlich gleichmäßig.

Abgesehen von diesen Einzelfällen, erreicht auch die jahreszeitliche Schwankung des Meeresspiegels entsprechend dem mittleren Verlauf der Windstärken und -richtungen eine gewisse Bedeutung. In den Gezeitentafeln spiegeln sich diese Niveauschwankungen in den „Abweichungen der mittleren Hoch- und Niedrigwasser der einzelnen Monate vom Jahresmittel“ wieder. Sehr rein treten sie ferner in den Monsungebieten auf, die in den Sommermonaten auflandige, in den Wintermonaten ablandige Winde haben. Ganz besonders deutlich werden die jahreszeitlichen Spiegelschwankungen in den Häfen, die an Flußläufen liegen. Hier spielt schon bei der Entwicklung der Gezeitenwelle eine gewichtige Rolle die Wasserführung, die im Frühjahr durch Schneeschmelze und vermehrte Niederschläge im Quellgebiet verstärkt und im Sommer und Herbst durch größere Trockenheit geschwächt wird.

(Beispiel: Bremen, Gezeitentafeln 1916, S. 16.)

### Zusammenfassung der einzelnen Gezeitenbeobachtungen.

9. Graphische Methoden. Die Versuche, über den Verlauf der Gezeitenwellen in den verschiedenen Meeren ein klares Bild zu gewinnen, haben dazu geführt, Linien gleicher Hochwasserzeit in Karten einzuzichnen. Diese sogenannten Flutstundenlinien sind in der Weise gewonnen, daß die in mittlerer Ortszeit gegebenen Hafenzeiten auf eine Einheitszeit, meist mittlere Greenwich, umgerechnet sind. Die Kurven geben aber dann nur die Verhältnisse der Springzeit wieder. Ebenjogut kann man, falls das Material ausreicht, Tidekonstanten<sup>1)</sup> sowohl für Hochwasser- als auch für Niedrigwasserlinien verwenden und sie auf einen bestimmten Hafen beziehen. Es hat sich dann gezeigt, daß die Zeitangaben an den Küsten in einer bestimmten Richtung fortschreiten und jedesmal zu einem Zeitpunkt den Kamm einer am Ufer vorbeieilenden Welle bezeichnen. Ohne weiteres ist es einleuchtend, daß nur da, wo zwei Küsten, wie im Englischen Kanal, sich nahe genug gegenüberliegen oder in Buchten, ein einigermaßen genaues Bild vom Wege der Welle entworfen werden kann. Denn die Gezeitenerscheinungen im freien Wasser sind, wenn nicht gerade Inseln oder feste Stationen, wie Leuchttürme oder Feuerschiffe, vorhanden sind, so gut wie unerforscht. Deshalb enthalten auch alle Karten, die den Verlauf der Gezeitenerscheinungen im freien Meere wiedergeben, viel Annahme.

1) Zur Erläuterung des Begriffes siehe S. 499.



Um wenigstens einen kurzen Überblick über die am besten erforschten Küsten, die Ostseite des Atlantischen Ozeans, zu gewinnen, verfolge man an der Hand der Gezeitentafeln den Verlauf der Hafenzeiten (sie sind bereits auf eine einheitliche Zeit bezogen), indem man etwa bei  $40^{\circ}$  N=Br. beginnt und weiter an der Küste entlang nach Norden geht. Von Ausnahmen abgesehen, die schon oft auf den ersten Blick lokale Einflüsse, versteckte Lage in einer Bucht oder an einem Flusse u. a., verraten, verlaufen die Hafenzeiten oder, was dasselbe ist, der Stamm der Gezeitenwelle, von der Iberischen Halbinsel an der französischen Küste entlang durch den Englischen Kanal bis in die Nordsee und die Deutsche Bucht. Ein anderer Teil der ozeanischen Welle biegt um die Nordspitze Schottlands herum in die Nordsee ein unter Bildung von Ästen, die infolge der wechselnden Wassertiefe verschieden schnell vordringen. Daher schreiten die Hafenzeiten an der ostenglischen Küste von Nord nach Süd fort. Die hier entlanglaufende Welle vereinigt sich dann teilweise mit der durch den Kanal eingetretenen ozeanischen Welle.

Wie stark die Geschwindigkeit dieser Wellen von der Wassertiefe abhängig ist, zeigt am deutlichsten ein einzelnes Beispiel: Zur Springzeit legt die Gezeitenwelle den Weg Aveiro—Barre (Portugal) ( $40,6^{\circ}$  N=Br.,  $8,9^{\circ}$  W=Lg.) bis Kap Finisterre ( $42,9^{\circ}$  N=Br.,  $9,3^{\circ}$  W=Lg.) in etwa derselben Zeit zurück, die sie für die Strecke Schillig—Wilhelmshaven nötig hat. Die Entfernungen verhalten sich rund wie 10:1.

**10. Tidetypen.** Überblickt man nun in großen Zügen die gesamten Gezeitenverhältnisse der Erde, so bietet sich anscheinend nur eine unendliche Fülle von örtlichen Verschiedenheiten, die sich in keine Gruppierung fügen wollen. Erst mit Einführung einer neuen Rechenmethode in die Gezeitenuntersuchungen, der sogenannten harmonischen Analyse, ist eine scharfe Trennung in einzelne Tidetypen möglich geworden. Vorerst mögen einige Bemerkungen über den Grundgedanken dieser Methode eingeflochten werden, soweit dies für den vorliegenden Zweck in Frage kommt.

Man denke sich zunächst, daß der Mond das einzige fluterzeugende Gestirn sei. Er bewege sich, ähnlich wie in der oben ausgeführten theoretischen Entwicklung der fluterzeugenden Kraft, dauernd in der Ebene des Äquators mit gleicher Geschwindigkeit und gleichem Abstände um die Erde. Es wird dann während eines Mondumlaufes eine regelmäßige Tidewelle nach je einem halben Mondtage auftreten. Diese Welle, welche in den europäischen Gewässern gerade die bedeutendste ist, werde mit dem Symbol  $M_2$  bezeichnet.

Um nun auch die wechselnde Anziehungskraft des Mondes bei Erdnähe und Erdferne zu berücksichtigen, müssen noch zwei weitere



Monde eingeführt werden, von denen der eine ständig im Abstände des Perigäums (Erdnähe), der andere im Abstände des Apogäums (Erdferne) in gleichmäßiger Geschwindigkeit um die Erde läuft.

Ähnlich wie beim Monde, denkt man sich eine mittlere Sonne, die sich ebenfalls mit gleichmäßiger Geschwindigkeit in der Äquator=ebene um die Erde bewegt. Dabei entsteht eine Sonnenwelle nach je 12 Stunden. Ihr Symbol ist  $S_2$ . Zur Berücksichtigung der Abweichung von Mond und Sonne werden noch zwei weitere Tiden eingeführt:  $K_1$  und  $O_1$ . Sie liefern täglich ein Hochwasser. Außer den genannten Tiden kann noch eine Anzahl weiterer abgeleitet werden, ihr theoretisches Gewicht ist aber im Verhältnis zu den genannten Tiden  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $K_1$  und  $O_1$  zu gering. Dieses verhält sich nämlich wie 100:47:40:42.

Entsprechend dem Verhältnis der Höhe dieser vier Wellen hat man folgende Typen aufgestellt, und zwar nach der Proportion:  $(K_1 + O_1) : (M_2 + S_2)$ :

1. Halbtags-tiden = Typus: die Proportion liegt innerhalb der Grenzen 0 bis 0,25.
2. Gemischter Typus: die Proportion liegt innerhalb der Grenzen 0,25 bis 1,25.
3. Eintags-tiden = Typus: die Proportion liegt über dem Werte 1,25.

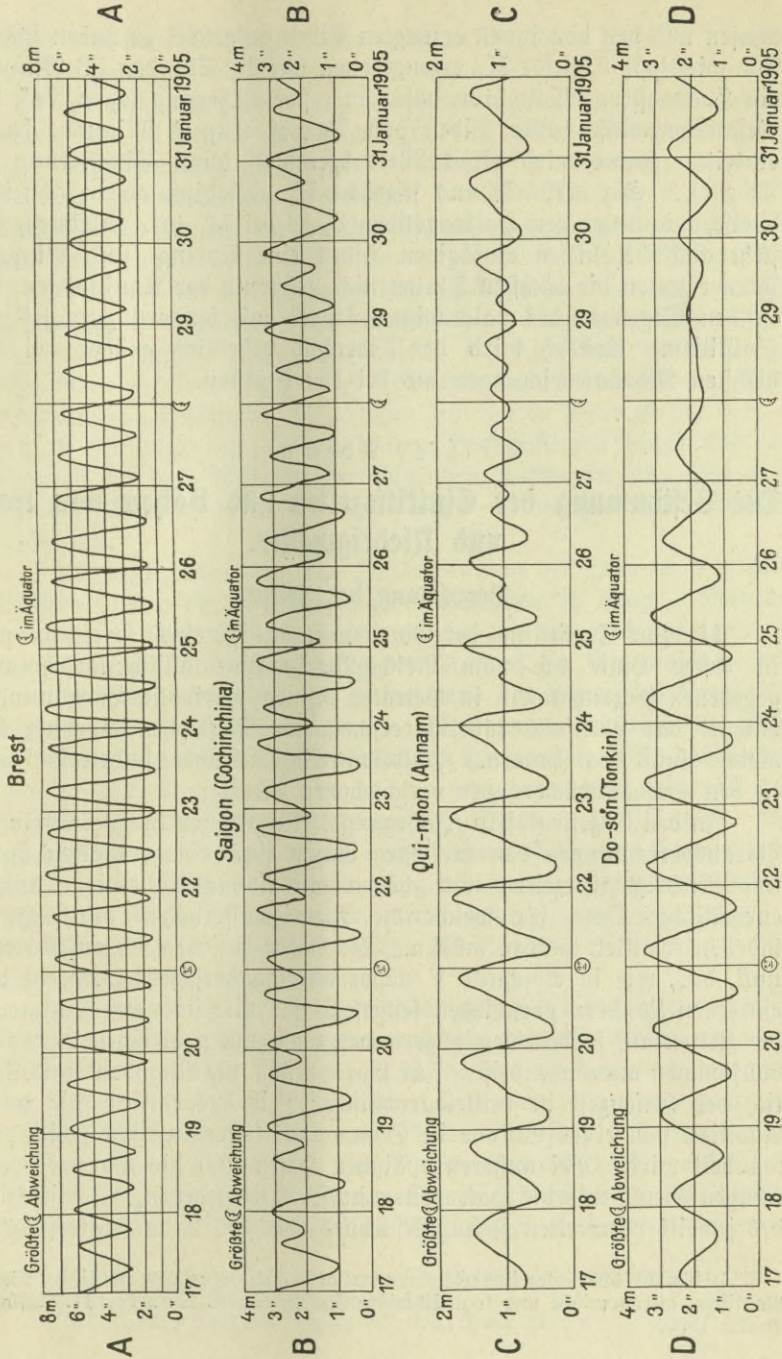
Den ersten Typus soll die Fig. 8 A (Index 0,05), den zweiten die Fig. 8 B (Index 0,5), den dritten die Figuren 8 C und D (Index 5 und 20) erläutern.

Der Ausdruck  $M_2 + S_2$  gibt den Höchstwert in der Höhe der halbtägigen Tiden an. Nach den Beobachtungen schwankt er von 526 cm bei St. Malo bis 3 cm in Pulu Langkuas (2,5° S-Br., 107,6° O-Lg.). Ebenso gibt  $K_1 + O_1$  den Höchstwert der Eintags-tiden mit beobachteten Grenzwerten von 150 cm in Tandjong Kalean (2,0° S-Br., 105,1° O-Lg.) bis 6 cm bei Pointe de Galle (6,1° N-Br., 80,2° O-Lg.).

Vertreten ist der Typus der Halbtags-tiden besonders in der Nordsee,  $M_2$  und  $S_2$  sind sehr groß und rufen deshalb eine starke halbmonatliche Ungleichheit hervor. Bei Voll- und Neumond gehen beide gleichzeitig mittags durch den Meridian, während das Maximum der beiden Tiden sich verspätet.

Der Gegensatz zum Halbtags-typus ist der eintägige, dessen Index in manchen Häfen einen außerordentlich hohen Wert erreicht. So beträgt er in dem schon genannten Pulu Langkuas über 30. Manche Orte haben die Eigentümlichkeit, daß für sie sich keine eigentliche Hafenzeit berechnen läßt und überhaupt ein Zusammenhang zwischen den Mond=

Fig. 8.





phasen und den von ihnen erzeugten Tiden aufgehört zu haben scheint. Die wichtigste Teiltide  $K_1$  erzeugt etwa alle 23 Stunden 56 Minuten ein Hochwasser. Man kann dafür in erster Näherung setzen, daß das Gesamthochwasser aller Tiden von Tag zu Tag 4 Minuten früher eintritt. Indes wird dieser Wert beeinflusst durch Einwirkung der Tide  $O_1$ . Sie verstärkt und schwächt  $K_1$  periodisch ab in ähnlicher Weise, wie unter den Halbtagestiden  $S_2$  es bei  $M_2$  tut. Dadurch entsteht auch bei diesen eintägigen Tiden eine Spring- und Nippzeit. Ferner treten die höchsten Fluten nicht während der Äquinoktien, wie in den Gegenden des halbtägigen Typus auf, sondern zur Zeit der Solstitien. Endlich wird der Tidenhub erheblich größer bei den höchsten Mondabweichungen als bei den kleinsten.

### Dritter Abschnitt.

## Die Bestimmung der Eintrittszeiten und Höhen von Hoch- und Niedrigwasser.

### Berechnung der Zeiten.

11. Zur Ermittlung der Gezeitenverhältnisse eines Ortes kommen in erster Linie die vom Reichs-Marine-Amt alljährlich herausgegebenen Gezeitentafeln in Betracht. Einige wertvolle Berechnungen enthält das ebenfalls jährlich erscheinende Nautische Jahrbuch des Reichs-Amts des Innern. Zahlreiche Einzelangaben finden sich auch in den Seehandbüchern der verschiedenen Meere<sup>1)</sup>.

In den Gezeitentafeln (Jahrgang 1916) nehmen die ausführlichen Vorausberechnungen den breitesten Raum ein. Sie enthalten Hoch- und Niedrigwasserzeiten und -höhen mit Ausnahme einiger außereuropäischer Orte, für welche die Niedrigwasserhöhen durch Hilfstabellen ermittelt werden müssen. Die Höhen beziehen sich auf Kartennull, das, wie in Abschnitt V näher auseinandergesetzt wird, in den einzelnen Ländern verschieden festgesetzt ist. Sie sind auf Dezimeter, die Zeiten auf 5 Minuten abgerundet, was zum praktischen Gebrauch vollkommen ausreichend ist. Für Europa sind alle Angaben einschließlich der Hafenzzeit in mitteleuropäischer Zeit ausgedrückt, die durch Addition von einer Stunde in Sommerzeit (osteuropäische Zeit) verwandelt wird. Bei außereuropäischen Häfen sind die Vorausberechnungen ebenso wie die Hafenzzeiten in Ortszeit gegeben, die mit Hilfe des jeweils vermerkten Zeitunterschiedes oder des Längenunterschiedes

<sup>1)</sup> Tafeln über Gezeitenercheinungen gibt auch folgendes nautische Werk: Nautische, astronomische und logarithmische Tafeln von J. Domke, 11. Auflage, Berlin 1909.



gegen den der Landeszeit entsprechenden Meridian leicht in gesetzliche Zeit umgerechnet werden kann.

Die vergleichenden Gezeitenbeobachtungen in größeren Gebieten haben nun zu dem Ergebnis geführt, daß manche Tideerscheinungen in verhältnismäßig gleicher Form und Größe auftreten, vor allem, was die halbmonatliche Ungleichheit betrifft. Dadurch ist die Möglichkeit geschaffen, an die als Basisstation zu bezeichnenden Häfen mit ausführlichen Vorberechnungen andere Häfen durch Addition bzw. Subtraktion eines konstanten Zeitunterschiedes, der mit dem Ausdruck Tidekonstante bezeichnet wird, anzuschließen. Liegt keine Tidekonstante für Niedrigwasser oder, was dasselbe ist, keine aus Beobachtungen abgeleitete mittlere Steig- oder Falldauer vor, so nimmt man sie zu 6 Stunden 13 Minuten an<sup>1)</sup>. Man legt diesen Wert zu der dem gesuchten Niedrigwasser vorhergehenden Hochwasserzeit hinzu und zieht ihn von der dem Niedrigwasser folgenden Hochwasser ab. Das arithmetische Mittel aus beiden Rechnungen ist die gewünschte Niedrigwasserzeit.

Als letzte, aber sehr rohe Zeitberechnung des Hoch- und Niedrigwassers kommt die Heranziehung der Hafenzzeit in Frage. Man entnimmt dem Kalender der Gezeitentafeln den der Hochwasserzeit vorhergehenden Meridiandurchgang des Mondes für Greenwich in mittlerer Zeit und verbessert ihn entsprechend der Länge des Ortes. Zu diesem verbesserten Monddurchgang fügt man algebraisch die Hafenzzeit hinzu und erhält so das gewünschte Hochwasser. Für die Niedrigwasserberechnung nimmt man das vorhergehende oder folgende Hochwasser und addiert bzw. subtrahiert 6 Stunden 13 Minuten. Eine genauere Errechnung der Zeit gemäß Seite XIV der Gezeitentafeln ist hier überflüssig, da bei Benutzung der Hafenzzeit nur eine ganz beschränkte Genauigkeit erreicht wird, denn streng genommen ist, wie oben bereits auseinandergesetzt, die Hafenzzeit nur das besondere Mondflutintervall zur Springzeit.

Um nun diese Ungenauigkeit wenigstens für die westeuropäischen Häfen etwas auszugleichen, geben nautische Bücher<sup>2)</sup> vielfach eine Tafel der halbmonatlichen Ungleichheit, u. a. das Seehandbuch der Nordsee Teil I Heft 1 Seite 60, die aber, was nicht immer mit genügender Deutlichkeit ausgesprochen ist, nur für die Ostküste des Nordatlantischen Ozeans Gültigkeit besitzt. Der Rechenersparnis halber enthält das Nautische Jahrbuch die wahren Meridiandurchgänge des Mondes, welche bereits für halbmonatliche Ungleichheit verbessert sind.

<sup>1)</sup> Die bisher in den Gezeitentafeln angeführte Berechnungsart wird mit dem Jahrgange 1917 durch die obige ersetzt.

<sup>2)</sup> Domke, Nautische Tafeln, S. 326, Tafel 54.



### Berechnung der Höhen.

12. Was die Feststellung der Höhe von Hoch- und Niedrigwasser betrifft, so kommen zunächst die ausführlichen Vorausberechnungen oder, für Niedrigwasser, Tafeln mit dem Eingang „... Tage vor bzw. nach Springzeit“ in Frage. Ein ganz leidliches Bild läßt sich auch herstellen, wenn bei den Tidekonstanten die Mittelwerte der verschiedenen Tidenhöbe und gleichzeitig bei den Hafenzeiten die entsprechenden Hochwasserhöhen über Kartennull gegeben sind. Man kann dann unter Berücksichtigung der Tafel des ausgeglichenen Mondalters<sup>1)</sup> (Gezeitentafeln 1916 Seite 8) und der Springverspätung, falls eine solche von einem sehr nahe gelegenen Hafen bekannt ist, die Höhe des Hoch- und Niedrigwassers annähernd ermitteln. Mindestens ist aber bei dem Verzeichnis der Hafenzzeit die Hochwasserhöhe über Kartennull zur Springzeit angegeben, so daß für die Schifffahrt ein Anhalt gegeben ist.

Ausführlichere Bemerkungen über den Gebrauch der Gezeitentafeln finden sich in der Anleitung dieses Werkes auf den Seiten V bis XX, deren eingehende Durchsicht nicht genug empfohlen werden kann.

### Vierter Abschnitt.

### Beispiele für die Vorausberechnung von Gezeitenangaben.

#### Benutzung von ausführlichen Vorausberechnungen der Hoch- und Niedrigwasser.

13. Wann und wie hoch über Kartennull ist am 18. Juni 1916 Vm. Hoch- und Niedrigwasser in gesetzlicher Zeit zu Zeebrügge?

Aus den Gezeitentafeln entnimmt man den Seiten 66 und 67 folgendes:

	Hochwasser	Niedrigwasser
Zeebrügge, den 18. Juni 1916 Vm.	3 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 4,4 m	9 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> — 0,3 m.

Da im Juni die osteuropäische Zeit als gesetzliche Zeit gilt, so ist 1 Stunde zuzulegen:

Zeebrügge, den 18. Juni 1916 Vm.	4 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 4,4 m	10 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> — 0,3 m.
----------------------------------	-------------------------------------	--

<sup>1)</sup> Unter dem ausgeglichenen Mondalter versteht man den Abstand eines jeden der auf Voll- oder Neumond folgenden Tage von diesen Phasen, und zwar von Vollmond bis Neumond und umgekehrt von 0 bis 13 Tagen gezählt und bezogen auf den mittleren Greenwicher Mittag.



### Benutzung der Tidekonstanten.

14. Wann ist in gesetzlicher Zeit Hoch- und Niedrigwasser zu Lissabon am 2. Februar 1916 Vm. und welche Höhen sind zu erwarten?

Nach Seite 163 der Gezeitentafeln ist für Lissabon, Kriegswert, Brest die Basisstation. Es ist nur eine Tidekonstante für Hochwasser, dagegen keine für Niedrigwasser bekannt. Auf Seite 142 und 143 finden sich für Brest folgende Angaben:

	Hochwasser		Niedrigwasser	
	Vm.	Nm.	Vm.	Nm.
Brest, den 2. Febr. 1916 . . .	3 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	4 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	9 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	10 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>
Tidekonstante für Lissabon . .	-1 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	-1 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>		
Lissabon, den 2. Febr. 1916 . .	2 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	3 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup>		

Die Angaben beziehen sich auf mitteleuropäische Zeit. Zur Umrechnung in gesetzliche Zeit (westeuropäische Zeit) ist nach Seite 9 Tafel II 1 Stunde abzuziehen. Man erhält daher für den 2. Februar 1916 zu Lissabon die beiden Hochwasserzeiten 1<sup>h</sup> 31<sup>m</sup> Vm. und 2<sup>h</sup> 1<sup>m</sup> Nm.

Zur Berechnung der Niedrigwasserzeit<sup>1)</sup> fügt man, da andere Angaben nicht bekannt sind, die Dauer des Steigens gleich  $\frac{1}{4}$  Mondtag algebraisch zu der dem Niedrigwasser vorhergehenden Hochwasserzeit hinzu und zieht die Dauer des Fallens, ebenfalls gleich  $\frac{1}{4}$  Mondtag, von der dem Niedrigwasser folgenden Hochwasserzeit ab. Also  $2^h 31^m + 6^h 13^m = 8^h 44^m$  und  $3^h 1^m - 6^h 13^m = 8^h 48^m$ . Das Mittel aus beiden Werten,  $8^h 46^m$  ist die gesuchte Niedrigwasserzeit.

Über die Höhenverhältnisse der Tide ist nur bekannt, daß der Springtidenhub 3,7 m beträgt (Seite 163), ferner die Hochwasserhöhe über Kartennull bei Springzeit 4,3 m, bei Nippzeit 0,8 m (Seite 183). Nach dem Kalender (Seite 2) ist am 3. Februar Neumond. Nimmt man an, daß die Springverspätung nicht sehr groß ist, so kann man mit einer Hochwasserhöhe rechnen, die etwas unter den Angaben für Springzeit liegt.

### Benutzung der Hafenzzeit.

15. Es soll der Eintritt des Vormittagshochwassers zu Bissingen am 17. November 1916 nach mitteleuropäischer Zeit bestimmt werden, und zwar mit Hilfe

- I. der Mondkulmination und Hafenzzeit,
- II. der Mondkulmination, halbmonatlichen Ungleichheit und Hafenzzeit.

<sup>1)</sup> Vgl. Anmerkung 1 auf S. 499.



I. Nach den Gezeitentafeln 1916 Seite 7 ist die mittlere Zeit des Meridiandurchganges des Mondes in Greenwich am 17. November Bm.  $5^h 31,6^m$  (bürgerliches Datum). Die Änderung für  $1^\circ$  Länge beträgt  $0,115^m$ , also für Bissingen bei  $3,6^\circ$  O-Lg. (Seite 181) —  $0,4^m$ . Demnach Meridiandurchgang in Bissingen  $5^h 31^m$  nach mittlerer Ortszeit. Hierzu die Hafenzzeit von Bissingen plus dem Zeitunterschied zwischen MDZ und MEZ gleich  $2^h 11^m$  (Seite 181) hinzugefügt, ergibt für das Vormittagshochwasser am 17. November  $5^h 31^m + 2^h 11^m = 7^h 42^m$  nach mitteleuropäischer Zeit.

II. Die im Seehandbuch der Nordsee, Teil I Heft 1 auf Seite 60 mitgeteilte Tabelle der halbmonatlichen Ungleichheit in Zeit setzt die Kenntnis der Zeit des Meridiandurchganges des Mondes voraus, und zwar der wahren Zeit, wie sich aus älteren Jahrgängen der Gezeitentafeln ergibt. Demnach ist an der oben genannten mittleren Ortszeit des Meridiandurchganges des Mondes in Bissingen die Zeitgleichung in Höhe von 15 Minuten (Seite 7 der Gezeitentafeln) anzubringen, und zwar, um wahre Zeit zu erhalten, zu addieren. Man bekommt so als wahre Zeit des Meridiandurchganges des Mondes in Bissingen  $5^h 46^m$ . Mit diesem Eingange ist nach Tabelle II auf Seite 60 des Seehandbuches der Meridiandurchgang um  $-1^h 4^m$  zu verbessern. Geht man, um wieder mittlere Zeit des Hochwassers zu erhalten, vom mittleren Meridiandurchgange des Mondes aus, so ist zunächst die Verbesserung von  $1^h 4^m$  zu subtrahieren und die Hafenzzeit von  $2^h 11^m$  zu addieren, demnach mitteleuropäische Zeit des Hochwassers  $6^h 38^m$ .

Bequemer benutzt man das Nautische Jahrbuch. Dort ist auf Seite 247 (die Tafel 11 zählt Datum und Zeit astronomisch) für den 17. November Bm. nach bürgerlicher Rechnung die mittlere Ortszeit des Meridiandurchganges des Mondes in Greenwich  $4^h 20^m$ , und zwar berichtigt für die halbmonatliche Ungleichheit. Die Änderung für  $3,6^\circ$  O-Länge beträgt  $-0,14^m \times 3,6 = -1^m$ . Also Meridiandurchgang in Bissingen  $4^h 19^m$ . Hierzu ist die Hafenzzeit addiert, gibt  $4^h 19^m + 2^h 11^m = 6^h 30^m$  nach mitteleuropäischer Zeit als Eintritt des ersten Hochwassers zu Bissingen am 17. November 1916.

Um die Ungenauigkeit des mit Hilfe der Hafenzzeit berechneten Eintritts eines Hochwassers zu erläutern, mögen die obigen Ergebnisse mit den ausführlichen Vorausberechnungen der Gezeitentafeln verglichen werden. Nach Seite 174 ist in mitteleuropäischer Zeit das Hochwasser um  $6^h 25^m$  Bm. Ohne Berücksichtigung der halbmonatlichen Ungleichheit beträgt der Unterschied  $1\frac{1}{4}$  Stunde, mit ihrer Berücksichtigung nur wenige Minuten.



## Fünfter Abschnitt.

**Zurückführung von Lotungen auf Kartennull.****Beschädigung mit Hilfe beobachteter Wasserstände.**

16. Die in den Seekarten angegebenen Wassertiefen beziehen sich auf das Kartennull, das in den einzelnen Ländern verschieden festgesetzt ist. In Deutschland, England und den meisten anderen Staaten fällt es mit dem mittleren Springniedrigwasser zusammen, in Amerika ist es gleich der Höhe des mittleren Niedrigwassers, in Frankreich gleich der Höhe des niedrigsten beobachteten Wasserstandes. (Vgl. Gezeitentafeln Seite XI Abschnitt 5.) In Gewässern, deren Tiefen durch die Gezeiten beeinflusst werden, ist man daher gezwungen, alle beobachteten Wassertiefen für die Angaben der Karte zu berichtigen.

Ihre Berichtigung ist da sehr einfach, wo Schiffsfahrtspegel aufgestellt sind, da ihr Nullpunkt mit Kartennull zusammenfällt. Die von ihnen abgelesenen Wasserstände braucht man nur von der Lotung abzuziehen oder ihr hinzuzufügen, um die mit der Karte vergleichbare Wassertiefe zu erhalten. In derselben Weise verfährt man mit den Angaben der Wasserstandsanzeiger oder -signale, soweit sie sich auf Kartennull<sup>1)</sup> beziehen. Fällt dieses dagegen mit Pegelnull nicht zusammen, so ist zunächst eine Umrechnung auf Kartennull erforderlich.

Wenn beobachtete Pegelstände nicht zu erhalten sind, muß man die an die gelotete Wassertiefe anzubringende Verbesserung rechnerisch ermitteln.

**Beschädigung mit Hilfe errechneter Wasserstände.**

17. Für die Durchführung der Lotungsberichtigung findet sich eine Tafel im Nautischen Jahrbuch, die bei Wassertiefen außerhalb der Flußmündungen ausreichend ist, ferner zwei Tafeln in den Gezeitentafeln, die vor allem bei Wasserständen in den Flüssen Verwendung finden. Ihre Benutzung möge an den beiden Fällen erläutert werden, die für die Praxis in Frage kommen:

1. Wie bringe ich eine gelotete Wassertiefe in Übereinstimmung mit der Wassertiefe der Karte?
2. In welcher Zeit kann ich mit einem Schiffe, dessen Tiefgang gegeben ist, eine Barre passieren?

<sup>1)</sup> In Deutschland werden die Angaben der Wasserstandsanzeiger bzw. -signale allmählich so abgeändert, daß sie sich auf Kartennull gleich mittlerem Springniedrigwasser beziehen. Der Zeitpunkt der Änderung wird jedesmal durch die „Nachrichten für Seefahrer“ bekanntgegeben.



## Beispiele:

18. „Am 17. Dezember 1916 um 2 Uhr Nm. nach mitteleuropäischer Zeit wurde in der Nähe von Helgoland gelotet und hierbei eine Wassertiefe von 12 m gefunden. Es soll die mit Kartenangaben vergleichende Wassertiefe bestimmt werden.“

Am 17. Dezember 1916 ist Niedrigwasser um 11<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> Nm. nach mitteleuropäischer Zeit mit einer Höhe von 0,5 m, Hochwasser um 4<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> Nm. mit einer Höhe von 2,5 m über Kartennull. (Gezeitentafeln Seite 44.) Demnach beträgt die Dauer des Steigens 5<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> = 5,7<sup>h</sup>, der Tidenstieg 2,0 m.

In Tafel 14 des *Nautischen Jahrbuches* findet man mit den Eingängen „Zwischenzeit zwischen Lotung und Hochwasser gleich 2<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> bei einer Zwischenzeit der einschließenden Hoch- und Niedrigwasser von 5<sup>h</sup> 40<sup>m</sup>“ und einer „Fluthöhe oder Hub von 2 m“ eine Besichtigung von 1,1 m über Niedrigwasser, demnach über Kartennull von 1,1 + 0,5 = 1,6 m. Dann ist die mit der Karte vergleichbare Wassertiefe 10,4 m.

19. „Ein Schiff, das 9 m Wasser braucht, will am 8. Oktober 1916 Nm. das Dwarßgat passieren. Die Karte gibt als Mindestwassertiefe 7 m an. Für welchen Zeitraum ist der Wasserstand über der Barre nicht ausreichend?“

Dem Dwarßgat liegt am nächsten der Pegel Hoheweg-Leuchtturm. Nach den Gezeitentafeln (Seite 20 und 78) ist:

	H. W. Nm.	N. W. Nm.	H. W. Nm.
Bremerhaven 8. Oktober 1916 . .	10 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	5 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	11 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>
Hoheweg-L. Tidekonstante gegen			
Bremerhaven . . . . .	— 0 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	— 1 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	— 0 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>
Hoheweg-Leuchtturm Hochwasser .	9 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>		10 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>
Hoheweg-Leuchtturm Niedrigwasser		4 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	

Demnach ist die Dauer des Fallens beim Hoheweg-Leuchtturm an dem Tage 6<sup>h</sup> 31<sup>m</sup>, die Dauer des Steigens 6<sup>h</sup> 14<sup>m</sup>.

Am 8. Oktober findet man in den Tafeln des ausgeglichenen Mondalters (Seite 8) dieses gleich 11, die Springverspätung des nächsten Hafens Bremerhaven (2 Tage 23 Stunden) abgezogen gibt 8. Demnach ist Nippzeit. Nach der Zusammenstellung der Tidekonstanten (Seite 78) beträgt beim Hoheweg-Leuchtturm der Nipp-tidenhub 2,7 m, nach dem Verzeichnis der europäischen Hafenzeiten (Seite 181) die Höhe des Nipp-hochwassers über Kartennull 3,3 m, mithin liegt Nipp-niedrigwasser 0,6 m über Kartennull. Unter Berücksichtigung des letzteren Wertes fällt der Mindestwasserstand vom 9 m für das Schiff



zusammen mit einem Höhepunkte von 1,4 m über Nippniedrigwasser. Mit dem Wert 1,4 m und einem Tidenstieg bzw. -fall von 2,7 m entnimmt man der Tafel IV auf Seite 11 der Gezeiten tafeln die Angabe, daß der Wasserstand von 1,4 m vom Niedrigwasser  $3^h 7^m$  entfernt ist, d. h.  $3^h 7^m$  vor bis nach Niedrigwasserzeit der Wasserstand geringer als 1,4 m über Nippniedrigwasser ist. Dieser Zeitunterschied  $3^h 7^m$  bezieht sich aber auf eine Steig- bzw. Falldauer von  $6^h 13^m$ . Aus der Tafel III auf Seite 10 entnimmt man nun, daß bei einer Falldauer von  $6^h 31^m$  der Unterschied rund  $3^h 15^m$ , bei einer Steigdauer von  $6^h 14^m$  der Unterschied rund  $3^h 10^m$  bleibt. W ithin kann das Schiff von 3 Stunden 15 Minuten vor bis 3 Stunden 10 Minuten nach Niedrigwasserzeit, also von etwa 1 Uhr bis  $7\frac{1}{2}$  Uhr an dem betreffenden Nachmittage, die Barre nicht passieren.

## Sechster Abschnitt.

### Die Tidesströmungen.

#### Begriffserklärungen.

20. Mit der Änderung der Wasserstandshöhen ist eine zweite Bewegung verknüpft, die in wagerechter Richtung erfolgt, die Gezeitenströmungen. Gewöhnlich laufen sie eine Tide hindurch zur Hälfte in der einen, zur anderen Hälfte in der entgegengesetzten Richtung, und man unterscheidet danach einen *F l u t s t r o m* und einen *E b b e s t r o m*. Den Übergang zwischen beiden bildet in der Regel ein Zeitpunkt der Ruhe, das *Stau-* oder *Stillwasser*. Es tritt *St r o m w e c h s e l* ein, der Strom *setzt um* oder *kenntert*. Dann wächst seine Geschwindigkeit bis zu einem Höchstwert und nimmt bis zum nächsten Stillwasser langsam ab, um dann in entgegengesetzter Richtung dasselbe Spiel zu wiederholen. Zwischen der wagerechten und senkrechten Bewegungsform des Wassers besteht sowohl hinsichtlich der Zeit wie der Stärke und Richtung ein örtlich verschiedener Zusammenhang.

#### Entstehung und Art der horizontalen Wasserbewegung in einer Gezeitenwelle.

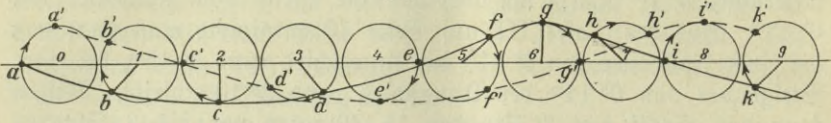
21. Die Tidenercheinung ist eine fortschreitende Welle. An dieser Stelle interessiert besonders die Bewegungsform der Welle, deren man zwei unterscheidet, die fortschreitende und die schwingende oder Orbitalbewegung.

In einer Welle beschreiben die einzelnen Wasserteilchen geschlossene Bahnen in einer Ebene, die in der Richtung der Fortpflanzung der Welle liegt. (S. Fig. 9.) Eine Welle läuft von links nach rechts.



Die Punkte 0, 1, 2, 3, 4 usw. mögen die gleich weit voneinander liegenden Mittelpunkte der als Kreise gedachten Bahnen sein, in denen sich die Wasserteilchen a, b, c, d, e, f, g, h, i, k entsprechend der Pfeilrichtung bewegen. Jedes dieser Teilchen liegt gegen das nächste um  $\frac{1}{8}$  seiner Umdrehung zurück. Ver-

Fig. 9.

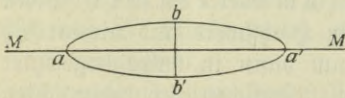


bindet man dann die einzelnen Punkte a bis k zu einer Kurve, so erhält man das Profil einer Welle in einem bestimmten Augenblick. Nun führen die Punkte a bis k eine Vierteldrehung aus und gelangen nach a' b' c' d' usw. k'. Man bekommt auf diese Weise ein zweites Wellenprofil. Die Welle ist dabei um die Strecke g i' fortgeschritten.

Wendet man nun diese Ergebnisse auf die Gezeiten an, so wird die fortschreitende Wellenbewegung am einfachsten und deutlichsten an der Hand einer Karte der Flutstundenlinien klar. Die Orbitalbewegung der Welle kann man in den Gezeitenströmen wiedererkennen.

Fig. 10 stellt die Bahn eines Wasserteilchens dar, wobei die Welle nach rechts fortschreiten mag. Bei der ungeheuren Länge der Gezeitenwelle wird die Orbitalbahn die Gestalt einer flachen Ellipse annehmen und sich dadurch als Strom bemerkbar machen.

Fig. 10.



Zu Beginn der Bewegung in b ist Hochwasser. Nach  $\frac{1}{8}$  Mondtag, gleich 3 Stunden 6 Minuten, erreicht das Teilchen das Mittelwasser M in a', um 6 Stunden 13 Minuten Niedrigwasser, um 9 Stunden 19 Minuten Mittelwasser M, um 12 Stunden 25 Minuten wieder Hochwasser. Flutstrom herrscht nun, wenn das Wasserteilchen sich in der Richtung der Welle bewegt, solange es also über Mittelwasser sich befindet, d. h. 3,1 Stunden vor bis 3,1 Stunden nach Hochwasser. Dann läuft Ebbestrom denselben Zeitraum vor bzw. nach Niedrigwasser, und zwar entgegengesetzt zur Wellenrichtung. Der Strom kentert, wenn er in den Punkt a und a' die Mittelwasserlage M erreicht hat.

Zerlegt man die Bewegung eines Teilchens in eine senkrechte und eine wagerechte Komponente, so ist erstere wegen der Form der



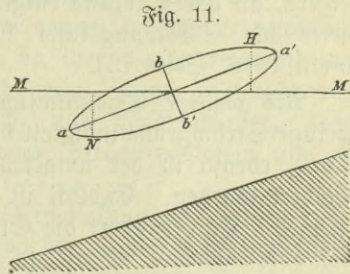
Bahn sehr unbedeutend und wird nicht als Strom empfunden werden. Sie erreicht ihren Höchstwert bei Mittelwasser in  $a$  und  $a'$ , ihren geringsten Wert in  $b$  und  $b'$ . Die wagerechte Komponente ist dagegen gleich null bei Mittelwasser, im Maximum bei  $b$  und  $b'$ .

### Störung der normalen Gezeitenströmungen.

22. Die Verhältnisse in Küstennähe weichen von denjenigen des freien Wassers meistens ab, und zwar treten Störungen durch Verminderung der Wassertiefe ein. Während Fig. 10 die Erscheinungen im freien Meere wiedergibt, zeigt Fig. 11, in welcher Weise die ansteigende Küste die Bahn eines Wasserteilchens abändert. Das Durchflußprofil wird in der Richtung auf das Land kleiner, so daß die große Achse der elliptischen Bahn sich nach dem flachen Wasser zu aufrichtet. Die von den Wasserteilchen zurückzulegende horizontale Strecke wird kürzer, dagegen die Bewegung in senkrechter Richtung, also der Tidenhub, größer. Hoch- und Niedrigwasser fallen nicht mehr mit den Endpunkten der kleinen Achse der Ellipse zusammen, sondern liegen in  $H$  und  $N$ . Flutstrom läuft dann von  $a$  über  $b$  und  $H$  bis  $a'$ , Ebbestrom von  $a'$  über  $b'$ ,  $N$  nach  $a$ , Stauwasser tritt also nicht mehr bei Mittelwasser ein.

Je steiler sich nun die große Achse der Ellipse aufrichtet, desto näher bei Hoch- und Niedrigwasser wird der Strom kentern.

Auch bei den Gezeitenströmen ist eine Reihe von Abweichungen von den gewöhnlichen Verhältnissen zu verzeichnen. Als regelmäßige Erscheinung muß jedoch die Verstärkung der Geschwindigkeit zur Springzeit und ihre Abschwächung zur Nippzeit angesehen werden. Normalerweise läuft der Strom sechs Stunden in der einen und sechs Stunden in der anderen Richtung. In der Nähe der Küste bewirken häufig die großen Flüsse und ihre Mündungsgebiete außer einer Verlängerung der Ebbedauer auch ein Überwiegen der Ebbestromrichtung an Dauer und Stärke. Manchmal tritt bei Stillwasser keine Ruhe in der Wasserbewegung ein, sondern es wird bei verminderter Geschwindigkeit ein allmähliches Drehen der Richtung wahrgenommen, welches annähernd  $180^\circ$ , oft auch weniger erreicht, so daß die Richtungen des Ebbe- und Flutstromes nicht immer vollkommen entgegengesetzt sind. Die Erklärung für solche Drehströme vor der Küste ist unter Zugrundelegung eines breiten, nach der Mitte





zu tiefer werdenden Kanals folgende: Man denke sich ein Schiff nahe der Küste vor Anker liegend, während eine Tidewelle von West nach Ost durch den Kanal eilt:

1. Bei Hochwasser herrscht am Ufer Stauwasser, in der Kanalmitte starker Flutstrom ostwärts. Das Schiff liegt auf Westkurs.

2. Nach drei Stunden bei Mittelwasser ist in der Kanalmitte Stillwasser, an den Küsten starker Ebbestrom von den Ufern weggerichtet. Am Südufer Schiff Südkurs, am Nordufer Nordkurs.

3. Bei Niedrigwasser ist am Strand kein Strom, in der Mitte starker Ebbestrom westwärts, daher anliegender Kurs Ost.

4. Drei Stunden nach Niedrigwasser ist an der Küste starker Flutstrom landwärts, im Kanal herrscht Stauwasser. Anliegender Kurs Süd.

An der Nordküste hat sich also der Strom im Sinne des Uhrzeigers, an der Südküste entgegengesetzt gedreht. Ein gutes Beispiel bietet die Strömungstafel für das Weser-Feuerschiff (Gezeiten tafeln 1916 Seite 73).

Als weitere Eigentümlichkeit mag die mancherorts auftretende geringe Stromgeschwindigkeit bei hohem Tidenhub genannt sein (Insel Man), ebenso ist der umgekehrte Fall in der südlichen Nordsee beobachtet worden. Endlich ist noch der Einfluß des Windes zu erwähnen. Er verändert die Stromrichtung, verstärkt die Geschwindigkeit oder schwächt sie ab, so daß der regelmäßige Wassertransport gestört wird.

Die bisher beschriebenen Strömungen spielen sich an der Oberfläche des Wassers ab. Entsprechend der langgestreckten Bahn der Orbitalbewegungen in der Gezeitenwelle wird der Strom nach der Tiefe zu sehr langsam schwächer werden. Dies bestätigen wenigstens die Beobachtungen, soweit überhaupt solche vorliegen, vollkommen.

Angaben über Gezeitenströmungen bieten die Seehandbücher in großer Fülle, ferner zahlreiche von der Deutschen Seewarte herausgegebene kartographische Darstellungen. In der Nordsee kommt der „Atlas der Gezeiten und Gezeitenströmungen für das Gebiet der Nordsee und der Britischen Gewässer“ in Frage, dessen Karten in verkleinertem Maßstabe auch in den Gezeitentafeln vorhanden sind. Außerdem finden sich in diesem Werke Zusammenstellungen über die Stromverhältnisse bei den wichtigeren deutschen Feuerschiffen.

## Siebenter Abschnitt.

**Die navigatorische Wichtigkeit der Gezeiten.**

23. Die Darstellung der Gezeitenerscheinungen und, soweit dies möglich ist, ihre Vorausberechnung ist für die Schifffahrt in verschiedener Hinsicht von großer Bedeutung:

Auf See werden die Wassertiefen dauernd verändert durch Steigen und Fallen des Wassers. Man muß daher den durch Ebbe und Flut verursachten Teil der geloteten Tiefe berechnen, um mit den Angaben der Karte vergleichbare Zahlen zu erhalten. Diese Zurückführung auf das Kartennull kommt besonders zur Orientierung bei fehlenden Landobjekten und bei diebigem Wetter in Frage. Ferner bedarf man der Kenntnis der Eintrittszeiten von Hoch- und Niedrigwasser, um von den zur Zeit herrschenden Gezeitenströmungen ein Bild zu gewinnen und die Stromversetzung berücksichtigen zu können.

Beim Einsteuern in Häfen oder im engen Fahrwasser gewinnen diese Punkte eine erhöhte Bedeutung, da ihre Veränderlichkeit von Ort zu Ort hier weit schneller vor sich geht. Durch zahlreiche Angaben über Zeit und Höhe der Hoch- und Niedrigwasser, Tidekonstanten, Hafenzeiten, Tidenhübe, ferner Strömungstafeln usw. ist diesem Umstande Rechnung getragen.

Endlich ist auch die unperiodische Einwirkung des Windes, der Windstau, genügend zu berücksichtigen, da die hierdurch bedingte Veränderung der Gezeitenerscheinungen gegenüber mittleren Verhältnissen erhebliche Abweichungen aufweisen kann.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



---

Gedruckt in der Königl. Hofbuchdruckerei von G. S. Mittler & Sohn  
Berlin SW68, Kochstraße 68-71.

---

## Leitfaden für den Unterricht in der Artillerie

auf der Marineschule, Schiffsartillerie-Schule und an Bord der Schulschiffe. Herausgegeben von der Inspektion des Bildungswesens der Marine. 2 Teile.

- I. Teil: Das Material. Fünfte, unveränderte Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen. M 4,—, geb. M 4,75
- II. Teil: Pulverlehre, theoretische Ballistik, angewandte Ballistik und Schußwirkung. Fünfte, neubearbeitete Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen. M 3,25, geb. M 4,—.

## Schiffsmaschinenkunde

mit besonderer Berücksichtigung der Dampfturbinen und Motoren. Leitfaden für den Unterricht an der Marineschule. Auf Veranlassung der Inspektion des Bildungswesens der Marine bearbeitet von Prof. Klamroth (Geh. Mar.-Baurat). 2 Teile. Textband und Atlas. M 14,—, geb. M 17,—

## Leitfaden für den Unterricht im Schiffbau

Herausgegeben von der Inspektion des Bildungswesens der Marine. Textband und Atlas. Zweite Auflage. Mit 335 Abbildungen im Text. Atlas mit 39 Tafeln in Steindruck nebst einem Anhang: Tabellen über die Kriegsschiffe der deutschen und der ausländischen Marinen. M 14,—, geb. M 16,50.

## Angewandte Mechanik

Zum Gebrauch als Leitfaden für den Unterricht in Naturlehre an der Kaiserlichen Marineschule und als Hilfsbuch für die Praxis von Dr. Hänert (Marine-Oberlehrer). Hierzu als Anhang: Kurze Einführung in die Chemie unter besonderer Berücksichtigung der Explosivstoffe. Mit zahlreichen in den Text gedruckten Figuren. M 6,25, geb. M 7,—.

## Physikalische Aufgaben der Artillerie, Navigation und des Schiffbaues

Beiheft zur „Angewandten Mechanik“. Von Dr. Hänert (Marine-Oberlehrer). Mit 32 Figuren im Text. M 2,—.

## Elektrotechnisches Merkbuch

Für Artillerie und Spezialisten der Kaiserlichen Marine. Von Punt (Kapitänleutnant). Mit 80 Abbildungen. M 2,—.



## Leitfaden der Seemannschaft

Auf Veranlassung der Inspektion des Bildungswesens der Marine für den Gebrauch an der Marineschule und im Seeoffizierkorps bearbeitet von E. Dick (Admiral). Mit zahlreichen Abbildungen im Text und auf 8 Tafeln. M 12,50, geb. M 14,50.

## Leitfaden für den Unterricht in der Navigation

Auf Veranlassung der Inspektion des Bildungswesens der Marine. Fünfte, umgearbeitete Auflage. Mit 132 Abbildungen im Text und 6 Tafeln in Steindruck. M 11,—, geb. M 12,50

## Leitfaden der Taktik und Befestigungslehre

Für den Unterricht auf der Kaiserlichen Marineschule auf dienstliche Veranlassung herausgegeben von Polmann (Hauptmann). Mit zahlreichen Abbildungen im Text und fünf Beilagen in Steindruck. M 3,50, geb. M 4,—.

## Die mathematische Geographie und ihre Nutzenanwendung

Für den Gebrauch an nautischen und höheren Lehranstalten sowie zum Selbstunterricht bearbeitet von S. Capelle (Korvettenkapitän a. D.). Mit zahlreichen Figuren im Text, 3 Karten in Steindruck und 28 Tafeln räumliche Photographien. M 8,—, geb. M 10,—

## Leitfaden für den Unterricht in Dienstkenntnis

Für den Gebrauch an der Marineschule. Zweite Auflage. Auf den Grundlagen der ersten Auflage neubearbeitet von Lüchow (Korvettenkapitän) und Stegemann (Kapitänleutnant). M 4,25, geb. M 5,—.

## Die deutsche Kriegsflotte und die fremden Seemächte

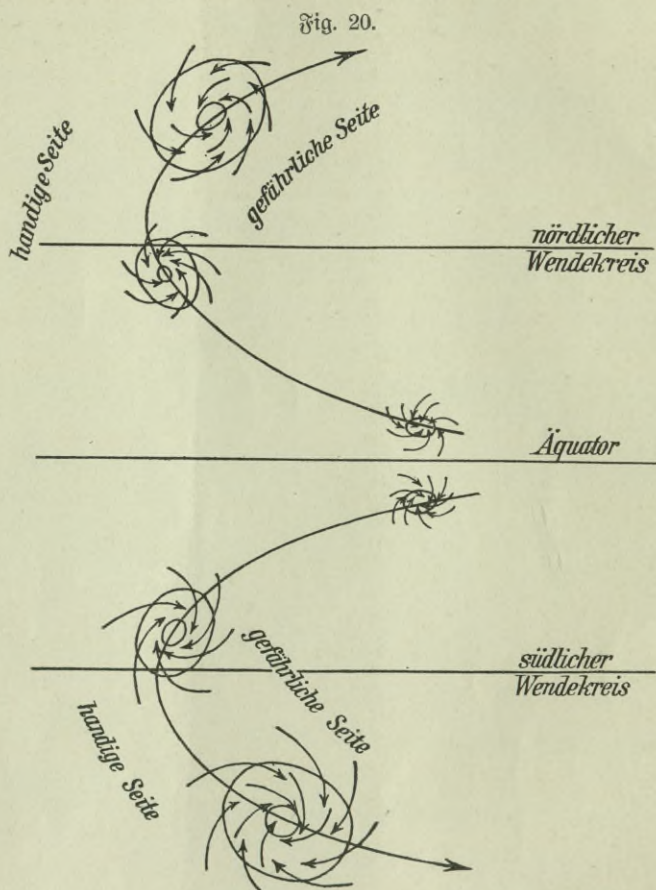
Vierter Jahrgang. Von Dr. Siegfried Voche Mittelner. Mit 81 Schiffsskizzen, 10 Karten, 2 fünffarbigen Flaggentafeln, einer graphischen Darstellung sowie 19 Schiffsansichten auf Tafeln und im Text. (Erscheint alljährlich.) M 2,—





### 5. Teil. Wetterkunde.

Seite 404 Zeile 10 von oben lies: „Fig. 10“ statt „Fig. 13“.  
Seite 416 Fig. 20 ist durch folgendes Deckblatt zu ersetzen:



### 6. Teil. Meereskunde.

Seite 438 Zeile 1 lies: „150“ statt „100“ km.  
Seite 459 Zeile 13 von unten: hinter Südküste ergänze „Schwedens“.

### 7. Teil. Gezeitenlehre.

Seite 479 Zeile 19 von oben lies: „61“ statt „71“.

# Berichtigungen und Deckblätter

zum

## Lehrbuch für den Unterricht in der Navigation an den Deckoffizierschulen der Kaiserlichen Marine

Berlin 1917, Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Königl. Hofbuchhandlung.

### 1. Teil. Terrestrische Navigation.

Seite 8 Zeile 13 lies: „durch 100 000 mit 1000 multiplizieren“  
statt „mit 100 multiplizieren“.

Seite 8 Zeile 4 von unten lies: „10,94“ statt „10,98“.

Seite 10 Zeile 2 lies: „10,94“ statt „10,98“.

Seite 12 Figur 5: „0° rw. soll senkrecht stehen“, statt „0° mtw. steht senkrecht“.

Seite 72 Zeile 9 lies: „ $\operatorname{tg} \varphi S$ “ statt „ $\operatorname{tg} \varphi \cdot S$ “.

Seite 75 Zeile 10 von unten lies: „2812“ statt „812“.

### 2. Teil. Astronomische Navigation.

Seite 116 Nr. 77 Beispiel Zeile 4 lies: „+ 5<sup>h</sup> 32<sup>m</sup> 5<sup>s</sup>“ statt „+ 5<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> 25<sup>s</sup>“.

Seite 124 Nr. 90 Zeile 5 lies: „Fig. 23“ statt „Fig. 21“.

Seite 153 Zeile 5 bis 7 von unten von „Es bis hervorzuholen“ sind  
zu streichen.

Seite 155 Nr. 134 Zeile 4 von unten lies: „Polhöhe“ statt „Poldistanz“.

Seite 156 Zeile 6 von unten lies: „+ 10° 20'“ statt „+ 17° 20'“.

Seite 189 Fig. 58 lies: „Op = 12° 46,0' N“ statt „Op = 12° 46,5' N“.

Seite 200 Fig. 66 lies: „- 30,56 tg δ“ statt „- 30,56 Ag δ“.

Seite 209 Zeile 3 von unten zu streichen: „und der Erde“.

Seite 211 Zeile 1 von oben lies: „Kreis“ statt „Teil“.

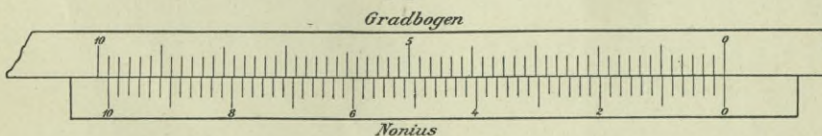
Seite 211 Zeile 8 von oben lies: „von einem zum andern Mittag“  
statt „mittags“.

Seite 214 Zeile 15 von unten lies: „punktes und der Sonne“ statt  
„punktes“.

Seite 216 Zeile 18 von oben zu streichen: „wenn die Abweichung  
gleich 0 ist oder“.

Seite 218 Fig. 72 ist durch folgendes Deckblatt zu ersetzen:

Fig. 72.







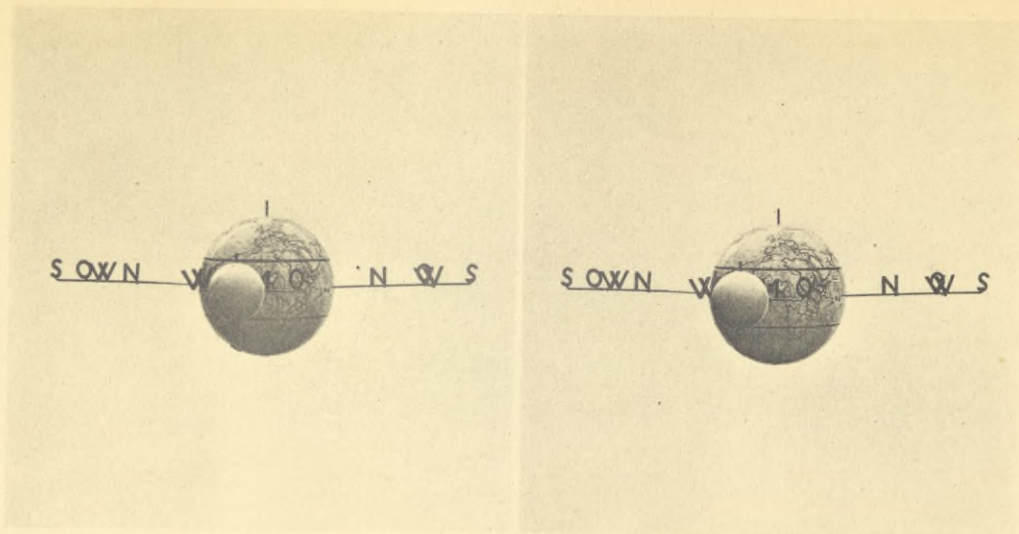


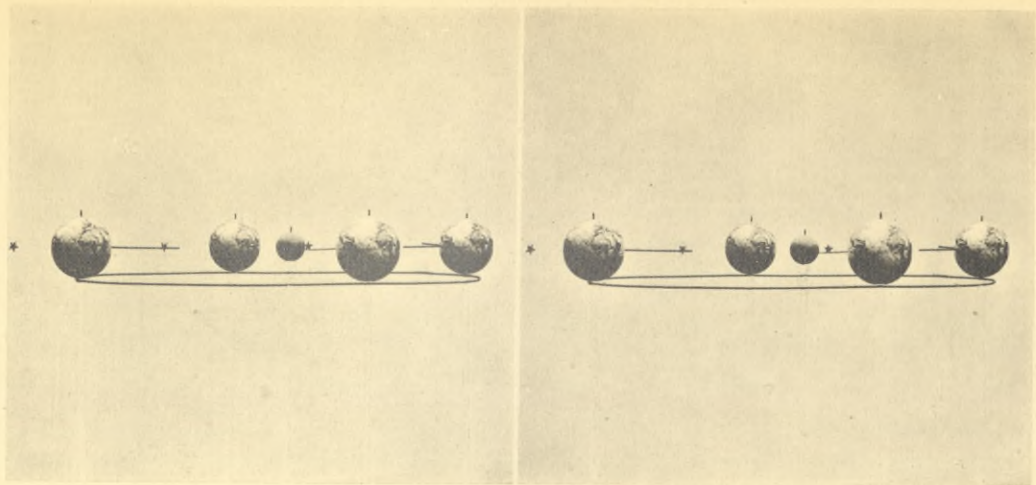




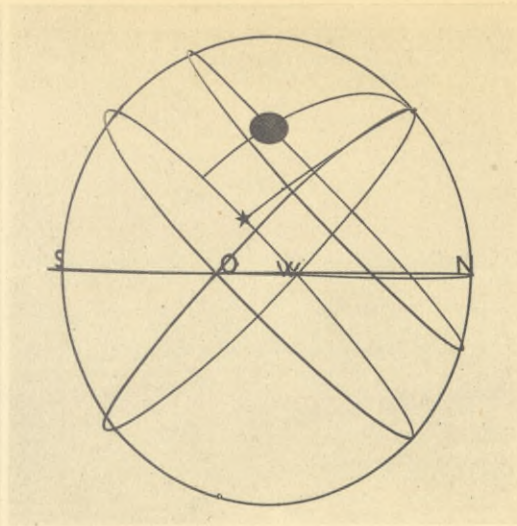
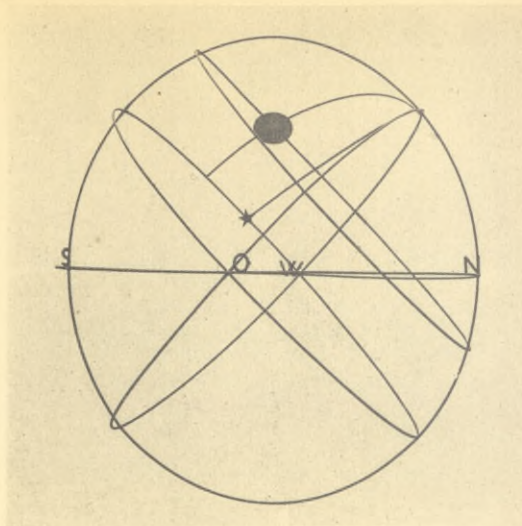


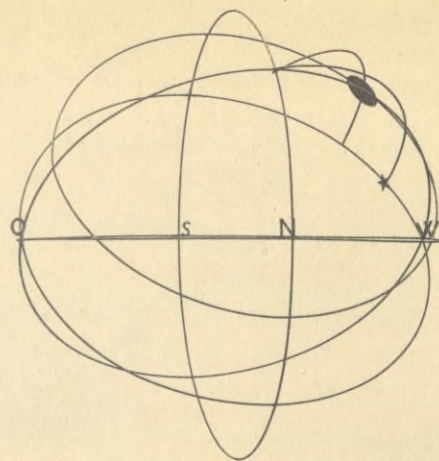
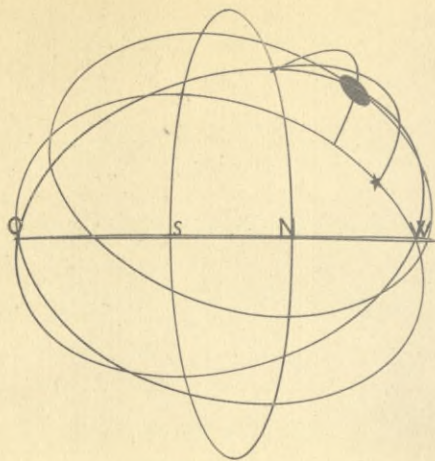




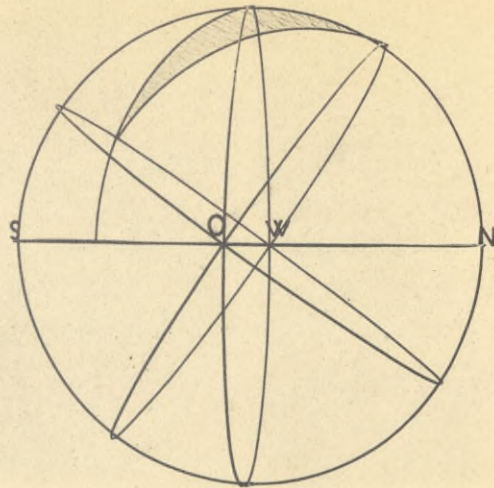
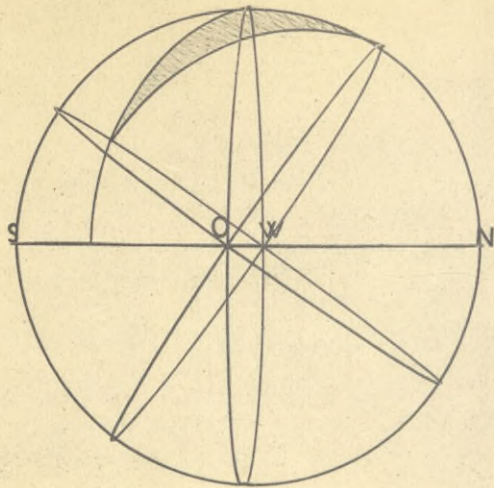


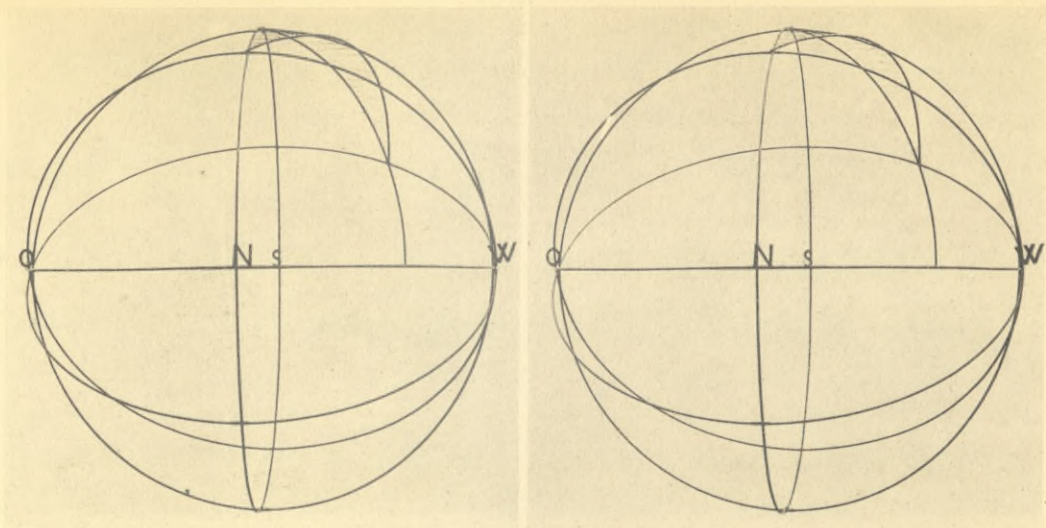






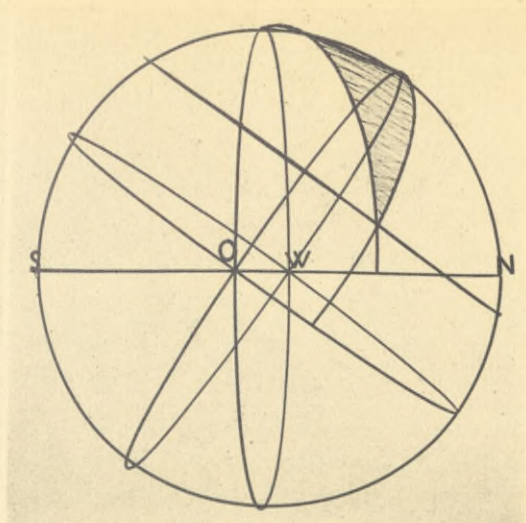
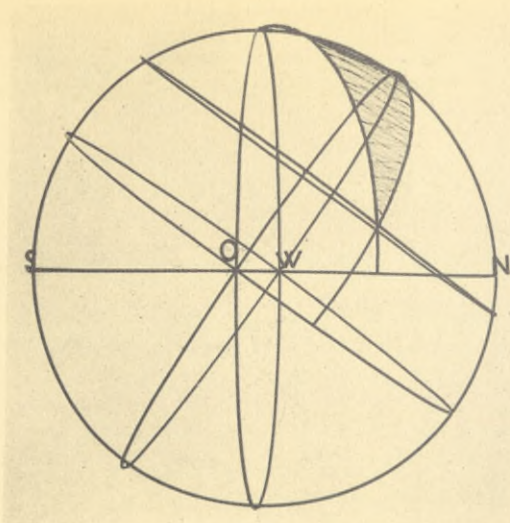


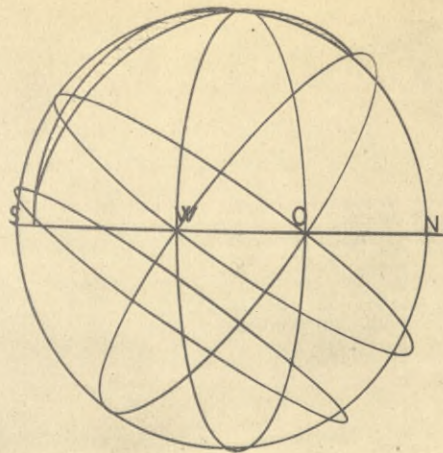
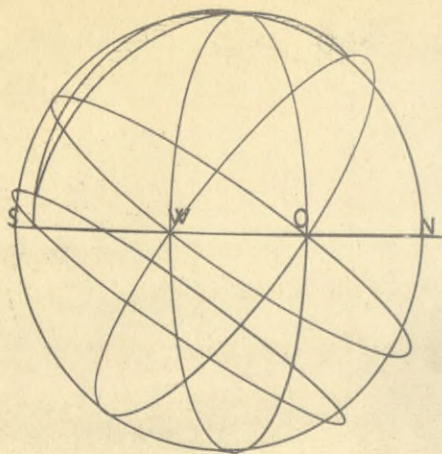




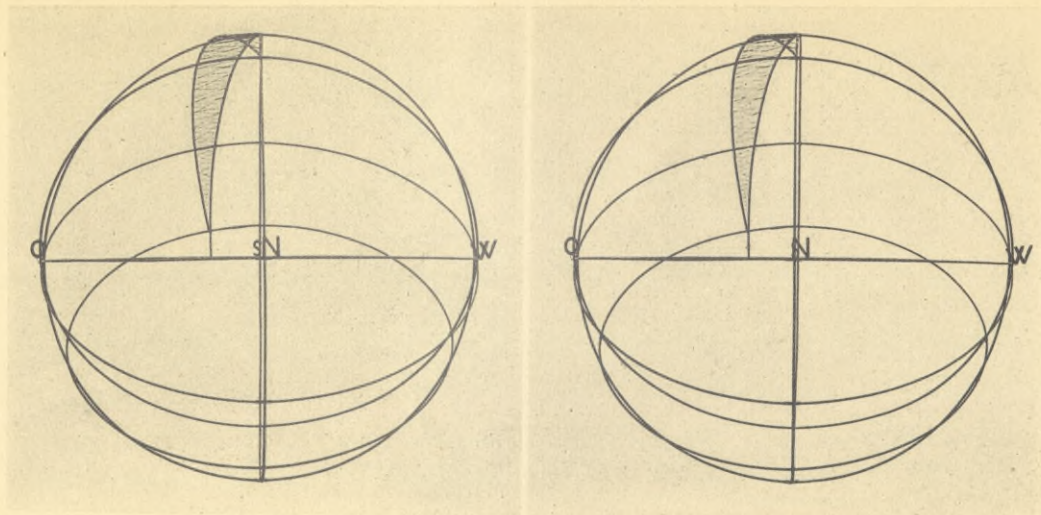
19a



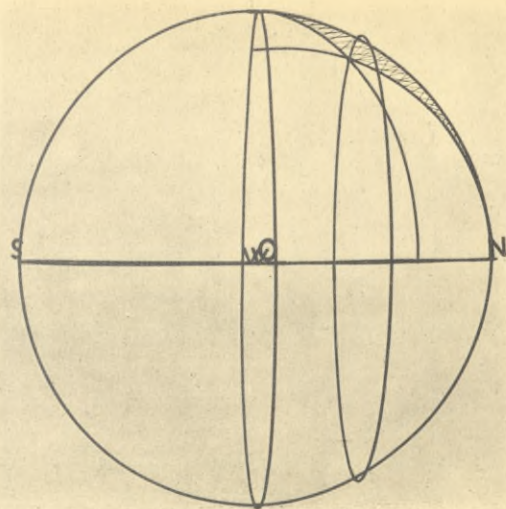
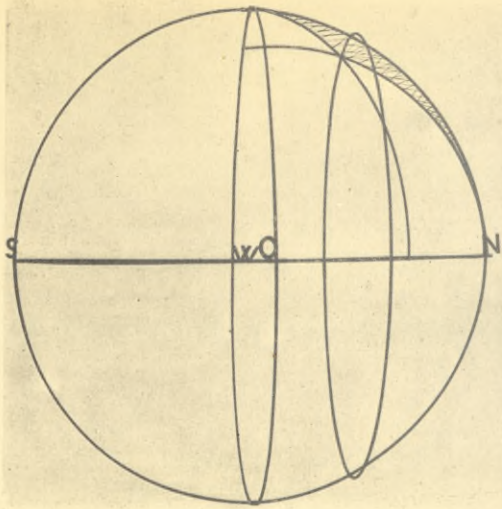




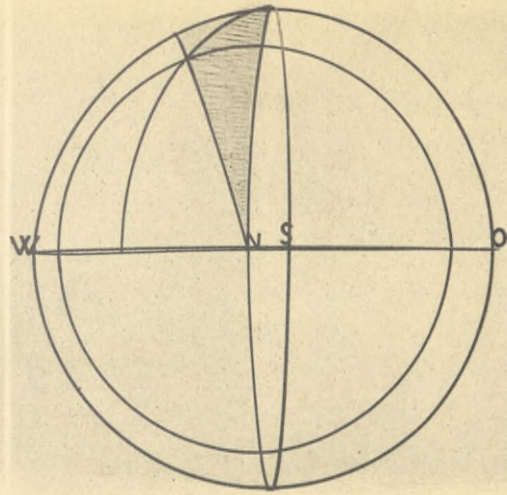
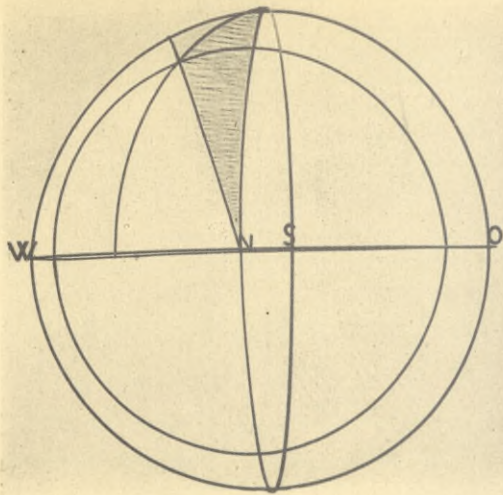




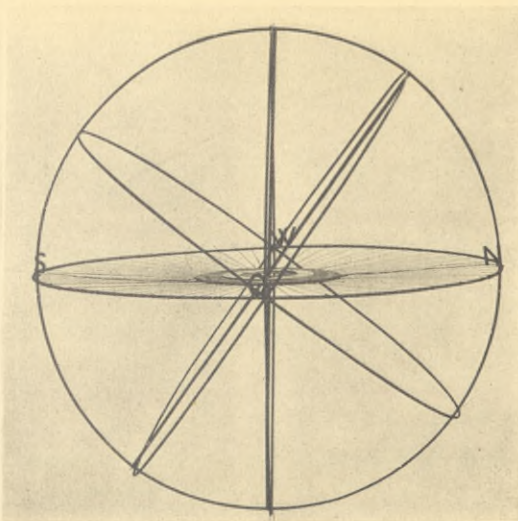
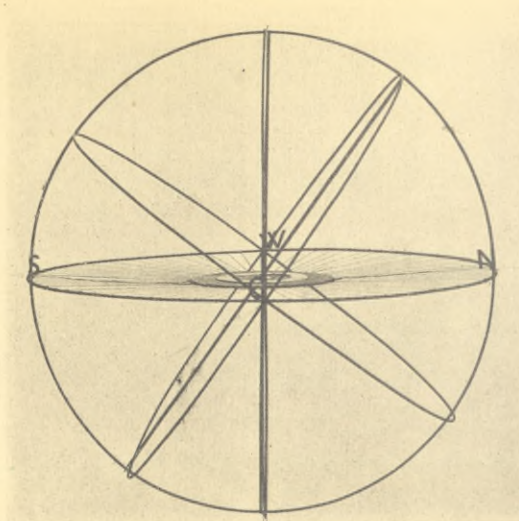
20a



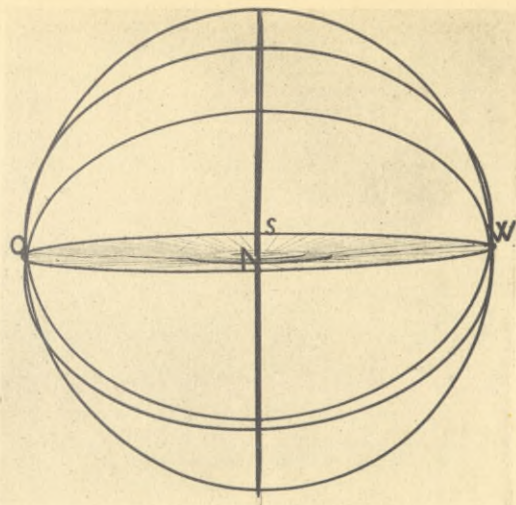
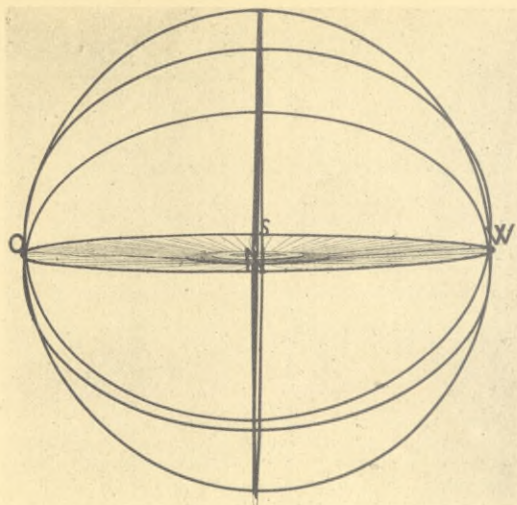




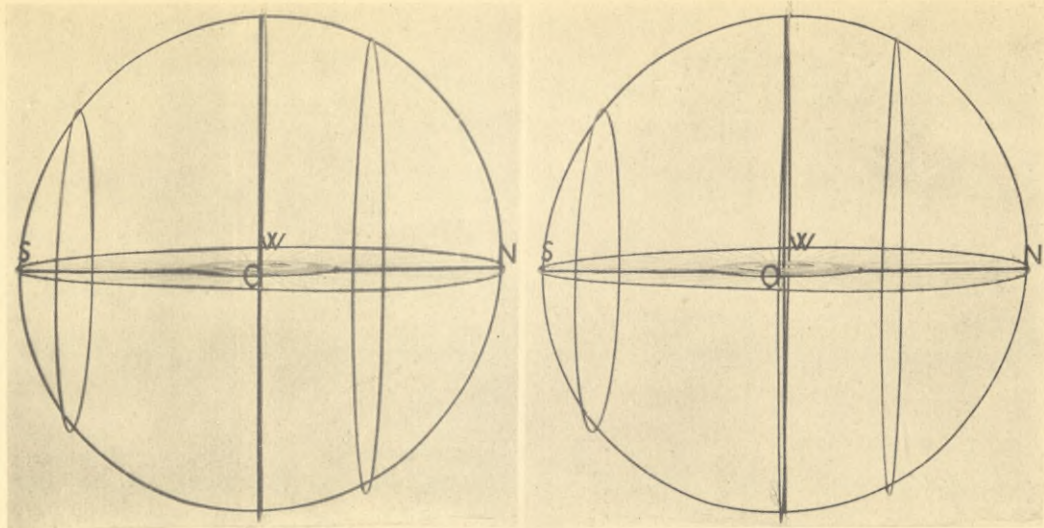
21a



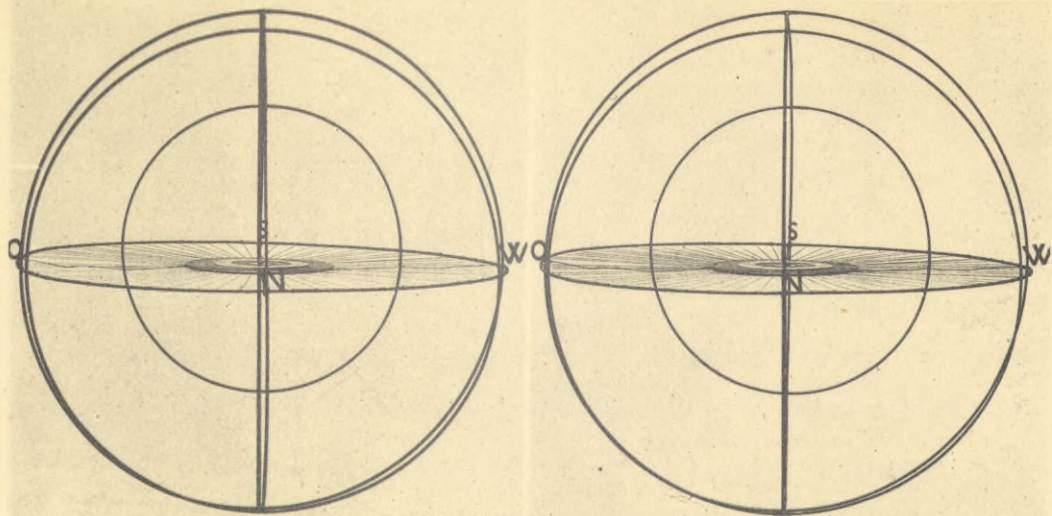




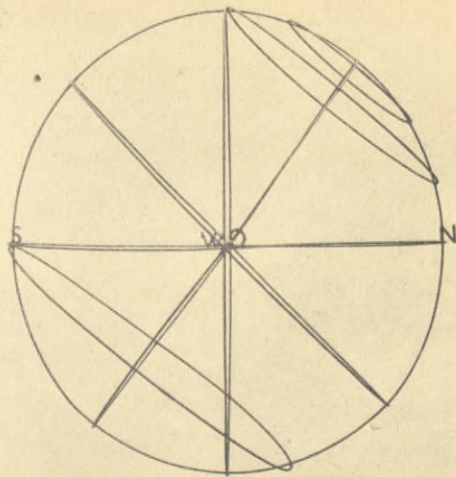
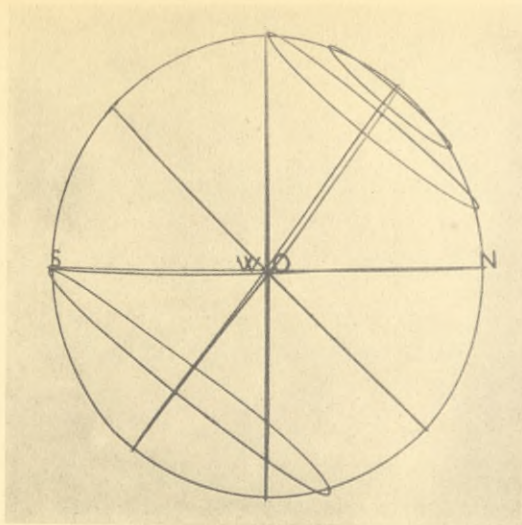
22a



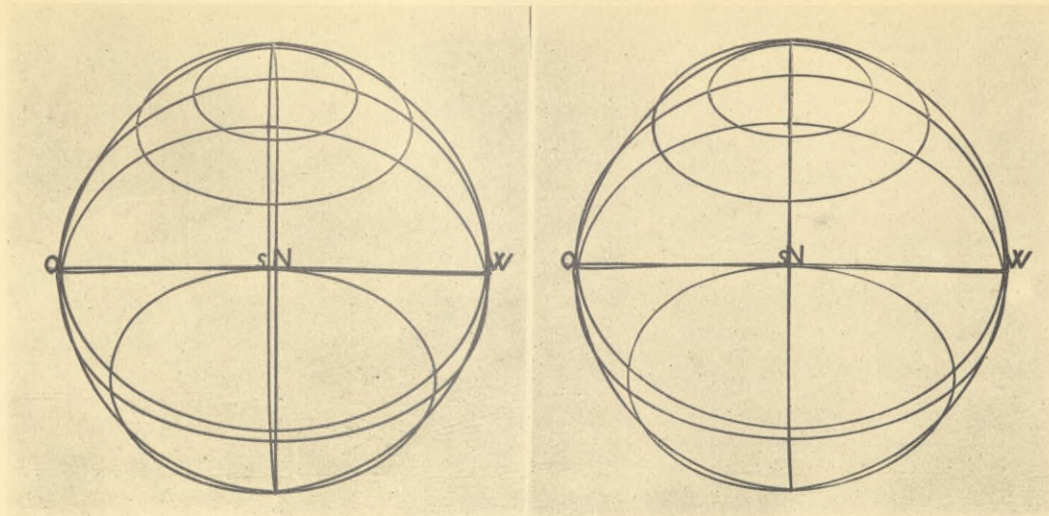




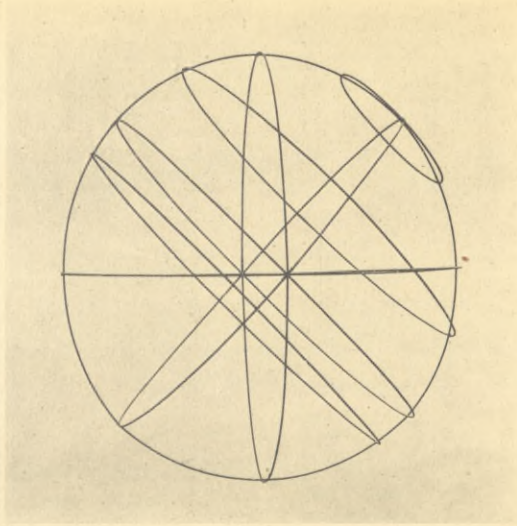
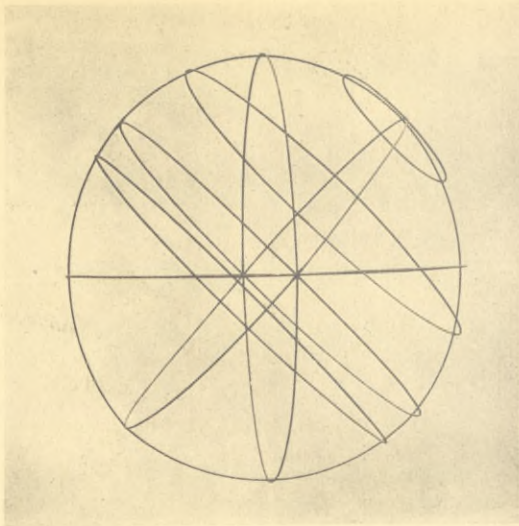
22c



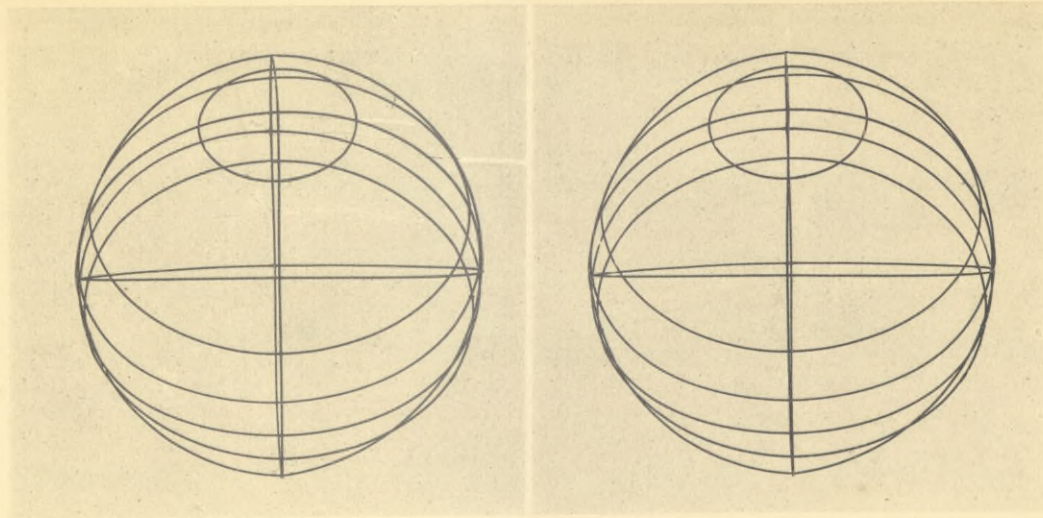




23a







24a



## Räumliche Photographieen

Tafel Nr. 15 24a

Nr. 1—14a befinden sich in der  
Tasche auf der Innenseite des  
Vorderdeckels.



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297321