

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. igw.

3396





Bibliothek
des
Reichsamts des Innern.
№ 13532.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297649



III. A 4989⁰⁶₂.

HANDBUCH
FÜR
KÜSTENVERMESSUNGEN

HERAUSGEGEBEN

VOM

REICHS-MARINE-AMT



ERSTER BAND: **TEXT**

MIT 84 TEXT-FIGUREN UND 5 BLATT FIGUREN ALS ANHANG

BERLIN 1906

ERNST SIEGFRIED MITTLER UND SOHN

KÖNIGLICHE HOFBUCHHANDLUNG

KOCHSTRASSE 68—71

x
1019/1
§31.41K

HANDBUCH



KÜSTENMESSUNGEN

II-351311

Alle Rechte aus dem Gesetz vom 19. Juni 1901
sowie das Übersetzungsrecht sind vorbehalten.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~II 3296~~

M 1019

Akc. Nr.

~~356549~~

DPK-13-26/2018

Vorwort.

Ein Handbuch, das Anleitungen für Küstenvermessungen gibt, fehlte bisher in der deutschen Fachliteratur. Der mit Vermessungsaufgaben betraute Seeoffizier war daher genötigt, sich die erforderlichen Kenntnisse auf dem Gebiete des Vermessungswesens durch weitläufige Studien in Werken verwandter Richtung zu erwerben. Über die bei Küstenvermessungen anzuwendenden Arbeitsmethoden gibt, abgesehen von astronomischen Lehrbüchern, keines jener Bücher die gewünschte Auskunft.

Die geodätischen Werke bereiten den Leser vor, Vermessungen auszuführen, die eine Grundlage für die Aufteilung des Landes zu bilden haben. Die Lehrbücher hydrographischen Inhalts beschäftigen sich zumeist mit der wissenschaftlichen Ergründung des Meeres und der Erscheinungen auf dem Meere.

Das Handbuch für Küstenvermessungen dagegen will lediglich zeigen, wie Vermessungen auszuführen sind, die die Unterlage für eine brauchbare Seekarte bilden sollen.

Damit ist für die Wahl der Arbeitsmethoden sowie für die Ausdehnung der Arbeit eine feste Unterlage gegeben. Die Ansprüche auf die Genauigkeit bei der Durchführung der Arbeiten dürfen nur so weit gehen, als es im Interesse der Herstellung einer zuverlässigen Seekarte notwendig ist. Es dürfen nur Arbeiten ausgeführt werden, die für die Seekarte nutzbar zu machen sind. Grundsätzlich falsch ist es, Arbeiten, die nicht im Rahmen der gestellten Aufgabe liegen bzw. über das gesteckte Ziel hinausgehen, auszuführen. Übertriebene Genauigkeit bei den Arbeits- und Rechenmethoden bedeutet Zeit- und damit Geldverlust.

Das vorliegende Buch ist für den Gebrauch in der Front geschrieben. Mehrjährige Erfahrungen auf den Vermessungsschiffen und beim Vermessungskursus wurden nutzbar gemacht.

Mit flüchtigen Vermessungen werden sich die Vermessungsschiffe nur sehr selten zu befassen haben. In dem vorliegenden Handbuch ist daher auf dieses Verfahren nicht eingegangen worden. Es wird auf den Abschnitt XIII »Vermessungen in Bewegung« im I. Bande der zweiten Auflage des Lehrbuches der Navigation hingewiesen.

Die Bearbeitung erfolgte durch den Kapitänleutnant SCHMIDT (REINHOLD) — Geodätischer und kartographischer Teil — den Kapitänleutnant KURTZ — zwei Abschnitte des Geodätischen Teils, und zwar Höhenbestimmungen und Geländeaufnahmen — den Vorstand des Observatoriums zu Wilhelmshaven, Admiralitätsrat Professor Dr. BÖRGEN — Gezeiten — und durch die Abteilungsvorstände bei der Deutschen Seewarte Professor Dr. STECHERT — Astronomie — und Professor STÜCK — Erdmagnetische Beobachtungen.

Die Gesamtleitung und die Redaktion des Ganzen war dem Kapitänleutnant SCHMIDT (REINHOLD) übertragen.

Berlin, im September 1906.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Abschnitt I. Nautische Vermessungen.	
§ 1. Allgemeines	1
Abschnitt II. Instrumente und andere Hilfsmittel.	
Beschreibung der Instrumente.	
§ 2. Ausrüstung der Vermessungsschiffe	5
§ 3. Beschreibung der Instrumente	6
§ 4. Das kleine Universalinstrument	7
§ 5. Abweichungen der übrigen Instrumente:	
A. Der Mikroskop-Theodolite	13
B. Der astronomischen und der geodätischen Universalinstrumente	16
§ 6. Erdmagnetische Instrumente.	
Das Deklinatorium	17
Der magnetische Reisetheodolit	18
§ 7. Heliotrope und ihre Anwendung	21
§ 8. Photographische Instrumente.	
A. Die photographische Ausrüstung Modell 1896	23
B. Die photographische Ausrüstung Modell 1898	26
Untersuchung und Berichtigung der Universalinstrumente und Theodolite.	
§ 9. Erklärungen, Forderungen	27
§ 10. Untersuchungen und Berichtigungen für trigonometrische Beobachtungen	30
§ 11. Untersuchungen und Berichtigungen für astronomische Beobachtungen	39
§ 12. Rechnerische Berücksichtigung von Instrumentenfehlern bei astronomischen Beobachtungen	48
§ 13. Untersuchung des kleinen Universalinstruments für besondere Zwecke	54
Abschnitt III. Vorbereitungen.	
§ 14. Vorbereitungen	55
Abschnitt IV. Erkundung, Wahl und Bezeichnung der Dreieckspunkte.	
§ 15. Erkundung. Wahl der Dreieckspunkte	58
§ 16. Bezeichnung der Punkte	64
Abschnitt V. Astronomische Ortsbestimmungen.	
I. Zeitbestimmung durch Messung einzelner Zenitabstände von Sternen.	
§ 17. Grundgedanke der Methode	69
§ 18. Auswahl der Sterne	70

	Seite
§ 19. Ausführung der Beobachtungen	71
§ 20. Ableitung des Uhrstandes	75
§ 21. Ableitung des Standes der nach mittlerer Zeit regulierten Chronometer.	77

II. Bestimmung der geographischen Breite durch Messung einzelner Zenitabstände von Sternen.

§ 22. Grundgedanke der Methode	81
§ 23. Auswahl der Sterne	82
§ 24. Ableitung der Formel für die Breitenbestimmung	83
§ 25. Ausführung der Beobachtungen	84
§ 26. Berechnung der Breite	86

III. Zeit- und Breitenbestimmungen durch die Methoden gleicher Zenitabstände.

A. Einleitung.

§ 27. Grundgedanke der Methoden gleicher Zenitabstände.	88
§ 28. Das Talcott-Niveau	90

B. Zeitbestimmung durch Beobachtung gleicher Zenitabstände.

§ 29. Auswahl der Sterne	91
§ 30. Vorbereitungsrechnungen	92
§ 31. Vorbereitungsbeobachtungen	94
§ 32. Beobachtung der Zeitsterne	95
§ 33. Verbesserung der Beobachtungszeiten wegen Neigung	97
§ 34. Berechnung des Uhrstandes	100

C. Breitenbestimmung durch Beobachtung gleicher Zenitabstände.

§ 35. Auswahl der Sterne	103
§ 36. Vorbereitungsrechnungen	106
§ 37. Ausführung der Beobachtungen	108
§ 38. Verbesserung der Beobachtungszeiten wegen Neigung	111
§ 39. Berechnung der geographischen Breite	111

IV. Bestimmung des Längenunterschiedes zweier Orte durch Zeitübertragung mittels Chronometer.

§ 40. Grundgedanke der Methode	115
§ 41. Ausführung der Beobachtungen und der Berechnungen	116

V. Bestimmung des Azimuts eines irdischen Gegenstandes.

§ 42. Grundgedanke der Methode	126
§ 43. Auswahl der Sterne für die Beobachtung	127
§ 44. Ausführung der Beobachtungen	129
§ 45. Ableitung der Formel für das Sternazimut	132
§ 46. Berechnung der Beobachtungen	132

Abschnitt VI. Basismessung.

§ 47. Allgemeines	136
§ 48. Messung mit dem Meßband	140
§ 49. Messung mit dem Telemeter	141

	Seite
§ 50. Ableitung der Basislänge aus den Breiten- oder Längen- und Breitenunterschieden der Basisendpunkte	143
§ 51. Berechnung des Maßstabes, wenn die Grundlinie nur annähernd richtig ist	144
§ 52. Das Basisnetz	147

Abschnitt VII. Triangulation.

§ 53. Einleitung	149
§ 54. Trigonometrische Messungen auf einer Station	151
§ 55. Berechnung der Dreiecke bei gegenseitigen Messungen und beim Vorwärtseinschnitt	158
§ 56. Berechnung der geographischen Koordinaten	159
§ 57. Berechnung der Seite und des Azimuts aus den geographischen Koordinaten zweier Punkte	160
Beispiel einer Landtriangulation	162
§ 58. Punktbestimmung durch Rückwärtseinschneiden	176
§ 59. Trigonometrische Ortsbestimmung mit einem Schiff als 4. Punkt (Schiffsmethode)	179

Abschnitt VIII. Geodätische Höhenbestimmungen.

§ 60. Allgemeines	185
§ 61. Trigonometrische Höhenmessung	186
§ 62. Barometrische Höhenmessung	192
§ 63. Das Nivellieren	197

Abschnitt IX. Geländeaufnahme.

A. Die verschiedenen Verfahren zur Lagebestimmung von Landmarken und Landobjekten.

§ 64. Das Vorwärtseinschneiden	202
§ 65. Aufnahme mit dem großen Telemeter	203
§ 66. Der Polygonzug	203
§ 67. Der Quintantenzug	211
§ 68. Das Rückwärtseinschneiden	212
§ 69. Vorwärtseinschneiden von Bord aus	212

B. Aufnahme von Geländeeinzelheiten.

§ 70. Methode des Abschreitens	213
§ 71. Geländeaufnahme vom lotenden Boot aus	216
§ 72. Gegenstände der Geländeaufnahme	216

Abschnitt X. Die Gezeiten.

§ 73. Einleitung	219
§ 74. Bezeichnung für die Vertikalausmessung der Gezeiten	220
§ 75. Mittel zur Beobachtung der Erscheinungen der Ebbe und Flut	221
§ 76. Methoden der Beobachtung	223
§ 77. Beschickung von Lotungen auf ein gemeinschaftliches Niveau	226
1. Das Kartenniveau sei das mittlere Spring-Niedrigwasser am Lotungsort	231
2. Das Kartenniveau sei eine beliebig angenommene feste Ebene	239
§ 78. Gezeitenströmungen	246
§ 79. Reduktion der Beobachtungen	255

Abschnitt XI. Bestimmung der Meerestiefen und Strom- beobachtungen.

§ 80.	Allgemeines	261
§ 81.	Ausführung der Lotungen	261
§ 82.	Ortsbestimmung beim Loten	264
§ 83.	Das Arbeiten im Boot	267
§ 84.	Einrichtung von Pegelstationen	271
§ 85.	Kartenniveau	272
§ 86.	Pegelbeobachtungen	274
§ 87.	Beschickung der Lotungen	275
§ 88.	Bestimmung der Grundbeschaffenheit	276
§ 89.	Bestimmung der schwimmenden Seezeichen	277
§ 90.	Lotungen bei Hochseevermessungen	277
§ 91.	Strombeobachtungen	282

Abschnitt XII. Die Arbeitskarte.

§ 92.	Allgemeines	283
§ 93.	Das Zeichenmaterial	285
§ 94.	Praktische Winke für das Zeichnen	287
§ 95.	Die Anfertigung der Arbeitskarte.	
	a) Konstruktion eines Merkatornetzes und Eintragung der Punkte in dieses Netz	289
	b) Eintragungen nach der Konstruktionsmethode	292

Abschnitt XIII. Aufstellen von Segelanweisungen. Namen- gebung und -Schreibung. Photographische Aufnahmen. Vertonungen.

§ 96.	Aufstellen von Segelanweisungen	299
§ 97.	Grundsätze für die Namengebung, Namenübersetzung, Schreib- und Sprech- weise der geographischen Namen in den deutschen Schutzgebieten	302
§ 98.	Photographische Aufnahmen	304
§ 99.	Vertonungen	305

Abschnitt XIV. Anleitung zur Beobachtung der erdmagnetischen Elemente mit dem Bambergischen Reisetheodolit.

§ 100.	Vorbereitende Arbeiten	307
§ 101.	Die Beobachtungen	311
§ 102.	Intensitätsbestimmungen	311
§ 103.	Deklinationsbeobachtungen	316
§ 104.	Bestimmung der Inklination	320
§ 105.	Beispiel einer vollständig durchgeführten Beobachtung der magnetischen Elemente und deren Berechnung	324

Abschnitt XV. Berichterstattung	331
---	-----

Abschnitt I.

Nautische Vermessungen.

§ 1. Allgemeines.

Die von der Kaiserlichen Marine auszuführenden Vermessungen sollen ausschließlich den Zweck verfolgen, für die Schifffahrt zuverlässige Seekarten und Segelhandbücher zu liefern.

Vermessende Schiffe. Im Dienste der Vermessung stehen zumeist besondere Vermessungsschiffe oder Peilboote, doch kann im Auslande auch an Kreuzer die Aufgabe herantreten, Vermessungen auszuführen. Für diese, nur mit den etatmäßigen nautischen Instrumenten ausgerüsteten Schiffe, deren Aufnahmen zumeist mit einem geringen Zeitaufwand ausgeführt werden sollen, gibt das Lehrbuch der Navigation eine Anleitung zur Ausführung der Arbeiten. Bei den nachfolgenden Abhandlungen wird vorausgesetzt werden, daß die Instrumentenausrüstung eines Vermessungsschiffes zur Verfügung steht.

Vermessungsarten. Die Vermessungen können nach sehr verschiedenen Gesichtspunkten durchgeführt werden. Entscheidend dafür ist die Wichtigkeit und Beschaffenheit des zu vermessenden Gebietes.

Man unterscheidet zwischen eingehenden und flüchtigen Vermessungen. Bei den Arbeiten der Vermessungsschiffe handelt es sich zumeist um eingehende Aufnahmen. Die danach anzufertigenden Seekarten sollen auf absehbare Zeit allen Forderungen der Schifffahrt genügen, soweit nicht die Ergebnisse schnelle Änderungen infolge von Versandungen usw. erfahren. Bei flüchtigen Vermessungen sind die Grenzen der Genauigkeit weniger eng gezogen. Es kommt vielmehr darauf an, mit geringen Mitteln in kurzer Zeit eine den jeweiligen Anforderungen genügende, annähernd richtige Karte herzustellen. Meistens werden flüchtige Aufnahmen später, wenn eine Steigerung des Schiffsverkehrs in diesen Gebieten eintritt, durch eine eingehende Vermessung vervollständigt.

Auszuführende Arbeiten. In der Hauptsache wird es die Aufgabe der in den heimischen Gewässern auszuführenden Vermessungen sein,

das Profil des Meeresbodens wiederzugeben, d. h. die Wassertiefen zu bestimmen und ihren Ort in der Karte festzulegen.

Im Auslande tritt in der Regel die geographische Bestimmung der navigatorisch wichtigen Punkte an Land, die gleichzeitig zur Ortsbestimmung beim Loten gebraucht werden, sowie die Aufnahme der Küste hinzu.

Im Inlande sind Landaufnahmen selten nötig. In den meisten Fällen genügen die Angaben der von der Königlich Preußischen Landesaufnahme herausgegebenen Meßtischblätter im Maßstabe 1 : 25 000. Vermessungen an Land können, abgesehen von Änderungen in der Küstenlinie usw., nur dann notwendig werden, wenn die betreffende Seekarte einen größeren Maßstab aufweist. Sind Häfen ausgebaut worden bzw. Neuanlagen entstanden, so können häufig die Pläne der Hafenaufnahmegesellschaften der Seekarte zugrunde gelegt werden.

Die geographische Lage neu errichteter Seezeichen (Tonnen, Leuchttürme und Baken) wird mit Hilfe der von der trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme festgelegten Punkte (TP), sowie sonstiger bekannter Objekte durch trigonometrische Messungen (Messungen von Dreieckswinkeln) bestimmt.

Gang der Arbeiten. Der Gang der Arbeiten bei der Neuvermessung eines Gebiets ist im allgemeinen folgender:

1. Durch Entlangfahren an der zu vermessenden Küste sowie durch Erkundungsgänge an Land, bei denen alle hervorragenden Punkte aufzusuchen sind, wird das Gebiet erkundet und hiernach der Arbeitsplan entworfen.

2. An geeigneter Stelle in möglichst ebenem Gelände wird alsdann eine Grundlinie (Basis) gemessen, die als Ausgangsseite für die trigonometrische Bestimmung aller wichtigen Punkte im Vermessungsgebiet dient. Die geographische Lage der Basis erhält man durch astronomische Bestimmung des einen Endpunktes und durch Bestimmung ihres Azimuts.

3. Von der Basis ausgehend verbindet man alle navigatorisch wichtigen Punkte, wie Bergkuppen, Kaps usw., durch ein Dreiecksnetz miteinander; die Längen der Dreiecksseiten sind nur durch die gegenseitige Sichtbarkeit der Endpunkte begrenzt. In die großen Dreiecke werden kleinere Dreieckssysteme gelegt und damit weniger wichtige Punkte, die zur Festlegung der Küstenumrisse dienen, oder von denen das lotende Schiff oder Boot seinen Ort ableiten soll, bestimmt. Zur Bestimmung aller Seiten des Dreiecksnetzes genügt neben der Bestimmung der Basislänge die Messung der Dreieckswinkel. Mittels des Sinussatzes werden aus der Basis und den Winkeln des ersten Dreiecks die anderen beiden Seiten und aus diesen Seiten und den Winkeln der anschließenden Dreiecke wieder die Seiten dieser Dreiecke be-

rechnet usf. Da die geographische Lage eines Endpunktes und das Azimut der Basis astronomisch bestimmt und weiterhin alle Dreieckswinkel und Seiten bekannt sind, kann man für alle Dreieckspunkte die geographischen Koordinaten (Breite und Länge) berechnen. Durch astronomische Bestimmung des Endpunktes der Triangulation kontrolliert man deren Richtigkeit.

4. Landmarken und andere Punkte, deren Lage durch die Triangulation nicht ermittelt worden ist, werden gleichzeitig mit dem Küstenverlauf bei der Geländeaufnahme bestimmt.

5. Schon während der Erkundung wird möglichst in der Mitte des zu vermessenden Gebietes, oder wenn dieses zu groß ist, in dem zunächst in Angriff zu nehmenden Teilgebiete, eine Pegelstation errichtet und sofort mit den Pegelablesungen begonnen. Durch Nivellement bringt man den Nullpunkt des Pegels mit einer oder mehreren festen Marken an Land in Beziehung, damit derselbe stets kontrolliert oder bei Zerstörung wiederhergestellt werden kann.

6. Alle durch die Triangulation bestimmten Punkte und die Strandlinie werden in eine Arbeitskarte eingetragen.

7. Unter Benutzung der festgelegten Punkte zur Ortsbestimmung wird das Meeresgebiet ausgelotet und gleichzeitig die Beschaffenheit des Grundes ermittelt. Die auf den mittleren Spring-Niedrigwasserstand am Pegel beschickten Lotungen und die Angaben für die Grundbeschaffenheit kommen in der Karte zur Eintragung.

8. Neben den vorgenannten Arbeiten sind folgende Bestimmungen auszuführen:

- a) Höhenbestimmungen,
- b) Gezeiten- und Strombeobachtungen,
- c) Mißweisungsbestimmungen.

Endlich gilt es, meteorologische Beobachtungen anzustellen und Segelanweisungen in Bearbeitung zu nehmen, zu deren Vervollständigung Vertonungen oder photographische Aufnahmen dienen.

In der Regel werden die Arbeiten in der angegebenen Weise und Reihenfolge vor sich gehen, doch können unter besonderen Umständen bedeutende Abweichungen eintreten. Feste Regeln für die Ausführung von Vermessungen lassen sich nicht aufstellen. Wind und Wetter und manche anderen Umstände beeinflussen die Arbeiten oft. Es muß dem Geschick und der Erfahrung des Leitenden überlassen bleiben, die Arbeiten so einzurichten, daß unter sachgemäßer Verwertung des zur Verfügung stehenden Personals und Materials die Zeit nach besten Kräften ausgenutzt wird.

Unter Umständen kann mit der Triangulation und selbst mit den Lotungen begonnen werden, ohne daß die geographische Bestimmung der Basis beendet ist; die Eintragung der Lotungen in eine nach

einem bestimmten Maßstab in Merkatorprojektion entworfene Hauptkarte ist jedoch erst nach Berechnung der geographischen Koordinaten aller Punkte möglich.

Darstellung. In der Schiffsarbeitskarte kommen die Vermessungsergebnisse zur Darstellung. Diese Karte wird in demselben bzw. in etwas größerem Maßstabe hergestellt, als die danach anzufertigende oder zu berichtigende Seekarte. Alles, was zur Darstellung kommt, muß auf durchaus zuverlässigem Material beruhen. Unsichere Messungen sind zu wiederholen. Man muß sich stets vor Augen halten, daß durch eine einzige Ungenauigkeit der Wert der ganzen Arbeit in Frage gestellt werden kann. Andererseits ist jede übertriebene Genauigkeit, durch die der Wert der Karte als Seekarte nicht erhöht wird, als mit Zeit- und Geldverlust verbunden, durchaus zu verwerfen.

Verwertung des Materials. Das gesamte bei einer Vermessung gesammelte Material ist, übersichtlich geordnet, mit der danach gefertigten Karte dem Reichs-Marine-Amt einzureichen. In der Nautischen Abteilung werden die Arbeiten einer eingehenden Prüfung unterworfen, bevor die Arbeitskarte zur Anfertigung bzw. Berichtigung der Seekarte verwertet wird.

Abschnitt II.

Instrumente und andere Hilfsmittel.

§ 2. Ausrüstung der Vermessungsschiffe.

Den Vermessungsschiffen stehen außer der etatmäßigen Schiffs-ausrüstung folgende Instrumente für Vermessungszwecke zur Verfügung:

Zum Messen von Entfernungen.

20 m lange Meßbänder aus Stahl mit je 2 Flur- und 15 Markier- stäben zum Basismessen,	Zollstöcke,
Meßrollen von Stahl,	Fadendistanzmesser mit Distanz- latten,
Meßschnur mit Rolle,	Telemeter (stereoskopische Ent- fernungsmesser).
Schrittzähler,	

Zu nautischen, astronomischen, geodätischen und magnetischen Beobachtungen.

Universalinstrumente,	Fernrohre,
Theodolite,	Aufsatzlibellen,
Bertramsche Heliotrope,	Aneroidbarometer für Höhen- messungen,
Stativaufsätze für Heliotrope,	Fluchtstäbe,
Quintanten,	Beobachtungslaternen mit Stativen,
Sextanten,	Sternzeit-Chronometer,
Deklinatorien,	Beobachtungsuhren.
Magnetische Reisetheodolite,	

Für ozeanographische Messungen.

Lucas' automatische Lotmaschine für geringe Tiefen,	Einrichtungen zum Vorausgleiten- und Fallenlassen der Tieflote und zum Einholen der Tieflot- leinen,
Sigsbeesche Lotmaschine bzw.	Peilstöcke,
Lucas' Lotmaschine für große Tiefen,	Grundzangen,
Thomson'sche Lotmaschine,	Tiefseelotspindeln,
Hand- und Tieflote nebst Leinen,	Schlammröhren,
Lotbrosen und Lotblöcken,	

eiserne Sinkgewichte,
Wasserschöpfer,
Strommesser nach Arvidson,
Stromrichtungsanzeiger nach Aimé,
Tiefseethermometer,

feinstenglige Aräometer,
Weißblechscheibe zur Bestimmung
der relativen Durchsichtigkeit
des Meerwassers,
Pegellatten.

Zeichen-Hilfsmittel.

Dreiecke aus Zelluloid, Holz und
Stahl,
Feldzeichentische,
Kartenbeschwerer,
Stahllineale von 1 und 2 m Länge,
Kurvenlineale,
Transversal-Maßstäbe,
Zeichenmaßstäbe aus Holz,
Reißbretter,
Reißzeuge,

verschiedene Arten Zirkel,
Alhidadentransporteure,
Doppeltransporteure,
Zelluloidkreis mit Gradteilung,
Auftrageapparat für Geländeauf-
nahme,
Vergrößerungsgläser,
Storchschnäbel mit Anleitung,
Krokiertaschen,
Parallellineale.

Photographische Ausrüstung.

Photographischer Apparat für Bord-
aufnahmen 12.5×40 cm mit
Zubehör,

Photographische Reiseausrüstung
für Aufnahmen 13×18 cm.

Sonstige Hilfsmittel.

Senkel von Messing in Leder-
taschen,
Schutzschirme,

Schutzbrillen,
Ledertaschen mit Tragriemen,
Rechenschieber mit Anleitung.

§ 3. Beschreibung der Instrumente.

Für einen großen Teil dieser Instrumente enthalten die zur Schiffs-
ausrüstung gehörenden nautischen Bücher — Lehrbuch der Navigation
und Handbuch der nautischen Instrumente — eingehende Beschreibungen
und Anleitungen zum Gebrauch. Die wichtigsten den Messungen an
Land dienenden Instrumente, die in den nautischen Büchern nicht be-
rücksichtigt worden sind, sollen nachstehend beschrieben werden. Auf
die Beschreibung der an Bord befindlichen, in den nautischen Werken
nicht erwähnten ozeanographischen und meteorologischen Instrumente
hier näher einzugehen, würde zu weit führen. Es wird auf die zur
Ausrüstung der Vermessungsschiffe gehörenden ozeanographischen und
meteorologischen Werke hingewiesen.

Theodolite und Universalinstrumente.

Erklärung. Theodolite sind Stativinstrumente, die zum Messen
von Horizontalwinkeln dienen. Mit Universalinstrumenten lassen sich

Horizontal- und Höhenwinkel mit gleicher Schärfe messen. Während bei diesen Horizontal- und Höhenkreis in gleicher Weise geteilt sind, besitzen die Theodolite zum Teil keinen, zum Teil einen kleinen, nur roh geteilten Höhenkreis. Bei den astronomischen Universalinstrumenten sind die Libellen empfindlicher und anders angeordnet als bei den geodätischen.

Entsprechend dem Durchmesser des Horizontalkreises unterscheidet man zwischen großen und kleinen Instrumenten in der Weise, daß die mit etwa 12 cm Durchmesser und weniger zu den kleinen, jene mit mehr als 12 cm Durchmesser zu den großen Universalinstrumenten gehören. Die großen Instrumente sind für Mikroskopablesung, die kleinen für Nonienablesung eingerichtet.

Das in der Marine gebräuchlichste Instrument ist das kleine Universalinstrument mit 11,5 cm Horizontalkreisdurchmesser. Mit diesem Instrument können Horizontalwinkel wie Höhenwinkel gemessen werden. Ferner dient es zu tachymetrischen Messungen und zum Nivellieren, und schließlich lassen sich damit Bestimmungen von Zeit und Breite nach der Methode der gleichen Höhen ausführen. Eine am Instrument befindliche Kastenbussole ermöglicht auch die Ermittlung der magnetischen Mißweisung.

Nachstehend soll das kleine Universalinstrument näher beschrieben werden. Auf die anderen Instrumente wird nur insoweit eingegangen werden, als sie Abweichungen konstruktiver Natur aufweisen.

§ 4. Beschreibung des kleinen Universalinstruments.

Beschreibung. Am kleinen Universalinstrument werden folgende Teile bzw. Vorrichtungen unterschieden (Fig. 1):

1. Fußgestell mit drei Fußschrauben zum Horizontieren des Instruments.
2. Horizontalkreis oder Limbus.
3. Alhidadenkreis mit Vertikalachse.
4. Einstell- und Ablesevorrichtung für Horizontalwinkel.

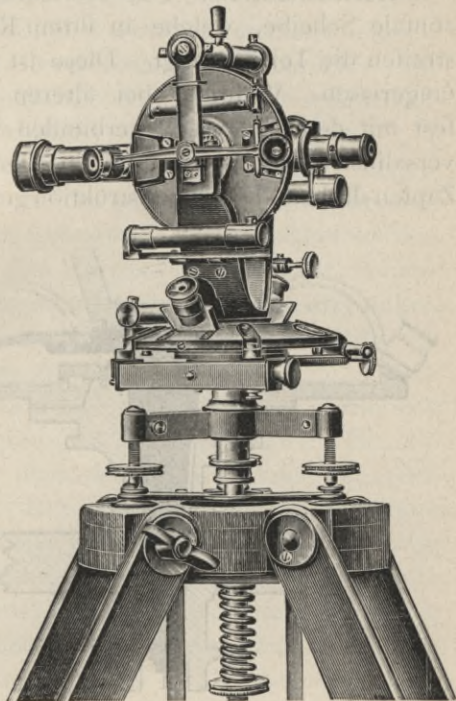


Fig. 1.

5. Fernrohrträger, bestehend aus zwei Lagerböcken mit den Lagern für die Horizontalachse.
6. Horizontalachse.
7. Fernrohr mit Okularfadendistanzmesser und Reversionslibelle.
8. Höhenkreis.
9. Alhidadenkreis mit Höhenlibelle.
10. Einstell- und Ablesevorrichtung für Höhenwinkel.
11. Zwei feste Libellen, eine Aufsatzlibelle und eine Taukappe.
12. Kastenkompaß oder Bussole.

Außerdem gehören zum Instrument ein Kasten zur Aufbewahrung und zum Transport, verschiedene Zubehörteile und ein Stativ mit einer Vorrichtung zur Befestigung des Instruments.

Fußgestell. Das Fußgestell wird von einem Dreifuß gebildet, der die übrigen Teile des Instruments trägt. Die Enden des Dreifußes haben Schraubenmutter, in denen die Fußschrauben laufen. Durch diese Fußschrauben in Verbindung mit einer oder mehreren Libellen wird das Horizontieren des Instruments bewirkt. Der Gang der Fußschrauben in den mit einem Längsschnitt versehenen Muttern kann durch Lösen bzw. Anziehen von Klemmschrauben reguliert werden. Diese müssen immer derart angezogen sein, daß man beim Drehen der Fußschrauben einen gewissen Widerstand empfindet.

Horizontalkreis. Der Horizontalkreis oder Limbus ist eine horizontale Scheibe, welche an ihrem Rande auf einem eingelegten Silberstreifen die Teilung trägt. Diese ist von 20' zu 20' in den Streifen fein eingerissen. Während bei älteren Instrumenten der Horizontalkreis fest mit dem Fußgestell verbunden ist, läßt er sich beim kleinen Universalinstrument um einen in dem Fußgestell zentrisch gelagerten Zapfen drehen. Diese Konstruktion gestattet Horizontalbeobachtungen bei

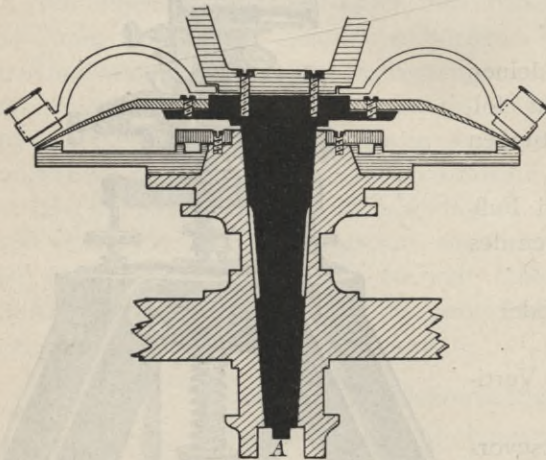


Fig. 2.

verschiedenen Kreislagen vorzunehmen zwecks Eliminierung von Teilungsfehlern. Der Mittelteil des Fußgestells ist in senkrechter Richtung konisch ausgebohrt und bildet das Lager für den Zapfen des Obertheils oder die Vertikalachse *A* (Fig. 2) des Instruments.

Alhidadenkreis und Vertikalachse. Der

Alhidadenkreis besteht aus einer mit der Vertikalachse fest verbundenen Kreisscheibe, die den Horizontalkreis vollständig bedeckt und mit ihm konzentrisch ist. Sie trägt diametral gegenüberliegend in viereckigen Ausschnitten die Nonien. Diese werden durch darüberliegende Glasscheiben geschützt.

Die Vertikalachse A (Fig. 2) ist ein Zapfen aus Hartbronze von konischer Form, der genau in das Lager des Fußgestells hineinpaßt. Er ist in der Mitte etwas ausgedreht, so daß er die Lagerfläche nur in je einem schmalen Ring oben und unten berührt.

Einstell- und Ablesevorrichtung für Horizontalwinkel. Unterhalb des Horizontalkreises wird das Fußgestell von einem Ringe umspannt, der zwei bis über den Alhidadenkreis hinausragende Arme trägt. In einem Verbindungsstück dieser Arme ist die Klemmschraube gelagert, welche durch den Ring hindurchgeht und beim Anziehen ein loses Klemmstück gegen das Fußgestell drückt. Die Arme tragen an ihren Enden die Mikrometerschraube bzw. einen Stift mit Feder. Diese kommen zur Anlage an einer Zunge, die mit dem Alhidadenkreis fest verbunden ist.

Die Mikrometerschraube kann nur wirken, wenn die Klemmschraube angezogen ist.

Die Ablesevorrichtung für den Horizontalkreis besteht aus zwei Lupen, die in zwei einander diametral gegenüberliegenden Trägern ruhen und an einem um den Fuß der Lagerstützen drehbaren Ringe befestigt sind. Die Lupen sind in ihren Hülsen verschiebbar. Mit Hilfe der Nonien kann der Horizontalkreis auf volle und schätzungsweise auf halbe Minuten abgelesen werden.

Fernrohrträger. Der Alhidadenkreis trägt den aus zwei Lagerstützen bestehenden Fernrohrträger. In die Lagerstützen sind oben die Achslager für die Horizontalachse eingeschnitten. Die Achslager werden durch Deckel verschlossen, damit die Horizontalachse nicht herausfallen kann. Das dem Höhenkreis abgewendete Achslager besitzt außerdem eine Vorrichtung, um die Horizontalachse auf dieser Seite um kleine Beträge heben oder senken zu können.

Horizontalachse. Die Horizontalachse liegt mit ihren zylindrisch abgedrehten Enden in den Achslagern des Fernrohrträgers. Die abgedrehten Teile ragen noch etwas über die Lager hinaus zur Aufnahme der Füße der Aufsatzlibelle. Der eine Lagerdeckel trägt eine Stütze, die das Umkippen dieser Libelle verhindert. In der Mitte trägt die Horizontalachse den zur Aufnahme des Fernrohrs bestimmten Kubus. Seitlich davon ist der Vertikalkreis zentrisch auf der Achse befestigt. Am anderen Ende befindet sich die Vorrichtung zur Feststellung bzw. Feinbewegung der Horizontalachse. Diese besteht erstens aus einem über die Achse gestreiften Hebel, der vermittels einer Druck-

schraube auf der Achse festgeklemmt werden kann, und zweitens aus der auf das andere Ende des Hebels wirkenden Feinbewegungsschraube. Durch einen Stift mit übergestreifter Spiralfeder wird das Ende des Hebels gegen diese Schraube gedrückt.

Fernrohr. Das zentrische Keplersche Fernrohr setzt sich aus dem Objektivrohr, dem Okularrohr mit Fadenkreuz, dem Trieb und dem Okularkopf zusammen.

Das Objektiv kann durch einen Deckel geschützt werden.

Das Fadenkreuz besteht bei den älteren Instrumenten aus einem vertikalen und drei horizontalen Fäden, von denen die beiden äußeren zu tachymetrischen Messungen dienen. Bei den neueren Instrumenten

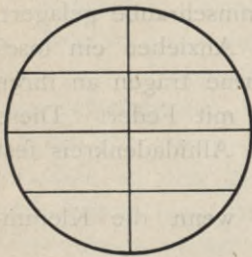


Fig. 3.

wird in der Okularröhre ein Glasdiaphragma befestigt, das mit einem vertikalen und sieben horizontalen Strichen verschiedener Länge versehen ist. Der Vertikalstrich dient zur Einstellung der anzuzielenden Objekte bei der Horizontal-

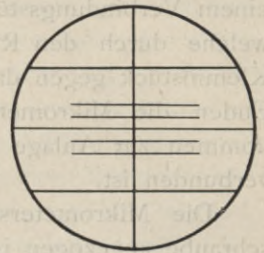


Fig. 4.

winkelmessung, der mittlere Horizontalstrich erfüllt denselben Zweck bei der Höhenwinkelmessung.

Tachymetrische Messungen lassen sich mit den beiden äußeren Horizontalfäden ausführen, deren Abstand so bemessen ist, daß die Multiplikationskonstante nahezu gleich 100 ist. Die inneren kurzen Fäden dienen im Verein mit dem horizontalen Mittelstrich zu Sternbeobachtungen.

Auf das Fernrohr aufgesetzt ist die zum Nivellieren dienende Reversionslibelle.

Bewegungen des Fernrohrs. Mit Kippen des Fernrohrs bezeichnet man Drehungen desselben um die Horizontalachse. Wird das Instrument so weit gekippt, daß die optische Achse die Schwerlinie passiert, so nennt man diese Bewegung Durchschlagen des Fernrohrs. Bei einigen großen Theodoliten mit zentrischen Fernrohren ist das Durchschlagen nicht möglich. Bei derartigen Instrumenten kann das Fernrohr nur durch Herausheben aus den Lagern und Umlegen in eine andere Lage gebracht werden.

Einstellung des Fernrohrs. Beim Gebrauch des Instruments müssen erstens die Fäden im Okular deutlich sichtbar sein und zweitens müssen die Fäden sich in der Bildebene des Objektivs befinden. Um das zu erreichen, wird das Fernrohr zunächst nach einem hellen Hintergrund

gerichtet und der Okularkopf durch Rechts- oder Linksdrehen in seiner Röhre so weit hinein- oder herausgeschoben, daß die Fäden tief schwarz und ganz scharf begrenzt erscheinen.

Um das Fadenkreuz in die Bildebene des Objektes zu bringen, wird die Okularröhre mittels des Triebes so lange gegen das Objekt verschoben, bis das Bild des Gegenstandes ebenso scharf erscheint wie die Fäden und beim Hin- und Herbewegen des Auges vor dem Okular seine Stellung gegenüber den Fäden nicht mehr ändert.

Höhenkreis. Der aus Aluminium bestehende Vertikal- oder Höhenkreis ist fest mit der Horizontalachse verbunden. Er liegt konzentrisch zur Horizontalachse und trägt auf der Peripherie die Teilung von $20'$ zu $20'$.

Einstell- und Ablesevorrichtung für Höhenwinkel. Die Einstellvorrichtung der Horizontalachse ist oben näher beschrieben. Der für die Ablesung der Höheneinstellung des Fernrohrs dienende Alhidadenkreis der Horizontalachse liegt konzentrisch zu dieser, ist jedoch nur lose auf sie aufgesetzt. Er bedeckt den Höhenkreis und trägt diametral gegenüberliegend die beiden zur Ablesung bestimmten Nonien. Wie beim Horizontalkreis sind diese Nonien durch Glasfenster hindurch sichtbar. Die Ablesung erfolgt mittels zweier an einem drehbaren Arme befestigter Lupen.

Unten an dem Alhidadenkreis befindet sich eine Nase, die durch einen Druckstift fest gegen eine in dem Lagerbock befindliche Feinbewegungsschraube gepreßt wird. Infolge dieser Vorrichtung behält der Alhidadenkreis bei allen Drehungen der Horizontalachse seine Stellung unverändert bei. Durch Drehen der Feinbewegungsschraube ist es möglich, seine Stellung um kleine Beträge zu ändern. Ferner trägt der Alhidadenkreis die mit einer Korrektionsvorrichtung versehene Höhenlibelle.

Feste Libellen. Die Horizontierung wird mittels der am Alhidadenkreis der Vertikalachse befestigten Libelle und den drei Fußschrauben ausgeführt. Diese Libelle ebenso wie eine an dem Fernrohrträger angebrachte Libelle besitzt eine Korrektionsvorrichtung, die folgendermaßen wirkt: Das eine Libellenende ist an einem auf seiner Unterlage festgeschraubten, biegsamen Metallstück befestigt, während das andere Ende mittels einer Zugschraube und starker, entgegengewirkender Feder auf- und abbewegt werden kann.

Nivellierlibelle. Die Libelle am Fernrohr des Instruments nennt man Reversions- oder Nivellierlibelle, weil sie die Verwendung des Instruments zum Nivellieren ermöglicht.

Bussole. Seitlich unter dem Alhidadenkreis ist die Kastenbussole befestigt, deren eine Stirnwand zentrisch durchbohrt ist; diese Durchbohrung dient als Okular. Die andere Stirnwand bildet eine Glascheibe mit senkrechtem Strich in der Mitte und der Bezeichnung *N*.

Die durch den Mittelpunkt des Okulars und jenen Strich gelegte Achse soll parallel zur optischen Achse des Fernrohrs liegen. Auf einer im Boden des Kastens befindlichen Pinne schwingt die Magnetnadel. Sie ist mit dem *N*-Ende der Glasscheibe in der Stirnwand des Kastens zugewendet und trägt bei den neueren Instrumenten ein Hütchen, das je nachdem von der einen oder anderen Seite eingeschraubt werden kann. Durch eine von unten wirkende Schraube läßt sich die Nadel arretieren. Abgesehen von Zielachsen- und Einstellungsfehlern liegt die Fernrohrachse im magnetischen Meridian, wenn die Spitze der schwingenden Magnetnadel auf den *N*-Strich eingestellt ist.

Durch die Magnetnadel wird man in den Stand gesetzt, mit dem Instrument die mißweisenden Richtungen von Objekten bzw., wenn deren Azimut bekannt ist, die Mißweisung selbst zu bestimmen.

Bei einigen kleinen Universalinstrumenten befindet sich die Magnetnadel in einem zylindrischen Gehäuse mit Teilung auf Grade. Dies Gehäuse wird auf das Instrument aufgesetzt und als Aufsatz- oder Reiterbussole bezeichnet.

Kasten. Zur Aufbewahrung und zum Transport ist das Instrument in einem Kasten untergebracht, in dem Vorrichtungen zur sicheren Lagerung des Instruments vorhanden sind. Beim Einschieben des Instruments in den Kasten und beim Herausziehen müssen die Klemmschrauben gelöst sein; sie werden angezogen, wenn das Instrument seine richtige Lage im Kasten hat. Dieser ist verschließbar und meist auch mit Rückenpolster und Trageriemen versehen. Er trägt die Nummer des Instruments.

Zubehör. Zum Zubehör gehören:

Ein zweites Okular (von den beiden Okularen hat das eine etwa 20fache, das andere etwa 30fache Vergrößerung),

ein Prisma zum Vorschrauben vor das Okular bei starken Neigungen des Fernrohrs,

1 Beleuchtungsring,

1 Schraubenzieher,

1 Anziehtift für Schraubenköpfe,

1 Pinsel zum Abstäuben,

1 Fläschchen Öl,

1 Senkel mit einem Lote von Messing.

Das Zubehör ist in Lagern an der Innenseite der Kastentür untergebracht.

Aufstellung auf dem Stativ. In den meisten Fällen wird das Instrument zum Gebrauch auf einem Stativ aufgestellt.

Dieses besteht aus dem Stativkopf, den drei Stativbeinen und den die Beine mit dem Stativkopf verbindenden Flügelschrauben. Zur Befestigung des Instruments auf dem Stativ dienen eine Zentralschraube

und Unterlageplatte. Diese bleiben dauernd am Stativ. Der Stativkopf ist in der Mitte zum Durchlassen der Zentralschraube durchbohrt. Die zugespitzten Stativfüße sind mit Messingschuhen versehen und haben Ansätze, die Trittklötze, mittels deren die Stativfüße in den Boden eingetreten werden. Die Flügelschrauben stellen während der Messungen eine starre Verbindung zwischen Stativkopf und Beinen her. Sie sind beim Aufstellen des Stativs zu lösen; erst wenn die richtige Stellung erreicht ist, werden die Schrauben angezogen.

Zur Aufnahme des Instruments dient eine dreiarmlige Metallplatte mit radialen Rillen für die Fußschrauben.

Die Metallplatte läßt sich auf dem Stativkopf hin- und herschieben, jedoch nicht davon abheben. Bei anderen Instrumenten sind zur Aufnahme der Fußschrauben kreisrunde Metallplatten mit Rillen in die Oberfläche des Stativkopfes eingelassen.

Distanzlatten. Zum kleinen Universalinstrument gehören Distanzlatten, die bei Entfernungsbestimmungen verwertet werden. Dies sind 3 bis 5 m lange, mit einer Dezimeter- oder Zentimeterteilung versehene Holzlatten. Sie können zum Transport zusammengeklappt oder zusammengeschoben werden. Auf vielen Latten ist die Höhe von 1.3 m durch einen Stern bezeichnet.

§ 5. Abweichungen der übrigen Instrumente.

A. Mikroskop-Theodolite.

Die Mikroskop-Theodolite unterscheiden sich dadurch von den Nonien-Instrumenten, daß die Ablesung nicht durch Nonien, sondern mit Hilfe von Schrauben-Mikroskopen erfolgt.

Wie Fig. 5 zeigt, befindet sich an jeder Seite des Fernrohrträgers ein solches Mikroskop. Die Einrichtung dieser Mikroskope wird durch Fig. 6 erläutert. Die Klammern *f* und *g* halten ein Messing-

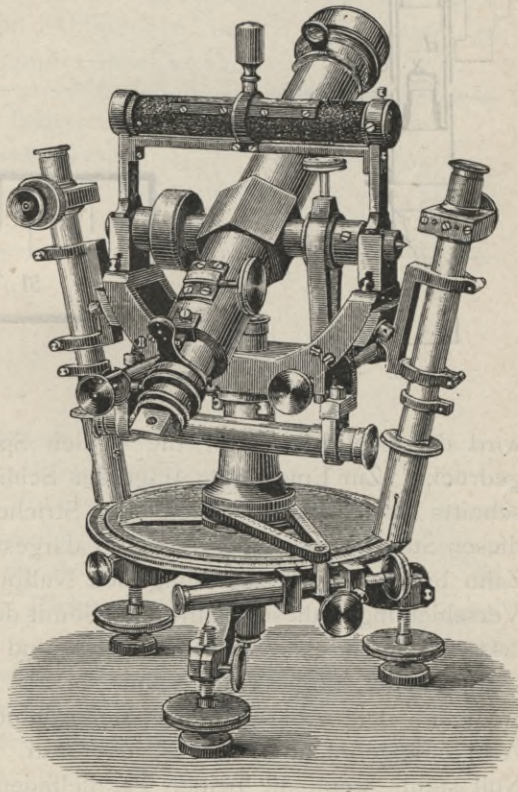


Fig. 5.

rohr *c*, in das unten das Objektivrohr *d* mit dem Objektiv *x* eingesetzt ist und das oben den Mikrometerkasten *o* und das Okularrohr *a* mit dem Doppelokular trägt. Zur Ablendung störender Reflexe und zur Beleuchtung des Teilkreises ist außerdem noch der drehbare Illuminator *e* angebracht. In dem Mikrometerkasten bewegt sich der Schlitten *h*, dessen Konstruktion aus Fig. 7 ersichtlich wird. Er wird durch die Mikrometerschraube *l*, die außen eine Meßtrommel *p* und einen Kopf mit gereiftem Rand *i* trägt, hin- und herbewegt. Damit die Schraube stets an ihrem Widerlager fest anliegt und kein toter Gang entsteht,

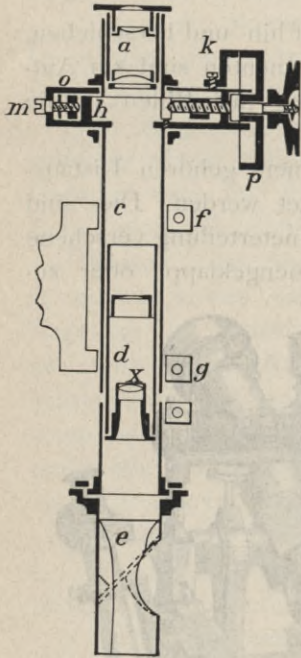


Fig. 6.

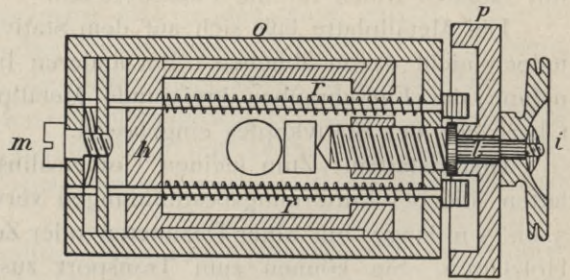


Fig. 7.

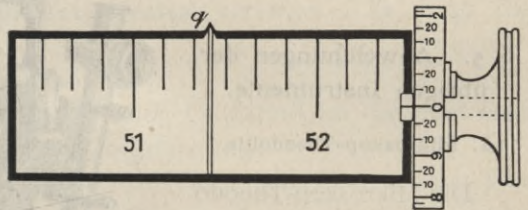


Fig. 8.

wird der Schlitten durch die beiden Spiralfedern *r* dauernd zurückgedrückt. Zur Einstellung trägt der Schlitten in der Mitte seines Ausschnitts zwei parallele Fäden oder Striche. Im Gesichtsfelde ist außer diesen Strichen noch der in Fig. 8 dargestellte Zahn *q* sichtbar. Dieser Zahn bildet für die Ablesung den Nullpunkt des Mikroskops. Kleine Verschiebungen dieses Zahnes und somit des Nullpunktes des Mikroskops lassen sich durch die Schraube *m* und eine ihr entgegenwirkende Glockenfeder, deren Durchschnitt in Fig. 6 und 7 sichtbar ist, bewerkstelligen. Die Ablesung der Meßtrommel findet an einem auf dem Arm *k* angebrachten Indexstriche statt. Damit die Meßtrommel auf Null steht, wenn die beiden Parallelfäden auf dem Zahne stehen, den den Nullpunkt des Mikroskops bezeichnet, sitzt sie nur mit Reibung

auf der Mikrometerschraube und kann nach Einstellung der Fäden in die in Fig. 8 dargestellte Lage in ihre richtige Stellung gedreht werden.

Die Ablesung des Mikroskops erfolgt folgendermaßen:

Zuerst wird der Teilstrich des Kreises festgestellt und im Protokoll aufgeschrieben, der sich zunächst links von dem als Nullpunkt dienenden Zahn befindet. In Fig. 8 und 9 ist dies der Teilstrich $51^{\circ} 20'$. Sodann bringt man den Doppelfaden durch Drehen der Mikrometerschraube auf diesen Teilstrich, so daß er genau zwischen den beiden Fäden steht (Fig. 9) und liest auf der Trommel die Anzahl der Minuten und Doppelsekunden (""") ab.

In Fig. 9 ist dies $4' 23''$ ". Die vollständige Ablesung im Falle der Fig. 8 und 9 würde demnach $51^{\circ} 24' 23''$ betragen.

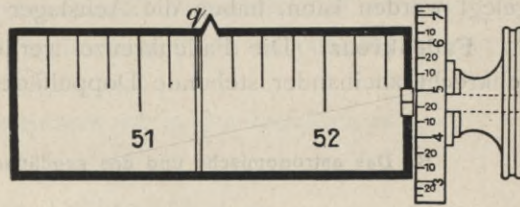


Fig. 9.

Die Bezifferung der Trommel nach Doppelsekunden hat den Zweck, bei der Mittelbildung aus den Ablesungen beider Mikroskope das Halbieren zu ersparen, wie folgendes Beispiel zeigt:

	Bezifferung nach Sekunden	Bezifferung nach Doppelsekunden
Mikroskop I	$51^{\circ} 20' + 3' 46''$	$51^{\circ} 20' + 3' 23''$
Mikroskop II	$+ 3' 50''$	$+ 3' 25''$
Summe	$+ 6' 96''$	$+ 48''$
Mittel	$+ 3' 48''$	$+ 48''$
Gesamtablesung	$51^{\circ} 23' 48''$	$51' 23' 48''$

Folgende Unterschiede zwischen Mikroskoptheodoliten und kleinen Universalinstrumenten sind noch aufzuführen:

Zentrierstift. Unter dem Fußgestell zentrisch zur Vertikalachse befindet sich meistens ein Zentrierstift zur Benutzung beim Aufstellen des Instruments auf Beobachtungstischen oder Pfeilern. Dieser Stift kann fest oder in senkrechter Richtung beweglich oder zum Aufschrauben sein.

Zentrierhaken. Für den Gebrauch des Instruments auf dem Stativ ist ein Haken zum Anhängen eines Lotes vorhanden.

Regulierbare Lagerung der Vertikalachse. Die Vertikalachse unterscheidet sich von der des kleinen Universalinstrumentes dadurch, daß das Fußgestell nicht die Achsbüchse, sondern die konische Achse

trägt, und daß dementsprechend der Fernrohrträger mit der Achsbüchse verbunden ist. Um die Reibung zwischen Achse und Achsbüchse zu vermindern, drückt die letztere nicht mit ihrem ganzen Gewicht auf die Lager. Sie trägt an ihrem oberen Ende eine mit geteiltem Kopf versehene Stellschraube, deren Spitze auf der Achse ruht und die einen Teil des Gewichtes aufnimmt. Diese Schraube ist so zu stellen, daß der Oberteil des Instruments sich leicht um die Vertikalachse dreht, dabei aber doch nicht schlottert.

Fernrohrlager. Damit das Fernrohr herausgenommen und umgelegt werden kann, haben die Achslager keine Deckel.

Fadenkreuz. Die Fadenkreuze werden in der Regel durch zwei senkrecht zueinander stehende Doppelfäden gebildet.

B. Das astronomische und das geodätische Universalinstrument.

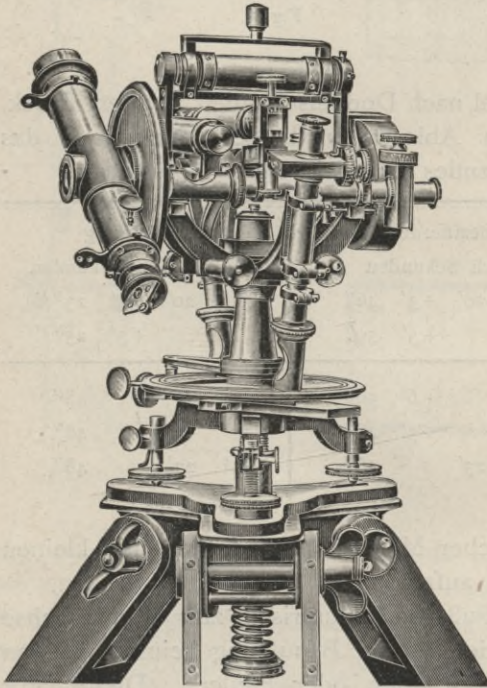


Fig. 10.

Fernrohre. Diese Universalinstrumente entsprechen in ihrer Konstruktion den Mikroskop-Theodoliten mit Höhenkreis. Sie haben jedoch sämtlich exzentrische Fernrohre, dem Fernrohr gegenüber trägt die Horizontalachse ein Gegen-
gewicht.

Talcott-Niveau. Die astronomischen Universalinstrumente sind sämtlich mit Horrebow-Talcott-Niveau ausgerüstet (s. § 28).

Fernrohrbeleuchtung. Die Fernrohre haben eine Einrichtung für seitliche Beleuchtung. Diese wird entweder durch kleine elektrische Lampen bewirkt oder durch Beobachtungslaternen, die auf eisernen Beleuchtungsstativen aufgestellt werden.

Revisionsbücher. Über die Mikroskop-Theodolite und die Universalinstrumente werden Revisionsbücher geführt, in welche alle für die Beurteilung der Instrumente wichtigen Angaben sowie der Zeitpunkt des Empfangs und der Abgabe seitens der Schiffskommandos usw. einzutragen sind.

§ 6. Erdmagnetische Instrumente.

Allgemeines. Zur Bestimmung der erdmagnetischen Elemente (Deklination, Inklination und Horizontalintensität) sind in der Marine folgende Instrumente im Gebrauch:

1. Das kleine Universalinstrument.
2. Das Deklinatorium.
3. Der magnetische Reisetheodolit.

Die Deklinatorien und kleinen Universalinstrumente dienen nur zur Bestimmung der Deklination, während mit den magnetischen Reisetheodoliten alle drei erdmagnetischen Elemente ermittelt werden können.

Alle zu erdmagnetischen Bestimmungen dienenden Instrumente sind aus eisenfreien Metallen gefertigt.

Das kleine Universalinstrument ist in § 4 beschrieben.

Das Deklinatorium.

Das Deklinatorium für Landgebrauch. Das Deklinatorium wird in derselben Weise wie ein Theodolit auf einem hölzernen Stativ aufgestellt. Auch die Konstruktion des Fußgestells, der Vertikalachse und des Horizontalkreises entspricht der der Nonientheodolite.

Kreis. Der Kreis ist von $20'$ zu $20'$ eingeteilt, zwei Nonien mit Lupen gestatten eine Ablesung auf halbe und Schätzung auf viertel Minuten. Diese Nonien sitzen in einem Alhidadenkreise, der um den Vertikalzapfen des Unterteils drehbar ist.

Deklinationskasten.

Mitten auf dem Alhidadenkreise befindet sich der Deklinationskasten, dessen Längsseiten im rechten Winkel zu der Nulllinie der Nonien stehen. In der Verlängerung des Kastens ist an der einen Seite der Fernrohrträger, ihm

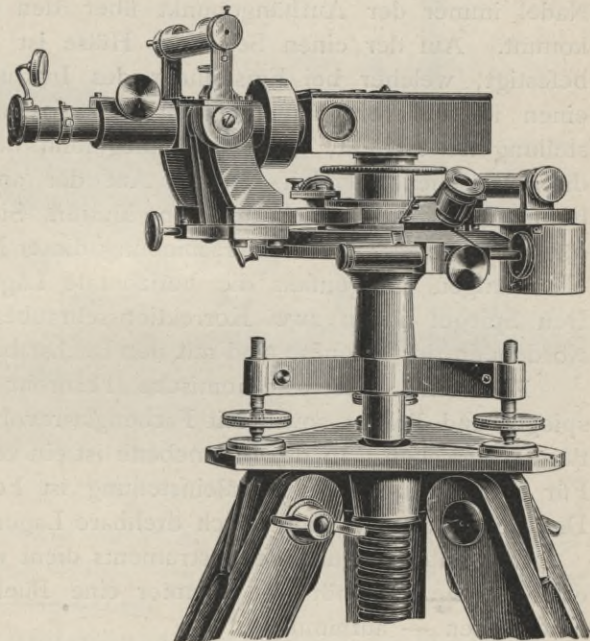


Fig. 11.

gegenüber eine Libelle und von unten eingeschraubt ein Gegengewicht an der Alhidade angebracht.

Der Deklinationskasten wird durch einen abnehmbaren, mit einer Glasscheibe versehenen Deckel oben geschlossen. In die hintere Stirnfläche ist ein kreisförmiges Glas eingesetzt. Durch dieses kann mit dem Fernrohr in den Kasten gesehen werden.

In der Mitte trägt der Kastenboden die Pinne. Mittels einer die Pinne umschließenden Hülse, die durch eine gereifelte Scheibe unter dem Kasten gehoben und gesenkt werden kann, wird die Arretierung der Magnetnadel ermöglicht.

Zwei drehbar befestigte Klammern verbinden den Kasten mit dem Instrument. Das Drehen des Kastens auf dem Alhidadenkreis verhindert eine in seiner unteren Platte befindliche Bohrung, in die ein auf dem Alhidadenkreis befindlicher Stift paßt.

Magnetnadel. Die Magnetnadel besteht aus vier vergoldeten Lamellen, von denen je zwei zu einem Magneten vereinigt sind. Die Verbindung der Magnetpaare stellt ein Kreuz her, in dessen Mitte sich eine Hülse befindet. Diese nimmt ein doppeltes Hütchen auf, das sich zentrisch zum Magnetsystem so viel verschiebt, daß beim Umlegen der Nadel immer der Aufhängepunkt über den Schwerpunkt zu liegen kommt. Auf der einen Seite der Hülse ist ein kreisrunder Spiegel befestigt, welcher bei Einstellung des Instruments in den Meridian einen im Fernrohr angebrachten Faden reflektiert; die genaue Einstellung ist erreicht, wenn das Spiegelbild des Fadens sich mit dem direkt gesehenen Faden deckt. Auf der anderen Seite der Hülse bewegt sich auf einer Schraube eine Mutter. Sie dient als Gegengewicht für den Spiegel. Durch Verschiebung dieser Mutter wird bei den Beobachtungen nötigenfalls die horizontale Lage der Nadel hergestellt. Den Spiegel halten zwei Korrektionschrauben in seiner Lage. Die Nordenden der Magnete sind mit den Buchstaben *N* bzw. *A* bezeichnet.

Fernrohr. Das astronomische Fernrohr ist mit Beleuchtungsspiegel und Prisma sowie mit Farbenglasrevolver für Sonnenbeobachtungen versehen. In der Brennebene ist ein vertikaler Faden gespannt. Für Horizontal- und Vertikaleinstellung ist Feinbewegung vorhanden. Die Achsenlager werden durch drehbare Lagerdeckel geschlossen.

Zur Unterbringung des Instruments dient ein Kasten, der auch das erforderliche Zubehör — darunter eine Büchse mit Reservehütchen und Pinnen — aufnimmt.

Der magnetische Reisetheodolit.

Die Konstruktion des magnetischen Reisetheodolits ist dieselbe wie die des Deklinatoriums, soweit das Instrument der Bestimmung der Deklination dient.

Abweichend trägt der Deklinationskasten an beiden Seiten einen Zapfen zur Anbringung der Ablenkungsschienen für die Intensitätsbestimmungen. Die dem Fernrohr abgewendete Kastenwand nimmt ferner ein von oben einzuschiebendes Glasfenster auf.

Für Intensitäts- und Inklinationsbestimmungen dienen folgende Teile:

- a) 2 Ablenkungsschienen. Es sind zylindrische Röhren, die auf die Zapfen am Deklinationskasten geschoben und durch je einen Stift gehalten werden. Der eine Zapfen ist ebenso wie die zugehörige Schiene mit einem Körnerpunkt gezeichnet. Ein rinnenförmiges Lager an der Oberseite der Schiene dient zur Aufnahme der Ablenkungsmagnete in den Entfernungen

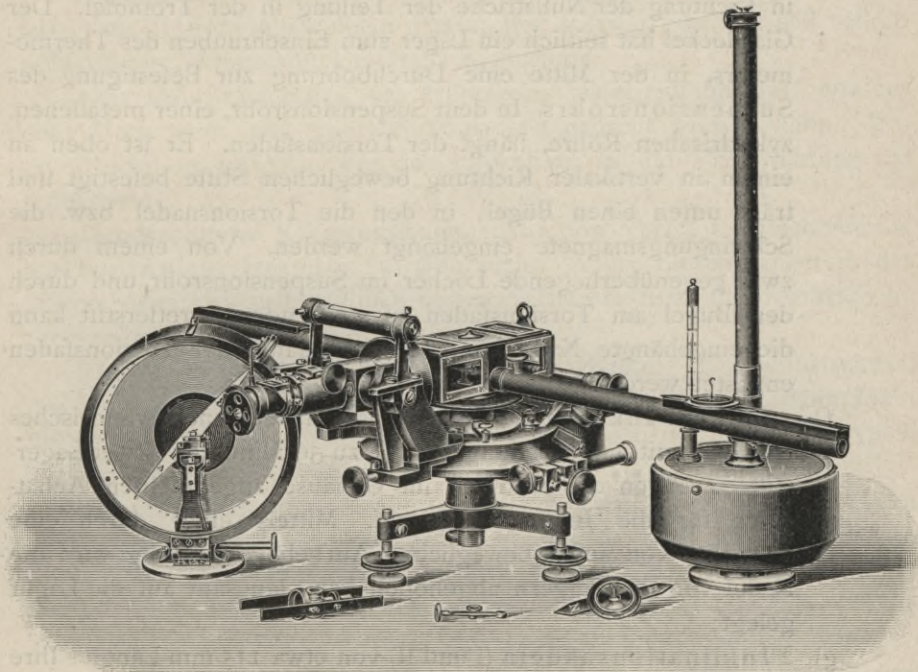


Fig. 12.

200 und 264 mm von der Pinne im Deklinationskasten. In die Ablenkungsschiene schiebt man bei den Nadelablenkungen das dem Instrument beigegebene Thermometer;

- b) 1 kleiner Intensitätsmagnet mit Hütchen und Spiegel;
 c) 2 Ablenkungsmagnete (I und II) mit Teller zur Aufnahme des Trägheitsringes und Stift zur Befestigung auf den Ablenkungsschienen sowie einem Haken zum Aufhängen bei den Schwingungsbeobachtungen. Die beiden Ablenkungs- oder Schwingungsmagnete sind in einem Kästchen untergebracht;

- d) 1 mit T bezeichnete messingene Torsionsnadel. Diese ist mit den Deklinations- und den Intensitätsmagneten sowie dem Trägheitsring in einem Kasten verpackt;
- e) 1 Schwingungsdose aus Mahagoniholz. Diese kann ebenso wie das später beschriebene Inklinatorium gegen den Deklinationskasten auf dem Theodolit ausgewechselt werden. In der Schwingungsdose befindet sich an zwei gegenüber liegenden Seiten eine Gradteilung auf Elfenbein. Die Dose, auch Trommel genannt, ist durch einen abnehmbaren Glasdeckel, der durch zwei in entsprechende Einschnitte eingreifende Stifte gehalten wird, verschließbar. Ein durch den Mittelpunkt gehender Strich auf der Glasscheibe liegt bei richtig aufgesetztem Deckel in Richtung der Nullstriche der Teilung in der Trommel. Der Glasdeckel hat seitlich ein Lager zum Einschrauben des Thermometers, in der Mitte eine Durchbohrung zur Befestigung des Suspensionsrohrs. In dem Suspensionsrohr, einer metallenen, zylindrischen Röhre, hängt der Torsionsfaden. Er ist oben an einem in vertikaler Richtung beweglichen Stifte befestigt und trägt unten einen Bügel, in den die Torsionsnadel bzw. die Schwingungsmagnete eingehängt werden. Von einem durch zwei gegenüberliegende Löcher im Suspensionsrohr und durch den Bügel am Torsionsfaden zu steckenden Arretierstift kann die eingehängte Nadel getragen und damit der Torsionsfaden entlastet werden;
- f) 1 Spiegel-Inklinatorium. Dies ist ein metallenes, zylindrisches Gehäuse mit einer Teilung von 30 zu 30 Minuten. Zwei Lagerstützen tragen die zentrisch im Gehäuse angebrachten Achatlager für die Inklinationsnadeln. Mittels einer durch eine Schraube von außen beweglichen Aufhebevorrichtung wird die Nadel von den Lagern abgehoben bzw. langsam auf die Lager gelegt;
- g) 2 Inklinationsnadeln (I und II) von etwa 115 mm Länge. Ihre beiden Enden sind mit A und B bezeichnet. Die Nadeln befinden sich nebeneinander in einem Kasten.

Zum Lagern beim Ummagnetisieren der Inklinationsnadeln dient ein Magnetisiertisch aus Mahagoniholz, auf dem die Nadel durch Bügel und Stift in einem passenden Lager gehalten wird. Mit zwei Streichmagneten, deren Nordende rot lackiert ist, werden die Magnete ummagnetisiert.

Zubehör. Folgendes Zubehör ist dem Instrument beigegeben:

- 1 Stativ,
- 3 Fußplatten,
- 1 Reiterlibelle,

- 2 Schraubenzieher,
- 2 Stellstifte,
- 1 Schraubenschlüssel,
- 1 Lupe,
- je 1 Fläschchen mit Öl und Fett nebst Pinsel,
- 1 Abstäubepinsel,
- 1 Kästchen mit Reservepinnen, Hollundermark und Lederläppchen.

Ein Kasten dient zur Aufnahme des Instruments mit allem Zubehör.

§ 7. Heliotrope und ihre Anwendung.

Allgemeines. Heliotrope sind Signalapparate, die dazu dienen, auf große Entfernungen einen Punkt, der anvisiert werden soll, durch reflektiertes Sonnenlicht kenntlich zu machen.

Den Hauptbestandteil des Heliotrops bildet ein Spiegel, der um eine Horizontal- und eine Vertikalachse gedreht werden kann. Dadurch wird es möglich, die Sonnenstrahlen in die Visierichtung zu reflektieren.

Gebrauchliche Konstruktionen. Auf den Vermessungsschiffen ist das Bertramsche Heliotrop im Gebrauch. Außer diesem findet in der Marine noch das im Handbuch der nautischen Instrumente beschriebene Steinheilsche Heliotrop Verwendung.

Das Bertramsche Heliotrop. Grundgedanke. Die Konstruktion des Heliotrops beruht darauf, daß ein entfernter Punkt Z dann Licht durch einen Spiegel B erhält, wenn ein Zwischenpunkt Y , der sich auf der Ziellinie BZ befindet, von der Lichtlinie getroffen wird.

Beschreibung. Das Heliotrop besteht aus dem Brett AA mit Zentralschraube f und Höhenstellschraube b , dem Leuchtspiegel B (etwa 8 cm hoch und breit) mit einem kleinen Okularloch in der Mitte und dem Objektivdioptr C mit Fadenkreuz d und Leuchtröhre e . Dem Heliotrop ist ein Hilfsspiegel G mit Baumschraube und ein Vorsteckrahmen H mit grünem Blendglas h'' beigegeben. Ferner gehören zum Heliotrop die beiden massiven Stahlzylinder JJ und die Leuchtschraubmutter D mit Schlüssel E .

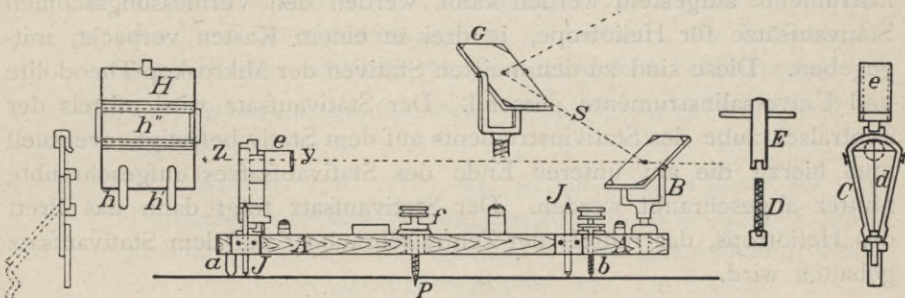


Fig. 13.

Anwendung. Das Brett AA wird mit der Zentralschraube f bzw. der Leuchtschraubenmutter D auf dem Signalpunkt P befestigt. Darauf steckt man den um eine Vertikal- und eine Horizontalachse drehbaren Leuchtspiegel B in die an dem einen Ende des Brettes befindliche Achsbüchse. An das andere Ende des Brettes kommt das Objektivdiopter C mit Fadenkreuz d und Leuchtröhre e .

Nun blickt man von hinten durch die Okularöffnung des Leuchtspiegels und stellt das Heliotrop so, daß das Fadenkreuz auf den Punkt, nach dem geleuchtet werden soll, einspielt. Durch Anziehen der Gegenmuttern der Zentral- und der Höhenstellschraube wird das Heliotrop in dieser Lage festgestellt. Das Röhrchen e wird heruntergeklappt und der Leuchtspiegel so gestellt, daß der dunkle Punkt inmitten des auf die Schlußplatte des Röhrchens e fallenden Lichtkegels die Schlußplatte in der Mitte trifft. Da das Objektivfadenkreuz genau vor der Mitte der Schlußplatte, die durch eine kleine Öffnung bezeichnet ist, liegt, und der dunkle Punkt die Achse des von dem Leuchtspiegel ausgehenden Lichtkegels bezeichnet, so liegt bei dieser Einstellung der Lichtkegel in der Richtung der Ziellinie und fällt daher tatsächlich auf den anzuleuchtenden Punkt.

Der Hilfsspiegel G wird gebraucht, wenn der Stand der Sonne zur Ziellinie ein derartiger ist, daß nicht direkt Sonnenlicht durch den Leuchtspiegel B nach dem Objektivdiopter C gebrochen werden kann. Mit der Baumschraube läßt sich der Hilfsspiegel leicht so befestigen, daß er das Sonnenlicht in den Leuchtspiegel leitet.

Die zugespitzten Stahlzylinder JJ , die in seitlich am Brett AA befindliche Lager gesteckt werden, dienen dazu, die Stellung des Heliotrops zu markieren.

Der Vorsteckrahmen H mit dem grünen Glas h'' , der mit den Füßen h und h' vor dem Objektivdiopter auf dem Brett befestigt werden kann, wird zur Dämpfung zu starkem Lichte gebraucht. Es ist jedoch zweckmäßiger, bei zu starkem Licht Gitterblenden aus Flor-tuch auf der lichtempfangenden Station, und zwar vor dem Beobachtungsfernrohr zu verwenden.

Damit das Bertramsche Heliotrop auch auf den Stativen der Meßinstrumente aufgestellt werden kann, werden den Vermessungsschiffen Stativaufsätze für Heliotrope, je drei in einem Kasten verpackt, mitgegeben. Diese sind zu den meisten Stativen der Mikroskop-Theodolite und Universalinstrumente passend. Der Stativaufsatz wird mittels der Zentralschraube des Stativinstruments auf dem Stativ befestigt, eventuell muß hierzu die am unteren Ende des Stativaufsatzes aufgeschraubte Mutter abgeschraubt werden. Der Stativaufsatz trägt dann das Brett des Heliotrops, das mittels der Zentralschraube f auf dem Stativaufsatz gehalten wird.

Zur Befestigung des Heliotrops auf Leuchtschrauben dient die Leuchtschraubenmutter *D* mit Schraubenschlüssel *E*.

Bedienung. Zur Bedienung des Heliotrops ist ein Mann erforderlich. Wegen der Änderungen in der Richtung der Sonnenstrahlen gegenüber der Spiegelfläche muß der Spiegel, deren Bewegung folgend, fortwährend nachgestellt werden. Da der scheinbare Sonnendurchmesser rund $\frac{1}{2}$ Grad beträgt und somit das Fadenkreuz *d* bzw. die anzuleuchtende Station innerhalb dieses Winkels Sonnenlicht erhält, ist sowohl die Einstellung des Spiegels leicht zu erzielen, als auch die Zielgenauigkeit eines Diopters hinreichend.

Verwendbarkeit. Das Heliotropenlicht reicht für alle meßbaren Richtungen (bis etwa 100 km) aus; es erscheint bei günstiger Beleuchtung als eine kleine, helle, sternähnliche Scheibe und ist sehr scharf einstellbar. Bei ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen (Dunst) und besonders bei starkem Sonnenschein und Flimmern sowie schlechtem Hintergrund (Wald) kann die Einstellung schwierig werden.

Erfahrungsgemäß sind bei sonnenheller Witterung nur einige Tagesstunden zum Heliotropieren geeignet, und zwar kurz nach Sonnenaufgang und kurz vor Sonnenuntergang, wovon die Nachmittagsstunden den Vorzug verdienen.

§ 8. Photographische Instrumente.

Nachstehend wird eine kurze Beschreibung der zu photographischen Aufnahmen von Bord aus dienenden Schiffskamera, Modell 1896, sowie der an dem Modell 1898 hervortretenden Verbesserungen gegeben werden. Anleitungen über das Verfahren bei den Aufnahmen, die Entwicklung der Platten usw. gibt das zu jeder photographischen Ausrüstung gehörende »Handbuch der Photographie« von Dr. VOGEL.

A. Die photographische Ausrüstung Modell 1896.

Die gesamte Ausrüstung ist in drei Koffern untergebracht, und zwar enthalten:

1. der Kamerakoffer die Kamera, das Objektiv mit Verschuß, die Dunkelkammerlaterne, das Dunkeltuch, die Einstellupe, einen Reserveschlauch und einen weichen Lederlappen;
2. der Kassettenkoffer sechs Doppelkassetten und die Mattscheibe;
3. der Materialienkoffer die gesamte Ausrüstung für die Dunkelkammer und die zum Entwickeln notwendigen Chemikalien, für etwa sechs Dutzend Platten ausreichend, sowie das »Handbuch der Photographie« von Dr. VOGEL.

Ferner gehören zur Ausrüstung noch:

4. der Plattenkasten zur Aufnahme von sechs Dutzend Trockenplatten und
5. das Stativ.

a) **Die Kamera.** Dieselbe setzt sich aus einem festen und einem beweglichen Teile zusammen, die miteinander durch einen licht- und wasserdichten Balg von Segeltuch verbunden sind. Der hintere Teil läuft in einem vierfachen Zahntrieb aus und kann durch eine am unteren Rande befindliche Schraubenwelle vor- und rückwärts bewegt werden. Er dient zur Aufnahme der matten Einstellscheibe und der Kassetten. Auf der oberen Seite des beweglichen Teils ist die Visiervorrichtung angebracht, die aus einem verschließbaren Dioptrivisier und einem darüber befindlichen Galiläischen Fernrohr besteht. Das vom Dioptrivisier eingeschlossene Bild deckt sich genau mit dem auf der matten Scheibe der Kamera erscheinenden Bilde. Es umfaßt in horizontaler Ausdehnung einen Winkel von ungefähr 35° und in vertikaler Richtung einen Winkel von ungefähr 11° . Bei Deckung des Horizontalfadens mit der Kimm muß diese mit der horizontalen Mittellinie der Mattscheibe bzw. der eingelegten Platte zusammenfallen. Das Fernrohr dient zur leichteren Auffindung weit entfernter Objekte (Deckpeilungen) bei der Aufnahme von Küstenansichten. Die optischen Achsen des Fernrohrs und des photographischen Objektivs laufen parallel. Die letztere Achse schneidet wiederum die eingelegte Platte in ihrem Mittelpunkt.

An der rechten Seite der Kamera befindet sich eine umlegbare Vorrichtung, die den Zweck hat, den herausgezogenen Kassettenschieber nach dem Umlegen einzuklemmen und gegen Abbrechen zu schützen.

Mit der Unterseite der Kamera ist die Auflageplatte verbunden. Mittels eines Führungsstiftes und zweier Bolzen wird diese durch Anziehen von dazu gehörigen Flügelmuttern fest mit der Befestigungsplatte des Kameraträgers verbunden.

b) **Das Stativ** ist aus dem Stativkopf, den drei zusammenlegbaren Beinen und dem Kameraträger zusammengesetzt. Der Stativkopf ist ein hölzernes, in der Mitte durchbohrtes Verbindungsstück, an dem die drei Stativbeine durch Flügelmuttern befestigt sind. Die Ausbohrung trägt das aus Rotguß gefertigte Kugellager. In diesem ruht die aus Hartbronze gefertigte, polierte Kugel des Kameraträgers. Der Kameraträger ist eine Eisenstange, die nach oben in die soeben erwähnte Kugel ausläuft und darüber eine mit drei Führungseinschnitten versehene Befestigungsplatte trägt. An ihrem unteren Ende ist die Eisenstange mit einem Bleigewicht versehen, das der aufgesetzten Kamera als Gegengewicht dient, so daß vermöge des Kugellagers die Kamera bei schlingendem Schiffe stets horizontal gehalten werden kann.

Zum Stativ gehört eine Lederkappe zum Schutze des Stativkopfes, ein Bezug von Segeltuch und ein zylindrischer Klotz mit Einschnitt, der den Zweck hat, durch Einschieben zwischen Kopf und Befestigungsplatte die Kugel von dem Kugellager bei Transporten zu trennen. Das Kugellager ist vor Oxydation zu schützen und leicht eingefettet zu halten.

c) **Das Objektiv** ist ein Anastigmat von ZEISS in Jena, Ser. IIIa Nr. 10. Verhältnis der relativen Öffnung zur Brennweite = 1:9. Äquivalente Brennweite = 600 mm. Vorderer Linsendurchmesser = 71 mm. Zum Objektiv gehören eine Irisblendenvorrichtung oder sechs Einschiebeblenden.

An der vorderen Fassung ist ein metallener Konus mit Schutzdeckel zur Abblendung seitlicher Lichtstrahlen angebracht. Die hintere Objektivfassung ist mit Hilfe eines Ringes auf dem Objektivbrett der Kamera befestigt. Das Objektiv ist vor dem Eindringen von Staub sorgfältig zu schützen. Jede Beschädigung der Linsen, die von weichsten Silikat-Glassorten gefertigt sind, ist zu vermeiden. Der Blendenschlitz (sofern nicht Irisblenden angebracht sind) ist immer durch eine eingesteckte Blende verschlossen zu halten. Der Konusdeckel soll nach Beendigung der Aufnahmen sofort aufgesetzt werden. Besonders sorgfältig ist das Objektiv vor direkter Sonnenbestrahlung, vor Nässe, Schornstein- und Pulverrauch usw. zu hüten. Es wird mit Hilfe eines Staubpinsels und mittels eines weichen, sämischen Lederlappens gereinigt.

d) **Als Momentverschluß** kommen die Systeme THURY-AMEY, LINHOF oder HAECKE in Anwendung. Zwei übereinander liegende Scheiben mit Sektorausschnitten schieben sich bei der Belichtung bis zur Bildung einer Kreisöffnung auseinander und wieder übereinander. Durch Drehen einer Flügelmutter oder Schraube wird der Verschluß gespannt und durch kurzen Druck auf eine Gummibirne ausgelöst. Eine Bremschraube regelt die Schnelligkeit der Belichtung. Wird der Verschluß nur zur Einstellung des Bildes geöffnet, so ist die Bremschraube anzuziehen, um das Zuspringen des Verschlusses infolge von Erschütterungen zu verhindern.

Ein längeres Gespannthalten des Verschlusses schwächt die Federn und ist zu vermeiden.

e) **Die Doppelkassetten**, die je zwei Platten in der Größe $12\frac{1}{2} \times 40$ cm aufnehmen können, sind auf jeder Seite mit laufenden Nummern von 1 bis 12 versehen. Sie werden in dem Kassettenkoffer aufbewahrt, der stets geschlossen zu halten ist, wenn sich gefüllte Kassetten darin befinden.

f) **Der Plattenkasten** ist innen mit einer starken Polsterung versehen und zur Aufnahme von sechs Dutzend Platten eingerichtet. Er ist an einem möglichst trockenen Orte unterzubringen.

B. Die photographische Ausrüstung, Modell 1898.

Die Unterbringung dieser Ausrüstung ist insofern von derjenigen des Modells 1896 verschieden, als der Kamerakoffer nur die Kamera, einen Kopierrahmen 12.5×40 cm, einen Staubpinsel und einen Schraubenhaken enthält. Das Objektiv, eine Schutzdecke aus Leder für die Kamera und eine Segeltuchtasche mit Dunkeltuch und Lederlappen sind in dem Kassettenkoffer mit untergebracht. Für die Dunkelkammerlaterne mit Petroleumlicht und eine elektrische Glühlampe mit Birne von rubinrotem Glase ist ein besonderer Laternenkoffer vorhanden. Der Plattenkasten fehlt bei dieser Ausrüstung.

a) Die Kamera ist im allgemeinen dieselbe wie die des Modells 1896, jedoch mit folgenden Verbesserungen:

Zum Zwecke der Ausbalancierung und der damit verbundenen Horizontierung läßt sich die Kamera auf der Auflageplatte verschieben; in der horizontalen Lage wird sie durch zwei Flügelschrauben gehalten.

Der an der rechten Seite der Kamera des Modells 1896 befindliche umlegbare Halter für den Kassettenschieber fehlt, da die neue Kamera mit Jalousiekassetten ausgerüstet ist.

b) Das Objektiv ist ein Anastigmat von ZEISS, Serie IIIa Nr. 10. Verhältnis der relativen Öffnung zur Brennweite = $1:9$, äquivalente Brennweite = 560 mm.

Das Objektiv ist mit einer Irisblende versehen. Vermittels eines gereiften Stellringes, der sich an der Außenkante der Objektivbüchse befindet, läßt sich die verschiedene Weite der Irisblende, ablesbar auf einer vor dem Ring eingeschnittenen Skala (3 bis 58), einstellen.

c) Als Momentverschluß dient der Doppel-Rouleauverschluß, System LEWINSOHN. Bei diesem Verschluß wird ein mit einem Schlitz versehenes Rouleau aus schwarzem Zeugstoff vor der Platte vorbeigerollt. Die Schlitzweite wird mittels einer an der linken Seitenwand der Kamera befindlichen Trommel mit Knickhebel eingestellt. Die Einstellung soll jedoch nur erfolgen, wenn der Verschluß abgelaufen und die rote Schrift auf dem schwarzen Zeugstoff sichtbar ist.

Die Aufziehvorrichtung, aus zwei Zahnrädern bestehend, befindet sich an der rechten Seitenwand der Kamera. Das größere der beiden Zahnräder ist mit einem festen Handgriff versehen, ein Pfeil auf dem Zahnrade gibt die Drehrichtung an. Ein kleiner Stellhebel unter der Aufziehvorrichtung, eingestellt auf *L* (Langsam) oder *S* (Schnell), reguliert die Geschwindigkeit des Herabgleitens des Rouleaus.

Vor dem Spannen des Verschlusses ist zu beachten, daß der Knickhebel der Einstelltrommel sich in einem Einschnitt der letzteren befindet.

Die Auslösung des Verschlusses erfolgt ebenfalls pneumatisch durch Druck auf einen Gummiball.

d) **Das Stativ** ist dasselbe wie beim Modell 1896. An der Außenkante zweier Stativbeine befinden sich je ein Halteknopf zum Anbringen der Segeltuchtasche mit Dunkeltuch usw.

e) **Die Doppelkassetten** sind nicht, wie bei dem Modell 1896, mit Kassettenschiebern versehen, sondern als Jalousiekassetten eingerichtet.

f) **Der Materialienkoffer** enthält die gesamte Inventarien- und Materialenausrüstung für die Dunkelkammer; in demselben sind die zur Entwicklung der Platten nötigen Schalen, Messuren, Flaschen, Wage usw. sowie die Chemikalien nach einem im Inneren des Deckels befestigten Verzeichnisse enthalten. Diese Ausrüstung ist für beide Modelle der Schiffskamera die gleiche.

Untersuchung und Berichtigung der Universalinstrumente und Theodolite.

§ 9. Erklärungen, Forderungen.

Folgende Instrumente sind in dieser Anleitung berücksichtigt worden:

1. Das kleine Universalinstrument mit Nonienablesung von HILDEBRAND.

2. Der 13 cm Mikroskop-Theodolit von HILDEBRAND mit Höhenkreis.

3. Das 13 cm geodätische Universalinstrument von BAMBERG.

4. Das 13 cm astronomische Universalinstrument von BAMBERG.

Es sind folgende **Erklärungen** vorzuschicken:

Instrumentachsen. Man versteht unter:

Vertikalachse: die Achse, um die der Oberbau sich dreht.

Horizontalachse: die Achse, um die das Fernrohr kippt.

Zielachse: die Verbindungslinie zwischen Fadenkreuzmittelpunkt und optischem Mittelpunkt des Objektivs.

Normallage des Fernrohrs. Unter Normallage des Fernrohrs soll im folgenden die Lage verstanden werden, in der die Schraube des Okularauszugs — beim astronomischen Universalinstrument die Feststellschraube des Okularauszugs — oben liegt. (Für das astronomische Universalinstrument und den Mikroskop-Theodolit, bei denen das Fernrohr sich umlegen läßt, soll in der Normallage das Okular an der Seite der Klemmschraube für Horizontalbewegung liegen.) In dieser Fernrohrlage werden an allen Instrumenten an Mikroskop I bzw. Nonius A Zenitabstände abgelesen.

Ferner liegt bei dieser Normallage an allen Instrumenten der Höhenkreis links von der Instrumentenmitte.*)

Wird von links bzw. rechts gesprochen, so ist der Beobachter dort zu denken, wo bei Normallage das Okular steht.

Bezeichnung der Fäden. Als Faden I gilt derjenige, der in der Normallage des Fernrohrs der unterste ist, bei Benutzung des Prismas also als der oberste gesehen wird.

Forderungen.

Achsenstellungen. Bei einem fehlerfreien, genau horizontierten Instrument muß die Zielachse

1. beim Drehen um die Vertikalachse einen Kegelmantel beschreiben, dessen Achse mit der Lotlinie zusammenfällt,
2. beim Kippen einen größten Kreis senkrecht zum Horizont beschreiben.

Zur Erfüllung der ersten Forderung bedarf es einer lotrechten Drehachse. Diese steht lotrecht, wenn die Libelle in allen Stellungen des Oberbaues auf denselben Punkt einspielt.

Soll die Zielachse beim Kippen einen größten Kreis beschreiben, so muß die Zielachse mit der Kippachse einen rechten Winkel bilden. Soll dieser größte Kreis senkrecht zum Horizont stehen, so muß er durch das Zenit gehen. Diese Forderung wird erfüllt, wenn die Kippachse horizontal liegt. Die Kippachse legt man horizontal dadurch, daß man sie senkrecht zur lotrechten Vertikalachse stellt.

Daraus ergeben sich für die Stellungen der drei Achsen zueinander zwei Forderungen:

1. Zielachse senkrecht zur Horizontalachse $Z \perp H$.
2. Horizontalachse senkrecht zur Vertikalachse $H \perp V$.

Alhidadenexzentrizität. Weiter muß verlangt werden, daß die Exzentrizitäten des Oberbaus bzw. der Horizontalachse, die auch bei sorgfältigster Herstellung des Instruments nie völlig ausgeschaltet sind, unschädlich gemacht werden, so daß der Winkel, um den die Zielachse horizontal gedreht oder gekippt wird, derselbe ist, den die Ablesevorrichtungen ergeben.

*) In dem astronomischen Teil wird die Fernrohrlage nach der Stellung des Gewichts — ob rechts oder links — bezeichnet werden, da in den meisten Lehrbüchern, denen ältere Instrumente mit anderer Anbringung des Kreises zugrunde liegen, die Bezeichnungen »Kreis rechts« bzw. »links« andere Bedeutung hätten, als oben angegeben. Gibt man zur Orientierung die Gewichts- lage an, so kann rechts bzw. links der anderen Lehrbücher beibehalten werden, und es ist nur für Kreis Gewicht zu setzen. Im geodätischen Teil sind die Bezeichnungen Fernrohr rechts bzw. links (vom Höhenkreis) gewählt. Man erhält demnach bei Fernrohr rechts ebenso wie bei Gewicht rechts direkte Zenitablesungen.

Man erreicht dies durch Verwendung zweier diametral angebrachter Ablesevorrichtungen. Mittelt man die für jede Fernrohrrichtung erhaltenen beiden Ablesungen, so ergeben die Winkel zwischen den so errechneten Richtungen die Winkel, um die das Fernrohr gedreht ist.

Nach Fig. 1 seien: AB und A_1B_1 die Verbindungslinien der Nullpunkte beider Ablesevorrichtungen in zwei Fernrohrstellungen. Da Fernrohr und Alhidade fest miteinander verbunden sind, ist die Drehung der Alhidade von AB nach A_1B_1 um den Winkel α gleich der Drehung des Fernrohrs. α ist also der Winkel, um den die Zielachse horizontal gedreht wurde. Abgelesen dagegen werden α_1 und α_2 (Zentriwinkel am Kreismittelpunkt M). Nun ist:

$$A_1BA + BA_1B_1 = \frac{1}{2} \alpha_1 + \frac{1}{2} \alpha_2 \text{ (Peripheriewinkel zu den Zentriwinkeln } \alpha_1 \text{ und } \alpha_2 \text{).}$$

$$\alpha = A_1BA + BA_1B_1$$

$$\text{Daher } \alpha = \frac{1}{2} (\alpha_1 + \alpha_2),$$

d. h. bei exzentrischer Alhidade gibt die Differenz zwischen zwei gemittelten Ablesungen den vom Fernrohr bei der Drehung beschriebenen Winkel.

Zenitpunktfehler. Für richtiges Messen von Höhenwinkeln für Zwecke der astronomischen Ortsbestimmung ist zu fordern, daß die Zielachse auf das Zenit zeigt, wenn die Ablesung am Höhenkreis = 0 ist, oder daß die Abweichung der Zielachse von der Richtung nach dem Zenit bekannt ist.

Verschiedene Arten von Untersuchungen und Berichtigungen.

Abgesehen von Beschädigungen durch Fall usw., die naturgemäß eine völlige Neuuntersuchung des Instruments notwendig machen, und abgesehen von den fundamentalen Untersuchungen, die bei Abnahme jedes Instruments stattzufinden haben, kann man zwei Arten von Untersuchungen unterscheiden, und zwar

1. Untersuchungen und Berichtigungen, die vor jedem Beobachten anzustellen sind.
2. Untersuchungen und Berichtigungen, die nur vor jeder Gebrauchsperiode, also etwa einmal im Jahre, notwendig werden.

Der Reihenfolge der Behandlung der einzelnen Fragen wird die Verwendungsart der Instrumente zugrunde gelegt. Es sind danach zu unterscheiden Untersuchungen und Berichtigungen, die in Frage kommen für den Gebrauch der Instrumente:

- I. bei trigonometrischen Beobachtungen,
- II. bei astronomischen Beobachtungen,
- III. bei magnetischen Beobachtungen,
- IV. beim Nivellieren.

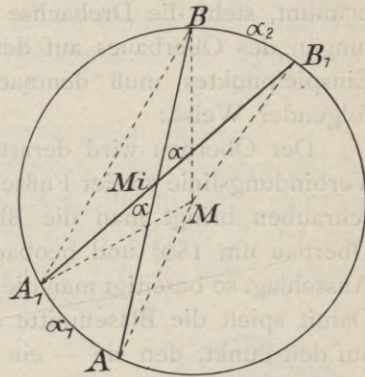


Fig. 1.

§ 10. Untersuchungen und Berichtigungen für trigonometrische Beobachtungen.

1. Untersuchungen und Berichtigungen, die vor jedem Beobachten anzustellen sind.

Das Horizontieren und die Libellenberichtigung. Wie bereits erwähnt, steht die Drehachse lotrecht, wenn die Libelle in allen Stellungen des Oberbaues auf denselben Punkt einspielt. Die Lage dieses Einspielpunktes muß demnach ermittelt werden. Dies geschieht in folgender Weise:

Der Oberbau wird derart gestellt, daß die Libelle parallel zu der Verbindungslinie zweier Fußschrauben gerichtet ist. Mittels dieser Fußschrauben bringt man die Blase auf Mittelstellung, dreht darauf den Oberbau um 180° und beobachtet die Blasenstellung. Ergibt sich ein Ausschlag, so beseitigt man die Hälfte desselben mittels der Fußschrauben. Damit spielt die Blasenmitte auf den Libellenspielpunkt ein, d. h. auf den Punkt, den sie — ein horizontiertes Instrument vorausgesetzt — in allen Stellungen des Oberbaues beibehalten wird. Durch Beseitigung des halben Ausschlags mittels der Fußschrauben ist die Drehachse senkrecht zur Verbindungslinie der beiden Fußschraubenspitzen gestellt. Dann dreht man den Oberbau um 90° , d. h. so, daß die Libelle auf die dritte Fußschraube zeigt, und läßt die Libelle durch Bewegung der dritten Fußschraube wiederum auf den Libellenspielpunkt einspielen. Eine scharfe Horizontierung wird sich erst nach mehrmaliger genauer Einstellung auf den Libellenspielpunkt mittels der Fußschrauben erreichen lassen. Es ist von Wichtigkeit, daß bei der Ermittlung des Spielpunktes über der Richtung zweier Schrauben das Instrument auch in Richtung der dritten Schraube ungefähr horizontal steht.

Bei horizontiertem Instrument beschreibt die Tangente am Libellenspielpunkt bei Drehungen des Oberbaus um die Vertikalachse eine Horizontalebene, weil in allen Lagen die Blase auf den Spielpunkt einspielt. Da die Drehachse zu dieser Ebene senkrecht steht, so ergibt sich daraus, daß die Vertikalachse eine Lotrechte bildet. Liegt der Libellenspielpunkt derart, daß das Blasenende beim Einspielen der Blasenmitte nur noch 2 bis 3 Strich vom Ende der Teilung entfernt ist, so verbessere man die Libellenstellung. Solange der Fehler klein ist, läßt man die Libellen-Korrektionsschraube der Einfachheit wegen und weil ein Nachziehen der Libelle nach der Berichtigung nie zu vermeiden ist, unberührt.

Einrichtungen zum Verstellen der Libelle. Fig. 2 u. 3 zeigen die beiden Anordnungen am kleinen Universalinstrument, die ein Verstellen der Libelle ermöglichen. Die Anordnung von Fig. 3 ist gewählt für die Höhenkreis- und Aufsatzlibelle, die von Fig. 2 für die übrigen Libellen.

In Fig. 2 ist *K* der Libellenkasten, *U* die Unterlage. Die Schraube *S* bewegt, wenn sie in das Gewinde der Unterlage hineingeschraubt wird, den Kasten gegen den Druck der Feder nach unten, beim Lösen der Schraube wird der Kasten durch den Federdruck gehoben. Ein kleiner Zapfen *Z* dient zur Führung bei der Bewegung des Kastens.

Bei der anderen Anordnung, Fig. 3, ist die Feder durch eine von unten drückende Schraube ersetzt. Der Libellenkasten gleitet mit einem Zapfen *Z* in der Kulisse *K*.

Die Anordnung der Libellenkorrektionschrauben an den anderen Instrumenten ist eine der beiden beschriebenen. Nur das geodätische Universalinstrument hat eine andere Einrichtung, die in Fig. 4 skizziert ist. Der Libellenkasten *K* wird durch zwei Zugschrauben *Z* und eine Druckschraube *D* festgehalten. Durch Lösen von *D* und Anziehen von *Z* wird dieses Kastenende gesenkt und umgekehrt.

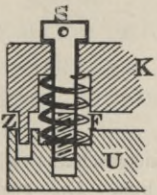


Fig. 2.

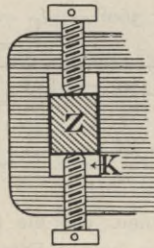


Fig. 3.

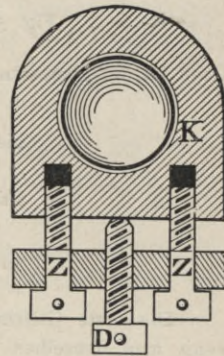


Fig. 4.

An den Aufsatzlibellen sowie der Talcottlibelle des astronomischen Universalinstruments sind endlich noch horizontal wirkende Korrektionschrauben angebracht. Diese dienen zur Beseitigung der sogenannten Libellenkreuzung, eines Fehlers, der für terrestrische Messungen nicht in Frage kommt. Man vermeide es daher, an diesen Schrauben zu rühren.

Zenitpunktfehler. Es ist oben gesagt worden, daß zum richtigen Messen von Höhenwinkeln für Zwecke der astronomischen Ortsbestimmung der Fehler in der Ablesung des Höhenkreises bei Zenitzielung der Zielachse bekannt sein müsse. Bei terrestrischen Messungen wird der Zenitpunktfehler dadurch ausgeschaltet, daß jeder Zenitabstand in beiden Fernrohrlagen gemessen und aus den Messungen das Mittel genommen wird. Sollte der Zenitpunktfehler eine störende Größe erreichen, wovon man sich vor Beginn der Höhenwinkelbeobachtungen überzeugt, so ist er zu beseitigen (siehe § 11).

Daß der Zenitpunktfehler durch Mitteln der in beiden Fernrohrlagen erhaltenen Werte ausgeschaltet wird, geht aus Fig. 5 und aus folgendem hervor.

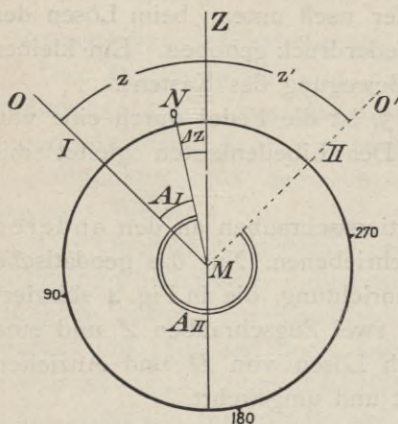


Fig. 5.

Es ist hierbei vorauszusetzen, daß die Nullpunkte der Nonien vor dem Ablesen durch Einspielenlassen der Höhenkreislibelle in die Horizontalebene gebracht worden sind.

Bei Zenitzielung MZ des Fernrohres liegt der Nullpunkt N des Höhenkreises um den Winkel Δz falsch. MO gibt die Fernrohrlage für den zu messenden Zenitabstand z . Gemessen wird also z , abgelesen wird A_I .

In dieser Fernrohrlage ist also

$$A_I = z - \Delta z.$$

Zum Durchschlagen dreht man den Oberbau um 180° . Um das Fernrohr auf den ersten Zenitabstand z einzurichten, ist es in die gestrichelte Lage MO' zu bringen, so daß ZMO' gleich z ist.

Dann ist der gemessene Zenitabstand

$$\begin{array}{l} NMO' \text{ oder } 360^\circ - A_{II} = z + \Delta z \\ \text{hierzu} \qquad \qquad \qquad A_I = z - \Delta z \\ \hline \text{also} \quad \frac{A_I + (360^\circ - A_{II})}{2} = z \\ \text{und} \quad \frac{360^\circ - (A_{II} + A_I)}{2} = \Delta z. \end{array}$$

Die erste Gleichung läßt erkennen, daß die Größe Δz ganz ausgeschaltet wird, wenn man denselben Zenitabstand in beiden Fernrohrlagen beobachtet. Die zweite Gleichung gibt den Wert Δz als halbe Differenz zwischen 360° und der Summe beider Ablesungen.

Beispiel: Es ist beobachtet mit Fernrohr rechts $A_I = 85^\circ 43.9'$, Fernrohr links $A_{II} = 274^\circ 15.3'$, dann ist:

$$\begin{aligned} z &= \frac{85^\circ 43.9' + 85^\circ 44.7'}{2} = 85^\circ 44.3' \\ \Delta z &= \frac{360^\circ - (85^\circ 43.9' + 274^\circ 15.3')}{2} = \frac{360^\circ - 359^\circ 59.2'}{2} = 0.4'. \end{aligned}$$

2. Untersuchungen und Berichtigungen, die nur vor jeder Gebrauchsperiode, also etwa einmal im Jahre, notwendig werden.

Stellung der Fadenplatte. Da die Einstellung der Objekte der größeren Deutlichkeit halber nicht am Fadenkreuzmittelpunkt selbst, sondern für Horizontalwinkel an einer freien Stelle des Vertikalfadens und ebenso für Höhenwinkel an einem seitlich von der Fadenkreuzung liegenden Punkt des Horizontalfadens erfolgt, ist es notwendig, daß bei der Kippbewegung sämtliche Fadenpunkte des Vertikalfadens ein auf den Fadenkreuzmittelpunkt eingestelltes Objekt durchlaufen. Man kontrolliert die

richtige Lage eines der beiden Fäden. Daß der andere zu diesem senkrecht steht, kann ohne weiteres angenommen werden.

Eine Veränderung in der Stellung der Fadenplatte wird erst nach längerem Gebrauch des Instruments eintreten. Die neue Berichtigung hat zu erfolgen, sobald beim Beobachten Fehler in der Stellung der Platte zu bemerken sind.

Das Verfahren zur Richtigestellung des Vertikalfadens ist folgendes: Man stellt die Fäden scharf ein, indem das Fernrohr gegen den Himmel gerichtet wird, und visiert darauf ein scharf begrenztes Objekt an. Nachdem das angezielte Objekt den Vertikalfaden (bzw. einen von mehreren) nahe seinem oberen oder unteren Ende scharf berührt hat, wird die Horizontal- und Vertikalklemme angezogen. Dann kippt man das Fernrohr mit der Feinschraube. Der Vertikalfaden soll dabei an dem angezielten Punkte entlang gleiten. Ist das nicht der Fall, so ist die Fadenplatte so zu drehen, daß der angezielte Punkt oben und unten gleich weit von dem Vertikalfaden entfernt ist. Zur Probe läßt man den Punkt noch einmal an dem ganzen Faden entlanggleiten und wiederholt gegebenenfalls das Verfahren.

Da die Berichtigung nie mit aller Schärfe zu erreichen ist, so ist darauf zu achten, daß in den verschiedenen Instrumentenlagen stets mit derselben Stelle der Fadenplatte zu zielen ist. Daher die Regel: Man halte bei Schraube oben das Objekt oberhalb bzw. rechts, bei Schraube unten unterhalb bzw. links vom Horizontalfaden bzw. Vertikalfaden, nach Möglichkeit stets in gleicher Entfernung vom Fadenkreuzmittelpunkt.

Einrichtungen zum Drehen der Fadenplatte. Das Drehen der Fadenplatte geschieht bei sämtlichen Instrumenten dadurch, daß der Okularauszug gedreht wird.

Beim kleinen Universalinstrument (Fig. 6) gleitet der Okularauszug *O*, gegen Schlottern gesichert, mit der Zahnstange *Z* in einer Spur einer Platte *P*, die durch zwei Schrauben *SS* gegen den auf dem Fernrohr festen Ring *R* gepreßt wird. Die Platte *P* — und damit der Oku-

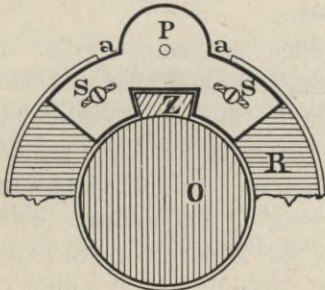


Fig. 6.

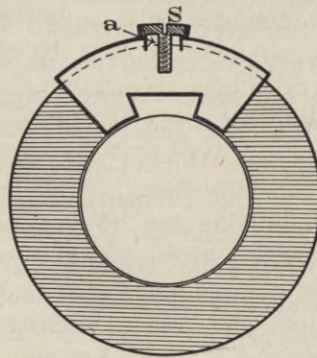


Fig. 7.

larauszug — kann nach Lösen der Schrauben in den Grenzen des Spielraums *aa* gedreht werden. Einen entsprechenden Spielraum haben die Schrauben *S* in ihren Löchern in der Platte *P*.

Beim Mikroskop-Theodolit ist die Anordnung die im Fig. 7 skizzierte. Die Platte greift über den Ring des Fernrohrs und wird dort durch eine radial drückende Schraube *S* gegen den Fernrohring gepreßt. Die Schraubenspur *a* in der Platte ist oval, in den Grenzen dieses Spielraums *a* läßt sich der Okularauszug seitlich drehen.

Beim geodätischen und astronomischen Universalinstrument ist die Führungsplatte zu einem vollen Ring erweitert, der durch vier parallel zur Fernrohrachse wirkende Schrauben *S* von hinten an den Fernrohring gepreßt wird. Die Schraubenspuren *O* in der Platte sind oval und geben den zur Drehung erforderlichen Spielraum. (Fig. 8.)

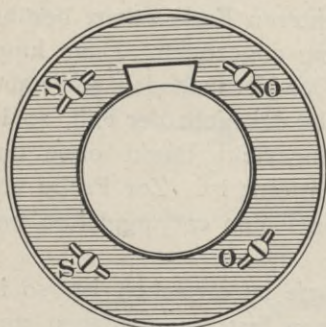


Fig. 8.

Zielachsenfehler. Außer der beschriebenen Drehbewegung gestattet die Bauart der Instrumente eine seitliche Verschiebung der Fadenplatte. Damit

wird die Zielachse verlegt und aus ihrer richtigen Lage »senkrecht zur Horizontalachse« gebracht; es tritt der Zielachsenfehler auf.

Dieser Fehler ist nicht wie der Fehler der Fadenplattenstellung beim Beobachten zu erkennen; jedoch tritt er im Beobachtungsbuch für Horizontalwinkel auf in dem Unterschied der im Hin- und Rückgange eines Satzes erhaltenen Werte in der Spalte »Mittel«. Zwar liegt in diesem Unterschied außerdem der Horizontalachsenfehler und der durch nicht genaues Horizontieren hervorgerufene Fehler. Indessen sind die letztgenannten Fehler von verschwindend geringem Einfluß.

Der Zielachsenfehler wird beseitigt, wenn er einen störenden Betrag annimmt. Fehlerhafte Resultate ruft er bei terrestrischen Beobachtungen nicht hervor, da er durch Mitteln der in beiden Fernrohrlagen erhaltenen Werte ausgeschaltet wird.

Wie der Zielachsenfehler festzustellen ist, zeigt Fig. 9. *MZ* sei die um den Winkel $RMZ = z$ falsch zeigende Zielachse, *CD* die Kippachse des Instruments, in deren Richtung auch die Verbindungslinie der Nullpunkte der Nonien *AB* fällt. *MZ* sei auf das Objekt *O* eingerichtet, es sei bei *A* und *B* abgelesen und gemittelt. Darauf sei das Fernrohr durchgeschlagen und wieder auf *O* eingerichtet. Durch die Kippbewegung beim Durchschlagen ist die Zielachse in die Lage *MZ'* gebracht; dann muß zum Einrichten auf *O* der Oberbau um die Vertikal-

achse gedreht werden um den Winkel $Z'MZ$, rechtsherum gezählt. $Z'MZ$ ist offenbar $180^\circ + 2z$. Also ist auch die Ablesevorrichtung um $180^\circ + 2z$ gedreht. Die jetzt gefundene Ablesung muß sich um $180 + 2z$ von der ersten unterscheiden.

Zur Beseitigung des Zielachsenfehlers dreht man den Oberbau so weit, daß das Mikroskop A um den Betrag z anders abliest als zuletzt, und zwar ist z von der Ablesung in Lage II zu subtrahieren, wenn, wie im vorliegenden Fall, der Unterschied bei den Ablesungen größer als 180° ist. Durch Einstellung der so berechneten Ablesung bei A ist die Zielachse um den Betrag z nach links von O

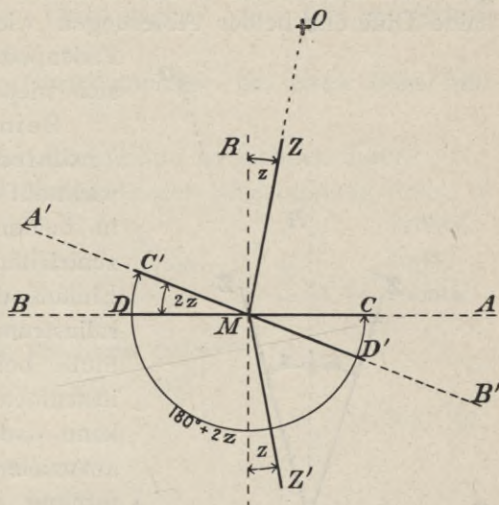


Fig. 9.

ausgewandert. Man verschiebt nunmehr die Fadenplatte so weit, daß der Vertikalfaden sich wieder mit dem Objekt O deckt, und hat damit die Zielachse senkrecht zur Horizontalachse gestellt.

Fig. 10 zeigt die bei allen Instrumenten gleiche Anordnung, die eine seitliche Bewegung der Fadenplatte gestattet. In der Röhre des Okularauszuges ist ein Ring R angebracht. Dieser Ring hat einen kulissenartigen, horizontalen Ausschnitt, in dem die Fadenplatte mit dem Zapfen gleitet. Der Zapfen ist in die Kulisse eingeschliffen, so daß ein Schlottern nach oben und unten ausgeschlossen ist. Die seitliche Bewegung wird ermöglicht durch die entgegengesetzt wirkenden Schrauben S .

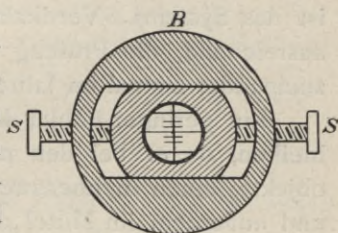


Fig. 10.

Abweichung beim Mikroskop-Theodolit, geodätischen und astronomischen Universalinstrument. Beim Mikroskop-Theodolit ist infolge der Möglichkeit, das Fernrohr umzulegen, ohne den Unterbau zu drehen, die Feststellung des Zielachsenfehlers bequemer. Legt man, nachdem O — Fig. 11 — angezielt ist, das Fernrohr um, so hat man den doppelten Zielachsenfehler in der auftretenden Abweichung der Zielachse von O unmittelbar vor Augen. CD sei die Horizontalachse, die übrigen Bezeichnungen haben die gleiche Bedeutung wie in Fig. 9.

Nach dem Umlegen nimmt die Zielachse die Lage MZ' ein. Dann muß zum Einrichten auf O der Oberbau um den Winkel $Z'MZ$ oder $2z$ gedreht werden. Nach dem Ablesen der Mikroskope dreht man um die halbe Differenz beider Ablesungen wieder zurück und verschiebt die Fadenplatte so weit, daß der Vertikalfaden sich wieder mit dem Objekt O deckt.

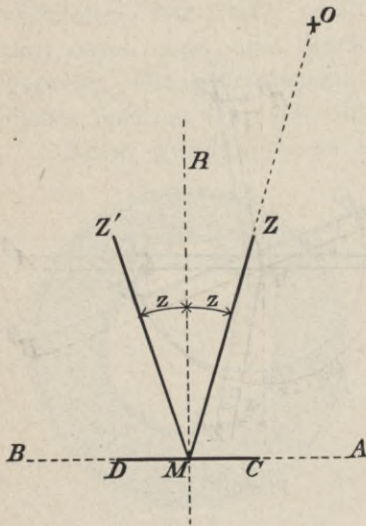


Fig. 11.

Beim geodätischen und astronomischen Universalinstrument wirkt auf den Unterschied der Ablesungen in beiden Fernrohrlagen auch die Exzentrizität des Fernrohrs ein. Deren Einfluß, der beim geodätischen Universalinstrument vernachlässigt werden kann, muß beim astronomischen Universalinstrument ausgeschaltet werden. Das kann dadurch erreicht werden, daß das anzuzielende Objekt in so großer Entfernung gewählt wird, daß die Exzentrizität einen Betrag annimmt, der wegen seiner geringen Größe nicht in Betracht gezogen zu werden braucht. (Eine Objektentfernung von 10 km ruft beim astronomischen Universalinstrument noch einen Exzentrizitätsfehler von 4.3'' hervor.)

Das kann dadurch erreicht werden, daß das anzuzielende Objekt in so großer Entfernung gewählt wird, daß die Exzentrizität einen Betrag annimmt, der wegen seiner geringen Größe nicht in Betracht gezogen zu werden braucht. (Eine Objektentfernung von 10 km ruft beim astronomischen Universalinstrument noch einen Exzentrizitätsfehler von 4.3'' hervor.)

Horizontalachsenfehler. Am wenigsten Veränderungen unterworfen ist das System: »Vertikalachse \perp Horizontalachse«. Es ist daher völlig ausreichend, die Prüfung der Senkrechtstellung dieser beiden Achsen zueinander einmal im Jahre vor Beginn der Vermessungen vorzunehmen.

Ein geringer Fehler kann für terrestrische Messungen unverbessert bleiben, da er bei den meist geringen Höhen der terrestrischen Zielobjekte einen nennenswerten Einfluß auf das Ergebnis nicht ausübt und außerdem im Mittel der Beobachtungen vor und nach dem Durchschlagen des Fernrohrs sich heraushebt.

Das Verfahren zur Berichtigung ist das folgende:

Man horizontaliert möglichst genau, d. h. stellt die Vertikalachse lotrecht und hat nun mit der Aufsatzlibelle die Neigung der Horizontalachse gegen den Horizont festzustellen, unter Berücksichtigung einer fehlerhaften Stellung der Vertikalachse. Durch Rechnung ergibt sich diese Neigung in Libellenteilen. Diese sind nach noch anzugebenden Vorzeichenregeln auf den Stand der Blasenmitte anzuwenden. Auf den so errechneten neuen Libellenstand ist die Libelle durch Verstellen der Achsenlager der Horizontalachse zu bringen.

Zur Erläuterung dienen Fig. 12 und 12a, für Kreislage links bzw. rechts.

Es bedeuten darin:

- das gestrichelte Kreuz das Koordinatensystem des Horizonts,
- i den gesuchten Fehler der Horizontalachse,
- i_v die Abweichung der Vertikalachse von der Schwerlinie durch M ,
- J_1, J_2 die Neigung der Horizontalachse bei Kreis links bzw. rechts.

Ferner wird die Stellung der Blasenmitte bezeichnet durch:

- n'_1 bei Kreis links und Nullpunkt der Niveauteilung links,
- n'_r „ „ „ „ „ „ „ rechts,
- n''_1 „ „ rechts „ „ „ „ links,
- n''_r „ „ „ „ „ „ „ rechts.

Aus der Fig. 12 ergibt sich für Kreis links:

$$J_1 = 90^\circ + i + i_v - 90^\circ$$

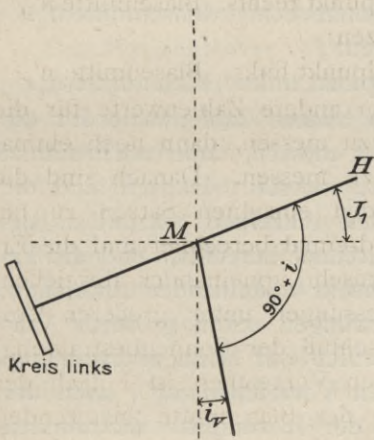


Fig. 12.

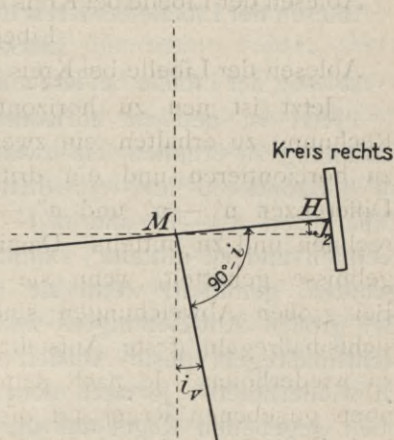


Fig. 12a.

J_1 wird aber angezeigt durch die halbe Differenz der Stellungen der Blasenmitte vor und nach dem Umsetzen. Also ist

$$\frac{1}{2} (n'_1 - n'_r) = 90^\circ + i + i_v - 90^\circ.$$

Aus Fig. 12a ergibt sich für Kreis rechts

$$J_2 = i_v + 90^\circ - i - 90^\circ = \frac{1}{2} (n''_1 - n''_r).$$

Aus beiden Gleichungen ist i zu berechnen. Es ergibt sich:

$$\begin{aligned} 2i &= \frac{1}{2} (n'_1 - n'_r) - \frac{1}{2} (n''_1 - n''_r) \\ i &= \frac{1}{4} [(n'_1 - n'_r) - (n''_1 - n''_r)]. \end{aligned}$$

Die Figur zeigt, daß, wenn $i > 0$, das Kreiseende der Horizontalachse gehoben werden muß. Daraus ergibt sich, in welchem Sinne das gefundene i auf die Stellung der Blasenmitte angewendet werden muß.

Die Beobachtungen sind nach folgendem Schema zu machen und aus den Ablesungen der Blasenenden die Stellungen der Blasenmitte zu berechnen:

Ablesen der Libelle bei Kreis links, Nullpunkt links. Blasenmitte n'_1 .

Libelle umsetzen:

Ablesen der Libelle bei Kreis links, Nullpunkt rechts. Blasenmitte n'_r .

Oberbau um 180° drehen:

Ablesen der Libelle bei Kreis rechts, Nullpunkt links. Blasenmitte n''_1 .

Libelle umsetzen:

Ablesen der Libelle bei Kreis rechts, Nullpunkt rechts. Blasenmitte n''_r .

Abheben der Libelle und Wiederaufsetzen:

Ablesen der Libelle bei Kreis rechts, Nullpunkt rechts. Blasenmitte n''_r .

Libelle umsetzen:

Ablesen der Libelle bei Kreis rechts, Nullpunkt links. Blasenmitte n''_1 .

Oberbau um 180° drehen:

Ablesen der Libelle bei Kreis links, Nullpunkt rechts. Blasenmitte n'_r .

Libelle umsetzen:

Ablesen der Libelle bei Kreis links, Nullpunkt links. Blasenmitte n'_1 .

Jetzt ist neu zu horizontieren, um andere Zahlenwerte für die Rechnung zu erhalten, ein zweiter Satz zu messen, dann noch einmal zu horizontieren und ein dritter Satz zu messen. Danach sind die Differenzen $n'_1 - n'_r$ und $n''_1 - n''_r$ in den einzelnen Sätzen zu berechnen und zu mitteln. Damit wird i dreimal berechnet und die Ergebnisse gemittelt, wenn sie nicht allzusehr voneinander abweichen. Bei großen Abweichungen sind die Messungen unter größeren Vorichtsmaßregeln (feste Aufstellung, Ausschluß der Sonnenbestrahlung) zu wiederholen. Je nach dem erhaltenen Vorzeichen ist i nach der oben gegebenen Regel auf die Stellung der Blasenmitte anzuwenden und durch Verstellen der Achsenlager die Blase auf den neuen Spiel-punkt zu bringen.

Einrichtungen zum Verstellen der Achsenlager. Bei dem kleinen Universalinstrument und dem Mikroskop-Theodolit ist nur ein Achsenlager verstellbar. Die Einrichtung zeigt Fig. 13.

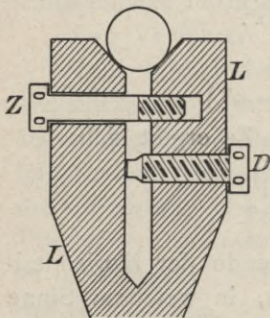


Fig. 13.

Das Lager L besteht aus zwei gegeneinander verschiebbaren Teilen. Die Verschiebung bewirken eine Zugschraube Z und eine Druckschraube D . Um die Achse höher zu stellen, ist D zu lösen, Z anzuziehen, und umgekehrt.

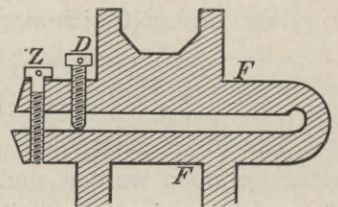


Fig. 14.

Das geodätische Universalinstrument läßt ein Verstellen der Horizontalachsenlager nicht zu.

Am astronomischen Universalinstrument ist an beiden Lagern die in Fig. 14 gezeichnete Anordnung getroffen. Das Lager ruht auf einer starken Feder, deren oberer Arm durch eine Zugschraube Z und eine Druckschraube D höher oder tiefer gestellt werden kann. Zum Höherstellen ist Z zu lösen, D anzuziehen.

§ 11. Untersuchungen und Berichtigungen für astronomische Beobachtungen.

Es ist zunächst einiges zum Horizontieren zu bemerken. Dann sollen die vor jeder Gebrauchsperiode, also etwa jährlich auszuführenden und endlich einige Untersuchungen besprochen werden, die in noch größeren Zeitabschnitten vorzunehmen sind.

1. Untersuchungen und Berichtigungen, die vor jedem Beobachten anzustellen sind.

Das **Horizontieren**. Am astronomischen Instrument werden sehr empfindliche Libellen verwendet. Daher wird schon bei geringer Abweichung des Libellenspielpunktes von der Teilungsmittle der Libelle die Blase nach dem Drehen um 180° aus der Teilung laufen, vorausgesetzt, daß vor der Drehung die Blasenmitte unter der Teilungsmittle stand. Man hat deshalb jedesmal zum Horizontieren die Libelle zu verstellen, zu welchem Zwecke eine besondere Feinschraube angebracht ist, durch die der ganze Libellenträger mitsamt der Libelle bewegt wird. Wenn nach dem Drehen um 180° die Blase anstößt, so kann man den Ausschlag nicht feststellen, also auch nicht den halben Ausschlag beseitigen. Man verfährt dann in folgender Weise: Die Blase wird nach der Drehung um 180° mit der Libellenfeinschraube zum Einspielen unter der Teilungsmittle gebracht. Die dazu erforderlichen Umdrehungen der Schraube werden gezählt. Man bemühe sich, diese Umdrehungen recht gleichmäßig zu machen. Dreht man um die Hälfte der Umdrehungen zurück und bringt dann die Blase mit den Fußschrauben zum Einspielen, so ist eine ungefähre Horizontierung erreicht und kann die genauere nachfolgen.

2. Untersuchungen und Berichtigungen, die nur vor jeder Gebrauchsperiode, also etwa einmal im Jahre, notwendig werden.

Mikroskope. Die Mikroskope sind einmal im Jahr vor der Reise ins Vermessungsgebiet zu berichtigen. Man hat zu untersuchen:

1. die Adjustierung,
2. die Abstimmung,
3. die Gegenüberstellung.

Jedes Verstellen an den Mikroskopen hat mit großer Sorgfalt zu

geschehen. Man markiere, bevor irgend etwas verstellt wird, die bisherige Lage durch feine Striche mit einem scharfen Messer.

Adjustieren. Bei adjustiertem Mikroskop muß, wenn die Fäden scharf eingestellt sind, das Bild der Teilung in der Fadenebene liegen. Man überzeugt sich durch schnelles seitliches Hin- und Herbewegen des Auges vor der Lupe davon, daß dies der Fall ist. Zur Berichtigung ist das ganze Mikroskop so lange gegen die Teilung zu verschieben, bis das Bild der Teilung in der Fadenebene liegt. Dazu sind die Schrauben f und g — siehe Fig. 6, S. 14 — zu lösen. Das Verschieben läßt sich am leichtesten ausführen, wenn man gleichzeitig das Mikroskop um seine Längsachse hin- und herdreht. Ist die Berichtigung erreicht, so sind die Schrauben wieder anzuziehen.

Abstimmen. Das Abstimmen des Mikroskops auf die Teilung soll bewirken, daß eine Trommelumdrehung dem von der Trommelbezeichnung angegebenen Intervall entspricht.

Man dreht die Trommel auf 0 und bringt mit der Feinschraube für Horizontal- bzw. Höhenbewegung einen Teilstrich der Teilung zwischen die Fäden. Dann verschiebt man durch Drehen der Trommel die Fäden etwa 5 Teilstriche weiter. Zeigt jetzt die Trommel nicht wieder 0, so stimmt das Mikroskop nicht. Geringe Fehler, bis zu zwei Doppelsekunden für ein Teilungsintervall, lasse man bestehen; größere Fehler sind in folgender Weise zu beseitigen:

Hat man über Null hinwegdrehen müssen, um auf den 5. Teilstrich zu gelangen, so ist das Bild der Teilung zu groß. Man hat zur Erzielung der richtigen Vergrößerung das Mikroskop nach Lösung der Schrauben f und g in leicht drehender Bewegung der Kreisteilung ein wenig zu nähern. Danach ist das Mikroskop so zu drehen, daß die beiden Fäden den Teilstrichen genau parallel sind, und die Schraube f wieder anzuziehen. Die scharfe Einstellung des Mikroskops ist sodann durch Einschieben des Objektivrohrs in das Mikroskop wiederherzustellen und dann die Schraube g anzuziehen.

Der nie völlig zu beseitigende Vergrößerungsfehler des Mikroskops wird dadurch verringert, daß man die Fäden bei jeder Ablesung auf den Teilstrich vor und hinter der Kimme einstellt und die erhaltenen Ablesungen mittelt. Dies geschieht nur bei astronomischen Messungen.

Gegenüberstellung. Außer den besprochenen Berichtigungen hat noch eine Prüfung der Gegenüberstellung der Mikroskope zu erfolgen, d. h. es soll Mikroskop II = 180° + Mikroskop I ablesen. Ist das nicht der Fall, so ist die Kimme von Mikroskop II zu verstellen. Das Verfahren wird für ein Mikroskop des Horizontalkreises gegeben, für Höhenkreismikroskope ist es entsprechend. Man bringt die Kimme von Mikroskop A durch die an der linken Kastenwand angebrachte Schraube möglichst genau in die Mitte des Gesichtsfeldes, schraubt

mit der Feinschraube für Horizontalbewegung einen Teilstrich auf die Kimme und bringt die Fäden des Mikroskops über diesen Teilstrich, so daß also Kimme, Teilstrich und Fäden sich decken. Dann stellt man — ohne die Fäden zu bewegen — die Trommel auf 0. Dazu ist das gereifelte Rad mit der rechten Hand gut festzuhalten und die Trommel, die nur mit Reibung auf ihrer Achse sitzt, zu drehen.

Alsdann hat man Kimme und Fäden von Mikroskop B so einzustellen, daß die Ablesung bei $B = 180^\circ \pm$ Ablesung bei A ist, und dann die Trommel — wieder ohne die Fäden zu verschieben — auf 0 einzustellen.

Es ist zweckmäßig, Mikroskop B nicht auch Null, sondern einige Sekunden mehr ablesen zu lassen als A , aus folgendem Grunde:

Beim Protokollieren der Ablesungen werden von B nur die Sekunden notiert. Hat man nun A und B genau gleiche Ablesungen gegeben, so kann infolge von Kreisteilungsfehlern und durch die Exzentrizität der Alhidade der Fall eintreten, daß in einer anderen Stellung der Alhidade B einige Sekunden weniger abliest als A . War die Anzahl der Sekunden bei A nur klein, so ist es möglich, daß bei B ein kleinerer Minutenwert abgelesen wird als bei A , daß man daher, um die Minute nur einmal zu protokollieren, mit Minuswerten bei B zu arbeiten hat. Das kann eine Quelle für Versehen werden, die durch das angegebene Verfahren von vornherein vermieden werden.

Berichtigung der Horizontalachse. Für diese Berichtigung gilt das im § 10 darüber Gesagte ohne Beschränkung. Da die Berichtigung nie vollkommen ist, ist bei astronomischen Azimutbestimmungen die Neigung der Horizontalachse, angezeigt durch die Aufsatzlibelle, in jedem einzelnen Falle festzustellen. Über die Berücksichtigung in der Rechnung siehe § 12.

Libellenkreuzung. Libellenkreuzung ist dann vorhanden, wenn Libellenachse und Horizontalachse nicht in derselben Vertikalebene liegen. Das Vorhandensein eines Kreuzungsfehlers erkennt man daran, daß beim seitwärtigen Kippen der Libelle ein Ausschlag auftritt. Dieser Ausschlag muß durch die seitlich wirkenden Libellenkorrektionschrauben beseitigt werden.

Regel: Man kippe die Libelle von sich weg und entferne dann durch die Korrektionschrauben das Libellenende von sich, nach dem hin die Blase auswandert.

Zielachsenfehler. Bei der allgemeinen jährlichen Untersuchung, die sich auf die vorgenannten Punkte in erster Linie zu erstrecken hat, überzeugt man sich auch von der Größe des Zielachsenfehlers (Kollimationsfehlers) und des Zenitpunktfehlers und verringert sie gegebenenfalls.

Bei Beseitigung bzw. Verringerung des ersteren Fehlers gilt das im § 10 Gesagte. Da eine völlige Beseitigung nicht zu erreichen ist und da der Veränderlichkeit der Lage des Zielobjekts wegen ein Azimut nicht ohne Weiteres durch Beobachten in beiden Fernrohrlagen abgeleitet werden kann — wodurch bei der Dreiecksmessung der Zielachsenfehler ausgeschaltet wurde —, so ist bei Azimutbeobachtungen, bei denen allein dieser Fehler eine Rolle spielt, jede einzelne Horizontalablesung für den Fehler zu verbessern. Darüber siehe § 12.

Zenitpunktfehler. Auch der Zenitpunktfehler kann in der Astronomie nicht wie in der terrestrischen Vermessung durch Beobachten desselben Zenitabstandes in beiden Fernrohrlagen ausgeschaltet werden. Man muß ihn vielmehr auf jede einzelne Höhenkreisablesung anwenden. Eine Verkleinerung des Fehlers durch eine Berichtigung des Instruments kommt erst in Betracht, wenn der Fehler eine störende Größe annimmt.

Wie schon in § 10 gesagt, ist der Zenitpunktfehler durch Addition der in beiden Fernrohrlagen erhaltenen Ablesungen in der halben Ergänzung dieser Summe zu 360° zu finden. Man berechnet damit die Ablesung, die man bei fehlerfreiem Höhenkreis hätte erhalten müssen, und stellt diese Ablesung an den Mikroskopen ein — durch Verstellen der Kimmen der Mikroskope. Dies hat in folgender Weise zu geschehen:

Man dreht die Trommel auf die richtige Ablesung, indem man durch Festhalten des gereiften Rades verhindert, daß die Fäden sich verschieben. Dann dreht man die Trommel auf 0 — bewegt dadurch auch die Fäden aus ihrer Stellung — und bringt durch die am anderen Kastenende angebrachte Schraube die Kimme unter den Doppelfaden. Nach Ausführung dieser Handgriffe stellt man die Fäden wieder über den alten Teilstrich und überzeugt sich davon, daß die Ablesung gleich der vorher berechneten ist.

Bei Mikroskop II verfährt man entweder ebenso, oder man erzielt hier die richtige Ablesung dadurch, daß man es dem Mikroskop I richtig gegenüberstellt (siehe Seite 40).

Stellung der Fadenplatte. Über die Untersuchung der Stellung der Fadenplatte und die Berichtigung gilt das im § 10 Gesagte. Die Prüfung wird jedoch an einem Horizontalfaden vorgenommen. Es ist infolgedessen erforderlich, daß das Objekt sich nicht mehr als 5° über dem Horizont befindet.

3. Untersuchungen, die in größeren als jährlichen Zeitabschnitten nötig werden.

Unendlichkeitsstellung des Okulars und Berechnung der Fadenabstände. Man braucht die Fadenabstände, d. h. das Winkelmaß, das der linearen Entfernung der Fäden voneinander entspricht, einmal, um

einen etwa nicht beobachteten Fadendurchgang einschalten zu können, und zweitens, um sämtliche Fadendurchgänge auf den Mittelfaden zu reduzieren.

Da die Fadenabstände sich mit jeder Verschiebung des Okularauszuges ändern, ist die Berechnung erst nach Einstellung des Okularauszuges auf »Unendlich« vorzunehmen. Diese Berechnung hat nach jeder Veränderung in der Einstellung des Fernrohrs von neuem zu erfolgen.

Die Unendlichkeitsstellung ist am sichersten herzustellen, wenn man den Mond in den Phasen des ersten bzw. letzten Viertels anzielt. Scheint der Mond nicht, so wähle man einen Planeten oder einen Doppelstern. Dem Scharfeinstellen der Fäden vor Einstellung des Fernrohrs ist allergrößte Sorgfalt zuzuwenden. Nach der Scharfeinstellung ist die Klemmschraube des Okularauszuges fest anzuziehen, damit das Okular auch beim Herausnehmen des Instruments aus dem Kasten und beim Wiederverstauen sich nicht verschiebt.

Mit der Berechnung der Fadenabstände für die gefundene Unendlichkeitsstellung kann unbedenklich einige Tage gewartet werden. Man kann infolgedessen die Unendlichkeitsstellung am Abend vor Beginn der eigentlichen Beobachtungen vornehmen.

Vor Beginn der zur Berechnung der Fadenabstände erforderlichen Beobachtungen ist die Horizontalstellung der Horizontalfäden zu prüfen, wofür das in den §§ 10 und 11 über Prüfung der Vertikalfäden Gesagte sinngemäß anwendbar ist.

Zur Berechnung der Fadenabstände richtet man, nachdem genau horizontalisiert ist, das Fernrohr auf ein möglichst weit entferntes Objekt. Die Entfernung muß so groß sein, daß das Bild mit dem auf »Unendlich« eingestellten Fernrohr scharf gesehen wird.

Man stellt das Objekt nacheinander auf jeden einzelnen Horizontalfaden ein, liest jedesmal beide Höhenmikroskope ab und wiederholt das Ganze in umgekehrter Reihenfolge der Fäden. Das Objekt ist auf dem Hin- und Rückgange auf entgegengesetzten Seiten des Vertikalfadens und möglichst gleich weit von diesem zu halten. Das Ganze wird mit durchgeschlagenem Fernrohr wiederholt. Aus dem Winkelauszug ergeben sich die gesuchten Fadenabstände.

Bestimmung des Wertes eines Libellenteils. Man muß bei astronomischen Messungen in der Lage sein, den einem Blasenausschlag der Libelle entsprechenden Winkel angeben zu können, um dadurch alle gemessenen Azimute oder Zenitabstände auf Mittelstellung der Blase reduzieren zu können. Unter Wert eines Libellenteils versteht man den Winkel, um den sich die Libellenachse d. h. die Tangente am Mittelpunkt der Libelle beim Auswandern der Blase um einen Teilstrich

gedreht hat. Der Wert eines Libellenteils bleibt Jahre hindurch konstant, so daß eine neue Bestimmung dieses Wertes nur etwa alle fünf Jahre vorzunehmen ist.

Das Prinzip der Berechnung ist folgendes: Man berechnet den Winkelbetrag, um den bei einer ganzen Umdrehung einer Fußschraube die zum Fuß dieser Fußschraube parallel gestellte Libellenachse gekippt wird, zählt die Anzahl der Libellenteile, um die während dieses Kippens die Blase auswandert, und erhält dann den Winkel, der einem Auswandern der Blase um einen Teilstrich entspricht.

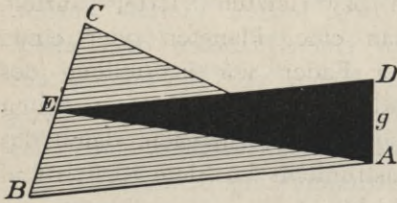


Fig. 15.

Zunächst ist also der Winkel festzustellen, um den bei einer Umdrehung der Fußschraube die Libellenachse gehoben wird. Es sei in Fig. 15 — perspektivisch gesehen — ABC das gleichseitige Fußspitzendreieck, AD die Ganghöhe g der Schraube A , AE die Senkrechte von A auf BC . Dann

ist AED der gesuchte Kippwinkel k .

$$\text{Es ist } k = \frac{g}{AE} \cdot q; \quad AE = AB \cdot \sin 60^\circ.$$

Es bleibt zu erläutern, wie g und AB zu finden sind (falls Angaben darüber sich nicht im Revisionsbuch des betreffenden Instruments befinden).

Ist eine der Fußschrauben mit Teilung versehen, so schraubt man diese heraus, ist das nicht der Fall, so nimmt man die später zum Kanten der Libelle zu benutzende. Man drückt das Gewinde auf einem Stück Papier ab, stellt die Anzahl Gänge fest, die auf 10 mm fallen, findet daraus g in mm. Die Seite des Fußspitzendreiecks und damit die Seite AE ergibt sich mit genügender Genauigkeit durch Anlegen eines Millimetermaßstabes an die Fußspitzen.

Eine Schwierigkeit im weiteren Verfahren tritt dadurch ein, daß schon bei geringer Drehung der Fußschraube die Blase aus der Teilung läuft. Man hilft sich dadurch, daß man, sobald die Blase nahezu anstößt, ihre Stellung notiert und sie dann durch die beiden anderen Fußschrauben nahezu in die andere Grenzlage zurückholt. Im einzelnen ist demnach, wie folgt, zu verfahren:

Man horizontiert das Instrument so scharf wie möglich, stellt die Libelle so, daß sie genau auf die zu benutzende Fußschraube A zeigt, und bringt die Blase nahezu in eine Grenzlage. Die Stellung, die die Fußschraube jetzt hat, ist zu notieren bzw. mangels einer Teilung mit Zeiger durch eine besondere Marke auf der Schraube A und eine Stecknadel in der Unterlage festzuhalten. Man notiert die Stellung der

Blasenenden, bildet die halbe Summe als Stellung der Blasenmitte und zur Kontrolle die Differenz, die die ungefähr konstante Blasenlänge ergeben muß.

Durch Drehen der Schraube *A* bringt man die Blase nahezu in die andere Grenzlage, notiert die Ablesung der Blasenenden, bildet halbe Summe und Differenz wie zuerst.

Durch die beiden anderen Schrauben wird die Blase zurückgeholt, abgelesen, durch die Schraube *A* dann wieder in die andere Grenzlage gebracht und abgelesen, und so fort, bis die Schraube *A* eine volle Umdrehung gemacht hat.

Nunmehr stellt man die Anzahl Libellenteile fest, die die Blase infolge der Drehung der Fußschraube *A* durchlaufen hat. Durch die gefundene Zahl dividiert man den Kippwinkel *k*. Das Ergebnis ist der Wert eines Libellenteils.

Das folgende Beispiel wird Verfahren und Rechnung näher erläutern:

Stellung der markierten Schraube	Blasenenden		Blasen- länge	Blasen- mitte	Differenz
	links	rechts			
6 über Null hinweg ↓	16.4	24.9	8.5	20.6	} 16.2
	0.2	8.7	8.5	4.4	
2.3	16.3	24.8	8.5	20.6	} 16.0
	0.3	8.8	8.5	4.6	
34.7	16.7	25.2	8.5	20.9	} 16.6
	0.1	8.6	8.5	4.3	
30.9	15.9	24.3	8.6	20.1	} 15.0
	0.8	9.3	8.5	5.1	
27.5	15.9	24.4	8.5	20.2	} 16.0
	0.0	8.5	8.5	4.2	
23.9	15.9	24.3	8.6	20.1	} 15.6
	0.3	8.8	8.5	4.5	
20.2	16.2	24.7	8.5	20.4	} 15.6
	0.6	9.0	8.4	4.8	
16.5	16.2	24.7	8.5	20.4	} 16.0
	0.2	8.7	8.5	4.4	
9.2	16.1	24.5	8.4	20.3	} 15.8
	0.2	8.7	8.5	4.5	
6.0	16.3	24.7	8.4	20.5	} 14.5
	1.8	10.2	8.4	6.0	
Summe					157.3

Durch Messung ist gefunden:

Ganghöhe $g = 0.4$ mm

Seite des Fußspitzendreiecks = 133.2 mm.

Es war: $k = \frac{g \cdot \varrho}{a \cdot \sin 60^\circ}$; bezeichnet man mit s die oben gefundene Summe aller Libellenteile, so ist

$$\mu = \frac{k}{s} = \frac{\varrho}{\sin 60^\circ} \cdot \frac{g}{a \cdot s}$$

Für $s = 157.3$, wie es im gegebenen Beispiel gefunden ist, ergibt sich $\mu = 4.55''$.

Je nach der verlangten Genauigkeit ist das Verfahren ein oder mehrere Male bei Benutzung anderer Stellen der Fußschraube zu wiederholen.

Im folgenden wird eine weniger scharfe, aber auch wesentlich vereinfachte Methode der Libellenteilbestimmung gegeben, wie sie z. B. für die Libellen des kleinen Universalinstruments anzuwenden wäre. Bei dieser Methode verkantet man die Vertikalachse um einen Winkel, dessen Größe man wie vorher aus Ganghöhe und Seite des Fußspitzendreiecks berechnet. In dieser Instrumentstellung spielt die Libelle an zwei Stellen ein, nämlich dann, wenn ihre Achse senkrecht zu dem Instrumentenfuß der Schraube steht, die zum Verkanten benutzt worden ist. Man bringt die Libellenblase durch Drehen des Oberbaues in eine Grenzlage und läßt sie dann durch Drehen des Oberbaues in die andere Grenzlage hinüberwandern, wobei jedesmal der Stand der Blase durch Ablesen der Blasenenden und die Stellung der Alhidade durch eine Nonienablesung festgestellt werden. Berechnet man dann den Winkel, um den die Libellenachse bei der Drehung des Oberbaues gekippt worden ist, so ist daraus und aus der Anzahl der von der Blase durchlaufenen Libellenteile der Wert eines Libellenteils zu bestimmen.

In Fig. 16 sei die Instrumentachse um den Winkel $GCF = J$ gekippt, eine Drehung der Alhidade um den Winkel $B_1CD_1 = A_1$ ergebe

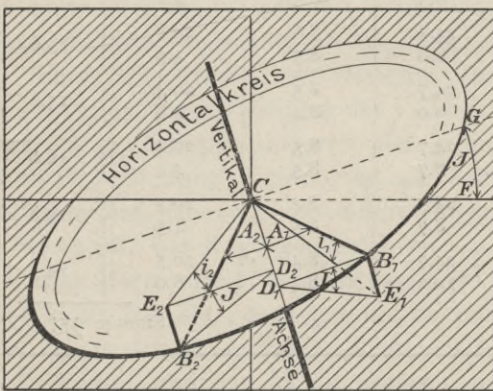


Fig. 16.

eine Stellung der Blasenmitte $= n_1$, eine Drehung um den Winkel $B_2CD_2 = A_2$ ergebe eine Stellung der Blasenmitte n_2 . Dann entspricht im ersten Falle die in Libellenteilen gemessene Verschiebung der Blase dem Winkel $B_1CE_1 = i_1$, und es ist $\mu n_1 = i_1$, im zweiten Falle dem Winkel $B_2CE_2 = i_2$, und es ist $\mu n_2 = i_2$.

In der Figur sei ferner B_1D_1 und $B_2D_2 \parallel GC$ also B_1D_1 und $B_2D_2 \perp CD_1$

und Ebene $B_1D_1E_1$ und $B_2D_2E_2 \perp CD_1$, also $\sphericalangle B_1D_1E_1$ und $\sphericalangle B_2D_2E_2 = J$.

Es ist im Dreieck B_1CE_1

$$\sin i_1 = \frac{B_1E_1}{CB_1} = \frac{B_1E_1}{CG}$$

B_1E_1 ist zu finden aus dem Dreieck $D_1B_1E_1$

$$B_1E_1 = B_1D_1 \cdot \sin J$$

$$B_1D_1 = B_1C \cdot \sin B_1CD_1 = CG \cdot \sin B_1CD_1 \\ = CG \cdot \sin A_1,$$

also $B_1E_1 = CG \cdot \sin A_1 \cdot \sin J$.

Somit $\sin i_1 = \frac{CG \cdot \sin A_1 \cdot \sin J}{CG}$
 $= \sin A_1 \cdot \sin J$.

Da J und i_1 sehr kleine Winkel sind, so wird $i_1 = J \cdot \sin A_1$; ganz entsprechend ergibt sich $i_2 = J \cdot \sin A_2$; damit gehen die Formeln $\mu n_1 = i_1$ und $\mu n_2 = i_2$ über in: $\mu n_1 = J \cdot \sin A_1$

$$\text{und } \mu n_2 = J \cdot \sin A_2 \\ \mu (n_1 + n_2) = J \cdot (\sin A_1 + \sin A_2) \\ = J \cdot 2 \sin \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot \cos \frac{A_1 - A_2}{2}.$$

Werden A_1 und A_2 möglichst gleich groß gemacht, so ist $\cos \frac{A_1 - A_2}{2}$ annähernd gleich 1 und

$$\mu = \frac{2 J \cdot \sin \frac{1}{2} (A_1 + A_2)}{n_1 + n_2} \\ = \frac{2 J \cdot \sin \frac{1}{2} (\text{Abl.}_2 - \text{Abl.}_1)}{n_1 + n_2}.$$

Beispiel einer Libellentheilbestimmung nach der vereinfachten Methode:

Kreis	Niveau	Kreis	Niveau
202° 40'	I 22.7 r 12.9	202° 40'	I 22.8 r 12.9
200 40	I 17.7 r 7.8	204 40	I 27.9 r 18.1
$A_1 = 2^\circ$	5.0 5.1	$A_2 = 2^\circ$	5.1 5.2
$\frac{A_1 + A_2}{2} = 2^\circ = 120'$	5.0 5.1 5.1 5.2		
	Mittel = 5.1 = $n_1 + n_2$		

Die Ganghöhe der markierten Schraube wurde durch Abdrücken der Gänge auf Papier festgestellt zu $\frac{15}{23}$ mm. 3 Gänge = $\frac{45}{23} = 1.957$ mm. Seite des Fußspitzendreiecks = 133 mm, daher:

$$\text{Kippwinkel } \sin J'' = \frac{1.957}{133} \text{ und}$$

$$\mu'' = \frac{120 \cdot 60 \cdot 1.957}{5.1 \cdot 133}$$

$$\log 120 \cdot 60 = 3.8573$$

$$,, \quad 1.957 = 0.2916$$

$$,, \quad 1 : 5.1 = 9.2924$$

$$,, \quad 1 : 133 = 7.8762$$

$$\log \mu = 1.3175$$

$$\mu = 20.8''.$$

§ 12. Rechnerische Berücksichtigung von Instrumentenfehlern bei astronomischen Beobachtungen.

Ableitung der Formel für Verbesserung eines beobachteten Zenitabstandes. Das Fernrohr sei in der Normallage — Gewicht rechts — auf den Zenitabstand z eingestellt, R sei der Mittelwert der beiden Ablesungen der Höhenmikroskope. Die Bezifferung der Libelle wächst mit dieser Fernrohrlage im Sinne der Zielrichtung nach dem Objekt zu. Die Ablesung an der Libelle (die Blasenmitte wird stets als arithmetisches Mittel der Blasenenden hergeleitet) sei i_1 — inneres, d. h. dem Beobachter zugekehrtes Blasenende und a_1 — äußeres Blasenende. Die Libelle hat x Teile, der Wert eines Libellenteils sei μ . — Nimmt man an, daß die Blase aus der Mitte nach außen zu, also nach den größeren Zahlen der Teilung, hinausgelaufen ist, so ist die von der Libelle angezeigte Neigung:

$$\mu \cdot \left[\frac{i_1 + a_1}{2} - \frac{x}{2} \right].$$

Um diesen Winkelbetrag müßte das Objektiv des Fernrohrs durch die Fußschrauben gesenkt werden, um die Blase zum Einspielen zu bringen. Dabei würde die Zielachse vom Objekt auswandern. Wollte man sie wieder einrichten, so müßte man das Fernrohr durch die Höhenfeinschraube um denselben Winkel heben. Man würde dadurch den Zenitabstand verkleinern, d. h. zu kleineren Zahlen der Höhenkreisteilung übergehen. Daher wäre die Ablesung bei einspielender Libelle $R - \mu \cdot \left[\frac{i_1 + a_1}{2} - \frac{x}{2} \right]$.

Angenommen, der Zenitzielung des Fernrohrs entspräche die Ablesung Z , dann ist der wahre Zenitabstand des eingestellten Objekts

$$z = \left(R - \mu \cdot \left[\frac{i_1 + a_1}{2} - \frac{x}{2} \right] \right) - Z$$

$$= R - \mu \cdot \frac{i_1 + a_1}{2} - \left(Z - \mu \cdot \frac{x}{2} \right).$$

Zur gleichen Formel gelangt man, wenn die Blase zuerst nach innen aus der Libellenmitte hinausgelaufen ist. Denn dann ist die Neigung dargestellt durch $\mu \cdot \left(\frac{x}{2} - \frac{i_1 + a_1}{2} \right)$ und muß zu R addiert werden.

Jetzt habe man durchgeschlagen und das Fernrohr bei Gewicht links von neuem eingerichtet. L sei das Mittel der Ablesungen am Höhenkreis. Die Libellenteilung wächst in dieser Lage nach dem Okular zu. i_2 und a_2 sollen wie vorher die Stellungen der Blasenenden bezeichnen. Wieder sei die Blase nach der Seite der größeren Zahlen hin aus der Mitte hinausgelaufen. Dann ist die von der Libelle angezeigte Neigung $\mu \cdot \left(\frac{i_2 + a_2}{2} - \frac{x}{2} \right)$. Um die Blase einspielen zu lassen, muß das Objektiv des Fernrohrs mit den Fußschrauben gehoben, dann zum Wiedereinrichten mit der Höhenfeinschraube gesenkt werden. Da in dieser Lage an der Kreisteilung $360^\circ - z$ abgelesen wird, geht man bei wachsendem z — Senken des Fernrohrs — zu kleineren Zahlen der Teilung über. Die richtige Ablesung ist daher $L - \mu \cdot \left[\frac{i_2 + a_2}{2} - \frac{x}{2} \right]$ und der Zenitabstand

$$z = \mu \cdot \frac{i_2 + a_2}{2} + \left(Z - \mu \cdot \frac{x}{2} \right) - L.$$

Auch hier muß das Resultat für Auswandern der Blase nach den kleineren Zahlen der Teilung hin dasselbe werden.

In beiden gefundenen Gleichungen steht das konstante Glied (konstant, solange Z konstant ist) $Z - \mu \cdot \frac{x}{2}$. Es sei mit Z_0 bezeichnet. Dann heißen die Gleichungen, aus denen in beiden Fernrohrlagen die Zenitabstände zu berechnen sind:

$$z = \left(R - \frac{\mu}{2} \cdot (i_1 + a_1) \right) - Z_0$$

$$z = Z_0 - \left(L - \frac{\mu}{2} \cdot (i_2 + a_2) \right).$$

Daraus ergibt sich zur Bestimmung von Z_0 :

$$Z_0 = \frac{R - \frac{\mu}{2} \cdot (i_1 + a_1) + L - \frac{\mu}{2} \cdot (i_2 + a_2)}{2}$$

Man berechnet aus der zuletzt aufgestellten Gleichung Z_0 nach einem irdischen Objekt und hat dann die astromischen Zenitabstände nach den gegebenen Formeln umzurechnen. Das folgende Beispiel wird das Verfahren im einzelnen erläutern.

	Gewicht rechts			Gewicht links		
	$Z_0 = 359^\circ 58' 51.6''$			$\mu = 4.7''$ $\frac{1}{2}\mu = 2.35''$		
Libellenablesung	1.7	—	15.2	10.8	—	24.0
Summe ($i_1 + a_1$ bzw. $i_2 + a_2$) . .	16.9			34.8		
Mikroskop I vor	49°	51'	9''	310°	10'	14''
hinter			8			15
Mikroskop II vor	51	12	7			15
hinter			8			15
R bzw. L	49	51	18	310	10	30
Neigung $\frac{\mu}{2} \cdot (i_1 + a_1)$	—		39.7	—	1	21.8
	49°	50'	38.3''	310°	9'	8.2''
Z_0	359	58	51.6	359	58	51.6
z	49	51	46.7	49	49	43.4

Für die Werte $\frac{\mu}{2} \cdot (i + a)$ fertige man, um das jedesmalige Berechnen der Neigung zu vermeiden, eine Tabelle an, aus der mit dem Eingang $i + a$ die Werte $\frac{\mu}{2} \cdot (i + a)$ entnommen werden können.

Ableitung der Formel für Verbesserung eines gemessenen Azimuts.

Vorzeichenregeln. Über die Vorzeichen des Zielachsenfehlers und des Neigungsfehlers der Horizontalachse wird folgendes bestimmt:

1. **Zielachsenfehler c.** Weicht die Zielachse von ihrer fehlerfreien Lage nach dem Gewichtsende der Horizontalachse ab, so ist der Zielachsenfehler c negativ, im anderen Falle positiv.

2. **Neigungsfehler i.** Die Neigung wird als positiv bezeichnet, wenn bei horizontiertem Instrument das Gewichtsende der Horizontalachse das höhere ist, im anderen Falle als negativ.

Beide Vorzeichenregeln sind nach dem Grundsatz aufgestellt, daß bei positivem Fehler die Ablesung am Horizontalkreis zu groß gefunden wird.

Einfluß der Fehler: a. Zielachsenfehler. In Fig. 17 ist MO das Fernrohr in der Normallage »Gewicht rechts«, OMP gleich c der positive Zielachsenfehler. Die Zielachse beschreibt beim Kippen des

Fernrohrs einen kleinen Kreis parallel zu dem größten Kreis ZPA , den sie bei richtiger Lage der Zielachse beschreiben würde, und zwar ist dieser kleine Kreis um die Winkelgröße c von dem größten Kreis entfernt. Denkt man sich jetzt c beseitigt, dann nimmt die Zielachse die Lage MP ein, sie ist um den Betrag OP von O ausgewandert. Es handelt sich darum, festzustellen, welches der Unterschied im Azimut zwischen MO und MP ist. Dieser wird durch den Winkel $OZP = \Delta Az$ ausgedrückt. In dem sphärischen Dreieck ZPO ist PO gleich c , ZP gleich z , dem Zenitabstand. Da der Winkel bei P ein rechter ist, so ist nach der Napierischen Regel $\cos(90^\circ - ZP) = \text{ctg } PZO \cdot \text{ctg}(90^\circ - PO)$

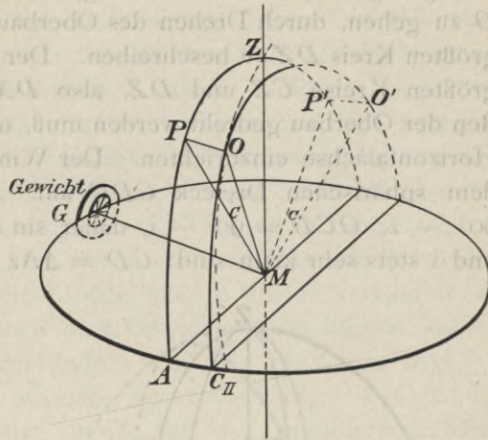


Fig. 17.

$$\sin z = \frac{\text{tg } c}{\text{tg } \Delta Az}$$

Da c und ΔAz sehr klein sind, so ergibt sich

$$\Delta Az = \frac{c}{\sin z} = c \cdot \text{cosec } z.$$

Um diesen Betrag also ist der Oberbau, falls c beseitigt ist, im Azimut zu drehen, und zwar, wie die Figur zeigt, von P nach O , also nach den kleineren Zahlen der Teilung hin. War vor Beseitigung von c die Ablesung R , so ist die berichtigte Ablesung $= R - c \cdot \text{cosec } z$. Für die Betrachtung in der Lage »Gew. links« gelten an derselben Figur die mit ' versehenen Bezeichnungen. Das Fernrohr ist auf O' eingerichtet, so daß ZO' gleich ZO ist. Nach Beseitigung von c zeigt die Zielachse nach P' ; um sie wieder einzurichten, ist sie durch Drehen des Oberbaues in die alte Lage MO' zu bringen. Dazu ist eine Drehung im Sinne des Uhrzeigers erforderlich, also nach den größeren Zahlen der Teilung hin. Die Änderung im Azimut ist wie vorher $c \cdot \text{cosec } z$. Also ist die berichtigte Ablesung $= L + c \cdot \text{cosec } z$.

β. Neigungsfehler. In Fig. 18 sei MG , die Horizontalachse, in der Normallage »Gewicht rechts« um den Winkel $HMG = i$ gegen den Horizont geneigt. i ist nach der gegebenen Regel positiv, da das Gewichtsende höher liegt. Die von Zielachsenfehler freie, auf das Objekt O eingerichtete Zielachse MO beschreibt beim Kippen um die Horizontalachse einen größten Kreis CO , der gegen den größten Kreis CZ , den die Zielachse bei horizontaler Horizontalachse beschreiben

würde, um den Winkel i , gegen den Horizont um den Winkel OCD gleich $90^\circ - i$ geneigt ist. Bei verbesserter Horizontalachse beschreibt, wie gesagt, die Zielachse den größten Kreis CZ , sie muß, um durch O zu gehen, durch Drehen des Oberbaues dahin gebracht werden, den größten Kreis DZ zu beschreiben. Der Azimutalunterschied der beiden größten Kreise CZ und DZ , also $DMC = \Delta Az$ ist der Betrag, um den der Oberbau gedreht werden muß, um das Fernrohr bei horizontaler Horizontalachse einzurichten. Der Winkel DMC tritt als Seite CD in dem sphärischen Dreieck CDO auf. Es ist $ODC = 90^\circ$, $OD = 90^\circ - z$, $OCD = 90^\circ - i$, daher $\sin CD = \operatorname{tg} i \cdot \operatorname{cgt} z$, oder da CD und i stets sehr klein sind: $CD = \Delta Az = i \cdot \operatorname{ctg} z$. Die Drehung muß

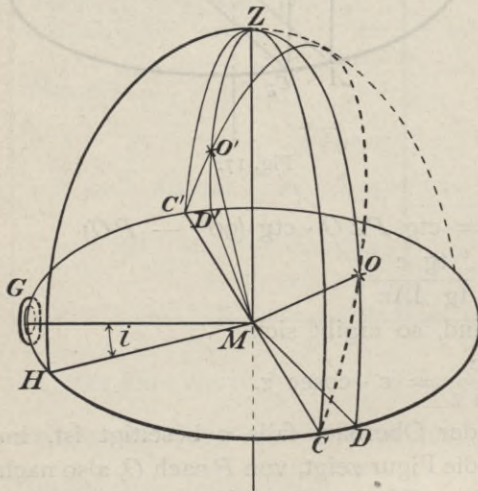


Fig. 18.

von C nach D , also entgegen dem Sinne der Drehung des Uhrzeigers erfolgen nach den kleineren Zahlen der Teilung hin. War R die fehlerhafte Ablesung am Horizontalkreis, so ist die berichtigte $R - i \cdot \operatorname{ctg} z$. Für die Betrachtung bei »Gewicht links« gelten an derselben Figur die mit ' versehenen Bezeichnungen. Nach Berichtigung der Horizontalachse würde hier die Zielachse den größten Kreis $C'Z$ beschreiben, sie muß zum Einrichten auf O' dahin gebracht werden, den größten Kreis

$D'Z$ zu beschreiben. Um den Azimutalunterschied dieser beiden größten Kreise, den Winkel $C'MD'$, muß der Oberbau gedreht werden, und zwar, wie die Figur zeigt, im Sinne der Drehung des Uhrzeigers nach den größeren Zahlen der Teilung hin. $C'MD'$ ist als Seite im sphärischen Dreieck $O'DC'$ zu berechnen. Man erhält analog wie vorher $C'D' = \Delta Az = i \cdot \operatorname{ctg} z$. War L die fehlerhafte Ablesung, so ist die verbesserte $= L + i \cdot \operatorname{ctg} z$.

Fassen wir das über Berichtigung beobachteter Azimute Gesagte zusammen, so ergibt sich unter der Voraussetzung, daß das beobachtete Objekt unendlich weit entfernt ist, die berichtigte Ablesung aus folgenden Formeln:

$$\begin{aligned} R - [c \cdot \operatorname{cosec} z + i \cdot \operatorname{ctg} z] \\ L + [c \cdot \operatorname{cosec} z + i \cdot \operatorname{ctg} z] \end{aligned} \text{ vergl. auch § 42.}$$

Auch hier wird ein Zahlenbeispiel das Gesagte näher erläutern. Es genügt, die erste Hälfte einer vollständigen Messung — je eine Beobachtung bei Fernrohr rechts und Fernrohr links — zu geben.

Feststellung der Neigung. Vorher ist jedoch noch die Feststellung der Neigung zu besprechen. Es ist im § 10 bei Behandlung der Berichtigung der Horizontalachse gesagt worden, die halbe Differenz der Stellungen der Blasenmitte vor und nach dem Umsetzen sei die Neigung in Libellenteilen, wobei das Vorzeichen dieser Neigung nicht besonders berücksichtigt wurde. Das muß im vorliegenden Falle indessen doch geschehen. Man gibt daher den Zahlen der Blasenstellung vor und nach dem Umsetzen entgegengesetzte Vorzeichen und erhält dann aus der halben Summe der Blasenmittenstellung die Neigung in Libellenteilen.

Die Neigung sollte positiv sein, wenn das Gewichtsende der Achse höher liegt. Denkt man sich die Libelle über 0 hinaus verlängert, so gibt der Teil der Skala, der nach dem Gewicht zu wachsende Zahlen trägt, die positive Neigung, der andere Teil der Skala die negative Neigung. Die Neigung erhält positives Vorzeichen, wird also in der Libellenstellung abgelesen, in der die Zahlen der Teilung nach dem Gewicht zu wachsen, negatives Vorzeichen in der Libellenstellung, in der die Zahlen nach dem Gewicht zu kleiner werden. Somit ist folgendes Verfahren einzuschlagen:

Man liest das nach dem Gewichtsende zu liegende Blasenende zuerst ab. Steht dann die größere Zahl voran, so erhalten die Werte das + Vorzeichen, steht die kleinere Zahl voran, so erhalten die Werte das - Vorzeichen.

Die nähere Erläuterung gibt das folgende Zahlenbeispiel:

	Gewicht rechts			Gewicht links		
Mikroskop I vor	113°	47'	14''	295°	21'	19''
hinter			13.0		20	19.5
Mikroskop II vor	47	2	1.0	21	11	10.5
hinter		0			10	
R bzw. L	113	47	14.0	295	21	30.0
Libelle, Gewichtsende zuerst abgelesen . . . Summe	+ 19.2	+ 4.5	+ 23.7	- 3.6	- 18.4	- 22.0
Libelle umgesetzt, Gewichtsende zuerst abgelesen Summe	- 6.7	- 21.2	- 27.9	+ 22.4	+ 7.6	+ 30.0
vierfache Neigung in Libellenteilen			- 4.2			+ 8.0
multipliziert mit $\frac{1}{4}u$ ($1.2''$) = i		- 5.0''			+ 9.6''	
z		48°	50'		48°	5'
lg c lg i	1.687		0.699n	1.687		0.982
lg cosec z lg ctg z	0.123		9.942	0.128		9.953
	1.810		0.641n	1.815		0.935
	+ 64.6		- 4.4	+ 65.3		+ 8.6
Gesamtverbesserung		+ 1'	0.2''		+ 1'	13.9''
R bzw. L	113°	47'	14.0'	295°	21'	30.0''
R - Verb. bzw. L + Verb.	113	46	13.8	295	22	43.9

§ 13. Untersuchung des kleinen Universalinstruments für besondere Zwecke.

a. Für magnetische Beobachtungen. Von der Magnetnadel muß verlangt werden, daß sie sich nach Ablenkung wieder in die alte Richtung einstellt; die Reibung des Hütchens auf der Pinne wird diesem Bestreben der Nadel einen gewissen Widerstand entgegensetzen.

Es ist zu untersuchen, ob dieser Widerstand hinreichend klein ist. Zu diesem Zwecke macht man mehrere (mindestens 4) voneinander unabhängige Einstellungen der Magnetnadel auf die Marke unter sanftem Kratzen (s. Abschn. XIV) und liest bei jeder Einstellung einen Nonius des Horizontalkreises ab. Die größte zulässige Differenz zwischen den beiden Extremablesungen ist 5'. Ergeben die Ablesungen stärkere Unterschiede, so versucht man, dem Mangel durch vorsichtiges Reinigen von Pinne und Hütchen abzuhelfen. Gelingt dies nicht, so ist das betreffende Instrument zu Mißweisungsbestimmungen nicht zu verwenden.

b. Für den Gebrauch als Nivellierinstrument. Da in der Küstenvermessung stets nur mit einer Fernrohrlage nivelliert wird, nämlich bei obenliegender Fernrohrlibelle, so genügt es, wenn nur für die eine Seite der Doppellibelle der Libellenspielpunkt bestimmt, oder gegebenenfalls der Libellenachsenfehler beseitigt wird. Um dies durchzuführen, verfährt man nach den im § 10 gegebenen Vorschriften.

Nivellierinstrument	Nivellierinstrument	Nivellierinstrument
1. Nivellierinstrument	2. Nivellierinstrument	3. Nivellierinstrument
4. Nivellierinstrument	5. Nivellierinstrument	6. Nivellierinstrument
7. Nivellierinstrument	8. Nivellierinstrument	9. Nivellierinstrument
10. Nivellierinstrument	11. Nivellierinstrument	12. Nivellierinstrument
13. Nivellierinstrument	14. Nivellierinstrument	15. Nivellierinstrument
16. Nivellierinstrument	17. Nivellierinstrument	18. Nivellierinstrument
19. Nivellierinstrument	20. Nivellierinstrument	21. Nivellierinstrument
22. Nivellierinstrument	23. Nivellierinstrument	24. Nivellierinstrument
25. Nivellierinstrument	26. Nivellierinstrument	27. Nivellierinstrument
28. Nivellierinstrument	29. Nivellierinstrument	30. Nivellierinstrument
31. Nivellierinstrument	32. Nivellierinstrument	33. Nivellierinstrument
34. Nivellierinstrument	35. Nivellierinstrument	36. Nivellierinstrument

Abschnitt III.

Vorbereitungen.

§ 14.

Sowohl bei der Ausrüstung des Schiffes als auch während der Fahrt zum Vermessungsgebiet sind Vorbereitungen mannigfacher Art zu treffen.

Ausrüstung. Für die Ausrüstung des Schiffes bei der Indienstellung ist der Etat maßgebend, doch muß unter Berücksichtigung der zu erledigenden Aufgaben rechtzeitig erwogen werden, ob die Überweisung weiterer Bücher, Instrumente, Bojen usw. notwendig ist. Entsprechende Anträge sind an das Reichs-Marine-Amt zu richten.

Die Literatur, die auf das Vermessungsgebiet Bezug nimmt, z. B. Karten, nicht zu vergessen Meßtischblätter und Bücher, muß an Bord sein. Etwa vorhandene Arbeitskarten früherer Vermessungen werden den Vermessungsschiffen von der Nautischen Abteilung des Reichs-Marine-Amtes übersandt und sind mit dem Material der Neuvermessung zusammen zurückzugeben.

Es muß sichergestellt sein, daß bei Beginn der Vermessung das nötige Material zur Errichtung fester und schwimmender Zeichen zur Stelle ist. Hierzu gehört Bakenholz, wenn möglich Bambusstangen, Nägel verschiedener Größen, altes Draht- und Hanftauwerk, Segeltuch und Flaggen, Kalk, Teer und Farbe, besonders Mennige, Fässer, die abzudichten sind, mit Ankertauen und Ankern, ferner Material zum Bau von Beobachtungspfeilern und zu Festlegungen.

Die reichliche Versorgung mit Zeichen- und Schreibmaterial und mit den erforderlichen Journalen und Formularen ist vorzusehen.

Zur Beschaffung von Baken- und Zeichenmaterial werden den Vermessungsschiffen entsprechende Summen zur Verfügung gestellt; die nötigen Journale liefern die Werften, Formulare sind von der Nautischen Abteilung des Reichs-Marine-Amtes zu requirieren.

Vorbereitungen während der Fahrt. Während der Fahrt zum Vermessungsgebiet sind die Instrumente, soweit dies nicht gemäß Ab-

schnitt II bereits vorher geschehen ist, einer eingehenden Prüfung zu unterziehen und, falls nötig, zu berichtigen, so daß eine Störung der Arbeiten durch fehlerhafte Instrumente ausgeschlossen ist. Über die Prüfung und Richtigstellung der Sextanten und Oktanten siehe Lehrbuch der Navigation, Zweiter Band, Teil II.

Die Loteinrichtungen werden zum Gebrauch vorbereitet. Lotmaschinen und die Einrichtungen zum Gebrauch der Tieflote werden versehen, eine Anzahl von Handloten ist am Boden auszuhöhlen, damit sie auch zur Aufnahme von Grundproben gebraucht werden können. Tief- und Handlotleinen werden durch Nachschleppen mit angestecktem Lot gereckt. Es ist gut, sie längere Zeit, etwa ein bis zwei Tage, nachzuschleppen und dann in nassem Zustande zu markieren. Handlotleinen markiert man bis zu 20 m durch dünne Lederstreifen oder Hüsingbündel auf Meter genau, über 20 m genügt die gewöhnliche Markung von zwei zu zwei Meter.

Dampf- und Ruderboote sind zur Verwendung beim Loten herzurichten. Für die Loter muß — bei Dampfbooten an den Seiten, bei Ruderbooten vorn im Boot — ein geeigneter Standort vorgesehen werden. Für den Zeichner (Absetzer) und für die Karte ist ein geschützter Platz achtern im Boot einzurichten, so daß der Leiter während des Lotens den Verlauf der Linien in der Karte verfolgen kann. Bei Ruderbooten muß das Einholen der Lotleinen möglich sein, ohne daß die rudern den Leute dadurch gestört werden. Tiefliegende Klampen an beiden Seiten sind hierzu anzubringen.

Die Arbeitskarten werden, sofern die Lage und Ausdehnung des zu vermessenden Gebiets annähernd bekannt ist, zweckmäßig vor Beginn der Vermessung angefertigt. Zur Berechnung der Gradnetze legt man vorteilhaft ein Kartenberechnungsbuch an. Für die Berechnung selbst dient die im II. Band gegebene Tafel XII als Unterlage.

Journale und Bücher. Folgende Journale und Bücher sind von den Vermessungsschiffen zu führen, für die Arbeiten also vorzubereiten:

I. Für das Loten werden die Lotungsbücher gebraucht, von denen für jedes lotende Boot bzw. das Schiff mindestens zwei verfügbar sein müssen, um sie zwecks Eintragung der Lotungen in die Hauptarbeitskarte täglich wechseln zu können. In die Lotungsbücher werden auch die Aufnahmen schwimmender Seezeichen — die zur Ortsbestimmung gemessenen Winkel und Skizzen mit den Abmessungen der Bojen — sowie die vom lotenden Schiff oder Boot aus zu Punkt- oder Höhenbestimmungen gemessenen Winkel übersichtlich eingetragen. Das Lotungsbuch ist fernerhin dahin eingerichtet, die geloteten Tiefen später auf das Kartenniveau — mittleres Springniedrigwasser — beschicken zu können. Nach dem Lotungsbuch werden die Eintragungen in die Hauptarbeitskarte ausgeführt. Im Abschnitt — »Bestimmung

der Meerestiefen« ist auf die Einrichtung und Führung der Lotungsbücher näher eingegangen.

2. Zur Aufzeichnung der Pegelbeobachtungen dienen die Pegelnotizbücher. Auf Grund jener Beobachtungen werden an Bord auf Millimeterpapier Pegelkurven gezogen, nach denen die geloteten Tiefen beschriftet werden. Dem Reichs-Marine-Amt sind später die Original-Beobachtungsbücher der Pegelstationen sowie alle den Pegel betreffenden Angaben, z. B. über Lage, Einrichtung, Festlegung, Nullpunkt und Kartenniveau, vorzulegen.

3. Die astronomischen, trigonometrischen, topographischen, barometrischen und magnetischen Beobachtungen und Berechnungen werden ungeheftet in besonderen Deckeln gesammelt. Die Originale aller Beobachtungen und Berechnungen werden ohne Rücksicht auf Schönheit und Sauberkeit mit den Arbeitskarten dem Reichs-Marine-Amt eingereicht, währenddem Abschriften von den Endresultaten, um gänzlichen Verlust des Materials auszuschließen, an Bord zu behalten sind. Aus demselben Grunde und zwecks Verwertung bei Fortsetzung der Vermessungsarbeiten ist für Vermessungsschiffe im Auslande auch die Anfertigung einer Pause der Arbeitskarte geboten.

4. Für die Segelanweisungen ist ein besonderes Buch anzulegen. Darin sind einzutragen: Bemerkungen zu den vorhandenen Segelhandbüchern, Vorschläge zu Abänderungen und Berichtigungen derselben sowie Ergänzungen und Neuaufstellungen.

Die zur Erläuterung der Segelanweisungen aufgenommenen Vertonungen und Photographien mit ausführlichen Verzeichnissen sind diesem Buch als Anlagen beizufügen.

5. Die Ergebnisse der Strombeobachtungen werden in einem Deckel gesammelt.

Ein vollständiges Verzeichnis des dem Reichs-Marine-Amt einzureichenden Vermessungsmaterials ist in dem späteren Abschnitt »Berichterstattung« gegeben.

Endlich ist der Schulung des Personals auch noch während der Fahrt nach dem Vermessungsgebiet besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Das Untersonal ist hauptsächlich auf den Stationen, die ihm während der Vermessungsarbeiten zugeteilt sein werden, weiterzubilden. Im besonderen muß den Absetzern, Winkelmessern und Anschreibern Gelegenheit zur Übung gegeben werden.

Abschnitt IV.

Erkundung, Wahl und Bezeichnung der Dreieckspunkte.

§ 15. Erkundung.

Zweck. Vor Beginn der Vermessungsarbeiten muß der Leiter einen allgemeinen Überblick über das zu vermessende Gebiet gewinnen. Das wird am besten dadurch erreicht, daß das Schiff an der aufzunehmenden Küste entlangdampft. Die Heranziehung geeigneter ortskundiger Leute, z. B. von Lotsen, Fischern, Küstenfahrern usw. zu den Erkundungen ist zu empfehlen. Bei der Erkundungsfahrt informiert sich der Leiter über die im Vermessungsgebiet vorhandenen Häfen und Landungsstellen, über den geeignetsten Platz für die Basismessung und die Vornahme astronomischer Beobachtungen; gleichzeitig sucht er einen Überblick über die Bodenbeschaffenheit des Landes zu gewinnen. Ausgehend vom Kurs und den abgelaufenen Distanzen wird durch Peilungen eine Skizze des aufzunehmenden Gebiets hergestellt. Während der Erkundungsfahrt bleibt das Lot dauernd in Tätigkeit, um einen Anhalt für die Beurteilung der Tiefenverhältnisse zu erhalten.

Die eingehenden Erkundungen werden an Land vorgenommen. Sie schreiten mit dem Gang der Arbeiten vorwärts, diesen immer gehörig vorausgreifend. Selbst einfachen oder flüchtigen Aufnahmen gehen zweckmäßig Erkundungen voraus, wenn es zunächst auch scheinen könnte, als stände die darauf verwendete Zeit in keinem Verhältnis zu der kurz bemessenen Frist, in der die ganze Arbeit beendet sein soll. Dadurch jedoch, daß auf Grund eingehender Erkundung ein Arbeitsplan aufgestellt werden kann, dessen Durchführbarkeit feststeht, wird ein ungestörter Fortgang der Vermessungsarbeiten gesichert, so daß die auf die Erkundung verwendete Zeit nicht verloren ist.

Folgende Aufgaben fallen der eingehenden Erkundung zu:

- I. Endgültige Wahl des Platzes für die Basis.

II. Wahl und vorläufige Bezeichnung der Dreieckspunkte.

III. Feststellungen über die Gangbarkeit des Strandes und über die Lage der vorhandenen Landungsplätze.

IV. Auswahl der Plätze für die Aufstellung der Pegel.

V. Ermittlung von Untiefen.

In den heimischen Gewässern wird die Erkundung fortfallen. Es handelt sich hier nur darum, festzustellen, ob die nötige Anzahl Lotmarken vorhanden ist. Ferner muß die Pegelstation ausgewählt werden.

Handelt es sich um Hochseevermessungen, so muß sich der Leiter vor Beginn der Arbeiten über die Sichtbarkeitsgrenze der Landobjekte informieren. Davon wird die fernere Arbeitsweise abhängig sein.

I. Wahl des Platzes für die Basis.

Die Basis muß in ebenem Gelände gelegt werden; sie muß sich gut übertragen lassen und bequem zu erreichen sein.

II. Wahl und vorläufige Bezeichnung der Dreieckspunkte.

Forderung. Bei der Wahl der Dreieckspunkte wird man sich in erster Linie der Beschaffenheit des Geländes anzupassen haben. Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß die Punkte möglichst gleichmäßig über das zu vermessende Gebiet verteilt sind, daß sie günstige Dreiecke bilden und daß eine den Vorschriften genügende Bestimmung der Punkte gesichert ist.

Besonders brauchbare Dreieckspunkte. Von der Basis ausgehend, werden alle Punkte mit guter Umsicht aufgesucht. In erster Linie sind günstige Peilobjekte als Dreieckspunkte zu wählen, z. B.: Berge, Küstenvorsprünge, Inseln und Klippen, Leuchttürme, Baken, auffallende Gebäude, Bäume usw. Weiterhin muß bei der Erkundung darauf Bedacht genommen werden, daß die Bestimmung von möglichst vielen Punkten in der Strandlinie erforderlich ist.

Bergspitzen sind, namentlich wenn sie in einiger Entfernung von der Küste liegen, die wertvollsten Landmarken. Sie sind im Aussehen wenig veränderlich und weithin sichtbar. Ihre genaue Festlegung in der Karte ist sowohl von großer Bedeutung für die Schifffahrt als auch vorteilhaft für die Vermessungsarbeit. Berge, die sich durch auffallende Gestalt des Gipfels oder einen einzeln stehenden Baum auszeichnen, sind von besonderem Werte. Liegen diese Berge außerhalb des Gebiets der entworfenen Karte, so darf dennoch unter keinen Umständen unterlassen werden, diese entfernten Punkte mit in die Winkelmessung hineinzuziehen.

Als trügerische Landmarken müssen Küstenvorsprünge bezeichnet werden. An Küsten mit abgerundeten Konturen hält es oft

schwer, denselben Punkt, den man aus einer bestimmten Richtung und Entfernung eingeschnitten hat, aus einer anderen Richtung und Entfernung wieder mit Sicherheit auszumachen. Für die Vermessungsarbeit sind diese Punkte an der Küste aber von Wichtigkeit sowohl bei der Aufnahme der Küstenlinie als auch zur Ortsbestimmung beim Loten. Es empfiehlt sich darum, sie durch künstliche Zeichen recht deutlich kenntlich zu machen.

Inseln und Klippen sind besonders geeignete Dreieckspunkte. Allerdings verschwinden niedrige Inseln leicht gegen die dahinter liegende Küste. Sie bilden aber häufig günstige Deckpeilungen mit Punkten an der Küste, und bieten dadurch nicht nur eine wertvolle Kontrolle, sondern eignen sich auch direkt zur Ortsbestimmung. Man verwendet sie daher nach Möglichkeit als Dreieckspunkte. Nötigenfalls müssen sie durch künstliche Zeichen kenntlich gemacht werden.

Türme, Baken, Schornsteine, Häuser, die geeignete Dreieckspunkte und Lotmarken abgeben, werden sich in zivilisierten Ländern stets finden. Bei den kolonialen Vermessungen stehen solche Objekte jedoch selten zur Verfügung. Man muß dann zur Bezeichnung der Dreieckspunkte künstliche Zeichen oder Signale verwenden.

Gleichmäßige Verteilung im Gebiet. Eine gleichmäßige Verteilung der Punkte im Vermessungsgebiet ist vorteilhaft sowohl für die Bestimmung der Punkte selbst, als auch bei der Aufnahme der Küstenlinie und beim Loten.

Günstige Dreiecke. Bei der Wahl der Dreieckspunkte ist darauf zu achten, daß günstige Dreiecke gebildet werden. Am besten ist es, wenn die drei Winkel eines Dreiecks einander gleich sind. Dreieckswinkel unter 20° sollen möglichst vermieden werden, da zu spitze Dreiecke ungünstig für die Punktbestimmung sind.

Erklärung einiger Ausdrücke. Bevor erläutert wird, aus wieviel Dreiecken die Lage eines Punktes abgeleitet werden muß, d. h. wieviel Schnitte zu seiner einwandfreien Bestimmung erforderlich sind, sollen einzelne häufig wiederkehrende Ausdrücke erklärt werden.

Mit Station bezeichnet man alle Dreieckspunkte, auf denen Winkelmessungen ausgeführt werden.

Von Hauptpunkten wird wiederum die Lage anderer Punkte abgeleitet, während Neben- oder Hilfspunkte lediglich zu ihrer eigenen Festlegung an das Dreiecksnetz angeschlossen werden.

Unter Bestimmungsrichtung versteht man eine Seite des Dreiecksnetzes, die einen neu zu bestimmenden, also seiner geographischen Lage nach festzulegenden Punkt mit einem bereits bekannten, dem Bestimmungspunkte, verbindet.

Zwei Punkte A und B sind durch eine gegenseitige Richtung miteinander verbunden, wenn sowohl die Richtung von A nach B

durch Winkelmessung auf A als auch von B nach A durch Messungen auf B bestimmt ist. Der Begriff einseitige Richtung erklärt sich hiernach von selbst.

Ein Punkt wird durch Vorwärts-Einschnitt bestimmt, wenn er nur von seinen Bestimmungspunkten aus eingemessen wird. Im Gegensatz dazu werden bei Bestimmungen durch Rückwärts-Einschnitt die Bestimmungsrichtungen nur auf dem Punkte selbst gemessen.

Anforderungen an die Punktbestimmung. Die Güte der Bestimmung eines Punktes hängt ab von:

1. der Anzahl der Bestimmungsrichtungen,
2. der Länge derselben,
3. den Winkeln, welche sie miteinander bilden.

Zu 1. Außer den zur Bestimmung unbedingt erforderlichen Richtungen muß beim Vorwärts-Einschnitt zwecks Kontrolle der Richtigkeit der Messungen eine überschüssige Richtung vorhanden sein. Nur wenn von dem zu bestimmenden Punkte kein anderer mehr abhängig gemacht wird, kann die überschüssige Richtung im Notfall wegfallen. Beim Rückwärts-Einschnitt ist unabhängig von den Messungen der beiden Winkel der ganze Winkel zwischen dem linken und rechten Objekt, der gleich der Summe der beiden Winkel sein muß, zur Kontrolle zu messen. Bei der Punktbestimmung durch gegenseitige Messungen findet eine Kontrolle derselben durch Zusammenstellung der drei Dreieckswinkel statt, deren Summe annähernd 180° betragen muß.

Es sind demnach nötig:

- a) Beim Vorwärts-Einschnitt Messungen von drei Bestimmungspunkten nach dem festzulegenden Punkt. Dessen Lage wird in diesem Falle aus zwei Dreiecken hergeleitet, in denen je zwei Winkel gemessen sind und je eine Seite bekannt ist.
- b) Beim Rückwärts-Einschnitt müssen Messungen auf der Station nach mindestens drei bekannten Objekten ausgeführt werden. Es ist hierbei Bedingung, daß die Bestimmungspunkte mit der Station nicht auf der Peripherie desselben Kreises liegen, da sonst keine eindeutige Bestimmung möglich ist (Peripheriewinkel über derselben Sehne sind gleich). Man leitet den Punkt aus mindestens zwei Dreiecken her, in denen je ein Winkel gemessen und die diesem Winkel gegenüberliegende Seite bekannt ist.
- c) Bei gegenseitigen Beobachtungen genügt es, den neu zu bestimmenden Punkt von zwei Bestimmungspunkten abhängig zu machen. In dem Bestimmungsdreieck sind dann alle drei Winkel gemessen, ferner ist eine Seite bekannt.

Bei der Triangulation mit dem Schiff (siehe Abschnitt VII), bei der jeder Punkt — sowohl der durch das Schiff gegebene Hilfspunkt als auch der zu bestimmende Punkt an Land — nur aus einem Dreieck hergeleitet wird, kontrolliert man die auf den Stationen an Land gemessenen Winkel dadurch auf grobe Fehler, daß zu gleicher Zeit mit den Messungen an Land die dritten Dreieckswinkel an Bord (in möglichster Nähe des Zielpunktes, meist also im Mars) mit dem Sextanten gemessen werden. In die Rechnung werden diese nur zur Kontrolle gemessenen Winkel nicht eingeführt.

Zu 2. Je kürzer die Schnitte zur Bestimmung eines Punktes sind, desto besser ist es, indem die Fehler, welche einer Winkelmessung anhaften, am wenigsten zur Geltung kommen.

Zu 3. Je mehr ferner die Schnittwinkel sich 90° nähern, bzw. je gleichmäßiger bei mehreren Schnitten diese im Kreise verteilt sind, je geringer werden die Fehlereinflüsse sein.

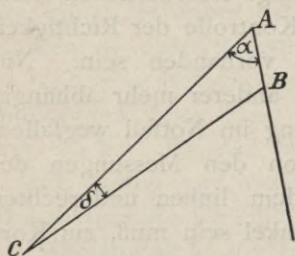


Fig. 1.

Bei gleicher Länge eines Schnittes AC und bei sich gleichbleibendem Fehler δ in der Richtung dieses Schnittes erhält das den Fehler der Lage des Punktes darstellende Stück AB bei verschiedener Größe des Winkels α folgende Werte:

$$\alpha = 90^\circ, \quad AB = 1$$

$$\alpha = 30^\circ, \quad AB = 2$$

$$\alpha = 14,5^\circ, \quad AB = 4$$

$$\alpha = 8,1^\circ, \quad AB = 7.$$

Man ersieht daraus, wie ungünstig es ist, wenn die Winkel im Dreieck zu spitz werden.

Am günstigsten wird ein Punkt aus zwei Schnitten bestimmt, wenn diese einander gleich sind und sich im Winkel von 90° schneiden.

Um sachgemäß bei der schwierigen Arbeit der Wahl der Dreieckspunkte vorgehen zu können, ist es nötig, über die vorgenannten Punkte sich klar zu sein.

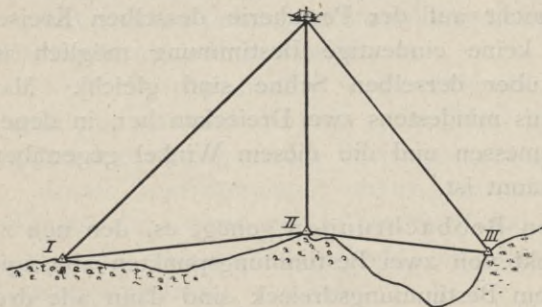


Fig. 2.

Besonderer Fall der Erkundung. Die Erkundung vereinfacht sich, wenn die Triangulation nach der sogenannten »Schiffsmethode« durchgeführt werden soll. Die Punkte des Dreiecksnetzes können dann sämtlich direkt an

die Küste gelegt werden. Den dritten Punkt im Dreieck bildet, wie nebenstehende Figur zeigt, das Schiff.

Bei der Auswahl der Punkte für die Triangulation nach der Schiffsmethode ist darauf zu achten, daß die Längen der Dreiecksseiten nicht zu verschieden sind. Wenn die bekannte Seite mit der zu bestimmenden Seite nach See zu einen Winkel von 40° , also den kleinsten zulässigen Winkel bildet, so kann die eine Seite das $3\frac{1}{2}$ -fache der anderen betragen, ohne daß Dreieckswinkel unter 20° vorkommen. Beträgt der Winkel im Mittelobjekt nach See zu 180° , so ist für die Größen der beiden Seiten das Verhältnis $1:7\frac{1}{2}$ gestattet. Bilden beide Seiten einen überstumpfen Winkel, so nimmt das Verhältnis schnell ab. Bei Winkeln von 280° , d. h. wenn der größte zulässige Wert erreicht ist, müssen beide Seiten annähernd gleich sein.

Dreiecksplan. Bei der Erkundung macht man die gewählten Dreieckspunkte vorläufig durch leichte Stangen mit angenagelten Tafeln oder Fähnchen kenntlich. Dadurch ist es möglich, für alle Punkte festzustellen, ob die zu ihrer Bestimmung erforderlichen Sichten vorhanden sind. Mittels eines Boots-Kompasses auf Stativ, eines kleinen Theodolits oder eines Spiegelinstruments werden bei der Erkundung die ungefähren Richtungen bzw. Winkel auf allen Stationen gemessen. Daran anschließend erfolgt der Entwurf des zusammenhängenden Dreiecksplans. Aus diesem Dreiecksplan kann der Beobachter bei der Triangulation ersehen, welche Richtungen zu messen sind.

III. Feststellungen über die Gangbarkeit des Strandes und über die Lage der vorhandenen Landungsplätze.

Zur genauen Festlegung des Verlaufs der Küste ist ein Begehen des Strandes notwendig. Ob dies ausführbar ist, bzw. welche Methode für die Aufnahme der Küstenlinie in Betracht kommt, ist bei der Erkundung bereits festzustellen.

Findet sich eine größere Anzahl von Landungsstellen an der zu vermessenden Küste, so ist dies für den Fortgang der Vermessung von Vorteil. Die längere Ausschiffung von Vermessungsabteilungen, der sich zuweilen mancherlei Schwierigkeiten entgegenstellen, wird dann entbehrlich, der Transport von Bakenmaterial an Land auf größeren Strecken, der Zeit und Personal erfordert, fällt weg u. a. m. Der Wert der Erkundung der Küstenverhältnisse ist daher nicht zu unterschätzen.

IV. Auswahl der Plätze für die Aufstellung der Pegel.

Der Pegel oder, wenn mehrere Pegel auszulegen sind, der Hauptpegel liegt günstig in der Mitte des aufzunehmenden Gebiets, und

zwar so, daß er den Gezeitenströmungen möglichst ausgesetzt ist. Die Einrichtung der Pegelstation gehört mit zu den ersten Arbeiten im Vermessungsgebiet, da es wünschenswert ist, daß sich die Pegelbeobachtungen über einen möglichst langen Zeitraum erstrecken.

V. Ermittlung von Untiefen.

Untiefen lassen sich oft von erhöhtem Standpunkte aus an der helleren Färbung des Wassers leicht erkennen und durch eine Skizze festhalten. Der Beobachter muß allerdings die Sonne möglichst im Rücken haben. Vorteilhaft werden diese Feststellungen bei niedrigem Wasserstande vorgenommen.

Es wird darauf hingewiesen, daß aus der helleren Färbung des Wassers nicht immer mit Sicherheit auf das Vorhandensein von Untiefen geschlossen werden kann. Zuweilen führen auch besondere Beleuchtungsverhältnisse zu Trugschlüssen. Immerhin empfiehlt es sich, entdeckte Stellen hellerer Wasserfärbung näher mit dem Schiff oder Boot zu untersuchen.

§ 16. Bezeichnung der Punkte.

Höhe der Zeichen. Für die Kenntlichmachung von Dreieckspunkten gilt als Regel, daß ein Zeichen nie zu groß sein kann. Punkte, die auf große Entfernungen zur Ortsbestimmung dienen sollen, müssen auch weithin sichtbar gemacht werden.

Die Sichtweite für eine Bake ergibt sich aus der Tafel V der »Nautischen Tafeln«: »Entfernung der Kimm«. Man geht zunächst mit der Augeshöhe, dann mit der Bakenhöhe in die Spalte »Augeshöhe in Metern« ein. Die Summe der beiden Sichtweiten gibt, normale Verhältnisse vorausgesetzt, die Grenze, bis zu der man mit bestimmter Augeshöhe eine Bake von bestimmter Höhe sehen kann.

Aus dieser Tafel kann man weiterhin feststellen, wie hoch eine Bake gebaut werden muß, wenn sie auf eine bestimmte Entfernung unter Voraussetzung einer bestimmten Augeshöhe noch sichtbar sein soll. Es muß davor gewarnt werden, sich mit der Bakenhöhe auf der untersten Grenze zu halten. Man baue vielmehr mindestens um 2 m höher und verfare nach dem Grundsatz, die Zahl der Zeichen zu beschränken, auf die gute Sichtbarkeit der wenigen Zeichen jedoch das größte Gewicht zu legen.

Baken. In der Regel macht man die Dreieckspunkte, soweit es nicht natürliche Marken sind, durch drei- oder vierbeinige Pyramidenbaken kenntlich. Die Füße derselben werden eingegraben und sind durch Querhölzer gut zu verankern. Bei leichtem Boden schütte man Steinbrocken in die Löcher, schlemme sie schichtweise mit Wasser ein

und ramme sie fest. Auf felsigem Boden schützt man die Baken gegen Umwehen durch Aufschichten von Steinhäufen um die mit Querhölzern versehenen Bakenfüße. Größere Festigkeit geben Streben, die die Bakenbeine miteinander verbinden. Der obere Teil der Baken wird mit Brettern oder Segel- bzw. Scheibentuch bekleidet. Zur Verminderung des Winddrucks sind die Bretter mit Zwischenräumen aufzunageln, die Tuchbekleidung ist mit Längsschnitten zu versehen. Als Einstellungspunkt dient ein senkrechter Zapfen, der die Spitze der Pyramide bildet. Häufig werden die Baken durch darüber hinausragende Stangen mit Toppzeichen unterschieden. Damit erhöht man gleichzeitig die Sichtweite. Diese Stangen können zur Sicherung noch durch Stagen gestützt werden. Die Baken sind zur Steigerung ihrer Sichtbarkeit mit einem geeigneten Anstrich zu versehen. Es empfiehlt sich, in der Weise einen weißen und schwarzen bzw. roten Anstrich zu wählen, daß jede der drei oder vier Seiten senkrecht geteilt zur Hälfte weiß, zur andern Hälfte

schwarz oder rot gestrichen wird. Die Zeichen werden sich dann sowohl gegen hellen wie dunklen Hintergrund abheben.

Beim Errichten ist darauf zu achten, daß die Bakenbeine nicht die Sicht nach einem einzumessenden Objekt verdecken.

Stangenzeichen. Zuweilen genügen einfache Stangenzeichen (Bambusstangen), die mit Toppzeichen oder Flaggen versehen werden. Damit man zentrisch beobachten

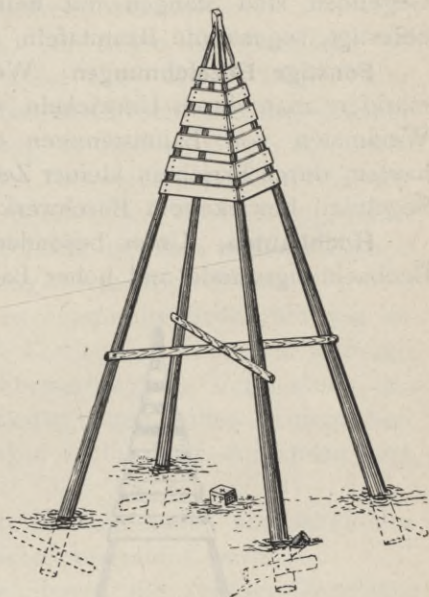


Fig. 3.

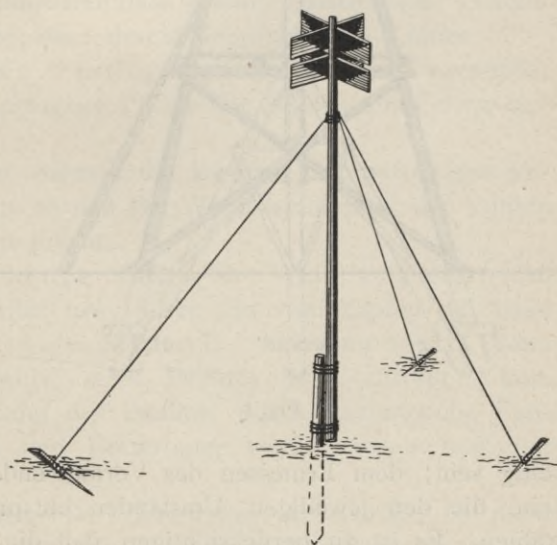


Fig. 4.

kann, empfiehlt es sich, die Stangen an einem eingerammten Pfahl zu befestigen und durch Stagen zu stützen. Der Pfahl muß so eingegraben sein, daß über ihm das Instrument aufgestellt werden kann, nachdem die Stange niedergelegt ist.

Zur Markierung von anzuschneidenden Punkten in bewaldeten Gegenden sind Stangen mit hellen Toppzeichen, an hohen Bäumen befestigt, sogenannte Baumtafeln, sehr geeignet.

Sonstige Bezeichnungen. Weniger wichtige Punkte, Hilfspunkte, markiert man durch Umwickeln von Büschen mit Segeltuch, durch Weißmalen von Baumstämmen oder Felsen, durch gekalkte Steinhäufen, durch Errichten kleiner Zeichen mit daran befestigtem und mit Segeltuch bewickeltem Buschwerk und auf mancherlei andere Weise.

Hochbauten. Unter besonderen Umständen kann der Bau hoher Beobachtungsstände und hoher Baken, sogenannter Hochbauten, nötig

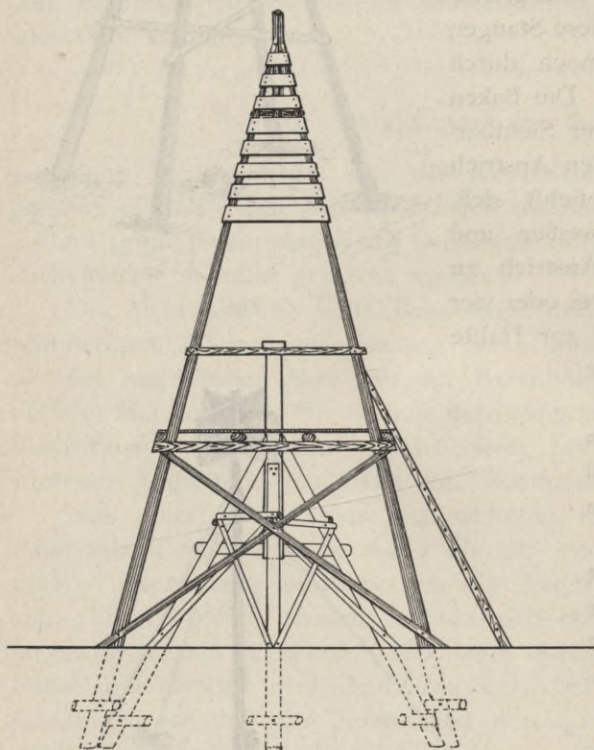


Fig. 5.

werden. Der hohen Kosten und des erheblichen Arbeitsaufwandes wegen sind jedoch diese Bauten nur in den dringenden Fällen auszuführen. Hochbauten bestehen aus einem Beobachtungspfeiler und dem Bakengerüst. Pfeilersystem und Bake — die letztere gibt gleichzeitig den Stand für den Beobachter ab — müssen zwei völlig voneinander getrennte Einzelbauten sein, damit der Beobachtungspfeiler durch die Bewegungen des Beobachters nicht beeinflusst wird.

Anzuwendende Punktbezeichnung. Die Art der Bezeichnung von Punkten kann sehr viel-

seitig sein; dem Ermessen des Vermessenden muß es anheimgestellt sein, die den jeweiligen Umständen entsprechende Bezeichnung zu wählen. Es ist zu berücksichtigen, daß die Baken in der Regel ihren Zweck erfüllt haben, sobald die Aufnahme der Küste und die Lotungen in dem betreffenden Gebiet beendet sind.

Baken als Seezeichen. Wenn die Erhaltung einer Bake als Seezeichen für die Schifffahrt von Wert ist und die in Betracht kommende Landesbehörde die weitere Fürsorge für die Instandhaltung übernimmt, so muß von vornherein beim Bau der Bake hierauf Rücksicht genommen werden. Ein Seezeichen, dessen dauerndes Vorhandensein nicht sichergestellt ist, ist von zweifelhaftem Wert.

Festlegungen. Auf den Punkten, auf denen astronomische Beobachtungen ausgeführt werden, errichtet man in der Regel Beobachtungspfeiler. Diese werden aus behauenen Bruch- oder Ziegelsteinen und Zement bei guter Fundamentierung in solcher Weise aufgebaut, daß mit dem auf dem Pfeiler stehenden Instrumente bequem Beobachtungen ausgeführt werden können. Solch hohe Beobachtungspfeiler werden jedoch von Unberufenen sehr leicht gesehen und verfallen in den Kolonien meist eher der Zerstörung als niedrige Pfeiler.

Außer den Punkten, auf denen astronomische Beobachtungen angestellt werden, kommen für dauernde Festlegung die Punkte in Frage, die bei Unterbrechung und späterer Fortsetzung der Vermessung den Anschluß herzustellen haben. Die Festlegungen sollen ermöglichen, daß die Punkte, auch wenn die Baken nicht mehr vorhanden sind, wieder aufzufinden sind.

Die dauernde Festlegung von Punkten kann, abgesehen von Beobachtungspfeilern, in folgender Weise ausgeführt werden:

1. durch eingegrabene behauene Steine, die auf der Oberfläche ein eingemeißeltes Kreuz tragen,
2. durch eingegrabene eiserne Rohre (Gasrohre),
3. auf Felsen durch einzementierte Bolzen (Basisbolzen, Leuchtbolzen, Markierstifte) oder durch eingeschlagene Kreuze.

Zur vorübergehenden Festlegung von Punkten verwendet man auf Sandboden eingeschlagene Pfähle mit Nägeln, auf Felsen eingeschlagene Kreuze.

Über alle Festlegungen müssen die Beobachtungsbücher eingehende Angaben enthalten, so daß die Wiederauffindung der Punkte hiernach keine Schwierigkeit macht.

Die zentrische Festlegung wird in der Weise ausgeführt, daß das Zentrum auf dem Pfeiler usw. durch ein vom Zapfen der Bake herabhängendes, gegen Wind geschütztes Lot bestimmt wird. Wenn sich die zentrische Festlegung eines Punktes nicht ausführen läßt, so kann die Wiederauffindung des Punktes durch exzentrische Festlegungen, deren Richtung und Entfernung vom Zentrum bestimmt wird, ermöglicht werden.

Benennung der Punkte. Die Benennung der Punkte ist nicht gleichgültig. Es kommt darauf an, ihnen charakteristische Namen zu geben, die sich dem Gedächtnis leicht einprägen und die Unterscheidung

erleichtern, z. B. Kegelberg, Waldecke, Sandspitze, Mittelbake usw. Die Bezeichnung mit Zahlen oder Buchstaben empfiehlt sich nicht und bleibt auf die Punkte der Küstenkonturen und dergl. beschränkt. Es wird auf die im Abschnitt XIII aufgenommenen Grundsätze für die Namengebung, Namenübersetzung, Schreib- und Sprechweise der geographischen Namen in den deutschen Schutzgebieten verwiesen.

Materialbedarf. Zum Bau einer einfachen vierseitigen Pyramide sind folgende Hölzer erforderlich:

- 4 Stangen, je 7 bis 9 m lang, in Brusthöhe von 7 bis 10 cm Durchmesser,
- 17 lfd. m Bretter, 2 bis 3 cm stark, 20 cm breit,
- 1 viereckiger Zapfen, 0,6 m lang, 0,1 m stark und
- 4 bis 6 lfd. m Knüppel für Anker (Stangenabfälle).

Abschnitt V.

Astronomische Ortsbestimmungen.

I. Zeitbestimmung durch Messung einzelner Zenitabstände von Sternen.

§ 17. Grundgedanke der Methode.

Man versteht unter Zeitbestimmung die Ermittlung der Frühlingspunktszeit am Beobachtungsorte für einen bestimmten Moment, in welchem man die Angabe der (nach Sternzeit regulierten) Beobachtungsuhr abgelesen hat. Da nach der bekannten Erklärung

$$\text{Uhrstand } (\Delta U) = \text{Frühlingspunkts-Ortszeit (Fp. O. Zt.)} \\ \text{minus Uhrzeit (U) 1.}$$

ist, so läßt sich auf Grund einer Zeitbestimmung ohne weiteres der Stand der Beobachtungsuhr gegen Frühlingspunkts-Ortszeit finden.

Wenn es in dem oben erwähnten Moment möglich wäre, den Stundenwinkel eines Sternes von bekannter gerader Aufsteigung durch eine Winkelmessung festzustellen, so würde damit die Aufgabe der Zeitbestimmung gelöst sein, denn es sind die Größen Frühlingspunkts-Ortszeit, Stundenwinkel und gerade Aufsteigung durch die Gleichung verbunden:

$$\text{Frühlingspunkts-Ortszeit (Fp. O. Zt.)} = \text{Stundenwinkel (t)} \\ \text{plus gerader Aufsteigung } (\alpha) 2.$$

Eine unmittelbare Messung des Stundenwinkels, dessen Spitze am Himmelspol des Beobachtungsortes liegt, ist vermittels eines Universalinstruments nicht ausführbar, wohl aber ist es möglich, mit Hilfe des genannten Instruments für den in Rede stehenden Moment den Zenitabstand (z) des Sterns zu ermitteln. Aus einer solchen Messung kann der Stundenwinkel abgeleitet werden, wenn die Abweichung (δ) des Sterns bekannt ist, denn es besteht nach dem Kosinussatze zwischen den Elementen des astronomischen Dreiecks die Beziehung:

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t 3.$$

Diese Gleichung enthält, wenn die geographische Breite des Beob-

achtungsortes (φ) bekannt ist, die einzige Unbekannte t , für deren Berechnung in folgender Weise eine einfache Formel abgeleitet werden kann;

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} \quad 4.$$

$$\begin{aligned} \sin^2 \frac{1}{2}t &= \frac{1 - \cos t}{2} = \frac{\cos \varphi \cdot \cos \delta + \sin \varphi \cdot \sin \delta - \cos z}{2 \cos \varphi \cdot \cos \delta} \\ &= \frac{\cos [\pm (\varphi - \delta)] - \cos z}{2 \cos \varphi \cdot \cos \delta}. \end{aligned}$$

Setzt man $\zeta = \pm (\varphi - \delta) \quad 5.$

so wird
$$\sin^2 \frac{1}{2}t = \frac{2 \sin \frac{1}{2}(z + \zeta) \cdot \sin \frac{1}{2}(z - \zeta)}{2 \cos \varphi \cdot \cos \delta}$$

$$\sin^2 \frac{1}{2}t = \sec \varphi \cdot \sec \delta \cdot \sin \frac{1}{2}(z + \zeta) \cdot \sin \frac{1}{2}(z - \zeta) \quad . . 6.$$

Man überzeugt sich leicht, daß es für die rechte Seite der letzteren Gleichung sowohl bezüglich des numerischen Betrages als auch bezüglich des Vorzeichens gleichgültig ist, ob man in der Gleichung 5 das positive oder das negative Vorzeichen wählt. Es soll deshalb der Einfachheit wegen in Zukunft ζ stets als positiv betrachtet werden.

§ 18. Auswahl der Sterne.

Um zu ermitteln, welche Sterne sich zur Ausführung einer Zeitbestimmung eignen und wie die Beobachtung anzuordnen ist, differenziert man die Gleichung 3 nach allen in derselben enthaltenen Größen; hierdurch ergibt sich:

$$\left. \begin{aligned} - \sin z \cdot dz &= (\cos \varphi \cdot \sin \delta - \sin \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t) \cdot d\varphi \\ &+ (\sin \varphi \cdot \cos \delta - \cos \varphi \cdot \sin \delta \cdot \cos t) \cdot d\delta \\ &- \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin t \cdot dt \end{aligned} \right\} . . 7.$$

Nach dem Lehrbuch der Navigation Bd. II § 119 geht diese Formel über in:

$$dt = \frac{1}{\cos \varphi \cdot \sin Az} \cdot dz - \frac{1}{\cos \varphi \cdot \operatorname{tg} Az} \cdot d\varphi + \frac{\cos q}{\cos \varphi \cdot \sin Az} \cdot d\delta \quad 8.$$

Betrachtet man nun dz , $d\varphi$ und $d\delta$ als die Fehler, mit denen die verwendeten Werte des Zenitabstandes, der Breite und der Abweichung des Sterns behaftet sind, so lehrt diese Gleichung folgendes: Der Fehler im Zenitabstand (Ablesungsfehler, Teilungsfehler, Fehler in der Bestimmung von Z_0 , Niveaufehler, Biegung des Fernrohrs, Strahlenbrechungsfehler) übt den geringsten verfälschenden Einfluß auf die Bestimmung des Stundenwinkels aus, wenn $\sin Az$ seinen numerisch größten Wert, nämlich $+1$ oder -1 , besitzt; die zum Zweck einer Zeitbestimmung ausgeführte Messung eines Zenitabstandes liefert also das zuverlässigste Ergebnis, wenn der beobachtete Stern im Ersten Vertikal steht. Zu dem gleichen Schluß führt die Betrachtung des zweiten, mit $d\varphi$ multiplizierten Gliedes auf der rechten Seite der

Gleichung 8. Endlich erkennt man, daß auch der Faktor von $d\delta$ keinen erheblichen Betrag erreichen kann, wenn die Beobachtung im Ersten Vertikal stattfindet; der Nenner $\cos \varphi \cdot \sin Az$ besitzt in diesem Falle seinen größten numerischen Wert, und der Zähler $\cos q$ liegt jedenfalls innerhalb der Werte $+1$ und -1 . Man hat übrigens kaum Ursache, auf die Größe des Faktors von $d\delta$ Rücksicht zu nehmen, weil für die Beobachtung stets Fundamentalsterne ausgewählt werden, so daß der Abweichungsfehler gegenüber den Fehlern im Zenitabstand und in der Breite als verschwindend betrachtet werden darf.

In der Praxis ist es nicht immer möglich, die Zeitsterne genau im Ersten Vertikal zu beobachten; dies ist aber auch nicht erforderlich, weil in der Nähe von 90° und 270° $\sin Az$ sich nur langsam ändert und $\operatorname{tg} Az$ einen großen numerischen Wert besitzt.

Aus der Gleichung 8 erkennt man ferner, daß die Faktoren von dz und $d\varphi$ das entgegengesetzte Vorzeichen annehmen, wenn man von der einen Seite des Meridians zur anderen übergeht. Um deshalb die Zeitbestimmung von dem Einfluß konstanter Fehler im Zenitabstand und von einem Fehler der Breite zu befreien, wählt man zur Beobachtung nacheinander Sterne aus, welche ungefähr gleiches Azimut besitzen.

Man kann der Gleichung 8 die Form geben:

$$dt = \frac{1}{\sin q \cdot \cos \delta} \cdot dz - \frac{\cos Az}{\sin \varphi \cdot \cos \delta} \cdot d\varphi + \frac{1}{\operatorname{tg} q \cdot \cos \delta} \cdot d\delta \dots 9.$$

Die letztere Gleichung zeigt, daß es vorteilhaft ist, Sterne von geringer Abweichung zu benutzen, weil dann die überall in den Nennern auftretende Größe $\cos \delta$ einen erheblichen Wert besitzt.

§ 19. Ausführung der Beobachtungen.

Man stellt mit Hilfe des Kompasses die Richtung zum Ersten Vertikal annähernd fest und wählt, am besten innerhalb der Zenitabstände 30° und 60° , zwei Sterne erster bis dritter Größe (je einen auf jeder Seite des Meridians) für die Beobachtung aus. Die Sterne sind unter Benutzung der am Fernrohr angebrachten Visiereinrichtung aufzusuchen und ihr Name nach einer Sternkarte festzustellen. Gelingt die Feststellung nicht, so möge eine flüchtige Skizze der Umgebung des Sterns angefertigt und bei beiden Sternen nach der letzten Zenitabstandsbeobachtung eine genäherte Azimutablesung (ein Mikroskop, ganze Minuten schätzen) ausgeführt werden. Zenitabstände über 70° sind wegen der Unsicherheit der Strahlenbrechung in der Nähe des Horizonts zu vermeiden. Zenitabstände unter 20° lassen sich wegen der steilen Stellung des Fernrohrs nur unbequem beobachten; sie können durch einen großen Zielachsenfehler und durch eine starke Neigung der Horizontalachse wesentlich verfälscht werden, und es sind gewisse

Vereinfachungen in der Berechnung der Beobachtungen bei dieser Wahl nicht mehr zulässig. Am vorteilhaftesten ist es, wenn die beiden Sterne innerhalb einiger Grade den gleichen Zenitabstand besitzen.

Vor und nach der Beobachtung sind zur genauen Berechnung der Strahlenbrechung die Angaben des Thermometers aufzuschreiben. Das Barometer und das Thermometer am Barometer werden vor dem Anlandgehen und nach dem Anbordkommen, oder wenn dies von den Beobachtungen zeitlich sehr entfernt stattfindet, von einem Gehilfen zu den voraussichtlichen Zeitpunkten des Anfangs und des Endes der Beobachtungen abgelesen und ihre Angaben im Beobachtungsbuch nachgetragen.

Soll die Zeitbestimmung zur Längen-Übertragung oder zur Chronometerkontrolle dienen, so ist das Beobachtungschronometer vor dem Anlandgehen und nach dem Anbordkommen mit den drei Schiffschronometern zu vergleichen.

Um die Zeitbestimmung von dem Einfluß einer fehlerhaften Bestimmung des Wertes Z_0 zu befreien, verteilt man die Beobachtungen symmetrisch auf beide Lagen des Instruments, also etwa:

Ost-Stern	West-Stern
Gewicht rechts (G. R.)	Gewicht rechts (G. R.)
„ links (G. L.)	„ links (G. L.)
„ „ (G. L.)	„ „ (G. L.)
„ rechts (G. R.)	„ rechts (G. R.)

Bei der Beobachtung der Durchgänge durch die Horizontalfäden richtet man es durch gelegentliche Benutzung der Feinschraube im Azimut so ein, daß der Stern ungefähr in der Mitte des Gesichtsfeldes, aber nicht unmittelbar an der Kreuzungsstelle zweier Fäden an die

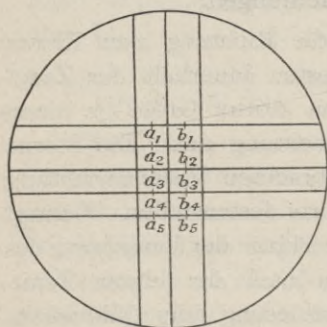


Fig. 1.

Horizontalfäden herantritt. Am vorteilhaftesten ist es, wenn der Beobachter dahin strebt, sämtliche Antritte entweder an den Stellen a_1 bis a_5 oder an den Stellen b_1 bis b_5 (Fig. 1) erfolgen zu lassen. Durch diese Anordnung wird verhindert, daß eine etwa vorhandene Neigung des Netzes oder Verkümmungen der Fäden verfälschend auf das Ergebnis der Zeitbestimmung einwirken.

Bei der Benutzung eines Chronometers als Beobachtungsuhr zählt man nach den Schlägen des Chronometers volle Sekunden, indem man stets den Schlag, der auf die halben Sekunden fällt, ausläßt. Es ist sehr wesentlich, daß das Chronometer sich in deutlicher Hörweite befindet. Die Schätzung der Zehntelsekunden geschieht dadurch, daß man den scheinbaren Sternweg innerhalb der vollen Zeitsekunde, in

der der Durchgang stattfindet, geometrisch zerlegt. War z. B. der Stern beim letzten vollen Sekundenschlage vor dem Durchgang durch den Faden an der Stelle a (Fig. 2) (man behält diese Stelle im Gedächtnis) und beim ersten Schlage nach dem Durchgang bei b, so hat er 0,3^s nach der vor dem Durchgang gezählten Sekunde den Faden passiert.

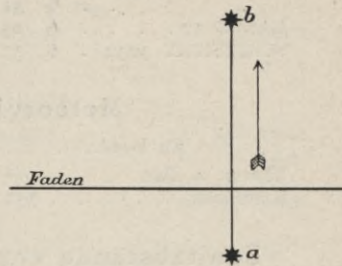


Fig. 2.

Nach der Durchgangsbeobachtung überzeugt man sich durch einen Blick auf die Uhr, daß man die richtige Sekunde während des Zählens nach dem Gehör innegehalten hat. — Ist ein Unterschied vorhanden, so wird die Beobachtung wiederholt. Der Beobachtungszeit am letzten Faden ist die volle Minute und die Stunde hinzuzufügen. Sind die Beobachtungen an mehreren Fäden ausgefallen, so wird die Beobachtung sofort wiederholt. Das Fehlen eines Fadens dagegen schadet nichts.

Kurz vor und sofort nach der Durchgangsbeobachtung ist das feste Niveau abzulesen. Dabei müssen der Beobachter und die Gehilfen in derselben Beinstellung verharren, die sie während der Durchgangsbeobachtung einnahmen, da bei Platzveränderung die Ablesung des Niveaus sich leicht ändern kann. Noch besser ist es, durch Legen von Laufbrettern, deren Unterstützungspunkte möglichst entfernt vom Instrument liegen, das letztere vor Erschütterungen zu bewahren. — Um Irrtümer bei der Ablesung des Niveaus zu vermeiden, ist jedesmal die Blasenlänge (B. L.) durch Subtraktion der an den Blasenenden abgelesenen Zahlen zu berechnen.

Als letzte Operation bei jeder Zenitabstands-Beobachtung ist die Ablesung des Vertikalkreises vorzunehmen. Man stelle die Doppelfäden der Mikroskope sowohl auf den vorangehenden als auch auf den nachfolgenden Teilstrich ein und lese jedesmal die Trommelteile ab; bei Mikroskop I sind der volle Grad und die Minute, bei Mikroskop II nur die Minute hinzuzufügen. — Die Niveau- und Kreisablesungen können einem Gehilfen diktiert werden; die Durchgangszeiten des Sterns durch die Fäden sind vom Beobachter selbst niederzuschreiben.

Beispiel. 1905 November 1. Mittwoch. Hamburg. — Universalinstrument C. BAMBERG 7867, Wert eines Libellentheils des festen Niveaus $\mu = 4,62''$. Sternzeitchronometer KNOBLICH 865.

Bestimmung des Wertes Z_0 ; Michaelisturm.

G. R.	Niv. 4.7	19.3	B. L. 14.6	G. L.	Niv. 6.2	20.8	B. L. 14.6
I.	78° 27'	6 ^P		I.	281° 35'	29 ^P	
		8				27	
II.	27	10		II.	35	27	
		12				32	

Uhrvergleichungen.

BRÖCKING 1855	6 ^h 48 ^m 14.0 ^s =	KNOBLICH	21 ^h 8 ^m 44.0 ^s
„	6 51 24.0 =	„	11 54.5
LANGE 17	6 25 20.0 =	„	13 40.5
SCHLESICKY 3032	6 37 25.0 =	„	16 17.0

Meteorologische Ablesungen.

An Bord.		An Land.	
Therm. a. Bar.	+ 11.9°	Kurz vor den Beobachtungen:	
Barometer	751.2 mm	Lufttemperatur	+ 11.2°

Zenitabstände von Sternen zur Zeitbestimmung.

β Cygni. West.				27 Tauri. Ost.			
G. R.	Niv. 1.7	16.4	B. L. 14.7	G. R.	Niv. 9.0	23.5	B. L. 14.5
		35.4 ^s				49.6 ^s	
		55.9				10.3	
		17.0				30.2	
		37.9				50.6	
KNOBLICH	23 ^h 1 ^m 58.3			KNOBLICH	23 ^h 23 ^m 10.6		
	Niv. 1.1	15.6	B. L. 14.5		Niv. 8.4	23.0	B. L. 14.6
Mikr. I.	46° 26'	1 ^P		Mikr. I.	56° 43'	7 ^P	
		0				10	
Mikr. II.	26	11		Mikr. II.	43	13	
		12				15	
G. L.	7.7	22.4	14.7	G. L.	2.7	17.4	14.7
		50.9 ^s				29.5 ^s	
		11.1				49.7	
		31.6				10.0	
		52.3				30.2	
	23 ^h 7 ^m	13.2			23 ^h 27 ^m	50.4	
	9.5	24.0	14.5		3.2	18.0	14.8
	312° 50'	26 ^P			304° 0'	29 ^P	
		25				30	
		51				1	10
		2				12	
G. L.	8.3	23.0	14.7	G. L.	3.6	18.4	14.8
		29.7 ^s				28.8 ^s	
		50.1				49.2	
		10.7				9.7	
		31.1				30.0	
	23 ^h 11 ^m	51.9			23 ^h 33 ^m	50.3	
	8.7	23.2	14.5		5.8	20.6	14.8
	312° 10'	2 ^P			304° 54'	8 ^P	
		1				10	
		10				54	16
		12				19	
G. R.	3.6	18.1	14.5	G. R.	8.0	22.9	14.9
		48.7 ^s				52.8 ^s	
		9.3				13.0	
		30.0				33.5	
		50.5				54.0	
	23 ^h 17 ^m	11.1			23 ^h 39 ^m	14.4	
	2.3	16.9	14.6		7.5	22.3	14.8
	48° 39'	14 ^P			54° 20'	26 ^P	
		16				28	
		39				21	6
		25				8	

Meteorologische Ablesungen.

An Land.	An Bord.
Kurz nach den Beobachtungen:	Therm. a. Bar. . . . + 11.7°
Lufttemperatur . . . + 6.8°	Barometer 751.5 mm

Uhrvergleichen.

BRÖCKING 1855 . . . 9 ^h 38 ^m 22.0 ^s =	KNOBLICH 23 ^h 59 ^m 19.5 ^s
„ 9 41 19.0 =	„ 0 2 17.0
LANGE 17 9 16 20.0 =	„ 0 5 8.5
SCHLESICKY 3032 . . . 9 27 30.0 =	„ 0 6 50.0

§ 20. Ableitung des Uhrstandes.

Zur Berechnung der wahren Zenitabstände sind zunächst die Mittelwerte der Mikroskopablesungen zu bilden; an diese bringt man nach § 12 die Verbesserungen wegen Neigung und wegen des Wertes Z_0 an, und erhält hierdurch die scheinbaren Zenitabstände z_1 . Zur Berechnung der Strahlenbrechung dienen die Tafeln IVa bis c. Zunächst wird der Barometerstand vermittels der Tafel XIa auf 0° C. reduziert; dann entnimmt man aus Tafel IVa die mittlere Strahlenbrechung und aus den Tafeln IVb und IVc den Einfluß der Temperatur und des Luftdrucks. Man erhält den wahren Zenitabstand, indem man den scheinbaren Zenitabstand um den Betrag der Strahlenbrechung vergrößert.

Auf Grund der Formeln 5 und 6 wird aus dem wahren Zenitabstand, aus der Breite φ und aus der Abweichung des beobachteten Sterns (Berliner astronomisches Jahrbuch) der Wert $\sin^2 \frac{1}{2}t$ berechnet. Hieraus leitet man unter Benutzung von Tafel 14 oder 15 der »Nautischen Tafeln« den Stundenwinkel t ab und findet nach Formel 2 die Frühlingspunkts-Ortszeit (Fp. O. Zt.) der Beobachtung.

Die beobachteten Durchgangszeiten des Sterns durch die Fäden werden zu einem Mittelwerte vereinigt (Reduktion auf einen idealen Mittelfaden). Ist die Beobachtung an einem Faden ausgefallen, so wird die fehlende Durchgangszeit dadurch ersetzt, daß man proportional den Fadenunterschieden zwischen den Durchgangszeiten an den Nachbarfäden einschaltet. — Aus der Frühlingspunkts-Ortszeit und der Uhrzeit (Mittelwert) findet man schließlich nach Formel 1 den Uhrstand ΔU .

Zusammenstellung der Formeln.

Bestimmung des Wertes Z_0 durch Einstellung eines irdischen Gegenstandes:

$$Z_0 = \frac{1}{2} \{ [R - \frac{1}{2}\mu (i_1 + a_1)] + [L - \frac{1}{2}\mu (a_2 + i_2)] \}$$

Verbesserung der Ablesungen am Vertikalkreise:

$$G. R. \quad z_1 = [R - \frac{1}{2}\mu (i_1 + a_1)] - Z_0$$

$$G. L. \quad z_1 = Z_0 - [L - \frac{1}{2}\mu (a_2 + i_2)]$$

Barometerablesung auf 0° C. reduzieren (Tafel XIa).

Strahlenbrechung = (Tafel IV a) + (Tafel IVb) + (Tafel IVc).

$$z = z_1 + (\text{Strahlenbrechung})$$

$$\zeta = \pm (\varphi - \delta) \quad \zeta \text{ stets positiv.}$$

$$\sin^2 \frac{1}{2} t = \sec \varphi \cdot \sec \delta \cdot \sin \frac{1}{2} (z + \zeta) \cdot \sin \frac{1}{2} (z - \zeta)$$

$$\text{Fp. O. Zt.} = t + \alpha$$

$$\Delta \dot{U} = \text{Fp. O. Zt.} - U$$

Beispiel.

1905 November 1. Mittwoch. Zeitbestimmung aus einzelnen Zenitabständen (vgl. § 19).

Bestimmung des Wertes Z_0 .

G. R.	$i_1 + a_1 = 24.0^{\text{p}}$
	$\begin{array}{r} 78^{\circ} \ 27' \ 14'' \\ \hline \\ 22 \end{array}$
	$\begin{array}{r} 78 \ 27 \ 18.0 \\ \hline \\ 2 \end{array}$
$\frac{\mu}{2} \cdot (i + a)$	$\begin{array}{r} - 0 \ 55.4 \\ \hline 78 \ 26 \ 22.6 \end{array}$

G. L.	$i_2 + a_2 = 27.0^{\text{p}}$
	$\begin{array}{r} 281^{\circ} \ 35' \ 56'' \\ \hline \\ 59 \end{array}$
	$\begin{array}{r} 281 \ 35 \ 47.5 \\ \hline \\ 2 \end{array}$
$\frac{\mu}{2} \cdot (i + a)$	$\begin{array}{r} - 1 \ 2.4 \\ \hline 281 \ 34 \ 55.1 \end{array}$

$$2Z_0 = 360^{\circ} \ 1' \ 17.7''$$

$$Z_0 = 0 \ 0 \ 38.8$$

Meteorologische Ablesungen (Mittelwerte).

Temperatur + 9° C.	Barometer 751.3 mm.	Therm. a. Bar. + 11.8°
	Red. (Tafel XIa) - 1.5 mm.	
Barometer auf 0° C. reduziert.	749.8 mm.	

Berliner astronomisches Jahrbuch.

β Cygni. West. $\alpha = 19^{\text{h}} \ 26^{\text{m}} \ 54.5^{\text{s}}$	$\delta = + 27^{\circ} \ 46' \ 0.9''$	$\sec \delta = 0.05313$
	$\varphi = + 53 \ 32 \ 49.4$	$\sec \varphi = 0.22610$
	$\zeta = \varphi - \delta = + 25 \ 46 \ 48.5$	$\sec \varphi \cdot \sec \delta = 0.27923$
27 Tauri. Ost. $\alpha = 3^{\text{h}} \ 43^{\text{m}} \ 34.3^{\text{s}}$	$\delta = + 23^{\circ} \ 45' \ 52.3''$	$\sec \delta = 0.03848$
	$\varphi = + 53 \ 32 \ 49.4$	$\sec \varphi = 0.22610$
	$\zeta = \varphi - \delta = + 29 \ 46 \ 57.1$	$\sec \varphi \cdot \sec \delta = 0.26458$

	β Cygni. West.				27 Tauri. Ost.			
	G. R.		G. L.		G. L.		G. R.	
$a + i$	18.1	16.7	30.1	33.5	22.0	26.4	30.9	29.8
Mittel.	17.4		31.8		24.2		30.3	
Abl. des Kreises	I.	46° 26' 1''	312° 50' 51''	304° 54' 18''	54° 20' 54''			
	II.	26 23	51 5	54 35	21 14			
Mittel	46 26 12.0	312 50 58.0	304 54 26.5	54 21 4.0				
$\frac{1}{2} \mu \cdot (i + a)$	— 0 40.2	— 1 13.4	— 0 55.9	— 1 10.0				
Z_0	46 25 31.8	312 49 44.6	304 53 30.6	54 19 54.0				
z_1	360 0 38.8							
Strahlenbrechung	46 24 53.0	47 10 54.2	55 7 8.2	54 19 15.2				
	Taf. IVa	1 1	1 3	1 21				
	Taf. IVb	0 0	0 0	0 0				
	Taf. IVc	— 1	— 1	— 1	— 1			
Summe	1 0	1 2	1 22	1 20				
z	46 25 53	47 11 56	55 8 30	54 20 35				
	46 25.88'	47 11.93'	55 8.50'	54 20.58'				
ζ	25 46.81		29 46.95					
$z + \zeta$	72 12.69	72 58.74	84 55.45	84 7.53				
$z - \zeta$	20 39.07	21 25.12	25 21.55	24 33.63				

$\frac{1}{2}(z + \zeta)$	36° 6.34'	36° 29.37'	42° 27.72'	42° 3.76'
$\frac{1}{2}(z - \zeta)$	10 19.53	10 42.56	12 40.77	12 16.81
$\sin \frac{1}{2}(z + \zeta)$	9.77032	9.77428	9.82937	9.82604
$\sin \frac{1}{2}(z - \zeta)$	9.25344	9.26911	9.34143	9.32775
	9.02376	9.04339	9.17080	9.15379
$\sec \varphi \cdot \sec \delta$	0.27923		0.26458	
$\sin^2 \frac{1}{2}t$	9.30299	9.32262	9.43538	9.41837
t	3 ^h 33 ^m 2.3 ^s	3 ^h 38 ^m 18.3 ^s	4 ^h 11 ^m 44.6 ^s	4 ^h 6 ^m 19.4 ^s
α	19 26 54.5		3 43 34.3	
Fp. O. Zt.	22 59 56.8	23 5 12.8	23 31 49.7	23 37 14.9 ^s
Beobachtungs- zeiten	0 ^m 35.4 ^s -41.5 ^s	5 ^m 50.9 ^s -40.9 ^s	32 ^m 28.8 ^s -40.8 ^s	37 ^m 52.8 ^s -40.7 ^s
	55.9 -21.0	71.1 -20.7	49.2 -20.4	73.0 -20.6
	77.0 +0.1	91.6 -0.2	69.7 +0.1	93.5 -0.0
	97.9 +21.0	112.3 +20.5	90.0 +20.4	114.0 +20.5
	118.3 +41.4	133.2 +41.3	110.3 +40.7	134.4 +40.8
Mittel.	384.5 ^s -62.5 ^s	459.1 ^s -61.8 ^s	348.0 ^s -61.2 ^s	467.7 ^s -61.3 ^s
ΔU	23 ^h 1 ^m 16.9 ^s	23 ^h 6 ^m 31.8 ^s	23 ^h 33 ^m 9.6 ^s	23 ^h 38 ^m 33.5 ^s
	- 1 20.1	- 1 19.0	- 1 19.9	- 1 18.6

Die Berechnung von ΔU ist oben nur für die beiden ersten Beobachtungen von β Cygni und für die beiden letzten Beobachtungen von 27 Tauri durchgeführt worden. Aus sämtlichen in § 19 angegebenen Beobachtungen ergeben sich folgende Einzel- und Mittelwerte für den Uhrstand:

β Cygni.	G. R. . .	- 1 ^m 20.1 ^s	- 1 ^m 19.55 ^s	- 1 ^m 19.70 ^s
	G. L. . .	- 1 19.0		
27 Tauri.	G. L. . .	- 1 19.1	- 1 19.85	<u>- 1^m 19.65^s</u>
	G. R. . .	- 1 20.6		
	G. R. . .	- 1 19.5	- 1 19.95	
	G. L. . .	- 1 20.4		
	G. L. . .	- 1 19.9	- 1 19.60	
	G. R. . .	- 1 18.6		

§ 21. Ableitung des Standes der nach mittlerer Zeit regulierten Chronometer.

Durch die in den vorigen Paragraphen besprochene Zeitbestimmung wird der Stand des nach Sternzeit regulierten Beobachtungschronometers gegen Frühlingspunkts-Ortszeit gefunden. Um hieraus den Stand der übrigen nach mittlerer Zeit regulierten Chronometer gegen mittlere Ortszeit abzuleiten, werden die letzteren Instrumente sowohl vor der Zeitbestimmung als nach derselben mit dem Beobachtungschronometer durch Koinzidenzbeobachtungen verglichen. Es ist nun noch zu zeigen, wie die Berechnung des Standes der nach mittlerer Zeit regulierten Chronometer ausgeführt wird. Zu diesem Zweck müssen zunächst die folgenden allgemeinen Betrachtungen vorangeschickt werden:

a. Einrichtung der Tafeln zur Verwandlung von mittlerer Zeit in Frühlingspunktszeit (Sternzeit) und umgekehrt. Aus den Elementen der mathematischen Geographie ist bekannt, daß die Anzahl der in einem tropischen Jahre enthaltenen Sterntage genau um eine Einheit

größer sein muß als die Anzahl der darin enthaltenen mittleren Tage. Da nun die Länge des tropischen Jahres 365.2422 mittlere Tage beträgt, so haben wir die Gleichung:

$$365.2422 \text{ Tage mittlerer Zeit} = 366.2422 \text{ Tage Sternzeit.}$$

Hieraus leiten wir ab:*)

$$1^d \text{ mittl. Zeit} = \frac{366.2422}{365.2422} \text{ Sternzeit} = \left(1 + \frac{1}{365.2422}\right)^d \text{ Sternzeit.}$$

$$1^h \text{ „ „} = \left(1 + \frac{1}{365.2422}\right)^h \text{ Sternzeit}$$

$$1^m \text{ „ „} = \left(1 + \frac{1}{365.2422}\right)^m \text{ „}$$

$$1^s \text{ „ „} = \left(1 + \frac{1}{365.2422}\right)^s \text{ „}$$

also allgemein:

$$n \text{ Einheiten mittl. Zeit} = \left(n + \frac{n}{365.2422}\right) \text{ Einheiten Sternzeit.}$$

Der Bruch $\frac{n}{365.2422}$ ist in der Tafel Va, Verwandlung von mittlerer Zeit in Sternzeit, der sogenannten Plus-Tafel, angegeben.

In gleicher Weise ergibt sich

$$1^d \text{ Sternzeit} = \left(1 - \frac{1}{366.2422}\right)^d \text{ mittl. Zeit}$$

usw.

und allgemein

$$n \text{ Einheiten Sternzeit} = \left(n - \frac{n}{366.2422}\right) \text{ Einheiten mittl. Zeit.}$$

Der Bruch $\frac{n}{366.2422}$ wird aus der Tafel Vb, Verwandlung der Sternzeit in mittlere Zeit, der sogenannten Minus-Tafel, entnommen.

6. Frühlingspunktszeit im mittleren Mittag des Beobachtungsortes. Um den Übergang von Frühlingspunkts-Ortszeit auf mittlere Ortszeit oder umgekehrt auszuführen, bedarf es der Kenntnis beider Zeitarten für einen beliebigen Moment. Wenn dann für irgend einen früheren oder späteren Moment die Frühlingspunktszeit (bzw. die mittlere Zeit) angegeben werden kann, so ist man imstande, mit Hilfe der soeben erwähnten Tafeln die mittlere Zeit (bzw. die Frühlingspunktszeit) zu berechnen. Es ist für die Rechnung am bequemsten, wenn die Angabe der Frühlingspunktszeit im mittleren Mittag des Beobachtungsortes vorliegt; zu dieser gelangt man durch folgende Betrachtungen.

»Frühlingspunktszeit im mittleren Mittag« ist offenbar gleichbedeutend mit »Frühlingspunktszeit im Augenblick der Kulmination

*) Zur Abkürzung soll durch einen hinter 365 bzw. 366 gesetzten Punkt angedeutet werden, daß der Bruch 0.2422 hinzuzufügen ist.

der mittleren Sonne«. Wenn ein Gestirn kulminiert, so ist bekanntlich die Frühlingspunktszeit gleich der geraden Aufsteigung des Gestirns. Folglich ist auch »Frühlingspunktszeit im mittleren Mittag« gleichbedeutend mit »gerader Aufsteigung der mittleren Sonne im Augenblicke ihrer Kulmination«, wofür abgekürzt $m \odot \alpha$ gesetzt wird. Diese gerade Aufsteigung ist nun für den mittleren Berliner und für den mittleren Greenwicher Mittag von Tag zu Tag im Berliner Jahrbuch und im Nautical Almanac auf Seite II jedes Monats unter der Überschrift »Sternzeit« bzw. »Sidereal Time« angegeben. Es soll nun der entsprechende Wert für den Beobachtungsort, dessen westliche Länge λ (von Berlin bzw. Greenwich aus gerechnet) sei, abgeleitet werden. Zu diesem Zwecke hat man zunächst festzustellen, wie viel mittlere Zeit zwischen den Kulminationen der Sonne erstens in Berlin bzw. Greenwich und zweitens im Beobachtungsorte verfließt. Diese Zeit entspricht offenbar dem in Zeitmaß ausgedrückten Wert λ . Es ist also zu ermitteln, um welchen Betrag sich die gerade Aufsteigung der mittleren Sonne während der Zeit λ verändert. In 365. Tagen mittlerer Zeit ändert sich die gerade Aufsteigung der Sonne um $360^\circ = 24^h = 1^d$, folglich während eines Tages um $\frac{1}{365}^d$, während einer Stunde um $\frac{1}{365}^h$ usw.; allgemein: In λ Einheiten mittlerer Zeit ändert sich die gerade Aufsteigung der mittleren Sonne um $\frac{\lambda}{365}$. Dieser Wert ist

nach den früheren Darlegungen in der Plus-Tafel enthalten. Man erhält also die Frühlingspunktszeit im mittleren Mittag des Beobachtungsortes, indem man mit der Länge λ in die Plus-Tafel eintritt und den Tafelwert an die Frühlingspunktszeit im mittleren Berliner bzw. Greenwicher Mittag anbringt; die Verbesserung wird addiert bei westlicher Länge und sie wird subtrahiert bei östlicher Länge.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen kehren wir zu unserer Aufgabe, den Stand der nach mittlerer Zeit regulierten Chronometer abzuleiten, zurück. Um diesen Übergang in aller Schärfe ausführen zu können, muß man den Gang des zur Beobachtung benutzten Chronometers kennen. Da aber dieses Instrument sich gerade während der Beobachtungszeit nicht unter normalen Verhältnissen befunden hat, so ist es nicht ratsam, den Gangwert gemäß früherer Beobachtungen anzunehmen, sondern es empfiehlt sich, denselben aus den Vergleichen mit dem besten der vorhandenen Mittl. Zeit-Chronometer abzuleiten. Für das letztere Instrument wird der frühere Gangwert zugrunde gelegt. Von dieser Ableitung des Gangwertes des Beobachtungschronometers kann abgesehen werden, wenn die Epoche der Zeitbestimmung (d. h. die Mitte der zur Zeitbestimmung benutzten

Zeit) auch genau in der Mitte zwischen den beiden Uhrvergleichen liegt. Man erkennt ferner aus diesen Überlegungen, daß die Vergleichen des Beobachtungschronometers mit dem besten der vorhandenen Chronometer für die Zuverlässigkeit der Zeitbestimmung wesentlich in Betracht kommen; es möge deshalb empfohlen werden, sowohl vorher wie nachher zwei Koïnzidenzbeobachtungen*) dieses und des Beobachtungschronometers vorzunehmen und den Mittelwert bei der Berechnung zugrunde zu legen. Der Beobachter kann dann sofort erkennen, ob ein Fehler gemacht worden ist. Die doppelte Vergleichen ist in diesem Falle umsomehr zu empfehlen, weil die soeben erwähnten Mittelwerte auch in der weiteren Rechnung benutzt werden. Ob für die übrigen nach mittlerer Zeit regulierten Chronometer je zwei Vergleichen erforderlich sind, hängt von der Zuverlässigkeit des Beobachters ab; im allgemeinen ist bei einiger Übung eine Koïnzidenzbeobachtung mit dem Sternzeitchronometer ausreichend.

Es ist nach diesen Vorbemerkungen nicht schwierig, den Gang der Rechnung an dem folgenden Beispiele zu erkennen; in der Praxis ist es nicht erforderlich, daß die Bedeutung der einzelnen Zahlenwerte so ausführlich wie bei diesem Beispiele hinzugefügt wird.

Beispiel.

1905 November 1. Mittwoch (vgl. § 19 und § 20).

Epoche der Zeitbestimmung: $\frac{1}{2}(23^h 1^m + 23^h 39^m) = 23^h 20^m$ KNOBLICH-Zeit.

Mittelwerte der Vergleichen zwischen KNOBLICH und BRÖCKING:

Vorher: BRÖCKING: $6^h 49^m 49.0^s =$ KNOBLICH: $21^h 10^m 19.25^s$.

Nachher: „ $9^h 39^m 50.5^s =$ „ $0^h 0^m 48.25^s$.

Ableitung des Ganges des Chronometers KNOBLICH.

Zeit zwischen den Vergleichen in BRÖCKING-Zeit	$2^h 50^m 1.50^s$
Täglicher Gang BRÖCKING: -1.42^s ; Gang in $2^h 50^m = 0.12^d$	-0.17
Zeit zwischen den Vergleichen, ausgedrückt in mittlerer Zeit	$2 50 1.33$
Reduktion auf Sternzeit (Plus-Tafel)	$+0 27.93$
Zeit zwischen den Vergleichen, ausgedrückt in Sternzeit	$2 50 29.26$
„ „ „ „ „ „ „ KNOBLICH-Zeit	$2 50 29.00$
Gang KNOBLICH in $2^h 50^m = 2.83^h$ (verlierend)	$+0.26$
„ „ „ 1^h (verlierend)	$+0.09$

Zwischenzeiten.

Epoche — 1. Vergleichen: $2^h 10^m = 2.17^h$; Gang KNOBLICH	$+0.20$
2. Vergleichen — Epoche: $0^h 41^m = 0.68^h$; „ „	$+0.06$
Stand KNOBLICH um $23^h 20^m$	$-1 19.65$

1905 November 1. Frühlingspunktszeit im mittleren Berliner Mittag . $14 40 15.83$

λ Hamburg (Berlin) = $0^h 13^m 41^s$ westlich

Reduktion auf den mittleren Ortsmittag (Plus-Tafel) $+0 2.25$

*) Die Koïnzidenzen folgen einander in Zwischenräumen von $3^m 3^s$; Abweichungen bis 10^s sind zulässig.

	1. Vergleichung	2. Vergleichung
Ablesung KNOBLICH	21 ^h 10 ^m 19.25 ^s	0 ^h 0 ^m 48.25 ^s
Stand KNOBLICH	— 1 19.85	— 1 19.59
Frühlingspunktszeit	21 8 59.40	23 59 28.66
Frühlingspunktszeit im mittleren Hamburger Mittag	14 40 18.08	
	6 28 41.32	9 19 10.58
Reduktion auf mittlere Zeit (Minus-Tafel)	— 1 3.68	— 1 31.61
Mittlere Hamburger Zeit	6 27 37.64	9 17 38.97
Ablesung BRÖCKING	6 49 49.00	9 39 50.50
Stand BRÖCKING gegen mittlere Hamburger Zeit	— 22 11.36	— 22 11.53
Stündlicher Gang BRÖCKING: — 0.06 ^s		
Gang BRÖCKING in den Zwischenzeiten	— 0.13	— 0.04
Epoche der Zeitbestimmung: mittlere Hamburger Zeit: (6 ^h 28 ^m + 2 ^h 10 ^m) oder (9 ^h 18 ^m — 0 ^h 41 ^m) = 8 ^h 38 ^m		
1905 November 1.38 Stand BRÖCKING	— 22 ^m 11.49 ^s	— 22 ^m 11.49 ^s

(Diese Werte müssen innerhalb 0.02^s miteinander übereinstimmen.)

Berechnung der Stände der Chronometer LANGE und SCHLESICKY.

	Vorher		Nachher	
	LANGE	SCHLESICKY	LANGE	SCHLESICKY
Ablesung KNOBLICH bei der Vergleichung	21 ^h 13 ^m 40.50 ^s	21 ^h 16 ^m 17.00 ^s	0 ^h 5 ^m 8.50 ^s	0 ^h 6 ^m 50.00 ^s
Ablesung KNOBLICH bei der Vergleichung mit BRÖCKING (Mittelwert)	21 10 19.25		0 0 48.25	
Unterschied in Sternzeit	3 21.25	5 57.75	4 20.25	6 1.75
Reduktion auf mittlere Zeit (Minus-Tafel)	— 0.55	— 0.98	— 0.71	— 0.99
Unterschied in mittlerer Zeit	3 20.70	5 56.77	4 19.54	6 0.76
Mittlere Hamburger Zeit bei der Vergleichung mit BRÖCKING	6 27 37.64		9 17 38.97	
Mittlere Hamburger Zeit	6 30 58.3	6 33 34.4	9 21 58.5	9 23 39.7
Ablesung bei LANGE und SCHLESICKY	6 25 20.0	6 37 25.0	9 16 20.0	9 27 30.0
Stände dieser Chronometer	+ 5 38.3	— 3 50.6	+ 5 38.5	— 3 50.3
Gang LANGE	In 2.85 ^h + 0.17 ^s	In 1.00 ^h + 0.06 ^s	In 2.17 ^h + 0.13 ^s	In 0.68 ^h + 0.04 ^s
Gang SCHLESICKY	+ 0.32 ^s	+ 0.11 ^s	+ 0.24 ^s	+ 0.07 ^s

1905 Nov. 1.38 Stand LANGE	(Aus der 1. Vergleichung) + 5 ^m 38.4 ^s	(Aus der 2. Vergleichung) + 5 ^m 38.4 ^s
Stand SCHLESICKY	— 3 50.4	— 3 50.4

(Diese Werte müssen miteinander übereinstimmen.)

II. Bestimmung der geographischen Breite durch Messung einzelner Zenitabstände von Sternen.

§ 22. Grundgedanke der Methode.

Wenn man den Zenitabstand z eines Fundamentalsterns zur Uhrzeit U vermittels des Universalinstruments gemessen hat, und wenn man annimmt, daß der Stand ΔU der Uhr gegen Frühlingspunkts-Ortszeit durch andere Beobachtungen ermittelt worden ist, so ist man

in der Lage, die Breite des Beobachtungsortes durch Rechnung zu finden. Die Gleichung 3 läßt sich nämlich, wenn die in den Gleichungen 1 und 2 enthaltenen Beziehungen benutzt werden, in folgender Form schreiben:

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos (U + \Delta U - \alpha) \quad 10.$$

In dieser Gleichung ist unter der oben erwähnten Voraussetzung nur die Breite φ unbekannt; man kann also auf Grund dieser Gleichung die Breite durch Rechnung (nötigenfalls durch numerische Versuche) ermitteln.

§ 23. Auswahl der Sterne.

Um festzustellen, wie die Sterne auszuwählen sind und wie die Beobachtung anzuordnen ist, damit die Fehler in den gegebenen Werten (z , δ und $t = U + \Delta U - \alpha$) einen möglichst geringen Einfluß auf die Bestimmung der Breite ausüben, zieht man die in § 18 entwickelte Gleichung 8 zwischen den Differentialen der einzelnen Elemente des astronomischen Dreiecks heran. Diese Gleichung lautet nach einer kleinen Umformung:

$$d\varphi = \sec Az \cdot dz - \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} Az \cdot dt + \sec Az \cdot \cos \varphi \cdot d\delta \quad 11.$$

Betrachtet man nun wieder die Differentiale von z , t und δ als die Fehler, mit denen die letzteren Größen selbst behaftet sind, so lehrt diese Gleichung zunächst, daß die Faktoren von dz und dt ihren numerisch kleinsten Wert annehmen, wenn sich der beobachtete Stern im Meridian befindet. In diesem Falle ist $\sec Az$, der Faktor von dz , entweder $+1$ oder -1 , je nachdem der Stern nördlich oder südlich vom Zenit steht. Der Fehler des Zenitabstandes tritt also mit seinem vollen Betrage in die Bestimmung der Breite ein. Ferner erkennt man, daß es vorteilhaft ist, die Breitenbestimmung nacheinander aus der Beobachtung eines nördlichen und eines südlichen kulminierenden Sterns abzuleiten; der Mittelwert beider Ergebnisse ist von dem Einflusse eines konstanten Fehlers in den gemessenen Zenitabständen befreit. Richtet man es so ein, daß die Zenitabstände beider Sterne nahezu (innerhalb einiger Grade) einander gleich sind, so kann man durch diese Anordnung z. B. Fehler in der Berechnung der Strahlenbrechung sowie die Biegung des Fernrohrs ausschalten. Man hat zu diesem Zwecke

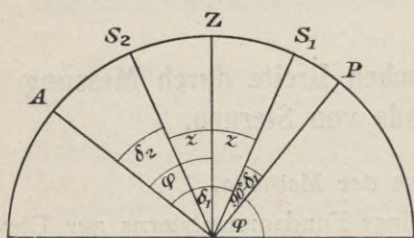


Fig. 3.

die Sterne so zu wählen, daß die Summe ihrer Abweichungen gleich der doppelten Breite des Beobachtungsortes ist, denn es ist

$$z = ZS_1 = ZP - S_1P = (90^\circ - \varphi) - (90^\circ - \delta_1) = \delta_1 - \varphi$$

$$z = ZS_2 = ZA - S_2A = \varphi - \delta_2$$

$$\text{also} \quad \delta_1 + \delta_2 = 2\varphi.$$

Der Faktor von dt , nämlich $\cos \varphi \cdot \operatorname{tg} Az$, verschwindet, wenn die Beobachtung genau im Meridian stattfindet; in diesem Falle ist also

ein kleiner Fehler im Uhrstande oder in der geraden Aufsteigung des Sterns ohne Einfluß auf die Breitenbestimmung. Da man aber nicht gerne sich auf eine einzige Zenitabstandsmessung jedes Sterns verläßt, und da anderseits der soeben erwähnte Faktor auf beiden Seiten des Meridians entgegengesetzte Vorzeichen annimmt, so ordnet man die Beobachtung so an, daß die Zenitabstandsmessungen möglichst symmetrisch zum Meridian stattfinden. Der Mittelwert der einzelnen Breitenbestimmungen ist dann nahezu frei von dem Einflusse eines Fehlers im Uhrstande und in der geraden Aufsteigung des Sterns.

Schließlich ist noch festzustellen, ob im Meridian oder dessen Nähe, wo nach den bisherigen Betrachtungen die Zenitabstandsmessungen zur Breitenbestimmung vorzunehmen sind, der Faktor von $d\delta$ in der Gleichung 11 einen beträchtlichen Wert erreicht. Eine einfache Überlegung zeigt, daß $\sec Az \cdot \cos q$ im Meridian entweder $+1$ oder -1 ist, und daß sich dieser Ausdruck in der Nähe des Meridians jedenfalls nur sehr langsam ändert. Die Fehler in den Abweichungen der zur Beobachtung gewählten Sterne treten also mit ihrem Betrage in die Breitenbestimmung ein. Anderseits hat man nach dieser Feststellung keine Ursache, die auf Grund der vorstehenden Betrachtungen gewählte Anordnung der Beobachtungen zu ändern, denn man kann, wie schon in § 18 hervorgehoben worden ist, voraussetzen, daß die Abweichungsfehler der Fundamentalsterne gegenüber den Fehlern im Uhrstande und in den gemessenen Zenitabständen als verschwindend zu betrachten sind.

§ 24. Ableitung der Formel für die Breitenbestimmung.

Man erhält aus der Gleichung 6 nach einer kleinen Umformung:

$$\text{(Südlich vom Zenit)} \sin \frac{1}{2}(\zeta - z) = -\frac{\cos \varphi \cdot \cos \delta}{\sin \frac{1}{2}(\varphi - \delta + z)} \cdot \sin^2 \frac{1}{2}t \quad 12.$$

$$\text{(Nördlich vom Zenit)} \sin \frac{1}{2}(\zeta - z) = -\frac{\cos \varphi \cdot \cos \delta}{\sin \frac{1}{2}(\delta - \varphi + z)} \cdot \sin^2 \frac{1}{2}t \quad 13.$$

In diesen Gleichungen bezeichnet ζ den absoluten Betrag des Meridian-Zenitabstandes der beobachteten Sterne; man hat also

$$\text{(Südlich vom Zenit)} \varphi = \delta + \zeta \quad 14.$$

$$\text{(Nördlich vom Zenit)} \varphi = \delta - \zeta \quad 15.$$

Es ist hierbei vorausgesetzt worden, daß die Messung der Zenitabstände in der Nähe der oberen Kulmination der Sterne stattgefunden hat.

Bei der Berechnung der Breite nach den vorstehenden Formeln hat man auf den rechten Seiten der Gleichungen 12 und 13 einen Näherungswert von φ zu benutzen. Weil $\frac{1}{2}(\zeta - z)$ stets ein kleiner Winkel ist, so ist der Einfluß eines Fehlers in φ auf die Bestimmung dieses Winkels in den meisten Fällen unmerklich. Sollte indessen der aus der Rechnung hervorgehende Wert von φ wesentlich von dem

angenommenen abweichen, so ist die Rechnung zu wiederholen. Zur Entnahme von $\log \sin^2 \frac{1}{2}t$ mit dem Argument t (in Zeitmaß) wird wie in § 20 Tafel 14 und 15 der »Nautischen Tafeln« empfohlen.

Um von dem Werte $\log \sin \frac{1}{2}(\zeta - z)$ sofort auf $\log (\zeta - z)$ in Bogenminuten oder Bogensekunden überzugehen, bediene man sich der Tafel VI, in deren erster Spalte jedesmal die Grenzwerte für die in der zweiten Spalte enthaltenen Größen angegeben sind. Es ist also

$$\log (\zeta - z)' = \log \sin \frac{1}{2}(\zeta - z) + M \quad . \quad . \quad . \quad 16.$$

und $\log (\zeta - z)'' = \log \sin \frac{1}{2}(\zeta - z) + S \quad . \quad . \quad . \quad 17.$

§ 25. Ausführungen der Beobachtungen.

Man stellt (am besten schon vorher) genähert die Frühlingspunkts-Ortszeit fest, zu der man mit der Beobachtung zu beginnen beabsichtigt; hierzu dient die Beziehung:

Genäherte Frühlingspunkts-Ortszeit = Mittlere Ortszeit

$$+ \text{Frühlingspunktszeit im mittleren Berliner Mittag} \quad . \quad . \quad 18.$$

Hierauf geht man in dem Verzeichnis der mittleren Sternörter des Berliner Jahrbuchs (Seite 149 bis 174) von derjenigen geraden Aufsteigung aus, die der soeben gefundenen genäherten Frühlingspunkts-Ortszeit entspricht, und sucht innerhalb der nächsten geraden Aufsteigungsstunden zwei solche Sterne heraus, die am Beobachtungsort nördlich und südlich vom Zenit in ungefähr gleichem Zenitabstand kulminieren. Nach § 23 muß also sein

$$\delta_n + \delta_s = 2\varphi \pm 5^\circ \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 19.$$

Am vorteilhaftesten ist es für die Beobachtung, wenn die gerade Aufsteigung der gewählten Sterne sich um etwa 20 bis 30^m unterscheidet, weil dann die Beobachtung des zweiten Sterns unmittelbar an diejenige des ersten angeschlossen werden kann. Bei der Auswahl der Sterne ist aus den in § 19 erörterten Gründen darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Meridianzenitabstände innerhalb der Grenzen 20° und 70° liegen.

Beispiel für die Auswahl der Sterne.

1905 November 10. Hamburg, $\varphi = + 53^\circ 33'$; $2\varphi = 107^\circ 6'$

Anfang der Beobachtung 7^h mittlere Ortszeit. Frühlingspunktszeit im mittleren Mittag 15^h 16^m; also Frühlingspunkts-Ortszeit bei Beginn der Beobachtung 22^h 16^m.

β Pegasi Gr. 2.4 $\alpha_s = 22^h 59^m$ $\delta_s = +27^\circ 34'$ Mer. Zenitabst. $\varphi - \delta_s = 25^\circ 59'$

$$2\varphi - \delta_s = +79^\circ 32'$$

γ Cephei Gr. 3.3 $\alpha_n = 23^h 35^m$ $\delta_n = +77^\circ 6'$ Mer. Zenitabst. $\delta_n - \varphi = 23^\circ 33'$

Etwa 10^m vor der durch die gerade Aufsteigung des ersten Sterns gegebenen Frühlingspunkts-Ortszeit stellt man seinen Meridianzenitabstand ein, bringt das Fernrohr mit Hilfe des Kompasses ungefähr in

den Meridian und sucht, indem man den Oberbau des Instruments langsam nach Osten dreht, den Stern auf. Ist er gefunden, so wird in Azimut geklemmt, und der Stern mit Hilfe der Feinschraube näherungsweise an den Mittelfaden gebracht. Es folgt nun eine Ablesung des festen Niveaus, die scharfe Einstellung des Sterns, die Notierung der genauen Uhrzeit im Augenblicke dieser Einstellung und eine nochmalige Niveauablesung. Die Angaben des Niveaus können einem Gehilfen zugerufen werden, auch ist es bei Breitenbestimmungen zulässig, daß letzterer auf ein Signal des Beobachters (»Achtung« — »Topp«) die Ablesung der Beobachtungszeit am Chronometer ausführt, da hierbei eine Genauigkeit innerhalb einer halben Zeitsekunde vollkommen ausreichend ist. Der Gehilfe ist vor Fehlern in der Aufzeichnung der Zeitminute zu warnen. Schließlich ist in der früher (§ 19) beschriebenen Art die Ablesung des Vertikalkreises vorzunehmen. Der Beobachter möge vor und nach der Kulmination die gleiche Anzahl Zenitabstandsmessungen, welche gleichmäßig auf beide Lagen des Instruments zu verteilen sind, ausführen, also etwa in folgender Anordnung:

G. R., G. L. (Kulmination) G. L., G. R.

Ebenso wie bei der Zeitbestimmung aus einzelnen Zenitabständen ist die Kenntnis der Luft-Temperatur und des Barometerstandes für die Berechnung der Strahlenbrechung erforderlich.

Beispiel.

1905 November 10. Freitag. Hamburg. — Universal-Instrument C. BAMBERG 7867, μ der festen Libelle = 4,62". Sternzeit-Chronometer KUTTER 20.

Uhrvergleichung.

BRÖCKING 1855: 6^h 33^m 37.0^s = KUTTER 21^h 24^m 49.5^s
 „ „ 6^h 36^m 44.0^s = „ 21^h 27^m 57.0^s

Meteorologische Ablesungen.

An Bord:	An Land:
Therm. a. Bar. + 11.0°	kurz vor den Beobachtungen:
Barometer 763.6 mm	Lufttemperatur + 3.8°

Zenitabstände von Sternen zur Breitenbestimmung.

	β Pegasi. Süd.		
G. R.	Niv. 4.3	19.6	B. L. 15.3
	KUTTER 22 ^h 46 ^m 16.9 ^s		
	Niv. 4.3	19.7	B. L. 15.4
Mikr. I.	26°	3' 19"	
		2 26"	
Mikr. II.		2 27"	
		3 2"	

γ Cephei. Nord.

Vor der Kulmination wurden 2 Zenitabstände, je eine bei G. R. und G. L., gemessen.

G. L.	3.6 18.8	15.2	Nach der Kulmination:		
	22 ^h 50 ^m 8.0 ^s		G. L.	Niv. 4.1 19.2	B. L. 15.1
	3.6 18.8	15.2		KUTTER 23 ^h 32 ^m 44.1 ^s	
	334° 2' 14 ^p			Niv. 4.8 19.9	B. L. 15.1
	11		Mikr. I.	336° 28' 7 ^p	
	2 15			4	
	19		Mikr. II.	28 8	
				9	
G. L.	4.3 19.3	15.3	G. R.	4.4 19.5	15.1
	22 ^h 53 ^m 18.3 ^s			23 ^h 36 ^m 10.1 ^s	
	3.8 19.0	15.2		2.7 18.0	15.3
	334° 3' 11 ^p			23° 34' 22 ^p	
	11			21	
	3 12			34 25	
	16			26	

Nach der Kulmination wurden 3 weitere Zenitabstände bei G. R., G. R. und G. L. gemessen.

Meteorologische Ablesungen.

An Land:	An Bord:
kurz nach den Beobachtungen:	Therm. a. Bar. + 11.0°
Lufttemperatur + 2.8°	Barometer 763.4 mm

Uhrvergleichung.

BRÖCKING 1855: 9^h 35^m 20.0^s = KUTTER 0^h 27^m 2.5^s
 „ „ 9^h 38^m 30.0^s = „ 0^h 30^m 13.0^s

§ 26. Berechnung der Breite.

Durch die Beziehung

$$t = U + \Delta U - a \dots \dots \dots 20.$$

erhält man die Stundenwinkel für die einzelnen Messungen. Die Berechnung der wahren Zenitabstände findet in gleicher Weise wie bei den Zeitbestimmungen statt. Mit Hilfe dieser Werte leitet man auf Grund der Gleichungen 12 oder 13 sowie 16 oder 17 den Meridianzenitabstand ab und erhält dann nach den Gleichungen 14 oder 15 die Breite.

Zusammenstellung der Formeln.

Bestimmung des Wertes Z₀ durch Einstellung eines irdischen Gegenstandes:

$$Z_0 = \frac{1}{2} \{ [R - \frac{1}{2} \mu (i_1 + a_1)] + [L - \frac{1}{2} \mu (a_2 + i_2)] \}$$

$$t = U + \Delta U - a$$

Verbesserung der Ablesungen am Vertikalkreise:

G. R. $z_1 = [R - \frac{1}{2} \mu (i_1 + a_1)] - Z_0$

G. L. $z_1 = Z_0 - [L - \frac{1}{2} \mu (a_2 + i_2)]$

Barometerablesung auf 0° C. reduzieren (Tafel XIa).

Strahlenbrechung = (Tafel IVa) + (Tafel IVb) + (Tafel IVc).

$$z = z_1 + (\text{Strahlenbrechung})$$

(Südlich vom Zenit) $\sin \frac{1}{2}(\zeta - z) = - \frac{\cos \varphi \cdot \cos \delta}{\sin \frac{1}{2}(\varphi - \delta + z)} \cdot \sin^2 \frac{1}{2}t$

$$\log (\zeta - z)' = \log \sin \frac{1}{2}(\zeta - z) + M (\text{Tafel VI}); \varphi = \delta + \zeta$$

(Nördlich vom Zenit) $\sin \frac{1}{2}(\zeta - z) = - \frac{\cos \varphi \cdot \cos \delta}{\sin \frac{1}{2}(\delta - \varphi + z)} \cdot \sin^2 \frac{1}{2}t$

$$\log (\zeta - z)' = \log \sin \frac{1}{2}(\zeta - z) + M (\text{Tafel VI}); \varphi = \delta - \zeta$$

Beispiel.

1905 November 10. Freitag. Breitenbestimmung aus einzelnen Zenitabständen (vgl. § 25).

Meteorologische Ablesungen (Mittelwerte).

Temperatur +3.3° Barometer 763.5 mm. Thermometer am Barometer +11.0°
 Reduktion (Tafel XIa) - 1.4 mm.
 Barometer auf 0° C. reduziert 762.1 mm.

Berliner astronomisches Jahrbuch.

β Pegasi $\alpha = 22^h 59^m 12.7^s$	$\delta = +27^\circ 34' 30.0''$	$\cos \delta = 9.94763$
Süd	$\varphi = +53^\circ 32' 49.4''$	$\cos \varphi = 9.77390$
	$\zeta = \varphi - \delta = +25^\circ 58' 19.4''$	$\cos \varphi \cdot \cos \delta = 9.72153$
γ Cygni $\alpha = 23^h 35^m 33.6^s$	$\delta = +77^\circ 6' 38.1''$	$\cos \delta = 9.34844$
Nord	$\varphi = +53^\circ 32' 49.4''$	$\cos \varphi = 9.77390$
	$\zeta = \delta - \varphi = +23^\circ 33' 48.7''$	$\cos \varphi \cdot \cos \delta = 9.12234$

Uhvergleichungen.

	Vorher	Nachher
Ablesung BRÖCKING (Mittelwerte)	6h 35m 10.5s	9h 36m 55.0s
Stand BRÖCKING gegen mittlere Ortszeit auf Grund der letzten Zeitbestimmungen	- 22 24.9	- 22 25.1
Mittlere Hamburger Zeit	6 12 45.6	9 14 29.9
Reduktion auf Sternzeit (Plus-Tafel)	+ 1 1.2	+ 1 31.1
	6 13 46.8	9 16 1.0
Frühlingspunktszeit im mittleren Berliner Mittag 15h 15m 44.8s		
Reduktion auf Hamburg (Plus-Tafel) + om 2.3s		
Frühlingspunktszeit im mittleren Hamburger Mittag .	15 15 47.1	
Frühlingspunkts-Ortszeit	21 29 33.9	0 31 48.1
Ablesung KUTTER (Mittelwerte)	21 26 23.2	0 28 37.8
Stand KUTTER gegen Hamburger Sternzeit	+ 3 10.7	+ 3 10.3
Mittelwert	+ 3 10.5	

	β Pegasi. Süd.			γ Cygni. Nord.	
	G. R.	G. L.	G. L.	G. L.	G. R.
U	22h 46m 16.9s	22h 50m 8.0s	22h 53m 18.3s	23h 32m 44.1s	23h 36m 10.1s
ΔU	+ 3 10.5				
Fp. O. Zt.	22 49 27.4	22 53 18.5	22 56 28.8	23 35 54.6	23 39 20.6
α	22 59 12.7			23 35 33.6	
t	- 9 45.3	- 5 54.2	- 2 43.9	+ 0 21.0	+ 3 47.0
a + i	23.9 24.0	22.4 22.4	23.6 22.8	23.3 24.7	23.9 20.7
Mittel	23.9	22.4	23.2	24.0	22.3

Abl. des Kreises	I. Mittel	26° 2' 57''	334° 2' 25''	334° 3' 22''	336° 28' 11''	23° 34' 43''
	II.	2 59	2 34	3 28	28 17	34 51
	III.	26 2 58.0	334 2 29.5	334 3 25.0	336 28 14.0	23 34 47.0
	$\frac{1}{2} \mu \cdot (i + a)$	— 0 55.2	— 0 51.7	— 0 53.6	— 0 55.4	— 0 51.5
		26 2 2.8	334 1 37.8	334 2 31.4	336 27 18.6	23 33 55.5
Z ₀ (s. § 19 u. § 20 Beispiel)		360 0 38.8				
Strahlenbrechung	z ₁ Tafel IVa	26 1 24.0	25 59 1.0	25 58 7.4	23 33 20.2	23 33 16.7
	„ IVb	0 28	0 28	0 28	0 26	0 26
	„ IVc	0	0	0	0	0
	Summe	0 28	0 28	0 28	0 26	0 26
	z	26 1 52	25 59 29	25 58 35	23 33 46	23 33 43
		26 1.87'	25 59.48'	25 58.58'	23 33.77'	23 33.72'
$\varphi - \delta$ oder $\delta - \varphi$		25 58.32			23 33.81	
$\frac{1}{2}(\varphi - \delta + z)$ oder $\frac{1}{2}(\delta - \varphi + z)$		26 0.09	25 58.90	25 58.45	23 33.79	23 33.76
cos $\varphi \cdot \cos \delta$		9.72153	9.64155	9.64144	9.12234	9.60180
Denner		9.64186	9.64155	9.64144	9.60180	9.60180
		0.07967	0.07998	0.08009	9.52054	9.52054
$\sin^2 \frac{1}{2} t$		6.65605	6.21989	5.55074	3.76692	5.83342
$\sin \frac{1}{2}(\xi - z)$		6.73572 n	6.29987 n	5.63083 n	3.28746 n	5.35396 n
M (Tafel VI)		3.83730				
$(\xi - z)'$		0.57302 n	0.13717 n	9.46813 n	7.12476 n	9.19126 n
		— 3.74'	— 1.37'	— 0.29'	0.00'	— 0.16'
ξ		25° 58.13	25° 58.11	25° 58.29	23° 33.77	23° 33.56
δ		+ 27 34.50			+ 77 6.63	
φ		+ 53 32.63	+ 53 32.61	+ 53 32.79	+ 53 32.86	+ 53 33.07

Aus sämtlichen Beobachtungen ergaben sich folgende Einzel- und Mittelwerte für die geographische Breite:

β . Pegasi.	G. R. + 53° 32.63'	} + 53° 32.62'	} + 53° 32.66'
	G. L. 32.61		
	G. L. 32.79		
	G. R. 32.58		
	G. R. 32.61		
	G. L. 32.70		
γ . Cygni.	G. R. 32.92	} + 53° 32.97'	} + 53° 32.91'
	G. L. 32.77		
	G. L. 32.86		
	G. R. + 53° 33.07		

III. Zeit- und Breitenbestimmungen durch die Methoden gleicher Zenitabstände.

A. Einleitung.

§ 27. Grundgedanke der Methoden gleicher Zenitabstände.

Um den Grundgedanken der Methoden zur Zeit- und Breitenbestimmung durch die Beobachtung gleicher Zenitabstände darzulegen, wollen wir annehmen, daß bei zwei verschiedenen Azimuten kurz nacheinander die Uhrzeiten (U_1 und U_2) des Antritts zweier Fundamentalsterne an den horizontalen Mittelfaden eines Universalinstruments aufgezeichnet worden seien; ferner möge vorausgesetzt werden, daß die

Zenitabstands-Einstellung in beiden Fällen die gleiche (z) gewesen sei, und daß das Niveau des Instruments sich stets in seiner Mittelstellung befunden habe. Bezeichnet man dann die Koordinaten der beiden beobachteten Sterne mit α_1 und δ_1 bzw. mit α_2 und δ_2 , so liefert der Kosinussatz die beiden folgenden Gleichungen:

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta_1 + \cos \varphi \cdot \cos \delta_1 \cdot \cos (U_1 + \Delta U - \alpha_1) \quad . \quad 21.$$

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta_2 + \cos \varphi \cdot \cos \delta_2 \cdot \cos (U_2 + \Delta U - \alpha_2) \quad . \quad 22.$$

Daraus folgt

$$\begin{aligned} \sin \varphi \cdot \sin \delta_1 + \cos \varphi \cdot \cos \delta_1 \cdot \cos (U_1 + \Delta U - \alpha_1) \\ = \sin \varphi \cdot \sin \delta_2 + \cos \varphi \cdot \cos \delta_2 \cdot \cos (U_2 + \Delta U - \alpha_2) \quad . \quad 23. \end{aligned}$$

Nimmt man nun einerseits an, daß die Breite des Beobachtungsortes bekannt sei, so kann man aus der letzteren Gleichung die einzige Unbekannte ΔU , nötigenfalls durch numerische Versuche, berechnen. Die oben geschilderten Beobachtungen sind also zur Ausführung einer Zeitbestimmung unter allen Umständen theoretisch vollständig ausreichend. — Ist aber andererseits der Uhrstand gegen Frühlingspunkts-Ortszeit, ΔU , durch sonstige Beobachtungen ermittelt, so bietet die Gleichung 23 ein Mittel, um die Breite des Beobachtungsortes φ zu finden.

Es soll nun in den nächsten Paragraphen erstens gezeigt werden, wie man die Sterne auszuwählen und wie man die Beobachtungen auszuführen hat, damit die unvermeidbaren Beobachtungsfehler sowie kleine Irrtümer in den als bekannt vorausgesetzten Größen (φ bzw. ΔU) einen möglichst geringen verfälschenden Einfluß auf die zu bestimmenden Werte (ΔU bzw. φ) zur Folge haben. — Ferner ist oben angenommen worden, daß das Niveau sich stets in seiner Mittelstellung befunden habe; da diese Voraussetzung aber nur in den seltensten Fällen erfüllt ist, so muß zweitens gezeigt werden, in welcher Weise die Niveauablesungen zu verwerten sind, um die Beobachtungswerte wegen Neigung zu verbessern. Endlich ist die Ableitung der gesuchten Größen (ΔU bzw. φ) zu besprechen.

Aus dem vorstehend entwickelten Grundgedanken der Methoden gleicher Zenitabstände ergeben sich sofort die Vorteile, die diese Methoden vor den Zeit- und Breitenbestimmungen aus einzelnen Zenitabständen besitzen. Da der Wert des Zenitabstandes, in dem die Beobachtungen vorgenommen werden, nicht direkt in die Rechnung eintritt, da also eine sorgfältige Ablesung des Vertikalkreises überhaupt gar nicht erforderlich ist, so werden die zu ermittelnden Werte der Zeit und der Breite erstens frei von Ablesungsfehlern und von Fehlern der Kreisteilung gefunden. Dieser Vorteil ist besonders bei kleinen Instrumenten nicht zu unterschätzen. Die Kreise brauchen, weil sie ausschließlich zum Aufsuchen der geeigneten Sterne benutzt werden, nicht einmal eine sauber ausgeführte Teilung zu besitzen. Ein mit

den Sternbildern hinlänglich vertrauter Beobachter beobachtet nach diesen Methoden ganz ohne Benutzung der Kreise. — Zweitens geben die Methoden gleicher Zenitabstände die gesuchten Größen frei von Unsicherheiten der Strahlenbrechung; hierbei ist allerdings vorausgesetzt, daß die Strahlenbrechung in den beiden in Betracht kommenden Azimuten den gleichen Wert besitzt, und daß sie sich nicht verändert. — Endlich ist auch eine besonders feste Aufstellung des Instruments für die Ausführung der Beobachtungen nach den in Rede stehenden Methoden keineswegs erforderlich; der Beobachter wird sogar, wenn gelegentlich einmal die Niveaublase zur Seite gelaufen sein sollte, ohne Nachteil für das Ergebnis zwischen der Beobachtung des ersten und des zweiten Sterns Veränderungen an den Fußschrauben des Instruments vornehmen können.

Infolge dieser wesentlichen Vorteile pflegen die durch die Methoden gleicher Zenitabstände erhaltenen Ergebnisse die aus einzelnen Zenitabständen abgeleiteten Zeit- und Breitenbestimmungen an Genauigkeit bei weitem zu übertreffen. Die erfolgreiche Anwendung der erstgenannten Methoden ist ausschließlich an die Bedingung geknüpft, daß das Niveau zuverlässig und hinreichend empfindlich ist, und daß eine möglichst starre Verbindung zwischen dem Niveau und dem Fernrohr während der Dauer der Beobachtungen hergestellt werden kann.

§ 28. Das Talcott-Niveau.

Um der zuletzt erwähnten Anforderung in möglichst vollkommener Weise entsprechen zu können, ist an dem astronomischen Universalinstrument ein besonderes Niveau, das Talcott-Niveau, angebracht (siehe Fig. 4), das mittels der Klemme EE' und der Schraube A unmittelbar an die Horizontalachse geklemmt werden kann und dadurch eine festere Verbindung mit dem Fernrohr gewährleistet als das feste Niveau.

In Ermanglung eines astronomischen Universalinstruments können die Zeit- und Breitenbestimmungen nach der Methode gleicher Zenitabstände auch mit dem kleinen Universalinstrument ausgeführt werden, das zu diesem Zwecke 5 feine Horizontalfäden im Gesichtsfelde hat. Als Niveau dient in diesem Falle die feste Libelle am Fernrohrträger, die eine entsprechende Empfindlichkeit besitzt, und nicht etwa die träge Libelle des Höhen-Alhidadenkreises.

Nachdem der Zenitabstand, in dem beobachtet werden soll, am Vertikalkreise eingestellt und die Klemmschraube für die Vertikalbewegung des Instruments angezogen worden ist, wird das Talcott-Niveau mit der Hand näherungsweise in die richtige Stellung gebracht

und die Schraube *A* ebenfalls angezogen. Die genauere Einstellung des Talcott-Niveaus ist dann vermittels der Schraube *N* auszuführen. Bemerkt man kurz vor Beginn der Beobachtung, daß das Talcott-Niveau wiederum zur Seite gelaufen ist, so steht einer nochmaligen Einstellung desselben mit Hilfe der Schraube *N* nichts im Wege; da-

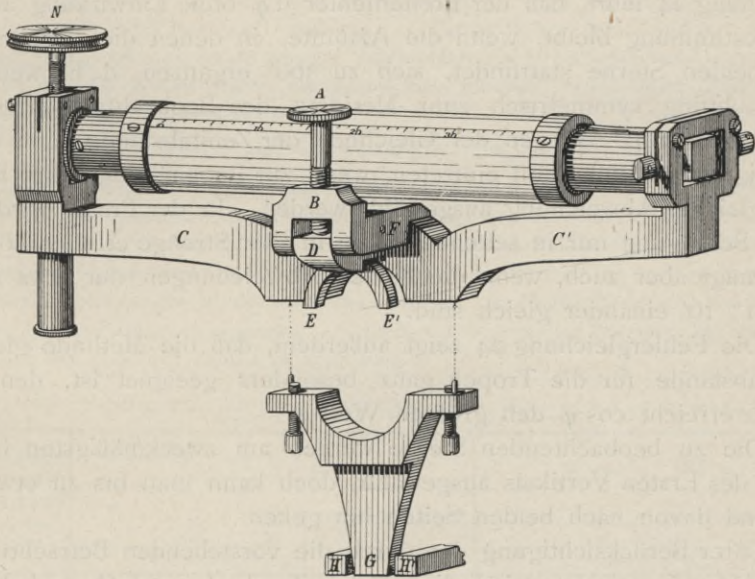


Fig. 4.

gegen muß es vermieden werden, die Zenitabstand-Einstellung zu ändern, solange die beiden Klemmschrauben angezogen sind, weil dadurch Beschädigungen des Instruments hervorgerufen werden können. Muß der Zenitabstand geändert werden, so sind stets zuvor die Klemmschrauben zu lösen.

Die Skala des Talcott-Niveaus enthält 40 Teile; die Bezifferung beginnt an dem einen Ende der Röhre, und zwar liegt der Nullpunkt bei der Stellung »Gewicht rechts« in der Nähe des Okulars.

B. Zeitbestimmung durch Beobachtung gleicher Zenitabstände.

§ 29. Auswahl der Sterne.

Bei der Auswahl der Sterne für Zeitbestimmungen hat man darauf Bedacht zu nehmen, daß erstens der Fehler in der Annahme der geographischen Breite des Beobachtungsortes und zweitens die unvermeidbaren Schätzungsfehler bei der Beobachtung einen möglichst geringen Einfluß auf das Ergebnis der Zeitbestimmung ausüben.

Um die Einwirkung eines Breitenfehlers zu ermitteln, hat man die Gleichung 23 zu differenzieren. Dies gibt:

$$d \Delta U = \frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2} (Az_1 + Az_2)}{\cos \varphi} \cdot d \varphi \dots \dots \dots 24.$$

wo $d \Delta U$ der Fehler im Uhrstand, $d \varphi$ der Breitenfehler ist. Die Gleichung 24 lehrt, daß der Breitenfehler $d \varphi$ ohne Einwirkung auf die Zeitbestimmung bleibt, wenn die Azimute, in denen die Beobachtung der beiden Sterne stattfindet, sich zu 360° ergänzen, d. h. wenn die Beobachtung symmetrisch zum Meridian des Beobachtungsortes vorgenommen wird. Wegen der Gleichheit der Zenitabstände kann dieser günstigste Fall nur dann eintreten, wenn zur Beobachtung zwei Sterne von gleicher Abweichung ausgewählt werden. In der Praxis wird man diese Bedingung nur in seltenen Fällen in aller Strenge erfüllen können, es genügt aber auch, wenn die beiden Abweichungen nur etwa innerhalb $1^\circ 10'$ einander gleich sind.

Die Fehlergleichung 24 zeigt außerdem, daß die Methode gleicher Zenitabstände für die Tropen ganz besonders geeignet ist, denn für $\varphi = 0$ erreicht $\cos \varphi$ den größten Wert 1.

Die zu beobachtenden Sterne werden am zweckmäßigsten in der Nähe des Ersten Vertikals ausgewählt, doch kann man bis zu etwa 40° Abstand davon nach beiden Seiten hin gehen.

Unter Berücksichtigung der durch die vorstehenden Betrachtungen ermittelten Grenzwerte sind die in den Tafeln Ia und Ib enthaltenen Sternpaare zusammengestellt.

§ 30. Vorbereitungsrechnungen.

Um die Vorteile der Methode voll ausnutzen zu können, präge man sich die Sternbilder und die hellsten Sterne so fest ein, daß man mit Hilfe einer Sternkarte (Himmels-Atlas von SCHURIG) den zu beobachtenden Stern ohne Schwierigkeit am Himmel auffinden und das Fernrohr einige Minuten vor der Zeit des gleichen Zenitabstands auf ihn einstellen kann.

In den Tropen wird es im allgemeinen ausreichen, 10^m vor der in Tafel Ia in der mit $\frac{1}{2} (\alpha_0 + \alpha_w)$ überschriebenen Spalte stehenden genäherten Frühlingspunktzeit des gleichen Zenitabstands mit der Beobachtung des ersten Sterns zu beginnen. Kennt man den Zeitpunkt des gleichen Zenitabstands genauer, so beginnt man 6^m vorher. Man hat dann bis zum Durchgang des zweiten Sterns hinreichend Zeit, die notwendigen Beobachtungen und Handgriffe vorzunehmen.

Ist man nicht imstande, die Sterne schnell nach einer Sternkarte aufzufinden, so muß man den umständlichen und zeitraubenden Weg einschlagen, genäherte Werte von Zenitabstand und Azimut zu berechnen und das Instrument mit Hilfe der Kreise auf den voraus-

berechneten Ort einzustellen. Wegen der schnell wechselnden Bewölkung in unseren Kolonien bedeutet dies meistens viel unnötige Arbeit.

Die Vorbereitungsrechnung ist dreistellig nach folgenden Formeln auszuführen:

$$\begin{aligned} \cos z &= p \cdot \sin (P + \varphi) \dots\dots\dots 25. \\ \text{ctg} z &= q \cdot \cos (P + \varphi) \dots\dots\dots 26. \end{aligned}$$

Die drei Hilfsgrößen P, p und q sind ausschließlich von den Koordinaten des Sterns und von der Frühlingspunktzeit abhängig. — Ferner möge daran erinnert werden, daß $\frac{1}{2}(\alpha_o + \alpha_w)$ stets innerhalb weniger Zeitminuten die Frühlingspunkts-Ortszeit darstellt, zu der die beiden Sterne des Paares den gleichen Zenitabstand besitzen; es schließen also die Frühlingspunkts-Ortszeiten

$$\frac{1}{2}(\alpha_o + \alpha_w) - 10^m \text{ und } \frac{1}{2}(\alpha_o + \alpha_w) + 10^m$$

unter allen Umständen die Frühlingspunkts-Ortszeit des gleichen Zenitabstandes ein. Für diese Frühlingspunkts-Ortszeiten sind die Hilfsgrößen P, p und q für beide Sterne in der Tafel Ia angegeben, und der Beobachter kann nun mit diesen die Zenitabstände und Azimute beider Sterne nach den sehr bequemen Formeln 25 und 26 berechnen. Da derartige Rechnungen häufig vorkommen werden, so empfiehlt es sich, sie sämtlich auf dem gleichen Blatte auszuführen, um hierdurch jedesmalige Angaben bezüglich der Bedeutung der einzelnen Zahlen zu vermeiden.

Vorausberechnung zweier Zeitsternpaare für Hamburg, $\varphi = + 53^\circ 33'$.

Nr. des Stern-paares	Früh-lings-punkts-Orts-zeit	Ost - Stern					West - Stern				
		P	p	q	cos z	ctg Az	P	p	q	cos z	ctg Az
		P + φ	$\frac{\sin}{(P+\varphi)}$	$\frac{\cos}{(P+\varphi)}$	z	Az	P + φ	$\frac{\sin}{(P+\varphi)}$	$\frac{\cos}{(P+\varphi)}$	z	Az
237	16 ^h 43 ^m	62° 26'	9.852	0.006	9.806	9.648 n	64° 58'	9.883	0.072 n	9.827	9.751
		115 59	9.954	9.642 n	50° 15'	293° 57'	118 31	9.944	9.679 n	47° 50'	60° 37'
237	17 3	64 28	9.883	0.074	9.829	9.746 n	62 57	9.852	0.004 n	9.804	9.654
		118 1	9.946	9.672 n	47° 35'	299° 7'	116 30	9.952	9.650 n	50° 30'	65° 43'
246	17 ^h 25 ^m	69° 31'	9.848	9.997	9.772	9.734 n	71° 18'	9.881	0.068 n	9.795	9.825
		123 4	9.924	9.737 n	53° 45'	298° 27'	124 51	9.914	9.757 n	51° 25'	56° 15'
246	17 45	71 5	9.881	0.069	9.796	9.824 n	69 44	9.848	9.997 n	9.770	9.736
		124 38	9.915	9.755 n	51° 20'	303° 40'	123 17	9.922	9.739 n	53° 55'	61° 27'

Als näherungsweise Kontrolle für die Rechnung beachte man, daß die Unterschiede der für beide Koordinaten (Zenitabstand und Azimut) erhaltenen Werte innerhalb einiger Bogenminuten einander gleich sein müssen; z. B.

Nr. 237. Ost-Stern Unterschied in Z.-A. 2° 40'; Unterschied in Az. 5° 10'
 West-Stern " " " 2 40 " " " 5. 6

Die soeben erhaltenen Werte für die Zenitabstände sind zur Herstellung eines Diagramms auf Millimeterpapier zu übertragen; auf der X-Achse ist die Frühlingspunkts-Ortszeit, auf der Y-Achse ist der Zenitabstand anzugeben; als Maßstab möge gewählt werden

Frühlingspunkts-Ortszeit 1^m gleich 5^{mm}
 Zenitabstand 1' gleich 1^{mm}

Verbindet man dann die beiden auf denselben Stern bezüglichen Punkte durch eine Gerade, so kann man während der in Betracht kommenden 20^m aus diesem Diagramm die Zenitabstände mit einer für die Einstellung am Universalinstrument hinreichenden

Genauigkeit entnehmen. Auf Blatt 2 sind die Wege der beiden Sterne des Paares Nr. 237 in dieser Weise graphisch dargestellt.

In der Nähe des Kreuzungspunktes beider Sternwege sind besondere Skalen für die Azimute beider Sterne anzulegen; diese Wahl für die Stellung der Azimutskalen ist empfehlenswert, weil das Zenitabstand-Diagramm in unmittelbarer Nähe des Kreuzungspunktes nicht benutzt wird. Auf den Skalen sind die vollen Grade des Azimuts mit Hilfe des Diagramms auf Blatt 1 nach einem Verfahren abzusetzen, das am einfachsten durch ein Beispiel (Nr. 237, West-Stern: η Bootis) erläutert werden kann. Man setze an der Oberkante eines Papierstreifens durch zwei Marken eine Strecke von 10 cm (20 Zeitminuten entsprechend) ab; diese Strecke ist am Fuße des Diagramms auf Blatt 1 angegeben. Ferner bilde man auf Grund der obigen Rechnung den Unterschied in Azimut für die Zwischenzeit von 20^m; bei η Bootis erhält man also $65^{\circ} 43' - 60^{\circ} 37' = 5^{\circ} 6'$. Der Papierstreifen wird nun in der Höhe, welche dem letzteren Unterschiede entspricht, auf das Diagramm des Blattes 1 gelegt und seitlich so verschoben, daß die linke Marke auf die Minute 37 (das Azimut von η Bootis für 16^h 43^m war $60^{\circ} 37'$) innerhalb des von 10 zu 10' geteilten Gradstreifens auf der linken Seite fällt. Die Marke rechts muß dann auf die Minute 43 (das Azimut für 17^h 3^m war $65^{\circ} 43'$) innerhalb des geteilten Streifens auf der rechten Seite fallen. Auf dem Papierstreifen können jetzt nach den stärkeren Linien des Diagramms auf Blatt 1 die vollen Azimutgrade abgesetzt und auf Blatt 2 übertragen werden. Wenn die Azimutveränderung in 20^m weniger als 3° beträgt, ist die Anfertigung von Azimutskalen, welche von Grad zu Grad fortschreiten, nicht erforderlich. Bei einer so geringen Veränderung genügt es, wenn in dem Diagramm (an den Endpunkten der wagerechten Linien) die Azimute der Sterne zu Anfang und am Schluß der in Betracht kommenden 20^m angegeben werden. — Da es sich nur um das Aufsuchen der Sterne handelt, so ist bei der Anfertigung des Diagramms große Sorgfalt keineswegs erforderlich.

Es wird, um die Übersichtlichkeit des Diagramms zu erhöhen, empfohlen, alle auf den Oststern bezüglichen Angaben (Name, Größe, Sternweg, Azimutskala usw.) rot, alle auf den Weststern bezüglichen Angaben schwarz einzutragen.

§ 31. Vorbereitungsbeobachtungen.

Es soll die Aufstellung und Handhabung des Instruments sowie die Ausführung der dazu nötigen Beobachtungen im folgenden kurz erläutert werden.

Die Horizontierung des Instruments ist mit Hilfe des festen Niveaus auszuführen; die folgenden Vorbereitungen sind nur erforderlich, wenn man den Stern mit Hilfe der Kreise einstellen muß. — Die Kenntnis des Indexfehlers ist nur genähert (etwa innerhalb 1') erforderlich. Man stellt den mittleren Horizontalfaden nacheinander bei »Gewicht rechts« und bei »Gewicht links« auf eine terrestrische Marke (Licht) ein und liest bei jeder Lage das Mikroskop I ab. Die Ablesung des festen Niveaus kann unter der Annahme, daß anfangs gut horizontiert worden ist, unterlassen werden. Der Zenitpunkt ergibt sich durch

$$Z = \frac{1}{2} (R + L) \dots \dots \dots 27.$$

Es empfiehlt sich, die genäherte Zenitpunktbestimmung bereits bei Tageslicht auszuführen.

Vor jeder Gebrauchsperiode ist durch Einstellung eines möglichst entfernten und scharfen terrestrischen Objekts zu prüfen, ob der mittlere Horizontalfaden genau horizontal ist, erforderlichenfalls ist eine sorgfältige Berichtigung vorzunehmen (siehe § 11). Man vermeide es hierbei aber, die Unendlichstellung des Fadennetzes zu verändern. Es möge schon hier bemerkt werden, daß man bei den Methoden gleicher Zenitabstände das Instrument stets in der Lage »Gewicht rechts« verwendet; durch Veränderung der

Lage wird nicht wie bei anderen Methoden die Elimination von Fehlerquellen erreicht. Die Lage G. R. ist vorzuziehen, weil man dann, abgesehen vom Indexfehler, unmittelbar Zenitabstände am Vertikalkreise einstellen kann. Es empfiehlt sich deshalb auch, die Horizontalachse so in ihre Lager zu legen, daß man bei der Lage G. R. mit der rechten Hand bequem die Feinschraube für die Azimutbewegung erfassen kann.

Es ist ferner eine genäherte Bestimmung des Meridianpunktes des Horizontalkreises auszuführen; dies geschieht am einfachsten und leichtesten in der für den vorliegenden Zweck erforderlichen Genauigkeit durch die Beobachtung eines kulminierenden Sterns. Man entnimmt aus dem Berliner astronomischen Jahrbuche den scheinbaren Ort (für den Beobachtungstag) eines innerhalb der nächsten Minuten kulminierenden Sterns 1ter bis 3ter Größe. In gerader Aufsteigung möge die Genauigkeit der vollen Zeitsekunde, in Abweichung diejenige der vollen Bogenminute innegehalten werden. Mit Hilfe des genäherten Standes ΔU der Uhr gegen Frühlingspunkts-Ortszeit berechnet man dann die Uhrzeit der Kulmination des Sterns

$$U = \alpha - \Delta U 28.$$

sowie die Einstellung des Meridian-Zenitabstands bei der Lage G. R.:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Stern südlich vom Zenit: } R = \varphi - \delta + Z \\ \text{„ „ „ „ „ „ } R = \delta - \varphi + Z \end{array} \right\} 29.$$

Zwei oder drei Minuten vor der berechneten Uhrzeit sucht man, nötigenfalls unter Benutzung eines Kompasses, den Stern auf, behält ihn im Gesichtsfeld und bringt ihn im Augenblicke der Kulmination mit der Feinschraube im Azimut an den vertikalen Mittelfaden. Durch Ablesung des Horizontalkreises (nur Mikroskop A, ganze Minuten schätzen) erhält man einen Näherungswert des Meridianpunktes; der Südpunkt möge mit M_p bezeichnet werden. — Es ist vorteilhaft, zur Ermittlung des Meridianpunktes einen Stern, welcher eine numerisch hohe Abweichung besitzt, zu wählen, weil dann selbst ein größerer Fehler in der Annahme des Uhrstandes geringen Einfluß auf die Bestimmung ausübt, und weil man einen Stern, welcher sich langsam im Gesichtsfelde des Fernrohrs bewegt, leicht und scharf zu der berechneten Zeit am vertikalen Mittelfaden einstellen kann. In den Tropen sind deshalb Sterne, deren Abweichungen zwischen $+60^\circ$ und $+70^\circ$ oder zwischen -60° und -70° liegen, am geeignetsten. In mittleren und höheren Breiten kann man gelegentlich auch die untere Kulmination eines zirkumpolaren Sterns in gleicher Weise mit Vorteil verwenden; man hat dann $\alpha \pm 12^h$ und $180^\circ - \delta$ an Stelle von α und δ in die Formeln 28 und 29 einzusetzen.

Bleibt der Beobachter mehrere Tage an dem gleichen Orte, so empfiehlt es sich, das Azimut einer Mire (Licht) durch die Gleichung

$$(\text{Azimut Mire}) = (\text{Ablesung Mire}) - M_p 30.$$

am ersten Abend genähert zu bestimmen, und alsdann den Horizontalkreis so zu drehen, daß innerhalb einiger Bogenminuten die Ablesung der Mire mit deren Azimut übereinstimmt. Hierdurch wird $M_p = 0$. An den folgenden Beobachtungsabenden ist dann zur Bestimmung des Meridianpunktes eine Sternbeobachtung überhaupt nicht mehr erforderlich; man richtet das Fernrohr auf die Mire und stellt den Horizontalkreis in der eben angegebenen Weise ein.

§ 32. Beobachtung der Zeitsterne.

Nach Erledigung der Vorbereitungsbeobachtungen entnimmt man aus dem Diagramm (Blatt 2) den Zenitabstand, bei dem die beiden Sterne zeitlich einander in einem solchen Abstände folgen, daß man in der Zwischenzeit in aller Ruhe einige Niveauablesungen sowie die Azimuteinstellung auf den zweiten Stern vornehmen kann. Der An-

fänger möge bei den ersten Beobachtungen eine Zwischenzeit von etwa 10^m wählen und erst allmählich zu geringeren Zwischenzeiten bis etwa 5^m abwärts übergehen.

Es ist hierbei theoretisch gleichgültig, ob man mit der Beobachtung des westlichen oder des östlichen Sterns beginnt, d. h. ob man einen oberhalb oder einen unterhalb des Schnittpunktes beider Sternwege gelegenen Zenitabstand wählt. Man versuche es so einzu-richten, daß an jedem Beobachtungsabend ungefähr ebenso oft mit dem östlichen wie mit dem westlichen Stern begonnen wird.

Man stellt nun ungefähr in der Genauigkeit der vollen Bogenminute am Mikroskop I die Ablesung

$$R = z + Z \dots \dots \dots 31.$$

ein, wo z den aus dem Diagramm entnommenen Zenitabstand bedeutet. Hierauf wird das Talcott-Niveau ungefähr eingestellt, vorsichtig geklemmt und mit der Feinschraube zum Einspielen gebracht. Ist die Blase des festen Niveaus etwas nach der Seite gelaufen, so tut man meistens gut, auch der Blase des Talcott-Niveaus eine ungefähr entsprechende Stellung zu geben.

Die Azimuteinstellung E für den ersten Stern ist

$$E = Az + Mp \dots \dots \dots 32.$$

Die Uhrzeit U ,*) bei der der Stern den eingestellten Zenitabstand erreicht, erhält man durch

$$U = Fp.O.Zt. - \Delta U \dots \dots \dots 33.$$

Das Azimut Az sowie die Frühlingspunktszeit sind aus dem Diagramm zu entnehmen. — Etwa zwei bis drei Minuten vor der angegebenen Uhrzeit sucht man den Stern auf, indem man das Instrument ganz langsam dem Stern entgegenführt; die Drehungsrichtung des Instruments ist durch das Diagramm oder durch eine leicht auszuführende Überlegung festzustellen. Nach dem Auffinden des Sterns wird das Instrument in Azimut geklemmt und das Talcott-Niveau abgelesen; die Niveaublase muß aber bereits zum Stillstand gekommen sein. Die hierauf folgende Durchgangsbeobachtung ist in gleicher Weise wie im § 19 beschrieben auszuführen; vor allem bemühe man sich, auch in diesem Falle stets an den gleichen Stellen der Horizontalfäden (vgl. Fig. 1) zu beobachten. Nach der Durchgangsbeobachtung ist das Talcott-Niveau zum zweiten Male möglichst schnell abzulesen. Die Niveauangaben können einem Gehilfen zum Aufschreiben zugerufen

*) Um während der Beobachtung möglichst wenig mit Rechnungen zu tun zu haben, empfiehlt es sich, den Minutenzeiger irgend einer Taschenuhr auf die richtige Frühlingspunktszeitminute einzustellen; nach dieser Uhr richtet man sich beim Aufsuchen der Sterne. Selbst die geringste nach mittlerer Zeit regulierte Taschenuhr ist für diesen Zweck vollkommen ausreichend.

werden; die Antrittszeiten dagegen sind vom Beobachter selbst niederzuschreiben. Der Gehilfe hat außerdem die Blasenlängen (B. L.) zu berechnen, um hierdurch Irrtümer bei der Ablesung der Niveauteile sofort festzustellen.

Es ist besonders darauf zu achten, daß weder der Beobachter noch der Gehilfe während der Beobachtung ihre Stellungen ändern. Die Füße müssen bis nach der zweiten Ablesung des Talcott-Niveaus auf derselben Stelle stehen bleiben, die sie bei der ersten Ablesung innehatten. Beobachter und Gehilfe müssen hierauf bei Einnahme ihres Platzes am Instrument von vornherein Bedacht nehmen.

In gleicher Weise ist die Beobachtung des zweiten Sterns vorzunehmen. Nach der Einstellung desselben in Azimut überzeugt man sich zunächst, ob die Blase des Talcott-Niveaus sich noch auf der Teilung befindet; sollte sie bei mangelhafter Aufstellung des Instruments vollständig nach der Seite gelaufen sein, so muß sie mit Hilfe der Fußschrauben wieder ungefähr in die Mitte gebracht werden, an der Feinschraube für den Zenitabstand dagegen sowie an den Niveauschrauben dürfen jetzt Veränderungen nicht mehr vorgenommen werden. Zwei bis drei Minuten vor der Antrittszeit beginnt man mit der Aufsuchung des Sterns. Sobald derselbe gefunden und das Instrument in Azimut geklemmt ist, folgt die Ablesung des Talcott-Niveaus, die Durchgangsbeobachtung, die Kontrolle, ob die Sekunden richtig gezählt worden sind, und schließlich die zweite Ablesung des Talcott-Niveaus. — Nach Beendigung der Beobachtung sind sofort die Talcott-Klemme sowie die Klemme für Zenitabstand zu lösen.

Im allgemeinen genügt die Beobachtung dreier Sternpaare zur Erlangung einer gesicherten Zeitbestimmung. Soll dieselbe als Grundlage einer Längenbestimmung dienen, so möge etwa die doppelte Anzahl beobachtet werden.

Beispiel. Hamburg, 1904 Juli 12, Dienstag.

Universalinstrument C. Bamberg Nr. 7866. Chronometer Kutter Nr. 20.
Sternpaar Nr. 237.

γ Sagittae, Ost. T.-N. 11.1 28.7	B.-L. 17.6	η Bootis, West. T.-N. 9.6 27.2	B.-L. 17.6
	7.1 ^s		31.4 ^s
	30.0		54.4
	53.0		17.8
	16.1		40.8
	16 ^h 44 ^m 39.0		16 ^h 55 ^m 3.8
T.-N. 10.6 28.1	B.-L. 17.5	T.-N. 9.1 26.6	B.-L. 17.5

§ 33. Verbesserung der Beobachtungszeiten wegen Neigung.

In § 27 ist angenommen worden, daß die Blase des Talcott-Niveaus sich während der Beobachtung in der Mitte der Teilung befunden habe. Diese Voraussetzung ist aber nur in seltenen Fällen

erfüllt; meistens hat die Blase eine seitliche Stellung, und es muß deshalb eine Verbesserung der Beobachtungen wegen Neigung ausgeführt werden.

Die Zahlen, die an den Blasenenden des Talcott-Niveaus abgelesen worden sind, mögen beim ersten Stern allgemein mit i_1 und a_1 , beim zweiten Stern mit i_2 und a_2 bezeichnet werden. Die Ablesungen i (innen) liegen bei der Stellung G. R. am Okular, die Ablesungen a (außen) liegen am Objektiv. Ferner sei m der mittlere Teilstrich auf der Niveauskala und μ der Wert eines Niveauteils. Die Mitte der Blase hat sich demnach an folgenden Stellen der Teilung befunden:

$$\begin{array}{l} \text{bei dem ersten Stern bei dem Teilstrich } \frac{1}{2}(i_1 + a_1), \\ \text{„ „ „ zweiten „ „ „ „ „ „ „ } \frac{1}{2}(i_2 + a_2) \\ \text{und die vom Talcott-Niveau angezeigten Neigungen sind gewesen} \\ \text{bei dem ersten Stern } I_1 = \frac{1}{2} \mu (i_1 + a_1 - 2m) \\ \text{„ „ „ zweiten „ „ } I_2 = \frac{1}{2} \mu (i_2 + a_2 - 2m) \end{array} \quad 34.$$

Man nehme an, man hätte kurz vor der Beobachtung des ersten Sterns mit Hilfe der Niveauschraube die Blase des Talcott-Niveaus genau in die Mitte der Teilung gebracht, d. h. man hätte die von dem Niveau angezeigte Neigung um den Betrag $-I_1$ verbessert. Nach Ausführung einer solchen Veränderung würde bei der Beobachtung des ersten Sterns die in § 27 bezüglich der Niveaustellung gemachte Voraussetzung erfüllt gewesen sein; die bei diesem Stern erhaltenen Beobachtungszeiten würden also keiner Verbesserung bedürfen. Andererseits würde die erwähnte Veränderung an dem Talcott-Niveau zur Folge gehabt haben, daß auch der beim zweiten Stern ermittelte Wert der Neigung um den Betrag I_1 kleiner als bei der Beobachtung ausgefallen wäre; also würde die Neigung bei der Beobachtung des zweiten Sterns gewesen sein

$$K_2 = I_2 - I_1 = \frac{1}{2} \mu [(i_2 - i_1) + (a_2 - a_1)] \quad 35.$$

Um aus den Beobachtungszeiten des zweiten Sterns diejenigen Werte zu finden, die erhalten worden wären, wenn die Blase des Talcott-Niveaus wie (nach unserer Annahme) beim ersten Stern sich in der Mitte der Teilung befunden hätte, hat man zunächst die Zeit Δ_2 zu ermitteln, die jener Stern zum Durchlaufen des Zenitabstandsunterschiedes K_2 gebraucht. Diese Verbesserung Δ_2 ist an die beim zweiten Stern beobachteten Zeiten anzubringen; das Vorzeichen der Verbesserung wird später festgestellt werden. — Wie das am Schlusse des vorigen Paragraphen gegebene Beispiel zeigt, pflegt man die Sterne an mehreren Horizontalfäden, deren Entfernung in Winkelmaß bestimmt werden kann, zu beobachten. Sei nun τ die Zeit, die der Stern gebraucht, um von einem dieser Fäden zu einem anderen (ge-

wöhnlich wählt man die beiden äußersten Fäden) zu kommen, und d die Entfernung dieser Fäden in Winkelmaß, so hat man die Proportion:

$$\Delta_2 : \tau = K_2 : d$$

oder
$$\Delta_2 = \frac{K_2 \cdot \tau}{d} \quad 36.$$

Wenn wir ferner setzen
$$S = \frac{\mu}{2d} \quad 37.$$

so erhalten wir schließlich aus den Gleichungen 35, 36 und 37

$$\Delta_2 = \pm S \cdot \tau [(i_2 - i_1) + (a_2 - a_1)] \begin{matrix} + \text{ Stern westlich} \\ - \text{ Stern östlich} \end{matrix} \quad 38.$$

Es erübrigt nun noch zu erklären, weshalb bei der letzten Gleichung das doppelte Vorzeichen sowie die Bemerkung bezüglich der Wahl des einen oder des anderen Vorzeichens hinzugefügt worden sind. — Es war noch festzustellen, mit welchem Vorzeichen der Wert Δ_2 an die beim zweiten Stern beobachteten Durchgangszeiten anzubringen ist. Wir wollen annehmen, die Neigung sei bei der Beobachtung des zweiten Sterns positiv, d. h. die Blase habe sich nach der Seite der großen Zahlen hin, aus der Mittelstellung entfernt, dann müßte man unter Berücksichtigung der starren Verbindung zwischen dem Fernrohr und dem Niveau dem ersteren mit Hilfe der Fußschrauben einen etwas größeren Zenitabstand geben, um das Talcott-Niveau in die Mittelstellung zu bringen. Bei einem Stern auf der Westseite des Meridians wird man also mit dem in dieser Weise verbesserten Instrument die Durchgänge später beobachten als mit dem unverbesserten, wir müssen demnach die Uhrzeiten vergrößern; bei einem Stern auf der Ostseite des Meridians muß man dagegen die beobachteten Uhrzeiten verkleinern. Die Zusätze in Formel 38 sind diesen Überlegungen gemäß hinzugefügt worden.

Auf Grund ähnlicher Betrachtungen kann man nun aber auch andererseits die bei der Beobachtung des zweiten Sterns erhaltenen Uhrzeiten ohne Veränderung in die weitere Rechnung einführen, dagegen die Zeiten des ersten Sterns wegen Neigung verbessern. Der Betrag der Verbesserung ist in diesem Falle

$$\Delta_1 = \pm S \cdot \tau [(i_1 - i_2) + (a_1 - a_2)] \begin{matrix} + \text{ Stern westlich} \\ - \text{ Stern östlich} \end{matrix} \quad 39.$$

Führt man statt der Indices 1 und 2 die auf die Himmelsgegend bezüglichen Indices w und o ein, so erhält man an Stelle der Gleichungen 38 und 39 die folgende bei Zeitbestimmungen in allen Fällen gültige Gleichung zur Verbesserung wegen Neigung:

$$\Delta = S \cdot \tau [(i_w - i_o) + (a_w - a_o)] \quad 40.$$

Der stets positive Wert τ ist aus den Beobachtungen desjenigen Sterns, dessen Durchgangszeiten verbessert werden sollen, abzuleiten. — Es möge, um eine feste Regel innezuhalten, empfohlen werden, im allge-

meinen den westlichen Stern wegen Neigung zu verbessern. Von dieser Anordnung möge nur dann abgewichen werden, wenn bei der Beobachtung des westlichen Sterns nur ein Faden erhalten worden ist; da man in diesem Falle den Wert τ nicht unmittelbar aus den Beobachtungen ableiten kann, ist es einfacher, den östlichen Stern wegen Neigung zu verbessern.

Man legt für den Wert $\log S$ eine kleine dreistellige Tafel an, in der alle Kombinationen zwischen je zwei Fäden des Instruments enthalten sind; die Berechnung der einzelnen Tafelwerte möge vierstellig ausgeführt werden. Bezüglich der Bezeichnung der Horizontalfäden wollen wir folgendes festsetzen: Man wolle die Horizontalfäden in derjenigen Reihenfolge numerieren, in der sie bei der Lage »Gewicht rechts« von einem Stern auf der Westseite des Meridians durchlaufen werden.

Beispiel für die S-Tafel.

Universalinstrument C. BAMBERG
Nr. 7866.

Entfernungen der Fäden.	(1) — (2) = 3' 5.4" = 185.4"
	(2) — (3) = 3 5.9 = 185.9
	(3) — (4) = 3 5.2 = 185.2
	(4) — (5) = 3 5.3 = 185.3

Talcott-Niveau: $\mu = 4.399''$.

Berechnet man τ aus den Durchgängen an den Fäden:	so ist $\log S = \log \frac{\mu}{2d}$
(1) und (5)	7.472
(1) und (4) (2) .. (5)	7.597 7.597
(1) und (3) (2) .. (4) (3) .. (5)	7.773 7.773 7.774
(1) und (2) (2) .. (3) (3) .. (4) (4) .. (5)	8.074 8.073 8.075 8.074

§ 34. Berechnung des Uhrstandes.

Bezeichnet man diejenigen Größen (gerade Aufsteigung, Abweichung und Uhrzeit), die sich auf den Oststern beziehen, mit dem Index o, diejenigen Größen, die sich auf den Weststern beziehen, mit dem Index w, so hat man nach Formel 23 die Beziehung:

$$\begin{aligned} & \sin \varphi \cdot \sin \delta_o + \cos \varphi \cdot \cos \delta_o \cdot \cos (U_o + \Delta U - \alpha_o) \\ & = \sin \varphi \cdot \sin \delta_w + \cos \varphi \cdot \cos \delta_w \cdot \cos (U_w + \Delta U - \alpha_w) \end{aligned}$$

oder

$$\begin{aligned} & \sin \varphi \cdot [\sin \delta_o - \sin \delta_w] + \cos \varphi \cdot [\cos \delta_o \cdot \cos (U_o + \Delta U - \alpha_o) \\ & \quad - \cos \delta_w \cdot \cos (U_w + \Delta U - \alpha_w)] = 0 \quad \dots \quad 41. \end{aligned}$$

Es ist hierbei vorausgesetzt, daß U_w (bzw. U_o) bereits wegen Neigung verbessert worden ist. — Wir setzen nun

$$t = \frac{1}{2} (\alpha_0 - \alpha_w) - \frac{1}{2} (U_0 - U_w) \dots \dots \dots 42.$$

$$r = \frac{1}{2} (\alpha_0 + \alpha_w) - \frac{1}{2} (U_0 + U_w) - \Delta U \dots \dots \dots 43.$$

dann ist also

$$t + r = \alpha_0 - (U_0 + \Delta U) \dots \dots \dots 44.$$

$$t - r = (U_w + \Delta U) - \alpha_w \dots \dots \dots 45.$$

und die Gleichung 41 geht über in

$$\sin \varphi \cdot [\sin \delta_0 - \sin \delta_w] + \cos \varphi \cdot [\cos \delta_0 \cdot \cos(t+r) - \cos \delta_w \cdot \cos(t-r)] = 0$$

oder

$$\sin \varphi \cdot [\sin \delta_0 - \sin \delta_w] + \cos \varphi \cdot [\cos \delta_0 \cdot (\cos t \cdot \cos r - \sin t \cdot \sin r) - \cos \delta_w \cdot (\cos t \cdot \cos r + \sin t \cdot \sin r)] = 0$$

$$\sin \varphi \cdot [\sin \delta_0 - \sin \delta_w] + \cos \varphi \cdot [\cos t \cdot \cos r \cdot (\cos \delta_0 - \cos \delta_w) - \sin t \cdot \sin r \cdot (\cos \delta_0 + \cos \delta_w)] = 0$$

$$2 \sin \varphi \cdot \sin \frac{1}{2} (\delta_0 - \delta_w) \cdot \cos \frac{1}{2} (\delta_0 + \delta_w)$$

$$+ \cos \varphi \cdot [-2 \cos t \cdot \cos r \cdot \sin \frac{1}{2} (\delta_0 + \delta_w) \cdot \sin \frac{1}{2} (\delta_0 - \delta_w) - 2 \sin t \cdot \sin r \cdot \cos \frac{1}{2} (\delta_0 + \delta_w) \cdot \cos \frac{1}{2} (\delta_0 - \delta_w)] = 0.$$

Nach den weiteren Substitutionen

$$\delta = \frac{1}{2} (\delta_0 + \delta_w) \dots \dots \dots 46.$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} (\delta_0 - \delta_w) \dots \dots \dots 47.$$

erhält man also

$$\sin \varphi \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \delta$$

$$- \cos \varphi \cdot [\cos t \cdot \cos r \cdot \sin \delta \cdot \sin \varepsilon + \sin t \cdot \sin r \cdot \cos \delta \cdot \cos \varepsilon] = 0 \dots 48.$$

Wie bereits in § 29 angegeben worden ist, unterscheiden sich die Abweichungen der Sterne eines Paares, δ_0 und δ_w , höchstens um $1^\circ 10'$ voneinander; es erreicht also der Winkel ε höchstens den Betrag von $35'$, und wir können deshalb, ohne einen erheblichen Fehler zu begehen, setzen

$$\sin \varepsilon = \varepsilon \cdot \text{arc } 1'' \quad \cos \varepsilon = 1 \dots \dots \dots 49.$$

Bezeichnet man ferner mit Fp. O. Zt.₀ und Fp. O. Zt._w die Fp. O. Ztn. der Beobachtung am Mittelfaden, so ist

$$\text{Fp. O. Zt.}_0 = U_0 + \Delta U \quad \text{Fp. O. Zt.}_w = U_w + \Delta U$$

und die Gleichung 43 geht über in

$$r = \frac{1}{2} (\alpha_0 + \alpha_w) - \frac{1}{2} (\text{Fp. O. Zt.}_0 + \text{Fp. O. Zt.}_w) \dots \dots \dots 50.$$

Wenn man nun für einen Augenblick annimmt, daß erstens die Abweichungen der beobachteten Sterne vollkommen einander gleich gewesen seien, und daß zweitens beide Sterne im Augenblicke des gleichen Zenitabstandes beobachtet wären, so würde nach Gleichung 50 $r = 0$ sein. Die beiden soeben genannten Bedingungen sind nun allerdings nicht strenge, sondern nur näherungsweise erfüllt; man erkennt aber hieraus, daß die Größe r keinen erheblichen Betrag erreichen kann, sie ist bei Berücksichtigung der oben angegebenen Vorschriften für die Beobachtung fast immer kleiner als $1^\circ 30'$. Wir können deshalb ähnlich wie oben setzen

$$\sin r = r \cdot \text{arc } 1'' \quad \cos r = 1 \dots \dots \dots 51.$$

Unter Benutzung der Gleichungen 49 und 51 geht die Gleichung 48 über in

$$\varepsilon \cdot \sin \varphi \cdot \cos \delta - \cos \varphi \cdot [\varepsilon \cdot \cos t \cdot \sin \delta + r \cdot \sin t \cdot \cos \delta] = 0$$

oder

$$r \cdot \cos \varphi \cdot \sin t \cdot \cos \delta = \varepsilon \cdot [\sin \varphi \cdot \cos \delta - \cos \varphi \cdot \sin \delta \cdot \cos t]$$

$$r^s = \frac{\varepsilon''}{15} \left(\frac{\text{tg } \varphi}{\sin t} - \frac{\text{tg } \delta}{\text{tg } t} \right) \dots \dots \dots 52.$$

Durch die in der letzteren Gleichung hinzugefügten Indices soll folgendes angedeutet werden: Wenn man ε in Bogensekunden ansetzt, so erhält man r in Zeitsekunden ausgedrückt. — Endlich liefert die Gleichung 43

$$\Delta U = \frac{1}{2} (\alpha_0 + \alpha_w) - \frac{1}{2} (U_0 + U_w) - r^s \dots \dots \dots 53.$$

Die Gleichungen 46, 47, 42, 52 und 53 dienen zur Berechnung des Uhrstandes.

Zusammenstellung der Formeln.

Verbesserung wegen Neigung: $\Delta = S \cdot \tau [(i_w - i_0) + (a_w - a_0)]$

τ (stets positiv) ist aus den Beobachtungen desjenigen Sterns, dessen Durchgangszeiten verbessert werden sollen, abzuleiten.

$$\delta = \frac{1}{2} (\delta_0 + \delta_w)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} (\delta_0 - \delta_w)$$

$$t = \frac{1}{2} (\alpha_0 - \alpha_w) - \frac{1}{2} (U_0 - U_w)$$

$$r^s = \frac{\varepsilon''}{15} \left(\frac{\text{tg } \varphi}{\sin t} - \frac{\text{tg } \delta}{\text{tg } t} \right)$$

$$\Delta U = \frac{1}{2} (\alpha_0 + \alpha_w) - \frac{1}{2} (U_0 + U_w) - r^s$$

Beispiel (vgl. § 32). Hamburg, 1904 Juli 12, Dienstag.

Mittelwerte der Niveauablesungen.

γ Sagittae Ost.	η Bootis West.	
$i_0 = 10.85$	$i_w = 9.35$	$i_w - i_0 = -1.50$
$a_0 = 28.40$	$a_w = 26.90$	$a_w - a_0 = -1.50$
		<hr/>
		[Summe] = - 3.00

Unverbesserte Uhrzeiten. (Zur Kontrolle).

γ Sagittae Ost.	η Bootis West.	Summe der Sekunden.
$16^h 43^m 7.1^s$	123.8^s	130.9^s
30.0	100.8	130.8
53.0	77.8	130.8
76.1	54.4	130.5
99.0	$16^h 53^m 31.4$	130.4
<hr/>		
Mittelwerte: $16^h 43^m 53.04^s$	$16^h 54^m 17.64^s$	

η Bootis West. $\tau = + 92.4^s = 1.966$
 (Aus der S-Tafel, vgl. § 33) $S = 7.472$
 $S \cdot \tau = 9.438$
 [Summe] = 0.477n
 $\Delta = 9.915n$
 = - 0.82^s

$$\begin{array}{l} \alpha_0 = 19^{\text{h}} 54^{\text{m}} 32.07^{\text{s}} \quad \alpha_0 + \alpha_w = 33^{\text{h}} 44^{\text{m}} 40.30^{\text{s}} \quad \frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_w) = 16^{\text{h}} 52^{\text{m}} 20.15^{\text{s}} \\ \alpha_w = 13 \quad 50 \quad 8.23 \quad \alpha_0 - \alpha_w = 6 \quad 4 \quad 23.84 \quad \frac{1}{2}(\alpha_0 - \alpha_w) = 3 \quad 2 \quad 11.92 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} U_0 = 16 \quad 43 \quad 53.04 \quad U_0 + U_w = 33 \quad 38 \quad 9.86 \quad \frac{1}{2}(U_0 + U_w) = 16 \quad 49 \quad 4.93 \\ U_w = 16 \quad 54 \quad 16.82 \quad U_0 - U_w = - \quad 0 \quad 10 \quad 23.78 \quad \frac{1}{2}(U_0 - U_w) = - \quad 0 \quad 5 \quad 11.89 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \delta_0 = + 19^{\circ} 14' 6.7'' \quad \delta_0 + \delta_w = + 38^{\circ} 6' 55.0'' \quad \frac{1}{2}(\delta_0 + \delta_w) = + 19^{\circ} 3' 27.5'' \\ \delta_w = + 18 \quad 52 \quad 48.3 \quad \delta_0 - \delta_w = + \quad 0 \quad 21 \quad 18.4 \quad \frac{1}{2}(\delta_0 - \delta_w) = + \quad 0 \quad 10 \quad 39.2 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \varphi = + 53^{\circ} 32.82' & \operatorname{tg} \varphi = 0.13153 & \operatorname{tg} \delta = 9.53839 \\ \delta = + 19 \quad 3.46 & \sin t = 9.86305 & \operatorname{tg} t = 0.02806 \\ t = 3^{\text{h}} 7^{\text{m}} 23.81^{\text{s}} & 1^{\text{tes}} \text{ Glied} = 0.26848 & 2^{\text{tes}} \text{ Glied} = 9.51033 \\ & = + 1.85556 & = + 0.3238 \end{array}$$

$$\text{(Klammer)} = + 1.5318$$

$$\begin{array}{lll} \varepsilon'' = + 639.2'' & & \\ \frac{1}{15} \varepsilon'' = + 42.61'' & & \\ & & \frac{1}{15} \varepsilon'' = 1.62951 \\ & & 1^{\text{rs}} = 1.81471 \\ & & = + 0^{\text{h}} 1^{\text{m}} 5.27^{\text{s}} \\ \frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_w) - \frac{1}{2}(U_0 + U_w) & = + \quad 0 \quad 3 \quad 15.22 \\ \Delta U & = + \quad 0 \quad 2 \quad 9.95 \end{array}$$

Bemerkungen.

Die Spalte »Summe der Sekunden« dient zur Kontrolle; diese Zahlen müssen innerhalb einiger Zehntel einen regelmäßigen Gang zeigen. Man erkennt durch diese Werte sofort, ob ein größerer Fehler bei der Beobachtung vorgekommen ist.

Es sind oben die bei jedem Stern erhaltenen Beobachtungszeiten zu einem Mittelwerte vereinigt worden; diese Vereinfachung der Rechnung ist aber nur dann zulässig, wenn die Beobachtungen symmetrisch ausgeführt worden sind. — Wenn bei einem Stern die Beobachtung an einem Faden unterblieben ist, hat man zur Herstellung der Symmetrie folgendes zu beachten.

1. Es fehle bei dem einen Stern entweder der Faden (1) oder der Faden (3) oder der Faden (5); dann ist der entsprechende Faden des anderen Sterns ebenfalls auszuschießen.

2. Es fehle bei dem einen Stern entweder der Faden (2) oder der Faden (4); dann schalte man proportional den Fadenunterschieden die Antrittszeit an jenen Fäden mit Hilfe der beiden benachbarten Fäden ein.

Sind mehrere Lücken in der Beobachtung vorhanden, so ist die Zeitbestimmung zu verwerfen.

C. Breitenbestimmung durch Beobachtung gleicher Zenitabstände.

§ 35. Auswahl der Sterne.

Um die zweckmäßigste Auswahl der Breitensterne treffen zu können, ist zunächst der Einfluß festzustellen, welchen erstens kleine Fehler in der Annahme des Uhrstandes und zweitens die unvermeidbaren Beobachtungsfehler auf das Ergebnis der Breitenbestimmung ausüben. Wie bereits in § 29 ermittelt worden ist, sind die Differentiale von ΔU und von φ miteinander durch die Gleichung 24 verbunden:

$$\begin{array}{l} d\Delta U = \frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2}(Az_1 + Az_2)}{\cos \varphi} \cdot d\varphi \\ \text{oder} \quad d\varphi = \frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \frac{1}{2}(Az_1 + Az_2)} \cdot d\Delta U \quad \dots \quad 54. \end{array}$$

in der Nähe des Meridians und symmetrisch zur Ebene des Ersten Vertikals stehen.

In Tafel III ist ein so reichhaltiges Verzeichnis von Breitensternpaaren für die Breiten von -10° bis $+20^\circ$ gegeben, daß es für alle Fälle innerhalb dieser Zone ausreicht, da durchschnittlich jede Viertelstunde ein Paar zur Verfügung steht. Aus der Tafel nimmt man direkt, nötigenfalls nach einer kleinen Schalt-Rechnung, die Frühlingspunkts-Ortszeit, zu der man mit der Beobachtung des ersten Sterns beginnen muß. Der zweite Stern geht dann 10^m später durch die Fäden. Bei Benutzung der Tafel ist also keinerlei Vorbereitung erforderlich, was in unseren Kolonien wegen der fast stets vorhandenen und schnell wechselnden Bewölkung von großem Nutzen ist. Die Art der Benutzung der Tafel III ist im Vorwort dazu (siehe S. 40) mit einigen Beispielen erläutert.

Für Beobachtungen außerhalb der Zone von -10° bis $+20^\circ$ wird im folgenden das Aufsuchen passender Breitenpaare gezeigt werden.

Wer die Breitensterne nicht mit Hilfe der Sternkarte [Himmelsatlas von SCHURIG) auffinden kann, muß auch für die Paare der Tafel III die in § 36 beschriebene, höchst umständliche Vorausberechnung ausführen, die bei der schnell wechselnden Bewölkung in unseren Kolonien meistens viel unnötige Arbeit bedeutet, und dann das Instrument mit Hilfe von Azimut und Zenitabstand auf den erwarteten Stern einstellen.

Verfahren für das Auffinden von Sternpaaren außerhalb der Zone -10° bis $+20^\circ$.

Zunächst stellt man die zur Beobachtung geeignete Frühlingspunkts-Ortszeit fest, schlägt im Sternverzeichnisse des Berliner Jahrbuchs diejenige gerade Aufsteigung auf, die mit jener Frühlingspunkts-Ortszeit übereinstimmt, und sucht einen zur Breitenbestimmung geeigneten Stern auf.

In § 23 ist ermittelt worden, daß die Abweichungen zweier Sterne, welche in dem gleichen Zenitabstand, aber auf verschiedenen Seiten des Zenits kulminieren, durch die Gleichung verbunden sind

$$\delta_2 = 2 \varphi - \delta_1 \dots \dots \dots 56.$$

Sei nun δ_1 die Abweichung des Ausgangssterne, dann hat man im Sternverzeichnis nachzusehen, ob innerhalb der Abweichungsgrenzen $\alpha_1 - 2^h$ und $\alpha_1 + 2^h$ ein Stern vorhanden ist, der ungefähr die Abweichung δ_2 besitzt; Abweichungen bis etwa $1\frac{1}{2}^\circ$ sind zulässig. Findet sich ein solcher Stern, so kann man ihn meistens mit dem Ausgangssterne zusammen für die Breitenbestimmung in gleichen Zenitabständen verwenden. In vereinzelt Fällen kann sich allerdings durch die nach den Vorschriften des folgenden Paragraphen auszuführende Vorausberechnung ergeben, daß die Sterne für den erwähnten Zweck nicht passend sind. Dann ist die ganze Vorausberechnung umsonst ausgeführt worden. Finden sich bei der Durchsicht des Sternverzeichnisses mehrere Sterne innerhalb der angegebenen Grenze, so möge man sie sämtlich aufschreiben; es wird ebenfalls im folgenden Paragraphen besprochen werden, in welcher Weise diese Sterne zu verwenden sind.

winkel 0.5^h, 1.0^h, 1.5^h und 2.0^h die Größen r und Δφ. Man überzeugt sich leicht, daß Δφ stets das gleiche Vorzeichen wie φ besitzt.

Mit Hilfe der Formel 58 sind nun die Zenitabstände für die erwähnten Stundenwinkel, also für die Frühlingspunkts-Ortszeit α ± 0.5^h, α ± 1.0^h, α ± 1.5^h und α ± 2.0^h, zu berechnen; die Azimute ergeben sich aus der früher bereits benutzten Formel

$$\sin Az = \frac{\cos \delta \cdot \sin t}{\sin z} \dots \dots \dots 59.$$

Es ist ausreichend, wenn die Azimute für die vollen Stunden von t abgeleitet werden.

Die Zenitabstände sind nun in Millimeterpapier einzutragen (vgl. Blatt 4). Die X-Achse gibt die Frühlingspunkts-Ortszeit, und zwar möge als Maßstab gewählt werden 1 Zeitminute = 1 Millimeter; auf der Y-Achse sind die Zenitabstände abzusetzen, so daß 20 Bogenminuten der Strecke 10 Millimeter entsprechen. Die auf Grund der Rechnung eingetragenen Punkte sind durch eine Kurve zu verbinden; sie hat in der Nähe des Meridians eine parabolische Form. Der besseren Übersichtlichkeit wegen mögen alle auf den Nordstern bezüglichen Angaben schwarz, alle auf den Südstern bezüglichen rot ausgeführt werden. Am Fuße des Diagramms sind Skalen für die Azimute der Sterne anzulegen. Bei langsamer Bewegung in Azimut (bis 8° in 1^h) gibt man die einzelnen vollen Grade an; bei schnellerer Bewegung (bis 32° in 1^h) genügt eine Einteilung von zwei zu zwei Graden. Um die Einteilung leicht ausführen zu können, sind auf dem Blatte 3 am Schluß dieses Bandes Diagramme beigegeben, welche in ähnlicher Weise, wie dies in § 30 für die Herstellung der Azimutskalen bei Zeitbestimmungen beschrieben worden ist, zu verwenden sind. Es ist aber, abweichend von jener früheren Anweisung, zu bemerken, daß man in diesem Falle eine Strecke von 6 cm (entsprechend 1^h Frühlingspunktszeit) auf einer Papierkante abzusetzen und mit Hilfe der Diagramme einzuteilen hat. Bei dem Diagramm A ist wie früher eine Einteilung von 10' zu 10' in beiden Richtungen gewählt; dagegen sind in den Diagrammen B und C ausschließlich volle Gradstriche angegeben; die schwächeren Striche in der engeren Einteilung auf der rechten und auf der linken Seite bezeichnen die ungeradzahligigen Gradstriche. Wenn die Bewegung in Azimut größer ist als 32° in 1^h Frühlingspunktszeit, so runde man die ermittelten Azimutwerte auf volle Grade ab, berechne die Strecke, welche 4° oder 5° entspricht, und führe die Einteilung demgemäß aus.

Die Berechnung sowie die graphische Darstellung werden beim Azimut 30° östlich und westlich des Meridians abgebrochen.

Auf dem Blatt 4 ist der nördliche Stern mit zwei Südsternen verbunden; durch eine solche Anordnung wird die Möglichkeit geboten, den gleichen Nordstern mehrfach für die Breitenbestimmung zu benutzen, und es wird durch die einmalige Aufzeichnung des Sternweges die auf die Vorbereitungsarbeiten zu verwendende Mühe etwas verringert.

Beispiel für die Vorbereitungsrechnungen.

Beobachtungsort: Hamburg, φ = +53° 33'. Aus der Tafel III^a erhält man für die Stundenwinkel 0.5^h 1.0^h 1.5^h 2.0^h mit dem Eingange φ (numerisch) folgende Werte

Δφ	0° 14'	0° 57'	2° 8'	3° 51'
log r (in Einheiten der 4. Dezimalstelle)	— 13	— 52	— 115	— 201

Außerdem ist für die vollen Stunden des Stundenwinkels
 sin t 9.413 9.699

Δφ hat stets das Vorzeichen von φ. Man schreibt die soeben angegebenen Größen (φ, Δφ, r und sin t), weil sie mehrfach benutzt werden, auf die untere Kante eines Papierstreifens.

	ξ Ursae min. 4.3 Gr. O. K. Nord.			β Coron. bor. 3.8 Gr. Süd.			μ Herculis. 3.3 Gr. Süd.		
Stundenwinkel	0.0 ^h	0.5 ^h	1.0 ^h	0.0 ^h	0.5 ^h	1.0 ^h	0.0 ^h	0.5 ^h	1.0 ^h
Frühlingspunkts-Ortszeit	15 ^h 47 ^m	16 ^h 17 ^m	16 ^h 47 ^m	17 ^h 43 ^m	18 ^h 13 ^m	18 ^h 43 ^m	17 ^h 43 ^m	18 ^h 13 ^m	18 ^h 43 ^m
δ	+78° 5'	15 ^h 17 ^m	14 ^h 47 ^m	+27° 47'	17 ^h 13 ^m	16 ^h 43 ^m	+27° 47'	25° 46'	
$\delta - \varphi$	24° 32'			25° 46'					
$\delta - (\varphi + \Delta\varphi)$		24° 18'	23° 35'		26° 0'	26° 43'		26° 0'	26° 43'
$\cos [\delta - (\varphi + \Delta\varphi)]$		9.9597	9.9621		9.9537	9.9510		9.9537	9.9510
$\cos z$		9.9584	9.9569		9.9524	9.9458		9.9524	9.9458
z	24° 32'	24° 40'	25° 6'	25° 46'	26° 20'	28° 2'	25° 46'	26° 20'	28° 2'
$\cos \delta$	9.315			9.947					
$\cos \delta \cdot \sin t$			8.728			9.360			9.360
$\sin z$			9.628			9.672			9.672
$\sin Az$			9.100			9.688			9.688
Az	180° 0'		172° 46'	0° 0'		29° 10'	0° 0'		29° 10'
			187° 14'			330° 50'			330° 50'

Für die Frühlingspunktszeiten und für die Azimute sind je zwei Zeilen benutzt worden; den in der oberen Zeile stehenden (wachsenden) Frühlingspunktszeiten entsprechen die in der oberen Zeile angegebenen Azimute.

Es wird empfohlen, in den Zeilen $\cos [\delta - (\varphi + \Delta\varphi)]$ und $\cos z$ vierstellige Tafeln zu benutzen, um größere Fehler, die bei dreistelliger Rechnung in den Zenitabständen entstehen können, zu vermeiden. Da aber andererseits Fehler von 1' oder 2' ohne praktische Bedeutung sind, so können bei allen Winkelwerten die Zehntel-Minuten, welche sonst bei vierstelligen Rechnungen mitzuführen sind, der Bequemlichkeit wegen fortgelassen werden. Bei der Berechnung der Azimute genügt stets eine dreistellige Rechnung.

Die Vorbereitungsrechnungen für die Südsterne konnten in dem vorstehenden Beispiel bei dem Stundenwinkel 1^h abgebrochen werden, denn bei diesem Stundenwinkel erreichten diese Sterne bereits die für die Azimute bei Breitenbestimmungen oben festgesetzte Grenze von 30°. Bei einiger Übung kann der Beobachter von vornherein abschätzen, wie weit unter Berücksichtigung dieser Bedingungen die Rechnung zu führen ist; es läßt sich hierdurch eine wesentliche Verkürzung der Vorbereitungsarbeiten herbeiführen.

§ 37. Ausführung der Beobachtungen.

Es ist mit Hilfe des Diagramms derjenige Zenitabstand zu ermitteln, der von den beiden Sternen nacheinander in einem genügenden zeitlichen Abstände erreicht wird, um bequem von dem Azimut des einen Sterns zum Azimut des zweiten überzugehen. Hierbei ist zu

berücksichtigen, daß die Sterne, weil man in der Nähe des Meridians beobachtet, bedeutend längere Zeit als bei den Zeitbestimmungen zum Durchlaufen des Fadennetzes gebrauchen. Man kann diese Durchgangszeit, weil die Fadenunterschiede bekannt sind, ebenfalls mit Hilfe des Diagramms genau feststellen; ein mit dem eigenen Instrument vertrauter Beobachter wird aber diese Zeit viel einfacher durch die Neigung des Kurvenzuges an der betreffenden Stelle näherungsweise abschätzen. Aus dem oben erwähnten Grunde muß man auch mit dem Aufsuchen der Sterne einige Minuten früher als bei Zeitbestimmungen beginnen. Es möge anderseits davor gewarnt werden, den zwischen den Beobachtungen beider Sterne liegenden Zeitraum zu groß zu wählen; die starre Verbindung zwischen dem Fernrohr und dem Talcott-Niveau pflegt natürlich um so sicherer gewährleistet zu sein, je kürzer jener Zeitraum ist.

Die Auswahl des Zenitabstandes und der Frühlingspunkts-Ortszeiten ist auf Grund der Erörterungen in § 35 ferner so zu treffen, daß beide Sterne sich auf der gleichen Seite des Meridians befinden; beide Sterne müssen also entweder eine aufsteigende oder eine absteigende Bewegung besitzen. Es ist aus einem sogleich zu erläuternden Grunde am günstigsten, wenn man die Beobachtungsstellen in dem Diagramm so wählt, daß die in jenen Punkten an die Kurven gelegten Tangenten untereinander parallel sind; diese Bedingung ist z. B. bei den auf Blatt 4 für die Sterne ζ Ursae minoris und μ Herculis gezeichneten Kurven in dem Zenitabstand 28° nahezu erfüllt. Es ist klar, daß der Winkel, den die Tangente an die Kurve mit der X-Achse bildet, ein Maß für die Änderung in Zenitabstand bietet; ist dieser Winkel groß, so findet eine schnelle Bewegung in Zenitabstand statt, ist er klein, so geht die Veränderung in Zenitabstand langsam vor sich. Wenn also jene beiden Tangenten parallel sind, so ist die Geschwindigkeit der Zenitabstands-Änderung an den betreffenden Stellen bei beiden Sternen einander gleich. Wenn wir anderseits durch die Formeln die Geschwindigkeit der Zenitabstands-Änderung ermitteln wollen, so haben wir die Beziehung:

$$\frac{dz}{dt} = \cos \varphi \cdot \sin Az \dots\dots\dots 60.$$

Die Geschwindigkeit in Zenitabstand ist demnach ausschließlich vom Sinus des Azimuts abhängig; haben also nacheinander zwei Sterne bei gleichem Zenitabstand auch die gleiche Geschwindigkeit in Zenitabstand, so müssen sie entweder die gleiche Stelle des Himmels passieren oder die Beobachtungsstellen müssen symmetrisch zum Ersten Vertikal liegen. Der letztere Fall ist natürlich der hier zutreffende; nach den Erörterungen des § 35 hat bei dieser Stellung der Sterne ein kleiner Fehler im Uhrstande keinen Einfluß auf die Breitenbestimmung.

Ferner möge darauf aufmerksam gemacht werden, daß man bei geeigneter Wahl der Beobachtungszeiten häufig Gelegenheit hat, das gleiche Paar mehrere Male nacheinander zu benutzen. Als Beispiel diene das auf Blatt 4 dargestellte Paar ζ Ursae minoris und β Coronae borealis; man kann die Beobachtung etwa in folgender Weise vornehmen:

Zenitabstand.	Beobachtungszeiten.	
	ζ Ursae min.	β Coron. bor.
25° 26'	14 ^h 32 ^m	14 ^h 41 ^m
24 50	15 2	14 52
24 34	16 2	15 50

Da man, um die Genauigkeit zu erhöhen, stets mehrere Breitenbestimmungen vorbereiten muß, so verringern sich die Vorarbeiten bedeutend, wenn man durch geeignete Wahl der Beobachtungszeiten von vornherein auf mehrfache Benutzung des gleichen Paares Bedacht nimmt. Indessen darf dasselbe Paar nie öfters als zweimal hintereinanderweg beobachtet werden, weil erfahrungsgemäß bei demselben Paare dieselben Beobachtungsfehler gemacht zu werden pflegen.

Aus den bisherigen Erörterungen erkennt man die Vorzüge der graphischen Darstellung gegenüber der rechnerischen Vorbereitung. Man kann aus dem Verlauf der Kurven die zweckmäßigste Ausnutzung der vorliegenden Vorbereitungsarbeiten und des Beobachtungszeitraumes erkennen.

Bei der Zusammenstellung eines Beobachtungsprogramms hat man in erster Linie darauf Rücksicht zu nehmen, daß die für die Breitenbestimmung ausgewählten Sterne zu geeigneten Zeiten beobachtet werden. Die Lücken zwischen diesen Beobachtungen sucht man durch Zeitbestimmungen in gleichen Zenitabständen auszufüllen. Sollten auch dann noch Lücken vorhanden sein, so können Azimutbestimmungen, Zeit- und Breitenbestimmungen aus einzelnen Höhen, für die man geeignete Sterne bereits vorher auswählen möge, vorgenommen werden. Man muß sich aber darauf gefaßt machen, daß in unseren Kolonien das Beobachtungsprogramm durch die Bewölkung sehr häufig über den Haufen geworfen wird. Deshalb empfiehlt sich die Benutzung der Methoden, die eine Vorbereitung nicht erfordern.

Die Ausführung der Sternbeobachtungen für die Breitenbestimmung aus gleichen Zenitabständen, die Behandlung des Niveaus usw. findet im allgemeinen in gleicher Weise wie bei den Zeitbestimmungen statt. Vor allem beachte man auch hier: Vor der Beobachtung des ersten Sterns wird bei der Einstellung des Talcott-Niveaus die Feinschraube benutzt; ist aber diese erste Beobachtung ausgeführt, so darf die Feinschraube nicht mehr berührt werden; wenn das Niveau nach der Seite gelaufen sein sollte, muß die Mittelstellung mit Hilfe der Fußschrauben genähert wiederhergestellt werden. Die Beobachtung der Sterne an den gleichen Stellen der Fäden ist auch hier aus den früher erwähnten Gründen dringend zu empfehlen. Vielfach ist es wegen der langsamen Bewegung der Breitensterne in Zenitabstand möglich und notwendig, daß das Talcott-Niveau während einer Sternbeobachtung mehrfach abgelesen wird. Die Notierung muß dann stets so ausgeführt werden, daß später zweifellos erkannt werden kann, zwischen welchen Fäden die einzelnen Ablesungen vorgenommen worden sind. Besonders wichtig ist es auch hier, Änderungen der Fußstellungen während der Beobachtung zu vermeiden, wenn nicht Laufbretter gelegt sind.

Findet die Beobachtung eines Sterns in unmittelbarer Nähe des Meridians statt, so kann es gelegentlich vorkommen, daß man wegen der langsamen Bewegung in Zenitabstand nicht die Antritte an alle Fäden erhält. Eine solche Beobachtung ist, wie die folgenden Beispiele zeigen werden, dennoch zur Breitenbestimmung zu verwerten; man

möge aber in solchem Falle nicht versäumen, sofort im Beobachtungsheft hinzuzufügen, an welchen Fäden die Beobachtung stattgefunden hat.

Beispiel. Hamburg, 1904 Juli 1, Freitag.

Universalinstrument C. BAMBERG Nr. 7866. Chronometer KUTTER Nr. 20.

ξ Ursae minoris. Nord.					μ Herculis. Süd.				
T. N.	10.0	28.0	B. L.	18.0	T. N.	13.8	31.8	B. L.	18.0
		18 ^h 0 ^m 6.0 ^s					18 ^h 28 ^m 36.1 ^s		
10.1	28.1			18.0			29	27.1	
		18	1	27.9			30	17.7	
9.9	27.8			17.9			31	8.7	
		18	2	50.7			31	57.6	
10.0	28.0			18.0					
		18	4	13.8		12.3	30.3		18.0
10.0	27.9			17.9					
		18	5	33.8					
9.5	27.3			17.8					

§ 38. Verbesserung der Beobachtungszeiten wegen Neigung.

Ebenso wie bei den Zeitbestimmungen hat man an die Beobachtungszeiten eines Sternes eine Verbesserung wegen des bei beiden Sternen stattgehabten Unterschiedes der Neigung anzubringen; man verbessert in diesem Falle die Zeiten desjenigen Sterns, der das Fadennetz in Zenitabstand schneller als der andere durchlaufen hat, weil die Geschwindigkeit des ersteren in Zenitabstand weniger als die des letzteren sich während des Durchgangs durch das Fadennetz verändert hat. — Es ist in diesem Falle notwendig, daß man jeden der 5 Fäden unter Berücksichtigung der einschließenden Niveau-Ablesungen bei der Beobachtung beider Sterne verbessert; der Wert τ ist abzuleiten:

für den Faden 1 aus dem Fadenintervall (1)–(2)

„ „ „ 2 „ „ „ (1)–(3)

„ „ „ 3 „ „ „ (2)–(4)

„ „ „ 4 „ „ „ (3)–(5)

„ „ „ 5 „ „ „ (4)–(5)

Man erhält die Beträge der Verbesserungen, je nachdem letztere an die Beobachtungszeiten des ersten oder des zweiten Sterns angebracht werden sollen, durch eine der früher abgeleiteten Formeln:

$$\text{(für den 1. Stern)} \Delta_1 = \pm S \cdot \tau [(i_1 - i_2) + (a_1 - a_2)] \quad 61.$$

$$\text{(„ „ 2. „)} \Delta_2 = \pm S \cdot \tau [(i_2 - i_1) + (a_2 - a_1)] \quad 62.$$

+ Stern westlich; — Stern östlich.

§ 39. Berechnung der geographischen Breite.

Führt man in die Gleichung 23 (§ 27) die Indices n und s an Stelle der Indices 1 und 2 ein und bezeichnet zur Abkürzung den Stundenwinkel mit t, so lautet diese Gleichung folgendermaßen:

$$\begin{aligned} & \sin \varphi \cdot \sin \delta_n + \cos \varphi \cdot \cos \delta_n \cdot \cos t_n \\ &= \sin \varphi \cdot \sin \delta_s + \cos \varphi \cdot \cos \delta_s \cdot \cos t_s 63. \end{aligned}$$

Daraus folgt:

$$\begin{aligned} \sin \varphi \cdot (\sin \delta_n - \sin \delta_s) &= \cos \varphi \cdot (\cos \delta_s \cdot \cos t_s - \cos \delta_n \cdot \cos t_n) \\ \operatorname{tg} \varphi &= \frac{\cos \delta_s \cdot \cos t_s - \cos \delta_n \cdot \cos t_n}{\sin \delta_n - \sin \delta_s} 64. \end{aligned}$$

Diese Gleichung kann zwar zur Ermittlung der Breite benutzt werden, doch ist es für die logarithmische Berechnung bequemer, die folgende Umformung zu verwenden.

Da allgemein

$$\cos t = 1 - 2 \sin^2 \frac{1}{2} t$$

ist, so erhält man aus Gleichung 63:

$$\begin{aligned} & \cos(\varphi - \delta_n) - 2 \cos \varphi \cdot \cos \delta_n \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_n \\ &= \cos(\varphi - \delta_s) - 2 \cos \varphi \cdot \cos \delta_s \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_s \\ & \quad \cos(\varphi - \delta_n) - \cos(\varphi - \delta_s) \\ &= 2 \cos \varphi \cdot \cos \delta_n \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_n - 2 \cos \varphi \cdot \cos \delta_s \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_s \\ & \quad 2 \sin \left[\varphi - \frac{1}{2} (\delta_n + \delta_s) \right] \cdot \sin \frac{1}{2} (\delta_n - \delta_s) \\ &= 2 \cos \varphi \cdot (\cos \delta_n \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_n - \cos \delta_s \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_s). \end{aligned}$$

Setzt man nun, ähnlich wie in § 34,

$$\delta = \frac{1}{2} (\delta_n + \delta_s) 65.$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} (\delta_n - \delta_s) 66.$$

so folgt

$$\begin{aligned} p = \frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos \varphi} &= \operatorname{cosec} \varepsilon \cdot \cos \delta_n \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_n - \operatorname{cosec} \varepsilon \cdot \cos \delta_s \\ & \quad \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_s 67. \end{aligned}$$

Die für die einzelnen Fäden erhaltenen Werte

$$p_1 \text{ bis } p_5 = \frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos \varphi} 68.$$

werden zu einem Mittelwerte P vereinigt; also wird

$$\sin(\varphi - \delta) = \cos \varphi \cdot P 69.$$

Um aus dieser Gleichung φ zu ermitteln, geht man von einem Näherungswerte φ_0 aus und berechnet einen besseren Wert φ_1 für die Breite durch

$$\sin(\varphi_1 - \delta) = \cos \varphi_0 \cdot P 70.$$

$\varphi_1 - \delta$ ist stets ein kleiner positiver oder negativer Winkel. Sollte der Wert φ_1 sich noch wesentlich (um mehr als $0.10'$) von dem Wert φ_0 unterscheiden, so erhält man den endgültigen Wert φ_2 der Breite durch die Gleichung

$$\sin(\varphi_2 - \delta) = \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_0} \cdot \sin(\varphi_1 - \delta) 71.$$

Häufig ist es wünschenswert, die innere Übereinstimmung der aus der Beobachtung an den einzelnen Fäden folgenden Werte für die Breite kennen zu lernen; in diesem Falle mögen zur Berechnung der

Summe bzw. der Differenz auf der rechten Seite der Gleichung 67 die in den fünfstelligen Tafeln von E. BECKER enthaltenen Additions- und Subtraktions-Logarithmen empfohlen werden. Die dabei auftretenden Hilfsgrößen werden in dem folgenden Beispiele mit „Unterschied“ und mit „Additions-Logarithmen BECKER“ bzw. „Subtraktions-Logarithmen BECKER“ bezeichnet werden. Man bildet dann den Mittelwert der Beiträge $\log p_1$ bis $\log p_5$ und setzt mit demselben die Rechnung nach den Formeln 70 und 71 fort. Die Einzelwerte erhält man schließlich durch die folgenden Gleichungen:

$$\left. \begin{array}{l} \text{für Faden 1 durch: } \sin(\varphi - \delta) = \cos \varphi_2 \cdot p_1 \\ \text{für Faden 5 durch: } \sin(\varphi - \delta) = \cos \varphi_2 \cdot p_5 \end{array} \right\} \dots 72.$$

Zusammenstellung der Formeln.

Verbesserung wegen Neigung. Die Beobachtungszeiten desjenigen Sterns sind wegen Neigung zu verbessern, der das Fadennetz schneller als der andere durchlaufen hat; daher:

$$\begin{array}{l} \text{entweder: (1. Stern) } \Delta_1 = \pm S \cdot \tau [(i_1 - i_2) + (a_1 - a_2)] \\ \text{oder: (2. Stern) } \Delta_2 = \pm S \cdot \tau [(i_2 - i_1) + (a_2 - a_1)] \\ \quad + \text{ Stern westlich; } - \text{ Stern östlich.} \end{array}$$

Der Wert τ ist abzuleiten:

für den Faden 1 aus dem Fadenintervall	(1)–(2)
„ „ „ 2 „ „ „	(1)–(3)
„ „ „ 3 „ „ „	(2)–(4)
„ „ „ 4 „ „ „	(3)–(5)
„ „ „ 5 „ „ „	(4)–(5)

S ist aus der in § 33 erwähnten Tafel zu entnehmen.

$$\delta = \frac{1}{2} (\delta_n + \delta_s)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} (\delta_n - \delta_s)$$

$$t_n = U_n + \Delta U - \alpha_n$$

$$t_s = U_s + \Delta U - \alpha_s$$

$$p = \frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos \varphi} = \operatorname{cosec} \varepsilon \cdot \cos \delta_n \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_n - \operatorname{cosec} \varepsilon \cdot \cos \delta_s \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_s.$$

$$\text{Entweder: } P = \frac{1}{5} (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5)$$

$$\text{oder: } \log P = \frac{1}{5} (\log p_1 + \log p_2 + \log p_3 + \log p_4 + \log p_5).$$

Die letztere Formel ist anzuwenden, wenn die Einzelwerte berechnet werden sollen.

$$\sin(\varphi_1 - \delta) = \cos \varphi_0 \cdot P$$

$$\sin(\varphi_2 - \delta) = \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_0} \cdot \sin(\varphi_1 - \delta).$$

Die Einzelwerte ergeben sich aus den Formeln:

$$\text{für Faden 1 durch: } \sin(\varphi - \delta) = \cos \varphi_2 \cdot p_1$$

$$\text{für Faden 5 durch: } \sin(\varphi - \delta) = \cos \varphi_2 \cdot p_5.$$

Beispiel. (Vgl. § 37.) Hamburg, 1904 Juli 1, Freitag. Stand des Chronometers Kutter Nr. 20 gegen Frühlingspunkts-Ortszeit: $+ 2^m 7.56^s$.

Scheinbare Örter der beobachteten Sterne:

$$\begin{aligned} \xi \text{ Ursae min. } a_n &= 15^h 47^m 30.55^s & \delta_n &= +78^\circ 5' 40.7'' = +78^\circ 5.68' \\ \mu \text{ Herculis } a_s &= 17 42 44.57 & \delta_s &= +27 46 47.5 = +27 46.79. \end{aligned}$$

Mittelwerte der Niveauablesungen.

Faden	i_1	a_1	i_2	a_2	$i_2 - i_1$	$a_2 - a_1$	[Klammer]
(1)	10.05	28.05	13.05	31.05	+ 3.00	+ 3.00	+ 6.00
(2)	10.00	27.95			+ 3.05	+ 3.10	+ 6.15
(3)	9.95	27.90			+ 3.10	+ 3.15	+ 6.25
(4)	10.00	27.95			+ 3.05	+ 3.10	+ 6.15
(5)	9.75	27.60			+ 3.30	+ 3.45	+ 6.75

 μ Herculis.

Faden	τ	$\log \tau$	$\log S$	$\log S \cdot \tau$	\log [Klammer]	$\log \Delta_2$	Δ_2
(1)	+ 51.0 ^s	1.708	8.074	9.782	0.778	0.560	+ 3.63 ^s
(2)	101.6	2.007	7.773	9.780	0.788	0.568	+ 3.70
(3)	101.6	2.007	7.773	9.780	0.795	0.575	+ 3.76
(4)	99.9	2.000	7.774	9.774	0.788	0.562	+ 3.65
(5)	+ 48.9	1.689	8.074	9.763	0.829	0.592	+ 3.91

$$2\delta = 105^\circ 52.47' \quad \delta = 52^\circ 56.23' \quad \cos \delta_n = 9.31449$$

$$2\varepsilon = 50 18.89 \quad \varepsilon = 25 9.44 \quad \operatorname{cosec} \varepsilon = 0.37150$$

$$- \cos \delta_s = 9.94681 n$$

	Faden (1)	Faden (2)	Faden (3)	Faden (4)	Faden (5)
U_n	18h 0m 6.00 ^s	18h 1m 27.90 ^s	18h 2m 50.70 ^s	18h 4m 13.80 ^s	18h 5m 33.80 ^s
U_s	18 28 39.73	18 29 30.80	18 30 21.46	18 31 12.35	18 32 1.51
ΔU	+ 2 7.56				
Fp.O.Zt. _n	18 2 13.56	18 3 35.46	18 4 58.26	18 6 21.36	18 7 41.36
a_n	15 47 30.55				
Fp.O.Zt. _s	18 30 47.29	18 31 38.36	18 32 29.02	18 33 19.91	18 34 9.07
a_s	17 42 44.57				
t_n	2 14 43.01	2 16 4.91	2 17 27.51	2 18 50.81	2 20 10.81
t_s	0 48 2.72	0 48 53.79	0 49 44.45	0 50 35.34	0 51 24.50
$\sin^2 \frac{1}{2} t_n$	8.92388	8.93238	8.94088	8.94932	8.95736
$\operatorname{cosec} \varepsilon \cdot \cos \delta_n$	9.68599				
$\sin^2 \frac{1}{2} t_s$	8.03929	8.05448	8.06930	8.08393	8.09782
$-\operatorname{cosec} \varepsilon \cdot \cos \delta_s$	0.31831 n				

	Faden 1	Faden 2	Faden 3	Faden 4	Faden 5
$\operatorname{cosec} \varepsilon \cdot \cos \delta_n \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_n$	8.60987	8.61837	8.62687	8.63531	8.64335
Subtr. Log. BECKER	0.35596	0.36461	0.37306	0.38163	0.39000
$-\operatorname{cosec} \varepsilon \cdot \cos \delta_s \cdot \sin^2 \frac{1}{2} t_s$	8.35760 n	8.37279 n	8.38761 n	8.40224 n	8.41613 n
Unterschied	0.25227	0.24558	0.23926	0.23307	0.22722
$p = \frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos \varphi}$	8.25391	8.25376	8.25381	8.25368	8.25335
$\varphi_0 = + 53^\circ 30'$				$\varphi_1 = + 53^\circ 32.91'$	
$\cos \varphi_0 = 9.77439$				$\cos \varphi_1 = 9.77389$	
$P = 8.25370$				$\cos \varphi_1 = 9.99950$	
$\sin(\varphi_1 - \delta) = 8.02809$				$\cos \varphi_0 = 9.99950$	
$\varphi_1 - \delta = + 0^\circ 36.68'$				$\sin(\varphi_2 - \delta) = 8.02759$	
$\delta = + 52^\circ 56.23'$				$\varphi_2 - \delta = + 0^\circ 36.63'$	
				$\varphi_2 = + 53^\circ 32.86'$	

Einzelwerte	Faden 1	Faden 2	Faden 3	Faden 4	Faden 5
$\cos \varphi_2$	9.77390				
$\sin(\varphi - \delta)$	8.02781	8.02766	8.02771	8.02758	8.02725
$\varphi - \delta$	$+ 0^\circ 36.65'$	$+ 0^\circ 36.64'$	$+ 0^\circ 36.64'$	$+ 0^\circ 36.63'$	$+ 0^\circ 36.60'$
φ	$+ 53^\circ 32.88'$	$+ 53^\circ 32.87'$	$+ 53^\circ 32.87'$	$+ 53^\circ 32.86'$	$+ 53^\circ 32.83'$
Mittelwert			$+ 53^\circ 32.86'$		

IV. Bestimmung des Längenunterschiedes zweier Orte durch Zeitübertragung vermittels Chronometer.

§ 40. Grundgedanke der Methode.

Man versteht bekanntlich in geometrischer Übertragung unter Ortszeit den Winkel (in Zeitmaß ausgedrückt), dessen Spitze am Himmelspol liegt und dessen sphärische Schenkel erstens der Meridian des Beobachtungsortes und zweitens der durch den Anfangspunkt der Zeit-zählung gelegte Stundenkreis sind. Je nachdem man als Anfangspunkt den Frühlingspunkt, die mittlere oder die wahre Sonne wählt, hat man zu unterscheiden zwischen Frühlingspunkts-Ortszeit, zwischen mittlerer und zwischen wahrer Ortszeit. Weil allen Orten der Erdoberfläche, die auf dem gleichen Erdmeridian liegen, auch der gleiche Himmelsmeridian entspricht, so haben offenbar auch alle diese Orte in dem gleichen Augenblicke die gleiche Ortszeit. Dagegen haben zwei Orte, welche auf verschiedenen Meridianen liegen, in demselben Augenblicke verschiedene Ortszeit, und zwar ist, wie so-gleich bewiesen werden soll, der Unterschied zwischen beiden Ortszeiten gleich dem in Zeitmaß ausgedrückten Längenunterschiede beider Orte. Es seien in Fig. 5 PO und PW die Himmelsmeridiane zweier Orte der Erdoberfläche

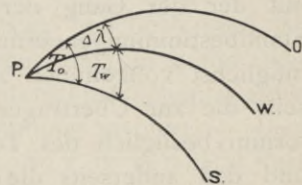


Fig. 5.

und PS der Anfangsstundenkreis für die Zählung der Zeit, dann stellen also die Winkel

$$\left. \begin{aligned} T_o &= SPO \\ \text{und } T_w &= SPW \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 73.$$

die dem gleichen Augenblicke entsprechenden Ortszeiten beider Orte dar. Der Winkel zwischen den Meridianebenen beider Orte ist offenbar gleich dem Längenunterschiede $\Delta \lambda$; folglich ergibt sich allgemein:

$$\begin{aligned} T_o &= T_w + \Delta \lambda \\ \Delta \lambda &= T_o - T_w \dots \dots \dots 74. \end{aligned}$$

Es sei nun angenommen, daß eine tragbare Uhr, deren täglicher Gang bekannt ist, zur Verfügung stehe. Es möge ferner zuerst an dem westlich gelegenen Orte W , hierauf an dem östlich gelegenen Orte O jedesmal durch eine Zeitbestimmung die Ermittlung des Standes dieser Uhr gegen Ortszeit vorgenommen sein, dann ist man imstande, rechnerisch den Stand der Uhr gegen die Ortszeit von W für diejenige Epoche zu ermitteln, zu der die Zeitbestimmung in O vorgenommen worden ist. Bezeichnet man die Stände der Uhr für die soeben erwähnte Epoche mit ΔU_o und ΔU_w sowie die Ablesung der Uhr für einen Moment in der Nähe jener Epoche mit U , so ist für diesen Moment

$$\left. \begin{aligned} T_o &= U + \Delta U_o \\ T_w &= U + \Delta U_w \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 75.$$

Demnach folgt $\Delta \lambda = \Delta U_o - \Delta U_w \dots \dots \dots 76.$

d. h. der Unterschied der Stände der Beobachtungsuhr gegen die Ortszeit von O und gegen die Ortszeit von W ist gleich dem Längenunterschiede beider Orte. Es möge hierbei nochmals hervorgehoben werden, daß die Epoche der beiden soeben erwähnten Uhrstände die gleiche sein muß.

§ 41. Ausführung der Beobachtungen und der Berechnungen.

Man erkennt aus den vorstehenden Darlegungen, daß die Genauigkeit des ermittelten Längenunterschiedes erstens von der Zuverlässigkeit der Standbestimmungen und zweitens von der Genauigkeit abhängt, mit der der Gang der Beobachtungsuhr in der Zeit zwischen den Standbestimmungen ermittelt werden kann. Um dem letzteren Zwecke möglichst vollkommen zu entsprechen, ist es erforderlich, daß einerseits die zur Übertragung benutzte Uhr vorher auf einem Observatorium bezüglich des Temperatureinflusses auf den Gang untersucht, und daß andererseits die mittlere Tagestemperatur während der Übertragungszeit festgestellt wird. Die Ermittlung des täglichen Gangwertes g findet dann auf Grund der Formel statt (vgl. »Lehrbuch der Navigation« II, § 237):

$$g = g_o + a \cdot (t - 15^\circ) + b \cdot (t - 15^\circ)^2 \dots \dots 77.$$

In dieser Formel bezeichnet g_0 den Gang des Chronometers bei 15°C . und t die mittlere Tagestemperatur während der einzelnen Tage der Übertragung; a und b sind konstante Werte, die auf dem Observatorium durch eine besondere Untersuchung bestimmt werden. — Die mittlere Tagestemperatur erhält man mit hinreichender Zuverlässigkeit, wenn man täglich beim Aufziehen des Chronometers (gewöhnlich um 8^{h} mittlerer Ortszeit) die im Chronometerkasten oder in dessen unmittelbarer Nähe angebrachten Maximum- und Minimum-Thermometer abliest und aus diesen Angaben den Mittelwert bildet. — Bezüglich der Behandlung des Chronometers usw. möge auf Teil VI des »Lehrbuchs der Navigation« II verwiesen werden.

Um die Zuverlässigkeit der Zeitübertragung zu erhöhen, pflegt man nicht nur ein, sondern mehrere Chronometer zu benutzen; aus den Angaben jedes Instruments ergibt sich dann je ein Wert für den Längenunterschied. Die Chronometer besitzen aber im allgemeinen nicht die gleiche Zuverlässigkeit; man hat deshalb die »Gewichte« dieser Instrumente auf Grund der Darlegungen zu ermitteln, die im »Lehrbuch der Navigation« II, § 258 entwickelt sind, und es sind dann die einzelnen Werte für den Längenunterschied bei der Ableitung des endgültigen Ergebnisses gemäß diesen Gewichten in die Rechnung einzuführen.

Am zuverlässigsten erhält man durch Zeitübertragung den Betrag des Längenunterschiedes, wenn man die folgende Anordnung trifft:

Standbestimmung am Orte A 78.
Reise nach B	
Standbestimmung am Orte B	
Rückreise nach A	
Standbestimmung am Orte A	

Man ist bei dieser Anordnung imstande, den Wert g_0 in der obigen Gangformel aus den beiden Standbestimmungen in A und aus der Summe der täglich ermittelten Temperaturverbesserungen unmittelbar abzuleiten. Infolgedessen kann auch die Ermittlung des Uhrstandes gegen die Ortszeit von A für die Epoche der Zeitbestimmung in B mit großer Genauigkeit ausgeführt werden. Der gleiche Vorteil läßt sich erreichen, wenn man nach der Standbestimmung in B die Reise nach einem Orte C fortsetzt, dessen Längenunterschied gegen A genau bekannt ist, und dort ebenfalls eine Standbestimmung ausführt. — Liegt einer dieser günstigsten Fälle nicht vor, wird also z. B. nur eine Reise ausgeführt, andererseits aber ein längerer Aufenthalt in A und in B genommen, so benutzt man zur Berechnung des Längenunterschiedes den Mittelwert der g_0 , den man aus den Beobachtungen auf jeder der beiden Stationen erhält. In dieser Weise ist z. B. bei der Er-

mittlung des Längenunterschiedes zwischen Schanghai und Tsingtau*) verfahren worden. Diese Anordnung steht bezüglich der Zuverlässigkeit gegen die oben erwähnten günstigsten Fälle zurück, weil bei manchen Chronometern der »Reisegang« Abweichungen gegenüber dem Gange auf der Station zeigt.

Noch mehr wird natürlich die Zuverlässigkeit der Bestimmung des Längenunterschiedes beeinträchtigt, wenn der Beobachter nicht einmal in stande ist, auf beiden oder auch nur auf einer Station einen längeren Aufenthalt zur Ermittlung des g_0 zu nehmen. Dieser Fall tritt aber auf Forschungsreisen häufig ein. Es bleibt dann nichts weiter übrig, als den Wert g_0 aus Beobachtungen abzuleiten, die von der Bestimmung des Längenunterschiedes zeitlich weiter entfernt liegen. In solchem Falle ist es empfehlenswert, den zu verwendenden Wert g_0 durch ein graphisches Verfahren zu ermitteln.

In dem folgenden Beispiel ist angenommen worden, daß die unter 78. aufgestellte Anordnung der Zeitbestimmungen und der Reisen vorliegt.

Beispiel. Ein Vermessungsschiff erhielt den Auftrag, den Längenunterschied Matupi—Jaluit durch Zeitübertragung mittels Chronometer zu bestimmen. Es standen für diese Zeitübertragung drei nach mittlerer Zeit regulierte Marinechronometer zur Verfügung, deren Temperatur-Koeffizienten auf der Deutschen Seewarte (während der 25. Wettbewerbprüfung) abgeleitet worden waren; die betreffenden Werte lauteten:

Chronometer Th. KNOBLICH Nr. 2345 (1. Klasse):	$a = + 0.008^s$
	$b = + 0.0011^s$
Chronometer F. SCHLESICKY Nr. 3024 (1. Klasse):	$a = - 0.050^s$
	$b = + 0.0010^s$
Chronometer F. LIDECKE Nr. 263 (2. Klasse):	$a = - 0.094^s$
	$b = + 0.0041^s$

Als Grundlage für die Bestimmung des Längenunterschiedes wurden die folgenden drei Zeitbestimmungen nach der Methode gleicher Zenitabstände ausgeführt.

Beobachtungsort.	Epoche.		Stände der Chronometer gegen mittlere Ortszeit.								
	Astronomisches Datum.		KNOBLICH		SCHLESICKY		LIDECKE				
	Mittlere Ortszeit.										
	h	m	h	m	s	h	m	s			
Matupi	1904 Nov. 5.	8 40	+ 10	6	59.81	+ 10	14	48.07	+ 10	9	49.01
Jaluit	1904 Nov. 16.	9 5	+ 11	17	13.59	+ 11	24	17.75	+ 11	19	27.57
Matupi	1904 Nov. 28.	8 50	+ 10	7	53.76	+ 10	14	7.80	+ 10	9	32.26

*) »Die Vermessung des Deutschen Kiautschou-Gebiets«, bearbeitet im Reichs-Marine-Amt; S. 20 bis S. 23.

Die Länge von Matupi gegen Greenwich ist:

$$\lambda = 10^{\text{h}} 8^{\text{m}} 46.35^{\text{s}} \text{ östlich.}$$

Aus der Seekarte wurde als genäherter Betrag der Länge von Jaluit der folgende Wert entnommen:

$$\lambda = 11^{\text{h}} 19^{\text{m}}.$$

Um die »Gewichte« der Chronometer zu ermitteln, sollen die Zeitballbeobachtungen, die auf der Reise in Hongkong, Schanghai, Tsingtau und Sydney erhalten worden waren, benutzt werden; außerdem sollen zu dem gleichen Zwecke die oben erwähnten Zeitbestimmungen in Matupi sowie eine aus einer Uhrvergleichung auf dem Observatorium in Melbourne hervorgegangene Standbestimmung herangezogen werden. Diese Beobachtungsdaten lauten chronologisch geordnet folgendermaßen:

Beobachtungsort	Epoche.		Stände der Chronometer gegen mittlere Greenwicher Zeit.		
	Bürgerl. Datum und Zeitbezeichnung.	Mittlere Ortszeit bzw. Zonenzeit.	KNOBL.	SCHLES.	LIDECKE
Hongkong	1904 Sept. 25, 1 0 nachm. Zonenzeit (120 ^o)	h m	m s	m s	m s
"	" " 26, " " " "	" "	3 22.9	+ 7 18.6	+ 1 34.0
"	" " 27, " " " "	" "	20.2	17.2	35.0
"	" " " " " "	" "	17.4	16.1	35.8
Schanghai	" Okt. 4, 12 0 mittgs. Zonenzeit (120 ^o)	" "	- 2 57.2	+ 7 5.6	+ 1 23.2
"	" " 5, " " " "	" "	54.8	4.3	23.7
"	" " 6, " " " "	" "	52.8	2.7	23.9
Tsingtau	" Okt. 13, 12 0 mittgs. Zonenzeit (120 ^o)	" "	- 2 35.6	+ 6 49.0	+ 1 23.5
"	" " 14, " " " "	" "	33.6	47.6	23.8
Matupi	" Nov. 5, 8 40 nachm. mittlere Ortszeit	" "	- 1 46.54	+ 6 1.72	+ 1 2.66
Matupi	" Nov. 28, 8 50 nachm. mittlere Ortszeit	" "	- 0 52.59	+ 5 21.45	+ 0 45.91
Sydney	" Dez. 14, 1 0 nachm. Zonenzeit (150 ^o)	" "	- 0 11.7	+ 5 0.4	+ 0 51.9
"	" " 15, " " " "	" "	9.3	4 59.5	52.5
"	" " 16, " " " "	" "	7.1	58.5	52.9
Melbourne	" Dez. 23, 2 0 nachm. Zonenzeit (150 ^o)	" "	+ 0 9.8	+ 4 51.2	+ 0 50.3

Vereinigt man die an jedem Beobachtungsorte erhaltenen Standbestimmungen zu einem Mittelwerte und bringt die Epoche auf mittlere Greenwicher Zeit, so ergibt sich die umstehende Zusammenstellung (siehe 1. Tabelle auf S. 120).

Auf Grund der vorhin angegebenen Temperatur-Koeffizienten der drei Chronometer wurden Temperaturtabellen (vgl. »Lehrbuch der Navigation« II, § 239) berechnet, die hier nur so weit mitgeteilt werden sollen, wie sie für die an Bord beobachteten Temperaturen in Betracht kommen.

Beobachtungsort	Epoche. Astronomisches Datum.		Stände der Chronometer gegen mittlere Greenwicher Zeit.		
	Mittlere Greenwicher Zeit	Tagesbruch	KNOBLICH	SCHLES.	LIDECKE
	h m		m s	m s	m s
Hongkong	1904 Sept. 25, 17 0	1904 Sept. 25.71	- 3 20.17	+ 7 17.30	+ 1 34.93
Schanghai	" Okt. 4, 16 0	" Okt. 4.67	2 54.93	7 4.20	1 23.60
Tsingtau	" Okt. 13, 4 0	" Okt. 13.17	2 34.60	6 48.30	1 23.65
Matupi	" Nov. 4, 22 31	" Nov. 4.94	1 46.54	6 1.72	1 2.66
Matupi	" Nov. 27, 22 41	" Nov. 27.94	0 52.59	5 21.45	0 45.91
Sydney	" Dez. 14, 15 0	" Dez. 14.62	- 0 9.37	4 59.47	0 52.43
Melbourne	" Dez. 22, 16 0	" Dez. 22.67	+ 0 9.80	+ 4 51.20	+ 0 50.30

Temperaturverbesserung = $a \cdot (t - 15^\circ) + b \cdot (t - 15^\circ)^2$											
T.	KNOBL.	SCHL.	LID.	T.	KNOBL.	SCHL.	LID.	T.	KNOBL.	SCHL.	LID.
o	s	s	s	o	s	s	s	o	s	s	s
15	+ 0.00	- 0.00	- 0.00	20	+ 0.07	- 0.23	- 0.37	25	+ 0.19	- 0.40	- 0.53
16	0.01	0.05	0.09	21	0.09	0.26	0.41	26	0.22	0.43	0.53
17	0.02	0.10	0.17	22	0.11	0.30	0.46	27	0.26	0.46	0.54
18	0.03	0.14	0.24	23	0.13	0.34	0.49	28	0.29	0.48	0.53
19	+ 0.05	- 0.18	- 0.31	24	+ 0.16	- 0.37	- 0.52	29	+ 0.33	- 0.50	- 0.52

In dem an Bord befindlichen Chronometerjournal wurden die mittleren Tagestemperaturen aufgezeichnet, und es wurde jedesmal der aus der vorstehenden Tabelle entnommene Wert der Temperaturverbesserung hinzugefügt. Der neben jedem Datum stehende Betrag bezieht sich also auf die Zeit von 8^h morgens (mittl. Ortszeit oder Zonenzeit) des vorhergehenden Tages bis 8^h morgens des betreffenden Datums (siehe nebenstehende Tabelle).

Mit Hilfe dieser Tabelle ist nun für jedes Chronometer die Summe der Temperaturverbesserungen zwischen je zwei Standbestimmungen (Mittelwerte) abzuleiten. Dies möge durch ein Beispiel erläutert werden. — Es soll für das Chronometer Lidecke die Summe der Temperaturverbesserungen zwischen der ersten Zeitbestimmung in Matupi (1904 Nov. 5) und der Zeitbestimmung in Jaluit (1904 Nov. 16) ermittelt werden:

- a) Epoche der Zeitbestimmung in Matupi: Nov. 5, 8.40^h abends; von dieser Zeit bis Nov. 6, 8^h vorm., sind verfloßen 11^h 20^m = 0.47^d. Temperaturverbesserung für den vollen Tag (vgl. Nov. 6) — 0.53^s; deshalb für den erwähnten Bruchteil des Tages — 0.25^s

1904	O r t	Mittlere Tages- tempe- ratur	Temperaturverbesserung			
			KNOBLICH	SCHLESICKY	LIDECKE	
		o	s	s	s	
September	25	Hongkong	+ 28	+ 0.29	— 0.48	— 0.53
	26	"	27	+ 0.26	— 0.46	— 0.54
	27	"	28	+ 0.29	— 0.48	— 0.53
	28	"	27	+ 0.26	— 0.46	— 0.54
	29	"	24	+ 0.16	— 0.37	— 0.52
	30	"	22	+ 0.11	— 0.30	— 0.46
Oktober	1	"	19	+ 0.05	— 0.18	— 0.31
	2	Schanghai	18	+ 0.03	— 0.14	— 0.24
	3	"	17	+ 0.02	— 0.10	— 0.17
	4	"	17	+ 0.02	— 0.10	— 0.17
	5	"	18	+ 0.03	— 0.14	— 0.24
	6	"	+ 18	+ 0.03	— 0.14	— 0.24
November	4	Matupi	+ 29	+ 0.33	— 0.50	— 0.52
	5	"	27	+ 0.26	— 0.46	— 0.54
	6	"	28	+ 0.29	— 0.48	— 0.53
	7	"	26	+ 0.22	— 0.43	— 0.53
	8	"	27	+ 0.26	— 0.46	— 0.54
	9	"	26	+ 0.22	— 0.43	— 0.53
	10	"	26	+ 0.22	— 0.43	— 0.53
	11	"	26	+ 0.22	— 0.43	— 0.53
	12	"	24	+ 0.16	— 0.37	— 0.52
	13	"	25	+ 0.19	— 0.40	— 0.53
	14	"	26	+ 0.22	— 0.43	— 0.53
	15	Jaluit	26	+ 0.22	— 0.43	— 0.53
	16	"	25	+ 0.19	— 0.40	— 0.53
	17	"	27	+ 0.26	— 0.46	— 0.54
	18	"	28	+ 0.29	— 0.48	— 0.53
	19	"	27	+ 0.26	— 0.46	— 0.54
	20	"	27	+ 0.26	— 0.46	— 0.54
	21	"	29	+ 0.33	— 0.50	— 0.52
	22	"	28	+ 0.29	— 0.48	— 0.53
	23	"	27	+ 0.26	— 0.46	— 0.54
	24	"	29	+ 0.33	— 0.50	— 0.52
	25	"	29	+ 0.33	— 0.50	— 0.52
	26	"	28	+ 0.29	— 0.48	— 0.53
	27	Matupi	28	+ 0.29	— 0.48	— 0.53
	28	"	27	+ 0.26	— 0.46	— 0.54
	29	"	29	+ 0.33	— 0.50	— 0.52
	30	"	30	+ 0.37	— 0.53	— 0.49
Dezember	1	"	29	+ 0.33	— 0.50	— 0.52
	2	"	+ 29	+ 0.33	— 0.50	— 0.52

- b) Summe der Temperaturverbesserungen für die folgenden vollen 10 Tage (Angaben in der Tabelle unter Nov. 7 bis einschließlich Nov. 16). — 5.30^s
- c) Nov. 16. Jaluit. Von 8^h vorm. bis zur Zeitbestimmung 9^h 5^m abends verfließen 13^h 5^m = 0.53^d. Temperaturverbesserung für den vollen Tag (vgl. Nov. 17) — 0.54^s; deshalb für den erwähnten Bruchteil des Tages — 0.30^s
- d) Es ist unter b) die Summe der Temperaturverbesserungen für 10 volle Tage gebildet worden. Weil die Reise in östlicher Richtung stattfand, so liegt zwischen Nov. 6, 8^h vorm. Matupi und Nov. 16, 8^h vorm. Jaluit tatsächlich ein Zeitraum, der um den Längenunterschied 1^h 10^m = 0.05^d kleiner ist als 10 Tage. Der mittlere Wert der täglichen Temperaturverbesserung während der ganzen Reise ist (etwa) — 0.54^s. Es ist demnach noch die kleine Verbesserung anzubringen: + 0.54^s × 0.05 = + 0.03^s
 Summe: — 5.82^s

Die unter d) angegebene kleine Verbesserung ist hier nur der Vollständigkeit wegen hinzugefügt worden; in der Praxis wird man sie meistens vernachlässigen können. — In dieser Weise wurden für die drei Chronometer die folgenden Beträge erhalten:

Standbestimmung in	Summe der Temperaturverbesserungen zwischen je zwei Standbestimmungen		
	KNOBLICH	SCHLESICKY	LIDECKE
	s	s	s
Hongkong	+ 0.91	— 2.18	— 3.10
Schanghai	+ 0.43	— 1.45	— 2.63
Tsingtau	+ 4.37	— 9.20	— 12.19
Matupi	+ 2.39	— 4.67	— 5.82
Jaluit	+ 3.46	— 5.70	— 6.33
Matupi	+ 3.13	— 6.60	— 8.74
Sydney	+ 0.56	— 1.84	— 2.96
Melbourne			

Die Ableitung der Werte g_0 findet auf Grund der Formel statt (vgl. »Lehrbuch der Navigation« II, § 253):

$$g_0 = \frac{\text{Stand 2} - \text{Stand 1} - \Sigma \text{Temp.-Verb.}}{m}$$

wo m das Intervall zwischen den beiden Standbestimmungen (in Tagesbruch) bezeichnet. Auf Grund der Werte g_0 gelangt man nach dem im »Lehrbuch der Navigation« II, § 258 beschriebenen Verfahren zur Kenntnis der absoluten Gewichte der einzelnen Chronometer. Die Rechnung stellt sich in diesem Falle folgendermaßen:

Chronometer KNOBLICH.

m	$S_2 - S_1$	Σ Temp.- Verb.	Zähler	g_0	Ab- weichung vom Mittel f_1	Quadrat der Ab- weichung f_1^2
d	s	s	s	s	s	
8.96	+ 25.24	+ 0.91	+ 24.33	+ 2.72	+ 0.42	0.176
8.50	+ 20.33	+ 0.43	+ 19.90	+ 2.34	+ 0.04	0.002
22.77	+ 48.06	+ 4.37	+ 43.69	+ 1.92	- 0.38	0.144
23.00	+ 53.95	+ 5.85	+ 48.10	+ 2.09	- 0.21	0.044
16.68	+ 43.22	+ 3.13	+ 40.09	+ 2.40	+ 0.10	0.010
8.05	+ 19.17	+ 0.56	+ 18.61	+ 2.31	+ 0.01	0.000
$q_1 = \frac{1}{\Sigma f_1^2}$				Mittel: + 2.30 ^s	$\Sigma f_1^2 = 0.376$ $q_1 = 2.659$	

Chronometer SCHLESICKY.

m	$S_2 - S_1$	Σ Temp.- Verb.	Zähler	g_0	Ab- weichung vom Mittel f_2	Quadrat der Ab- weichung f_2^2
d	s	s	s	s	s	
8.96	- 13.10	- 2.18	- 10.92	- 1.22	+ 0.04	0.002
8.50	- 15.90	- 1.45	- 14.45	- 1.70	- 0.44	0.194
22.77	- 46.58	- 9.20	- 37.38	- 1.64	- 0.38	0.144
23.00	- 40.27	- 10.37	- 29.90	- 1.30	- 0.04	0.002
16.68	- 21.98	- 6.60	- 15.38	- 0.92	+ 0.34	0.116
8.05	- 8.27	- 1.84	- 6.43	- 0.80	+ 0.46	0.212
$q_2 = \frac{1}{\Sigma f_2^2}$				Mittel: - 1.26 ^s	$\Sigma f_2^2 = 0.660$ $q_2 = 1.492$	

Chronometer LIDECKE.

m	$S_2 - S_1$	Σ Temp.- Verb.	Zähler	g_0	Ab- weichung vom Mittel f_3	Quadrat der Ab- weichung f_3^2
d	s	s	s	s	s	
8.96	- 11.33	- 3.10	- 8.23	- 0.92	- 0.89	0.792
8.50	+ 0.05	- 2.63	+ 2.68	+ 0.32	+ 0.35	0.122
22.77	- 20.99	- 12.19	- 8.80	- 0.39	- 0.36	0.130
23.00	- 16.75	- 12.15	- 4.60	- 0.20	- 0.17	0.029
16.68	+ 6.52	- 8.74	+ 15.26	+ 0.91	+ 0.94	0.884
8.05	- 2.13	- 2.96	+ 0.83	+ 0.10	+ 0.13	0.017
$q_3 = \frac{1}{\Sigma f_3^2}$				Mittel: - 0.03 ^s	$\Sigma f_3^2 = 1.974$ $q_3 = 0.507$	

$$\Sigma q = q_1 + q_2 + q_3 = 4.658$$

$$\text{KNOBLICH: } p_1 = \frac{q_1}{\Sigma q} = 0.57$$

$$\text{SCHLESICKY: } p_2 = \frac{q_2}{\Sigma q} = 0.32$$

$$\text{LIDECKE: } p_3 = \frac{q_3}{\Sigma q} = 0.11$$

Bevor die Schlußrechnung, d. h. die Einschaltung der Chronometerstände gegen Matupizeit für die Epoche der Zeitbestimmung in Jaluit, vorgenommen wird, sollen hier nun die bisherigen Rechnungsergebnisse übersichtlich zusammengestellt werden.

Beobach- tungsort	Epoche. Mittl. Greenw. Zeit.	KNOBLICH			SCHLESICKY			LIDECKE		
		Stände der Chronometer gegen mittlere Ortszeit								
		h	m	s	h	m	s	h	m	s
Matupi	1904 Nov. 4.94	+ 10	6	59.81	+ 10	14	48.07	+ 10	9	49.01
Jaluit	1904 Nov. 15.91	+ 11	17	13.59	+ 11	24	17.75	+ 11	19	27.57
Matupi	1904 Nov. 27.94	+ 10	7	53.76	+ 10	14	7.80	+ 10	9	32.26
	g_0	+ 2.09			- 1.30			- 0.20		
Summe der Temp.-Verb.	Reise nach Jaluit	+ 2.39			- 4.67			- 5.82		
	" " Matupi	+ 3.46			- 5.70			- 6.33		
	Gewichte	0.57			0.32			0.11		

Daraus ergibt sich die folgende Schlußrechnung:

	KNOBLICH			SCHLESICKY			LIDECKE		
g_0	+		^s 2.09	-		^s 1.30	-		^s 0.20
m (Zwischenzeit)			^d 10.97						
mg_0	+		^s 22.94	-		14.26	-		2.19
Summe d. Temp.-Verb. Reise nach Jaluit	+		2.39	-		4.67	-		5.82
Summe			^s 25.33			^s 18.93			^s 8.01
Stand Nov. 4 gegen Matupizeit	+	10 6	59.81	+	10 14	48.07	+	10 9	49.01
Stand Nov. 15 gegen Matupizeit	+	10 7	25.14	+	10 14	29.14	+	10 9	41.00
Stand Nov. 15 gegen Jaluitzeit	+	11 17	13.59	+	11 24	17.75	+	11 19	27.57
Längenunterschied		1 9	48.45		1 9	48.61		1 9	46.57

$$\begin{aligned} \text{Endgültiger Wert: Längenunterschied} &= 1^h 9^m 40^s + (8.45^s \times 0.57 \\ &\quad + 8.61^s \times 0.32 \\ &\quad + 6.57^s \times 0.11) \\ &= 1^h 9^m 48.29^s \end{aligned}$$

Erscheint eine Kontrolle der Schlußrechnung erforderlich, so kann man dieselbe leicht dadurch erhalten, daß man bei der Berechnung des Uhrstandes (in diesem Falle gegen Matupizeit) für die Epoche der mittleren Zeitbestimmung von der letzten Zeitbestimmung, anstatt wie oben von der ersten, ausgeht. Diese Kontrollrechnung lautet im vorliegenden Falle folgendermaßen:

	KNOBLICH			SCHLESICKY			LIDECKE		
g_0	+		^s 2.09	-		^s 1.30	-		^s 0.20
m (Zwischenzeit)			^d 12.03						
mg_0	+		^s 25.14	-		15.64	-		2.41
Summe d. Temp.-Verb. Reise nach Matupi	+		3.46	-		5.70	-		6.33
Summe			^s 28.60			^s 21.34			^s 8.74
Stand Nov. 27 gegen Matupizeit	+	10 7	53.76	+	10 14	7.80	+	10 9	32.26
Stand Nov. 15 gegen Matupizeit	+	10 7	25.16	+	10 14	29.14	+	10 9	41.00
Stand Nov. 15 gegen Jaluitzeit	+	11 17	13.59	+	11 24	17.75	+	11 19	27.57
Längenunterschied		1 9	48.43		1 9	48.61		1 9	46.57

$$\begin{aligned} \text{Endgültiger Wert: Längenunterschied} &= 1^h 9^m 40^s + (8.43^s \times 0.57 \\ &\quad + 8.61^s \times 0.32 \\ &\quad + 6.57^s \times 0.11) \\ &= 1^h 9^m 48.28^s \end{aligned}$$

Richtet man nun das Fernrohr auf den irdischen Gegenstand und liest den Horizontalkreis ab, so ergibt sich als Azimut Az' dieses Gegenstandes

$$Az' = (\text{Ablesung Gegenstand}) - M\beta \quad . \quad . \quad . \quad 80.$$

Es ist, um die vorstehende Darstellung der Methode nicht zu unterbrechen, bis jetzt die Bemerkung unterdrückt worden, daß die Ablesungen am Horizontalkreise nicht ohne weiteres in die Rechnung eintreten können. Diese Werte sind zuvor auf ein fehlerfreies Instrument zu reduzieren; man hat also die Kreisablesungen wegen Zielachsenfehler und wegen Neigung der Horizontalachse nach § 12 zu verbessern. Fernerhin ist noch auf die exzentrische Lage des Fernrohrs Rücksicht zu nehmen. Bei der Sternbeobachtung fällt natürlich die zuletzt erwähnte Verbesserung fort. Unter Berücksichtigung der früher gewählten Bezeichnungen sind also die berichtigten Kreisablesungen

$$\text{bei »Gewicht rechts«: } R - c \cdot \operatorname{cosec} z - i_1 \cdot \cotg z - \frac{w}{a \cdot \sin 1''} \quad . \quad 81.$$

$$\text{bei »Gewicht links«: } L + c \cdot \operatorname{cosec} z + i_2 \cdot \cotg z + \frac{w}{a \cdot \sin 1''} \quad . \quad 82.$$

In diesen Formeln bezeichnet w den Abstand der Absehenslinie von der Vertikalachse des Instruments und a die Entfernung des irdischen Gegenstandes; beide Werte, w und a , sind natürlich in der gleichen Maßeinheit auszudrücken.

§ 43. Auswahl der Sterne für die Beobachtung.

Um über die zweckmäßigste Auswahl der Sterne Aufschluß zu erhalten, haben wir eine Gleichung, die die gesuchte Größe und die gegebenen, also Az , φ , δ und t , enthält, zu differenzieren. Eine solche Gleichung ergibt sich aus den Gleichungen 8 und 11 des § 18 in der Form:

$$\cotg Az \cdot \sin t = \sin \varphi \cdot \cos t - \cos \varphi \cdot \tg \delta \quad . \quad . \quad . \quad 83.$$

Ihre Differentiation liefert unter Berücksichtigung der aus dem Kosinussatz folgenden Gleichung:

$$\cos \varphi = \cos Az \cdot \cos t + \sin Az \cdot \sin t \cdot \sin \varphi \quad . \quad . \quad 84.$$

und der durch die Gleichungen 3 und 8 gegebenen Beziehungen für dAz den Ausdruck:

$$dAz = - \frac{\sin Az}{\tg z} \cdot d\varphi + \frac{\cos \delta \cdot \cos \varphi}{\sin z} \cdot dt + \frac{\sin \varphi}{\sin z} \cdot d\delta \quad . \quad 85.$$

Diese Gleichung lehrt, daß die Faktoren von $d\varphi$, dt und $d\delta$ sämtlich kleine Beträge sind, wenn man einen polnahen Stern für die Beobachtung auswählt und sich auf ausreichend große Zenitabstände beschränkt. In mittleren Breiten pflegt man demgemäß zu verfahren;

da aber in niedrigen Breiten, die im vorliegenden Falle zu berücksichtigen sind, aus dem früher erwähnten Grunde polnahe Sterne nicht benutzt werden können, so ist durch eine andere Auswahl der Sterne und durch eine besondere Anordnung der Beobachtungen auf die Ausschaltung der Fehler Bedacht zu nehmen.

Zunächst erkennt man aus der Gleichung 85, daß es wegen der in den Nennern der rechten Seite enthaltenen Werte $\sin z$ und $\operatorname{tg} z$ vorteilhaft ist, wenn die Beobachtungen in größeren Zenitabständen vorgenommen werden. Man darf in dieser Rücksichtnahme allerdings nicht zu weit gehen, weil in der Nähe des Horizonts vielfach eine unregelmäßige seitliche Ablenkung der Lichtstrahlen stattfindet. Es sei deshalb festgesetzt, daß die zur Azimutbestimmung auszuwählenden Sterne Zenitabstände innerhalb der Grenzen 40° und 70° besitzen müssen. — Ferner zeigt die Gleichung 85, daß man den Breitenfehler in hinreichender Weise beseitigen kann, wenn man nacheinander zwei Sterne beobachtet, die sich in ungefähr gleichem Zenitabstand befinden und ungefähr symmetrisch zum Meridian stehen. Um diesen Bedingungen zu entsprechen, müssen die Sterne nahezu gleiche Abweichung besitzen. In den Tafeln Ia ist eine große Anzahl solcher Sterne enthalten; jedes Paar nimmt die für die Beobachtung passende Stellung ungefähr zur Frühlingspunkts-Ortszeit $\frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_w)$ ein. Auch dieser Wert ist in der Tafel angegeben. Es möge noch daran erinnert werden (vgl. § 30), daß man diese Sterne mit dem Universalinstrument auf Grund einer graphischen Darstellung auffindet, aus der man den Zenitabstand und das Azimut während der zur Beobachtung geeigneten Zeit unmittelbar entnehmen kann (vgl. Blatt 2). Bezüglich der Herstellung dieser graphischen Darstellung möge auf § 30 verwiesen werden.

Wenn wir jetzt zu der Gleichung 85 zurückkehren, so zeigt uns das zweite Glied der rechten Seite, daß offenbar nicht jedes beliebige Sternpaar für die Azimutbestimmung geeignet ist; es ist nämlich dafür Sorge zu tragen, daß $\cos q$ möglichst klein ist, d. h., daß q in der Nähe von 90° oder 270° liegt. In der Tafel II ist nun neben der Nummer jedes Sternpaares (die Nummern beziehen sich auf Tafel Ia) diejenige Breite Φ angegeben, auf der im Augenblicke gleichen Zenitabstandes beider Sterne der parallaktische Winkel 90° bzw. 270° beträgt. Man wählt deshalb für die Azimutbestimmung ein solches Sternpaar aus, dessen Wert Φ der Breite des Beobachtungsortes möglichst nahe steht. Wenn nacheinander zwei Sternpaare für die Azimutbestimmung benutzt werden, ist es vorteilhaft, wenn die betreffenden Werte Φ die Breite des Beobachtungsortes möglichst nahe einschließen. Es ist dann nämlich der parallaktische Winkel in dem einen Falle größer und in dem anderen Falle kleiner als 90° bzw. 270° ; die Werte

cos q besitzen demnach entgegengesetzte Vorzeichen, und der Einfluß eines Fehlers im Stundenwinkel wird hierdurch nahezu ausgeschaltet.

Es erübrigt nun noch zu erwähnen, daß der Faktor von $d\delta$ bei der obigen Wahl der Zenitabstände nie einen großen Betrag erreicht; eine weitere Rücksichtnahme auf dieses Glied bei der Auswahl der Sterne und bei der Anordnung der Beobachtungen ist aus den früher (§ 18) erwähnten Gründen nicht erforderlich.

Beispiel für die Auswahl der Sterne.

1905 Dez. 30. Hatzfeldthafen (Neu-Guinea); $\varphi = -4^\circ 24.3'$.

Anfang der Beobachtung, mittlere Ortszeit = $6^h 30^m$

m $\odot \alpha$ = $18^h 33^m$

Frühlingspunkts-Ortszeit = $1^h 3^m$.

Während 1^h und 2^h nach Frühlingspunkts-Ortszeit kommen nach Tafel II für die Azimutbestimmung folgende Paare in Betracht:

Nr. 19, 20, 22, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 41, 45.

Alle diese Sternpaare sind, wie man aus den »Grenzen in Breite« (Tafel Ia) erkennt, auch zur Zeitbestimmung geeignet. Eine Durchsicht der Werte $\frac{1}{2}(\alpha_0 - \alpha_w)$, d. i. der Stundenwinkel zur Zeit gleichen Zenitabstandes, zeigt, daß bei den Paaren Nr. 41 und Nr. 45 die Stundenwinkel klein sind; da infolgedessen auch die Zenitabstände klein sein werden, so ist es bei der großen Anzahl der zur Verfügung stehenden Sternpaare ratsam, diese Paare auszuschließen.

Der Beobachter würde deshalb die Vorausberechnung für etwa folgende Paare auszuführen haben:

Nr. 19	$\frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_w) = 1^h 13^m$	$\Phi = -4^\circ$
27	$= 1 46$	$= -1$
35	$= 2 12$	$= -7$

Außerdem könnten für eine Zeitbestimmung aus gleichen Zenitabständen, welche etwa 10^m in Anspruch nimmt, die beiden folgenden Paare gewählt werden:

Nr. 22	$\frac{1}{2}(\alpha_0 + \alpha_w) = 1^h 29^m$
38	$= 2 30$

Das Beobachtungsprogramm ist demnach folgendes:

Nr. 19	Azimutbestimmung	$1^h 3^m$	—	$1^h 23^m$
22	Zeitbestimmung	1 24	—	1 34
27	Azimutbestimmung	1 36	—	1 56
35	Azimutbestimmung	2 2	—	2 22
38	Zeitbestimmung	2 25	—	2 35

§ 44. Ausführung der Beobachtungen.

Der Zielachsenfehler des Universalinstruments ist, am besten bei Tageslicht, durch Einstellung eines entfernten, aber deutlich sichtbaren

irdischen Gegenstandes nach § 10 zu ermitteln. Eine solche Bestimmung möge vor jeder Gebrauchsperiode vorgenommen werden (siehe § 11, 2), wenn man nicht gerade voraussetzen muß, daß beträchtliche Veränderungen des zuletzt gefundenen Wertes infolge von Erschütterungen des Instruments oder starken Temperaturveränderungen eingetreten sind. Die genaue Kenntnis der Größe des Zielachsenfehlers ist für die Azimutbestimmung eines irdischen Gegenstandes nicht unbedingt erforderlich, weil die Sternbeobachtungen und die Einstellungen des irdischen Gegenstandes so angeordnet werden, daß der Einfluß von Ungenauigkeiten in der Bestimmung des Zielachsenfehlers aus dem Mittelwerte der einzelnen Azimutbestimmungen verschwindet.

Vor und nach der Sternbeobachtung ist der irdische Gegenstand, dessen Azimut bestimmt werden soll, in beiden Lagen des Instruments am vertikalen Mittelfaden einzustellen und der Horizontalkreis ist jedesmal abzulesen (vgl. § 19). Der Grad wird nach der Angabe des Mikroskops A aufgeschrieben. Ferner ist bei jeder Einstellung das Aufsatzniveau in beiden Stellungen zu benutzen (Gewichtsende der Blase zuerst aufschreiben), und schließlich ist der Vertikalkreis genähert (nur Mikroskop I, volle Bogenminute) abzulesen. Um Irrtümer in den Niveauangaben sofort festzustellen und zu berichtigen, sind die Blasenlängen jedesmal zu berechnen.

Mit der Beobachtung der Sterne möge bei der ersten auf dem Diagramm (vgl. Blatt 2) angegebenen Frühlingspunkts-Ortszeit begonnen werden. Sobald der Stern gefunden ist, wird das Aufsatzniveau abgelesen und in die andere Stellung gebracht. Dann folgt die Beobachtung des Durchgangs durch die Vertikalfäden nach den bei Zeitbestimmungen gegebenen Vorschriften, nur hat man es in diesem Falle durch Benutzung der Feinbewegung im Zenitabstand so einzurichten, daß der Stern ungefähr in der Mitte des Gesichtsfeldes an die Vertikalfäden herantritt. Nach Beendigung der Durchgangsbeobachtung ist das Niveau in der zweiten Stellung abzulesen; ferner ist der genäherte Zenitabstand mittels des Mikroskops I festzustellen, und schließlich findet die sorgfältige Ablesung des Horizontalkreises in der früher (§ 19) beschriebenen Weise statt.

Bezüglich der Beobachtungen des Durchgangs durch die Vertikalfäden möge noch bemerkt werden, daß man im allgemeinen die Durchgänge durch alle drei Fäden aufzeichnet; man verwendet später bei der Berechnung den Mittelwert dieser drei Zeitangaben. Nur wenn die Bewegung des Sterns in Azimut so langsam ist, daß der Stern zum Durchlaufen eines Fadenintervalles mehr als 2^m gebraucht, möge die Beobachtung auf den Mittelfaden allein beschränkt werden. In diesem Falle ist die Voraussetzung, daß die Geschwindigkeit in Azimut

während des Durchgangs durch das Fadennetz eine gleichförmige ist, nicht mehr in genügender Genauigkeit erfüllt.

Während der auf dem Diagramm angegebenen 20 Zeitminuten sind 4 Sternbeobachtungen etwa in folgender Anordnung auszuführen:

Ost - Stern G. R.
 „ „ G. L.
 West-Stern G. L.
 „ „ G. R.

Beispiel. 1905 November 7. Dienstag. Ostturm der Deutschen Seewarte zu Hamburg. Universalinstrument C. BAMBERG 7867. Chronometer KNOBLICH 865.

Bestimmung des Zielachsenfehlers (am Tage).

Aureole Nicolaikirche.

G. R.	A.	264° 51' 28 ^D	G. L.	A.	84° 51' 11 ^D
		29			10
	B.	52 22		B.	52 13
		23			12

Uhrvergleichung.

BRÖCKING 1855 . . .	6h 6m 11.0 ^s	= KNOBLICH	20h 49m 55.0 ^s
	6 9 8.0 =		20 52 52.5

Michaeliskirche, Spitze.

G. R.	Niv.	17.0 5.7	B. L.	11.3	G. L.	Niv.	7.7 19.0	B. L.	11.3
		7.5 18.9		11.4			17.2 5.9		11.3
A.		244° 6' 19 ^D			A.		64° 5' 4 ^D		
		20					6		
B.		7 22			B.		6 8		
		22					8		
Z.-Abst.		78° 28'			Z.-Abst.		281° 36'		

Sternpaar Nr. 313.

α. Andromedae. Ost.

G. R.	Niv.	18.5 7.0	B. L.	11.5
		5.2 ^s		
		27.7		
KNOBLICH:	21 ^h 35 ^m	50.4		
Niv.	7.7	19.1	B. L.	11.4
Z.-Abst.	36°	49'		
A.	297°	36' 20 ^D		
		18		
B.	37	15		
		15		
G. L.	Niv.	6.4 17.9	B. L.	11.5
		35.9 ^s		
		58.8		
KNOBLICH:	21 ^h 41 ^m	21.6		
Niv.	19.6	8.0	B. L.	11.6
Z.-Abst.	323°	55'		
A.	119°	14' 5 ^D		
		5		
B.	15	9		
		8		

β. Cygni. West.

G. L.	Niv.	19.3 7.7	B. L.	11.6
		54.7 ^s		
		16.8		
KNOBLICH:	21 ^h 47 ^m	38.7		
Niv.	6.8	18.2	B. L.	11.4
Z.-Abst.	323°	45'		
A.	238°	42' 12 ^D		
		5		
B.	43	15		
		14		
G. R.	Niv.	8.0 19.5	B. L.	11.5
		52.4 ^s		
		14.7		
KNOBLICH:	21 ^h 54 ^m	37.0		
Niv.	18.0	6.6	B. L.	11.4
Z.-Abst.	37°	11'		
A.	60°	48' 17 ^D		
		20		
B.	49	18		
		19		

Michaeliskirche, Spitze.

G. R.	Niv.	18.3	6.9	B. L.	11.4	G. L.	Niv.	8.0	19.4	B. L.	11.4
		7.7	19.1		11.4			18.1	6.7		11.4
A.		244°	6' 15 ^D			A.		64°	5' 4 ^D		
			15						5		
B.			7 12			B.			6 4		
			12						3		
Z.-Abst.		78°	28'			Z.-Abst.		281°	36'		

Uhrvergleichung.

BRÜCKING 1855	8 ^h 3 ^m 21.0 ^s =	KNOBLICH	22 ^h 47 ^m 24.0 ^s
	8 6 28.0 =		22 50 31.5

§ 45. Ableitung der Formeln für das Sternazimut.

Nach den NAPIERSchen Analogien bestehen zwischen den Winkeln α , β und γ und den Seiten a und b des sphärischen Dreiecks folgende Beziehungen

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (\alpha + \beta) = \frac{\cos \frac{1}{2} (a - b)}{\cos \frac{1}{2} (a + b)} \cdot \operatorname{cotg} \frac{1}{2} \gamma \dots\dots 86.$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (\alpha - \beta) = \frac{\sin \frac{1}{2} (a - b)}{\sin \frac{1}{2} (a + b)} \cdot \operatorname{cotg} \frac{1}{2} \gamma \dots\dots 87.$$

Wendet man diese Formeln auf das astronomische Dreieck an, indem man einführt

- 180° — Az für α
- q „ β
- t „ γ
- 90° — δ „ a
- 90° — φ „ b,

so erhält man nach einigen leichten Umformungen

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (Az - q) = \frac{\sin \frac{1}{2} (\varphi + \delta)}{\cos \frac{1}{2} (\varphi - \delta)} \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} t \dots\dots 88.$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (Az + q) = \frac{\cos \frac{1}{2} (\varphi + \delta)}{\sin \frac{1}{2} (\varphi - \delta)} \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} t \dots\dots 89.$$

§ 46. Berechnung der Beobachtungen.

Die Berechnung der Beobachtungen findet auf Grund der Entwicklungen in den §§ 42 und 45 statt; es genügt deshalb, wenn hier die anzuwendenden Formeln usw. vereinigt werden.

Zusammenstellung der Formeln für die Azimutbestimmung.

Bestimmung des Zielachsenfehlers: $c = \frac{1}{2} \left[R - L \pm 180^\circ - \frac{2 w}{a \cdot \sin 1''} \right]$

w = Abstand der Absehenslinie von der Vertikalachse des Instruments,
a = Entfernung des irdischen Gegenstandes.

$$\log \frac{2}{\sin 1''} = 5.61546$$

Verbesserung der Ablesungen am Horizontalkreise bei Einstellung des irdischen Gegenstandes:

$$G. R. : R - c \cdot \operatorname{cosec} z - i_1 \cdot \operatorname{ctg} z - \frac{w}{a \cdot \sin I''}$$

$$G. L. : L + c \cdot \operatorname{cosec} z + i_2 \cdot \operatorname{ctg} z + \frac{w}{a \cdot \sin I''}$$

$$\frac{I}{\sin I''} = 5.31443$$

$$F_d = \frac{\sin \frac{1}{2}(\varphi + \delta)}{\cos \frac{1}{2}(\varphi - \delta)}$$

$$F_s = \frac{\cos \frac{1}{2}(\varphi + \delta)}{\sin \frac{1}{2}(\varphi - \delta)}$$

Verbesserung der Ablesungen am Horizontalkreise bei den Sternbeobachtungen: G. R. : $R - c \cdot \operatorname{cosec} z - i_1 \cdot \operatorname{ctg} z$

$$G. L. : L + c \cdot \operatorname{cosec} z + i_2 \cdot \operatorname{ctg} z$$

$$t = U + \Delta U - \alpha$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(Az - q) = F_d \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} t$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(Az + q) = F_s \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} t.$$

Schema für die Wahl der Quadranten.

Stern westlich	$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(Az - q)$ pos.	$\frac{1}{2}(Az - q)$ im I. Quadr.	$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(Az + q)$ pos.	$\frac{1}{2}(Az + q)$ im I. Quadr.
	„ neg.	„ „ 4. „	„ neg.	„ „ 2. „
Stern östlich	$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(Az - q)$ pos.	$\frac{1}{2}(Az - q)$ im 3. Quadr.	$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(Az + q)$ pos.	$\frac{1}{2}(Az + q)$ im I. Quadr.
	„ neg.	„ „ 2. „	„ neg.	„ „ 2. „

Meridianpunkt des Instruments: $Mp. = (\text{Ablesung Stern}) - Az$
 Azimut des irdischen Gegenstandes: $Az' = (\text{Ablesung Gegenstand}) - Mp.$

Beispiel. 1905 November 7. Dienstag. Bestimmung des Azimuts des Michaelsturms, Spitze, durch Sternbeobachtungen (vgl. § 44).

Zielachsenfehler. Aureole Nicolaikirche.

A. $264^{\circ} 51' 57''$	A. $84^{\circ} 51' 21''$		$R - L = 180^{\circ} 0' 28.0''$
B. $52 \ 45$	B. $52 \ 25$		$R - L - 180^{\circ} = 0 \ 0 \ 28.0$
$R = 264 \ 52 \ 21.0$	$L = 84 \ 51 \ 53.0$	$w = 0.1036 \text{ m} = 9.0154$	$\frac{2w}{a \cdot \sin I''} = 34.4$
		$a = 1243 \text{ m} = 3.0945$	$2c = - 6.4$
		$\frac{2w}{a \cdot \sin I''} = 1.5364$	$c = - 3.2$
		$= 34.4''$	

Verbesserung der Ablesungen des Michaelsturms.

G. R. Summe der Niveauteile. Vorher: $+ 22.7^{\text{p}} - 26.4^{\text{p}} = - 3.7^{\text{p}}$ $i_1 = - 6.0$ $z = 78^{\circ} 28'$
 Nachher: $+ 25.2 - 26.8 = - 1.6$
 Mittel: $- 2.6^{\text{p}}$

$c = 0.505 n$	$i_1 = 0.778 n$	$\frac{1}{\sin 1''} = 5.3144$	Vorher	A. $244^\circ 6' 39''$
$\operatorname{cosec} z = 0.009$	$\cotg z = 9.309$	$w = 9.0154$		B. $7 \ 44$
$c \cdot \operatorname{cosec} z = 0.514 n$	$i_1 \cdot \cotg z = 0.087 n$	4.3298	R = 244	7 11.5
$= -3.3''$	$= -1.2''$	$a = 480.85 m = 2.6820$	A. 244	6 30
		$\frac{w}{a \cdot \sin 1''} = 1.6478$	Nachher	B. $7 \ 24$
		$= 44.4''$	R = 244	6 57.0
			Mittelwert: R = 244	7 4.2

Verbesserungen	1stes Glied =	+ 3.3
	2tes „ =	+ 1.2
	3tes „ =	- 44.4
Verbesserte Ablesung: R = 244		6 24.3

G.L. Summe der Niveauteile. Vorher: $-26.7^D + 23.1^D = -3.6^D$ $i_2 = -7.1''$ $z = 78^\circ 24'$
 Nachher: $-27.4 + 24.8 = -2.6$
 Mittel: -3.1^D

$i_2 = 0.851 n$	Vorher:	A. $64^\circ 5' 10''$	
$\cotg z = 9.312$		B. $6 \ 16$	
$i_2 \cdot \cotg z = 0.163 n$	L = 64	5 43.0	
$= -1.5''$	Nachher:	A. $64 \ 5 \ 9$	
	B. $6 \ 7$	L = 64	5 38.0
	Mittelwert: L = 64	5 40.5	

Verbesserungen	1stes Glied =	- 3.3
	2tes „ =	- 1.5
	3tes „ =	+ 44.4
Verbesserte Ablesung: L = 64		6 20.1

Berechnung des Uhrstandes.

	Vorher:	Nacher:	
BRÖCKING Mittelwerte	6h 7m 39.50s	8h 4m 54.50s	λ (Berlin) + 0h 13m 41s
Stand BRÖCKING (gegeben)	- 22 20.28	- 22 20.40	m. \odot α für Berlin 15 3 55.15
Mittl. Hambg. Zt.	5 45 19.22	7 42 34.10	Red. a. Hamburg
Red. a. Stzt. (Plus-Tafel)	+ 0 56.73	+ 1 15.99	(Plus-Tafel) + 0 2.25
	5 46 15.95	7 43 50.09	
m. \odot α für Hambg.	15 3 57.40		
Hambg. Fp. Zt.	20 50 13.35	22 47 47.49	
KNOBLICH	20 51 23.75	22 48 57.75	
Stand KNOBLICH	- 1 10.40	- 1 10.26	
Stand KNOBLICH (Mittelwert)	- 1m 10.33s		

α . Andromedae. Ost.

$\alpha = 0^h 3^m 31.73^s$	$\varphi + \delta = 82^\circ 7.18'$	$\sin \frac{1}{2}(\varphi + \delta) = 9.81746$
$\delta = +28^\circ 34' 21.7''$	$\varphi - \delta = 24 \ 58.46$	$\cos \frac{1}{2}(\varphi - \delta) = 9.98960$
$\varphi = +53 \ 32.82'$	$\frac{1}{2}(\varphi + \delta) = 41 \ 3.59$	$\cos \frac{1}{2}(\varphi + \delta) = 9.87739$
$\delta = +28 \ 34.36$	$\frac{1}{2}(\varphi - \delta) = 12 \ 29.23$	$\sin \frac{1}{2}(\varphi - \delta) = 9.33490$
		$F_d = 9.82786$
		$F_s = 0.54249$

β . Cygni. West.

$\alpha = 19^h 26^m 54.35^s$	$\varphi + \delta = 81^\circ 18.82'$	$\sin \frac{1}{2}(\varphi + \delta) = 9.81393$
$\delta = +27^\circ 46' 0.3''$	$\varphi - \delta = 25 \ 46.82$	$\cos \frac{1}{2}(\varphi - \delta) = 9.98892$
$\varphi = +53 \ 32.82'$	$\frac{1}{2}(\varphi + \delta) = 40 \ 39.41$	$\cos \frac{1}{2}(\varphi + \delta) = 9.88002$
$\delta = +27 \ 46.00$	$\frac{1}{2}(\varphi - \delta) = 12 \ 53.41$	$\sin \frac{1}{2}(\varphi - \delta) = 9.34847$
		$F_d = 9.82501$
		$F_s = 0.53155$

α . Andromedae. Ost.

	G. R.		G. L.	
Summe der Niveauteile . .	+ 25.5 ^p	- 26.8 ^p = - 1.3 ^p	- 24.3 ^p	+ 27.6 ^p = + 3.3 ^p
z i	36° 49'	- 3.0''	36° 5'	+ 7.6''
c i	0.505 n	0.477 n	0.505 n	0.881
cosec z cotg z	0.222	0.126	0.230	0.137
c · cosec z i · cotg z	0.727 n	0.603 n	0.735 n	1.018
c · cosec z i · cotg z	- 5.3''	- 4.0''	- 5.4''	+ 10.4''
Verbesserung		+ 9.3		+ 5.0
Kreis-Ablesungen	297° 36' 38''		119° 14' 10''	
Verb. Abl.: R und L	297 37 4.0		119 14 43.5	
Verb. Abl.: R und L	297 37 13.3		119 14 48.5	

β . Cygni. West.

	G. L.		G. R.	
Summe der Niveauteile . .	+ 27.0 ^p	- 25.0 ^p = + 2.0 ^p	- 27.5 ^p	+ 24.6 ^p = - 2.9 ^p
z i	36° 15'	+ 4.6''	37° 11'	- 6.7''
c i	0.505 n	0.663	0.505 n	0.826 n
cosec z cotg z	0.228	0.134	0.219	0.120
c · cosec z i · cotg z	0.733 n	0.797	0.724 n	0.946 n
c · cosec z i · cotg z	- 5.4''	+ 6.3''	- 5.3''	- 8.8''
Verbesserung		+ 0.9		+ 14.1
Kreis-Ablesungen	238° 42' 17''		60° 48' 37''	
Verb. Abl.: R und L	238 42 53.0		60 49 7.0	
Verb. Abl.: R und L	238 42 53.9		60 49 21.1	

Uhrzeiten	21 ^h 35 ^m 5.2 ^s	21 ^h 40 ^m 35.9 ^s	21 ^h 46 ^m 54.7 ^s	21 ^h 53 ^m 52.4 ^s
	27.7	58.8	76.8	74.7
	50.4	81.6	98.7	97.0

	21 ^h 35 ^m 27.77 ^s	21 ^h 40 ^m 58.77 ^s	21 ^h 47 ^m 16.73 ^s	21 ^h 54 ^m 14.70 ^s
Mittelwert	21 ^h 35 ^m 27.77 ^s	21 ^h 40 ^m 58.77 ^s	21 ^h 47 ^m 16.73 ^s	21 ^h 54 ^m 14.70 ^s
Stand KNOBLICH	— 1 10.33			
Frühlingspunkts-Ortszeit	21 34 17.44	21 39 48.44	21 46 6.40	21 53 4.37
α	0 3 31.73		19 26 54.35	
t	21 30 45.71	21 36 16.71	2 19 12.05	2 26 10.02
$\frac{1}{2} t$	322° 41.43'	324° 4.18'	34° 48.01'	36° 32.50'
	161 20.71	162 2.09	17 24.01	18 16.25
F _d	9.82786		9.82501	
tg $\frac{1}{2} t$	9.52841 n	9.51088 n	9.49607	9.51871
F _s	0.54249		0.53155	
tg $\frac{1}{2} (Az - q)$	9.35627 n	9.33874 n	9.32108	9.34372
tg $\frac{1}{2} (Az + q)$	0.07090 n	0.05337 n	0.02762	0.05026
$\frac{1}{2} (Az - q)$	167° 12.22'	167° 41.65'	11° 49.78'	12° 26.60'
$\frac{1}{2} (Az + q)$	130 20.62	131 29.31	46 49.24	48 18.48
Az	297 32.84	299 10.96	58 39.02	60 45.08
Ablesung Stern	297 37.22	119 14.81	238 42.90	60 49.35
Mp	0 4.38	180 3.85	180 3.88	0 4.27
Ablesung Gegenstand	244 6.41	64 6.33	64 6.33	244 6.41
Az'	244 2.03	244 2.48	244 2.45	244 2.14

Azimuth des Michaelisturms durch α Andromedae, Ost: Az' = 244° 2.26'
 " " " " β Cygni, West: Az' = 244 2.29
 Mittelwert: Az' = 244° 2.27'

Abschnitt VI.

Basismessung.

§ 47. Allgemeines.

Die Seekarte und damit die Arbeitskarte erfüllt, abgesehen von Aufgaben örtlicher Natur, ihren Zweck, wenn sie dem Schiffsführer ermöglicht, nach den in der Karte eingetragenen Objekten in Sicht von Land jederzeit den Schiffsort mit größerer Zuverlässigkeit zu bestimmen, als die Methoden der astronomischen Navigation es zulassen, wenn sich ferner die relative Lage des Schiffes zum Lande derartig ableiten läßt, daß keine Gefahren für die Schifffahrt entstehen, und wenn endlich die auf der Karte angegebene geographische Lage der Landobjekte so genau der Wirklichkeit entspricht, daß die Chronometerkontrolle auf jedem in der Karte eingetragenen Punkte unbedenklich erfolgen kann. Die bei Küstenvermessungen zu wählenden Arbeitsmethoden müssen sich diesen Forderungen anpassen. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß der Spielraum, was den Genauigkeitsgrad der Ergebnisse anbetrifft, kein allzu kleiner ist. Beträgt doch der Fehler einer astronomischen Schiffsortbestimmung zum mindesten ein bis zwei Seemeilen, und genügt es doch, wenn die Chronometerkontrolle an Land um nicht mehr als ± 1 Sekunde infolge fehlerhafter Lage des Beobachtungsortes verfälscht wird. Andererseits begnügt man sich bei der genauesten Methode der Ortsbestimmung auf dem Gebiete der terrestrischen Navigation, der Ableitung des Schiffsortes nach Doppelwinkelmessung damit, die einzelnen Winkel auf etwa $\frac{1}{2}$ Grad genau zu ermitteln.

Die Aufgabe, die Länge einer Grundlinie oder Basis zu bestimmen, die bei Landesvermessungen mit der größten Schärfe und den feinsten Hilfsmitteln durchgeführt wird, vereinfacht sich somit wesentlich bei den Küstenvermessungen. Ja der Spielraum ist sogar ein so weiter, daß man nicht genötigt ist, die Dreieckskette auf einem mit äußerster Schärfe abgeleiteten astronomischen Ausgangspunkte und einer dementsprechend ausgemessenen Grundlinie aufzubauen. Nur bei ganz geringer Ausdehnung macht man den Endpunkt der Kette noch von dem

Ausgangspunkte abhängig. Bei einer ausgedehnteren Küstenvermessung wird vielmehr ohne Rücksicht auf etwa vorhandene Lotstörungen das Dreiecksnetz zwischen zwei astronomisch bestimmte Punkte eingepaßt. Diese beiden Punkte bestimmen endgültig Länge und Richtung der Dreieckskette, so daß sich die Messung einer Grundlinie überhaupt erübrigen würde, wenn es nicht aus Bequemlichkeitsgründen notwendig wäre, eine angenäherte Kenntnis der Länge der einzelnen Dreiecksseiten von vornherein zu besitzen.

Für dieses Verfahren ist es von Vorteil, daß im deutschen Schutzgebiete der Südsee bereits eine große Anzahl von Punkten durch den Astronomen Dr. HAYN im Auftrag des Reichs-Marine-Amtes astronomisch festgelegt worden ist. Wo solche Punkte noch nicht vorhanden sind, müssen sie in Abständen von nicht mehr als 200 km an der Küste entlang von dem Vermessungsschiff selbst bestimmt werden. Außerdem ist jedesmal da ein Punkt astronomisch festzulegen, wo die allgemeine Richtung der Küstenlinie eine stärkere Wendung (über 45°) macht.

Zur bequemeren Verwertung der Vermessungs-Resultate und zur Konstruktion einer Arbeitskarte in ungefähr dem gewählten Maßstabe ist, wie schon gesagt, eine angenäherte Kenntnis der Länge der Dreiecksseiten erforderlich. Diese wird durch eine Basismessung in der Nähe des Ausgangspunktes der Vermessung gewonnen. Dazu stehen bei der Küstenvermessung folgende Methoden zur Verfügung:

1. Messung mit dem Meßband,
2. Messung mit dem Telemeter,
3. Berechnung der Länge der Basis aus dem Unterschied der geographischen Koordinaten ihrer Endpunkte.

Die genaueste Methode ist die erste, die am wenigsten genaue die dritte. Nach jedem astronomisch bestimmten Punkte wird eine neue Basis gemessen; nur wenn die aus der astronomischen Beobachtung hervorgehenden Koordinaten des Punktes mit den aus der Triangulation berechneten so genau übereinstimmen, daß der Unterschied auf der Arbeitskarte nicht meßbar ist, kann die Messung einer neuen Basis unterbleiben. Es ist zweckmäßiger, mehrere Grundlinien zu messen, als bei der Messung einer Basis große Genauigkeit und viel Arbeit aufzuwenden. Je länger die Grundlinie ist, desto günstiger gestaltet sich die Übertragung auf die Dreieckskette; deshalb soll man mit der Länge nicht wesentlich unter 1000 m herabgehen. Vielfach wird es weniger Arbeit machen, eine ganze Dreiecksseite der Dreieckskette als Grundlinie zu nehmen und direkt auszumessen, namentlich bei der Messung mit dem Telemeter, als nur eine kurze Basis zu messen und diese mit Hilfe eines Entwicklungsnetzes auf eine Dreiecksseite zu übertragen.

Die Endpunkte der Basis werden durch je eine Bake markiert, deren

Zielpunkt mittels des Lotes auf einen in den Boden gerammten Pfahl heruntergelotet und durch einen eingeschlagenen Nagel markiert wird.

Bei der Messung mit dem Meßband oder dem Telemeter ist es nicht erforderlich, daß eine einzige gerade Strecke die Basis bildet, auch gebrochene, am Strande entlang geführte Grundlinien, wie z. B. $A B C D E F$ (siehe Fig. 1 und 2), erfüllen den Zweck.

Um indessen an Rechenarbeit zu sparen, ist es zweckmäßig, solches Gelände auszusuchen, wo man mit möglichst wenig Brechpunkten auskommt. Bei Meßbandmessungen sollen die einzelnen Teilstrecken nicht viel kürzer als 200 m sein. Bei Telemetermessungen dürfen sie nicht unter 500 m betragen.

Die Brechpunkte sind durch in den Boden geschlagene Pfähle und daneben aufgestellte Stangen mit Flaggen zu bezeichnen.

Die Brechungswinkel $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n$ an den Basisendpunkten und in den Brechpunkten werden mit dem kleinen Universalinstrument gemessen. Dabei ist genaue zentrische Aufstellung des Instruments erforderlich. Die Brechungswinkel $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n$ zählt man alle in

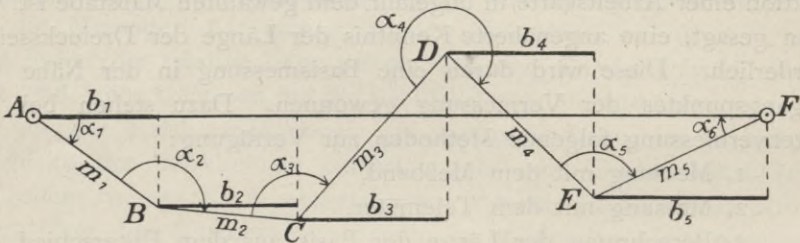


Fig. 1.

derselben Richtung, entweder im Uhrzeigersinne (Fig. 1) oder in dem Uhrzeiger entgegengesetztem Sinne (Fig. 2) und bucht sie in dem Beobachtungsbuch für Geländeaufnahme.

1	2	3	4	5	6	7a	7b	7c	8
Standpunkt	Zielpunkt	Winkel			Winkel- auszug	Bemerkungen			Ent- fernung
		Nonius I	Nonius II	Mittel		Höhen- winkel	Höhen- unter- schied	Höhe über M.W. od. N.N.	
		o	'	'	o	'			

Als Kontrolle dient, daß entweder

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = (n - 2) \cdot 180^\circ$$

sein muß, wenn die gebrochene Grundlinie die gerade Verbindungslinie der beiden Endpunkte keinmal, zweimal, viermal usw. schneidet (Fig. 2),

oder daß

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = n \cdot 180^\circ$$

sein muß, wenn sie die gerade Verbindungslinie einmal, dreimal, fünfmal usw. schneidet (Fig. 2). Kleine Abweichungen der Winkelsumme von $(n - 2) \cdot 180^\circ$ oder $n \cdot 180^\circ$ werden gleichmäßig auf die ge-

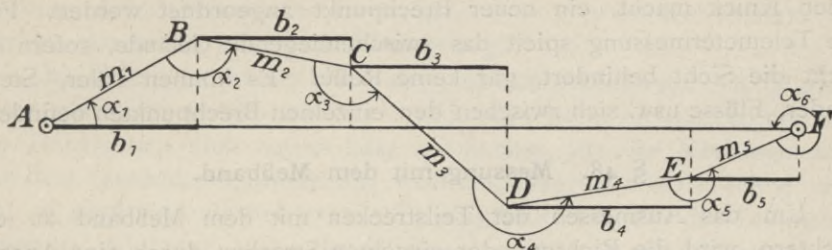


Fig. 2.

messenen Winkel verteilt, so daß die Kontrollgleichung von den verbesserten Winkeln streng erfüllt wird.

Sind m_1, m_2, \dots, m_{n-1} die gemessenen Teilstrecken und b_1, b_2, \dots, b_{n-1} ihre Projektionen auf A F, so ist die Länge der Gesamtbasis

$$B = b_1 + b_2 + \dots + b_{n-1}.$$

Die Projektionen sind zu berechnen aus

$$b_1 = m_1 \cdot \cos \alpha_1 = m_1 - 2 m_1 \cdot \sin^2 \frac{1}{2} \alpha_1$$

$$b_2 = m_2 \cdot \cos [180^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2)] = m_2 - 2 m_2 \cdot \sin^2 \frac{1}{2} [180^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2)]$$

$$b_3 = m_3 \cdot \cos [2 \cdot 180^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)] \\ = m_3 - 2 m_3 \cdot \sin^2 \frac{1}{2} [2 \cdot 180^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)]$$

$$b_{n-1} = m_{n-1} \cdot \cos [(n-2) \cdot 180^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_{n-1})] \\ = m_{n-1} - 2 m_{n-1} \cdot \sin^2 \frac{1}{2} [(n-2) \cdot 180^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_{n-1})]$$

Man benutzt die Kosinusformel, wenn der Winkel $\geq 60^\circ$, die Semi-versusformel, wenn er $< 60^\circ$ ist.

Beträgt die Neigung einer der Teilstrecken m_1, m_2, \dots, m_{n-1} mehr als 3° , so muß sie berücksichtigt werden, da für die Triangulation die horizontale Entfernung gebraucht wird. Ist $MN' = m'$ (Fig. 3) die mit dem Meßband oder dem Telemeter

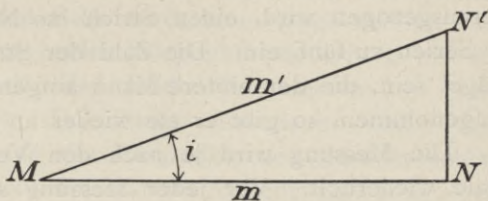


Fig. 3.

gemessene Strecke, so ist die horizontale Entfernung der Punkte gleich

$$MN = m = m' - 2 m' \cdot \sin^2 \frac{1}{2} i.$$

Die Messung des Neigungswinkels erfolgt durch das in M aufgestellte kleine Universalinstrument; als Ziel dient der obere, durch ein Blatt Papier kenntlich gemachte Endpunkt einer in N' aufgestellten Latte, deren Länge annähernd gleich der durchschnittlichen Höhe des Instruments über dem Erdboden ist.

Bei der Messung mit dem Meßband muß das Gelände zwischen M und N' eine annähernd gleichmäßige Neigung besitzen. Ist dies nicht der Fall, so muß an den Punkten, wo das Höhenprofil der Linie einen Knick macht, ein neuer Brechpunkt angeordnet werden. Für die Telemetermessung spielt das zwischenliegende Gelände, sofern es nicht die Sicht behindert, gar keine Rolle. Es können Täler, Steilränder, Flüsse usw. sich zwischen den einzelnen Brechpunkten befinden.

§ 48. Messung mit dem Meßband.

Um das Ausmessen der Teilstrecken mit dem Meßband zu erleichtern, wird die Richtung der einzelnen Strecken durch eine Anzahl im Abstand von etwa 50 bis höchstens 100 m aufgestellter Pfähle gekennzeichnet. Dies geschieht durch Einfluchten mit Hilfe des über dem einen Endpunkt aufgestellten kleinen Universalinstruments.

Die Ausmessung geht sodann in folgender Weise vor sich: Zwei Mann bedienen die Enden des 20 m langen Stahlbandes. Der vordere trägt 11 Erdnägel (etwa 30 cm lange eiserne Stifte mit zu einem Auge umgebogenen Köpfen, die sich über einen dünnen Eisen- oder Stahlring streifen lassen). Den Endpunkt jeder Länge bezeichnet er durch einen solchen Nagel. Das Band wird straff auf dem Boden, genau in der Basis, aufgelegt. Der Nullpunkt kommt dabei auf den Basisanfangspunkt. Am vorderen Ende des Bandes wird dann der erste Nagel eingesetzt, nachdem der beaufsichtigende Offizier ihn genau in die Basislinie eingewinkt hat. Das Band wird nun aufgehoben und so weit vorwärts getragen, bis die Nullmarke am Hinterende in der Höhe des ersten Nagels ist, wieder in Richtung der Basis hingelegt, vorn der zweite Nagel eingesteckt, vom hintern Mann der erste Nagel herausgezogen und so fort.

Der beaufsichtigende Offizier macht jedesmal, wenn ein Nagel herausgezogen wird, einen Strich ins Notizbuch und teilt die Striche in Serien zu fünf ein. Die Zahl der Striche muß gleich der Zahl der Nägel sein, die der hintere Mann aufgenommen hat. Hat er 10 Nägel aufgenommen, so gibt er sie wieder an den Vordermann ab.

Die Messung wird je nach den Verhältnissen ein oder mehrere Male wiederholt. Vor jeder Messung sind die Spuren der Erdnägel der früheren Messung zu verwischen. Für kleinere Vermessungen genügt eine zweimalige, für Arbeiten größeren Umfangs eine viermalige Ausmessung, wenn die Unterschiede in den Resultaten nicht mehr als 1 m betragen. Man beginnt mit der Messung abwechselnd an dem einen und dem anderen Endpunkt der Grundlinie, um mit den Erdnägeln nicht immer auf dieselben Stellen zu kommen. Das Mittel der erhaltenen Werte wird als Länge der Basis bzw. der Teilstrecke angenommen.

§ 49. Messung mit dem Telemeter.

Bei der Messung mit dem Telemeter kann man bei richtiger Anordnung der Arbeiten eine Genauigkeit von 1 : 1000, bis 1 : 2000 erreichen, die in den meisten Fällen genügt.

Das Telemeter ist so konstruiert, daß Strecken unter 500 m nicht damit gemessen werden können. Andererseits ist es nicht zu empfehlen, die Teilstrecken über 800 m lang zu machen, da die Messungsfehler mit dem Quadrat der Entfernung wachsen, also bei 1000 m schon viermal so groß sind als bei 500 m. Es empfiehlt sich, bei der Telemetermessung möglichst lange Grundlinien, am besten eine Dreiecksseite selbst zu messen, da die Gesamtlänge aus der Aneinanderreihung vieler gemessener Teilstrecken mit einem kleineren zufälligen Fehler gefunden wird, als bei der Ableitung aus einer kleinen Basis durch trigonometrische Übertragung. Ist es nicht möglich, sämtlichen Teilstrecken Längen zwischen 500 und 800 m zu geben, so muß eine der Strecken, die weniger als 500 m hat, mit dem Meßband gemessen werden. Infolge der Unabhängigkeit von der Geländegestaltung wird man vielfach die Brechpunkte in die Verbindungslinie der beiden Endpunkte legen können, um die Berechnung der Projektionen zu sparen; es ist in solchen Fällen nur die Neigungskorrektion anzubringen.

Da bei langen Grundlinien das Einfluchten der Zwischenpunkte in die Verbindungslinie durch Einwinken von einem Endpunkte aus nicht möglich ist, so wird mit dem kleinen Universalinstrument, bei dem der Zielachsenfehler beseitigt ist, von der Mitte aus eingefluchtet. Dazu wird das Instrument in der Nähe des zu bestimmenden Zwischenpunktes aufgestellt und die Zielachse auf einen Endpunkt eingerichtet. Dann wird das Fernrohr durchgeschlagen. Erscheint nunmehr der andere Endpunkt an dem Vertikalfaden, so steht das Instrument auf dem Zwischenpunkt. Im anderen Falle wird es so lange seitlich verschoben und die Einstellung der beiden Endpunkte wiederholt, bis der Unterschied der Richtungen nach den beiden Endpunkten um nicht mehr als 1° von 180° abweicht. Der Punkt wird dann durch Pfahl und Flagge bezeichnet. Ist einer der Endpunkte von dem Zwischenpunkte aus nicht sichtbar, so tritt ein anderer Zwischenpunkt an seine Stelle.

Die Farbe der Fluchtstäbe und der Flaggen, mit denen die Zwischenpunkte bezeichnet werden, ist so zu wählen, daß sie sich gut von dem Hintergrunde abheben. Es kann daher notwendig sein, einige Zwischenpunkte sowohl mit einer hellen als auch mit einer dunklen Flagge zu kennzeichnen. Jede Teilstrecke wird von ihren beiden Endpunkten aus gemessen, z. B. die Strecke m_1 (Fig. 1 und 2) sowohl von A als von B aus und die Strecke m_2 von B und von C aus.

Die Beschreibung des Telemeters mit 1,5 m langer Basis, seiner Justierung und Handhabung findet man in einer jedem Instrument beigegebenen, von der Firma CARL ZEISS in Jena herausgegebenen Gebrauchsanweisung. Das in der Kaiserlichen Marine eingeführte Telemeter unterscheidet sich von dem gebräuchlichen dadurch, daß die Messung nicht mittels einer im Gesichtsfelde erscheinenden Markenreihe, sondern mittels der wandernden Marke und der Meßtrommel erfolgt. Dies hat den Zweck, mehrere voneinander unabhängige Einstellungen machen zu können. Der Beobachter bringt durch Drehen an einer mit gereifeltem Kopfe versehenen Schraube die wandernde Marke in gleiche Entfernung mit dem Punkt, dessen Abstand gemessen werden soll, ohne die Skala anzusehen. Das Ablesen der Entfernung auf der Meßtrommel nach jeder Einstellung besorgt vielmehr ein besonderer Anschreiber, der nach der Ablesung die Einstellschraube ein wenig verstellt. Er protokolliert das Ergebnis, ohne dem Beobachter davon Mitteilung zu machen, da dieser vor Abschluß der Messung keinerlei Kenntnis von seinen Resultaten haben darf. Hierdurch wird verhütet, daß bei den späteren Einstellungen sowohl bewußte wie unbewußte Beeinflussungen durch die früheren Einstellungen statthaben.

Jede Messung einer Teilstrecke besteht aus drei Sätzen, von denen jeder von einem anderen Beobachter zu beobachten ist. Jeder Satz besteht aus fünf voneinander unabhängigen Einstellungen. Vor und nach jedem Satze wird das Telemeter von dem Beobachter des Satzes justiert. Ergeben sich nach der Beobachtung Fehler in der Justierung, so ist der Satz zu wiederholen. Um Fehler durch veränderte Justierung möglichst zu vermeiden, ist das Instrument während der Justierung und Beobachtung sorgfältig vor der Bestrahlung durch die Sonne zu schützen.

Als Telemeterbeobachter werden die geeignetsten Leute der Besatzung ausgewählt. Zu dem Zweck unterzieht man die überhaupt in Betracht kommenden Mannschaften einer Prüfung auf stereoskopisches Sehvermögen (s. Gebrauchsanweisung von C. ZEISS) und läßt einen jeden nach einer genügenden Vorübung, um mit der Handhabung des Instruments vertraut zu werden, eine Strecke von bekannter Länge, die nötigenfalls zuvor mit dem Meßband ausgemessen ist, in mehreren Sätzen messen. Diejenigen Leute, bei denen die Mittelwerte der einzelnen Sätze am besten untereinander und mit der wahren Länge übereinstimmen, werden als Telemeterbeobachter abgeteilt. Es ist bei dieser Prüfung besonders wichtig, daß der Beobachter von dem Ergebnis seiner Einstellung keine Kenntnis erhält. Leute, die sonst im Beobachten keine Kenntnis besitzen, pflegen die besten Telemeterbeobachter zu sein.

Es hat sich gezeigt, daß die Einstellungen selbst der besten Beobachter einen konstanten persönlichen Fehler aufzuweisen pflegen, so daß das Mittel aller von ihnen gemessenen Sätze nach derselben Seite und annähernd um denselben Betrag von der Wahrheit abzuweichen pflegt. Diesen konstanten persönlichen Fehler eines jeden Beobachters stellt man bei der Prüfung fest, indem man die Abweichung des Mittels aller von ihm beobachteten Sätze von der wahren Länge bildet. Unter den als Telemeterbeobachter abgeteilten Leuten wählt man für die Basismessungen stets drei solche aus, bei denen das arithmetische Mittel dieser Abweichungen Null ist.

Als Resultat der Basismessung nimmt man das Mittel der von diesen Leuten beobachteten Sätze an. Es wird im allgemeinen von persönlichen Fehlern frei sein.

Sind drei Leute, die dieser Bedingung genügen, nicht vorhanden, so kann man die persönlichen Fehler auch rechnerisch berücksichtigen. Ist μ_p der bei der Prüfung gefundene persönliche Fehler, E_p die Länge der Prüfungsstrecke, so ist der bei der Messung einer Basis von der Länge E anzuwendende persönliche Fehler gleich

$$\mu = \mu_p \cdot \frac{E^2}{E_p^2}$$

Das Vorzeichen von μ ist dasselbe wie das von μ_p .

§ 50. Ableitung der Basislänge aus den Breiten- oder Längen- und Breitenunterschieden der Basisendpunkte.

Diese Methode kommt hauptsächlich bei ausgedehnteren Vermessungen in Frage. Bei solchen darf die Länge der Basis nicht weniger als 20 Seemeilen betragen. Bei kleineren Vermessungen (z. B. Aufnahme einer weiten Bucht oder eines Hafens) muß sie wenigstens gleich der größten Ausdehnung des zu vermessenden Gebiets sein, keinesfalls aber unter 5 Seemeilen. Die beiden Basisendpunkte müssen gegenseitige Sicht haben.

Man kann die Basislänge erstens aus dem Breitenunterschied der Basisendpunkte und dem Azimut der Basis oder zweitens aus den Längen- und Breitenunterschieden der Basisendpunkte finden. Im zweiten Falle braucht das Azimut der Basis nicht beobachtet zu werden, da es sich ebenfalls aus der Rechnung ergibt.

1. Es sind erforderlich die Breiten φ_1 und φ_2 der Basisendpunkte 1 und 2 (ihre Bestimmung siehe Abschnitt V, Teil II und III) und das in 1 gemessene Azimut Az_1 des Punktes 2 (seine Bestimmung siehe Abschnitt V, Teil V). Dann ist die Basislänge (in Metern)

$$s = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{[m]} \cdot \sec Az_1,$$

wo der Breitenunterschied ($\varphi_2 - \varphi_1$) in Sekunden ausgedrückt werden muß und $[m]$ aus Tafel IXa entnommen wird.

Dieses Verfahren darf nur bei solchen Basislinien benutzt werden, deren Azimut nicht mehr als 30° von der Nordsüdlinie abweicht. Da es sehr bequem ist, suche man die Basis so zu legen, daß seine Anwendung erlaubt ist.

2. Es sind erforderlich die Breiten φ_1 und φ_2 sowie die Längen λ_1 und λ_2 der Basisendpunkte (ihre Bestimmung siehe Abschnitt V, Teil IV). Man findet dann die Tangente des Azimuts als Quotient von Abweichung und Breitenunterschied nach der Gleichung

$$\operatorname{tg} Az_1 = \frac{[m] \cdot (\lambda_2 - \lambda_1) \cdot \cos \varphi_h}{[n] \cdot (\varphi_h - \varphi_1)}$$

und die Basislänge aus einer der beiden folgenden Formeln:

$$s = \frac{\varphi_h - \varphi_1}{[m]} \cdot \sec Az_1,$$

wenn Az_1 um 45° oder weniger von der Nordsüdlinie absteht, oder

$$s = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{[n]} \cdot \cos \varphi_h \cdot \operatorname{cosec} Az_1,$$

wenn Az_1 weniger als 45° von der Ostwestlinie absteht.

Es sei die Hilfsbreite $\varphi_h = \varphi_2 + d$, wo d dasselbe Vorzeichen wie φ_2 hat.

Die Längen- und Breitenunterschiede sind in Winkelsekunden auszudrücken und östliche Längen mit positivem, westliche mit negativem Vorzeichen in die Formeln einzusetzen, nördliche Breiten sind positiv, südliche negativ anzunehmen. $[m]$ und $[n]$ werden aus Tafel IXa, d mit den Eingängen φ_2 und $(\lambda_2 - \lambda_1)$ aus Tafel IXb entnommen.

Das Verfahren wird um so vorteilhafter, je länger man die Basis (bis 40 Seemeilen) nehmen kann. Da die Grundlinie stets eine beträchtliche Länge hat, ist eine Entwicklung durch Triangulation (siehe § 52) bei dieser Methode niemals nötig.

§ 51. Berechnung des Maßstabes, wenn die Grundlinie nur annähernd richtig bestimmt ist.

Ist die Grundlinie nach einer der drei Methoden bestimmt worden, so kann die Triangulation in dem gewählten Maßstabe in die Arbeitskarte eingetragen werden, entweder auf graphischem Wege, indem die Ausgangsseite in der Karte abgesetzt und die Dreiecke durch Antragen der gemessenen Winkel mit Hilfe der Sehnentafel (Tafel XIII) bzw. nach den Seitenlängen gezeichnet werden, oder durch Berechnung der geographischen Koordinaten der Dreieckspunkte und Absetzen dieser Punkte nach den berechneten Koordinaten. Im ersteren Falle ist das Basisentwicklungsnetz (siehe § 52), falls die Ausgangsseite nicht selbst direkt als Grundlinie gemessen worden ist, nicht mitzuzeichnen, sondern stets zu berechnen, da die Entwicklung der Basis auf graphischem Wege in den meist klein gewählten Maßstäben der Arbeitskarten nicht genügt.

Ist die Grundlinie nach einer der weniger genauen Methoden 2 oder 3 bestimmt worden, so wird die Arbeitskarte nicht genau den gewählten Maßstab haben. Infolgedessen kann es sich ereignen, daß die Endpunkte der zwischen einzelnen Punkten der Triangulation gelegten Polygonzüge, die in genauem metrischen Maße gemessen werden, nicht mit den Dreieckspunkten übereinstimmen. Falls die Züge nicht an sich fehlerhaft sind, was bei den Lotungsarbeiten sehr bald bemerkt werden wird, gleicht man die sich ergebenden Unterschiede in der im Abschnitt IX angegebenen Weise aus. Ungenaue Resultate wird auch die trigonometrische Höhenmessung ergeben, da die Seitenlänge nur angenähert in die Formel $h = S \cdot \cotg z$ eingesetzt werden kann. Man schiebt darum zweckmäßig die Höhenberechnung auf, bis der Maßstab der Karte nach Bestimmung des zweiten astronomischen Punktes ermittelt worden ist und entnimmt die erforderlichen Seitenlängen dann der Karte oder man rechnet die Höhen vorläufig aus und multipliziert sie dann mit dem Verhältnis des errechneten zum angenommenen Maßstabe.

Der richtige Maßstab der Arbeitskarte wird berechnet, sobald die astronomisch bestimmten Koordinaten des Endpunktes der Vermessung bekannt sind.

Ist die Triangulation graphisch nach Abschnitt XII aufgetragen, so wird der Abstand der Endpunkte einerseits aus der Karte abgegriffen und andererseits aus den astronomisch bestimmten Koordinaten berechnet nach den Formeln (λ_1, φ_1 Anfangspunkt, λ_2, φ_2 Endpunkt)

$$\text{tg } \frac{1}{2} (Az_2 + Az_1) = \frac{[n] \cdot (\varphi_2 - \varphi_1)}{[m] \cdot (\lambda_2 - \lambda_1)} \cdot \sec \frac{1}{2} (\varphi_2 + \varphi_1)$$

$$\frac{1}{2} (Az_2 - Az_1) = 90^\circ + \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \cdot \sin \frac{1}{2} (\varphi_2 + \varphi_1)$$

$$s = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{[m]} \cdot \text{cosec } \frac{1}{2} (Az_2 + Az_1)$$

$$\text{oder } s = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{[n]} \cdot \cos \frac{1}{2} (\varphi_2 + \varphi_1) \cdot \sec \frac{1}{2} (Az_2 + Az_1)$$

[m] und [n] werden aus Tafel IXa entnommen. Östliche Längen und nördliche Breiten sind positiv, westliche Längen und südliche Breiten negativ zu setzen.

Aus dem Verhältnis der abgegriffenen und der berechneten Länge ergibt sich der Maßstab. Die berechneten Azimute Az_1 und Az_2 der Verbindungslinie im Anfangs- und Endpunkt dienen zur Konstruktion des Kartennetzes nach Abschnitt XII.

Sind die Koordinaten der Dreieckspunkte errechnet und die Punkte danach in ein Merkatornetz eingetragen worden, so ist es am zweckmäßigsten, ein neues Netz zu zeichnen, falls die aus der Triangulation hervorgegangenen Koordinaten nicht mit den astronomisch

ermittelten übereinstimmen. Ist in Fig. 4 A der Anfangspunkt, E_t der durch Triangulation bestimmte, E_a der astronomisch bestimmte Endpunkt, so ist das Netz so zu drehen und zusammenzudrücken, daß der mit dem Netz verbunden zu denkende Punkt E_a auf den in der Karte

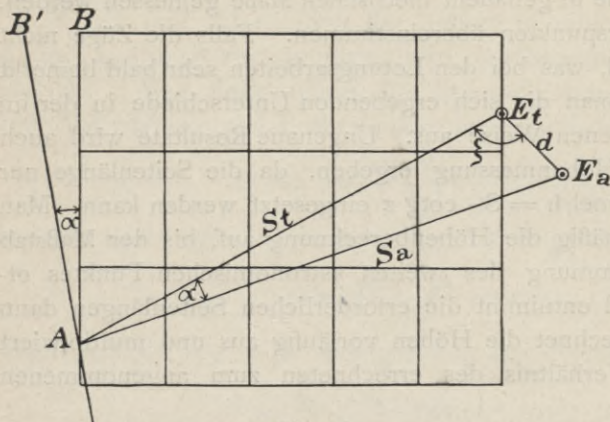


Fig. 4.

befindlichen Punkt E_t zu liegen kommt. Zu dem Zweck werden die Abstände $E_t E_a = d$ und $A E_a = s_a$ sowie der Winkel ξ möglichst genau gemessen.

Dann berechnet man den Winkel α , um den das Netz gedreht werden muß, aus

$$\alpha = \frac{d}{s_a} \cdot \frac{\sin \xi}{\operatorname{arc} 1'},$$

wod d und s_a in Millimetern auszudrücken sind und α sich in Minuten ergibt.

Der Winkel α wird in A an den alten Anfangsmeridian AB mit Hilfe der Sehnentafel angetragen und durch A der neue Anfangsmeridian AB' gezogen.

Ist l die lineare Länge einer Längenminute des alten Netzes, in Millimetern ausgedrückt, mit der dieses Netz berechnet worden ist, und l' dieselbe Größe für das neue Netz, so ist

$$l' = l \cdot \left[1 + \cos \xi \cdot \left(\frac{d}{s_a} \right) - \frac{\sin^2 \xi}{2} \cdot \left(\frac{d}{s_a} \right)^2 \right].$$

Mit der Größe l' als Grundeinheit (lineare Länge der Längenminute) wird ein neues Merkatornetz nach Abschnitt XII berechnet und ausgehend vom Anfangsmeridian AB' in die Karte derart eingetragen, daß A und E_t auf ihre astronomisch bestimmten Breiten zu liegen kommen.

Es empfiehlt sich daher, das erste Netz nur mit Bleistift in die Arbeitskarte einzutragen, damit es nach Konstruktion des richtigen Netzes wieder beseitigt werden kann.

Handelt es sich um die Vermessung von Gebieten mit geringer Ausdehnung, wobei die astronomische Festlegung des Endpunktes der Vermessung fortfällt, so können ebenfalls die weniger genauen Methoden der Basismessung verwandt werden. Infolge der Kleinheit des Gebiets wird die Genauigkeit trotz des fehlenden Ausgleichs noch immer genügend sein.

§ 52. Das Basisnetz.

Die ausgemessene Grundlinie wird sich nicht ohne weiteres in das Dreiecksnetz eingliedern lassen, da sie im Verhältnis zu der Länge der Dreiecksseiten zu kurz ist. Dies trifft auf jeden Fall zu bei Verwendung des Meßbandes zur Basismessung, bedingt auch bei Benutzung des Telemeters (siehe § 49).

Es entsteht daher die Aufgabe, eine große Seite aus einer kleinen — der Basis — trigonometrisch abzuleiten. Am zweckmäßigsten kann dies mittels eines rhombischen Netzes von der Form der Figuren 5 und 6 geschehen. Nach Möglichkeit ist anzustreben, daß die abzuleitende Seite DE senkrecht auf der Basis AB steht. Dabei ist es nicht erforderlich, daß diese beiden Strecken (Diagonalen des Rhombus) sich schneiden. Die Entfernung DE ist so zu wählen, daß die Winkel ADB und AEB nicht unter 10 Grad betragen. Erreicht infolge dieser Beschränkung DE noch nicht die Länge einer Dreiecksseite, so ist nochmals mittels eines Rhombus zu entwickeln nach Art der Figur 7, wo AB am Strande in einer Bucht hat gemessen werden können und

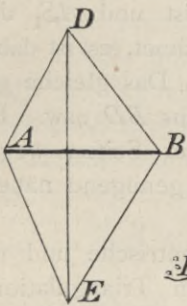


Fig. 5.

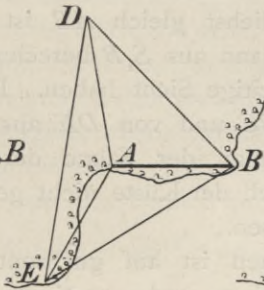


Fig. 6.

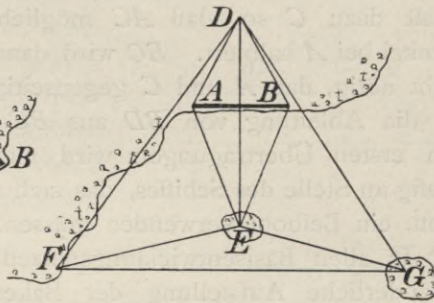


Fig. 7.

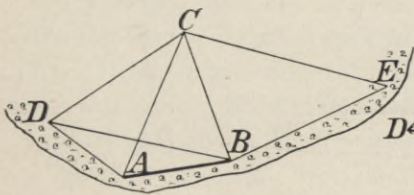


Fig. 8.

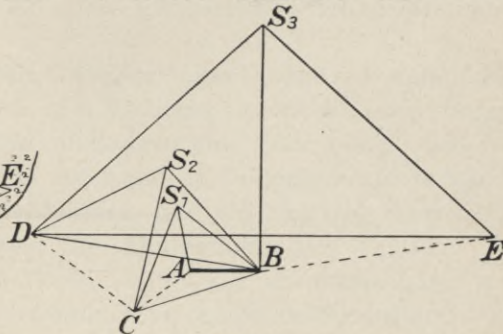


Fig. 9.

E und G auf vorgelagerten Riffen oder Inseln liegen. Die spitzen Winkel der Entwicklungsrhomben, also die Winkel ADE , BDE , AED , BED , DFG , EFG , DGF und EGF sind mit besonderer Sorgfalt zu

messen; sie sind daher in der dreifachen Anzahl von Sätzen zu beobachten, die für die Winkelmessungen der Triangulation vorgeschrieben sind (siehe Abschnitt VII).

An einer glatten Küste wird es vielfach nicht möglich sein, geeignete Punkte für einen Entwicklungsrhombus zu finden, weil sowohl AB als auch DE nur dem Strande parallel angelegt werden können. Man kann sich dann dadurch helfen, daß man zunächst ein kleines, möglichst günstiges d. h. gleichseitiges Dreieck ABC einschaltet (Fig. 8), auf dessen Seite CB der Entwicklungsrhombus aufgebaut wird. In diesem Falle sind auch die Winkel des Dreiecks ABC , außerdem die Winkel bei D und E mit besonderer Sorgfalt und in der dreifachen Anzahl von Sätzen zu messen. Ist auch dieser Ausweg nicht gangbar, so muß die Basis mittels der Schiffsmethode entwickelt werden. Doch darf man zu diesem Aushilfsmittel nur im äußersten Notfalle greifen. Es empfiehlt sich dann in der Weise vorzugehen, daß man die Seiten verdoppelt, bis man auf die für die Dreieckskette beabsichtigten Seitenlängen gekommen ist. In Figur 9 z. B. wo S_1 , S_2 und S_3 die Schiffsorte bezeichnen, wird zunächst BC aus der Basis AB abgeleitet. Man wählt dazu C so, daß AC möglichst gleich AB ist und AS_1 den Winkel bei A halbiert. BC wird dann aus S_1B berechnet, es ist daher nicht nötig, daß A und C gegenseitige Sicht haben. Das gleiche gilt für die Ableitung von BD aus BC und von DE aus BD usw. Bei den ersten Übertragungen wird man der Kürze der Seiten wegen häufig an Stelle des Schiffes, das sich der Küste nicht genügend nähern kann, ein Beiboot verwenden müssen.

In allen Basisentwicklungsnetzen ist auf gut zentrische und unveränderliche Aufstellung der Baken und sonstigen Triangulationssignale sowie auf genaue zentrische Aufstellung der Winkelmeßinstrumente sorgfältigst Bedacht zu nehmen.



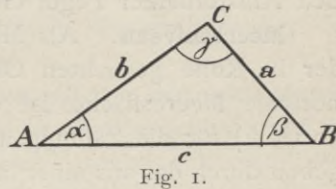
Abschnitt VII.

Triangulation.

§. 53. Einleitung.

Die Triangulation dient dazu, aus den geographischen Koordinaten eines Punktes und der Länge und Richtung einer Grundlinie durch Dreieckswinkelmessung die Lage einer Anzahl anderer Punkte auf der Erdoberfläche zu bestimmen.

Wenn von einem Dreieck ABC eine Seite $AB = c$ und die Winkel α , β und γ (die Größe des dritten Winkels erhält man nötigenfalls durch Subtraktion der Summe der beiden anderen von 180°) bekannt sind, so kann man die beiden anderen



Seiten a und b berechnen: $a = \frac{c}{\sin \gamma} \cdot \sin \alpha$; $b = \frac{c}{\sin \gamma} \cdot \sin \beta$.

Werden an die bekannten Seiten a oder b durch Winkelmessung weitere Dreiecke angeschlossen, so können die Seitenlängen der neuen Dreiecke wiederum aus a bzw. b und den gemessenen Winkeln bestimmt werden.

Verbindet man also mehrere Punkte einer Ebene so unter sich durch Gerade, daß ein System von Dreiecken entsteht, von denen jedes mit einem Nachbardreieck mindestens eine Seite gemein hat, so läßt sich die Gestalt des dadurch entstandenen Dreiecksnetzes lediglich durch Messung von Winkeln bestimmen, und die Messung einer Seite als Basis genügt zur Bestimmung aller Dimensionen des Netzes.

Erddimensionen. Bei der Bestimmung der absoluten Lage von Punkten auf der Erdoberfläche werden bestimmte Erddimensionen als bekannt vorausgesetzt. Für die Marine haben diejenigen Gültigkeit, die F. W. BESSEL aus allen bis zum Jahre 1841 ausgeführten Gradmessungen abgeleitet hat.

Maßeinheiten. Als Maßeinheit für Längengrößen dient das Meter (m), als Maßeinheit für Winkelgrößen der Grad ($^\circ$) unter der Voraus-

setzung, daß einer vollen Umdrehung einer Geraden um einen Punkt 360° entsprechen.

Koordinaten. Zur Bestimmung der Lage eines Punktes auf der Erde sind drei Koordinaten erforderlich. Zwei von ihnen sind Winkelgrößen; die eine, die geographische Länge, gibt den Winkel, den die Ebene, die den Punkt mit der Erdachse verbindet — seine Meridianebene —, mit der Ebene des Nullmeridians bildet. Die zweite Winkelgröße, die geographische Breite, ist der Winkel, den die Richtung der Schwerkraft, d. h. die Lotlinie in dem Punkte mit der Äquatorebene bildet. Die Länge wird vom Meridian von Greenwich als Nullmeridian gerechnet.*) Durch die dritte Koordinate wird die Höhe des Punktes, d. h. seine Erhebung über das Meeresniveau in Richtung der Schwerlinie gegeben. In Deutschland beziehen sich die Höhen auf einen Normal-Nullpunkt — N. N. —, der durch einen Normal-Höhenpunkt an der Königlichen Sternwarte in Berlin festgelegt ist. Dieser Höhenpunkt liegt in Richtung der Lotlinie 37 m über dem angenommenen deutschen Landeshorizont oder dem Normal-Nullpunkt, der einem für den Amsterdamer Pegel ermittelten Mittelwasserstande entspricht.

Meeresniveau. Als Meeresniveau gilt diejenige Niveaufläche, die der in Ruhe gedachten Oberfläche der Weltmeere entspricht. Diese normale Meeresfläche ist daher die natürliche Ausgangsfläche (Nullhorizont) für die Zählung aller Höhenangaben; sie wird annähernd gegeben durch das aus einer langjährigen Reihe fortlaufender Wasserstandsbeobachtungen abgeleitete Mittelwasser. Auch bei Kolonialvermessungen sind daher, wenn möglich, die Höhenangaben auf Mittelwasser zu beziehen, andernfalls auf das Kartenniveau, d. h. auf »Mittleres Springniedrigwasser«.

Durch die Triangulation werden die Dreieckspunkte ihrer Breite und Länge nach bestimmt. Die Bestimmung der Höhen, die zwar mit der Triangulation verbunden werden kann, wird in einem besonderen Abschnitt behandelt werden.

Trigonometrische Bestimmungsarten. Die Lage von trigonometrischen Punkten läßt sich, wie bereits im § 15 gesagt ist, wie folgt, bestimmen:

1. durch gegenseitige Messungen,
2. » Vorwärtseinschnitt,
3. » Rückwärtseinschnitt,
4. mit Hilfe des Schiffes als 4. Punkt.

Bei zusammenhängenden Triangulationen werden entweder gegenseitige Messungen vorgenommen, oder es kommt die Triangu-

*) Der Unterschied zwischen Greenwich und Ferro beträgt nach VAN DEN SANDEBAKHUYZEN, Direktor der Leidener Sternwarte, $+17^\circ 39' 44.985''$. Für die D. A. Karten ist der Unterschied mit $17^\circ 39' 51''$ angenommen worden.

lation mit Hilfe des Schiffes als 4. Punkt zur Ausführung. Der Vorwärtseinschnitt wird hauptsächlich bei der Bestimmung von Punkten angewandt, auf denen selbst man aus irgendwelchen Gründen Beobachtungen vermeiden will, z. B. für Punkte auf Inseln oder Hilfspunkte usw. Der Rückwärtseinschnitt bietet den Vorteil, daß nur Beobachtungen auf dem zu bestimmenden Punkte auszuführen sind. Er kommt hauptsächlich zur Anwendung, wenn auf den Punkten, über die die Station bestimmt werden soll, Winkel nur mit Schwierigkeit oder gar nicht gemessen werden können. Ferner, wenn es sich wie bei den Lotungen oder bei Strandaufnahmen darum handelt, den Standort unmittelbar auf graphischem Wege zu ermitteln.

Die Dreiecksmessung dehnt sich aus auf das Hauptdreiecksnetz, durch das unter anderen alle wichtigen navigatorischen Punkte bestimmt werden, und auf das Hilfsdreiecksnetz zur Bestimmung minderwichtiger Punkte für die Küstenaufnahme usw.

Arbeiten auf den Stationen. Bei der Aufstellung der erforderlichen Signale auf den Dreieckspunkten sowie bei deren Festlegung dient der anlässlich der Erkundung aufgestellte Dreiecksplan als Anhalt. Zur Bestimmung der Punkte sind auf den Stationen Winkelmessungen und örtliche Messungen vorzunehmen.

Winkelmessungen. Die Beobachtungen auf den Stationen werden mit den kleinen bzw. mit geodätischen Universalinstrumenten oder mit Theodoliten ausgeführt; zur Bestimmung weniger wichtiger Punkte sowie bei Vermessungen geringer Ausdehnung oder bei flüchtigen Aufnahmen können auch Kompass mit Peilvorrichtung und Spiegelinstrumente Verwendung finden.

Zum Aufschreiben der Beobachtungen sowie zu den Berechnungen sind immer die vorgeschriebenen Formulare zu benutzen.

§ 54. Trigonometrische Messungen auf einer Station.

Aufstellung des Instruments. Das Stativ wird mit gelockerten Schrauben und etwas gespreizten Beinen möglichst senkrecht über dem Stationszentrum aufgestellt, wobei zu beachten ist, daß der Stativkopf eine annähernd wagerechte Lage hat. Dann tritt man die Füße vorsichtig so weit ein, daß sie einen festen Halt im Boden haben. Mit Hilfe eines Lotes wird die zentrische Stellung des Stativs herbeigeführt. Darauf werden die gelockerten Schrauben kräftig angezogen und das Instrument auf dem Stativ aufgestellt. Die letzte feine Zentrierung erreicht man durch Verschiebung der Fußplatte des Instruments auf dem Stativ, bis ein an der Zentralschraube befestigtes Lot über dem Stationszentrum einspielt. Nachdem die zentrische Stellung des Instruments herbeigeführt ist, wird die Feder der Zentralschraube leicht gespannt, wo nötig, das Fernrohr eingelegt und eingestellt. Bei klarem

Wetter nehme man das Okular mit der stärkeren Vergrößerung. Die Mikroskope sind scharf einzustellen und der Achsgang so zu regeln, daß dem Drehen des Instruments ein leichter Widerstand entgegensteht. Hierauf wird das Instrument horizontalisiert und die Zentralschraube endgültig angezogen. Nähere Angaben über die Ausführung der Horizontalisierung finden sich im § 10.

Durch Herumgehen um das Instrument muß endlich noch die Festigkeit der Aufstellung geprüft werden. Wandert die Blase der Libelle hierbei um mehrere Teile aus, so lege man Bretter um das Stativ herum, um beim Gehen möglichst Erschütterungen des Bodens zu vermeiden.

Ausführung der Beobachtungen. Aus dem auf Grund der Erkundung aufgestellten Dreiecksplan geht hervor, welche Hauptpunkte von jeder Station aus einzumessen sind. Außerdem sind auf den Stationen alle Nebenpunkte und die Punkte, deren Festlegung für die Karte von Wert sein kann, mit einzuschneiden. Alle Haupt- sowie Nebenpunkte usw. sind in zwei um 90° voneinander verschiedenen Kreislagen zu messen. Man erhält auf diese Weise bei Ablesung beider Mikroskope Ablesungen an vier gleichmäßig über den Kreis verteilten Stellen. Hierdurch wird, abgesehen von der Ausschaltung von Exzentrizitätsfehlern, der Einfluß etwaiger Teilungsfehler des Horizontalkreises auf die Messungsergebnisse beschränkt. Die Zielpunkte werden, von dem gewählten Nullobjekt ausgehend, der Reihe nach von links nach rechts eingestellt und jedesmal beide Mikroskope bzw. Nonien abgelesen. Als Nullpunkt ist ein scharf einzustellendes, nicht zu nahes Objekt zu wählen. Ist die Messung rechtsherum beendet, so schlägt man das Fernrohr durch und wiederholt die Einstellungen in umgekehrter Reihenfolge. Diese Zusammenstellung von Messungen, Hin- und Rückgang, nennt man einen Satz. Da in zwei Kreislagen beobachtet werden soll, werden also die Richtungen in zwei Sätzen gemessen. Die aus den beiden Sätzen gebildeten zwei Mittel der gleichen Winkel müssen bei Mikroskopinstrumenten auf $20''$, bei Nonieninstrumenten auf $1'$ übereinstimmen. Bei Spiegelinstrumenten werden dieselben Winkel zweimal gemessen, diese müssen ebenfalls auf $1'$ übereinstimmen.

Sind auf einer Station viele Richtungen zu messen, so verteilt man die Arbeit auf mehrere Gruppen oder Beobachtungsreihen. Zu einer Gruppe sollen in der Regel nicht mehr als sechs Objekte gehören. Diese Anordnung bezweckt, die unveränderte Stellung des Instruments während der Messungen einer Gruppe zu sichern sowie Überanstrengung des Beobachters zu verhindern. Es ist erforderlich, um eine Beobachtungsreihe mit einer anderen in Verbindung bringen zu können, für alle Gruppen dasselbe Nullobjekt zu nehmen.

Bei Doppelfäden werden die Objekte zwischen den Fäden eingestellt, und zwar bei der einen Fernrohrlage über, bei der anderen

entsprechend unter den Horizontalfäden. Innerhalb der Schnittfläche der Fäden verlieren die Gegenstände an Helligkeit oder verschwinden ganz. Solche Einstellungen sind daher zu vermeiden.

Als Zielpunkt wähle man bei Baken den Zapfen, bei Leuchttürmen und dergl. die Spitze bzw. Knopfmitte, möglichst also den dem Zentrum der Station entsprechenden Punkt, der in der Regel auch am schärfsten einstellbar ist.

Beim Beobachten bringe man das einzustellende Objekt mit der Mikrometerschraube immer in derselben Richtung zwischen die Fäden, und zwar so, daß die Schraube hineingedreht wird. Auf diese Weise werden Ungenauigkeiten infolge toten Ganges der Schrauben vermieden.

Auf den Stand der Libelle muß man während des Beobachtens fortgesetzt achten. Wenn sich ein erheblicher Ausschlag ergibt, so tut man gut, nach dem Hin- bzw. Rückgang neu zu horizontieren.

Instrument und Stativ sind vor Einwirkung der Sonnenstrahlen zu schützen, da sich hierdurch die Kreisteilung ausdehnt und das Stativ sich dreht. Zweckmäßig verwendet man zum Schutze des Instruments gegen Sonne die zur Ausrüstung der Vermessungsschiffe gehörenden Topographenschirme oder Presennings, letztere werden an der Bake befestigt.

Die genauesten Beobachtungen lassen sich bei ruhiger Luft erzielen. Jedes Flimmern, d. h. Hin- und Hertanzen der Objekte zwischen den Fäden, ist von schädlichem Einfluß auf die Messungen. An den Küsten der Südsee kann man zu jeder Tageszeit Horizontalwinkel messen. Es flimmert fast nie (eine Ausnahme bilden Beobachtungen direkt am Strande). In heimischen Gegenden dagegen sind die Beobachtungen an sonnenklaren Tagen auf die Zeiten morgens bis etwa vier Stunden nach Hellwerden und nachmittags auf die vier Stunden vor Eintritt der Dunkelheit beschränkt.

Örtliche Messungen. Örtliche Messungen auf einer Station sind bei Horizontalwinkelmessungen nötig:

1. wenn der Beobachtungspunkt nicht mit dem Zentrum der Station zusammenfällt, zur Zentrierung der exzentrischen Beobachtungen auf das Zentrum, und

2. wenn beim Einmessen von anderen Stationen aus nicht ein über dem Zentrum befindlicher Zielpunkt eingestellt worden ist, zur Zentrierung dieser Richtungen auf das Zentrum.

Bei den Küstenvermessungen in den Kolonien werden Zentrierungen für Horizontalwinkel selten erforderlich sein, da man bei der Wahl der Punkte genügend Spielraum hat, um exzentrische Messungen zu vermeiden. Geringe Exzentrizitäten des Beobachtungspunktes oder des Zielpunktes bis auf 0,5 m, die z. B. eintreten können, wenn ausnahmsweise ein einzustellendes Objekt durch ein Bakenbein verdeckt ist,

oder wenn eine längere Zeit stehende Bake infolge von Witterungseinflüssen nicht mehr zentrisch über der Festlegung steht, können vernachlässigt werden.

Bei größeren Exzentrizitäten muß man die exzentrisch gemessenen Richtungen auf das Zentrum beziehen. Dazu sind folgende örtliche Messungen nötig:

1. zweimalige unabhängige Messung der linearen horizontalen Entfernung (e) des Beobachtungspunktes vom Zentrum auf Dezimeter genau.

2. Bestimmung des Winkels (α) im exzentrischen Beobachtungspunkt zwischen den Richtungen nach dem Zentrum und dem gemessenen Objekt.

Sind auf einer Station mehrere Richtungen exzentrisch gemessen, so bestimmt man günstig den Winkel zwischen der Zentrumsrichtung und der Nullrichtung. Damit sind die Winkel zwischen dem Zentrum und den anderen Richtungen bekannt. Ist $e < 30$ m, so genügt die Bestimmung des Winkels α auf Grade genau, ist $e > 30$ m, so ist α auf $10'$ genau zu messen.

Zur Messung von e bedient man sich des Meßbandes oder Meterstockes, α wird mit dem kleinen Universalinstrument oder Theodoliten, bei geringen Exzentrizitäten mit einem Transporteur gemessen. Im ersteren Fall genügt die Messung in einer Kreislage mit Fernrohr rechts und links. Das Zentrum wird dabei durch eine Nadel markiert.

Die Größen e und α heißen die Zentrierelemente.

Sind die Elemente für Zentrierung des Zielpunktes zu ermitteln, so mißt man den Winkel α im angezielten Punkt der betreffenden Station, und zwar derart, daß als Nullrichtung die Richtung zum Zentrum der angezielten Station gilt und α rechtsherum gerechnet wird.

Es kann vorkommen, daß die Zentrierelemente nicht direkt gemessen werden können, z. B. bei Leuchttürmen, Kirchen, Mühlen usw. Doch auch in diesen Fällen wird es immer möglich sein, die Zentrierelemente ohne große Schwierigkeiten indirekt zu ermitteln. Angenommen, es wird neben einem zylindrischen Leuchtturm beobachtet. Zentrum der Station ist die Mitte des Leuchtturms, in der sich die Optik des Leuchtturms befindet. Man bestimmt dann e durch Ausmessung der geringsten Entfernung zwischen Beobachtungspunkt und Leuchtturmmauer. Hinzugezählt wird der Radius des Leuchtturms, den man aus dem gemessenen Umfang oder aus den Bauplänen des Turmes ableitet. Die Richtung nach dem Zentrum ergibt sich durch Einstellung der rechten und linken Kante des Leuchtturms in gleicher Höhe. Bei exzentrischen Beobachtungen neben Mühlen usw. kann man e auch durch Rechnung aus einem Dreieck herleiten; man mißt, vom Beobachtungspunkt ausgehend, in günstigem Winkel zur Richtung

der Seite e eine als Grundlinie des Dreiecks dienende Seite BA mit dem Meßband aus und bestimmt in B und A die Winkel zwischen dieser Seite und dem Zentrum (Z); nach dem Sinussatz wird dann die Seite e errechnet.

Die Messungen der Zentrierelemente sowie eine erläuternde Skizze müssen auf der Station in das Beobachtungsbuch für Horizontalwinkel eingetragen werden.

Zentrierungsrechnung.

In nebenstehender Figur ist

C das Zentrum der Station, B der exzentrische Beobachtungspunkt. e und α sind die direkt gemessenen Zentrierelemente und P der Punkt, dessen Richtung bestimmt worden ist. Die exzentrische Richtung unterscheidet sich von der zentrischen durch den Winkel x , der zu ersterer hinzugefügt werden muß, um letztere zu erhalten. Um diesen Winkel x aus dem Dreieck BCP berechnen zu können, muß in diesem Dreieck, in dem e und α gemessen sind,

noch die Seite S bekannt sein. Diese Seite errechnet man angenähert aus dem Hauptdreieck, ohne Berücksichtigung der Exzentrizität. Der ungefähre Wert von S genügt für die Berechnung von x . Es ist dann

$\sin x = \frac{e}{S} \cdot \sin \alpha$, und da e stets sehr klein ist im Vergleich mit S ,

ist $x'' = \frac{e}{S} \cdot \rho \cdot \sin \alpha$, worin ρ den arc. rad. in Sekunden bedeutet

($\log \rho = 5.31443$).

x stellt die Verbesserung der exzentrischen Richtung in Sekunden dar; das Vorzeichen hängt vom Sinus des Winkels α ab, wenn die Richtung zwischen Beobachtungspunkt und Zentrum als Nullrichtung aufgefaßt wird.

Handelt es sich um die Zentrierung des Zielpunktes, so ist α der Winkel im angezielten Punkt zwischen den Richtungen nach dem Zentrum und dem Objekt, von dem aus der exzentrische Zielpunkt eingemessen wurde.

Zur Erleichterung der Zentrierungen exzentrischer Richtungen dient die Tafel VIII, der eine Gebrauchsanweisung vorgedruckt ist.

Ein Beispiel einer vollständigen logarithmischen Zentrierungsrechnung wird in den nachfolgenden trigonometrischen Rechnungen im Beobachtungsbuch gegeben.

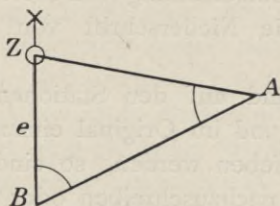


Fig. 2.

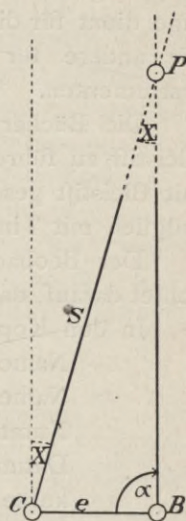


Fig. 3.

Beobachtungsbuch für Horizontalwinkel. Die Beobachtungen auf den Stationen werden in die vorgeschriebenen Beobachtungsbücher eingetragen. Es stehen zwei Arten von Büchern zur Verfügung. Die eine dient für die Aufzeichnung von Messungen mit Mikroskopablesung, die andere für die Niederschrift von Beobachtungen mit Nonieninstrumenten.

Die Bücher sind auf den Stationen mit Tinte, Tintenstift oder Bleistift zu führen und im Original einzureichen. Muß ausnahmsweise mit Bleistift geschrieben werden, so sind die Eintragungen sobald als möglich mit Tinte nachzuschreiben oder zu fixieren.

Der Beobachter ruft die abgelesenen Richtungen laut aus und achtet darauf, daß die Zahlen vom Anschreiber richtig wiederholt werden.

In den Kopf des Beobachtungsbuches gehört:

Name der Station,

Name des Beobachters,

Nummer des Instruments,

Datum,

kurze Angaben über den Beobachtungsstand, ob zentrisch und ob auf Stativ oder Pfeiler usw.

Die Spalten werden wie folgt ausgefüllt:

Spalte 1. Zu Beginn jedes Satzes ist die Kreislage anzugeben.

Spalte 2 gibt für jeden Hin- oder Rückgang die Fernrohrlage an. Bei zentrischen Fernrohren unterscheidet man Fernrohrlage rechts und links vom Höhenkreis.

Spalte 3. Die einzelnen Objekte werden in der Reihenfolge nummeriert, wie sie beobachtet werden. Es empfiehlt sich, das Nullobjekt an den Anfang zu nehmen.

Spalte 4 enthält den Namen des Objekts.

Spalte 5 bezeichnet die Art des Ziels, wie: Bake, Turm, Signal usw., und den Zielpunkt, z. B. Spitze, Knopf usw.

In **Spalte 6** werden die am Mikroskop *A* abgelesenen Grade und Minuten und die Sekundenablesungen beider Mikroskoptrommeln eingetragen. Teilweise fallen, wie schon gesagt, die Sekundenablesungen fort, da die für die Zwecke der Küstenvermessungen gegebenen Instrumente für geodätische Horizontal- und Höhenwinkelmessungen, die kleinen Universalinstrumente nur Ablesungen auf Minuten und schätzungsweise auch auf halbe bzw. Zehntelminuten zulassen. Bei Messungen mit diesen Instrumenten werden, falls entsprechende Beobachtungsbücher gelegentlich nicht zur Verfügung stehen, die Minutenablesungen der Nonien in den Spalten Mikroskop *A* und *B* verzeichnet. In den Spalten Mittel und Winkelauszug bleibt die Sekundenspalte unbeschrieben.

Benutzt man Mikroskopinstrumente zur Winkelmessung und sind die Minutenablesungen der beiden Mikroskope verschieden (in der Nähe

einer vollen Minute), so vermeidet man die doppelte Eintragung der Minuten, indem man die Sekundeneintragung für Mikroskop *B* auf die am Mikroskop *A* abgelesene Minute bezieht. Liest man bei *B* die nächsthöhere Minute ab als bei *A*, so addiert man zu dieser Ablesung 60'' bzw. 30'', je nachdem man Einzel- oder Doppelsekunden am Instrument abliest. Wird am Mikroskop *B* die niedrigere Minute abgelesen, so subtrahiert man die Sekundenzahl von 60 bzw. 30 und trägt die Differenz mit negativem Vorzeichen als Sekundenablesung für *B* ein. In nachfolgendem Muster sind Beispiele hierfür enthalten.

Spalte 7 gibt in der Mitte jedes Satzes dessen Nummer an.

Spalte 8 enthält das Mittel der Ablesungen an beiden Mikroskopen. Bei Doppelsekunden-Ablesung gibt die Summe der an *A* und *B* abgelesenen Sekunden direkt die mittlere Sekundenzahl, bei Einzelsekunden-Ablesung ist diese Summe durch 2 zu teilen.

Spalte 9 wie Spalte 3.

Spalte 10 enthält den Winkelauszug. Der Richtungswert des Nullobjekts wird der Reihe nach von den Richtungswerten der anderen Objekte abgezogen. Dadurch ergeben sich aus den Richtungen die Winkel zwischen Nullobjekt und den anderen Objekten. Keine Station darf verlassen werden, bevor der Winkelauszug gemacht und die genügende Übereinstimmung der Sätze festgestellt worden ist.

Zwischen den einzelnen Sätzen wird eine Zeile freigelassen. Hingang und Rückgang sind durch einen Horizontalstrich in den Spalten Mittel und Winkelauszug zu trennen. Die Namen der Objekte sollen in der Beobachtungsreihe nur einmal notiert werden.

An den letzten Satz schließt sich die Buchung der Zentrierelemente an. Zur besseren Übersicht zeichne man sich Zentrum, Beobachtungspunkt und Nullobjekt ein.

Im Beobachtungsbuch für Horizontalwinkel mit Nonienablesung befindet sich am Fuße jeder Seite ein Raum für die Zusammenstellung der gemittelten Richtungen. In Spalte 3 werden die Nummern, in Spalte 4 die Namen der gemessenen Objekte eingetragen. In Spalte 6 trägt man das Mittel aus den 4 für jedes Objekt im Winkelauszug erhaltenen Richtungen ein. Spalte 7 nimmt die Zentrierungswerte, falls exzentrisch beobachtet worden ist, auf, die, auf die gemittelten Richtungen in Spalte 6 angewendet, die zentrierten Richtungen in Spalte 8 ergeben. Den Winkelauszug in Spalte 10 erhält man, indem man für das Nullobjekt $0^{\circ} 0,0'$ setzt und den Richtungswert dieses Objektes aus Spalte 8 der Reihe nach von den Richtungswerten der anderen Objekte abzieht.

Ist keine Zentrierung nötig, so werden die gemittelten Richtungen gleich in Spalte 10 eingetragen. Sollte für ein Objekt noch eine Zentrierung des Zielpunktes hinzutreten, so wird für dasselbe in Spalte 7 die algebraische Summe beider Zentrierungen eingetragen.

§ 55. Berechnung der Dreiecke bei gegenseitigen Messungen und beim Vorwärtseinschnitt.

In der Reihenfolge ihrer Bestimmung erfolgt die Berechnung der Dreiecke im Dreiecksheft. Die Dreieckswinkel werden aus dem Beobachtungsbuch auf Zehntelminuten abgerundet entnommen. Der bei der Erkundung aufgestellte und bei der Triangulation vervollständigte bzw. verbesserte Dreiecksplan erleichtert die Zusammenstellung der Dreiecke. Auch für die Punkte, deren Eintragung in die Karte graphisch nach Winkeln erfolgen soll, sind die Bestimmungsdreiecke im Dreiecksheft zusammenzustellen. Die graphische Eintragung dieser Punkte wird dann nach dem Dreiecksheft ausgeführt.

Ist die im Dreiecksheft zu bildende Summe der drei in einem Dreieck gemessenen Winkel nicht gleich $180^\circ 0'$, so wird der Fehler gleichmäßig auf die drei Winkel verteilt. Die auf jeden Winkel anzuwendende Verbesserung ist unter der Summe der Winkel mit Vorzeichen zu vermerken. Der Unterschied dieser Summe gegen 180° darf folgende Werte nicht überschreiten: Bei Messung der Winkel mit Mikroskopinstrumenten = $1'$, bei Nonieninstrumenten = $2'$, bei Spiegelinstrumenten = $2'$.

Die Tatsache, daß die Summe der drei Winkel eines sphärischen Dreiecks nicht genau gleich 180° , sondern um den sphärischen Exzeß größer als 180° ist, bleibt unberücksichtigt. Die Winkelsumme eines Dreiecks, dessen Seiten 20 km lang sind, beträgt z. B. $180^\circ 0' 0,98''$. Bei den bei unseren Vermessungen in Betracht kommenden Seitenlängen und den gegebenen Genauigkeitsgrenzen ist demnach der Einfluß des sphärischen Exzesses ohne Bedeutung.

Die verbesserten Minuten- bzw. Sekundenzahlen kommen in der hierfür gegebenen besonderen Spalte zur Eintragung, die fehlerhaften werden leicht durchstrichen.

Sind in einem Dreieck nur zwei Winkel gemessen worden, so bildet man den dritten Winkel, indem man die Summe der beiden gemessenen Winkel von 180° abzieht. Dieser Winkel wird dann in der für die verbesserten Winkel vorgesehenen Spalte als »geschlossen«, abgekürzt »geschl.«, bezeichnet.

Die Dreieckspunkte sind im Dreiecksheft mit a , b und c benannt. Vor diesen Buchstaben werden die Namen der Punkte eingeschrieben.

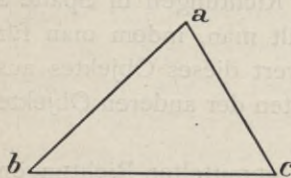


Fig. 4.

Als bekannt wird in jedem Dreieck die Seite bc (Merkregel »bemannt«) angenommen. Die zur Berechnung der beiden anderen Dreiecksseiten dienenden Spalten führen entsprechend die Überschrift $\log ac$ und $\log ab$. $\log ac$ ist gleich $(\log bc - \log \sin a) + \log \sin b$ und $\log ab$ gleich $(\log bc - \log \sin a) + \log \sin c$. Man vermeidet die unbequeme Subtraktion und danach

Addition in einer Spalte, indem man in der Spalte mit der Überschrift $\log ab$ in Höhe des Winkels b die Differenz $\log bc - \log \sin a$ bildet und kreuzweise dazu $\log \sin b$ sowie direkt $\log \sin c$ addiert.

Im ersten Dreieck ist die bekannte Seite bc durch die Grundlinie gegeben. Seitenlängen, die aus zwei oder mehreren Dreiecken hervorgehen, sind zu mitteln. Zur weiteren Dreiecksrechnung sowie zur Koordinatenrechnung werden diese gemittelten Werte benutzt. Die endgültigen Logarithmen der Seiten, die zur Berechnung der geographischen Koordinaten der Punkte gebraucht werden, sind mit Bezeichnung der Seite seitlich herauszuschreiben.

Die Dreiecke zur Bestimmung von Nebenpunkten werden in der Regel nicht berechnet, sondern graphisch nach Winkeln eingetragen. Soll die Eintragung nach Seitenlängen geschehen, so errechnet man diese in der angegebenen Weise. Man schreibt dann nicht die Logarithmen der Seiten, sondern die Seitenlängen in Metern rechts heraus.

§ 56. Berechnung der geographischen Koordinaten.

Erklärung. Um die Punkte des Dreiecksnetzes in die Merkator-karte eintragen zu können, müssen die geographischen Koordinaten, also die Länge und Breite dieser Punkte, bekannt sein.*)

Von einem bekannten Punkte ausgehend, werden zuerst die Koordinaten des nächstfolgenden, dann an diesen anknüpfend diejenigen eines dritten und so weiter allmählich die Koordinaten sämtlicher Punkte berechnet.

Das Problem ist dadurch auf zwei Punkte, den gegebenen Punkt P_1 und den gesuchten Punkt P_2 , zurückgeführt.

Aus den bekannten Koordinaten [des Punktes P_1 und dem in P_1 gemessenen Azimut der bekannten Seite $P_1 P_2$ sind 1. die Koordinaten des Punktes P_2 und 2. das Azimut, das dieselbe Seite 1—2 in P_2 hat, zu berechnen.

Formeln. Bei der Aufstellung der Formeln ist der Gestalt der Erde als Rotations-Sphäroid Rechnung getragen worden, soweit es zum Einhalten der verlangten Genauigkeitsgrenzen erforderlich war. Im übrigen wurden die in Betracht kommenden Flächen als Teile einer Kugel bzw. Ebene angesehen.

Der Genauigkeitsgrad der Formeln genügt für alle bei der Küstenvermessung in Frage kommenden Entfernungen. Es werden fünfstellige Logarithmen vorausgesetzt. Damit läßt sich, wenn streng nach den

*) Die Herstellung der Arbeitskarten auf graphischem Wege wird im Abschnitt XII behandelt. Bei dieser Methode erübrigt sich die Kenntnis der geographischen Koordinaten der Dreieckspunkte. Nur die Koordinaten des Anfangs- und Endpunktes der Triangulation sowie je ein Azimut einer von diesen Punkten ausgehenden Seite müssen gegeben sein.

Formeln gerechnet wird, noch eine Genauigkeit von Zehntelminuten im Azimut und Zehntelsekunden für Länge und Breite gewährleisten.

Gegeben sind das Azimut (Az_1) von P_1 nach P_2 , die Seite $P_1 P_2 = S$, die geographische Länge (λ_1) und die geographische Breite (φ_1) des Punktes P_1 .

Gesucht werden das Azimut (Az_2) von P_2 nach P_1 sowie die geographische Länge (λ_2) und die geographische Breite (φ_2) des Punktes P_2 .

φ_h ist eine Hilfsbreite, die sich um das Stück d von der Breite φ_2 des Punktes P_2 unterscheidet.

$[m]$ und $[n]$ dienen zur Verwandlung von metrischem Maß in Winkelmaß.

Angenommen, von P_2 sei auf den Meridian von P_1 ein Lot gefällt, dessen Fußpunkt die Breite φ_h hat, so ergeben sich folgende Formeln:

1. $\varphi_h = \varphi_1 + [m] \cdot S \cdot \cos Az_1$,
2. $\lambda_2 = \lambda_1 + [n] \cdot S \cdot \sin Az_1 \cdot \sec \varphi_h$,
3. $\varphi_2 = \varphi_h - d$, wo d dasselbe Vorzeichen wie φ_h hat,
4. $Az_2 = Az_1 + 180^\circ + (\lambda_2 - \lambda_1) \cdot \sin \varphi_h$.

Die Werte von $[m]$ und $[n]$ sind in Tafel IX a von Breiten- zu Breitenminute gegeben. d ist aus Tafel IX b zu entnehmen mit den Eingängen für den Längenunterschied von Minute zu Minute und die Hilfsbreite φ_h von 10 zu 10 Grad.

Aus Formel 4 ergibt sich, daß das Azimut 2 nicht das Supplement vom Azimut 1 ist, sondern daß es sich noch um eine Größe $(\lambda_2 - \lambda_1) \cdot \sin \varphi_h$ von diesem unterscheidet. Dieser mit t bezeichnete Unterschied führt den Namen Meridiankonvergenz. Die Werte dafür sind in der Tafel IX c von Breiten- zu Breitengrad für Längenunterschiede von Minute zu Minute berechnet.

Für die Ausführungen der Berechnung ist ein Schema angefertigt worden. Ein Musterbeispiel wird nachstehend gegeben.

§ 57. Berechnung der Seite und des Azimuts aus den geographischen Koordinaten zweier Punkte.

Diese Aufgabe bildet eine Umkehrung der vorhergehenden, es sind daher die Formeln 1 bis 3 entsprechend umzuformen. Man erhält aus 1 und 2:

$$5. S \cdot \sin Az_1 = \frac{(\lambda_2 - \lambda_1) \cdot \cos \varphi_h}{[n]} = v$$

$$\text{und } 6. S \cdot \cos Az_1 = \frac{\varphi_h - \varphi_1}{[m]} = u,$$

woraus sich durch Division ergibt:

$$7. \operatorname{tang} Az_1 = \frac{(\lambda_2 - \lambda_1) \cdot [m] \cdot \cos \varphi_h}{(\varphi_h - \varphi_1) \cdot [n]} = \frac{v}{u}.$$

Bei der Berechnung bildet man zunächst $\lambda_2 - \lambda_1$ und $\varphi_2 - \varphi_1$. Aus Tafel IX b entnimmt man mit den Eingängen φ_2 und $\lambda_2 - \lambda_1$ den Wert d und bildet:

$$\varphi_h = \varphi_2 \pm d \begin{cases} + \text{ für Nordbreite,} \\ - \text{ für Südbreite.} \end{cases}$$

Da der Eingang in Tafel IX b für d eigentlich φ_h und nicht φ_2 ist, so muß man untersuchen, ob mit der jetzt gefundenen φ_h sich der Wert für d ändert, was jedoch selten der Fall sein wird.

Die Seite S wird entweder aus Formel 5:

$$8. S = \frac{v}{\sin Az_1}$$

oder aus Formel 6:

$$9. S = \frac{u}{\cos Az_1}$$

berechnet, je nachdem v oder u den größeren Wert haben. Ein Rechnungsbeispiel hierfür enthält das in dem nachfolgenden § gegebene Beispiel für »Punktbestimmung durch Rückwärtseinschnitt«.

Koordinatenverzeichnisse. Den trigonometrischen Berechnungen ist ein Koordinatenverzeichnis beizufügen, in das die geographischen Koordinaten und die gemessenen Höhen aller trigonometrisch bestimmten Punkte eingetragen werden.

Rechnungsbeispiel

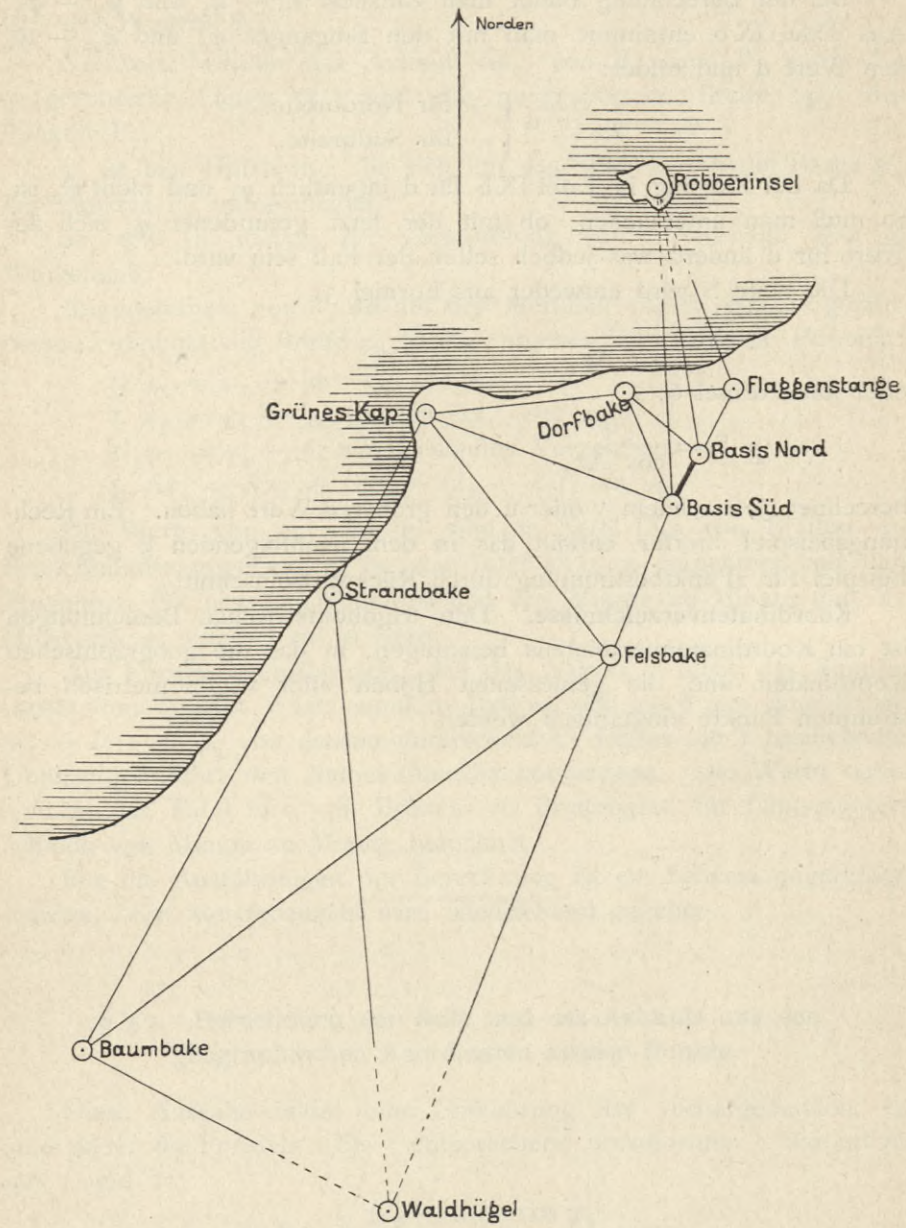


Fig. 5.

einer Landtriangulation.

Bestimmungsplan.

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Dorfbake über Basis Nord und Basis Süd. | G. M. (Gegenseitige Messung.) |
| 2. Flaggenstange über Basis Nord und Dorfbake. | G. M. |
| 3. Grünes Kap über Dorfbake und Basis Süd. | G. M. |
| 4. Felsbake über Grünes Kap und Basis Süd. | G. M. |
| 5. Strandbake über Grünes Kap und Felsbake. | G. M. |
| 6. Baumbake über Strandbake und Felsbake. | G. M. |
| 7. Waldhügel über Baumbake, Strandbake und Felsbake. | V. E. (Vorwärts-Einschnitt.) |

Trigonometrisches Beobachtungsbuch für Horizontalwinkel.

			O b j e k t		Nonius			Mittel		Winkel- auszug		
Kr.	Fr.	No.	Namen	Ziel	o	'	''	o	'	o	'	
					I			II				
					o			/				
					/			/				
	r	1	Basis Nord	Pyr. Sp.	27	30.0	30.0	27	30.0	1	0 0.0	
		2	Felsbake	"	207	10.0	10.5	207	10.2	2	179 40.2	
		3	Grünes Kap	"	293	50.5	50.5	293	50.5	3	266 20.5	
		4	Dorfbake	"	338	37.5	38.0	338	37.8	4	311 7.8	
		5	Robbeninsel	höchsterPunkt	357	52.5	53.0	357	52.8	5	330 22.8	
	1	5			177	53.0	53.0	177	53.0	5	22.5	
		4			158	38.0	38.5	158	38.2	4	7.7	
		3			113	51.0	51.0	113	51.0	3	20.5	
		2			27	10.5	11.0	27	10.8	2	40.3	
		1			207	30.5	30.5	207	30.5	1	0 0.0	
90	1	1			297	17.5	18.0	297	17.8	1	0 0.0	
		2			116	57.5	58.0	116	57.8	2	179 40.0	
		3			203	38.0	38.5	203	38.2	3	266 20.4	
		4			248	25.5	25.5	248	25.5	4	311 7.7	
		5			267	40.0	40.5	2. 267	40.2	5	330 22.4	
	r	5			87	39.5	40.0	87	39.8	5	22.6	
		4			68	25.0	25.0	68	25.0	4	7.8	
		3			23	37.5	37.5	23	37.5	3	20.3	
		2			296	57.5	57.5	296	57.5	2	40.3	
		1			117	17.0	17.5	117	17.2	1	0 0.0	
Zusammenstellung					Ge- mittelte Richtung		Zen- trierung		Zen- trierte Richtung		Winkel- auszug	
					o		/		o		/	
		1	Basis Nord								0	0.0
		2	Felsbake								179	40.2
		3	Grünes Kap								266	20.4
		4	Dorfbake								311	7.8
		5	Robbeninsel								330	22.6

2. Station: *Basis Nord.* 15. 5. 1904. Kl. Univ. Instr. M. 16
 Zentrischer Beobachtungspunkt: *Stativ.* Beobachter: *N. N.*

Kr.	Fr.	No.	O b j e k t		Nonius		Mittel	No.	Winkel- auszug				
			Namen	Ziel	I	II			o	'			
90	r	1	Basis Süd	Pyr. Sp.	151	49.5	49.5	151	49.5	1	0	0.0	
		2	Dorfbake	"	255	26.5	26.5	255	26.5	2	103	37.0	
		3	Robbeninsel	höchsterPunkt	295	47.5	48.0	295	47.8	3	143	58.3	
		4	Flaggenstange . . .	Fuß	333	28.5	28.5	333	28.5	4	181	39.0	
	l	4				153	29.5	29.5	153	29.5	4		39.3
		3				115	48.5	48.5	115	48.5	3		58.3
		2				75	27.0	27.5	75	27.2	2		37.0
		1				331	50.0	50.5	331	50.2	1	0	0.0
	r	l	1			61	52.5	53.0	61	52.8	1	0	0.0
			2			165	29.5	29.5	165	29.5	2	103	36.7
			3			205	50.5	51.0	205	50.8	3	143	58.0
			4			243	32.0	32.0	243	32.0	4	181	39.2
r		4				63	31.5	31.5	63	31.5	4		39.0
		3				25	50.5	51.0	25	50.8	3		58.3
		2				345	29.5	30.0	345	29.8	2		37.3
		1				241	52.5	52.5	241	52.5	1	0	0.0
Zusammenstellung					Ge- mittelte Richtung	Zen- trierung	Zen- trierte Richtung	Winkel- auszug					
					o	'	o	'	o		'		
		1	Basis Süd							0	0.0		
		2	Dorfbake							103	37.0		
		3	Robbeninsel							143	58.2		
		4	Flaggenstange . . .							181	39.1		

3. Station: *Dorfbake*. 15. 5. 1904. Kl. Univ. Instr. M. 16
 Zentrischer Beobachtungspunkt: *Statio*. Beobachter: *X. X.*

Kr.	Fr.	No.	O b j e k t		Nonius			Mittel	No.	Winkel- auszug			
			N a m e n	Z i e l	o	'	''			o	'	o	'
o	r	1	Basis Süd	Pyr. Sp.	234	56.0	56.5	234	56.2	1	0	0.0	
		2	Grünes Kap . . .	„	341	58.0	58.5	341	58.2	2	107	2.0	
		3	Flaggenstange . .	Fuß	167	30.5	30.5	167	30.5	3	292	34.3	
		4	Basis Nord. . . .	Pyr. Sp.	207	25.5	25.5	207	25.5	4	332	29.3	
	l	4				27	25.5	25.5	27	25.5	4		29.7
		3				347	30.0	30.5	247	30.2	3		34.4
		2				161	58.0	58.5	161	58.2	2		2.4
		1				234	55.5	56.0	234	55.8	1	0	0.0
	90	l	1			145	9.5	9.5	145	9.5	1	0	0.0
			2			252	12.0	12.0	252	12.0	2	107	2.5
			3			77	43.5	44.0	77	43.8	3	292	34.3
			4			117	39.0	39.0	117	39.0	4	332	29.5
r	4				297	38.5	39.0	297	38.8	4		29.6	
	3				257	43.5	43.5	257	43.5	3		34.3	
	2				72	11.5	11.5	72	11.5	2		2.3	
	1				325	9.0	9.5	325	9.2	1	0	0.0	
Zusammenstellung					Ge- mittelte Richtung	Zen- trierte Richtung	Zen- trierte Richtung			Winkel- auszug			
					o	'	o	'	o	'			
		1	Basis Süd								0	0.0	
		2	Grünes Kap . . .								107	2.3	
		3	Flaggenstange . .								292	34.3	
		4	Basis Nord. . . .								332	29.5	

4. Station: *Flaggenstange.* 15. 5. 1904. Kl. Univ. Instr. M. 12
 Exzentrischer Beobachtungspunkt: *Statio.* Beobachter: *X. X.*

Kr.	Fr.	No.	O b j e k t		Nonius			Mittel			Winkel- auszug
			Namen	Ziel	I	II					
0	r	1	Basis Nord	Pyr. Sp.	347	35.0	35.5	347	35.2	1	0 0.0
		2	Dorfbake	"	49	57.0	57.0	49	57.0	2	62 21.8
		3	Robbeninsel . . .	höchster Punkt	118	34.5	34.5	118	34.5	3	130 59.3
	l	3			298	35.0	35.0	298	35.0	3	59.5
		2			229	56.5	57.0	229	56.8	2	21.3
		1			167	35.5	35.5	167	35.5	1	0 0.0
90	l	1			256	10.0	10.0	256	10.0	1	0 0.0
		2			318	31.5	31.5	318	31.5	2	62 21.5
		3			27	9.0	9.5	27	9.2	3	130 59.2
	r	3			207	9.5	9.5	207	9.5	3	59.5
		2			138	31.5	31.5	138	31.5	2	21.5
		1			76	10.0	10.0	76	10.0	1	0 0.0

Zentrierelemente.

0	r	1	Basis Nord	Pyr. Sp.	247	54				0 0
		2	Zentrum	Mitte Flgst.	129	33				241 39
	l	2			309	33				241 39
1				67	54				0 0	

Zusammenstellung				Ge- mittelte Richtung	Zen- trierung	Zen- trierte Richtung	Winkel- auszug
				o /	/	o /	o /
	1	Basis Nord		0	0.0	+18.6	0 0.0
	2	Dorfbake		62	21.5	- 0.2	62 21.3
	3	Robbeninsel . . .		130	59.4	- 6.3	130 53.1

5. Station: *Grünes Kap.* 16. 5. 1904. Geod. Univ. Instr. No. 7830
 Zentrischer Beobachtungspunkt: *Stativ.* Beobachter: *N. N.*

Kr.	Fr.	No.	O b j e k t		Mi- kro- skop				Mittel			No.	Winkel- auszug				
			Namen	Ziel	o	'	"	"	o	'	"		o	'	"		
o	r	1	Basis Süd	Pyr. Sp.	225	28	28	25	225	28	53	1	o	o	o		
		2	Felsbake	„	256	53	13	9	256	53	22	2	31	24	29		
		3	Strandbake	„	321	52	1	-1	321	52	0	3	96	23	7		
		4	Dorfbake	„	197	18	17	16	I. 197	18	33	4	331	49	40		
	l	4				17	18	29	28	17	18	57	4		49	48	
		3				141	52	11	10	141	52	21	3		23	12	
		2				76	53	26	23	76	53	49	2		24	40	
		1				45	29	7	2	45	29	9	1		o	o	
		90	l	1			136	17	2	0	136	17	2	1	o	o	o
				2			167	41	25	16	167	41	41	2	31	24	39
3					232	40	10	7	232	40	17	3	96	23	15		
4					108	6	27	24	2. 108	6	51	4	331	49	49		
	r	4			288	6	11	11	288	6	22	4		49	38		
		3			52	39	28	23	52	39	51	3		23	7		
		2			347	41	13	8	347	41	21	2		24	37		
		1			316	16	22	22	316	16	44	1		o	o		
Zusammenstellung					Ge- mittelte Richtung		Zen- trierung	Zen- trierte Richtung		Winkel- auszug							
					o	'	/	o	'	o			/				
		1	Basis Süd										o	o.0			
		2	Felsbake										31	24.6			
		3	Strandbake										96	23.2			
		4	Dorfbake										331	49.7			

6. Station: <i>Felsbake.</i> 16. 5. 1904. Kl. Univ. Instr. M. 16			Zentrischer Beobachtungspunkt: <i>Statio.</i> Beobachter: <i>N. N.</i>										
Kr.	Fr.	No.	O b j e k t		Nonius		Mittel	No.	Winkel- auszug				
			Namen	Ziel	I	II			o	'	o	'	
o	r	1	Basis Süd	Pyr. Sp.	4	17.0	17.0	4	17.0	1	0	0.0	
		2	Waldhügel	auffall. Baum	179	41.0	41.5	179	41.2	2	175	24.2	
		3	Baumbake	Tafel	211	34.5	35.0	211	34.8	3	207	17.8	
		4	Strandbake	Pyr. Sp.	262	18.5	19.0	262	18.8	4	258	1.8	
		5	Grünes Kap	"	302	21.5	21.5	302	21.5	5	298	4.5	
	l	5				122	22.0	22.0	122	22.0	5		4.5
		4				82	19.5	19.5	82	19.5	4		2.0
		3				31	35.5	35.5	31	35.5	3		18.0
		2				359	41.5	42.0	359	41.8	2		24.3
		1				184	17.5	17.5	184	17.5	1	0	0.0
	90	l	1			275	9.0	9.0	275	9.0	1	0	0.0
			2			90	33.5	33.5	90	33.5	2	175	24.5
			3			122	27.0	27.0	122	27.0	3	207	18.0
			4			173	11.0	11.0	173	11.0	4	258	2.0
			5			213	13.5	13.5	213	13.5	5	298	4.5
r		5				33	13.0	13.5	33	13.2	5		4.4
		4				353	10.0	10.5	353	10.2	4		1.4
		3				302	26.0	26.5	302	26.2	3		17.4
		2				270	33.0	33.0	270	33.0	2		24.2
		1				95	8.5	9.0	95	8.8	1	0	0.0
Zusammenstellung					Ge- mittelte Richtung	Zen- trierte Richtung	Zen- trierte Richtung	Winkel- auszug					
					o	'	o	'	o	'			
		1	Basis Süd							0	0.0		
		2	Waldhügel							175	24.3		
		3	Baumbake							207	17.8		
		4	Strandbake							258	1.8		
		5	Grünes Kap							298	4.5		

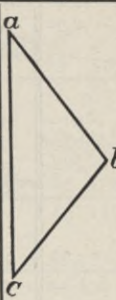
7. Station: **Strandbake.** 16. 5. 1904. Kl. Univ. Instr. M. 12
 Zentrischer Beobachtungspunkt: **Statio.** Beobachter: **X. X.**

Kr.	Fr.	No.	O b j e k t		Nonius		Mittel		No.	Winkel- auszug			
			Namen	Ziel	I	II	o	/		o	/		
0	r	1	Grünes Kap . . .	Pyr. Sp.	30	57.5	58.0	30	57.8	1	0	0.0	
		2	Felsbake	„	105	56.0	56.0	105	56.0	2	74	58.2	
		3	Waldhügel	auffall. Baum	177	14.5	14.5	177	14.5	3	146	16.7	
		4	Baumbake	Tafel	210	48.0	48.5	210	48.2	4	179	50.4	
	l	4				30	48.0	48.5	30	48.2	4		50.4
		3				357	14.0	14.5	357	14.2	3		16.4
		2				285	55.5	56.0	285	55.8	2		58.0
		1				210	57.5	58.0	210	57.8	1	0	0.0
	90	l	1			300	43.0	43.5	300	43.2	1	0	0.0
			2			15	41.5	41.5	15	41.5	2	74	58.3
			3			86	59.5	60.0	86	59.8	3	146	16.6
			4			120	33.5	34.0	120	33.8	4	179	50.6
r		4				300	33.5	34.0	300	33.8	4		50.6
		3				267	0.0	0.0	267	0.0	3		16.8
		2				195	41.5	41.5	195	41.5	2		58.3
		1				120	43.0	43.5	120	43.2	1	0	0.0
Zusammenstellung					Ge- mittelte Richtung	Zen- trierung	Zen- trierte Richtung			Winkel- auszug			
					o	/	/	o	/	o		/	
		1	Grünes Kap . . .								0	0.0	
		2	Felsbake								74	58.2	
		3	Waldhügel								146	16.6	
		4	Baumbake								179	50.5	

8. Station: *Baumbake.* 16. 5. 1904. Kl. Univ. Instr. M. 12
 Zentrischer Beobachtungspunkt: *Stativ.* Beobachter: *X. X.*

Kr.	Fr.	No.	O b j e k t		Nonius		Mittel	No.	Winkel- auszug					
			Namen	Ziel	I	II			o	'				
o	r	1	Strandbake	Pyr. Sp.	104	18.0	18.0	104	18.0	1	0	0.0		
		2	Felsbake	"	128	42.0	42.0	128	42.0	2	24	24.0		
		3	Waldhügel	auffall. Baum	194	35.0	35.0	1. 194	35.0	3	90	17.0		
	l	3				14	35.0	35.0	14	35.0	3		17.0	
		2				308	42.0	42.0	308	42.0	2		24.0	
		1				284	18.0	18.0	284	18.0	1	0	0.0	
	90	l	1			15	4.0	4.0	15	4.0	1	0	0.0	
			2			39	27.5	28.0	39	27.8	2	24	23.8	
			3			105	21.0	21.0	2. 105	21.0	3	90	17.0	
		r	3				285	21.0	21.0	285	21.0	3		17.0
			2				219	27.5	28.0	219	27.8	2		23.8
			1				195	4.0	4.0	195	4.0	1	0	0.0
Zusammenstellung					Gemittelte Richtung	Zen- trierung	Zen- trierte Richtung	Winkel- auszug						
		1	Strandbake						0	0.0				
		2	Felsbake						24	23.9				
		3	Waldhügel						90	17.0				

Dreiecksheft.

	o	/	"	log ac		log ab		
				log bc	log sin a	log bc - log sina	log c	
a =	x		$x \pm \frac{1}{3}\Delta$					$ac = \frac{\sin b}{\sin a} \cdot bc$
b =	y		$y \pm \frac{1}{3}\Delta$					
c =	z		$z \pm \frac{1}{3}\Delta$					$ab = \frac{\sin c}{\sin a} \cdot bc$
	$x + y + z$		$\frac{1}{3}\Delta$					
				log ac		log ab		
Dorfbake a =	27	30.5	30.6	3.08	438			Gegebene Basis = 1214.45m log 3.08 438
Basis Nord . . . b =	103	37.0	37.1	9.66	455	3.41	983	
Basis Süd c =	48	52.2	52.3	9.98	762	9.87	693	
	179	59.7	0.0	3.40	745	3.29	676	Dorfbake—Basis Süd 3.40 745
		+0.1						Dorfbake—Basis Nord 3.29 676
Flaggenstange . a =	62	2.7		3.29	676			Flaggenstange—Basis Nord 3.15 798 Flaggenstange—Dorfbake 3.34 110
Basis Nord . . . b =	78	2.1		9.94	612	3.35	064	
Dorfbake c =	39	55.2		9.99	046	9.80	734	
	180	0.0		3.34	110	3.15	798	
Robbeninsel . . a =	—							
Flaggenstange . b =	130	34.5						
Basis Nord . . . c =	37	40.9						
				wird graphisch eingetragen				
Robbeninsel . . a =	—							
Basis Nord . . . b =	143	58.2						
Basis Süd c =	29	37.4						
								Grünes Kap—Basis Süd 3.71 391
Grünes Kap . . . a =	28	10.3		3.40	745			Grünes Kap—Dorfbake 3.58 129
Dorfbake b =	107	2.3		9.67	405	3.73	340	
Basis Süd c =	44	47.4		9.98	051	9.84	789	
	180	0.0		3.71	391	3.58	129	
Felsbake a =	61	55.5	55.4	3.71	391			Felsbake—Basis Süd 3.48 523
Grünes Kap . . . b =	31	24.6	24.5	9.94	563	3.76	828	Felsbake—Grünes Kap 3.76 754
Basis Süd c =	86	40.2	40.1	9.71	695	9.99	926	
	180	0.3	0.0	3.48	523	3.76	754	
		-0.1						Strandbake—Felsbake 3.73 986
Strandbake . . . a =	74	58.1	58.3	3.76	754			Strandbake—Grünes Kap 3.59 115
Grünes Kap . . . b =	64	58.6	58.8	9.98	489	3.78	265	
Felsbake c =	40	2.7	2.9	9.95	721	9.80	850	
	179	59.4	0.0	3.73	986	3.59	115	
		+0.2						

Baumbake . . . a =	24 23.9	23.8	3.73	986		Baumbake—Felsbake 4.10 906
Strandbake . . . b =	104 52.3	52.2	9.61	600	4.12	386
Felsbake . . . c =	50 44.0	44.0	9.98	520	9.88	886
	180 0.2	0.0	4.10	906	4.01	272
	-0.1					
Waldhügel . . . a =	56 9.1	geschl.	4.01	272		Waldhügel—Strandbake 4.09 336
Baumbake . . . b =	90 17.0		9.91	935	4.09	337
Strandbake . . . c =	33 33.9		9.99	999	9.74	263
	180 0.0		4.09	336	3.83	600
						Waldhügel—Baumbake 3.83 598
Waldhügel . . . a =	26 4.1	geschl.	3.73	986		Waldhügel—Felsbake 4.07 342
Strandbake . . . b =	71 18.4		9.64	290	4.09	696
Felsbake . . . c =	82 37.5		9.97	647	9.99	639
	180 0.0		4.07	343	4.09	335
Waldhügel . . . a =	82 13.4	geschl.	4.10	906		
Baumbake . . . b =	65 53.1		9.99	599	4.11	307
Felsbake . . . c =	31 53.5		9.96	035	9.72	289
	180 0.0		4.07	342	3.83	596

Gegebener Punkt 1 =	Basis Süd	Basis Süd	Basis Nord	
Gesuchter Punkt 2 =	Basis Nord	Dorfbake		
Richtung 1. Z. =	° ' 28° 17.3'	208° 17.4'	usw.	
\sum Z. 1. 2. =	48 52.3	103 37.1		
Az ₁ =	28 17.3 *)	339 25.0	311 54.5	
Arg. φ_1 [m] . . .	8.51 245	8.51 245	8.51 245	
S . . .	3.08 438	3.40 745	3.29 676	
cos Az ₁ . . .	9.94 477	9.97 135	9.82 474	
Num. in'' =	1.54 160	1.89 125	1.63 395	
φ_1 =	+ 13 29 21.43 *)	+ 13 29 21.43	+ 13 29 56.23	
- bei Nordbreite } φ_h =	+ 13 29 56.23	+ 13 30 39.28	+ 13 30 39.28	
+ bei Südbreite } d =	- 0.00	- 0.00	- 0.00	
φ_2 =	+ 13 29 56.23	+ 13 30 39.28	+ 13 30 39.28	
Arg. φ_1 [n] . . .	8.50 970	8.50 970	8.50 970	
S . . .	3.08 438	3.40 745	3.29 676	
sin Az ₁ . . .	9.67 569	9.54 601 _n	9.87 170 _n	
sec φ_h . . .	0.01 217	0.01 219	0.01 219	
Num. in'' =	1.28 194	1.47 535 _n	1.69 035 _n	
λ_1 =	+ 144 48 35.12 *)	+ 144 48 35.12	+ 144 48 54.26	
λ_2 =	+ 144 48 54.26	+ 144 48 5.24	+ 144 48 5.24	
180° + Az ₁ =	208° 17.3'	159° 25.0'	131° 54.5'	
Tafel IX c t =	+ 0.0	- 0.1	- 0.2	
Az ₂ =	208 17.3	159 24.9	131 54.3	

*) astronomisch bestimmt.

Koordinaten-Verzeichnis.

Lfde. No.	N a m e n	Geographische Koordinaten		Höhe über Mittelwasser m	Be-merkungen
		Breite	Länge (Grw.)		
1	Basis Süd	+13° 29' 21.43''	+144° 48' 35.12''	+ 1.8	
2	Basis Nord	+13 29 56.23	+144 48 54.26	+ 8.5	
3	Dorfbake	+13 30 39.28	+144 48 5.24	+14.0	
	usw.				

§ 58. Punktbestimmung durch Rückwärtseinschneiden.

Erklärung. Beim Rückwärtseinschnitt wird ein Punkt durch Messung der beiden Winkel in dem zu bestimmenden Punkt zwischen drei bekannten Objekten festgelegt.

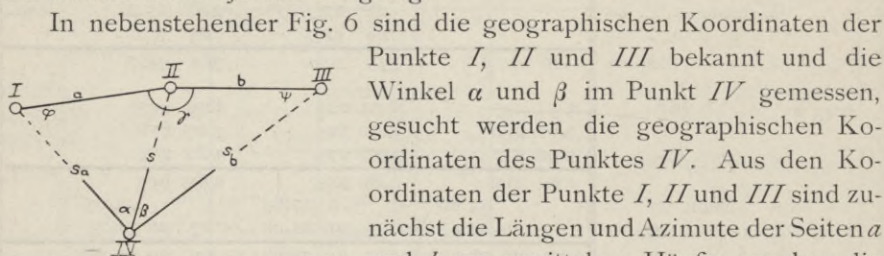


Fig. 6.

In nebenstehender Fig. 6 sind die geographischen Koordinaten der Punkte *I*, *II* und *III* bekannt und die Winkel α und β im Punkt *IV* gemessen, gesucht werden die geographischen Koordinaten des Punktes *IV*. Aus den Koordinaten der Punkte *I*, *II* und *III* sind zunächst die Längen und Azimute der Seiten a und b zu ermitteln. Häufig werden die Längen und Azimute der Seiten a und b bekannt sein, so daß ihre Berechnung fortfällt und direkt mit der Dreiecksberechnung begonnen werden kann.

Formeln. Für die Dreiecksberechnung gelten, nachdem aus den Azimuten von *II* nach *I* und nach *III* die Größe des Winkels γ hergeleitet ist, folgende Formeln:

$$(1.) \quad \frac{\varphi + \psi}{2} = \frac{360^\circ - (\alpha + \beta + \gamma)}{2}$$

$$(2.) \quad \frac{a}{\sin \alpha} \cdot \frac{b}{\sin \beta} = \tan \mu$$

(μ ist ein Hilfswinkel, der zur Berechnung des Wertes $\frac{\varphi - \psi}{2}$ gebraucht wird).

$$(3.) \quad \tan \frac{\varphi - \psi}{2} = \tan \frac{\varphi + \psi}{2} \cdot \cotang (\mu + 45^\circ)$$

$$(4.) \quad \varphi = \frac{\varphi + \psi}{2} + \frac{\varphi - \psi}{2}$$

$$(5.) \quad \psi = \frac{\varphi + \psi}{2} - \frac{\varphi - \psi}{2}$$

$$(6.) \quad s = \frac{a}{\sin \alpha} \cdot \sin \varphi = \frac{b}{\sin \beta} \cdot \sin \psi$$

$$(7.) \quad s_a = \frac{a}{\sin \alpha} \cdot \sin (\varphi + \alpha)$$

$$(8.) \quad s_b = \frac{b}{\sin \beta} \cdot \sin (\psi + \beta)$$

$$(9.) \quad \text{Az } I - IV = \text{Az } I - II + \sphericalangle \varphi$$

$$(10.) \quad \text{Az } II - IV = \text{Az } II - I - \sphericalangle \delta = \text{Az } II - III + \sphericalangle \varepsilon$$

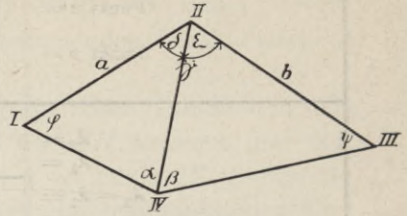
$$(11.) \quad \text{Az } III - IV = \text{Az } III - II - \sphericalangle \psi$$

Mit den so bestimmten Seiten und Azimuten von den gegebenen Punkten *I*, *II* und *III* nach dem gesuchten Punkt *IV* werden die geographischen Koordinaten dieses Punktes errechnet.

	Punkt 1 = Punkt 2 =	Logumer Vorwerk ♂	Emden Rathaus Ditzum ♂
	$\lambda_2 =$	7° 12' 35.84''	7° 16' 58.45''
	$\lambda_1 =$	7 8 7.42	7 12 35.84
	$\lambda_2 - \lambda_1 =$	+ 4 28.42	+ 4 22.61
		+ 268.42	+ 262.61
	$\varphi_2 =$	+ 53° 22' 6.07''	+ 53° 19' 0.42''
	$\varphi_1 =$	+ 53 21 9.01	+ 53 22 6.07
	$\varphi_2 - \varphi_1 =$	+ 57.06	- 3 5.65
	$d =$	+ 0.08	+ 0.11
	$\varphi_h - \varphi_1 =$	+ 57.14	- 3 5.54
			- 185.54
	$\varphi_h =$	+ 53° 22' 6.15''	+ 53° 19' 0.53''
Arg. φ_1	$i : [n] \dots$	1.49115	1.49115
	$\lambda_2 - \lambda_1 \dots$	2.42881	2.41931
	$\cos \varphi_h \dots$	9.77573	9.77626
	$v \dots$	3.69569	3.68672
Arg. φ_1	$i : [m] \dots$	1.49011	1.49012
	$\varphi_h - \varphi_1 \dots$	1.75694	2.26844n
	$u \dots$	3.24705	3.75856n
	$\frac{v}{u} = \text{tg } Az_1 \dots$	0.44864	9.92816
	$Az_1 =$	70° 24.5'	139° 43.0'
Tafel XI c t =	+ 3.6	+ 3.5	
	$Az_2 =$	250 28.1	319 46.5
	$v \text{ od. } u \dots$	3.69569	3.75856
	$\sin Az_1 \text{ od. } \cos Az_1 \dots$	9.97410	9.88244
	$S = \frac{v}{\sin Az_1} = \frac{u}{\cos Az_1} S \dots$	3.72159	3.87612

Gemessen: $\alpha = 86^\circ 22.3'$
 $\beta = 80 45.9$

Gegeben: $a = 3.72159$
 $b \dots 3.87624$



$\alpha =$	$86^\circ 22.3'$	$a \dots$	3.72159	$Az II-I =$	$250^\circ 28.1'$
$\beta =$	$80 45.9$	$\sin \alpha \dots$	9.99913	$Az II-III =$	$139 43.0$
$\gamma =$	$110 45.1$	$a : \sin \alpha \dots$	3.72246	$\sphericalangle \gamma =$	$110 45.1$
$\alpha + \beta + \gamma =$	$277 53.3$	$b \dots$	3.87612	$Az I-II =$	$70 24.5$
$\varphi + \psi =$	$82 6.7$	$\sin \beta \dots$	9.99434	$\sphericalangle \varphi =$	$50 2.1$
$1/2(\varphi + \psi) =$	$41 3.4$	$b : \sin \beta \dots$	3.88178	$Az I-IV =$	$120 26.6$
$1/2(\varphi - \psi) =$	$8 58.7$	$a : \sin \alpha = \operatorname{tg} \mu \dots$	9.84068	$Az II-I =$	$250 28.1$
$\varphi =$	$50 2.1$	$b : \sin \beta = \operatorname{tg} \mu \dots$	9.84068	$180^\circ - (\varphi + \alpha) =$	$43 35.6$
$\psi =$	$32 4.7$	$\mu =$	$34^\circ 43.1'$	$Az II-IV =$	$206 52.5$
$\varphi + \alpha =$	$136 24.4$	$\mu + 45^\circ =$	$79 43.1$	$Az II-III =$	$139 43.0$
$\psi + \beta =$	$112 50.6$	$\operatorname{cotg}(\mu + 45^\circ) \dots$	9.25864	$180^\circ - (\psi + \beta) =$	$67 9.4$
$\gamma =$	$110 45.1$	$\operatorname{tg} 1/2(\varphi + \psi) \dots$	9.94003	$Az II-IV =$	$206 52.4$
Summe =	$360 0.1$	$\operatorname{tg} 1/2(\varphi - \psi) \dots$	9.19867	$Az III-II =$	$319 46.5$
$a : \sin \alpha \dots$	3.72246	$b : \sin \beta \dots$	3.88178	$\sphericalangle \psi =$	$32 4.7$
$\sin \varphi \dots$	9.88448	$\sin \psi \dots$	9.72516	$Az III-IV =$	$287 41.8$
S II-IV ..	3.60694	S II-IV ...	3.60694		
$a : \sin \alpha \dots$	3.72246	$b : \sin \beta \dots$	3.88178		
$\sin(\varphi + \alpha) =$	9.83856	$\sin(\psi + \beta) \dots$	9.96453		
S I-IV ..	3.56102	S III-IV ...	3.84631		

Von I nach IV S ... 3.56102 Az = $120^\circ 26.6'$
 .. II .. IV S ... 3.60694 Az = $206 52.4$
 .. III .. IV S ... 3.84631 Az = $287 41.8$

Graphische Eintragung. In vielen Fällen wird die Berechnung der Koordinaten der durch Rückwärtseinschnitt bestimmten Punkte nicht erforderlich sein, vielmehr die graphische Eintragung genügen. Diese kann in zweierlei Weise ausgeführt werden:

1. Mit dem Doppeltransporteur.

2. Man beschreibt über Seite a einen Kreis, der den Winkel α faßt und über b einen Kreis, der den Winkel β faßt: diese beiden Kreise bestimmen durch ihren Schnitt den gesuchten Punkt.

Beispiel. Nebenstehend wird ein Rechnungsbeispiel einer Punktbestimmung durch Rückwärtseinschnitt gegeben.

Gegeben ist:

Logumer Vorwerk ♁ :

$$\varphi = 53^\circ 21' 9.01'' \text{ N } \lambda = 7^\circ 8' 7.42'' \text{ O.}$$

Emden Rathaus:

$$\varphi = 53^\circ 22' 6.07'' \text{ N } \lambda = 7^\circ 12' 35.84'' \text{ O.}$$

Ditzum ♁ :

$$\varphi = 53^\circ 19' 0.42'' \text{ N } \lambda = 7^\circ 16' 58.45'' \text{ O.}$$

Gemessen in Emden Leuchtturm Ostmole:

$$\sphericalangle \text{Logumer Vorwerk } \text{♁} - \text{Emden Rathaus} = 86^\circ 22.3',$$

$$\sphericalangle \text{Emden Rathaus} - \text{Ditzum } \text{♁} = 80^\circ 45.9',$$

$$\sphericalangle \text{Logumer Vorwerk } \text{♁} - \text{Ditzum } \text{♁} = 167^\circ 8.3'.$$

Gesucht: die Azimute und Seitenlängen zwischen den gegebenen Punkten und Emden Leuchtturm Ostmole.

§ 59. Trigonometrische Ortsbestimmung mit einem Schiff als 4. Punkt. (Schiffsmethode.)

Erklärung. Die Schiffsmethode dient zur Bestimmung trigonometrischer Punkte entlang einer Küste. Der Genauigkeitsgrad der Punktbestimmung mittels dieser Methode ist ein für Küstenvermessungen vollständig ausreichender. Da sich das Arbeiten mit der Schiffsmethode im allgemeinen einfacher und weniger zeitraubend gestaltet als eine regelrechte Landtriangulierung, so ist jenem Verfahren bei Küstenaufnahmen der Vorzug zu geben.

Angenommen Punkt C (siehe Fig. 7) soll über die beiden bekannten Punkte A und B bestimmt werden. Mittels des Dreiecks ABC kann dies nicht geschehen, da der Winkel bei C zu spitz ist. Man nimmt darum den Hilfspunkt D und schneidet diesen von A , B und C ein. Aus der bekannten Seite AB wird, nachdem die Dreieckswinkel bekannt sind, BD und aus BD wiederum BC

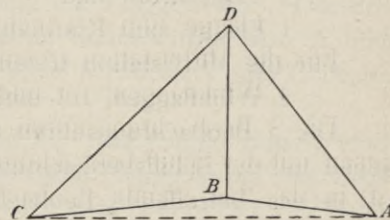


Fig. 7.

berechnet. Die aus dem Azimut von BA abgeleitete Richtung der Seite BC und deren Länge bestimmen die geographische Lage des Punktes C .

Den Hilfspunkt D stellt das Schiff dar, dessen Großmast als Zielpunkt gewählt wird. Da das Schiff nicht absolut still liegt, der Punkt D also andauernd seine Lage verändert, müssen die Beobachtungen, damit von A , B und C derselbe Punkt angezielt wird, gleichzeitig gemacht werden; es arbeiten also das Schiff und drei Landstationen gemeinsam. Die Leitung der Arbeit bleibt dem Schiff übertragen.

Vorbereitung. Die vorbereitenden Arbeiten werden sich auszudehnen haben auf:

1. die Sicherung einer Signalverständigung zwischen Stationen und Schiff,
2. das Klarmachen der Stationen,
3. die Auslegung des Schiffes.

Zu 1. Da die Beobachtungen gleichzeitig nach Leitung ausgeführt werden sollen, so müssen Ausführungssignale vom Leiter gegeben werden. Der Beginn der Ausführung hängt wieder davon ab, daß alle Stationen und das Schiff klar sind. Die Stationen zeigen durch Aufrichten einer weißen Flagge (3 m langes Bakentuch an langer Stange), die seitlich der Bake gut sichtbar aufzustellen ist, nach dem Schiffe hin an, daß sie klar zum Beobachten sind.

Auf der Mittelstation werden rote und grüne Flaggen zum Einwinken des Schiffes in seine richtige Lage benutzt. Das Schiff gibt das Zeichen zum Beginn der Arbeiten bzw. Ausführung der Messungen durch Halb- bzw. Vorheiß eines Fernsignalballes. Eine Störung während der Beobachtung wird durch die Flagge U angezeigt. Auf die nähere Bedeutung dieser Signale wird unter Ausführung besonders eingegangen werden.

Zu 2. Die Landstationen werden mit folgenden Gegenständen ausgerüstet:

- 1 Universalinstrument oder Theodolit nebst Stativ,
- 1 Beobachtungsuhr,
- 1 Tagfernrohr und
- 1 Flagge zum Klarmelden.

Für die Mittelstation treten noch hinzu:

- 2 Winkflaggen, rot und grün.

Die 3 Beobachtungsuhren der Landstationen sind vorher an Bord genau mit der Schiffsbeobachtungsuhr zu vergleichen, die Uhrkorrektion ist in das betreffende Beobachtungsbuch einzutragen. Das Personal der Stationen besteht aus 1 Beobachter, 1 Anschreiber und 1 Mann zum Bedienen der Flagge; letzterer beobachtet während der Messungen mit dem Tagfernrohr die Signale des Schiffes. Nach Ankunft auf der

Station wird das Instrument zentrisch über dem Beobachtungspunkt aufgestellt, horizontalisiert und für die Beobachtungen vorbereitet. Hierauf melden die Seitenstationen durch Aufrichten ihrer Flaggen klar.

Der Beobachter der Mittelstation mißt nach Aufstellung und Horizontalisierung seines Instruments den Winkel zwischen den beiden Nachbarstationen in zwei Sätzen. Dieser Winkel wird, falls er nicht schon beim Bakenbau roh gemessen und an Bord bekannt ist, durch Winkersignal dem Schiff mitgeteilt. Nach der Winkelmessung meldet die Mittelstation klar, überzeugt sich jedoch zuvor davon, daß die Seitenstationen klar sind; andernfalls wartet sie deren Signale ab.

Zu 3. Die günstigsten Dreieckswinkel ergeben sich, wenn das Schiff auf der Halbierungslinie des Winkels ABC bis zu einem Punkt D gelangt ist, in dem der Winkel zwischen A und $C = 180^\circ - \frac{ABC}{2}$ gemessen wird. Nachdem von der Mittelstation dem Schiff die Größe des Winkels ABC bekannt gegeben ist, stellt der Beobachter auf dieser Station sein Instrument so ein, daß die Fernrohrachse in der Winkelhalbierungslinie liegt und winkt nun mit Hilfe der roten und grünen Flaggen das Schiff auf diese Linie ein. Auf dieser Geraden dampft das Schiff so lange von Land ab, bis ein Beobachter an Bord mit dem Sextanten den Winkel zwischen A und $C = 180^\circ - \frac{ABC}{2}$ mißt. Dieser Winkel wird vorher am Instrument eingestellt.

Das Schiff wird in der Regel eine brauchbare Landmarke finden, mit der es die Baken B in Deckpeilung halten kann, so daß das Halten der Position nicht schwer ist. Es kann sich von der Mittellinie um etwa 10° entfernen, wenn die Dreieckswinkel ungünstig, also nahe an 20° sind, andernfalls ist entsprechend größerer Spielraum gestattet. Kleinere Winkel als 20° müssen jedoch unter allen Umständen vermieden werden.

Ausführung. Liegt das Schiff auf Position und haben alle Stationen klar gemeldet, so wird an Bord der Fernsignalball im Großtopp halb geheißt. Dieser Zeitpunkt wird hier sowohl wie auf den drei Stationen notiert. Die Stationen nehmen die Flaggen ein. Die drei Beobachter messen die Richtung nach einer Seitenstation, also A mißt Richtung AB , C mißt Richtung CB und B , je nachdem A oder C besser sichtbar ist, eine von diesen Richtungen.

Sobald beide Nonien abgelesen und die Ablesungen notiert sind, werden die Fernrohre der Instrumente auf den Flaggenknopf des Großmastes gerichtet. Genau vier Minuten nach dem Halbheiß des Balles wird dieser bis auf angenähert 2 m unter den Flaggenknopf geheißt, so daß er im Fernrohr der Instrumente von den Beobachtern gesehen werden kann. Mit Hilfe der Mikrometerschraube hält man den Groß-

topp-Flaggenknopf fortdauernd in der Mitte der Vertikalfäden, bis der Fernsignalball genau eine Minute nach dem Vorheißsen niedergehoben und sofort wieder auf halbe Höhe geheißt wird. Im Moment des Fallens des Balles wird die Mikrometerschraube losgelassen und der Horizontalkreis abgelesen. Die Zeit des Vor- und Niedergehens des Balles ist zu notieren. Diese Beobachtungen werden abwechselnd mit Fernrohr rechts und links sechsmal in derselben Weise durchgeführt. An Bord sind in der Nähe des von Land angezielten Mastes jedesmal die Winkel zwischen A und B sowie zwischen B und C zur Kontrolle mit dem Sextanten mitzumessen. Sind die Entfernungen so groß, daß die Baken von Bord aus nicht mehr zu erkennen sind, so können sie dem Schiff durch Heliotropenlicht kenntlich gemacht werden.

Nach dem sechsten Dippen wird der Ball zunächst nicht wieder halb geheißt. Die Stationen, denen alle Beobachtungen gelungen sind, setzen die weiße Flagge. Zeigen alle drei Stationen die weiße Flagge, so wird das Signal „Beobachtungen sind beendet“ vom Schiff dadurch gegeben, daß der Fernsignalball dreimal auf- und niedergeholt wird. Hierauf nehmen die Landstationen die weiße Flagge ein. Zeigt innerhalb fünf Minuten nach der sechsten Messung eine Station die weiße Flagge nicht, so wird der Ball wieder halb geheißt und es folgen noch zwei Beobachtungen. Diese sind von allen drei Landstationen mitzumachen, auch wenn eine oder zwei schon durch weiße Flagge gemeldet haben, daß sie alle Beobachtungen bekommen haben. Darauf wird wieder verfahren wie nach der sechsten Messung.

Nach dem Beendigungssignal mißt der Beobachter der Mittelstation wie bei Beginn der Messungen den Winkel ABC in zwei Sätzen.

Tritt während der Messungen irgend eine Störung ein, z. B. Regen, so wird auf der betreffenden Station die weiße Flagge geschwenkt. Wird dies an Bord bemerkt oder tritt eine Störung an Bord ein, so wird Flagge U im Großtopp geheißt und der Ball niedergeholt. Die betreffende Landstation hört hierauf mit dem Schwenken der weißen Flagge auf und zeigt sie erst wieder, wenn die Störung beseitigt ist. An Bord wird darauf Flagge U niedergeholt und der Fernsignalball wieder halb geheißt. Die Messungen werden dann in der beschriebenen Weise fortgesetzt.

Zur Eintragung der Beobachtungen an Bord können Lotungsbücher verwendet werden, an Land sind die Beobachtungsbücher für Horizontalwinkel zu gebrauchen. Muster sind beigelegt.

Die Berechnung der Seite BC ist nach dem nachfolgenden Schema durchzuführen.

Zur Berechnung der geographischen Koordinaten von C wird der gemittelte Wert dieser Seite eingesetzt. Das Azimut von BC ergibt sich durch Addition des gemittelten Winkels ABC zum Azimut von BA.

Muster 1. Beobachtungsbuch für die Landstationen (Schiffsmethode).

Station: <i>Große Bake</i> , den 15. 5. 1903.			Kl. Univ. Instr. M. 17									
Zentrischer Beobachtungspunkt: <i>Stativ</i> .			Beob.: Ob. Lt. z. S. Y.									
Kr.	Fr.	No.	Objekt		Nonius			Mittel		No.	Winkel- auszug	
			Namen	Ziel	Grad	A Min.	B Min.	Grad	Min.		Grad	Min.
o	r	1	Ball geht halb	8 ^h 40.0 ^m	vor:	44.0 ^m		nieder:	45.0 ^m			
			Flamingobake	P		71	0.0		71	0.0	1	30 4.6
			Schiff, Großmast	Flkn.		40	55.3		40	55.4		0 0.0
	l	2	Ball geht halb	8 ^h 45.0 ^m	vor:	49.0 ^m		nieder:	50.0 ^m			
			Flamingobake			71	0.0		71	0.0	2	29 42.2
			Schiff			41	17.5		41	17.8		0 0.0
	l	3	Ball geht halb	8 ^h 50.0 ^m	vor:	54.0 ^m		nieder:	55.0 ^m			
			Flamingobake			71	0.0		71	0.0	3	29 27.2
			Schiff			41	32.5		41	32.8		0 0.0
	r	4	Ball geht halb	8 ^h 55.0 ^m	vor:	59.0 ^m		nieder:	60.0 ^m			
			Flamingobake			71	0.0		71	0.0	4	29 22.0
			Schiff			41	38.0		41	38.0		0 0.0
	r	5	Ball geht halb	9 ^h 0.0 ^m	vor:	4.0 ^m		nieder:	5.0 ^m			
			Flamingobake			71	0.0		71	0.0	5	29 19.0
			Schiff			41	41.0		41	41.0		0 0.0
	l	6	Ball geht halb	9 ^h 5.0 ^m	vor:	9.0 ^m		nieder:	10.0 ^m			
			Flamingobake			71	0.0		71	0.0	6	28 59.8
			Schiff			42	0.0		42	0.2		0 0.0

Muster 2. Beobachtungsbuch für das Schiff (Schiffsmethode).

S. M. S. „ <i>Möwe</i> “ den 15. 5. 1903.										
Beobachtungspunkt: <i>Großmars</i> . Leitung an Bord: Kapltl. <i>X</i> .										
No.	Ball ging			Objekt	Winkel	Objekt	Winkel	Objekt	Lotung und Grund	Bemer- kungen
	halb	vor	nieder							
1	8 ^h 40.0 ^m	44.0 ^m	45.0 ^m	Berg- bake	34° 20.3'	Fla- mingo- bake	52° 9.8'	Große Bake	85 g. Sd	
2	45.0	49.0	50.0	„	34 47.0	„	51 49.0	„	83 „	
3	50.0	54.0	55.0	„	35 14.5	„	51 47.0	„	85 „	
4	55.0	59.0	60.0	„	35 8.3	„	52 9.0	„	85 „	
5	9 0.0	4.0	5.0	„	35 8.5	„	52 42.5	„	85 „	
6	5.0	9.0	10.0	„	35 33.0	„	52 25.2	„	85 „	

Berechnung der Triangulation mit dem Schiff.

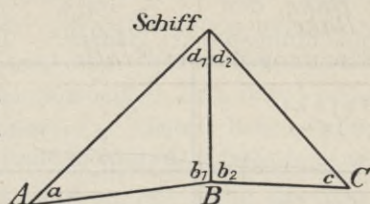
Beobachtung am 15. Mai 1903 zwischen den Punkten A = Große Bake

B = Flamingobake

C = Bergbake

Bekannt AB ... 4.28 290

Azimut BA = 293° 4.5'

 \sphericalangle ABC = 198° 44.6'

$$BC = AB \cdot \sin a \cdot \operatorname{cosec} d_1 \cdot \operatorname{cosec} c \cdot \sin d_2.$$

I

a = 30° 4.6'	sin	9.69 997
b ₁ = 97 45.6		
d ₁ = 52 9.8	cosec	0.10 250
c = 44 40.8	cosec	0.15 296
b ₂ = 100 59.0		
d ₂ = 34 20.2	sin	<u>9.75 132</u>
		9.70 675

II

a = 29° 42.2'	sin	9.69 505
b ₁ = 98 28.7		
d ₁ = 51 49.1	cosec	0.10 455
c = 44 56.9	cosec	0.15 090
b ₂ = 100 15.9		
d ₂ = 34 47.2	sin	<u>9.75 628</u>
		9.70 678

III

a = 29° 27.1'	sin	9.69 171
b ₁ = 98 45.9		
d ₁ = 51 46.9	cosec	0.10 477
c = 44 56.7	cosec	0.15 093
b ₂ = 99 58.8		
d ₂ = 35 4.5	sin	<u>9.75 940</u>
		9.70 681

IV

a = 29° 22.0'	sin	9.69 055
b ₁ = 98 29.1		
d ₁ = 52 9.0	cosec	0.10 258
c = 44 36.1	cosec	0.15 356
b ₂ = 100 15.5		
d ₂ = 35 8.4	sin	<u>9.76 010</u>
		9.70 679

V

a = 29° 19.0'	sin	9.68 987
b ₁ = 97 58.8		
d ₁ = 52 42.2	cosec	0.09 935
c = 44 5.3	cosec	0.15 754
b ₂ = 100 45.9		
d ₂ = 35 8.8	sin	<u>9.76 017</u>
		9.70 693

VI

a = 28° 59.8'	sin	9.68 551
b ₁ = 98 35.2		
d ₁ = 52 25.0	cosec	0.10 102
c = 44 17.6	cosec	0.15 594
b ₂ = 100 9.5		
d ₂ = 35 32.9	sin	<u>9.76 446</u>
		9.70 693

log (BC · BA)

I = 9.70675
II = . 678
III = . 681
IV = . 679
V = . 693
VI = . 693

Azimut BC = 131° 49.1'.

Mittel = 9.70683

AB = 4.28290

BC = 3.98973

Abschnitt VIII.

Geodätische Höhenbestimmungen.

§ 60. Allgemeines.

Man unterscheidet zwischen:

Trigonometrischer Höhenmessung,
Barometrischer Höhenmessung und
Nivellierung.

Mit diesen drei Methoden löst man die bei der Küstenvermessung vorkommenden Aufgaben der Höhenbestimmungen, nämlich:

1. Bestimmung der Höhe eines beliebig gelegenen Objekts (Berg, Leuchtfeuer, T. P.) über Mittelwasser, oder wenn die Kenntnis dieses Wasserstandes fehlt über dem Kartenniveau, d. h. dem mittleren Springniedrigwasser des benachbarten Meeres. In Deutschland beziehen sich die Höhenangaben stets auf N. N. (Normal-Null), eine Niveaufläche, die 0,144 m unterhalb des langjährigen auf den Pegel zu Amsterdam bezogenen Mittelwassers liegt. Bei diesen Höhenbestimmungen sind die Angaben der Höhe möglichst auf ganze Meter genau zu machen.

2. Bestimmungen des Höhenunterschiedes zwischen zwei oder mehreren, nahe beieinander gelegenen Punkten. Man bedient sich hierfür der Methode des Nivellierens. Beim Nivellement, das nur zum Anschluß von Pegeln Verwendung findet, beträgt die einzuhaltende Genauigkeit einen Dezimeter.

An den heimischen Küsten ist eine etwas größere Genauigkeit erforderlich, nämlich die Höhenangabe von beliebigen Objekten auf halbe Meter, von Nivellementsunterschieden auf halbe Dezimeter.

Für die unter 1. genannten Bestimmungen wird am häufigsten die trigonometrische Höhenmessung, dagegen nur gelegentlich die barometrische Messung angewendet. Die Beobachtungen für die trigonometrische Höhenmessung werden in der Regel zusammen mit den Triangulationsarbeiten an Land vorgenommen. Auch von Bord aus können Messungen nach diesem Verfahren ausgeführt werden.

Die barometrische Höhenmessung verlangt das Betreten des betreffenden Punktes, sie ist meist sehr zeitraubend und wird selten und

daß die Horizontale durch *A* (Tangente an der Niveaufläche *AF*) die durch *B* gezogene Schwerlinie wesentlich über dem Niveau von *A* trifft und daß außerdem der Höhenwinkel α infolge der Strahlenbrechung zu groß gemessen ist. — Im folgenden sind die Winkel *ABD*, *ACB* und *AFC* als Rechte angesehen, die gradlinige und die sphärische Strecke *AF* einander gleich und beide = *AC* = *AB* = *S* angenommen worden, was für die bei Küstenvermessungen erforderliche Genauigkeit ausreicht.

Durch Anwendung der Formel (1.) $h = S \cdot \operatorname{tg} \alpha$ erhält man die Strecke *CD*. Diese stellt aber nicht den zu errechnenden Höhenunterschied dar, sondern es ist dies die Strecke *BF* oder:

$$h = CD - BD + CF = S \cdot \operatorname{tg} \alpha - S \cdot \operatorname{tg} \delta + S \cdot \operatorname{tg} \epsilon. \quad 2.$$

Unbekannt sind hier vorläufig noch die Winkel ϵ und δ .

ϵ ist als Winkel zwischen Sehne und Tangente gleich dem halben zugehörigen Zentriwinkel, also ist der Winkel am Erdmittelpunkt $AMF = 2 \epsilon$ und, wenn *R* den Erdradius bezeichnet:

$\sin \epsilon = \frac{S}{2R}$ oder, wegen des vorauszusetzenden kleinen Betrages von ϵ :

$$\epsilon'' = \frac{S}{2R \cdot \operatorname{arc} 1''} \dots \dots \dots 3.$$

δ ist der Winkel zwischen der Tangente in *A* an den Sichtstrahl *AB* und der Geraden *AB*. Den Betrag von δ zu ermitteln, ist nicht möglich. Unter der in vorliegendem Falle zulässigen Voraussetzung jedoch, daß der Refraktionswinkel δ und ϵ mit zunehmender Entfernung nach denselben Gesetzen wachsen, kann man δ dem Winkel ϵ proportional, also

$$\delta = \epsilon \cdot k \dots \dots \dots 4.$$

setzen. Die Konstante *k* heißt »Konstante der terrestrischen Refraktion«.

Durch Einsetzen von (4.) in (2.) ergibt sich:

$$h = S \cdot \operatorname{tg} \alpha + S(\operatorname{tg} \epsilon - \operatorname{tg} \epsilon \cdot k)$$

oder, da sowohl ϵ wie $\epsilon \cdot k$ kleine Winkel sind:

$$h = S \cdot \operatorname{tg} \alpha + S \cdot \sin 1'' \cdot \epsilon (1 - k).$$

Setzt man in diese Gleichung die Formel (3.) ein, so ergibt sich:

$$h = S \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{S^2 \cdot (1 - k)}{2R} \dots \dots \dots 5.$$

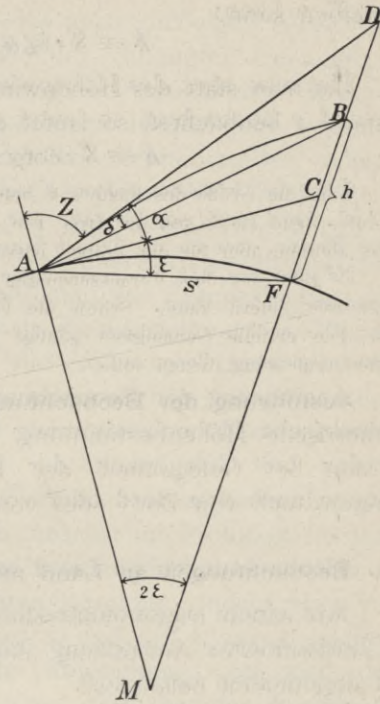


Fig. 2.

Der Betrag $\frac{S^2 \cdot (1 - k)}{2R}$ ist in Tafelform gebracht und kann (siehe Tafel X) direkt entnommen werden, so daß man die Formel (5.) auch schreiben kann:

$$h = S \cdot \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{Corr} (\text{Tafel X}) \dots \dots \dots 6.$$

Hat man statt des Höhenwinkels α dessen Komplement, den Zenitabstand z beobachtet, so lautet die Formel:

$$h = S \cdot \operatorname{cotg} z + \operatorname{Corr} (\text{Tafel X}) \dots \dots \dots 6a.$$

Über die Größe des Faktors k siehe JORDANS Handbuch der Vermessungskunde, 5. Aufl., Band II, S. 509 bis 510. Die Tafel X ist mit dem für heimische Gewässer etwas kleinen, aber für die Tropen besser zutreffenden Werte $k = 0,1$ errechnet.

Es geht aus den Voraussetzungen hervor, daß die Formel nicht streng richtige Ergebnisse liefern kann. Schon die Unsicherheit in der Refraktion bringt das mit sich. Die erzielte Genauigkeit genügt indessen vollauf für alle Zwecke, denen die Küstenvermessung dienen soll.

Ausführung der Beobachtungen: Die Beobachtungen für die trigonometrische Höhenbestimmung können entweder an Land gemacht werden bei Gelegenheit der Horizontalwinkelmessungen, oder sie können auch von Bord oder vom Boot aus geschehen.

a. Beobachtungen an Land mit dem kleinen Universalinstrument.

Auf einem trigonometrischen Punkte befinde sich das Instrument in horizontierter Aufstellung (eine exzentrische Aufstellung ist hierbei im allgemeinen belanglos).

Man messe mit einem Zollstock auf ganze Dezimeter genau den Vertikalabstand des Fernrohrs von der Festlegung oder dem Erdboden, ebenso die Höhe des unteren Bretterrandes oder des Toppzeichens der Bake über der Festlegung oder dem Erdboden und trage die erhaltenen Maße in das Beobachtungsbuch für Zenitabstände ein.

Von dem zu bestimmenden Objekte wähle man eine möglichst gut sich markierende, horizontale Linie als Zielpunkt (bei Bakten den »unteren Bretterrand« oder »Unterkante Toppzeichen«) und stelle diese Linie so ein, daß sie von dem Horizontalfaden im Fernrohr gedeckt wird. Sobald die Einstellung ausgeführt ist, sehe man nach der Ableselibelle der Nonien, bringe sie, wenn noch nötig, zum genauen Einspielen und rufe dem Anschreiber zu: »Spielt ein«. Dieser schreibt darauf in die Spalten des Protokolls unter der Überschrift »Libelle« quer herüber: »Spielt ein«. Es folgt dann das Ablesen beider Nonien des Höhenkreises. Die Ablesungen werden niedergeschrieben.

Sollte man mit einem geodätischen Universalinstrument beobachten, bei dem die Verbindungslinie der Mikroskope des Höhenkreises nur dadurch horizontal gestellt werden kann, daß mit den Fußschrauben das ganze Instrument geneigt wird, bis die dem Fernrohr parallel liegende feste Libelle einspielt, so muß man dafür sorgen, daß dies bereits zutrifft, wenn man die Objekteinstellung im Fernrohr vornimmt.

Es wird sich selten erreichen lassen, daß die dem Fernrohr parallel liegende feste Libelle (beim kleinen Universalinstrument die Libelle am Fernrohrträger) bei der Ablesung dieselbe Stellung hat, als während der Messung. Die Größe des noch zulässigen Ausschlags richtet sich nach der Entfernung sowie der verlangten Genauigkeit. Man beachte, daß auf 1000 m Entfernung ein Winkelfehler von $10''$ bei Zenitabständen zwischen 90° und 45° einen Höhenfehler zwischen 5 bis 10 cm ergibt, der bei abnehmenden Zenitabständen schnell wächst. Auf diese Entfernung wird man bei einem Wert des Libellenteils von $10''$ einen Ausschlag bis zu 5 bzw. bei Vermessungen in den heimischen Gewässern bis zu 2,5 Libellenteilen noch gestatten dürfen.

Nach dieser ersten Messung verstellt man das Fernrohr etwas mit der Feinschraube und wiederholt nochmals die Einstellung des Objekts, die Prüfung des Libellenstandes sowie die Ablesung. Dann wird das Fernrohr durchgeschlagen und in dieser Fernrohrlage werden in derselben Weise zwei Einstellungen nach dem gleichen Objekt gemacht und aufgeschrieben.

Hat man in dieser Weise alle auf der Station zu beobachtenden Zenitabstände gemessen, so bildet man zunächst im Protokoll für jede Zeile das Mittel der Ablesungen von Nonius (Mikroskop) I und II. Dann prüft man die Güte der erreichten Resultate, indem man von den vier Zeilen jedes Objekts die 1. zur 4. und die 2. zur 3. addiert. Jede dieser Summen gibt durch ihre Abweichung von 360° den doppelten Zenitpunktfehler (siehe § 10) an. Da aber der Zenitpunktfehler immer nur eine Größe haben kann, so ist es klar, daß größere Abweichungen der erhaltenen Summen voneinander Zeichen für Fehler in der Messung sind. Als höchste zulässige Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Wert unter den Summen einer Station sollte man bei Nonieninstrumenten $1'$, bei Mikroskopinstrumenten $30''$ setzen. Bei Überschreitung dieser Grenze müssen diejenigen Objekte nochmals gemessen werden, bei denen der größte Ausschlag in den Summen gegen deren Mittel auftritt. — Vor Beendigung dieser Prüfung darf man das Instrument nicht abbauen (siehe Tabelle auf umstehender Seite).

Da die Höhe des Beobachtungspunktes über Mittelwasser bzw. über dem Kartenniveau, also über mittlerem Springniedrigwasser bekannt sein muß als Unterlage für die Berechnung der von hier aus abzuleitenden Höhen, so muß man auf die Ermittlung dieser Größe sehr bedacht sein. Ist der Beobachtungsort derart in der Nähe des Meeresufers gelegen, daß man eine im Wasser zu errichtende, mit Teilung versehene Latte (Meßlatte) mit dem Fernrohr anvisieren kann, so läßt sich die Höhe des Beobachtungspunktes über Mittelwasser unter Zuhilfenahme eines in der Nähe befindlichen bekannten Pegels direkt

S. M. S.		Gebiet: <i>Kieler Bucht.</i>									
Station: <i>M.-Kamp.</i>		B. Stativ: <i>zentrisch.</i>				den 8. 10. 1904.					
Instrument: <i>Theod. M. 15.</i>		Beobachter: Oblt. z. S. <i>X.</i>									
Uhr	Fr.	Objekt		Nonius			Libelle	Mittel			
		Namen	Ziel	Grad	I Min	II Min		Grad	Min		
	r.	N.-Bake	Brtrrd.	270	1.8	2.0	spielt ein	270	1.9		
	r.									2.0	
	l.					90	6.8	6.8	" "	90	6.8
	l.						6.5	6.8	" "		6.6
	l.	W.-Huk	höchster Punkt des Erdbodens	88	52.5	52.8	spielt ein	88	52.6		
	l.						52.5	52.5	" "	52.5	
	r.					271	16.2	16.5	" "	271	16.4
	r.						16.0	16.0	" "		16.0
	r.	F.-Leuchtturm .	Ob. Kante Laterne	270	24.2	24.0	spielt ein	270	24.1		
	r.						24.2	24.4	" "		24.3
	l.					89	44.2	44.4	" "	89	44.3
	l.						44.0	44.0	" "		44.0
	l.										
	l.										
	r.										
	r.										
	l.										
	l.										

Horizontale Entfernung Stativ-Wasserlinie $S = 38.7$ m.
 Zenitabstand eines Punktes 2,4 m über N. N. $Z = 94^{\circ} 10'$.
 Fernrohr über Erdboden = 1,2 m.
 unt. Brtrrd. " " = 4,4 m.

Nr.	Objekt	$(360^{\circ}+1) - r$		$(360^{\circ}+1) - r$		Zenitabstand		Nr.
		1-4	2-3	doppelter	einfacher			
1	N.-Bake	180 4.7	180 4.8	180 4.8	90 2.4	1		
2	W.-Huk	177 36.6	177 36.1	177 36.4	88 48.2	2		
3	F.-Leuchtturm	179 19.9	179 20.0	179 20.0	89 40.0	3		

ermitteln. Durch gleichzeitige Ablesung an der Latte und am Pegel (der Stand am Pegel kann auch für die betreffende Uhrzeit aus der Pegelkurve entnommen werden) findet man den Punkt, in welchem das Mittelwasser die Latte schneidet. Die Höhe des Beobachtungspunktes über der Referenzebene wird alsdann durch einfaches Anvisieren dieser Latte mit horizontal gerichtetem Fernrohr oder, wenn der Beobachtungspunkt höher liegt, durch Messung des Zenitabstandes der Oberkante der Latte ermittelt.

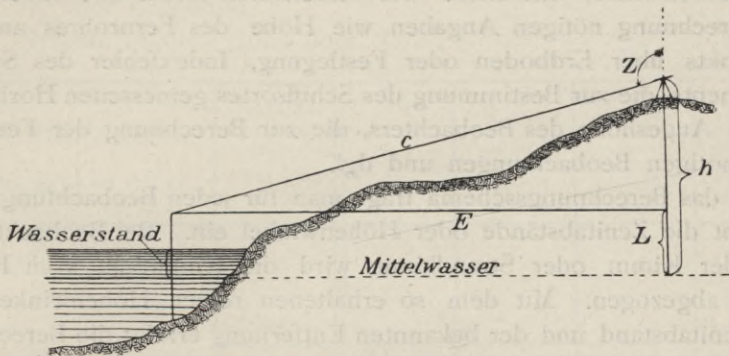


Fig. 3.

Ist diese direkte Beobachtung der Fernrohrhöhe über Mittelwasser nicht möglich, so muß entweder der Beobachtungspunkt von einem anderen Punkte aus durch Messen von Zenitabständen der Höhe nach bestimmt werden oder man muß bei der Beobachtung Zenitabstände nach einem der Höhe nach bekannten Punkte messen, um daraus die eigene Höhe abzuleiten.

b. Beobachtungen an Bord mit dem Sextanten (Oktanten, Quintanten).

Während bei Beobachtungen an Land auf den trigonometrischen Punkten die für die Berechnung der beobachteten Höhen nötigen Entfernungen aus der Triangulation bekannt sind, müssen bei Beobachtungen von Bord aus die Entfernungen der Objekte erst besonders ermittelt werden. Das geschieht durch genaue Bestimmung des Schiffsortes. Es wird dann der Höhenwinkel des Objektes über der Kimm oder Strandkimm gemessen. Die wechselnden und nicht immer voll in Rechnung zu ziehenden Refraktionsverhältnisse, denen gerade die Kimmstrahlen unterworfen sind, lassen diese Art der Höhenmessung gegenüber der Beobachtung an Land als minder zuverlässig erscheinen. Doch sollte bei allen wichtigen Objekten, deren Höhenbestimmung von Land aus nicht möglich ist, die Messung von Bord aus nicht veräußt werden.

Über die Art und Weise der Beobachtung siehe »Lehrbuch der Navigation«, Band I, § 264.

c. Die Berechnung.

Die Berechnung der Höhen wird nach den Formeln:

$$H_2 = H_1 + S \cdot \cotg z \text{ bzw. } \operatorname{tg} \alpha$$

oder $H_2 = H_1 + S \cdot \cotg z$ (bzw. $\operatorname{tg} \alpha$) + Corr. (Tafel X) ausgeführt.

Als Unterlage für die Berechnung dienen die Beobachtungsbücher, die die auf den einzelnen Stationen beobachteten Zenitabstände oder Höhenwinkel enthalten. Sie verzeichnen ferner alle anderen für die Berechnung nötigen Angaben wie Höhe des Fernrohres und des Zielpunkts über Erdboden oder Festlegung, Indexfehler des Spiegelinstruments, die zur Bestimmung des Schiffsortes gemessenen Horizontalwinkel, Augeshöhe des Beobachters, die zur Berechnung der Fernrohrhöhe nötigen Beobachtungen und dgl.

In das Berechnungsschema trägt man für jeden Beobachtungspunkt getrennt die Zenitabstände oder Höhenwinkel ein. Bei Beobachtungen über der Kimm oder Strandkimm wird die Kimmtiefe vom Höhenwinkel abgezogen. Mit dem so erhaltenen reinen Höhenwinkel bzw. dem Zenitabstand und der bekannten Entfernung erfolgt die Berechnung der Höhe der angezielten Punkte mit vierstelligen Logarithmen. — Man kann das Schema auch zur Berechnung der Höhe des Beobachtungspunktes über der Referenzebene verwenden, muß hierbei aber berücksichtigen, daß das Vorzeichen des erhaltenen Höhenunterschiedes umgedreht werden muß.

Das Schema bietet ferner noch Raum, um für jedes Objekt die aus mehrfachen Bestimmungen erhaltenen Werte zu mitteln und um außer dem Zielpunkt auch noch die Höhe anderer Punkte des Objekts zu berechnen. Man wird Sorge tragen, daß immer die Höhe des Bodens oder eines anderen auf längere Zeit nicht veränderlichen Punktes angegeben wird, nicht nur die Höhe des Bretterrandes an einer Bake oder ähnliches, was rasch vergänglich und zudem für die Seefahrt ohne Interesse ist (siehe nebenstehendes Schema).

§ 62. Barometrische Höhenmessung.

Die Theorie der barometrischen Höhenmessung wird als bekannt vorausgesetzt. JORDANS Handbuch der Vermessungskunde, Bd. II, gibt eingehenden Aufschluß darüber.

a. Instrumente.

Standbarometer. Man braucht zur Beobachtung barometrischer Höhen ein »Standbarometer«, d. i. ein Barometer, das während der Ausführung der Beobachtungen fest an seinem Ort verbleibt und hier in regelmäßigen Zwischenräumen zur Kontrolle der Schwankungen des

S. M. S.

Gebiet: *Kieler Bucht.*

Monat: Oktober.

Jahr: 1904.

Station: *M.-Kamp.*

Bodenhöhe über N. N. = —.— m
 Fr. über Erdboden = —.— „
 Fr. (oder Auges-) Höhe über N. N. = 5.2 „

Richtung nach =	Oberkante Latte		N.-Bake	W.-Huk	F.-Leuchtturm
Zielpunkt =	2.4 m über N. N.		Brittrd.	Erdboden	Ob.Kante Laterne
Zenitabstand Z od. Höhenwinkel α } Mittel =	94° 10.0'	Zur Bestimmung der Fernrohrhöhe im Beobachtungspunkt	90° 2.4'	88° 48.2'	89° 40.0'
Indexverbesserung . . . =					
Verbesserung für Strandskimm . . . =					
Verbesserung für Kimmtiefe . . . =					
verbessertes α =					
S . . .	1.5877		3.6804	3.4121	3.0908
tang α oder cotang Z . . .	8.8624 n		6.8439 n	8.3199	7.7648
S · tang α oder S · cotang Z . . .	0.4501 n		0.5243 n	1.7320	0.8556
=	(—) + 2.8 m		— 3.3 m	+ 54.0 m	+ 7.2 m
(Tafel X) Korrr. =	+ 0.0 „		+ 1.6 „	+ 0.5 „	+ 0.1 „
h =	+ 2.8 „		— 1.7 „	+ 54.5 „	+ 7.3 „
Im Beobachtungsort Fr. od. Auges H ₁ =	Latte = 2.4 „		5.2 „	5.2 „	5.2 „
Zielpunkt H ₂ =	5.2 m		3.5 m	59.7 m	12.5 m
Objekt: <i>N.-Bake.</i>	Objekt: <i>W.-Huk.</i>	Objekt: <i>F.-Leuchtturm.</i>			
Zielpunkt H (Mittel) = 3.5 m	Zielpunkt H (Mittel) = m	Zielpunkt H (Mittel) = m			
Zielpunkt über Erdb. = 2.4 „	Zielpunkt über . . = „	Zielpunkt über . . = „			
Erdbodenhöhe = 1.2 m	Erdbodenhöhe = 59.7 m	Oberkante Laterne Höhe = 12.5 m			

Luftdrucks abgelesen wird. Als Standbarometer wird man, wenn möglich, das Schiffsquecksilberbarometer verwenden, bei größerer Entfernung des Ankerplatzes von Land, oder wenn das Schiff während der Beobachtungen nicht vor Anker liegen bleibt, ein DARMERSches Reisebarometer^{*)} oder ein Aneroidbarometer. Diese verbleiben an Land.

Beobachtungsbarometer. Zur Beobachtung der Höhen gebraucht man ein oder noch besser zwei Aneroidbarometer. Das DARMERSche Reisebarometer hierfür zu benutzen, empfiehlt sich trotz der größeren Genauigkeit seiner Angaben nicht, da die Ablesung auf den einzelnen Stationen einen wesentlich größeren Aufenthalt verursacht als die eines Aneroids.

Thermometer. Ferner braucht man beim Stand- und bei den Beobachtungsbarometern ein Thermometer (Schleuderthermometer) zur Bestimmung der Lufttemperatur.

β. Gang der Beobachtungen.

Barometervergleiche. Die mitzunehmenden Beobachtungsbarometer vergleicht man vor Beginn der Beobachtungen mit dem Standbarometer, indem man sie in Höhe des Barometergefäßes bringt. Man liest, nachdem sie etwa zehn Minuten so nebeneinander gestanden haben, das Standbarometer und die Beobachtungsbarometer ab. Die Angabe von Quecksilberbarometern ist stets auf eine Temperatur von 0° Celsius zu reduzieren, nach den Angaben des am Barometer befestigten Thermometers und mit Hilfe der Tafel XIa des II. Teils, deren Angaben vom Barometerstand abzuziehen sind, wenn das Thermometer über 0° zeigt, und zu addieren sind, wenn das Thermometer unter 0° zeigt. Es sei ausdrücklich bemerkt, daß bei Verwendung des DARMERSchen Reisebarometers die in der Beschreibung zu diesem Instrument gegebenen Korrekturen zu verwenden sind. Die Schwerekorrektion sowie die Kapillaritätskorrektion werden ohne Schaden vernachlässigt. Die kompensierten Aneroidbarometer bedürfen keiner Temperaturkorrektion. Sollte die Kompensation nicht völlig gelungen sein, so gibt die dem Aneroid beigegebene Prüfungsbescheinigung der Physikalisch-technischen Reichsanstalt Aufschluß über die anzubringende Temperaturkorrektion. Den Unterschied zwischen der reduzierten Angabe des Standbarometers und der des anderen nennt man die Standkorrektion des Beobachtungsinstruments. Ist die Standkorrektion größer als etwa 2 mm, so verringert man sie durch die Korrektionsschraube an der Rückseite des Aneroids und bestimmt sie dann nochmals.

Die endgültigen Vergleichszahlen und die Standkorrekturen werden ins Barometerhöhenbuch eingetragen.

^{*)} Über dies Barometer ist alles Nötige in der jedem Instrument mitgegebenen Beschreibung enthalten.

Wird der Ort des Standbarometers an Land gewählt, so suche man dafür einen vor Sonnenstrahlung geschützten Platz, dessen Höhe über Mittelwasser bzw. Springniedrigwasser bekannt sein muß. Kennt man die Höhe des Standbarometerortes selbst nicht, so muß man einen Punkt von bekannter Höhe in die barometrische Höhenbestimmung einbeziehen, um die Höhe des Standbarometers zu ermitteln.

Vorsichtiger Transport der Aneroide. Die Beobachtungsaneroide sind auf dem Transport in ihren Kästen mit äußerster Sorgfalt zu tragen. Der Träger soll den Riemen über die Schulter legen und den Kasten in der Hand halten, nicht an den Körper gedrückt, weil die Barometer schon gegen die durch die Schritte des Trägers hervorgerufenen Erschütterungen empfindlich sind.

Beobachtungen auf dem zu bestimmenden Punkte. Auf einer zu bestimmenden Station wird der Kasten mit dem Barometer in den Schatten gesetzt, und geöffnet, das Thermometer dem Kasten entnommen und im Schatten geschwenkt. Nach fünf Minuten liest man Luftthermometer (nicht das am Aneroid befestigte) und Aneroid ab, letzteres nach leichtem Klopfen auf den Deckel; beide Ablesungen kommen nebst der Uhrzeit im Barometerhöhenbuch zur Notierung. Hat man zwei Aneroide mitgenommen, so führt man für jedes ein besonderes Protokoll.

Kontrollbeobachtungen in bekannter Höhe. Wenn man unterwegs Gelegenheit hat, an einem Orte mit bekannter Höhe die Beobachtungsbarometer abzulesen, so soll man das nicht versäumen. Immer aber wird man nach der Landung und vor dem Einschiffen ins Boot eine Beobachtung in der Wasserlinie machen. Diese Beobachtungen in bekannter Meereshöhe geben ein gutes Mittel zur Kontrolle der Ergebnisse.

Erschütterungen der Barometer notieren. Hat ein Barometer eine Erschütterung erlitten, so ist diese Tatsache mit Uhrzeit im Beobachtungsbuch zu notieren.

Barometervergleiche nach Rückkehr. Nach Beendigung aller Beobachtungen werden die Beobachtungsbarometer wieder mit dem Standbarometer verglichen, in derselben Weise wie vor Beginn der Beobachtungen. Die Vergleichsdaten und die Standkorrektur werden wieder ins Barometerhöhenbuch eingetragen.

Regelmäßige Ablesungen des Standbarometers. Während der Abwesenheit der Beobachter wird das Standbarometer und ein einwandfrei angebrachtes Luftthermometer von einer zuverlässigen Persönlichkeit in bestimmten Zeiträumen abgelesen, etwa alle halbe Stunden. Die Ablesungen werden mit genauer Uhrzeit notiert und die Barometerangaben auf 0° reduziert.

7. Berechnung.

Im Barometerhöhenbuch sind nach Beendigung der Beobachtungen die Spalten 1 bis 5 und der Kopf ausgefüllt.

Es wird zunächst die Standkorrektion des Beobachtungsbarometers in die Spalte 6 des Schemas eingetragen. Ist die Standkorrektion nach den Beobachtungen dieselbe geblieben wie vorher, so wird diese überall angewendet. Hat sie sich dagegen geändert, so nimmt man an, daß die Änderung proportional der verflossenen Zeit erfolgt ist, und dementsprechend wird die Spalte 6 ausgefüllt. Hat das Barometer unterwegs eine starke Erschütterung erlitten, so nimmt man die vor den Beobachtungen ermittelte Standkorrektion bis zum Augenblick der Erschütterung an, von da an aber die zum Schluß beobachtete Standkorrektion. Durch Addition der Standkorrektion zur unverbesserten Barometerablesung (Spalte 5) erhält man die »verbesserte Ablesung des Beobachtungsbarometers«, die in Spalte 7 hineingeschrieben wird.

Standbeobachtungen. Danach werden in Spalte 8 die auf 0° reduzierten Ablesungen des Standbarometers zur Zeit der Beobachtungen an Land hineingeschrieben. Um diese Ablesungen möglichst richtig zu erhalten, zeichnet man sich zweckmäßig die regelmäßigen Beobachtungen auf quadriertem Papier ein und entnimmt der danach konstruierten ausgleichenden Kurve die Barometerstände für die gewünschten Zeiten. Entsprechend wird auch in Spalte 9 die Luftwärme am Standbarometer eingetragen.

Mittlere Luftwärme. Man berechnet dann die mittlere Luftwärme: In Spalte 10 wird für jede Zeile das Mittel aus den Temperaturen am Standbarometer und am Beobachtungspunkt gebildet und auf ganze Grade abgerundet eingetragen.

Höhenberechnung. In den Barometerhöhentafeln (Tafel XIb) wird dann für alle Beobachtungen die »Meereshöhe« aufgeschlagen, und zwar die Höhen H_2 mit dem Eingang »Verbesserte Ablesung des Beobachtungsbarometers«, H_1 mit dem Eingang »Ablesung des Standbarometers«, beide für die in Spalte 10 verzeichnete Mitteltemperatur. Indem man die Differenz der beiden so erhaltenen Höhenwerte (die einzeln genommen Höhen über einem Orte vom Barometerstand 762 mm bedeuten) bildet, erhält man den Höhenunterschied zwischen dem Beobachtungspunkt und dem Ort des Standbarometers. Dieser Höhenunterschied wird in Spalte 13 eingetragen und gibt, zur Höhe des Standbarometers (H_0) addiert, die in Spalte 14 einzuschreibende Höhe des Beobachtungspunktes.

Im übrigen wird das folgende Beispiel die sonst noch nötigen Aufklärungen geben.

Siehe Beispiele S. 198/199.

δ. Genauigkeit der Barometerhöhen.

JORDANS Handbuch der Vermessungskunde, Band II, gibt in den §§ 159 und 161 näheres über die Fehlergesetze und die Genauigkeit der barometrischen Höhenmessung. Es geht daraus hervor, daß die Messungen eine im Hinblick auf die Anforderungen der Seekarte völlig ausreichende Genauigkeit ergeben. Gute Aneroide und vorsichtige Behandlung dieser Instrumente müssen allerdings vorausgesetzt werden.

Außerdem muß man es vermeiden, bei unsicheren atmosphärischen Verhältnissen Barometerhöhen zu beobachten; eine Periode möglichst stetigen Luftdrucks ist am besten dazu geeignet. Ferner suche man den Ort des Standbarometers möglichst nahe an die zu bestimmenden Punkte heranzulegen. Ist also der Ankerplatz des Schiffes weit von Land entfernt, so empfiehlt sich die Aufstellung des Standbarometers an Land.

§ 63. Das Nivellieren.

Das Nivellieren findet, wie bereits erwähnt, bei Küstenvermessungen nur Anwendung, wenn ein Pegel an eine feste Marke angeschlossen werden soll.

Theoretisches. a. Man ermittelt beim Nivellieren den Höhenunterschied zwischen zwei Punkten dadurch, daß man auf jedem dieser Punkte eine metrisch geteilte Latte aufstellt und durch Anzielen mit der horizontal gestellten Zielachse eines Instruments die Ablesung beider Latten gewinnt, deren Differenz den Höhenunterschied darstellt ($\Delta h = i - k$ in Fig. 4).

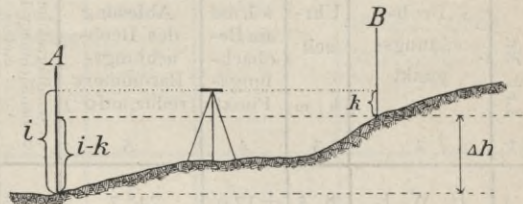


Fig. 4.

Der Höhenunterschied zwischen den Punkten A und B wird als positiv bezeichnet, wenn B höher liegt als A (der Fall der Fig. 4) und umgekehrt. Es ist klar, daß der Höhenunterschied AB von dem Höhenunterschied BA sich numerisch nicht, wohl aber durch das Vorzeichen unterscheidet. Dies ist sehr zu beachten.

b. Die Horizontalstellung der Zielachse ist bei jedem Instrument ohne weiteres herzustellen, dessen Fernrohr eine Libelle trägt. Der Instrumentenfehler wegen kann aber nicht vorausgesetzt werden, daß bei einspielender Libelle die Zielachse bereits horizontal liegt. Fig. 5 zeigt, daß ein Fehler x in der horizontalen Lage der Zielachse bei einspielender Libelle zur Folge hat, daß an den Latten nicht der Betrag i und k , sondern $i + v$ und $k + w$ abgelesen wird. Es ist klar, daß v gleich w wird, wenn die Abstände der Latten von dem Instrumente die

Barometer-

	Barometervergleiche		Bemerkungen, besonders Angaben über die Bezeichnung der Barometer und über den Standort des Standbarometers
	vor den Beobachtungen	nach den Beobachtungen	
Standbarometer reduziert auf 0°	748.0	745.5	Darmer Reisebarometer Nr. 6
Beobachtungsbarometer reduziert auf 0°	748.5	746.2	Aneroid Nr. 4169
Standkorrektur des Beob. Barom.	-0.5	-0.7	Standbarometer am Beobachtungspfeiler
Uhrzeit des Vergleichs	7 ⁵⁵ a. m.	6 ²⁰ p. m.	

Feldbeobachtungen							Standbeobachtungen	
Lfd. Nr.	Beobachtungspunkt	Uhrzeit h m	Luftwärme am Beobachtungspunkt	unverbesserte Ablesung des Beobachtungs-Barometers (reduz. auf 0°)	Standkorrektur des Beobachtungs-Barometers	verbesserte Ablesung des Beobachtungs-Barometers Spalte 5 und Spalte 6	Ablesung des Standbarometers (reduziert auf 0°)	Luftwärme beim Standbarometer
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	H. W. L.	8 5	+17.0°	748.7	-0.5	748.2	747.8	16.2°
2	Station A	9 59	+15.2	710.5	-0.6	709.9	746.9	16.4
3	" B	11 16	+13.7	682.9	-0.6	682.3	746.8	16.7
4	" C	1 30	+11.5	645.9	-0.6	645.3	746.6	16.7
5	" D	3 50	+15.0	705.7	-0.7	705.0	746.0	16.8
6	" E	4 45	+16.2	726.6	-0.7	725.9	745.7	16.6
7	H. W. L.	6 12	+17.4	746.6	-0.7	745.9	745.5	16.4

höhenbuch.

S. M. S.: „Möwe“.

Beobachtungsgebiet: X. X.

Datum: 12. XII. 1898.

Beobachter: N. N.

Das Standbarometer wurde abgelesen alle 30 Minuten

durch: N. N.

Berechnungen						Bemerkungen
mittlere Luftwärme Sp. 4+Sp. 9	Barometerhöhentafeln H ₂ Eingang mit den Angaben der Spalt. 7 und 10	H ₁ Eingang mit den Angaben der Spalt. 8 und 10	Höhenunterschied $\Delta H = H_2 - H_1$ Sp. 11 - Sp. 12	Höhe des Beob. Punktes $H = H_0 + \Delta H$ $H_0 = 5 \text{ m}$	Beobachtungspunkt	Wetter: sichtig Wind SW. St. 2
2	11	12	13	14	15	16
17°	157	161	- 4	+ 1	H. W. L.	
16	606	171	+ 435	440	Station A	
15	942	171	+ 771	776	" B	
14	1412	173	+ 1339	1344	" C	
16	665	182	+ 483	488	" D	
16	415	185	+ 230	235	" E	
17	184	188	- 4	+ 1	H. W. L.	

gleichen sind. Der Zielachsenfehler wird damit ausgeschaltet. Man achte bei den Arbeiten infolgedessen möglichst auf die Erfüllung dieser

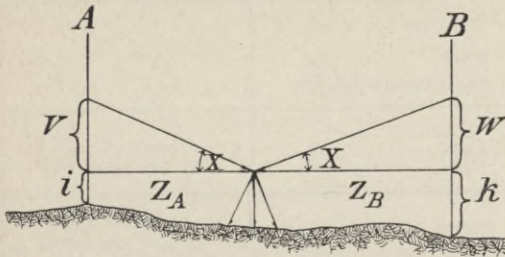


Fig. 5.

Bedingung. Die Zielweiten können im übrigen, falls Rücksichten auf Geländeverhältnisse dies nicht verbieten, so groß gewählt werden, daß eine sichere Ablesung der Latte noch gewährleistet bleibt. Sie sind somit im wesentlichen von dem Zustande der Luft abhängig.

Der Spielpunkt der Libelle wird nach den in § 10 gegebenen Vorschriften ermittelt. Spielt die Libelle auf diesen Punkt ein, so berechtigt die Konstruktion des Instruments zu der Annahme, daß die Zielachse horizontal steht. Die Achsen der Reversionslibelle endlich kann man als parallel voraussetzen.

Instrumente. Beim Nivellieren finden die kleinen Universalinstrumente und die Distanzlatte Verwendung. Diese genügen den gestellten Genauigkeitsansprüchen. Feinere Latte bzw. feinere Instrumente zu benutzen, würde Mehrarbeit und damit Zeitverlust bedeuten.

Ausführung der Arbeiten. Am Ausgangspunkt wird eine Latte, in möglichst großem Abstände davon in Richtung des anzuschließenden Objektes das Instrument, und in demselben Abstände und möglichst derselben Richtung die zweite Latte aufgestellt. Auf senkrechte, unveränderte Stellung der Latte muß geachtet werden. Zweckmäßig wählt man einen Stein als Unterlage. Die senkrechte Stellung der Latte während des Ablesens kann der Beobachter dadurch herstellen, daß er diese um den Fußpunkt in der Zielrichtung schwenken läßt. Die kleinste hierbei erreichte Ablesung entspricht der senkrechten Stellung der Latte. Diese Ablesung wird notiert. Ein zweiter Beobachter hat in diesem Moment die Fernrohrlibelle abgelesen. Diese soll nach Möglichkeit einspielen. Bei der Beobachtung der zweiten Latte ist zu beachten, daß die Libelle denselben Stand hat. Gegebenenfalls muß er durch die Feinbewegung hergestellt werden. Die zweite Ablesung wird wiederum notiert, und zwar hat man im Beobachtungsbuch zwei Spalten eingerichtet, von denen die linke die Überschrift »rückwärts«, die rechte die Überschrift »vorwärts« trägt. Man achte streng darauf, daß stets zuerst die Latte rückwärts, dann die Latte vorwärts abgelesen und die betreffenden Ablesungen in die richtige Spalte des Beobachtungsbuchs eingetragen werden. Dieselben Ablesungen mache man in derselben Reihenfolge zur Prüfung auf Richtigkeit der ersten Beobachtungen mit durchgeschlagenem Fernrohr.

Falls erforderlich, wähle man nach Erledigung der ersten Aufstellung eine zweite Aufstellung für das Instrument u. s. f., bis man mit der Latte vorwärts das anzuschließende Objekt erreicht hat. Bei dem Wechsel der Aufstellung des Instruments muß darauf geachtet werden, daß die Höhenlage der stehenbleibenden Latte beim Drehen in die Richtung der zweiten Aufstellung des Instruments unverändert bleibt, da sie den Anschluß für die weiteren Beobachtungen bildet.

Zur Berechnung des Höhenunterschiedes bildet man im Beobachtungsbuch die Summen aller Ablesungen rückwärts und vorwärts. Die Differenz dieser beiden Summen ist der Höhenunterschied, und zwar ist derselbe positiv, d. h. der Endpunkt liegt höher als der Anfangspunkt, wenn die Summe »rückwärts« die größere, negativ, wenn das Umgekehrte der Fall ist.

Als Beispiel wird nachfolgend ein Nivellement zum Anschluß des Nullpunktes eines Pegels an eine Höhenmarke gegeben:

Libelle oben:

Libelle unten:

Objekt	rückwärts m	Objekt	vorwärts m	Objekt	rückwärts m	Objekt	vorwärts m
Pegel	2.81	1	2.38	Pegel	2.79	1	2.36
1	3.02	2	2.76	1	3.00	2	2.74
2	3.39	3	2.68	2	3.36	3	2.65
3	3.00	4	2.85	3	2.98	4	2.83
4	3.90	5	2.35	4	3.88	5	2.32
5	3.10	6	2.71	5	3.09	6	2.69
6	3.90	Höhen- marke am Haus	0.81	6	3.88	Höhen- marke am Haus	0.79
Summe . vorwärts	23.12 16.54		16.54	Summe . vorwärts	22.98 16.38	Summe . .	16.38
Höhen- unter- schied .	+ 6.58			Höhen- unter- schied .	+ 6.60		
				Mittel . .	+ 6.59		

Abschnitt IX.

Geländeaufnahme.

Der Geländeaufnahme (Topographie) fallen zwei verschiedene Aufgaben zu, nämlich: 1. die Lagebestimmung von Landmarken und Lotobjekten außerhalb des Triangulationsnetzes, und 2. die eigentliche Aufnahme des Geländes, besonders der Strandlinie.

Die vorhandenen Landmarken und die besonders aufgestellten Lotobjekte bedingen bei der Bestimmung ihrer Lage ziemlich genaue Methoden, weil nach ihnen die Ortsbestimmung beim Loten stattfindet und der Seefahrer später seinen Schiffsort aus der Lage der Landmarken ableitet.

Die eigentliche Aufnahme des Geländes, besonders der Küstenlinie, kann meist mit wesentlich geringerer Genauigkeit geschehen. Sie soll nur insoweit erfolgen, als es die Bedürfnisse der Schifffahrt erheischen.

A. Die verschiedenen Verfahren zur Lagebestimmung von Landmarken und Lotobjekten.

§ 64. Das Vorwärtseinschneiden.

Diese genaueste Bestimmungsart ist eigentlich mehr trigonometrischer Natur, doch ist ihre Erwähnung an dieser Stelle nötig. Die zu bestimmenden Objekte werden bei den trigonometrischen Stationsbeobachtungen mit eingeschritten, und zwar zusammen mit einem TP, dessen Richtung als Anschluß dient, in einem Satz.

Man könnte dann die Objekte berechnen, wird sich aber auf diese Umständlichkeit meist nicht einlassen, sondern nach Eintragung der TP in die Arbeitskarte den Ort der Objekte aus zwei oder besser drei Schnitten konstruieren. Voraussetzung für diese sehr genaue Methode ist aber, daß von den Schnitten wenigstens zwei einen Winkel von mindestens 20° und höchstens 160° miteinander bilden.

Dies Verfahren wird für die Ortsbestimmung wichtiger Geländepunkte die Regel bilden. Es hat den Vorteil, keinen wesentlichen

Zeitaufwand zu erfordern. Fernerhin brauchen die zu bestimmenden Punkte nicht betreten zu werden.

§ 65. Aufnahme mit dem großen Telemeter.

Das große Telemeter gestattet außer der unmittelbaren Bestimmung von Entfernungen auch ein Messen von Horizontalwinkeln.

Zur Aufnahme von Objekten stellt man das große Telemeter entweder auf einem TP auf oder auf einem Punkt, dessen Lage man mit Hilfe des Telemeters bestimmt aus dem Winkel zwischen zwei TP und der Entfernung von beiden.

Man wähle einen Aufstellungsort, von dem aus man möglichst viele Objekte sehen kann, justiere das Instrument und bestimme dann von allen in Frage kommenden Punkten Richtung und Entfernung. Nach der Messung muß die Justierung wiederum geprüft werden. Hat sie sehr geändert, so ist die Messung zu wiederholen und während dieser Messung nochmals zu justieren.

Zu bemerken ist noch, daß man zur Ermittlung von Entfernungen unter 500 m das kleine Telemeter verwenden muß.

Man trägt die Aufnahmen sogleich im Felde in einen Handriß ein.

§ 66. Der Polygonzug.

Der Polygonzug wird zur Lagebestimmung von Landmarken und Lotobjekten nur gewählt werden dürfen, wenn die Verhältnisse so liegen, daß die anderen unter A genannten Verfahren nicht in Frage kommen können. Er gehört in das Gebiet der reinen Topographie und steht damit dem Charakter der Küstenvermessung, die sich vor allen Dingen nicht im Kleinen verlieren darf, fern. Das Verfahren ist bisher bei unseren Küstenvermessungen häufig zur Anwendung gekommen und hat darum auch hier noch Aufnahme gefunden.

Man versteht unter einem Polygonzug eine Kette von Einzelstrecken, die ihrer Richtung und Länge nach bekannt sind. Der Zug soll nach Möglichkeit auf einem trigonometrisch bestimmten Punkte anfangen und auf einem Punkte gleicher Art enden.

Instrumente und Geräte. Zum Legen des Polygonzuges bedient man sich des kleinen Universalinstruments, mit dessen Hilfe man nicht nur Richtung und Länge der Polygonstrecken, sondern auch Höhenunterschiede bestimmen kann.

Ferner sind noch erforderlich:

- eine Anzahl (3 bis 5) Distanzlatten,
- ein Feldzeichentisch mit Stativ, der den Handriß aufnimmt.

Der Handriß ist eine Kopie oder Vergrößerung eines Teils der Arbeitskarte. Es sind darauf die für den betr. Polygonzug in Betracht

kommenden trigonometrischen Punkte sowie einige geographische Koordinaten eingetragen. Außerdem erhält er einen Maßstab und handschriftlich die Angabe der für den Zug nötigen Azimute;

ein Auftrageapparat für Geländeaufnahmen, zur Konstruktion von Richtungen in der Karte;

eine Krokiertasche mit Bleistift, Zirkel und Maßstab. Zum Zeichnen benutze man stets nur die mitgegebenen allerhärtesten Bleistifte;

ein Beobachtungsbuch für Geländeaufnahme;

ein Bündel Holzpflocke, 30 bis 40 cm lang.

Sollen Höhenbeobachtungen gemacht werden, so ist die in der Bücherausrüstung der Vermessungsschiffe enthaltene Kotentafel mitzunehmen.

Die Mitnahme eines Beobachtungsschirms ist dringend zu empfehlen, um den Handriß gegen leichten Regen zu schützen und um die den Augen schädliche direkte Sonnenbestrahlung des Zeichens papiers zu verhindern.

An **Personal** ist zum Legen eines Polygonzuges erforderlich:

1 Offizier bzw. Steuermann als Beobachter,

1 Unteroffizier als Zeichner,

1 Vermessungsgast als Protokollführer und etwa

3 Mann als Lattenträger.

Gang der Beobachtungen. Aufstellung. Das kleine Universalinstrument wird auf dem als Ausgangsort dienenden trigonometrischen Punkte aufgestellt. Etwa 3 m davon wird der Feldzeichentisch, ungefähr orientiert, hingestellt. Der Aufschreiber nimmt seinen Platz zwischen Beobachter und Zeichner.

Auswahl der Polygonpunkte. Man wählt nun den nächsten Punkt des Polygonzuges aus. Für diese Wahl ist folgendes zu berücksichtigen: Der neue Punkt muß vom ersten Instrumentenstand aus gut zu sehen sein. Er muß für das Weiterarbeiten günstig liegen, d. h. von ihm aus muß die Wahl eines weiteren geeigneten Punktes möglich sein. Die Polygonpunkte sollen so liegen, daß man von ihnen aus die aufzunehmenden Objekte sehen kann. Wenn es ohne Schwierigkeit zu ermöglichen ist, soll der Polygonpunkt selbst ein für die Karte wertvoller sein: die Hochwasserlinie, ein Flußrand, eine Huk, eine Wegkreuzung, ein Lotobjekt, der höchste Punkt eines Hügels werden also erwünschte Polygonpunkte sein. Die Entfernung der Punkte voneinander kann bis zu 500 m betragen; weiter reicht die Lattenteilung nicht. Kurze Strecken sind ungünstig, vor allem, weil man mit langen Strecken schneller vorwärts kommt.

Auf dem gewählten Punkt, der in schwierigem Gelände vom Zeichner oder Beobachter persönlich ausgesucht wird, schlägt der mit-

genommene Lattenträger einen der Holzpflocke ein. Auf dessen obere Fläche stellt er dann seine Latte, die Teilung dem Instrument zugewendet, in senkrechter Stellung auf.

Beobachtung eines TP. Der Beobachter stellt einen im Handriß eingezeichneten trigonometrischen Punkt im Fernrohr auf den Vertikalfaden ein und liest die Nonien I und II ab.

Beobachtung der Latte auf dem nächsten Polygonpunkte. Es wird dann die auf dem nächsten Punkte des Polygonzuges aufgestellte Distanzlatte anvisiert, und zwar zunächst mit dem Vertikalfaden, wobei darauf zu achten ist, daß man die Einstellung auf den tiefsten überhaupt sichtbaren Punkt der Latte macht, damit nicht durch schiefe Haltung der Latte Fehler in die Beobachtung hineinkommen. Nach Ablesung der Nonien I und II des Horizontalkreises ist es ein Leichtes, die Richtung der ersten Strecke des Polygonzuges zu errechnen: Wenn man den Wert der Richtung nach dem vorher angezielten TP von der Richtung nach dem nächsten Polygonpunkte abzieht, so erhält man den Winkel, den die beiden in Rede stehenden Richtungen im Instrumentenort miteinander bilden. Addiert man diesen Winkel zu dem bekannten Azimut der trigonometrischen Seite, so ergibt sich das Azimut der Polygonseite.

Einzeichnen der Beobachtungen in den Handriß. Diese eben besprochene Berechnung findet nun aber in Wirklichkeit nicht statt. Sie wird ersetzt durch die Konstruktion auf dem Handriß: Der Zeichner stellt die Nullmarke seines Auftrageapparates auf den Betrag der Nonienablesung des trigonometrischen Objekts und legt die Ziehkante seines Apparates an diese in der Karte ausgezogene Richtung an, wobei der Nullpunkt über dem augenblicklichen Aufstellungsort stehen muß. Indem nun der mit Kreisteilung versehene äußere Teil des Auftrageapparates festgehalten wird, dreht man die Nullmarke des inneren Teils auf die Nonienablesung des kleinen Universalinstruments für den Polygonpunkt. Dann steht die Ziehkante des Apparats in der Richtung, in welcher der Polygonpunkt auf der Karte einzutragen ist. Diese Richtung wird durch einen Strich bezeichnet, der an der Ziehkante, möglichst weit entfernt von deren Mitte, gemacht wird. Es ist wichtig, daß alle diese Strecken in möglichst großer Länge angedeutet werden, weil durch kurze Strecken, die der Ziehkante bei erneutem Anlegen keine eindeutige Richtung geben, grobe Ungenauigkeiten in die Zeichnung hineinkommen können.

Zur Bestimmung des Polygonpunktes ist außer der Richtung noch die Ermittlung seiner Entfernung vom Instrument notwendig.

Bestimmung der Entfernung. Die Entfernung wird vom Beobachter mit dem Fadendistanzmesser in der Weise ermittelt, daß er den oberen oder unteren der drei Fäden im Fernrohr auf einen Grenzstrich

zwischen zwei benachbarten Metern oder mindestens zwischen zwei Dezimeterstrecken der Latte einstellt und dann die Lattenstrecke abzählt, die zwischen den beiden Distanzfäden im Fernrohr erscheint. Die Zentimeter werden dabei geschätzt. Durch Multiplizieren der Lattenstrecke mit der Multiplikationskonstante des Instruments erhält man den Abstand in Metern. Er wird nur auf ganze Meter genau ermittelt und protokolliert. Der Zeichner greift mit dem Zirkel die Entfernung auf seinem Maßstab ab und trägt sie auf dem Handriß ein, wobei er den Ort dieses ersten Polygonpunktes durch einen feinen, umkreisten Nadelstich und die Bleistiftbezeichnung 1 kennzeichnet: $\odot 1$.

Hiermit ist die Bestimmung der ersten Polygonzugstrecke erledigt, und im Handriß sind deren beide Endpunkte: der TP und P₁, eingetragen.

Höhenbestimmung. Besonders wichtige Punkte, bei denen die Angabe der Höhe über Mittelwasser von Wert für die Seekarte ist, kann man bei der Geländeaufnahme auch noch ihrer Höhe nach bestimmen. Voraussetzung dazu ist, daß die Höhe des Instrumentenortes bekannt oder etwa nach der Hochwasserlinie zu ermitteln ist. Im übrigen erfolgt die Bestimmung des Höhenunterschiedes nach dem Verfahren der trigonometrischen Höhenmessung (s. Abschnitt VIII, § 61).

Die Beobachtung geschieht am bequemsten in der Weise, daß man einen Punkt an der Latte anzielt, dessen Höhe über dem Boden die gleiche ist wie die des Fernrohrs. In der Annahme einer durchschnittlichen Fernrohrhöhe von 1,3 m ist an den Distanzlatten ein Punkt in der Höhe von 1,3 m durch einen Stern gemarkt. Man zielt also diesen Punkt mit dem mittleren der drei Horizontalfäden im Fernrohr an und liest dann den Zenitabstand ab (oder bei älteren Instrumenten den Höhenwinkel, wobei auf das Vorzeichen besonders zu achten ist!). Da die Entfernung bekannt ist und stets so gering bleibt, daß die Korrektion für Erdkrümmung und Strahlenbrechung vernachlässigt werden kann, so ist die Berechnung des Höhenunterschiedes nach der Formel $h = S \cdot \cotang z$ oder $= S \cdot \tang \alpha$ ohne weiteres ausführbar. Durch die Kotentafel wird indessen die Berechnung überflüssig gemacht, so daß das Ergebnis im Felde aufgeschlagen werden kann.

Aufnahme von Geländeeinheiten (Lattenpunkten). Nach der Bestimmung des ersten Polygonpunktes (P₁) erfolgt die Bestimmung der vom TP aus sichtbaren, für die Seekarte wichtigen Objekte. Es sei z. B. in der Nähe des TP die Strandlinie und eine Flußmündung aufzunehmen, dann würde auf die Punkte, die der Zeichner für die Darstellung dieser Objekte im Handriß braucht, je eine Distanzlatte gestellt werden. Die Richtung und Entfernung vom Instrumentenort

aus sowie nötigenfalls die Höhe dieser »Lattenpunkte« (L_1, L_2 usw.) werden in genau derselben Weise bestimmt, wie der P_1 bestimmt wurde. Ebenso erfolgt das Einzeichnen in den Handriß. Eine Abweichung von dem früher Gesagten kann aber insofern eintreten, als wegen der geringeren Wichtigkeit, die den Lattenpunkten innewohnt, die Ablesung des Nonius I allein für die Ermittlung der Richtung genügend ist.

Die Bezeichnung im Handriß geschieht nur durch einen feinen Stich, an welchen die Bezeichnung des Lattenpunktes geschrieben wird: $\cdot L_7 \cdot L_{10}$ usw. Die Objekte, zu deren Darstellung die Lattenpunkte gebraucht werden, zeichnet man an Ort und Stelle in den Handriß ein. Für die anzuwendenden Signaturen ist die vom Reichs-Marine-Amt herausgegebene »Erklärung der Abkürzungen und Zeichen« maßgebend.

Schwierigkeiten bei Aufnahme von Objekten. Solche Objekte, auf die man einen Mann mit Latte nicht schicken kann, z. B. steile Felsen, im Wasser befindliche Steine, werden in der Weise aufgenommen, daß sie von zwei oder besser drei Punkten des Polygonzuges aus ihrer horizontalen Richtung nach eingeschnitten werden. Zwei dieser Richtungen sollten sich möglichst unter einem Winkel von 90° schneiden. Ist daran gelegen, auch die Höhe eines solchen Objektes zu ermitteln, so visiere man seinen höchsten Punkt mit dem mittleren Horizontalfaden an und notiere die Fernrohrhöhe über Mittelwasser in der betr. Aufstellung. Aus dem Handriß kann man dann die Entfernung abgreifen. Mit dieser und dem Höhenwinkel erhält man den Höhenunterschied zwischen Fernrohr des Instruments und Oberkante Objekt.

Beobachtungen auf den Polygonpunkten. Nachdem vom TP aus alles Nötige aufgenommen ist, wird der Punkt verlassen und das auf dem Stativ verbleibende Instrument und der Zeichentisch nach P_1 transportiert. Unterwegs müssen Beobachter und Zeichner sich genau umsehen, damit kein für die Seekarte wichtiges Objekt ihrer Aufmerksamkeit entgeht.

Über dem durch den Pflock bezeichneten Punkt P_1 wird das Instrument zentrisch aufgestellt. Daneben steht wieder der Zeichentisch.

Auf den soeben verlassenem TP kommt eine Distanzlatte, der nächste Polygonpunkt (P_2) wird ausgewählt, durch einen Pflock bezeichnet und eine Latte daraufgestellt.

Nach Horizontierung des Instruments wird:

1. die auf dem TP stehende »hintere« Latte angezielt, die Nonien des Horizontalkreises abgelesen, dann die Entfernung dieser Latte abgelesen und nötigenfalls der Höhenunterschied bestimmt, alles, wie vorher beschrieben;
2. die auf P_2 stehende »vordere« Latte in derselben Weise abgelesen.

Dadurch ist die Richtung und Länge der zweiten Polygonstrecke bestimmt, die, von der bekannten Richtung $P_1 - TP$ ausgehend, in entsprechender Weise in dem Handriß eingezeichnet wird, wie es vorher auf dem TP geschildert wurde.

Die nochmalige Bestimmung der Entfernung $TP - P_1$ geschieht lediglich zur Kontrolle. Man überzeuge sich also stets, daß die unbeeinflußt abgelesene Entfernung mit der vorher ermittelten übereinstimmt.

Es folgt die Lattenaufnahme der von P_1 aus sichtbaren Objekte, dann Aufstellung des Instruments in P_2 , wo sich zuerst die Bestimmung von P_3 , dann die der anderen Objekte abspielt, und so wiederholt sich die Arbeit auf jedem Polygonpunkte.

Kontrolle durch Anvisieren von TP. Man tut gut, wenn man etwa von jedem dritten Polygonpunkte aus eine Richtung nach einem oder zweien der im Handriß eingezeichneten TP mißt und sich vergewissert, daß diese Richtung beim Einzeichnen auf dem Handriß den angezielten Punkt trifft. Merkliche Abweichungen lassen auf Beobachtungs- oder Zeichenfehler schließen, denen man zweckmäßig sogleich nachspürt.

Das Ende des Polygonzuges. Wenn man mit dem Polygonzug auf dem letzten Polygonpunkt vor dem End-TP angekommen ist, so ersieht man beim Eintragen der letzten Richtung und Entfernung in den Handriß, ob der Zug richtig auf dem TP endet. Ganz genau wird er das meist nicht tun, schon weil die Zeichnung im Felde selten ganz exakt wird. Der im Handriß durch \triangle bezeichnete TP wird also nicht mit dem letzten Zirkelstich übereinstimmen. Man bezeichnet dann diesen aus dem Polygonzug konstruierten Punkt durch einen Stich und ein Bleistiftdreieck darum.

Zuletzt stellt man das Instrument noch auf dem End-TP auf, stellt die Richtung nach dem letzten Polygonpunkt ein, mißt dessen Abstand und stellt dann einen der von hier aus sichtbaren TP ein. Dies geschieht, um wieder eine Richtungskontrolle zu haben und um den Polygonzug auch in umgekehrter Richtung konstruieren zu können.

Zum Schluß werden noch die vom End-TP aus aufzunehmenden Objekte bestimmt.

Unterbrechung des Polygonzuges. Muß man einen Polygonzug unterbrechen, ehe man einen TP erreicht hat, so trage man Sorge für gute Festlegung und möglichst genaue Ortsbestimmung des letzten Polygonpunktes.

Die Ortsbestimmung geschieht am besten durch einen Rückwärts-einschnitt, d. h. die Messung der Richtungen nach 3 TP. Hat man nur 2 TP in Sicht, so stelle man deren Richtungen ein und lese

außerdem die Magneteinspielung ab. Nur wenn diese Ortsbestimmung gemacht ist, kann ein Polygonzug kontrolliert werden. Das Einstellen der Richtung nach nur einem TP nebst Ablesung der Magnetnadel ergibt keine unzweideutige Ortsbestimmung, muß aber im Notfall genügen. Außerdem sind der letzte Punkt und die beiden benachbarten Polygonpunkte in einer Weise festzulegen, daß man sie ganz sicher wiederfindet.

Ein unterbrochener Polygonzug muß sobald als möglich zu Ende geführt werden.

Fertigstellung des Handrisses. Es empfiehlt sich nach Rückkehr an Bord, die Eintragungen in dem Handriß mit Tusche nachzuzeichnen, damit nichts davon verwischt werden kann. Eine Neukonstruktion des Zuges auf dem Handriß darf nicht stattfinden, auch dann nicht, wenn Zeichenfehler im Handriß gemacht worden sind. Die Beseitigung solcher Fehler und die Ausgleichung des Zuges finden in der Arbeitskarte statt (siehe »Ausgleichung des Zuges«).

Die Protokollführung. Es sind die gedruckten »Beobachtungsbücher für Geländeaufnahme« zu verwenden. Diese enthalten Spalten für die Protokollierung der Horizontal- und Höhenwinkelmessung, sowie Raum für die Höhenberechnung. Die Anordnung der Niederschrift geht aus dem Vordruck hervor. Zur Vermeidung von Irrtümern muß der Beobachter alle Angaben für die Niederschrift selbst machen.

Die Ausgleichung des Zuges. Einzeichnen der Aufnahme in die Arbeitskarte. Eine Berechnung des Zuges findet nicht statt, die Ausgleichung von Widersprüchen geschieht graphisch.

Es ist schon oben erwähnt, daß der Zug im Handriß meist nicht genau richtig auf dem End-TP ankommen wird. Eine Ausgleichung auf dem Handriß findet aber niemals statt. Das geschieht vielmehr in der Arbeitskarte in folgender Weise:

Ohne sich um die Lattenpunkte zu kümmern, trägt der Zeichner die Polygonpunkte des Zuges in die Arbeitskarte ein, wobei er genau so verfährt, wie es bei der Handrißzeichnung geschildert wurde. Fällt der Endpunkt dieser Konstruktion nicht mit dem in der Arbeitskarte eingezeichneten TP zusammen, so ist eine Ausgleichung nötig. Diese besteht darin, daß der sich ergebende Schlußfehler auf die Polygonpunkte gleichmäßig verteilt wird, so daß also jeder der Punkte des Zuges seinen Ort etwas ändert.

Ein Beispiel wird dies erläutern: Ein Polygonzug von 14 Punkten (den Ausgangs-TP als Punkt 0 nicht mitgerechnet) ergebe beim Einzeichnen in die Arbeitskarte einen Schlußfehler von 7 mm. Das heißt also, der Endpunkt des Polygonzuges und der eingetragene TP liegen 7 mm auseinander. Der letzte Punkt des Zuges muß um diese vollen

7 mm verschoben werden, damit er auf dem TP zu liegen kommt. In der Richtung parallel zu dieser 7 mm-Strecke wird P_7 um 3.5 mm verschoben, P_1 um 0.5 mm, P_{13} um 6.5 mm, u. s. f.

Nachdem diese Ausgleichung stattgefunden hat, trägt man die Lattenpunkte ein, und zwar derart, daß sie zu den ausgeglichenen Polygonpunkten und deren Verbindungslinien die aus dem Protokoll sich ergebende Lage erhalten. Dann zeichnet man die Karte nach dem Handriß und dem Beobachtungsbuch aus, zunächst mit Bleistift, dann mit Tusche.

Fehler. Man darf natürlich nicht jeden beliebigen Schlußfehler hinnehmen und durch Ausgleich wegbringen. Ist der Schlußfehler zu groß, oder besteht Verdacht auf grobe Fehler, oder zeigen sich beim Loten starke Ausschläge, wenn die Winkelmesser Objekte wechseln, so muß der Zug noch einmal gelegt werden. Welcher Fehler als zulässig anzusehen ist, richtet sich nach den Verhältnissen, insbesondere nach dem Maßstab der Karte. Im allgemeinen wird man einen Fehler als höchsten zulässigen ansehen müssen, der $50 \cdot \sqrt{x}$ Meter beträgt (in welcher Formel x die Anzahl Kilometer bedeutet, welche die Summe der Polygonstrecken ausmacht). Danach wäre also ein Schlußfehler zulässig:

von	50 m	bei	1 km	Polygonzug,
„	112	„	5	„
„	158	„	10	„
„	194	„	15	„
„	224	„	20	„

Bei Innehaltung dieser Fehlergrenzen wird man erwarten dürfen, daß die Lotobjekte durch den Polygonzug genau genug bestimmt sind, um für die Lotungen eine hinreichend genaue Ortsbestimmung zu geben. Dabei wird aber noch viel abhängen von dem Maßstab der Karte und der Entfernung, auf welche die Lotobjekte zum Winkelmessen benutzt werden. Der durch falsche Lage des Lotobjektes bewirkte Fehler in der Ortsbestimmung wächst mit der Entfernung von dem ungenauen Objekt, und eine Ungenauigkeit in der Bestimmung des Lotpunktes macht sich mehr auf einer Karte großen Maßstabes bemerkbar als bei kleinem Maßstab.

In jedem Falle wird über die Zulässigkeit eines vorhandenen Schlußfehlers grundsätzlich die Entscheidung des Leiters der Vermessung einzuholen sein, und dieser wird unter Berücksichtigung des Vorhergesagten sein Hauptaugenmerk darauf richten, daß er brauchbare Lotungen erhalten muß, und sich danach entscheiden. Die vorstehend gegebene Tabelle ist als maßgebend nicht anzusehen. Man wird in einzelnen Fällen höhere Anforderungen stellen müssen, oft aber auch Polygonzüge mit größeren Schlußfehlern durchlassen dürfen.

Leicht vorkommende Fehler. Folgende beim Polygonzug nicht selten unterlaufende Fehler seien zum Schluß noch erwähnt:

Ablesen des Horizontalkreis-Nonius II statt I, was Schwenkungsfehler von 180° verursacht.

Versehen bei der Nonienablesung um $20'$, 1° , 5° , 10° , 100° kommen vor und bewirken entsprechende Schwenkungsfehler.

Bei der Entfernungsbestimmung kann man sich um 1 dm oder 1 m an der Latte verzählen, was 10 bzw. 100 m Streckenfehler ergibt. Es kommt auch wohl vor, daß man nur die Lattenstrecke zwischen dem Mittelfaden und einem Distanzfaden abliest, wodurch die betreffende Strecke um die Hälfte zu kurz gelesen wird.

Bei Ermittlung des Höhenunterschiedes verwechselt man leicht die Fäden, so daß man statt des Mittelfadens einen Distanzfaden einstellt. Das gibt Fehler in der Höhe.

Dies sind die hauptsächlich vorkommenden Beobachtungsfehler, die natürlich bei hinreichender Aufmerksamkeit vermieden werden können und die, mit Ausnahme der Schwenkungsfehler, bei der Messung nach der »hinteren« Latte zum Vorschein kommen müssen.

Ein Schlußfehler kann auch auf eine falsche Multiplikationskonstante des Fadendistanzmessers zurückgeführt werden. Der Wert der Konstante, der vom Mechaniker angegeben wird, ist unveränderlich, solange das Fernrohr aus denselben Teilen zusammengesetzt bleibt. Werden aber das Objektiv oder die Fadenplatte vertauscht, so ändert sich der Wert. Ein Fehler in der Konstante von 0.5 Einheiten würde bei 20 km Polygonzug schon einen Schlußfehler von 100 m hervorbringen, der durch den Ausgleich allerdings vollständig ausgeschaltet wird.

Durch häufiges Einschneiden trigonometrischer Punkte während des Zuges erhält man meist einen Anhalt dafür, wo ungefähr ein etwaiger Fehler liegt und welcher Art er sein kann.

§ 67. Der Quintantenzug.

Unter diesem Namen versteht man einen Polygonzug, zu dessen Ausführung man statt des kleinen Universalinstruments einen Quintanten zusammen mit einem kleinen Telemeter verwendet. Um Winkel von mehr als 120° messen zu können, wird auf den Quintanten ein Pentagonalprisma aufgesetzt, das der Beobachter über und hinter dem kleinen Spiegel sieht und welches den direkten Sichtstrahl um den konstanten Betrag von 100° nach links ablenkt. Mit diesem Instrument sind somit ohne das Prisma Winkel von 0° bis 120° zu messen, mit aufgesetztem Prisma solche von 100° bis 220° . Es kann somit zur Bestimmung aller Brechungswinkel benutzt werden. Die Entfernungen ergeben sich aus den Messungen mit dem kleinen Telemeter. Die Messung von Höhenwinkeln ist natürlich nicht möglich.

Der Beobachter muß sich bemühen, beim Messen den großen Spiegel des Quintanten zentrisch über dem Beobachtungspunkt zu halten, andernfalls können erhebliche Fehler entstehen. Im allgemeinen steht dies Verfahren dem eigentlichen Polygonzug an Genauigkeit nicht wesentlich nach, vorausgesetzt, daß das Telemeter richtig justiert ist.

Die Möglichkeit, auch größere Entfernungen als 500 m messen zu können, wird man ebenso als Vorteil empfinden wie die Minderarbeit und damit verbundene größere Geschwindigkeit gegenüber dem eigentlichen Polygonzug. Der Quintantenzug verdient daher vor dem Polygonzug den Vorzug.

§ 68. Das Rückwärtseinschneiden.

Man mißt mit beliebigem Winkelinstrument in dem zu bestimmenden Punkt Doppelwinkel nach mindestens 3 TP und ermittelt den Ort im Handriß bzw. der Arbeitskarte durch Eintragen mit dem Doppeltransporteur.

Wichtige Punkte werden nach der Sehnenmethode konstruiert (siehe Tafel XIII).

Dies Verfahren setzt die Sichtbarkeit von mindestens 3 TP unter günstigen Winkeln zueinander voraus, was bei der Vermessung von Küstenstrecken nicht oft, meist nur in Buchten und Häfen vorkommen wird. Wird das Verfahren dergestalt beschränkt, so ist es doch, wo anwendbar, sehr zu empfehlen, da die Genauigkeit jener des Polygonzuges ebenbürtig, der Zeitaufwand aber sehr viel geringer ist.

§ 69. Vorwärtseinschneiden von Bord aus.

Das Schiff bzw. Boot wird auf der Stelle gehalten, am besten verankert. Man bestimmt dessen Ort durch Doppelwinkelmessung nach 3 oder mehr TP. Gleichzeitig wird an Bord der Winkel gemessen zwischen dem zu bestimmenden Objekt und einem der vorhandenen TP. Trägt man dann den Schiffsort durch Doppeltransporteur in die Karte ein und stellt danach am Transporteur den Winkel zwischen bekanntem und zu ermittelndem Objekt ein, so erhält man durch den freien Schenkel des auf den Schiffsort und das bekannte Objekt eingestellten Transporteurs eine Gerade als geometrischen Ort für die Lage des gesuchten Punktes. — Verändert dann das Schiff seine Lage und wiederholt das gleiche Verfahren an seinem neuen Ort, so ergibt sich eine zweite Gerade als geometrischer Ort. Der Schnittpunkt der beiden Geraden ist der Ort des gesuchten Punktes.

Da diese Punktbestimmung durch allerlei Fehler ungünstig beeinflußt werden kann, so ist es unbedingt erforderlich, jedes Objekt durch drei günstige Schnitte zu bestimmen.

Ergeben die drei Geraden nicht einen einzigen Schnittpunkt, so muß der Vermessungsleiter sich entscheiden, ob er noch einen vierten Schnitt zur Kontrolle nehmen oder den Mittelpunkt des dem fehlerzeigenden Dreieck eingeschriebenen Kreises als richtigen Ort ansehen soll.

Da man natürlich in jeder Lage des Schiffes für jeden überhaupt sichtbaren Punkt eine Richtung bestimmen kann, so nimmt dieses Verfahren der Punktbestimmung verhältnismäßig wenig Zeit in Anspruch, und es hat noch den Vorzug, daß man die zu ermittelnden Objekte nicht zu betreten braucht. Aber an Genauigkeit und Zuverlässigkeit steht das Verfahren den beiden vorhergenannten doch nicht gleich. Trotzdem wird es in unserer Kolonialvermessung vielfach Anwendung finden.

Nach dieser Methode können auch die lotenden Boote verfahren, wenn sie für die Lotung mehr Objekte benötigen, als in der Arbeitskarte eingetragen sind.

Es sei noch besonders darauf hingewiesen, daß dies Verfahren besonders zweckmäßig mit der Triangulation nach der Schiffsmethode verbunden werden kann.

B. Aufnahme von Geländeeinheiten.

§ 70. Methode des Abschreitens.

Einzelheiten des Geländes, wie Wege, Flußläufe oder Teile der Strandlinie, die durch eine der vorgenannten Methoden nicht aufgenommen sind, werden mit genügender Genauigkeit durch Richtungsbestimmung mit Hilfe eines Stativ- oder Stockkompasses und Abschreiten der Entfernungen aufgenommen.

Man beginnt die Aufnahme auf einem der Lage nach bekannten Punkte, peilt mittels des Kompasses die einzuschlagende Richtung und notiert diese sowie die Uhrzeit des Abganges. Bei jeder Richtungsänderung notiert man die neue Richtung, die Uhrzeit und bei jedem Aufenthalt die Dauer desselben, fernerhin wird beim Passieren bemerkenswerter Objekte die Uhrzeit abgelesen. Den Aufenthalt benutzt man unter anderem zur Vornahme von Peilungen, durch welche einerseits neue Objekte bestimmt (Vorwärtseinschnitt), andererseits der Beobachtungspunkt selbst durch Peilung bekannter Objekte (Rückwärtseinschnitt) festgelegt werden sollen. Da die Messung der Entfernungen durch Abschreiten ein gleichmäßiges Schrittmaß erfordert, so notiert man alle Änderungen hierin, wie sie z. B. durch ansteigendes Gelände bedingt werden.

Die Ergebnisse der Aufnahme werden in einer Skizze, die alle Einzelheiten des Geländes durch unzweideutige Signaturen wiedergibt, eingetragen. An die Weglinien werden die Kompaßrichtungen und an die Winkelpunkte die Uhrzeiten geschrieben. Bemerkungen über die Art des Geländes werden handschriftlich eingetragen.

Die folgende Skizze diene zur Erklärung des vorstehenden.

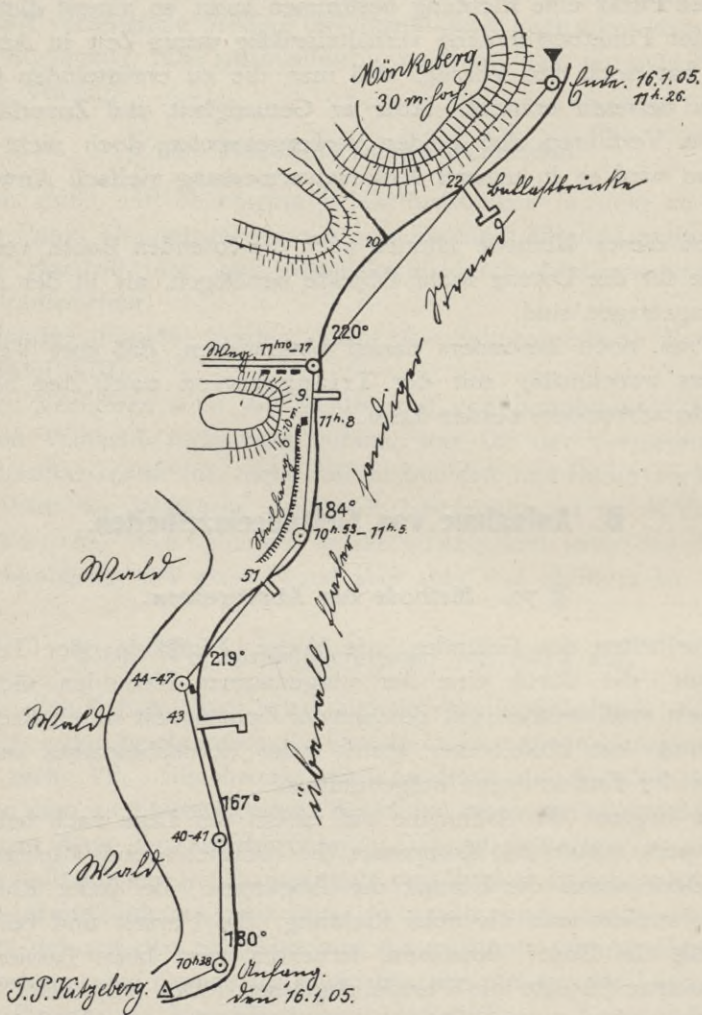


Fig. 1.

Der die Aufnahme Ausführende zeichnet selbst an Bord nach seiner Skizze und den gemachten Notizen einen Handriß (siehe Fig. 2), am besten auf Millimeterpapier, in beliebigem Maßstabe, wobei man je nach den Umständen 1 cm im Handriß gleich einer, zwei oder fünf Zeitminuten des Weges nimmt (bei Telemetermessungen stellt 1 cm des Handrisses

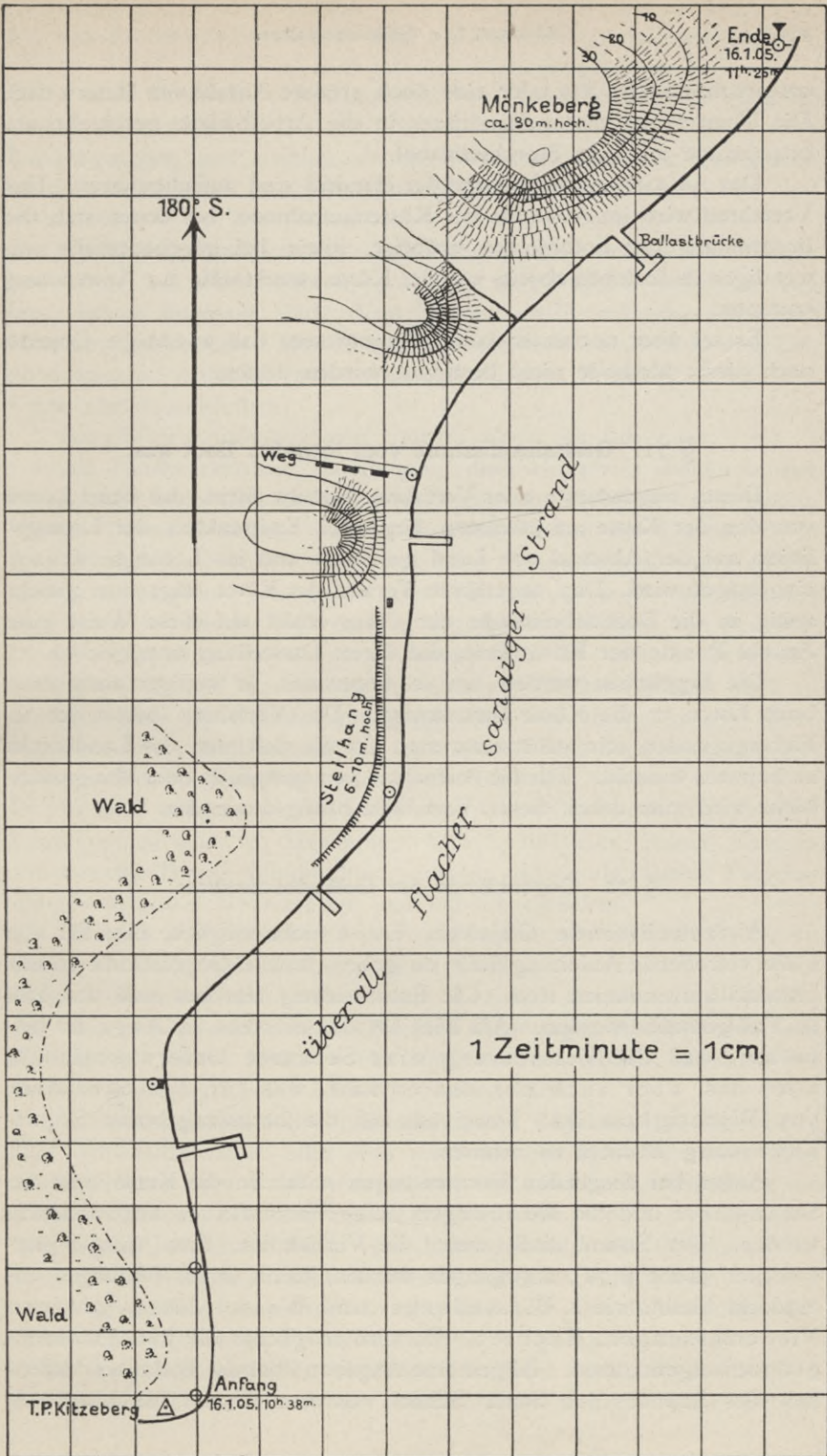


Fig. 2.

entsprechend 100, 200 oder eine noch größere Anzahl von Metern dar). Die Übertragung dieses Handrisses in die Arbeitskarte geschieht am bequemsten mit dem Storchnabel.

Das Aufnahmeprotokoll und der Handriß sind aufzubewahren. Das Verfahren wird im Auslande bei Küstenaufnahmen, bei denen sich die Bestimmung von Lotobjekten erübrigt, sowie bei gegebenenfalls notwendigen Aufnahmen abseits von der Küste zweckmäßig zur Anwendung kommen.

Es sei aber nochmals darauf hingewiesen, daß wichtige Objekte nach dieser Methode nicht bestimmt werden dürfen.

§ 71. Geländeaufnahme vom lotenden Boot aus.

Dieses ungenaueste aller Verfahren besteht darin, daß beim Loten von den der Küste am nächsten liegenden Endpunkten der Lotungslinien aus der Abstand von Land geschätzt und ins Lotungsnotizbuch eingetragen wird. Den ungefähren Verlauf der Küste trägt man gleichzeitig in die Bootsarbeitskarte ein. Man erhält auf diese Weise eine Anzahl Punkte der Küstenlinie, die deren Darstellung ermöglichen.

Die Ergebnisse werden um so ungenauer, je weniger nahe man beim Loten an die Küste herankommt. Das Verfahren bietet den in Fiebergegenden sehr schätzenswerten Vorteil, daß man das Land nicht zu betreten braucht. Für die Aufnahme von sumpfiger oder Mangrovenküste wird man daher dieses Verfahren häufig anwenden.

§ 72. Gegenstände der Geländeaufnahme.

Aufzunehmende Objekte. Es ist nicht möglich, eine für alle Fälle zutreffende Anleitung dafür zu geben, welche Gegenstände in den Handriß aufzunehmen sind. Die Entscheidung hierüber muß von Fall zu Fall getroffen werden. Als Ziel ist dabei stets im Auge zu behalten, daß die Vermessung eine Seekarte liefern soll, die alles das, aber auch nur das enthält, was für den Seefahrer von Wichtigkeit ist. Dabei ist auf die herauszugebende Segelanweisung Bedacht zu nehmen.

Außer bei fliegenden Vermessungen sollen in die Karte stets die Strandlinie und die Mündungen aller Wasserläufe aufgenommen werden. Der Strand muß, wenn die Verhältnisse dem nicht widersprechen (siehe § 71), abgegangen werden, damit nichts Wichtiges unentdeckt bleibt, wie z. B. Landungs- und Wasserplätze, größere Niederlassungen, Buchten. Es wird möglichst die Hochwassergrenze aufgenommen. Allgemeine Angaben über die Bodenbeschaffenheit des Strandes (ob Sand, Schlick, unreiner Grund, Korallen, ob

flache oder Steilküste, ob mangroven- oder schilfbewachsen, sumpfig) sind handschriftlich in die Karte aufzunehmen. Empfehlenswerte Landungsplätze und solche, wo in Booten Frischwasser genommen werden kann, sind zu bezeichnen (durch die Notiz »Ldg. Pl.« und »Wss. Pl.«).

Schiffbare Gewässer sind aufzunehmen wie die See, für Boote benutzbare nur durch Fahren nach Kurs und Distanz, soweit sie von besonderem Interesse sind. Von anderen wird nur der Ort ihrer Mündung angegeben. Die Namen der Gewässer sind von den Eingeborenen zu erfragen und im topographischen Protokoll und in der Karte niederzuschreiben.

Betreffs der Aufnahme von Landmarken gilt folgendes:

Als Landmarken zur Bestimmung des Schiffsortes dienen in der Praxis sehr viele Objekte an Land: nicht nur Gebäude, wie Baken, Häuser, Türme, Mühlen, sondern auch die Huken des Landes, Bergspitzen, außergewöhnlich charakteristische Baumgruppen und ähnliche natürliche Marken. Der Leiter der Vermessung muß von See aus angesichts des Landes sich darüber entscheiden, welche von den vorhandenen Objekten er aufnehmen lassen soll. Es müssen überall die wichtigsten Marken und jedenfalls eine zur Ortsbestimmung auch in größerer Nähe des Landes genügende Zahl von ihnen in der Karte enthalten sein. Zu beachten ist, daß alle in der Segelanweisung genannten Marken ihrer Lage nach genau bestimmt werden.

Es sind stets, soweit sie nicht etwa schon durch die Triangulation aufgenommen sind, zu bestimmen: alle Leuchtfeuer, Baken, Kirchen und sonstige Türme, Windmühlen, einzelne auffallende Häuser, Flaggenstangen in gut sichtbarer Lage und Landungsbrücken.

Es muß nachdrücklich davor gewarnt werden, daß man in Handriß und Arbeitskarte mehr einzeichnet, als wirklich aufgenommen und bestimmt ist. Leitender Grundsatz soll es sein, daß alles, was in der Karte an Objekten eingetragen ist, auch durchaus richtig sein muß. Man bedenke stets, daß ein Objekt, falsch in der Karte eingetragen, großes Unheil anrichten kann.

Höhenangaben. Bei den wichtigsten Objekten ist die Höhe über dem Mittelwasser oder über mittlerem Springniedrigwasser, bzw. in der Heimat über N. N. anzugeben, und zwar bei Leuchtfeuern die Höhe des Feuers, bei allen anderen Objekten die Höhe des Fußpunktes. Die Eigenhöhe des Objekts, vom Erdboden bis zur Oberkante, ist geeignetenfalls auch anzugeben, ebenso eventuell seine Farbe.

Allgemeine Angaben in der Karte. Die Arbeitskarte soll außer den aufgezählten Einzelheiten auch allgemeine handschriftliche Angaben enthalten über den Charakter des Landes, soweit es von See her sichtbar ist, ob das Gelände eben, wellig, hügelig, bergig,

gebirgig ist, ob es bebaut, bewaldet (Laub-, Nadel-, Urwald, Pflanzungen, Mangroven), sumpfig, sandig, felsig, ob es Wüste oder Steppe ist, ob dicht bevölkert, schwach oder gar nicht bewohnt (ob die Bewohner etwa sich gegen Europäer feindlich zeigen) u. ä. m. Wenn man sich bemüht, durch diese wenig zeitraubenden Angaben auf der Karte die äußere und innere Eigenart des Landes möglichst erschöpfend zu schildern, so ist die Karte wertvoller, als wenn sie als Frucht langwieriger Arbeiten Feinaufnahmen enthielte, die für die Schifffahrt belanglos und für andere Zwecke in absehbarer Zeit nicht nötig sind.

Die Geländeaufnahme weiter auszudehnen, als vorstehend angegeben, kann sich nur in ganz besonderen Ausnahmefällen rechtfertigen. Gleichwohl möge man Wahrnehmungen, die nebenbei gemacht werden, in die Karte aufnehmen. Sind dem Vermessungsschiff zuverlässige Pläne oder Karten anderer Behörden zugänglich, so sollen diese bzw. Pausen davon zu den Akten genommen werden. Die nochmalige Aufnahme solcher Gebiete hat zu unterbleiben.

Abschnitt X.

Die Gezeiten.

§ 73. Einleitung.

Unter dem Namen der »Gezeiten« oder Flut und Ebbe versteht man die Erscheinung der periodischen Hebung und Senkung des Wasserspiegels, die man an den meisten größeren Meeren beobachten kann. Die Größe der Hebung und Senkung ist außerordentlich verschieden, während z. B. in der Ostsee und teilweise im Mittelmeer nur durch sehr genaue instrumentelle Hilfsmittel eine Ebbe und Flut nachgewiesen werden kann, wächst sie in der normannischen Bucht, im Bristol-Kanal, in der Fundy-Bai und an anderen Stellen der Erde zu ganz gewaltigen Beträgen, 9 bis 12 und mehr Meter, an. Es ist daher bei allen Vermessungen notwendig, sich über die Verhältnisse der Ebbe und Flut zwecks späterer Berücksichtigung Klarheit zu verschaffen. Dies muß nach zwei Richtungen hin geschehen, und zwar dadurch, daß man sich erstens Kenntnisse über den Verlauf der Wasserstände verschafft, um die Lotungen auf ein so niedriges Niveau beziehen zu können, daß der Wasserstand nur in seltenen Fällen niedriger sein wird, als er in den Karten angenommen ist, und daß man sich zweitens Kenntnisse über die mit den Gezeiten verbundenen Strömungen, ihre Richtung und Stärke erwirbt. Ohne diese kann unter Umständen eine verhängnisvolle Versetzung des Schiffes eintreten. — Im nachfolgenden sollen nur die Methoden der Beobachtung und ihre Anwendung bei Vermessungen behandelt werden.

Vorher sollen aber zum besseren Verständnis des Nachfolgenden einige Bezeichnungen für die Vertikalausmessungen der Gezeiten auseinandergesetzt werden. Die Gezeitenlehre selbst behandelt das »Lehrbuch der Navigation« im Teil VIII des II. Bandes eingehend.

§ 74. Bezeichnung für die Vertikalausmessung der Gezeiten.

Es werden folgende Ausdrücke angewandt:

Tide. Gezeit oder Gezeitenwelle, worunter bei besonderem

Zusatz auch die Partialwellen verstanden werden können (Mondtide, Sonnentide).

Hochwasser. Höchster Wasserstand einer Tide.

Niedrigwasser. Niedrigster Wasserstand einer Tide.

Flut. Steigen des Wassers vom Niedrigwasser zum Hochwasser.

Ebbe. Fallen des Wassers vom Hochwasser zum Niedrigwasser.

Flutstrom. Der das Hochwasser bringende Strom, der nach dem Erreichen des Hochwassers noch andauern kann.

Ebb- oder Ebbestrom. Der das Niedrigwasser bringende Strom, der nach dem Erreichen des Niedrigwassers noch andauern kann.

Stromwechsel oder Kentern heißt der Übergang vom Flutstrom zum Ebbstrom und umgekehrt; der Teil der Gezeitenerscheinung, in dem kein Strom läuft, heißt auch Stillwasser.

Tidenhub (Mehrzahl: Tidenhübe). Hub des Wassers durch die Tide, also der Höhenunterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser.

Springtide. Gezeit mit einem Höchstwert des Tidenhubs, so daß sowohl der unmittelbar vorausgehende als auch der unmittelbar folgende Tidenhub kleiner als dieser Höchstwert sind, der Springtidenhub heißt.

Nipptide. Gezeit mit einem Mindestwert des Tidenhubs, so daß sowohl der unmittelbar vorausgehende als auch der unmittelbar folgende Tidenhub größer als dieser Mindestwert sind, der Nipptidenhub heißt.

Springzeit. Zeit der Springtide.

Springflut. Flut der Springtide.

Springebbe. Ebbe der Springtide.

Springhochwasser. Hochwasser der Springtide.

Springniedrigwasser. Niedrigwasser der Springtide.

Nippzeit. Zeit der Nipptide.

Nippflut. Flut der Nipptide.

Nippebbe. Ebbe der Nipptide.

Nipphochwasser. Hochwasser der Nipptide.

Nippniedrigwasser. Niedrigwasser der Nipptide.

Höhe. Höhe des Wassers über einem gegebenen Punkt, im allgemeinen über Kartenniveau, so daß die Wassertiefe = Kartenniveau + Höhe ist.

Handelt es sich um »Mittlere Erhebungen«, also z. B. um Mittleres Hochwasser, um Mittleren Tidenhub u. s. f., so ist darunter stets das Mittel aus vielen aufeinanderfolgenden entsprechenden Größen aufzufassen.

§ 75. Mittel zur Beobachtung der Erscheinungen der Ebbe und Flut.

Das einfachste Mittel zur Beobachtung der im vorhergehenden geschilderten Erscheinungen besteht in der Ablesung eines Pegels. Dies ist eine an einem unverrückbaren Gegenstande (eingeramter Balken, Mauerwerk einer Kaianlage oder dergl.) befestigte und nach irgend einem gebräuchlichen Maße eingeteilte Latte. Für uns, die wir das Metermaß anwenden, ist es natürlich gegeben, die Latte in Meter und Dezimeter zu teilen, wobei es zweckmäßig ist, auf weißem Grunde die geraden und ungeraden Meter mit verschiedenen Farben anzulegen, z. B. die geraden Meter 0, 2, 4 usw. mit roter, die ungeraden 1, 3, 5 usw. mit schwarzer Farbe aufzutragen; auch hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die eine Hälfte des Dezimeters ganz mit der entsprechenden Farbe zu decken, die andere aber weiß zu lassen. Die halben Dezimeter nur durch einen einfachen Strich zu bezeichnen, ist nicht zweckmäßig. Die einzelnen Dezimeter können durch arabische, die ganzen Meter durch römische Ziffern in der Farbe der zugehörigen Teilung aufgetragen werden. Dies sollte wenigstens für die ganzen Meter geschehen.

Wenn eine solche Pegellatte, was nicht immer zu vermeiden ist, an einem Orte aufgestellt werden muß, der dem Seegang ausgesetzt ist, so ist die Ablesung manchmal sehr schwierig und ungenau. Es wird daher erwünscht sein, andere Hilfsmittel zu besitzen, durch die der Seegang unschädlich gemacht werden kann. Dies läßt sich am einfachsten dadurch erreichen, daß man den Wasserstand an einer Röhre beobachtet, die unten eine kleine Zutrittsöffnung besitzt. Je tiefer diese Öffnung unterhalb des Wasserspiegels liegt, desto vollkommener wird der Seegang ausgeschlossen. Läßt man dann in die Röhre einen Schwimmkörper hinab, bis er auf dem Wasser schwimmt, so kann man den Abstand der Wasseroberfläche an der Oberkante der Röhre leicht beobachten. Hierzu können verschiedene Mittel dienen; z. B. kann man mit dem Schwimmer einen Maßstab verbinden, der sich mit ihm hebt und senkt und an diesem den Wasserstand ablesen; oder man befestigt an dem Schwimmer einen Draht, führt diesen über eine Rolle oberhalb der Röhre und spannt ihn durch ein passendes Gewicht. Mit diesem ist wiederum ein Zeiger fest verbunden, der über einen an der Außenseite der Röhre angebrachten Maßstab gleitet und damit die Ablesung des Wasserstandes gestattet.

Um ein Umherschleudern des Gewichts im Winde zu verhindern, muß es in einer besonderen Röhre auf- und abgehen, auch muß die Rolle gegen Witterungseinflüsse geschützt werden. Es ist klar, daß bei dieser Einrichtung die Teilung des Maßstabes umgekehrt beziffert werden muß, weil der Zeiger bei fallendem Wasser nach oben, bei

steigendem Wasser nach unten geht, wobei es sich leicht ereignen kann, daß der Index unter Wasser kommt.

Bei weitem das vollkommenste Mittel zur Erlangung von Kenntnissen über die Gezeitenverhältnisse bietet ein **selbstschreibender Flutmesser**. Für die Konstruktion eines solchen Instruments können verschiedene Prinzipien zur Anwendung kommen. Es sei hier nur auf die gebräuchlichste Form hingewiesen, bei der eine direkte mechanische Übertragung der Wasserbewegung auf einen Schreibstift stattfindet. Wenn auch die Ausführung in Einzelheiten verschieden ist, so ist das Prinzip doch bei allen Instrumenten dieser Art dasselbe und es wird genügen, eine kurze Beschreibung des in Wilhelmshaven aufgestellten Instruments zu geben.

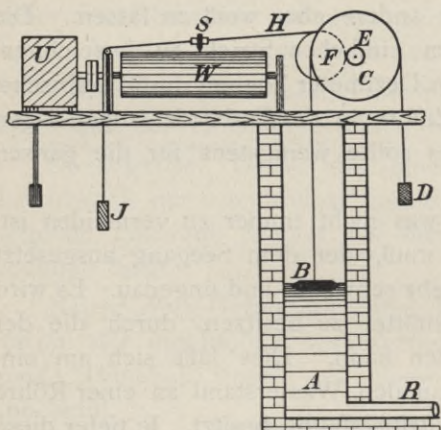


Fig. 1.

In einem vertikalen Schacht *A*, zu dem das Wasser durch eine Rohrleitung *R* Zutritt hat, bewegt sich ein Schwimmer *B* mit dem Wasser auf und nieder. Von diesem führt ein Draht nach oben, der um das Rad *C* geschlungen ist, dessen Umfang genau 1 oder 2 m beträgt. Er wird durch das Gegengewicht *D* stets gespannt gehalten. Der Trieb *E* an der Achse des Rades *C* bewegt ein mit dem Zahnrad *F* konachiales Vollrad, an dessen Umfangsnute sich ein unelastisches (in Öl eingekochtes Leinen-) Band *H* anlegt. Dieses Band *H* wird durch ein Gewicht *I* stets gespannt gehalten und führt den in einem Schlitten sitzenden Schreibstift *S* über die papierbekleidete Walze *W*, die durch die Uhr *U* in

24 Stunden einmal um ihre Achse gedreht wird.

In Einzelheiten können mannigfache Abweichungen vorkommen, es liegt aber immer die soeben skizzierte Anordnung zugrunde.

Die Wirkungsweise des Apparates ist aus der Figur klar. Indem der Schwimmer mit dem Wasser sich hebt und senkt, dreht er den Umfang des Meterrades *C* um einen gleichen Betrag. Durch den Trieb *E* wird diese Bewegung auf das Zahnrad *F* und durch dieses auf den Schreibstift *S* übertragen, der sich auf der Walze um einen entsprechenden Betrag verschiebt. Da die Wasserstandsänderung infolge von Ebbe und Flut meistens zu groß ist, um sie in natürlicher Größe aufzeichnen zu können, so läßt man eine beträchtliche Verkleinerung der Bewegung des Schreibstiftes in Vergleich zu der Wasserbewegung eintreten. Das Verkleinerungsverhältnis hängt ab von dem Verhältnis der Anzahl Zähne des Triebs *E* zu der des Zahnrads *F* und dem Umfang des Vollrades, auf dem sich das Band *H* aufwickelt, und muß je nach den Umständen gewählt werden. Für die Nordsee, wo der Flutwechsel mehrere Meter beträgt, wird $\frac{1}{20}$ als passendes Verkleinerungsverhältnis bezeichnet, d. h. 1 m Wasserbewegung wird durch 5 cm Schreibstiftverschiebung dargestellt. Im Mittelmeer, wo die Gezeitenbewegung sehr klein ist, könnte man sie in natürlicher Größe aufzeichnen lassen. Dies geschieht auch in Pola und Triest. Andererseits wird man dort, wo es sich um Aufzeichnung außerordentlich hoher Gezeiten handelt, das Verhältnis kleiner wählen.

Über den Betrieb eines selbstschreibenden Flutmessers sei folgendes kurz erwähnt. Nachdem die Walze mit Papier überzogen und sowohl die Meter als auch die Stundenlinien ausgezogen sind, wird diese in den Apparat eingelegt und mit der Uhr verbunden. Sodann muß kontrolliert werden, ob die Stundenlinien mit den vollen Stunden der Uhr übereinstimmen, indem man die letztere auf eine volle Stunde einstellt und sich überzeugt, daß der Schreibstift genau auf einem Stundenstrich der Walze einsteht. Ist dies nicht der Fall, so ist mittels der hierzu bestimmten Einstellvorrichtung die genaue Übereinstimmung zu bewirken. Um die Aufzeichnungen des Flutmessers auf eine feste Basis zu beziehen und dadurch die verschiedenen Bogen untereinander vergleichbar zu machen, ist es notwendig, für jeden Bogen mindestens eine, besser aber häufigere Vergleichsablesungen eines festen Pegels zu machen. Diese können zu beliebigen Zeiten angestellt werden, es ist aber durchaus notwendig, die genaue Zeit der Pegelablesung zu notieren, auch ist es wünschenswert, die Ablesungen bei verschiedenem Wasserstande zu machen, um dadurch eventuell das Reduktionsverhältnis des Flutmessers kontrollieren zu können. Es versteht sich von selbst, daß die Uhr des Flutmessers einen genauen Gang haben und auf richtige Zeit (am besten Ortszeit) eingestellt sein muß. Wie lange man die Walze jedesmal liegen lassen kann, muß sich nach den örtlichen Gezeitenverhältnissen richten. Dort, wo die Gezeiten einen regelmäßigen Verlauf besitzen und hauptsächlich dem Monde folgen, ohne erhebliche tägliche Ungleichheit zu zeigen, kann sie unbedenklich 14 Tage liegen bleiben. Wo die tägliche Ungleichheit stark hervortritt, kann häufigerer Wechsel notwendig werden und dort, wo die Gezeiten hauptsächlich von der Sonne abhängen, wie im deutschen Schutzgebiet in der Südsee, ist täglicher Wechsel unumgänglich. Noch sei, weil dies erfahrungsmäßig häufig versäumt wird, ausdrücklich erwähnt, daß es durchaus nötig ist, auf **jedem** Bogen das Jahr und das Datum zu notieren (letzteres am besten an einer oder mehreren der Kurven), ferner Beginn und Ende der Aufzeichnungen zu bezeichnen und die Stundenlinien richtig zu nummerieren. Wird dies versäumt, so ist die unausbleibliche Folge die, daß die Aufzeichnungen unverwertbar sind und die darauf verwendete Mühe also vergeblich gewesen ist.

§ 76. Methoden der Beobachtung.

Nachdem im vorhergehenden kurz die Hilfsmittel beschrieben worden sind, die man zur Beobachtung und Festlegung der Erscheinungen der Ebbe und Flut verwenden kann, müssen nun die Methoden der Beobachtung näher ins Auge gefaßt werden. Diese sind natürlich verschieden, je nach dem vorhandenen Hilfsmittel und nach dem Zweck, den man mit den Beobachtungen verbindet. Allgemein läßt sich sagen, daß die Beobachtungen um so wertvoller sind, je häufiger sie gemacht werden. In dieser Beziehung sind demnach die Aufzeichnungen eines selbstschreibenden Flutmessers die wertvollsten. Hat man einen solchen nicht zur Verfügung, so muß der Wasserstand an einem Pegel abgelesen werden. Je nach dem Zweck, den man verfolgt, können hierfür verschiedene Regeln aufgestellt werden. Wie man aber auch immer die Wasserstandsbeobachtungen einrichten möge, immer ist es unbedingtes Erfordernis, daß sie nach einer gut gehenden und gut kontrollierten Uhr angestellt werden, d. h. daß stets richtige Zeit (Ortszeit, Zonen- oder Landeszeit) notiert wird.

1. **Ableitung der Hafenzzeit, des Tidenhubes sowie der halbmonatlichen und täglichen Ungleichheit.** Es können zwei Beobachtungsmethoden zur Anwendung kommen.

a. **Beobachtung der Hoch- und Niedrigwasser.** Die an den meisten Küstenstationen übliche Methode, den Zeitpunkt, an dem das erste Fallen des Wasserstandes bemerkt wird, als Eintrittszeit des Hochwassers und die Zeit des ersten Steigens als Zeit des Niedrigwassers zu notieren, ist als durchaus unsicher und willkürlich gänzlich zu verwerfen. Am richtigsten ist es, etwa von $\frac{1}{2}$ Stunde vor der zu erwartenden Extremphase bis etwa $\frac{1}{2}$ Stunde nachher von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 Minuten den Wasserstand zu notieren, die so gewonnenen Werte auf einem Bogen karierten Papiere aufzutragen, indem man als Abszisse die Zeit, als Ordinate den Wasserstand nimmt, und durch die so eingezeichneten Punkte eine Kurve zu legen, der man die Zeit und die Höhe der Extremphasen mit genügender Genauigkeit entnehmen kann. Sehr erhöht wird der Wert solcher Aufzeichnungen, wenn zwischen den Extremphasen zu beliebigen Zeiten, die aber genau notiert werden müssen, noch eine oder mehrere Ablesungen des Pegels gemacht werden, weil man dann im allgemeinen imstande ist, mit großer Sicherheit die ganze Wasserstandskurve zu zeichnen, wenn nicht etwa besondere Erscheinungen (Agger u. dgl.) den regelmäßigen Verlauf der Kurve stören.

Hierzu ist noch zu bemerken, daß es für wissenschaftliche und auch oft für praktische Zwecke durchaus notwendig ist, nicht bloß die auf die Tagesstunden fallenden Extremphasen, sondern auch die in die Nachtstunden fallenden Phasen zu beobachten, weil sonst die an manchen Orten eine so große Rolle spielende tägliche Ungleichheit nicht hervortritt und daher nicht abgeleitet werden kann. Die tägliche Ungleichheit bewirkt nämlich in der einen Hälfte des Jahres, daß die Tages-, in der andern Hälfte, daß die Nacht-Hoch- oder Niedrigwasser die höchsten sind. Man würde daher ein falsches Bild von dem Verlauf der Gezeiten erhalten, wenn man nur Tagesbeobachtungen anstellen wollte, wie dies leider vielfach geschieht.

Was die Dauer der Beobachtungen betrifft, so ist es für ihre wissenschaftliche Verwertung wünschenswert, sie über einen möglichst langen Zeitraum auszudehnen, sie also etwa ein Jahr lang fortzusetzen. Aber auch kürzere Reihen von Beobachtungen können bereits ganz wertvolle Resultate ergeben, vorausgesetzt, daß sie mit großer Sorgfalt angestellt worden sind. Sie sollten jedoch keinen geringeren Zeitraum als einen Monat umfassen.

b. Hat man einen selbstschreibenden Flutmesser zur Verfügung, so kann man die Aufzeichnungen in zweifacher Weise benutzen, indem man entweder nur die Hoch- und Niedrigwasserzeiten

und -Höhen entnimmt, oder indem man die Wasserstände für jede Stunde mittlerer Zeit abliest. Um die von verschiedenen Bogen abgelesenen Wasserstände unter sich vergleichbar zu machen, sind sie auf eine feste Basislinie zu reduzieren. Hierzu dienen die Ablesungen eines festen Pegels, dessen Nullpunkt man als Basisniveau annehmen kann. Wie schon erwähnt, können diese zu beliebigen Zeiten, die aber genau notiert sein müssen, gemacht werden und man entnimmt nun für dieselben Zeiten (wobei eventuell der Stand der Flutmesseruhr berücksichtigt werden muß) den aufgezeichneten Kurven die entsprechenden Ordinaten, deren Differenz gegen die Pegelablesung die Reduktion der Flutmesserangaben auf den Pegel ergibt. Diese muß an alle abgelesenen Wasserstände angebracht werden. Ist z. B. eine Pegelablesung um 4 Uhr 25 Minuten gemacht worden und ist die Flutmesseruhr an dem Tage 8 Minuten vor, so hat man der Kurve nach den Stundenlinien nicht den Wasserstand um 4 Uhr 25 Minuten, sondern um 4 Uhr 33 Minuten, zu entnehmen. Man wird natürlich suchen, die »Reduktion auf den Pegel« so klein zu machen wie möglich, was auch immer zu erreichen sein wird.

Es sei gleich hier darauf hingewiesen, daß es aus verschiedenen Gründen wünschenswert und notwendig ist, den **mittleren** Wasserstand auf eine feste Marke an Land zu beziehen, d. h. anzugeben, wie hoch die Marke über oder unter dem Mittelwasser liegt. Als solche Marke kann der Nullpunkt des abgelesenen Pegels dienen, wenn dieser etwa in eine Kaimauer eingemeißelt ist. Da aber der Pegel meistens nur aus einem hölzernen oder Metallmaßstab besteht, so ist es anzuraten, den Nullpunkt des Pegels durch Nivellement auf eine unveränderlich angebrachte feste Marke zu übertragen. Von dieser aus kann dann zu jeder Zeit der Nullpunkt des Pegels wiederhergestellt werden, auch können dadurch etwaige Hebungen und Senkungen des Bodens festgestellt werden, wenn sich im Laufe der Zeit größere Unterschiede in der Lage der Marke zum Mittelwasser bemerkbar machen sollten. Hierbei ist jedoch Vorsicht und Kritik notwendig, weil das Mittelwasser durch Wind, Wasserführung der Flüsse und andere Umstände zu verschiedenen Zeiten verschieden ausfallen kann und wird. Namentlich die Wasserführung der Flüsse kann große Verschiedenheiten in der Pegellage des Mittelwassers zur Folge haben, die sich im Laufe des Jahres allerdings im wesentlichen ausgleichen werden, aber in kürzeren Intervallen sehr erheblich sein können. Aber auch in verschiedenen Jahren wird der Stand des Mittelwassers Verschiedenheiten aufweisen, wenn auch viel geringere als in den verschiedenen Jahreszeiten.

Bemerkt sei noch, daß unter Mittelwasser das Mittel aus allen Wasserständen verstanden wird. Es kann berechnet werden als das Mittel der beobachteten Hoch- und Niedrigwasserstände, genauer aber

als Mittel aller (auf den Pegel reduzierter) Ordinatenwerte der stündlichen Ablesungen der Flutmesserkurven, da dies dem Mittelwerte aus sämtlichen Wasserständen näher kommt. Völlig genau könnte das Mittelwasser aus einer Flutkurve erhalten werden, in dem man die Fläche zwischen der Flutmesserkurve und einer beliebigen Abszisse planimetrisch ausmißt und denjenigen Stand über der Abszisse als Mittelwasser annimmt, der als Rechteckseite mit der Abszissenlänge als anderer Seite ein Rechteck von gleicher Fläche, wie planimetrisch gemessen, bildet. Hat man aber nur Beobachtungen von Hoch- und Niedrigwasserständen zur Verfügung, so bleibt nichts anderes übrig, als das Mittel aus diesen als das Mittelwasser anzusehen. Bei Beobachtung von Hoch- und Niedrigwasserständen ist darauf zu achten, daß wegen der täglichen Ungleichheit das Mittel aus den Wasserständen bei allen Extremphasen (Tag und Nacht) genommen wird.

Für die eigentliche Vermessung im Auslande ist die Kenntnis der Lage des Kartenniveaus zu der festen Marke an Land ebenso wichtig als die Kenntnis des Mittelwassers. Man wird die Höhenlage der festen Marke an Land daher häufig auch auf mittleres Spring-Niedrigwasser beziehen und etwa verzeichnen: »Diese Marke liegt x Meter über mittlerem Spring-Niedrigwasser.« S. M. S. »Wolf« 1897. Gibt man außerdem noch die Größe des mittleren Spring-Tidenhubs an, so ist auch die Kenntnis der Lage des Mittelwassers gesichert.

2. Beobachtung der Wasserstände zur Beschickung von Lotungen.

Auch für diesen Zweck wird es zweckmäßig sein, die Ablesungen der Pegellatte in bestimmten Zeitabschnitten, etwa von Stunde zu Stunde, oder von halber zu halber Stunde ausführen zu lassen und nachher nach diesen Ablesungen die Gezeitenkurve zu konstruieren, um daraus die den Lotwürfen (deren Zeit zu notieren ist) entsprechenden Wasserstände entnehmen zu können. Es ist außerdem erforderlich, auch mindestens ein Hoch- und ein Niedrigwasser, soweit diese Phasen auf die Tagesstunden fallen, nach Zeit und Höhe zu beobachten. Besser, aber nicht durchaus notwendig ist es, alle vier Phasen (d. h. auch die in die Nachtstunden fallenden Extremphasen) zu beobachten.

Im vorhergehenden ist alles gesagt, was bei der Beobachtung von Wasserständen zu beachten ist, die man zur Ableitung der Gezeitenkonstanten oder zur Beschickung von Lotungen auf ein bestimmtes Niveau benutzen will. Es soll jetzt die Anwendung der Beobachtungen für die Beschickung von Lotungen gezeigt werden.

§ 77. Beschickung von Lotungen auf ein gemeinschaftliches Niveau.

Die erste Aufgabe ist die, festzustellen, welche Ebene man als das Niveau der Lotungen ansehen will. Unter Niveau der Lotungen

oder Kartenniveau ist diejenige Fläche zu verstehen, deren Verlauf durch eine gegebene Beziehung zum mittleren Wasserstande bestimmt ist. Diese Beziehung kann verschiedener Art sein. Die Fläche kann dadurch festgelegt sein, daß alle ihre Punkte dieselbe Höhenlage unterhalb oder oberhalb des mittleren Wasserstandes haben. Eine Fläche dieser Art ist z. B. das Normalnull (N.N.), das in Deutschland den Höhenangaben an Land und den Tiefenangaben in der Ostsee zugrunde liegt.*) Man kann auch das mittlere Springniedrigwasser am Orte der Lotung als Kartenniveau erwählen; auch der niedrigste überhaupt beobachtete Wasserstand an einem bestimmten Orte kann als solches angenommen werden. Die Art der Beschickung der Lotung bleibt dieselbe, denn die Referenzebenen schneiden eben bestimmte Pegel in bestimmten Punkten, die eine unveränderliche Höhenlage zum langjährigen Mittelwasser einnehmen. Die durch Wind usw. verursachten Schwankungen der Höhenlage des Mittelwassers können als zum weitaus größten Teil ausgeglichen betrachtet werden.

Ehe zur Darlegung der Beschickungsmethode übergegangen wird, ist die Bemerkung einzuschalten, daß nur die an den Pegeln verschiedener Orte beobachteten mittleren Wasserstände annähernd in einer Niveaufläche, d. h. in einer Fläche liegen, die allenthalben zur Vertikalen senkrecht ist, oder, wenn man von der Erdkrümmung absieht, in einer horizontalen Ebene liegen. Dagegen liegen wegen der Verschiedenheit des Tidenhubes an verschiedenen Orten die Pegelstände von Hoch- und Niedrigwasser wie überhaupt jedes anderen Wasserstandes in Ebenen, die eine Neigung gegen die Vertikale besitzen. Um dies an einem Beispiel zu erläutern, seien folgende Zahlen für Cuxhaven, Bremerhaven und Wilhelmshaven angeführt; die die auf dasselbe Niveau (Normalnull) bezogenen mittleren Wasserstände geben:

	Mittelwasser am Pegel	Nullpunkt des Pegels gegen N. N.	Mittelwasser bezogen auf N. N.
Cuxhaven . . .	3.383	— 3.630	— 0.247
Bremerhaven . . .	1.908	— 2.071	— 0.163
Wilhelmshaven .	2.327	— 2.624	— 0.297

An allen drei Orten ist als Mittelwasser das Mittel aus allen Hoch- und Niedrigwassern angenommen worden.

Die Lage der Pegelnullpunkte gegen N. N. ist dem Heft IX der von der Königl. Landesaufnahme herausgegebenen Zusammenstellung der Nivellementsresultate entnommen. Die Mittelwasser am Pegel sind für Cuxhaven (36 Jahre) dem Werke von LENZ: »Flut und Ebbe und der Einfluß des Windes auf den Wasserstand« entnommen, für Bremerhaven (11 Jahre) und Wilhelmshaven (26 Jahre) beim Observatorium Wilhelmshaven abgeleitet worden.

*) Normalnull ist ein bestimmter Teilstrich am Amsterdamer Pegel, und zwar liegt N.N. 0.144 m unterhalb des Mittelwassers bei Amsterdam.

Für Springflut findet sich die mittlere Höhe von Hoch- und Niedrigwasser am Pegel und bezogen auf N. N., wie folgt:

		am Pegel	bezogen auf N. N.	mittlerer Springtidenhub
Cuxhaven . . .	HW.	4.947	+ 1.317	3.106
	NW.	1.841	— 1.789	
Bremerhaven . . .	HW.	3.690	+ 1.619	3.545
	NW.	0.145	— 1.926	
Wilhelmshaven . . .	HW.	4.357	+ 1.733	4.060
	NW.	0.297	— 2.327	

woraus zu ersehen ist, daß die Beziehung der gleichen Phasen zu dem Niveau des N.N. an den drei Orten entsprechend dem verschiedenen Tidenhub eine ganz verschiedene ist, während sie für das Mittelwasser annähernd gleich bleibt. Kleine Unterschiede in der Beziehung des Mittelwassers zu N.N. können durch die verschiedenen örtlichen Verhältnisse entstehen, da Cuxhaven und Bremerhaven Mündungsstationen von Flüssen sind, während dies für Wilhelmshaven nicht zutrifft. Auch ist es nicht ausgeschlossen, daß in den langen Zeiträumen die Pegellatten erneuert und vielleicht nicht genau wieder in derselben Lage angebracht worden sind, doch dürfte dies nur einen Fehler von wenigen Zentimetern hervorbringen, da von seiten der Hafenbehörden jedenfalls Sorge getragen worden ist, die frühere Lage so nahe wie möglich wiederherzustellen.

Die Beschickungsmethoden. 1. Die Beschickung einer Lotung auf ein bestimmtes Niveau gestaltet sich am einfachsten, wenn man den Wasserstand zur Zeit der Lotung an einem in der Nähe des Lotungsortes befindlichen Pegel beobachtet hat, dessen Beziehung zu dem Kartenniveau man kennt. Schneidet nämlich das Niveau, auf das die Lotungen beschickt werden sollen, den Pegel bei dem Skalenteil K und ist zur Zeit der Lotung der Skalenteil h abgelesen worden, so hat man einfach

Wassertiefe der Karte = gelotete Tiefe — $(h - K)$. . . 1.
d. h., man hat einfach den am Pegel bestimmten Unterschied des Wasserstandes zur Zeit der Lotung und des Kartenniveaus von der geloteten Tiefe abzuziehen, um die in die Karte einzutragende Wassertiefe zu erhalten.

2. So einfach gestaltet sich die Sache nur dann, wenn der Pegel, an dem man den Wasserstand beobachtet hat, in unmittelbarer Nähe des Lotungsgebietes sich befindet. Ist dies nicht der Fall, was meistens eintreffen wird, so kommen zwei Umstände in Betracht, die

Etwas mehr ins Gewicht fallen könnte ein anderer Umstand, nämlich die Verschiedenheit der Einwirkung einer etwa vorhandenen Seebrise auf den Wasserstand. Dieser durch die ungleiche Erwärmung von Land und Wasser entstehende Wind pflegt im Laufe des Vormittags einzusetzen, in den Nachmittagsstunden seine größte Stärke zu erreichen und gegen Abend abzuflauen; er ist schwach an der Seeküste und wächst an Stärke, je weiter man sich von dieser entfernt, und kann unter Umständen bis zum Beaufortgrad 5 bis 6 anwachsen. Hierdurch könnten nun die Tageswasserstände an dem weiter innerhalb gelegenen Normalpegel nicht unwesentlich anders beeinflußt werden als diejenigen an dem draußen aufgestellten Hilfspegel, und es könnte sich sogar empfehlen, zur Ermittlung von m_0 nur die Nachtbeobachtungen zu benutzen, weil in der Nacht die Seebrise an beiden Orten ausscheidet. Auf jeden Fall aber wird deren Einfluß wie überhaupt der Einfluß des Windes abgeschwächt werden, wenn alle Extremphasen benutzt werden.

Die Ausdrücke 3, 4 und 5 setzen überhaupt stillschweigend voraus, daß der Einfluß des Windes auf den Wasserstand an beiden Pegeln derselbe sei, was sicher nicht der Fall ist, man muß aber die kleine daraus entspringende Unsicherheit in den Kauf nehmen und nur die durch Sturm stark entstellten Wasserstände bei der Mittelbildung ausschließen.

I. Das Kartenniveau sei das mittlere Spring-Niedrigwasser am Lotungsort.

Hiermit sind nun für den Hilfspegel alle Größen ermittelt, die zur Beschickung der Lotungen auf das Kartenniveau nötig sind, und es soll nun das Verfahren dargelegt werden, das für diesen Zweck anzuwenden ist. Dabei sind zunächst zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem man einen Hilfspegel in der Nähe des Lotungsgebietes aufgestellt hat oder den entsprechenden Normalpegel direkt benutzen will. Weitere Unterschiede ergeben sich aus der Wahl des Kartenniveaus; es soll aber zunächst vorausgesetzt werden, daß als Kartenniveau das mittlere Springniedrigwasser am Orte der Lotung gewählt wird.

1. Der Hilfspegel liegt in der Nähe des Lotungsgebietes. Ist die Lotung in solcher Nähe des Hilfspegels angestellt, daß man berechtigt ist, anzunehmen, daß der Wasserstand an beiden Orten jederzeit als gleich angesehen werden kann, so geschieht die Beschickung nach Formel 1, d. h. es ist

Wassertiefe der Karte = gelotete Tiefe — $(h - K)$. . . 6,
 worin h den am Hilfspegel abgelesenen Wasserstand zur Zeit der Lotung, K den nach 5 ermittelten Pegelstand des Kartenniveaus bedeutet.

Darf die Voraussetzung der Gleichheit der Gezeiten am Pegel und am Lotungsort nicht gemacht werden, so treten für den Hilfspegel die gleichen Verhältnisse ein wie bei direkter Benutzung des Normalpegels, und es kann bezüglich des dann einzuschlagenden Verfahrens auf das nachfolgende verwiesen werden.

2. Der entfernte Normalpegel soll direkt benutzt werden.
 a. Der Verlauf der Gezeiten am Normalpegel und am Lotungsorte sei der gleiche. Der gleichartige Verlauf der Gezeiten spricht sich, wie schon erwähnt, darin aus, daß die Dauer des Steigens (oder des Fallens) des Wassers an beiden Orten dieselbe ist, oder, was auf dasselbe hinauskommt, daß der Unterschied u zwischen der Eintrittszeit der Extremphasen sowohl für Hoch- wie für Niedrigwasser denselben Wert hat. Um dies zu konstatieren, bzw. um einen etwaigen Unterschied beider Werte feststellen zu können, wurde oben verlangt, daß die u für Hoch- und Niedrigwasser getrennt ermittelt werden sollten. Zunächst sei aber vorausgesetzt, daß der Verlauf beiderseits der gleiche sei, u also für Hoch- und Niedrigwasser denselben Wert habe.

Unter dieser Voraussetzung würde, wenn auch die Hübe beiderseits die gleichen wären, der Normalpegel zur Zeit $s + u$ den Wasserstand haben, der zur Zeit s am Lotungsorte stattgefunden hat. Ist der Tidenhub nicht derselbe, und ist das Verhältnis beider $= p$, wie oben (1) erläutert, so findet man den auf das Kartenniveau bezogenen Wasserstand am Orte der Lotung durch folgende Erwägung. Ist K_0 die Pegel-lage des Kartenniveaus (nach der Annahme: das mittlere Springniedrigwasser) am Normalpegel, und ist zur Zeit $s + u$ an diesem der Wasserstand H abgelesen, so würde an eine in dessen unmittelbarer Nähe gemachte Lotung die Korrektur $-(H - K_0)$ angebracht werden müssen, um die Wassertiefe auf das Kartenniveau zu beschicken. Ist die Lotung in größerer Entfernung vom Normalpegel angestellt, so erhalten wir demnach die

Wassertiefe der Karte = gelotete Tiefe $- p \cdot (H - K_0)$. . . 7.

Liegt auch der etwa vorhandene Hilfspegel zu weit von der Lotungsstelle entfernt, um nach 6 rechnen zu können, so ist gleichfalls 7 zu benutzen unter Zugrundelegung der nach 2 und 5 ermittelten, von dem Normalpegel übertragenen Grundwerte.

Es ist vielleicht nützlich, bezüglich dieses Ausdrucks noch folgende Erwägung zu machen: Der am Normalpegel beobachtete Wasserstand H liegt um $H - M_0$ über dem Mittelwasser und wird auf das Mittelwasser am Lotungsort bezogen durch Multiplikation mit p ; ferner liegt das Kartenniveau K_0 am Normalpegel um $M_0 - K_0$ unterhalb des Mittelwassers und wird auf den Lotungsort ebenfalls durch Multiplikation mit p übertragen; man hat also von der geloteten Tiefe abzu-

ziehen $p \cdot (H - M_0 + M_0 - K_0) = p \cdot (H - K_0)$, um die Tiefe auf das Kartenniveau am Lotungsort zu beziehen. Das Mittelwasser fällt also heraus. p hat in allen Fällen dieselbe Bedeutung, nämlich: Verhältnis der Tidenhübe an beiden Orten, das für alle Phasen als gleich angenommen werden kann.

Um jene Beschickung ausführen zu können, müssen am Lotungsorte bekannt sein die Größen u und p , d. h. man muß wissen, um wieviel früher am Lotungsort Hoch- und Niedrigwasser eintritt als am Basisort, und welches Verhältnis die Größe des Hubs zu derjenigen am Basisort besitzt. Da man in der Regel an dem Lotungsort keinen Pegel zur Verfügung hat (es sei denn, daß man einen MENSINGSchen Flutmesser oder einen ähnlichen Apparat in der Nähe versenkt hat), so ist man meistens auf Schätzung angewiesen, für die jedoch im folgenden gewisse Anhaltspunkte gegeben werden können.

a. Ableitung der Größen u und p für den Lotungsort. Verhältnismäßig einfach gestaltet sich die Ermittlung dieser Größen, wenn das Lotungsgebiet zwischen zwei festen, regelmäßig bedienten Pegelstationen liegt, vorausgesetzt, daß diese annähernd in der Richtung der Fortpflanzung der Flutwelle liegen. Man wird dann u und p mit genügender Genauigkeit erhalten, wenn man den Unterschied der Hafenzzeit der beiden festen Stationen proportional der Entfernung des Lotungsorts von der als Basisstation gewählten verteilt und ebenso mit der Abweichung des für die zweite feste Station abgeleiteten p von der Einheit verfährt. Ist U der Unterschied der Hafenzzeit der beiden festen Stationen und T das Verhältnis der Tidenhübe an denselben, ihre Entfernung voneinander = D sowie die Entfernung des Lotungsorts von der Basisstation = d , so würde für den Lotungsort sein

$$u = \frac{d}{D} \cdot U \text{ und } p = 1 - \frac{d}{D} \cdot (1 - T) \dots \dots 8.$$

Für die Helgoländer Bucht werden als solche feste Stationspaare gelten können: Wilhelmshaven—Rote Sand-Leuchtturm; Bremerhaven—Rote Sand-Leuchtturm; Helgoland—Rote Sand-Leuchtturm; Helgoland—Cuxhaven; Wilhelmshaven—Helgoland; Helgoland—Tönning; nicht aber Wilhelmshaven—Cuxhaven oder Bremerhaven, oder Cuxhaven—Rote Sand-Leuchtturm. Es ist, wie eben gesagt, für die Einschaltung der Lotungsstationen wesentlich, daß die beiden Stationen und das Lotungsgebiet annähernd in der Richtung der Fortpflanzung der Flutwelle liegen.

β. Weniger einfach und unsicherer gestaltet sich die Ermittlung von u und p , wenn zwei Stationen, zwischen denen eingeschaltet werden kann, nicht vorhanden sind, sondern nur eine entfernte Pegelstation als Basisort benutzt werden muß. In diesem Falle beruht die

Ableitung von u und p mehr oder minder auf Schätzung, die indes durch folgende Ergebnisse der Theorie unterstützt werden kann.

Es hat sich ergeben, daß die Fortpflanzung einer im Vergleich zur Wassertiefe sehr langen Welle, wie die Flutwelle, proportional der Quadratwurzel aus der Tiefe vor sich geht, und dies gibt ein Mittel an die Hand, um recht angenähert zu ermitteln, um wieviel im Mittel früher oder später an einem Orte Hoch- oder Niedrigwasser eintreten wird als an einem andern.

Die Geschwindigkeit, mit der sich eine solche Welle auf der Wassertiefe k fortpflanzt, ist $v = \sqrt{g \cdot k}$, worin $g = 9.81$ Meter (für die Breite 53°) ist. Dieser Ausdruck gibt die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Welle in Meter pro Sekunde, d. h. die Strecke, die von dem Kamm der Welle in einer Sekunde zurückgelegt wird; will man sie in Seemeilen pro Stunde haben, so ist v mit 3600 zu multiplizieren und mit 1852 zu dividieren, oder es ist in Seemeilen pro Stunde $V = 1.944 \sqrt{g \cdot k}$, und wenn man die Zeit u sucht, in der eine bestimmte Strecke S (in Seemeilen) zurückgelegt wird, so ist in Zeitminuten ausgedrückt:

$$u = \frac{1852 S}{60 \sqrt{g \cdot k}} = 30.867 \frac{S}{\sqrt{g \cdot k}} \quad \dots \quad 8a.$$

Umgekehrt findet sich S oder die Strecke in Seemeilen, die in einer bestimmten Zeit u von der Flutwelle zurückgelegt wird, durch:

$$S = \frac{\sqrt{g \cdot k}}{30.867} u \quad \dots \quad 9.$$

Für k ist die mittlere Wassertiefe zwischen den beiden Endpunkten der Strecke S anzunehmen, für die man nach 8a u sucht. Die Strecke S muß in der Richtung der Fortpflanzung der Welle liegen, und diese Richtung kennzeichnet sich dadurch, daß sie stets mit der Richtung der stärksten Gezeitenströmung zusammenfällt.

Aus 8a geht hervor, daß die Flutwelle um so längere Zeit braucht, um eine bestimmte Strecke zurückzulegen, je weniger tief das Wasser ist, woraus weiter folgt, daß die Welle im tiefen Wasser voreilen, im flachen Wasser zurückbleiben muß. —

Das Vorhergehende kann nun dazu benutzt werden, Linien gleicher Eintrittszeit von Hoch- oder Niedrigwasser zu konstruieren (Flutstundenlinien, auch Isorachien genannt), indem man, ausgehend von einem Küstenpunkte, dessen Hafenzzeit man kennt, und der Richtung der Strömung folgend, nach 8a und 9 entweder berechnet, um wieviel früher oder später an einem bestimmten Orte das Hoch- oder Niedrigwasser eintritt (u), oder, um wieviel man von der Basis aus fortschreiten muß, damit Hoch- oder Niedrigwasser um eine bestimmte Zeit (Minuten) früher oder später eintrete, und nun die Punkte gleicher u oder

gleicher S durch Linien miteinander verbindet. Ändert sich die Tiefe auf dem Wege der Flutwelle einigermaßen gleichmäßig, so kann man sich damit begnügen, 1 oder 2 Werte von u zu berechnen und die anderen in gleichmäßigen Intervallen einzutragen. Beim Zeichnen der Linien wird man darauf Rücksicht nehmen, daß sie nach dem Ufer zu mehr und mehr gegen das tiefe Wasser zurückbleiben müssen, bis sie dicht unter Land der Küste parallel werden.

Die nachstehende kleine Tabelle wird das Zeichnen der Linien erleichtern. Sie gibt die Größen u und S für 10 Seemeilen bzw. 10 Minuten, d. h. die Zeit, die die Welle gebraucht, um 10 Seemeilen zurückzulegen, und die Strecke, die sie in 10 Minuten durchläuft.

Wassertiefe Meter	Welle braucht, um 10 See- meilen zu durchlaufen Minuten	Welle legt in 10 Minuten zurück Seemeilen	Wassertiefe Meter	Welle braucht, um 10 See- meilen zu durchlaufen Minuten	Welle legt in 10 Minuten zurück Seemeilen
0	∞	0.00	20	22.04	4.54
2	69.69	1.44	30	17.99	5.56
4	49.28	2.03	40	15.58	6.42
6	40.23	2.49	50	13.94	7.17
8	34.84	2.87	60	12.72	7.86
10	31.16	3.21	70	11.78	8.49
12	28.45	3.51	80	11.02	9.08
14	26.34	3.80	90	10.38	9.63
16	24.64	4.06	100	9.86	10.15
18	23.23	4.30			
20	22.04	4.54			

Es kann z. B. angenommen werden, daß die mittlere Wassertiefe zwischen Wilhelmshaven und dem Rote Sand-Leuchtturm 14 bis 16 Meter beträgt, während die Entfernung S = rund 20 Seemeilen ist. Nach der Tabelle würde demnach der Eintritt von Hoch- und Niedrigwasser in Wilhelmshaven 53 bis 49 Minuten oder rund 50 Minuten später erfolgen als beim Rote Sand-Leuchtturm. Aus den beiderseitigen Beobachtungen ergibt sich, daß im Mittel Hoch- und Niedrigwasser in Wilhelmshaven um 43^m später eintritt als am Rote Sand-Leuchtturm, was ganz befriedigend mit der aus den Tiefenverhältnissen, die nur roh geschätzt sind, berechneten Differenz übereinstimmt.

Es muß noch besonders betont werden, daß man nicht darauf rechnen kann, durch diese Methode eine etwaige Verschiedenheit des Unterschiedes der Eintrittszeiten von Hoch- und Niedrigwasser an beiden Orten berechnen zu können, etwa dadurch, daß man die Wassertiefe für beide Phasen verschieden annimmt. Bei dieser Erscheinung sprechen andere Umstände mit, die nur durch die tatsächliche Beobachtung an beiden Orten konstatiert werden können. Dies geht daraus hervor, daß z. B. Wilhelmshaven 1^h 8^m später als Rote Sand-Leuchtturm

Hochwasser, aber nur $0^h 16^m$ später Niedrigwasser erhält, woraus man, wenn nicht andere Ursachen vorhanden wären, schließen müßte, daß die Welle sich von Rote Sand-Leuchtturm nach Wilhelmshaven bei Niedrigwasser schneller fortpflanze als bei Hochwasser, während die geringere Wassertiefe das Umgekehrte vermuten lassen würde.

Man kann daher nur darauf rechnen, durch die Berechnung der Fortpflanzungszeit der Welle einen einigermaßen zutreffenden mittleren Wert für u zu erhalten.

Zur Erlangung eines genäherten Wertes für das Verhältnis der Größen des Hubes an zwei verschiedenen Orten kann der aus der Theorie abgeleitete Satz benutzt werden, auf Grund dessen sich die Tidenhübe umgekehrt verhalten wie die vierten Wurzeln aus der Wassertiefe. Ist also die Wassertiefe an dem einen Orte k_1 , der Hub T_1 und an dem anderen Orte bzw. k_2 und T_2 , so ist:

$$T_1 : T_2 = \sqrt[4]{k_2} : \sqrt[4]{k_1}$$

oder

$$p = \sqrt[4]{\frac{k_1}{k_2}} \dots \dots \dots 10.$$

Wären also z. B. die Tiefen $k_1 = 16$ Meter, $k_2 = 25$ Meter, so würde man sehr nahe $p = 0.9$ finden, d. h. an dem zweiten Orte wäre der Tidenhub gleich dem Produkt aus 0.9 und dem Tidenhub am ersteren Orte. Hierbei ist aber zu beachten, daß die Relation (10) streng genommen nur für die Vergleichung zweier Punkte im freien Meere angewendet werden darf, und auch da eigentlich nur dann, wenn diese weit voneinander entfernt sind (mehr als eine Wellenlänge). Stationen, die in Flußmündungen liegen, können außer durch die Wassertiefe noch durch andere Umstände (Verengung des Flußbetts, Reibung usw.) beeinflußt werden, wie dies bei der Beschreibung der Gezeitenerscheinungen dargelegt worden ist, und es könnte dann der Wert von p erheblich entstellt werden, wenn man von einer solchen Station auf einen Punkt im freien Wasser schließen wollte. Immerhin kann jedoch, mit Vorsicht angewendet, die Beziehung (10) einen gewissen Anhalt geben, der aber durch andere Erwägungen ergänzt werden muß.

b. Der Verlauf der Gezeiten am Basis- und am Lotungs-ort sei verschieden. Die vorhergehenden Beschickungsformeln beziehen sich auf den Fall, daß der Verlauf der Gezeiten an beiden Stationen, der Basis- und der Lotungsstation, der gleiche sei. Dies spricht sich darin aus, daß das Wasser an beiden Stationen zum Steigen wie zum Fallen je die gleiche Zeit gebraucht, wozu ausdrücklich bemerkt sei, daß die Zeit des Steigens und die des Fallens unter sich wesentlich verschieden sein kann, es soll aber die eine wie die andere an beiden Stationen dieselbe sein. Dies wird nun nicht immer der Fall sein, und ganz besonders zeigt sich an Flußstationen eine

flußaufwärts rasch wachsende Verschiedenheit beider Zeiten. Beispielsweise braucht das Wasser bei Cuxhaven zum Steigen $5^h 34^m$, zum Fallen $6^h 51^m$, in Hamburg aber zum Steigen $4^h 39^m$ und zum Fallen $7^h 46^m$. Es ist klar, daß unter solchen Umständen die oben gegebenen einfachen Regeln nicht mehr ohne weiteres angewendet werden können, und es wird nun die Aufgabe sein, eine Regel aufzustellen, die, wenn sie auch nicht eine ganz genaue Lösung der Aufgabe, die Pegelablesung am Basisort auf den Lotungsort zu übertragen, darstellt, doch als ausreichend angesehen werden kann. Dies wird man besonders von dem ersten der beiden folgenden Verfahren behaupten können, während das zweite nur als Notbehelf anzusehen ist.

1. Wie schon gesagt, zeigt sich der verschiedene Verlauf der Gezeiten an zwei Orten dadurch, daß die Zeit, die das Wasser zum Steigen oder zum Fallen gebraucht, an beiden Orten verschieden ist. Die Folge hiervon ist, daß der Unterschied zwischen den Eintrittszeiten der Hochwasser an beiden Orten von demjenigen der Niedrigwasser verschieden ist, und zwar um den Unterschied der an beiden Orten zum Fallen des Wassers gebrauchten Zeitdauer. Es sei nun der Unterschied der Eintrittszeiten des Hochwassers an beiden Stationen $= u_h$ und derjenige des Niedrigwassers $= u_n$, dann könnte man einen Mittelweg einschlagen und diejenige Höhe des Normal- (oder Hilfs-) Pegels für die Beschickung der Lotungen benutzen, die der Zeit $s + \frac{1}{2}(u_h + u_n) = s + u$ entspricht, wobei s die Zeit der Lotung bedeutet. Dies Verfahren kann aber unter Umständen Fehler von unzulässiger Größe hervorbringen, und es ist besser, die Annahme zugrunde zu legen, daß u_h und u_n allmählich, der seit Hoch- bzw. Niedrigwasser verfloßenen Zeit proportional, ineinander übergehen, d. h., daß die Differenz $u_n - u_h$ der Zeit proportional auf die zwischen Hoch- und Niedrigwasser liegenden Stunden verteilt werden darf. Es sei s_h die Zeit des Eintritts von Hochwasser an der Lotungsstation und s_n diejenige von Niedrigwasser ebendasselbst, also $s_n - s_h$ die Dauer des Fallens des Wassers, dann würde man bei fallendem Wasser am Normalpegel denjenigen Wasserstand zu nehmen haben, der der Zeit

$$S = s + u_h + \frac{s - s_h}{s_n - s_h} (u_n - u_h)$$

entspricht. Ist $u_n - u_h = 0$, was dem Falle des gleichen Verlaufs der Gezeit an beiden Orten entspricht, so reduziert sich dies auf den früher behandelten Fall, daß vom Normalpegel der der Stunde $s + u$ zugehörige Wasserstand zu benutzen ist; ist $s = s_n$, d. h. wenn bei Niedrigwasser gelotet worden ist, so ist die Höhe des Normalpegels für die Zeit $s + u_h + (u_n - u_h) = s + u_n$ zu nehmen, und für eine Lotung bei Hochwasser würde $s = s_h$ sein, und der Wasserstand am

Normalpegel ist für die Zeit $s + u_h$ zu entnehmen. Auf diese Weise wird der Wasserstand am Normalpegel für Hoch- und Niedrigwasser genau der Formel 7 entsprechend entnommen, und für die Zwischenzeiten dürfte der etwaige Fehler nur gering sein.

Dies bezieht sich auf Lotungen, die bei fallendem Wasser gemacht sind; für solche bei steigendem Wasser gilt ein ganz analoger Ausdruck. Indem wir nun von der Zeit s_n des Niedrigwassers ausgehen und mit s'_h die Zeit des folgenden Hochwassers bezeichnen, hat man am Normalpegel denjenigen Wasserstand zu nehmen, der der Zeit

$$S = s + u_n - \frac{s - s_n}{s'_h - s_n} (u_n - u_h)$$

entspricht. Ist bei Niedrigwasser gelotet, so ist $s = s_n$, und dieser Ausdruck reduziert sich auf $s + u_n$, und wenn $s = s'_h$, d. h., wenn bei Hochwasser gelotet wurde, so geht er über in $s' + u_h$, wodurch die Richtigkeit der Formel erwiesen wird, soweit eben die gemachte Annahme zulässig ist.

Nachstehend sei nochmals übersichtlich die Regel zusammengestellt:
Zeit der Lotung = s ,

Unterschied der Eintrittszeit am Normalpegel und am Lotungsort

für Hochwasser = u_h ,

für Niedrigwasser = u_n ,

Eintrittszeit am Lotungsort

für Hochwasser = s_h ,

für das folgende Niedrigwasser = s_n ,

für das folgende Hochwasser = s'_h .

Entnimmt man dem Normalpegel den Wasserstand H

a) bei fallendem Wasser zu der Zeit $S = s + u_n + \frac{s - s_n}{s_n - s_h} (u_n - u_h)$,

b) bei steigendem Wasser zu der Zeit $S = s + u_n - \frac{s - s_n}{s'_h - s_n} (u_n - u_h)$,

dann ist:

Wassertiefe der Karte = gelotete Tiefe $- p (H - K_0)$.

Es sei noch bemerkt, daß $(s_n - s_h)$ die Zeit des Fallens, $(s'_h - s_n)$ die Zeit des Steigens der Gezeit am Lotungsort ist, und es ist noch zu zeigen, wie man diese Größen aus den entsprechenden am Normalpegel beobachteten ermitteln kann. Sind für den Normalpegel S_h , S_n , S'_h die Eintrittszeiten von Hochwasser, Niedrigwasser und wieder Hochwasser, so hat man

$$s_h = S_h - u_h$$

$$s_n = S_n - u_n$$

$$s'_h = S'_h - u_h$$

woraus folgt:

$$\left. \begin{aligned} \text{Dauer des Steigens am Lotungsort } s'_h - s_n &= S'_h - S_n + (u_n - u_h) \\ \text{,, ,, Fallens ,, ,, } s_n - s_h &= S_n - S_h - (u_n - u_h) \end{aligned} \right\} 12.$$

Man erhält also die Dauer des Steigens und Fallens am Lotungsort, wenn man zu den entsprechenden Werten am Normalpegel den Unterschied $(u_n - u_h)$ hinzufügt.

2. Die zweite Methode kann nur als Notbehelf angesehen werden und besteht darin, den Betrag der Beschickung von 2 Normalpegeln zu entnehmen und den Unterschied beider nach Maßgabe des Abstandes des Lotungsorts von den Normalpegeln zu verteilen. Der Lotungsort liege zwischen den beiden Normalpegeln und sei von dem nächsten um d , von dem entfernten um d' Seemeilen entfernt, während die Distanz der beiden Normalpegel $D = d + d'$ sei. Ist dann die von dem nächsten Pegel übertragene Lotungskorrektur $= p \cdot (H - K_0)$, die von dem entfernteren $= p' \cdot (H' - K'_0)$ und wird gesetzt

$$\left. \begin{aligned} p' \cdot (H' - K'_0) - p \cdot (H - K_0) &= \Delta, \\ \text{so wäre die anzubringende Lotungskorrektur} & \\ &= p \cdot (H - K_0) + \frac{d}{D} \Delta. \end{aligned} \right\} 13.$$

Die Entfernung D ist immer gleich $d + d'$ zu setzen, auch wenn die Lotungsstation nicht zwischen den beiden Normalstationen liegt.

II. Das Kartenniveau sei eine beliebig angenommene feste Ebene.

Im vorhergehenden ist vorausgesetzt worden, daß als Kartenniveau das mittlere Springniedrigwasser am Lotungsort angesehen werden sollte. Man kann aber auch andere Niveauflächen wählen, z. B. Normal-Null, wenn die Lage des Nullpunktes des Normalpegels gegen dieses bekannt ist, oder das niedrigste vorkommende Springniedrigwasser am Normalpegel oder den niedrigsten an diesem beobachteten Wasserstand, oder endlich eine ganz willkürlich gewählte Fläche, deren Lage gegen Mittelwasser an einem festen Pegel aber bekannt sein muß.

Alle diese Fälle lassen sich auf gleiche Weise behandeln, wenn man bedenkt, daß die Lage der gewählten Niveaufläche gegen Mittelwasser überall dieselbe sein muß, da, wie oben auseinandergesetzt, das Mittelwasser und nur dieses eine Niveaufläche bildet, d. h. eine Fläche, die überall mit der Vertikalen einen rechten Winkel bildet. Hieraus folgt, daß das Verfahren einfach darin besteht, den Unterschied des Wasserstandes am Normalpegel zur Zeit der Lotung und des Pegelstandes des langjährigen Mittelwassers durch Multiplikation mit p auf den Ort der Lotung zu übertragen, dies an die gelotete Wassertiefe anzubringen, wodurch die Lotung auf das Mittelwasser am Ort bezogen wird, und hiervon die Größe abzuziehen, durch die die Lage des

Kartenniveaus zum Mittelwasser am Normalpegel ausgedrückt wird. Letztere Größe ist, wie ausdrücklich bemerkt sei, nicht mit p zu multiplizieren, weil die Niveaufläche, wie gesagt, überall dieselbe Lage zum Mittelwasser hat.

Schneidet also das Kartenniveau den Normalpegel bei dem Skalentheil C_0 , liegt das langjährige Mittelwasser bei M_0 , und ist zur Zeit $s + u$ (oder zu der durch 11 bestimmten Zeit S) am Pegel der Wasserstand H abgelesen worden, so ist:

$$\left. \begin{aligned} \text{Wassertiefe der Karte} &= \text{gelotete Tiefe} - p \cdot (H - M_0) - M_0 - C_0 \\ &= \text{gelotete Tiefe} - p \cdot H + [C_0 - (1-p) \cdot M_0] \end{aligned} \right\} 14.$$

Ein Beispiel möge das Vorhergesagte erläutern.

In der Nähe von Helgoland mögen am 13. Mai 1894 von Stunde zu Stunde (Ortszeit) eine Reihe von Lotungen ausgeführt worden sein, die auf mittleres Springniedrigwasser zu beschicken sind, wobei der Flutmesser auf Helgoland als Hilfspegel, derjenige in Wilhelmshaven als Normalpegel dienen soll.

1. Beschickung des Hilfspegels auf den Normalpegel. Um die für den Normalpegel durch langjährige Beobachtung bekannten Größen: Pegellage des Mittelwassers und des mittleren Springniedrigwassers auf den Hilfspegel zu übertragen und die Unterschiede der Eintrittszeiten von Hoch- und Niedrigwasser sowie das Verhältnis der Tidenhübe an beiden Orten abzuleiten, seien beiderseits die in nebenstehender Tabelle enthaltenen Hoch- und Niedrigwasserzeiten und Wasserstände beobachtet worden (die in Wirklichkeit beiderseits den Aufzeichnungen des Flutmessers entnommen worden sind).

Auf Helgoland haben einige Niedrigwasser (8) nicht beobachtet werden können, weil der Wasserstand infolge des ziemlich kräftigen Nordost- und Ostwindes unterhalb des Nullpunkts des Pegels fiel.

Zunächst sind nun die Unterschiede der Eintrittszeiten von Hoch- und Niedrigwasser und die Tidenhübe beiderseits zu bilden. Da an beiden Orten nach Ortszeit beobachtet worden ist, so braucht wegen der Verschiedenheit der Zeit keine Reduktion angebracht zu werden.

Als Mittelwerte ergeben sich:

$$u_n = + 1^h 25.8^m, \quad u_n = + 0^h 47.5^m.$$

Das Vorzeichen $+$ bedeutet, daß die Phase in Helgoland früher als in Wilhelmshaven eintritt.

Tidenhub: Wilhelmshaven 3.65

„ Helgoland 2.22

Verhältnis $p = 0.608$.

Bei Berechnung des mittleren Tidenhubs für Wilhelmshaven sind die bei Helgoland ausfallenden Größen ebenfalls weggelassen worden, weil beiderseits stets das gleiche Material zu benutzen ist.

Datum	Wilhelmshaven.		Datum	Helgoland.		Unterschiede der Eintrittszeiten		Tidenhub in	
	Hoch- bzw. Niedrigwasser			Hoch- bzw. Niedrigwasser		für HW	für NW	Wilhelmshaven	Helgoland
	Uhrzeit	Pegelstand		Uhrzeit	Pegelstand				
1894 Mai 13.	h m			h m		h m	h m		
	0 12 vm.	0.42	12.	11 33 nm.	2.31		0 39		
	6 52	3.81	13.	5 26 vm.	4.36	1 26		3.39	2.05
	0 38 nm.	0.84		0 0 nm.	2.61		0 38	2.97	1.75
	7 10	4.12		5 40	4.64	1 30		3.28	2.03
14.	1 34 vm.	0.38	14.	1 0 vm.	2.23		0 34	3.74	2.41
	8 15	3.72		6 47	4.28	1 28		3.34	2.05
	2 8 nm.	0.66		1 16 nm.	2.46		0 52	3.06	1.82
	8 28	4.09		7 0	4.58	1 28		3.43	2.12
15.	2 47 vm.	[0.18]	15.	— vm.	—		—	3.91	—
	9 31	3.68		8 0	4.17	1 31		3.50	—
	3 25 nm.	0.36		2 40 nm.	2.21		0 45	3.32	1.96
	9 40	3.95		8 17	4.43	1 23		3.59	2.22
16.	3 50 vm.	[0.05]	16.	— vm.	—		—	3.90	—
	10 34	3.79		9 0	4.26	1 34		3.74	—
	4 28 nm.	0.25		3 34 nm.	2.18		0 54	3.54	2.08
	10 44	4.12		9 27	4.59	1 17		3.87	2.41
17.	4 59 vm.	[0.10]	17.	— vm.	—		—	4.02	—
	11 20	3.89		10 0	4.31	1 20		3.79	—
	5 14 nm.	[0.20]		— nm.	—		—	3.69	—
	11 35	4.13		10 0	4.48	1 35		3.93	—
18.	5 40 vm.	[0.08]	18.	— vm.	—		—	4.05	—
	0 20 nm.	4.11		10 39	4.44	1 41		4.03	—
	6 0	0.47		5 12 nm.	2.19		0 48	3.64	2.25
19.	0 12 vm.	4.52		10 53	4.65	1 19		4.05	2.46
	6 26	0.38	19.	5 40 vm.	2.20		0 46	4.14	2.45
	0 35 nm.	4.22		11 19	4.58	1 16		3.84	2.38
	6 35	0.31		6 0 nm.	2.19		0 35	3.91	2.39
20.	0 59 vm.	4.18		11 30	4.59	1 29		3.87	2.40
	6 56	0.17	20.	6 12 vm.	2.11		0 44	4.01	2.48
	1 15 nm.	4.28		0 0 nm.	4.69	1 15		4.11	2.58
	7 18	0.19		6 24	2.13		0 54	4.09	2.56
21.	1 31 vm.	4.29	21.	0 0 vm.	4.71	1 31		4.10	2.58
	7 42	0.29		6 47	2.21		0 55	4.00	2.50
	1 45 nm.	4.24		0 20 nm.	4.68	1 25		3.95	2.47
	7 59	0.25		7 0	2.11		0 59	3.99	2.57
22.	2 6 vm.	3.99	22.	0 48 vm.	4.47	1 18		3.74	2.36
	8 19	0.32		7 20	2.16		0 59	3.67	2.31
	2 19 nm.	4.12		0 48 nm.	4.56	1 31		3.80	2.40
	8 25	[0.17]		—	—		—	3.95	—
23.	2 46 vm.	3.82	23.	1 15 vm.	4.37	1 31		3.65	—
	8 44	0.44		7 50	2.27		0 54	3.38	2.10
	2 54 nm.	4.15		1 33 nm.	4.62	1 21		3.71	2.35
	9 6	[0.10]		—	—		—	4.05	—
24.	3 20 vm.	3.76	24.	2 0 vm.	4.16	1 20		3.66	—
	9 14	0.28		8 29	2.21		0 45	3.48	1.95
	3 33 nm.	4.05		2 0 nm.	4.43	1 33		3.77	2.22
	9 41	[0.09]		—	—		—	3.96	—
25.	4 1 vm.	3.59	25.	2 36 vm.	4.02	1 25		3.50	—
	9 32	0.47		9 0	2.34		0 32	3.12	1.68
	4 5 nm.	4.09		2 39 nm.	4.47	1 26		3.62	2.13
	10 21	0.39		9 25	2.33		0 56	3.70	2.14
26.	4 37 vm.	3.85	26.	3 0 vm.	4.29	1 37		3.46	1.96
	10 27	0.84		9 33	2.67		0 54	3.01	1.62
	4 41 nm.	4.21		3 34 nm.	4.63	1 7		3.37	1.96
	Mittel	2.218		Mittel	3.431	$u_h=1.25.8$	$u_n=0.47.5$	3.65	2.22
								Verhältnis $p=0.608$	

Ferner ergibt sich für Helgoland:

$$\begin{aligned} \text{Mittel aller Hochwasserstände} &= 4.461 \text{ Meter,} \\ \text{,, ,, Niedrigwasserstände} &= 2.269 \text{ ,,} \\ \hline \text{Mittelwasser } m'_0 &= 3.365 \text{ Meter,} \end{aligned}$$

für Wilhelmshaven:

$$\begin{aligned} \text{Mittel aller Hochwasserstände} &= 4.029 \text{ Meter,} \\ \text{,, ,, Niedrigwasserstände} &= \text{,,} \\ \text{ohne die für Helgoland ausfallenden} &= 0.406 \text{ ,,} \\ \hline \text{Mittelwasser } M'_0 &= 2.218 \text{ Meter.} \end{aligned}$$

Aus diesen Zahlen ergibt sich nun weiter:

$$\begin{aligned} \text{langjähriges Mittelwasser am Pegel Wilhelmshaven } M_0 &= 2.327 \text{ Meter,} \\ M'_0 &= 2.218 \text{ ,,} \\ \hline M_0 - M'_0 &= + 0.109 \text{ Meter.} \end{aligned}$$

Dann ist nach 3:

Langjähriges Mittelwasser Helgoland

$$m_0 = 3.365 + 0.109 = 3.474 \text{ Meter,}$$

Halber mittlerer Springtidenhub Wilhelmshaven

$$\frac{1}{2} T_s = 2.030 \text{ Meter,}$$

also nach 4 und 5:

Halber mittlerer Springtidenhub

$$\begin{aligned} \text{Helgoland } \frac{1}{2} t_s &= 0.608 \times 2.030 = 1.234 \text{ Meter,} \\ \text{Mittelwasser ,, } m_0 &= 3.474 \text{ ,,} \end{aligned}$$

Mittleres Springniedrigwasser Helgoland $K = 2.240$ Meter,

was als die Pegellage des Kartenniveaus anzusehen ist, während für Wilhelmshaven die Pegellage des Kartenniveaus

$$K_0 = 2.327 - 2.030 = 0.297 \text{ Meter}$$

ist. — Endlich erhalten wir noch für die Dauer des Steigens und Fallens des Wassers am Hilfspegel (Helgoland) folgende Zahlen:

$$\begin{aligned} \text{Dauer des Steigens in Wilhelmshaven} &= 6^h 11.5^m \\ \text{,, ,, Fallens ,, ,,} &= 6 13.7 \\ \hline u_n - u_h &= - 38.3 \end{aligned}$$

$$\text{Dauer des Steigens in Helgoland} = 5^h 33.2^m$$

$$\text{,, ,, Fallens ,, ,,} = 6 52.0.$$

Wir können nun folgende Formeln (12) aufstellen:

Dem Normalpegel sind die Wasserstände H zu entnehmen für die Zeiten:

bei fallendem Wasser:

$$S = s + 1^h 26^m - \frac{s - s_h}{6^h 52^m} 38.3^m = s + 1^h 26^m - c,$$

bei steigendem Wasser:

$$S = s + 0^h 48^m + \frac{s - s_n}{5^h 33^m} 38.3^m = s + 0^h 48^m + c',$$

dann ist

$$\text{Wassertiefe der Karte} = \text{gelotete Tiefe} - 0.608 \cdot (H - K_0).$$

Es sei nun am 13. Mai 1894 von morgens 6^h bis nachmittags 6^h von Stunde zu Stunde eine Lotung gemacht worden. Wir erhalten ihre Beschickung auf das Kartenniveau in folgender Weise:

Hochwasser wurde in Helgoland beobachtet um 5^h 30^m vm., Niedrigwasser um 0^h 0^m nm und wieder Hochwasser um 5^h 40^m nm; es ist also $s_h = 5^h 30^m \text{ vm}$ und $s_n = 0^h 0^m \text{ nm}$, $K_0 = 0.30 \text{ m}$.

Zeit der Lotung	(s - s _h) bzw. (s - s _n)	(s + 1 ^h 26 ^m - c) bzw. (s + 0 ^h 48 ^m + c)	S	H	H - K ₀	p(H - K ₀)	Nach den Helgoländer Kurven
s = 6 ^h vm	30 ^m	7 ^h 26 ^m - 3	7 ^h 23 ^m	m	m	m	m
7	90	8 26 - 8	8 18	3.90	3.60	2.19	2.11
8	150	9 26 - 14	9 12	3.44	3.14	1.91	1.87
9	210	10 26 - 19	10 7	2.89	2.59	1.57	1.53
10	270	11 26 - 25	11 1	2.26	1.96	1.19	1.15
11	330	0 26 - 31	11 55	1.67	1.37	0.83	0.79
0 nm	390	1 26 - 36	0 50	1.17	0.87	0.53	0.52
1	60	1 48 + 7	1 55	1.01	0.71	0.43	0.41
2	120	2 48 + 14	3 2	1.54	1.24	0.75	0.58
3	180	3 48 + 21	4 9	2.38	2.08	1.26	1.08
4	240	4 48 + 28	5 16	3.12	2.92	1.71	1.67
5	300	5 48 + 34	6 22	3.73	3.43	2.09	2.13
6	360	6 48 + 41	7 29	4.17	3.87	2.35	2.38
				4.27	3.97	2.41	2.43

Die vorletzte Rubrik gibt unter der Überschrift $p \cdot (H - K_0)$ die Beschickung der Lotungen auf das Kartenniveau, und zwar sind die gefundenen Zahlen von den Lotungen abzuziehen. Würden sich die Lotwürfe auf genau denselben Ort beziehen, so müßte also nach Anbringung der gefundenen Zahlen aus allen Lotungen dieselbe Kartentiefe herauskommen.

Um zu zeigen, mit welcher Genauigkeit sich nach dieser Methode die Beschickung der Lotungen ergibt, sind in der letzten Rubrik die aus den Kurven des Helgoländer Flutmessers sich ergebenden Größen eingetragen. Diese sind erhalten durch Subtraktion des oben gefundenen Kartenniveaus für Helgoland $K = 2.24$ Meter von den den Kurven des Flutmessers entnommenen Wasserständen. Wie man sieht, ist die Übereinstimmung durchweg eine sehr befriedigende, nur die beiden für 1^h und 2^h nm gefundenen Zahlen zeigen etwas größere Abweichungen. Die Ursache hierfür wie überhaupt für die Abweichungen liegt darin, daß das angewendete Verfahren die ohne Zweifel nicht richtige Voraussetzung macht, daß der Unterschied $u_n - u_h$ proportional zu der seit Hoch- bzw. Niedrigwasser verflossenen Zeit verteilt werden könne. Richtiger wäre es jedenfalls, um Hoch- und Niedrigwasser

eine weniger schnelle, mitten zwischen beiden aber eine raschere Änderung anzunehmen, als der einfachen Proportionalität entspricht, und es würde nicht schwer sein, hierfür brauchbare Formeln aufzustellen, jedoch würde dies die Ausdrücke und ihre Anwendung wesentlich komplizieren, ohne einen Vorteil für die Praxis zu gewähren. Außerdem wird auch der an beiden Orten verschiedene Einfluß der sogenannten Seichtwasser-Tiden mitwirken, die in der Tat an beiden Orten erhebliche Abweichungen zeigen. Dies letztere bedingt Unsicherheiten, die nicht zu vermeiden sind und daher in den Kauf genommen werden müssen.

Es kann noch von Interesse sein, auch die andern vom Wilhelmshavener Pegel auf Helgoland übertragenen Größen mit den direkt für letzteren Ort gefundenen zu vergleichen. Es ist also:

	Übertragen:	Direkt gefunden:
	$m_0 = 3.474$ Meter	3.675 Meter
	$t_s = 2.468$ „	2.470 „
	$K = 2.240$ „	2.440 „
Dauer des Steigens	$= 5^h 33.2^m$	$5^h 39.4^m$
„ „ Fallens	$= 6 52.0$	6 45.8
	$u_h = 1 26$	1 21.5
	$u_n = 0 48$	0 45.8
	$p = 0.608$	0.608

Nur der übertragene mittlere Wasserstand m_0 und entsprechend das übertragene Kartenniveau K zeigen eine größere Abweichung von den direkt gefundenen, alle anderen Größen stimmen genügend miteinander überein. Da während der Beobachtungszeit vom 13. bis 26. Mai sehr viel zum Teil steife bis stürmische Nordostwinde geherrscht haben, so darf man wohl den Unterschied in m_0 und K dem verschiedenen Einfluß dieser Winde auf den Wasserstand an beiden Orten zuschreiben. Nordostwinde haben auf den Wasserstand in Wilhelmshaven nur einen geringen Einfluß, dürften aber den Wasserstand bei Helgoland nicht unerheblich niedriger machen, als er im Durchschnitt sein würde.

Überhaupt ist im Auge zu behalten, daß, wie schon erwähnt, das vorstehend dargelegte Verfahren auf Voraussetzungen beruht, die nur angenähert richtig sind. Vollkommene Übereinstimmung kann daher nicht erwartet werden.

Um auch die Anwendung der Formel 14 zu zeigen, möge bestimmt werden, daß als Kartenniveau die durch den Nullpunkt des Wilhelmshavener Pegels gelegte Niveaufläche dienen soll. Da in diesem Falle $C_0 = 0$, $M_0 = 2.327$ Meter ist, so würde nach 14 die Beschickung der Lotungen gleich $- [0.608 (H - 2.327) + 2.327] = - [0.608 H + 0.912]$ sein. Wird hiernach die Beschickung der Lotungen berechnet,

so findet sich, daß sie konstant um 1.093 Meter (= 0.912 + 0.608 × 0.297) größer ist als vorher. Dasselbe ergibt sich auch durch folgende Betrachtung: Das neugewählte Kartenniveau liegt 2.327 Meter unter dem Mittelwasser aller Punkte des Lotungsgebietes; es liegt also bei Helgoland bei 3.474 — 2.327 Meter = 1.137 Meter des dortigen Pegels. Oben wurde nun gefunden, daß das früher gewählte Kartenniveau (mittleres Spring-Niedrigwasser) bei dem Skalenteil 2.240 Meter des Pegels liegt, folglich liegt das neue Kartenniveau um 2.240 — 1.147 = 1.093 Meter tiefer als das vorige, und die Beschickung der Lotungen muß daher um ebensoviele größer sein als vorher.

Es möge noch gezeigt werden, wie man die Höhe des Wasserstandes über einem festen Niveau zu einer bestimmenden Zeit berechnen kann, um es entweder zur Beschickung von Lotungen auf dieses Niveau oder zur Beurteilung der Wassertiefe zu einer bestimmten Zeit zu gebrauchen. Wenn das Steigen und Fallen des Wassers gleiche Zeit in Anspruch nimmt, so kann, wenigstens sehr genähert, angenommen werden, daß die Wasserstandskurve einer Cosinuskurve entspricht, d. h. daß sich der Wasserstand h darstellen läßt durch den Ausdruck:

$$h = h_m - \frac{T}{2} \cdot (1 - \cos [28.985^\circ \cdot i]) \dots \dots \dots 15.$$

worin h_m die Höhe des Tages-Hochwassers über einer festen Ebene, T den Tages-Hub und i die seit Hochwasser verflossene Zeit in Stunden bedeuten.

Wird zum Steigen und Fallen nicht die gleiche Zeit gebraucht, so kann trotzdem derselbe Ausdruck für die Berechnung des Wasserstandes benutzt werden, wenn man analog wie in 11 den halben Unterschied zwischen der Dauer des Fallens und Steigens der seit Hoch- bzw. Niedrigwasser verflossenen Zeit proportional verteilt. Ist also die Dauer des Steigens = D_s , die des Fallens = D_f , so würde man in 15 statt i zu setzen haben:

$$\left. \begin{aligned} i &= i_h \left(1 - \frac{D_f - D_s}{2 D_f}\right) = i_h \frac{D_f + D_s}{2 D_f} = i_h \frac{6.21}{D_f} \text{ (fallendes Wasser),} \\ i &= i_n \left(1 + \frac{D_f - D_s}{2 D_s}\right) + 6.21^h = 6.21^h + i_n \frac{D_f + D_s}{2 D_s} \\ &= 6.21 \left(1 + \frac{i_n}{D_s}\right) \text{ (steigendes Wasser),} \end{aligned} \right\} 16.$$

wenn wir mit i_h und i_n die seit Hoch- bzw. Niedrigwasser verflossene, in Stunden und Stundenbruchteilen ausgedrückte Zeit bezeichnen. Hierdurch wird man wenigstens sehr genähert die richtige Höhe des Wasserstandes über einem festen Niveau erhalten.

Auf ähnlicher Grundlage beruht auch die von Dr. SCHRADER in den Annalen der Hydrographie für 1900 S. 21 ff. und im Nautischen Jahrbuch gegebene Tabelle (Nr. 22) zur Beschickung von Lotungen.

Für Niedrigwasser ist in 16 $i_h = D_f$, und es wird $i = \frac{1}{2} (D_s + D_f)$, da aber immer, soweit nur die halbtägige Gezeit in Frage kommt, $D_s + D_f = 12.42^h$ ist, so ist $i = 6.21^h$, $28.985^\circ \cdot i = 180^\circ$ und $h = h_m - T$, d. h. gleich dem Wasserstand des Tages-Niedrigwassers. Ebenso ist für das nächste Hochwasser $i_n = D_s$ zu setzen, und es wird $i = 2 \cdot 6.21 = 12.42^h$ und $28.985^\circ \cdot i = 360^\circ$, oder $h = h_m =$ dem Wasserstande bei Hochwasser.

§ 78. Gezeitenströmungen.

In Verbindung mit den Gezeiten treten Strömungen auf. Im Sinne der Wellentheorie der Gezeiten stellt die Strömung einfach die Horizontalbewegung der Wasserteilchen dar, ebenso wie der Hub ihre Bewegung in vertikaler Richtung angibt. Hieraus folgt schon, daß die Stromgeschwindigkeit dieselben Schwankungen zeigen muß wie die Höhe des Wasserstandes, sie wechselt mit der Phase der Welle, sie zeigt halbmonatliche und tägliche Ungleichheit usw. Es soll daher nachstehend das, was die Wellentheorie bezüglich der Strömungs-

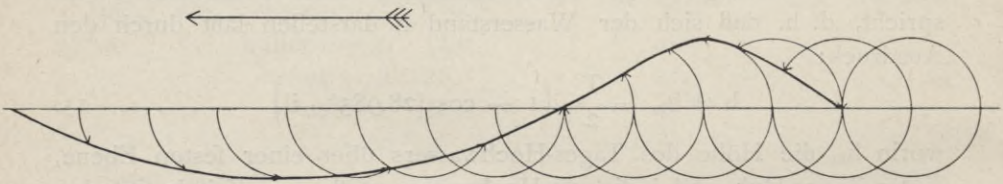


Fig. 2.

erscheinungen ergeben hat, übersichtlich zusammengestellt werden, wozu noch bemerkt wird, daß alle erwähnten Erscheinungen durch die Beobachtung bestätigt worden sind.

1. Wasserwellen entstehen dadurch, daß die Wasserteilchen sich in Kreisen oder Ellipsen mit gleichförmiger Geschwindigkeit um ihre Ruhelage als Mittelpunkt bewegen, und zugleich das mehr vorwärts gelegene Teilchen sich etwas später in Bewegung setzt wie das vorhergehende (siehe Fig. 2).

Dadurch, daß die aufeinanderfolgenden Wasserteile gleichzeitig in den verschiedensten Phasen ihrer oszillatorischen Bewegung sich befinden, erhält die Oberfläche des Wassers die Gestalt, die wir eine Welle nennen. Die eine Hälfte der Welle ist höher als das mittlere Niveau, die andere ist ebensoviel unter dieses herabgedrückt. Den höchsten und tiefsten Punkt erreicht die Welle dort, wo die Wasserteilchen auf ihrer kreis- oder ellipsenförmigen Bahn die größte vertikale Erhebung über oder Senkung unter das mittlere Niveau erreicht haben, was senkrecht über und unter ihrer Ruhelage stattfindet. Indem nun nach und nach die vorwärts gelegenen Teilchen in die höchste Lage

rücken und die rückwärtigen davon herabsinken, rückt die Welle vorwärts. Dieses Vorwärtsschreiten der Welle oder der Gestalt des Wasserspiegels darf nicht verwechselt werden mit der Bewegung der Wasserteilchen selbst. Letztere beschreiben um ihre Ruhelage als Mittelpunkt Kreise oder Ellipsen, entfernen sich also nie sehr weit von ihrer Ruhelage.*). Man nennt die Wellen kurz oder lang, je nachdem die Entfernung von einem Scheitel zum nächsten klein oder groß ist; im ersten Falle ist die Bewegung der Wasserteile genau oder sehr nahezu kreisförmig, im andern vollzieht sie sich in einer langgestreckten Ellipse, deren große Achse horizontal ist, und deren kleine Achse gleich dem Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Punkt der Welle ist, den man bei den Flutwellen den Tidenhub nennt. Die Zeit, die die Wasserteilchen gebrauchen, um ihre Bahn einmal zurückzulegen, nennt man die Periode der Welle, sie ist offenbar gleich der Zeit von einem Hochwasser zum nächsten. Ferner ist die Länge der Welle der lineare Abstand eines Hochwassers von dem nächsten. Bei sehr langen Wellen hängt die Länge sowohl wie die Geschwindigkeit, mit der die Welle sich vorwärts bewegt, wesentlich nur von der Tiefe des Wassers ab.

2. Die kreisförmige oder elliptische Bewegung der Wasserteilchen wird mit gleichförmiger Geschwindigkeit vollzogen. Denken wir uns diese gleichförmige Geschwindigkeit im Kreise in eine geradlinige horizontale und eine ebensolche vertikale Bewegung zerlegt, deren Resultante also die Kreis- oder elliptische Bewegung ist, so werden die Komponenten alle Werte von Null bis zur vollen Geschwindigkeit im Kreise oder der Ellipse haben, und zwar sieht man leicht, daß die größte Geschwindigkeit in horizontaler Richtung dort stattfinden muß, wo die Bewegung in vertikaler Richtung gleich Null ist, d. h. auf dem Gipfel und im Tale der Welle, wo das Wasserteilchen sich parallel zur Ebene des Horizonts bewegt, im ersteren Falle vorwärts, im letzteren rückwärts gerichtet, oder, wie wir es bei den Flutwellen ausdrücken würden, die größte Geschwindigkeit in horizontaler Richtung, d. h. der stärkste Strom findet statt im Augenblicke des Hoch- und Niedrigwassers. Dagegen hat die vertikale Bewegung ihr Maximum, wenn

*) Bei einer Flutwelle von 1,3 m Höhe ist die große Achse der elliptischen Bahn eines einzelnen Wasserteilchens auf einer Tiefe von 5000 m nur 400 m lang, während die Länge der Welle nahezu 10 000 000 m beträgt. Der Weg, den ein Wasserteilchen von dem Ort eines Stillwassers bis zu dem des nächsten zurücklegt (wie er durch einen schwimmenden Gegenstand mit keinem oder nur geringem Windfang dargestellt wird), beträgt etwa das Vierfache der stärksten Strömung, ausgedrückt in Seemeilen pro Stunde; ist diese also 3 Seemeilen pro Stunde, so würde ein Brett von dem Ort, wo es sich beim Wechsel des Flutstroms in Ebbstrom befindet, bis dahin, wo es beim folgenden Wechsel des Ebbstroms in Flutstrom ist, etwa 12 Seemeilen zurücklegen.

die horizontale gleich Null ist. Dies tritt ein, sobald die Bewegung des Wasserteilchens das mittlere Niveau passiert. In diesem Augenblicke hat das Teilchen auch seine größte horizontale Entfernung von der Ruhelage erreicht und beginnt von nun an, sich in der seiner vorherigen Bewegung entgegengesetzten Richtung zu bewegen, d. h. im Falle der Flutwellen: es ist Stromwechsel in dem Augenblicke, wo das Wasser sein mittleres Niveau passiert, und zwar strömt das Wasser nach vorwärts, solange der Wasserstand höher ist als Mittelwasser, nach rückwärts, solange er niedriger ist. Bezogen auf Hoch- und Niedrigwasser, können wir das Vorhergehende auch so aussprechen: Der Übergang des Flutstromes in Ebbstrom (der Vorwärts- in die Rückwärtsbewegung) findet 3 Stunden 6 Minuten (eine Viertelperiode) nach Hochwasser, und der Übergang von Ebbstrom in Flutstrom (der Rückwärts- in die Vorwärtsbewegung) um ebensoviel nach Niedrigwasser statt. Dies ist so ziemlich das Gegenteil von der gewöhnlichen Vorstellung, nach der der Stromwechsel mit Hoch- und Niedrigwasser zusammenfallen soll und jede Abweichung hiervon als Ausnahme betrachtet wird; wir werden gleich sehen, daß diese Auffassung auch für beinahe alle Fälle, die gewöhnlich zur Beobachtung kommen, ihre Berechtigung hat.

3. Das Vorhergehende bezieht sich nämlich auf solche Wellen, die in ihrer Bewegung und Fortpflanzung keine Hindernisse finden. Jedes Hindernis bringt Veränderungen in der Gestalt der Welle sowohl wie in der Bewegung der einzelnen Wasserteilchen hervor, von denen natürlich die ersten (Änderungen der Gestalt der Welle) eine Folge der Änderungen der Bewegung der Wasserteilchen sind. Diese Veränderungen bestehen darin, daß die vorher symmetrische Welle (symmetrisch mit Bezug auf eine durch ihren höchsten Punkt gedachte Vertikale) nun unsymmetrisch, nämlich an der voranschreitenden oder vorderen Seite steiler, auf der hinteren flacher wird. Die Folge ist, daß bei ungeänderter Periode das Steigen des Wassers kürzere Zeit, das Fallen längere Zeit in Anspruch nimmt als in der ungestörten Welle, wo beides gleichlange dauerte. Gleichzeitig wird die Welle höher und nimmt mit der Steigerung der Hindernisse an Höhe immer mehr zu. Ist die Beeinflussung der Welle durch die Fortpflanzungshindernisse stark, so kann der Fall eintreten, daß zu irgend einer Zeit während des Verlaufes der Gezeit die gerade stattfindende Bewegung des Wassers (Steigen, Fallen oder Stillstand bei Hoch- oder Niedrigwasser) sich umkehrt, so daß z. B. während des Steigens des Wassers dieses eine Zeitlang aufhört und vielleicht in ein geringes Fallen übergeht, worauf nach einiger Zeit das Wasser seine steigende Bewegung wieder aufnimmt. Oder das Wasser fällt, nachdem es rasch seinen höchsten Stand erreicht hat, einige Zentimeter, beginnt dann

wieder zu steigen und erreicht ein zweites Hochwasser, worauf es schnell zum Niedrigwasser abfällt. Tritt kein oder nur ein unmerkliches Fallen des Wassers zwischen den beiden Hochwassern ein, so erscheint die Dauer des Hochwassers mehr oder minder stark verlängert. Endlich verkleinert sich das Zeitintervall zwischen dem Augenblicke, wo die Wasserteilchen ihre Bewegung umkehren (die Zeit des Stromwechsels), und dem Augenblicke des vorhergehenden Hoch- oder Niedrigwassers mit steigenden Hindernissen mehr und mehr und kann in gewissen Fällen gleich Null werden. Letzteres, das Zusammentreffen von Hochwasser und Stromwechsel, tritt dann ein, wenn die Welle auf eine feste Schranke trifft. Dies ist der Fall bei allen Küsten, die von der Flutwelle senkrecht oder beinahe senkrecht getroffen werden, und da ein allmählich zur Küste ansteigender Meeresboden auch eine parallel mit der Küste fortschreitende Welle so beeinflusst, daß das Wasser schon aus gewisser Entfernung senkrecht auf das Ufer zuströmt, so ist dies der Fall, den wir an allen Küsten beobachten, und so erklärt sich die oben erwähnte, weit verbreitete Ansicht von selbst, daß Hochwasser und Stillwasser überall zusammenfallen müssen. Entfernt von der Küste sollten wir aber in größerer oder geringerer Reinheit das Gesetz der ungestörten Welle finden, je nach dem Grade der Beeinflussung, die sie durch die Begrenzung ihres Bettes erfahren hat.

Wenn eine Welle in einen Kanal eindringt, der an seinem inneren Ende geschlossen ist, wächst die Höhe der Welle von der Mündung bis zum Grunde, und kann hier sehr hoch werden, wenn die Länge des Kanals nicht viel von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge verschieden ist. Die Hochwasserzeit wächst sehr langsam vom Eingang des Kanals bis zum Grunde, d. h. es ist in der ganzen Länge des Kanals ziemlich gleichzeitig Hochwasser, im Innern desselben aber etwas später als an der Mündung. Der Stromwechsel fällt mit Hoch- und Niedrigwasser zusammen, wenn man den Einfluß der Reibung nicht berücksichtigt; es ergibt sich aber, daß er etwas später eintritt als die Extremphasen, wenn Reibung vorhanden ist.

4. Die Welle wird, der Theorie zufolge, in der soeben auseinandergesetzten Weise beeinflusst:

a) durch Verengung des Bettes, in dem sie sich bewegt, also z. B. wenn die Welle aus dem Ozean in einen Kanal tritt, dessen Ufer sich mehr und mehr nähern (»Tides and waves«, Art. 257);

b) durch Verflachung des Bettes in der Richtung, in der die Welle fortschreitet (»Tides and waves«, Art. 238 ff.);

c) durch die Reibung des Wassers an den Wänden und dem Boden des Kanals und der Wasserteilchen aneinander.

Die entgegengesetzten Ursachen werden auch die entgegengesetzten Wirkungen haben, z. B. wird eine Erweiterung des Kanals die Wirkung einer früheren Verengung wieder aufheben.

Eine bemerkenswerte Illustration findet diese Behauptung durch die Angaben der »Tide tables« betreffs der Strömungen über Hurds Deep. Es ist dies eine räumlich wenig ausgedehnte (etwa 40 Sm lange und $2\frac{1}{2}$ Sm breite), aber tiefe Einsenkung des Meeresbodens nördlich der Insel Alderney und nordwestlich von Kap La Hague. Während überall außerhalb dieser Einsenkung Strömungen von 2.6 bis 5 Sm, ja 4 Sm WNW von Kap La Hague, also dicht am Rande von Hurds Deep, eine solche von 5 bis 7 Sm angegeben werden, beträgt die Geschwindigkeit des Stromes über Hurds Deep selbst nur 2.15 bis 2.40 Sm. Ferner ist hier der Stromwechsel ein wenig früher als Hoch- und Niedrigwasser bei Dover, was darauf hindeutet, daß die Eintrittszeit von Hoch- und Niedrigwasser am Ort gegen die Umgebung beschleunigt ist. Beides ist der plötzlichen Vermehrung der Tiefe zuzuschreiben, die einen Teil der durch die Bodenbeschaffenheit der Umgebung eingetretenen Beeinflussung der Welle wieder aufhebt.

5. Wenn sich zwei einfache Wellen unter einem beliebigen Winkel treffen, so kreuzen sie sich, ohne sich gegenseitig zu stören, wenn man von der Reibung absieht, durch die die Wellen allmählich zum Erlöschen gebracht werden, wenn nicht — wie bei der Flutwelle — durch äußere Kräfte für die stete Erneuerung derselben gesorgt wird. Betrachten wir aber die Wirkung der Kreuzung der Wellen an einem bestimmten Punkte, so sehen wir, daß, je nach dem Phasenunterschied, mit dem sie an diesem Punkte zusammentreffen, sich der Verlauf der Gezeit abweichend von dem an anderen Punkten zeigt, wo der Phasenunterschied ein anderer ist. Treffen z. B. die beiden Wellen an einem Punkte mit gleichen Phasen zusammen, so lagert sich die eine Welle auf die andere auf, und die Höhe des Hochwassers über dem Mittelwasser ist gleich der Summe der höchsten Erhebungen der beiden Wellen, und die Senkung des Niedrigwassers unter Mittelwasser ist gleich der Summe ihrer größten Senkungen unter dem mittleren Niveau. Trifft aber an einem anderen Orte das Hochwasser der einen Welle mit dem Niedrigwasser der anderen zusammen, so ist die größte beobachtete Erhebung über und die größte Senkung unter dem mittleren Niveau gleich dem Unterschied der entsprechenden Phasen der einzelnen Wellen. Im ersten Falle haben wir demnach einen sehr großen, im zweiten einen sehr kleinen Tidenhub zu erwarten. Zwischen diesen beiden Extremen finden wir alle möglichen Abstufungen.

Eine ganz analoge Erscheinung tritt in den Strömungsgeschwindigkeiten zutage. Es ergibt sich nämlich, daß je nach dem Phasenunterschied, mit dem die Wellen an verschiedenen Orten zusammen-

treffen, die Stromgeschwindigkeit verschieden ist, und zwar ist sie am stärksten an Orten, wo der Phasenunterschied 180° , am schwächsten dort, wo er 0° beträgt; es trifft also stärkster Strom mit geringstem und schwächster Strom mit größtem Tidenhub zusammen.

Für unseren Zweck wichtiger noch ist aber ein zweites Ergebnis der theoretischen Untersuchung, nämlich folgendes:

Wenn wir, ausgehend von dem Punkte, wo die beiden Wellen mit gleichen Phasen zusammentreffen (also nach dem Vorhergehenden von dem Punkte, wo wir den größten Tidenhub finden), in der Fortpflanzungsrichtung der höheren Welle oder, was dasselbe ist, in der Richtung des wachsenden Phasenunterschiedes fortschreiten, so wird an aufeinanderfolgenden Punkten das Zeitintervall zwischen dem Stromwechsel und der diesem folgenden Extremphase (das im Ausgangspunkte selbst eine Viertelperiode beträgt) immer kleiner, bis in einer gewissen Entfernung vom Ausgangspunkte, das von dem Verhältnis der Höhe der beiden Wellen und dem Winkel, unter dem sie sich kreuzen, abhängt, ein Minimum erreicht wird. In größerer Entfernung vom Ausgangspunkte wird das genannte Intervall wieder größer und beträgt im Abstände einer halben Wellenlänge (wo also der Phasenunterschied $= 180^\circ$ ist, oder wo Hochwasser der einen Welle und Niedrigwasser der anderen zusammentreffen) wiederum eine Viertelperiode, wächst bei weiterem Fortschreiten über diesen Betrag hinaus bis zu einem Maximum, das ebensoviel größer als eine Viertelperiode ist, wie das Minimum kleiner war, um von hier ab wieder kleiner zu werden und endlich in der Entfernung von einer ganzen Wellenlänge — wo der Phasenunterschied wieder Null wird oder Hochwasser mit Hochwasser zusammenfällt — wieder auf eine Viertelperiode zurückzukommen, worauf der oben geschilderte Vorgang sich wiederholt.

Die Größe dieser Schwankung des Intervalls um den Mittelwert einer Viertelperiode hängt sehr wesentlich von dem Unterschiede in der Höhe der beiden Wellen ab, und sie wird gleich Null, wenn beide Höhen einander gleich sind, d. h. in diesem Falle fällt Hoch- oder Niedrigwasser mit dem Stromwechsel zusammen. Verschwindet die eine Welle ganz, so beträgt natürlich das Intervall zwischen Stromwechsel und Extremphase überall eine Viertelperiode, weil wir es dann nur mit einer einfachen Welle zu tun haben.

Wenn erstens die Höhen der beiden sich kreuzenden Wellen einander gleich sind, zweitens der Phasenunterschied derselben $= 90^\circ$ (oder 270°) ist, und drittens die Wellen sich unter einem Winkel von 90° kreuzen, so wird das Intervall zwischen Stromwechsel und Extremphasen unbestimmt, d. h. es findet zu jeder Zeit Strom statt, der mit gleicher Stärke aus verschiedener Richtung kommt.

Ist die erste und dritte Bedingung erfüllt, aber der Phasenunterschied der Wellen nicht 90° , sondern 180° , so findet Strom mit regelmäßigem Wechsel aus einer Richtung in die entgegengesetzte mit dazwischenliegender Stromstille statt; dagegen ist der Tidenhub = 0.

6. Trifft eine Welle auf eine gradlinige Wand oder, wie es in der Natur der Fall ist, auf eine derartige Küstenstrecke, so wird sie unter demselben Winkel zurückgeworfen, unter dem sie auf die Wand trifft. Die Interferenz der reflektierten mit der ursprünglichen Welle hat natürlich die gleiche Erscheinung zur Folge, die wir bei der Kreuzung zweier ungleicher Wellen kennen gelernt haben; da aber hier die Höhen der reflektierten und die der ursprünglichen Welle gleich sind, so wird gemäß dem Schlusse des vorigen Abschnittes die Beziehung zwischen Hochwasser und Stromwechsel dahin geändert, daß beide zusammenfallen.

7. Über die Richtung, in der die Zeit des Hochwassers wächst, wenn sich zwei Wellen von verschiedener Höhe kreuzen, ergibt die Theorie, daß hierfür die Fortpflanzungsrichtung der höheren Welle maßgebend ist. Sind die Höhen einander gleich, so hört das Fortschreiten der Hochwasserzeiten auf.

8. Wenn eine Welle aus einem weiten Becken durch eine enge Öffnung in ein zweites weites Becken tritt, so breitet sie sich in diesem fächerartig in der Weise aus, daß der mittlere Teil der Welle die ursprüngliche Höhe beibehält, daß sie aber nach den Seiten, je weiter von der Mitte entfernt, desto niedriger ist. — Dies ist nicht eigentlich ein Ergebnis theoretischer Untersuchung, sondern der Beobachtung, das man in jedem Teich, in dem sich ein unterbrochenes Wehr befindet, bestätigt sehen kann.

Es mögen hier noch die im Westen an der Südküste Englands und der Nordküste Frankreichs vorkommenden rotatorischen Strömungen erwähnt werden, für die schon AIRY die Erklärung gegeben hat (*»Tides and waves«*, Art. 359 ff.). Diese Strömungen, die übrigens keineswegs auf die genannten Gebiete beschränkt sind, sondern auch in der Nordsee beobachtet worden sind (z. B. von Kapt. DINKLAGE bei Borkum und von S. M. Knbt. »Drache« bei Sylt), bestehen darin, daß der Strom im Laufe der Gezeiten nach und nach aus allen Kompaßrichtungen kommt, wobei der Drehungssinn in einer bestimmten Beziehung zu der Fortpflanzrichtung der Welle steht. Wenn man nämlich in die Richtung sieht, wohin die Welle sich fortpflanzt, so erfolgt die Drehung an der linken Seite im Sinne des Uhrzeigers, an der rechten im entgegengesetzten. Die von AIRY gegebene Erklärung wird dieser Erscheinung so vollkommen gerecht, daß wir nichts Besseres tun können, als sie hier wiederzugeben.

Zunächst macht AIRY darauf aufmerksam, daß in einem Kanale, der in der Mitte tiefer ist wie an den Seiten, der Scheitel der Welle sich nicht in einer geraden Linie quer über den Kanal erstrecken könne, sondern daß er eine gekrümmte Gestalt annehmen müsse. Der Grund hiervon liegt darin, daß die Geschwindigkeit, mit der sich die Welle fortpflanzt, der Quadratwurzel aus der Tiefe des Wassers direkt proportional ist, die Welle wird sich daher an den flacheren Seiten mit geringerer Geschwindigkeit bewegen als in der tieferen Mitte. In der Mitte wird der Kamm also voreilen, an den Seiten des Kanals aber zurückbleiben und eine gekrümmte Gestalt annehmen, die an der Küste dieser nahe parallel sein wird. Ist einmal diese Form erreicht, so pflanzt sich der Kamm der Welle ohne wesentliche Änderung fort, und da das Fortschreiten der Welle an jedem Punkt in der Richtung der Normalen der Kurve an jenem Punkte geschieht, so wird die Welle an den Seiten des Kanals sich nahe senkrecht auf die Küste, in der Mitte aber parallel mit der Achse des Kanals bewegen. Die Wasserteilchen bewegen sich in derselben Richtung, wohin die Welle fortschreitet, das Wasser wird daher in der Nähe der Küste auf diese zu und von ihr weg, in der Mitte des Kanals aber kanalaufwärts und abwärts parallel mit der Achse des Kanals strömen. Weiter folgert AIRY:

»Für den Teil der Welle, der sich in der Nähe der Küste befindet, wo das Wasser also senkrecht gegen diese hinströmt, wirkt die Küste als Barriere und bewirkt, daß die größte horizontale Verschiebung der Wasserteilchen (oder der Stromwechsel) mit Hochwasser zusammenfällt.

In der Mitte des Kanals wird das Wasser am schnellsten aufwärts strömen, wenn es seinen höchsten Stand erreicht hat. Diese Bewegung hört auf, wenn es sein mittleres Niveau passiert (d. h. der Stromwechsel findet statt drei Stunden nach Hochwasser).

Für eine Station zwischen der Küste und der Kanalmitte, wo sich die Wirkung dieser beiden Bewegungen kombiniert, wird sich die Sache folgendermaßen gestalten:

Bei Hochwasser fließt das Wasser kanalaufwärts, aber nicht nach oder von der Küste.

Wenn das Wasser bis zu seinem mittleren Niveau gefallen ist, fließt es von der Küste weg, ist aber stationär mit Bezug auf die Bewegung kanalauf- und abwärts.

Bei Niedrigwasser läuft das Wasser kanalabwärts, hat aber keine Bewegung nach oder von der Küste.

Wenn das Wasser auf sein mittleres Niveau gestiegen ist, strömt es nach der Küste hin, ist aber stationär mit Bezug auf die Bewegung kanalauf- und abwärts.

Folglich wird im Laufe einer Gezeit die Richtung des Stromes durch 360° sich ändern, ohne jemals stationär zu sein, und der Sinn, in dem diese Richtungsänderung der Strömung vor sich geht, wird derart sein, daß, wenn wir uns in der Mitte des Kanals aufwärts segelnd denken, der Gezeitenstrom an der linken Seite sich im Sinne eines Uhrzeigers ändern wird, an der rechten Seite umgekehrt wie ein Uhrzeiger.«

Dies ist genau das, was an der Südküste Englands und der Nordküste Frankreichs in dem Teile zwischen Startpoint und Lizard und St. Malo-Ouessant sowie an der Nordseeküste beobachtet wird. Wo die Bedingung, daß fern von der Küste der Strom drei Stunden nach Hoch- und Niedrigwasser kentert, nicht erfüllt ist, kann keine vollständige Drehung des Stromes um 360° ohne Stauwasser zustande kommen, wohl aber kann eine partielle Drehung größer oder geringer, je nachdem die Zeit des Stromwechsels draußen weniger oder mehr beeinflusst ist, mit dazwischenliegendem Stauwasser vorkommen.

Nach Beobachtungen von Kapt. PELHAM ALDRICH, die in den Jahren 1889 und 1890 auf dem Gebiete von 48° bis 51° N-Br. und $7\frac{1}{2}^\circ$ bis $10\frac{1}{2}^\circ$ W-Lg., also an der äußeren Kante der Kanalbank an gestellt wurden, findet hier eine rotatorische Strömung statt derart, daß der Strom im Laufe einer Gezeit mit fast gleichbleibender Stärke von West nach Nord, Ost und Süd herumgeht. Nach der soeben nach AIRY gegebenen Regel sollte also das Beobachtungsgebiet auf der linken Seite der Fortpflanzungsrichtung der Welle liegen, und dies ist auch tatsächlich der Fall mit Bezug auf den in die Biscaya-Bai hineinsetzenden Zweig der weiter draußen auf tiefem Wasser nach Norden laufenden Welle. Auch diese Tatsache ist in vollkommenem Einklange mit der Theorie.

9. Da die Stromgeschwindigkeit von der Höhe des Hubs abhängig ist, so folgt von selbst, daß sie eine halbmonatliche Ungleichheit zeigen muß, wie dies für das Feuerschiff West-Hinder auch durch Herrn PETIT, ingénieur en chef du service de l'hydrographie (Belgien), nachgewiesen worden ist.

10. Dort, wo die tägliche Ungleichheit vorherrscht und es der Hauptsache nach nur Eintagstiden gibt, wie im Indisch-malaiischen Archipel, da zeigt auch die Strömung dieselbe Eigentümlichkeit, d. h. sie wechselt in 24 Stunden nicht vier-, sondern nur zweimal die Richtung, was durch Herrn Dr. VAN DER STOK in klassischer Weise dargelegt worden ist.

Die im vorstehenden erwähnten, aus der Wellentheorie abgeleiteten Resultate werden durch die Beobachtung ohne Ausnahme bestätigt, wovon im vorhergehenden bereits einige Beispiele angeführt worden sind.

Auf die Hilfsmittel zur Beobachtung der Stromrichtung und -geschwindigkeit soll hier nicht näher eingegangen werden. Es sei nur kurz erwähnt, daß das einfachste Mittel das sein dürfte, vom verankerten Schiffe aus in bestimmten Zwischenzeiten mittels des Logs (Hand- oder Patentlog) die Stromgeschwindigkeit zu messen und gleichzeitig zu notieren, welchen Kurs das Schiff anliegt. Diese Mittel geben nur Strömungsdaten für die Oberfläche, die vom Winde mehr oder weniger stark beeinflusst sein können. Von dieser Fehlerquelle ganz oder doch zum größten Teil freie Resultate können nur erhalten werden, wenn man die Stromrichtung und -geschwindigkeit in der Tiefe mißt.

Zum Schluß möge noch ganz kurz dargelegt werden, in welcher Weise aus den Beobachtungen der Gezeiten die für die Schifffahrt wichtigsten Größen, wie Hafenzzeit, halbmonatliche und tägliche Ungleichheit usw., abgeleitet werden können.

§ 79. Reduktion der Beobachtungen.

Wenn wir den theoretischen Ausdruck für die Höhe des unter dem Einflusse der Gezeiten stehenden Wasserstandes entwickeln, so gelangen wir unter Einführung von gewissen Erfahrungskonstanten zu folgendem Ausdruck, der die Höhe des Wasserniveaus über dem mittleren gibt:

$$\begin{aligned}
 H = & \frac{M_0}{r^3} \cdot \left(\frac{3}{2} \cos \delta^2 - 1 \right) + \frac{S_0}{r_1^3} \cdot \left(\frac{3}{2} \cos \delta_1^2 - 1 \right) \\
 & + \frac{M_1}{r^3} \cdot \sin 2 \delta \cdot \cos (t - \lambda) + \frac{S_1}{r_1^3} \cdot \sin 2 \delta_1 \cdot \cos (t_1 - \lambda_1) \\
 & + \frac{M_2}{r^3} \cdot \cos \delta^2 \cdot \cos 2 (t - \mu) + \frac{S_2}{r_1^3} \cdot \cos \delta_1^2 \cdot \cos 2 (t_1 - \mu_1)
 \end{aligned} \quad \Bigg| \quad . \quad . \quad .$$

Hierin bedeuten M_0 , M_1 , M_2 , S_0 , S_1 , S_2 konstante Größen, die der Masse des Mondes und der Sonne proportional sind, ebenso sind λ , λ_1 , μ , μ_1 konstante Winkelgrößen, die von der Lage des Beobachtungsortes abhängen. Ferner bezeichnen r , r_1 die Entfernungen von Mond und Sonne von der Erde, δ , δ_1 die Abweichung dieser beiden Gestirne und t und t_1 ihren Stundenwinkel im Augenblicke der Beobachtung.

Die beiden ersten Glieder ändern sich langsam mit der Abweichung und der Entfernung (oder der Parallaxe) des Mondes und der Sonne, sie stellen daher keine eigentliche Tide dar, sondern eine langsame Änderung des mittleren Wasserstandes, die sich in einem halben bzw. ganzen Monat bzw. Jahr vollzieht. Die beiden folgenden Glieder stellen eine Gezeit dar, die alle ihre Phasen innerhalb eines ganzen Tages durchläuft (daher eintägige Tide genannt), während die beiden letzten Glieder eine Gezeit repräsentieren, die ihre Phasen in einem halben Tage durchläuft (daher halbtägige Tide). Der obige Ausdruck

ergibt, daß alle Glieder veränderlich sind, weil sie mit veränderlichen Faktoren, Funktionen der Distanzen und der Abweichungen, multipliziert sind.

Die Aufgabe der Reduktion von Gezeitenbeobachtungen ist nun die, die Konstanten zu ermitteln, und es sind hierzu verschiedene Methoden eronnen worden, von denen hier nur eine ältere, besonders von LUBBOCK und WHEWELL ausgebildete, erwähnt sei, die den früher allein vorhandenen Beobachtungen von Zeit und Höhe, von Hoch- und Niedrigwasser angepaßt ist. Beschränkt man sich zunächst auf die halbtägigen Tiden, weil die eintägigen oft hinreichend klein sind, um nur als Korrekptionsgrößen der ersteren behandelt zu werden, so lassen sich die beiden Glieder, durch die sie ausgedrückt werden, in ein einziges zusammenfassen, nämlich:

$$\frac{M_2}{r^3} \cos \delta^2 \cos 2(t - \mu) + \frac{S_2}{r_1^3} \cos \delta_1^2 \cos 2(t_1 - \mu_1) = H \cos 2(t - \mu - \varphi) \quad 2.$$

worin:

$$\left. \begin{aligned} & - \frac{S_2}{r_1^3} \cos \delta_1^2 \sin 2(t_1 - t - \mu_1 + \mu) \\ \operatorname{tg}^2 \varphi = & \frac{\frac{M_2}{r^3} \cos \delta^2 + \frac{S_2}{r_1^3} \cos \delta_1^2 \cos 2(t_1 - t - \mu_1 + \mu)}{\frac{M_2}{r^3} \cos \delta^2 + \frac{S_2}{r_1^3} \cos \delta_1^2 \cos 2(t_1 - t - \mu_1 + \mu)} \end{aligned} \right\} 3.$$

$$H = \sqrt{\left(\frac{M_2}{r^3} \cos \delta^2\right)^2 + \left(\frac{S_2}{r_1^3} \cos \delta_1^2\right)^2 + 2 \frac{M_2}{r^3} \cos \delta^2 \frac{S_2}{r_1^3} \cos \delta_1^2 \cos 2(t_1 - t - \mu_1 + \mu)}$$

Die Größe $t_1 - t$, der Unterschied der Stundenwinkel von Sonne und Mond ist gleich dem Unterschiede ihrer geraden Aufsteigungen, und dieser wiederum, in Zeit ausgedrückt, ist im Augenblicke der Kulmination des Mondes der wahren Sonnenzeit T dieser Kulmination gleich, wir können daher alles auf die Kulminationszeit des Mondes beziehen, was deshalb bequem ist, weil diese Größe in allen nautischen Jahrbüchern und auch in den »Gezeitentafeln« gegeben wird. Da $t_1 - t$ in einem halben Monate von 0° bis 180° wächst, so ergibt sich aus 3, daß sowohl φ als auch H in einem halben Monat zu ihrem Anfangswert zurückkehren, deshalb stellt φ die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und die Abweichung des Wertes von H von dem Mittelwert H_0 die halbmonatliche Ungleichheit in Höhe, oder ΔH , dar.

Es ist Hochwasser, wenn 2 sein Maximum erreicht, was der Fall ist, wenn: $t - \mu - \varphi = 0$ oder $t = \mu + \varphi$ ist. Es ist nun $t_1 - t = T$, also $t = t_1 - T$, und da $t_1 =$ wahre Sonnenzeit ist, so erhalten wir die wahre Zeit des Hochwassers

$$t_1 = T + \mu + \varphi \quad \dots \dots \dots 4.$$

woraus sich die mittlere Zeit durch Hinzufügung der Zeitgleichung findet. Die Höhe des Hochwassers über dem mittleren Niveau ist:

$$H = H_0 + \Delta H \quad \dots \dots \dots 5.$$

und wenn A_0 die Höhe des Mittelwassers über Null des Pegels bedeutet, so ist die Pegelablesung h der Hochwasserhöhe, die beobachtet wird:

$$h = A_0 + H_0 + \Delta H \dots \dots \dots 5a.$$

Man ersieht aus 3, daß φ und H bzw. ΔH mit der Abweichung und der Parallaxe der Gestirne veränderlich sind. Da diese Veränderlichkeit jedoch nicht sehr erheblich ist, so kann man sie in Gestalt von Korrekturen an einen Mittelwert darstellen und hat demnach zu obigen Werten von t_1 und h noch diese kleinen Korrekturen hinzuzufügen, um die richtige Zeit und Höhe des Hochwassers zu erhalten. Für Niedrigwasser gelten ganz analoge Ausdrücke.

Die Methode nun, aus den beobachteten Zeiten und Höhen von Hoch- und Niedrigwasser, die Konstanten μ sowie φ , ΔH und die Korrekturen wegen Abweichung und Parallaxe der Gestirne zu ermitteln, ergibt sich aus 4, 5a und 3.

Man bildet zunächst nach 4 für alle beobachteten Zeiten von Hoch- und Niedrigwasser die Differenz $t_1 - T$ oder die Differenz zwischen der wahren Zeit der Beobachtung und der wahren Zeit der nächstvorhergehenden Mondkulmination, d. h. die Mondflutintervalle. Das Mittel aus allen Mondflutintervallen, die sich über eine volle Anzahl von halben Mondmonaten erstrecken, ist $= \mu$, dem mittleren Mondflutintervall, weil die positiven und negativen Werte von φ sich in jedem halben Monat, mindestens sehr nahe, gegenseitig aufheben. Das so gefundene mittlere Mondflutintervall wird um so näher dem wahren Werte entsprechen, je länger der Zeitraum ist, den die Beobachtungen umfassen. Das mittlere Mondflutintervall, das wir so erhalten haben, ist aber noch mit den Abweichungen der Mittelwerte der kleinen Korrekturen für Abweichung und Parallaxe der Gestirne von denjenigen, die für die mittlere Abweichung und Parallaxe gelten, behaftet und sind daher dementsprechende kleine Korrekturen an das gefundene μ anzubringen.

In gleicher Weise wird das Mittel aus allen beobachteten Hoch- und Niedrigwassern genommen. Man erhält dann für Hochwasser als Resultat die Größe $A_0 + H_0$ und für Niedrigwasser $A_0 - H_0$, das Mittel aus beiden ergibt also die Pegelhöhe des Mittelwassers A_0 . Auch hier gilt das eben Gesagte bezüglich der Reduktion auf die mittlere Abweichung und Parallaxe.

Um die halbmonatliche Ungleichheit zu erhalten, gruppiert man die Mondflutintervalle und Höhen in der Weise, daß man alle Mondflutintervalle und Höhen, die den Mondkulminationszeiten entsprechen, die eine viertel Stunde vor bis eine viertel Stunde nach jeder halben Stunde von $0^h 0^m$ bis $11^h 30^m$ fallen, zu einem Mittelwert zusammenfaßt. Man erhält also 24 Mittelwerte, die nacheinander den Mondkulminationszeiten $(t_1 - t) = 0^h 0^m, 0^h 30^m, 1^h 0^m$ usw. angehören. Dann gibt die

Abweichung dieser Mittelwerte von dem mittleren Mondflutintervall und der mittleren Höhe die mittlere halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und Höhe. Hat man nur wenige Beobachtungen zur Verfügung, so wird man die Zusammenfassung anstatt für die halben Stunden für jede Stunde der Mondkulmination machen.

Die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit ist $= 0$ und in Höhe ein Maximum, wenn $t_1 - t - \mu_1 + \mu = 0$ ist; $t_1 - t$ ist $= 0$ bei Neumond und $= 180^\circ$ bei Vollmond, die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit verschwindet also nicht, und es ist nicht Springzeit bei diesen Phasen, sondern eine gewisse Zeit später, die gefunden wird, wenn man die Differenz $\mu_1 - \mu$ durch die Bewegung des Mondes in der Zeiteinheit dividiert. Man nennt diese Verspätung das Alter der Gezeit.

Um die kleinen Korrekturen für Abweichung und Parallaxe der Gestirne zu finden, wird man am besten tun, zunächst mit der soeben gefundenen mittleren halbmonatlichen Ungleichheit die sämtlichen beobachteten Mondflutintervalle und Höhen zu verbessern, d. h. sie auf das mittlere Mondflutintervall und die mittlere Höhe bei Hoch- und Niedrigwasser zu reduzieren und sie dann nach folgenden Gesichtspunkten zu gruppieren. Behufs Ableitung z. B. der Abweichungsverbesserung werden alle verbesserten Mondflutintervalle und Höhen in Gruppen, welche den Abweichungen 0° bis 6° , 6° bis 12° , 12° bis 18° , 18° bis 24° und über 24° (ohne Rücksicht auf das Vorzeichen) entsprechen, und innerhalb jeder Gruppe in Untergruppen, die den verschiedenen Stunden der Mondkulmination entsprechen, in Mittelwerte zusammengefaßt, dann gibt die Abweichung dieser Mittelwerte von dem mittleren Mondflutintervall bzw. der mittleren Höhe die der mittleren Abweichung jeder Gruppe und der betreffenden Stunde der Mondkulmination entsprechende Abweichungsverbesserung in Zeit und Höhe. Ganz analog ist das Verfahren für die Parallaxenverbesserung. Hierbei ist zu beachten, daß man die beobachteten Mondflutintervalle und Höhen mit denjenigen Abweichungen, Parallaxen und Mondkulminationen zu kombinieren hat, die um das Alter der Gezeit früher als die Beobachtung stattgefunden haben. Da die Parallaxenverbesserung meistens die größere ist, so wird man diese am besten zuerst ableiten, dann die Beobachtungen dafür verbessern und hierauf die Abweichungsverbesserung ermitteln.

Bis jetzt ist vorausgesetzt worden, daß die tägliche Tide so klein sei, daß sie vernachlässigt werden könne. Dies ist vielfach auch der Fall und wo sie sich bemerklich macht, wird meistens das im nachfolgenden skizzierte Verfahren ausreichen, um die dieserhalb notwendigen Verbesserungen, die unter dem Namen tägliche Ungleichheit bekannt sind, zu ermitteln. Man bildet, nachdem man die beobachteten

Mondflutintervalle und Höhen wegen der halbmonatlichen Ungleichheit und der kleinen Verbesserungen verbessert hat, die Differenz zwischen dem Mondflutintervall (und Höhe), das dem Vormittagshochwasser und demjenigen, das dem Nachmittagshochwasser entspricht, und ebenso die Differenz zwischen den dem letzteren und den dem folgenden Vormittagshochwasser entsprechenden Größen, und gibt der letzteren Differenz das entgegengesetzte Vorzeichen. Aus diesen Differenzen werden alsdann Gruppen gebildet, die den Abweichungen -3° bis $+3^\circ$, $+3^\circ$ bis $+6^\circ$, $+6^\circ$ bis $+9^\circ$ usw. (nördliche und südliche Abweichungen getrennt) entsprechen, und in jeder Gruppe die Mittel gebildet. Diese geben dann die doppelte tägliche Ungleichheit in Zeit und Höhe für das Mittel der betreffenden Abweichungen. Das Alter der Gezeit für die tägliche Tidenwelle ist in der Regel erheblich größer als für die halbtägige Welle (beträgt es für die letztere $2\frac{1}{2}$ Tage, so kann es für die erste auf 6 bis 7 Tage steigen); wir haben daher bei der Bildung der Gruppen die Differenzen der Mondflutintervalle und Höhen mit den Abweichungen zu kombinieren, die um das Alter der Gezeit früher stattgefunden haben. Das Alter der Gezeit findet man mit genügender Annäherung dadurch, daß man an einer Reihe von Fällen feststellt, wie lange Zeit später als die Abweichung 0° die Differenz der Mondflutintervalle und Höhen $= 0$ wird.

Für Niedrigwasser wird ebenso verfahren.

Hiermit haben wir die wichtigsten Größen gefunden. Das Mondflutintervall für die Kulminationszeit $0^h 0^m$ ist die Hafenzzeit, der Unterschied der mittleren Mondflutintervalle für Hoch- und Niedrigwasser gibt die mittlere Dauer des Steigens oder Fallens des Wassers, je nachdem das Intervall für Niedrigwasser kleiner oder größer ist als das für Hochwasser. Aus der Spring- und Nippfluthöhe von Hoch- und Niedrigwasser ergeben sich M_2 und S_2 , denn es ist die Pegelhöhe:

$$\begin{aligned} \text{bei Springflut-Hochwasser} &= A_0 + M_2 + S_2 = H_1 \\ \text{,, ,, -Niedrigwasser} &= A_0 - M_2 - S_2 = h_1 \\ \text{,, Nippflut-Hochwasser} &= A_0 + M_2 - S_2 = H_2 \\ \text{,, ,, -Niedrigwasser} &= A_0 - M_2 + S_2 = h_2 \end{aligned}$$

daher:

$$M_2 = \frac{1}{4} (H_1 - h_1 + H_2 - h_2)$$

$$S_2 = \frac{1}{4} (H_1 - h_1 - H_2 + h_2)$$

und

$$A_0 = \frac{1}{4} (H_1 + h_1 + H_2 + h_2)$$

die Höhe des Mittelwassers über Null des Pegels.

Es dürfte ausreichend sein, die im vorhergehenden dargestellte Methode zur Ermittlung der Hauptkonstanten der Gezeitenerscheinungen an einem bestimmten Orte dargelegt zu haben. Eine zweite Methode, die

der harmonischen Analyse, erfordert stündliche Beobachtungen des Wasserstandes über einen längeren Zeitraum (mindestens 30 Tage). Sie besteht darin, die beobachteten wellenförmig verlaufenden Wasserstände in eine Reihe von Einzelwellen aufzulösen, von denen jede ihre Phase gleichmäßig mit der Zeit ändert. Da es hier zu weit führen würde, näher auf diese Methode einzugehen, sei auf die Annalen der Hydrographie für 1884 verwiesen, wo eine ausführliche Darlegung dieser Methode sich findet.

Abschnitt XI.

Bestimmung der Meerestiefen und Strombeobachtungen.

§ 80. Allgemeines.

Die Bestimmung der Meerestiefen rechnet mit zu den wichtigsten Aufgaben der Vermessungsschiffe. Zu diesen Arbeiten gehört:

1. die Ausführung der Lotungen,
2. die Bestimmung des Ortes der Lotungen,
3. die Beschickung der Lotungen auf einen bestimmten Wasserstand,
4. die Bestimmung der Grundbeschaffenheit.

Strombeobachtungen gehen unabhängig von den Lotungsarbeiten nebenher.

Je nach den Tiefenverhältnissen kommen Lotungen in Wassertiefen über 500 m, sogenannte Tiefseelotungen, und Lotungen in flacherem Wasser in Frage.

Für die Tiefseelotungen sind besondere Lotapparate erforderlich. Das Handbuch für nautische Instrumente und die den Vermessungsschiffen mitgegebenen ozeanographischen Werke enthalten Beschreibungen dieser Instrumente und Anleitungen zu ihrem Gebrauch.

Nachstehend soll nur auf Lotungsarbeiten eingegangen werden, die mit Hand- oder Tieflot auszuführen sind, sich also auf Ermittlung von Tiefen bis zu etwa 500 m beschränken.

Zu den Lotungen sollen sowohl das Schiff wie die Boote herangezogen werden. Boote verwendet man bei Lotungen auf Tiefen, die durch Handlote bestimmt werden, auf größeren Tiefen arbeitet das Schiff.

§ 81. Ausführung der Lotungen.

Lotapparate. Den Vermessungsschiffen stehen zu den Lotungsarbeiten folgende Mittel zur Verfügung:

1. Die THOMSONSche Lotmaschine,
2. Tiefrote, Nr. I = 30 kg,
 „ II = 20 „
 „ III = 12 „

Die zugehörigen Leinen sind Nr. I = 500 und Nr. II = 225 m lang.

3. Handlote, Nr. 0 = 8 kg,

„ I = 6 „

„ II = 4,5 „

Die Handlotleine Nr. I ist = 90 und Nr. II = 50 m lang.

Lotmaschine und Lote sind im Lehrbuch der Navigation eingehend beschrieben.

4. Die Peilstöcke sind 5 oder 6 m lang, an den Enden mit Knöpfen bzw. durchbrochenen Metallscheiben versehen, um das Durchgleiten durch die Hand und das Eindringen in den Grund zu verhindern. Sie sind dezimeterweise abwechselnd schwarz und weiß bzw. rot und weiß gestrichen; das eine Meter trägt eine schwarz und weiße, das folgende eine rot und weiße Dezimereinteilung. Die ganzen Meter werden durch kupferne, die halben durch rote Ringe bezeichnet. Ferner dienen noch Zahlen zur Kenntlichmachung dieser Einteilung.

Vorbereitende Arbeiten. Vor dem Beginn der Lotarbeiten sind die Loteinrichtungen einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Neue Leinen müssen, bevor sie in Gebrauch genommen werden, mit angestecktem Lot längere Zeit (mindestens mehrere Stunden) vom fahrenden Schiff nachgeschleppt und danach in nassem Zustande und mit der nötigen Spannung gemarkt werden. Über das Marken der Handlotleinen siehe § 14. Tieflotleinen sind bis zu 100 m von 5 zu 5 m, darüber hinaus von 10 zu 10 m zu markieren. Die Boote sind nach Möglichkeit mit alten Leinen auszurüsten, da neue Leinen in der ersten Zeit stark nachrecken und die Boote sie nur schwer nachmarkieren können. Solange neue Leinen in Gebrauch sind, müssen die Loter die Leinen etwa zweistündlich gegen neugemarkte auswechseln; späterhin genügt es, die Leinen täglich einmal zu prüfen.

Um Grundproben einfach aufholen zu können, höhlt man zweckmäßig eine Anzahl von Handloten am Boden aus.

In den Booten muß ein sicherer und bequemer Standort für die Loter und eine geeignete Unterlage für das Zeichenbrett vorhanden sein. In Ruderbooten ist außerdem durch Anbringen einer Klampe außenbords oder dergleichen Vorkehrung zu treffen, daß die Rudernden nicht durch das Einholen der Lotleine behindert werden.

Anfertigung der Karte. Bei der Ortsbestimmung durch Doppelwinkelmessung müssen das lotende Schiff und die lotenden Boote je eine Arbeitskarte erhalten. An Bord wird zweckmäßig, wenn die räumlichen Verhältnisse es gestatten, die Hauptarbeitskarte direkt zur Eintragung benutzt. Die Bootsarbeitskarten werden im gleichen Maßstab wie die Hauptarbeitskarte oder auch in einem kleineren Maßstab angefertigt. Sie dienen nur zur Orientierung für den Führer des Bootes beim Loten; in der Hauptarbeitskarte sind alle von den Booten

ausgeführten Lotungen neu abzusetzen. Bei Vermessungen größerer Gebiete erhalten die Boote in der Regel neue Arbeitskarten des jeweilig in Arbeit befindlichen Gebiets; es muß aber darauf geachtet werden, daß diese Karten alle in dem betreffenden Gebiet zur Ortsbestimmung brauchbaren Objekte enthalten. Kompaß und Maßstab einzuzeichnen, ist empfehlenswert. Um den Booten das Ausloten des übertragenen Gebiets zu erleichtern, zieht man in den Arbeitskarten die zu legenden Lotungslinien in Blei aus. Diese Linien sollen jedoch nur als Anhalt dienen; der mehr oder weniger gerade Verlauf der Linien ist für den Wert der Arbeit ohne Einfluß.

Anlage der Lotungslinien. Die Lotungslinien werden rechtwinklig zur Küstenlinie angeordnet; in Fahrwassern legt man die Linien quer zu deren Verlauf. Diese Anordnung ist die geeignetste für die Darstellung der Tiefenverhältnisse und bedingt einen selteneren Wechsel der Objekte. Bei Schwenkungen der Küstenlinie legt man die Lotungslinien am besten strahlenförmig zum Küstenverlauf.

Abstand der Linien. Der Abstand der Linien voneinander hängt von der Wichtigkeit des auszulotenden Gebiets und von seiner Beschaffenheit ab. Für Häfen und Gebiete mit unreinem Grund sind unter Umständen Linien von 100 m Abstand und weniger nötig, während ihr Abstand in minder wichtigen Gebieten und bei gleichmäßiger Änderung der Tiefen auf 1000 m und mehr vergrößert werden kann.

Ausdehnung der Lotungen. Die Lotungslinien sind in der Regel bis zur 40 m-Grenze zu legen; darüber hinaus bedarf es nur noch der Angabe einzelner Tiefen. Auch in Tiefen über 100 m muß die Karte noch bestimmte Tiefenzahlen aufweisen.

Prüfungslinien. Durch Querlinien (Prüfungslinien) muß die Richtigkeit der Tiefenangaben auf den Lotungslinien geprüft werden. Diese Linien legt man annähernd senkrecht zu den Hauptlotungslinien und je nach den Verhältnissen in doppeltem oder mehrfachem Abstände der Hauptlinien. An freien Meeresküsten und bei Seelotungen schränkt man die Zahl der Prüfungslinien wegen des damit verbundenen Zeitaufwandes nach Möglichkeit ein.

Fahrt beim Loten. Die Fahrt des lotenden Fahrzeugs ist so zu regeln, daß die zuverlässige Feststellung der Tiefen gesichert ist. In dem Augenblick, in dem das Lot den Grund berührt, in dem also die Tiefe abgelesen wird, muß die Lotleine senkrecht stehen. An schrägstehender Leine liest man zu große Tiefen ab. In Fahrt wird ununterbrochen gelotet. Beim Loten in Dampfbooten empfiehlt es sich, auf größeren Tiefen alle 1 oder 2 Minuten zum Loten zu stoppen. Ebenso müssen Schiffe beim Gebrauch des Tieflots stoppen bzw. auf der Stelle gehalten werden, sobald die Lotungen infolge der Fahrt des Schiffes unzuverlässig werden.

Tiefenangaben. Die Tiefen werden bis zu 20 m auf halbe Meter, darüber hinaus auf ganze Meter abgelesen und ebenso in die Karte eingeschrieben. Unter besonderen Umständen — auf Barren usw. — ist es zuweilen wünschenswert, die Tiefen auf Dezimeter genau festzustellen. In diesem Falle muß die Gezeitenerscheinung naturgemäß entsprechend genau bekannt sein, so daß sich tatsächlich zu jeder Zeit der Wasserstand auf Zehntelmeter genau ermitteln läßt. Die Entscheidung darüber, wann Tiefenangaben auf Dezimeter angebracht sind, muß dem Ermessen des Leiters überlassen werden. Für Tiefen über 100 m genügen Angaben mit einer Genauigkeit von ± 5 m.

§ 82. Ortsbestimmung beim Loten.

Methoden der Ortsbestimmung. Die Ortsbestimmung beim Loten kann in verschiedener Weise ausgeführt werden:

1. durch Winkelmessung von 2 Landstationen aus,
2. durch Richtungs- und Entfernungsbestimmung von einem Landobjekte aus,
3. durch Doppelwinkelmessung nach 3 Objekten,
4. durch Peilung eines Objekts oder durch Deckpeilung zweier Objekte (Alignment) und Messung eines Winkels zwischen dieser Richtung und einem weiteren Objekt,
5. durch Abstandsbestimmung nach 2 Objekten,
6. durch Peilung und Abstandsbestimmung nach einem Objekte,
7. nach Kurs und Fahrt,
8. durch astronomische Beobachtungen.

Die Entscheidung darüber, welche Methode der Ortsbestimmung anzuwenden ist, hängt von den jeweiligen Verhältnissen ab.

1. **Winkelmessung von zwei Landstationen aus.** Bei dieser Methode wird der Schiffsort durch gleichzeitiges Einschneiden des lotenden Fahrzeugs von zwei Stationen am Lande aus bestimmt, deren Lage festgelegt ist. Der Zeitpunkt zum Messen, etwa alle zwei Minuten, wird durch Dippen einer zehn Sekunden vorher vorgeheißten Flagge vom lotenden Fahrzeug aus gegeben. Im Boot sowohl wie auf den Landstationen sind bei jeder Messung nach vorher verglichenen Uhren die Zeiten zu notieren. Die Messungen können mit Theodolit oder Kompaß und, wenn die beiden Stationen nahezu auf gleicher Höhe und nicht zu hoch über dem Meeresspiegel liegen, auch mit Spiegelinstrumenten ausgeführt werden. Auf jeder Station ist der Winkel zwischen der anderen Station und dem lotenden Schiff oder Boot zu messen. Die Größe der Winkel auf den Landstationen ist auf die Genauigkeit der Ortsbestimmung nicht unmittelbar von Einfluß; wichtig ist nur, daß sich die beiden Schenkel, deren Schnittpunkt den Schiffsort gibt, in günstigem Winkel, also nicht unter 20° , schneiden.

Diese Methode hat den Nachteil, daß das lotende Schiff oder Boot keinen Anhalt für die abgelaufenen Strecken hat, auch während der Arbeit eine Verständigung zwischen beiden Beobachtern oder zwischen diesen und dem Leiter des Bootes nur in seltenen Fällen möglich und somit die Leitung nicht in einer Hand ist. Sie erfordert überdies mehr Personal.

Man wendet das Verfahren an, falls für die gebräuchlichste Methode der Doppelwinkelmessung vom Schiff oder Boot aus drei geeignete Objekte nicht vorhanden sind, sondern nur zwei festgelegte Punkte zur Verfügung stehen, die natürlich günstig gelegen sein müssen. Gegenseitige Sicht ist nicht unbedingt nötig, es genügt auch die Winkelmessung nach einem beliebigen dritten bekannten Punkt; beim Gebrauch des Kompasses kann man direkt die mißweisenden Richtungen messen. Werden Stativinstrumente verwandt, so ist es nicht erforderlich, daß von den Stationen jedesmal auch die Richtung nach der anderen Station gemessen wird, sondern es genügt, wenn dies von Zeit zu Zeit — etwa bei jeder zehnten Messung — geschieht, um sich zu vergewissern, daß sich nichts an der Aufstellung des Instruments geändert hat.

2. Richtungs- und Entfernungsbestimmung von einem Landobjekte aus. Steht ein Telemeter zur Verfügung, so vereinfacht sich die Positionsbestimmung des lotenden Schiffes oder Bootes von Land aus dadurch, daß nur eine Station zu besetzen ist. Mittels des Telemeters bestimmt diese zu den festgesetzten Zeitpunkten Richtung und Entfernung des Loters. Die Landstation kann zuweilen durch das Schiff ersetzt werden, wenn es sich um die Ortsbestimmung von lotenden Booten fern von der Küste handelt. Der Schiffsort wird in diesem Falle auf astronomischem Wege festgelegt.

Die folgenden Methoden bieten vor den unter 1 und 2 angeführten Bestimmungsarten den Vorteil, daß die Position jederzeit auf dem Schiff bzw. in den lotenden Booten festgelegt werden kann.

3. Doppelwinkelmessung nach 3 Objekten. Diese Art der Ortsbestimmung wird in der Regel angewandt, wenn die erforderliche Anzahl von Objekten vorhanden ist. Es ist als Nachteil der Methode zu bezeichnen, daß zur Ortsbestimmung 3 Landobjekte verfügbar sein müssen. Zu vermeiden sind Positionen auf bzw. in der Nähe des »gefährlichen Kreises«,*) da die Ortsbestimmungen dann nicht mehr eindeutig sind.

Wie schon im Abschnitt »Erkundung« erklärt ist, sind Winkel unter 20° zur Punktbestimmung nur ausnahmsweise gestattet. Diese

*) Der »gefährliche Kreis« verbindet die drei einzumessenden Punkte. Die beiden Verbindungslinien dieser Punkte sind also Sehnen desselben Kreises. Da nun alle Peripheriewinkel über denselben Sehnen gleich sind, ergeben sich auf dem gefährlichen Kreis für gleiche Winkel eine unbeschränkte Anzahl Schiffsorte.

Grenze ist auch für die Ortsbestimmung beim Loten nach Möglichkeit innezuhalten. Ist jedoch der eine Winkel nahe an 90° , so kann der andere unbeschadet der Genauigkeit der Ortsbestimmung auch kleiner als 20° werden. Die beiden Winkel müssen zu gleicher Zeit und möglichst vom gleichen Punkte aus gemessen werden. Mit dem Doppeltransporteur setzt man die Winkel sofort in der Karte ab. Diese sofortigen Eintragungen geben außer einer wertvollen Kontrolle der Winkel dem Leiter einen Anhalt, welche Strecken abgelaufen sind und verhüten, daß unbewußt Lücken entstehen oder manche Strecken mehrfach abgelotet werden, was sonst, namentlich im Strom, leicht eintritt. In der später folgenden Beschreibung des Arbeitens im Boot wird näher auf die Anwendung dieser Art der Ortsbestimmung eingegangen.

4. Peilung eines Objekts oder Deckpeilung zweier Objekte und Messung eines Winkels. Sind nur zwei zur Ortsbestimmung geeignete Objekte vorhanden, so kann diese auch vom Schiff aus in der Weise erfolgen, daß durch Peilung die mißweisende Richtung nach dem einen Objekt bestimmt und gleichzeitig der Winkel zwischen beiden, der nicht unter 20° sein soll, gemessen wird. Die Genauigkeit dieser Art der Ortsbestimmung ist geringer als die der vorher gegebenen Methoden, da Mißweisung und Deviation den Wert der Peilung beeinflussen. Erhöht wird die Zuverlässigkeit der Ortsbestimmung, wenn anstatt der Peilung eines Objekts die Deckpeilung zweier Objekte verwendet werden kann.

Für Boote kommt in Ermanglung eines geeigneten Kompasses meistens die letztere Methode in Frage. Da geeignete natürliche Deckpeilungen nur selten in ausreichendem Maße vorhanden sind, so müssen, wenn dieses Verfahren angewendet werden soll, die nötigen Objekte aufgestellt werden.

Auf die Verwendung ungleich hoher Stangen, die verschiedene Flaggen tragen, ist das Augenmerk zu richten.

Die Aufstellung der Alignements erfordert Zeit und Personal, doch erleichtern sie das Ablaufen gerader Linien. In Gewässern mit starkem Strom, in denen sehr enge Lotungslinien gelegt werden sollen, wird man Alignements häufig mit Vorteil verwenden.

5. Abstandsbestimmung nach zwei Objekten. Die Ortsbestimmung nach zwei Objekten ist auch durch Messung der Entfernungen mittels Telemeter möglich. Der Winkel im Boot zwischen beiden Objekten muß mindestens 20° betragen.

6. Peilung und Abstandsbestimmung eines Objekts. Diese in der Nautik häufig angewendete Art der Ortsbestimmung vom Schiff usw. aus bedingt, wenn der Abstand durch Winkelmessung bestimmt werden soll, das Vorhandensein eines genügend hohen Objekts bekannter Höhe

möglichst am Strande. Die Genauigkeit der Peilung und die infolge des wechselnden Wasserstandes ändernde Höhe des Objekts über Wasser beeinflussen den Wert der Bestimmung. Kann ein Telemeter verwendet werden, so ist die Höhe des Objekts ohne Einfluß. Bei regulären Vermessungen wird diese Art der Ortsbestimmung mit Hilfe eines Landobjekts nur ausnahmsweise Verwendung finden, dagegen ist folgendes Verfahren bei Hochseevermessungen empfehlenswert:

Das Schiff läuft Lotungslinien und bestimmt seinen Ort nach entfernten Landobjekten, die von den niedrigen Booten aus nicht mehr sichtbar sind. An einer oder an beiden Seiten des Schiffes hält sich je ein Dampfboot genau querab in bestimmtem Abstände und bestimmt nach Masthöhenwinkeln bzw. Telemetermessungen den Abstand (bis etwa 1000 m). Dieser wird etwa alle 2 Minuten gemessen (Abstandstafeln müssen in den Booten sein) und im Lotungsbuch angeschrieben. Das Schiff muß seine Fahrt so einrichten, daß die Boote gut loten können. Entsprechende Signale sind zu verabreden, auch jede Kurs- oder Fahrtänderung des Schiffes muß den Booten durch Signale (Schwenkflaggen) angezeigt werden.

7. Ortsbestimmung nach Kurs und Fahrt und 8. Astronomische Ortsbestimmung. Die Bestimmung geschieht in der Weise, daß das Schiff oder Boot, von einem astronomisch oder nach Landobjekten bestimmten Ort ausgehend, mit gleichmäßiger Fahrt und möglichst auch unverändertem Kurse wegdampft; bei den Lotungen wird in gleichen Zwischenräumen (etwa alle 2 oder alle 5 Minuten) die Uhrzeit notiert. Die Kurslinie wird in die Karte eingezeichnet und die Tiefen nach der Uhrzeit auf dieser Linie verteilt. Dieses Verfahren gibt infolge des Einflusses von Strom und Wind nur wenig genaue Ergebnisse. Es ist günstiger, wenn auch am Ende der Linie eine Ortsbestimmung gemacht wird.

§ 83. Das Arbeiten im Boot.

Ausrüstung der Boote. Für die Ausführung der Lotungen bei nicht zu großen Tiefen eignen sich am besten die Dampfboote. Diese sind in Gebieten mit Strom in erster Linie heranzuziehen, in stromlosen Gewässern können auch Ruderboote verwendet werden. Außer der etatmäßigen Ausrüstung ist den Booten folgendes mitzugeben:

- 3 Handlote zu 6 kg mit Leinen,
- 2 Lotbrooken,
- 1 Peilstock,
- 1 Grundzange bzw. Talg oder Seife zum Aufholen von Grundproben,
- 1 Lotungsbuch mit Bleistift,
- 1 Flasche Fixativ mit Brauseapparat,

3 Spiegelinstrumente,

1 mit der Schiffsuhr verglichene Beobachtungsuhr,

1 Doppeltransporteur,

1 Bootsarbeitskarte mit Bleistift, Gummi und Zirkel,

1 Doppelglas,

2 Bojen mit Ankertau und Grundeisen.

Von den Loten muß mindestens eins am Boden ausgehöhlt sein, um damit Grundproben aufholen zu können. Zu diesem Zweck wird die Höhlung im Boden mit Talg oder weißer Seife ausgefüllt. In warmen Gegenden ist Talg nicht brauchbar, da er zu weich wird oder schmilzt; es muß dann weiße Seife genommen werden.

Jedes Boot soll mindestens zwei Lotungsbücher in Gebrauch nehmen, so daß sie zwecks Verarbeitung des Materials an Bord regelmäßig gewechselt werden können.

Die beim Anschreiben der Lotungen gebrauchte Uhr muß ebenso wie die Uhr des Pegelbeobachters mit der Schiffsuhr übereinstimmen, damit die Lotungen auf den richtigen Wasserstand bezogen werden können.

Die Arbeitskarte ist auf einem Zeichenbrett befestigt. In offenen Booten muß eine Wachstuchdecke oder dergleichen vorhanden sein, um die Karte gegen Regen und See schützen zu können.

Die Bojen sollen zur Bezeichnung von aufgefundenen Untiefen dienen. Man verwendet entweder rote Holzbojen oder Holzkreuze mit Fähnchen. Zur Unterscheidung ist eine Bezeichnung mit Nummern zweckmäßig.

Vor dem jedesmaligen Beginn der Arbeiten müssen die für die Lotarbeiten zu verwendenden Instrumente geprüft werden (Indexfehler bei den Spiegelinstrumenten und Doppeltransporteuren, Markung der Leinen usw.).

Personal. Außer der vorschriftsmäßigen Bootsbesatzung ist folgendes Personal für jedes lotende Boot vorzusehen:

1 Leiter,

1 Anschreiber,

2 Winkelmesser,

1 Zeichner.

2 bis 3 Loter,

Die beiden Bootsgäste in den Dampfbooten finden als Loter Verwendung.

Der Leiter beaufsichtigt das Personal bei seiner Tätigkeit; er ist für die Sicherheit des Bootes und die Zuverlässigkeit der Arbeit verantwortlich. Er gibt dem Bootsteurer den nach dem Kompaß oder nach Landpeilungen zu steuernden Kurs an, bestimmt die Fahrt des Bootes und die zur Ortsbestimmung zu benutzenden Objekte und kontrolliert von Zeit zu Zeit die Winkelmessungen. Den Standort muß der Leiter so wählen, daß er die Loter beobachten und auch den

Verlauf der Lotungen in der Karte verfolgen kann. Wie oft Winkel gemessen und Grundproben aufgeholt werden sollen, hat der Leiter bei Beginn der Arbeit zu bestimmen. Wenn das Boot eine neue Arbeitskarte erhält, ist es angebracht, vom festliegenden Boot aus Winkel nach verschiedenen Objekten zu messen und in der Karte abzusetzen, um die richtige Eintragung der Objekte zu prüfen.

Die Winkelmesser werden vor Beginn der Arbeit über die zur Verfügung stehenden Objekte orientiert. Es wird ein- für allemal dem einen Winkelmesser die Messung des linken, dem anderen die des rechten Winkels übertragen. Mit der Behandlung der Spiegelinstrumente müssen die Winkelmesser durchaus vertraut sein. Das Messen beim Loten geht in folgender Weise vor sich: Auf den Ruf des Ansehreibers »Winkel« stellen beide Winkelmesser die Winkel nach den gegebenen Objekten ein. Derjenige, der den Winkel zuerst eingestellt hat, ruft »Fertig« und hält mittels der Feinschraube die Objekte dauernd in Deckung, bis auch der zweite Winkelmesser seinen Winkel eingestellt hat und »Null« ruft. Die Winkel werden jetzt abgelesen und zuerst der linke, dann der rechte Winkel ausgerufen. Der Ansehreiber wiederholt die Winkelangaben. Wenn Objekte zu verschwinden drohen oder Winkel zu groß werden, um mit den Instrumenten noch gemessen zu werden, müssen die Winkelmesser dies dem Leiter rechtzeitig melden. Dieser bezeichnet dann andere zu messende Objekte. Zu große Winkel können nötigenfalls auch in der Weise gemessen werden, daß der Winkelmesser und der Leiter mit Hilfe eines beliebigen Zwischenobjekts den Winkel geteilt messen und beide Ablesungen addieren. Es kann auch vorkommen, daß der linke Winkelmesser das Mittelobjekt im Spiegel nicht mehr erkennen kann, während es der rechte direkt noch gut sieht. In diesem Falle kann der linke Winkelmesser unter Umständen den ganzen Winkel zwischen dem linken und dem rechten Objekte messen.

Die Loter stehen in den Dampfbooten seitlich vom Heizraum oder, wenn vorne Spritzer überkommen, weiter achtern in den an der Bedachung befestigten Lotbrooken, in Ruderbooten vorn im Boot. Die Enden der Lotleinen müssen im Boot befestigt sein. In Fahrt wird ununterbrochen gelotet; wird zum Loten gestoppt, so wirft der Loter das Lot, sobald das Boot genügend Fahrt verloren hat. Erhält der Loter wegen zu großer Fahrt keine zuverlässigen Tiefen mehr, so meldet er dies dem Leiter. Die Tiefen werden stets nach unten abgerundet. Beim Ausrufen der Tiefen muß sich der Loter nach achtern wenden, damit Ansehreiber und Leiter die Zahlen deutlich hören. Es werden die einfachen Tiefenzahlen, z. B. 9 oder $9\frac{1}{2}$, ausgerufen. Merkt der Loter, daß die Tiefe plötzlich abnimmt, so ruft er, ohne erst die genaue Feststellung der Tiefe abzuwarten: »Flach Wasser«, damit der

Leiter zwecks genauer Untersuchung der Stelle das Boot sofort zum Stehen bringen kann.

Wenn Grundproben genommen werden sollen, so gibt der Anschreiber die Ankündigung dazu, indem er »Grund« ruft. Auf diesen Zuruf hin reinigt der Loter die Höhlung im Boden des Lots mit einem passenden Stückchen Holz und füllt diese mit reinem Talg oder weißer Seife aus. Beim nächsten Lotwurf wird dann gleichzeitig die Grundbeschaffenheit ermittelt. Ist sich der Loter über die Bezeichnung der aufgeholten Grundprobe nicht klar, so legt er sie dem Leiter vor.

Der Anschreiber führt das Lotungsbuch und gibt nach der Beobachtungsur 10^s vor jeder vollen bzw. jeder zweiten Minute durch den Ruf »Winkel« bzw. »Grund« die Zeiten zum Winkelmessen und zum Aufholen von Grundproben an. Dem Lotungsbuch ist eine Tafel mit den anzuwendenden Abkürzungen vorgeheftet; es enthält folgende Spalten:

1. Uhrzeit.
2. Gelotete Tiefe.
3. Beschickung.
4. Beschickte Tiefe.
5. bis 9. Die gemessenen Objekte in der Reihenfolge: linkes, mittleres und rechtes Objekt und die dazwischen gemessenen Winkel.
10. Bemerkungen.

Bei jedem gemessenen Winkel wird die Uhrzeit angeschrieben. Die zugehörige Tiefe ist in derselben Zeile in der Spalte »Gelotete Tiefe« als erste Zahl anzuschreiben und zu unterstreichen. Alle weiterhin bis zur nächsten Winkelmessung geloteten Tiefen werden in ihrer Reihenfolge dahinter bzw. auf die nächste Zeile geschrieben. Wird die gleiche Tiefe mehrfach hintereinander gelotet, so ist nicht die Zahl zu wiederholen, sondern diese Wiederholung durch einen an Stelle der Zahl stehenden Punkt anzudeuten.

Die Spalten »Beschickung« und »Beschickte Tiefe« werden später an Bord ausgefüllt.

Die Objekte sowohl als auch die von den Winkelmessern angerufenen Winkel sind stets von links beginnend zu nennen und auch in dieser Reihenfolge in das Lotungsbuch einzuschreiben. Grobe Fehler der Winkelmesser kann der Anschreiber häufig an dem ungewöhnlichen Ausschlag gegen den vorhergehenden Winkel erkennen.

In der Spalte »Bemerkungen« sollen die Angaben über die Grundbeschaffenheit, den ungefähren Kurs, Wendungen usw. sowie alle Angaben, die dem Zeichner an Bord die Arbeit erleichtern können, z. B. die Nummer der Linie, notiert werden. Die Schrift im Lotungsbuch ist unmittelbar nach Beendigung des Lotens zu fixieren.

Der Zeichner setzt die Winkel mit dem Doppeltransporteur sofort in der Karte ab. Neben jeden Punkt wird die zugehörige Uhrzeit geschrieben. Die Punkte werden durch Linien miteinander verbunden, diese wiederum sind zu numerieren. Der erste Punkt der ersten Linie ist außer mit der Uhrzeit auch mit dem Datum zu bezeichnen. Liegen drei Objekte so, daß der gefährliche Kreis durch das auszulotende Gebiet geht, so empfiehlt es sich, diesen Kreis in der Arbeitskarte auszuziehen. Der Zeichner sieht dann in der Karte sofort, wenn die Ortsbestimmung nach diesen drei Objekten unsicher wird, und kann den Leiter rechtzeitig hierauf aufmerksam machen. Läßt sich das Absetzen der Winkel mit dem Transporteur infolge der großen Nähe der Objekte nicht mehr ermöglichen, so setzt man die Winkel auf Pauspapier ab, verlängert die Linien bis zum Schnittpunkt und überträgt hiermit den Punkt in die Karte. Bei Lotungen in der Nähe des Strandes sind für solche Fälle stets einige Stücke Pauspapier mitzunehmen.

Der Bootssteuerer richtet sein Augenmerk auf das Innehalten eines möglichst geraden Kurses. Er steuert entweder nach dem Bootskompaß oder nach geeigneten Landmarken. Es empfiehlt sich, durch aufgenagelte Leisten an geeigneter Stelle ein passendes Lager für den Bootskompaß herzustellen. Der Bootssteuerer steht am besten so, daß er die Arbeitskarte übersehen kann, um bei kleinen Abweichungen von der vorgezeichneten Lotungslinie selbständig den Kurs verbessern zu können.

§ 84. Einrichtung von Pegelstationen.

Skalenpegel. Der gebräuchlichste Pegel ist der einfache Skalenpegel (siehe § 75). Möglichst an geschützter Stelle, z. B. einem Brückenpfahl, wird bei niedrigem Wasserstand eine auf Dezimeter oder Zentimeter geteilte Latte oder Stange senkrecht in der Weise befestigt, daß sie nicht nachsackt und daß der Nullpunkt der Teilung sich auch beim niedrigsten Wasserstand noch im Wasser befindet. Alle Wasserstandsablesungen über diesem Nullpunkt werden mit dem Vorzeichen +, jene unter dem Nullpunkt mit dem Minus-Vorzeichen bezeichnet.

Zur Ausrüstung der Vermessungsschiffe gehören 1 m lange emaillierte Pegellatten von Eisenblech. Diese Latten werden an eingeramten Pfählen oder an Brücken angeschraubt. Auch Peilstöcke und besonders angefertigte Pegelstangen können verwendet werden. Die Figur 1 zeigt die Aufstellung eines Pegels. Vor dem Einrammen des Pegels selbst ist zu warnen, da er dadurch leicht beschädigt werden kann. Man rammt zweckmäßig ein unten zugespitztes Gasrohr als Pegelfuß ein. An diesem wird der untere, mit Roststäben beschwerte Teil des Pegels befestigt. Den Pegel stützt ein aus Latten hergestelltes Dreibein, dessen Auftrieb durch Roststäbe aufgehoben wird.

Selbsttätige Wasserstandszeiger. Über selbstschreibende Wasserstandszeiger oder Flutmesser siehe § 75.

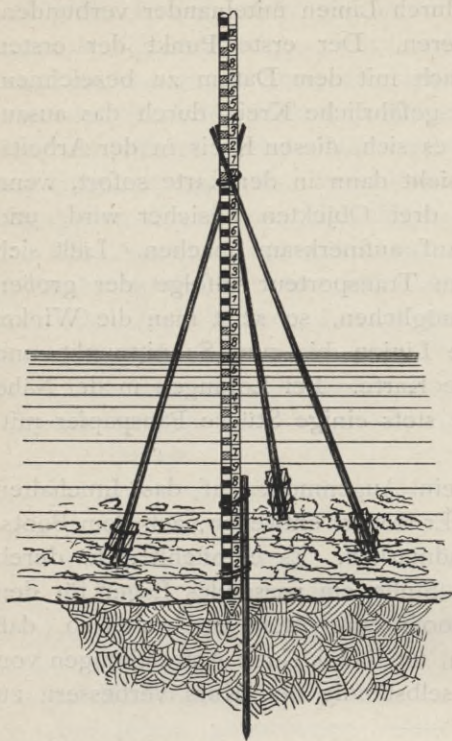


Fig. 1.

Lage des Pegels. Der Pegel, nach dem die Lotungen auf den betreffenden Wasserstand beschickt werden sollen, liegt günstig in der Mitte des zu vermessenden Gebiets. Bei größeren Vermessungen werden unter Umständen mehrere Pegel gebraucht. An den deutschen Küsten sind von den Behörden der Seeuferstaaten an vielen Stellen Pegel errichtet worden. Einer dieser Pegel wird bei den Vermessungen in den heimischen Gewässern meistens zu benutzen sein.

§ 85. Kartenniveau.

Kartenniveau der Ostsee. In der Ostsee sind alle Wassertiefen auf das Niveau »Normal Null« (N. N.) der Königlich preußischen Landesaufnahme zu beziehen.

Dieses Niveau entspricht annähernd dem mittleren Wasserstand der Ostsee. Die Lage des Teilungsnullpunktes am Pegel gegen N. N. ist für eine Anzahl von Pegeln in der Ostsee in den von der Königlich preußischen Landesaufnahme herausgegebenen Nivellements-ergebnissen angegeben. Für eine weitere Anzahl von Pegeln sind diese Werte durch die zuständigen Wasser- und Hafenbaubehörden der Seeuferstaaten bzw. durch das geodätische Institut in Potsdam bestimmt, und schließlich werden die nötigen Daten über die in dem betreffenden Bezirk vorhandenen Pegel seitens der Küstenbezirksämter gesammelt.

Bestimmung des Kartenniveaus in der Ostsee. Wird ausnahmsweise die Errichtung eines neuen Pegels in der Ostsee nötig, so ist es vorteilhaft, wenn die Lage des Nullpunktes der Pegelteilung gegen N. N. durch Nivellementsanschluß an einen in der Nähe liegenden Punkt bekannter Höhe bestimmt werden kann.

Angenähert läßt sich das ungefähr dem Mittelwasserstand entsprechende Kartenniveau eines Pegels durch selbständige längere Beobachtungen an diesem Pegel oder durch Vergleichsbeobachtungen

mit einem zweiten in der Nähe liegenden Pegel, dessen Kartenniveau bekannt ist, ermitteln.

Beschickung der Lotungen entbehrlich. Bei Lotungen auf größeren Tiefen und in größerem Abstände von der Küste kann in der Ostsee von der Beschickung der Lotungen abgesehen werden, doch empfiehlt es sich, den nächstgelegenen Pegel an der Küste beobachten zu lassen, um ein Urteil über die Schwankungen des Wasserstandes während der Vermessung zu gewinnen.

Ungewöhnliche Wasserstände. Durch Erkundigungen bei den in Betracht kommenden Wasser- und Hafenbaubehörden ist bei allen Vermessungen in der Ostsee zu ermitteln, um wieviel in dem Gebiet das Wasser gelegentlich über den dem Kartenniveau entsprechenden Wasserstand steigt und unter ihn fällt, bei welchen Winden und unter welchen sonstigen Verhältnissen fernerhin ein Steigen oder Fallen eintritt.

Kartenniveau der Nordsee. In der Nordsee sind die Tiefen für mittleres Spring-Niedrigwasser anzugeben. Die Lage dieses Kartenniveaus am Pegel ist auch für die in der Nordsee vorhandenen Pegel größtenteils bestimmt. Angaben hierüber sind in erster Linie vom Kaiserlichen Observatorium in Wilhelmshaven oder von dem zuständigen Küstenbezirksamt, oder sonst von den Wasser- und Hafenbaubehörden der Seeuferstaaten zu erhalten.

Auch bei Vermessungen in der Nordsee sind Angaben darüber zu sammeln, bei welchen Winden und unter welchen Verhältnissen ein höherer oder niedrigerer Wasserstand eintritt, im besonderen, wieviel das Wasser gelegentlich noch unter den mittleren Spring-Niedrigwasserstand fallen und über den mittleren Spring-Hochwasserstand steigen kann, außerdem ist die Hafenzzeit und der mittlere Spring- und Nipp-tidenhub festzustellen und in der Arbeitskarte zu vermerken.

Hochwasserhäfen. Bei Plänen solcher Häfen und Fahrwasser, die ganz oder nahezu trocken fallen und nur um die Hochwasserzeit herum zugänglich sind, werden die Tiefen für mittleres Hochwasser angegeben.

Bestimmung des Kartenniveaus in der Nordsee. Wird es bei Vermessungen in der Nordsee nötig, Hilfspegel zu errichten, so muß die Lage des mittleren Spring-Niedrigwassers (des Kartenniveaus) für diese Pegel ermittelt werden. Über die Ausführung dieser Bestimmungen siehe § 77.

Kartenniveaus anderer Behörden. Soll die Arbeitskarte durch Verwendung neuerer Pläne der Seeuferstaaten ergänzt werden, so muß jedesmal festgestellt werden, auf welchen Wasserstand die Tiefen bezogen sind, da diese Behörden vielfach andere Kartenniveaus anwenden.

Kartenniveau für Kolonialvermessungen. Bei Küstenvermessungen im Auslande sind ebenso wie in der Nordsee die Tiefen auf mittleres Spring-Niedrigwasser zu beziehen. Zur Bestimmung des Kartenniveaus usw. für einen neuerrichteten Hauptpegel sind regelmäßige, über einen möglichst langen Zeitraum ausgedehnte Pegelbeobachtungen sowohl während des Tages als auch Nachts nötig (siehe § 76).

Pegelhöhenmarken. Der Nullpunkt aller neuaufgestellten Pegel ist möglichst durch Anschluß an eine in der Nähe befindliche Höhenmarke festzulegen, damit die Lage des Nullpunkts jederzeit, auch bei Verlust des Pegels, wieder festgestellt werden kann. Für diese Höhenmarken sind Metallbolzen zu verwenden, die im Kopf die Bezeichnung K. M. und die Jahreszahl tragen. Sie werden entweder in die Grundmauern steinerner Häuser oder in besonders zu diesem Zweck herzustellende kleine gemauerte Pfeiler einzementiert. Durch Nivellement mit dem kleinen Universalinstrument wird zunächst der Höhenunterschied zwischen der Oberkante des Bolzenkopfes und dem Nullpunkt der Teilung am Pegel bestimmt. Danach ist zu ermitteln, um welchen Betrag die Höhenmarke über mittlerem Wasserstand liegt. Dieser Betrag ist, wenn irgend möglich, auf einer Tafel in der Nähe der Marke dauerhaft zu vermerken, möglichst zugleich auch eine Angabe über die Größe des mittleren Springtidenhubs. Auf jeden Fall müssen die Akten des Vermessungsschiffs, das Reichs-Marine-Amt sowie die Ortsbehörden genaue Angaben erhalten über die Lage der Höhenmarke zum Kartenniveau und zum Mittelwasser.

§ 86. Pegelbeobachtungen.

Dauer der Beobachtungen zur Beschickung der Lotungen. Pegelbeobachtungen müssen unbedingt während der ganzen Zeit, in der gelotet wird, ausgeführt werden. Da der Pegelbeobachter in den meisten Fällen ausgeschifft ist und keine dauernde Verbindung mit dem Schiff hat, also auch nicht wissen kann, wann gelotet wird, so läßt man, falls der Pegel nur für Zwecke des Lotens beobachtet wird, in der Regel den Pegel während der ganzen Dauer der Vermessung täglich von Hell- bis Dunkelwerden beobachten (siehe auch § 76).

Ausführung der Beobachtungen. Die Pegelbeobachtungen sind, sofern es sich nur um Beschickung der Lotungen handelt, halbstündlich vorzunehmen. Sind die Tidenhübe groß (2 m und darüber), so ist den Pegelablesungen von $\frac{1}{2}$ Stunde vor bis $\frac{1}{2}$ Stunde nach Mittelwasser besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Die Beobachtungen müssen nach einer mit der Schiffsuhr übereinstimmenden Beobachtungsuhr pünktlich ausgeführt werden. Ist der Pegelbeobachter

dauernd ausgeschifft, so muß für öfteren Vergleich seiner Uhr mit der Schiffsuhr, eventuell durch verabredetes Signal gesorgt werden. Wenn es nicht möglich war, die Pegelablesung zur festgesetzten Zeit zu machen, so ist die Uhrzeit besonders zu vermerken.

Richtung und Stärke des Windes sind alle zwei Stunden anzuschreiben.

Pegelkurven. Um die Pegelbeobachtungen übersichtlich zu machen und etwaige Fehler zu entdecken, wird nach den auf das mittlere Spring-Niedrigwasser bezogenen Pegelständen für jeden Tag eine Pegelkurve auf

Millimeterpapier entworfen. Die Zeiten werden als Abszissen, die Pegelstände (Ablesung am Pegel, vermindert um die Lage des Kartenniveaus, ist gleich Pegelstand) als Ordinaten eingetragen (s. Fig. 2).

Pegelbeobachter.

Ausgeschifftete Pegelbeobachter müssen mit einer kurzen, leicht verständlichen schriftlichen Anweisung und nötigenfalls mit einer Legitimation versehen werden.

§ 87. Beschickung der Lotungen.

(Siehe auch Abschnitt »Gezeiten«.)

Die Beschickung der Lotungen auf das Kartenniveau wird in der Ostsee in der Weise ausgeführt, daß der am Pegel zur Zeit der Lotung beobachtete Unterschied des Pegelstandes gegen das Kartenniveau direkt auf die gelotete Tiefe angewandt wird, und zwar ist er abzuziehen, wenn das Wasser über dem Kartenniveau, und hinzuzufügen, wenn es unter ihm stand. Diese Verbesserung mit ihrem Vorzeichen wird, wie schon erwähnt, als »Beschickung« bezeichnet.

In Gewässern mit Gezeiten erfolgt die Beschickung in derselben einfachen Weise, wenn der beobachtete Pegel sich in solcher Nähe des Lotungsortes befindet, daß der zur Zeit der Lotung am Pegel beobachtete Wasserstand auch für den Ort der Lotung als zutreffend angesehen werden kann. In der Regel sind aber die Eintrittszeiten von Hoch- und Niedrigwasser und der Tidenhub am Orte der Lotung

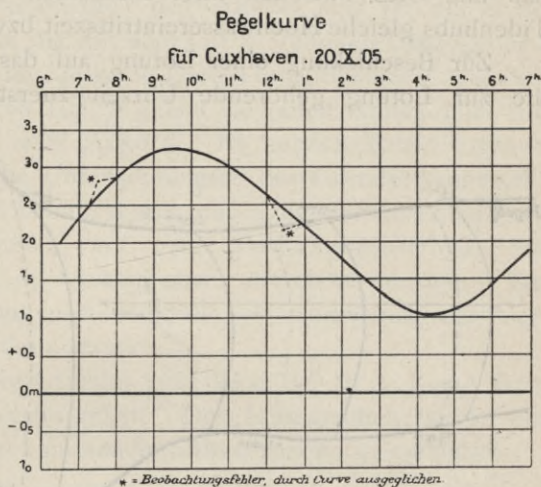


Fig. 2.

andere als am Orte des Pegels. Bei der Beschickung der Tiefen ist daher das folgende Verfahren einzuschlagen:

Man entwirft in der Arbeitskarte (blau auszuziehende) Linien gleichen Hochwassereintritts (Flutstundenlinien oder Isorachien) für einen Zeitunterschied von 10 zu 10 Minuten und Linien gleichen Tidenhubs (rot auszuziehen) für Unterschiede von 0.1 m zu 0.1 m (siehe Fig. 3).

Für die Beschickung der geloteten Tiefen nimmt man dann an, daß alle Orte zwischen zwei Isorachien oder zwei Linien gleichen Tidenhubs gleiche Hochwassereintrittszeit bzw. gleichen Tidenhub haben.

Zur Beschickung einer Lotung auf das Kartenniveau ist dann auf die zur Lotung gehörende Uhrzeit zuerst der Unterschied in der

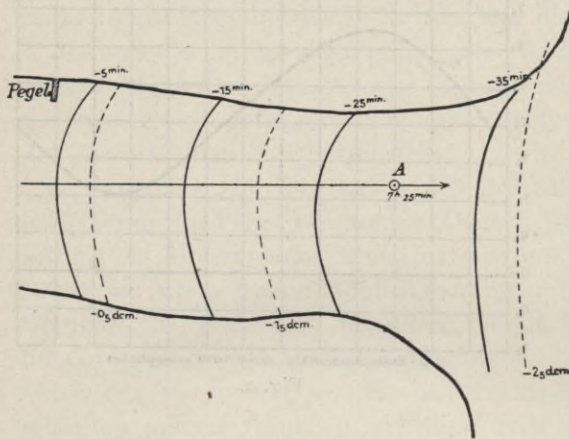


Fig. 3.

Eintrittszeit des Hochwassers zwischen Pegel- und Lotungsort anzuwenden, und zwar hinzuzufügen, wenn die Flutwelle den Lotungsort früher, abzuziehen, wenn sie ihn später als den Pegel erreicht. Mit der so verbesserten Zeit entnimmt man den Wasserstand am Pegel über dem Kartenniveau aus der Pegelkurve für den betreffenden Tag,

Diese Ablesung wird für den Unterschied der mittleren Tidenhöhe am Pegel und am Lotungsort verbessert und dann auf die gelotete Tiefe angewendet.

Die Beschickungen sind, auf halbe Meter abgerundet, von den Lotungen in Abzug zu bringen. Die Abrundung erfolgt in folgender Weise:

$$1.8 \text{ bis } 2.2 = 2.0 \text{ m}$$

$$2.3 \text{ „ } 2.7 = 2.5 \text{ „}$$

$$2.8 \text{ „ } 3.2 = 3.0 \text{ „ usw.}$$

Beispiel: Im Punkt A ist um $7^{\text{h}} 25^{\text{m}}$ eine Tiefe von 13.5 m gelotet. Der Lotungsort liegt zwischen den Isorachien -25^{m} und -35^{m} , die Flutwelle erreicht also den Pegel rund 30^{m} später als den Lotungsort. Für die Uhrzeit $7^{\text{h}} 25^{\text{m}} + 30^{\text{m}} = 7^{\text{h}} 55^{\text{m}}$ wird aus der Pegelkurve ein Wasserstand von $+2.8 \text{ m}$ über dem Kartenniveau entnommen. Der Tidenhub ist am Orte der Lotung um 2 dcm (zwischen -1.5 und -2.5 dcm) geringer als am Orte des Pegels; der mittlere Tidenhub am Pegel beträgt 4.2 m, die Verbesserung für einen Wasserstand von

+ 2.8 m demnach = $-\frac{2.8 \cdot 2}{4.2}$ dcm = - 1 dcm, die Beschickung also = $-(2.8 - 0.1) = -2.7$ und abgerundet = - 2.5 m. Die einzutragende Tiefe ist = $13.5 - 2.5$ m = 11 m.

§ 88. Bestimmung der Grundbeschaffenheit.

Angaben über die Beschaffenheit des Grundes sind für die Karte sehr wertvoll. In See bieten die mit dem Lot aufgeholten Grundproben ein Mittel zur Ortsbestimmung, falls die Karten entsprechende Angaben enthalten, auf Reeden und in Häfen geben sie einen Anhalt über die Brauchbarkeit des Grundes zum Ankern. Es müssen daher zugleich mit den Lotungen zahlreiche Untersuchungen des Grundes angestellt werden. Dies vollzieht sich in der Weise, daß in bestimmten Zwischenräumen (etwa alle 10 Minuten) mit einer Positionsbestimmung zusammenfallend mit dem Lot Grundproben aufgeholt werden. Bei weichem Grunde benutzt man vorteilhaft die zur Ausrüstung der Vermessungsschiffe gehörende Grundzange.

Für die Bezeichnung des Grundes sind die in der D. A. Karte Nr. 1 gegebenen Abkürzungen anzuwenden. Den Lotungsbüchern ist ein Verzeichnis der in Betracht kommenden Abkürzungen vorgeheftet.

§ 89. Bestimmung der schwimmenden Seezeichen.

Alle schwimmenden Seezeichen müssen ihrer Lage nach möglichst genau bestimmt werden. Für die Eintragung in die Karte ist der Ort, auf dem der Anker liegt, maßgebend. Die Wassertiefe über dem Anker ist zu ermitteln.

Feuerschiffe sind, wenn zugänglich, von mindestens zwei festgelegten Punkten an Land einzuschneiden. Ist das nicht ausführbar, so ist ihr Ort durch mehrmalige Winkelmessung vom Feuerschiff aus oder durch astronomische Beobachtungen zu bestimmen. In jedem Falle muß bei der Ortsbestimmung angegeben sein, in welcher Richtung und Entfernung von dem bestimmten Punkte aus der Anker (Ankerboje) des Feuerschiffes lag.

Zur Bestimmung der Lage von Tonnen wird ein Boot längsseit gelegt, das seine Position durch Rückwärtseinschnitt ermittelt. Die Winkel müssen zweimal unabhängig gemessen werden. Von einem in Fahrt befindlichen Fahrzeuge aus gemessene Winkel sind für die Ortsbestimmung der Seezeichen nicht genügend. Auch bei den längsseit der Tonnen ausgeführten Winkelmessungen ist anzugeben, welche Lage zu ihrer Verankerung die Tonnen zur Zeit der Messung hatten, ob sie auf Ebbe, auf Flut oder auf dem Winde (Windrichtung) lagen.

Alle Seezeichen sind aufzumessen und von ihnen Zeichnungen mit Angabe der Abmessungen anzufertigen. Diese Skizzen werden in den Lotungsbüchern mit Blei ausgeführt und später in der Arbeitskarte an einer freien Stelle mit Tusche eingetragen. Angaben über Farbe der Tonne, über ihre Bezeichnung und Art müssen den Skizzen beigelegt werden.

§ 90. Lotungen bei Hochseevermessungen.

Allgemeines. Das Gebiet der Hochseevermessung liegt, wie schon der Name besagt, auf der hohen offenen See, fern von der Küste. Landobjekte werden häufig überhaupt nicht, häufig nur bei sichtigem Wetter von erhöhtem Standpunkt aus zu sehen sein. In der Hauptsache wird es sich bei den Hochseevermessungen, auf die hier eingegangen werden soll, um die Vermessung von größeren Untiefen handeln.

Der Vermessung solcher Gebiete geht eine Betonung voraus. Sie wird derart durchgeführt, daß die Ortsbestimmung beim Loten überall durch Doppelwinkelmessung nach drei Bojen ausgeführt werden kann. Die geographische Lage einer durch zwei Bojen gegebenen Basis legt man entweder durch Vorwärts- oder Rückwärtseinschnitt nach Landobjekten oder durch astronomische Beobachtungen fest. Die Bestimmung der übrigen Bojen geschieht durch Messung der Dreieckswinkel in ähnlicher Weise wie bei einer Landtriangulation. Durch Bestimmung des Endpunktes der Triangulation nach Landobjekten oder durch astronomische Beobachtungen ist die Möglichkeit einer Kontrolle bzw. eines Ausgleichs der Triangulation gegeben.

Bojen. Vermessungsschiffe, denen Hochseevermessungen übertragen werden, müssen sich mit dem zur Anfertigung der Bojen erforderlichen Material ausrüsten. Gebraucht werden wasserdichte Fässer, Bretter, leichte Kiefern- oder Bambusstangen, alte Flaggen, altes Hanf- und Drahttauwerk, alte Ketten, altes Eisen, Nägel und geeignete Verankerungen.

Die Verwendung eiserner Baken- oder Spierentonnen ist wegen der größeren Kosten, der schwierigen Unterbringung an Bord und Handhabung wenig zu empfehlen.

Eine an Bord leicht herzustellende, leicht zu handhabende, ziemlich sichere und gut sichtbare Boje ist die in Fig. 4 dargestellte; ihre Herstellung ist aus der Zeichnung ersichtlich. Bei Verwendung zweier Fässer sind Öl- usw. Fässer von etwa 100 l Inhalt ganz geeignet; sie müssen jedoch sorgfältig gedichtet sein. Stehen nur kleinere Fässer zur Verfügung, so kann man auch drei im Dreieck angeordnete Fässer verwenden. Die Planken über und unter den Fässern sind zur Aufnahme der durch Schrauben mit ihnen verbundenen Fässer entsprechend

auszuhöhlen, wodurch die Festigkeit der Boje erhöht wird. Die Stange geht durch entsprechende Löcher in der Mitte der Planken. Verwendet man drei Fässer, so sind die Planken zu passenden Dreiecken zusammenzunageln, die Stange geht dann durch Querplanken auf diesen Dreiecken. Den Heißstropp fertigt man am besten aus Drahttauwerk, da ein Drahtauge sich besser offen hält und das Einhängen der Heißtalje oder -jolle erleichtert. Als Ankertau verwendet man auf nicht zu großen Tiefen vorteilhaft eine dünne Kette; nimmt man Hanftauwerk, so empfiehlt es sich, am Anker und an der Boje ein Stück

Flaggenboje.

- a* = Stange ungefähr 8 m lang,
- b* = 4 Ballasteisen von je 25 kg,
- c* = 2 Fässer von 100 bis 150 l Inhalt,
- d* = 3 eiserne Bolzen,
- e* = Bambusstange 10 bis 12 m Länge,
- f* = Flagge 3 × 4 m gelb u. schwarz,
- g* = Stropp zum Einfangen,
- h* = Heißstropp.

Kette einzuschalten, um ein Durchscheuern des Ankertaus zu verhindern. Auf Tiefen bis zu etwa 200 m nimmt man die Länge des Ankertaus gleich der $1\frac{1}{2}$ fachen Wassertiefe, auf größeren Tiefen kann sie etwas geringer sein; auf kleinen Tiefen ist es angebracht, das Ankertau länger zu nehmen, um ein Vertreiben der Bojen auszuschließen. Da der Schwingungsradius der Bojen auf geringen Tiefen immerhin klein

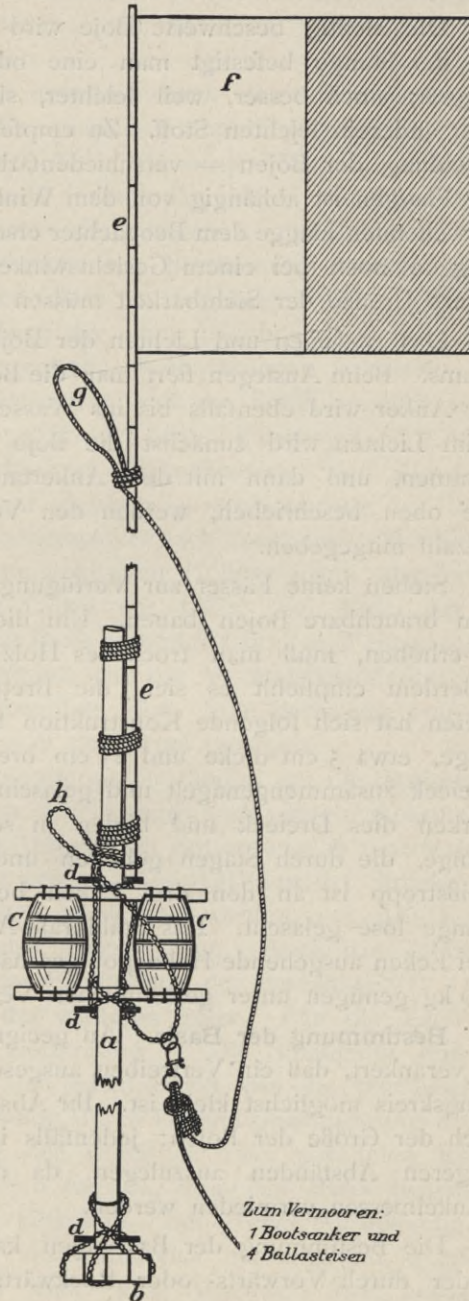


Fig. 4.

sein wird, kann das Ankertau unbeschadet der Genauigkeit länger sein, als die $1\frac{1}{2}$ fache Wassertiefe beträgt. Zum Beschweren des unteren Endes der Stange können Ballasteisen oder altes Eisen verwendet werden; als Anker nimmt man Bootsanker, Grundeisen und altes Eisen.

Die richtig beschwerte Boje wird nahezu aufrecht schwimmen. An der Stange befestigt man eine oder mehrere große alte Signalflaggen; noch besser, weil leichter, sind Flaggen aus Scheibentuch oder anderem leichten Stoff. Zu empfehlen sind dunkle — zur Unterscheidung der Bojen — verschiedenfarbige Flaggen. Die Sichtweite der Flaggen ist abhängig von dem Winkel, unter dem die Kanten der auswehenden Flagge dem Beobachter erscheinen. Mit Sicherheit können Flaggen noch bei einem Gesichtswinkel von $4'$ erkannt werden. Als untere Grenze der Sichtbarkeit müssen $2'$ bezeichnet werden.

Das Auslegen und Lichten der Bojen geschieht mittels des Ladebaums. Beim Auslegen fiert man die Boje an der Luvseite zu Wasser, der Anker wird ebenfalls bis ins Wasser gefiert und dann geschleppt. Beim Lichten wird zunächst die Boje geheißt und binnenbords genommen, und dann mit dem Ankertau der Anker gelichtet. Bojen, wie oben beschrieben, werden den Vermessungsschiffen in geringer Anzahl mitgegeben.

Stehen keine Fässer zur Verfügung, so kann man auch aus Brettern brauchbare Bojen bauen. Um die Schwimmfähigkeit der Bojen zu erhöhen, muß man trockenes Holz zum Bau der Bojen nehmen, außerdem empfiehlt es sich, die Bretter zu teeren. Auf geringen Tiefen hat sich folgende Konstruktion bewährt: Drei etwa 4 bis 5 m lange, etwa 5 cm dicke und 25 cm breite Bretter werden zu einem Dreieck zusammengenagelt und gelascht. Querlatten oder Bretter verstärken dies Dreieck und bilden in seiner Mitte ein Lager für die Stange, die durch Stagen gehalten und unten beschwert wird. Der Heißstropp ist an den drei Ecken befestigt und sein Auge an der Stange lose gelascht. Das Stahldraht-Ankertau wird in eine von den drei Ecken ausgehende Hahnepot geschäkelt. Anker von etwa 200 bis 300 kg genügen unter gewöhnlichen Verhältnissen.

Bestimmung der Basis. An geeigneter Stelle werden zwei Bojen so verankert, daß ein Vertreiben ausgeschlossen und doch ihr Schwingungskreis möglichst klein ist. Ihr Abstand richtet sich in erster Linie nach der Größe der Bojen; jedenfalls ist es besser, die Bojen in geringeren Abständen auszulegen, da dadurch Schwierigkeiten beim Winkelmessen vermieden werden.

Die Bestimmung der Basisbojen kann, wie schon erwähnt, entweder durch Vorwärts- oder Rückwärtseinschnitt nach Landobjekten oder durch astronomische Beobachtungen ausgeführt werden.

Beim Vorwärtseinschnitt sind Messungen von zwei Stationen aus erforderlich. Das Schiff legt sich so an die Boje, daß sie querab vom einzumessenden Mast ist. Die Messungen erfolgen gleichzeitig auf Signal vom Schiff. Beim Rückwärtseinschnitt geht das Schiff in gleicher Weise an die Boje, und es werden vom Mars aus Winkel nach mindestens drei Objekten gemessen.

Die Bojen können dann entweder nach den berechneten geographischen Koordinaten oder graphisch durch geometrische Konstruktion (Sehnenmethode) nach den gemessenen Winkeln eingetragen werden. Die Berechnung wird notwendig, wenn die Landobjekte außerhalb des in der Arbeitskarte dargestellten Gebietes liegen.

Stehen geeignete Landobjekte zur Bestimmung der Basisbojen nicht zur Verfügung, so muß diese in folgender Weise ausgeführt werden: Die geographische Lage der einen Basisboje und das Azimut der Basis wird durch astronomische Beobachtungen ermittelt. Zur Bestimmung der Länge der Basis legt sich das Schiff ungefähr in die Mitte genau in die Verbindungslinie der beiden Basisbojen. An beiden Bojen liegen Boote mit zuverlässigen Winkelmessern. Auf Signal vom Schiff messen die Winkelmesser gleichzeitig mit Notierung der Uhrzeit mehrmals (5- bis 10mal) Masthöhenwinkel nach dem Schiff. Die Summe der beiden aus den zusammengehörigen Höhenwinkeln abgeleiteten Entfernungen ist gleich der Länge der Basis. Bei dieser Art der Basismessung ist die Länge der Basis beschränkt und muß entsprechend der Masthöhe so bemessen werden, daß die Abstandsbestimmung nach Masthöhenwinkel noch gute Resultate gibt. Eine Basislänge von etwa 2000 m wird den Forderungen in der Regel genügen.

Handelt es sich unter besonderen Umständen um die Bestimmung einer größeren Basis, so kann ihre Länge auch durch mehrmaliges Ablaufen mit dem Schiff und Ablesen der Entfernung an einem richtigen Patentlog gemessen werden. Das Ablaufen der Strecke muß in beiden Richtungen mehrfach wiederholt werden, um den Einfluß von Wind und Strom möglichst auszuschalten. Auch das Telemeter verwendet man zweckmäßig zur Ermittlung der Basislänge.

Lage und Bestimmung der weiteren Bojen. Für die Lage der Bojen zueinander und ihre Entfernung ist die Sichtigkeit und die Forderung maßgebend, daß auf jedem Punkt des zu vermessenden Gebiets eine gute Ortsbestimmung durch Doppelwinkelmessung ermöglicht wird. Die Anordnung der Bojen in zwei parallelen Reihen empfiehlt sich sehr. Die Bojen werden, von der Basis ausgehend, durch Dreieckswinkelmessung bestimmt. Bei großer Ausdehnung des Vermessungsgebiets wird es abschnittsweise betont. Es empfiehlt sich dann, am Anfang oder Ende jedes Abschnitts zwei besonders gut verankerte Bojen zu legen, deren Vertreiben ausgeschlossen ist.

Nach stürmischem Wetter kann man dann die Lage der Betonung kontrollieren, indem man diese beiden Bojen für den betreffenden Abschnitt als Basisbojen betrachtet und von ihnen ausgehend die Winkel nachmißt.

In die Karte werden die Bojen graphisch mittels Alhidaden- oder Doppeltransporteurs eingetragen. Die hierbei erreichte Genauigkeit entspricht durchaus der Genauigkeit der Methode.

§ 91. Strombeobachtungen.

Die Kenntnis der Richtung und Stärke der Gezeiten- und sonstigen Strömungen ist für den Seefahrer wertvoll; Seekarten sowohl wie Segelhandbücher bringen daher Angaben über die Stromverhältnisse der betreffenden Gewässer.

Seitens der Vermessungsschiffe sind in den Vermessungsgebieten dauernde Strommessungen auszuführen. Die Beobachtungen werden mit genauer Orts- und Zeitangabe und den zugehörigen meteorologischen Daten über Wind und Wetter, Wassertemperatur usw. in ein besonderes Heft eingetragen.

Strommessungen sind sowohl in den oberen Wasserschichten als auch möglichst in der Tiefe vorzunehmen.

Eine Beschreibung der zur Zeit auf den Vermessungsschiffen gebräuchlichen Stromrichtungs- und Geschwindigkeitsmesser findet sich im Handbuch der nautischen Instrumente.

Abschnitt XII.

Die Arbeitskarte.

§ 92. Allgemeines.

Zweck. Die Arbeitskarte soll die Unterlage für die später anzufertigende Seekarte sein. Sie bringt die bei der Vermessung gewonnenen Resultate zur bildlichen Darstellung und ist darum besonders geeignet, den Leiter über den Fortgang der Arbeiten zu informieren, ihn auf Mängel hinzuweisen und schließlich untergelaufene Fehler aufzudecken. Aus den an die Arbeitskarte zu stellenden Anforderungen lassen sich feste Regeln für den Aufbau und die Art der Anfertigung der Karte ableiten. Es ergibt sich, was in der Karte Aufnahme finden soll und in welcher Art die Eintragungen zu machen sind, welche Genauigkeit dabei zu fordern und endlich in welchem Maßstab die Arbeitskarte zu zeichnen ist.

Inhalt. Die Karte soll alle Angaben enthalten, die der Seefahrer für eine sichere Schiffsführung benötigt. Nach Möglichkeit soll sich der Schiffsführer schon durch das Studium der Seekarte die nötigen Informationen sammeln können, soll das Segelhandbuch nur eine auch zu entbehrende Ergänzung der Karte bedeuten. Demnach muß die Karte einen allgemeinen Überblick über die Geländeformation geben, alle wichtigen Peilobjekte, Leuchtfeuer, Signalstationen müssen klar hervortreten, der Charakter des Küstenlandes, ob bewaldet, ob felsig, ob bewohnt oder unbewohnt, muß ersichtlich sein, ferner sollen der Verlauf der Küste, Einbuchtungen, Höhen und Flußmündungen, Wasserstellen usw. klar zur Darstellung kommen. Noch größerer Wert als auf die Kenntlichmachung der Geländeformation muß, das ergibt sich schon aus der Bezeichnung »Seekarte«, auf die klare Wiedergabe des Meeresprofils gelegt werden. Schon vor der Eintragung in die Arbeitskarte muß eine sorgfältige Auswahl der zu verwertenden Tiefenzahlen erfolgen. Der Charakter des Meeresprofils soll durch die Tiefenangaben möglichst zum Ausdruck gebracht werden. Erhöht wird die Deutlichkeit des Bildes durch die Tiefenkurven, die Metergrenzen.

Den größten Wert muß der Leiter jederzeit darauf legen, daß nur wirklich Wichtiges in der Arbeitskarte zur Darstellung kommt, dann wird die Übersichtlichkeit, das Haupterfordernis für eine brauchbare Karte, gewahrt bleiben. Der Seefahrer soll sich auf der Karte schnell orientieren können; er darf durch überflüssige Details nicht verwirrt werden. Was für eine Seekarte oder für die entsprechende Unterlage wichtig ist, kann nur der erfahrene Fachmann beurteilen. Darum soll die Zeichnung der Karte keinesfalls dem Zeichner allein überlassen werden, der Leiter der Vermessung muß vielmehr stets anleitend mitwirken.

Art der Eintragung. Die Art der Eintragung in die Arbeitskarte muß sich an die Darstellungsweise in der Seekarte eng anlehnen, soll doch angestrebt werden, die Arbeitskarten in derartiger Vollendung herzustellen, daß sie als Stichvorlagen zu verwenden sind, soweit Spezialkarten in Frage kommen.

Genauigkeit. Peinlichste Sorgfalt und Genauigkeit bei den Eintragungen ist unbedingtes Erfordernis. Durch Papierzerrungen, durch Umzeichnen usw. entstehen genug Fehlerquellen, so daß zu vermeidende Fehler auf das Mindestmaß beschränkt werden müssen. Der Seemann vertraut fest auf seine Seekarte; ist sie doch für ihn ein amtliches Dokument; Fehler in dieser Karte können schwere Katastrophen im Gefolge haben. Das sollte stets bei der Herstellung der Arbeitskarte, der Unterlage für die Seekarte, berücksichtigt werden.

Maßstab. Im allgemeinen soll der Maßstab der Arbeitskarte $1\frac{1}{2}$ bis 2 mal so groß sein als jener der Seekarte. Arbeitskarten von Reeden, Häfen usw. dagegen können in demselben Maßstabe, in dem die Spezialkarte erscheint, angelegt werden. Handelt es sich um Revisionsvermessungen von Gewässern, die bereits kartiert sind, so ist die Frage nach der Größe des Maßstabes einfach zu beantworten. Anders liegen die Verhältnisse, wenn Neuaufnahmen in Frage kommen. Der Vermessende steht dann bei der Wahl des Maßstabes für die Arbeitskarte vor einer der schwierigsten Fragen, einer Frage vermessungstechnischer sowohl wie kartographischer Natur. Wird doch von dem einmal gewählten Maßstab die Arbeitsweise abhängig gemacht. Man pflegt z. B. den Lotungslinien auf den Arbeitskarten einen Abstand von 1 cm zu geben. Ist der Maßstab nun sehr klein, also etwa $1 : 75\,000$ gewählt, so wird der Abstand der Linien 750 m, ist er groß gewählt, also etwa $1 : 25\,000$, so wird er nur 250 m betragen. Auch der Umfang der aufzunehmenden Details und nicht zum mindesten der Genauigkeitsgrad bei diesen Aufnahmen wird von dem Maßstab abhängig sein. Wäre es doch ein großer Fehler, mehr aufzunehmen, als in der Arbeitskarte dargestellt werden kann, bzw. die Resultate schärfer zu ermitteln, als sie die Karte wiederzugeben vermag. Es folgt aus

vorstehendem, daß mit der Wahl eines größeren Maßstabes eingehendere Aufnahmen und umgekehrt mit der Wahl eines kleineren Maßstabes minder eingehendere Vermessungen verbunden sind. Damit wird die Frage zu einer Zeit- und Geldfrage gestempelt, und es ist ohne weiteres klar, daß man sich mit dem Maßstab im allgemeinen auf der unteren zulässigen Grenze, ihn also möglichst klein halten wird. Wie eingehend die Vermessungen auszuführen sind, kann nur die Erkundung ergeben. Handelt es sich um vielbefahrene Gewässer, deren Profil ein unregelmäßiges ist, wo Riffe und Untiefen die Schifffahrt gefährden, so wähle man einen möglichst großen Maßstab, etwa 1 : 25 000, und falls es sich um eine Hafen- oder Reedeaufnahme handelt, vergrößere man den Maßstab noch weiter. Anders liegen die Verhältnisse häufig in den Kolonien. So z. B. würde es vollständig genügen, die deutsche Neu-Guinea-Küste etwa im Maßstab 1 : 100 000 zu kartieren unter Berücksichtigung des für Häfen und Reeden Gesagten. Das Gebiet zwischen Neu-Hannover und Neu-Mecklenburg müßte man schon im Maßstab 1 : 50 000 vermessen. Da mit 500 m Lotlinienabstand aber immerhin noch leicht Untiefen übersehen werden könnten, so würde es sich bei der letzteren Arbeit empfehlen, nur den Schifffahrtsweg eingehender auszuloten und den anzuratenden Kurs, auf dem Untiefen nicht mehr zu fürchten sind, durch besonders einzutragende Kurslinien kenntlich zu machen.

Allgemeine Regeln lassen sich in der erwähnten Frage nicht geben. Die Entscheidung über die Wahl des Maßstabes muß von dem seemännischen Urteil des Leiters abhängig sein, der noch zu berücksichtigen haben wird, daß es nicht zweckentsprechend ist, in einem Gebiete wie der deutschen Südsee z. B. die verschiedenen Vermessungsgebiete in den verschiedensten Maßstäben aufzunehmen. Häufig wird auch bereits vorhandenes Material von anderen Behörden, so z. B. in der Heimat das Material der Landesaufnahme — die Meßtischblätter —, bei der Wahl des Maßstabes den Ausschlag geben müssen. Endlich ist, wie im § 94 erläutert werden wird, die Wahl des Maßstabes abhängig von der äußerst zulässigen Größe der Karte (1 m × 1,5 m) und der Größe des Gebiets, das diese Karte umfassen soll.

§ 93. Das Zeichenmaterial.

Von der Güte des Zeichenpapiers und des Zeichenmaterials sind die Zeichenarbeiten in hohem Grade abhängig. Diese Arbeiten sollen, wie schon gesagt, auf das sorgfältigste und genaueste ausgeführt werden. Demgemäß müssen auch Zeichenmaterial und Zeichenmethoden die besten bzw. genauesten sein.

Das Papier. Man unterscheidet zwischen handgeschöpften oder Büttenpapieren und Maschinenpapieren, beide sind mehr oder weniger

stark geleimt. An ein gutes Papier müssen folgende Bedingungen gestellt werden: Es soll zähe, radierfest, unter der Feder nicht fasernd und besonders maßhaltig bleiben. Bisher erfüllt aber noch keine Papierart diese Bedingungen einwandfrei. Für Arbeitskarten kommt in der Marine fast ausschließlich in Deutschland angefertigtes Maschinenpapier, sogenanntes Monopol, zur Anwendung. Es wird in 10 m langen Rollen von 74 und 148 cm Breite, und zwar bereits aufgezogen, geliefert.

Aufbewahrung. Der Papiervorrat wird am besten in Rollenform fest gewickelt gegen Knittern geschützt. Auch zum Transport eignet sich die Rolle mit einer steifen Papphülse als Einlage am besten. Die in Arbeit befindliche Arbeitskarte muß jedoch stets flach ausgebreitet liegen bleiben.

Zeichenutensilien. Hierzu gehört zunächst ein Reißzeug, dessen Ausrüstung sich zusammensetzen soll aus:

- 3 großen flachen Ziehfedern,
- 1 breitbackigen Schwedenfeder, zum Ausziehen langer, gerader Linien,
- 1 Punktirnadel, möglichst schlank,
- 1 Haarzirkel mit starker Feder und Feinschraube,
- 1 Federzirkel,
- 1 Nullenzirkel.

An Zeichenutensilien werden ferner gebraucht:

- 1 großer und 1 kleiner Stangenzirkel, beide mit Blei- und Ziehfedereinsatz,
- 1 Transversalmaßstab mit einer Einteilung, die Abgreifen auf 0.1 mm genau gestattet,
- 1 Metallmaßstab, 1.50 m lang, mit Millimereinteilung an der Facette und Transversalteilung auf der oberen Fläche,
- 1 Metalllineal, 1.50 m lang,
- 1 „ „ 0.75 m lang, beide ohne Teilung, zum Ausziehen von Linien,
- 1 Storchschnabel, großes Modell,
- 2 Paar feste Holzdreiecke mit Kreisteilung.

Tuschen. Folgende Tuschen finden Verwendung:

1. flüssige schwarze Tusche von GÜNTHER WAGNER in Hannover oder von BOURGEOIS in Paris,
2. harte chinesische Tusche zum Selbstanreiben (Perlentusche Ia),
3. rote, blaue und braune unverwischbare flüssige Ausziehtuschen, ebenfalls von GÜNTHER WAGNER in Hannover.

Zum Zeichenmaterial gehören fernerhin:

Für farbige Ausführungen die vorgeschriebenen Generalstabsfarben. Zum Anlegen mehrere spitze und breite weiche Haarpinsel,

einige Tuschnäpfe und Farbschalen, letztere länglich mit Vertiefung zum Anreiben der chinesischen Tusche.

Bleistifte. Den besten deutschen Bleistift liefert A. W. FABER. In Frage kommen die Nummern 3 bis 6 H. Recht gut sind auch die »Schwan«-Stifte in den Härten 2 bis 6.

Zeichenfedern. Die besten für Arbeitskarten stammen von JOHN MITCHELL Nr. 0299 und 0340; für Vertonungen eignet sich besonders jene von J. GILLOT Nr. 290.

Radierutensilien. Ein scharfes Radiermesser mit langer Klinge, einige Radierfedern von HEINTZE & BLANKERTZ, Stangengummi von FABER für Tusche und Blei, ein Stück sogenannten Puffergummi und etwas weiches Handschuhleder (Schabsel) zum Reinigen der Karte.

§ 94. Praktische Winke für das Zeichnen.

Allgemeines. Zum Abtragen von Strecken am Metallmaßstab bediene man sich immer einer Lupe, um den gewünschten Punkt so scharf wie möglich zu bekommen. Es ist gut, wenn sich der Zeichner darüber klar ist, daß ein Zirkelstich auf einer Karte im Maßstab 1 : 25 000 z. B. eine Fläche von ungefähr 5 qm bedeckt. — Man wähle die Arbeitskarten, wenn irgend möglich, nicht zu groß; über das Format 1×1.5 m soll man nur in Ausnahmefällen gehen, da die Ungenauigkeit beim Absetzen mit dem Doppeltransporteur sehr erheblich mit wachsender Größe des Blattes, also mit Vergrößerung des Maßstabes zunimmt. Wird ein größeres Gebiet in sehr großem Maßstabe vermessen, rücken also die für den Rückwärtseinschnitt in Frage kommenden Objekte sehr auseinander, so wird man häufig beim Absetzen an die Verlängerungsschienen des Transporteurs noch Lineale anlegen müssen. Ein derartiges Absetzen ist selbstverständlich mit großer Einbuße sowohl an Genauigkeit wie an Zeit verbunden. Daraus geht hervor, daß man bei der Wahl des Maßstabes in hohem Grade abhängig ist von dem noch äußerst zulässigen Kartenformat (1×1.5 m) und der Ausdehnung des in dieser Karte einzuzeichnenden Gebietes.

Die Papierzerrungen müssen besonders beachtet werden. Kein Papier ist maßhaltig, es kann daher wohl vorkommen, daß eine heute hergerichtete Arbeitskarte morgen nicht mehr die genau abgesteckten Konstruktionsmaße zeigt. Dadurch lasse man sich nicht beirren; durch feuchte Luft während der Nacht dehnt sich der Bogen aus, bei trockener heißer Luft schrumpft er zusammen. Zerrungsfehler bei Arbeitskarten von 6 bis 8 mm auf 1 bis 1.5 m sind nicht selten.*)

*) Bei den D. A. Karten, die feucht gedruckt werden, hat man bei einem Format von 75×90 an der Schmalseite eine Zerrung von 2 cm, in der Längsrichtung von 1 cm festgestellt.

Behandlung und Handhabung des Zeichenmaterials. Wie bereits erwähnt, wird das Papier in 10 m langen Rollen geliefert. Die 10 m lange Bahn bedingt Aufbewahrung in Rollenform. Hierdurch und durch den Aufzug zeigt das Papier starke Neigung zum Krümmen. Mit der Konstruktion der Karte darf nicht eher begonnen werden, als bis die Neigung zum Krümmen bzw. die Spannung völlig beseitigt ist. Zur Erreichung dieses Ziels lege man den Bogen, nachdem er von der Rolle abgeschnitten ist, flach auf den Tisch aus, beschwere die Ränder und befeuchte nun mit einem sauberen Schwämme und reinem Wasser die Zeichenseite durch leichtes Auftupfen, wobei zu vermeiden ist, daß sich stehendes Wasser an einzelnen Stellen sammelt. Um das Papier gegen Feuchtigkeit unempfindlich zu machen, seine Radierfestigkeit und ganz besonders die Maßhaltigkeit zu erhöhen, wird es zweckmäßig mit einer farblosen Zaponlösung, einer Auflösung von Zelluloid in Amylacetat, getränkt. Ein Anstrich mit weichem breiten Pinsel genügt und trocknet in wenigen Minuten. Zapon muß gut verkorkt und feuersicher aufbewahrt werden. Um gegebenenfalls das Zapon verdünnen bzw. den zum Anstreichen benutzten Pinsel reinigen zu können, halte man eine Flasche reines Amylacetat in Reserve.*)

Die Tuschgläser und -Näpfe, Zeichenfedern und Bleistifte bewahre man auch während des Zeichnens in einem kleinen Kasten auf, den man bei der Hand hält. Die Tuschflasche ist immer zugedreht und nicht ohne Untersatz zu gebrauchen (praktische Untersätze liefern Gebr. WICHMANN, Berlin).

Zum Ausziehen von Linien mit dem Bleistift spitze man diese flach und lang zu, derartig, daß sich zwei Flächen in ganz spitzem Winkel zueinander neigen. Man kann den so zugespitzten Bleistift mit einer Fläche hart an die Ziehkante des Lineals anlegen und mit der Schneide des Stiftes die auszuziehende Linie scharf und gleichmäßig genau durch die betreffenden Punkte legen. Zum Markieren von Punkten empfiehlt es sich, den Bleistift in scharf konischer Form zuzuspitzen.

Beim Ausziehen der Linien mit Tusche ist folgendes zu beachten: Die Spitzen der Ziehfedern müssen sauber und stets scharf gehalten werden, beide müssen beim Anlegen der Feder an der Ziehkante des Lineals mit gleichmäßigem Druck auf dem Papier liegen. Die Bewegung beim Ziehen muß aus dem Ellbogen geschehen, darf nie durch Drehen des Handgelenks erfolgen, da sonst die Tusche leicht ausläuft und Flecke macht. Versagt die Feder beim Ziehen und ist noch genügend Tusche darin, so helfe man nicht mit der Zeichenfeder oder

*) Zapon empfiehlt sich auch zum Lackieren der unteren Fläche des Doppeltransporteurs und der Metallineale.

mit dem Messer nach, sondern nehme ein Stückchen zusammengelegtes Schreibpapier zum Durchziehen. Schwarze chinesische Tusche reibt man am besten in etwas destilliertem Wasser an, dem man einen Tropfen Essig zusetzt. Dieselbe muß täglich frisch angerieben werden.

Für die Eintragung der Punkte, Objekte usw. benutze man grundsätzlich nur die Stangenzirkel, da nur bei diesen die Spitzen senkrecht zur Papierfläche stehen; die Feinschraube am Stangenzirkel ermöglicht ferner bequem und sicher jede Feinstellung.

§ 95. Die Anfertigung der Arbeitskarte.

a. Konstruktion eines Merkatornetzes und Eintragung der Punkte in dieses Netz.

Allgemeines. Bei den Vermessungen in den heimischen Gewässern sowie überall dort, wo die Resultate der Triangulation, also die geographischen Koordinaten der Hauptpunkte, bereits vorliegen, kommt nur das Merkatornetz für die Arbeitskarten in Frage. Wenn auch nicht verkannt wird, daß andere Projektionen bei der graphischen Methode der Positionsbestimmung (Polygonzug, Eintragung von Doppelwinkelmessungen mittels des Doppeltransporteurs) genauere Resultate liefern als die Merkatorkarte, so sind die Fehler bei dieser Projektion indes so gering, daß sie für die Praxis nicht in Betracht kommen. Fehler entstehen dadurch, daß die Schenkel der Winkel zwischen den Objekten auf der Erde größte Kreise sind, während die Winkel mittels des Doppeltransporteurs derart in die Karte eingetragen werden, als würden sie durch Loxodromen gebildet. Mit demselben Fehler muß jedoch die praktische Navigation auch rechnen. Weitere kleine Fehler, die jedoch selbst bei Arbeitskarten von großer Ausdehnung nicht in die Erscheinung treten, entstehen dadurch, daß für die Karte der Maßstab der mittleren Kartenbreite zur Verwendung kommt, während sich der Maßstab bei Merkatorkarten von Breitenminute zu Breitenminute ändert.

Konstruktion eines Merkatornetzes. Für die Berechnung eines Merkatornetzes gilt das im zweiten Band zu Tafel XII Gesagte. Es soll darum hier gleich die Konstruktion beschrieben werden.

Man beschneide den Bogen so, daß er ungefähr 20 cm länger und breiter als die errechnete Ausdehnung ist und richte ihn dann, wie auf Seite 288 beschrieben ist, her.

Nachdem er gut getrocknet ist, ziehe man ungefähr 10 cm vom unteren Rande eine Linie, die »Grundlinie«, und trage auf dieser die errechnete Längenausdehnung = 893.3 mm ab.*)

*) Das zu Tafel XII angeführte Beispiel ist der Konstruktionsbeschreibung zugrunde gelegt worden. Die Arbeitskarte (Blatt 5) ist hier in $\frac{1}{5}$ der natürlichen Größe gehalten.

Für die weitere Konstruktion stehen zwei Methoden zur Verfügung:

- a) die Konstruktion nach dem Mittellot,
- b) die Konstruktion nach den Endloten.

Zu a) **Konstruktion nach dem Mittellot.** Auf der Grundlinie wird die errechnete Längenausdehnung abgetragen; die Endpunkte werden mit A und D bezeichnet (Fig. 1). AD wird dann halbiert, so daß $AE = \frac{1}{2} AD = 446.6$ mm wird. Darauf öffnet man den Stangenzirkel, so daß er ungefähr $\frac{3}{4}$ der Längenausdehnung einspannt, und schlägt nacheinander von A und D aus Kreisbogen nach H zu. Durch den Schnittpunkt H und den Halbierungspunkt E lege man nun eine Gerade und trage auf dieser die Breitenausdehnung = 829.5 mm von E aus ab. Damit erhält man den Punkt G. Mit derselben Öffnung des Stangenzirkels werden nun von A und D aus Bogen nach C und B hin, ferner mit der Größe der halbierten Längenausdehnung = 446.6 mm von G aus Bogen ebenfalls dorthin geschlagen, wodurch man die Punkte C und B erhält. Nun prüfe man, ob $AB = DC$

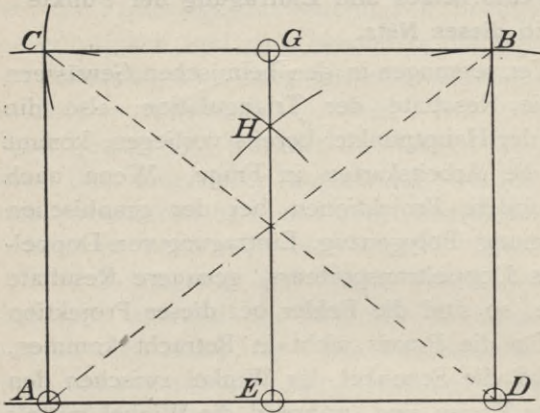


Fig. 1.

ist, wenn nicht, so ist die Konstruktion ungenau und muß wiederholt werden. Sind die Diagonalen genau gleich lang, so können AC, DB und CB ausgezogen werden.

Zu b) **Konstruktion nach den Endloten.** Auf der Grundlinie

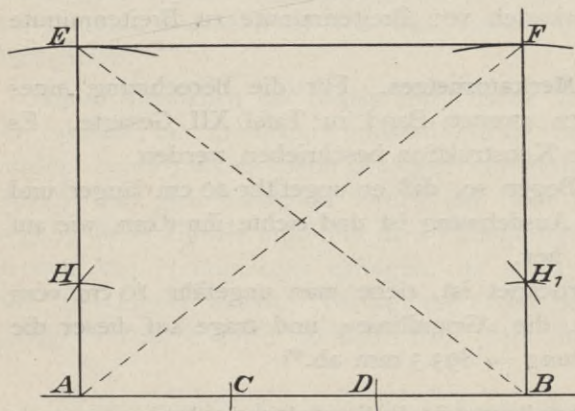


Fig. 2.

(Fig. 2) trage man von A und B aus nach innen je 400 mm ab und bezeichne die so erhaltenen Punkte mit C und D. Mit 300 mm Zirkelöffnung schlage man nun von A und B aus Kreisbogen nach H und H_1 , darauf mit 500 mm von C und D aus Bogen ebenfalls nach H und H_1 . Mit Benutzung der Lupe

lege man nun durch A und H sowie durch B und H_1 gerade Linien, trage dann auf diesen Geraden die errechnete Breitenausdehnung, hier 829,5 mm von A und B aus ab und bezeichne die so gewonnenen Endpunkte mit E und F. Zur Prüfung messe man, ob $AF = BE$ ist. Zutreffendenfalls verbinde man E mit F.

Beide Konstruktionen sind gleichwertig. Bei großen Karten bevorzuge man das Mittellot, bei kleinen Karten empfiehlt es sich, Lote auf den beiden Endpunkten zu errichten.

Das äußere Gerippe der Karte ist hiermit fertig. In 2 mm Abstand wird darauf ein zweiter äußerer Rand gezogen. Weitere Kartenränder auszuziehen, ist unzulässig. Auf der inneren Randlinie trage man nun genau die Größen der errechneten Längenminuten und der Breitenminuten ab, ziehe je nach dem Maßstab der Karte die Meridiane und Breitenparallele von 10 zu 10, 5 zu 5 oder von 2 zu 2 Minuten aus und schreibe an den linken und an den unteren Rand der Karte die betreffenden Grade und Minutenwerte. Der Raum zwischen den beiden Randlinien wird weiterhin von Minute zu Minute eingeteilt. Die Minute wiederum zerlege man in 10 gleiche Teile in der Weise, daß auf der Breitenskala jede einzelne Minute, auf der Längenskala jede fünfte oder zehnte Minute Teilung erhält. Von jeder geteilten Minute teile man bis zum Maßstabe von 1 : 25 000 je ein Zehntel in 6 gleiche Teile; man erhält dann eine Teilung, die der Randeinteilung der D. Adm. Karten entspricht, auf Sekunden genau ist und zur Eintragung der Objekte genügt. An der linken unteren Ecke des Kartenrandes vermerkt man die Konstruktionsmaße der Karte, hier $893,3 \times 829,5$ mm (Blatt 5).

Eintragung von Punkten in die Karte, deren Länge und Breite bekannt ist. Ist die Karte soweit hergerichtet, so trägt man die durch die Triangulation gefundenen Punkte nach Länge und Breite ein.

Man verfähre dabei folgendermaßen: Der lineare Breitenabstand des einzutragenden Punktes von der Grundlinie wird auf einem Stangen-zirkel genau eingestellt und auf dem dem Punkte am nächstliegenden Meridian von unten aus abgetragen (Breitenpunkt). Den linearen Längenabstand vom Ausgangsmeridian stellt man auf einem zweiten Stangen-zirkel ein und trägt ihn auf dem unteren Rand von dem betreffenden Meridian aus sinngemäß ab (Längenpunkt). Von dem markierten Breitenpunkt aus wird nun mit dem Längenabstand im Zirkel ein kleiner Bogen nach der betreffenden Seite geschlagen. Den ersten Stangen-zirkel mit der Breitereinstellung setze man jetzt in den Längenpunkt ein. Der zweite Zirkelfuß bezeichnet dann auf dem zuerst erwähnten längeren Bogen den Ort für den einzutragenden Punkt. Die eingetragenen Punkte werden durch einen kräftigen Kreis

von etwa 4 mm Durchmesser, mit Kennzeichen für Kirche, Mühle usw. sowie durch Schrift bezeichnet. (Karte Blatt 5.)

Die Eintragungen sämtlicher Hauptpunkte müssen unabhängig vom Zeichner durch eine zweite Person geprüft werden. Das Auszeichnen von Kompaßrosen ist überflüssig, für alle Kompaßeintragungen, wie z. B. für Kurse, Peilungen usw., sind die Kompaßdreiecke in Gebrauch zu nehmen.

Andere Methoden der Punkteintragung. Die Handrisse, deren Zeichnung auf dem graphischen Verfahren beruht, bei denen also die Lage der einzelnen Punkte zueinander auf konstruktivem Wege gefunden wird (siehe Abschnitt IX), werden in der auf Seite 297 angedeuteten Weise zwischen die durch Rechnung ermittelten Punkte der Karte eingefügt. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die geographischen Koordinaten der durch den Handriß gewonnenen Punkte in der Arbeitskarte abzugreifen. Aber auch ohne den Umweg über den Handriß zu wählen, werden die Koordinaten von Punkten auf konstruktivem Wege direkt auf der Karte ermittelt, werden also Punkte direkt graphisch in die Arbeitskarte eingetragen.

Dies Verfahren darf jedoch nur auf Nebenpunkte angewendet werden.*) Der Charakter der Merkatorkarte würde es verbieten, auf einem oder mehreren graphisch ermittelten Punkten weitere Punkte oder womöglich ein Dreiecksnetz graphisch aufzubauen. Eine Methode hierfür gibt der folgende Absatz sowie die Tafel XIII im II. Band.

So z. B. werden alle beim Loten mit den Booten bzw. mit dem Schiff gefundenen Positionen mittels des auf Richtigkeit geprüften Doppeltransporteurs in der Karte eingetragen. In derselben Weise können durch Rückwärtseinschnitt gefundene Landpunkte in der Karte Aufnahme finden. Sind auf einem dieser Punkte mehr als drei Richtungen gemessen worden, so empfiehlt sich, die Richtungen entsprechend ihrem Winkelwert auf einem Stück Pauspapier um einen Mittelpunkt zu gruppieren. Darauf lege man das Pauspapier auf die Arbeitskarte und drehe es so, daß die Schenkel der Winkel die zu ihnen gehörigen Objekte decken. Der gesuchte Punkt wird mit der Markiernadel auf der Karte festgelegt.

b. Eintragungen nach der Konstruktionsmethode.

Allgemeines. Bei der Konstruktionsmethode sieht man zunächst von der Herstellung eines Kartennetzes ab. Von der in einem bestimmten Maßstabe in das Kartenblatt einzutragenden Grundlinie ausgehend, wird mittels der gemessenen Dreieckswinkel bzw. mittels

*) Punkte, von denen nur noch die Positionen lotender Boote abgeleitet werden, gelten noch als Nebenpunkte.

der errechneten Dreiecksseiten Dreieck an Dreieck durch Konstruktion angeschlossen. Von diesem Dreiecksnetz müssen die geographischen Koordinaten des Anfangs- und Endpunktes sowie die Azimute der Ausgangs- und der Schlußseite bekannt sein. Diese letzteren Größen dienen als Unterlage für das Kartennetz, das nach erfolgter Dreiecks-konstruktion über das Dreiecksnetz gelegt wird.

Die Konstruktionsmethode hat den Vorteil, daß viel Rechenarbeit gespart wird. Die Berechnung von Dreiecken und geographischen Koordinaten erübrigt sich. Sie darf aber nur zur Anwendung kommen, wenn ein durchaus geschickter, zuverlässiger Zeichner zur Verfügung steht. Nur wenn die Zeichnung mit peinlichster Sorgfalt ausgeführt wird, können brauchbare Resultate erwartet werden. Der Leiter der Arbeiten muß die Konstruktionsarbeit ständig beaufsichtigen. Näheres über die Methode findet sich in den §§ 285 und 286 des Lehrbuches der Navigation; weiterhin behandelt das Vorwort zur Tafel XIII des Handbuches für Küstenvermessungen die Dreiecks-konstruktion nach der Sehnenmethode eingehend. Die Tafel selbst gibt in Abständen von 5 zu 5 Minuten bis zu 60° die zu diesen Mittelpunkts winkeln zugehörigen Sehnenlängen an, unter der Voraussetzung, daß der Radius gleich 10 sei.

Dadurch, daß man das Dreiecksnetz späterhin mit einem Kartennetz überzieht, wird dies geographisch orientiert, wodurch wiederum die Übertragung der Resultate in ein Kartennetz anderer Projektion durch Quadrieren ermöglicht ist.

Einzeichnung der Meridiane und Breitenparallelen. Zur Einzeichnung des Netzes der Meridiane und Breitenparallelen geht man am einfachsten von 2 Punkten des Konstruktionsblattes aus, deren Länge und Breite möglichst genau bekannt sind und die dabei sowohl in Länge als auch in Breite möglichst weit auseinanderliegen. Seien (siehe Fig. 3) A_1 und B_2 zwei solche Punkte von den Breiten φ_a bzw. φ_b und den Längen λ_1 bzw. λ_2 , dann berechne man ihre gegenseitigen Peilungen unter Berücksichtigung der sphäroidischen Gestalt der Erde nach den Formeln im § 51.

Die gefundenen Peilungswinkel trage man an der Geraden $A_1 B_2$ in den Punkten A_1 und B_2 an; die so erhaltenen Geraden $A_1 Q_1$ und $B_2 N_2$ sind die Bilder der Meridiane λ_1 und λ_2 . Ihr unzugänglicher Schnittpunkt heiße P. Der Winkel zwischen beiden Meridianbildern ist die Meridiankonvergenz $t = \angle P B_2 A_1 - (\angle P A_1 B_2 + 180^\circ)$, siehe § 51. In dem geographischen Netz, das eingezeichnet werden soll, sollen die Meridiane nach dem Punkt P konvergierende Geraden sein, deren Winkelabstände den Längenunterschieden proportional sind, während die Breitenparallelen Kreise mit dem Zentrum P werden sollen, deren Abstände den Breitenunterschieden proportional sind. Es entsteht mithin die Aufgabe,

der Kleinheit der Winkel wohl immer das Verhältnis $\frac{\lambda_3 - \lambda_0}{\lambda_2 - \lambda_0}$ treten kann. Die Verbindungsgerade der Teilpunkte G_3 und F_3 ist der gesuchte Vollmeridian λ_3 . Die Breitereinteilung auf den Meridianstrecken $A_1 B_1$ und $A_2 B_2$ erfolgt homogen proportional zu den Breiten-differenzen, indem z. B. der Punkt E_1 von der ganzzahligen Breite φ_e vom Punkte A_1 um die Strecke $A_1 B_1 \cdot \frac{\varphi_e - \varphi_a}{\varphi_b - \varphi_a}$ entfernt abgesetzt wird. Ebenso teilt E_2 die Strecke $A_2 B_2$. Den Schnittpunkt des um P als Zentrum zu ziehenden Breitenkreises durch E_1 und E_2 mit einem Vollmeridian, z. B. λ_3 , findet man nach dem Satze: Der Sehnen-Tangentwinkel ist halb so groß wie der Zentriwinkel über dem gleichen Bogen. D. h. man teilt die Strecke $E_2 R$, wo $E_1 R = E_1 E_2$ und $\sphericalangle E_2 E_1 R = \frac{t}{2}$ ist, im Punkt S in demselben Verhältnis, wie der Punkt G_3 die Strecke $B_2 B_1$ teilt. Dann schneidet die Gerade $E_1 S$ den Meridian λ_3 im Punkte E_3 , der auf dem Kreis durch E_1 und E_2 um P liegt. Die übrigen Breitenkreisteilpunkte auf dem Meridian λ_3 erhält man durch Antragen derselben Skala von E_3 aus, wie sie auf Meridian λ_2 von E_2 ausgeht.

Theoretische Betrachtungen. Vom Standpunkt der Kartenprojektionslehre ist unser Netz als eine wahre Kegelprojektion auf einen der Erde koaxialen Kegel aufzufassen, bei der sowohl der der Einheit der Länge entsprechende Winkel als auch die der Einheit der Breite entsprechende Strecke von der Wahl der beiden Grundpunkte A_1 und B_2 abhängt. Das Netz wird je nach der Wahl dieses Punktpaares etwas verschieden ausfallen und für dasselbe kleine Gebiet im allgemeinen um so besser sein, je mehr sich A_1 und B_2 sowohl in Breite als in Länge voneinander unterscheiden. Es ist theoretisch nicht gerechtfertigt, ein solches Netz als wesentlich mit der gnomonischen Projektion übereinstimmend zu bezeichnen, wie es im Hydrographical Surveying von Sir W. J. L. Wharton, London 1898, in dem dieselbe Methode behandelt wird, geschieht. In der gnomonischen Horizontalprojektion sind die Bilder der Breitenparallelen nicht Kreise wie hier, und die Winkel zwischen äquidistanten Meridianen sind nicht gleich wie hier, sondern nehmen vom Mittelmeridian nach den Kartenrändern hin zu. Auch ist die Gerade $A_1 B_2$, die uns zur Anlage des Netzes diente, in dem fertig konstruierten Netz nicht mehr genau das Bild des größten Kugelkreises zwischen den Punkten $A_1 B_2$, wie es in der gnomonischen Karte sein müßte. Praktisch sind allerdings, solange es sich um die Darstellung kleiner Gebiete handelt, die Abweichungen

sowohl zwischen unsrer Kegelprojektion und der gnomonischen, als auch zwischen diesen beiden Projektionen und der Kugel so klein, daß sie in die Papierfehler fallen. Die Untersuchung zeigt aber, daß die Fehler der beiden Projektionsarten gegen die Kugel größtenteils entgegengesetzten Sinn haben. Zur Orientierung diene die folgende Fehlertabelle, die sich auf die Abbildungen eines Vierecks zwischen den Meridianen $\lambda_1 = 10^\circ$, $\lambda_2 = 16^\circ$ und den Parallelen $\varphi_a = 55^\circ$ und $\varphi_b = 58^\circ$ bezieht, wenn der Kugelradius $= \frac{400\,000}{2\pi}$ mm gesetzt wird.

Das Viereck sei einmal nach der oben beschriebenen Kegelprojektion, das andere Mal nach gnomonischer Projektion abgeleitet. Der Schnittpunkt des größten Kreises in dieser Projektion zwischen A_1 ($\lambda_1 = 10^\circ$; $\varphi_a = 55^\circ$) und B_2 ($\lambda_2 = 16^\circ$; $\varphi_b = 58^\circ$) mit dem Mittelmeridian $\lambda_0 = 13^\circ$ sei M_0 . Der größte Kreis sei im Maßstabe 1 : 99 949 dargestellt. Dieser gibt dem gnomonischen Bild $A_1 B_2$ dieselbe Länge wie dem größten Kreisbogen $A_1 B_2$ auf der Kugel. Das Bild dieses größten Kreisbogens in unsrer Kegelprojektion ist durch die punktierte Linie angedeutet; sein Schnittpunkt mit dem Mittelmeridian sei T_0 .

	Absolute Werte auf der Kugel	Abweichungen der Kegel- projektion von der Kugel	Abweichungen der gnomonischen Karte von der Kugel
Kürzeste Entfernung $A_1 B_2$	4961.61 mm		
„ „ „ $A_1 M_0$	2579.01 „	− 0.06 mm	+ 0.10 mm
„ „ „ $M_0 B_2$	2382.59 „	+ 0.06 „	− 0.10 „
Meridianstück $A_2 B_2$	3333.33 „	− 0.93 „	+ 0.90 „
Breitenkreisbogen $A_1 A_2$	3823.84 „	+ 1.74 „	?
Mittel-Meridianstück $M_0 A_0$	1772.78 „	− 0.53 „	− 0.44 „
„ „ „ $T_0 A_0$	1772.78 „	− 0.29 „	− 0.44 „
Winkel zwischen größtem Kreis $A_1 B_2$ und Meridian durch	$\left\{ \begin{array}{l} A_1 \\ B_2 \\ M_0 \text{ bzw. } T_0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 45^\circ 21' 9'' \\ 50 21 33 \\ 47 50 2 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} + 1' 16'' \\ + 1 9 \\ + 0 40 \end{array} \right.$
			$\left\{ \begin{array}{l} - 1' 26'' \\ - 1 12 \end{array} \right.$

Aus den letzten fünf Zeilen erhellt, daß in der Kegelprojektion das Bild des größten Kreises in der Tat von A_1 aus zunächst unterhalb der Geraden $A_1 B_2$ verläuft (Winkeldifferenz + 1' 16''), den Mittelmeridian in T_0 aber schon wieder oberhalb der Geraden schneidet ($T_0 A_0 > M_0 A_0$) und in B_2 den Meridian unter weniger spitzem Winkel als die Gerade $A_2 B_2$ trifft.

Da die Fehler unsrer Projektion bei einem Kartenformat von 3,8 m in Länge und 3,3 m in Breite nur $1\frac{3}{4}$ mm bzw. 1 mm betragen, bleiben sie, wenn man das Format nicht über 1,5 m in Länge und 1 m in Breite steigen läßt, bei Maßstab 1 : 100 000 etwa $\frac{3}{4}$ mm bzw. $\frac{1}{3}$ mm und sinken bei noch größerem Maßstab und gleichem

Format noch unter diese Beträge herab. Da auch die Winkelfehler eine zu vernachlässigende Größe haben, kann die Methode, soweit die Genauigkeit der Projektion in Betracht kommt, bei den in der Kaiserlichen Marine vorkommenden Arbeitskarten Verwendung finden, vorausgesetzt, daß die Grundpunkte A_1 B_2 ihrer geographischen Lage nach gut bekannt und in Länge und Breite gehörig verschieden sind.

Darstellung des Geländes. Die nötigen Anhaltspunkte für die Darstellung von Geländeindividualitäten sowohl als für die Auswahl der Farben geben die mit der Kartenausrüstung an Bord gegebenen Tafeln Tit. XIV Nr. 20 sowie die Musterblätter für Originalzeichnungen und Arbeitskarten. Jedes überflüssige Beiwerk ist, wie schon an anderer Stelle gesagt, zu vermeiden. Wenn die trigonometrischen Punkte eingetragen sind, so übertrage man zunächst, soweit schon vorhanden, die Handrisse. Sind diese in gleicher Größe wie die Arbeitskarte gehalten, so wird gepaust. Ist der Handriß im Maßstab größer wie die Arbeitskarte, so bedient man sich mit Vorteil des Storchschnabels. Der Storchschnabel gestattet schnelles und sauberes Arbeiten, verlangt aber gute Behandlung und völlige Vertrautheit seitens des Zeichners. Die jedem Instrument beigegebene Gebrauchsanweisung besagt das Nähere über seine Verwendung. Ist die Übertragung in Blei beendet, so fixiere man noch am selben Tage mit Tusche. Die Anwendung von Farben erspart das Auszeichnen vieler Einzelheiten. Größere Flächen dürfen aber, um übermäßige Zerrungsfehler zu vermeiden, nie ganz angelegt werden. Die Grenze dieser Gebiete wird vielmehr in der nach dem Musterblatt vorgeschriebenen Farbe mit der Feder ausgezogen, alsdann genügt ein leichter, ungefähr 1 cm breiter Strich, flott an der Innenkante der Linie mit dem Pinsel entlanggeführt. Dies Verfahren empfiehlt sich namentlich auch bei dem Ausziehen der Metergrenzen. Sind gleichmäßig große Flächen darzustellen, so setze man an Stelle der nach dem Musterblatt vorgeschriebenen Signatur das geschriebene Wort, z. B. »Dichter Busch«, »Baumlose Steppe mit hohem Gras«, »Leicht gewelltes Land« usw. Bei der Darstellung von Gebirgen usw. beschränkt man sich auf das Ausziehen von einzelnen angenäherten Schichtlinien; diese werden in brauner Farbe angelegt. Es kommt darauf an, die ungefähre Form der Bergzüge und möglichst für jede hervorragende Kuppe eine Höhenzahl zu geben.

Lotungslinien werden leicht in Blei vorgezogen. Am Anfang und Ende jeder fertig geloteten Linie muß Tag und Uhrzeit in rot vermerkt werden, damit später bei der Prüfung jeder Punkt ohne langes Suchen zu finden ist (siehe Fig. 4). Die beschickten Tiefenzahlen sind mit Tusche in die Arbeitskarten einzutragen. Zahlenmuster siehe Fig. 5. Auf größte Deutlichkeit der Zahlen lege man besonderen Wert.

Tiefenlinien werden zuerst in Blei skizziert. Bei mehreren gleichen Zahlen geht die Linie stets durch die äußerst gelegene. Zum Ausziehen benutze man die Reißfeder und unverwaschbare blaue Auszieh-

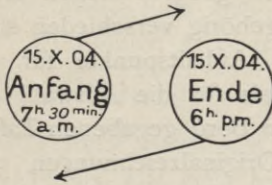


Fig. 4.

Tiefenzahlen

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 - 7₅ - 12₅ - 35 -

Höhenzahlen

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 - 0₅ - 2₅ - 145 -

Fig. 5.

tusche. Bei der Schrift lege man besonderen Wert auf die deutliche Lesbarkeit.

Flott geschriebene Blockschrift macht wenig Mühe und wirkt ganz gut. Enges Anlehnen an die Seekartenschrift ist nicht erforderlich, die Fertigstellung der Karte darf nicht durch das Ausmalen der Buchstaben verzögert werden. Das ist ganz besonders für den Titel maß-

A B C D E F G H J K L M N O
 P Q R S T U V W X Y Z
 a b c d e f g h i k l m n o p q r s t u v w x y z

Fig. 6.

gebend; die kalligraphische Ausschmückung des Titels ist unzulässig. Die nötigen Angaben, als:

Name des Vermessungsgebiets (kurz ausgedrückt), Zeit und Dauer der Aufnahme, Name des Fahrzeuges und des Vermessungsleiters, Grundlagen für das Kartennetz, Maßstab, Bemerkungen über den Pegel und die Lage des Kartenniveaus, Aufführung der in Frage kommenden Lotungs- und Pegelnotizbücher usw.

setze man in lateinischer Schrift an geeignete Stelle. Ebenso vermerke man, falls Material anderer Behörden bei Herstellung der Karte mitbenutzt wurde.

Abschnitt XIII.

Aufstellen von Segelanweisungen. Namengebung und -Schreibung. Photographische Aufnahmen. Vertonungen.

§ 96. Aufstellen von Segelanweisungen.

Segelanweisungen dienen zur Ergänzung und Erläuterung der Seekarten. Der Seefahrer soll darin das finden, was aus der Karte nicht unmittelbar zu ersehen, aber für das Befahren und den Aufenthalt in dem betreffenden Gebiet zu wissen wünschenswert ist.

Übersichtlichkeit in der Anordnung des Stoffes, Klarheit des Ausdrucks, knappe Form und doch Erschöpfung des Gegenstandes müssen gefordert werden.

Anordnung des Stoffes: Man wird gut tun, bei der Niederschrift von Segelanweisungen unter den an Bord befindlichen, vom Reichs-Marine-Amt herausgegebenen Segelhandbüchern außerheimischer Gewässer ein solches als Vorbild zu benutzen, das möglichst neuesten Datums ist und in dem von einer Küstenbildung die Rede ist, die der zu beschreibenden möglichst ähnelt.

Alle Kurse und Peilungen sind in Übereinstimmung mit dem Gebrauch der Segelhandbücher und der »Nachrichten für Seefahrer« rechtweisend in Graden von 0° bis 360° zu geben. Dahinter ist in Klammern die mißweisende Richtung in Strichen zu setzen. **Wind- und Stromrichtungen sind rechtweisend in Strichen zu geben.** Auf jeden Fall muß zu Beginn der Niederschrift gesagt werden, wie diese Angaben zu verstehen sind. Es empfiehlt sich ferner, um jegliches Mißverständnis auszuschließen, bei jeder Kurs- oder Peilungsrichtung den Zusatz rw. oder mw. zu machen, also z. B. zu schreiben rw. 337° (mw. N $\frac{3}{4}$ W).

Im übrigen möge die folgende schematische Disposition als Anhalt dienen:

A. Allgemeine Angaben, die für die gesamte beschriebene Küstenstrecke Gültigkeit haben. Betonungssystem. Lotsenwesen, Lotsensignale. Rettungswesen, Notsignale. Signalstellen, Sonder-signale (Wasserstand-, Eis-, meteorologische Signale). Hafenordnung, Hafenabgaben. Zoll- und Quarantänebehandlung.

Münzen, Maß, Gewicht. Verhalten der Bewohner. Wind und Wetter. Magnetische Elemente. Gezeiten. Strömungen. Allgemeine Anweisungen für die Schiffsführung.

B. Küsten- und Hafenschreibung. In diesem Abschnitt teilt man die Küstenstrecke nach ihrer natürlichen Gliederung in Unterabschnitte ein. Jeder dieser Unterabschnitte (die indessen nicht zu klein gewählt werden dürfen) erhält wieder folgende Unterteilung:

I. Allgemeines über das in dem Unterabschnitt behandelte Gebiet, soweit es nicht unter A oder in den folgenden beiden Abschnitten gesagt ist.

II. Küstenbeschreibung: Indem man an der Küste sozusagen entlang fährt, und zwar in der Richtung, die für denjenigen in Betracht kommt, der die betreffende Küste zum ersten Male befährt, sind ihre einzelnen Teile (Bucht, Flußmündung, vorgelagerte Inseln, Riffgebiet, wichtige Haken usw.) insoweit zu beschreiben, als es zur Ergänzung der Karte nötig ist.

Hierzu gehört: Allgemeiner Anblick des Landes von See aus, auffallende Bergspitzen, weithin auffallende Eigenart des Pflanzenwuchses (event. Hinweis auf Photographie oder Vertonung). Beschreibung einzelner Landmarken. Anführung von Leitmarken, um Klippen und Bänke zu vermeiden. Riff- und untiefenverdächtige Gebiete und solche mit veränderlichen Tiefen. Beschreibung (Skizze) der Seezeichen mit ungefährender Angabe ihrer Lage. Örtliche Gezeiten- und andere Strömungen. Einflüsse, die die Strömungen zur Abweichung von mittleren Verhältnissen bringen. Örtliche Winde und Nebel. Anker- und Zufluchtsplätze zu Wassertiefe. Landungsstellen, Plätze, an denen Wasser genommen werden kann. Ortschaften.

III. Hafenschreibung wird in die Küstenbeschreibung eingefügt dort, wo sie der Lage des Hafens nach hingehört. Folgende Aufstellung möge als Anhalt dienen:

Überschrift: Name des Hafens. Kurze allgemeine Angaben über Lage, Bedeutung, Größenmaße des Hafens. Angabe der geographischen Breite und Länge eines scharf bestimmten und leicht wiederzufindenden Punktes (Obs. Pfeiler, Zeitball, Leuchtturm).

Ansteuerung des Hafens: Aussehen des Landes bei der Annäherung von See her (Photographie oder Vertonung), Landmarken, Leuchtfeuer, Seezeichen und Leitmarken für die Ansteuerung, Winke für das Auslaufen nach See.

Lotsen, Lotsensignale. Lloydssignalstellen.

Leuchtfeuer, Nebelsignale, Sturmsignale.

Schleppdampfer. Rettungswesen. Sonderbestimmungen über Quarantäne (Gesundheitspaß, Quarantäneplatz), Zollbehandlung, Schiffspapiere.

Äußerer Hafen, Reede, Hafeneinfahrt: Ankerplätze.

Gezeiten (Hafenzeit, Tidenhub, möglichst bei Spring- und Nipzeit, Gezeitenströmungen, Gezeiten- und Wasserstandssignale).

Barre. Lage, Wassertiefe, Betonung. Anweisung für das Kreuzen der Barre.

Einsteuerung in den inneren Hafen: Landmarken, Leitmarken, Seezeichen. Untiefen. Verschiedene Fahrstraßen.

Innerer Hafen: Beschreibung der ganzen Anlage: Wellenbrecher, Wassertiefen, Liegeplätze, Festmachebojen, Kaiflächen, Landungsbrücken, Lösch- und Ladeeinrichtungen. Größtes Schiff, das den Hafen benutzte. Hafenfeuer. Hafenordnung. Hafensignale. Feuerwehr. Dockanlagen (Abmessungen und Vorschriften). Schiffswerften. Maschinenbau- und Ausbesserungswerkstätten.

Hafen-Erweiterungsbauten und -Pläne, Baggararbeiten.

Hafenstadt: Politische Zugehörigkeit. Einwohnerzahl. Bauart. Besondere Gebäude. Handelsbedeutung. Industrie. Wichtige Gebräuche der Einwohner, Umgangssprache. Handelsverkehr. Seefischerei. Dampferlinien. Bahnlinien. Telegraphenkabel. Wasserwege ins Hinterland. Post. Schiffsausrüstung (Vorräte und Preise): Kohlen, Trink- und Kesselwasser. Lebensmittel. Andere Ausrüstungsgegenstände. Auskunft für den Schiffsverkehr: Deutsches Konsulat, Agent des Germanischen Lloyd, Hafenamt, Lotsenamt, Zollamt (Zollbehandlung), Hafenpolizeiamt, Krankenhäuser, Seemannsheim. Zeitball. Seekartenhandlung, Instrumentenprüfung.

Es sei nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, daß nur das Notwendige, und dies in knapper Fassung gegeben werden soll. Nicht unbedingt zuverlässige Angaben sind ausdrücklich als unsicher zu bezeichnen.

Für jedes Vermessungsgebiet ist an Bord ein besonderes Heft »Segelanweisungen« anzulegen, in dem alles diesbezügliche Material gesammelt wird.

Ergänzung vorhandener Segelanweisungen. Für die Ergänzung vorhandener (deutscher oder ausländischer) Segelanweisungen sind die diesbezüglichen Fragebogen des Reichs-Marine-Amtes zu benutzen, wenn nicht die Lückenhaftigkeit des vorliegenden Materials eine vollständige Neuaufstellung nötig macht, die sich auch dann empfiehlt, wenn es sich um sehr beträchtliche Änderungen der bisherigen Anweisungen handelt.

§ 97. Grundsätze für die Namengebung, Namenübersetzung, Schreib- und Sprechweise der geographischen Namen in den deutschen Schutzgebieten.

Diese Grundsätze haben die Genehmigung des Herrn Reichskanzlers gefunden.

1. Namengebung.

Die einheimischen Namen sind mit der größten Sorgfalt festzustellen und beizubehalten.

Wo einheimische Namen nicht existieren oder noch nicht mit Sicherheit ermittelt sind, sind bis auf weiteres die von den ersten Entdeckern gegebenen Namen anzunehmen. Für Punkte, für welche keine solche Namen vorhanden sind, Namen aber erforderlich scheinen, sind in erster Linie Bezeichnungen zu wählen, aus denen auf die Beschaffenheit, Lage usw. des betreffenden Punktes geschlossen werden kann.

Die willkürliche Änderung historischer, längst vorhandener, allgemein bekannter und in der Wissenschaft anerkannter Namen ist zu vermeiden.

Neu gebildete Namen sind, soweit sie nicht durch Kaiserliche Verordnung genehmigt sind, durch solche Namen zu ersetzen, welche den vorstehenden Grundsätzen entsprechen.

2. Namenübersetzung.

Eine Namenübersetzung soll nicht stattfinden, vielmehr sollen die Namen so in die Karten aufgenommen werden, wie sie in dem betreffenden Lande üblich sind. Da, wo es für den Seefahrer oder Reisenden von Wichtigkeit ist, die Bedeutung der Namen zu kennen, ist die Übersetzung in anderer Schrift daneben oder darunter zu setzen, z. B. Mukala-tanda (*Weißer Stämme*). Für sich mehrfach wiederholende Bezeichnungen sind Übersetzungstäfelchen in den Karten anzubringen.

Eine Ausnahme ist nur zu machen, d. h., die Übersetzung soll stattfinden:

- a) wenn es sich um allgemeine Bezeichnungen handelt, z. B. »Großer Hafen«, »Kleiner Handelshafen«, »Große Bucht« usw.;
- b) bei allen Plätzen und Punkten, für die kein einheimischer Name festgestellt werden kann, die aber eine fremdsprachliche Bezeichnung erhalten haben, z. B. »Open Bay« wird übersetzt in »Offene Bucht«. Andere Übersetzungen wie die vorgenannten sind unzulässig.

3. Schreib- und Sprechweise.

Für die Schreib- und Sprechweise der geographischen Namen in den deutschen Schutzgebieten gelten folgende Regeln:

Die Schrift hat den Wortlaut so genau wiederzugeben, wie dies mit deutschen Schriftzeichen möglich ist.

Selbstlauter (Vokale) und Doppellauter (Diphthonge) werden so geschrieben, wie sie in der deutschen Sprache klingen. Für äü, eu, oi und oy wird nur eu, für ai, ei, ay und ey nur ei gesetzt. Die Reihe der Selbstlauter und Doppellauter ist danach folgende; a, e, i, o, u, ä, ö, ü, eu, ei, au. Besondere Dehnung eines Doppellauters wird nicht durch Verdoppelung desselben oder durch Zufügen von h oder wie bei i durch Zufügen von e ausgedrückt, sondern durch einen Dehnungsstrich (Agóme). Besondere Kürze wird nicht durch Verdoppelung des folgenden Konsonanten, sondern durch das Kürzezeichen kenntlich gemacht (Sébe, Mohōro).

Auf der Karte müssen Akut (zur Bezeichnung der betonten Silbe), Länge- und Kürzezeichen der Selbstlauter vorerst so lange angewendet werden (Agóme), bis die richtige Aussprache der wichtigeren einheimischen Namen allgemein bekannt ist (Duala). Werden Doppellauter getrennt ausgesprochen, so wird einer derselben mit einem Trema bezeichnet (Láwië).

Für die Mitlauter (Konsonanten) gelten folgende Regeln:

Es werden gebraucht: b, ch (als Gutturallaut; Churutábis, Hoáchanas), d, f, g, h, j, k, l, m, n, p, r, sch (dsch: Dschága, tsch: Kóntscha), t, w, x. Für qu ist kw zu setzen (Rúkwa, Kwei). Für z ist ts zu schreiben (Tsónu, Hátsamas); z für den weichen s-Laut und c für ts zu setzen, ist unstatthaft. Der weiche s-Laut wird durch s, der scharfe s-Laut durch ss bezeichnet (Símba, Masínde, Ssongéa, Mássássi).

Als entbehrlich werden danach folgende Schriftzeichen ausgeschieden: c, ck, ph (sofern es wie f gesprochen wird), q, v, y, z.

Bestehen Namen aus mehreren Wörtern, so sind diese getrennt und mit Bindestrichen zu schreiben (Agóme-Pálime, Kibambáwe-kwa-Kungulío, Groß-Batanga, Neu-Pommern, Lüderitz-Bucht, Kamerun-Berg). Eine Ausnahme bildet die amtlich festgesetzte Schreibweise der Wörter Daressalam, Kilimandscharo, Kilimatinde.

Tragen Ansiedelungen aus zwei Wörtern zusammengesetzte Namen, welche der deutschen Sprache entnommen sind, so sind diese in einem Wort zu schreiben (Bismarckburg, Wilhelmsfeste, Herbertshöhe, Lüderitzbucht als Ansiedlung). Dagegen als Bucht (Wasserfläche) Lüderitz-Bucht (siehe oben).

Bestehen solche Ansiedlungsamen aus drei Wörtern, so sind die beiden letzten regelmäßig zu einem Wort zusammenzuziehen und mit dem ersten durch einen Strich zu verbinden (Johann-Albrechtshöhe, Friedrich-Wilhelmshafen, dagegen Friedrich-Wilhelms-Hafen, wenn es sich um die Bucht als solche, nicht als Ansiedlung handelt). Außerdem sind dementsprechend noch folgende Namen zu schreiben:

Deutsch-Ostafrika, Deutsch-Südwestafrika, Deutsch-Neuguinea, Kaiser-Wilhelmsland.

Eine Änderung der Namengebung im Kiautschou-Gebiet hat nicht stattzufinden, weil die für dieses Schutzgebiet festgesetzten Namen infolge von Landverkäufen, Prozessen usw. bereits in Urkunden aufgenommen sind.

Die Feststellung der einheimischen Namen, die Ausscheidung unrichtiger oder willkürlicher Namen und die Entscheidung bei fraglichen Namen (besonders, wenn mehrere Namen für einen Ort in Gebrauch) ist Sache der kolonialen Verwaltungen in den Schutzgebieten bzw. der Kolonialabteilung des Auswärtigen Amts (ausgenommen für das Kiautschou-Gebiet).

Zur Prüfung und endgültigen Feststellung der Namen ist eine ständige Kommission von drei Sachverständigen (zwei Mitglieder aus dem Kolonialamt, ein Mitglied aus dem Reichs-Marine-Amt) eingesetzt. Von dieser Kommission wird ein Verzeichnis der festgestellten Namen aufgestellt, welches allmählich ausgedehnt und ergänzt wird.

§ 98. Photographische Aufnahmen.

Photographische Aufnahmen von Küstenstrecken, Hafeneinfahrten, einzelnen Seezeichen u. dgl. sind für die Bearbeitung der Seekarten und der Segelhandbücher von sehr großem Werte. Sie dienen als Unterlage für die Zeichnungen von Ansichten, die in den genannten Werken Aufnahme finden. Außerdem kann der Kartograph im Reichs-Marine-Amt durch diese Photographien einen Anhalt für die Darstellung des von See aus sichtbaren Landes gewinnen.

Die hier zu besprechenden Aufnahmen sollen lediglich als Hilfsmittel für die Schifffahrt dienen. Dem Schiffsführer kommen z. B. Ansichten zu statten, wenn er sich einer Küste nähert oder wenn er in einen Hafen einläuft. Beim Auslaufen aus dem Hafen, beim Dampfen dicht unter der Küste und beim Fahren in einem betonnten Fahrwasser wird er dagegen bei der Navigierung Hilfsmittel, wie sie photographische Aufnahmen und Vertonungen darstellen, entbehren können.

Photographische Ausrüstung. Zur Ausrüstung der Vermessungsschiffe gehört die Schiffskamera, Plattengröße 12.5×40 cm. Die »Anleitung zu photographischen Aufnahmen mit der Schiffskamera« befindet sich ebenfalls an Bord.

Ausführung der Aufnahmen. Diese Anleitung sowohl, wie das »Handbuch der Photographie« von Dr. Vogel geben über alle Punkte, die bei den Aufnahmen sowohl wie bei der Auswertung der Platten zu berücksichtigen sind, genügende Aufklärung. Nachstehendes ist daneben zu berücksichtigen: Der Ort der Aufnahme ist genau zu bestimmen. Danach wird Peilung und Abstand einer auf dem Bild dargestellten Landmarke ermittelt. Das Verzeichnis der photographischen

Aufnahmen ist nach folgendem Schema zu führen und unmittelbar vor bzw. nach jeder Aufnahme auszufüllen.

Verzeichnis der Aufnahmen.

S. M. S. Gebiet:
 Aufnahmen mit dem photographischen Apparat M Modell

Laufende Nummer.	Jahr, Monat, Tag.	Uhr- zeit. Vorm. oder Nachm.	Be- leuchtung, Sichtigkeit der Objekte.	Bewöl- kung.	Blende Nr. bzw. Blendenstellung.	Kassette Nr.	Benennung des Bildes. Sämtliche zur Orts- bestimmung gemachten Beobachtungen. Peilung und Abstand vom Hauptobjekt.	Bemerkungen: Wind und Wetter, Seegang. Stellung der Sonne.
I.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.

Es empfiehlt sich fernerhin, bei jeder Aufnahme nach dem beim Einstellen auf der Mattscheibe erscheinenden Bilde eine rohe Skizze anzufertigen, diese mit der Nummer des Journals zu versehen und alle Namen der hervorspringenden Punkte darin einzutragen. Diese Skizzen werden mit einer Abschrift des Journals den Platten beigelegt.

Die Journalnummer wird auf den Platten in der rechten oberen Ecke, und zwar auf der Schichtseite, eingekratzt.

Auf den Abzügen sind die wichtigsten Landmarken zu bezeichnen und auf der Rückseite deren Namen anzugeben.

Während der Aufnahme ist zu loten. In der Arbeitskarte wird der Ort der Aufnahme durch einen Kreis bezeichnet, neben den geschrieben wird »Photogr. Nr. . . .« (die Nummer nach dem Aufnahmeverzeichnis). Ein Pfeil in Richtung auf die Mitte der betreffenden Aufnahme wird weitere Klarheit geben.

§ 99. Vertonungen.

§ 99. Vertonungen, d. h. Zeichnungen des Küstenbildes von See aus, sollen denselben Zwecken dienen wie die photographischen Aufnahmen. Diesen wird man im allgemeinen wegen des geringeren Zeitaufwandes und wegen der größeren Treue ihrer Bilder vor den

Vertonungen den Vorzug geben. Wenn eine photographische Aufnahme infolge von Beleuchtung, Witterung oder anderen Verhältnissen nicht gemacht werden kann und in solchen Fällen, wo wichtige Objekte durch einen vergrößerten Höhenmaßstab besonders hervorgehoben werden sollen, wird man sich mit Vorteil der Vertonung bedienen.

Anfertigung von Vertonungen. Man verwendet die an Bord vorhandenen Vertonungsblöcke, die Blätter von millimetrisch quadriertem Papier in zweckentsprechender Größe enthalten.

Nachdem unter Benutzung eines Winkelinstruments die Winkelausdehnung des ganzen zu zeichnenden Stückes in Länge und Höhe ermittelt worden ist, trifft man zunächst die Entscheidung, in welchem Maßstab man die Zeichnung ausführen will. Man setzt hierbei einen Grad gleich einer gewissen Anzahl Millimeter ($1^\circ = 6 \text{ mm}$ ist ein bequemes Verhältnis), wobei es meist zweckmäßig sein wird, für die Höhen einen größeren Maßstab anzuwenden, etwa bis zum Doppelten des Horizontalmaßstabes.

Man mißt dann die Horizontalwinkel zwischen den wichtigeren Punkten, ebenso die Höhenwinkel. Danach wird die Zeichnung ausgeführt, bei der die Umrisse des Landes die Hauptsache sind. Unwesentliche Einzelheiten müssen fortgelassen werden. Die Vertonung braucht keine schöne Zeichnung zu sein. Erforderlich ist nur Naturtreue, wobei jedoch ein besonderes Hervorheben von Landmarken, die für die Seefahrt von Wichtigkeit sind, nicht nur zulässig, sondern oft geboten erscheint.

Es ist klar, daß das Schiff stillliegen muß, weil sonst während des Zeichnens wesentliche Änderungen im Anblick des Landes eintreten, was eine naturtreue Wiedergabe der Ansicht unmöglich machen würde. Außerdem ist eine Ortsbestimmung zu machen und zu loten.

In die Vertonung sind die gemessenen Horizontal- und Höhenwinkel sowie die Namen der wichtigsten Objekte einzuschreiben. Ferner sind unter der Vertonung anzugeben die Peilung und Entfernung eines in der Vertonung wiedergegebenen Objekts, die Beobachtungen zur Ortsbestimmung, der Horizontalmaßstab, der Höhenmaßstab sowie der Name des aufnehmenden Schiffes und das Datum.

Auf der Arbeitskarte wird der Ort der Aufnahme durch einen Kreis bezeichnet, von dem aus ein Pfeil auf die Mitte der Vertonung hinzeigt. Neben den Kreis schreibt man »Vertonung N« (fortlaufender Buchstabe, der der Vertonung als Bezeichnung gegeben worden ist).

Abschnitt XIV.

Anleitung zur Beobachtung der erdmagnetischen Elemente mit dem Bambergischen Reisetheodolit.

Deklinations-, Inklinations- und Intensitäts-Bestimmungen.

Eine Beschreibung nebst Abbildung des magnetischen Reisetheodolits von BAMBERG ist im Abschnitt II, § 7 enthalten.

§ 100. Vorbereitende Arbeiten.

Zeit und Ort der Konstantenbestimmung. Bevor der Theodolit zu erdmagnetischen Messungen verwendet wird, muß an einem erdmagnetischen Observatorium, das mit Variationsinstrumenten versehen ist, eine Bestimmung der Konstanten der Magnete ausgeführt werden. Diese Konstantenbestimmung ist von Zeit zu Zeit zu wiederholen, jedenfalls aber, bevor das Instrument nach Rückkehr von der Reise an den Mechaniker behufs Instandsetzung zurückgegeben wird.

Konstantenbestimmung durch Vergleich mit Normalinstrumenten. Im allgemeinen wird man sich darauf beschränken, durch Vergleichsbeobachtungen mit den Normalinstrumenten eines erdmagnetischen Instituts festzustellen, welche Korrekturen die mit dem Reisetheodolit beobachteten Werte der Deklination und Inklination erfordern, um in Übereinstimmung mit den an den Normalinstrumenten des Observatoriums beobachteten Werten gebracht zu werden.

Die für die Berechnung der Horizontal-Intensitätsmessungen notwendigen Konstanten der beiden Ablenkungsmagnete wird man am zweckmäßigsten dadurch bestimmen, daß man mit diesen Magneten mehrere Reihen von Ablenkungs- und Schwingungsbeobachtungen an einem mit Registrierinstrumenten versehenen erdmagnetischen Institute beobachtet. Den Kurven des Observatoriums entnimmt man alsdann die für den Augenblick der Beobachtungen geltenden Werte der Horizontalintensität und berechnet sich damit die Konstanten der Ablenkungsmagnete des Reiseinstruments.

Andere Methode der Konstantenbestimmung. Der Bambergische Reisetheodolit gestattet aber auch eine völlig unabhängige Ermittlung

der Konstanten der Ablenkungsmagnete. Zu dem Zwecke ist dem Instrumente ein Trägheitsring, dessen genaue Maße bekannt sein müssen, beigegeben.

Für Marinezwecke ist diese Art der Konstantenbestimmung aber zu umständlich; es wird daher von einer Darlegung dieser Methode hier abgesehen und auf das »Handbuch des Erdmagnetismus« von Lamont sowie auf die »Anleitung zur Bestimmung der erdmagnetischen Elemente« von Lösner verwiesen.

Bevor auf die Beobachtungsmethoden näher eingegangen wird, mögen hier noch einige allgemeine Bemerkungen Platz finden.

Behandlung der Magnete. Vor allen Dingen muß beachtet werden, daß die Magnete weder hinfallen noch einander oder Eisen berühren dürfen. Die Lagerung der Magnete in den Kästen soll genau der Bezeichnung entsprechen.

Untersuchung der Pinne und des Hütchens. Es ist sorgfältig darauf zu achten, daß die Pinne in einem vorzüglichen Zustande ist. Verrostete oder stumpfe Pinnen müssen durch neue ersetzt werden. Ebenso darf das Achathütchen an der inneren Seite keine Risse oder Sprünge besitzen. Der Beobachter kann sich leicht in folgender Weise von dem Zustande der Pinnen und des Hütchens überzeugen. Man legt den zu untersuchenden Magnet auf die vorher in die Höhe geschraubte Aufhebevorrichtung des Magnetgehäuses und bringt den Magnet durch vorsichtiges Herabschrauben der Arretiervorrichtung zum Schweben auf der Pinne.

Alsdann lenkt man den Magnet durch Annäherung eines eisernen, sogleich aber wieder zu entfernenden Gegenstandes ab und beobachtet die einzelnen Hin- und Hergänge des schwingenden Magnets. Sind die Pinne und das Hütchen in brauchbarem Zustande, so muß der Magnet gleichmäßig hin- und herschwingen und erst nach einer längeren Reihe von Schwingungen zur Ruhe kommen. Bewegt sich der Magnet nach der Ablenkung gar nicht oder nur ruckweise, so ist dies ein Beweis dafür, daß Pinne oder Hütchen beschädigt sind. Der Fehler der Pinne zeigt sich bei näherer Betrachtung mit der Lupe. In der Mehrzahl der Fälle wird man finden, daß die Pinne stumpf oder umgebogen ist, und zwar infolge von Unachtsamkeit beim Einlegen des Deklinationsmagnets. Viel seltener findet man eine Beschädigung des Hütchens. Um diese festzustellen, bewegt man eine spitze Nadel in der Höhlung des Hütchens hin und her. Kratzt die Nadel, so rührt dies von Sprüngen oder Rissen in der Politur des Steines her.

Länge und Sitz der Pinnen. Ferner ist darauf zu achten, daß die bei den Ablenkungsbeobachtungen verwendeten Pinnen von gleicher Länge sind, fest in ihrer Fassung sitzen und daß bei Anfertigung neuer Pinnen aus Nähnadelspitzen die Länge der alten und neuen Pinnen die

gleiche ist, da sonst durch die verschiedenen Höhen der Pinnen eine Änderung der für die Berechnung der Horizontalintensität verwendeten Konstanten eintreten würde.

Durch Zusammenbiegen des Kopfes des Pinnenträgers oder auch durch Umwicklung des unteren Teiles der Pinne Sorge man dafür, daß die Pinne so fest in ihrer Fassung sitzt, daß ein Schlottern unmöglich ist.

Zu beachten ist ferner, daß der Deklinationsmagnet und auch die kleine Magnetnadel stets genau horizontal auf der Pinne schweben. Sollte dies nicht der Fall sein, so muß das an dem Magnet befindliche Gegengewicht entsprechend verschoben werden.

Bestimmung der Temperatur-Koeffizienten der Ablenkungsmagnete.

Für die Messungen der Horizontalintensität ist es notwendig, die Temperatur-Koeffizienten der Ablenkungsmagnete zu kennen. Um diese Größen zu bestimmen, setzt man die kleine Magnetnadel auf die Pinne und bringt in passender Entfernung auf der Ablenkungsschiene ein Glasgefäß an, das den zu untersuchenden Magnet aufnimmt. Zunächst wird der Stand der kleinen Nadel am Horizontalkreise abgelesen, dann der Ablenkungsmagnet in das Gefäß so eingelegt, daß er parallel zur Ablenkungsschiene liegt. Die durch den Magnet verursachte Ablenkung der Nadel wird bestimmt, und darauf wird abwechselnd warmes und kaltes Wasser in das Gefäß gegossen und jedesmal die Stellung der Nadel am Horizontalkreise abgelesen. Aus der Änderung der Größe des Ablenkungswinkels mit der Temperatur des Ablenkungsmagnets läßt sich dann der Temperaturkoeffizient des Magnets berechnen. Es genügt für die meisten Fälle, die Temperaturkoeffizienten für Temperaturen zwischen 0° und 40° zu ermitteln.

Wahl des Beobachtungsplatzes. Hat man an einem Orte erdmagnetische Beobachtungen auszuführen, so muß man zunächst festzustellen suchen, ob nicht schon früher an demselben Orte derartige Messungen gemacht worden sind. Ist dies der Fall gewesen, so ist es sehr wünschenswert, genau an derselben Stelle wie früher zu beobachten, um damit Material über die jährliche Änderung der erdmagnetischen Elemente zu gewinnen.

Es ist daher notwendig, daß man bei den erdmagnetischen Beobachtungen die Lage des Beobachtungsplatzes kurz, aber doch so beschreibt, daß jedermann mit Hilfe dieser Beschreibung die Stelle leicht wiederfinden kann.

Bei der Auswahl des Beobachtungsplatzes hat man darauf zu achten, daß der Platz nicht in zu großer Nähe von Gebäuden oder anderen Örtlichkeiten gewählt wird, an denen Eisenmassen untergebracht sind. Steht ein trigonometrisch festgelegter, aber eisenfreier Punkt zur Verfügung, so tut man gut, an dieser Stelle zu beobachten.

Das Instrument muß durch einen — natürlich eisenfreien — Schirm gegen Bestrahlung durch die Sonne und durch ein vorgezogenes Segel gegen die Einwirkung des Windes geschützt werden.

Beobachtungszeiten. Im allgemeinen dürfte es sich empfehlen, zwischen 4 und 6 Uhr nachmittags zu beobachten, da zu dieser Zeit die täglichen Änderungen der magnetischen Elemente — abgesehen von den ganz plötzlich auftretenden magnetischen Störungen — am geringsten sind.

Chronometer. Bei den magnetischen Beobachtungen verwendet man ein Beobachtungschonometer, das nach mittlerer Zeit reguliert ist und sorgfältig vor und nach den Beobachtungen mit den Schiffschonometern verglichen wird.

Aufstellung des Instruments. Das Instrument sollte nach Möglichkeit 1 bis 2 Stunden vor dem Beginn der Beobachtungen aufgestellt werden, um einen Temperatenausgleich der einzelnen Instrumententeile herbeizuführen. Wird beabsichtigt, Horizontal-Intensitätsbeobachtungen auszuführen, so ist das Torsionsgewicht zur Beseitigung der Torsion einzuhängen.

Nach Auswahl des Beobachtungsortes und nachdem Vorkehrungen zum Schutze des Instruments gegen Sonnenstrahlung und Wind getroffen worden sind, wird das Dreibein aufgestellt und der Untersatz mit dem Horizontalkreise darauf festgeschraubt. Alsdann wird das Fernrohr eingelegt. Die beiden Ablenkungsschienen werden über die mit \cdot und $:$ bezeichneten, rechts und links am Magnetgehäuse sitzenden Zapfen (die Punkte an dem Zapfen entsprechen solchen auf den Schienen) geschoben und die Haltestifte der Schienen eingesetzt.

Es ist darauf zu achten, daß keine Vertauschung der Schienen stattfindet.

Aufsetzen des Magnetgehäuses. Das Magnetgehäuse mit den beiden Ablenkungsschienen wird so auf das Instrument gesetzt, daß sich das in die Höhe schiebbare Glasfenster auf der vom Fernrohr abgekehrten Seite des Kastens befindet. Der Instrumentenkasten wird darauf mit den zur Zeit nicht in Gebrauch befindlichen Magneten etwa 20 m vom Stativ entfernt hingestellt. Nun wird das Instrument mit Hilfe der festen Libelle genau horizontal gestellt, das Glasfenster in die Höhe geschoben und das Fernrohr auf einen nicht zu nahen, aber gut sichtbaren Gegenstand, Bake, Feuerturm, Fels Spitze oder dergleichen gerichtet.

Beseitigung der Parallaxe des Fernrohrs. Man stellt dann den Faden auf deutliches Sehen ein und richtet das Fernrohr so, daß der Faden das Objekt senkrecht durchschneidet. Durch Hin- und Herbewegen des Auges von rechts nach links wird geprüft, ob eine Verschiebung des Objekts gegen den Faden stattfindet. Wandert das Objekt aus, so muß

der Okularauszug so lange hinein- oder herausgeschoben werden, bis bei Bewegung des Auges keine Verschiebung des Objekts gegen den Faden erfolgt.

Senkrechtstellen des Fernrohrfadens. Hierauf überzeugt man sich durch Herauf- und Herunterschrauben des Fernrohrs mit der Feinschraube, ob sich das Objekt am Faden genau auf- und abbewegt. Sollte das Objekt beim Auf- und Niederschrauben des Fernrohrs nicht am Faden bleiben, sondern nach rechts oder links auswandern, so würde dies eine Neigung des Fadens gegen die Senkrechte andeuten. Man muß alsdann den Okularauszug nach Lockerung der Halteschraube so lange drehen, bis die senkrechte Stellung des Fadens erreicht ist.

Beseitigung des Zielachsenfehlers. Da bei Bestimmung des astronomischen Azimuts mit Hilfe der Sonne das Fernrohr in geneigter Lage zu verwenden ist, muß der Zielachsenfehler des Fernrohrs vorher beseitigt werden. Man ermittelt durch Einstellen eines entfernten Objektes bei beiden Lagen des Fernrohrs die Größe des Fehlers und schafft ihn durch seitliches Verschieben der Fadenplatte mit Hilfe der beiden Feinschrauben fort. Nach diesen Vorbereitungen kann mit den Beobachtungen begonnen werden.

§ 101. Die Beobachtungen.

Einstellung der Mire. Man stellt ein gut sichtbares, entferntes Objekt (Mire) an den Faden des Fernrohrs und liest den Horizontalkreis ab. Diese Einstellung wird am Schlusse der Beobachtungen wiederholt. Das Übereinstimmen der Ablesungen ist ein Zeichen dafür, daß während der Beobachtung keine Drehung des Instruments stattgefunden hat. Zeigen sich größere Differenzen in diesen Ablesungen, als sie durch Beobachtungsfehler erklärt werden könnten, so ist die ganze Beobachtungsreihe zu wiederholen.

Reihenfolge der Beobachtungen. Die Reihenfolge, in der die Beobachtungen vorgenommen werden, ist an sich gleichgültig, jedoch wird es zweckmäßig sein — namentlich wenn man den astronomischen Meridian mit Hilfe der Sonne festlegen will — mit den Intensitätsbeobachtungen zu beginnen. Die Inklinationsmessungen schließen sich am besten den Deklinationsbeobachtungen an, da man aus den Einstellungen des Deklinationsmagnets sofort die Lage des magnetischen Meridians auf dem Horizontalkreise erhält.

Wir wollen im folgenden annehmen, daß mit der Intensitätsbeobachtung begonnen und mit der Inklinationsbestimmung geschlossen wird.

§ 102. Intensitätsbestimmungen.

Ablenkungsbeobachtungen. Nachdem ein terrestrisches Objekt (Mire) mehrfach eingestellt ist und die Kreislesungen aufgeschrieben sind,

wird die kleine (rhombenförmige) Magnetnadel vorsichtig im Magnetgehäuse auf die Pinne gesetzt. Es sei noch besonders hervorgehoben, daß die Magnetnadeln niemals direkt auf die Pinne gesetzt werden dürfen, sondern stets nur mit Hilfe der Arretiervorrichtung. Diese ist daher zunächst in die Höhe zu schrauben, dann die Nadel darauf zu legen und nun sehr vorsichtig und langsam wieder herunterzulassen. Sobald die Nadel zum Schweben auf der Pinne gebracht ist, wird der Kastendeckel aufgesetzt und das vor der Mirenbeobachtung in die Höhe geschobene Fenster wieder heruntergeschoben. Um das vom Magnetspiegel gespiegelte Bild des Fernrohrfadens mit dem direkt gesehenen Faden zur Deckung zu bringen, wird zunächst das Fernrohr durch Drehung des Oberteils des Instruments in die Richtung der durch den Glasdeckel des Kastens sichtbaren Nadel gestellt und dann die Höhenlage des Fernrohrs so lange durch langsames Herauf- oder Herunterschrauben geändert, bis der Magnetspiegel im Gesichtsfelde erscheint. In vielen Fällen ist es zweckmäßig, ein Stück angefeuchtetes Seidenpapier auf das Fernrohrprisma zu legen, wodurch man eine weiße halbkreisförmige Scheibe mit schwarzem gespiegelten Faden erhält. Erblickt man den direkt gesehenen Faden und sein Spiegelbild im Fernrohr, so hat man beide durch Drehen an der Feinschraube des Horizontalkreises zur Deckung zu bringen.

Da aber vom Magneten eine große Reibung des Hütchens auf der Pinne zu überwinden ist, so tut man gut, das Instrument ein wenig zu erschüttern. Zu dem Zwecke ist dem Instrumente ein Reiber beigegeben, mit dem man vorsichtig auf der auf dem Deckel befindlichen Spitze herum reibt. Noch zweckmäßiger aber ist es, von der Benutzung des Reibers ganz abzusehen und statt dessen mit dem Fingernagel an der Klemmschraube des Horizontalkreises zu kratzen. Dies Kratzen, das nicht zu stark sein darf, wird so lange fortgesetzt, bis eine Verschiebung des gespiegelten Fadens gegen den direkt gesehenen Faden nicht mehr stattfindet.*)

*) Unterläßt man das Kratzen oder Reiben, so kann man sehr stark voneinander abweichende Ablesungen erhalten.

Zu erwähnen ist hier noch eine andere bisweilen auftretende Erscheinung, die dem Beobachter große Unannehmlichkeiten bereiten kann. Es kann nämlich vorkommen, daß das Spiegelbild des Fadens verschwommen oder doppelt erscheint, während der direkt gesehene Faden sich schwarz und scharf begrenzt abhebt. Dies rührt meist davon her, daß sich der Spiegel infolge von Temperaturveränderungen in seiner Fassung preßt und infolgedessen verzerrte Bilder liefert.

Der Übelstand läßt sich durch geringe Lockerung der Spiegelfassung beseitigen. Jedoch darf andererseits die Fassung nicht zu sehr gelockert werden, da sonst ein Schlottern des Spiegels eintreten würde, das sich beim wiederholten Umlegen des Magnets auf der Pinne durch Nichtübereinstimmen der Ablesungen für die gleiche Lage zeigen würde. —

Sobald die Einstellung der Nadel in den magnetischen Meridian erreicht ist, wird die Zeit — auf Zehntelminuten genau — notiert, der Kreis abgelesen und einer der beiden Ablenkungsmagnete mit Messingteller so auf die mit 200 bezeichnete Stelle der Ablenkungsschiene gesetzt, daß die eine Magnetspitze genau auf der Verbindungslinie 200 bis 264 liegt. Der Messingstift wird dabei in das in der Schiene befindliche Loch gesteckt, wodurch eine Verschiebung des Magnets während der Beobachtung verhindert wird. Alles unnötige Berühren des Magnets ist zu vermeiden.

Im Beobachtungsbuch notiert man die Nummer und Lage des ablenkenden Magnets zur Nadel, z. B. Magnet I im Osten der Nadel und Nordende des ablenkenden Magnets West, oder abgekürzt geschrieben: Magnet I Ost, Nordende West.

Durch den aufgelegten Magnet wird die Nadel aus dem magnetischen Meridian abgelenkt. Nach einigem Hin- und Herschwingen kommt die kleine Nadel zur Ruhe, und nun wird, wie vorher angegeben, durch abwechselndes Kratzen und Einstellen der Faden mit seinem Spiegelbilde von neuem zur Deckung gebracht. Sobald dies erreicht ist, notiert man Uhrzeit, die Ablesung am Kreise sowie die Temperatur des Ablenkungsmagneten. Diese erhält man dadurch, daß das Thermometer zu Beginn der Beobachtungen in die Ablenkungsschiene gesteckt wird. Darauf wird der Magnet, ohne ihn zu drehen, in die gleiche Entfernung auf die andere Schiene gesetzt, das Spiegelbild des Fadens mit dem Faden wieder zur Deckung gebracht. Zeit und Temperatur sowie Kreislesung werden niedergeschrieben.

Alsdann wird der ablenkende Magnet um seine Vertikalachse so gedreht, daß der Nord- und Südpol ihre Stellung auf der Schiene vertauschen. Dadurch wird die Magnetnadel nach der anderen Seite aus dem Meridian abgelenkt und ihre Stellung wie vorher durch Deckung des direkten und gespiegelten Bildes des Fadens festgestellt. Nach Ausführung dieser Einstellung und Niederschrift der Ablesungen, Uhrzeit und Temperatur wird schließlich der ablenkende Magnet wieder auf die zuerst benutzte Schiene gebracht; sein Nordende hat aber nun die entgegengesetzte Lage wie beim Beginn der Beobachtung, d. h., war anfangs das Nordende des Magnets der abgelenkten Nadel zugekehrt, so muß jetzt das Südende dieser zugewandt sein.

Kontrolle der Ablenkungsbeobachtungen. Aus den vier Kreislesungen erhält man den Ablenkungswinkel in der am Beispiel ersichtlich gemachten Weise. Nimmt man aus den vier Kreislesungen das arithmetische Mittel, so muß dieser Mittelwert mit der Kreislesung übereinstimmen, die die kleine Magnetnadel für die Meridianlage ergab. Kleine Abweichungen von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Minuten dieser beiden Werte voneinander sind zulässig, größere deuten aber Ablesefehler an; so z. B.

zeigt eine Abweichung von 2.5' an, daß wahrscheinlich bei einer der vier Kreislesungen zur Bestimmung des Ablenkungswinkels ein Ablesefehler von 10' gemacht worden ist. In solchen Fällen tut man am besten, eine Wiederholung der vier Ablenkungen vorzunehmen.

Die Bildung von Differenzen der einzelnen Ablesungen gegen die Meridianlage erleichtert das Auffinden eines vorgekommenen größeren Ablesungsfehlers.

Die Nebenrechnung ist am zweckmäßigsten sofort zu machen, da man hierdurch eine vorzügliche Kontrolle über die Richtigkeit der Ablenkungswinkel erhält.

Ausführung der Beobachtungen mit beiden Magneten aus verschiedenen Entfernungen. Nach Beendigung der Ablenkungen aus der Entfernung 200 werden dieselben Beobachtungen aus der Entfernung 264 gemacht.

Hierauf wird von neuem die Meridianstellung der kleinen Nadel beobachtet und eine zweite Reihe von Ablenkungsbeobachtungen aus beiden Entfernungen mit dem zweiten Magnet ausgeführt. Zum Schluß wird wiederum die Meridianstellung der kleinen Nadel abgelesen und wie am Anfang die Mire nochmals eingestellt, um sich zu vergewissern, daß keine Drehung des Instruments stattgefunden hat.

Schwingungsbeobachtungen. Außer Ablenkungsbeobachtungen müssen noch zur Bestimmung der Horizontalintensität die Schwingungsdauern der beiden ablenkenden Magnete bestimmt werden. Dazu wird das Magnetgehäuse entfernt und durch die hölzerne Trommel ersetzt, auf deren Glasdeckel vorher das Suspensionsrohr und Thermometer aufgeschraubt worden sind. Einer der beiden Ablenkungsmagnete, am besten derjenige, mit dem man zuletzt die Ablenkungsbeobachtungen gemacht hat, wird eingehängt und darauf der Glasdeckel in der Weise auf die Trommel gesetzt, daß der schwarze Strich im Deckel bei senkrechter Visur mit dem Nullstrich der Teilung übereinstimmt. Dieser Strich mit jenem in Deckung gehalten verhindert einen Fehler beim Beobachten der Nadeldurchgänge infolge von Parallaxe. Nachdem man nun den ganzen Oberteil mit der Trommel so lange gedreht hat, bis die Ausschläge des schwingenden Magnets nach beiden Seiten vom Nullstrich der Skala gleich sind, lenkt man den Magnet so weit ab, daß der Ausschlag höchstens 6 bis 7 Skalateile beträgt.

Vor der Ablenkung wird der Magnet im Schwingungskasten mit dem magnetischen Schraubenzieher oder auch mit Hilfe des anderen Ablenkungsmagneten durch Nähern des gleichnamigen oder ungleichnamigen Poles, sobald der schwingende Magnet einen Umkehrpunkt erreicht hat, beruhigt. Auf- und Niederschwingen oder Vorwärts- und Rückwärtspendeln beseitigt man durch Einführen des Arretierstiftes in

die Öffnung des Suspensionsrohres und vorsichtiges Berühren des Bügels, der den Magnet trägt.

Art, wie man die Schwingungsdauer eines Magnets zu beobachten hat. Das Beobachten der Schwingungsdauer geschieht in der Weise, daß man die Schläge eines nach mittlerer Zeit gehenden Chronometers zählt und die Zeit irgend eines von links her erfolgenden Durchgangs des schwingenden Magnets durch den Nullstrich der Skala auf Zehntelsekunden beobachtet. Diesen Durchgang nennt man den »Nullten Durchgang«. Bei Aufstellung des Chronometers ist darauf zu achten, daß es zum mindesten 1 m vom Apparat entfernt ist. Je weiter es absteht, desto besser ist es. Ist die Zwischenzeit zwischen den Durchgängen durch die Nullage hinreichend groß, z. B. über 5 Sekunden, so ist es für den Beobachter bequem, jeden einzelnen Durchgang zu beobachten. Meist ist aber die Zeitdauer einer Schwingung so klein, daß der Beobachter nicht genügend Zeit hat, um bis zum nächsten Durchgange die beobachteten Zahlen niederschreiben zu können. In solchem Falle empfiehlt es sich, jeden dritten oder auch fünften Durchgang des schwingenden Magnets durch die Nullage zu beobachten.

Beobachtet man jeden dritten oder auch fünften Durchgang, so erfolgen die zu beobachtenden Durchgänge abwechselnd von links und rechts. Wird jeder dritte Durchgang beobachtet, so hat man die Zeiten des 0., 3., 6., 9., 12., 15., 18., 21., 24., 27. und 30. Durchgangs aufzuschreiben. Dann wartet man, bis der 100. Durchgang eintritt, und es sind nun die Zeiten des 100., 103., 106., 109., 112., 115., 118., 121., 124., 127. und 130. Durchgangs zu notieren.

Je zwei Reihen von Durchgangsbeobachtungen, die je 100 Schwingungen auseinander liegen, nennt man einen Satz von Schwingungsbeobachtungen.

Der Zeitunterschied zwischen dem 100. und 0., dem 103. und 3. Durchgang usw. entspricht der Dauer von 100 Schwingungen. Mittelt man diese Zeitunterschiede und teilt das Mittel durch 100, so erhält man die Dauer einer Schwingung. Beobachtet man mehrere Sätze und Schwingungsbeobachtungen hintereinander, so wird man finden, daß die daraus hergeleiteten Werte der Dauer einer Schwingung nicht gleich ausfallen, sondern von der Größe des Schwingungsbogens abhängig sind. Man muß daher die Schwingungsdauern auf solche reduzieren, die sich bei unendlich kleinen Schwingungsbogen ergeben hätten. Zu dem Zweck wird der Ausschlag des schwingenden Magnets nach beiden Seiten beim Eintritt der 60. Schwingung abgelesen.

Die Zeit des Eintritts der 60. Schwingung erhält man dadurch, daß man die Zeit der nullten Schwingung von der 30. Schwingung abzieht und diesen Zeitunterschied zur Zeit der 30. Schwingung hinzulegt.

Nach Notierung des Ausschlags des Magnets zur Zeit der 60. Schwingung wird die Temperatur am Thermometer der Trommel abgelesen.

Um ferner den Eintritt der 100. Schwingung vorher zu wissen, rechnet man sich aus der Zeitdifferenz zwischen 0. und 30. Schwingung die Dauer einer Schwingung aus. Durch Multiplikation mit 100 ergibt sich hieraus die Dauer von 100 Schwingungen. Legt man diese Zahl zur Zeit der nullten Schwingung hinzu, so erhält man damit die Zeit des Eintritts der 100. Schwingung.

Man begnügt sich nun nicht mit der Beobachtung nur eines solchen Satzes von je 100 Schwingungen, sondern stellt in der Regel zwei voneinander unabhängige Beobachtungssätze für jeden Magnet an.

Zu erwähnen ist noch, daß der Suspensionsfaden, der bei den Schwingungsbeobachtungen den abgelenkten Magnet trägt, möglichst dünn gewählt wird und ohne Torsion sein muß. Man muß daher beim Einziehen eines neuen Fadens aus dem dem Instrumente mitgegebenen Vorrate an Kokonfäden durch Abspalten von Fäden einen Faden von solcher Feinheit herstellen, daß er gerade genügt, um den Magnet mit Messingteller zu tragen.

Einige Zeit, bevor man mit den Schwingungsbeobachtungen beginnt, hängt man den messingenen Torsionsstab ein und läßt den Faden so lange austordieren, bis die Torsion des Fadens annähernd aufgehoben ist. Will man möglichst sorgfältig beobachten, so bestimmt man jedesmal die Torsion des Fadens dadurch, daß man nach Schluß der Schwingungsbeobachtungen den Stand des Magnets an der Skala abliest, darauf den Kopf des Suspensionsrohrs um 360° nach rechts herumdreht und den Stand des Magnets an der Skala der hölzernen Trommel abliest, alsdann den Kopf zurück um 360° dreht und von neuem abliest. Nun wird der Kopf nach links herum um 360° gedreht und die Magnetstellung abgelesen, und zum Schluß wird wieder auf die Nullstellung zurückgedreht und nochmals die Stellung des Magnets bestimmt.

Aus den Ablenkungs- und Schwingungsbeobachtungen läßt sich dann, wie an dem beigegebenen Beispiele gezeigt wird, die Horizontalintensität berechnen.

§ 103. Deklinationsbeobachtungen.

Das zweite mit Hilfe des magnetischen Reisetheodolits zu bestimmende Element ist die magnetische Deklination oder Mißweisung. Unter Mißweisung versteht man den Winkel, den die astronomische Nordsüdrichtung mit der erdmagnetischen Nordsüdrichtung bildet.

Die Aufgabe des Beobachters ist es, die Lage dieser beiden Linien auf dem Horizontalkreise des Instruments zu bestimmen. Die Beobachtung besteht daher aus zwei Teilen:

Bestimmung der Lage der magnetischen Nord-Südlinie und Bestimmung der Lage der astronomischen Nord-Südlinie.

1. Bestimmung der Lage des magnetischen Meridians.

Man setzt das Magnetgehäuse auf das vorher mit den Fußschrauben gut horizontal gestellte Instrument, entfernt das Schiebefenster an der Rückseite des Gehäuses und stellt ein genügend weit entferntes, gut sichtbares Objekt (Mire) in den Faden des Fernrohrs und notiert die dazu gehörende Kreislesung.

Darauf wird der Deckel des Gehäuses abgehoben und der aus vier Lamellen bestehende Deklinationsmagnet mit Hilfe der Aufhebevorrichtung auf die Pinne gesetzt. Genau in der gleichen Weise wie vorher bei den Beobachtungen mit der kleinen Nadel wird dann durch abwechselndes Kratzen und Einstellen des direkt gesehenen Fadens auf sein Spiegelbild das Fernrohr in den magnetischen Meridian gebracht. Um die Genauigkeit der Beobachtungen zu erhöhen, führt man drei Einstellungen mit jedesmaliger dazu gehöriger Kreislesung aus.

Von Wichtigkeit ist es, daß nach jeder einzelnen Einstellung der Magnet mit Hilfe eines schwach magnetischen Gegenstandes, z. B. eines Schraubenziehers, aus seiner Ruhelage abgelenkt wird. Die drei Ablesungen stimmen in der Regel, wenn mit der nötigen Sorgfalt verfahren wird, gut überein. Größere Unterschiede der Ablesungen deuten, falls der Beobachter eisenfrei ist und schon einige Übung im Beobachten besitzt, darauf hin, daß das Hütchen oder die Pinne beschädigt ist. Namentlich das letztere kommt — wie schon oben erwähnt — häufiger vor; besonders leicht wird die Pinne beim unvorsichtigen Herunterlassen des verhältnismäßig schweren Deklinationsmagnets beschädigt. Natürlich muß eine schadhafte Pinne sofort gegen eine neue ausgewechselt werden. Nach Beendigung des ersten Satzes von drei Einstellungen wird der Gehäusedeckel entfernt, der Magnet mit der Abhebevorrichtung von der Pinne abgehoben und darauf umgelegt, d. h. die vorher nach oben gerichtet gewesene Fläche nach unten gekehrt. Bei dem Umlegen des Deklinationsmagnets wird dieser an dem Aluminiumzylinder angefaßt. Jede Berührung des Spiegels und der Magnete selbst ist zu vermeiden. In dieser neuen Lage des Magnets werden wieder drei Einstellungen gemacht. Die dazu gehörigen Kreislesungen werden fast stets infolge des Spiegelfehlers, der bisweilen recht bedeutend sein kann, von den Kreisablesungen der ersten Lage des Magnets abweichen. Das Beobachten in beiden Magnetlagen dient dazu, diesen Spiegelfehler zu bestimmen und unschädlich zu machen. Dadurch, daß man in beiden Lagen des Magnets die gleiche Anzahl von Einstellungen ausführt und dann (in der im Beispiel angegebenen Weise) mittelt, fällt der Spiegelfehler im Endresultate heraus.

Um sicher zu sein, daß keine Änderung des Spiegels beim Umlegen stattgefunden hat, wiederholt man die Beobachtungen in der ersten und zweiten Magnetlage nochmals. Man erhält also je sechs Einstellungen für jede Lage, die unter sich gut übereinstimmen müssen. Nicht zu empfehlen ist es, die sechs Einstellungen hintereinander auszuführen und dann erst umzulegen, weil alsdann jede Kontrolle über die unveränderte Stellung des Spiegels zum Magnet während des Umlegens fehlt.

Das Mittel aus den 12 Ablesungen gibt die Lage der magnetischen Nord-Südlinie auf dem Kreise. Am Schlusse der Deklinationsbeobachtung wird wieder die Mire eingestellt. Stimmen die Ablesungen für die Mire am Anfange und Ende gut überein, so sind die magnetischen Mißweisungsbeobachtungen damit beendet. Zeigen sich Abweichungen, so muß die Beobachtungsreihe wiederholt werden.

Die Differenz zwischen der Ablesung für die Mire und dem magnetischen Meridian gibt das magnetische Azimut des eingestellten Objekts. Kennt man aus anderweitigen Beobachtungen das astronomische Azimut der Mire, so ist der Unterschied der beiden Azimute die Mißweisung oder magnetische Deklination.

In vielen Fällen dürfte das astronomische Azimut eines terrestrischen Gegenstandes nicht bekannt sein. Der Beobachter besitzt aber an dem magnetischen Reisetheodolit selbst ein vorzügliches Werkzeug zur genügend genauen Bestimmung des astronomischen Azimuts.

2. Bestimmung des astronomischen Meridians.

Die bequemste Art der Bestimmung des astronomischen Meridians geschieht mit Hilfe der Sonne. Das Instrument ist zu diesem Zwecke mit Sonnengläsern ausgestattet, und die Anstellung der Beobachtungen ist so einfach und schnell ausführbar, daß man stets von dieser Art der astronomischen Azimutbestimmung für erdmagnetische Beobachtungen Gebrauch machen sollte. Man verfährt in folgender Weise:

Das Magnetgehäuse wird abgenommen und das Instrument, wenn notwendig, von neuem mit Hilfe der drei Fußschrauben horizontal gestellt. Darauf wird der Zielachsenfehler des Fernrohrs, wenn dies nicht schon vor der Bestimmung des magnetischen Meridians geschehen ist, in der bekannten Weise durch Einstellen eines entfernten Objekts in den beiden Fernrohrlagen bestimmt und eventuell, wenn merklich, mit Hilfe der Korrektionsschrauben der Fadenplatte beseitigt. *) Hierauf

*) Es ist zweckmäßig, den Zielachsenfehler vor der Bestimmung des magnetischen Meridians zu beseitigen, da die Kreisablesung der Richtung des Meridians dadurch geändert wird und den Beobachter verwirren kann. Gewöhnlich hält sich der Zielachsenfehler lange Zeit konstant, seine Prüfung ist daher im allgemeinen nur von Zeit zu Zeit erforderlich.

setzt man die Reiterlibelle auf die Fernrohrachse und beginnt mit den Beobachtungen.

Zunächst wird das irdische Objekt, dessen Azimut bestimmt werden soll, mehrmals eingestellt und die erhaltene Kreislesung aufgeschrieben; darauf bringt man die Sonne in das Gesichtsfeld des vorher mit dem Sonnengläse bedeckten Fernrohrs und stellt die Sonnenscheibe so, daß sie von dem vertikal stehenden Faden genau halbiert wird, notiert die Zeit der Einstellung auf halbe Sekunden genau nach dem Chronometer, dessen Stand und Gang gegen Ortszeit bekannt sein oder bestimmt sein muß, liest die Stellung der Blase der Reiterlibelle ab, setzt die Libelle auf der Achse um, liest darauf die Kreislesung ab und zum Schluß nochmals die Libellenstellung in der neuen Lage. Beim Ablesen der Libelle müssen die Füße sich an der Stelle befinden, die sie bei der Einstellung der Sonne und der des irdischen Objekts eingenommen haben. Alsdann wird eine zweite Sonnenbeobachtung ausgeführt.

Es genügt, im allgemeinen 4 Sonneneinstellungen vorzunehmen. Nach Beendigung der Sonnenbeobachtungen wird wieder der terrestrische Gegenstand eingestellt und die dazu gehörige Kreislesung aufgeschrieben.

Bei einiger Übung gelingt es leicht, die Sonnenscheibe so scharf zu halbieren, daß die Beobachtungen auf halbe Bogenminuten genau sind. Für Beobachter, denen es anfangs schwer fallen sollte, die Sonnenmitte zu treffen, empfiehlt es sich, die Sonne so weit an den oberen geraden Rand des Gesichtsfeldes des Fernrohrs zu schrauben, daß nur ein Abschnitt der Sonnenscheibe sichtbar ist, der dann leichter zu teilen ist als die ganze Sonnenscheibe.

Das Fernrohr gestattet, die Sonne in Höhen bis zu 45° zu beobachten. Jedoch ist es nicht empfehlenswert, so weit zu gehen, da bei diesen Höhen die Haltung des Kopfes des Beobachters un bequem wird.

Viel zweckmäßiger ist es, die Azimutbestimmung mit Hilfe der Sonne bei Höhen zwischen 10° und 20° anzustellen. Nicht nur wird dann die Kopfhaltung des Beobachters eine bequemere sein, sondern auch die von der Neigung der Horizontalachse und vom Zielachsenfehler des Fernrohrs herrührenden Fehler werden dann so gering ausfallen, daß sie in fast allen Fällen vernachlässigt werden können.

Ist die Sonne nicht sichtbar, so läßt sich aus der Beobachtung von drei irdischen Objekten, deren Koordinaten bekannt sind, durch Rückwärtseinschnitt der Beobachtungsort und somit die Lage der astronomischen Nord-Südlinie auf dem Horizontalkreise berechnen.

Für die Berechnung der Sonnenazimute kann man die verschiedensten Formeln oder auch die bekannten Azimuttafeln von Burdwood, Davis usw. benutzen. Sehr bequem sind folgende Formeln:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{1}{2} (Az - q) &= \frac{\sin \frac{1}{2} (\varphi + \delta)}{\cos \frac{1}{2} (\varphi - \delta)} \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} t \\ \operatorname{tg} \frac{1}{2} (Az + q) &= \frac{\cos \frac{1}{2} (\varphi - \delta)}{\sin \frac{1}{2} (\varphi - \delta)} \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} t \end{aligned} \right\} \text{siehe § 45.}$$

Hierin bedeutet:

φ die Breite des Ortes,

δ die Deklination der Sonne,

t den Stundenwinkel,

Az das Azimut vom Südpunkt über W, N, O gezählt,

q den parallaktischen Winkel.

§ 104. Bestimmung der Inklination.

Lage des magnetischen Meridians auf dem Horizontalkreise. Für die Messung der magnetischen Inklination mit dem Reisetheodolit muß die Lage des magnetischen Meridians auf dem Horizontalkreise bekannt sein. Man findet die Lage des magnetischen Meridians entweder aus den vorhergegangenen Deklinationsmessungen, indem man das Mittel der in beiden Lagen des Deklinationsmagnets erhaltenen Ablesungen bildet, oder aber — wenn auch weniger genau — dadurch, daß man eine der Inklinationsnadeln in das dafür bestimmte Gehäuse legt und den oberen Teil des Instruments so lange um die vertikale Achse dreht, bis die Inklinationsnadel genau senkrecht steht. Die Nadelebene steht dann senkrecht zum magnetischen Meridian, und der Glasdeckel des Gehäuses ist nach magnetisch Nord oder Süd gerichtet. Man liest dann den Horizontalkreis ab, legt darauf die Inklinationsnadel auf dem Lager so um, daß die Enden der horizontalen Achse der Nadel die Achatlager vertauschen, dreht das Instrument wieder so lange um die vertikale Achse, bis die Nadel senkrecht steht, liest nochmals den Horizontalkreis ab und dreht alsdann den oberen Teil mit dem Inklinationsgehäuse um annähernd 180° und sucht von neuem die Stellung des Horizontalkreises auf, bei der die Inklinationsnadel wiederum senkrecht steht. Man muß dann zum Schlusse noch die Nadel auf dem Lager umlegen und nochmals die Kreislesung bestimmen, bei der die Inklinationsnadel in dieser neuen Lage senkrecht steht. Das Mittel aus den Ablesungen am Horizontalkreise gibt die Stellung des Inklinationsgehäuses, bei welcher die Nadelebene senkrecht zum magnetischen Meridian steht.

Wird zu dieser Ablesung 90° hinzugelegt, so hat man diejenige Stellung, die man dem Gehäuse geben muß, damit Nadelebene und Ebene des magnetischen Meridians zusammenfallen.

Einfacher und bequemer ist jedenfalls die vorher erwähnte Methode der Bestimmung des magnetischen Meridians mit Hilfe des Deklinations-

magnets, und in dem unten gegebenen Beispiel ist von dieser Art der Meridianbestimmung Gebrauch gemacht worden.

Beobachtung der Inklination in vier Lagen der Nadel. Nachdem das Inklinationsgehäuse in den magnetischen Meridian gebracht worden ist, notiert man die Lage eines der mit A und B bezeichneten Enden, z. B.: »A oben«, und außerdem noch, ob die die Bezeichnung der Nadel (I oder II) tragende Seite dem Beobachter zugekehrt (»außen«) oder abgekehrt (»innen«) ist. Außerdem wird noch die Himmelsrichtung angegeben, nach der der Kreis gerichtet ist, z. B. »Kreis West«.

Die Achse der Inklinationsnadel wird nun mit Hilfe der Aufhebevorrichtung vorsichtig auf die Achatlager gesetzt. Nach einiger Zeit werden die Schwingungen der Nadel so gering geworden sein, daß man die Stellung der oberen und unteren Spitze auf der Gradeinteilung des Spiegels ablesen kann. Der Kreis ist in halbe Grade geteilt, man kann daher bequem Zehntelgrade schätzen.

Zur Vermeidung der Parallaxe muß das Auge des Beobachters in eine solche Lage zur Nadel gebracht werden, daß die Nadelspitze und ihr Spiegelbild sich genau decken, so daß das Spiegelbild also völlig unsichtbar ist.

Um die Genauigkeit der Beobachtungen zu erhöhen, begnügt man sich nicht mit nur einer Ablesung der Stellung der beiden Nadelspitzen, sondern macht mehrere solcher Einstellungen, wobei man jedesmal die Nadel von dem Lager abhebt und vorsichtig wieder herunterläßt.

Ein mäßiges Erschüttern des Inklinationsgehäuses durch vorsichtiges Kratzen an der Druckschraube des Horizontalkreises ist sehr empfehlenswert, weil dadurch die Sicherheit der Einstellung der Inklinationsnadel erhöht wird.

Meist werden drei Einstellungen genügen. Alsdann wird der Oberbau des Instruments, nachdem man die Inklinationsnadel durch die Hebevorrichtung vom Lager abgehoben hat, um beim Drehen ein etwaiges Herunterrollen der Nadel zu vermeiden, um 180° gedreht, so daß jetzt »Kreis Ost« einsteht; die Nadel wird dann wieder vorsichtig heruntergelassen und die Beobachtungen wie bei der ersten Stellung des Gehäuses ausgeführt. Man legt die Nadel dann auf dem Lager so um, daß die dem Beobachter bisher zugewandte Seite nach der Spiegelfläche zu (»innen«) liegt. Es werden nun wieder mehrere Ablesungen der Stellung der Nadelspitze auf der Teilung des Spiegels vorgenommen, und schließlich wird in die erste Lage des Inklinationsgehäuses zurückgekehrt und auch hier mit »Bezeichnung innen« beobachtet.

Ummagnetisieren der Nadel. Die Nadel muß nun ummagnetisiert werden. Dazu wird die Nadel aus dem Gehäuse herausgenommen, in den hölzernen Träger gelegt und mit dem Bügel festgeklemmt. Beim Ummagnetisieren hat man dasjenige Ende der Nadel, das nach unten

zeigte, in nördlichen magnetischen Breiten mit dem Nordende (roten Ende) eines der beiden Stabmagnete, die am Boden des Transportkastens unter dem unteren Auszuge lagern, und das andere Nadelende mit dem Südende des anderen Stabmagnetes zu streichen.

Bei diesem Streichen werden die Stäbe so auf die Nadelmitte gesetzt, daß sie je einen Winkel von 45° mit der Nadel bilden. Dann werden beide Stabmagnete langsam nach den Nadelenden zu bewegt, abgehoben und dann gleichzeitig wieder auf die Nadelmitte gesetzt.

Hat man die eine Seite der Nadel 15mal mit den Magnetstäben gestrichen, so wird die Nadel auf dem hölzernen Träger so um ihre Längsachse gedreht, daß die bisher nach unten liegende Nadelseite nach oben kommt, ohne aber dabei eine Vertauschung des rechten und linken Nadelendes vorzunehmen und das Streichen wird nochmals wiederholt.

Wiederholung der Beobachtung nach der Ummagnetisierung. Nach der Ummagnetisierung werden die Beobachtungen der Inklination genau in derselben Reihenfolge wie vorher wiederholt. Dabei ist zu beachten, daß A jetzt unten ist. Das Mittel aus sämtlichen Beobachtungen gibt die Inklination. Da zu jedem Instrumente zwei Nadeln gehören, müssen die gleichen Beobachtungen auch mit der anderen Nadel noch ausgeführt werden.

Besondere Sorgfalt muß man auf die Behandlung der Achsen der Inklinationsnadeln verwenden, um zu verhüten, daß sie beim Einlegen in das Magnetgehäuse oder in den Träger zum Ummagnetisieren zerbrechen oder angestoßen und verbogen werden. Letzteres tritt sehr leicht ein. Ferner sind die Nadeln und Magnete stets vor Benutzung gut von anhaftendem Fette zu säubern. Die Zapfen der Inklinationsnadeln werden am besten durch Einstecken in ein Stück Hollundermark gereinigt. Nach Beendigung der Beobachtungen müssen die Nadeln mit weißem Vaseline oder säurefreiem Schweinefett sorgsam eingefettet werden, um ein Rosten zu vermeiden.

Notierung der Zeit. Bei den Deklinations-, Inklinations- und Ablenkungsbeobachtungen ist jedesmal eine Notierung der Zeit nach Zehntelminuten notwendig. Ebenso ist es erforderlich, daß man bei dem Endergebnis der Werte der erdmagnetischen Elemente die Beobachtungszeit, für die die Messungen gelten, hinzufügt, damit später aus den Aufzeichnungen benachbarter Observatorien, an denen Registrierinstrumente arbeiten, etwaige Reduktionen auf das Tagesmittel für die gemessenen Größen entnommen werden können, oder aber, damit man an der Hand der von jenen Instituten erhaltenen Kurven entscheiden kann, ob die gemessenen Werte der erdmagnetischen Elemente durch magnetische Störungen entstellt sind.

Schutz der Instrumente. Bei allen Beobachtungen ist darauf zu achten, daß das Instrument und die Magnete gegen die Sonnenstrahlen durch Beschirmen geschützt sind. Auch gegen den Wind muß ein Schutz angebracht werden, da namentlich die Schwingungsbeobachtungen durch den Wind gestört werden können.

Kleidung des Beobachters. Der Beobachter muß außerdem dafür sorgen, daß seine Kleidung möglichst eisenfrei ist, namentlich dürfen die Mütze, Ärmel, Hosenträger und Rockknöpfe kein Eisen enthalten. Schlüssel, Messer und Uhr sind abzulegen.

I. Horizontalintensitätsbestimmung

Beobachtung: Beobachtung

2. Schwingungsbeobachtung
(Jeder dritte Durchgang wurde beobachtet)

Die ersten vier Durchgänge für den

Zeit	Amplitude
0	100
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100
9	100
10	100
11	100
12	100
13	100
14	100
15	100
16	100
17	100
18	100
19	100
20	100
21	100
22	100
23	100
24	100
25	100
26	100
27	100
28	100
29	100
30	100

Mittelwert $\bar{I}_H = 100$
 Fehler einer Schwingung ± 1
 $\log \bar{I}_H = 2.0000$
 $\log \text{Fehler} = 0.0043$
 Resultat auf 20 Durchgänge ± 0.02
 $\log \bar{I}_H = 2.0000$
 $\log \text{Fehler} = 0.0043$

Magnet II

Zeit	Amplitude
0	100
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100
9	100
10	100
11	100
12	100
13	100
14	100
15	100
16	100
17	100
18	100
19	100
20	100
21	100
22	100
23	100
24	100
25	100
26	100
27	100
28	100
29	100
30	100

Mittelwert $\bar{I}_H = 100$
 Fehler einer Schwingung ± 1
 $\log \bar{I}_H = 2.0000$
 $\log \text{Fehler} = 0.0043$
 Resultat auf 20 Durchgänge ± 0.02
 $\log \bar{I}_H = 2.0000$
 $\log \text{Fehler} = 0.0043$

zweiter Satz

Zeit	Amplitude
0	100
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100
9	100
10	100
11	100
12	100
13	100
14	100
15	100
16	100
17	100
18	100
19	100
20	100
21	100
22	100
23	100
24	100
25	100
26	100
27	100
28	100
29	100
30	100

Mittelwert $\bar{I}_H = 100$
 Fehler einer Schwingung ± 1
 $\log \bar{I}_H = 2.0000$
 $\log \text{Fehler} = 0.0043$
 Resultat auf 20 Durchgänge ± 0.02
 $\log \bar{I}_H = 2.0000$
 $\log \text{Fehler} = 0.0043$

dritter Satz

Zeit	Amplitude
0	100
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100
9	100
10	100
11	100
12	100
13	100
14	100
15	100
16	100
17	100
18	100
19	100
20	100
21	100
22	100
23	100
24	100
25	100
26	100
27	100
28	100
29	100
30	100

Mittelwert $\bar{I}_H = 100$
 Fehler einer Schwingung ± 1
 $\log \bar{I}_H = 2.0000$
 $\log \text{Fehler} = 0.0043$
 Resultat auf 20 Durchgänge ± 0.02
 $\log \bar{I}_H = 2.0000$
 $\log \text{Fehler} = 0.0043$

§ 105. Beispiel einer vollständig durchgeführten Beobachtung der magnetischen Elemente und deren Berechnung.

Beobachtungen zu Wilhelmshaven mit dem BAMBERG'schen Reisetheodolit Nr. 7597 nebst Reduktion der Beobachtungen.

1903 März 23. Die Beobachtungen wurden auf dem Steinpfeiler im Häuschen für absolute magnetische Beobachtungen angestellt. Als Beobachtungschronometer diente Chronometer M 38, dessen Stand gegen mittlere Wilhelmshavener Zeit = $-22^m 55.3^s$ betrug. Die Zeiten bei den Ablenkungsbeobachtungen sowie bei den Deklinations- und Inklinationsbeobachtungen wurden nach der Beobachtungsuhr M 93 notiert, deren Stand gegen mittlere Wilhelmshavener Zeit = -29.2^m war. Beobachter STÜCK.

I. Horizontal-Intensitätsbestimmung.

Beobachtung.

Berechnung.

a. Schwingungsbeobachtungen.

(Jeder dritte Durchgang wurde beobachtet.)

Magnet II.

Erster Satz.					
0	9 ^h	15 ^m	4.3 ^s	100	9 ^h 20 ^m 47.3 ^s
3			14.2	103	57.7
6			24.8	106	21 8.0
9			35.1	109	18.3
12			45.4	112	28.5
15			55.6	115	38.8
18	16		6.2	118	49.2
21			16.4	121	59.3
24			26.5	124	22 9.7
27			37.2	127	19.9
30	16		47.3	130	22 30.4

Bei der 60. Schwingung war der Schwingungsbogen: $l. = 4.5^p$ r. = 4.3^p

Temperatur = $t_s = 9.6^\circ$ Cels.

Zweiter Satz.					
0	9 ^h	22 ^m	50.8 ^s	100	9 ^h 28 ^m 33.7 ^s
3		23	1.3	103	44.0
6			11.4	106	54.3
9			21.7	109	29 4.5
12			32.1	112	14.8
15			42.3	115	25.3
18			52.6	118	35.6
21	24		2.8	121	45.7
24			13.3	124	56.2
27			23.4	127	30 6.4
30	24		33.6	130	30 16.6

Bei der 60. Schwingung war der Schwingungsbogen: $l. = 2.9^p$ r. = 2.8^p

Temperatur = $t_s = 9.8^\circ$ Cels.

Es ergibt sich hieraus die Dauer von 100 Schwingungen für den ersten Satz:

5 ^m 43.5 ^s
43.2
43.2
43.1
43.2
43.0
42.9
43.2
42.7
43.1

Mittel: $5^m 43.11^s$

Dauer einer Schwingung = 3.4311^s

log der Dauer = 0.53543

Redukt. auf ∞ kl. Bogen = -35

log $T_{II} = 0.53508$

zweiten Satz:

5 ^m 42.7 ^s
42.9
42.8
42.7
43.0
43.0
42.9
42.9
43.0
43.0

Mittel: $5^m 42.89^s$

Dauer einer Schwingung = 3.4289^s

log der Dauer = 0.53516

Redukt. auf ∞ kl. Bogen = -14

log $T_{II} = 0.53502$

Mittel log $T_{II} = 0.53505$

Temperatur $t_s = 9.7^\circ$ Cels.

Magnet I.

Erster Satz.			
0	9 ^h 39 ^m	47.5 ^s	100
3		59.7	103
6	40	11.4	106
9		23.6	109
12		35.4	112
15		47.3	115
18		59.2	118
21	41	11.3	121
24		22.8	124
27		35.1	127
30	41	46.7	130

Bei der 60. Schwingung war der Schwingungsbogen: $l. = 4.0^D r. = 4.2^D$
 Temperatur = $t_s = 10.6^\circ$ Cels.

Zweiter Satz.			
0	9 ^h 48 ^m	38.8 ^s	100
3		50.7	103
6	49	2.6	106
9		14.6	109
12		26.4	112
15		38.2	115
18		50.3	118
21	50	2.2	121
24		13.9	124
27		26.2	127
30	50	37.7	130

Bei der 60. Schwingung war der Schwingungsbogen: $l. = 2.2^D r. = 2.4^D$
 Temperatur = $t_s = 10.8^\circ$ Cels.

ersten Satz:

6 ^m 36.3 ^s
36.5
36.1
36.3
36.3
36.2
36.1
36.5
36.2
36.4

Mittel: $6^m 36.29^s$

Dauer einer Schwingung = 3.9629^s
 log der Dauer = 0.59801
 Redukt. auf ∞ kl. Bogen = -30
 log $T_I = 0.59771$

zweiten Satz:

6 ^m 36.6 ^s
36.2
36.2
36.3
36.5
36.0
36.2
36.4
36.1
36.2

Mittel: $6^m 36.27^s$

Dauer einer Schwingung = 3.9627^s
 log der Dauer = 0.59799
 Redukt. auf ∞ kl. Bogen = -9
 log $T_I = 0.59790$
 Mittel log $T_I = 0.59780$
 Temperatur $t_s = 10.7^\circ$ Cels.

Die Reduktion auf unendlich kleine Schwingungen wird aus Tafel XIV entnommen.

b. Ablenkungsbeobachtungen.

Beobachtung.

δ 3° 51.50' 51.00' (Elisabethkirche)
51.25 51.00

Meridian	10 ^h 33.9 ^m am 11.2°C	304° 58.00'	Nonius I	58.75'	Nonius II	Kontrolle	304° 58.4'
Magnet I Entfernung 200							
Ost Nordtende Ost . . .	10 ^h 35.7 ^m	11.2°	317° 11.25'	11.50'			
West " Ost . . .	37.4	11.3	316 56.25	57.00			
West " West . . .	39.5	11.3	292 46.75	47.25			
Ost " West . . .	41.4	11.3	292 58.25	59.00			
		11.3°					304° 58.4'

$[\varphi] = \frac{317^\circ 4.00'}{292} - \frac{52.81}{0.19} = 0.0625 - 0.0361 = 0.0986 \times 0.421 = -0.04'$

$\varphi_{200}^I = 12^\circ 5.56' \log \sin \varphi_{200}^I = 9.32117$

$\frac{1}{2} \log \sin \varphi_{200}^I = 9.66058$

$[\varphi] = \frac{299^\circ 49.06'}{310} - \frac{7.12}{0.07} = 0.0049 - 0.0049 = 0.0098 \times 0.974 = -0.01'$

$\varphi_{264}^I = 5^\circ 9.02' \log \sin \varphi_{264}^I = 8.95313$

$\frac{1}{2} \log \sin \varphi_{264}^I = 9.47656$

$[\varphi] = \frac{320^\circ 19.62'}{289} - \frac{35.38}{0.88} = 0.8100 - 0.7744 = 1.5844 \times 0.335 = -0.53'$

$\varphi_{200}^{II} = 15^\circ 21.59' \log \sin \varphi_{200}^{II} = 9.42305$

$\frac{1}{2} \log \sin \varphi_{200}^{II} = 9.71152$

$[\varphi] = \frac{13^\circ 3.26'}{6} - \frac{31.63}{-0.12} = 0.29^\circ - 0.28 = 0.0841 - 0.0784 = 0.1625 \times 0.771 = -0.12'$

$\varphi_{264}^{II} = 6^\circ 31.51' \log \sin \varphi_{264}^{II} = 9.05553$

$\frac{1}{2} \log \sin \varphi_{264}^{II} = 9.52776$

Magnet I Entfernung 264

Ost Nordtende West . . .	10 ^h 43.0 ^m	11.4°	299° 51.50'	51.50'			
West " West . . .	45.2	11.5	299 46.75	47.00			
West " Ost . . .	47.3	11.5	310 4.75	5.25			
Ost " Ost . . .	49.0	11.5	310 9.00	9.50			
		11.5°					304° 58.1'

$[\varphi] = \frac{320^\circ 19.62'}{289} - \frac{35.38}{0.88} = 0.8100 - 0.7744 = 1.5844 \times 0.335 = -0.53'$

$\varphi_{264}^I = 5^\circ 9.02' \log \sin \varphi_{264}^I = 8.95313$

$\frac{1}{2} \log \sin \varphi_{264}^I = 9.47656$

$[\varphi] = \frac{30^\circ 44.24'}{15} - \frac{22.12}{-0.53} = 0.90^\circ - 0.88 = 0.8100 - 0.7744 = 1.5844 \times 0.335 = -0.53'$

$\varphi_{200}^{II} = 15^\circ 21.59' \log \sin \varphi_{200}^{II} = 9.42305$

$\frac{1}{2} \log \sin \varphi_{200}^{II} = 9.71152$

Magnet II Entfernung 264

Ost Nordtende West . . .	11 ^h 1.0 ^m	12.2°	298° 33.50'	34.00'			
West " West . . .	2.7	12.1	298 16.25	17.00			
West " Ost . . .	4.7	12.2	311 20.00	20.25			
Ost " Ost . . .	6.3	12.2	311 36.50	37.00			
		12.2°					304° 56.8'

$[\varphi] = \frac{13^\circ 3.26'}{6} - \frac{31.63}{-0.12} = 0.29^\circ - 0.28 = 0.0841 - 0.0784 = 0.1625 \times 0.771 = -0.12'$

$\varphi_{264}^{II} = 6^\circ 31.51' \log \sin \varphi_{264}^{II} = 9.05553$

$\frac{1}{2} \log \sin \varphi_{264}^{II} = 9.52776$

Meridian	11 ^h 8.0 ^m	12.2°	304° 57.00'	57.50'	304° 57.2'
$\delta = 3^\circ$					
		51.50'	51.50'		
		51.75	51.25		

Die Formeln zur Berechnung der Horizontal-Intensität aus Schwingungs- und Ablenkungsbeobachtungen der beiden Magnete des BAMBERGERSCHEN REISETHEODOLITS C. B. 7597 lauten:

Magnet I

Entfernung 200 $\log H = 9.51813 - (\log T_I + \frac{1}{2} \log \sin \varphi_{200}^I + 0.65 t_a + 17.2 (t_a - t_s))$

Entfernung 264 $\log H = 9.33414 - (\log T_I + \frac{1}{2} \log \sin \varphi_{264}^I + 0.65 t_a + 17.2 (t_a - t_s))$

Magnet II

Entfernung 200 $\log H = 9.50617 - (\log T_{II} + \frac{1}{2} \log \sin \varphi_{200}^{II} + 0.65 t_a + 7.6 (t_a - t_s))$

Entfernung 264 $\log H = 9.32257 - (\log T_{II} + \frac{1}{2} \log \sin \varphi_{264}^{II} + 0.65 t_a + 7.6 (t_a - t_s))$

Durch Einsetzen der beobachteten Größen erhält man hieraus für:

	Magnet I		Magnet II	
	Entfernung 200	264	200	264
log T.	0.59780	0.59780	0.53505	0.53505
$\frac{1}{2} \log \sin \varphi$. . .	9.66058	9.47656	9.71152	9.52776
+ 0.65 t_a	+ 7.3 +	7.5	+ 7.7 +	7.9
17.2 ($t_a - t_s$) . . .	+ 10.0 +	13.4	+ 16.4 +	18.8
	<u>0.25855</u>	<u>0.07457</u>	<u>0.24681</u>	<u>0.06308</u>
log Konstante . . .	<u>9.51813</u>	<u>9.33414</u>	<u>9.50617</u>	<u>9.32257</u>
log H	9.25958	9.25957	9.25936	9.25949
H	0.18180	0.18179	0.18170	0.18176

Mittel = 0.18176 um $9\frac{3}{4}^h$ am. mittl. Wilhelmshavener Zeit.

Bemerkungen: Um die Ablenkungswinkel zu erhalten, vereinigt man die beiden Kreislesungen, bei der die Magnetnadel nach derselben Seite hin abgelenkt worden war, zu einem Mittelwerte und bildet dann die halbe Differenz dieser Mittelwerte. Dieser Wert des Ablenkungswinkels muß noch wegen Ungleichheit der Ablenkungen verbessert werden. Hierzu entnimmt man aus der Tafel XV mit dem Winkel $[\varphi]$ den Faktor (F), bildet die Differenz der Kreisablesungen bei den Ablenkungen nach derselben Seite, drückt diese Differenz in Graden aus und summiert die Quadrate dieser Größen. Die Quadratsumme multipliziert mit dem Faktor (F) gibt die gesuchte Korrektion des Ablenkungswinkels in Bogenminuten. Das Vorzeichen der Korrektion ist stets negativ.

Bei Magnet I Entfernung 200 waren die Ablesungen beispielsweise:

317°	11.38'
316	56.62
292	47.00
292	58.62

und die Differenzen der Ablenkungen werden: $14.76' = 0.25^\circ$ und $11.62' = 0.19^\circ$, damit ergeben sich die Quadrate 0.0625 und 0.0361 und die Quadratsumme 0.0986.

Aus Tafel XV wird mit $[\varphi] = 12.1^\circ$ der Faktor (F) = 0.421 gefunden und das Produkt $0.0986 \times 0.421 = 0.04'$ gebildet.

Um den Logarithmus der Dauer einer Schwingung auf unendlich kleine Schwingungsbogen zu reduzieren, bildet man das Mittel aus den beiden Ablesungen des Schwingungsbogens bei der 60. Schwingung und entnimmt mit dieser Zahl aus Tafel XIV die Reduktionsgröße. Beispielsweise war bei dem ersten Satze der Schwingungsbeobachtungen von Magnet II das Mittel des Schwingungsbogens bei der 60. Schwingung = 4.4p und damit die Reduktion: - 0.00035. Diese Größe muß stets von dem Logarithmus der Dauer einer Schwingung subtrahiert werden.

Die weitere Rechnung läßt sich ohne Erläuterung aus dem durchgeführten Beispiele ersehen.

II. Bestimmung der Mißweisung oder der magnetischen Deklination.

Beobachtung.			Rechnung.						
\odot (Elisabethkirche) = 3°	Nonius I	Nonius II	I. Lage	$11^h 13.2^m$	304°	$25.88'$	$11^h 16.6^m$	304°	$31.88'$
		51.50'	51.50'		14.6		25.62		17.5
	51.75	51.25		15.2		25.71		18.3	32.25
	51.75'	26.00'		19.9		25.88		23.7	32.25
I. Lage $11^h 13.2^m$	25.75'	26.00'		20.9		25.88		24.4	32.12
14.6	25.50	25.75		22.1		25.88		25.4	31.88
15.2	25.50	26.00		11	17.6	304	25.82	11	21.0
								304	32.06

Beobachtung.				Rechnung.			
			Nonius I	Nonius II	I. Lage II ^h 17.6	304° 25.82'	
					II. „ II 21.0	304 32.06	
II. Lage II	16.6 304	31.75	32.00	Magnetischer Meridian II	19.3 = 304	28.94	II ^h 19.3 ^m
	17.5	31.75	32.25	♁ Mittel		3 51.44	— 29.2
	18.3	32.00	32.50	Magnetisches Azimut der	♁ = S 59	22.50W	IO 50.1
I. Lage II	19.9 304	25.75	26.00	Astronomisches Azimut der	♁ = S 47	4.87W	
	20.9	25.75	26.00		N 12	17.63W	
	22.1	25.75	26.00	Instrumentalkorrektion			
II. Lage II	23.7 304	32.00	32.50	Whavener Instr. —			
	24.4	32.00	32.25	BAMBERG 7597	=	+ 1.00	
	25.4	31.75	32.00	Magnetische Deklination	=	N 12 18.63W	um
							IO ^h 50.1 ^m
♁ =	3°	51.50'	51.25'				am. mittl.
		51.50	51.25				Whav. Zeit.

III. Inklinationsmessung.

Der magnetische Meridian lag nach der vorausgegangenen Deklinationsbeobachtung bei 304° 29'.

Einstellung am Horizontalkreis 34° 29' und 214° 29'.

a. Beobachtung.

Nadel II.				Nadel I.			
oh 17.5 ^m pm		oh 26.2 ^m pm		oh 33.0 ^m pm		oh 40.9 ^m pm	
A unten	Bezeichnung	außen A oben		A oben	Bezeichnung	außen A unten	
	Kreis West				Kreis West		
67.1°	67.1°	67.3°	67.3°	66.5°	66.6°	67.7°	68.0°
67.2	67.2	67.0	67.2	66.8	66.6	67.6	67.8
67.2	67.1	67.0	67.1	66.8	66.6	67.7	67.8
	Kreis Ost				Kreis Ost		
68.2	68.3	67.7	67.7	67.3	67.5	68.0	68.1
68.4	68.5	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8	67.9
68.8	68.8	67.7	67.7	67.7	67.9	67.8	67.9
	Bez. innen				Bez. innen		
67.7	67.8	Kreis Ost	67.3 67.4	67.8	67.7	Kreis Ost	68.0 68.0
68.1	68.1		67.5 67.7	67.6	67.7		67.8 67.8
67.9	68.0		67.5 67.6	67.4	67.5		68.0 68.2
	Kreis West				Kreis West		
67.7	67.5	66.9	67.0	66.8	66.8	67.4	67.4
67.7	67.5	67.3	67.1	67.0	67.0	67.7	67.6
67.3	67.2	67.3	67.3	66.7	66.8	67.5	67.4
oh 23.5 ^m pm		oh 31.0 ^m pm		oh 38.1 ^m pm		oh 45.5 ^m pm	

b. Berechnung.

Die Inklination wird durch Vereinigung der 8 Gruppenwerte einer jeden Nadel in folgender Weise gefunden:

Nadel II				Nadel I			
		A oben	A unten			A oben	A unten
Kreis Ost	Bez. außen	67.73°	68.50°	Kreis Ost	Bez. außen	67.67°	67.93°
„ West	„ außen	67.15	67.15	„ West	„ außen	66.55	67.77
„ West	„ innen	67.15	67.48	„ West	„ innen	66.85	67.50
„ Ost	„ innen	67.50	67.93	„ Ost	„ innen	67.61	67.97
		<u>67.38</u>	<u>67.76</u>			<u>67.19</u>	<u>67.79</u>

Mittel = 67.57°	oh 24.6 ^m pm	Mittel = 67.49°	oh 39.4 ^m
Instr. Korrek. Whv.		Instr. Korrek. Whv.	
Instr. — B 7597 = — 0.02	— 29.2	Instr. — B 7597 = + 0.07	— 29.2
Inklination nach		Inklination nach	
Nadel II = 67.55 um 11 55.4 am		Nadel I = 67.56 um 0 10.2 pm	
Inklination (Mittel aus beiden Nadeln) = 67.56° um oh 3 ^m pm mittl. Wilhelmshavener Zeit.			

Beispiel einer Deklinationsbestimmung, bei der die Lage des astronomischen Meridians mit Hilfe der Sonne bestimmt wurde.

1903 Januar 19. Bestimmung der magnetischen Mißweisung mit dem Marine-Deklinationorium M 7. Das Instrument stand in der SW-Ecke des Gartens des Observatoriums. Chronometer M 12 (mittlere Zeit) Stand gegen mittlere Greenwicher Zeit = + 10^m 25.6^s. Beobachter: Oberleutnant z. S. HEYNE (ADOLF).

1. Azimutbestimmung mit Hilfe der Sonne.

☉ (Elisabethkirche)	112° 33.0'	33.0'	33.0'	Die Mire wurde bei abgenommenem Magnetgehäuse eingestellt.
☉ 8h 41 ^m 50.5 ^s am	26° 35.5'	36.0'		}
43 33.3	26 58.0	58.0		
44 26.0	27 9.5	10.0		
45 10.0	27 19.75	19.75		
☉ =	112° 33.0'	33.0'		Die Niveaubläse spielte stets genau ein.
		33.0 33.0		

Magnetgehäuse aufgesetzt und

2. Deklinationsbestimmung.

☉ =	112° 33.5'	33.5'	33.5'		
I. Lage 9h 34.8 ^m am	52° 42.0'	42.0'		I. Lage.	II. Lage.
	36.2	43.0	43.0	9h 34.8 ^m 52° 42.00'	9h 42.0 ^m 53° 21.25'
	37.9	43.0	43.5	36.2 43.00	44.2 20.75
II. Lage 9 42.0	53 21.0	21.5		37.9 43.25	46.6 21.75
	44.2	20.5	21.0	10 20.7 41.25	10 32.0 21.75
	46.6	21.5	22.0	21.5 41.25	34.7 19.62
				23.5 41.25	35.5 20.50
I. Lage 10 20.7	52 41.0	41.5		9 59.1 52 42.00	10 9.2 53 20.94
	21.5	41.0	41.5		I. Lage 52° 42.00'
	23.5	41.0	41.5		II. Lage 53 20.94
II. Lage 10 32.0	53 21.5	22.0		Magnetischer Meridian 53 1.47	10 9.2
	34.7	19.5	19.75	☉ Mittel 112 33.62	10 4.2 am
	35.5	20.5	20.5	Magnetisches Azimut	
☉ =	112° 33.5'	34.0'		der ☉ S 59 32.15 W	
		33.5 34.0			

Magnetisches Azimut der ☉ = S	59°	32.15' W
Astronomisches Azimut (siehe unten) = S	47	14.61 W
	N 12	17.54 W

Instrumentalkorrektion (Whavener Instr. — M 7) = + 2.00
 Magnetische Deklination = N 12 19.54 W um 10^h 47^m am mittl. Whav. Zeit.

3. Bestimmung des Azimuts der Elisabethkirche aus den Sonneneinstellungen.

Nach den im § 45 gegebenen Formeln ergab sich

Astronomischer Südpunkt des Kreises	65° 18.39'
☉ Elisabethkirche	112 33.00
Mithin Azimut des ☉	S 47° 14.61' W

Abschnitt XV.

Berichterstattung.

Die Berichterstattung wird sich zweckmäßig wie folgt gestalten:

»Sobald die Arbeiten in einem Gebiete völlig abgeschlossen sind, werden die fertigen Arbeitskarten mit dem dazu gehörenden Beobachtungs- und Berechnungsmaterial der prüfenden Behörde vorgelegt. Es wird besonders bemerkt, daß nur die Originalbeobachtungs- und Berechnungsbücher zur Einsendung gelangen sollen. Nachstehendes wird für die Versendung bereit zu halten sein:

1. Kartenmaterial.

Die Arbeitskarte. Diese enthält alle Bemerkungen, die für ihren Aufbau von Wichtigkeit sind. Ein besonderer Bericht zur Arbeitskarte erübrigt sich also. Ferner die Handrisse, Pläne usw., soweit sie zur Verarbeitung in der Karte gekommen sind, photographische Platten und das »Verzeichnis der Aufnahmen«.

2. Beobachtungs- und Berechnungsmaterial,

und zwar Lotungsbücher, Pegelnotizbücher, Pegelkurven, Beobachtungsbücher für Horizontalwinkel, Zenitabstände und für Geländeaufnahme, Dreieckshefte nebst Netzbild, Koordinaten- und Höhenberechnungen und magnetische Beobachtungen und deren Berechnung.

Um gänzlichen Verlust des Materials auszuschließen, behalte man Pausen der Arbeitskarten sowie gegebenenfalls Abzüge der photographischen Platten zurück. Abschriften des Beobachtungs- und Berechnungsmaterials anzufertigen erübrigt sich, sofern nicht die Koordinaten usw. zur Weiterführung der Arbeiten erforderlich sind.

3. Berichte.

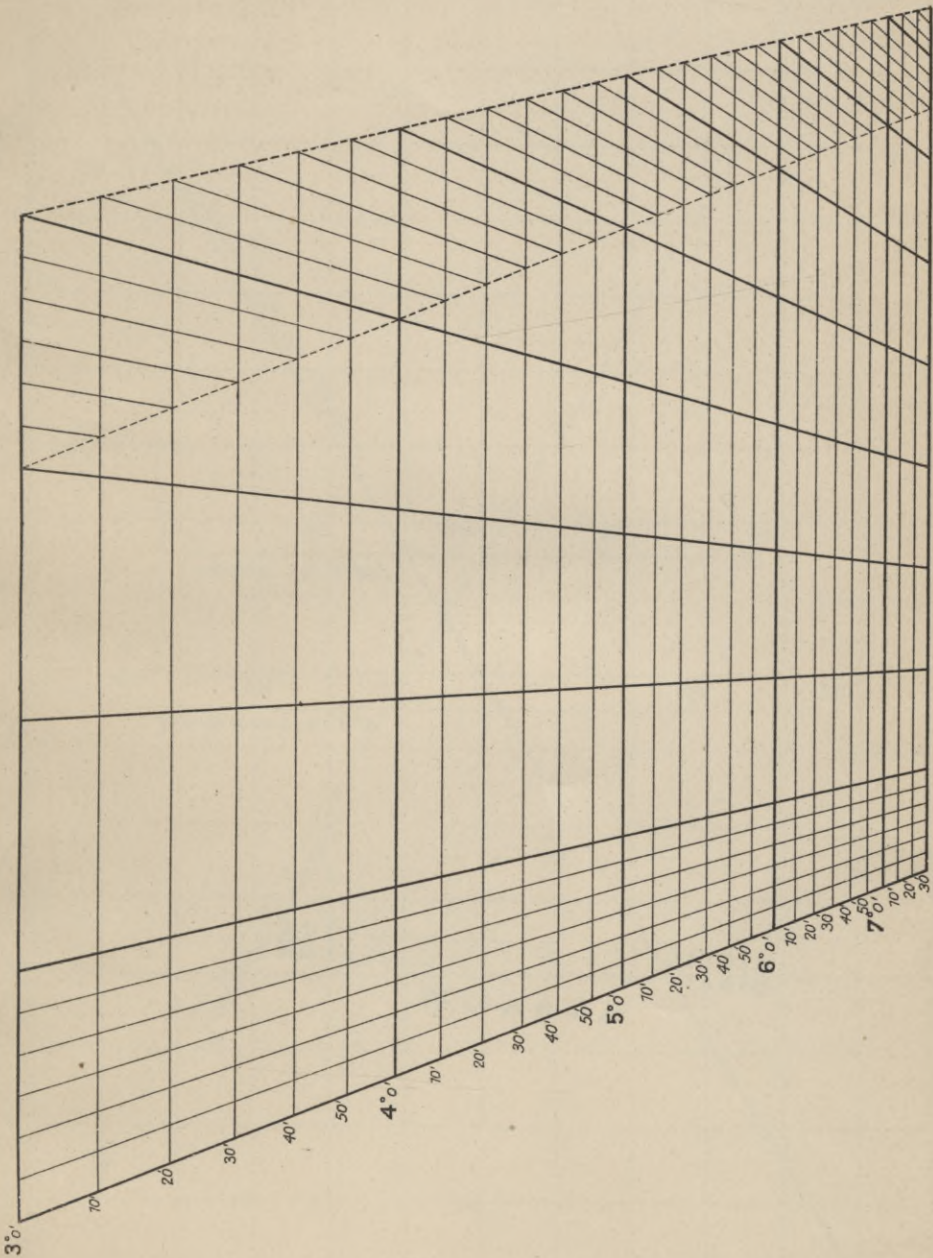
Im Inland am 1. eines jeden Monats, im Ausland etwa in denselben Zeitabschnitten sollte ein kurzer Bericht eingereicht werden, der in großen Zügen Auskunft erteilt über die Tätigkeit des letzten Zeitabschnittes und über die Pläne für den kommenden Monat. Für den

hydrographischen und den meteorologischen Bericht empfiehlt es sich, keine Termine anzusetzen. Sie müssen sich über längere Zeitabschnitte, etwa über die ganze Vermessungsperiode, ausdehnen. Bei Bearbeitung dieser Berichte ist besondere Rücksicht auf das bereits vorhandene Material zu nehmen, so daß im Laufe der Zeit eine zusammenhängende, eingehende Schilderung der in Frage kommenden hydrographischen sowie der Wind- und Wetterverhältnisse entsteht. Der hydrographische Bericht sollte sich mit den Gezeitenerscheinungen und den Strömungsverhältnissen beschäftigen, während der meteorologische Bericht auf die Wind- und Wetterverhältnisse im allgemeinen einzugehen hätte. Die Sammlung und Sichtung des Materials für diesen Bericht wird in erster Linie Sache des Leiters sein. Befindet sich ein Schiff in einer Gegend, die nach dieser Richtung bereits erforscht ist, so wird die Prüfung auf Richtigkeit der gewonnenen Resultate und die Feststellung der Abweichungen extremer Werte von den durchschnittlichen Verhältnissen eine nicht minder bedeutungsvolle Aufgabe sein. Die Beiträge zu den Segelanweisungen werden zweckmäßig gleichzeitig mit jenen Berichten einzureichen sein.

Für nautische Zeitschriften, also z. B. für die »Nachrichten für Seefahrer«, müssen endlich Beiträge eingesandt werden, insofern sich namentlich bei den Vermessungen in den heimischen Gewässern Abweichungen gegen die Angaben der neuesten Karten herausstellen, deren Bekanntgabe für die Schifffahrt von Nutzen ist. Auf Störungen, die eine unmittelbare Gefahr für die Schifffahrt bilden, wird zweckmäßig mittels Drahtnachricht aufmerksam gemacht werden.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

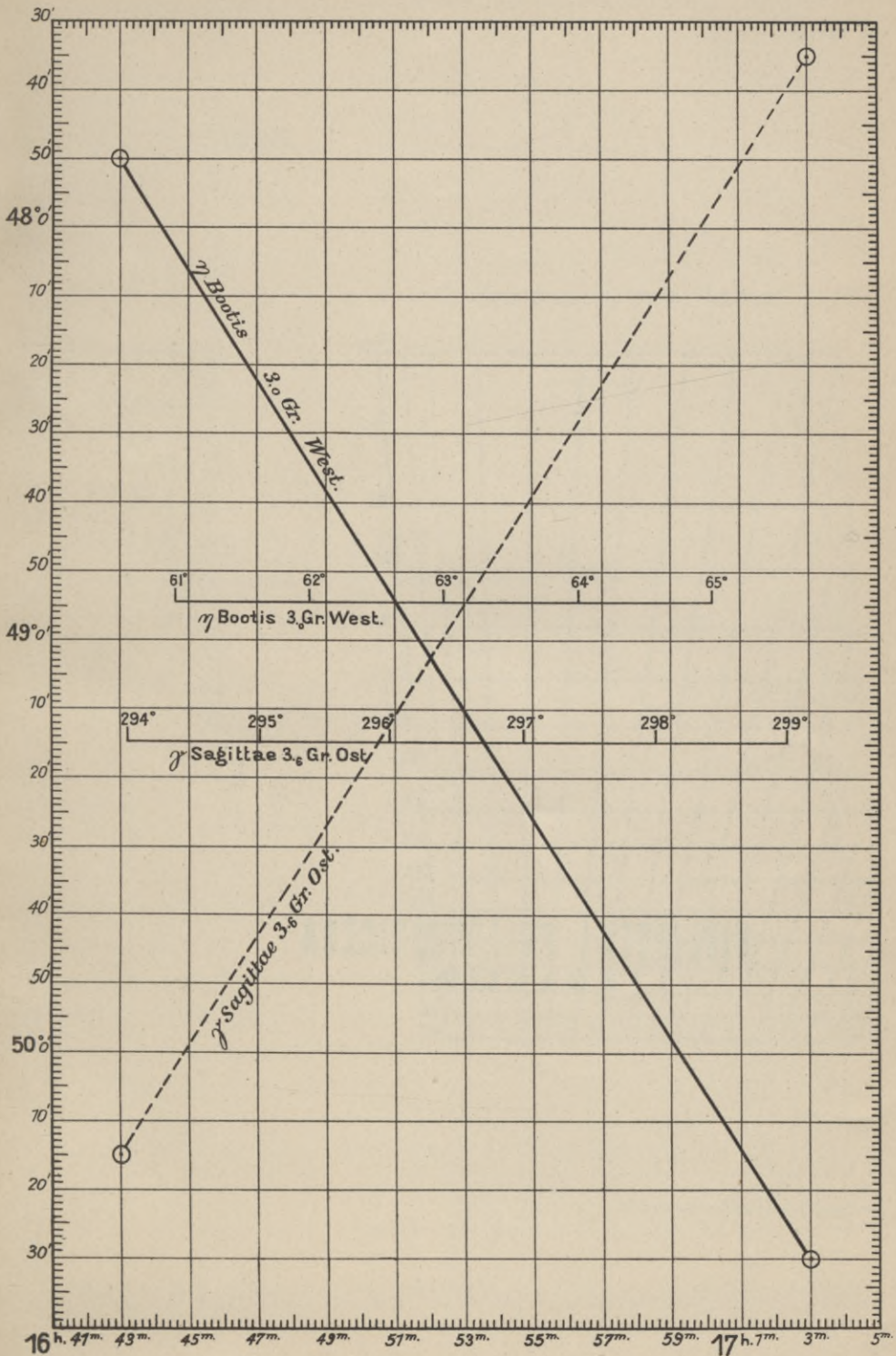
Für die Zeitbestimmungen
in gleichen Zenitabständen.
Diagramm zum Absetzen der vollen Azimut-Grade.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Zeitbestimmung aus gleichen Zenitabständen.

Beispiel eines Diagramms für die Einstellung der Sterne.



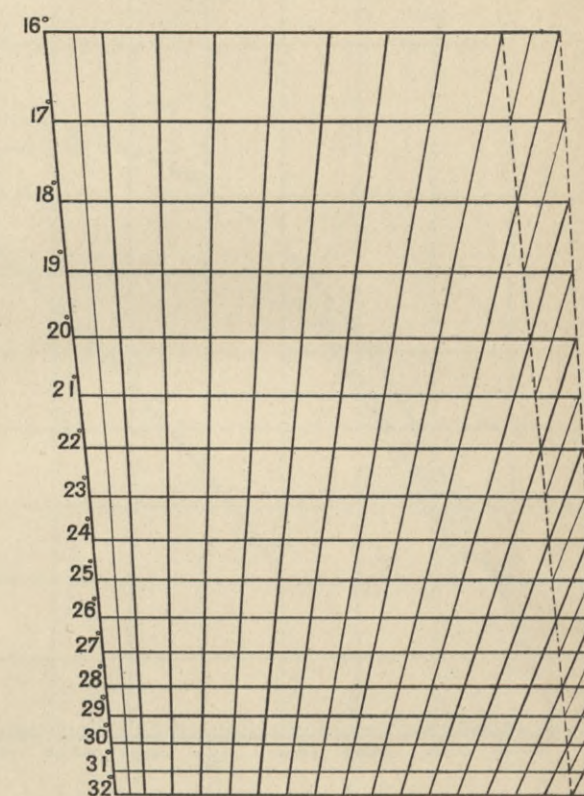
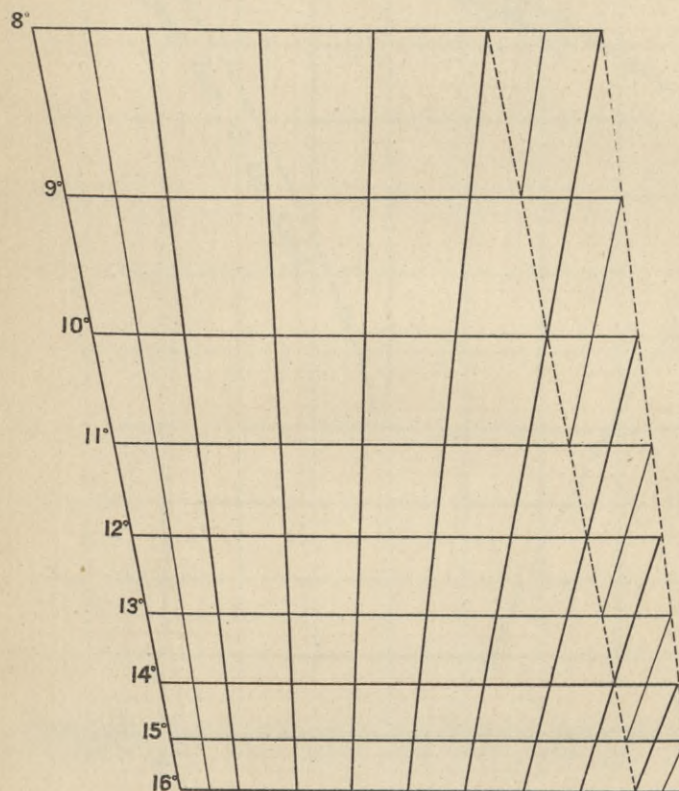
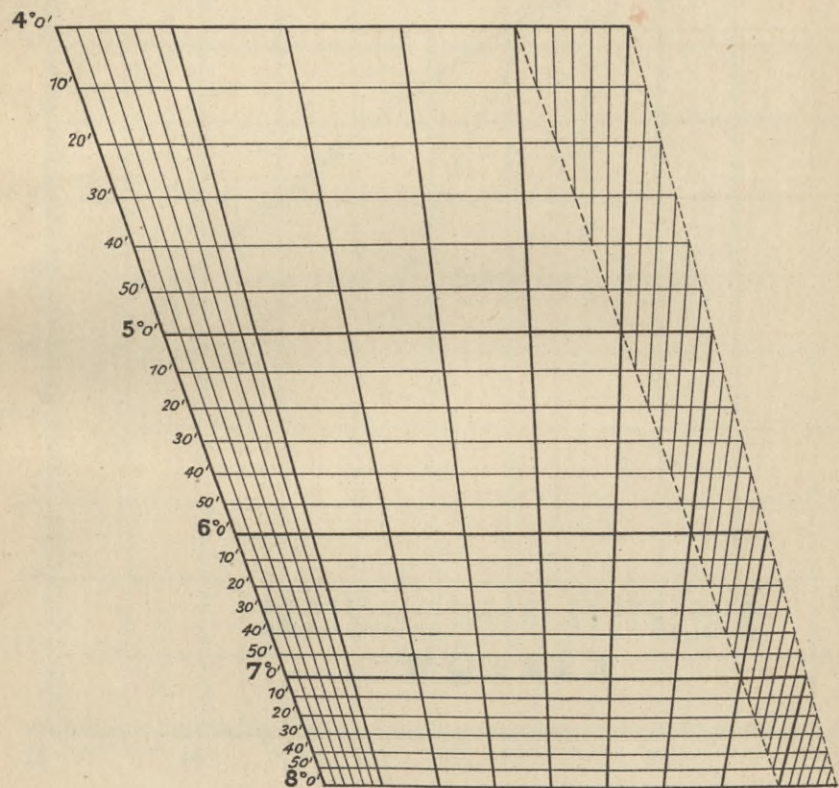
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Für die Breitenbestimmungen in gleichen Zenitabständen.
Diagramm zum Absetzen des Azimuts.

A. Von Grad zu Grad.

B. Von zwei zu zwei Graden.

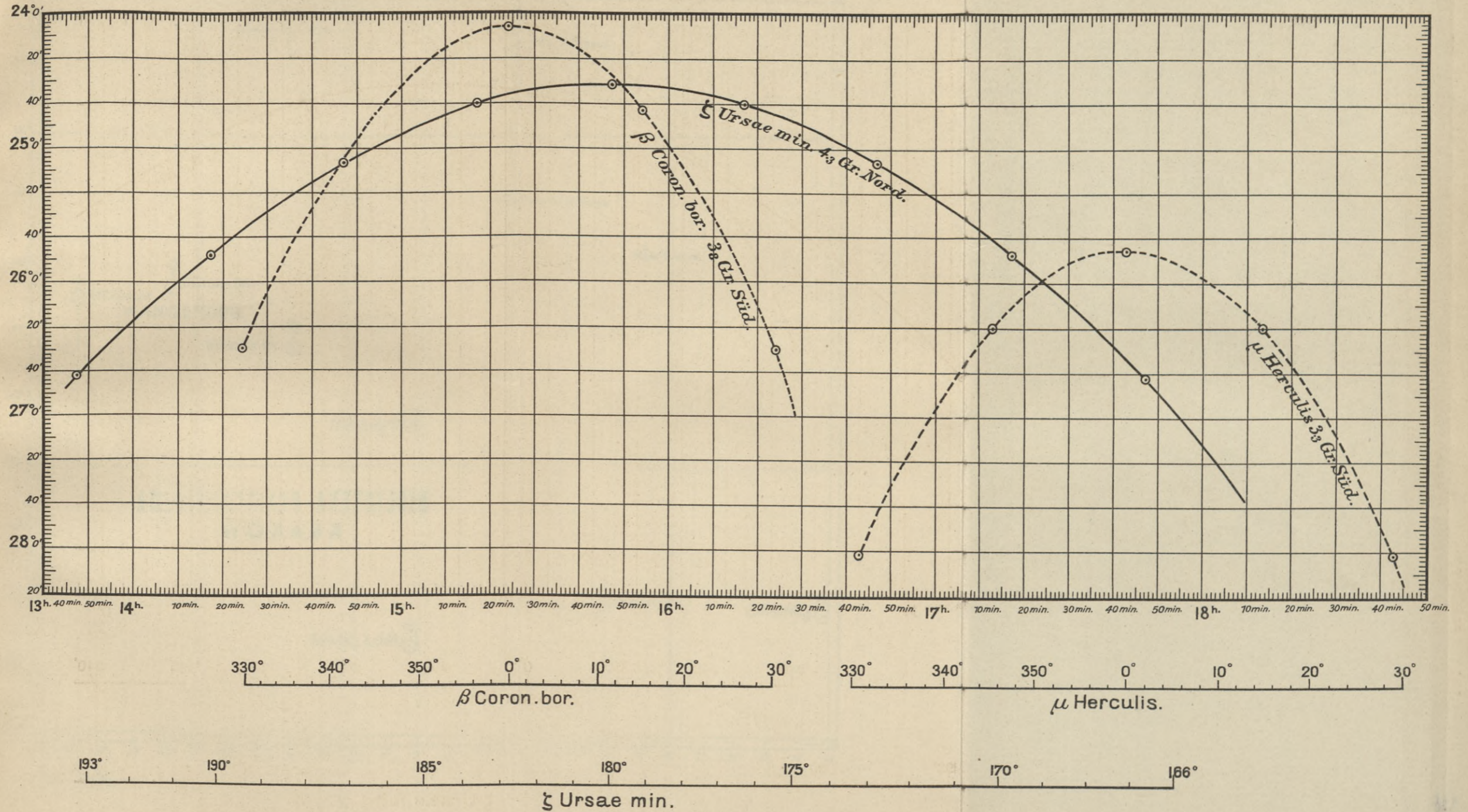
C. Von zwei zu zwei Graden.



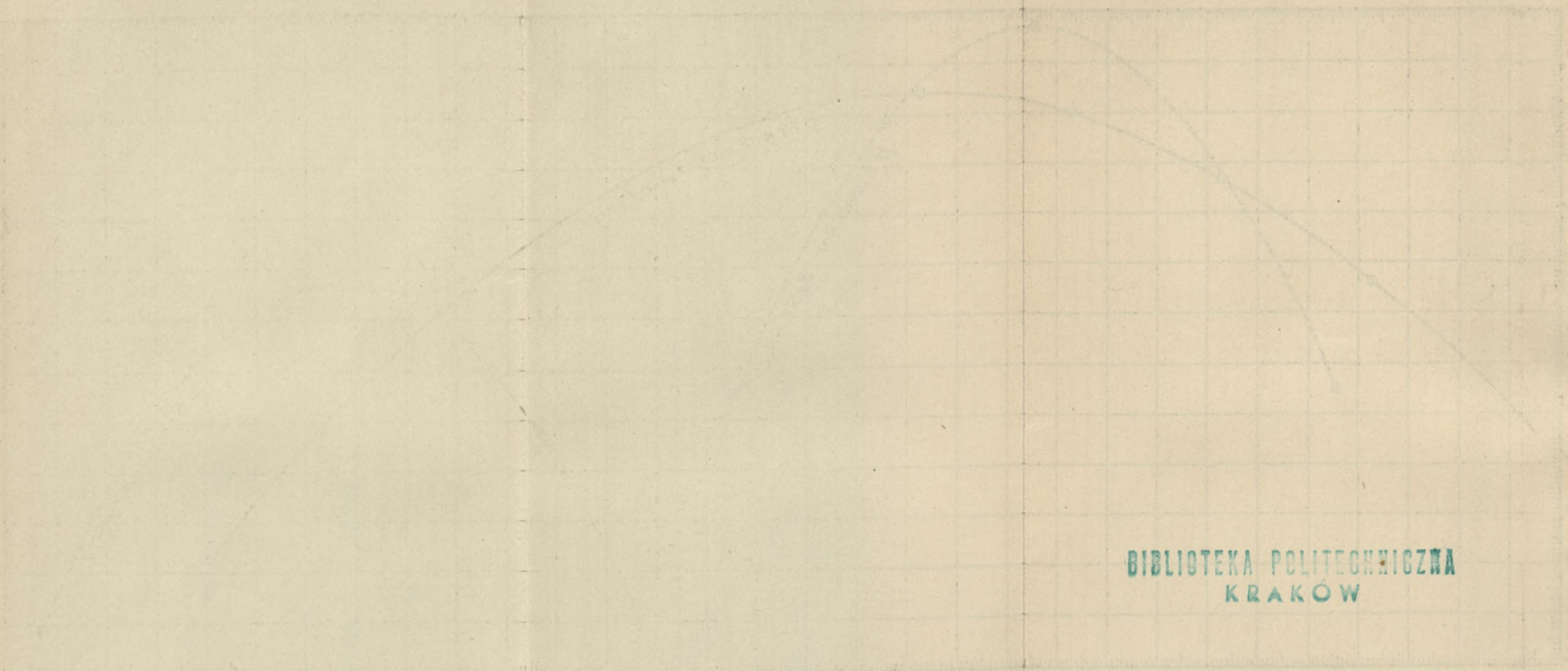
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Breitenbestimmung aus gleichen Zenitabständen.

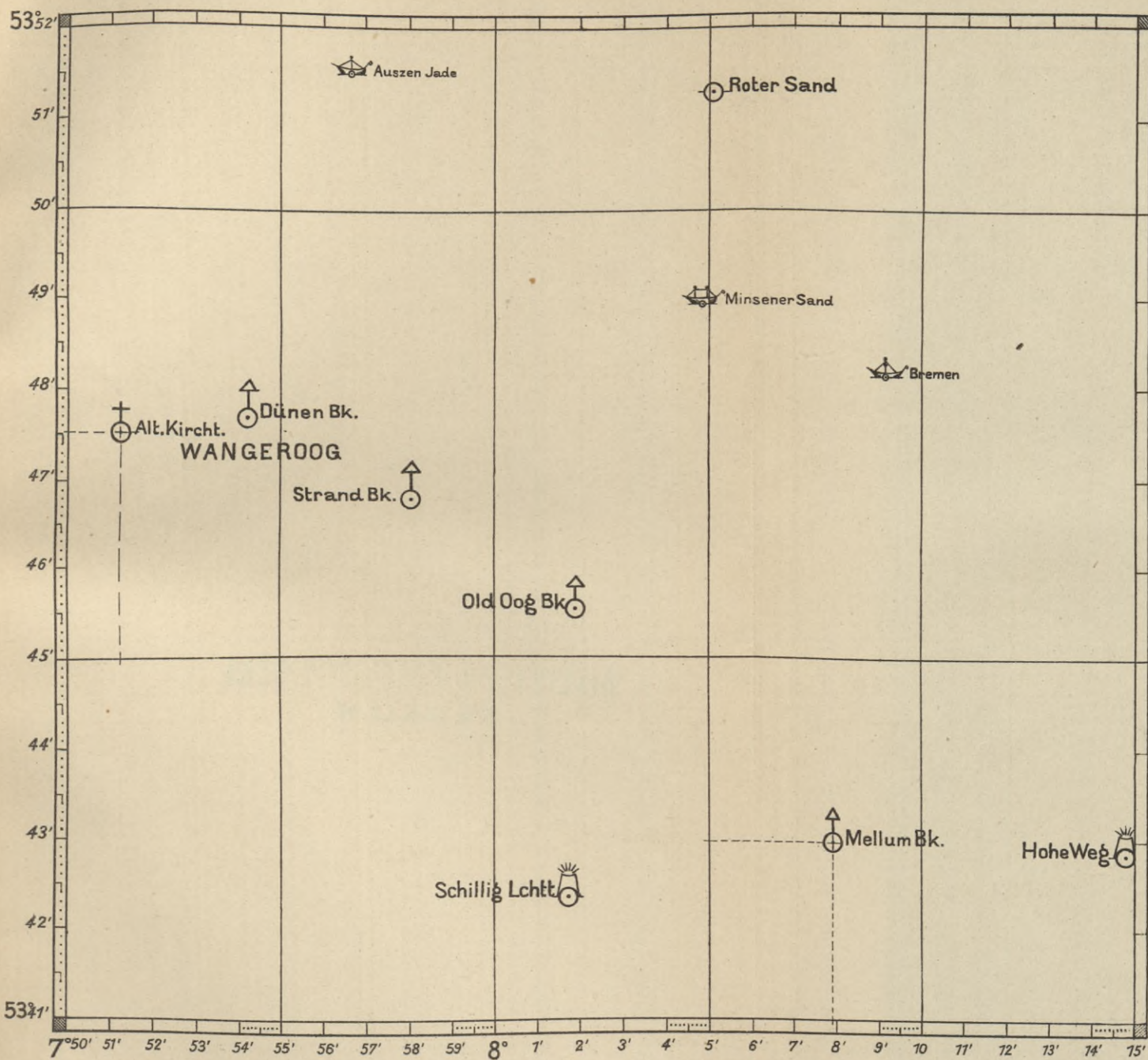
Beispiel eines Diagramms für die Einstellung der Sterne.



Bestimmung der ...
...



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW



893.3 x 829.5

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

S-96

S. 61





Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351311

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297649