MAGNETISMUS UND DEVIATION DER COMPASSE

VON

H. A. JUNGCLAUS.
Navigationslehrer.

Magnetismus

und

Deviation der Kompasse

in eisernen Schiffen

für

den Unterricht in Navigationsschulen
sowie zum Selbstunterricht

von

H. A. Jungclaus
Navigationslehrer.

Motto: Die Natur hat sich so viel Freiheit vorbehalten, dass wir mit Wissen und Wissenschaft ihr nicht durchgängig beikommen oder sie in die Enge treiben können.
Goethe.

Zweite mit vielen Beispielen und mit Uebungs-Aufgaben versehene Auflage.

Bremerhaven.
Verlag von Chr. G. Tienken.
1887.

Druck von Schaefer & Co., Geestemünde.

Vorrede.

> In New-York sind neunzig verschiedene, christliche Confessionen, von welchen jede auf ihre Art Gott und den Herrn bekennt, ohne weiter an einander irre zu werden. In der Naturforschung, ja in jeder Forschung müssen wir es so weit bringen; denn was will das heissen, dass Jedermann von Liberalität spricht und den Andern hindern will, nach seiner Weise zu denken und sich auszusprechen.
>
> Goethe.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Werkchens hat es auch in der Deutschen Litteratur nicht an Neubearbeitungen des vorliegenden Themas gefehlt. Abgesehen von einigen andern Arbeiten, wie die von Rottok und im Handbuch der Navigation, veröffentlichte die Deutsche Seewarte im Jahre 1885 (Aus dem Archiv etc. 1883) einen sogenannten populären Vortrag über die Deviation der Kompasse, der ein Neumayer'sches Deviations-Modell voraussetzt, welches ein Seemann nicht hat. Dasselbe ist freilich in den Navigationsschulen vorhanden, allein die Arbeit ist in denselben nicht verwendbar, einestheils der Anordnung des Stoffes wegen, welche eine Auswahl desselben nicht gestattet, anderntheils weil die Zeit nicht entfernt zu Gebote steht, welche die Durchführung der Versuche beansprucht. Dieselben bloss andeuten, geht durchaus nicht. In diesem Jahre veröffentlichte die Seewarte (Aus dem Archiv 1884) eine Neubearbeitung der Theorie der Deviation nach dem Admirality Manual, welche so grosse Kenntnisse in der Mathematik resp. in der analytischen Mechanik voraussetzt, dass wohl selten ein Seemann zu finden sein dürfte, welcher den Deduktionen folgen kann.

In der neuen Auflage von Albrecht und Vierow Lehrbuch der Navigation sind die neuen Erfindungen, welche eine gewaltige Umgestaltung im Gebiete des Kompasswesens hervorgebracht haben, nicht einmal berührt.

Ueber die Deviation bringt es so wenig, dass es kaum für die Schule genügt; zum Nachschlagen und Rathholen in See genügt es in keiner Weise.

Es fehlt uns somit noch immer ein völlig elementar gehaltener Leitfaden, der dem Standpunkt der Wissenschaft im Augenblick, so weit es geht, entspricht, aus welchem der Schiffer sich in den meisten Fällen Rath holen und an welchem das Weiterstudium recht leicht angeschlossen werden kann. Dass der Weg dazu nur über die Poisson-sche Gleichung führt, ist bekannt und gerade, um auf diese vorzubereiten, habe ich den vorliegenden Weg der Ableitung eingeschlagen, auf welchem die Bedeutung der Koefficienten allmählig und eingehend zum Bewusstsein kommt.

Sowohl bei der Bearbeitung dieser als auch der ersten Auflage bin ich von dem Grundsatze ausgegangen: Es kommt nichts in den Verstand, was (es hiesse wohl besser: dessen Anfänge) nicht mit den Sinnen wahrgenommen ist. Während ich denselben in der ersten Auflage vielleicht etwas auf die Spitze getrieben, habe ich ihn in dieser nach der eingeklammerten Lesart festgehalten. In wie fern ich darin das Richtige getroffen habe, unterbreite ich hiermit dem Urtheil meiner Collegen und Fachgenossen. Dass der Vortrag z. B. der §§ 42—50 durch Versuche zu erläutern ist, brauche ich eigentlich nicht zu erwähnen, es hiesse Wasser ins Meer tragen, wollte ich dazu noch Anweisungen geben. Wer diese §§ beim Selbststudium durchnimmt, findet sich, wie ich zu hoffen wage, auch ohne Versuche zurecht, wenngleich dieses nicht ohne einige Schwierigkeit abgehen wird.

Ich weiss recht wohl, dass das ganze Werk weder in der Steuermannsklasse noch in der Schifferklasse durchgenommen werden kann, allein es wird meinen werthen Kollegen nicht schwer fallen, das Passende auszuwählen und damit die intelligenteren Schiffer-Kandidaten aufs Pferd zu heben; das Reiten werden sie sich dann schon nach dem Rest, auch wenn dies der grössere Theil sein sollte, selbst einüben.

Geestemünde, im September 1886.

Jungclaus.

Inhalts-Verzeichniss.

I. Theil.

Vom Magnetismus.

§		Seite
1	Magnetische Eigenschaft, natürliche und künstliche Magnete, Lamellen	1
2	Pole, Nebenpole und Axe eines Magneten . .	1
3	Lage freier Magnete, Richtkraft derselben, der magnetische Meridian	2
4	Magnetische Anziehung und Abstossung . .	3
5	Wirkung des Magnetismus in der Ferne, der Magnetismus als richtende Kraft	3
6	Das magnetische Moment	7
7	Verhalten des weichen Eisens gegen den Magnetismus, flüchtiger Magnetismus	8
8	Verhalten des Stahles und des harten Eisens gegen den Magnetismus, fester oder permanenter Magnetismus	9
9	Vom halbfesten oder remanenten Magnetismus .	10
10	Anfertigung der Magnete	11
11	Ueber das Wesen des Magnetismus, flüchtiger, halbfester und fester Magnetismus. Das Schiff als Magnet	12
12	Wirkung mechanischer Erschütterungen und der Wärme auf weiche Eisenstangen und auf Magnete	14
13	Die Erde als Magnet	16
14	Die Missweisung und die Isogonen . . .	17
15	Die Inklination und die Isoklinen . . .	18
16	Richtung und Grösse der magnetischen Kraft der Erde	19
17	Magnetische Elemente	21
18	Aenderungen der magnetischen Elemente . .	23

II. Theil.

Vom Kompass und den Hülfs-Instrumenten.

19	Geschichtliche Rückblicke	25
20	Die Thomson-Rose	30
21	Die Ludolph-Rose	31
22	Das Trägheitsmoment einer Rose . . .	31
23	Die Hechelmann-Rose	34
24	Der Ruhe-Koefficient einer Rose . . .	34
25	Der Einstellungs-Koefficient einer Rose . .	35

§		Seite
26	Das magnetische Moment einer Rose (Wiederholung des § 6)	36
27	Die Schwingungszeit einer Rose	37
28	Das Laufen der Rosen	38
29	Ruhe der Rosen bei Bewegungen des Schiffes	40
30	Koefficienten von 14 Rosen	41
31	Beschreibung und Prüfung der mechanischen Arbeit des Kompasses	42
	Aufhängung und Axen. — Ort der Pinne und deren Spitze. — Vorläufige Centrierung der Rose und Pinne. — Der Stein im Hütchen. — Zuspitzung der Pinne. — Lage des Kessels. — Vorkehrungen zur Verhinderung der pendelnden Bewegungen des Kessels. — Vorkehrungen zur Abwehr von Erschütterungen und Stössen. — Abhaltung von Luftzug und Feuchtigkeit. — Der Rand der Regelkompasse, Eintheilung desselben. — Der Kompass als Peilscheibe. — Die Diopter. — Peilungen bei verschiedenen Höhen. — Patentpeilapparate. — Die Steuerstriche. — Genaue Centrierung der Rose und der Pinne.	
32	Generaluntersuchung eines Kompasses	50
33	Aufstellung der Kompasse	51
34	Die Peilscheibe	54
35	Das Vertikalkraft-Instrument von Thomson und die Klinometer	55

III. Theil.

Von der Deviation der Kompasse.

I. Kapitel.

36	Erklärungen und die Bestimmung der Deviation:	59
	1. durch gegenseitiges Peilen	60
	2. durch Peilen eines entfernten Objects	63
	3. mit Hülfe der Peilscheibe	66
	4. durch Azimuth-Beobachtungen	66
	5. Bemerkungen zu Azimuth-Peilungen	67

II. Kapitel.

Das Napier'sche Diagramm.

37	Einleitung, Erklärung eines Diagramms	69
38	Das Napier'sche Deviations-Diagramm	70
39	Gebrauch des Napier'schen Diagramms	72
40	Die Steuertabellen	74

III. Kapitel.

Die Theorie der Deviation.

41	Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, das Parallelogramm der Kräfte. Beispiele	77

§		Seite
42	Einwirkung des Baukurses auf die Vertheilung des festen Magnetismus im Schiffe . . .	80
43	Die Wirkung des festen Magnetismus im Schiffe auf den Kompass	82
44	Die Wirkung des halbfesten Magnetismus im Schiffe auf den Kompass	85
45	Die Wirkung des flüchtigen Magnetismus im Schiffe auf den Kompass.	
	a. Die Wirkung der vertikalen Induction .	89
46	Die halbkreisige Deviation	91
47	Die Wirkung des flüchtigen Magnetismus im Schiffe auf den Kompass.	
	b. Die Wirkung der horizontalen Induction, constante und viertelkreisige Deviation .	93
48	Die Deviationsformel und Rekapitulation . .	99
49	Bildliche Darstellung der verschiedenen Kräfte .	99
50	Ueber λ (Lambda) und dessen Abhängigkeit von flüchtigem Magnetismus in horizontalem weichem Eisen oder von a und e	100
51	Ableitung und Berechnung der Koefficienten A, B, C, D und E aus einer beobachteten Deviation und Rückrechnung der Deviation aus denselben .	101

IV. Kapitel.

Vom Krängungsfehler.

52	Theorie des Krängungsfehlers . . .	110
53	Vom Krängungs-Koefficienten und vom Krängungsfehler	115
54	Bestimmung des Krängungs-Koefficienten im Hafen .	118
55	Aenderung der Deviation bei Aenderung der Gleichlastigkeit des Schiffes	121

V. Kapitel.

Aenderungen in der Deviation.

56	Verhalten der Koefficienten A, D und E im Laufe der Zeit und bei Ortsänderungen . . .	122
57	Aenderungen im festen Magnetismus und damit in B und C bei neuen Schiffen . . .	123
58	Aenderungen der Koefficienten B und C . .	126
	1. Aenderungen der Theile von B und C, die vom festen Magnetismus herrühren . . .	126
	2. Aenderungen der Theile von B und C, die von der Vertikal-Induction des flüchtigen Magnetismus in weichem Eisen herrühren . .	128
	3. Aenderungen der Theile von B und C, die von halbfestem Magnetismus herrühren, bei Breitenänderungen	129

§ Seite

4. Aenderungen der Theile von B und C, die von halbfestem Magnetismus herrühren, bei Kursänderungen 131
59 Berechnung von B und C für einen beliebigen Ort aus den Konstanten P, c, v, Q, f und v . . 135
60 Vorbehalte 137
61 Aenderungen im Koefficienten K . . . 139
62 Neubeobachtungen von B, C und K, deren Berechnung und Schlussworte 141

VI. Kapitel.

63 Ueber den Ort eines Kompasses an Bord . . 147

VII. Kapitel.

Die Kompensation des Kompasses.

64 Einleitung 151
65 Kompensation der halbkreisigen Deviation. 1. Aufzählung der Kräfte 2. Methode von Smith. 3. Methode von Airy. 4. und 5. Nothfälle . . 152
66 Vorsicht und Rücksichten bei Kompensation der halbkreisigen Deviation 158
67 Die Kompensation von $\frac{c}{\lambda} \cdot \operatorname{tg} J$ . . . 160
68 Die Kompensation der viertelkreisigen Deviation . 162
69 Die Kompensation des Krängungsfehlers . . 166
70 Die Reihenfolge der einzelnen Kompensationen . 171

Zusätze.

71 Ueber Karten mit den magnetischen Elementen . 172
72 Bestimmung der Deviation des Kompasses ohne Peilungen 173

VIII. Kapitel.

Uebungsaufgaben. 177

I. Multiplikations-Tabelle 187
II. Tabelle des Krängungsfehlers für 1° Krängung . 194
III. Natürliche trigonometrische Functionen . . 195

Erster Theil.

Vom Magnetismus.

§ 1. Beschreibung der magnetischen Eigenschaft.

Unter den verschiedenen Eisenerzen findet sich eins, der sogenannte Magneteisenstein, welches die Eigenschaft besitzt, Eisen und eisenhaltige Körper anzuziehen und festzuhalten, nachdem es in ihnen eine gleiche Kraft erregt hat. Dieses Eisenerz wurde zuerst in der Nähe der Klein-Asiatischen Stadt Magnesia gefunden; die Kenntniss seiner Eigenschaften verbreitete sich von dort aus und daher stammt der Name Magnet und weiter die Ausdrücke: Magnetismus, Magnetisieren u. s. w. Solche Magnete nennt man natürliche. Künstliche Magnete sind gerade oder krumme Eisen- oder Stahlstäbe, denen man die magnetische Kraft mitgetheilt hat. Mehrere solcher Stäbe, dann Lamellen genannt, zu einem Bündel vereinigt, nennt man ein magnetisches System oder kurzweg einen Magneten. Die magnetische Kraft eines solchen Systems ist freilich weit geringer als die Summe der Kräfte der einzelnen Stäbe, aber doch grösser als ein einfacher massiver Stab von gleichen Ausdehnungen wie das Bündel. Bei Versuchen werden fast stets künstliche Magnete angewendet, weil sie bequemer, in jeder passenden Form und in grösster Stärke zu beschaffen sind.

§ 2. Pole und Axe eines Magneten.

Legt man einen Magneten, einerlei ob es ein natürlicher oder ein künstlicher ist, in Eisenfeilicht, so findet man beim Herausnehmen, dass sich die Spähne hauptsächlich an zwei Stellen, die etwas von den Enden entfernt liegen, stark ansetzen. Hier muss demnach die Anziehung wohl am stärksten sein. Die Mittelpunkte der grössten magnetischen Anziehung nennt man die Pole des Magneten, deren jeder Magnet zwei hat. Die gerade Linie zwischen den beiden Polen eines Magneten heisst die magnetische Axe desselben. Ist der Magnet an beiden Enden symmetrisch geformt und ausserdem seine Masse überall gleich hart und dicht, so wird seine magnetische Axe mit der geometrischen zusammen fallen. Die Strecke zwischen den Polen, wo kein Eisenfeilicht haftet, nennt man die neutrale Zone. Ist ein Magnet unregelmässig geformt oder ist bei der Herstellung eines künstlichen Magneten sehr unachtsam verfahren, so können mehrere Pole in demselben vorhanden sein. Die den äussersten Enden zunächst liegenden sind dann die stärksten und heissen die Hauptpole, die dazwischen liegenden sind schwächer und heissen Neben- oder Folgepole.

Um die Pole eines Magneten genau zu bestimmen, kann man folgendes Verfahren einschlagen. Mittels eines Stückes Holz oder Kork bringe den Magneten auf einem geräumigen Gefäss mit Wasser zum Schwimmen. Nachdem er seine Ruhelage eingenommen hat, nähert man demselben, dahin wo man den Pol vermuthet, vertikal von oben ein spitzes Eisenstück, etwa einen weichen Drahtnagel. Man wird sehen, dass sich der Magnet verschiebt und zwar so lange, bis der Pol vertikal unter der Spitze liegt. Nähert man den Nagel dem Magneten in vertikaler Richtung, so trifft man gerade den Pol. Durch ein Tröpfchen Dinte an der Spitze des Nagels kann man ihn leicht dauernd bezeichnen.

§ 3. Lage freier Magnete und Richtkraft derselben.

Wenn ein Magnet an einem ungedrehten Faden aufgehängt oder, wie beim Compass geschieht, auf eine spitze Pinne gelegt wird, dass er sich horizontal frei bewegen kann, so stellt er sich nach einigen Schwankungen in eine nahezu Nord-Süd laufende Richtung. Die längs der Axe des Magneten gelegte Vertikalebene heisst der magnetische Meridian, wobei indessen vorausgesetzt werden muss, dass der Magnet allein der richtenden Kraft der Erde ausgesetzt ist. Lenkt man ihn aus dieser Richtung ab, so strebt er mit einer gewissen Kraft in dieselbe zurückzukehren. Diese Kraft nennt man die Richtkraft des Magneten.

§ 4. Magnetische Anziehung und Abstossung.

Nähert man einem wie vorstehend aufgehängten Magneten von der Seite her einen andern Magneten, so dass dessen Axe ungefähr auf die Mitte des ersten zeigt, so findet man, dass dessen eines Ende angezogen, das andre abgestossen wird; z. B. es werde das Südende angezogen, das Nordende abgestossen. Kehrt man den Magneten um und nähert das andere Ende desselben der beweglich aufgehängten Nadel, so wird man finden, dass nun das Südende der letzteren abgestossen und das Nordende angezogen wird. Also beide Magnete enthalten zweierlei Magnetismen von wesentlich verschiedener Art. Hängt man den zweiten Magneten in gleicher Weise auf, so wird das erste Ende nach Norden, das zweite nach Süden zeigen. Man bezeichnet dementsprechend den Magnetismus in dem Ende, welches nach Norden zeigt, mit Nord-Magnetismus, den in dem andern Ende mit Süd-Magnetismus. Der Versuch zeigt, dass die gleichnamigen Pole sich abstossen, die ungleichnamigen sich anziehen, desshalb nennt man erstere auch wohl freundliche, letztere feindliche Pole. Der Versuch zeigt ferner, dass es durchaus nicht statthaft ist, den Magnetismus einseitig als eine Anziehungskraft zu erklären; mit demselben Rechte kann man ihn eine abstossende Kraft nennen.

§ 5. Wirkung des Magnetismus in der Ferne.

1. Placiert man genau Ost oder West von der Mitte einer kleinen Magnetnadel, die sich frei horizontal bewegen kann, einen recht grossen Magneten — sagen wir z. B. von 1 Meter Länge —, in vertikaler Stellung, so dass sein oberer Pol, der etwa 8 cm vom Ende liegen wird, gleich hoch mit der Nadel liegt und etwa 50 cm

davon entfernt, so wird der eine Pol der Nadel mit einer gewissen Kraft angezogen, der andre mit derselben Kraft abgestossen. Der Magnet wird also die ganze Nadel weder zu sich heranziehen, noch von sich abstossen, er wird ihr bloss eine andre Richtung geben, er hat mit andern Worten bloss eine richtende Kraft in Bezug auf die Nadel. Diese richtende Kraft wird durch den Winkel gemessen werden können, um den die Nadel aus ihrer ersten Ruhelage abgelenkt wird, deshalb messe man ihn möglichst genau. Bringt man darauf den Magneten in 70 cm Entfernung und merkt wieder den Winkel, so wird man finden, dass die beobachteten Winkel sich nahezu umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen verhalten. Genauer ausgedrückt verhalten sich die Tangenten dieser Winkel umgekehrt wie die Quadrate der Abstände.

i. Z. $\operatorname{tg} a : \operatorname{tg} b = 70^2 : 50^2 = 49 : 25$ nahe $2 : 1$.

Placiert man den Pol des Magneten tiefer als die durch die Nadel gedachte Horizontalebene, so wird der Ablenkungswinkel kleiner ausfallen und zwar zeigt das im III. Theil dieses Buches zu besprechende Parallelogramm der Kräfte, dass derselbe um den cosinus des Winkels (α), den die Linie von der Mitte der Nadel nach dem Pol des Magneten mit der Horizontalebene bildet, kleiner sein muss. Stellt man den Magneten vertikal unter die Nadel, so erfolgt keine Ablenkung, der Winkel $\alpha = 90^0$ und $\cos 90^0 =$ Null.

Befindet sich der obere Pol des 1 m langen, vertikal gehaltenen Magneten in gleicher Höhe mit der Nadel, so wird der auch etwa 8 cm vom untern Ende liegende Pol 84 cm tiefer als die Nadel liegen. Sein Abstand wird bei 50 cm Abstand des obern Pols $= \sqrt{84^2 + 50^2} =$ nahe 1 m = 100 cm sein. Der Winkel, den seine Verbindungslinie nach der Nadel mit der Horizontalebene bildet, wird nahe 60^0 sein. Dementsprechend wird seine ablenkende Wirkung auf die Nadel im Vergleich zum obern Pol sein $(50^2 : 100^2) \times \cos 60^0 = {}^1/_4 \times {}^1/_2 = {}^1/_8$, welche Grösse in dem oben ausgesprochenen Gesetze gleich Null angenommen ist.

Man darf hiernach das allgemeine Gesetz aussprechen: Die ablenkende oder richtende Wirkung eines Magnetpols nimmt ab, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen.

2. Ist der ablenkende Magnet nicht gross genug oder ist seine Lage nicht danach, dass man den Einfluss des entfernten Pols gleich Null setzen kann, so findet auch ein völlig anderes Verhältniss statt. Legt man z. B. einen 20 cm langen Magneten genau in der O-W Richtung von einer kleinen Nadel in gleicher Höhe mit derselben so hin, dass seine Axe auf die Mitte der Nadel gerichtet ist und seine Mitte von der Mitte der Nadel 50 cm entfernt liegt, so wird die Nadel um einen gewissen Winkel abgelenkt, sagen wir 25^0. Legt man darauf den Magneten in 70 cm Entfernung, so wird der Ablenkungswinkel nahe $9{,}6^0$, nämlich

$$\text{tg } 25^0 : \text{tg } 9{,}6^0 = 70^3 : 50^3 = 343 : 125 \text{ nahe } 3 : 1.$$

Die Tangenten der Ablenkungswinkel verhalten sich also nahe umgekehrt wie die Kuben der Abstände.

Legt man den Magneten über oder unter die durch die Nadel gehende Horizontalebene, so wird der Ablenkungswinkel wieder kleiner und zwar genau wie unter Nr. 1 im Verhältniss des cosinus des Winkels, den die von der Mitte der Nadel nach der Mitte des Magneten gehende Linie mit der Horizontalebene bildet, vorausgesetzt, dass die Axe des Magneten auf die Mitte der abgelenkten Nadel gerichtet ist.

Genau genommen gilt obiges Gesetz nur dann, wenn die Quadrate der Längen der Nadel und des Magneten gegen den Kubus des Abstandes gleich Null gesetzt werden dürfen.

3. Legt man den Magneten mit seiner Mitte gleich hoch mit der Nadel aber in deren verlängerten Axe, also N oder S von derselben und den Magneten selbst O oder W, also senkrecht zur Verbindungslinie, so werden die Ablenkungswinkel bei denselben Abständen wie unter Nr. 2 nur halb so gross wie dort, also nur etwa $12^1/_2{}^0$ und $4{,}8^0$, d. h.: Bei verschiedenen Abständen verhalten sich die Tangenten der Ablenkungswinkel wieder umgekehrt wie die Kuben der Abstände.

i. Z. $\text{tg } 12{,}5^0 : \text{tg } 4{,}8^0 = 70^3 : 50^3 = 343 : 125$ oder nahe $3 : 1$.

Legt man diesen Magneten immer in 50 cm Abstand (von Mitte der Nadel bis Mitte des Magneten) allmählig tiefer und tiefer bis er zuletzt vertikal unter der Nadel liegt, so wird man bei dieser immer denselben Ablenkungswinkel finden, wenn nur der Magnet immer die O-W Richtung behält und horizontal bleibt.

Dieselbe Wirkung erzielt man, wenn man ihn höher und höher legt, bis er vertikal über der Nadel liegt. Hierin liegt der Grund, wesshalb man bei der Kompensation eines Kompasses auf einem Schiffe, welches sich bald nach Bb, bald nach Stb, bald nach vorn, bald nach hinten neigt, die Magnete stets, wenn es nur irgend angeht, in einer Lage anbringt, wie unter dieser Nr. 3 angegeben ist.

4. Bringt man den Magneten unter 1, 2 und 3 nach und nach in eine Lage, die senkrecht zur abgelenkten Nadel ist, so werden die Ablenkungswinkel grösser. Sie erreichen bei einer Lage senkrecht zur abgelenkten Nadel ihr Maximum und die Tangenten der Ablenkungswinkel gehen in den aufgestellten Verhältnissgleichungen in Sinusse über:

Nr. 1 wird $\sin a : \sin b = 70^2 : 50^2 = 2 : 1.$

Nr. 2 und 3 werden $\sin a : \sin b = 70^3 : 50^3 = 3 : 1.$

Diese Art, die Grösse der Kraft des ablenkenden Magneten zu messen, ist die in der Lehre von der Deviation der Kompasse fast ausschliesslich gebräuchliche, denn wie die abgelenkte Nadel liegt, können wir am Kompass sehen und dann beurtheilen, ob die Längschiffskräfte oder die Querschiffskräfte senkrecht dazu liegen; deshalb wird in der Folge immer auf diese Art der Ablenkung oder, was dasselbe sagt, diese Art Messung der magnetischen Kräfte zurückgegangen.

Wie wird es wohl sein, wenn man fremde Gegenstände zwischen den beiden, der Nadel und dem Magneten, aufstellt, z. B. eine Glasplatte, eine Holzscheibe? Die Nadel wird stets genau um denselben Winkel abgelenkt oder die abgelenkte Nadel behält ihre Lage vollkommen ruhig bei. Schliesst man die Nadel in einen Kasten, der von beliebigen Materialien gebaut ist, und macht man diesen Kasten auch völlig dicht, der Erfolg wird immer derselbe sein, die magnetische Kraft äussert sich durch alle Substanzen hindurch ungeschwächt. Ausgenommen davon ist nur das Eisen in seinen verschiedenen Verbindungen; dasselbe wird nämlich selbst magnetisch und kann die Einwirkung eines Magneten in das gerade Gegentheil verkehren, weil ein Pol stets den entgegengesetzten Magnetismus hervorruft.

Die Bestrebungen, die magnetische Kraft eines Schiffes durch dazwischen zu stellende Substanzen von dem Kompass abzuhalten, gehören in eine Klasse mit den Bestrebungen, ein Perpetuum mobile herzustellen. Beide können nur von Menschen gepflegt werden, welche die ewigen, unveränderlichen Naturgesetze nicht kennen oder verkennen, wenn denselben nicht gar noch schlimmere Beweggründe unterzulegen sind.

§ 6. Das magnetische Moment.

Ein ähnliches Verfahren, wie in den beiden vorigen Paragraphen angegeben ist, um die Kräfte eines Magneten in verschiedenen Abständen zu vergleichen, kann auch dazu dienen, die absolute Kraft eines Magneten zu bestimmen, wenngleich grosse Genauigkeit auf diese Weise nicht zu erreichen ist. Man benutzt dazu wieder eine kleine Nadel, deren Länge man gegen ihren Abstand = d von der Mitte des Magneten vernachlässigen kann; eine Kompassrose mit Thomson-Magneten ist dazu allenfalls brauchbar. Der Ablenkungswinkel = φ muss möglichst genau gemessen werden. Da derselbe von der weiter unten zu besprechenden Horizontalkraft der Erde abhängig ist, so muss man auch diese = H kennen. Nämlich je grösser diese Kraft ist, desto grösser muss auch die ablenkende Kraft eines Magneten sein, um einen bestimmten Ablenkungswinkel hervorzurufen. Hieraus folgt zugleich, dass der Versuch nicht an Bord eines Schiffes sondern nur am Lande vorgenommen werden kann, wo allein die magnetische Kraft der Erde einwirkt und keine Eisenmassen in der Nähe sind. Je nachdem man den Magneten hinlegt wie unter Nr. 2 des vorhergehenden Paragraphen oder wie unter Nr. 3 angegeben, findet man: Das magnetische Moment oder die richtende Kraft des Magneten

$$M = \frac{1}{2} H \times d^3 \times \operatorname{tg} \varphi \quad \text{oder}$$
$$M = H \times d^3 \times \operatorname{tg} \varphi.$$

Hat man den Magneten senkrecht zur abgelenkten Nadel gelegt, so erhält man $M = \frac{1}{2} H \times d^3 \times \sin \varphi$ oder $M = H \times d^3 \times \sin \varphi$.

Um das magnetische Moment einer Normalrose zu bestimmen, wurde diese in gleicher Höhe mit einer Thomson-Rose genau Ost davon hingelegt, so dass die N-S-Linie der Normalrose genau auf die Mitte der letzten zeigte und die Mittelpunkte der beiden Rosen 500 mm von einander entfernt waren. Der Ablenkungswinkel betrug dann 17° 30′.

	φ 17° 30′	log tang	9,49872
H 1,872	$\frac{1}{2}$ H 0,986	log	0,99388 — 1
d 500	log 2,69897 × 3 =		8,09691
	M = 38,96 Millionen	log	8,58951

Vergleiche ferner § 28.

§ 7. Verhalten des weichen Eisens gegen den Magnetismus.

Eine kleine Stange besten Eisens, welches in Holzkohlen sorgfältig ausgeglüht ist, enthält durchaus keinen Magnetismus. Bringt man dieselbe, sie Ost-West horizontal haltend, in die Nähe einer kleinen Magnetnadel, so wird dieselbe nicht abgelenkt, hält man das eine Ende an Eisenfeilicht, so bleibt kein Körnchen daran haften. Hält man die Stange vertikal und setzt oben darauf den Nordpol eines kräftigen Magneten, so hält sie sofort eine Menge Körner vom Eisenfeilicht. Entfernt man den Magneten, so fallen alle Körner sofort davon ab und zu Boden. Untersucht man, welche Art Magnetismus in den beiden Enden des Eisenstabes vorhanden sind, wenn der Nordpol des Magneten daran liegt, so findet man, dass in dem Ende, welches dem Magneten zugewendet ist, ein Südpol, in dem, der davon abgewendet ist, ein Nordpol aufgetreten ist. Kehrt man die Stange um, dass also nun das erst abgewendete Ende am Magneten liegt, so ist es genau so, wie das erste Mal, das abgewendete Ende hat Nord-, das zugewendete Ende Süd-Magnetismus. Kehrt man den Magneten um, so kehren sich auch die Pole in dem Eisenstabe um. Dieselbe wird sofort wieder unmagnetisch — bis auf einen kleinen Rest —, wenn sie dem Einflusse des Magneten entzogen wird, sie hat demnach keinen selbstständigen Magnetismus, derselbe ist nur flüchtig oder transient, wie er gewöhnlich bezeichnet wird.

Ist in solch einem weichen Eisenstück etwas Magnetismus zurückgeblieben, nachdem es der Einwirkung eines Magneten ausgesetzt war, so halte man es magnetisch Ost-West und lasse es mehrere Male 25 bis 30 Centimeter hoch auf den Fussboden herunter fallen. Dasselbe Ost-West halten und mit eisernen oder stählernen Hämmern zu schlagen, ist nicht zu empfehlen, weil es dadurch sofort etwas gehärtet wird. Nähert man nach dem angegebenen Verfahren das Eisenstück, dasselbe sorgfältig in der magnetischen O-W-Richtung haltend, einer kleinen Nadel, so muss diese ihre Lage ruhig beibehalten. Hält man es darauf vertikal, so wird sein unteres Ende den Nordpol der Nadel sofort abstossen und deren Südende anziehen, dasselbe enthält also einen Nordpol. In gleicher Weise überzeugt man sich, dass das obere Ende einen Südpol enthält. Kehrt man das Eisenstück um, so findet man, dass sich sofort wieder am unteren Ende ein Nordpol befindet, am obern ein Südpol, während man gar leicht das Umgekehrte vermuthet hat. Die Erde hat nämlich durch ihre magnetische Kraft das Eisenstück magnetisch gemacht, durch Erschüttern desselben, Klopfen, Schlagen, Stossen wird der Vorgang noch beschleunigt, oder wie man es nennt, die Induction befördert. Magnetische Induction nennt man nämlich die Erregung des Magnetismus in Eisen durch Einwirkung eines Magneten; man sagt dann: Das Eisen erhält Magnetismus induciert.

§ 8. Verhalten des Stahles und des harten Eisens gegen den Magnetismus.

Legt man eine Stahlstange an einen Magneten, so wird dieselbe nicht sofort magnetisch, es dauert eine ziemlich lange Zeit, ehe sie einiges von dem Eisenfeilicht festhalten kann. Entfernt man den Magneten, so fallen die Feilspähne nicht ab. Die Stahlstange ist dauernd, fest, permanent, magnetisch geworden, ist selbst ein Magnet mit einem Nord- und einem Südpol, wovon man sich leicht in derselben Weise überzeugt, wie in § 4 angegeben ist. Legt man darauf die Stahlstange mit dem andern Ende an den Magneten, so muss dieser erst den vorher inducierten Magnetismus vernichten und kann dann erst neuen Magnetismus inducieren, was geraume Zeit in Anspruch nimmt. Hält man eine Stahlstange, der Magnetismus mitgetheilt ist, in irgend eine Lage, so behält dasselbe Ende immer denselben Pol, der Magnetismus wechselt nicht, derselbe liegt fest in der Stange, desshalb nennt man ihn festen, permanenten Magnetismus. Schmiedeeisen und harter Guss verhalten sich ähnlich wie Stahl, nur liegt der Magnetismus nicht so fest darin.

§ 9. Vom halbfesten Magnetismus.

Macht man eine Stange aus gewöhnlichem Schmiedeeisen durch Bestreichen mit einem Magneten schwach magnetisch und untersucht nach § 5 Nr. 1 ihre magnetische Kraft, indem man zuerst den rothen Pol nach unten und den blauen Pol in gleicher Höhe mit der abzulenkenden Nadel placiert, so möge der Ablenkungswinkel der letzteren $= 12^0$ O sein. Kehrt man hierauf die Stange um, indem sie sorgfältig vor jeder Erschütterung bewahrt wird, und stellt sie genau wieder an denselben Ort, so wird man eine kleinere Ablenkung finden, vielleicht sogar eine mit entgegengesetztem Namen; nehmen wir an es sei 3^0 O. In der ersten Lage wurde zu dem schon vorhandenen festen, blauen Pol am obern Ende ein gleichnamiger von der Erde induciert, am untern Ende zu dem schon vorhandenen festen, rothen Pol noch ein eben solcher. In der zweiten Lage wurde hingegen zu jedem vorhandenen festen Pol ein ungleichnamiger von der Erde induciert. Die Stärke eines festen Poles wird gemessen durch die halbe algebraische Differenz der beiden Ablesungen $= (12 - 3) : 2 = 4{,}5^0$, die Stärke eines von der magnetischen Kraft der Erde inducierten Poles von flüchtigem Magnetismus durch die halbe algebraische Summe $= (12 + 3) : 2 = 7{,}5^0$.

So sehen wir zunächst, dass in demselben Eisenstücke sowohl fester als flüchtiger Magnetismus vorhanden sein kann.

Kehrt man die Stange wieder um, wobei man sie sorgfältig vor Erschütterungen bewahren muss, so wird man die Ablenkung wieder 12^0 O finden. Belässt man sie längere Zeit in dieser Lage, so wird ihre Kraft allmählig noch etwas zunehmen; schlägt man sie mit einem Stücke Holz, so tritt dies rascher und deutlicher hervor. Wie viel Magnetismus man durch dies Schlagen in der Stange erregt, hängt erstens von der Beschaffenheit des Eisens und zweitens von der Menge und Stärke der Schläge ab. Die hiesige Schule besitzt eine Eisenstange von 2,5 cm Durchmesser und 75 cm Länge, deren Ablenkungswinkel in 23 cm Abstand durch solche Schläge von 14^0 auf 40^0 gesteigert werden kann.

Nehmen wir an, dass der Ablenkungswinkel durch einige Schläge von 12^0 auf 17^0 gesteigert sei, so ist derselbe um 5^0 grösser geworden.

Kehrt man hierauf die Stange wieder um, so wird sie die Nadel 2^0 W ablenken. Die Ablesung differiert demnach ebenfalls um 5^0 von der vorher in dieser Lage gemachten. Schlägt man die Stange nun wieder, so wird die Ablesung bald auf die vorhin in dieser Lage gemachten $= 3^0$ O zurückgehen und bei Fortsetzung des Erschütterns nach der andern Seite davon abweichen.

Diesen mit Hülfe von Erschüttern in einem Eisenstück von der magnetischen Kraft der Erde inducierten Magnetismus nennt man halbfest, remanent. Man sieht sehr leicht, dass seine Lage in einem Stück Eisen von dessen Lage gegen die Richtung des Erdmagnetismus abhängt, gerade wie dies bei dem flüchtigen Magnetismus der Fall ist.

In jedem Stück Eisen, wie es gewöhnlich zum Schiffbau verwendet wird, sind alle 3 Arten Magnetismus vorhanden: fester, halbfester und flüchtiger.

§ 10. Anfertigung der Magnete.

In alten Zeiten wurden Stahlstäbe dadurch magnetisch gemacht, dass man sie endlängs an einen Magneten legte. Da dann jedoch die Pole des Magneten sehr weit von dem Stahlstabe entfernt sind, kann ihre Einwirkung nur schwach sein; es dauert lange, ehe auf diese Weise ein Stahlstab zu einem Magneten mit gehöriger Kraft wird, und ist der Stahlstab recht hart, was für die Beständigkeit seiner Kraft sehr wünschenswerth ist, so misslingt die Induction ganz. Man bringt deshalb den Pol des Magneten in die unmittelbare Nähe jedes Theils des zu magnetisierenden Stahlstabes, bestreicht, so zu sagen, den Stahlstab mit dem Magneten, indem man mit dem Südpol des Magneten von der Mitte des Stahlstabes nach dem einen Ende streicht, welches dadurch einen Nordpol induciert erhält, und mit dem Nordpol des Magneten nachher von der Mitte nach dem andern Ende, das damit einen Südpol erhält. Da kräftige Magnete recht schwer sind, verfährt man besser umgekehrt, indem man den Magneten fest hinstellt und mit der zu magnetisierenden Stahlstange darüber streicht. Die meisten Mechaniker werden heutigen Tages wohl ihre Magnete mittels eines Electromagneten anfertigen, weil ihre Kraft bis zu jedem Grade gesteigert werden kann, wodurch sie im Stande sind, fast glasharten Stahl in Magnete zu verwandeln, die sich dann mit ungeschwächter Kraft sehr lange halten.

§ 11. Ueber das Wesen des Magnetismus.

Ueber das Wesen des Magnetismus giebt es nur Meinungen; welche davon die richtige ist, kann dem Seemann völlig gleich sein, ihm kommt es darauf an, dass die ihm vorgetragene verständlich ist und die Erscheinungen sich aus derselben leicht erklären lassen.

Hätte man einen Magneten, mit dem man ein oder mehrere Stahlstäbe magnetisch gemacht hat, vor und nach dieser Prozedur auf seine magnetische Kraft untersucht, so würde man finden, dass dieselbe, wenn anders der Magnet aus gut gehärtetem Stahl besteht, völlig unverändert geblieben ist. Die Stahlstäbe sind also keineswegs dadurch magnetisch geworden, dass der Magnet ihnen von seiner magnetischen Kraft mehr oder weniger abgegeben hat.

Man denkt sich, dass in einem Eisenstücke jedes kleinste Theilchen, Molekül genannt, magnetisch oder ein

Magnet ist, mit einem Nordpol auf der einen und einem Südpol auf der andern Seite. Diese Magnetchen liegen aber wild durch einander, ihre Pole sind nach allen Richtungen gekehrt und die Kräfte der einen werden durch die der andern aufgehoben oder lahm gelegt, dass sie keine Wirkung nach aussen ausüben können. Durch eine starke magnetische Kraft werden die Moleküle gezwungen, ihre gleichnamigen Pole nach einer und derselben Richtung zu drehen, worauf sie nach aussen eine Wirkung ausüben können und man sagt dann: Das Eisen ist magnetisch.

Bei weichem Eisen geht dies sehr leicht, aber eben so leicht fallen die Moleküle in ihre vorige wirre Lage zurück. Man sagt dann: Die Coërcitivkraft des weichen Eisens ist sehr klein, in Folge dessen ist der in dem weichen Eisen enthaltene Magnetismus so flüchtig.

Ist das Eisen nicht ganz weich, so werden eine Anzahl Moleküle sich ziemlich schwer drehen, wenn das Eisen in den Bereich der Wirkung eines Magneten kommt, und wird es aus dem Bereich entfernt, so können diese Moleküle nicht gleich wieder in ihre wirre Lage zurückfallen, es bedarf dies einer gewissen Zeit und vielleicht sind mehr oder weniger starke Erschütterungen des Eisens dazu erforderlich. Die Coërcitivkraft ist schon grösser, neben dem flüchtigen Magnetismus tritt halbfester auf.

Bei hartem Eisen oder Stahl drehen sich die Moleküle recht schwer, ist es aber einmal geschehen, so haben die weitaus meisten nicht die Kraft, wieder in ihre erste wirre Lage zurückzugehen; nur wenige finden Raum und Gelegenheit dazu, woher es kommt, dass auch gute Stahlmagnete in der ersten Zeit schwächer werden. Die Coërcitivkraft des harten Eisens oder des Stahles ist gross, desshalb enthält solches fast nur festen Magnetismus.

Nach der angeführten Lehrmeinung ist es klar, dass die Kraft eines Magneten durchaus nicht allein in seinen Polen enthalten ist, sie ist vielmehr in jedem Molekül vorhanden. Jedes Molekül ist ein Partialmagnet, und eine noch so kleine Magnetnadel besteht aus unendlich vielen Molecularmagneten.

Legt man mehrere Magnete so zusammen, dass die gleichnamigen Pole alle nach einer Seite gerichtet sind, so ist das Ganze ein Magnet. Es ist nicht einmal nöthig, dass alle Einzelmagnete dicht zusammenliegen, wie z. B. bei Kompassrosen mit mehreren Magneten; dieselben können durch nichtmagnetische Substanzen getrennt oder zusammengehalten werden und doch kann das Ganze als ein Magnet angesehen werden, denn sie haben ganz genau dieselbe Wirkung. Ja es können in einem Körper einzelne Eisenmassen nach sehr verschiedenen Richtungen hin magnetisch sein, sobald nur der rothe Magnetismus nach der einen und der blaue nach der entgegengesetzten überwiegt, wird die Gesammtmasse doch alle Eigenschaften und Wirkungen eines Magneten zeigen. Es können z. B. die einzelnen Platten und Spanten eines Schiffes in Hinsicht der Vertheilung und Richtung ihres Magnetismus sehr verschieden gelagert sein und doch hat das ganze Schiff die Wirkungen eines Magneten und darf als ein einziger, grosser Magnet angesehen werden, bei dem freilich oft eine Anzahl Folge- oder Nebenpole auftreten.

Magnetisiert man eine stählerne Stricknadel und zerbricht dieselbe in ganz kleine Enden, so enthält jedes einen rothen und einen blauen Pol, was auf Grund der obigen Lehrmeinung leicht seine Erklärung findet. Einen Magneten mit nur einem rothen oder mit nur einem blauen Pol kann es nicht geben.

§ 12. Wirkung mechanischer Erschütterungen und der Wärme auf weiche Eisenstangen und Magnete.

Man nennt Eisen in Bezug auf Magnetismus weich, wenn die Moleküle leicht drehbar sind, es ist dann auch in Bezug auf mechanische Bearbeitung weich d. h. leicht zu bearbeiten. Schlägt man dasselbe mit Stahlhämmern, so werden die getroffenen Stellen zusammengepresst, die Moleküle verlieren einen Theil ihrer leichten Beweglichkeit und neben dem flüchtigen Magnetismus tritt halb- oder ganzfester auf; weiche Eisenstangen dürfen demnach nicht gehämmert werden.

In § 9 ist gezeigt worden, wie durch Erschüttern einer weichen Eisenstange der halbfeste Magnetismus induciert und wieder zum Verschwinden gebracht respective wie durch Erschüttern dieser Vorgang beschleunigt wird. Wir finden also, dass es in einer weichen Eisenstange 1. Moleküle giebt, die sehr leicht drehbar sind, so dass sie schon bei der Einwirkung der magnetischen Kraft der Erde allein nach einer bestimmten Richtung gedreht werden, und dass es 2. Moleküle giebt, die schwerer drehbar sind, die sich nämlich erst dann drehen, wenn jene Kraft durch eine andere, nämlich durch das Erschüttern unterstützt wird.

Würde man dieselbe Stange der Einwirkung eines recht starken Electromagneten aussetzen, so würde man finden, dass ihre magnetische Kraft noch weiter zugenommen hat, woraus wir schliessen dürfen, dass endlich 3. sehr schwer drehbare Moleküle vorhanden sind. Durch Erschüttern werden letztere nicht wieder gedreht werden können, die Stange, sehen wir, hat festen Magnetismus aufgenommen.

Man nennt Eisen oder Stahl in Bezug auf den Magnetismus hart, wenn seine Moleküle sich schwer drehen lassen. Bringt man ein solches Stück in den Wirkungskreis eines Magneten, so strebt dieser die Moleküle zu drehen, durch Erschüttern des Stahlstückes kann man den Vorgang wieder befördern. Erschüttert man einen Magneten durch Schläge oder indem man ihn fallen lässt oder hinwirft, so werden dadurch eine Anzahl Moleküle, die sich unter gewöhnlichen Umständen nicht drehen können, sich doch drehen. Die Kraft des Magneten wird also abnehmen. In hartem Stahl ist demnach neben festem Magnetismus auch immer etwas halbfester enthalten

Erwärmt man einen Magneten, so nimmt seine Ausdehnung zu, die einzelnen Moleküle entfernen sich von einander, erhalten Raum sich zu drehen und die magnetische Kraft nimmt ab. Erwärmt man einen Stahlmagneten bis zu 400 Grad Celsius, so wird er seinen Magnetismus vollständig verlieren.

Durch die gewöhnliche Wärme der Atmosphäre wird ein Stahlmagnet nur sehr wenig verändert, gut ist es indessen, ihn in den Tropen nicht den directen Sonnenstrahlen auszusetzen.

§ 13. Die Erde als Magnet.

Führt man nach Figur 1 eine kleine horizontal frei bewegliche Magnetnadel seitwärts von einem grossen Magneten in gleicher Höhe mit demselben diesen entlang, so findet man, dass neben dem Südpol des letzteren der Nordpol der Nadel gerade auf diesen hinzeigt; der Nordpol des Magneten ist zu weit entfernt, um eine merkliche Wirkung auf die Richtung der Nadel zu haben. Je weiter man vorschreitet, desto mehr Einfluss gewinnt der Nordpol des Magneten; ist man neben der Mitte des Magneten angelangt, so zeigt die Nadel parallel der Axe desselben. Von da an ist die Nadel dem Nordpol näher als dem Südpol, ersterer überwiegt und der Südpol zeigt mehr und mehr gerade auf ihn hin.

Führt man eine kleine, um ihre horizontale Axe frei vertikal bewegliche Nadel senkrecht über dem Magneten diesen entlang, so wird man ganz ähnliche Stellungen der Nadel beobachten können.

Würde man gleiche Nadeln nordsüdwärts rund um die Erdkugel führen, so könnte man genau dieselben Erscheinungen beobachten. Die Erde veranlasst die Magnetnadeln, welche in irgend einer Weise frei beweglich aufgehängt sind, eine ganz bestimmte Richtung einzunehmen, gerade wie der besprochene Magnet. Sie macht, wie wir im Vorhergehenden gesehen haben, Eisen und Stahl magnetisch, deshalb liegt es sehr nahe, dass die Erde nach diesen Begriffen als ein Magnet von riesiger Grösse angesehen werden kann,

Die Erde hat wie jeder Magnet zwei Pole, deren einer in etwa 70 ° N. Br. und 90 ° W. Lg., der andere in 70 ° S. Br. und 150 ° O. Lg. liegt, ihre magnetische Kraft ist dort am grössten. Die Pole liegen sich nicht im Durchmesser gegenüber und wir dürfen daraus schliessen, dass die magnetische Kraft nicht ganz gleichmässig in der Erde vertheilt sein wird.

Da nur ungleichnamige Pole sich anziehen und der Nordpol eines Magneten stets nach dem im Norden befindlichen Pol der Erde zeigt, muss dieser Süd-Magnetismus enthalten und aus demselben Grunde muss der im Süden liegende Erdpol Nord-Magnetismus enthalten. Da dies gar leicht Irrthümer veranlassen kann, hat man auf den Vorschlag des englischen Astronomen Airy die Bezeichnungen Nord- und Südpol oder Nord- und Südmagnetismus ganz fallen gelassen und spricht statt derselben von einem rothen und einem blauen Pol, von rothem und blauem Magnetismus. Der Nordpol der Erde hat also blauen, der Südpol derselben rothen Magnetismus. Man sagt ferner: Ein Magnet hat einen blauen Pol, nämlich einen Südpol und einen rothen Pol, nämlich den Nordpol.

§ 14. Die Declination oder Missweisung und die Isogonen.

Die grössten Kreise, welche durch die wahren Pole der Erde — die Punkte, um welche sie sich dreht — gehen, nennt man die wahren Meridiane oder die wahren Nordsüdlinien. Da eine frei horizontal bewegliche Magnetnadel stets nahe nach den magnetischen Polen der Erde zeigen muss, wird sie mit der wahren Nordsüdlinie einen Winkel bilden. Dieser Winkel, den eine frei horizontal bewegliche Magnetnadel, die allein unter dem richtenden Einfluss des Erdmagnetismus steht, mit dem wahren Meridiane des Ortes bildet, heisst bei den Seeleuten Missweisung, sonst auch Declination. Eine durch die Axe einer solchen Magnetnadel gelegte Vertikalebene heisst der magnetische Meridian. Der Winkel, den der magnetische Meridian mit dem wahren bildet, ist genau derselbe wie der, den die Nadel damit bildet, also auch die Missweisung. Dieselbe heisst westlich, wenn das Nordende der Nadel nach Westen, sie heisst östlich, wenn das Nordende der Nadel nach Osten hin vom wahren Meridian zeigt.

Da von uns (in Deutschland) aus gesehen der uns nächste Magnetpol der Erde, der blaue, westwärts vom wahren Pol liegt, muss die Missweisung hier West sein. Gehen wir westwärts rund um die Erde, wie man leicht an einem Erdglobus zeigt, so kommen die Pole zunächst mehr offen, also die westliche Missweisung wird grösser;

darauf kommen sie mehr und mehr in Linie, die westliche Missweisung wird kleiner, bis die Pole in Linie sind. Dort muss die Missweisung Null sein. Gehen wir weiter, so kommt der Magnetpol nach Osten frei vom wahren Pol, die Missweisung wird Ost und zunächst grösser u. s. w. Wenn die Pole wieder in gerader Linie erscheinen, ist die Missweisung wieder Null, worauf sie abermals W wird, womit wir zum Abgangspunkt zurückgelangt sind.

Nach dem Vorstehenden hat es den Anschein, als ob die Missweisung an einem Orte nur von seiner Lage gegen den magnetischen und den wahren Pol der Erde abhängig sei. Dies ist nicht so, denn der Magnetismus ist durchaus nicht gleichmässig in der Erde vertheilt, wie wir schon an der Lage der Pole sahen.

Zur bequemen Uebersicht hat man auf Karten solche Orte, die gleiche Missweisung haben, durch Linien mit einander verbunden. Auf grössern Karten sind diese Linien von Grad zu Grad, auf kleineren in grössern Zwischenräumen gezogen. Solche Linien nennt man Isogonen. Die Isogone, welche die Orte ohne Missweisung mit einander verbindet, heisst Agone, es giebt deren drei, wie auf einer Karte mit den Isogonen leicht nachgesehen werden kann; diese Agonen sind die Grenzen zwischen den Regionen mit westlicher und den mit östlicher Missweisung.

§ 15. Die Inclination und die Isoclinen.

Denken wir uns mit einer Nadel, die um eine horizontale Ost-West liegende, durch ihren Schwerpunkt gehende Axe im magnetischen Meridian vertikal frei beweglich ist, auf dem magnetischen blauen (Nord-) Pol der Erde stehen, so müsste die Nadel vertikal zeigen, das rothe Ende nach unten. Reisen wir südwärts, so kommt die Nadel mehr und mehr aus der vertikalen Lage und wird flacher stehen. In der Nähe des Aequators steht sie horizontal; reisen wir noch weiter, so neigt sich das blaue Ende der Nadel nach unten, bis sie auf dem rothen Erdpol wieder vertikal steht.

Der Winkel, den eine um ihre horizontale, Ost-West gerichtete Axe frei vertikal im magnetischen Meridian bewegliche Magnetnadel an einem Orte mit der Ebene des Horizontes bildet, heisst Inclination. Linien auf einer Karte, welche Orte mit gleicher Inclination verbinden, heissen Isoclinen. Da dieselben in ihrem Verlauf viel Aehnlichkeit mit den Breitenparallelen haben, nennt man sie auch wohl magnetische Breitenparallele. Die Isocline, welche die Orte mit einander verbindet, an denen die Inclination Null ist oder mit andern Worten: an denen die Inclinationsnadel horizontal steht, wird der magnetische Aequator genannt. Auf den magnetischen Polen der Erde zeigt die Inclinationsnadel vertikal, die Inclination beträgt also daselbst 90^0. In gewissem Sinne spricht man auch von magnetischer Breite, nämlich statt zu sagen: Ein Ort hat eine Inclination von 50^0, sagt man wohl der Ort liegt unter 50^0 magnetischer Breite. Ist der rothe Pol der Inclinationsnadel an einem Orte unter die Horizontalebene des Ortes geneigt, so sagt man der Ort liegt auf Norder oder + magnetischer Breite, ist der blaue Pol unter die Horizontalebene des Ortes geneigt, wie auf Süder Breite fast überall der Fall ist, so sagt man gleicher Weise, der Ort liegt auf Süder oder — magnetischer Breite. Den Verlauf der Isoclinen studiert man am besten auf einer dieselben enthaltenden Karte.

§ 16. Richtung und Grösse der magnetischen Kraft der Erde.

Es ist eingangs gesagt, die magnetischen Pole seien die Mittelpunkte der grössten Kraft; wir haben gesehen, dass Eisenfeilicht sich dort am stärksten ansetzt; in der Mitte des Magneten ist die Aeusserung seiner Kraft am schwächsten. Es wird nunmehr die Frage zu beantworten sein, wie steht es damit auf der Erde? Wie misst man die magnetische Kraft auf derselben und in welcher Richtung wirkt sie? Die letzte Frage ist im letzten Paragraphen bereits beantwortet. Ist eine Inclinationsnadel gut gemacht, so geht die Axe genau durch ihren Schwerpunkt, die Nadel bleibt in jeder Lage gegen den Horizont stehen, in welche man sie bringt, so lange sie ganz unmagnetisch ist. Ist sie dann magnetisirt, so nimmt sie je nach der Richtung ihrer Drehungsaxe eine verschiedene Lage gegen den Horizont ein. Liegt die Drehungsaxe in der Nordsüd-Richtung, so steht die Nadel vertikal. Dreht man sie hierauf, dass die Axe allmählig in die Ost-West-Richtung kommt, so wird ihre Neigung gegen die Horizontalebene allmählig kleiner. Ist die Drehungsaxe magnetisch Ost-West gerichtet, kann also die Nadel sich in der Richtung des magnetischen Meridians frei auf und nieder bewegen, so bildet sie den kleinsten Winkel mit der Ebene des Horizontes, nämlich die Inclination. Die um eine horizontale Axe frei bewegliche Magnetnadel deutet uns an, dass ihre Ruhelage die ist, in welcher die magnetische Wirkung der Erde sich äussert, und so ist es in der That; die im magnetischen Meridian aufgestellte Inclinationsnadel giebt uns die Richtung der magnetischen Kraft der Erde an, natürlich vorausgesetzt, dass die Nadel genau richtig gearbeitet ist.

Die andre aufgeworfene Frage lautet: Wie gross ist die magnetische Kraft der Erde und wie kann man dieselbe messen?

Lenkt man die im magnetischen Meridian aufgestellte Inclinationsnadel aus ihrer Ruhelage ab, so strebt sie vermöge ihrer Richtkraft wieder in dieselbe zurückzukehren. Dabei bekommt sie eine gewisse Drehungsgeschwindigkeit und schlägt nach der andern Seite über die Ruhelage hinaus. Dies wiederholt sich viele Male, ehe sie wieder zur Ruhe kommt, mit andern Worten: Die Nadel geräth in Schwingungen. Die Schnelligkeit dieser Schwingungen ist von der Grösse der magnetischen Kraft der Erde*) abhängig, womit die aus der Ruhelage abgelenkte Nadel von jener in diese zurückgezogen wird. Je grösser diese Kraft ist, desto schneller muss eine Nadel schwingen, je kleiner diese Kraft ist, desto langsamer schwingt sie bei unveränderter magnetischer Kraft der Nadel. Man wird demnach die an verschiedenen Orten vorhandene magnetische Kraft durch Schwingungen einer und derselben — als constant angenommenen —

*) Genauer sollte es heissen: und der Nadel.

Nadel mit einander vergleichen können. Macht eine Inclinationsnadel z. B. in Hamburg eine Schwingung in 1,2 Sekunden, im Norden Schottlands in 1,0 Sekunde, so verhalten sich die magnetischen Kräfte an diesen beiden Orten umgekehrt wie die Quadrate der Schwingungszeiten

$$H : S = 1^2 : 1,2^2 = 1 : 1,44.$$

Es ist nicht zu vergessen: Je kleiner die Schwingungszeit ist, desto grösser ist die sie verursachende Kraft, daher das umgekehrte Verhältniss.

Die auf diese Weise erhaltenen magnetischen Kräfte werden damit immer nur in Verhältnisszahlen ausgedrückt. Man hat es bequemer gefunden die magnetische Kraft eines Ortes = 1 zu setzen und dann zu sagen, die Kraft an einem andern Orte ist soviel grösser oder kleiner. Wo man die Kraft = 1 setzt, ist völlig gleichgültig, und es fehlt nicht an verschiedenen Vorschlägen. Am meisten angeführt wird die von Alexander von Humboldt eingeführte Einheit; derselbe setzte die im nördlichen Peru gefundene Kraft = 1. Danach findet man am magnetischen Aequator dieselbe etwa 0,8, an den magnetischen Polen etwa 2,5. An letzterem Orte ist sie also 3 mal so gross als am magnetischen Aequator.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass auch in dieser Hinsicht die Erde einem Magneten vollkommen gleicht.

§ 17. Magnetische Elemente.

Da eine Compassnadel vermöge ihrer Aufhängung nur horizontal schweben kann, wird die volle magnetische Kraft der Erde auf dieselbe nicht zur Wirkung gelangen können. Nur unter dem magnetischen Aequator hat der Erdmagnetismus eine horizontale Richtung und wird mit ihrer vollen Kraft einer Compassnadel die Richtung anweisen. Je mehr man sich dem Magnetpol der Erde nähert, desto schräger wirkt die totale Kraft des Erdmagnetismus auf die Compassnadel richtend ein, deren Richtkraft wird immer kleiner. Auf dem Magnetpol wirkt sie vertikal, dreht eine Compassnadel garnicht und deren Richtkraft ist Null; der Kompass ist daselbst unbrauchbar. Schon aus dem Vorstehenden erhellt, wie wichtig es für den Seefahrer sein muss, zu wissen, wie gross die Kraft ist, welche die Kompassrose resp. deren Nadel im magnetischen Meridian zu halten strebt; es treten noch andere Gründe hinzu, die es für den Seefahrer wünschenswerth machen, aber erst in der Lehre von der Deviation völlig verständlich werden können, stets über die Grösse der magnetischen Kraft der Erde in horizontaler Richtung, kurzweg „Horizontal-Intensität" genannt und mit H bezeichnet, völlig im Klaren zu sein.

Nach dem im III. Theil dieses Buches zu besprechenden Parallelogramm der Kräfte kann jede Kraft in 2 Komponenten oder Seitenkräfte zerlegt werden. So zerlegt man die totale Magnetkraft der Erde an einem Orte, welche schräg gegen dessen Horizontalebene wirkt, meistens in 2 Seitenkräfte, von denen die eine horizontal und die andere vertikal wirkt, weil man sich diese Richtungen viel leichter vorstellen kann, als die Richtung der totalen Kraft; so entstehen die Ausdrücke für folgende 3 Kräfte: 1., Totale Intensität, mit φ bezeichnet, die in der Richtung wirkt, die eine richtige und richtig aufgestellte Inclinationsnadel anzeigt, 2., Horizontal-Intensität, mit H bezeichnet, die horizontal im magnetischen Meridian wirkt, und 3., Vertikal-Intensität, mit Z bezeichnet, die vertikal wirkt. (Vergl. § 40.)

Ist AB Figur 2 proportional der totalen Intensität und in deren Richtung gezogen, und der Winkel i die Inclination, so wird AC proportional der Horizontal-Intensität = H und BC der Vertikal-Intensität = Z sein, wenn $C = 90^0$ ist.

Die Figur zeigt leicht, dass

$$H = \varphi \times \cos i \quad \text{und} \quad Z = \varphi \times \sin i \quad \text{ist.}$$

Ferner ist $Z = H \times \operatorname{tg} i$ u. s. w. Ueberhaupt ist bekannt, dass, wenn zwei Stücke eines rechtwinkligen Dreiecks bekannt sind, man dann die übrigen leicht durch Rechnung oder mit Hülfe der Strich- und Gradtafeln finden kann. Statt Karten mit der totalen Intensität zu construieren, hat man solche mit der Horizontal-Intensität construiert, und da es im Grunde genommen einerlei ist, welche Kraft man als Einheit annimmt, hat es nicht an verschiedenen Einheiten gefehlt. Die deutschen Seeleute nehmen durchweg die von der Seewarte angenommene

Einheit, nämlich die Grösse der Horizontal-Intensität zu Hamburg, die Engländer die zu Greenwich.

Die 3 Karten: 1, die Isogonen-, 2, die Isoclinen- und 3, die Horizontal-Intensitätskarten bieten nach dem Vorstehenden Alles, was nöthig ist, um sich über die magnetischen Verhältnisse eines Ortes zu orientieren.

Wünscht Jemand eine nicht in den Karten enthaltene Kraft, so kann er dieselbe schnell durch eine kleine trigonometrische Rechnung oder mit Hülfe der Koppeltafeln finden. Jene Angaben bilden somit die Grundlagen für die Kenntniss der magnetischen Verhältnisse der Erde, desshalb nennt man die Missweisung, die Inclination und die Horizontal-Intensität oder die totale oder die vertikale Intensität die magnetischen Elemente. Siehe die von der deutschen Seewarte herausgegebenen 3 Karten.

Betrachtet man die Karten der magnetischen Elemente, so findet man im Allgemeinen:

1. Die totale Intensität ist am kleinsten am magnetischen Aequator (0,8) und wächst nach den magnetischen Polen hin, wo sie am grössten ist (2,5—2,8).

2. Die Horizontal-Intensität ist am grössten, gleich der totalen Intensität, am magnetischen Aequator und nimmt ab nach den Polen hin, wo sie Null ist.

3. Die Vertikal-Intensität ist Null am magnetischen Aequator und nimmt nach den Polen hin zu, wo sie gleich der totalen Intensität ist.

4. Die Inclination ist Null am magnetischen Aequator und nimmt zu nach den Polen hin, wo sie 90^0 ist.

§ 18. Veränderungen der magnetischen Elemente.

1. Die Magnetpole der Erde liegen durchaus nicht fest wie die Endpunkte der Erdaxe, jene bewegen sich in etwa 800 Jahren rund um diese herum, wobei der Abstand derselben bald grösser bald kleiner ist. Zur Zeit der Entdeckung Amerikas lag der nördliche Magnetpol im Norden Asiens und bei uns war die Missweisung Ost. Gegen Ende des 17. Jahrhunderts lag er in der Nähe des Nordkaps und die Missweisung war in unserer Gegend Null. Seit der Zeit ist der Magnetpol noch weiter nach

Westen gegangen, was zunächst eine Zunahme der westlichen Missweisung zur Folge hatte. Im Jahre 1824 war sie bei uns am grössten und nimmt seit dem Jahre bald mehr bald weniger schnell ab, gegenwärtig nimmt sie jährlich etwa 8—10′ ab. Diese Aenderung nennt man die säkulare, weil Jahrhunderte zu einer Periode nöthig sind.

2. Dass die andern magnetischen Elemente sich auf Grund der Verschiebung der magnetischen Pole ebenfalls fortwährend ändern müssen, ergiebt sich von selbst.

3. Durch genaue Beobachtungen hat man gefunden, dass eine horizontal frei bewegliche Magnetnadel eigentlich nie recht stillsteht, sie schwankt beständig hin und her. Bei uns bildet sie etwa 8 Uhr Morgens ihren kleinsten Winkel mit dem Meridian, unsere westliche Missweisung ist dann am kleinsten, wächst dann bis etwa 2 Uhr Nachmittags, nimmt darauf ab bis 8 Uhr Abends und macht Nachts wieder eine solche Schwankung. Der ganze Ausschlag beträgt im Sommer etwa 0,2°, im Winter etwa 0,1°. Um diese Aenderungen durchzumachen, braucht die Magnetnadel einen Tag, daher nennt man dieselben die täglichen Aenderungen.

4. Drittens hat man gefunden, dass die mittlere tägliche Richtung der Nadel eine andere im Sommer ist als im Winter; bei uns ist nämlich die westliche Missweisung im Sommer etwas grösser als im Winter, somit hat man auch jährliche Aenderungen.

Da diese jährlichen Aenderungen sich ebenso wie die täglichen nach dem Sonnenstande richten, so liegt die Vermuthung nahe, dass sie entweder direct durch die magnetische Wirkung der Sonne oder indirect durch die Wärmewirkung derselben hervorgebracht werden.

5. Eine vierte Periode umfasst einen Zeitraum von etwa 11 Jahren, gleich mit der Periode der Sonnenflecke und der Umlaufszeit des Jupiter.

6. Endlich die grössten Schwankungen der Magnetnadel kommen und verschwinden völlig unregelmässig und hängen mit den sogenannten magnetischen Ungewittern oder den magnetischen Stürmen zusammen, die den Telegraphenbeamten mitunter das Leben so sauer machen. Das Nordlicht, vulkanische Ausbrüche und Erdbeben

scheinen, auch wenn sie sehr weit entfernt sind, mit unregelmässigen Schwankungen der Magnetnadel zusammen zu hängen.

Zum Glück sind die Schwankungen so klein, ihre Summe erreicht ausserordentlich selten einen halben Grad, dass sie an einem Kompass, der Sturm und Unwetter aushalten muss, mit Sicherheit nicht zu erkennen sind und der Seemann sich wenig darum zu bekümmern hat.

Zweiter Theil.

Vom Kompass.

§ 19. Geschichtliche Rückblicke.

In früheren Zeiten wurden die Kompassrosen fast nur aus Pappe gefertigt, welche mit dem die Eintheilung tragenden Papier beklebt wurde. Da sich Pappe indessen sowohl bei Sonnenschein als bei feuchter Witterung verzieht, nahm man später Marienglas dazu, welches diese Uebelstände nicht zeigt.

Unter der Rose befestigte man dann eine prismatische oder länglich rautenförmige Magnetnadel, welche in der Mitte durchbohrt war, um das Hütchen aufzunehmen.

Auf den hölzernen Schiffen gingen (und gehen) diese Rosen leidlich gut, aber als das Eisen mehr und mehr in den Schiffbau eindrang, genügten sie nicht mehr; die Schiffer klagten unaufhörlich über unruhige Kompasse. Die Kompensation brachte neue Fehler; das Bedürfniss nach bessern Rosen wurde immer grösser.

Weil die alten, einnadligen Rosen so bald ins Laufen geriethen, mit andern Worten: weil die N-S-Linie von der Richtung des magnetischen Meridians, die sie eigentlich festhalten sollte, so leicht abwich, sagte man sich: Den Rosen muss eine grössere Richtkraft gegeben werden. Da dies mit einem Magneten nicht gut möglich war, legte man 2 darunter, deren jeder freilich leichter und schwächer als der alte war, die zusammen aber doch eine grössere Richtkraft besassen. Die Untersuchungen über die Kompensation der Kompasse erwiesen, dass dieselbe am besten ausfiel, wenn die beiden Magnete um 30^{0} von der N-S-Linie oder um den halben Radius*) vom Centrum entfernt lagen, und endlich wurde bewiesen, dass die Rose den ruhigsten Gang habe, wenn die Hauptgewichttheile derselben, nämlich eben die beiden Magnete, um den halben Radius seitwärts von der Drehungsaxe und ebensoviel tiefer unter dem Aufhängepunkt angebracht seien. Diese Gesichtspunkte bildeten längere Zeit hindurch die Norm, wonach man die Kompassrosen baute, die Rosen selbst nannte man Normalrosen.

Je kleiner die Magnete sind, desto mehr Magnetismus können sie verhältnissmässig aufnehmen, desshalb machte man jede Nadel wieder aus 2 oder 3 dünnen Blättern (Lamellen) und endlich befestigte man 4 Magnete unter der Rose auf 15 und 45 Grad an jeder Seite der N-S-Linie. Es ist leicht einzusehen, dass die vereinigte Wirkung von 2 Magneten an derselben Seite ungefähr in die Sehne fallen muss, die 30^{0} von der N-S-Linie liegt. Die Theorie lehrt, dass die Kompensation bei einer Rose mit 4 Magneten genauer zu bewirken ist, als bei einer solchen mit nur 2 Magneten, überhaupt, dass die Kompensation mit Erhöhung der Zahl der parallelen Nadeln immer besser zu bewirken ist.

Durch Auswahl passender Stahlsorten und durch passende Dimensionen der Lamellen brachten es die Mechaniker dahin, Rosen zu construieren, deren Richtkraft im Vergleich zu ihrem Gewicht geradezu erstaunlich genannt werden musste. Trotzdem entsprachen die Rosen den davon gehegten Erwartungen nicht. Nämlich je grösser ihre Richtkraft oder ihr magnetisches Moment wird, desto kleiner wird die Zeit, welche die Rose zu einer Schwingung gebraucht und trotz der grössern Richtkraft geräth sie schneller ins Laufen als eine der ältern und schwächern Rosen desselben Systems.

*) Richtiger: um die halbe Entfernung der beiden Pole.

Der österreichische Marine-Offizier Peichl suchte die Richtkraft der Kompasse noch durch äussere Mittel zu steigern, indem er in der Ebene der Rosenmagnete rund um den Kessel fest mit letzterem verbunden und innerhalb der erweiterten cardanischen Aufhängung eine Anzahl weicher Eisenstangen — für jeden Strich eine resp. zwei — radial anbrachte, die einestheils von den Magnetnadeln der Kompassrose, anderntheils von der Erde Magnetismus induciert erhalten und zwar in solcher Weise, dass einem Pol der Rosenmagnete immer ein freundlicher Pol in den Eisenstangen gegenüberliegt, dieselben wirken anziehend auf einander und die Richtkraft der Rose wird somit erhöht. Das System ist in der österreichischen Marine eingeführt, allein anderswo scheint es nirgends geschehen zu sein. Die Kompasse erhalten damit eine gar zu unförmliche Grösse, was ihrer Einführung auf Handelsschiffen sehr entgegensteht. Zudem erscheint es doch zweifelhaft, dass man die Richtkraft so sehr steigern kann, um die N-S-Linie der Rose in der einmal angenommenen Lage festzuhalten, da gar zu viel grössere Kräfte sie daraus abzulenken streben. Ausserdem ist das Anbringen so vieler und grosser Eisenmassen in unmittelbarer Nähe der Rosenmagnete nicht so ganz unbedenklich.

Retter in der Noth schienen die Fluidkompasse. Während man bei den Normalrosen aus technischen Gründen die Magnete nicht gut um den halben Radius unter dem Aufhängepunkt anbringen kann, ist dies bei den Fluidkompassen unbenommen. Mittels eines Luftkastens wird die Rose in der Flüssigkeit beinahe zum Schwimmen gebracht, das Gewicht, womit sie auf der Pinne liegt, ist nahe Null, desshalb ist ihr wirkliches Gewicht unbeschränkt, die Vertheilung desselben und die Placierung der Magnete kann nach allen Regeln der Wissenschaft erfolgen. Die Flüssigkeit hindert die Rose, in schnelle Schwingungen zu gerathen, desshalb bleibt dieselbe bei jedem Wetter verhältnissmässig ruhig. Aber die Fluidkompasse haben auch ihre Schattenseiten. Die Flüssigkeit wird leicht trübe, durch Säuren, die in derselben enthalten sind oder in derselben sich bilden, wird die Farbe des Kessels und der Rose angegriffen; bald lecken die Kompasskessel und Blasen treten auf, bald lecken die Schwimmer und die Rose hängt in Folge dessen schief oder kippt gar um. Zu Regelkompassen sind sie nicht recht geeignet, weil sie der Bewegung des Schiffes nicht rasch genug folgen resp. bei länger anhaltender Drehung eines Schiffes wird die Flüssigkeit von den Wänden und dem Boden des Kessels mitgenommen und reisst dann ihrerseits wieder die Rose im Sinne der Drehung mit. Endlich sind die Fluidkompasse schwer zu adjustieren und wenn etwas daran in Unordnung geräth, kann man diesem sehr selten an Bord eines Schiffes abhelfen.

So grosse Hoffnungen auch auf die Fluidkompasse gesetzt und so zeitgemäss ihr Erscheinen auch war, die Klagen der Schiffer über Unzuverlässigkeit der Kompasse wurden wieder lauter und lauter, besonders seitdem in neuerer Zeit die Schnelligkeit der Dampfer und das Verlangen nach pünktlichem Eintreffen derselben stiegen.

Um die Mitte der siebenziger Jahre gelang es dem Professor William Thomson zu Glasgow eine Rose und einen Kompass herzustellen, der vorläufig allen vernünftigen Anforderungen genügt, und wie es scheint, auf längere Zeit hinaus genügen wird. Ueber seine Erfindung äussert sich Sir W. Thomson selbst mit folgenden Worten: *)

Vor 38 Jahren hat der Königliche Astronom Airy gezeigt, wie sich die Einflüsse des Eisens im und am Schiffskörper auf den Kompass durch Magnete und weiches Eisen beseitigen lassen. Theilweise wurde seine Methode auf Kauffahrtheidampfern sofort benutzt. Im Laufe der letzten zehn Jahre ist sie nicht nur in der Handelsmarine sondern auch in der englischen und in verschiedenen andern Kriegsmarinen allgemein angewendet worden. Einer vollständigen und genauen Anwendung von Airy's Methode ist die Grösse der Magnetnadeln gewöhnlicher Kompasse hinderlich gewesen; diese Grösse macht einen wichtigen Theil der Methode, die Beseitigung des quadrantalen Fehlers für alle Breiten durch Placierung von

*) Paper read to the Royal united Service Institution, 4th Febr. 1878. cf. Annalen etc. 1880. Seite 122 pp.

weichem Eisen zu beiden Seiten des Kompasses praktisch unmöglich, sie beschränkt den andern Theil oder denjenigen, der in der Beseitigung der semizirkularen Deviation durch Anbringen von Magneten in der Nähe des Kompasses besteht, und kann diese letztere Berichtigung sogar theilweise aufheben.

Als ich vor 5 Jahren von der Royal Society aufgefordert wurde, eine biographische Skizze über den verstorbenen Archibald Smith und einen Bericht über seine wissenschaftlichen Arbeiten über den Schiffskompass und den Schiffsmagnetismus zu schreiben, wurde ich auf diesen Umstand aufmerksam. Ich machte zunächst Versuche mit Kompassen, deren Nadel viel kleiner als die der bis jetzt gebräuchlichen waren; erst nachdem ich diese Versuche drei Jahre lang im Laboratorium, in der Werkstatt und in See betrieben hatte, konnte ich einen Kompass construieren, der auf jedem Schiffe, bei jedem Zustand von Wetter und Seegang den Anforderungen entspricht und ausserdem so kleine Nadeln hat, dass die Airy'sche Methode vollständig zur Anwendung gelangen kann. Durch ausgedehnte Versuche an Bord meiner Yacht und durch Analogien mit der Froude'schen Theorie über die Schlingerbewegungen von Schiffen kam ich unter anderem zu dem Schluss, dass Ruhe eines Schiffskompasses nicht durch Vermehrung des Gewichts der Nadeln oder der Rose, sondern durch Verlängerung der Schwingungsperiode zu erreichen ist. Wo nun etwa eine Vermehrung der Ruhe durch Vermehrung des Rosengewichts erzielt wird, liegt der Grund nicht darin, dass die Reibung auf der Pinne vermehrt wird; im Gegentheil, zu grosse Belastung der Pinne und Stumpfheit der Spitze machen den Kompass weniger ruhig und weniger zuverlässig im Anzeigen von Cursänderungen, als er sein würde, wenn die Aufhängung der Rose vollkommen reibungslos wäre. Nur soweit als durch die Gewichtsvermehrung eine Vergrösserung der Schwingungsperiode erreicht wird, tritt mit derselben mehr Ruhe ein, während im Uebrigen die Vermehrung der Reibung in jeder Weise nachtheilig ist, indem durch zu grosses Gewicht die Spitze der Pinne nach kurzem Gebrauch auf See abgenutzt, das Hütchen zerkratzt, der Kompass also faul wird. Soll eine Gewichtsvermehrung zur Erreichung von Ruhe stattfinden, so muss die Belastung an der Peripherie der Rose angebracht werden. Ich kam schliesslich zu der Ansicht, dass im Allgemeinen nicht mehr Rosengewicht nöthig ist, als erfordert wird, um der Rose Halt zu geben und dass man bei Anwendung genügend kleiner Nadeln, um die Airy'sche Methode vollständig zur Anwendung bringen zu können, die zur Erlangung genügender Ruhe erforderliche Schwingungsperiode erreicht, indem man der Rose einen grossen Durchmesser giebt und das zu ihrer Construction erforderliche Gewicht so weit als möglich nach der Peripherie legt.

§ 20. Die Thomson-Rose.

Das Gestell dieser Rose besteht zunächst aus einem Ringe aus Aluminium, so gross wie die Rose sein soll. Die Büchse besteht aus einem schmalen Ringe von demselben Metall, dessen innere Oeffnung das sehr kleine Hütchen aufnimmt; 32 Seidenfäden verbinden die beiden Ringe mit einander. Die 8 Magnete von 5—8 cm Länge sind mittels Seidenfäden etwa 3 cm unter der Rose wie eine horizontal ausgespannte Strickleiter aufgehängt, 4 an jeder Seite des Centrums. Die Strich- und Gradeintheilung ist auf einem schmalen Ringe von leichtem Papier an dem äussern Ringe und an den Seidenfäden festgeklebt. Im Hütchen befindet sich ein Saphir und die Spitze der Pinne besteht aus Iridium.

Während man die Normalrosen nur von 7—8 Zoll englisch Durchmesser machte (bis 21 cm) und grössere Rosen stets mit zweifelhaften Blicken ansah, macht Thomson seine Rosen von 10 Zoll = 25 cm Durchmesser; dieselben wiegen dabei 12—14 Gramm, während eine Normalrose von 21 cm Durchmesser mit 4 Nadeln nicht gut unter 90 und eine solche mit 2 Nadeln nicht gut unter 65 Gramm Gewicht herzustellen ist. In unserer Kaiserlichen Marine wogen seiner Zeit die sogenannten Sturmrosen 172 Gramm, ja man kann alte englische Rosen von 27 cm Durchmesser sehen, die 300 Gramm und noch darüber wiegen. Dass die Spitze der Pinne desto besser conserviert wird, je leichter die Rose ist, braucht eigentlich kaum erwähnt zu werden.

§ 21. Die Ludolph-Rose.

Den Thomson'schen in vieler Hinsicht ähnliche Rosen construiert der Mechaniker Ludolph in Bremerhaven. Dieselben bestehen aus feinem Leinen, auf welchem die Eintheilung gedruckt ist, und welches zwischen zwei Aluminium- oder Messingringen in der Peripherie gespannt erhalten wird. Die gleich Thomsons angeordneten Magnete sind in zwei Bambusstäben befestigt, die ihrerseits mittels 2,5 — 3 cm langen Aluminium-Trägern an der Peripherie befestigt sind. Das kegelförmige Hütchen ist mit der Basis auf den Bambusstäbchen befestigt, die Spitze liegt in der Ebene der Rose und ist mittels eines schmalen Aluminiumstreifens damit verbunden, damit die Centrierung möglichst erhalten bleibt. Um das Verziehen der Rose zu verhüten, ist das Leinen radial geschlitzt. Die 21,5 cm Durchmesser haltenden Rosen wiegen mit 4—8 Magnetnadeln 12—15 Gramm; solche von 15 cm Durchmesser mit 2 Magnetnadeln wiegen nur etwa halb so viel.

In der letzten Zeit baut Ludolph die Kompassrosen nur mit einem einfachen Messingringe in der Peripherie, an welchem das Leinen festgeklebt wird. Statt der cilindrischen Nadeln benutzt er wieder 2 prismatische von ppt. 6 cm Länge, 6 mm Breite und $^1/_2$ mm Dicke. Die Data einer solchen Rose sind unten § 30 unter Nr. 14 angegeben.

§ 22. Das Trägheitsmoment.

Um die Prinzipien, nach denen die neuesten Rosen gebaut werden, verstehen zu können, ist es vorerst nöthig, den Ausdruck: Trägheitsmoment zu erklären. Zu dem dieserhalb nöthigen Versuche braucht man nur einen nicht zu kurzen Tisch, einen Kompass und einen Schlitten, der wie eine Regelingskappe nur an einer Seite über die Tischkante greift, also 2 unter rechtem Winkel zusammen genagelte Brettchen.

Ueber die Tischkante lege man den Schlitten und stelle den Kompass darauf, dann kann man beide hin- und herführen, ohne dass der Kompass gedreht wird.

Nachdem die Rose zur Ruhe gekommen ist, merke man die Striche, welche senkrecht zur Tischkante liegen. Auf den einen dieser Striche lege dicht an den Rand ein Markstück und auf den entgegengesetzten 3 Markstücke genau aufeinander so nahe an das Hütchen, dass sie dem 1 Markstück das Gleichgewicht halten, dass also die Rose wieder horizontal hängt. Das 1 Markstück wird dann genau drei Mal so weit vom Centrum der Rose liegen wie die 3 Markstücke.

Fährt man darauf mit Kompass und Schlitten von dem einen Ende der Bahn nicht zu langsam ab, so findet man, dass die Seite mit dem 1 Markstück zurückbleibt, die Seite mit den 3 Markstücken voreilt. Hemmt man die Bewegung am Ende der Bahn, so schnellt das 1 Markstück vor, die 3 Markstücke gehen gegen die bisherige Bewegungsrichtung vor. Dadurch, dass man nach einigen Sekunden die Bewegung rückwärts antritt, wird die Drehung der Rose noch stärker hervortreten, denn das 1 Markstück bleibt gegen diese neue Bewegung zurück und die 3 Markstücke eilen dieser vor. Merkt man sich die Schwingungszeit der Rose in dem belasteten Zustande und richtet die Bewegung längs der Bahn so ein, dass in der Schwingungszeit die Bahn einmal durchlaufen wird und angemessene Pausen am Ende derselben eingehalten werden, so wird man nach drei- bis viermaligem Hin- und Herfahren die Rose fast rund herum laufen sehen.

Jeder Körper besitzt das sogenannte Beharrungsvermögen, das heisst: Ist er in Ruhe, so strebt er in Ruhe zu bleiben, ist er in Bewegung, so strebt er dieselbe mit gleicher Geschwindigkeit fortzusetzen und nur durch zu überwindende Widerstände wird die Geschwindigkeit mehr oder weniger schnell gehemmt. Setzt man den Kompass an einem Ende der Bahn in Bewegung, so streben beide Seiten der Rose in Ruhe zu bleiben, die Rose übt einen Druck aus nach hinten auf die Pinne. Sind beide Seiten genau gleich, so strebt jede gleichviel gegen die Bewegung zurück zu bleiben und da sie unverrückbar mit einander verbunden sind, halten sie sich das Gleichgewicht und es entsteht keine Bewegung. In Folge der darauf gelegten Gewichte sind die beiden Seiten nicht mehr gleich. Man denkt nun leicht vorschnell, das 1 Markstück drückt an einem Hebelarm 3, die 3 Markstücke an einem Hebelarm 1, und da 3×1 Mark $= 1 \times 3$ Mark ist, entsteht keine Bewegung. Aber das Experiment lehrt, dass dies ein Trugschluss ist. Es entsteht eine Bewegung, also ist eine Kraft vorhanden, welche dieselbe erzeugt, und um diese handelt es sich hier gerade.

Soll eine Kraft gemessen werden, so muss man 1. das bewegte Gewicht, 2. den von diesem zurückgelegten Weg und 3. die Zeit, in welcher der Weg zurückgelegt wird, betrachten. Z. B. unter der allbekannten Pferdekraft einer Dampfmaschine versteht man die Kraft, welche im Stande ist, 75 Kilogramm in 1 Sekunde um 1 Meter zu heben.

Die Zeit, in welcher die Gewichtstücke mit der sonst nach allen Seiten gleich vorausgesetzten Rose die beiden Wege beschreiben, ist für beide gleich, also brauchen wir diese bei der Vergleichung nicht weiter zu beachten.

Beide Gewichte beschreiben Bögen, die an Gradmass einander gleich sind, aber nach einem Längenmass gemessen beschreibt das 1-Markstück einen dreimal so langen Weg bei einer Drehung der Rose als die drei Markstücke.

Das Einmarkstück drückt an einem Hebelarm $= 3$ und legt einen Weg $= 3$ zurück, seine Bewegungskraft ist also $1 \times 3 \times 3 = 1 \times 3^2$.

Die 3 Markstücke drücken an dem Hebelarm $= 1$ und legen den Weg $= 1$ zurück, ihre Bewegungskraft ist also $3 \times 1 \times 1 = 3 \times 1^2$.

Diese Kraft, mit welcher ein Körper in seinem Zustande der Ruhe oder Bewegung zu verharren sucht, ist sein Trägheitsmoment. Speciell auf den vorliegenden Fall angewendet, ist das Trägheitsmoment eines Körpers gleich seinem Gewicht mal dem Quadrate des Abstandes vom Drehungspunkte (oder seines Radius). Um in dieser Hinsicht (nicht gegen die Schwere) dem Einmarkstücke das Gleichgewicht zu halten, müsste man an Stelle der drei Markstücke deren 9 placieren. Bei der Untersuchung der Kompassrosen hat man als Gewichtseinheit das Milligramm und als Längeneinheit das Millimeter eingeführt. Statt: das Trägheitsmoment einer Kompassrose beträgt 50 Millionen Einheiten, könnte man auch sagen: Wenn man

50 Millionen Milligramm in 1 mm von der Drehungsaxe aufhängt, so setzt dies Gewicht einer Drehung um diese Axe gerade so viel Widerstand entgegen, wie die Rose. Man bezeichnet das Trägheitsmoment einer Rose gewöhnlich mit K.

Es leuchtet leicht ein, dass eine Rose mit grossem Trägheitsmoment nicht so leicht aus ihrer Lage zu bringen ist, wie eine solche mit kleinem Trägheitsmoment, dass erstere ruhiger gehen wird, als die letztere und dass es desshalb höchst wünschenswerth sein muss, einer Rose bei möglichst kleinem Gewicht ein grosses Trägheitsmoment zu geben. Dieses kann man nur dadurch erreichen, dass alle Gewichtsmassen so viel als möglich nach dem Umfange verlegt werden und möglichst wenig in die Mitte, denn das Trägheitsmoment einer Masse wächst im Quadrat des Abstandes von der Drehungsaxe.

§ 23. Die Hechelmanns-Rose.

Der Hamburger Mechaniker Hechelmann legt desshalb auch die Magnete an die Peripherie der Rose und erreicht damit ein grosses Trägheitsmoment, allein es entstehen dadurch gar leicht in der Kompensation solche Fehler, dass die Vortheile in Bezug auf das Trägheitsmoment durch die Nachtheile in Bezug auf die Kompensation reichlich aufgewogen werden.

Aus einer viernadligen Normalrose denke man den mittleren Theil herausgeschnitten und ebenso von den 4 Magnetnadeln, so dass aus den 4 Nadeln 8 von etwa 6 cm Länge werden, die dann nahe dem Umfange auf 15^0 und 45^0 vom Nord- und Südstriche liegen, so wird man leicht die Einrichtung der Hechelmann'schen Rose verstehen.

§ 24. Der Ruhe-Koefficient.

Es braucht nicht erst bewiesen zu werden, dass nicht das absolute Trägheitsmoment einer Rose massgebend für den ruhigen Gang derselben ist, denn eine schwere Rose hat im allgemeinen ein grösseres K als eine leichte. Scheidet man aus dem Trägheitsmoment K das Gewicht p aus, dividiert also K durch p, so erhält man eine Uebersicht, ob die schweren Massen der Rose zweckmässig angeordnet sind oder nicht. Je grösser K/p ist, desto ruhiger wird die Rose gehen, desshalb nennt man diese Zahl den Ruhe-Koefficienten der Rose. Zu bemerken ist nur noch, dass man bei dieser Division p in Grammen auszudrücken pflegt.

Die Reibung, welche die Rosen auf den Pinnen erleiden, wird zunächst von der Güte der Spitzen und der Steine in den Hütchen und bei gleicher Beschaffenheit derselben vom Gewicht der Rosen abhängen. Rosen können bei grossem Ruhe-Koefficienten doch wenig Reibungswiderstände haben, nämlich wenn sie möglichst leicht sind. In dieser Hinsicht sind die Fluidkompasse unübertrefflich, denn der Schwimmer ist leicht so einzurichten, dass die Rose nur mit 2 bis 3 Gramm auf die Pinne drückt, was bei andern Rosen unerreichbar ist. Dabei kann das Trägheitsmoment der Rose, welches durch die Flüssigkeit nicht aufgehoben wird, vermöge ihrer Masse sehr gross gemacht werden, wodurch im Verein mit der moderierenden Wirkung der Flüssigkeit ein ausserordentlich ruhiger Gang derselben entsteht und doch stellt sie sich der geringen Reibung wegen — wenn auch langsam — doch gut ein. Wären nicht die oben erwähnten Nachtheile vorhanden, zu denen noch solche in der Kompensation kommen, so wäre diese Art das Ideal eines Kompasses.

§ 25. Der Einstellungs-Koefficient.

Die Schnelligkeit und die Genauigkeit, mit welcher eine Rose sich an einem Orte einstellt, ist abhängig: 1. von der Reibung auf der Pinne und 2. von ihrer Richtkraft oder ihrem magnetischen Moment, welches weiter unten so weit es möglich ist, erklärt wird, 3. von der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus und 4. bei Fluidkompassen noch vom Widerstand der Flüssigkeit. Bei tadelloser Beschaffenheit der Pinne und des Hütchens ist die Reibung von der Schwere der Rose abhängig. Das magnetische Moment, mit M bezeichnet, strebt den Nord-Südstrich stets in den Meridian zurückzudrehen, wenn er aus dieser Lage herausgekommen ist, die Reibung tritt dem entgegen, somit kann man sagen: die Genauigkeit der Einstellung an einem Orte ist vom Verhältniss des magnetischen Moments zum Gewicht der Rose abhängig, desshalb nennt man M/p den Einstellungs-Koefficienten, wobei p wieder in Grammen gezählt wird. Je grösser dieser Koefficient ist, desto schneller und schärfer stellt sich die Rose ein.

§ 26. Das magnetische Moment.

Ein ähnliches Verfahren, wie in § 4 angegeben ist, um die Kräfte zweier Magneten zu vergleichen oder in § 5 um die Kräfte eines Magneten in verschiedenen Entfernungen zu vergleichen, kann auch dazu dienen, die absolute Kraft eines Magneten, nämlich sein magnetisches Moment zu bestimmen, wenngleich eine grosse Genauigkeit auf diese Weise nicht zu erreichen ist. Man benutzt dazu eine kleine Nadel, so dass man ihre Länge gegen ihren Abstand = d von der Mitte des ablenkenden und zu untersuchenden Magneten vernachlässigen kann. In Ermangelung einer dazu geeigneten kleinen Magnetnadel kann allenfalls eine Kompassrose mit Thomson-Magneten dazu dienen. Der Ablenkungswinkel = φ muss möglichst genau gemessen werden. Da dieser Winkel von der Horizontal-Intensität = H der Erde abhängig ist, so muss diese für den Beobachtungsort bekannt sein. Nämlich je grösser diese Kraft ist, welche die Magnetnadel in der Ebene des magnetischen Meridians festzuhalten strebt, desto grösser muss die Kraft des ablenkenden Magneten auch sein, um einen bestimmten Ablenkungswinkel hervorzubringen. Hieraus folgt zugleich, dass man das Experiment nicht an Bord eines Schiffes, sondern nur am Lande vornehmen kann, wo allein die magnetischen Einflüsse der Erde einwirken und keine störende Eisenmassen in der Nähe sind.

Unter der Annahme, dass die Ausdehnung des Magneten gegen dessen Abstand von der Nadel verschwindend klein ist, hat man: Das magnetische Moment $M = {}^1/_2\, H \times d^3 \sin\varphi$ oder $M = {}^1/_2\, H \times \delta^3 \operatorname{tg}\varphi$ je nachdem der Magnet senkrecht zur abgelenkten Nadel oder senkrecht zur ursprünglichen Lage derselben hingelegt wurde.

Um das magnetische Moment einer Normalrose zu bestimmen, wurde diese in gleicher Höhe mit einer Thomson's Rose genau O davon hingelegt, dass der N-S-Strich der ersteren auf die Mitte der letzteren zeigte. Als der Abstand der Rosencentren 500 mm betrug, war der Ablenkungswinkel 13 °.

	13 ° log tang	= 9,36336
H 1,872	$^1/_2$ H 0,986 log	= 0,99388 — 1
d 500	log 2,69897 × 3	= 8,09691
	M = 28,46 Millionen log	8,45415

Das magnetische Moment der Rose, M = 28,46 Millionen Einheiten.

Als die Einheit hat man eine Kraft gewählt, die einem Milligramm in einer Sekunde eine Beschleunigung von einem Millimeter zu ertheilen vermag. Die Anziehungskraft der Erde kann einer beliebigen Masse in einer Sekunde eine Beschleunigung von 9,806 m = 9806 mm ertheilen, folglich ist die Einheit für die magnetische Kraft allein schon in Bezug auf den Weg 9806 mal kleiner als die für die Schwere und es nimmt nicht Wunder, wenn hier nach Millionen gezählt wird.

Besteht der Magnet aus mehreren Theilen, die dicht an einander liegen oder durch verhältnissmässige Zwischenräume von einander getrennt sind, so ist das magnetische Moment des ganzen Systems gleich der Summe der magnetischen Momente der einzelnen Theile. Es ist desshalb statthaft, die Kompassrose selbst als einen Magneten zu betrachten und das magnetische Moment des ganzen Systems zu bestimmen, ohne dass man die einzelnen Theile gesondert untersucht. Wiegt die obige Rose 90 Gramm, so ist M/p = 28,46 : 90 = 0,316 Millionen Einheiten.

§ 27. Die Schwingungszeit einer Rose.

Die Schwingungszeit einer Rose an einem Orte = $\pi \times \sqrt{\frac{K}{H \times M}}$. Je grösser das Trägheitsmoment, desto grösser ist die Schwingungszeit, aber je grösser das magnetische Moment ist, desto kleiner werden die Schwingungszeiten. Es ist nicht zu vergessen, dass der Kompass sich desto genauer einstellt, je grösser sein magnetisches Moment ist, also ist eine grosse Schwingungszeit mit einer sehr genauen Einstellung nicht zu vereinigen und der Kompassverfertiger muss sehen, wie er sich hier durch einen Compromiss hilft. Bei den Kompassen, die auf festem Stande gebraucht werden sollen, wird man M/p so gross als möglich machen, um eine genaue Einstellung zu erzielen, wobei man dann eine kleine Schwingungszeit der Rose erhält. Durch Erfahrung hat sich herausgestellt, dass bei den leichten Thomson- und Ludolph-Rosen M/p gross genug ist, wenn es 0,10—0,12 beträgt; Hechelmann schreibt, dass M/p bei seinen Rosen nicht unter 0,14 sein darf. Da das Gewicht der letzteren Rosen in ihrer neuesten Gestalt mit 30—35 Gramm noch immer mehr als das doppelte der ersteren beträgt und demgemäss die Pinne etwas stumpfer gehalten sein muss, stimmen die Zahlen recht gut mit einander. Die Rose schwingt dann langsam und stellt sich für praktische Zwecke noch genau genug ein, wobei nicht zu übersehen ist, dass die Schiffsbewegungen zum Theil dieselbe Wirkung haben, als wenn man am Lande den Kompass in etwas schlingernde Bewegung bringt.

Bei den Normalrosen war man mit M/p beinahe bis 0,4 gekommen und doch entsprachen dieselben den davon gehegten Erwartungen nicht, denn je grösser M ist, desto schneller wird sie, aus ihrer Ruhelage abgelenkt, schwingen und desto eher geräth sie auf einem arbeitenden Schiffe ins Laufen. Thomson hat völlig Recht, wenn er behauptet, dass mehr Ruhe nur durch Vergrösserung der Schwingungszeit erreicht wird; dass dabei M/p auch nicht allzuklein genommen werden darf, braucht wohl kaum besonders erwähnt zu werden.

§ 28. Das Laufen der Rosen.

Im allgemeinen lassen sich 3 Hauptursachen des Laufens der Kompassrosen unterscheiden:

1. Wenn die Deviation eines Kompasses an einem Orte auch durch Kompensation möglichst klein gemacht

ist, wird sie mit einem Wechsel der magnetischen Breite wieder grösser werden. Dann wird auf einem beliebigen Kurse eine gewisse Deviation vorhanden sein, auf einem benachbarten Kurse, auf den das Schiff giert, eine andere. Damit ist dann eine Drehung der Rose verbunden, die mit der, welche durch Reibung auf der Pinne entsteht, die Rose in Bewegung bringen kann.

2. Wenn der Krängungsfehler auch an einem Orte genau aufgehoben wäre, so würde er beim Verändern der magnetischen Breite doch sofort wieder erscheinen; bei den weitaus meisten Kompassen wird dieser Fehler nicht kompensiert. Legt sich das Schiff auf eine Seite, so verlegt sich die Komponente des Schiffsmagnetismus, welche bei vierkanter Lage senkrecht auf die Rose wirkt und keine Drehung derselben hervorbringt, nun nach der Lufseite und zieht (wollen wir sagen, weil es meistens der Fall ist) das Nordende der Kompassmagnete an, wodurch die Rose in eine entsprechende Drehung kommt. Nach wenigen Sekunden richtet sich das Schiff wieder mehr auf oder neigt gar nach der entgegengesetzten Seite, wodurch der anziehende Punkt nach der nunmehr hohen Schiffsseite vom Kompass verlegt wird. Die Rose erhält dadurch einen Antrieb, sich nach einer Richtung zu drehen, die der ersten entgegengesetzt ist. So geht es bei rollendem Schiffe unaufhörlich weiter, jede Neigung giebt der Rose einen Antrieb sich zu drehen.

3. Bei der Betrachtung des Trägheitsmomentes haben wir vorausgesetzt, dass die Rose ganz gleichmässig gearbeitet sei, nämlich, dass für jedes Theilchen derselben ein genau gleiches in gleicher Entfernung an der entgegengesetzten Seite vom Centrum vorhanden sei. Auch bei der saubersten Arbeit wird dies in der Praxis fast nie erreicht. Das Trägheitsmoment einer Rose wird, auch wenn sie gegen die Schwere gut im Gleichgewicht ist, doch leicht an einer Seite grösser als an der entgegengesetzten; je mehr Masse eine Rose enthält und auf je breiterm Raum diese vertheilt ist, desto eher wird dies der Fall sein.

Denken wir uns, das Trägheitsmoment sei an der Vorderseite grösser als an der Hinterseite, dann wird nach dem oben § 22 beschriebenen Versuche bei einem Rollen nach Steuerbord die Vorderseite zurückbleiben und die Hinterseite voreilen, die Rose wird sich also links herum drehen. Ist diese Rollbewegung zu Ende, so schnellt die Vorderseite vor; durch die Bewegung nach Backbord wird der Antrieb zu dieser Drehung noch vergrössert und die Rose dreht sich rechts herum.

Da es leicht vorkommen kann, dass auf irgend einem Kurse die eine Rose ihr grösstes Trägheitsmoment an der Vorderseite hat, während eine andre im selben Ruderhause stehende Rose dasselbe an der Hinterseite hat, so kann der Fall eintreten, dass man die eine rechts drehen sieht, während die andre links dreht.

§ 29. Ruhe der Rosen bei Bewegungen des Schiffes.

Um das Trägheitsmoment und das magnetische Moment von Kompassrosen genau zu bestimmen, hängt man dieselben an einem ungesponnenen Seidenfaden auf, lenkt sie aus ihrer Ruhelage ab und beobachtet die Schwingungszeiten. Darauf belastet man sie mit einem sogenannten Trägheitsringe und beobachtet wieder die Schwingungszeiten. Ein solcher Trägheitsring soll möglichst schmal, überall gleich dick und schwer und möglichst kreisrund sein. Sein Trägheitsmoment ist, wenn er ordentlich auf der Rose centriert ist, nach allen Seiten gleich und zwar ist sein $K = p$ in Milligrammen mal r^2 in Millimetern. Die Thomson- und Ludolph-Rosen bestehen ihrem Hauptgewichte nach aus einem schmalen Ringe in der Peripherie und es ist leicht einzusehen, dass das Trägheitsmoment nach allen Seiten hin möglichst gleichmässig ist, wenn nur dieser Ring gut gearbeitet ist, was man daran erkennen kann, dass er gegen die Schwere im Gleichgewicht ist, denn seine horizontale Ausdehnung ist ausserordentlich klein. Das Trägheitsmoment der Magnete wird nie so gleichmässig zu machen sein, giebt aber auch nicht den Ausschlag, weil sie der Drehungsaxe so nahe liegen und ihr Trägheitsmoment desshalb nur klein ist. Dass diese Rosen vermöge ihrer Construction am ruhigsten gehen müssen, dürfte nach dem Gesagten leicht einleuchten.

Bekommt eine Rose, deren Schwingungszeit erheblich grösser als die des Schiffes ist, einen Antrieb nach rechts herum zu drehen, derselbe möge eine Ursache haben, welche er wolle, so wird eine solche mit grosser Schwingungszeit diesem Antriebe nur langsam folgen, besonders wenn der Ruhekoefficient gross ist. Dem ersten Antriebe wird bald ein zweiter folgen, der in entgegengesetzter Richtung wirkt. Dieser muss zunächst der entstandenen Drehung entgegen wirken, dass die Rose zum Stillstand kommt und erst dann kann er die Rose zu der entgegengesetzten Drehung zwingen.

Denken wir uns z. B. eine Rose von 20 Sekunden Schwingungszeit auf einem Schiffe, welches 10 Sekunden zu einer Rollbewegung braucht. Durch den Anfang einer Rollbewegung erhalte die Rose einen Antrieb rechts herum zu drehen, sie folgt diesem auch, wenn auch erst spät und langsam. Nach 10 Sekunden kommt ein zweiter Antrieb, links herum zu drehen. Da sie aber 20 Sekunden zu einer Schwingung braucht, hat sie dieselbe erst halb vollendet. Der neue Antrieb muss also zunächst das Bestreben der Rose, ihre ganze Schwingung zu vollenden, aufheben und kann sie dann erst nach links herum drehen. Wenn die Rose bei ihrer Langsamkeit kaum eine Drehung angefangen hat, wechselt der Antrieb schon wieder und die Folge ist, dass eine langsam schwingende Rose mit nur kleinen Schwankungen ruhig in ihrer Lage bleibt.

Dass das Stampfen, Stösse, die von der Maschine, vom Abfeuern schwerer Geschütze oder aus noch andern Ursachen herrühren, von genau gleicher Wirkung auf die Bewegungen der Kompassrosen sind, ist wohl von selbst klar.

§ 30. Koefficienten von 14 verschiedenen Rosen.

Die besprochenen Daten einer Anzahl Rosen findet der Leser in der folgenden Tabelle:

Name des Verfertigers.	Art der Rose.	Durchmesser.	Anzahl der Magnete.	à Lamellen.	Trägheitsmoment K	Magnetisches Moment M	Gewicht in Gramm. p	Ruhe-Koeffizient $\frac{K}{p}$	Einstellungs-Koefficient $\frac{M}{p}$	Schwingungszeit Sek.
1. White	Thomson	25,5	8		131,14	1,734	13	10,04	0,133	20,0
2. Ludolph	„	25,5	8		151,6	1,628	13,3	11,40	0,123	22,71
3. „	„	25,5	8		161,36	2,707	14,5	11,13	0,187	18,17
4. „	„	23,0	8		114,50	2,971	12,5	9,16	0,238	14,61
5. „	Ludolph	21,5	8		72,40	2,443	12,7	5,70	0,192	12,81
6. „	„	21,5	8		116,63	2,03	16,3	6,79	0,125	15,48
7. „	„	21,5	6		78,45	2,81	12	6,54	0,234	12,4
8. „	„	21,5	4		98,87	14,474	12,7	7,785	0,111	19.27
9. „	Normalrose	21,4	4	2	416,54	37,554	95	4,386	0,395	7,839
10. „	„	21,5	2	2	260,57	19,88	64,7	4 027	0,307	8,52
11. Hechelmann	Hechelmann	23	8	2	508,00	13,243	88	5,77	0,151	16,35
12. „	„	23	8	1	239,54	5,14	35	6,84	0,147	16,06
13. Plath	Plath		2	2	183,40	4,545	35,1	5,22	0,129	14,95
14. Ludolph	Ludolph	21,5	2	1	140,63	2,094	20,5	6,86	0,102	19,67

§ 31. Beschreibung und Prüfung der mechanischen Arbeit des Kompasses.

Damit die Kompassrose möglichst wenig von den Bewegungen des Schiffes beeinflusst wird, ist der Kompasskessel zunächst mit der sogenannten cardanischen Aufhängung (Zwieringe) versehen. Die Achsen sollen rechtwinklig zu einander stehen, was man nachmisst, indem man mitten über denselben auf dem Ringe Merkzeichen macht und zusieht, ob diese 4 alle gleich weit von einander entfernt sind.

Drückt man den Kompass an irgend einer Seite herunter, so wird der Durchschnittspunkt der beiden Axen seine Stelle nicht ändern, desshalb wird die Rose am ruhigsten hängen, wenn die Spitze der Pinne sich gerade in diesem Punkte befindet. Dass sich dieser Punkt zugleich in der mathematischen Axe des cylindrischen Kessels befinden soll, ist selbstverständlich. Ob dies genügend genau genug der Fall ist, prüft man vorläufig mittels der Rose, indem man zusieht, ob der Raum zwischen Rose und Kesselrand überall gleich ist und auch gleich bleibt, wenn man den Kompass langsam rundherum dreht. Ist es der Fall, so ist 1. die Pinne gut centriert, 2. die Rose ebenfalls und 3. die Rose ist kreisrund. Ob die Rose gut centriert und kreisrund ist, kann man auch auf folgende Weise finden. Man nehme die Rose aus dem Kessel, kehre sie um, setzt einen Zirkelfuss in das Hütchen und den andern auf den Rand der Rose. Durch Drehen des Zirkels kann man sich leicht überzeugen, ob die Rose in dieser Hinsicht gut gearbeitet ist. Ist der Stein kegelförmig ausgeschliffen, wie bei Regelkompassen der Fall sein sollte, weil dann bei allen nicht gar zu heftigen Bewegungen die Rose centrisch im Kessel bleibt, so gelingt der Versuch leicht. Ist er aber halbkugelförmig ausgeschliffen, wie man bei Steuerkompassen meistens anwendet, so muss man die Rose recht genau horizontal halten und Acht geben, dass man den betreffenden Zirkelfuss mitten im Hütchen behält.

Durch das Arbeiten des Steins auf der Pinne bekommt er mit der Zeit Risse oder die Pinne bohrt sich durch die Politur und dieselbe erhält ein Loch, worauf die Rose unregelmässig gehen wird und sich nach einer Ablenkung bald so, bald so einstellt. Wenn man mit einer spitzen Nadel behutsam in der Höhlung des Steins herumfühlt, wird man bald die beschädigte Stelle finden und man muss den Stein oder das Hütchen auswechseln.

Bei den leichten Thomson- und Ludolph-Rosen kann die aus härtestem Stahl oder Iridium gefertigte Pinne nahezu in einem Punkt auslaufen; bei den schwereren Rosen wird dieselbe in eine ganz kleine, nur eben sichtbare Halbkugel ausgeschliffen, die dann poliert wird. Besonders bei Kompassen auf dem Hinterdeck von Schraubendampfern werden die Pinnen gar leicht stumpf oder nieten gar um. Letzteres fühlt man leicht, indem man mit dem Finger sanft daran in die Höhe fährt, ersteres kann man ohne Weiteres sehen. Kann man nicht eine Reservepinne einstecken, so muss man die Pinne auf einem feinen Steine anschleifen, wobei es gut ist, die kleine blanke Fläche auf der Spitze nicht völlig wegzuschleifen. Man hält dabei die Pinne unter einem Winkel von ungefähr 35—40 Grad gegen den Stein und drehe sie während des Hin- und Herziehens beständig um ihre Axe.

Der Kompasskessel ist cardanisch aufgehängt, damit seine Axe trotz der Bewegung des Schiffes stets vertikal oder der Deckel horizontal bleiben kann. Ob dies der Fall ist, sieht man in See sehr bequem daran, ob sich beim Visieren über dem Deckel nach der Kimm beide Linien decken. Da der Kompasskessel indessen als ein kurzes Pendel zu betrachten ist, so wird derselbe bei den Bewegungen des Schiffes stets mehr oder weniger aus seiner richtigen Lage gebracht werden. Damit er schnell in diese zurückkehren kann, müssen die Axen recht leicht gehen, dürfen aber nicht schlottern, besonders nicht längs der cylindrischen Enden sich verschieben, weil dies Stösse verursacht.

Cylindrische Zapfen haben stets mehr oder weniger Reibung, aus welchem Grunde die Axe des Kessels nicht immer vertikal stehen wird, was wieder nicht gut auf den Gang der Rose einwirkt. Um diesem abzuhelfen kann man statt der cylindrischen Axen Schneiden mit etwas abgerundeter Kante anwenden. Wollte man es indessen dabei bewenden lassen, so würde man finden, dass ein so aufgehängter Kompasskessel, sobald nur etwas Wind denselben fassen kann, sowie vom Schütteln der Maschine, stets in pendelnder Bewegung ist. Die Schwingungszeit ist freilich der geringen Tiefe wegen nur klein, aber nichts desto weniger würde der Kompass damit unbrauchbar werden, desswegen muss dies verhindert werden. Thomson bewirkt dies, indem er dem Kompasskessel einen doppelten Boden giebt und den dazwischen enthaltenen Raum nicht ganz mit Ricinusöl füllt. Einestheils vertritt dessen Gewicht das sonst gebräuchliche Bleigewicht; anderntheils wirft das Ricinusöl sofort Wellen, so wie der Kessel in pendelnde Bewegung geräth, wodurch diese sehr schnell gehemmt wird. Wenn auch nicht so vollkommen, kann man denselben Zweck auch dadurch erreichen, dass man ein nicht zu langes Gewicht in eine Oese unter die Mitte des Kompasskessels hakt. Man dämpft dann die pendelnde Bewegung des Kessels durch ein zweites Pendel. Vermöge ihrer verschiedenen Längen haben die beiden Pendel verschiedene Schwingungszeiten, die sich sehr bald aufheben, es tritt Interferenz der Schwingungen ein.

Um Stösse und das fortwährende, von der Schraube oder von den Rädern herrührende Schütteln vom Kompass möglichst abzuhalten, legte man früher die äussern

Zapfen in Lager, die an einem von vier Gummistreifen getragenen Ringe befestigt waren. Trotzdem, dass diese möglichst neben einander aus einer Platte geschnitten wurden, also von gleicher Stärke waren, reckte sich doch der eine oder der andere mehr als die übrigen, wodurch nicht allein ein geringes Schiefliegen der Axen entstand, was ziemlich ungefährlich, sondern es trat gar leicht eine Drehung der Axenlager und damit des ganzen Kompasses ein. Man erhielt damit ein lästiges A in die Deviation des Kompasses, welches sich immer änderte. Ueberdies halten diese ziemlich theuren Gummistreifen verhältnissmässig nicht lange und ihr Nutzen ist nur beschränkt.

Viel besser hat sich ein (auch von Thomson erfundener) aus Messingdraht nach Art eines Stropps aus einem Cardel geflochtener Ring bewährt. In der Längsschiffs-Richtung ruht er in zwei Kugelgelenken mit Centralstift, damit diese nicht ausspringen können. 90 Grad davon, also querschiffs hängen ein paar 4—6 cm lange Kettenstroppen daran, welche die Schneiden tragen, auf welchen der Cardanring balanciert. Alle Stösse, sie mögen senkrecht, horizontal oder schräg kommen, werden zunächst von diesem elastischen Ringe aufgenommen, die Schüttelungen durch die Ketten, so dass diese Vorrichtung alle jene störenden Einflüsse nicht zum Kompasskessel gelangen lässt oder mindestens mehr abschwächt als alle andern bekannt gewordenen Vorrichtungen.

Wer von den leichten von Thomson oder Ludolph gelieferten Rosen den vollen Dienst geleistet haben will, den sie leisten können, sollte diese Vorrichtung in Anwendung bringen. Dass Kompasse mit diesen Kettenstroppen zu Peilkompassen nicht gut zu gebrauchen sind, weil bei Einstellung der Peilung die Ketten eine Drehung des Kompasses gestatten, ist klar. Für solche Zwecke lässt man besser die Ketten weg und lagert die äussern Zapfen direct auf dem elastischen Ringe. Die hiesigen Lloyd-Kapitäne wollen jedoch auf die vollständige Thomson'sche Suspension nicht verzichten und brauchen zum Peilen einen Kompass mit Peilscheibe oder einen Small's Patentkompass.

Oft findet man auch die Stahlpinne in ihrem Pivot auf einer Feder ruhen, welche vertikale Stösse gut aufnimmt. Aber dabei kommt dann die Spitze der Pinne aus der Ebene der Drehungsaxen des Kessels, was nicht der Fall sein sollte. Horizontale Stösse und Schüttelungen werden ohne Schwächung auf die Rose übertragen.

Steuerkompasse sind einfach mit dem allbekannten Glasdeckel verschlossen. Bei den Thomsonkompassen ist dieser Deckel schwerer als gewöhnlich und durch 4 Schrauben niedergepresst Durch einen untergelegten Gummiring kann der Kessel fast luftdicht verschlossen werden. Der geringste Luftzug im Innern des Kessels macht erstens die leichte Rose unruhig und zweitens wird durch möglichst dichten Abschluss des Kompasskessels Feuchtigkeit von der Rose abgehalten. Ja, Thomson hat sogar auf den Boden des Kessels ein Quantum Chlorcalcium gelegt, welches jede Feuchtigkeit begierig anzieht und festhält, um so die Rose trocken zu erhalten und die Magnete vor Rost zu schützen.

Bei den Regelkompassen findet man den Rand des Kessels mit einer Gradeintheilung versehen, die so numeriert zu sein pflegt, dass Null vorn und hinten in der Mittschiffslinie, 90 Grad an beiden Seiten in der Querschiffslinie steht. Mitunter findet man die Theilung auch von Null in der Mittschiffslinie von vorn nach beiden Seiten herum bis 180° numeriert.

Bei den neuesten Kompassen ist dieser Kreis drehbar und trägt ausser der Grad- noch eine Stricheintheilung, wie eine Kompassrose. Um die Mittschiffslinie zu markieren ist vorn am Kessel ein Index angebracht. Die Peildiopter sind auf einem zweiten starken Messingringe, in dem auch das Glas eingekittet ist, befestigt. Dieser Ring dreht sich concentrisch mit dem ersten; durch Schrauben können sie an einander festgeklemmt werden. Es ist klar, dass diese Art Kompasse direct als Peilscheiben zu benutzen sind und man hat ein apartes Instrument dazu nicht nöthig.

Die Diopter sollen beide vertikal stehen. Hängt man bei stillem Wetter — natürlich bei stillliegendem Schiffe — ein Loth an eine Raa, so muss bei Peilung desselben der Diopterfaden es in seiner ganzen Länge decken. Ist dies auch der Fall, wenn man oben und unten durch den Schlitz sieht, so stehen beide vertikal.

Ob die Diopter sich im Durchmesser gegenüberliegen, sieht man genau genug daran, dass man durch den Schlitz sehend, das Spiegelbild des Fadens im Glasdeckel mitten über das Hütchen gehen sieht.

Man hört so häufig die Klage: Am Tage kann man diese Peilvorrichtung wohl gebrauchen, aber nachts kann man nichts durch den Schlitz sehen. Diese Klage ist berechtigt genug; man braucht nur die Grösse der Pupille des menschlichen Auges in der Dunkelheit mit der Breite des Schlitzes zu vergleichen, um sofort zu begreifen, wie es zugeht, dass man Sterne auf diese Weise schlecht peilen kann. Zu Sternpeilungen empfiehlt es sich, den Schlitzdiopter, der mit 5—6 cm Länge hoch genug ist, entweder oben mit einem Stift zu versehen, über den man wegpeilt oder an einer bequemen Stelle im Schlitz denselben zu einem Kreise von einer Grösse wie die Pupille des Auges in der Dunkelheit (6—7 mm Durchmesser) zu erweitern, so dass man, hier hindurch sehend, volles Licht ins Auge erhält.

Gar oft begegnet man der Klage, dass Peilungen der Sonne zu verschiedenen Tageszeiten oder dass Peilungen verschiedener Fixsterne kurz hinter einander verschiedene Deviationen ergaben. Hängt der Kessel nur um einen Grad queer zur Peilrichtung schief, so werden die Diopter natürlich um denselben Betrag von ihrer vertikalen Richtung abweichen. Dadurch entstehen in der Peilung die folgenden Fehler:

Höhe des gepeilten Objects	Fehler in der Peilung
0°	0,0°
10°	0,2°
20°	0,4°
30°	0,6°
40°	0,9°
50°	1,2°
60°	1,9°
70°	2,8°
80°	5,7°

Nennt man den Winkel, um den der Kompass queer zur Peilung schief hängt a und die Höhe h, so ist der Fehler nahe genug $= a \times \tang h$. Hängt der Kompass 2 Grad schief, so wird der Fehler doppelt so gross wie in der Tabelle u. s. w.

Ein Fehler von einem Grade kommt gar leicht vor und wird nur bei aufmerksamer Behandlung des Kompasses entdeckt. Da der Fehler bei grösserer Höhe des gepeilten Objects unverhältnissmässig anwächst, sollten solche, zu denen man die Polarsternhöhen in unsern Breiten unbedingt rechnen darf, unter gewöhnlichen Umständen durchaus vermieden werden.

Manche Offiziere meinen nicht peilen zu können, wenn sie nicht beide Hände am Kompass haben und behaupten kühnlich, den Kompass immer hübsch gerade zu halten. Dass dabei der Kompass nur zu oft schief gehalten wird und bei einiger Höhe des Gestirns Fehler in der Peilung von $^1/_4$ Strich und noch darüber unterlaufen, ist kein Wunder. Was hilft die sorgfältigste Ausführung eines Peilkompasses, wenn man sich so leichtsinnig seine Beobachtungen verdirbt. Also aufgepasst, dass die Diopter genau vertikal stehen, Hände vom Kompass während des eigentlichen Peilens und vermeide Höhen über 30°, wenn es irgend möglich ist.

Prismen und Spiegel sind wohl bei Land gut zu gebrauchen, allein in See taugen sie nicht viel.

Azimuthometer, Small's Patent-Kompasse und ähnliche Vorrichtungen sollten nach Publikation der Zeitazimuth-Tabellen in die Rumpelkammer geworfen werden. Sind sie leicht gemacht, so sind sie gar zu leicht verbogen und excentrisch; sind sie so stark gemacht, dass dies nicht der Fall ist, so machen sie den Kompass kopfschwer und verursachen so viel Reibung in den Zapfen, dass er den Bewegungen des Schiffes nicht rasch genug folgt und nicht richtig hängt. Wenn ich mich recht erinnere, sind die Small's Patentkompasse, welche früher für die Marine angeschafft wurden, sämmtlich verkauft, weil man sich überzeugt hat, dass die Diopter mit Schlitz und Faden die besten sind, die es giebt. Der mit dem Schlitz ist mit 5—6 cm Länge hoch genug, der mit dem Faden sollte so lang sein, wie der Durchmesser des Kompasskessels, damit man im Nothfalle ein Gestirn bei 40 Grad Höhe noch peilen kann.

Endlich sollen die Steuerstriche vertikal stehen und im Durchmesser gegenüber liegen.*) Ob sie bei freiem Hängen des Kompasses vertikal stehen, untersucht man mit Hülfe eines Lothes, das man sich mittels eines Zwirnfadens und eines Schlüssels und dergleichen herstellen kann.

Zur Untersuchung, ob sie sich im Durchmesser gegenüberliegen, benutzt man die Kompassrose. Man dreht z. B. den Kompass so, dass N vor dem einen Steuerstrich liegt, dann muss S vor dem andern liegen. Dreht man hierauf den Kompass halb herum, so soll N vor dem letzten und S vor dem ersten liegen. Dasselbe probiere mit den Ost- und Weststrichen. Stimmt alles, so liegen 1. die Steuerstriche recht, 2. die Rose ist gut centriert und 3. die Pinne befindet sich in der Axe des Gehäuses.

Stimmt es nirgends, so kann 1. die Pinne excentrisch sein, was man, wie schon oben bemerkt, oberflächlich an dem Zwischenraum zwischen Rose und Kessel sehen kann. Genauer sieht man's, indem man den Kompass wieder so dreht, dass der Nordstrich vor dem Steuerstrich a liegt, so soll der Südstrich vor dem Steuerstrich b liegen. Ist dies nicht der Fall, so merke man, an welcher Seite von b der Südstrich liegt. Bei unverändertem Stande des Kompasses drehe die Rose mit den Händen halb herum, dass Süden vor dem Steuerstrich a liegt, befindet sich dann der Nordstrich an derselben Seite des Steuerstriches b, wie vorher der Südstrich, so steht die Pinne nach dieser Seite hin aus dem Mittelpunkt des Kessels. Befindet sich hingegen der Nordstrich nun um ebensoviel an der andern Seite des Steuerstriches b, wie früher der Südstrich, so ist die Rose excentrisch. Den letzteren Fehler wird der Seemann wohl nur selten wegschaffen können und wird ihm nichts übrig bleiben, als einen Mechaniker damit zu beauftragen. Der Excentricitätsfehler der Pinne kann bei den bessern Kompassen durch Schrauben im Sockel der Pinne weggeschafft werden, indessen ist nicht zu vergessen, dass es nicht taugt, zu viel an den Instrumenten herum zu corrigieren. Geringe Fehler sind

*) Thomson lässt in den von White construierten Kompassen nur einen Steuerstrich ziehen. Dass 2 oder gar 4 angebracht werden, ist im Grunde genommen unnöthig, und wenn dieselben nicht genau den 4 Achsen entsprechen, sogar gefährlich.

auf die Navigierung eines Schiffes ohne Einfluss, weil dieselben stets mit in die beobachtete Deviation kommen und durch Anwendung derselben ausgemerzt werden.

Für wissenschaftliche Zwecke soll freilich das Instrument entweder correct sein oder die Fehler desselben sollen vor dem Gebrauch bestimmt werden.

§ 32. General-Untersuchung eines Kompasses.

Mangelt es an Zeit, einen Kompass in allen einzelnen Theilen genau zu untersuchen, so genügt es zu probieren 1. ob die Rose beweglich genug ist, indem man zusieht, ob sie nach einer Ablenkung sich ohne Nachhülfe genau genug wieder auf denselben Strich oder Grad einstellt*) und 2. von einem Orte aus, wo man sicher kein Eisen in der Nähe hat, die Missweisung zu bestimmen, wie es in jeder Steuermannsclasse gelehrt und geübt wird. Giebt er dieselbe richtig an, so wird er, abgesehen von besonderen Umständen, brauchbar sein; wo nicht, wird man die Differenz, wenn sie auf allen Strichen dieselbe ist, wie eine Indexcorrection stets in Rechnung ziehen müssen, was umständlich genug ist, oder man muss die Ursache des Fehlers aufsuchen und ihn corrigieren. Die letzte Prüfung macht man viel bequemer, wenn man ihn mit einem als richtig bekannten Kompass vergleicht. Zu diesem Ende bestimme man an einem Orte, wo sicher kein Eisen in der Nähe ist, die magnetische Richtung mehrerer Objecte, die möglichst rund um den Ort vertheilt liegen und sehe zu, ob man durch Peilen mit dem zu untersuchenden Kompass dieselben Richtungen erhält. Bedenkt man, dass es Instrumente ohne Fehler garnicht giebt und wenn ein solches heute ohne Fehler sein

*) Die deutsche Seewarte verlangte früher bei den sogenannten Normalrosen, wenn sie aus der Hand des Mechanikers kamen, nach Seite 324 der Segelanweisungen für den Atlantic, dass sie sich genau wieder einstellen. Sir William Thomson, den wir dreist den Kompassreformator nennen können, und ebenfalls Leutnant Collet von der französischen Marine verlangen nur, dass die an den Thomsonrosen beobachteten Einstellungen nicht mehr als um einen Grad differieren, welche Genauigkeit auch vollkommen ausreicht; stellen sie sich noch genauer ein, so ist es natürlich desto besser.

sollte, morgen dieselben in Folge von Lockerungen dieser oder jener Theile, hervorgebracht durch die Einwirkung verschiedener Temperaturen, doch wieder auftreten und dass alle unsere Beobachtungen mit Fehlern behaftet sind, so ist die obige Forderung: „dieselben Richtungen" stets mit einer Abweichung zu nehmen, die sich nach den Anforderungen richten muss, die man an das Instrument zu stellen berechtigt ist.

§ 33. Aufstellung eines Kompasses.

Jeder Kompass, nach dem gesteuert werden soll, muss so aufgestellt werden, dass die über der Spitze der Pinne und dem vordern Steuerstrich gehende gerade Linie in oder parallel mit der Ebene fällt, welche man sich längs der beiden Schiffssteven gelegt denkt. In neuerer Zeit haben die in der Mittschiffslinie aufgestellten Kompasse zweckmässiger Weise die in einem Doppelnachthause neben einander aufgestellten Kompasse fast ganz verdrängt. Da letztere indessen auf kleinern Schiffen noch immer vorkommen, wird auch diese Aufstellungsart besprochen werden; vorausgeschickt sei nur, dass dieselben in jeder Hinsicht möglichst gleich sein sollten und nie innerhalb einer Entfernung von Mittelpunkt bis Mittelpunkt von unter $1^1/_4$ Meter aufgestellt werden sollten.

a. Aufstellung des Regelkompasses. Der Regelkompass soll unter keiner Bedingung ausserhalb der Mittschiffslinie aufgestellt werden, deshalb wird man diese vorerst aufsuchen müssen, indem man zunächst am Kompassorte die ganze Schiffsbreite misst und dann die Mitte davon abmisst. Recht oft wird man die Mittschiffslinie nach einem Skeilight, nach einem Maste und dergleichen sofort an den Decksnähten erkennen können. Auf diese Linie stelle den Kompassständer so, dass er mitten darauf steht. Nachdem man den Kompass hineingehängt hat, stelle man die Peilschlitzen über die Steuerstriche und drehe den Ständer so, dass man genau die Mitte des nächsten nach vorn hin befindlichen Mastes peilt. In den weitaus meisten Fällen wird damit der Kompass richtig stehen und kann der Ständer so befestigt werden. Gut ist es hierauf, die Peilschlitzen um 180^0 zu drehen, dass also der Fadenschlitz über den hintern und der Absehschlitz über den vordern Steuerstrich kommt und zur Controle einen nach hinten hin in der Mittschiffslinie liegenden Gegenstand zu peilen. Auf Dampfern, wo der Regelkompass meistens auf der Brücke aufzustellen ist, wird der Schornstein im Wege sein; oben über ihn hin eine vielleicht recht gut sichtbare Stänge an zu visieren, ist nicht rathsam, weil man dabei gar zu leicht Fehler macht, wenn das Schiff nur ein Weniges schief liegt. Ist der Regelkompass mit einem eingetheilten Rande versehen, so wird man bei ziemlicher Nähe des gepeilten Mastes oder wenn derselbe durch irgend ein Hinderniss verdeckt ist, gut thun, zwei Objecte, die gleichweit von der Mittschiffslinie entfernt liegen, wie z. B. die beiden Krahnbalken zu peilen und zuzusehen, ob dieselben gleiche Winkel mit dem Nullstriche der Theilung bilden. Ist dies nicht der Fall, so hat man den Kompass um die halbe Differenz zu drehen und Alles zu wiederholen bis es stimmt.

b. Aufstellung eines Steuerkompasses. Soll derselbe in der Mittschiffslinie aufgestellt werden, so wird bei freier Aussicht nach vorn ebenso verfahren werden können, wie bei dem Regelkompasse, nur fehlen die Peilschlitzen. Man mache dann über den beiden Steuerstrichen auf dem Rande mittels einer Feile zwei Merkzeichen und peile darüber weg, wie oben angegeben.

Steht der Kompass in dem Ruderhause, dass die Aussicht auf einen Mast durch dessen Vorderwand oder andere Hindernisse verdeckt ist, so benutzt man zur Aufstellung am bequemsten einen grossen rechten Winkel, wie ihn die Zimmerleute meistens besitzen (einerlei ob er von Holz oder Eisen gemacht ist). Nachdem der Kompass an seinen Ort gestellt ist, lege den einen Schenkel des rechten Winkels an die Vorderwand des Ruderhauses, den andern über die Mitte des Kompasses und drehe letzteren so, dass beide Steuerstriche gerade unter der Kante dieses Schenkels liegen. Unter der Voraussetzung, dass die Vorderwand richtig queerschiffs läuft, wird der Kompass richtig aufgestellt sein. Sollte ein genügend grosser rechter Winkel nicht vorhanden sein, so wird er in wenigen Minuten von ein paar Leisten zusammen zu nageln sein; man bedenke, dass ein Dreieck, dessen Seiten sich wie 3 : 4 : 5 verhalten, stets ein rechtwinkliges ist.

Steht der Kompass nicht in der Mittschiffslinie, so wird man letzteres Verfahren ebenfalls anwenden können.

c. Aufstellung in einem Doppelnachthause. Dasselbe muss zunächst rechtwinklig konstruiert sein, was man leicht untersucht, indem man auf dem Deck ein Rechteck von gleicher Grösse konstruiert und das Nachthaus darauf setzt. Da, wo das Nachthaus stehen soll, suche man sich die Mittschiffslinie und ziehe darauf eine Normale. An diese Normale stelle man das Nachthaus mit den Vorder- oder mit den Hinterfüssen mit der Mitte auf die Mittschiffslinie und befestige es so. Hierauf untersuche man, ob die Kompasse richtig gearbeitet sind, nämlich ob die Linie, welche über die beiden Steuerstriche läuft, parallel mit zwei und senkrecht zu den beiden andern Wänden des Kastens ist. Zu diesem Zwecke mache wieder über den beiden Steuerstrichen ein paar Merkzeichen mit einem Messer oder einer Feile und stelle den Kompass so hin, dass man ein entferntes, scharf begrenztes Object über diesen Merkzeichen peilt. Ist dasselbe ebenfalls in Peilung, wenn man längs der Seitenwände peilt und endlich, ist der Kasten rechtwinklig, was man leicht nachmisst, so kann man den Kompass mit seinem Kasten an seinen Ort stellen. Man schiebt ihn fest gegen die Hinterwand des Nachthauses und füllt die Lücken mit Lappen oder Werg.

d. Auf älteren Segelschiffen sind die Kompasse nicht immer so placiert, dass man damit nach allen Richtungen bequem peilen kann, vielmehr muss man dazu recht häufig einen Peilkompass zu Hülfe nehmen und die Peilung dann auf den Steuer-, Haupt- oder Regelkompass beschicken, weil man für den bald hier, bald dort aufgestellten Peilkompass die Deviation nicht kennt, beziehungsweise weil man nicht sicher ist, ob er Deviation hat oder nicht. Am bequemsten geschieht dies bekanntlich, indem man den augenblicklich gesteuerten Kurs sowohl nach dem Peilkompass als auch nach dem Regelkompass angiebt, auf welchen die Peilung zu übertragen ist. Zu diesem Zwecke muss der Peilkompass wieder so aufgestellt werden, dass die Linie, welche über die beiden Steuerstriche läuft, parallel ist mit der Ebene, die man sich längs der beiden Schiffssteven denkt. Um dies schnell und sicher zu machen, wählt man sich an jeder Seite des Schiffes vielleicht 1 oder 2 Orte, von wo aus man möglichst bequem nach allen Richtungen hin peilen kann, misst sich deren Abstand von der Mittschiffslinie, trägt diese irgendwo auf dem Vorderschiffe wieder ab und macht im getroffenen Punkte ein gut sichtbares Zeichen. Man braucht dann nur das mit dem Orte des Peilkompasses correspondierende Merkzeichen zu peilen und hat sofort den Kurs des Schiffes nach diesem Kompass.

§ 34. Die Peilscheibe.

Den Winkel festzustellen, um den ein Schiff sich dreht oder den das Schiff mit einer bekannten Richtung bildet, also mit andern Worten, um aus der bekannten magnetischen oder wahren Richtung eines Objectes den magnetischen oder wahren Kurs des Schiffes zu erhalten, dient die Peilscheibe. Es ist dies eine aus starkem Messing gefertigte, um den Mittelpunkt drehbare Windrose ohne Magnetnadel, welche wie der Kompass in Zwieringen (cardanisch) aufgehängt ist, und mittels eines unten angebrachten Gewichtes sich stets von selbst horizontal stellt. Die Peilschlitzen, meistens mit einem Fernrohr mit Vertikalfaden versehen, sind um den Mittelpunkt der Rose drehbar und mittels einer Schraube an letzterer unverrückbar festzuklemmen. Ein an der gemeinschaftlichen Axe mittels einer Schraube festzustellender Index deutet die Mittschiffslinie an.

Vor dem Gebrauch muss die Peilscheibe so aufgestellt werden, dass der Index die Mittschiffslinie anzeigt. Zu diesem Zwecke stelle man die Peilschlitze mit dem Faden genau dem Index gegenüber, drehe den Apparat so, dass man einen Punkt, der recht längsschiffs von demselben liegt, peilt und stelle den Index fest. Hat man die Peilscheibe in der Mittschiffslinie aufgestellt, so braucht man nur die Mitte des nächsten Mastes anzuvisieren. Ist es nicht möglich, die Peilscheibe in der

Mittschiffslinie aufzustellen, so kann man gerade so verfahren wie in § 33, d, der Index liegt dann vom Mittelpunkt der Peilscheibe aus in oder parallel mit der Mittschiffslinie.

Peilt man dann ein Object, so wird man leicht den Winkel zwischen dieser Peilung und der Schiffsrichtung erhalten.

Bei Regulierung der Kompasse eines Schiffes stellt man die Peilschlitzen (oder das Fernrohr) in der bekannten magnetischen Richtung eines Objects z. B. eines Thurmes auf der Rose ein und klemmt fest; darauf dreht man die Rose so, dass das Object in Peilung erscheint, dann hat jeder Strich derselben die genaue magnetische Richtung, welche seinem Namen entspricht, und man lies't am Index den magnetischen Kurs des Schiffes ab, während man an einem Kompass immer nur den mit der Deviation behafteten Kurs erhält.

§ 35. Das Vertikalkraft-Instrument von W. Thomson und das Klinometer oder der Krängungsmesser.

Das Vertikalkraft-Instrument besteht dem Aeussern nach in einer etwa 9 cm langen und 4 cm weiten, cilindrischen Röhre, die an den Enden durch Glasplatten mit Bajonnetverschluss geschlossen ist. Auf ihrer Oberseite trägt sie eine kleine Dosenlibelle, die so adjustiert ist, dass sie einspielt, wenn die Axe des Cilinders und die queer dazu liegende Drehungsaxe einer darin hängenden Magnetnadel horizontal liegen. An der Unterseite befinden sich 3 kurze Füsse und die Vorrichtung zum Arretieren der Magnetnadel. Im Innern ist eine etwa 8 cm lange und reichlich 1 mm dicke Magnetnadel so aufgehängt, dass sie sich um eine horizontale Axe vertikal drehen kann. Diese Axe bewegt sich auf Schneiden, die in Saphirlagern gehen, und geht genau durch den Schwerpunkt der Nadel. Die unmagnetisierte Nadel würde demnach in jeder Lage, die man ihr anweis't, stehen bleiben, aber sobald sie magnetisiert ist, strebt sie die Richtung der Inclinationsnadel einzunehmen. Sie kann dies jedoch nicht, weil die Röhre dazu viel zu eng ist und die Schneiden der Axe dies nicht zulassen; in unserer magnetischen Breite würde das Süd- oder blaue Ende der Nadel nach oben gehen. Um die Nadel zu einer horizontalen Lage zu zwingen, ist auf dieses in die Höhe strebende Ende ein papiernes Laufgewichtchen mit einem Index in der Mitte gestreift, durch dessen Verschiebung man die Nadel genau horizontal bringen kann, wenn die Libelle einspielt. Hat man dies an einem Orte gethan, wo kein Eisen oder keine andere magnetische Einflüsse als die der Erde auf die Nadel einwirken, so ist sie für die an diesem Orte herrschende Vertikal-Intensität adjustiert. Da die Nadel sich um die durch ihren Schwerpunkt gehende Axe bewegt, ist die Lage des Laufgewichts abhängig: 1. von der Vertikal-Intensität der Erde und 2. vom magnetischen Moment der Nadel; und unter der Voraussetzung, dass letzteres konstant ist, allein von der Vertikal-Intensität der Erde. In südlicher magnetischer Breite wird das rothe oder Nord-Ende der Nadel nach oben gehen und das Laufgewicht muss dementsprechend auf dieses Ende geschoben werden. Eine von der Nähe der Axe schräg nach oben gehende Skale lässt die Entfernung des Laufgewichts von jener genau ablesen.

Vor den Glasscheiben der Röhre ist auf jedem Ende ein Kreisbogen angebracht, dessen Centrum in der Drehungsaxe der Nadel liegt. Dieselben tragen je eine Eintheilung, von denen die eine von unten nach oben, die andre von oben nach unten numeriert ist, so dass man auf beiden Enden für die dicht daneben spielende Nadel gleiche Bögen ablies't.

Die Mittellage der Nadel ist bei 1,5; ein Ausschlag von einem Strich ist gleichbedeutend mit $^2/_3$—1 Zehntel Grad des Krängungs-Koefficienten, wenn das Instrument, wie § 69 gelehrt wird, in der Höhe der Kompassnadeln in das Kompassgehäuse gehalten wird. Der genaue Werth eines Striches ist durch Versuche zu bestimmen, indem man K durch Schwingungen mit horizontalen und vertikalen Nadeln bestimmt und mit der Angabe des Vertikalkraft-Instruments vergleicht; nöthig ist die Kenntniss des Werthes für den praktischen Gebrauch nicht.

Wie das Instrument zu gebrauchen ist, wird bei dem Capitel von dem Krängungsfehler des Kompasses ausführlich besprochen werden.

Um die Krängung eines Schiffes zu messen, bedient man sich eines sogenannten Klinometers, deren es eine grosse Anzahl verschiedener Systeme giebt, die indessen alle, sei es versteckt oder offen, auf Anwendung des Pendels beruhen. Bei hastigen Bewegungen des Schiffes giebt jedes Pendel die Krängung der Schleuderkraft wegen viel, mitunter um das doppelte zu gross an und die verschiedenen Systeme unterscheiden sich im Grunde nur darin, dass dieser Uebelstand mehr oder weniger vermindert wird; aufgehoben wird er nur bei dem Klinometer des Verfassers; bei dem einfachen Deck-Klinometer, welches zuerst in White, Handbuch für den Schiffbau beschrieben wurde, kann davon keine Rede sein.

Letzteres besteht aus zwei Latten, welche an der Hinterwand der Kajüte oder wo es sonst geschehen kann (auf der Brücke eines Dampfers können zwei Sonnensegelstützen dazu dienen) genau dwarsschiffs von einander, bei gerader Lage des Schiffes vertikal befestigt sind. In solcher Höhe, dass man bequem hindurch nach der Kimm sehen kann, mache queerschiffs durch jede Latte ein Loch, so dass die Verbindungslinie zwischen denselben genau horizontal ist, wenn das Schiff gerade liegt. (Einfache farbige Striche erfüllen denselben Zweck.) Nun ist auf der Innenseite jeder Latte eine Gradeintheilung anzubringen. Stehen dieselben z. B. 4 m von einander entfernt, dann hat man für 1^0, also den ersten Theilstrich: 4 m $\times$ tg $1^0 = 7$ cm, für den zweiten: 4 m $\times$ tg $2^0 = 14$ cm, für den dritten: 4 m $\times$ tg $3^0 = 21$ cm vom Centrum des Visierloches nach oben und nach unten hin abzutragen und deutlich zu markieren. Suche 400 cm unter Breitenunterschied, dann findet man den Abstand des Theilstriches in den Gradtafeln unter Abweichung. Will man mit dieser Vorrichtung die Krängung bestimmen, so sehe man durch das Loch der Luflatte bei der Leelatte vorbei nach der Kimm, der Theilstrich, welcher in der Richtung der Kimm liegt, giebt die gesuchte Krängung an. Da ein Schiff in See nie stillliegen wird, muss man aus mehreren grössten und kleinsten Ablesungen das Mittel nehmen.

Jungclaus' Klinometer beruht auf der Anwendung eines equistatischen Pendels. Die Pendelstange ist von deren Drehungsaxe aus nach oben etwa doppelt so lang als nach unten. Unten ist ein Gewicht = p, oben ein solches = $p/_4$ angebracht, beide in der Form einer Kugel. Der Abstand des Mittelpunkts der untern Kugel von der Drehungsaxe sei a, ihr Radius = r, von der obern Kugel seien diese Masse b und $r_,$, so sind die Trägheitsmomente $p\left(a^2 + \frac{2\,r^2}{5\,a}\right)$ und $p/_4\left(b^2 + \frac{2\,r_,^2}{5\,b}\right)$. Richtet man die Abstände so ein, dass

$$p\left(a^2 + \frac{2\,r^2}{5\,a}\right) = p/_4\left(b^2 + \frac{2\,r_,^2}{5\,b}\right) \text{ wird,}$$

oder nahe $a^2 = {}^1/_4\,b^2$ oder $a = {}^1/_2\,b$, so werden die Trägheitsmomente beider Gewichte gleich.

Die Schwere wirkt indessen nur mit $p \times a$ und $p/_4 \times b$ auf die an dem Hebel befestigten Gewichte und das Pendel stellt sich etwa mit der Kraft $p/_2 \times a$ vertikal.

Da die Trägheitsmomente nach oben und nach unten gleich sind, kommt das Pendel durch die Bewegungen des Schiffes nicht aus der Vertikallinie. Die Drehungsaxe des Pendels geht durch das Centrum des Kreises C (Figur 10), der im Durchmesser sb auf Schneiden balanciert, und da sowohl sein Trägheitsmoment als auch seine Gewichte oberhalb und unterhalb sb gleich sind, ist er in indifferentem Gleichgewicht und wird mittels der verlängerten Axen des Pendels leicht mitgenommen. Der Kreis C trägt oben eine Theilung, auf welcher ein an der Spitze des Pendels befestigter Index die Krängung ablesen lässt, wenn C genau queerschiffs liegt. Der Kreis A trägt oben eine Theilung, auf welcher nach der Lage des Kreises C die Stampfbewegungen abgelesen werden können. Der Kreis B trägt die Lager für die Schneiden des Kreises C und dient zugleich mit A zum Schutz des Pendels und des Kreises C. Die Kreise A und B bilden die feste Grundlage für das eigentliche Klinometer, das Pendel und Kreis C, und werden an einer queerschiffs laufenden Wand befestigt.

Dritter Theil.

Von der Deviation der Kompasse.

I. Kapitel.

§ 36. Erklärungen und die Bestimmung der Deviation.

Einer der praktischsten sowohl als nützlichsten Zwecke, zu welchen die in den vorhergehenden Theilen dieses Buches erklärten Gesetze angewendet werden können, ist, die Wirkungen des Eisens oder besser des in demselben enthaltenen Magnetismus auf den Kompass eines Schiffes kennen zu lernen. Eisen wird jetzt so massenhaft beim Schiffbau verwendet, dass es für alle Schiffsoffiziere von der grössten Wichtigkeit ist, nicht allein dessen augenblickliche Wirkung auf den Kompass kennen zu lernen, sondern auch von vorn herein zu wissen, auf welche Veränderungen sie hauptsächlich ihre Blicke zu richten haben.

Alle Ablenkungen der Kompasse können als Missweisung oder Deklination, Deviation (fälschlich örtliche Ablenkung genannt) und örtliche Ablenkung classificiert werden.

1. Missweisung ist der Winkel, den eine frei horizontal bewegliche Magnetnadel mit der Ebene des wahren Meridians macht oder der Winkel zwischen dem wahren und magnetischen Meridian; vorausgesetzt ist hierbei, dass die Magnetnadel nur dem magnetischen Einfluss der Erde, also keinen andern magnetischen Einflüssen unterworfen ist. (Vergleiche §§ 3 und 14.)

2. Deviation heisst der Winkel, den eine frei horizontal bewegliche Magnetnadel mit der Ebene des magnetischen Meridians bildet, sie wird durch den im Eisen des Schiffes enthaltenen Magnetismus verursacht.

3. Oertliche Ablenkung nennt man den Winkel, den eine frei horizontal bewegliche Magnetnadel bildet, mit ihrer eigentlichen Richtung, die ihr durch Missweisung

und Deviation angewiesen wird, und der durch irgend eine störende Kraft verursacht wird, die nicht mit dem Schiffe und der Ladung zusammenhängt, vielmehr allein von dem Orte abhängt, wo sich das Schiff gerade befindet: am Lande dicht neben dem Schiffe befindliche eiserne Krähne, eiserne Festmachepfähle und Ketten, Röhren von Gas- und Wasserleitungen, ein anderes in der Nähe befindliches, eisernes Schiff, vulkanische Gesteine, wie man sie auf St. Helena, Elba und auf den Falklands-Inseln findet, u. s. w.

Die Deviation kann von den beiden andern Ablenkungen dadurch unterschieden werden, dass sie sowohl ihrer Grösse als auch ihrer Richtung nach von dem Kurse des Schiffes und von dessen Krängung abhängig ist, während die beiden andern davon gänzlich unabhängig sind.

Es giebt verschiedene Methoden, die Deviation eines Schiffes zu bestimmen. Wenn man ein Schiff nach und nach auf jeden Kompassstrich anlegt, so nennt man das „Schwajen“. Ehe man dies zu dem beregten Zwecke thut, sollte man sich genau vergewissern 1. ob es ausser dem Bereich aller fremden magnetischen Einflüsse ist (§ 36, 3), 2. ob alles Eisen an dem Platze festgemacht und verstaut ist, wo es während der Reise verbleibt, am besten ist es, wenn das Schiff fertig zum Inseegehen ist, 3. dass es keine Schlagsseite hat und auch nicht zu stark achterlastig ist und 4. wenn der Kompass in der Nähe des Maschinen- und Kesselraumes also in der Nähe des Schornsteins steht, dass dann mindestens Kessel und Schornstein gut angewärmt sind; ihre magnetischen Eigenschaften sind in kaltem und warmem Zustande nicht dieselben.

1. Durch gegenseitiges Peilen. Ein Peilkompass wird zunächst mit dem Regelkompass, dessen Deviation man untersuchen will, nach § 32 verglichen, um zu sehen, ob sich aus der Excentricität der Windrosen oder der Pinnen oder aus andern Ursachen vielleicht eine Abweichung derselben ergiebt, die so gross ist, dass sie in Rechnung gezogen werden muss. Ergiebt sich eine solche, so ist es am besten, die Ursache aufzusuchen und den Fehler zu corrigieren. Der Regelkompass wird dann an seinen Ort gebracht und der Peilkompass am Lande irgendwo

aufgestellt, dass er frei von allen störenden Einflüssen ist und bequem vom Regelkompass an Bord gesehen werden kann. Das Schiff wird dann geschwajet und jedesmal, wenn ein voller Strich anliegt, wird von Bord ein Zeichen gegeben und mit beiden Kompassen gegenseitig gepeilt; d. h. mit dem Regelkompass peilt man den Kompass am Lande und mit dem Kompass am Lande den an Bord. Es ist selbstverständlich, dass man an Bord während des Schwajens den Peilkompass am Lande immer in Peilung halten muss und nicht erst die Peilung im Fluge erhaschen soll, wenn der Beobachter, der auf den Kurs achtet, sein Zeichen giebt, dass der Strich genau anliegt; vielmehr muss dann die Peilung eingestellt sein und rasch die Ablesung erfolgen. Wenn die Kompasse ordentlich functionieren, ist es nicht nöthig, auf jedem Striche anzuhalten (man wird es doch nicht erreichen); jedoch lasse man auch nicht allzurasch schwajen. Wenn man in der Minute durch einen Strich schwajet, so geht es keineswegs zu rasch. Nachdem der Beobachter vom Lande an Bord gekommen, wird Alles in eine Tabelle, wie folgt zusammengestellt:

Das Schiff liegt an nach dem Regelkompass	Gegenseitige Peilung mit dem Regelkompass an Bord	Gegenseitige Peilung mit dem Peilkompass am Lande	Deviation des Regel-Kompasses
N	S 27,3° O	N 28,5° W	— 1,2° oder W
NzO	31,7	30,2	+ 1,5° oder O
NNO	36,2	31,3	+ 4,9 „
NOzN	40,8	31,5	+ 9,3 „
NO	46,0	33,2	+ 12,8 „

Die erste Peilung am Lande umgekehrt, giebt S 28,5° O; von der Peilung an Bord S 27,3° O muss man 1,2° links herum gehen, um nach S 28,5° O zu kommen, daher ist die Deviation hier 1,2° W oder —1,2°. Bei den folgenden Peilungen ist es ähnlich.

Es ist gut, an beiden Orten vorher verglichene Uhren zu notieren, um controlieren zu können, bei welchem Kurse irgend ein Fehler gemacht ist.

Es ist selbstverständlich, dass die beiden Peilungen jedes Mal gerade entgegen gesetzt sein sollten, wenn beide Kompasse allein durch die richtende, magnetische Kraft der Erde beeinflusst würden. Aber da das Schiff den Kompass an Bord beeinflusst, muss dieser eine Deviation haben, welche man findet, indem man die vom Lande aus gemachten Peilungen umkehrt und den Unterschied zwischen dieser und der mit dem Regelkompass an Bord gemachten nimmt. Dieser Unterschied wird Ost oder + und West oder — benannt, je nachdem die umgekehrte Peilung rechts oder links von der andern liegt, in derselben Weise, wie man einer berechneten Missweisung den Namen giebt.

Wenn man von dem Kompass an Bord aus, den Kompass am Lande nicht bei allen Kursen sehen kann, so muss man mit dem letzteren den Platz auf passende Weise wechseln.

Meistens wird man nicht bloss die Deviation des Regelkompasses haben wollen, sondern auch die der andern Kompasse. Man notiere sich dann jedesmal, wenn es nach dem Regelkompass einen vollen Strich anliegt, die Kurse, welche es nach den andern Kompassen anliegt und kann dann leicht nach folgendem Schema arbeiten:

Regelkompasskurs	Peilung		Dev. des Regelkompasses	Magnetischer Kurs	Kurs am Steuerkompass	Dev. desselben	Kurs am achter Steuerkomp.	Dev. desselben
	an Bord	am Lande						
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
N	S 27,3° O	N 28,5° W	—1,2	N 1,2° W	N 3° W	+1,8	N 4° O	—5,2
NzO	31,7	30,2	+1,5	N 12,8° O	N 10° O	+2,8	N 17,0° O	—4,2
NNO	36,2	31,3	+4,9	N 27,4° O	N 24° O	+3,4	N 30,5° O	—3,1
NOzN	40,8	31,5	+9,3	N 43° O	N 38° O	+5,0	N 45° O	—2,0
NO	46,0	33,2	+12,8	N 57,8° O	N 52° O	+5,8	N 58,7° O	—1,0

Man erhält die Deviation für den zweiten, dritten u. s. w. Kompass dadurch, dass man den nach diesen Kompassen notierten Kurs jedesmal mit dem magnetischen Kurs vergleicht, welcher aus Spalte 1 folgt, indem man die Deviation Spalte 4 darauf anbringt.

2. Durch Peilen eines entfernten Objects. Zum Peilen wähle man ein gut sichtbares Object, dessen Entfernung so gross ist, dass der Durchmesser des Kreises, den der Regelkompass beim Schwajen beschreibt, als verschwindend klein angenommen werden kann, oder mit andern Worten, dass man die Schwajungsparallaxe als unbedeutend vernachlässigen kann. Kann man das Schiff ungefähr in der Mitte auf einer im Hafen verankerten Boje festmachen, so beträgt die Ortsveränderung des Regelkompasses, der doch meistens Mittschiffs steht, so wenig, dass eine Entfernung des gepeilten Objects von einer Meile genügen dürfte. Macht man das Schiff mit einer Ankerkette auf einer solchen Boje fest und schwajet dann mit Hülfe eines Dampfers, so beträgt die Ortsveränderung bedeutend mehr und muss demgemäss der Abstand des zu peilenden Objects auch grösser gewählt werden. Ueberhaupt wähle man, wenn es möglich ist, lieber ein möglichst entferntes Object als ein nahes, man ist dann immer sicherer, dass die Ortsveränderung des Regelkompasses nur eine ganz geringe Aenderung in der Peilung zur Folge hat.

So wie das Schiff schwajet, peilt man das gewählte Object jedesmal, wenn ein voller Strich anliegt und notiere den Kurs und die gemachte Peilung neben einander.

Um dann die Deviation zu erhalten, muss man die jedesmalige, am Kompass gemachte Peilung mit der richtigen, magnetischen Peilung vergleichen und es handelt sich nun noch darum, diese zu erhalten.

Kann man den Regelkompass irgendwo am Lande in gerader Linie mit dem Schiffe und dem Objecte aufstellen, so hat man nur noch darauf zu achten, dass daselbst kein Eisen in der Nähe ist und erhält dann durch eine einfache Peilung leicht das Gewünschte. Ist dies nicht möglich, so kann man sich ein Sonnen-Azimuth peilen und durch den eingetheilten Rand des Kompasskessels den Winkel zwischen der Peilung der Sonne und des Objectes bestimmen. Diesen Winkel an das berechnete, wahre Azimuth der Sonne gebracht, giebt die wahre Peilung des Objects, welche mit der Missweisung des Ortes in die magnetische Peilung verwandelt werden muss. Endlich kann man auch aus allen 32 Peilungen das Mittel nehmen, oder wie die Praxis beweis't, ist es genau genug, wenn man aus den Peilungen, welche auf den 8 Hauptstrichen genommen sind, das Mittel zieht, jedoch setzt man dann eigentlich voraus, dass der Koefficient A, welcher unten besprochen werden wird, gleich Null anzunehmen ist.

Die Form der gewöhnlich benutzten Tabelle ist die folgende. Die magnetische Peilung des Objects sei durch astronomische Beobachtungen N 63° W gefunden:

Das Schiff liegt an nach dem Steuerkompass	Peilung des Objects nach dem Steuerkompass	Deviation	Das Schiff liegt an nach dem Steuerkompass	Peilung des Objects nach dem Steuerkompass	Deviation
N	N 59,8° W	3,2° W	S	N 66,2° W	3,2° O
NzO	N 65,6° W	2,6° O	SzW	N 63,1° W	0,1° O
NNO	N 71,2° W	8,2° O	SSW	N 60° W	3,0° W
NOzN	N 76,2° W	13,2° O	SWzS	N 56,5° W	6,5° W
NO	N 79,8° W	16,8° O	SW	N 53,3° W	9,7° W
NOzO	N 82,5° W	19,5° O	SWzW	N 50° W	13,0° W
ONO	N 83,5° W	20,5° O	WSW	N 46,8° W	16,2° W
OzN	N 84,1° W	21,1° O	WzS	N 43,8° W	19,2° W
O	N 83,3° W	20,3° O	W	N 41,8° W	21,2° W
OzS	N 82,3° W	19,3° O	WzN	N 39,7° W	23,3° W
OSO	N 81,1° W	18,1° O	WNW	N 39° W	24,0° W
SOzO	N 79,5° W	16.5° O	NWzW	N 39,4° W	23,6° W
SO	N 77,7° W	14,7° O	NW	N 41° W	22,0° W
SOzS	N 75,1° W	12,1° O	NWzN	N 44° W	19,0° W
SSO	N 72,7° W	9,7° O	NNW	N 48,2° W	14,8° W
SzO	N 69° W	6,0° O	NzW	N 53,8° W	9,2° W

Ist ein hinreichend entferntes Object nicht in Sicht, wie solches ja oft vorkommen wird, dann ändert die Peilung schon bei verhältnissmässig kleinen Ortsveränderungen. Um auch unter solchen Umständen, nicht zu gegenseitigen Peilungen gezwungen zu sein, bei denen das Kompensieren gar umständlich ist, hat man in manchen Häfen vertikale Striche auf die Dockmauern gemalt und mit grossen, weithin sichtbaren Zahlen dabei geschrieben, in welchen Peilungen man von jedem derselben ein gut in die Augen fallendes Object peilt. Beim Schwajen wird man neben den Kompasskurs und die dabei gemachte Peilung jedesmal die magnetische, von der Mauer abgelesene Peilung schreiben und erhält leicht die entsprechende Deviation, beziehungsweise kann man die nöthige Kompensation anbringen.

Auf Dampfern kommt es häufig vor, dass vom Regelkompass aus nach hinten der Horizont durch Ventilatoren, den Schornstein, ein Ruderhaus oder ein Navigationszimmer verdeckt ist, und man eine Anzahl Striche hindurch das eine gewählte Object nicht sehen kann. In einem solchen Falle ist man gezwungen, ein anderes Object zu peilen, dessen magnetische Richtung man natürlich auch kennen muss. Hat man von dem Orte aus die magnetische Richtung nur eines Objectes gut festgestellt, dann hat es keine Schwierigkeit, die eines andern auch zu erhalten, indem man mit einem Oktanten oder Sextanten oder mit Hülfe des eingetheilten Randes auf dem Kompasskessel den Winkel zwischen den Objecten misst. Denselben an die bekannte, magnetische Peilung des einen Objects gelegt, giebt die magnetische Peilung des anderen.

Will man die Deviation mehrerer Kompasse bestimmen, so kann man gerade so verfahren, wie unter Nr. 1 dieses Paragraphen angegeben ist. Man erhält für die übrigen Kompasse die Deviation nicht für die vollen Striche, allein dieselbe ist mit Hülfe des Diagramms, wie im folgenden Kapitel gelehrt wird, dann leicht zu ermitteln.

Wenn man in Sicht einer Küste ist, wird sich sehr häufig Gelegenheit finden, mittels der Peilung eines Objectes die Deviation der Kompasse zu bestimmen. Es fragt sich nur, wie man die magnetische Richtung des Objectes oder der Objecte erhält. In unsern Meeren giebt es eine grosse Menge Feuerthürme, Baaken, Kirchthürme, Mühlen, Landspitzen u. s. w., die in Deckpeilung gebracht werden können. Die magnetische Peilung derselben kann aus einer Specialkarte oder aus einer Segelanweisung entnommen werden und man hat die prächtigste Gelegenheit, die Deviation zu bestimmen. Ob man sie nur für den Strich bestimmt, den das Schiff gerade anliegt, wenn man durch die Deckpeilung läuft, oder ob man eben auf die Striche kommen lässt, die das Schiff in der nächsten Zeit zu steuern hat, oder endlich ob man eine volle Rundschwajung macht und damit die Deviation für alle 32 Striche bestimmt, hängt zunächst von den vorhandenen Umständen ab, hauptsächlich jedoch davon, wie der Schiffer sich für die Bestimmung der Deviation interessiert.

Sind 3 in der Karte niedergelegte Punkte in Sicht, dann kann man die magnetische Richtung derselben — unabhängig vom Kompass — durch das Pothenotsche Problem ermitteln, und eins derselben oder eins nach dem andern zur Peilung benutzen.

3. Mit Hülfe der Peilscheibe. Besonders bequem ist die Deviation mit Hülfe der Peilscheibe zu bestimmen, wenn dieselbe für mehrere Kompasse desselben Schiffes gewünscht wird und letztere zugleich compensiert werden müssen. Nachdem die Peilscheibe nach § 34 richtig aufgestellt ist, stelle die Peilschlitzen oder das Fernrohr auf die magnetische Richtung des zu peilenden Objects ein und drehe die Scheibe so, dass man es anvisiert, dann lies't man am Index den magnetischen Kurs ab. Man findet z. B., dass das Schiff nahe Nord anliegt und will rechts herum holen; dann drehe die Peilscheibe so, dass Nord vor dem Index liegt und hole das Schiff so weit herum, bis das Object in Peilung ist. Das Schiff liegt dann magnetisch N an, und auf ein Zeichen des Beobachters werden die Kurse nach allen Kompassen notiert. Man sieht damit sofort, ob der eine oder der andre Kompass zu kompensieren ist und kann dies leicht vornehmen. Darauf dreht man die Peilscheibe so, dass NzO vor dem Index liegt und lässt weiter holen. Im Augenblick der Peilung werden wieder alle Kompasskurse notiert und so weiter.

Da hierbei auch Ventilatoren, Schornsteine, Boote u. s. w. derart hinderlich sein können, dass man für eine Anzahl Striche keine Peilungen bekommen kann, weil das gewählte Object durch jene verdeckt ist, wird es auch hier gut sein, sich vor dem Schwajen die magnetische Richtung mehrerer Objecte festzustellen, damit man zur geeigneten Zeit damit wechseln kann.

4. Durch Azimuth- und Amplituden-Beobachtungen. Die Fehlweisung, welche man durch Vergleichung des wahren Azimuths eines Gestirns mit dem gepeilten erhält, enthält immer die algebraische Summe

aus der Missweisung des Ortes und der Deviation des angelegenen Kurses, es kann auch noch örtliche Ablenkung (lokale Attraction) darin sein, wenn das Schiff sich in der Nähe eines Objectes befindet, dessen magnetischer Einfluss sich bis auf das Schiff erstreckt. Da letzteres indessen wohl nur in Häfen der Fall sein wird und unter allen Umständen vermieden werden muss, indem man das Schiff verholt, so darf die örtliche Ablenkung hier ausser Acht gelassen werden.

Missweisungskarten sowie auch die gewöhnlichen Seekarten geben uns die Grösse der Missweisung an und man erhält, wie als bekannt vorausgesetzt werden darf, die Deviation, wenn man die Ortsmissweisung algebraisch von der berechneten Fehlweisung subtrahiert.

Beispiel: Die durch ein Azimuth bestimmte Fehlweisung sei = — 17,5 (oder W)
die aus der Karte genommene Missw. = + 3° (oder O)
so ist die algebr. Diff. die Deviation = — 20,5° (oder W).

Aufgaben.

Nr.	Beobachtete Missweisung	Orts-missweisung	Deviation	Nr.	Beobachtete Missweisung	Orts-missweisung	Deviation
1	17° W	6° W		11	7° O	3° W	
2	9,9° O	2,7° O		12	4° W	7° O	
3	3,4° O	4,2° O		13	2,1° W	3,4° O	
4	1,7° W	5,9° W		14	2,7° O	4° W	
5	14° W	29° W		15	6,7° W	17,3° W	
6	17° O	11° O		16	7,1° O	18,3° O	
7	39° W	31° W		17	6,4° W	3,7° O	
8	16° W	27° W		18	5,1° O	3,4° W	
9	1° O	19° O		19	4,8° W	7,2° O	
10	3° W	14° W		20	3,4° O	11,6° W	

5. In See begnügt man sich leider gar zu oft mit einer einzigen Peilung, um die Deviation für den gesteuerten Kurs zu bestimmen. Zum Chronometer nimmt man stets mehrere Höhen und mittelt dieselben, warum nimmt man nicht auch mehrere Peilungen auf demselben Kurse und mittelt dieselben? Die Genauigkeit des Resultats kann dabei nur gewinnen. So lange das Schiff ruhig liegt, wird eine gut fungierende Rose auch ruhig sein und ein Beobachter kann das Azimuth peilen. Liegt aber in

Folge hohen Seeganges das Schiff unruhig, so wird die Rose mehr oder weniger laufen und doch kann es unumgänglich nöthig sein, eine möglichst genaue Fehlweisung oder die Deviation für den Kurs zu erhalten. Dann sind 2 Beobachter erforderlich, von denen der eine das Gestirn möglichst gut in Peilung hält (cf. § 31, Seite 48), während der andere die Endpunkte der Schwingungsbögen der Rose ablies't und notiert. Da die Schwingungsbögen während des Peilens bald grösser und bald kleiner werden können, so werden die Ablesungen sehr verschieden ausfallen und doch ein brauchbares Mittel abgeben können, wenn die Anzahl der Beobachtungen nicht zu klein genommen wird.

Es sei z. B. abgelesen

bei der Schwingung nach links	rechts	Mittel aus je 2 auf einander folgenden Ablesungen
S 78° W		
	S 68° W	S 73° W
76		72
	70	73
75		72,5
	72	73,5
79		75,5
	66	72,5
83		74,5
	63	73,0
81		72
	65	73
79		72
	66	72,5
		Mittel S 73° W

Auf den meisten Schiffen werden wohl nicht immer zwei Beobachter disponibel sein und einer muss allein observieren. Dann ist es viel zwekmässiger mit dem Peilen einen Augenblick abzuwarten, wenn das Schiff den aufgegebenen Kurs möglichst genau und recht ruhig anliegt. Man misst dann schnell hinter einander mehrere Male den Winkel zwischen der Peilung des Gestirns und der Schiffsrichtung nach dem eingetheilten Rand des Kompasskessels und zieht daraus das Mittel. Bringt man diesen

Winkel an das berechnete wahre Azimuth des Gestirns, so erhält man den wahren Kurs und durch Vergleichung dieses mit dem, welchen es am Kompass angelegen hat, die Fehlweisung u. s. w. Der Mann am Ruder muss hier gewissermassen den zweiten Beobachter ersetzen und sofort melden, wenn das Schiff von dem Kurse abweicht. Dass damit das Beobachten aufhören muss, ist selbstverständlich.

Nur der Vollständigkeit halber sei noch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass man nach Nr. 1, 2 und 4 dieses § die Deviation stets für den Kompasskurs erhält, nach Nr. 3 jedoch für den magnetischen Kurs, den es nach der Peilscheibe anlag.

II. Kapitel.

§ 37. Das Deviations-Diagramm.

In allen Zweigen mathematischer und physikalischer Untersuchungen wird sehr häufig eine Methode angewendet, Zeit, Kräfte, Bewegungen u. s. w. durch Abstände (Ordinaten genannt) von einer geraden Linie (Fuss-, Stand- oder Abcissenlinie genannt) darzustellen und die getroffenen Punkte durch eine mehr oder weniger regelmässig verlaufende Linie zu verbinden, welche dann eine bequeme Uebersicht der Veränderungen in den Kräften ermöglicht, die man als Ordinaten aufgetragen hat, wie z. B. bei Dampfmaschinen das Indikator-Diagramm, beim Barometer das Barogramm. Am häufigsten werden die senkrechten Ordinaten gebraucht, indem man auf der Fusslinie solche Abstände abträgt, wie sie den Zeiten oder Orten der Beobachtungen entsprechen, in den getroffenen Punkten Lothe errichtet und diese den gemachten Beobachtungen entsprechend lang macht.

Es sei z. B. in Figur 41 die Linie AB der gerade gestreckte Rand der Windrose, die Standlinie. Die Beobachtung der Deviation sei auf jedem vollen Strich gemacht; also errichte in jedem Striche ein Loth und trage auf jedem die in dem betreffenden Striche beobachtete Deviation nach einem gleichmässig getheilten Masstabe ab. Endlich verbinde die getroffenen Punkte durch eine möglichst regelmässig verlaufende Curve, so ist dies eine sogenannte Deviationscurve.

§ 38. Das Napier'sche Diagramm.

Napier hat eine ähnliche Methode behufs Konstruktion einer Deviationstabelle angewendet. Um sich ein solches Diagramm zu konstruieren, ziehe man eine gerade Linie, eine solche von 360 mm Länge ist dazu sehr bequem, denn man kann dann leicht nach einem guten Masstabe die einzelnen Millimeter markieren; jeder derselben stelle einen Grad dar. Zieht man dann durch je $11^1/_4$ Grad eine kleine Queerlinie, so hat man die Linie auch sofort in 32 gleiche Theile getheilt, deren jeder einen Strich repräsentiert. Links an die Standlinie schreibe die Grade, wie sie der gebräuchlichen Windrose von Norden anfangend entsprechen, rechts die Kompassstriche in derselben Weise. Vergleiche das Diagramm Tafel 1. Durch jeden Strich ziehe dann zwei schräge Linien, die sich sowohl unter einander wie auch die Standlinie unter einem Winkel von 60^0 schneiden, was mit Hülfe gleichseitiger Dreiecke leicht geschieht. Die nach unten rechts laufende Linie wird punktiert, die nach unten links laufende ausgezogen.

Die nach dem Kompasskurs gefundene Deviation (§ 36, Nr. 1, 2, 4) trage auf der punktierten Linie nach rechts ab, wenn sie + oder Ost, nach links, wenn sie West oder — ist; da ein Millimeter = 1 Grad genommen ist, kann man dies leicht mit Hülfe eines Millimetermassstabes bewerkstelligen. Die nach den magnetischen Kursen gefundene Deviation (§ 36, Nr. 3) trage in gleicher Weise aber auf den ausgezogenen Linien ab.

Wenn die Deviation nicht auf einem vollen Strich beobachtet ist, ziehe man sich durch den entprechenden Punkt der Standlinie eine Parallele zu den punktierten oder zu den ausgezogenen Linien, je nachdem die Deviation auf dem Kompasskurs oder auf dem magnetischen Kurse beobachtet ist und trage diese nach der richtigen Seite hin darauf ab.

Als Beispiel möge die Deviationstabelle § 36 Nr. 2 zur Konstruktion einer Curve dienen. Tafel I.

Um auch noch einen Millimetermasstab überflüssig zu machen, sind in dem Diagramm Tafel I im Abstande von je 1 mm — gemessen auf den schrägen Linien — parallel mit der Abcissenlinie feine Linien gezogen, des bequemern Zählens halber jede fünfte etwas stärker. Wie die Deviation mit Hülfe dieser Linien einzutragen resp. auszunehmen ist, braucht wohl nicht des Weiteren erklärt zu werden.

Von Nord trage $3{,}2^0 = 3{,}2$ mm nach einem Millimetermassstabe auf der punktierten Linie nach links ab, von NzO $2{,}6^0 = 2{,}6$ mm nach rechts, von NNO $8{,}2^0 = 8{,}2$ mm ebenfalls nach rechts, u. s. w. Die getroffenen Punkte markiere durch × oder ⊙. Die Curve wird endlich durch die markierten Punkte gezogen.

Wären alle Beobachtungen fehlerlos, so würde die Curve wohl damit, dass man sie durch jeden markierten Punkt gehen lässt, einen glatten Verlauf bekommen; aber da Beobachtungsfehler nie ganz zu vermeiden sein werden, wird man die Curve, die nothwendig einen glatten Verlauf nehmen muss und nicht zickzackartig erscheinen darf, selten genau durch alle Punkte ziehen können. Man nimmt in solchem Falle an, dass eben so viele Deviationen zu gross als zu klein beobachtet sind und zieht die Curve so, dass eben so viele Punkte rechts von derselben bleiben als links. Uebung macht hier allein den Meister und sind allgemeine Anweisungen von keinem Nutzen, vielmehr wird jedes Mal nach dem vorliegenden Falle beurtheilt werden müssen, wie man die Curve am richtigsten erhält.

Ist bei Beobachtung der Deviation die eine oder die andere Beobachtung ausgefallen, so kann man die Curve leicht nach ihrem vorherigen und nachfolgenden Verlauf ergänzen, nur dürfen die Deviationen nicht für mehrere Striche hinter einander fehlen.

Einige Kompass-Adjusters halten es für genügend, die Deviation für jeden zweiten Strich zu beobachten. In der That genügten 16 Punkte so ziemlich, um die

Curve mit einiger Zuverlässigkeit ziehen zu können, allein es dürfte doch ohne Weiteres einleuchten, dass die Curve desto genauer zu ziehen ist, je mehr Punkte man in derselben bestimmt hat, und dass dann auch die später wieder aus der Curve genommene Deviation desto genauer wird.

§ 39. Gebrauch des Napier'schen Diagramms.

1. Wenn die Deviation für irgend einen Kompasskurs nicht durch directe Beobachtung bestimmt ist, z. B. für NO$^1/_2$N, so suche NO$^1/_2$N in der Standlinie auf, lege einen Millimetermasstab parallel zu den punktierten Linien an diesen Punkt und sehe zu, wie lang die Strecke bis zur Curve ist, in Tafel I = 15 mm = 15 Grad Ost.

2. Die Deviation für einen magnetischen Kurs zu finden, messe von dem betreffenden Punkte in der Standlinie parallel zu oder in der ausgezogenen Linie bis zur Curve, z. B. für NO$^1/_2$N ergiebt dies = 11 mm = 11^0 Ost.

3. Um für den Kompasskurs den magnetischen Kurs zu finden, ist es am besten nach Nr. 1 die Deviation aus der Tabelle zu nehmen und dieselbe nach rechts herum zu rechnen, wenn sie O ist, nach links herum, wenn sie West ist. Man kann dies auch ohne Rechnung allein mit dem Diagramm ausführen, indem man durch den Kompasskurs eine Parallele zu den punktierten Linien bis zur Curve zieht und durch den getroffenen Punkt eine Parallele zu den ausgezogenen Linien wieder bis zur Standlinie; der getroffene Punkt ergiebt unmittelbar den magnetischen Kurs. Der Grund ist leicht einzusehen, es braucht nur darauf hingewiesen zu werden, dass das aus den beiden konstruierten Linien und dem dazwischen liegenden Stück der Standlinie gebildete Dreieck ein gleichseitiges ist.

a. Der Kompasskurs ist SW$^3/_4$W, die Deviation dafür ist 12^0 W, also ist der magnetische Kurs S41,8^{0}W.

b. Kompasskurs ONO, Deviation 20,5^0 O, magn. Kurs N88^{0}O.

4. Um für einen magnetischen Kurs den Kompasskurs zu erhalten, nehme man nach Nr. 2 parallel oder längs der ausgezogenen Linie die Deviation aus dem Diagramm und bringe sie nach rechts herum, wenn sie West, nach links herum, wenn sie Ost ist, auf den magnetischen Kurs an. Will man es mit dem Diagramm ohne Rechnung ausführen, so ziehe durch den zu verwandelnden magnetischen Kurs eine Parallele zu den ausgezogenen Linien bis zur Curve, durch den getroffenen Punkt ziehe eine Parallele zu den punktierten Linien bis zur Standlinie zurück, so hat man unmittelbar den entsprechenden Kompasskurs.

a. Nach der Karte ist z. B. magn. NW$^1/_2$W zu steuern, dann ist die Dev. = 7,4^0 W und der zu steuernde Kompasskurs N 32^0 W.

b. dem magn. Kurs SO$^1/_4$O entspricht der Kompasskurs S 65^0 O.

5. Hat man eine mit dem Regelkompass gemachte Peilung in die magnetische Peilung zu verwandeln, die man in die Karte einzutragen hat, so bedenke man, dass die Deviation vom Kurse und nicht von der Peilung abhängig ist.

a. Auf dem Kompasskurse OSO wurde ein Object SW nach demselben Kompass gepeilt, dann ist die Deviation für OSO = 18,1^0 Ost; die magnetische Peilung ist S 63,1^0 W.

b. Welches ist die magnetische Peilung eines Objects, welches auf SW$^3/_4$S Kurs in O$^3/_4$N gepeilt wurde? N 72^0 O.

6. Hat man eine magnetische Peilung in die Kompasspeilung zu verwandeln, so bedenke man wieder, dass die Deviation vom gesteuerten Kompasskurse abhängig ist; desshalb nehme man sie für denselben aus der Curve und reduciere damit die Peilung.

a. Auf einem OSO pr. Kompass steuernden Dampfer soll ein Feuer nach der Karte in NO in Sicht kommen, in welcher Kompasspeilung ist dies? Dev. = + 18,1^0, also Komp.-Peil. N 26,9^0 O.

b. SW$^1/_2$W am Regelkompass steuernd, soll ein Object in SzW nach der Karte in Sicht kommen, in welcher Kompasspeilung also? Dev. = 11,3° W, also Kompasspeilung SSW.

Der Leser merke wohl:

1. Kompasskurs und punktierte Linie,
2. Magnetischer Kurs und ausgezogene Linie

gehören immer zusammen.

§ 40. Die Steuertabellen.

Es wird sehr häufig verlangt, recht schnell einen Kompasskurs in den entsprechenden magnetischen Kurs zu verwandeln oder für einen einzuhaltenden magnetischen Kurs den am Kompass zu steuernden Kurs zu finden. Letzteres findet besonders häufig in den Lootsengewässern statt, da die Lootsen nur die magnetischen Kurse kennen können. Deshalb konstruiert man sich, sobald die Deviation auf genügend vielen Kursen bestimmt ist, die Curve und daraus zwei Steuertafeln wie die folgenden, von welchen die erste zur Verwandlung der Kompasskurse in magnetische dient, die zweite zur Verwandlung der magnetischen in Kompasskurse. Die beiden Steuertabellen beziehen sich auf die Deviation § 36 Nr. 2 und das Diagramm, welches Tafel I angefügt ist.*)

*) Diagramme wie das Tafel I mit parallel der Standlinie in Abständen von 1 mm gezogenen Linien, welche den Gebrauch des Millimetermasses überflüssig machen, sind von der Verlagshandlung von Chr. G. Tienken in Bremerhaven zum Preise von 15 Pfg. pro Stück zu beziehen.

Deviations- und Steuertabellen.

I. In das Journal einzutragen.

Gesteuerter Compass-Curs.	Deviation. °	Magnetischer Curs.
N	— 3,2	N 3,2° W = N$^1/_4$W
NzO	+ 2,6	N 13,9° O = NzO$^1/_4$O
NNO	+ 8,2	N 30,7° O = NNO$^3/_4$O
NOzN	+ 13,2	N 47,0° O = NO$^1/_4$O
NO	+ 16,8	N 61,8° O = NOzO$^1/_2$O
NOzO	+ 19,5	N 75,8° O = ONO$^3/_4$O
ONO	+ 20,5	N 88,0° O = O$^1/_4$N
OzN	+ 21,1	S 80,1° O = OzS
O	+ 20,3	S 69,7° O = OSO$^1/_4$O
OzS	+ 19,3	S 59,5° O = SOzO$^1/_4$O
OSO	+ 18,1	S 49,4° O = SO$^1/_2$O
SOzO	+ 16,5	S 39,8° O = SO$^1/_2$S
SO	+ 14,7	S 30,3° O = SSO$^3/_4$O
SOzS	+ 12,1	S 21,7° O = SSO
SSO	+ 9,7	S 12,8° O = SzO$^1/_4$O
SzO	+ 6,0	S 5,3° O = S$^1/_2$O
S	+ 3,2	S 3,2° W = S$^1/_4$W
SzW	+ 0,1	S 11,4° W = SzW
SSW	— 3,0	S 19,5° W = SzW$^3/_4$W
SWzS	— 6,5	S 27,3° W = SSW$^1/_2$W
SW	— 9,7	S 35,3° W = SW$^3/_4$S
SWzW	— 13,0	S 43,3° W = SW$^1/_4$S
WSW	— 16,2	S 51,3° W = SW$^1/_2$W
WzS	— 19,2	S 59,6° W = SWzW$^1/_4$W
W	— 21,2	S 68,8° W = WSW
WzN	— 23,3	S 77,9° W = WzS
WNW	— 24,0	S 88,5° W = W$^1/_4$S
NWzW	— 23,6	N 79,9° W = WzN
NW	— 22,0	N 67,0° W = WNW
NWzN	— 19,0	N 52,8° W = NW$^3/_4$W
NNW	— 14,8	N 37,3° W = NW$^3/_4$N
NzW	— 9,2	N 20,5° W = NzW$^3/_4$W

II.

Magnetischer Curs.	Deviation. °	Zu steuernder Compass - Kurs.
N	— 2	N 2,0° O = N$^1/_4$O
NzO	+ 1,8	N 9,5° O = N$^3/_4$O
NNO	+ 5,7	N 16,5° O = NzO$^1/_2$O
NOzN	+ 9,3	N 23,5° O = NNO
NO	+ 12,3	N 32,7° O = NOzN
NOzO	+ 15,3	N 41,0° O = NO$^1/_4$N
ONO	+ 18,0	N 49,5° O = NO$^1/_2$O
OzN	+ 19,5	N 59,3° O = NOzO$^1/_4$O
O	+ 20,7	N 69,3° O = ONO$^1/_4$O
OzS	+ 20,8	N 80,5° O = O$^3/_4$N
OSO	+ 20,0	S 87,5° O = O$^1/_4$S
SOzO	+ 18,7	S 75,0° O = OSO$^3/_4$O
SO	+ 17,2	S 62,2° O = SOzO$^1/_2$O
SOzS	+ 15,2	S 49,0° O = SO$^1/_4$O
SSO	+ 12,3	S 34,8° O = SOzS
SzO	+ 8,4	S 19,7° O = SzO$^3/_4$O
S	+ 4,3	S 4,3° O = S$^1/_2$O
SzW	0,0	S 11,3° W = SzW
SSW	— 4,3	S 26,8° W = SSW$^1/_4$W
SWzS	— 9,2	S 43,0° W = SW$^1/_4$S
SW	— 13,5	S 58,5° W = SWzW$^1/_4$W
SWzW	— 17,2	S 74,0° W = WSW$^1/_2$W
WSW	— 21,2	S 88,7° W = W
WzS	— 23,1	N 78,3° W = WzN
W	— 23,7	N 66,3° W = WNW
WzN	— 23,5	N 55,3° W = NWzW
WNW	— 21,8	N 45,7° W = NW
NWzW	— 19,7	N 36,6° W = NW$^3/_4$N
NW	— 17,2	N 27,8° W = NNW$^1/_2$W
NWzN	— 13,7	N 20,1° W = NzW$^3/_4$W
NNW	— 9,8	N 12,7° W = NzW
NzW	— 6,0	N 5,3° W = N$^1/_2$W

III. Kapitel.

Theorie der Deviation.

§ 41. Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte.

Um eine Kraft zu kennen, sind 3 Bedingungen zu wissen nöthig:

1. der Angriffspunkt, d. h. der Punkt, auf welchen die Kraft wirkt;
2. ihre Richtung, d. h. die Richtung, nach welcher hin sie einen Körper zu bewegen strebt;
3. ihre Grösse, d. h. die Gewalt, mit welcher sie wirkt.

Die Kraft kann man durch eine Linie darstellen, denn der Angriffspunkt kann durch den Punkt dargestellt werden, von dem die Linie ausläuft, ihre Richtung durch die Richtung der Linie von diesem Punkte aus, und ihre Grösse durch die Länge der Linie. In allen Schriften über Mechanik und in allen Navigationsschulen, wenn nicht anders doch bei Gelegenheit der Stromschifffahrt wird bewiesen: Wenn zwei Kräfte in Richtung und Grösse durch zwei vom selben Punkte auslaufende Linien dargestellt werden und aus diesen beiden Linien als anliegende Seiten mit dem gegebenen Winkel ein Parallelogramm konstruiert wird, dann ist die vom Angriffspunkte aus konstruierte Diagonale die Resultante in Richtung und Grösse, oder diese eine Kraft wird dieselbe Wirkung ausüben, wie die beiden andern zusammen, welche die Komponenten genannt werden. Diese Darstellung wird das Parallelogramm der Kräfte genannt. Die Resultante zweier oder mehrerer Kräfte zu finden, nennt man das Zusammenlegen der Kräfte. Das Entgegengesetzte des obigen Lehrsatzes ist ebenfalls richtig, denn wenn eine Linie eine Kraft repräsentiert, werden die sie zusammensetzenden Kräfte durch die anliegenden Seiten eines Parallelogramms dargestellt, oder durch die Seiten des halben Parallelogramms oder eines Dreiecks, welches über der Linie beschrieben ist. Die Kräfte, welche eine Resultante zusammensetzen, zu finden heisst das Zerlegen der Kräfte. Wenn verlangt wird, eine Kraft in zwei andere zu zerlegen, die unter rechtem Winkel mit einander wirken, braucht man nur ein rechtwinkliges Dreieck über die Linie zu beschreiben, so dass die Linie, welche die gegebene Kraft darstellt, Hypotenuse wird. Hiervon wird für unsere Zwecke häufig Gebrauch gemacht, z. B. die totale magnetische Kraft der Erde wird gewöhnlich in eine vertikale und in eine horizontale zerlegt und eine schräg gegen die Längsrichtung des Schiffes wirkende magnetische Kraft wird in eine längsschiffs und in eine queerschiffs wirkende zerlegt.

Es stelle (Fig. 3) AB eine Kraft in Richtung und Grösse dar, und es wird die Kraft verlangt, die sie in einer andern gegebenen Richtung, zum Beispiel in AC ausübt. Ziehe von B eine Normale BD darauf, dann stellt AD die Kraft dar, die AB in der Richtung AC ausübt, und

$$AD = AB \times \text{cosinus } A,$$

wonach AD trigonometrisch berechnet werden kann.

Stellt (Figur 4) AB an irgend einem Orte die ganze magnetische Kraft der Erde dar und es wird die Kraft verlangt, womit sie auf die horizontal liegende Kompassnadel richtend einwirkt, so ziehe von A aus die horizontale Linie AC, weil die Richtkraft nur in dieser Richtung auf die Nadel wirkt. Winkel BAC ist die Inclination = i. Fällt man dann von B eine Normale auf AC, so stellt AD die Richtkraft der Nadel dar und kann nach der Formel $AD = AB \times \cos A$ berechnet werden, d. h. die Richtkraft = totale Kraft mal cosinus der Inclination. Vergl. § 17.

Da die Cosinusse der Winkel abnehmen, wie die letzteren zunehmen, so ist die Richtkraft der Nadel am grössten da, wo die Inclination am kleinsten ist, am magnetischen Aequator; und umgekehrt an den magnetischen Polen ist die Inclination am grössten, also die Richtkraft der Nadel am kleinsten, nämlich gleich Null, die Nadel wird in jeder Richtung, in welche sie gedreht wird, stillstehen. Wenn ein in der Richtung der Inclinationsnadel gehaltenes Stück weichen Eisens eine Deviation von 20° verursacht, wird es horizontal im magnetischen Meridian gehalten eine Kraft ausüben, welche eine Deviation = $20^0 \times$ cosinus der Inclination verursacht. Z. B. für Hamburg, wo die Neigung ungefähr 68^0 ist, ziehe (Figur 5) AC horizontal, mache $\angle$ A = 68^0 und trage nach irgend einem Masstabe auf AB 20 gleiche Theile ab; ziehe durch den Endpunkt des letzten Theils B eine Normale zu AC, dann ist AD = AB $\times$ cosinus der Inclination, oder die horizontale Kraft im magnetischen Meridian = totale Kraft mal cosinus Inclination oder $H = \varphi \times \cos i = 20^0 \times$ cosinus $68^0 = 7{,}2^0$.

Auch ist DB = AB $\times$ sinus $\angle$ BAC oder die vertikale Kraft = totale Kraft mal sinus Inclination oder $Z = \varphi \times \sin i = 20^0 \times \sin 68^0 = 19^0$.

Aus der Figur folgt auch noch:
$\frac{BD}{AD} = \text{tg } A$, BD = AD $\times$ tg A, oder vertikale Kraft = horizontale Kraft im magnetischen Meridian $\times$ tg Inclination, $Z = H \times \text{tg } i$,

und da tang 68^0 nahe = 2,6 ist, so folgt, dass eine vertikal gehaltene Stange weichen Eisens in Hamburg eine nahe 2,6 mal so grosse Deviation verursacht, als wenn man sie in derselben Entfernung horizontal im magnetischen Meridian hält.

Durch Versuche hat man gefunden, dass horizontales Eisen, welches in der Richtung des magnetischen Meridians liegt, eine grössere Deviation verursacht, als wenn es in irgend einer andern horizontalen Richtung liegt. Dies kann man sich auf folgende Weise deutlich machen: Es sei in Figur 6 AB eine horizontal, magnetisch NOzN liegende Stange weichen Eisens, welche durch Induction von der Erde magnetische Kraft erhält. Ziehe durch A einen magnetischen Meridian AN und mache diese Linie so viele gleiche Theile lang, als die Kraft in dieser Richtung darstellen soll = H, dann ist $\angle$ A das magnetische Azimuth der Stange. Fällt man von N eine Normale auf AB, nämlich ND, so ist AD die Kraft in der Richtung AB und man hat:

AD = H $\times$ cosinus $\angle$ A
= H $\times$ cosinus 3 str.

Legt man die Stange in die Ost-West-Richtung, so ist ihr magnetisches Azimuth 90^0 und die Kraft in der Richtung der Stange ist $= H \times \cos 90^0 = H \times 0 =$ Null, oder horizontales, weiches Eisen, welches magnetisch Ost und West liegt, übt keinen Einfluss auf den Kompass aus.

In dieser Weise weisen wir nach, dass einem Stück weichen Eisens keine magnetische Kraft durch Induction von der Erde mitgetheilt wird, wenn es horizontal in der magnetischen Ost-West-Richtung liegt. Aus den obigen Ableitungen folgt auch, dass eine Eisenstange die grösste Kraft ausübt, wenn sie in der Richtung der Inclinationsnadel gehalten wird, und da die Kraft sich ändert mit dem cosinus des Winkels, welchen sie mit der Inclinationsnadel bildet, so wird einer Stange weichen Eisens, wenn sie normal zu jener Richtung gehalten wird, durch Induction von der Erde keine magnetische Kraft mitgetheilt.

§ 42. Die Einwirkung des Baukurses auf die Vertheilung des festen Magnetismus im Schiffe.

Ein eisernes Schiff wird aus Platten, Stangen, Nieten u. s. w. zusammengesetzt. Der weitaus grösste Theil dieser Eisenmassen wird gewalzt, nachdem sie weissglühend gemacht sind und damit aller Magnetismus aus demselben verschwunden war. Nach dem Walzen kühlt sich das Eisen ab, wird beschnitten und vielfach transportiert, wobei starke Erschütterungen nicht ausbleiben; dabei wirkt die magnetische Kraft der Erde auf jedes Stück ein und macht es magnetisch. Ist das Eisen auf der Baustelle angekommen, so hat es schon ein Quantum Magnetismus aufgenommen. Die Platten werden meistens kalt gebogen, gehobelt und beschnitten, ohne Rücksicht auf ihren Magnetismus. Das Spanteneisen muss glühend gemacht werden, damit es in die passende Form gebogen werden kann. Beim Erkalten werden kleine Biegungen durch schwere Hammerschläge hergestellt und endlich wird ihnen in einer Biegemaschine die Form genau gegeben. Ueberall wird das Eisen erschüttert und die magnetische Kraft der Erde macht es magnetisch. Die Einrichtungen der

Werft gestatten leider nicht, auf den Magnetismus in den einzelnen Eisenstücken besondere Rücksicht zu nehmen und man darf wohl annehmen, dass die rothen Pole wie auch die blauen in den einzelnen Eisenstücken nach allen möglichen Richtungen liegen würden, wenn nicht noch andere Umstände hinzutreten.

Bei dem Zusammenfügen der einzelnen Eisenstücke haben diese eine feste Lage gegen die Richtung der magnetischen Kraft der Erde erlangt und bedenkt man, dass darauf erst das Vernieten stattfindet, wobei das Eisen durch unzählige, kräftige Schläge lange Zeit hindurch erschüttert wird, so wird man leicht finden, dass dasselbe dadurch stark magnetisch werden muss. Durch dieses Schlagen wird das Eisen dichter und härter, deshalb wird ein nicht unbedeutender Theil des Magnetismus fest. Die Vertheilung des Magnetismus muss in jedem Stück Eisen je nach seiner Lage gegen die Richtung des Erdmagnetismus erfolgen, d. h. in der Richtung der ordnungsmässig aufgestellten Inclinationsnadel, soweit die Form des Stückes es zulässt.

Wenn aber in allen oder auch nur in den meisten Eisentheilen die Pole nach derselben Richtung gelagert sind, dürfen wir, wie schon in § 11 ausgeführt ist, das ganze Schiff als einen einzigen Magneten betrachten, dessen Pole nahezu in der durch die Schiffsmitte gehenden Ebene des magnetischen Meridians liegen werden. Wäre das Schiff eine Kugel, so dürfte dies sehr nahe zutreffen, auch würden die Pole in der Richtung der Inclinationsnadel von einander liegen. Da jedoch das Schiff viel länger als breit und tief ist und die einzelnen Theile schon Magnetismus aufgenommen hatten, ehe sie angebracht worden und dieser nicht ganz verschwinden wird, so wird jene Lagerung der beiden Hauptpole nicht genau im magnetischen Meridiane stattfinden, indessen lehrt die Erfahrung, dass es doch nahezu der Fall ist.

Ist ein Schiff auf Nordkurs gebaut, so liegt der blaue Pol hinten und oben, der rothe vorn und unten im Schiff (Figur 7).

Ist das Schiff auf Südkurs gebaut, so liegt der blaue Pol oben im Vorderschiff, der rothe unten im Hinterschiff (Figur 8).

Auf dem Baukurse Ost liegt der blaue Pol an Steuerbord oben, der rothe Pol an Backbord unten (Figur 9).

Auf dem Baukurse West wird der blaue Pol an Backbord oben, der rothe an Steuerbord unten zu liegen kommen (Figur 10).

In Figur 11 ist die ungefähre Lage des blauen Poles für die 8 Baukurse N, NO, O, SO, S, SW, W und NW durch den kleinen Kreis angedeutet.

Bei den in Nordbreite gebauten Schiffen liegt der blaue Pol stets oben im Schiff, ist also dem auf den obern Schiffstheilen placierten Kompasse stets am nächsten, desshalb beschränkt man sich gewöhnlich auf die Untersuchung: Wie wirkt dieser blaue Hauptpol auf den Kompass. Liegt der rothe Hauptpol an der entgegengesetzten Seite des Kompasses, so verstärkt er freilich die Wirkung des blauen Poles, allein das Resultat ist ganz dasselbe, als wenn man den blauen Pol von entsprechend grösserer Stärke annimmt. Liegt der rothe Pol nach derselben Richtung vom Kompass, wie der blaue Pol, so wird er die Wirkung des letzteren schwächen oder jener wird gar überwiegen. Es hindert uns im letzten Falle nichts, statt des rothen Poles z. B. hinter dem Kompass einen blauen vor dem Kompass anzunehmen, die Wirkung ist ganz genau dieselbe.

Da das zum Schiffbau verwendete Eisen weder ganz hart, noch ganz weich ist, wird in diesem sowohl fester, als halbfester, als auch flüchtiger Magnetismus vorhanden sein und wir haben zu untersuchen, wie wirkt jeder derselben auf einen Kompass, der auf diesem Schiffe irgendwo aufgestellt ist.

§ 43. Die Wirkung des festen Magnetismus im Schiffe auf den Kompass.

Angenommen der blaue Pol, der von dem im Schiffe enthaltenen festen Magnetismus herrührt, liege nach vorn zu an der Steuerbordseite (Baukurs SO). Geht man vom Regelkompass aus, der doch auf dem Deck oder auf der Brücke aufgestellt ist, so wird der Pol, der mit E bezeichnet werden möge, schräg nach unten hin zu suchen sein. Der Winkel, den die Verbindungslinie mit der Horizontalebene bildet, sei = y, und die Grösse der Kraft sei = os. Da jedoch die Magnetnadeln der Kompassrose horizontal hängen und sich nur ebenso drehen können, so zerlegen wir die Kraft os des Poles E (Figur 13) in zwei Seitenkräfte, von denen die eine vertikal nach unten auf die Rose wirkt und keine Drehung derselben bewirkt, so lange das Schiff gerade liegt = on = os × sin y — gewöhnlich mit R bezeichnet — und von denen die andere horizontal wirkt und die Rose drehen kann = om = E × cos y.

Da die Kraft R die Rose nicht drehen kann, so lange das Schiff gerade liegt, also keine Deviation erzeugt, lassen wir sie vorläufig, nämlich bis zur Betrachtung des Krängungsfehlers ausser Acht und beschränken uns auf die Betrachtung der andern, nämlich der Horizontalkomponente om = E × cosin y. Nach der angenommenen Lage des Poles E ist dieselbe nach Steuerbord gerichtet und zwar bilde sie einen Winkel = x mit der Mittschiffslinie. Dieser Winkel ist aus dem oben angeführten Grunde und weil der Kompass wohl nie im Mittschiffspunkte steht, nicht gleich dem magnetischen Baukurse.

Für die ferneren Betrachtungen liegt die Richtung der Kraft noch zu unbequem, deshalb zerlegen wir sie wieder in zwei Seitenkräfte, von denen die eine längs-, die andre queerschiffs gerichtet ist, weil man sich diese Richtungen stets mit der grössten Leichtigkeit vorstellen kann.

In Figur 14 sei om = E × cos y, ov liege längs- und oq queerschiffs, ∢ mov = x, dann wird ov = om × cosin x = E × cos y × cos x und oq = om × sin x = E . cos y . sin x. Die Grössen E, y und x sind constant und da sie uns im Einzelnen nicht interessieren, so ist es Gebrauch geworden, die erstere E . cos y . cos x = P, die letztere E . cos y . sin x = Q zu setzen. P und Q stellen uns demnach die horizontal längs- und queerschiffs wirkenden vom festen Magnetismus herrührenden Kräfte dar, welche bei gerader Lage des Schiffes die Deviation erzeugen.

Bei einer Rundschwajung liegen die von festem Magnetismus herrührenden Schiffspole durch 16 Striche den ihnen gleichnamigen Polen der Kompassmagnete gegenüber und werden die Einwirkung der Horizontal-Intensität der Erde schwächen, die Rose hat demnach dann eine kleinere Richtkraft, als wenn sie allein der Einwirkung des Erdmagnetismus unterworfen wäre. Während der andern 16 Striche liegen die Schiffspole den ihnen ungleichnamigen Polen der Kompassnadeln gegenüber und werden die Horizontal-Intensität der Erde vergrössern, die Kompassrose hat mit andern Worten eine grössere Richtkraft, als wenn sie allein der Einwirkung des Erdmagnetismus unterworfen wäre.

Liegt ein Schiff seinen Baukurs an, so wird die Richtkraft des Kompasses $= H - m$ sein, liegt es entgegengesetzt, so wird sie $H + m$ sein, liegt es senkrecht dazu, so wird sie nahe $= H$ sein, wenn m die Kraft bezeichnet, mit welcher die Pole des festen Magnetismus im Schiffe die Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus verkleinern oder vergrössern.

Wir werden später sehen, dass die Richtkraft des Kompasses durch die Horizontal-Komponente des im eisernen Schiffskörper inducierten flüchtigen Magnetismus fast immer geschwächt wird, also kann man nicht sagen, dass auf einem eisernen Schiffe die Nordsüdlinie der Kompassrose allein durch die Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus im magnetischen Meridian festgehalten wird. In welchem Masse H im Mittel geschwächt wird (es kann auch vergrössert sein) wird durch die Zahl λ (sprich Lambda) ausgedrückt. λ bedeutet also das Verhältniss der Richtkraft des Kompasses an Bord eines eisernen Schiffes zu der am Lande, und λH ist die Bezeichnung der Kraft, mit welcher die Kompassrose in der richtigen Lage erhalten wird. Durch die Kräfte P und Q wird sie aus derselben abgelenkt und es fragt sich 1. um wie viel und 2. nach welcher Seite hin, nämlich um die verursachte Deviation.

In Figur 15 sei oN die Richtung des magnetischen Meridians und $ob = \lambda H$, die Richtkraft des Kompasses; oF bezeichne die Richtung des Schiffes, ov sei $= P$, die in der Längsschiffsrichtung wirkende Horizontal-Komponente des vom festen Magnetismus im Schiffe herrührenden blauen Poles, dann muss sich nach dem Parallelogramm der Kräfte die Kompassnadel in die Richtung der Diagonale oc stellen. Winkel $boc = \delta_1$ = entstandene Deviation mit dem Namen Ost oder + und Winkel cov = bco = Kompasskurs = z. Im Dreieck boc ist dann:

$$\sin \text{boc} : \sin \text{ocb} = \text{bc} : \text{ob}$$

$$1)\quad \sin \delta_1 = \frac{P}{\lambda . H} \times \sin z = \frac{P}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} \cdot \sin z.$$

In Figur 16 sei wieder die Bezeichnung wie in Figur 15, nur sei oq = bc = Q, die horizontal nach Steuerbord wirkende Komponente des blauen Poles vom festen Magnetismus im Schiffe, dann ergiebt sich oc als Resultante. δ_2 ist dann die entstandene Deviation mit dem Namen Ost oder + und Winkel co F der auf dem Kompass abgelesene Kurs = z. Im Dr. bco hat man:

$$\sin \delta_2 : \sin \text{bco} = \text{bc} : \text{ob}.$$

Da $\sphericalangle$ Foq = $_1$R, ist sin bco = sin coq = cosin co F = cos z; damit hat man:

$$\sin \delta_2 : \text{cosin } z = Q : \lambda . H$$

$$2)\quad \sin \delta_2 = \frac{Q}{\lambda H} \times \text{cosin } z = \frac{Q}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} \times \text{cosin } z.$$

Endlich ist nur noch daran zu erinnern, dass wir statt der Kräfte P und Q die von ihnen in einer Richtung senkrecht zur abgelenkten Nadel erzielten Ablenkungswinkel setzen wollen (vergleiche § 5,4), man wird dann nicht sin δ_1 und sin δ_2 erhalten, sondern die Winkel dafür und die Gleichungen 1 und 2 gehen über in

$$3)\quad \delta_1 = \frac{P}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} \times \sin z$$

$$\text{und } 4)\quad \delta_2 = \frac{Q}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} \times \text{cosin } z.$$

§ 44. Die Wirkung des halbfesten Magnetismus auf den Kompass.

Wie wir in § 9 gesehen haben, ist in dem gewöhnlichen Schmiedeeisen, woraus die Schiffe gebaut werden, neben dem festen Magnetismus zunächst auch halbfester vorhanden, dessen Stärke

1. von der Art des Eisens,

2. von der Stärke der Erschütterungen, denen dasselbe ausgesetzt wurde und

3. von der Dauer derselben abhängig ist. Dieser halbfeste Magnetismus entsteht im Schiffe genau in der-

selben Weise wie beim Bau der feste, allein er verändert seine Lage im Schiffe, wenn dasselbe seinen magnetischen Kurs ändert. Denken wir uns ein eisernes Schiff, in dem noch kein halbfester Magnetismus vorhanden ist, steuere längere Zeit magn SO, welchen Kurs wir mit z_p bezeichnen wollen, dann wird jeder Eisentheil dieser Lage entsprechend halbfesten Magnetismus aufnehmen, anfangs schneller, nachher langsamer, je nach den oben unter 1—3 angegebenen Ursachen. Es entstehen sehr viele rothe Pole und eben so viele blaue, die wir alle in einen rothen und einen blauen Hauptpol zusammen fassen können, die dann nahezu in der durch die Schiffsmitte gehenden Ebene des magnetischen Meridians liegen mögen. Der blaue Pol wird dann an Stb oben im Vorderschiff, der rothe an Bb unten im Hinterschiff liegen, jedoch werden sie wieder der Form des Schiffes wegen nicht in der Richtung der Inclinationsnadel von einander liegen. Denken wir uns nun den Kompass in der Vertikalebene, die durch die beiden Pole geht, aufgestellt, so wird der wieder allein in Betracht zu ziehende blaue Pol schräg nach unten zu liegen.

Um zunächst seine Kraft zu bezeichnen, bedenke man, dass er von der totalen Intensität des Erdmagnetismus $= \varphi$ erzeugt wird und dass die erzeugte Kraft schwächer als die erzeugende sein wird. Sie sei ein Bruchtheil von φ und wenn wir diesen Bruchtheil mit u bezeichnen, so ist seine Kraft $= u \cdot \varphi$.

Um seine Wirkung auf den Kompass kennen zu lernen, zerlegen wir die Kraft $u \cdot \varphi$ wieder in eine vertikale und in eine horizontale Komponente. Zu diesem Ende bezeichnen wir den Winkel, den die Richtung der in E Fig. 13 gedachten Kraft mit der durch den Kompass gedachten Horizontalebene bildet mit y und die Grösse der Kraft $u \cdot \varphi$ sei $=$ os. Dann ist die Vertikalkomponente on $=$ os $\times \sin y = u \cdot \varphi \cdot \sin y$, welchen Ausdruck man ähnlich wie in § 43 mit r bezeichnet. Derselbe ist hier vorläufig ausser Acht zu lassen, weil diese Kraft den Kompass bei gerader Lage des Schiffes nicht ablenkt; ausserdem ist ihre Wirkung auf den Kompass nur klein und noch nicht einmal gehörig diskutiert.

Die horizontale Komponente wird om = os × cos y = u . φ . cos y. Diese Komponente wirkt auf den Kompass und verursacht eine entsprechende Deviation. Nach der gemachten Voraussetzung liegt diese Kraft nach Stb vorn und wir müssen sie wieder zur bequemen Uebersicht in eine Längs- und eine Queerschiffs-Komponente zerlegen. In Figur 12 liegt das Schiff SO an = ∢ mov, SN sei der magnetische Meridian, die Linie om sei entsprechend der Richtung und Grösse der horizontalen Komponente u . φ . cosin y gezogen, dann ist ov die Längsschiffs- und oq = mv die Queerschiffs-Komponente. Da das Dreieck ovm bei v rechtwinklig ist, hat man

$$ov = om \cdot \cos \text{Kurs} = u \cdot \varphi \cdot \cos y \cdot \cos z_p$$
$$oq = mv = om \cdot \sin \text{Kurs} = u \cdot \varphi \cdot \cos y \cdot \sin z_p.$$

Da einestheils der Winkel y nicht gut bestimmbar, anderntheils die Vertheilung des Eisens um den Kompass nicht so ganz gleichmässig ist, hat man es zweckmässiger gefunden, u . cos y in der Längsschiffs-Komponente mit v und in der Queerschiffs-Komponente mit v_1 zu bezeichnen, womit

$$ov = v \cdot \varphi \cdot \cos z_p \text{ und}$$
$$oq = v_1 \cdot \varphi \cdot \sin z_p \text{ wird.}$$

Um die von diesen Kräften bewirkte Deviation kennen zu lernen, haben wir genau denselben Gang wie in § 43 mit P und Q, so dass wir erhalten:

$$\delta_3 = \frac{v \cdot \varphi \cdot \cos z_p \cdot \sin z}{\lambda \cdot H}$$
$$\delta_4 = \frac{v_1 \cdot \varphi \cdot \sin z_p \cdot \cos z}{\lambda \cdot H}$$

Da jedoch die totale Intensität = φ dividiert durch die horizontale = H die sec der Inclination ist, bekommt man:

$$\delta_3 = \frac{v}{\lambda} \times \sec J \cos z_p \cdot \sin z$$

$$\delta_4 = \frac{v}{\lambda} \times \sec J \sin z_p \cdot \cos z.$$

Endlich rechnet man in der Lehre der Deviation den Kurs stets von Norden ab; da wir aber, um δ_3 und δ_4 positiv zu erhalten, den Kurs SO = z_p genommen haben, liegt derselbe im zweiten Quadranten und der cosin z_p

ist negativ. Für einen Kurs im ersten Quadranten wird δ_3 negativ und es ist richtig zu schreiben:

$$4) \quad \delta_3 = -\frac{v}{\lambda} \cdot \sec J \cdot \cos z_p \cdot \sin z$$

$$5) \quad \delta_4 = \frac{v_1}{\lambda} \cdot \sec J \cdot \sin z_p \cdot \cos z.$$

Da der halbfeste Magnetismus während einer Rundschwajung, wie sie zur Bestimmung der Deviation ausgeführt wird, seine Kraft und Richtung nicht ändert, verhält er sich während derselben genau wie der feste Magnetismus. Er ist erst genau zu erkennen, nachdem das Schiff den längere Zeit eingehaltenen Kurs geändert und wiederum längere Zeit den Erschütterungen auf dem neuen Kurse ausgesetzt war. Nach den in der deutschen Seewarte darüber angestellten Untersuchungen bedarf es auf einem Dampfer etwa eines Etmals, ehe der von dem früher gesteuerten Kurse z_p herrührende Pol des halbfesten Magnetismus sich so weit verloren hat, dass man seine Wirkung auf den Kompass nicht mehr zu erkennen vermag. Auf einem Segelschiffe bedarf es dazu der Zurücklegung einer Distanz von etwa 200 Meilen. Da indessen die Erschütterungen je nach Wind und Wetter während dieser Zeit sehr verschieden sein können, muss auch die Stärke des betreffenden Poles und damit die von ihm herrührende Deviation verschieden gross ausfallen. (Vergleiche Archiv der deutschen Seewarte 1879.)

Der von dem gesteuerten Kurse = z abhängige neue Pol bedarf eben so langer Zeit, um zur vollen Stärke zu gelangen. Da er indessen bei kleiner Deviation nahezu in der Richtung der Kompassnadeln liegt, wird sein allmähliges Hervortreten keine irgendwie bedeutende Aenderung in der Grösse der Deviation erzeugen, wohl aber eine kleine Schwächung der Richtkraft der Rose. Die Aenderung, welche in der Deviation des Kurses z allmählig (erst schneller, nachher langsamer) eintritt, rührt demnach hauptsächlich von dem Verschwinden des Poles her, der von dem vorher gesteuerten Kurse z_p abhängig war.

Wie aus dem Vorstehenden leicht ersichtlich ist, werden die Vorzeichen von $\frac{v}{\lambda}$ und $\frac{v_1}{\lambda}$ für alle Schiffe dieselben und ein Wechsel darin für verschiedene Kompasse eines Schiffes nicht zu erwarten sein.

§ 45. Die Wirkung des flüchtigen Magnetismus im Schiffe auf den Kompass.

a) Die Wirkung der Vertikal-Induction.

Bei Betrachtung der magnetischen Kraft der Erde haben wir die totale Intensität derselben, φ, in eine horizontale, H, und in eine vertikale Komponente, Z, zerlegt. Beide inducieren flüchtigen Magnetismus in den Eisentheilen des Schiffes, deren Wirkungen auf den Kompass so verschieden von einander sind, dass sie nicht zusammen gezogen werden können, deshalb haben wir jede Komponente für sich zu betrachten.

Wir haben in § 9 gesehen, dass in dem gewöhnlichen Schmiedeeisen, wie es zum Schiffsbau verwendet wird, neben festem und halbfestem Magnetismus auch noch flüchtiger vorhanden sein wird. Da nun an Bord eines Schiffes gar viele senkrechte Eisentheile vorhanden sind, so wird die vertikale Komponente des Erdmagnetismus in jenen flüchtigen Magnetismus in der Weise inducieren, dass in deren untern Enden je ein Pol entsteht, der ungleichnamig mit dem nächsten Erdpol, am obern Ende ein solcher, der gleichnamig mit diesem Erdpol ist; z. B. in unsern Breiten unten einen rothen, oben einen blauen Pol, weil ja im Norden ein blauer Erdpol liegt.

Legen wir hier auf norder Breite die gleichnamigen Pole wieder zu je einem Hauptpol zusammen, so werden die beiden in einer Vertikallinie unter einander zu denken sein, der blaue Pol oben, der rothe unten. Da der blaue Pol dem Kompass, der doch über dem Schiffsrumpf steht, am nächsten liegt, hat er eine überwiegende Wirkung auf den Kompass, nämlich seine Wirkung minus der des entfernteren rothen Poles.

Zunächst ist die Grösse dieser Kraft zu bezeichnen. Bedenkt man, dass die erzeugte Kraft von der Weichheit des Eisens abhängt und geringer als die erzeugende, Z, sein wird, so können wir sie einstweilen mit u . Z bezeichnen, worin u einen Bruch bedeutet, der angiebt, wie viel Mal die Kraft dieses blauen Hauptpols kleiner als Z ist.

Zweitens ist wieder die Richtung zu bezeichnen, in welcher die Kraft uZ auf den Kompass wirkt. Dieselbe wird zunächst wieder schräg nach unten gerichtet sein und wir bezeichnen den Winkel, den sie mit der durch den Kompass gehenden Horizontalebene bildet, wieder einstweilen mit y. Ferner werden an Steuerbord und Backbord eines Schiffes nahezu gleichviel vertikale Eisentheile vorhanden sein, so dass die Hauptpole nahe in der Mittschiffslinie liegen werden, wenn nicht an einer Seite des auch in dieser Linie gedachten Kompasses bedeutende Eisenmassen in der Nähe vorhanden sind. Nehmen wir an, dies sei an Steuerbord der Fall, dann zeigt die Linie der Kraft uZ nach Steuerbord und schräg nach unten.

Denken wir uns wieder in Figur 13 diese Kraft uZ in E, so haben wir, um ihre Wirkung auf den Kompass kennen zu lernen, dieselbe in eine vertikale und eine horizontale Komponente zu zerlegen. Ist os der Kraft entsprechend lang genommen, so repräsentiert on die vertikale Komponente $=$ os $\times$ sin y $=$ uZ $\times$ sin y. Da u und y unbekannte aber konstante Grössen sind, so ersetzt man u $\times$ sin y durch k, wonach on $=$ k . Z wird. Diese Komponente wirkt nur bei einer Krängung auf den Kompass und ist erst bei Betrachtung des Krängungsfehlers in Rechnung zu ziehen.

Die horizontale Komponente om wird $=$ os $\times$ cosin y $=$ uZ . cosin y, sie wirkt horizontal nach Steuerbord auf den Kompass, und wir zerlegen sie wieder nach Figur 14 in eine Längs- und eine Queerschiffs-Komponente, deren erste ov $=$ om $\times$ cosin mov $=$ u . Z . cos y . cosin mov, deren zweite oq $=$ om $\times$ sin mov $=$ u . Z . cos y . sin mov ist. In der Praxis setzt man u . cos y . cos mov durch c und u . cos y . sin mov durch f, weil alle 3 Grössen u, y und mov für die ferneren Betrachtungen gleichgültig sind, so dass man erhält ov $=$ c . Z

oq $=$ f . Z.

Da während einer Rundschwajung, wie sie zur Bestimmung der Deviation ausgeführt wird, die vertikalen Eisenmassen ihre Richtung gegen die Vertikal-Komponente des Erdmagnetismus nicht ändern, wird der Hauptpol weder seine Richtung im Schiff noch seine Kräft ändern und somit werden cZ und fZ auch konstante Grössen bezeichnen

Ihre Wirkung auf den Kompass wird wieder genau so sein, wie wir in § 43 von P und Q gesehen haben und wir haben um dieselbe kennen zu lernen, nämlich die durch sie verursachte Deviation, wieder denselben Gang, wie damals nach Figur 15 und 16.

$$\delta_5 = \frac{c \,.\, Z}{\lambda \,.\, H} \times \sin z$$

$$\delta_6 = \frac{f \,.\, Z}{\lambda \,.\, H} \times \cos z.$$

Da $\frac{Z}{H}$ = tang Inclination ist, hat man

$$5) \quad \delta_5 = \frac{c}{\lambda} \times \text{tg}\, J \times \sin z$$

$$6) \quad \delta_6 = \frac{f}{\lambda} \times \text{tg}\, J \times \cos z.$$

§ 46. Die halbkreisige Deviation.

Stellen wir die in § 43, 44 und 45 gewonnenen Resultate je nach ihren Factoren sin z oder cosin z zusammen, so bekommen wir

$$1. \quad \delta_1 = \frac{P}{\lambda \,.\, H} \times \sin z$$

$$3. \quad \delta_3 = -\frac{v}{\lambda} \,.\, \sec J \,.\, \cos z_p \times \sin z$$

$$5. \quad \delta_5 = \frac{c}{\lambda} \,.\, \text{tg}\, J \times \sin z.$$

Addiert giebt $\delta_1 + \delta_3 + \delta_5 =$

$$\left(\frac{P}{\lambda \,.\, H} + \frac{c}{\lambda} \,.\, \text{tg}\, J - \frac{v}{\lambda} \,.\, \sec J \,.\, \cos z_p\right) \sin z.$$

Den Gesammtbetrag von $\delta_1 + \delta_3 + \delta_5$ setzen wir $= \delta a$ und $\frac{P}{\lambda \,.\, H} + \frac{c}{\lambda} \,.\, \text{tg}\, J - \frac{v}{\lambda} \,.\, \sec J \,.\, \text{cosin}\, z_p = B$, dann haben wir $\delta a = B \times \sin z$ . . . . I.

$$\text{Ebenso } 2. \quad \delta_2 = \frac{Q}{\lambda \,.\, H} \times \sin z$$

$$4. \quad \delta_4 = \frac{v_1}{\lambda} \sec J \,.\, \sin z_p \,.\, \sin z$$

$$6. \quad \delta_6 = \frac{f}{\lambda} \,.\, \text{tg}\, J \,.\, \sin z.$$

Addiert giebt $\delta_2 + \delta_4 + \delta_6 =$

$$\left(\frac{Q}{\lambda \; H} + \frac{f}{\lambda} \,.\, \text{tg}\, J + v_1 \,.\, \sec J \,.\, \sin z_p\right) \cos z.$$

Den Gesammtbetrag von $\delta_2 + \delta_4 + \delta_6$ setzen wir $= \delta b$ und $\frac{Q}{\lambda\, H} + \frac{f}{\lambda} . \mathrm{tg} J + \frac{v_1}{\lambda} . \sec J . \sin z_p = C$, dann haben wir $\delta b = C \cos z$ . . . . II.
I + II geben $\delta a + \delta b = B . \sin z + C . \cos z$ . . . III.

Nach I. ist B der Maximalbetrag der Deviation von den in der Längsschiffsrichtung wirkenden Komponenten aller drei Arten Magnetismus und C der Maximalbetrag derselben von den in der Queerschiffsrichtung liegenden Komponenten aller drei Arten.

Liegt die Resultante der 3 Längsschiffs-Komponenten der 3 blauen Pole vor dem Kompass, so ist, wie nachgewiesen, die davon herrührende Deviation im ersten oder NO-Quadranten Ost oder +, daraus folgt, dass sie West oder — ist, wenn die Resultante hinter dem Kompass liegt.

Liegt die Resultante der 3 Queerschiffs-Komponenten der blauen Pole an Steuerbord vom Kompass, so ist die davon herrührende Deviation im ersten Quadranten ebenfalls Ost oder +, liegt die Resultante an Backbord, so ist sie West oder minus.

Dass ein rother Pol respective die Resultante mehrerer derselben in derselben Lage die entgegengesetzte Deviation verursachen wird, ist ohne Weiteres einleuchtend.

In den andern Quadranten wird die von B und C abzuleitende Deviation von den Vorzeichen der sin und cos z abhängig sein. Da die Sinusse im 1. und 2. Quadranten positiv sind und gerade so gross wie die negativen Sinusse im 3. und 4. Quadranten, so werden die aus B durch Multiplication mit sin z abgeleiteten Partial-Deviationen in 1. und 2. Quadranten also im östlichen Halbkreise gerade so gross sein, wie im 3. und 4. Quadranten oder im westlichen Halbkreise, jedoch haben letztere des negativen Sinus wegen die entgegengesetzten Namen oder Vorzeichen. Ferner sind die Cosinusse im 1. und 4. Quadranten positiv und genau so gross wie die im 2. und 3. Quadranten, nur sind letztere negativ, deshalb werden die aus C durch Multiplication mit cos z abgeleiteten Partial-Deviationen im 1. und 4. Quadranten oder im nördlichen Halbkreise gerade so gross sein, wie im 2. und 3. Quadranten oder im südlichen Halbkreise, nur müssen letztere des negativen Cosinus wegen die entgegengesetzten Vorzeichen haben.

Zählt man die beiden Deviationen, welche von B und C herrühren, für jeden der 32 Striche zusammen, so erhält man für den einen Halbkreis eine gerade so grosse östliche Deviation wie für den andern westliche, daher nennt man diesen Theil der Gesammtdeviation die halbkreisige oder semizirkuläre.

§ 47. Die Wirkung des flüchtigen Magnetismus im Schiffe auf den Kompass.

b. Die Wirkung der horizontalen Induction.

Wir haben nun zweitens die Wirkung der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus auf den Schiffskörper zu untersuchen. Zu diesem Ende können wir uns die Induction nicht in so einheitlicher Weise vorstellen, wie bisher, denn die Lage der Pole wechselt mit der Lage des Schiffes gegen den magnetischen Meridian. Deshalb thut man besser, gleich von vorn herein eine Längs- und eine Queerschiffs-Induction anzunehmen und jede für sich zu betrachten.

Betrachten wir zunächst die Längsschiffs-Induction:

In § 41 Seite 79 und 80 ist gezeigt worden, wie der von der Horizontal-Intensität der Erde = H in einer horizontalen Stange weichen Eisens inducierte flüchtige Magnetismus in Stärke von der Lage der Stange gegen den magnetischen Meridian abhängt. Liegt die Stange im magnetischen Meridian, so ist deren von flüchtigem Magnetismus herrührende Kraft am grössten, sagen wir = u H, dann ist dieselbe in jeder andern Lage = u . H . cosin Azimuth, in welcher Formel u wieder die schon mehrmals angeführte Bedeutung hat.

Die Längsschiffs-Induction des flüchtigen Magnetismus wird genau in derselben Weise stattfinden, das Azimuth der Schiffsrichtung ist der magnetische Kurs, den wir mit z_1 bezeichnen wollen, wonach die Kraft des in der Längsschiffsrichtung inducierten, flüchtigen Magnetismus = u . H . cos z_1 zu bezeichnen ist.

Wäre an beiden Seiten des Schiffes genau gleichviel und für flüchtigen Magnetismus gleich empfängliches Eisen vorhanden, so müsste die Resultante aller Kräfte der blauen Einzelpole sowie auch die aller rothen in der Mittschiffslinie liegen. Wie die Erfahrung lehrt, ist dies jedoch selten der Fall, vielmehr überwiegt meistens die Induction der einen Seite, wodurch beide Hauptpole in eine Linie kommen, die parallel mit der Mittschiffslinie aber etwas seitwärts von derselben liegt. Steht ein Kompass in der Mittschiffslinie, so liegt die Verbindungslinie der Hauptpole auch seitwärts von ihm. Bei Steuerkompassen, die oft ziemlich weit aus der Mittschiffslinie und neben den oft sehr schweren Steuerradaxen und sonstigen horizontal, längsschiffs liegenden Eisenmassen stehen, wird jenes in erhöhtem Masse der Fall sein können. Denken wir uns zunächst, dass beide Hauptpole vor dem Kompass und etwas an Steuerbord von demselben liegen, wie in Figur 19 die Punkte K und L, dann wird auf Nordkurs L den rothen und K den blauen Pol bedeuten, von denen der letzte wieder dem Kompass am nächsten liegt und damit hauptsächlich die Deviation erzeugen wird, und zwar mit einer Kraft, die im magnetischen Meridian mit u H, auf andern Kursen $= u \cdot H \cdot \cos z_1$ zu bezeichnen ist.

Die Vertikal-Komponente dieser Kraft wird wieder unter den bekannten Umständen $= u \cdot H \cdot \cos z_1 \cdot \sin y$ sein. Da u und y konstante Grössen sind, die uns einzeln nicht interessieren, setzen wir $u \cdot \sin y = g$, und bezeichnen somit die Vertikal-Komponente mit $g \cdot H \cdot \cos z_1$. Dieselbe ist erst beim Krängungsfehler in Rechnung zu ziehen und hier ausser Acht zu lassen.

Die Horizontal-Komponente der Kraft $u \cdot H \cdot \text{cosin}\, z_1$ wird $u \cdot H \cdot \text{cosin}\, z_1 \times \text{cosin}\, y$ und, da dieselbe nach der Voraussetzung schräg nach Steuerbord wirkt, zerlegen wir sie wieder in eine Längs- und in eine Queerschiffs-Komponente. Ist der Winkel, den die Richtung der horizontalen Kraft mit der Längsschiffslinie bildet, $= x$, so ist die erste Komponente $= u \cdot H \cdot \text{cosin}\, z_1 \cdot \cos y \cdot \cos x$, die letzte $= u \cdot H \cdot \text{cosin}\, z_1 \cdot \text{cosin}\, y \cdot \sin x$. Da die Grössen u, y und x uns nicht im Einzelnen interessieren und ausserdem konstant sind, setzen wir $u \cdot \text{cosin}\, y \cdot \text{cosin}\, x = a$ und $u \cdot \text{cosin}\, y \cdot \sin x = d$, so dass die Längsschiffs-Komponente durch $a \cdot H \cdot \text{cosin}\, z_1$, die Queerschiffs-Komponente durch $d \cdot H \cdot \text{cosin}\, z_1$ ausgedrückt ist.

Um die von jeder der beiden Komponenten verursachte Deviation zu erhalten, sei in Figur 15 oN der magnetische Meridian, in welchem die Horizontal-Intensität der Erde die Kompassnadel mit der Kraft $\lambda H = ob$ zu halten strebt; oF sei die Schiffsrichtung, in welche die Längsschiffs-Komponente die Magnetnadel mit der Kraft $a \,.\, H \,.\, \cos z_1 = ov = bc$ zu drehen strebt. Die Kompassnadel stellt sich dann in die Diagonale oc, δ ist die erzeugte Deviation (+ oder Ost) und $\sphericalangle$ coF = z der Kompasskurs. Das Dreieck ocb ergiebt

$$\sin \delta : \sin ocb = bc : ob, \quad \text{also}$$

$$\sin \delta = \frac{a \,.\, H \,.\, \cos z_1 \,.\, \sin z}{\lambda \,.\, H} = \frac{a}{\lambda} \cos z_1 \,.\, \sin z.$$

Setzt man z_1 den magnetischen Kurs = z dem Kompasskurs, was eigentlich nicht zutrifft, da sie ja um die Deviation, d. h. nicht bloss um diese, sondern um die ganze von allen Kräften erzeugte verschieden sind, und setzt man statt der Kraft a deren Maximalwirkung, so entsteht

$$7. \quad \delta_7 = \frac{\frac{1}{2} a}{\lambda} \times 2 \cos z_1 \,.\, \sin z = \frac{\frac{1}{2} a}{\lambda} \,.\, \sin 2z.$$

Um die Wirkung der Queerschiffs-Komponente der Längsschiffs-Induction $= d \,.\, H \,.\, \cos z_1$ auf den Kompass kennen zu lernen, sei in Figur 16 $oq = cb = d \,.\, H \,.\, \cos z_1$. Die Bezeichnung der übrigen Stücke ist die gewöhnliche.

Das Dr. boc ergiebt: $\sin \delta : \sin bco = cb : ob$
$\sin bco = \sin coq = \sin (90^0 + coF) = \cos z$, also

$$\sin \delta = \frac{dH}{\lambda H} \,.\, \cos z_1 \,.\, \cos z = \frac{d}{\lambda} \cos z_1 \,.\, \cos z$$

$$\sin \delta = \frac{\frac{1}{2} d}{\lambda} \times 2 \,.\, \cos z_1 \,.\, \cos z$$

und unter derselben Voraussetzung wie bei Gleichung 7.

$$8. \quad \delta_8 = \frac{\frac{1}{2} d}{\lambda} \,.\, \cos^2 z$$

Wir kommen nun endlich zur Betrachtung der Queerschiffs-Induction von flüchtigem Magnetismus. Liegt die Queerschiffsrichtung im magnetischen Meridian, liegt also z. B. das Schiff magn. Ost an, so wird den queerschiffs liegenden Eisentheilen von der Horizontal-Intensität der Erde ein Betrag flüchtigen Magnetismus' induciert, den wir wieder mit u . H bezeichnen wollen. Alle rothen Pole liegen an Backbord, alle blauen an Steuerbord, deshalb der rothe Hauptpol an Bb, der blaue an Stb Wären vor und hinter dem Kompass gleich viele und für flüchtigen Magnetismus gleich empfängliche Eisenmassen vorhanden, so würde die Verbindungslinie der beiden Hauptpole durch den Kompass gehen, allein dies wird hier noch weniger als bei der Längsschiffs-Induction der Fall sein.

Denken wir uns, dass beide Hauptpole an Steuerbord etwas vor dem Kompass liegen, etwa wie in Figur 20, b und r, dann wird der rothe Pol dem Kompass am nächsten sein und eine Wirkung ausüben, die der eines blauen Poles entgegengesetzt ist. Setzen wir dieselbe, wie bereits oben gesagt, wenn die Queerschiffslinie im Meridian liegt $=$ u . H, so wird sie bei jeder andern Lage $=$ u . H . sin z_1, weil die Queerschiffslinie eine Richtung $= z_1 + 90^0$ hat und $\cos(z_1 + 90^0) = \sin z_1$.

Da der Kompass über dem Schiffe gedacht werden muss, haben wir diese Kraft wieder in eine vertikale und in eine horizontale Komponente zu zerlegen; die erste wird unter denselben Voraussetzungen wie früher $=$ u . H . sin z_1 . sin y. Setzt man u . sin y $=$ h, so wird sie bezeichnet mit h_1 . H . sin z_1; dieselbe kommt erst beim Krängungsfehler in Betracht, deshalb lassen wir sie hier ausser Acht.

Die horizontal nach Steuerbord vorn gerichtete Komponente wird u . H . sin z . cos y und wenn x der Winkel ist, den sie mit der Längsschiffslinie bildet, so wird die Längsschiffs-Komponente $=$ u . H . sin z_1 . cos y . cos x und die Queerschiffs-Komponente $=$ u . H . sin z_1 . cos y . sin x. Führen wir für u . cos y . cos x aus demselben Grunde wie früher das Zeichen b, und für u . cos y . sin x das Zeichen e ein, so wird erstere b . H . sin z_1, letztere e . H . sin z_1.

In Figur 17 sei ob $= \lambda$H, oF die Schiffsrichtung, cb $=$ ov_1 $= -$ ov $= -$ b . H . sin z_1 (ov_1 ist auf der rückwärtigen Verlängerung von oF abzutragen, weil es die Kraft eines rothen Poles darstellt, der das Nordende der Nadel abstösst und westliche Deviation erzeugt) Winkel cob $= \delta$ und coF $= z$, dann ergiebt das Dreieck cob

sin δ : sin ocb $=$ cb : ob. Nun ist wieder

sin ocb $=$ sin z und man hat

$$\sin \delta_9 = -\frac{b.H.\sin z_1.\sin z}{\lambda H} = -\frac{b}{\lambda}.\sin z_1.\sin z.$$

Wird wieder $z_1 = z$ und statt der Kraft b deren Maximalwirkung gesetzt, so erhält man:

$$9.\quad \delta_9 = -\frac{b}{\lambda}.\sin^2 z.$$

In Figur 18 sei die Bezeichnung wie bisher, nur sei $oq_1 = -oq = -e.H.\sin z_1$ und zwar ist oq_1 auf der rückwärtigen Verlängerung von oq (senkrecht zu oF) abzutragen, weil der rothe Pol eine westliche Deviation erzeugt. Das Dreieck cbo ergiebt:

$$\sin \delta : \sin ocb = cb : ob$$

$$\sin ocb = \sin coq_1 = \sin coq = \sin (z + 90^0) = \cos z, \text{ also}$$

$$\sin \delta_{10} : \cos z = -e.H.\sin z_1 : \lambda H$$

$$\sin \delta_{10} = -\frac{e.H.\sin z_1.\cos z}{\lambda H} = -\frac{e}{\lambda}\sin z_1.\cos z.$$

Setzt man wieder den magnetischen Kurs z_1 gleich dem Kompasskurs z, so kann man ferner schreiben:

$$\delta_{10} = -\frac{{}^1/_2 e}{\lambda}.2\sin z.\cos z$$

$$10.\quad \delta_{10} = -\frac{{}^1/_2 e}{\lambda}.\sin 2z. \quad \text{Hierzu}$$

$$\text{Gl. 7.}\quad \delta_7 = \frac{{}^1/_2 a}{\lambda}.\sin 2z \quad \text{addiert, giebt}$$

$$\delta_7 + \delta_{10} = \frac{{}^1/_2(a-e)}{\lambda}.\sin 2z.$$

Setzen wir $\delta_7 + \delta_{10} = \delta c$ und $\frac{{}^1/_2(a-e)}{\lambda} = D$, so erhält man

$$\text{IV.}\quad \delta c = D.\sin 2z.$$

Addiert man Gl. 8. $\delta_8 = \frac{d}{\lambda} \cdot \cos^2 z$

und 9. $\delta_9 = -\frac{b}{\lambda} \cdot \sin^2 z$

so entsteht $\delta_8 + \delta_9 = \frac{d}{\lambda} \cdot \cos^2 z - \frac{b}{\lambda} \cdot \sin^2 z$ oder

$$2 \cdot \delta d = \frac{d}{\lambda} \cdot 2 \cdot \cos^2 z - \frac{b}{\lambda} \cdot 2 \cdot \sin^2 z$$

$2 \cos^2 z = 1 + \cos 2z$ und $2 \sin^2 z = 1 - \cos 2z$ also

$$2 \cdot \delta d = \frac{d}{\lambda}(1 + \cos 2z) - \frac{b}{\lambda}(1 - \cos 2z)$$

$$2 \cdot \delta d = \frac{d + d \cdot \cos 2z - b + b \cdot \cos 2z}{\lambda}$$

$$2 \cdot \delta d = \frac{d - b + (d + b) \cdot \cos 2z}{\lambda}$$

$$\delta d = \frac{1/2\,(d - b)}{\lambda} + \frac{1/2\,(d + b)}{\lambda} \cdot \cos 2z.$$

Nach Gebrauch setzen wir $\frac{1/2\,(d-b)}{\lambda} = A$ und $\frac{1/2\,(d+b)}{\lambda} = E$, dann hat man:

$$\delta d = A + E \cdot \cos 2z.$$

Nach IV ist $\delta c = D \cdot \sin 2z$, addiert giebt

V. $\delta e = A + D \cdot \sin 2z + E \cdot \cos 2z.$

Der durch A bezeichnete Theil der Deviation ist weder von J, H, Z oder φ noch vom Kurse abhängig, deshalb ändert er sich weder mit der Zeit, noch mit dem Orte, noch mit dem Kurse, ist demnach im besten Sinne des Wortes konstant und heisst demgemäss die konstante Deviation.

Die von D und E auf den verschiedenen Strichen herrührende Deviation durchläuft alle Werthe mit 8 Strich Kursänderung, weil der Multiplikator sin oder cos des doppelten Kurses heisst, deshalb nennt man diesen Theil der Deviation die viertelkreisige.

§ 48. Die Deviationsformel.

Nach Gl. III § 46 ist $\delta a + \delta b = B \sin z + C \cos z$,
nach § 47 Gl. V ist $\delta e = A + D \sin 2z + E \cos 2z$.

Addiert giebt $\delta = A + B \sin z + C \cos z + D \sin 2z + E \cos 2z$.

In den 5 Koefficienten A, B, C, D und E ist demnach das Gesammtbild der Deviation des gerade liegenden Schiffes gezeichnet. Stellen wir die Grundbedeutung dieser Koefficienten zusammen, so ist

$$A = \frac{\frac{1}{2}(d - b)}{\lambda}$$

$$B = \frac{P}{\lambda H} + \frac{c}{\lambda} \operatorname{tg} J - \frac{v}{\lambda} \sec J \cos z_p$$

$$C = \frac{Q}{\lambda H} + \frac{f}{\lambda} \operatorname{tg} J + \frac{v_1}{\lambda} \sec J \sin z_p$$

$$D = \frac{\frac{1}{2}(a - e)}{\lambda}$$

$$E = \frac{\frac{1}{2}(d + b)}{\lambda}.$$

§ 49. Bildliche Darstellung der besprochenen Kräfte.

In § 42 (Figur 7—11) ist nachgewiesen, wie die Vertheilung des festen Magnetismus im Schiffe fast allein von dem Baukurse abhängt. Es ist ferner nachgewiesen, dass der Baukurs SO für einen mittschiffs stehenden Kompass sowohl + P als + Q als auch + R erzeugt; ebenso in Betreff des halbfesten Magnetismus. Wie die Lage der Pole im Schiffe + oder — P, Q, R, v, v_1 und r, und damit $\mp$ B und C bedingen, dürfte aus den Figuren 21—24 ohne weitere Erläuterung zu ersehen sein.

Denken wir uns statt der Komponenten a, b, c, d, e, f, g, h und k, welche von flüchtigem Magnetismus herrühren, weiche Eisenstangen, die denselben in der Weise, wie § 45 und 47 angegeben, induciert erhalten, so würden diese die Lagen haben, wie in den Figuren 25 bis 35 angezeigt ist; wobei nicht zu vergessen ist, dass die zuerst § 47 gedachten b und e Kräfte (hier Stangen) mit + zu bezeichnen sind, obgleich sie dort mit — in die Formeln kommen, weil sie westliche Deviation erzeugen, und dass die Bezeichnung der vertikalen Kräfte c, f und k für unsere nördliche Breite gilt.

§ 50. Ueber λ und dessen Abhängigkeit von a und e.

In § 43 haben wir gesehen, dass der feste Magnetismus auf den Kursen, welche innerhalb 8 Striche vom Baukurs liegen, die Richtkraft des Kompasses verkleinert, auf den andern 16 Strichen aber vergrössert. Würde man aus den Richtkräften für die 32 Striche das Mittel ziehen, so käme wieder H oder 1. Ebenso ist es mit dem halbfesten und mit der Vertikal-Induction des flüchtigen Magnetismus.

Die Komponenten der Horizontal-Induction von flüchtigem Magnetismus, welche in den Figuren 25 und 30 als die zuerst gedachten mit + a und + e bezeichnet sind, würden die Richtkraft des Kompasses vergrössern, weil von diesen und den Kompassmagneten während einer Rundschwajung stets die ungleichnamigen Pole einander zugekehrt sind. Allein diese Art Komponenten sind leider fast immer (ausgenommen bei guter Kompensation) gegen solche, wie in Figur 26 und 31 mit — a und — e bezeichnet sind, in der Minderkraft.

Der Schraubenschaft, Grätinge auf dem Kesselraum würden für den auf der Brücke eines Dampfers stehenden Kompass + a erzeugen, für einen Kompass auf dem Achterdeck wird ersterer — a erzeugen, ebenso Kiel und Kolschwin für alle Kompasse.

Queerüber gehende Deckbalken würden — e erzeugen; steht der Kompass in oder auf einer Luke oder Skylight, so würden die dagegen schiessenden Deckbalkenenden + e Kräfte enthalten.

Vergleicht man die vorhandenen Verhältnisse, so wird man finden, dass — e gegen + e und — a gegen + a im Allgemeinen überwiegend sind und sowohl — e als — a haben eine Schwächung der Richtkraft des Kompasses auf allen Kursen zur Folge. Das Verhältniss seiner mittleren Richtkraft an Bord zu der am Lande wird durch λ ausgedrückt, wie schon § 43 gesagt. Da a und e den Koefficienten D erzeugen, so wird man immerhin von einem grossen D im Allgemeinen auf eine starke Schwächung der Richtkraft oder auf ein kleines λ schliessen können. Es ist indessen nicht zu übersehen, dass $D = \frac{1/2\,(a - e)}{\lambda}$ nur klein ist, wenn $+ a$ und $+ e$ nahe gleich gross sind, λ ist dann > 1. Treten aber $+ a$ und $- e$ oder $- a$ und $+ e$ Kräfte zusammen auf, so wird D gross und λ klein. Bei $- a$ und $- e$ Kräften von nahe gleicher Grösse wird D klein oder nahe Null und λ auch klein. Mathematisch ausgedrückt ist $\lambda = 1 + \frac{a + e}{2}$. Der Beweis der Richtigkeit und die Bedeutung dieser Formel muss hier übergangen werden, weil dies ausserhalb des Rahmens dieses Buches liegt und zur directen Bestimmung von λ Instrumente erforderlich sind, die dem Kauffahrtheischiffer nicht zu Gebote stehen; nur sei mit Rücksicht auf § 47 Seite 94 bemerkt: a und e bezeichnen Verhältnisse, anfangs u . cos y sin x und u . cos y . cos x genannt, mit welchen horizontal längs- und queerschiffs liegende Eisenmassen von der Horizontal-Intensität der Erde Magnetismus aufnehmen, $H = 1$ gesetzt Da diese Verhältnisse als unveränderlich angenommen werden dürfen, ist die mittlere Richtkraft eines Kompasses an Bord — so lange er an derselben Stelle des Schiffes steht und die Eisenmassen des Schiffes nicht verändert werden — oder dessen λ ebenfalls unveränderlich.

§ 51. Ableitung und Berechnung der Koefficienten A, B, C, D und E aus einer beobachteten Deviation und Rückrechnung der Deviation aus denselben.

Es handelt sich jetzt darum, die Grösse der Koefficienten A, B, C, D und E aus einer Deviation, die durch eine Rundschwajung nach § 36 gewonnen und vielleicht mittels des Napier'schen Diagramms für fehlende Kompassstriche vervollständigt ist, zu erhalten.

Zu dem Ende ist zu bemerken:

1. Die Kurse werden stets von N über O, S, W bis N gezählt.

2. sin 0 Strich = cos 8 Str., sin 1 Str. = cos 7 Str., sin 2 Str. = cos 6 Str. u. s. w.

3. Kommt man bei den Functionen sin 2 z und cos 2 z auf mehr als 32 Strich, so fängt man wieder von vorne an zu zählen.

4. Die Sinusse sind im I. und II. Quadranten positiv, im III. und IV. negativ.

5. Die Cosinusse sind im I. und IV. Quadranten positiv, im II. und III. negativ.

Da die trigonometrischen Functionen stets nur für den ersten Quadranten gegeben sind, so beschickt man, wenn ich mich so ausdrücken darf, einen Winkel in den andern drei Quadranten stets auf den ersten, wie in der nachstehenden Tafel I ausgeführt ist. Zu bemerken ist nur, dass s_1, s_2 zu lesen ist: sin 1 Strich, sin 2 Strich u. s. w.

Tafel I.

Kurs	Str.	sin z	cos z	sin 2 z	cos 2 z
N	0	0	$+ s_8$	0	$+ s_8$
NzO	1	$+ s_1$	$+ s_7$	$+ s_2$	$+ s_6$
NNO	2	$+ s_2$	$+ s_6$	$+ s_4$	$+ s_4$
NOzN	3	$+ s_3$	$+ s_5$	$+ s_6$	$+ s_2$
NO	4	$+ s_4$	$+ s_4$	$+ s_8$	0
NOzO	5	$+ s_5$	$+ s_3$	$+ s_6$	$- s_2$
ONO	6	$+ s_6$	$+ s_2$	$+ s_4$	$- s_4$
OzN	7	$+ s_7$	$+ s_1$	$+ s_2$	$- s_6$
O	8	$+ s_8$	0	0	$- s_8$
OzS	9	$+ s_7$	$- s_1$	$- s_2$	$- s_6$
OSO	10	$+ s_6$	$- s_2$	$- s_4$	$- s_4$
SOzO	11	$+ s_5$	$- s_3$	$- s_6$	$- s_2$
SO	12	$+ s_4$	$- s_4$	$- s_8$	0
SOzS	13	$+ s_3$	$- s_5$	$- s_6$	$+ s_2$
SSO	14	$+ s_2$	$- s_6$	$- s_4$	$+ s_4$
SzO	15	$+ s_1$	$- s_7$	$- s_2$	$+ s_6$
S	16	0	$- s_8$	0	$+ s_8$
SzW	17	$- s_1$	$- s_7$	$+ s_2$	$+ s_6$
SSW	18	$- s_2$	$- s_6$	$+ s_4$	$+ s_4$
SWzS	19	$- s_3$	$- s_5$	$+ s_6$	$+ s_2$
SW	20	$- s_4$	$- s_4$	$+ s_8$	0
SWzW	21	$- s_5$	$- s_3$	$+ s_6$	$- s_2$
WSW	22	$- s_6$	$- s_2$	$+ s_4$	$- s_4$
WzS	23	$- s_7$	$- s_1$	$+ s_2$	$- s_6$
W	24	$- s_8$	0	0	$- s_8$
WzN	25	$- s_7$	$+ s_1$	$- s_2$	$- s_6$
WNW	26	$- s_6$	$+ s_2$	$- s_4$	$- s_4$
NWzW	27	$- s_5$	$+ s_3$	$- s_6$	$- s_2$
NW	28	$- s_4$	$+ s_4$	$- s_8$	0
NWzN	29	$- s_3$	$+ s_5$	$- s_6$	$+ s_2$
NNW	30	$- s_2$	$+ s_6$	$- s_4$	$+ s_4$
NzW	31	$- s_1$	$+ s_7$	$- s_2$	$+ s_6$
N	32	0	$+ s_8$	0	$+ s_8$

Tafel II.

I.		II.		III.	IV.	V.		VI.	
Kompass-Kurs.	Deviation.	Kompass-Kurs.	Deviation.	Halbe Summe aus I und II. $\frac{I+II}{2}$	Halbe Differenz aus I u. II. $\frac{I-II}{2}$	Berechnung von B. Multiplikatoren	Product aus IV mit dem Multiplikator	Berechnung von C. Multiplikatoren	Product aus IV mit dem Multiplikator
N	$A \quad +C \quad +E$	S	$A \quad -C \quad +E$	$A \quad E$	$+C$	0	0	1	C
NzO	$A+Bs_1+Cs_7+Ds_2+Es_6$	SzW	$A-Bs_1-Cs_7+Ds_2+Es_6$	$A+Ds_2+Es_6$	Bs_1+Cs_7	s_1	$Bs^2_1+Cs_7 \,.\, s_1$	s_7	$Bs_1 \,.\, s_7+Cs^2_7$
NNO	$A+Bs_2+Cs_6+Ds_4+Es_4$	SSW	$A-Bs_2-Cs_6+Ds_4+Es_4$	$A+Ds_4+Es_4$	Bs_2+Cs_6	s_2	$Bs^2_2+Cs_6 \,.\, s_2$	s_6	$Bs_2 \,.\, s_6+Cs^2_6$
NOzN	$A+Bs_3+Cs_5+Ds_6+Es_2$	SWzS	$A-Bs_3-Cs_5+Ds_6+Es_2$	$A+Ds_6+Es_2$	Bs_3+Cs_5	s_3	$Bs^2_3+Cs_5 \,.\, s_3$	s_5	$Bs_3 \,.\, s_5+Cs^2_5$
NO	$A+Bs_4+Cs_4+D$	SW	$A-Bs_4-Cs_4+D$	$A+D$	Bs_4+Cs_4	s_4	$Bs^2_4+Cs_4 \,.\, s_4$	s_4	$Bs_4 \,.\, s_4+Cs^2_4$
NOzO	$A+Bs_5+Cs_3+Ds_6-Es_2$	SWzW	$A-Bs_5-Cs_3+Ds_6-Es_2$	$A+Ds_6-Es_2$	Bs_5+Cs_3	s_5	$Bs^2_5+Cs_3 \,.\, s_5$	s_3	$Bs_5 \,.\, s_3+Cs^2_3$
ONO	$A+Bs_6+Cs_2+Ds_4-Es_4$	WSW	$A-Bs_6-Cs_2+Ds_4-Es_4$	$A+Ds_4-Es_4$	Bs_6+Cs_2	s_6	$Bs^2_6+Cs_2 \,.\, s_6$	s_2	$Bs_6 \,.\, s_2+Cs^2_2$
OzN	$A+Bs_7+Cs_1+Ds_2-Es_6$	WzS	$A-Bs_7-Cs_1+Ds_2-Es_6$	$A+Ds_2-Es_6$	Bs_7+Cs_1	s_7	$Bs^2_7+Cs_1 \,.\, s_7$	s_1	$Bs_7 \,.\, s_1+Cs^2_1$
O	$A+B \quad -E$	W	$A-B \quad -E$	$A \quad -E$	B	$s_8=1$	B	0	
OzS	$A+Bs_7-Cs_1-Ds_2-Es_6$	WzN	$A-Bs_7+Cs_1-Ds_2-Es_6$	$A-Ds_2-Es_6$	Bs_7-Cs_1	s_7	$Bs^2_7-Cs_1 \,.\, s_7$	$-s_1$	$-Bs_7 \,.\, s_1+Cs^2_1$
OSO	$A+Bs_6-Cs_2-Ds_4-Es_4$	WNW	$A-Bs_6+Cs_2-Ds_4-Es_4$	$A-Ds_4-Es_4$	Bs_6-Cs_2	s_6	$Bs^2_6-Cs_2 \,.\, s_6$	$-s_2$	$-Bs_6 \,.\, s_2+Cs^2_2$
SOzO	$A+Bs_5-Cs_3-Ds_6-Es_2$	NWzW	$A-Bs_5+Cs_3-Ds_6-Es_2$	$A-Ds_6-Es_2$	Bs_5-Cs_3	s_5	$Bs^2_5-Cs_3 \,.\, s_5$	$-s_3$	$-Bs_5 \,.\, s_3+Cs^2_3$
SO	$A+Bs_4-Cs_4-D$	NW	$A-Bs_4+Cs_4-D$	$A-D$	Bs_4-Cs_4	s_4	$Bs^2_4-Cs_4 \,.\, s_4$	$-s_4$	$-Bs_4 \,.\, s_4+Cs^2_4$
SOzS	$A+Bs_3-Cs_5-Ds_6+Es_2$	NWzN	$A-Bs_3+Cs_5-Ds_6+Es_2$	$A-Ds_6+Es_2$	Bs_3-Cs_5	s_3	$Bs^2_3-Cs_5 \,.\, s_3$	$-s_5$	$-Bs_3 \,.\, s_5+Cs^2_5$
SSO	$A+Bs_2-Cs_6-Ds_4+Es_4$	NNW	$A-Bs_2+Cs_6-Ds_4+Es_4$	$A-Ds_4+Es_4$	Bs_2-Cs_6	s_2	$Bs^2_2-Cs_6 \,.\, s_2$	$-s_6$	$-Bs_2 \,.\, s_6+Cs^2_6$
SzO	$A+Bs_1-Cs_7-Ds_2+Es_6$	NzW	$A-Bs_1+Cs_7-Ds_2+Es_6$	$A-Ds_2+Es_6$	Bs_1-Cs_7	s_1	$Bs^2_1-Cs_7 \,.\, s_1$	$-s_7$	$-Bs_1 \,.\, s_7+Cs^2_7$

Ia	IIa	IIIa	IVa	Va		VIa	
Obere Hälfte von III.	Untere Hälfte von III.	Halbe Summe aus Ia und IIa.	Halbe Differenz $\frac{Ia-IIa}{2}$	Berechnung von D. Multiplikatoren	Produkt aus IVa mit dem Multiplikator	Berechnung von E. Multiplikatoren	Produkt aus IVa mit dem Multiplikator
$A \quad +E$	$A \quad -E$	A	$+E$	0	0	1	$+E$
$A+Ds_2+Es_6$	$A-Ds_2-Es_6$	A	$+Ds_2+Es_6$	s_2	$+Ds^2_2+Fs_6s_2$	s_6	$+Ds_2s_6+Es^2_6$
$A+Ds_4+Es_4$	$A-Ds_4-Es_4$	A	$+Ds_4+Es_4$	s_4	$+Ds^2_4+Es_4s_4$	s_4	$+Ds_4s_4+Es^2_4$
$A+Ds_6+Es_2$	$A-Ds_6-Es_2$	A	$+Ds_6+Es_2$	s_6	$+Ds^2_6+Es_2s_6$	s_2	$+Ds_2s_6+Es^2_2$
$A+D$	$A-D$	A	$+D$	1	$+D$	0	
$A+Ds_6-Es_2$	$A-Ds_6+Es_2$	A	$+Ds_6-Es_2$	s_6	$+Ds^2_6-Es_2s_6$	$-s_2$	$-Ds_6s_2+Es^2_2$
$A+Ds_4-Es_4$	$A-Ds_4+Es_4$	A	$+Ds_4-Es_4$	s_4	$+Ds^2_4-Es_4s_4$	$-s_4$	$-Ds_4s_4+Es^2_4$
$A+Ds_2-Es_6$	$A-Ds_2+Es_6$	A	$+Ds_2-Es_6$	s_2	$+Ds^2_2-Es_6s_2$	$-s_6$	$-Ds_2s_6+Es^2_6$

Summe = 8 A Summe = 4 D Summe = 4 E

dividiert durch 8 = A dividiert durch 4 = D dividiert durch 4 = E.

Addiert man $+Ds^2_2 + Es_6 s_2$

und $+Ds^2_6 - Es_2 s_6$

so erhält man $D\,(s^2_2 + s^2_6) = D$ (sin ²2 Str. + sin ²6 Str.)

= D (sin ²2 Str. + cos ²2 Str.) = D × 1 = D u. s. w.

Summe = 8 B Summe = 8 C

dividiert durch 8 = B. dividiert durch 8 = C.

Addiert man z. B. Spalte V $Bs^2_1 + Cs_7 s_1$

und $Bs^2_7 - Cs_1 s_7$

so erhält man $B\,(s^2_1 + s^2_7) = B$, weil

sin ²1 Strich + sin ²7 Strich = sin ²1 Strich + cos ²1 Strich = 1.

$$s^2_2 + s^2_6 = 1$$

$$s^2_3 + s^2_5 = 1 \text{ u. s. w.}$$

In den weitaus meisten Fällen wird eine Genauigkeit der Koefficienten, wie sie die vorstehende Methode (Tafel II) gewährt, nicht verlangt. In der Praxis genügt meistens:

Tafel III.

$$\begin{array}{llllll}
1.\ N & \delta_0 & = A & & + C & + E \\
2.\ NO & \delta_4 & = A + B \,.\, s_4 & & + C \,.\, s_4 & + D \\
3.\ O & \delta_8 & = A + B & & & - E \\
4.\ SO & \delta_{12} & = A + B \,.\, s_4 & & - C \,.\, s_4 & - D \\
5.\ S & \delta_{16} & = A & & - C & + E \\
6.\ SW & \delta_{20} & = A - B \,.\, s_4 & & - C \,.\, s_4 & + D \\
7.\ W & \delta_{24} & = A - B & & & - E \\
8.\ NW & \delta_{28} & = A - B \,.\, s_4 & & + C \,.\, s_4 & - D
\end{array}$$

$$\frac{1 + 3 + 5 + 7}{4} = \frac{4A}{4} = A = \tfrac{1}{4}\,(\delta_0 + \delta_8 + \delta_{16} + \delta_{24})$$

$$\frac{3 - 7}{2} = \frac{2B}{2} = B = \tfrac{1}{2}\,(\delta_8 - \delta_{24})$$

$$\frac{1 - 5}{2} = \frac{2C}{2} = C = \tfrac{1}{2}\,(\delta_0 - \delta_{16})$$

$$\frac{(2 + 6) - (4 + 8)}{4} = \frac{4D}{4} = D = \frac{(\delta_4 + \delta_{20}) - (\delta_{12} + \delta_{28})}{4}$$

$$\frac{(1 + 5) - (3 + 7)}{4} = \frac{4E}{4} = E = \frac{(\delta_0 + \delta_{16}) - (\delta_8 + \delta_{24})}{4}.$$

A ist demnach $^1/_4$ der Summe der Deviationen auf den 4 Cardinalstrichen.

B ist die halbe Summe der Deviation auf Ost und der umgekehrten Deviation auf West.

C ist die halbe Summe der Deviation auf N und der umgekehrten Deviation auf Süd.

D ist ein Viertel der Summe der Deviationen für NO und SW und der umgekehrten Deviationen für SO und NW.

E ist ein Viertel der Summe der Deviationen für N und S und der umgekehrten Deviationen für Ost und West.

Wenden wir beide Methoden auf die in § 40 Steuertabelle I gefundene Deviation an, so stellt sich die Rechnung wie folgt:

Berechnung der Koefficienten A, B, C, D und E.

I.		II.		III.	IV.	V.		VI.	
Kompass-Kurs.	δ dafür.	Kompass-Kurs.	δ dafür.	Halbe Summe $=\frac{I+II}{2}$	Halbe Diff. $=\frac{I-II}{2}$	Berechnung von B: Multiplikatoren.	Produkt aus IV und Mult.	Berechnung von C: Multiplikatoren.	Produkt aus IV und Mult.
N	− 3,2	S	+ 3,2	0,0	− 3,2	0	0,0	1	− 3,2
OzO	+ 2,6	SzW	+ 0,1	+1,3	+ 1,3	s_1	+0,3*)	s_7	+ 1,3
NNO	+ 8,2	SSW	− 3,0	+2,6	+ 5,6	s_2	+ 2,1	s_6	+ 5,2
NOzN	+13,2	SWzS	− 6,5	+3,3	+ 9,8	s_3	+ 5,4	s_5	+ 8,2
NO	+16,8	SW	− 9,7	+3,6	+13,3	s_4	+ 9,4	s_4	+ 9,4
NOzO	+19,5	SWzW	−13,0	+3,3	+16,3	s_5	+13,5	s_3	+ 9,0
ONO	+20,5	WSW	−16,2	+2,2	+18,3	s_6	+16,9	s_2	+ 7,0
OzN	+21,1	WzS	−19,2	+0,9	+20,2	s_7	+19,7	s_1	+ 3,9
O	+20,3	W	−21,2	−0,4	+20,8	1	+20,8	0	0,0
OzS	+19,3	WzN	−23,3	−2,0	+21,3	s_7	+20,9	$-s_1$	− 4,2
OSO	+18,1	WNW	−24,0	−3,0	+21,1	s_6	+19,5	$-s_2$	− 8,1
SOzO	+16,5	NWzW	−23,6	−3,6	+20,1	s_5	+16,7	$-s_3$	−11,2
SO	+14,7	NW	−22,0	−3,7	+18,2	s_4	+12,9	$-s_4$	−12,9
SOzS	+12,1	NWzN	−19,0	−3,4	+15,6	s_3	+ 8,7	$-s_5$	−13,0
SSO	+ 9,7	NNW	−14,8	−2,6	+12,3	s_2	+ 4,7	$-s_6$	−11,3
SzO	+ 6,0	NzW	− 9,2	−1,6	+ 7,6	s_1	+ 1,5	$-s_7$	− 7,5
						8)	+173,0		+44,1
						B =	+21,6°		−71,3
								8)	−27,2
								C =	− 3,4°

Ia.	IIa.	IIIa.	IVa.	Va.		VIa.	
Obere Hälfte von III.	Untere Hälfte von III.	$\frac{Ia+IIa}{2}$	$\frac{Ia-IIa}{2}$	Berechnung von D: Multiplikatoren.	IVa mal dem Multiplikat.	Berechnung von E: Multiplikatoren.	IVa mal dem Multiplikat.
0,0	−0,4	−0,2	+0,2	0	0,0	1	+0,2
+1,3	−2,0	−0,4	+1,7	s_2	+0,6	s_6	+1,4
+2,6	−3,0	−0,2	+2,8	s_4	+2,0	s_4	+2,0
+3,3	−3,6	−0,2	+3,4	s_6	+3,1	s_2	+1,3
+3,6	−3,7	0,0	+3,6	1	+3,6	0	0,0
+3,3	−3,4	−0,0	+3,4	s_6	+3,1	$-s_2$	−1,3
+2,2	−2,6	−0,2	+2,4	s_4	+1,7	$-s_4$	−1,7
+0,9	−1,6	−0,4	+1,3	s_2	+0,5	$-s_6$	−1,2
	8)	−1,6°		4)	+14,6		+4,9
	A =	−0,2°		D =	+3,7°		−4,2
						4)	+0,7
						E =	+0,2°

*) Zur Multiplikation bediene man sich der am Ende des Buches abgedruckten Multiplikations-Tabelle, die nach einiger Uebung bequemer und sicherer im Gebrauch ist, als die Koppeltafel.

Nach Tafel III stellt sich die Rechnung wie folgt:

$$\begin{array}{lrl}
 & \delta \text{ für N} & = -\ 3{,}2^0 \\
 & \delta\ „\ \text{O} & = +\ 20{,}3^0 \\
 & \delta\ „\ \text{S} & = +\ 3{,}2^0 \\
 & \delta\ „\ \text{W} & = -\ 21{,}2^0 \\
\hline
 & & +\ 23{,}5^0 \\
 & & -\ 24{,}4^0 \\
\hline
 & 4) & -\ 0{,}9^0 \\
\hline
 & \text{A} & = -\ 0{,}2^0
\end{array}
\qquad
\begin{array}{lrl}
 & \delta \text{ für NO} & = +\ 16{,}8^0 \\
 & \delta\ „\ \text{SW} & = -\ 9{,}7 \\
\text{Umgek.} & \delta\ „\ \text{SO} & = -\ 14{,}7 \\
„ & \delta\ „\ \text{NW} & = +\ 22{,}0 \\
\hline
 & & +\ 38{,}8 \\
 & & -\ 24{,}4 \\
\hline
 & 4) & +\ 14{,}4 \\
\hline
 & \text{D} & = +\ 3{,}6^0
\end{array}$$

$$\begin{array}{lrl}
 & \delta \text{ für O} & = +\ 20{,}3^0 \\
\text{Umgek.} & \delta\ „\ \text{W} & = +\ 21{,}2^0 \\
\hline
 & 2) & +\ 41{,}5^0 \\
\hline
 & \text{B} & = +\ 20{,}8^0 \\
 & & \\
 & \delta \text{ für N} & = -\ 3{,}2^0 \\
\text{Umgek.} & \delta\ „\ \text{S} & = -\ 3{,}2^0 \\
\hline
 & 2) & -\ 6{,}4^0 \\
\hline
 & \text{C} & = -\ 3{,}2^0
\end{array}
\qquad
\begin{array}{lrl}
 & \delta \text{ für N} & = -\ 3{,}2^0 \\
 & \delta\ „\ \text{S} & = +\ 3{,}2 \\
\text{Umgek.} & \delta\ „\ \text{O} & = -\ 20{,}3 \\
„ & \delta\ „\ \text{W} & = +\ 21{,}2 \\
\hline
 & & +\ 24{,}4 \\
 & & -\ 23{,}5 \\
\hline
 & 4) & +\ 0{,}9 \\
\hline
 & \text{E} & = +\ 0{,}2^0.
\end{array}$$

Wir ersehen aus der Vergleichung dieser nach dem abgekürzten Verfahren gefundenen Koefficienten mit den vorhin gefundenen, dass sie etwas von diesen differieren; indessen ist der Unterschied für die Praxis nur unbedeutend und überdies ist die Formel $\delta = A + B \,.\, \sin z + C \cos z + D \sin 2z + E \cos 2z$ immer nur eine Näherungsformel. Die eigentliche, genaue, nur mit Hülfe der höhern Mathematik abzuleitende Formel heisst:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\mathfrak{A} + \mathfrak{B} \sin z_1 + \mathfrak{C} \cos z_1 + \mathfrak{D} \sin 2z_1 + \mathfrak{E} \cos 2z_1}{1 + \mathfrak{B} \cos z_1 - \mathfrak{C} \sin z_1 + \mathfrak{D} \cos 2z_1 - \mathfrak{E} \sin 2z_1} \text{ oder}$$

$$\sin \delta = \mathfrak{A} \cos \delta + \mathfrak{B} \sin z + \mathfrak{C} \cos z + \mathfrak{D} \sin(2z + \delta) + \mathfrak{E} \cos(2z + \delta)$$

worin $\mathfrak{A} = \sin A$ u. s. w.

$$\mathfrak{B} = \sin B \left\{1 + \tfrac{1}{2} \sin D + \tfrac{1}{12} \sin v\, B - \tfrac{1}{4} \sin v\, C\right\} + \tfrac{1}{2} \sin C \sin E$$

$$\mathfrak{C} = \sin C \left\{1 - \tfrac{1}{2} \sin D + \tfrac{1}{12} \sin v\, C - \tfrac{1}{4} \sin v\, B\right\} + \tfrac{1}{2} \sin B \sin E$$

$$\mathfrak{D} = \sin D \left\{1 + \tfrac{1}{3} \sin v\, D\right\}$$

$$\mathfrak{E} = \sin E - \sin A \sin D,$$

z der Kompasskurs und z_1 der magnetische Kurs ist.

Hat man die Deviation eines Kompasses auf den 8 Hauptstrichen N, NO, O, SO, S, SW, W und NW beobachtet, so kann man daraus eine Curve noch nicht construieren. Zur Berechnung der Koefficienten reichen die Beobachtungen jedoch hin. Vorausgesetzt, dass sie einigermassen genau sind, wird man auch einigermassen richtige Koefficienten erhalten und kann daraus wieder die Deviation für alle Striche erhalten, wobei man sich des folgenden Schemas bedienen kann. Zur Multiplikation bediene man sich der am Schlusse des Buches abgedruckten Tabelle.

1.	2.		3.		4.	5.		6.		7.	8.	9.
Kompass-Kurs.	B = +20,8° Factor	Product	C = −3,2° Factor	Produkt	2 + 3 giebt die halbkreis. Deviation	D = +3,6° Factor	Produkt	E = +0,2° Factor	Produkt	5 + 6 giebt die viertelkr. Deviation	A = −0,2° giebt die Constanten-Tafel	4 + 8 giebt die Deviation
N	0	0	1	−3,2	− 3,2	0	0	1	+0,2	+0,2	0,0	− 3,2
NzO	s_1	+ 4,1	s_7	−3,1	+ 1,0	s_2	+1,4	s_6	+0,2	+1,6	+1,4	+ 2,4
NNO	s_2	+ 8,0	s_6	−3,0	+ 5,0	s_4	+2,6	s_4	+0,1	+2,7	+2,5	+ 7,5
NOzN	s_3	+11,6	s_5	−2,7	+ 8,9	s_6	+3,3	s_2	+0,1	+3,4	+3,2	+12,0
NO	s_4	+14,7	s_4	−2,3	+12,4	1	+3,6	0	0	+3,6	+3,4	+15,8
NOzO	s_5	+17,3	s_3	−1,8	+15,5	s_6	+3,3	$-s_2$	−0,1	+3,2	+3,2	+18,5
ONO	s_6	+19,2	s_2	−1,2	+18,0	s_4	+2,6	$-s_4$	−0,1	+2,5	+2,3	+20,3
OzN	s_7	+20,4	s_1	−0,6	+19,6	s_2	+1,4	$-s_6$	−0,2	+1,2	+1,0	+20,6
O	1	+20,8	0	0,0	+20,8	0	0	−1	−0,2	−0,2	−0,4	+20,8
OzS	s_7	+20,4	$-s_1$	+0,6	+21,0	$-s_2$	−1,4	$-s_6$	−0,2	−1,6	−1,8	+20,6
OSO	s_6	+19,2	$-s_2$	+1,2	+20,4	$-s_4$	−2,6	$-s_4$	−0,1	−2,7	−2,9	+17,5
SOzO	s_5	+17,3	$-s_3$	+1,8	+19,1	$-s_6$	−3,3	$-s_2$	−0,1	−3,4	−3,6	+15,5
SO	s_4	+14,7	$-s_4$	+2,3	+17,0	−1	−3,6	0	0,0	−3,6	−3,8	+13,2
SOzS	s_3	+11,6	$-s_5$	+2,7	+14,3	$-s_6$	−3,3	s_2	+0,1	−3,2	−3,4	+10,9
SSO	s_2	+ 8,0	$-s_6$	+3,0	+11,0	$-s_4$	−2,6	s_4	+0,1	−2,5	−2,7	+ 8,3
SzO	s_1	+ 4,1	$-s_7$	+3,1	+ 7,2	$-s_2$	−1,4	s_6	+0,2	−1,2	−1,4	+ 5,8
S					+ 3,2					+0,2	0,0	+ 3,0
SzW		In Spalte 4			− 1,0		In Spalte 7			+1,6	+1,4	+ 0,4
SSW		wieder dieselben			− 5,0		wieder dieselben			+2,7	+2,5	− 2,5
SWzS		Werthe, aber			− 8,9		Werthe			+3,4	+3,2	− 5,7
SW		mit umgekehrten			−12,4		mit denselben			+3,6	+3,4	− 9,0
SWzW		Zeichen.			−15,5		Zeichen.			+3,2	+3,0	−12,5
WSW					−18,0					+2,5	+2,3	−15,7
WzS					−19,6					+1,2	+1,0	−18,6
W					−20,8					−0,2	−0,4	−21,2
WzN					−21,0					−1,6	−1,8	−22,8
WNW					−20,4					−2,7	−2,0	−23,3
NWzW					−19,1					−3,4	−3,6	−22,7
NW					−17,0					−3,6	−3,8	−20,8
NWzN					−14,3					−3,2	−3,4	−17,7
NNW					−11,0					−2,5	−2,7	−13,7
NzW					− 7,2					−1,2	−1,4	− 8,6

Bei der Vergleichung dieser berechneten Deviation mit der ursprünglichen § 40 findet man kleine Unterschiede, die indessen in keinem Falle 1,5° übersteigen. Die Ursache ist Seite 108 schon angegeben. Die Formel wird desto unsicherere Resultate ergeben, je grösser die Koefficienten sind. Gewöhnlich giebt man die Regel: Die Näherungsformel darf nicht mehr angewendet werden, wenn ein Koefficient grösser als 20° ist. (B steht in dieser Grenze). Der Kompass muss dann kompensiert, beziehungsweise umkompensiert werden.*)

Z. B. $\sin 1^0 = 0{,}01745$, setzen wir $\sin 20^0 = 20 \times \sin 1^0$, so ist derselbe $20 \times 0{,}01745 = 0{,}349$, welches eigentlich der sin für 20,4° ist, während $\sin 20^0 = 0{,}342$ ist. Man sieht leicht, dass der Fehler nicht so gross ist, dass man ihn absolut vermeiden müsste.

$\sin 30^0 = 0{,}5$, während $30 \times \sin 1^0 = 30 \times 0{,}1745 = 0{,}5235$ ist, und dies ist der sin für 31,6°. Der Fehler ist also für unsere Zwecke schon zu gross.

IV. Kapitel.

Der Krängungsfehler.

§ 52. Theorie des Krängungsfehlers.

Die Betrachtungen und Ableitungen im vorigen Kapitel beruhten alle auf der mehrere Male ausdrücklich hervorgehobenen Voraussetzung, dass das Schiff gerade liegt. Wenn es gekrängt wird, kommen die Kräfte zum Theil in andere Lagen gegen den Kompass, zum Theil werden sie selbst dazu grösser oder kleiner, je nach der Lage die sie gegen die Richtung der Horizontal- oder Vertikal-Intensität der Erde dann einnehmen. Dass

*) Formulare auf einem Bogen enthaltend Vordruck: 1. zur Niederschrift der Beobachtungen, 2. zwei Steuertabellen, 3. zur Berechnung der Koefficienten aus der Deviation für die 8 Hauptstriche, 4. zur Berechnung der Deviation aus den Koefficienten, 5. zur Anwendung des Krängungsfehlers und 6. zur Berechnung einer neuen Deviation nach Ortsveränderungen, sind von der Verlagshandlung Chr. G. Tienken zu Bremerhaven pr. Stück zu 15 Pfg. zu beziehen.

hierdurch Deviationsänderungen stattfinden werden, dürfte ohne Weiteres klar sein.

Die Kräfte, welche wir im vorigen Kapitel kennen gelernt haben, sind:

P	Q	R
v	v_1	r
a . H . cos z	d . H . cos z	g . H . cos z
e . H . sin z	b . H . sin z	h . H . sin z
cZ	fZ	kZ.

P, v und a . H . cos z liegen in der Horizontalebene und in derselben Längsschiffslinie wie der Kompass, sie bleiben bei einer Krängung in derselben Lage gegen denselben und auch in derselben Lage gegen die Horizontal-Intensität der Erde, deshalb werden sie auch bei einer Krängung immer dieselbe Deviation erzeugen.

Q, v_1, d . H . cos z kommen aus der Horizontalebene des Kompasses und um in dieser Lage ihre Wirkung auf den Kompass kennen zu lernen, müssen wir ihre volle Kraft bei gerader auf die Horizontal-Komponente derselben bei geneigter Lage beschicken, was geschieht, indem wir jene mit dem cos der Neigung multiplicieren. Da Schiffe wohl einmal bei aussergewöhnlichen Fällen eine grosse Krängung erleiden, diese aber beim Segeln selten 15^0 erreicht, für welchen Winkel der Cosinus noch immer so nahe = 1 ist, dass wir den Unterschied vernachlässigen dürfen, können wir sagen, dass die aufgeführten Kräfte bei gerader und gekrängter Lage des Schiffes dieselbe Deviation erzeugen, also ebenfalls am Krängungsfehler keinen Antheil haben. d . H . cos z bleibt bei einer Krängung in derselben Lage gegen die Horizontal-Intensität der Erde und erzeugt auch aus diesem Grunde keine Aenderung der Deviation.

r, b . H . sin z, fZ und h . H . sin z sind bei einem nur einigermassen gut aufgestellten Kompass erfahrungsmässig so klein, dass sie bei dem Krängungsfehler vernachlässigt werden können. Somit bleiben für unsere Betrachtungen:

1. die Vertikal-Komponenten R, kZ und g . H . cos z,
2. die Horizontal-Komponenten e . H . sin z und cZ

und es ist darzuthun, in welcher Weise diese bei geneigter Lage eine andere Deviation erzeugen als bei gerader.

1. Die Kraft R, welche bei gerader Lage vertikal nach unten wirkt, thut dies bei geneigtem Schiffe nicht mehr. Ist die Neigung i Grade, so wird die Richtung der Kraft R = o n in Figur 36 oder 37 einen Winkel = i Grade mit der durch den Kompass gehenden Vertikallinie bilden = ∢ ron = ∢ qno. Wir haben o n in 2 Seitenkräfte zu zerlegen, von denen die Vertikalkomponente or den Kompass nicht beeinflusst, die andere oq aber eine Aenderung der Deviation hervorruft. oq = o n $\times$ sin i = R . sin i, und da dies eine Queerschiffs-Komponente ist, die nach der Voraussetzung § 43 von einem blauen Pol herrührt, so wird sie nach der eben daselbst durchgeführten Ableitung wie Q

$$\delta_1 = \frac{R \sin i \times \cos z}{\lambda H} \text{ erzeugen.} \qquad 1)$$

2. Durch die Neigung des Schiffes erhält kZ die Lage o n Figur 36 und damit wieder die Horizontalkomponente oq = k . Z . sin i (in unsern Breiten blau). Die dadurch verursachte Deviation wird

$$\delta_2 = \frac{kZ \,.\, \sin i \,.\, \cos z}{\lambda H} = \frac{k}{\lambda} \operatorname{tg} \text{Incl.} \cos z. \qquad 2)$$

3. Die Kraft g . H . cos z ist eine Komponente, die durch eine Krängung nicht in eine andere Lage gegen die Horizontal-Intensität der Erde kommt; deshalb bleibt ihre Kraft dieselbe, nur kommt sie aus der Vertikallinie seitwärts zu liegen. Ihre Horizontal-Komponente wird = oq = on $\times$ sin i = g . H . cos z . sin i nach Queerschiffs und damit die Deviations-Aenderung (gerade wie d § 47)

$$\delta_3 = \frac{g \,.\, H \,.\, \sin i \,.\, \cos z}{\lambda H} \times \cos z = \frac{g}{\lambda} \sin i \,.\, \cos^2 z. \quad 3)$$

4. Von der Längsschiffs-Komponente c Z bleibt der in § 45 angenommene blaue Pol horizontal in derselben Richtung vom Kompass, wenn das Schiff gekrängt wird; allein der rothe Pol, welcher bei gerader Lage des Schiffes vertikal darunter, also ebenfalls in der Längsschiffsrichtung zu denken ist, verschiebt sich bei einer Krängung nach Bb Figur 36 nach der Stbseite hin, wodurch eine horizontal, queerschiffs liegende Komponente

entsteht $= \frac{c}{\lambda}$ sin i, genau wie b bei gerader Schiffslage (§ 47). Diese Komponente verursacht genau wie dort b hier einen Krängungsfehler

$$\delta_4 = -\frac{cH \,.\, \sin i \,.\, \sin z^2}{\lambda H} = -\frac{c}{\lambda} . \sin i . \sin z^2. \quad 4)$$

5. Die queerschiffs in der Horizontalebene des Kompasses liegende Komponente e . H . sin z kommt bei einer Krängung aus dieser Ebene heraus und unter den Einfluss der Vertikal-Intensität, die ihr eine Kraft $=$ Z . sin i induciert. Ihre Kraft wird demnach in geneigter Lage $= -$ e . Z $\times$ sin i anders als bei gerader Lage sein. Als Queerschiffs-Komponente verursacht sie einen Krängungsfehler:

$$\delta_5 = -\frac{e . Z . \sin i . \cos z}{\lambda H} = -\frac{e}{\lambda} \operatorname{tg} \mathrm{Incl} . \sin i . \cos z. \quad 5)$$

Wir haben gefunden:

1. $\delta_1 = \frac{R}{\lambda H} \times \cos z \,.\, \sin i$
2. $\delta_2 = \frac{k}{\lambda} \operatorname{tg} \mathrm{Incl} \,.\, \cos z \,.\, \sin i$
5. $\delta_5 = -\frac{e}{\lambda} \operatorname{tg} \mathrm{Incl} \,.\, \cos z \,.\, \sin i$
3. $\delta_3 = \frac{g}{\lambda} \cos^2 z \,.\, \sin i$
4. $\delta_4 = -\frac{c}{\lambda} \sin^2 z \,.\, \sin i.$

$$\text{I. } \delta_1 + \delta_2 + \delta_5 + \delta_3 + \delta_4 = \delta k =$$

$$\frac{\sin i}{\lambda} \cdot \left\{ \frac{R}{H} + (k - e) \operatorname{tg} J \right\} \cos z + g \,.\, \cos z^2 - c \,.\, \sin z^2.$$

In der Praxis lässt man die Glieder g . cos z^2 — c . sin z^2 gewöhnlich weg; sie sind hier auch nur angeführt, um später kleine Abweichungen, die sich in den Beobachtungen zeigen können, zu erklären. Gleichung I wird dann:

$$\text{II. Krängungsfehler} = \delta k = \frac{\sin i}{\lambda} \left\{ \frac{R}{H} + (k - e) \operatorname{tg} J \right\} \cos z.$$

Die längere Zeit andauernde Krängung, mit welcher eine erhebliche Distanz zurückgelegt werden könnte, wird wohl selten 15^0 betragen, ausserdem ist die Krängung niemals gleichmässig, vielmehr wird das Schiff stets mehr oder weniger rollen, weshalb man aus einer Anzahl auf einander folgenden Krängungen das Mittel nimmt, welches doch immer nur eine Annäherung an die mittlere Krängung sein wird. Somit kann es hier auf grosse Genauigkeit nicht ankommen. Der nat. sin für $1^0 = 0{,}0174$, mult. man diesen mit 15, so erhält man 0,261, während der nat. sin für $15^0 = 0{,}259$ ist. Man kann also getrost $\sin i^0 = i \times \sin 1^0$ setzen, womit man erhält

$$\text{III.}\quad \delta k = \frac{i \times \sin 1^0}{\lambda} \left\{ \frac{R}{H} + (k - e) \operatorname{tg} J \right\} \cos z.$$

Auf Nord oder Süd ist $\cos z = +1$ oder -1, womit ohne Rücksicht auf die Vorzeichen wird

$$\text{IV.}\quad \delta k = \frac{i \times \sin 1^0}{\lambda} \left\{ \frac{R}{H} + (k - e) \operatorname{tg} J \right\}$$

Zur bequemern Uebersicht berechnet man sich den Krängungsfehler auf N oder S für 1^0 Krängung, indem man beide Seiten der Gleichung durch i dividiert

$$\text{V.}\quad \frac{\delta k}{i} = \frac{\sin 1^0}{\lambda} \left\{ \frac{R}{H} + (k - e) \operatorname{tg} J \right\}$$ und nennt diese Grösse K oder den Krängungs-Koefficienten.

Der Krängungs-Koefficient ist demnach der Betrag des Krängungsfehlers auf N- oder S-Kurs für 1^0 Krängung. In Zeichen

$$\text{VI.}\quad K = \frac{\delta k}{i} = \frac{\sin 1^0}{\lambda} \left\{ \frac{R}{H} + (k - e) \operatorname{tg} J \right\}$$

Setzt man diesen Werth in Gl. III, so erhält man

$$\text{VII.}\quad \delta k = i \times K \times \cos z.$$

Der Krängungsfehler wächst und nimmt ab auf demselben Kurse im Verhältniss der Krängung.

Die Gesammt δ ist demnach $=$

$A + B \sin z + C \cos z + D \sin 2z + E \cos 2z + i \,.\, K \,.\, \cos z$

oder $\delta = A + B \sin z + (C + i \,.\, K) \cos z + D \sin 2z + E \cos 2z$

oder $\delta = B \sin z + (C + i \,.\, K) \cos z +$ konstante Deviation.

§ 53. Vom Krängungs-Koefficienten und vom Krängungsfehler.

Wird das Nordende der Kompassnadeln nach der Lufseite angezogen, wie in der vorstehenden Ableitung angenommen wurde, so nennt man K positiv, wird es nach der Leeseite angezogen, so nennt man K negativ.

Rührt die Vertikal-Komponente R von einem blauen Hauptpol des festen Magnetismus her, der in der Nähe des Kompasses tiefer als dieser liegt, hat demnach, so zu sagen, R blauen Magnetismus, so wird K positiv, in umgekehrtem Falle negativ.

Da stets beide Pole im Schiffe vorhanden sind, kann ein Kompass an einer Stelle ein positives K, an einer andern im selben Schiffe ein negatives K haben, welches von permanentem Magnetismus herrührt.

Steht ein Kompass auf dem Oberdeck, so befindet sich k stets unter demselben und hat in unserer Breite stets ein positives K zur Folge.

Kompasse, die in einem eisernen Ruderhause, mitunter auch noch recht dicht an der Vorderwand in annähernd halber Höhe derselben aufgestellt sind, befinden sich unter der Einwirkung eines — k und haben ein daraus entspringendes — K.

+ e kommt nur bei solchen Kompassen vor, die über einem Luk oder in einem Skylight aufgestellt sind; meistens sind es — e Kräfte in queerübergehenden Deckbalken u. s. w., die in Betracht kommen. Da e negativ zu nehmen, ergiebt — e ein + K.

Da es sehr schwierig ist, sich aus der Gleichung III für einen Krängungsfehler das richtige Vorzeichen zu kalkulieren, sieht man gänzlich davon ab und überlegt und rechnet in folgender Weise:

Die erste Frage ist: Wird Kompassnord nach der Luf- oder nach der Leeseite gezogen, wenn das Schiff N anliegt.

Wird Kompassnord nach der Lufseite gezogen, so giebt eine Krängung nach Stb — K, nach Bb + K.

Wird Kompassnord nach Lee gezogen, so giebt eine Krängung nach Stb + K, nach Bb — K.

Zweitens wird $i \times K$ mit dem cos des Kurses multipliciert und es fragt sich, welches Vorzeichen hat cos z? Im nördlichen Halbkreise (1. und 4. Quadrant) +, im südlichen Halbkreise (2. und 3. Quadrant) minus.

Drittens: Aus der Multiplikation der Vorzeichen von K und cos z folgt leicht das von δk, nämlich des Krängungsfehlers.

Da cos z auf N und S am grössten ist, muss der Krängungsfehler auf diesen Kursen am grössten sein. Für O und W ist der cos z = o, also ist der Krängungsfehler auf diesen Kursen = o.

Zu bedenken ist hierbei, dass $\frac{c}{\lambda}$ sin ^{2}z sin i, Gl. I = o gesetzt, gerade auf O und W den grössten Werth hat. Bei solchen Kompassen, die unmittelbar vor oder hinter einem eisernen Schott stehen, kann dieser Theil mitunter ziemlich erheblich sein. Da wir jedoch denselben in unsern Betrachtungen vernachlässigen wollen, darf ein solcher Platz für den Regelkompass nicht gewählt werden.

Aufgabe 1. Der Krängungs-Koefficient = $0{,}8^0$ nach lufwärts; das Schiff steuert pr. Komp. SO und liegt 10^0 nach Bb. Wie gross ist der Krängungsfehler auf diesem Kurse und wie gross ist die Krängungs-Deviation, wenn auf SO bei gerader Lage — 4^0 Deviation vorhanden ist?

Lösung: Nordkurs giebt bei Krängung nach Bb + $0{,}8^0$, dies mal 10 = + 8,0 = i K. Dies mal cos 12 Str. = — s_4 giebt — $5{,}6^0$

also δk = — $5{,}6^0$.
Bei gerader Lage ist δ = — 4^0

Krängungs-Deviation = — $9{,}6^0$.

Aufgabe 2. Das Schiff steuert am Komp. SWzS bei 8^0 Krängung nach Stb; K = $1{,}1^0$ nach lufwärts. ? δk.

Nordkurs giebt bei Krängung nach Stb — $1{,}1^0$ da nach lufwärts, — $1{,}1^0 \times 8$ = — $8{,}8^0$ = i K. Dies mal cos SWzS = cos 19 Str. = — s_5 giebt + $7{,}3^0$ = Krängungsfehler = δk.

Aufgaben:

Nr.	Kompass-kurs	Krängung nach	Krängung Anzahl Grade	K und zwar nach
1.	ONO	Stb	7^0	$0{,}8^0$ nach Luf
2.	$NW^1/_2W$	Bb	9^0	1^0 nach Luf
3.	SOzO	Bb	6^0	$0{,}7^0$ nach Lee
4.	SWzW	Bb	8^0	$1{,}1^0$ nach Lee
5.	SOzS	Stb	11^0	$0{,}7^0$ nach Luf
6.	NNO	Bb	5^0	$1{,}2^0$ nach Lee
7.	SSW	Stb	7^0	$1{,}4^0$ nach Luf

Ist der Krängungsfehler unbekannt oder wird er nicht beachtet, so kommt ein Schiff bei nördlichen Kursen stets lufwärts, bei südlichen Kursen leewärts von seinem Besteck, wenn das Nordende der Kompassnadeln nach lufwärts gezogen wird.

Wird das Nordende der Kompassnadeln nach leewärts gezogen, so kommt das Schiff auf nördlichen Kursen nach Lee, auf südlichen Kursen lufwärts von seinem Besteck. Den Beweis wird sich jeder leicht führen können.

Umgekehrt kann man aus solchen Thatsachen auf das Vorhandensein eines Krängungsfehlers schliessen und man wird wohlthun, den Kompass dafür kompensieren zu lassen resp. die Kompensation zu korrigieren.

Für den praktischen Gebrauch wird die am Schlusse des Buches abgedruckte Tabelle des Krängungsfehlers für 1^0 Krängung gute Dienste leisten können. Die in der Horizontalreihe für einen Krängungs-Koefficienten unter einem Kurse, den man anliegt, stehende Zahl ist mit der Anzahl Grade der Krängung zu multiplicieren, um den Krängungsfehler zu erhalten.

Geht das Nordende der Kompassnadeln nach Luf, so ist

a. bei einer Krängung nach Bb
auf nördlichen Kursen der Krängungsfehler + oder O,
„ südlichen „ „ „ — „ W,

b. bei einer Krängung nach Stb
auf nördlichen Kursen der Krängungsfehler — oder W,
„ südlichen „ „ „ + „ O.

Geht das Nordende der Nadeln nach Lee, so ist es natürlich umgekehrt.

§ 54. Bestimmung des Krängungs-Koefficienten im Hafen.

Zur wissenschaftlichen Bestimmung des Krängungs-Koefficienten bedarf man der Grösse μ (sprich Mü) nämlich der mittleren Intensität, mit welcher die magnetischen Kräfte des Schiffes und der Erde (Z) vertikal nach unten am Orte des Kompasses auf denselben wirken, $Z = 1$ gesetzt. Da zur Bestimmung von μ Instrumente erforderlich sind, die auf Kauffahrtheischiffen nicht vorhanden sind, liegt die Berechnung von K ausserhalb des Rahmens dieses Buches und muss auf andere Werke verwiesen werden.

Es fragt sich also, wie kann der Schiffer selbst K bestimmen.

1. Es kommt durchaus nicht so selten vor, dass ein Schiff während des Ladens oder Löschens in einem Hafen N oder S oder doch nahe so anliegt. Z. B.: in Geestemünde läuft der Hafen $N^1/_4W = S^1/_4O$. Bei gerader Lage zeigt ein Kompass N 7° O; bei 5° Krängung nach Stb N 1° O, bei 4° Krängung nach Bb N 11° O. Das Nordende der Nadel geht also nach leewärts, denn das erste Mal war $\delta k = + 6^0$, das andere Mal $- 4^0$. Der Unterschied demnach 10^0 für $5^0 + 4^0 = 9^0$ Krängungs-Differenz, K also $10^0 : 9 = 1{,}1^0$.

2. Ein anderes Schiff liege bei gerader Lage S 3° W nach dem Regelkompass an, bei 5° Krängung nach Stb zeige er S 6° W, bei 7° Krängung nach Bb S 1° Ost. Im ersten Falle ist $\delta k = - 3^0$, im letzten Falle $+ 4^0$, das Südende der Kompassnadeln geht nach lufwärts, folglich das Nordende leewärts. $\delta k - \delta k = 7^0$. Die Differenz der Krängungen ist 12^0. $K = 7^0 : 12 = 0{,}6^0$.

3. Die Häfen in Bremerhaven laufen S 15° O und N 15° W oder nahe $NzW^1/_2W$ und $SzO^1/_2O$. In gerader Lage zeige ein Kompass N 18° W; bei 6° Krängung nach Bb N 23° W, bei 5° Krängung nach Stb N 14° W. Im ersten Falle ist $\delta k = + 5^0$, im letzten $- 4^0$, das Kompassnord geht nach lufwärts. $\delta k - \delta k_1 = 9^0$. Da nun

$$i \,.\, K \cos z = \delta k, \quad \text{so ist } K = \frac{\delta k \times \sec z}{i}$$

$$9^0 \times \sec 18^0 = 9{,}1^0 : 11 = 0{,}8^0 = K.$$

Nimm 18° als Kurs und suche 9 unter Breitenunterschied, dann steht das Produkt in der Distanzspalte.

4. Der Kurs am Regelkompass sei bei gerader Lage S34°W, bei 5° Krängung nach Stb S29°W, bei 6° nach Bb S40°W. Im ersten Falle ist $\delta k = +5^0$, im letzten -6^0. Da nun $K = \frac{\delta k \times \sec z}{i}$, so ist $5 + 6^0 = 11^0$ zunächst mit cos SWzS = cos 19 Str. = — sin 5 Str. zu dividieren oder mit sec SWzS zu mult. Suche zu dem Ende unter s_5 in der angehängten Multiplikationstabelle 11°, so findet man unter $s_8 = 13{,}2^0$, dies durch $i = 11^0$ dividiert, giebt $K = 1{,}2^0$ und zwar nach lufwärts.

5. Kurse zwischen NO und SO, SW und NW sind hierzu nicht zu gebrauchen, weil die unvermeidlichen Beobachtungsfehler mit einer grossen Sekante multipliciert ein zu fehlerhaftes Resultat ergeben.

6. Während man so beim Löschen oder Laden das Schiff leicht nach der einen und nach der andern Seite krängen kann, indem man die Güter einfach von der betreffenden Seite wegnimmt oder sie nach derselben hinstaut, muss man natürlich sorgfältig darauf achten, dass es seine Richtung nicht ändert. Dass man dies dadurch zu constatieren hat, dass man sich ein möglichst entferntes Object in der Richtung der Masten merkt und das Schiff nöthigenfalls zurecht holen muss, wenn die Ablesungen am Kompass und am Klinometer gemacht werden, versteht sich von selbst.

Befinden sich Gas- und Wasserröhren, eiserne Krähne und dergleichen neben dem Schiffe oder andere Schiffe vor und hinter demselben, so ist ihre Einwirkung auf den Krängungsfehler nahe gleich Null, weil sie bei jeder Krängung und bei gerader Lage dieselbe Deviation erzeugen.

Liegt jedoch ein anderes eisernes Schiff längsseite des eignen, so wird das Resultat der Beobachtungen, wie oben ausgeführt, kein Zutrauen verdienen.

7. Während sich der von R, k und e herrührende Krängungsfehler bei Kursänderungen wie der cos des Kurses ändert, ändert sich der von g herrührende wie $\cos^2 z$. Da ein Quadrat stets positiv ist, wird dieser Theil des Krängungsfehlers für dieselbe Schlagseite stets dasselbe Vorzeichen haben, einerlei, ob das Schiff nördlich oder südlich anliegt. Deshalb muss ein in vorstehend bezeich-

neter Weise auf nördlichem Kurse beobachtetes K von einem solchen, welches am selben Orte auf südlichem Kurse gefunden ist, abweichen. Da g und das davon herrührende K stets nur klein ist, wenn der Kompass nicht etwa ganz am Ende des Schiffes aufgestellt ist, kann die Ausserachtlassung nicht gefährlich werden und ist dieses Koefficienten hier nur Erwähnung geschehen, um etwanige Differenzen zu erklären.

8. Wie der Krängungsfehler die Ursache sein kann, dass eine Kompassrose bei schlingerndem Schiffe unruhig wird oder läuft, ist bereits § 28,2 besprochen, deshalb sei hier darauf verwiesen. Dass dies hauptsächlich auf N- und S-Kurs der Fall sein wird, folgt aus allem Vorhergegangenen.

9. Auf einem Kurse nahe O oder W pr. Kompass kann man K mittels Thomson's Vertikalkraft-Instrument bestimmen, indessen genaue Resultate giebt dasselbe nur, wenn das Schiff genau magnetisch O oder W anliegt. Zu dem Ende entferne den Kompass und halte das Instrument so, dass 1. dessen Nadel möglichst genau die Stelle der Rosenmagnete einnimmt, 2. dieselbe richtig orientiert ist, d. h. ihr Nord nach Kompassnord zeigt und 3. die Libelle richtig einspielt. Bei einiger Uebung ist dies leicht zu erreichen.

Die zur Ruhe gekommene Nadel zeige z. B. auf 0,8. Da die horizontale Lage 1,5 ist, beträgt K 0,7°. Vergl. § 35. Beträgt ein Theilstrich nicht gerade 0,1°, so ist die erhaltene Grösse natürlich zu beschicken. Wie viel ein Theilstrich ist, muss man durch Schwingungen mit einer Inclinationsnadel ermitteln.

Je nachdem das Nord- oder Südende der Nadel nach unten gezogen wird, weiss man sofort, ob ein blauer oder rother Pol unter dem Kompass liegt — ob R blau oder roth — und ob demgemäss K positiv oder negativ ist.

Genau genommen sollte das so ermittelte K noch durch λ dividiert werden, da indessen in neuerer Zeit die Hauptkompasse für D kompensiert zu sein pflegen und λ dann nahe = 1 sein dürfte, kann man diese Division vernachlässigen.

10. Dass man in der vorstehend beschriebenen Weise untersuchen kann, ob K richtig kompensiert ist, beziehungs-

weise die Kompensation kontrolieren kann, braucht wohl kaum erwähnt zu werden.

11. Die Bestimmung eines neuen Krängungs-Koefficienten im Laufe der Reise wird in § 61 bei den Aenderungen der Deviation besprochen werden.

§ 55. Aenderung der Deviation bei Aenderung in der Gleichlastigkeit des Schiffes.

Obgleich die Schwankungen des Schiffes in der Längsrichtung lange nicht den Betrag derjenigen in der Queerrichtung erreichen, kann man den Einfluss der ersteren doch nicht gleich Null setzen. In schwerem Seegange wird die Abweichung von der Gleichlastigkeit auf kleinen Schiffen immerhin 10^0 und mehr betragen können, auf grössern vielleicht etwas weniger. Dass diese Abweichungen beziehungsweise die dadurch bedingte Aenderung der Deviation nicht in Rechnung gezogen wird, liegt einfach daran, dass ein Schiff solche Abweichungen von seiner normalen Lage nie längere Zeit einhält, vielmehr von dieser stets nahe gleichviel nach oben und nach unten abweicht, wodurch die Deviationsänderung sich sehr nahe ausgleicht.

Anders wird die Sache, wenn ein Dampfer das eine Mal 4—6 Fuss hinterlastig, das andre Mal 1—2 Fuss vorlastig aus dem Hafen geht. Dass damit eine Aenderung der Deviation verbunden ist, wissen die Schiffer ganz genau, besonders dass dies für östliche und westliche Kurse am auffallendsten ist. Bezeichnet i_1 die Abweichung des Schiffes von seiner Gleichlastigkeit, so erhalten R, k und a genau solche Längsschiffs-Komponenten, wie R, k und e bei einer Krängung Queerschiffs-Komponenten erhalten. Die Deviations-Aenderung wird demnach

$$\delta s = \frac{\sin i_1}{\lambda} \left\{\frac{R}{H} + (k—a) \text{ tg } J\right\} \sin z.$$

Setzen wir wieder $\frac{\sin i_1}{\lambda}\left\{\frac{R}{H} + (k—a) \text{ tg } J\right\}$ für einen Grad Abweichung auf O- oder W-Kurs = Ks, so wird $\delta s = i_1 \times Ks . \sin z$, d. h. die Stampf-Deviation ändert sich wie der Sinus des Kompasskurses und ist bei Ost- und West-Kurs am grössten.

Dass bei starkem Stampfen der Kompass auf Grund dieses Fehlers besonders bei Kursen nahe O oder W unruhig werden kann, braucht wohl nicht noch des Nähern begründet zu werden.

V. Kapitel.

Aenderungen in der Deviation.

§ 56. Verhalten der Koefficienten A, D und E im Laufe der Zeit und bei Ortsveränderungen.

Nach § 47 sind die Koefficienten A, D und E von der Horizontal-Induction des flüchtigen Magnetismus im Schiffskörper abhängig.

$$A = \frac{\frac{1}{2}(d-b)}{\lambda}$$

$$E = \frac{\frac{1}{2}(d+b)}{\lambda}$$

$$D = \frac{\frac{1}{2}(a-e)}{\lambda}.$$

Da a, b, d und e lediglich von der Inductionsfähigkeit des Eisens abhängig sind, so fragt es sich bei diesen Koefficienten einfach darum, ob jene sich im Laufe der Zeit oder unter andern Umständen ändert. Die Erfahrung zeigt freilich, dass die Inductionsfähigkeit im Laufe der Zeit gewöhnlich etwas abnimmt, allein der Betrag ist so geringfügig, dass man ihn für die Praxis dreist vernachlässigen kann.

Wärme und Kälte haben ohne Zweifel auch Einfluss darauf, allein auch dieser Betrag ist so gering, dass man ihn ebenfalls gleich Null setzen darf.

Die Intensität des Erdmagnetismus kommt in obigen 3 Gleichungen nicht vor, weder φ, Z noch H, noch ihre Aenderungen. Dieselben sind daher ohne Einfluss auf die Grössen A, D und E.

Denjenigen, welchen dies etwas unbegreiflich erscheint, dürfte folgende Ueberlegung einleuchten. A, D und E rühren her von flüchtigem Magnetismus in horizontalem, weichem Eisen, induciert von der Horizontal-Komponente der magnetischen Kraft der Erde = H. Dieselbe Kraft hält aber auch die horizontal schwebende Magnetnadel in ihrer Nordsüdrichtung. Wird die Kraft des flüchtigen Magnetismus in horizontalem, weichem Eisen grösser oder kleiner, weil H so ändert, so werden die Kompassnadeln durch eine um genau so viel grössere oder kleinere Kraft in ihrer Richtung gehalten und die entstehende Deviation ist immer dieselbe.

A, D und E ändern sich demnach weder mit der Zeit noch mit dem Orte, deshalb haben wir in § 51 Seite 109 den Betrag der Deviation, welcher von diesen Koefficienten herrührt, mit vollem Recht in eine Spalte vereinigt, die mit Konstanten-Tafel bezeichnet ist.

A kann ausser durch Horizontal-Induction in weichem Eisen entstehen:

1. durch Fehler im Bau des Kompasses,
2. durch fehlerhafte Aufstellung desselben,
3. durch Anwendung einer fehlerhaften Peilung beim Schwajen im Hafen,
4. durch Anwendung einer fehlerhaften Missweisung beim Schwajen in See.

Solch ein nur scheinbares A wird natürlich jedesmal einen andern Werth erhalten, wenn die Ursache aufhört oder eine andere wird.

Bei einem Pfahlkompasse hat Verfasser eine Aenderung des Koefficienten von $+ 1^0$ bis $+ 5{,}5^0$ gefunden, weil der Pfahl, je nachdem er gerade recht ausgetrocknet oder recht nass war, sich rechts oder links drehte, wie man dasselbe bei Masten und Stengen garnicht so selten an der Stellung der Sahlinge sieht.

§ 57. Aenderungen im festen Magnetismus bei neuen Schiffen.

Angenommen auf einem neuen Schiffe sei kurz vor Antritt der Reise die Deviation bestimmt, sollte dieselbe wohl lange so bleiben? Die Antwort ist im allgemeinen entschieden: „Nein, nicht einen Tag“. In § 42 ist gezeigt worden, wie der Baukurs die Vertheilung des festen Magnetismus im Schiffe bedingt, hier müssen wir hinzu-setzen: Eine durchaus nicht unbeträchtliche Menge Magnetismus, welche beim Bau aufgenommen wurde, ist nicht ganz fest oder permanent, deshalb wollen wir ihn subpermanent nennen. Derselbe verliert sich im Laufe der Zeit wieder, wodurch P, Q und R an Kraft und demgemäss an Grösse der Wirkung abnehmen müssen. Die Zeitdauer dieses Vorganges ist je nach dem zum Schiffbau verwendeten Eisen und nach der Stärke der Erschütterungen, denen das Schiff regelmässig ausgesetzt ist, verschieden. P und Q (auch R) können in einigen Schiffen schon nach einem halben Jahre, in andern erst nach $1^1/_2$ Jahren als konstant gelten, im Mittel nimmt man ein Jahr an.

Sehen wir uns die Verhältnisse an, unter denen Schiffe vor und nach dem Ablauf fertig gebaut werden, so sehen wir bald, dass die Lage des Helgens durch die vorhandenen Umstände bedingt ist. Während das Schiff auf dem Helgen steht, ist an seinem Azimuth beziehungsweise an der Vertheilung des festen Magnetismus im Schiffe und des ihn begleitenden subpermanenten nichts zu ändern. Legt man das Schiff indessen nach dem Ablauf zum weitern Ausbau in umgekehrter Lage vor den Helgen, so werden die noch anzubringenden Eisenmassen dieser Lage entsprechend Magnetismus aufnehmen.

Der in dieser Lage aufgenommene feste und subpermanente Magnetismus liegt dem in der ersten Lage aufgenommenen gerade oder nahe entgegengesetzt, dieselben müssen sich also zum Theil aufheben und nicht allein P und Q bleiben in mässigen Grenzen, sondern auch die im Laufe des ersten Jahres eintretenden Aenderungen. Ausserdem wird sich ein grosser Theil des auf dem Helgen inducierten subpermanenten Magnetismus schon beim Ausbau verlieren. Dass dem Schiffer die Führung des Schiffes damit unendlich erleichtert wird, ist leicht einzusehen.

Wird das Schiff nach dem Ablauf auf demselben oder auf nahe demselben Kurse hingelegt, wie es auf dem Helgen stand, so wird aller fester und aller subpermanenter Magnetismus gleichartig gelagert und vertheilt werden. P und Q überschreiten gar leicht handliche Werthe und die Masse des in der ersten Zeit verschwindenden, subpermanenten Magnetismus und damit die Deviationsänderung wird so gross, dass die Führung eines solchen Schiffes eine wahre Marter für den Schiffer ist. Hat man es doch schon erlebt, dass auf einem solchen Schiffe die Deviation sich im Laufe eines Tages um beinahe einen vollen Strich geändert hat. Wie kann der Schiffer dabei Besteck halten?! Ihr Bau-Inspectoren und Schiffer sorgt dafür, dass das Schiff während des Ausbaues, so weit es möglich ist, in einer Richtung hingelegt wird, die der auf dem Helgen entgegengesetzt ist. Das Risiko des Versicherers eines solchen Schiffes, bei dem dies nicht geschehen, ist viel grösser, deshalb wäre zu wünschen, dass die Agenten der Versicherer dies strengstens verlangen oder ihre Auftraggeber veranlassen, höhere Prämien zu verlangen.

Da dieser subpermanente Magnetismus beim Schwajen vollständig den Character des festen hat, wird er mit diesem lediglich durch P, Q (und R) ausgedrückt werden. Das Verschwinden des subpermanenten Magnetismus muss demnach eine Aenderung der Konstanten P, Q (und R) und damit eine Aenderung der Koefficienten B, C (und K) zur Folge haben, indem diese gewöhnlich kleiner werden.

Eiserne Schiffe sind dann und wann im Innern von dem im Laufe der Jahre angesetzten Rost zu reinigen. Dies geschieht durch mässig starkes Klopfen, wodurch eine nicht unbeträchtliche Menge subpermanenten und halbfesten Magnetismus in das Schiff kommt, dessen Vertheilung gerade wie bei einem Neubau von der Lage des Schiffes gegen den magnetischen Meridian abhängig ist. Dieser Magnetismus pflegt bald wieder zu verschwinden, nachdem das Schiff in Fahrt gestellt ist und kann hierdurch dem Schiffer mehr als genug schwere Stunden bereiten; ja nicht selten sind Unglücksfälle auf Aenderungen in der Deviation zurückzuführen. Das Verhalten der Deviation in solchen, umgebauten resp. ausgeklopften Schiffen ist demnach genau derselben Art, wie in völlig neuen Schiffen.

Auf einem hiesigen Lloyd-Dampfer, der auf magn. S15°O umgebaut und dabei völlig ausgeklopft war, schätzte Verfasser bei der Kompassregulierung für diesen subpermanenten Magnetismus ein + B von 6—7° an dem auf einem Oberlicht des Achterdecks placierten Regelkompass und gab danach die Verhaltungsmassregeln für die nächste

Zeit. Es zeigte sich indessen, dass der Betrag noch unterschätzt war, denn derselbe betrug nahe einen ganzen Strich. Die Folge war im Anfang der Reise auf westlichen Kursen eine schnelle Abnahme der übrig gelassenen westlichen Deviation und Uebergang derselben in östliche.

Hätte der Umbau resp. das Ausklopfen auf magn. W stattgefunden, so wäre die Deviation auf einer Reise nach den vereinigten Staaten nahezu dieselbe geblieben und die Aenderung wäre erst auf der Rückreise eingetreten. So lange nämlich das Schiff nahe denselben magnetischen Kurs anliegt, auf dem der fragliche Magnetismus aufgenommen ist, kann dieser nicht verschwinden; dieses geschieht erst, wenn einige Zeit hindurch bedeutend davon abweichende Kurse gesteuert worden sind.

Ist z. B. ein Dampfer auf magn. SW-Kurs gebaut resp. ausgeklopft, so wird die Deviation auf einer Reise, sagen wir, von Liverpool nach der Westküste Amerikas, zunächst bis Kap Horn nicht viel mehr ändern, als die weiter unten zu besprechende Theorie es verlangt, weil der Kurs immer nahe SW ist. Nachdem Kap Horn passiert ist, schlägt er einen nördlichen Kurs ein und nun wird erst die Hauptänderung in der Deviation erfolgen, weil der nicht feste Magnetismus ziemlich rasch verschwindet.

Damit der Kompass-Adjusteur solche Aenderungen bei der Regulierung der Kompasse in Betracht ziehen und auf die wahrscheinlich bevorstehenden aufmerksam machen kann, ist es unumgänglich nothwendig, dass er den magnetischen Kurs kennt, auf dem das Schiff gebaut resp. eingehend repariert ist. Es liegt somit im eigensten Interesse der Schiffer, dass sie denselben einigermassen genau bestimmen und notieren, wenngleich es hierbei auf einen oder zwei Grade nicht ankommt.

§ 58. Aenderungen der Koefficienten B und C bei Breitenänderungen.

1. Aenderungen der Theile von B und C, die von festem Magnetismus herrühren. Nach § 49 ist $B = \frac{P}{\lambda H} \dots$ und $C = \frac{Q}{\lambda H} \dots$, worin P und Q die

von dem festen Magnetismus herrührenden Konstanten sind. Nachdem mit der Zeit der feste Magnetismus seines Begleiters, nämlich des subpermanenten Magnetismus, entledigt ist, bleibt er, wie die Erfahrung lehrt, so nahe konstant, dass er seinen Namen mit Recht führt, so lange nicht neue Eisentheile besonders in der Nähe des Kompasses in den Bau eingefügt werden. Ist aber der Magnetismus fest, sowohl in seiner Vertheilung als auch in seiner Kraft, so sind es auch die Grössen P und Q (auch R). Da nun λ nach § 50 ebenfalls konstant ist, so hängt die Veränderung in $\frac{P}{\lambda H}$ und $\frac{Q}{\lambda H}$ allein von H ab. Wächst H, so wird der Werth der Brüche kleiner, nimmt H ab, so wird ihr Werth grösser, deshalb können wir sagen: Die von festem Magnetismus herrührenden Theile in B und C (auch in R) = B_1 und C_1 wachsen und nehmen ab umgekehrt wie die Horizontal-Intensität der Erde.

H nimmt zu in der Richtung nach dem magnetischen Aequator, folglich müssen B_1 und C_1 bei Reisen in solcher Richtung abnehmen und bei Reisen in der Richtung nach den magnetischen Polen müssen B_1 und C_1 zunehmen. Da H stets das Vorzeichen + hat, kann eine Aenderung der Vorzeichen von B_1 und C_1 nicht vorkommen.

In Bremerhaven-Geestemünde sei $B_1 = \frac{P}{\lambda H}$ für den Kompass § 51 Seite 107 = $+ 30{,}6^0$ gefunden, wie gross wird B_1 in 5^0 N. Br. und 30^0 W. Lg. sein? Nach den Karten der magnetischen Elemente nach Gausschen Einheiten, herausgegeben von der deutschen Seewarte, Abth. II, ist H in Bremerhaven = 1,8, in 5^0 N und 30^0 W = 3,2, somit ist $B_1 = \frac{+ 30{,}6^0 \times 1{,}8}{3{,}2} = + 17{,}2^0$.

Bei Kap der guten Hoffnung ist H = 2,0, also $B_1 = \frac{+ 30{,}6 \times 1{,}8}{2} = + 27{,}5^0$; bei den Falklands Inseln ist H = 2,8, also $B_1 = \frac{+ 30{,}6 \times 1{,}8}{2{,}8} = + 19{,}6^0$.

Zum bequemern Rechnen sind in Karte II am Rande die Werthe $\frac{1}{H}$ angegeben und zugleich der Werth für Hamburg = 1 gesetzt. Danach wird für 5^0 N und 30^0 W $B_1 = + 30{,}6 \times 0{,}56 = + 17{,}1^0$, für Kap der guten Hoffnung $B_1 = + 30{,}6 \times 0{,}9 = + 27{,}5^0$, für die Falklands Inseln wird $B_1 = + 30{,}6 \times 0{,}64 = + 19{,}6^0$.

Wäre $C_1 = \frac{Q}{\lambda H}$ in Bremerhaven $= - 6{,}2^0$ gefunden, so würde dasselbe für 5^0 N. Br. und 30^0 W. Lg. $= - 6{,}2^0 \times 0{,}56 = - 3{,}5^0$, für Kap der guten Hoffnung $= - 6{,}2 \times 0{,}9 = - 5{,}6^0$, für die Falklands Inseln $= - 6{,}2^0 \times 0{,}64 = - 4{,}0^0$ sein.

2. Aenderungen der Theile von B und C, die von der Vertikal-Induction des flüchtigen Magnetismus im Schiffe entstehen. Nach § 45 werden die in B und C für flüchtigen Magnetismus enthaltenen Theile B_2 und C_2 ausgedrückt durch $B_2 = \frac{c}{\lambda} \times \operatorname{tg} J$ und $C_2 = \frac{f}{\lambda} \times \operatorname{tg} J$. c und f sind Grössen, die lediglich von der Inductionsfähigkeit des Schiffskörpers für flüchtigen Magnetismus in vertikaler Richtung abhängig sind. Da diese Inductionsfähigkeit, wie auch in § 55 von a, b, d und e gesagt ist, sich nicht wesentlich ändert, darf man c und f als konstante Grössen betrachten, so lange die Eisenmassen des Schiffes nicht durch Einfügen neuer Theile ihren Character ändern. Da λ ebenfalls konstant ist, wird eine Aenderung der Deviation, welche durch die Vertikal-Induction des flüchtigen Magnetismus im Schiffe entsteht, ganz allein von tang J oder der Inclination abhängen.

Die Inclination und damit auch die Tangente derselben nimmt ab bei Annäherung an den magnetischen Aequator, deshalb muss der von $\frac{c}{\lambda}$ und $\frac{f}{\lambda}$ entstehende Theil der Koefficienten B und C nämlich B_2 und C_2 bis Null abnehmen, wenn man bis zum magn. Aequator gelangt.

Südlich vom magn. Aequator geht das Südende der Inclinationsnadel unter die Horizontalebene, deshalb nennt man die Inclination daselbst negativ. Für negative Winkel ist die Tangente negativ und die von $\frac{c}{\lambda}$ und $\frac{f}{\lambda}$ herrührenden B_2 und C_2 erhalten die umgekehrten Namen oder Vorzeichen wie auf Norder Breite.

In unsern Breiten ist $B_2 = \frac{c}{\lambda}$ tg J fast immer negativ, denn für den Brücken-Kompass liegen grosse, vertikal stehende Eisenmassen in der Maschine, den Kesseln und dem Schornstein h i n t e r dem Kompass und der obere, blaue Pol ist demselben am nächsten. Für Kompasse auf dem Hinterdeck liegen der Hintersteven, das Ruder u. s. w. gerade so.

In Bremerhaven-Geestemünde sei $B_2 = \frac{c}{\lambda}$ tg J $= - 12^0$ gefunden, damit ist $\frac{c}{\lambda} = B_2$: tg J $= - 12^0$: tg 68^0 $= - 12^0 : 2{,}5 = - 4{,}8^0$.

Für 5^0 N. Br. und 30^0 W. Lg. ist $J = + 30^0$, die tg dafür ist $= + 0{,}58$, also ist B_2 daselbst $= - 4{,}8^0 \times 0{,}58 = - 2{,}8^0$.*)

Für Kap der guten Hoffnung ist $J = - 57^0$, die tg dafür ist $= - 1{,}54$, also B_2 daselbst $= - 4{,}8 \times - 1{,}54 = + 7{,}4^0$.

Für die Falklands-Inseln ist $J = - 52^0$, die tg dafür ist $= - 1{,}28$, also $B_2 = - 4{,}8 \times - 1{,}28 = + 6{,}1^0$.

Wäre $C_2 = \frac{f}{\lambda}$ tg J am selben Orte $= + 3^0$, so ist $\frac{f}{\lambda} = + 3^0$: tg J $= + 3^0 : 2{,}5 = + 1{,}2^0$; demnach ist C_2 für 5^0 N und 30^0 W $= + 1{,}2 \times + 0{,}58 = + 0{,}7$; für Kap d. g. Hoffnung $+ 1{,}2^0 \times - 1{,}54 = - 1{,}9^0$; für die Falklands Inseln $= + 1{,}2^0 \times - 1{,}28 = - 1{,}5^0$.

Aus dem Vorstehenden erhellt leicht, dass bei grossem $\frac{c}{\lambda}$ ($\frac{f}{\lambda}$ pflegt bei nicht allzu ungünstig aufgestellten Kompassen nur klein zu sein) auf Reisen nach grosser, südlicher Breite, eine ganz bedeutende Aenderung der Deviation eintreten muss.

3. Aenderung der Theile von B und C, die bei Breitenänderungen aus halbfestem Magne-

*) Unter dem Kurse 30^0 suche $\frac{c}{\lambda} = 4{,}8$ in der Breitenunterschiedspalte, so steht $\frac{c}{\lambda}$. tg $J = B_2$ in der Abweichungsspalte daneben.

tismus herrühren. Die Theile von B und $C = B_3$ und C_3, welche von halbfestem Magnetismus herrühren, sind:

$$B_3 = -\frac{v}{\lambda} \sec J \cos z_p.$$

$$C_3 = \frac{v_1}{\lambda} \sec J \sin z_p.$$

$\frac{v}{\lambda}$ und $\frac{v_1}{\lambda}$ werden, wie bereits § 44 gesagt, 1. von der Art des Eisens, 2. von der Stärke und 3. von der Dauer der Erschütterungen, denen dasselbe ausgesetzt war, abhängig sein. Nr. 1 ändert sich nur, wenn andere Eisentheile in das Schiff eingebaut werden, welchen Fall wir hier natürlich ausschliessen müssen; Nr. 2 und 3 sind hingegen beständigen Aenderungen unterworfen. Deshalb können wir für v und v_1 nur Mittelwerthe in Rechnung ziehen, nämlich wie sie sich stellen, wenn die Stärke der Erschütterungen weder sehr schwach noch sehr stark ist. Ueber die Dauer ist gegen das Ende des § 43 bereits referiert. Diese mittlere Grösse von v und v_1 sind wir genöthigt, als konstant anzunehmen, somit sind die Ausdrücke $\frac{v}{\lambda}$ und $\frac{v_1}{\lambda}$ in diesen Gleichungen die Konstanten.

Der Werth der Gleichungen $B_3 = -\frac{v}{\lambda} \sec J \cos z_p$ und $C_3 = \frac{v_1}{\lambda} . \sec J \sin z_p$ ist in verschiedenen Breiten von der sec Inclination abhängig. Nehmen wir an, in dem B, Seite 107, § 51, von $+ 21{,}6^0$, stecke für den vorher längere Zeit angelegenen Kurs = magn. Süd ein B_3 von $+ 3^0$, so ist $-\frac{v}{\lambda} = + 3^0 : \sec J \cos z_p$, da cos Süd = — 1 ist, erhält man — $3^0 : \sec 68^0$ für Geestemünde $= - 3^0 : 2{,}8 = - 1{,}1^0 = \frac{v}{\lambda}$. Unter 68^0 Kurs suche 3^0 in Distanz, dann steht $3^0 : \sec 68^0$ in der Br. U.-Spalte.

Für 5^0 N und 30^0 W ist $J = 30^0$, $\sec J = 1{,}15$ also $\frac{v}{\lambda} . \sec J = - 1{,}3^0$. Unter 30^0 Kurs suche 1,1 in der Br. U.-Spalte, dann steht $1{,}1 \times \sec 30^0$ unter Distanz.

Für Kap d. g. Hoffnung ist $J = 57^0$, $\sec J = 1{,}82$, also $\frac{v}{\lambda} \sec J = -1{,}1^0 \times 1{,}82 = -2^0$. Unter 57^0 Kurs suche 1,1 in der Br. U.-Spalte, dann steht $1{,}1 \times \sec 57^0$ unter Distanz.

Für die Falklands-Inseln ist $J = 52^0$, $\sec J = 1{,}28$, also $\frac{v}{\lambda} \sec J = -1{,}1^0 \times 1{,}28 = -1{,}4^0$.

Es ist wohl zu beachten, dass die Sekante positiver und negativer Winkel stets positiv ist (Winkel über 90^0 kommen hier nicht vor), deshalb haben $\frac{v}{\lambda}$ und $\frac{v_1}{\lambda}$ auf norder und süder magnetischer Breite dieselben Vorzeichen, es ändert, wie wir auch bei $\frac{P}{\lambda}$ und $\frac{Q}{\lambda}$ gesehen haben, nur die Grösse der von ihnen abhängigen Deviation. $\frac{v}{\lambda} \sec J$ wird grösser, wenn man sich vom magnetischen Aequator entfernt, kleiner, wenn man sich demselben nähert.

Da $\frac{v_1}{\lambda}$ ebenfalls mit sec J als Factor verbunden ist, ändert sich dies genau im selben Verhältniss wie $\frac{v}{\lambda}$, wenn die Breite verändert wird.

4. Aenderungen der Theile von B und C $= B_3$ und C_3, die von halbfestem Magnetismus herrühren bei Kursänderungen. Die Gleichungen $B_3 = -\frac{v}{\lambda} \sec J \cos z_p$ und $C_3 = \frac{v_1}{\lambda} \sec J \sin z_p$ enthalten den cos und den sin des während der letzten 24 Stunden resp. der letztzurückgelegten 200 Meilen (§ 44) angelegenen magnetischen Kurses $= z_p$ als Factor.

$B_3 = -\frac{v}{\lambda} \sec J \cos z_p$ erhält seinen grössten Werth, wenn das Schiff vorher magn. N oder S angelegen hat; für magn. Nord entsteht ein negatives B_3, für Süd ein positives.

$C_3 = \frac{v_1}{\lambda} \sec J \sin z_p$ erhält seinen grössten Werth, wenn das Schiff vorher magn. O oder W angelegen hat, für magn. Ost ein $+ C_3$, für magn. W ein $- C_3$.

In Geestemünde habe das Schiff, dessen Deviation wir im Vorstehenden (§ 37,2, § 51 u. s. w.) stets zu Grunde gelegt haben, längere Zeit magn. Süd angelegen und es sei hierdurch, wie bereits unter III dieses § angenommen, ein $B_3 = + 3^0$ entstanden.

Geht das Schiff die Weser hinunter, so wird es bis zum Feuerthurm auf dem rothen Sande etwa 6 Stunden einen Kurs steuern, der nahe magn. N sein möge. Diese Zeit reicht erfahrungsmässig schon hin, den grössern Theil des im Hafen auf magn. S aufgenommenen halbfesten Magnetismus herauszuschütteln und diesem Nordkurse entsprechend so viel neuen halbfesten Magnetismus aufzunehmen, dass das $+ B_3$ von dem Südkurs durch das $- B_3$ von dem Nordkurs sehr nahe aufgehoben wird. Statt des B nach § 51 von $+ 21{,}6^0$ ist nur noch ein $B = + 18{,}6^0$ vorhanden. Für den Kurs von dem Feuerthurme nach Texel = mw WzN ist $\delta = - 23{,}5^0$ (Steuertabelle Seite 76) und es steuert pr. Komp. N$55{,}3^0$W. Man müsste jedoch $+ 3^0 \times \sin$ NWzW $= + 3^0 \times - \sin 5$ Strich $= - 2{,}5^0$ weniger Deviation rechnen, also $- 23{,}5 - (- 2{,}5^0) = - 21{,}0^0$, welche an N$55{,}3^0$W gebracht, den behaltenen magnetischen Kurs N$76{,}3^0$W ergiebt. Bei Gebrauch der Steuertabelle, die in Geestemünde nach den magnetischen Verhältnissen, die der magn. Südkurs bedingte, aufgemacht ist, kommt das Schiff nördlicher als sein Besteck. Siehe Fig. 39.

Die Reise nach Texel möge einen Tag dauern und der halbfeste Magnetismus in dieser Zeit für magn. WzN nahezu seine volle Stärke erreichen; $- \frac{v}{\lambda} \sec J \cos z_p$ wird für magn. WzN $= 3^0 \times \cos 25$ Str. $= 3^0 \times - \sin 1$ Str. $= - 0{,}6^0$ und $\frac{v_1}{\lambda} \sec J \sin z_p$, welches wir für Ost $= + 5{,}5^0$, für W $= - 5{,}5^0$ annehmen wollen, giebt $+ 5{,}5^0 \times \sin 25$ Str. $= + 5{,}5^0 \times - \sin 7$ Strich $= - 5{,}4^0$. Danach wird B jetzt

$+ 18,6 - 0,6 = + 18^0$ und $C = + 3,4^0 - 5,4 = - 2^0$.

Nach dem Kanal steuere das Schiff nun magn. SW. Zufolge der in Geestemünde aufgemachten Tabelle ist die Deviation für magn. SW = — 13,5°, der Kompasskurs also S58,5°W oder nahe SWzW¼W.

$$\begin{array}{llr} B + 18^0 \times \sin \text{SWzW} = & & -\ 15{,}0^0 \\ C - \ \ 2^0 \times \cos \text{SWzW} = & & +\ \ 1{,}1^0 \\ \text{hierzu laut der Konstantentafel} & & \underline{+\ \ 3{,}0^0} \text{ addiert,} \end{array}$$

giebt die gültige Deviation — 10,9°, welche an den Kompasskurs S58,5°W gelegt = S47,8°W als den behaltenen magnetischen Kurs ergiebt.

Sowie sich das Schiff dem Kanal nähert, wird die Wirkung des halbfesten Magnetismus, welcher von dem magnetischen Kurse WzN herstammt, allmählig abnehmen und die westliche Deviation wieder grösser werden.

Der nach dem Kanal gesteuerte Kurs, welcher ohne Rücksicht auf den halbfesten Magnetismus allein nach der im Hafen aufgemachten Deviationstabelle aufgesetzt ist, bringt das Schiff zu weit nach Westen.

In Figur 39 sind die Verhältnisse annähernd dargestellt, man findet danach leicht die Regel:

Bei Nichtbeachtung der Wirkung des halbfesten Magnetismus findet man sich auf dem neuen Kurse stets vom alten weg versetzt oder die Kursänderung wird immer grösser als beabsichtigt war, wenn die Deviation für den neuen auf dem alten Kurse oder sofort nach der Kursänderung bestimmt ist. Wohl zu beachten ist, dass die Deviation für den angelegenen Südkurs bestimmt ist.

Beziehen wir den magn. Kurs SW auf den eben vorher gesteuerten magn. Kurs WzN, auf welchem aber keine Deviationsbeobachtung für den ersten gemacht ist, so würde man sich auf dem Wege nach dem Kanal nach Westen d. h. nach dem Zwischen-Kurse hin versetzt finden. Weil WzN zwischen SW und dem im Hafen gelegenen Kurs S liegt, nennt man ihn den Zwischenkurs.

Da man nun einen südlichen Kurs gesteuert hat, wird die Tabelle im Kanal auf westlichem Kurse anfangs nahe richtig sein, aber allmählig wird die Deviation wieder weniger westlich oder mehr östlich werden.

Angenommen dasselbe Schiff sei von Geestemünde nach der Ostsee bestimmt, dann steuert es zunächst etwa ein Etmal magn. N. Es wird die Deviationstabelle fast genau richtig finden, weil $\frac{v_1}{\lambda}$ sec J sin $z_p = 0$, denn sin z_p $=$ sin $0^0 = 0$.

Es entsteht aber auf dem N-Kurse statt des $+ B_3$ $= + 3^0$ im Hafen ein solches von $- 3^0$. Auf dem Kurse magn. Ost nach Skagen rechnet man nach der Steuertabelle $\delta = + 20{,}7^0$, steuert also pr. Komp. N$69{,}3^0$O. $B = + 21{,}6^0$ ist aber jetzt um $6^0 = 3^0 + 3^0$ kleiner, also in N$69{,}3^0$W für $6^0 \times \sin 70^0 = 5{,}5^0$ kleiner geworden, δ ist also statt $+ 20{,}7^0$ nur $+ 20{,}7^0$ $- 5{,}5^0 = + 15{,}2^0$. Diese Deviation an N$69{,}3^0$O gebracht, ergiebt den behaltenen magn. Kurs N$84{,}5^0$Ost, statt dass man meint magn. O zu steuern.

Bei Nichtbeachtung der Wirkung des halbfesten Magnetismus kommt das Schiff zu nördlich oder wieder zu weit vom Südkurse, für den die Tabelle aufgemacht ist, oder zu weit nach dem Zwischenkurse Nord.

Wäre die Deviation für den magn. Kurs Ost = Kompasskurs N75^0O gleich nach der Kursänderung von N auf O bestimmt, so würde man sie $= + 15{,}2^0$ gefunden haben. Auf dem neuen Kurse verschwindet der halbfeste Magnetismus, der auf dem alten Kurse magn. N aufgenommen worden ist, allmählig wieder, die östliche Deviation wird wieder grösser (oder eine westliche würde kleiner) und das Schiff kommt der jüttischen Küste näher als man erwartet hat, denn der alte Kurs stösst den neuen ab.

Ein Schiff, welches die Küste von Portugal, Süden steuernd, entlang kommt und bei St. Vincent nach der Strasse von Gibraltar umbiegend sofort seine Deviation bestimmt, wird mit dieser stets zu nördlich kommen, indem es die spanische Küste bei Kap Trafalgar oder noch nördlicher anläuft.

Steuert es N längs jener Küste, ändert bei Kap Ortegal seinen Kurs nach Bordeaux und bestimmt sofort seine Deviation, so wird es mit dieser jedenfalls zu südlich gerathen.

Da die von $-\frac{v}{\lambda}$ sec J cos z_p und $\frac{v_1}{\lambda}$ sec J sin z_p in einer Deviation enthaltenen Werthe stets von dem vorher gesteuerten magn. Kurse abhängig sind, nennt man v und v_1 die Kurskoefficienten.

Wie schwierig die Führung eines Schiffes, dessen Regelkompass einen grossen Kurskoefficienten hat, bei mangelnden Beobachtungen sich gestalten muss, erhellt ohne Weiteres.

§ 59. Berechnung von B und C für einen beliebigen Ort aus den Konstanten $\frac{P}{\lambda}$, $\frac{Q}{\lambda}$, $\frac{c}{\lambda}$, $\frac{f}{\lambda}$, $\frac{v}{\lambda}$ und $\frac{v_1}{\lambda}$.

Wie wir in § 56 gesehen haben, ist der Theil der Deviation für einen beliebigen Kurs, welche von A, D und E abhängig ist, konstant, derselbe ist in der Konstantentafel § 51 Seite 109 enthalten.

Die Formel $\delta = A + B \sin z + C \cos z + D \sin 2z + E \cos 2z$ geht damit über in $\delta = B \sin z + C \cos z$ + Konstante Darin ist

$$B = \frac{P}{\lambda} \times \frac{1}{H} + \frac{c}{\lambda} \operatorname{tg} J - \frac{v}{\lambda} \sec J \cos z_p$$

$$C = \frac{Q}{\lambda} \times \frac{1}{H} + \frac{f}{\lambda} \operatorname{tg} J + \frac{v_1}{\lambda} \sec J \sin z_p.$$

Die Berechnung einer neuen Deviation für einen andern Ort kommt also lediglich auf die Berechnung der neuen B und C aus den Konstanten zurück.

Um diese Konstanten $\frac{P}{\lambda}, \frac{Q}{\lambda}, \frac{c}{\lambda}, \frac{f}{\lambda}, \frac{v}{\lambda}$ und $\frac{v_1}{\lambda}$ für das practische Rechnen bequem zu erhalten, beschicken wir sie zunächst auf den Fall, dass die damit verbundenen veränderlichen Factoren $\frac{1}{H}$, tg J, sec J, cos z_p und sin z_p = 1 sind.

Es ist bereits gesagt, dass $\frac{1}{H}$ in der von der Seewarte herausgegebenen Karte für Hamburg-Geestemünde = 1 angenommen ist. In den vorstehenden Rechnungen ist $\frac{P}{\lambda} \times \frac{1}{H} = +30{,}6^0$ und $\frac{Q}{\lambda} \times \frac{1}{H} = -6{,}2^0$ angenommen.

$\frac{1}{H} = 1$ gesetzt, ergiebt:

$$\frac{P}{\lambda} = +30{,}6^0 \qquad \frac{Q}{\lambda} = -6{,}2^0.$$

$\frac{c}{\lambda}$. tg J ist für Geestemünde bei 68^0 Inclination $= -12^0$ angenommen, also $\frac{c}{\lambda} = -12^0 : \operatorname{tg} 68^0 = -12^0 : 2{,}5 = -4{,}8^0$. $\frac{f}{\lambda} . \operatorname{tg} J = +3^0$, also $\frac{f}{\lambda} = +3^0 : \operatorname{tg} J = +3^0 : 2{,}5 = +1{,}2^0$.

$-\frac{v}{\lambda} \sec J \cos z_p$ ist für Nord- und Südkurs $= 3^0$ angenommen; darin ist $\cos z_p = \mp 1$. $\frac{v}{\lambda} . \sec J = 3^0$, also $\frac{v}{\lambda} = 3^0 : \sec J = 3^0 : \sec 68^0 = 3^0 : 2{,}8^0 = 1{,}1^0$.

$\frac{v_1}{\lambda} \sec J \sin z_p$ ist für Ost- und Westkurs $= 5{,}5^0$ angenommen; darin ist $\sin z_p = 1$. $\frac{v_1}{\lambda} . \sec J = 5{,}5^0$, also $\frac{v_1}{\lambda} = 5{,}5^0 : \sec J = 5{,}5^0 : \sec 68^0 = 5{,}5 : 2{,}8 = 2^0$.

Die Konstanten sind also

$$\frac{P}{\lambda} = +30{,}6^0 \quad \frac{Q}{\lambda} = -6{,}2^0$$
$$\frac{c}{\lambda} = -4{,}8 \quad \frac{f}{\lambda} = +1{,}2$$
$$\frac{v}{\lambda} = 1{,}1^0 \quad \frac{v_1}{\lambda} = 2^0.$$

1. Ein Schiff, welches vor der Sundastrasse in 6^0 S. Br. und 106^0 O. Lg. steht, hat während des letzten Etmals magn. NNO 270 Meilen zurückgelegt. Wie gross sind seine Koefficienten B und C und wie gross ist seine Deviation für NOzO am Kompass.

$\frac{1}{H} = 0{,}5$, $\quad J = -28^0$, $\quad \operatorname{tg} J = -0{,}53$, $\sec J = +1{,}14$, $\quad \cos z_p = 0{,}92$, $\quad \sin z_p = 0{,}39$.

$\frac{P}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} = +30{,}6^0 \times 0{,}5 = +15{,}3^0$	$\frac{Q}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} = -6{,}2^0 \times 0{,}5 = -3{,}1^0$
$\frac{c}{\lambda} . \operatorname{tg} J = -4{,}8 \times -0{,}53 = +2{,}5^0$	$\frac{f}{\lambda} . \operatorname{tg} J = +1{,}2^0 - 0{,}5 = -0{,}6^0$
$\frac{v}{\lambda} . \sec J = 1{,}1^0 \times 1{,}14 = 1{,}3^0$	$\frac{v_1}{\lambda} . \sec J = 2^0 \times 1{,}14 = 2{,}3$
$1{,}3^0 \times \cos$ NNO = (weil N) $-1{,}2^0$	$2{,}3^0 \times \sin$ NNO = (weil O) $+0{,}9$
$B = +16{,}6^0$*)	$C = -2{,}8^0$*)

*) Dass man diese Multiplikationen sehr bequem mit den Koppeltafeln ausführen kann, braucht wohl kaum erwähnt zu werden. cf. § 58, II, III und IV.

Für NOzO = 5 Strich giebt B von $+ 16{,}6^0 = + 13{,}8^0$
" " " " C " $- 2{,}8^0 = - 1{,}6$
Hierzu konstante Deviation für NOzO § 51 $+ 3{,}2^0$
$\delta = + 15{,}4^0$.

2. Für 5^0 N. Br. und 30^0 W. Lg. werden B und C gesucht, nachdem das Schiff während des letzten Etmals magn. SW gesegelt hat.

$\frac{1}{H} = 0{,}56$, $J = + 30^0$, $\operatorname{tg} J = + 0{,}58$, $\sec J = + 1{,}15$, $\cos z_p = \sin z_p = 0{,}71$.

$\frac{P}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} = + 30{,}6^0 \times 0{,}56 = + 17{,}1^0$	$\frac{Q}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} = - 6{,}2^0 \times 0{,}56 = - 3{,}5^0$
$\frac{c}{\lambda} \cdot \operatorname{tg} J = - 4{,}8 \times 0{,}58 = - 2{,}8$	$\frac{f}{\lambda} \cdot \operatorname{tg} J = + 1{,}2^0 \times 0{,}58 = + 0{,}7^0$
$\frac{v}{\lambda} \cdot \sec J = 1{,}1^0 \times 1{,}15 = 1{,}3^0$	$\frac{v_1}{\lambda} \cdot \sec J = 2^0 \times 1{,}15 = 2{,}3^0$
$1{,}3^0 \times \cos$ SW = (weil S) $= + 0{,}9^0$	$2{,}3^0 \times \sin$ SW = (weil W) $= - 1{,}6^0$
$B = + 15{,}2^0$	$C = - 4{,}4^0$.

3. Für einen Ort dicht bei den Falklands-Inseln werden B und C gesucht, nachdem während des letzten Etmals magn. WNW gesteuert worden ist.

$\frac{1}{H} = 0{,}64$, $J = - 52^0$, $\operatorname{tg} J = - 1{,}28$, $\sec J = + 1{,}82$, $\cos \text{WNW} = + 0{,}38$, $\sin \text{WNW} = - 0{,}93$.

$\frac{P}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} = + 30{,}6^0 \times 0{,}64 = + 19{,}6^0$	$\frac{Q}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} = - 6{,}2^0 \times 0{,}64 = - 4{,}0^0$
$\frac{c}{\lambda} \cdot \operatorname{tg} J = - 4{,}8 \times - 1{,}28 = + 6{,}1$	$\frac{f}{\lambda} \cdot \operatorname{tg} J = + 1{,}2 \times - 1{,}28 = - 1{,}5^0$
$\frac{v}{\lambda} \cdot \sec J = 1{,}1^0 \times 1{,}82 = 2^0$	$\frac{v_1}{\lambda} \cdot \sec J = 2^0 \times 1{,}82 = 3{,}6$
$2^0 \times \cos$ WNW = (weil N) $- 0{,}8$	$3{,}6^0 \times \sin$ WNW = (weil W) $= - 3{,}3^0$
$B = + 24{,}9^0$	$C = - 8{,}8^0$.

§ 60. Vorbehalte.

Die Richtigkeit dieser Koefficienten B und C beruht im wesentlichen auf der Richtigkeit der seiner Zeit in den §§ 42—50 gemachten Voraussetzungen, nämlich:

1. dass der als fest bezeichnete Magnetismus auch wirklich und gänzlich fest ist, was selbst bei glasharten Magneten in vollem Umfange des Wortes durchaus nicht immer zutrifft;

2. dass die Inductionsfähigkeit des Eisens für flüchtigen Magnetismus stets dieselbe bleibt, was im strengen Sinne des Wortes ebenfalls nicht zutrifft;

3. die Erschütterungen, denen das Schiff während der letzten Zeit ausgesetzt war, eine mittlere Stärke hatten, denn nach deren Stärke bemisst sich die des aufgenommenen halbfesten Magnetismus und dessen Wirkung;

4. dass keine eisenhaltige Ladung im Schiffe war, als die Beobachtungen gemacht wurden, aus denen die Konstanten berechnet sind, und dass keine eisenhaltige Ladung im Schiffe ist, wenn aus den Konstanten die neuen Koefficienten berechnet werden.

Es ist leicht einzusehen, dass die aus den Konstanten berechneten Koefficienten volles und unbedingtes Vertrauen nicht in Anspruch nehmen können, allein die Erfahrung lehrt, dass sie innerhalb gewisser Grenzen, die im allgemeinen innerhalb $4-5^0$ liegen, die Deviation richtig ergeben, und das ist schon ein erheblicher Gewinn, wenn einmal längere Zeit hindurch keine Beobachtungen gemacht werden können. Gewicht erhalten diese Rechnungen, wenn sie durch Beobachtungen controliert werden. Wenn letztere dann ausbleiben, wird man sich mit Hülfe der bekannten Gesetze der Deviations-Aenderungen eine Deviation berechnen können, die der wirklichen sehr nahe kommt. (Vergl. § 71.)

Dass die Deviation nicht mehr neuer Schiffe sich mitunter noch sehr ändern kann, ist mehrfach beobachtet worden. Dem Verfasser sind besonders zwei eklatante Fälle davon vorgekommen. Die Fulda, Kapitän Heimbruch, änderte ihre Deviation während einer Reise nach New-York und zurück, nachdem dieselbe ppt $1^1/_2$ Jahre sehr nahe konstant gewesen war, um einen halben Strich. Die Europa, Kapitän Wittneben, änderte ihre Deviation während einer Reise nach dem La Plata und zurück, nachdem dieselbe 3 Jahre lang konstant gewesen war, um mehr als einen ganzen Strich. In beiden Fällen waren bestimmte Ursachen ausser den oben unter 1—4 aufgeführten allgemeinen nicht aufzufinden. Hätte ein Blitzschlag das Schiff getroffen und resultierte die Aenderung daher, so hätte die Plötzlichkeit und Grösse derselben sofort auffallen müssen. Collisionen oder Strandungen und dergleichen hatten nicht stattgefunden.

Da Strandungen und Collisionen das Schiff in einer Weise und in einem Grade erschüttern, wie dies sonst nicht vorkommt, so kann eine starke Aenderung der Deviation gar leicht die Folge sein. Geschah die Collision mit einem andern eisernen Schiffe, so kann man ausserdem sagen, dass auf einen Magneten von nicht hartem Stahl ein anderer eingewirkt hat, was leicht eine Aenderung der magnetischen Kraft bedingt.

Man meinte längere Zeit, dass ein Blitzschlag in einem eisernen Schiffe spurlos verschwinden müsse, was indessen jedenfalls nicht immer der Fall ist; es kann gar leicht vorkommen, dass die Deviation sich nachher stark geändert erweis't, und Vorsicht ist deshalb dringend geboten.

§ 61. Aenderungen im Koefficienten K.

$$K = \frac{\sin 1^0}{\lambda} \left\{ R \times \frac{1}{H} + (k - e) \operatorname{tg} J \right\}.$$

In § 57 ist bereits gezeigt worden, dass die Vertikal-Komponente R, welche von festem Magnetismus herrührt, und damit natürlich die davon abhängige Deviation, in der ersten Zeit, nachdem ein neues Schiff in Fahrt gestellt ist, abnehmen muss. Erst nach $^1/_2 - 1\,^1/_2$ Jahren wird R als konstant anzunehmen sein.

Da die Konstante $\frac{R}{\lambda} \times \sin 1^0$ mit dem Factor $\frac{1}{H}$ verbunden ist, muss der Theil von K, welcher vom festen Magnetismus herrührt $= K_1$ sich wie $\frac{1}{H}$ ändern. Derselbe muss bei Reisen äquatorwärts abnehmen, bei Reisen polwärts zunehmen, ändert jedoch sein Zeichen ebenso wenig wie die aus P und Q entstehende Deviation. (§ 58,1).

Die Konstanten $\frac{k}{\lambda}$ und $\frac{e}{\lambda}$ mal $\sin 1^0$ sind allein von der Inductionsfähigkeit des Eisens im Schiff für flüchtigen Magnetismus abhängig, und da wir letztere als konstant annehmen, müssen k und e auch konstant sein. Der Factor tg J, mit dem sie verbunden sind, nimmt bei Reisen nach dem magn. Aequator ab, bei Reisen polwärts zu und ändert sein Zeichen, wenn man den magnetischen

Aequator überschreitet. In § 53 ist gezeigt worden, dass k und e in unsern Breiten meistens ein $+ K_2$ zur Folge haben; dieses nimmt mit der tg J bei Reisen nach dem magn. Aequator ab, wird Null unter dem magn. Aequator und hat südlich vom magn. Aequator ein $- K_2$ zur Folge, welches zunimmt, so wie man sich weiter vom Aequator entfernt.

1. Angenommen K sei in Geestemünde $= + 1{,}0^0$, davon komme auf $\frac{R}{\lambda} \times \frac{1}{H} \times \sin 1^0 = + 0{,}6^0$,

$$\text{auf } \frac{(k-e)}{\lambda} \sin 1^0 \,.\, \mathrm{tg}\, J = + 0{,}4^0.$$

$$\frac{1}{H} = 1, \text{ also } \frac{R}{\lambda} \times \sin 1^0 = + 0{,}6,$$

$$\frac{k-e}{\lambda} . \sin 1^0 . \mathrm{tg}\, 68^0 = \frac{(k-e)}{\lambda} . \sin 1^0 \times 2{,}5 = + 0{,}4, \text{ also}$$

$$\sin 1^0 . \frac{(k-e)}{\lambda} = \frac{0{,}4}{2{,}5} = + 0{,}16.$$

2. In 5^0 N. Br. und 30^0 W. Lg. ist $\frac{1}{H} = 0{,}56$, $J = 30^0$, $\mathrm{tg}\, J = + 0{,}58$.

$\sin 1^0 . \frac{R}{\lambda} \times \frac{1}{H} = + 0{,}6 \times + 0{,}56 =$ $\quad + 0{,}34$

$\sin 1^0 . \frac{(k-e)}{\lambda} \mathrm{tg}\, J = 0{,}16 \times 0{,}58$*) $\quad + 0{,}09$

$K = + 0{,}4^0.$

3. Bei Kap d. g. Hoffnung ist $\frac{1}{H} = 0{,}9$, $J = - 57^0$, $\mathrm{tg}\, J = - 1{,}54$.

$\sin 1^0 . \frac{R}{\lambda} \times \frac{1}{H} = 0{,}6 \times 0{,}9 =$. $\quad + 0{,}54$

$\sin 1^0 . \frac{(k-e)}{\lambda} \mathrm{tg}\, J = + 0{,}16 \times - 1{,}54 = - 0{,}26$

$K = + 0{,}3^0.$

4. Angenommen K sei in Geestemünde $= - 0{,}4^0$, davon komme auf $\sin 1^0 . \frac{R}{\lambda} \times \frac{1}{H} = - 0{,}8$,

$$\text{auf } \sin 1^0 . \frac{(k-e)}{\lambda} \mathrm{tg}\, J = + 0{,}4.$$

*) Unter J als Kurs suche 0,16 unter Breitenunterschied, dann steht das Produkt unter Abweichung.

Wie gross ist K in 5^0 N. Br. und 30^0 W. Lg.?

$\frac{1}{H} = 1$, also $\sin 1^0 . \frac{R}{\lambda} = - 0{,}8^0$. $\quad \sin 1^0 . \frac{(k-e)}{\lambda}$

$\mathrm{tg}\, J = \sin 1^0 . \frac{(k-e)}{\lambda} \mathrm{tg}\, 68^0 = \sin 1^0 . \frac{(k-e)}{\lambda} . + 2{,}5$

$= + 0{,}4$, also $\sin 1^0 \frac{(k-e)}{\lambda} = \frac{+ 0{,}4}{+ 2{,}5} = + 0{,}16$.

In 5^0 N und 30^0 W ist $\frac{1}{H} = 0{,}56$, $\mathrm{tg}\, J = + 0{,}58$.

$$\sin 1^0 . \frac{R}{\lambda} \times \frac{1}{H} = - 0{,}8 \times 0{,}56 = \qquad - 0{,}45$$

$$\sin 1^0 . \frac{(k-e)}{\lambda} \mathrm{tg}\, J = + 0{,}16 \times 0{,}58 = \qquad + 0{,}09$$

$$K = - 0{,}36^0.$$

Bei Kap d. g. Hoffnung ist $\frac{1}{H} = 0{,}9$ etc.

$$\sin 1^0 . \frac{R}{\lambda} \times \frac{1}{H} = - 0{,}8 \times 0{,}9 = \qquad - 0{,}72$$

$$\sin 1^0 . \frac{(k-e)}{\lambda} \mathrm{tg}\, J = + 0{,}16 \times - 1{,}54 = \qquad - 0{,}26$$

$$K = - 1{,}0^0.$$

Auf dem magn. Aequator in 30^0 W wäre $K = - 0{,}40$, weil $\frac{1}{H} = 0{,}5$ ist, und $\sin 1^0 \times \frac{(k-e)}{\lambda} . \mathrm{tg}\, J = 0$.

Wie K sich bei andern Verhältnissen von $\frac{R}{H}$ und (k—e) tg J ändert, wird der Leser sich nach den angeführten Beispielen nun leicht selbst ausrechnen können.

Dass die Vorbehalte in § 60 auch für die theoretische Berechnung von K gelten, braucht wohl kaum erwähnt zu werden.

§ 62. Neubeobachtungen von B, C und K.

In §§ 59 und 61 ist gezeigt worden, wie B, C und K aus den Konstanten, die auf Grund älterer Beobachtungen gewonnen sind, neu berechnet werden können, allein es ist sogleich hinzugesetzt, dass sie unbedingtes Vertrauen nicht verdienen, dass die Berechnungen vielmehr stets durch Beobachtungen kontroliert werden müssen.

Wenn ein Schiffer weiss, dass er in allernächster Zeit diese oder jene Kurse zu steuern hat, lässt er, sobald die Umstände es erlauben, sein Schiff auf diese Kurse kommen und bestimmt die Deviation dafür. Oft ist dies jedoch nicht möglich, man denke z. B. daran, dass ein Segelschiff 6 Strich am Winde liegt. Vielleicht kann man gegen Abend noch einige gute Beobachtungen bekommen und es fragt sich: Welche sollen wir machen? Wer weiss, wie bald der Wind umläuft und welche Kurse dann möglicher Weise gesteuert werden müssen.

Für alle Fälle gerüstet ist man, wenn man sich B, C und K neu bestimmt, man kann dann die Deviation für jeden beliebigen Kurs leicht berechnen. Sind solche Neubeobachtungen von B, C und K auf Reisen in möglichst verschiedenen Breiten gemacht und sorgfältig im Deviations-Journal zusammengestellt, so können die Konstanten aus denselben mit verhältnissmässig leichter Arbeit berechnet werden. Ja die Deutsche Seewarte verzichtet sogar auf die Berechnung von B, C und K seitens der Schiffer und verlangt nur, dass die Beobachtungen so angestellt werden, dass man die Koefficienten daraus berechnen kann.

Wie dies zu geschehen hat, zeigen die folgenden Ausführungen:

I. Da der Krängungsfehler auf O und W Null ist, ist eine Neubestimmung von B sehr leicht. Für Ost und W pr. K. ist $C \times \cos z = 0$. Wenn wir eine Deviation auf Ost bestimmen, haben wir nur die konstante Deviation für Ost davon zu subtrahieren und erhalten ohne Weiteres das neue B; für W ist der Rest umzukehren.

1. Wie gross ist B, wenn für Ost $\delta = + 17{,}2^0$ beobachtet ist? Die konstante Deviation § 51 $= - 0{,}4^0$

Algebraisch subtrahiert giebt B $= + 17{,}6^0$.

2. Wie gross ist B, wenn auf West $\delta = - 14{,}2^0$ beobachtet ist? Die konstante Deviation § 51 ist $= - 0{,}4^0$

Rest $= - 13{,}8^0$

B $= + 13{,}8^0$.

Auf N oder S ist $B \,.\, \sin z = 0$. Liegt das Schiff gerade, so ist $C = \delta$ für N minus konstante Deviation. Von der Deviation für S ist die konstante Deviation zu subtrahieren und dem Rest das umgekehrte Vorzeichen zu geben, um C zu erhalten.

Bei gerader Lage ist beobachtet:

1. Auf N pr. K.	$\delta = -\ 6{,}7^0$	2. Auf S pr. K.	$\delta = +\ 1{,}3^0$
konstante δ § 51	$= \quad 0$	konstante δ § 51	$= \quad 0$
	$C = -\ 6{,}7^0$	Rest	$+\ 1{,}3^0$
			$C = -\ 1{,}3^0$.

Hat das Schiff eine Krängung, so genügt eine Deviationsbestimmung auf **N** oder **S** nicht, um C zu finden. Am Schlusse des § 52 fanden wir:

$\delta = B \,.\, \sin z + (C + i\,K) \cos z +$ konstante Deviation.

Für N und S ist $B \,.\, \sin z = 0$ und $\cos z = +1$ oder -1. Demnach geht die Formel über in $\delta = C \mp i\,K$. Ein Segelschiff wird jedenfalls bei einem Kurse N pr. K. den Wind von der entgegengesetzten Seite haben wie bei S pr. K.; das eine Mal wird es $C + i_n \,.\, K = C_n$

das andre Mal $C - i_s \,.\, K = C_s$ finden.

Algebraisch subtr. $(i_n + i_s)\, K = C_n - C_s$

$$K = \frac{C_n - C_s}{i_n + i_s},$$

worin i_n die Krängung auf N, i_s die auf Süd, C_n das auf N gefundene C, C_s das auf S gefundene C inclusive Krängungsfehler, während C den vom Krängungsfehler befreiten Koefficienten bedeutet.

1. Bei Westwind findet man auf N pr. Komp. bei 6^0 Krängung nach Stb $\delta = -\ 10^0$, auf S pr. Komp. bei 5^0 Krängung nach Bb $\delta = +\ 2^0$. ? K und C.

δ für N	$= -\ 10^0$	δ für S	$= +\ 2^0$
konst. δ § 51	$= \quad 0$	konst. δ	$= \quad 0$
$C + i_n \,.\, K$	$= -\ 10^0$	Rest	$= +\ 2^0$
$C - i_s \,.\, K$	$= -\ \ 2^0$ algebr. subtr.	$C + i_s \times K$	$= -\ 2^0$
giebt $(i_n + i_s)\, K$	$= -\ \ 8^0$		
$(6 + 5)\, K$	$= -\ \ 8^0$		
K	$= -\ 8^0 : 11 = 0{,}73^0$.		

Wäre die Krängung auf N gleich der auf $S = 6^0$ gewesen, so wäre $C = (-\ 10 - 2^0) : 2 = -\ 6^0$. Da dies nicht der Fall war, dient dies ungefähre C nur dazu, um zu beurtheilen, ob ein K nach luf- oder nach leewärts vorhanden ist. Auf N ist bei 6^0 Krängung nach Stb mehr westliche Deviation entstanden, also muss K nach lufwärts oder positiv sein.

Für 6^0 Krängung nach Stb ist $i_n \,.\, K = 0{,}73 \,.\, 6 = -\ \ 4{,}4^0$

$C + i_n \,.\, K = -10{,}0^0$

also ist $C = -\ \ 5{,}6^0$.

Für 5^0 Krängung nach Bb ist $i_s \,.\, K = 0{,}73 \,.\, 5 = +\ \ 3{,}7^0$

$C + i_s \,.\, K = -\ \ 2{,}0$

$C = -\ \ 5{,}7^0$.

2. Bei Westwind ist beobachtet auf NNW-Kurs bei 7^0 Krängung nach Stb $\delta = +\ 12^0$, auf SSW-Kurs bei 4^0 Krängung nach Bb $+\ 7^0$, auf Ostkurs $\delta = -\ 9^0$.
? B, C und K.

δ für Ost $= -\ 9^0$

konstante δ § 51 $= -\ 0{,}4^0$

$B = -\ 8{,}6^0$.

Ferner ist

für NNW $\delta = +12$ — für SSW $\delta = +7^0$

konstante δ § 51 $-\ 2{,}7$ — $+2{,}5$

$+14{,}7$ — $+4{,}5$

$B . \sin z = -8{,}6^0 \times -s_2 = +\ \ 3{,}3^0$ — $-\ 8{,}6^0 \times -\ s_2 = +3{,}3^0$

$(C + i_n \times K) \times \cos z = +11{,}4^0$ — Rest $= +1{,}2^0$

$(C - i_s \times K) \cos z = -1{,}2^0$.

$+\ 11{,}4$ und $-\ 1{,}2^0$ sind durch $\cos z = \cos$ NNW und $\cos$ SSW $= s_6$ zu dividieren, was geschieht, indem man diese Grössen unter s_6 aufsucht, man findet das Resultat unter s_8. Man findet

$C + i_n \times K = +\ 12{,}5$

$C - i_s \times K = -\ \ 1{,}3$ algebraisch subtrahiert, giebt

$(i_n + i_s)\ K = (7 + 4)\ K = \ \ 13{,}8$

$K = \ \ 1{,}3^0$.

Die halbe Summe giebt das ungefähre $C = +\ 5{,}6^0$. Da auf NNW durch eine Krängung nach Stb das C von $+\ 5{,}6^0$ auf $+\ 12^0$ gekommen, ist der Krängungsfehler — oder K geht nach Lee.

$i_n \times K = 7 \times 1{,}3 = +\ \ 9{,}1$ — $i_s \times K = 4 \times 1{,}3 = -\ 5{,}2$

$i_n \times K + C_n = \ \ +\ 12{,}5$ — $i_s \times K + C_s = \ \ -\ 1{,}3$

$C_n = \ \ +\ \ 3{,}4$ — $C_s = \ \ +\ 3{,}9$

Mittel $C = +\ 3{,}6^0$.

3. Bei WzS-Wind wurde wie folgt beobachtet: δ für Ost pr. K. $= -\ 16^0$; δ für NWzN bei 8^0 Krängung nach Stb $-\ 14^0$; δ für SzW bei 5^0 Krängung nach Bb $+\ 10^0$. Wie gross sind B, K und C.

δ für Ost $= -16^0$, davon die konst. Dev. $= -0{,}4^0$
subtr. giebt $B = -15{,}6^0$.

δ für NWzN $= -14^0$
konst. Dev. für NWzN $= -3{,}4^0$
$-10{,}6^0$
$B \times \sin z = -15{,}6^0 \times -s_3 = +8{,}7^0$
$(C + 8\,K) \cos z = -19{,}3^0$
$C + 8\,K = -23{,}2^0$
$C - 5\,K = -5{,}7^0$
$13\,K = 17{,}5^0$
$K = 1{,}35^0$.

δ für SzW $= +10^0$
konst. Dev. für SzW $= +1{,}4^0$
$+8{,}6^0$
$B \times \sin z = -15{,}6 \times -s_1 \; +3{,}0^0$
$(C - 5\,K) \cos z = +5{,}6^0$
$C - 5\,K = -5{,}7^0$
weil cos z negativ ist.

Das Mittel aus $-23{,}2$ und $-5{,}7 = -14{,}5$ das vorläufige C. Für 8^0 Krängung nach Stb ist das $-C$ grösser geworden, für Neigung nach Stb ist westl. Krängungs-Deviation vorhanden, also geht K nach Luf.

$8 \times K = -1{,}35 \times 8 = -10{,}8^0$
$C + 8\,K = \quad -23{,}2^0$
$C = -12{,}4^0$.
$5 \times K = 5 \times -1{,}35 = +6{,}75$
$C - 5\,K = \quad -5{,}7^0$
$C = -12{,}45^0$. Vergl. § 54, Nr. 4.

Dass die Beobachtungen recht sorgfältig gemacht werden müssen, wenn etwas Erspriessliches dabei herauskommen soll, bedarf wohl kaum der Erwähnung.

Hat man gute Gelegenheit und will seinen Beobachtungen und den daraus zu suchenden B, C und K den möglichst hohen Grad von Zuverlässigkeit geben, so sollte man auch die Deviation der Zwischenstriche mit beobachten. Zu zeigen, wie alle diese Beobachtungen zur Berechnung von B, C und K benutzt werden, überschreitet gar zu sehr dem Rahmen dieses Buches, als dass auch dies aufgenommen werden könnte.

Das Gleiche findet statt in Betreff der Berechnung der Konstanten $\frac{P}{\lambda}$, $\frac{Q}{\lambda}$, $\frac{c}{\lambda}$ u. s. w. aus den beobachteten B, C und K. Soll das Resultat dieser Rechnungen die darauf verwendete Mühe wirklich lohnen, so muss sie nach der Methode der kleinsten Quadrate geschehen, welche den Seeleuten im Allgemeinen nicht zugänglich sein dürfte.

Zum Schluss mögen die in der Aufgabe Nr. 2 gefundenen neuen Koefficienten B = — 8,6° und C = + 3,6° mit der konstanten Deviation Seite 109 zur Berechnung einer neuen vollständigen Deviationstabelle benutzt werden, um zu zeigen, wie leicht dies gemacht werden kann.

1. Kompass-Kurs.	2. B = — 8,6°		3. C = + 3,6°		4. Halbkreisige Deviation	5. Constante Deviation	6. Gültige Deviation
		°		°	°	°	°
N	0	0	s_8	+3,6	+3,6	0,0	+ 3,6
NzO	s_1	—1,7	s_7	+3,5	+1,8	+1,4	+ 3,2
NNO	s_2	—3,3	s_6	+3,3	0,0	+2,5	+ 2,5
NOzN	s_3	—4,8	s_5	+3,0	—1,8	+3,2	+ 1,4
NO	s_4	—6,1	s_4	+2,6	—3,5	+3,4	— 0,1
NOzO	s_5	—7,2	s_3	+2,0	—5,2	+3,2	— 2,0
ONO	s_6	—8,0	s_2	+1,4	—6,6	+2,3	— 4,3
OzN	s_7	—8,4	s_1	+0,7	—7,7	+1,0	— 6,7
O	s_8	—8,6	0	0	—8,6	—0,4	— 9,0
OzS	s_7	—8,4	—s_1	—0,7	—9,1	—1,8	—10,8
OSO	s_6	—8,0	—s_2	—1,4	—9,4	—2,9	—12,3
SOzO	s_5	—7,2	—s_3	—2,0	—9,2	—3,6	—12,8
SO	s_4	—6,1	—s_4	—2,6	—8,7	—3,8	—12,5
SOzS	s_3	—4,8	—s_5	—3,0	—7,8	—3,4	—11,2
SSO	s_2	—3,3	—s_6	—3,3	—6,6	—2,7	— 9,3
SzO	s_1	—1,7	—s_7	—3,5	—5,2	—1,4	— 6,6
S					—3,6	0,0	— 3,6
SzW					—1,8	+1,4	— 0,4
SSW					0,0	+2,5	+ 2,5
SWzS					+1,8	+3,2	+ 5,0
SW					+3,5	+3,4	+ 6,9
SWzW					+5,2	+3,0	+ 8,2
WSW					+6,6	+2,3	+ 8,9
WzS					+7,7	+1,0	+ 8,7
W					+8.6	—0,4	+ 8,2
WzN					+9,1	—1,8	+ 7,3
WNW					+9,4	—2,9	+ 6,5
NWzW					+9,2	—3,6	+ 5,6
NW					+8,7	—3,8	+ 4,9
NWzN					+7,8	—3,4	+ 4,4
NNW					+6,6	—2,7	+ 3,9
NzW					+5,2	—1,4	+ 3,8

Anmerkung: Mit Jessen und Lüning Tabellen geht diese Arbeit noch leichter und sicherer von Statten.

VI. Kapitel.

§ 63. Ueber den Ort eines Kompasses an Bord.

Aus dem vorhergehenden Kapitel erhellt ohne Weiteres, dass die Aenderungen in der Deviation eines Kompasses sowohl in der ersten Zeit, nachdem das Schiff in Fahrt gestellt ist, als auch später bei Aenderungen der magnetischen Breite oder der Horizontal-Intensität u. s. w. gross sein werden, wenn die magnetischen Kräfte des Schiffes am Kompassorte gross sind, dass ebenso alle Aenderungen klein sein werden, wenn der Kompass an einem Orte aufgestellt ist, wo die magnetischen Kräfte klein sind. Je kleiner die Aenderungen sind, desto bequemer und sicherer wird die Schiffsführung, deshalb sollte keine Mühe gespart werden, den günstigsten Ort für den Regelkompass eines Schiffes zu ermitteln. Hierzu sind Instrumente nöthig, die wohl selten in den Händen der Schiffer zu finden sein werden, deshalb werden sie die Hülfe einer Person, welche die nöthigen Kenntnisse und Instrumente besitzt, nicht entbehren können. Noch gar zu oft wird die Deckeinrichtung völlig fertig gebaut und dann heisst es: Dort soll der Kompass stehen! Ob der Platz für den Regelkompass geeignet ist, von den andern noch garnicht zu reden, ob vielleicht mit kleinen Abänderungen ein viel besserer Platz zu schaffen gewesen wäre, davon kann dann keine Rede mehr sein. Welche Mühen und Sorgen dann später, wenn die Deviation sich beständig stark ändert, mit der Schiffsführung verbunden sind, darüber geht man ziemlich leicht hinweg. Der Kompass-Adjusteur muss die Sache arrangieren, heisst es dann wohl.

Um die Schiffsführung, die ohnehin schon schwierig genug ist, nicht noch unnöthiger Weise zu erschweren, sollte mindestens dahin gesehen werden, dass den Anforderungen, welche die Deutsche Seewarte in dem Segelhandbuch für den atlantischen Ocean Seite 325 stellt und begründet, entsprochen werde.

Daselbst heisst es:

„Die an einen guten Regelkompass, nach welchem das Schiff jederzeit mit Sicherheit navigiert werden kann, bezüglich seiner Deviation zu stellende Anforderung ist: Die Deviation darf ein Maximum von 20° nicht überschreiten*) und muss in den befahrenen Meeren innerhalb dieser Grenzen bleiben, so dass die Aenderungen mit den Ortsveränderungen des Schiffes in Bezug auf die magnetische Breite nur langsam erfolgen und der Schiffsführer nicht so leicht in Unsicherheit über den Kurs gerathen kann, auch wenn eine Zeit lang Azimuth-Beobachtungen nicht erhalten werden können.“

„Dieser Anforderung kann nur entsprochen werden“:

„1. Durch eine Aufstellung fern von den Enden des Schiffes und zwar in der Mittschiffslinie. Der Kompass wird dadurch der Wirkung des Schiffsmagnetismus, der, wie bei allen Magneten, an den Endpunkten am stärksten ist, am meisten entrückt und zwar um so mehr, je näher der Baukurs mit der Nord-Südrichtung übereinstimmt.“

„2. Durch möglichste Entfernung von allen grössern, vertikal stehenden Eisenmassen, als Stützen, Ventilatoren, Schornsteinen, Masten, Schotten etc.“

„3. Durch Erhöhung über Deck und Vermeidung der Nähe horizontaler eiserner Geländerstangen, die queerschiffs vor oder hinter dem Kompass vorübergehen.“

„Im Allgemeinen muss das Bestreben dahin gerichtet sein, den Regelkompass an einen Platz zu stellen, der möglichst frei vom Einfluss einzelner grösserer Eisentheile des Schiffes ist, so dass das Schiff nur in seiner Gesammtmasse als magnetischer Körper vorwiegend auf den Kompass wirken kann. Auch sollten alle beweglichen Eisenmassen, wie eiserne Bänke, die drehbaren Köpfe eiserner Ventilatoren, Ketten und sonstiges eisernes Schiffsinventar 4—5 m vom Kompass entfernt gehalten werden.“

„Vollständig wird diesen Anforderungen allerdings nicht immer entsprochen werden können, da für die Zwecke der praktischen Navigierung des Schiffes neben

*) Natürlich nach der Kompensation.

einer guten Umschau auch Rücksicht auf leichte Zugänglichkeit durch den wachhabenden Offizier genommen werden muss.“

„Bei Segelschiffen, welche ein hohes, bis vor den Besahnmast reichendes Kajütsdeck haben, ist es zweckmässig, den Kompass über einer Brücke, die von dem Hochdeck nach vorn, entweder zu einem Deckhause oder zu den hölzernen Galgen für die Böte führt, etwa in der Mitte zwischen Besahn- und Grossmast aufzustellen, in einer Höhe über dem Hauptdeck von 3,5 m. Ist eine solche Aufstellung nicht angängig, so kann der Kompass auch noch hinter dem Besahnmast über dem Achterdeck, etwa über dem Kajüts-Oberlicht oder der Kajütskappe aufgestellt werden. Ein Ort über einem eisernen Schott sollte unter allen Umständen vermieden werden.“

„Bei Dampfern ist eine Aufstellung des Regelkompasses auf der Kommandobrücke wegen der freien Umschau und der ziemlich heträchtlichen Höhe über dem Hauptdeck in den meisten Fällen zu empfehlen*), doch nur dann, wenn die Brücke 8—10 m vom Schornstein entfernt, die Maschinentheile unter keinem grössern Winkel als 60° unter dem Kompass liegen und die Häuser und Hütten unter der Kommandobrücke von Holz gebaut und nicht mit eisernen Schotten versehen sind. Ausserdem ist es zweckmässig, die eisernen, horizontalen Geländerstangen in der Mitte zu durchbrechen und ein 2—3 m langes Stück durch Messingstangen zu ersetzen. Kann diesen Anforderungen nicht entsprochen werden, so darf ein Kompass auf der Kommandobrücke auch nur als Kontrolkompass benutzt werden, und es ist der Regelkompass an einem andern Orte aufzustellen. Hierzu eignet sich namentlich bei grössern Dampfern das Hinterdeck, wo sich freie Stellen in den meisten Fällen finden werden. Zu beachten ist nur, dass der zu wählende Ort mindestens 7 m vom Ruderpfosten und in einer Höhe von mindestens 1,4 m über Deck sein muss. Pfahlkompasse sind bei grossen Dampfern und bei allen Segel-

*) Auch hält sich hier der wachhabende Offizier stets auf und kann den Kurs am besten kontrolieren; um eine Peilung zu nehmen, braucht er dann die Brücke nicht zu verlassen.

schiffen nicht zu empfehlen. Bei kleineren Dampfern indess, auf welchen sich oft schwer ein guter Platz für einen Regelkompass finden lässt, da alle Häuser und Hütten über den Decken in neuerer Zeit von Eisen gebaut werden, scheint es zweckmässig auf der Kommandobrücke einen Azimuthkompass aufzustellen, ausser diesem aber vor der Kommandobrücke einen sogenannten Pfahlkompass zu errichten. Der Pfahl muss von dem Hauptdeck ausgehen, der Kompass sollte aber nicht über $2^1/_2$ bis höchstens 3 m über der Kommandobrücke angebracht werden, da sonst die Ablesung des Kurses von einem solchen Kompass zu ungenau wird.“

„Steuerkompasse müssen natürlich dort aufgestellt werden, wo die Steuerapparate sich befinden; man wird also im Allgemeinen die Nähe grösserer, vertikaler Eisenmassen, wie Stangen, Schornstein, sowie eiserne Schotten nicht immer vermeiden können. Man sollte indess, so viel wie irgend thunlich, immer die oben angegebenen Principien berücksichtigen, was bei einer zweckmässigen Anbringung des Steuerapparates, der ja nicht immer in unmittelbarer Nähe des Ruders zu stehen braucht, geschehen kann.“

In der letzten Zeit ist durch die Einführung des electrischen Lichtes auf grössern Dampfern ein neues Moment der Unsicherheit in der Schiffsführung geschaffen worden. Die Beispiele mehren sich, wo jedesmal eine Aenderung in der Deviation stattgefunden hat, wenn die Dynamo-electrische Maschine in Thätigkeit gesetzt worden ist. Besonders scheint dies der Fall zu sein, wenn der Schiffskörper zur Rückleitung benutzt wird Sind besondere Drähte zur Rückleitung angebracht, so scheint die Anlage ohne Einfluss auf die Kompasse zu sein, wenn die Drähte nicht gerade in unmittelbarer Nähe des Kompasses vorbei geführt werden. Jedenfalls ist bei Anlegung der Leitung darauf zu sehen, dass dieselbe möglichst weit vom Kompass entfernt bleibt und später in der Fahrt sorgfältig darauf zu achten, ob die Dynamo-electrische Maschine eine Aenderung der Deviation bewirkt oder nicht, wenn sie in Thätigkeit gesetzt wird.

VII. Kapitel.

Die Kompensation des Kompasses.

§ 64. Einleitung.

Schwajet ein Schiff, dessen Deviation die in den Steuertabellen § 40 enthaltene ist, von magn. Ost bis magn. West, so hat es sich in Wirklichkeit um 16 Striche gedreht. Nach dem Kompass hat es von ONO$^1/_4$O bis WNW geschwajet, also durch Norden um $12^1/_4$ Striche, durch Süden um $19^3/_4$ Striche. Giert es in See von NzO bis NNO am Kompass, also einen Strich, so hat es in Wirklichkeit von magn. N$13{,}9^0$O bis N$30{,}7^0$Ost, d. h. um $16{,}8^0$ gegiert, und wiederum, wenn es von S bis SzW am Kompass, also um scheinbar einen Strich giert, dann giert es in Wirklichkeit von magn. S$3{,}2^0$W bis S$11{,}4^0$W, also um $8{,}2^0$. Dass solche Unregelmässigkeiten sehr lästig sind, ist klar genug. Dazu wird wegen der grossen halbkreisigen Deviation die Richtkraft des Kompasses auf den Kursen, die dem Baukurse nahe liegen, sehr klein, auf den entgegengesetzten Kursen sehr gross sein, was einen unregelmässigen Gang der Rose zur Folge hat.

Es fragt sich nun, ob man einestheils die Deviation des Kompasses durch irgend welche Mittel kleiner und anderntheils die Richtkraft desselben auf den verschiedenen Kursen gleichmässiger machen kann. Die Antwort ist ein entschiedenes „Ja“! Dass dadurch der Kompass zuverlässiger und sein Gebrauch bequemer wird, steht so sehr ausser Frage, dass wir keine Worte darüber zu verlieren brauchen.

Wenn irgendwo der Satz richtig ist: Gleiches durch Gleiches! so ist er hier am Platze. Nämlich die Wirkung des festen Magnetismus im Schiffe ist durch festen Magnetismus d. h. durch Stahlmagnete, die des flüchtigen ist durch flüchtigen Magnetismus, wie er in ganz weichem Eisen enthalten ist, aufzuheben, indem man die Stahlmagnete resp. die weichen Eisenmassen so placiert, dass die Wirkung des festen resp. des flüchtigen Magnetismus im Schiffe dadurch aufgehoben wird. Dieses Aufheben der Wirkung des Magnetismus im Schiffe nennt man Kompensieren oder Kompensation.

§ 65. Kompensation der halbkreisigen Deviation.

1. Die halbkreisige Deviation B sin z + C cos z ist, wie wir in den vorhergehenden Kapiteln gesehen haben, die Wirkung: 1. des festen Magnetismus, 2. der Vertikal-Induction des flüchtigen Magnetismus und 3. des halbfesten Magnetismus im Schiffe.

Die Wirkung des halbfesten Magnetismus aufzuheben, kennt man bis jetzt noch kein Mittel; der Schiffer muss sich eben mit derselben bekannt machen und dieselbe in Rechnung ziehen.

Es giebt kein Mittel, in einem neu erbauten Schiffe die Theile von B und C, welche von festem Magnetismus und von der Vertikal-Induction des flüchtigen Magnetismus herrühren, von einander zu trennen. Erst wenn der feste Magnetismus sich im Laufe der Zeit des subpermanenten Magnetismus entledigt, darauf das Schiff eine Reise möglichst weit nach südlicher magnetischer Breite gemacht hat und von dieser geeignete Beobachtungen vorliegen, kann man $\frac{P}{\lambda}$, $\frac{Q}{\lambda}$, $\frac{c}{\lambda}$ und $\frac{f}{\lambda}$, d. h. jene Theile einzeln, berechnen. So lange dies nicht geschehen ist, kann man diese Grössen nur schätzen und demgemäss die Kompensation einrichten, oder auch, und dies geschieht in den weitaus meisten Fällen, die halbkreisige Deviation als allein von festem Magnetismus herrührend ansehen und durch Stahlmagnete kompensieren, wobei nicht ausgeschlossen ist, auf die Wirkung von $\frac{c}{\lambda}$ und $\frac{f}{\lambda}$ Rücksicht zu nehmen.

2. Die Smith'sche Methode der Kompensation.

Will man B und C also die ganze halbkreisige Deviation durch einen einzigen Magneten aufheben, so muss das Schiff schon geschwajet und die Deviation auf so vielen Kompasskursen bestimmt sein, dass man diese Koefficienten mit einiger Sicherheit daraus berechnen kann. In dem Beispiel § 51 ist B = + 21,6°, C = − 3,4°. Da B positiv ist, muss ein blauer Pol nach vorn hin und da C negativ ist, muss ein solcher nach Bb hin liegen.

Ist nach der bekannten Figur 14 $\frac{P}{\lambda} = ov$ und $\frac{Q}{\lambda} = vm = oq$ (einstweilen vorausgesetzt, dass B und C nur von festem Magnetismus herrühren) oder ist $B = ov$ und $C = vm = oq$, so ist $\frac{C}{B} = \frac{-3{,}4}{+21{,}6} = \operatorname{tg} \sphericalangle mov$. Winkel $mov = 9^0$, d. h. der blaue Pol, welcher jene Koefficienten verursacht, liegt um 9^0 nach Bb vorn, was dem Baukurse magn. S 9^0 West entsprechen würde = Komp.-Kurs S 9^0 W. Senkrecht zu dieser Richtung ist die halbkreisige Deviation am grössten (vergl. Seite 109 Spalte 4), deshalb lege das Schiff magn. O $^3/_4$ S = am Komp. OzN an. Darauf lege einen Magneten so horizontal an den Kompassständer, dass sein rother Pol nach vorn und 9^0 nach Backbord, also der blaue Pol nach hinten und 9^0 nach Stb gerichtet ist und nähere ihn dem Kompasse oder entferne ihn davon bis etwa 20^0 Deviation aufgehoben sind. In dieser Höhe stemme man genau horizontal in der Richtung des Magneten — 9^0 nach Bb vorn — 9^0 nach Stb hinten — ein Loch durch den Ständer und befestige den Magneten darin so, dass seine Mitte genau vertikal unter der Mitte der Rose liegt, wenn das Schiff gerade und gehörig bei der Last liegt.

Wie man leicht sieht, muss das Schiff zwei Mal geschwajet werden, erst um B und C und dann um die übrig bleibende Deviation zu bestimmen. Ist es später nöthig, die Kompensation zu verbessern, so hat man wieder dieselbe Arbeit und in See ist es zu schwierig, die Operationen auszuführen, deshalb wird diese Art der Kompensation nur ausgeführt, wenn man mit Hülfe feiner magnetischer Instrumente, die der Seemann nicht in Händen hat, und mittels Rechenmethoden, die ihm zu schwierig sein dürften, B und C auf einem Kurse, den das Schiff gerade anliegt, bestimmt hat.

Der Seemann thut entschieden besser B und C für sich apart zu kompensieren, weil es bequemer geschehen kann und die Kompensation nachher viel leichter zu verbessern ist. Ob man B oder C zuerst kompensiert, ist im Grunde genommen einerlei.

3. Die Airy'sche Methode der Kompensation.

Um B zu kompensieren lege man das Schiff zunächst magn. O oder W an. Bei Land geschieht dies sehr bequem mittels einer Peilscheibe, wie in § 36,3 beschrieben ist. Hat man dies Instrument nicht zur Hand, so wird man es nach dem Regelkompass thun müssen. Angenommen ein gut sichtbares Object, welches nicht zu nahe liegt, peilt S 60° W, dann stelle die Diopter auf 30° nach Bb, von vorn an gerechnet, und hole das Schiff zurecht, bis das Object in Peilung ist, dann liegt es W an. Will man Ost anlegen, so stelle die Diopter auf 150° von vorn nach Stb oder 30° von hinten nach Stb und hole das Schiff zurecht, bis das Object in Peilung ist.

Hat man kein entferntes Object in Sicht und muss sich mit gegenseitigen Peilungen behelfen, dann muss man sich schon die Peilung vom Lande aus zurufen oder signalisieren lassen, wenn das Schiff nahe O oder W anliegt, dann erhält man leicht die Deviation des Regelkompasses und holt darauf das Schiff zurecht, oder man kann mit dem Kompass am Lande den Platz so wählen, dass man den Regelkompass O oder W peilt und lässt dann das Schiff so zurecht holen, dass man die Masten in eins peilt.

In See wird man die Kompensation nur ändern, wenn die Deviation gar zu gross geworden, was einestheils bei neuen Schiffen, wenn der subpermanente Magnetismus nach und nach verschwindet, anderntheils leicht geschehen kann, wenn die Kompensation nur für heimische Gewässer eingerichtet ist und damit das Schiff weit nach Süden kommt. Um in See ein Schiff magn. O oder W anzulegen kann man einfach die Deviation der Kompasskurse bestimmen, zwischen welchen magn. O oder W fällt. Nach der Steuertabelle II, § 40, wäre dies z. B. OzN und ONO. Man muss am Kompass N 69° O steuern, um magn. O zu haben; ebenso muss man am Kompass WNW steuern, um magn. W zu haben. Man kann dann das Schiff nach einem Hülfskompass auf diesem Kurse halten und alle Kompasse, die es nöthig haben, für B kompensieren.

Um dies auszuführen, lege einen Magneten horizontal so an den Kompassständer, dass er genau längsschiffs zeigt und seine Mitte möglichst senkrecht unter der Mitte der Rose sich befindet oder doch sich in der durch die Rosenmitte gehenden Queerschiffslinie befindet. Siehe Figur 38, 1 und 4. Sollte er so die Deviation vergrössern, so kehre man ihn um, nehme mit andern Worten das Vorderende nach hinten. Darauf nähere ihn dem Kompass derart, dass die Deviation so weit aufgehoben ist, wie man dies wünscht. Je senkrechter die Mitte des Magneten unter der Mitte der Rose liegt, desto besser geht später die letztere. Liegt der Magnet an der Seite des Kompassständers, so kann seine Mitte nicht senkrecht unter der Rosenmitte liegen, man sollte dann dahin trachten, dass der Winkel, den die Verbindungslinie dieser beiden Punkte mit der Vertikallinie bildet, nicht grösser als 2 Strich wird. Wird der Winkel grösser, so treten gar leicht Fehler in der übrig bleibenden Deviation ein, die sich 4, 6 und 8 Mal bei einer Rundschwajung wiederholen und einen unregelmässigen Gang beziehungsweise eine sprungweise sich ändernde Deviation des Kompasses zur Folge haben. Einen Magneten in nahezu gleicher Höhe mit der Rose des zu kompensierenden Kompasses nach der Airy'schen Methode zu legen, ist unter keiner Bedingung gestattet, selbst wenn die aufzuhebende Deviation nicht gross ist und der Magnet verhältnissmässig weit vom Kompass entfernt bleibt. Weniger als die doppelte Länge des Magneten beträgt, darf derselbe dem Centrum der Rose nicht genähert werden, weil sonst die oben erwähnten Fehler ebenfalls eintreten.*) Kann man mit einem Magneten die Deviation nicht genügend kompensieren, so nehme man einen zweiten zu Hülfe, indem man an jeder Seite des Kompassständers einen anbringt und zwar möglichst gleich hoch. Kleine Kompensationsmagnete an oder unter der pendelnden Kompassbüchse anzubringen, wie hier und da versucht wird, ist unter keiner Bedingung gestattet, es ist einfach ein Unsinn.

Um C zu kompensieren, muss man das Schiff magn. N oder S anlegen, was in ganz ähnlicher Weise, wie oben angegeben ist, geschehen kann; das Schiff muss hierbei möglichst gerade liegen, weil sonst leicht, wie in Kapitel IV gelehrt ist, ein Krängungsfehler vorhanden sein kann.

*) Vergleiche Hansa 1885 Nr. 17, 18, 19, 23, 24 und 25.

Dann lege vor oder hinter dem Kompassständer einen Magneten, denselben genau queerschiffs horizontal haltend so hin, dass seine Mitte genau in derselben Längsschiffslinie liegt, wie die Mitte der Rose. Darauf nähere ihn dem Kompasse oder entferne ihn davon, bis er die Deviation so weit verringert, wie man es wünscht. Vergrössert er in der ersten Lage die Deviation, so kehre man ihn um, d. h. nimm das Ende, welches nach Stb zeigte, nach Bb. Vergleiche Figur 38, 2 und 3. Was von dem Winkel, den die Linie zwischen Mitte des Magneten und Mitte der Rose mit der Vertikallinie bildet, oben bei der Kompensation von B gesagt ist, gilt auch hier; ebenso das über die Entfernung des Magneten Gesagte.

Die neuesten Kompassständer, welche Ludolph in Bremerhaven nach Thomson liefert, enthalten an jeder Seite 8—10 horizontal genau längsschiffs und an der Hinterseite 8—10 horizontal queerschiffs liegende Löcher, in welche die Magnete einfach hineingesteckt werden. Eine mit Schloss versehene Leiste verschliesst den Zugang. Die Magnete sind so bemessen, dass sie die genau richtige Lage haben, wenn die Leisten darüber gelegt sind. Man hat nichts mit Los- und Festschrauben zu thun und kann sie jederzeit leicht höher oder niedriger legen.

An der Vorderseite befindet sich die Hülse für die Flindersstange und in der Axe des Ständers ein Messingrohr, in welchem der Krängungsmagnet an einer Kette hängt, resp. in die richtige Höhe gebracht werden kann.

An den beiden Seiten sind die Träger für die D-Kompensatoren, die aus zwei Hohlkugeln bestehen, angebracht.

Der Leser wird leicht finden, dass die nach Airy placierten Magnete dieselbe Lage haben, wie in § 5 Nr. 3 besprochen ist. Das Schiff mag stampfen oder rollen oder konstant krängen und dadurch die Magnete ihre Lage gegen die Magnetnadeln der Rose ändern, sie kompensieren doch immer denselben Betrag der Deviation, was man von den Magneten, die nach Nr. 4 oder 5 dieses § placiert sind, nicht sagen kann.

4. Ist der Magnet, welcher B nach Airy's Methode kompensieren sollte, nicht wie oben gelehrt anzubringen

und keine Vorrichtung herzustellen, woran er befestigt werden könnte, so kann man ihn in der Längsschiffslinie vom Kompass so hinlegen, dass er möglichst nahe gleich hoch mit der Rose und seine Axe auf deren Mitte oder doch auf die durch deren Mitte gehende Vertikallinie zeigt, wodurch er die Lage erhält, wie § 5 Nr. 2 beschrieben ist. Da die Stampfbewegungen des Schiffes gewöhnlich nicht sehr gross sind, wird die Verbindungslinie von der Mitte der Rose nach der Mitte des Magneten immer nahe denselben Winkel mit der Vertikallinie bilden. Liegt jedoch das Schiff das eine Mal stark hinterlastig, das andre Mal stark vorderlastig, so wird eine Deviationsänderung nicht ausbleiben; bei starkem Stampfen wird dieselbe daran zu spüren sein, dass die Rose besonders auf Ost- und Westkursen unruhig wird.

5. Bei Pfahlkompassen und mitunter auch bei Steuerkompassen ist auch die in 4 beschriebene Art der B-Kompensation nicht anzubringen, man ist dann vielleicht gezwungen den Magneten vertikal vor oder hinter dem Kompass zu befestigen, vergleiche § 5 Nr. 1. Man halte denselben dann vor oder hinter dem Kompass, in derselben Längsschiffslinie wie letzterer, vertikal an der Wand oder Fläche, woran er zu befestigen ist, und nähere ihn dem Kompass so, dass B so weit aufgehoben wird, wie man beabsichtigt. Ob man ihn unter oder über dem Kompass befestigt, ist einerlei. Vergrössert er die Deviation in einer gewissen Lage, so kehre ihn um. Beim Stampfen und bei vor- oder hinterlastigem Schiffe treten dieselben Nachtheile ein wie unter 4. Endlich wirkt ein so placierter Magnet ganz bedenklich auf den Krängungsfehler ein; dass dieser damit vorkommenden Falls zugleich kompensiert werden kann, steht freilich ausser Frage, allein es ist und bleibt ein ziemlich gewagtes Experiment, B mit einem in der Längsschiffs-Richtung vertikal placierten Magneten zu kompensieren, das nur einem erfahrenen Adjusteur glücken wird.

6. C darf nie nach den Methoden kompensiert werden, die unter Nr. 4 und 5 beschrieben sind, denn beim Segeln hat ein Schiff oft längere Zeit eine bedeutende Krängung, wodurch der Magnet in eine andere Lage zur

Rose kommt und eine andere Deviation verursacht. C darf also nur nach Airy's Methode kompensiert werden.

§ 66. Vorsicht und Rücksichten bei Kompensation der halbkreisigen Deviation.

Es fragt sich nun, ob man B und C immer genau kompensieren soll oder nicht. D ist auf den Hauptstrichen N, S, O und W Null, aber A ist auf allen Strichen gleich gross und E ist auf den Hauptstrichen wieder am grössten, auf O und W mit entgegengesetzten Zeichen, wie auf N und S Auf Schiffen, die ihre magnetische Breite nicht oder nur wenig ändern, wie solche, die in den nordeuropäischen Gewässern bleiben oder in der Fahrt nach den Häfen New-York, Baltimore und dortumher beschäftigt sind, ist es angezeigt, die Deviation so klein als möglich zu machen. Liegen bereits Beobachtungen vor, aus welchen man A und E entnehmen kann, so wird man so viel als ihre Summe beträgt, auf den betreffenden Hauptstrichen unkompensiert lassen oder überkompensieren. Will man ferner die Deviation möglichst klein halten, so darf man die Kurs-Koefficienten $-\frac{v}{\lambda}$ sec J . cos z_p in B und $\frac{v_1}{\lambda}$ sec J . sin z_p in C zur Zeit der Kompensation nicht unberücksichtigt lassen. Lag das Schiff z. B. einige Zeit und wäre es nur ein Tag magn. Süden an, so hat dieses ein + B von vielleicht 1—3 Grad zur Folge, welches man unkompensiert lassen müsste; bei Nordkurs entsteht ein — B. Auf Ostkurs entsteht ein + C, auf W ein — C, welches jedesmal unkompensiert bleiben oder überkompensiert werden sollte. Hat das Schiff einen Zwischenstrich angelegen, so entstehen jedesmal beide Koefficienten, wenngleich von geringerer Grösse.

Bei neuen Schiffen ist zu bedenken, dass der Magnetismus, den wir in § 57 subpermanent genannt haben, allmählig verschwindet. Da der Baukurs bekannt sein wird, wird es dem Adjusteur nicht schwer fallen, die Art desselben, nämlich ob er ein + oder — B oder C zur Folge haben muss, festzustellen und danach einen Theil dieser Koefficienten unkompensiert zu lassen, so dass die

Deviation im Laufe der Zeit sich allmählig verkleinert und möglichst klein bleibt. Wie gross dieser Theil sein muss, wird sich nach den Umständen richten, die in § 57 beschrieben sind und ist sehr von der Güte des verwendeten Eisens im Schiffe und davon abhängig, ob das Schiff nach dem Stapellauf möglichst in umgekehrter Richtung gelegen hat, wie auf dem Stapel. (Vergleiche § 57.)

Auf solchen Schiffen, die voraussichtlich auf ihren Reisen die magnetische Breite stark ändern, wie z. B. auf Reisen von hier rund Kap der guten Hoffnung oder Kap Horn, wird man ausser den vorstehenden Erwägungen noch die zu machen haben, dass B und C ausser von festem Magnetismus noch von der Vertikal-Induction des flüchtigen Magnetismus herrühren. $B = \frac{P}{\lambda} \times \frac{1}{H} + \frac{c}{\lambda}$ tg J, $C = \frac{Q}{\lambda} \cdot \frac{1}{H} + \frac{f}{\lambda}$ tg J, wenn man, wie oben angegeben, den Kurskoefficienten summarisch behandelt.

Während $\frac{f}{\lambda}$. tg J sich fast immer als so klein erwiesen hat, dass man dasselbe auf Schiffen, von welchen keine Beobachtungen vorliegen, aus denen man es berechnen kann, vernachlässigen darf, hat $\frac{c}{\lambda}$. tg J oft einen bedeutenden, durchaus nicht zu übersehenden Betrag. Nach der Arbeit des Herrn Koldewey: Aus dem Archiv der deutschen Seewarte 1879 Nr. 4 kommen $\frac{c}{\lambda}$ von 6^0, also $\frac{c}{\lambda}$. tg J für unsere magn. Breite von 15^0 an Kompassen auf der Brücke vor der Maschine und dem Schornstein vor, und zwar ist der hierdurch verursachte Theil von B in den weitaus meisten Fällen bei uns negativ. In § 58,2 ist die hieraus entstehende Aenderung der Deviation beschrieben. Würde man ein solches $\frac{c}{\lambda}$. tg J bei uns durch Magnete kompensieren, so würde im Laufe der Reise unter dem magnetischen Aequator ein $B = + 15^0$ und bei Kap Horn von etwa $+ 27^0$ zum Vorschein kommen. Es ist klar, dass man in solchem Falle in unsern Breiten den Theil von $B = \frac{c}{\lambda}$. tg J nicht durch Magnete kompensieren, also ein B von $- 15^0$ lassen sollte, man hätte dann unter dem magnetischen Aequator B = o und bei Kap Horn = + 12°, dasselbe ist also nirgends zu gross.

§ 67. Kompensation von $\frac{c}{\lambda}$. tg J.

Der Theil von B, welcher durch $\frac{P}{\lambda} \cdot \frac{1}{H}$ und von C, welcher durch $\frac{Q}{\lambda} \cdot \frac{1}{H}$ ausgedrückt wird, kann durch Magnete für alle Breiten kompensiert werden, hingegen der durch $\frac{c}{\lambda}$. tg J ausgedrückte nicht.

Die Kompensation von $\frac{c}{\lambda}$. tg J ist eigentlich die älteste, denn sie wurde schon im Anfange dieses Jahrhunderts von Kapitän Flinders ausgeführt, wird jetzt jedoch, obgleich die Masse des im Schiffbau verwendeten Eisens ganz bedeutend zugenommen hat, nicht viel angewendet, weil die richtige Ausführung früher ziemlich schwierig war und einige Nachtheile im Gange der Kompassrose zur Folge hatte. Erst Sir W. Thomson, dem wir so viel in Betreff der Kompassverbesserungen zu verdanken haben, hat zweckmässige Methoden erfunden und die Kompassmagnete so eingerichtet, dass diese Art der Kompensation leicht anzubringen ist.

In § 58,2 ist bereits gesagt, dass $\frac{c}{\lambda}$. tg J bei uns fast immer ein — $\frac{c}{\lambda}$ ist und ein — B erzeugt; in Figur 28,1 ist jene Kraft bildlich dargestellt. Placiert man eine Stange weichen, gut ausgeglühten Eisens wie c_3 vor den Kompass, dass das obere Ende um so weit, als der Pol vom Ende entfernt liegt, über der Ebene der Rosenmagnete hervorragt, so wird sie das — $\frac{c}{\lambda}$. tg J wie c_1 Figur 28 kompensieren können. Die Masse und Länge dieser nach ihrem Erfinder benannten Flindersstange sowie ihr Abstand muss natürlich nach der Grösse des zu kompensierenden $\frac{c}{\lambda}$. tg J bemessen werden. Thomson hat zu dem Ende an der Vorderseite des Kompassständers eine vertikale Messinghülse angebracht, in welcher die ppt 78 mm Durchmesser haltende Stange mittels darunter zu placierende Holzstücke in der erforderlichen Höhe gehalten wird. Die Länge dieser Cilinder ist 30, 15, 7,5 und $3^3/_4$ cm. Dieselben sind sehr zweckmässig für Kompasse mit den kleinen Thomson'schen Magneten; für Normalrosen mit langen, starken Magneten oder für Hechelmann's Rosen sollten Cilinder von so grossem Durchmesser nicht angewendet werden, denn die von jenem ausgehende Induction und die der Erde verursachen dann nicht unbeträchtliche A, D und E in der nachbleibenden Deviation, die man dadurch verringern kann, dass man die Stange dünner und entsprechend länger macht.

Da es unmöglich ist, Eisen so weich zu machen, dass es nur flüchtigen Magnetismus enthält, hat die Kompensation mittels einer Flindersstange manche Gegner. Es lässt sich nämlich nicht verkennen, dass der Schiffsmagnetismus, der Erdmagnetismus und die Magnete, welche zur Kompensation desselben Kompasses angebracht sind, der Flindersstange nicht bloss flüchtigen, sondern auch festen und halbfesten Magnetismus inducieren werden, und da sie dem Kompass sehr nahe gebracht wird, kann der letztere von ziemlich beträchtlicher Wirkung sein, es kann in der ersten Zeit nach der Kompensation eine Aenderung der Deviation entstehen, die das Schiff allenfalls gefährden könnte.

In den meisten Fällen kann man jedoch den Kompass mit der Flindersstange einige Tage vor dem Regulieren an seinen Ort bringen und die Stange so der Einwirkung der verschiedenen Kräfte aussetzen; braucht man dann die Vorsicht, B durch 2 Magnete an beiden Seiten in gleicher Höhe zu kompensieren, also in möglichst grosser Entfernung von der Flindersstange und den Magneten, der das etwa vorhandene C kompensiert, an der entgegengesetzten Seite des Kompassständers anzubringen, so ist die Wirkung dieser Magnete auf die Flindersstange so klein, dass von einer Gefahr keine Rede sein kann. (Vergleiche Hansa 1885 Nr. 17, 18 und 19.)

Die grösste Gefahr, welche mit der Anbringung der Flindersstange verbunden sein kann, rührt von dem in § 9 beschriebenen halbfesten Magnetismus her, den sie durch Erschütterungen aufnimmt, deshalb sollte sie stets so angebracht werden, dass sie durchaus nicht von zufälligen Stössen getroffen werden kann. Die verhältnissmässig sehr dicken Flindersstangen nach Thomson nehmen lange nicht so viel halbfesten Magnetismus auf als die dünneren und längeren Stangen, jene sind deshalb diesen weit vorzuziehen.

§ 68. Kompensation der viertelkreisigen Deviation.

$D = \frac{1}{\lambda}\left(\frac{a-e}{2}\right)$. In den meisten Fällen entsteht D überwiegend aus — a und — e Kräften, Figur 26 und 31, und zwar trägt der flüchtige Magnetismus in Deckbalken und Queerschotten gewöhnlich den grössten Theil dazu bei, so dass D fast immer positiv ist. Da nun der flüchtige Magnetismus in solchen Eisenmassen, die in Figur 30 mit + e bezeichnet sind, genau die entgegengesetzte Wirkung haben, nämlich — D verursachen, wird man durch in dieser Weise anzubringende, weiche Eisenmassen leicht ein + D kompensieren können.

Die deutsche Seewarte empfiehlt dazu gut in Holzkohlen ausgeglühte 20 — 30 cm lange Enden von Kesselröhren von 6 — 7 cm Durchmesser, die man so seitwärts vom Kompass horizontal befestigt, dass die Axen dieser Hohlcilinder auf die Mitte der Rose gerichtet sind. Von England aus wurden früher hohle, gusseiserne Cilinder mit Kugelenden empfohlen; Thomson endlich empfiehlt hohle, gusseiserne Kugeln von etwa 1 cm Wandstärke, alle sorgfältig ausgeglüht. Während die Cilinder genau wie die Kesselröhren zu befestigen sind, sollen die Kugeln auf ein paar an den Seiten des Kompassständers anzuschraubenden Statifen so angebracht werden, dass die Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte durch die Mitte der Rose geht und genau horizontal queerschiffs läuft, wenn das Schiff gerade liegt.

Nachdem der Kompass für B und C kompensiert ist, rechne die für die Hauptzwischenstriche aus den nachgebliebenen Resten sich ergebende Deviation = δm aus, hole das Schiff auf einen Hauptzwischenstrich z. B. magn. NO und nähere darauf die D-Kompensatoren dem Kompass derart, dass nur noch ∂m nachbleibt, wobei darauf zu sehen ist, dass beide gleiche Entfernung vom Kompass haben. Hat man es in der Gewalt, so sollte man D lieber etwas über- als unterkompensieren, denn durch Anbringen der + e Kräfte stärkt man die Richtkraft des Kompasses, welche durch — e und — a geschwächt wird. Wenn man + D ungefähr so viel überkompensiert als die — a Kräfte betragen, wird der Kompass an Bord ungefähr dieselbe Richtkraft haben wie am Lande, wenn kein Eisen in der Nähe ist.

Die D-Kompensatoren sollten gerade wie die Flindersstange aus so weichem Eisen verfertigt sein, dass sie keinen festen oder halbfesten Magnetismus enthalten können. Dies ist praktisch jedoch nicht zu erreichen; sie werden unter der Einwirkung des Magnetismus der Erde, des Schiffes und der Kompensationsmagnete immer etwas von beiden Arten Magnetismus aufnehmen, weshalb es zu empfehlen ist, dieselben schon einige Tage vor dem Regulieren anzubringen.

Hat der zu kompensierende Kompass eine sogenannte Normalrose mit langen Magneten oder ist es ein Fluidkompass mit eben solchen, so müssen die D-Kompensatoren jedenfalls um $^5/_4$ Nadellängen vom Centrum der Rose entfernt bleiben.

Früher wurde D vielfach durch Kästchen mit dünnen Eisenketten, die in derselben Weise wie oben angegeben befestigt wurden, kompensiert. In neuerer Zeit ist man gänzlich davon zurückgekommen, denn die Ketten rosten gewöhnlich bald zu einem Klumpen zusammen, verlieren ihre Inductionsfähigkeit und verfehlen so ihren Zweck. Ausserdem sind sie nicht kräftig genug, um ein bedeutendes D zu kompensieren und ein kleines D bis zu 3 oder 4 Grad lässt man ebensogut unkompensiert.

Sämmtliche weiche Eisenmassen, mögen sie aus bestem Kerneisen oder aus Gusseisen bestehen, verlieren mit der Zeit, besonders wenn sie sich mit Rost überziehen, einen Theil ihrer Inductionsfähigkeit, mit andern Worten, sie werden mit der Zeit schwächer, deshalb sollte man sie alle 1—2 Jahre wieder ausglühen.

Dies Ausglühen geschieht dadurch, dass man den Körper auf ein Stück Eisenblech legt, mit pulverisierter Holzkohle ganz bedeckt und dann das Ganze in ein Schmiedefeuer schiebt. Wenn die Holzkohle wegbrennt, muss sie sofort ergänzt werden, damit die Luft nicht unmittelbar zum Eisen kommen kann. Ist das Eisenstück hellglühend — nicht weissglühend — geworden, so wird es aus dem Feuer genommen, nochmals recht dick mit Holzkohle bestreut und zum langsamen Erkalten ruhig hingestellt. Von Zeit zu Zeit ist nachzusehen, ob das Eisen auch irgendwo bloss kommt, was durch Ergänzen der Kohle sorgfältig zu verhüten ist. Erst nach 2—3 Tagen ist das Eisen völlig erkaltet und wenn geeignetes Material dazu genommen ist, so weich als möglich. Schlägt man das Eisen in Lehm und lässt dieses gut troknen, ehe man es ins Feuer bringt, so wird der Vorgang sehr erleichtert, indem es weniger schadet, wenn einmal eine Stelle bloss kommt.

Um so hergerichtete Kompensatoren vor dem Rosten zu bewahren, welches, wie bereits gesagt, ihre Kraft schwächt, empfiehlt die Deutsche Seewarte, sie innen und aussen dick mit Vaseline zu bestreichen und in einen möglichst dichten Behälter einzuschliessen. Die Thomson'schen Kugeln werden einfach mit Eisenlack oder Farbe bestrichen, jedoch muss auf die Unterhaltung des Anstriches alle Sorgfalt verwendet werden.

Nach dem Handbuch der Navigation, herausgegeben von dem hydrographischen Amt zu Berlin, 2. Auflage 1881, kann man durch gusseiserne Cilinder mit Kugelenden und durch Thomson's Kugeln folgende Kompensationen bewirken.

Entfernung des Cilinderendes vom Mittelpunkt der Rose	Ablenkungswinkel der kleinern Cilinder	Ablenkungswinkel der grössern Cilinder
20,3 cm	$6{,}3^0$	$8{,}5^0$
22,9 cm	$4{,}1^0$	$6{,}0^0$
25,4 cm	$2{,}9^0$	$4{,}3^0$
27,9 cm	$2{,}0^0$	$3{,}1^0$.

Rose	Kugeldurchmesser 175 mm = 7″		Kugeldurchmesser 215 mm = 8½″		Kugeldurchmesser 255 mm = 10″	
	Entfernung der Kugeloberfläche vom Mittelpunkt der Rose mm	kompensiertes D	Entfernung der Kugeloberfläche vom Mittelpunkt der Rose mm	kompensiertes D	Entfernung der Kugeloberfläche vom Mittelpunkt der Rose mm	kompensiertes D
gewöhnliche Normalrose	258 233 208	4,3° 7,3° 9,0°	238 223 208	7,3° 9,5° 11,2°	218 213 208	9,3° 11,2° 14,2°
Thomson-Rose	258 233 208	2,7° 3,5° 4,5°	238 223 208	4,7° 5,5° 6,2°	218 213 208	6,8° 7,3° 7,8°

Will man auch für E kompensieren, so kann dies geschehen, indem man die D-Kompensatoren entsprechend schräg gegen die Queerschiffslinie placiert. Da E mit cos 2z zu multiplicieren ist, ändert sich die davon herrührende Deviation von einem Strich zum andern ebenso beträchtlich wie bei D und kann deshalb ebenfalls lästig werden, wenn es bei ungünstigem Orte sehr gross ist.

Obgleich D und E keinen innern oder theoretischen Zusammenhang haben, indem $D = \frac{1}{2}\frac{(a-e)}{\lambda}$, E aber $= \frac{1}{2}\frac{(d+b)}{\lambda}$ ist, haben sie der äussern Form nach und in ihrer Wirkung auf die Aenderung der Deviation doch viel Aehnlichkeit und können sehr wohl zugleich kompensiert werden. Um den Betrag der wegen D und E auf einmal weg zu kompensierenden Deviation = s zu finden, hat man $s = \sqrt{D^2 + E^2}$, und um den Winkel m zu finden, den die Kompensatoren mit der Queerschiffslinie bilden müssen, hat man:

$$\operatorname{tg} 2m = \frac{E}{D}.$$

Ist E negativ, so ist der Steuerbord-Korrektor um den $\sphericalangle$ m nach vorn, der Backbord-Korrektor nach hinten zu placieren. Ist E positiv natürlich umgekehrt, so dass die Verbindungslinie durch den Mittelpunkt der Kompassrose geht.

Um die richtige Entfernung der Kompensatoren zu treffen, kann man vorstehende Tabelle benutzen oder man hole das Schiff so zurecht, dass die Nordsüd-Linie der Rose vor dem Anbringen der Kompensatoren einen Winkel $= 45^0 + \frac{1}{2}\,\delta$*) mit deren Richtung macht. Hierauf bringe die Kompensatoren an ihren Platz und nähere sie dem Kompass derart, dass die von D und E für den Kompasskurs, welchen es gerade anliegt, herrührende Deviation aufgehoben wird, dieselbe wird $= s$ sein.

§ 69. Kompensation des Krängungsfehlers.

Der Krängungsfehler entsteht einestheils aus der Wirkung des festen Magnetismus, anderntheils aus der Vertikal-Induction von flüchtigem Magnetismus. Letzteren für sich allein zu kompensieren, scheint bis jetzt noch nirgends versucht zu sein; man kompensiert vielmehr den Krängungsfehler bis jetzt ausschliesslich durch Stahlmagnete, als wenn er allein durch festen Magnetismus erzeugt würde, wobei natürlich nicht ausgeschlossen ist, für $\frac{k-e}{\lambda}$ tg J einen entsprechenden Theil unkompensiert zu lassen, wie wir dies bei B für $\frac{c}{\lambda}$ tg J gesehen haben.

Um einen Kompass für den Krängungsfehler kompensieren zu können, bringt man im Kompassständer eine Vorrichtung an, dass man einen Magneten mit seiner Axe genau vertikal in der durch den Mittelpunkt der Rose gehenden Vertikallinie auf und nieder bewegen kann. Um zu probieren, ob dieser Anforderung Genüge geleistet ist, muss man den Kompass mit seinem Ständer am Lande auf eine horizontale Fläche stellen und irgend ein nicht zu nahes Object peilen. Hierauf bringe den Magneten an seinen Ort und drehe darauf den Ständer allmählig um seine Axe, wobei man auf die Peilung des gewählten Objects achtet. Bleibt die Peilung immer dieselbe, so ist der Magnet richtig placiert, wo nicht, muss seine Lage corrigiert werden.

*) d. h. δ, welche von D und E herrührt.

Will der Schiffer die Kompensation des Krängungsfehlers selber in die Hand nehmen oder die Richtigkeit einer schon vorhandenen Kompensation selbst prüfen, so wird dies geschehen können, indem er das Schiff möglichst nahe N am Kompass oder S anlegt, wobei es möglichst gerade liegen muss. Er hat sich nun ein Merk am Lande zu wählen, um zu sehen, ob das Schiff seine Lage genau einhält. Hierauf trimmt er es 7 — 10 Grad nach einer Seite; hat der Kompass einen Krängungsfehler, so wird er auch bei unveränderter Richtung des Schiffes einen andern Kurs zeigen, worauf man den Magneten der Rose so weit zu nähern hat, dass der Kompass wieder denselben Kurs zeigt, wie bei gerader Lage. Gut wird es sein, das Schiff unter Beobachtung derselben Vorsichtsmassregeln, betreffend die unveränderte Richtung, darauf 7 — 10 Grad nach der andern Seite zu krängen und den etwa sich noch zeigenden Fehler dann nur zu Hälfte wegzuschaffen.

Da gar manche Häfen und Docks eine nahezu N- oder Südrichtung haben, ist die Gelegenheit zu der vorstehend erwähnten Operation durchaus nicht so selten. Besondere Arbeit macht sie ebenfalls nicht, denn sie kann beim Löschen oder Laden ausgeführt werden, indem eine kurze Zeit hindurch von der gerade passenden Seite gelöscht wird, oder indem man eine Zeitlang die übergenommene Ladung nach einer Seite staut. Neben dem Schiffe etwa am Lande befindliche Eisenmassen schaden nicht sehr, wenn sie nicht gar zu gross sind. Vergleiche § 54,6.

Hat man Thomson's Vertikalkraft-Instrument, dann hole das Schiff so zurecht, dass es magnetisch Ost oder West anliegt, entferne den Kompass und halte das Instrument so, dass die kleine Nadel in der Ebene der Kompassnadeln im magnetischen Meridian liegt, ihr Nordende nach Norden zeigt und ihre Mitte in der Axe des Kompassständers sich befindet, wobei zugleich darauf zu achten ist, dass die Libelle einspielt. Ist kein Krängungsfehler vorhanden, so liegt die Nadel horizontal, ist ein solcher vorhanden, so neigt sie sich; die Anzahl Striche, welche sie bei einem gut adjustierten Instrumente aus-schlägt, ist meistens = K = dem Krängungs-Koefficienten in Zehntel-Graden ausgedrückt. Der Kompensationsmagnet ist darauf an seinen Ort zu bringen und so weit in die Höhe zu schieben, oder so weit herunter zu lassen, bis die Nadel wieder ungefähr horizontal liegt. Wegen λ sollte dies nämlich nicht genau der Fall sein, man sollte immer nur $\lambda \times K$ kompensieren. Schlägt die Nadel zuerst 9 Striche aus, ist also demnach $K = 0{,}9^0$ und ist $\lambda = 0{,}88$, so sind 0,8 Striche wegzukompensieren $= 0{,}9 \times 0{,}88$, und $0{,}1^0 = 1$ Strich unkompensiert zu lassen, im Durchschnitt ist dies $^1/_8$—$^1/_{10}$ des ursprünglichen Betrages bei Regelkompassen; bei Steuerkompassen kann λ viel kleiner sein, besonders wenn derselbe in einem eisernen Steuerhause steht, dann muss man auch einen viel grössern Theil — bis zu $^1/_2$ — unkompensiert lassen.

Hat man ein Vertikalkraft-Instrument an Bord und will damit während der Reise die Kompensation des Krängungsfehlers genau halten, dann verfährt man besser auf folgende Weise: Zunächst justiere am Lande, wo kein Eisen in der Nähe ist, die Nadel, dass sie genau horizontal liegt, also auf 1,5 der Skale zeigt, indem man das kleine papierne Laufgewicht passend verschiebt, und messe den Abstand desselben von der Axe der Nadel nach der im Innern der Röhre schräg liegenden Skale. Diesen Abstand multipliciere mit λ des fraglichen Kompasses, welches man kennen muss, und verschiebe das Laufgewicht, dass es einen Abstand von der Axe gleich dem erhaltenen Producte hat. Diesen Abstand wollen wir in der Folge den Normalabstand = a für den betreffenden Kompass nennen. Bei der Kompensierung des Krängungsfehlers placiere dann aber den Magneten so, dass die Nadel genau horizontal liegt.

Aendert nun im Laufe der Reise die Vertikal-Intensität der Erde und hat man dementsprechend die Kompensation des Krängungsfehlers zu berichtigen, dann verfahre in folgender Weise: Die Vertikal-Intensität des Ortes, wofür die Nadel adjustiert ist, sei Z, die des neuen Ortes Z^1, dann ist das Laufgewicht auf $a \times Z^1 : Z$ zu schieben; z. B. der Ort, wo die Nadel adjustiert ist,

d. h. wo a bestimmt ist, sei Bremerhaven-Geestemünde, daselbst ist $Z = H \times tg\ J = 1{,}8 \times tg\ 68^0 = 1{,}8 \times 2{,}48 = 4{,}45$. Für 20° N. Br. und 20° W. Lg. ist $H \times tg\ J = 2{,}87 \times tg\ 45^0 = 2{,}87$.*) $a \times Z^1 : Z = a \times 2{,}87 : 4{,}45 = a \times 0{,}65$. Auf diesen Abstand schiebe das papierne Laufgewicht nach der schrägliegenden Skale und berichtige K, indem man magnetisch Ost oder West steuert und den Kompensations-Magneten derart placiert, dass die Nadel in dem Vertikalkraft-Instrumente horizontal liegt.

Kommt man auf magnetische Süder Breite, dann muss das papierne Laufgewicht auf das Nordende der Nadel gesteckt werden. Gut ist es dann, die Nadel umzuhängen, damit der Abstand des Laufgewichtes von der Nadelaxe genau gemessen werden kann; aber viel besser wäre es, wenn das Instrument auf jedem Ende mit einer solchen Skale versehen würde. Die Ursache ist leicht einzusehen: Die Vertikal-Intensität bekommt beim Ueberschreiten des magnetisehen Aequators wie die Inklination das umgekehrte Zeichen. Z. B. für einen Ort in der Nähe des Kap der guten Hoffnung ist $H = 2{,}0$, $J = -57^0$, also $Z = -3{,}1$; $a \times -3{,}1 : 4{,}45 = a \times -0{,}7$, d. h. das papierne Laufgewicht ist auf das Nordende der Nadel zu schieben und sein Abstand von der Axe muss $a \times 0{,}7$ sein.

Unter dem magnetischen Aequator und in der Nähe desselben ist das Laufgewicht gänzlich zu entfernen.

Die kleine Magnetnadel darf nie mit blossen Händen berührt oder gar angefasst werden, weil dies leicht Anlass zu Rostbildung giebt, welche die Nadel ruiniert. Zum Ausführen der nöthigen Manipulationen bediene man sich stets einer beigegebenen Pinzette.

Bei Normalrosen und bei Rosen mit Thomson-Magneten wird K in solcher Weise recht gut kompensiert sein, aber bei Hechelmann's Rosen ist K wegen der eigenthümlichen Anordnung der Magnete, welche für die Kompensation nicht günstig ist, um etwa $^1/_7 - ^1/_6$

*) Man nehme J als Kurs und H als Breitenunterschied, dann findet man Z unter Abweichung.

unterkompensiert. Um bei diesen Rosen K ganz weg zu kompensieren, muss der Magnet derselben noch etwas mehr genähert werden. (Vergl. Hansa 1885 Nr. 25.)

Wie nützlich ein solches Instrument an Bord eines eisernen Schiffes sein muss, wird jeder, der sich in südlicher Breite mit grossem, stark geändertem Krängungsfehler abgequält hat, leicht ermessen. Die Handhabung ist eine so leichte, dass jeder Offizier sie in einer Viertelstunde erlernen kann. Es wäre Vermessenheit zu glauben, dass dieses wundervoll praktische Instrument bald an Bord eines jeden eisernen Schiffes zu finden sein wird und zu den unentbehrlichen Inventarienstücken gehört, aber der Hoffnung darf wohl schon jetzt Ausdruck gegeben werden, dass es in wenigen Jahren an Bord eines jeden deutschen Postdampfers, der seine Breite stark ändert, zu finden sein wird, von welchen aus es dann seinen Weg auf andere Schiffe schon ganz von selbst finden wird.

Hat man ein Thomson's Vertikalkraft-Instrument nicht an Bord, so wird man die Aenderung im Krängungs-Koefficienten resp. im Krängungsfehler an dem allmähligen Unruhigwerden der früher ruhig gehenden Kompassrose, wie § 54,8 bereits erwähnt ist, gewahr werden. (Vergl. auch § 53, Seite 117). Wird die Rose gar zu unruhig und ist man gezwungen, die Kompensation zu verbessern, so steuere man N oder S am Kompass, wenn das Schiff mässig rollt, schiebe den Magneten allmählig höher oder tiefer und sehe zu, bei welcher Lage die Rose am ruhigsten ist. Man kann dann sicher sein, dass K besser als vorher kompensiert ist.

Dass man die alte wie auch die neue Lage genau zu notieren hat, indem man den Abstand des Magneten vom Kompass misst, sowie in welcher Breite und Länge man eine Aenderung vorgenommen hat, braucht wohl kaum erwähnt zu werden. Man hat dann für spätere Reisen, auf welchen man wieder in dieselbe Gegend kommt, werthvolle Anhalte, nach denen man sich richten kann.

Ist ein positives K vorhanden, so hat der Kompensationsmagnet den rothen Pol nach oben. Derselbe ist bei Reisen südwärts gewöhnlich vom Kompass zu entfernen, bei Reisen nordwärts demselben zu nähern. Enthält K einen bedeutenden Betrag von + (k—e), so kann es auf südlicher Breite vorkommen, dass der Magnet ganz fortgenommen und endlich sogar mit dem blauen Pol nach oben angebracht werden muss.

§ 70. Die Reihenfolge der einzelnen Kompensationen.

Endlich fragt es sich, in welcher Reihenfolge sind die einzelnen Operationen auszuführen? Will man bei einem neuen Schiffe für D und für $\frac{c}{\lambda}$ tg J kompensieren, so thut man gut, die D-Kompensatoren sowie die Flindersstange schon einige Tage vorher an ihren Ort zu bringen und zwar wird man beide Grössen schätzen müssen, wozu allerdings einige Uebung und Erfahrung unumgänglich nöthig ist.

Kann man die Kompensations-Magnete für B und C nach Airy oder Smith anbringen, dann thut man am besten, zuerst den Krängungsmagneten zu placieren, denn derselbe ist durchaus nicht immer richtig — senkrecht unter der Mitte der Rose — angebracht, dass er bei gerade liegendem Schiffe keine Deviation erzeugt. Erzeugt er auf gewissen Kursen einige Grade Deviation, so wird dies durch die nachfolgende Kompensation für B und C wieder aufgehoben, während diese letzteren Kompensatoren, wenn sie richtig placiert werden, ohne Einfluss auf den Krängungsfehler sind.

Ist man jedoch genöthigt, die Kompensation für B nach § 65 Nr. 4 und 5 anzubringen, dann wird man erst für B kompensieren müssen, weil dieser Magnet auf den Krängungsfehler wirkt, was dann später durch Anbringen des Krängungsmagneten aufgehoben oder unschädlich gemacht werden kann. Ob man dabei für C vorher oder nachher kompensiert ist einerlei, da dies stets nach Airy zu geschehen hat. Endlich ist dann die Kompensation für D eventuell zu berichtigen, wie oben bereits in § 68 angegeben ist.

§ 71. Ueber Karten mit den magnetischen Elementen.

Besieht man sich die Karten der magnetischen Elemente, so findet man die betreffenden Linien in hübsch gleichmässigen Curven ausgezogen. Indessen dürfte, wie in der letzten Zeit mehrfach betont ist, ein Theil dieser Curven lediglich auf theoretischen Berechnungen beruhen, deren Grundlagen keineswegs in allen Fällen ganz unzweifelhaft sicher sind. Z. B. finden wir auf den Missweisungskarten die Linien gleicher Missweisung bis an die Grenzen des ewigen Eises und noch darüber hinaus gezogen, bis wohin vielleicht vor langen Jahren ein Forscher gedrungen ist, dessen Instrumente viel zu wünschen übrig liessen; ja wir finden sie an Stellen gezogen, wohin nachweisbar noch niemand gekommen ist. Sollten die Angaben der Missweisung, die doch an Bord direct bestimmt werden kann, wohl überall correct sein? sollte dieselbe der dort herrschenden Missweisung wirklich entsprechen? Und wie sieht es erst mit den andern Elementen, der Inclination und der Intensität aus, die an Bord eines Schiffes nur mit Hülfe kostbarer Instrumente und mit vieler Mühe annähernd richtig gefunden werden können? Leider dürfte die Antwort mit den Worten eines neuern Forschers dahin lauten, dass die Angaben der Karten in manchen Stücken mehr oder weniger unsicher und an manchen Orten reine Phantasiegebilde sind, wenn wir den letzten Ausdruck auch nicht gerade unterschreiben möchten. Rechten wir indessen darum nicht mit den Männern, die in den Karten einestheils das gegeben haben, was bei ihrem Sammelfleiss an wirklichem Beobachtungsmaterial zu erreichen war, und wo dies im Stiche liess, uns das eingezeichnet haben, was die theoretischen Untersuchungen über die Vertheilung des Erdmagnetismus als die wahrscheinlichen Werthe der magnetischen Elemente ergeben haben. Zu wünschen wäre nur, dass auf den künftig erscheinenden Karten ersichtlich gemacht würde, in wie fern die Angaben durch wirkliche und vertrauenswürdige Beobachtungen gewonnen sind, die durch Vergleichung mit solchen Resultaten, die in der Nähe gemacht sind, als zuverlässig erkannt sind, und in wie fern sie sich lediglich auf theoretischen Rechnungen gründen.

In § 56 ist gesagt worden, dass man ein scheinbares A in der Deviation erhalten wird, wenn man eine fehlerhafte Missweisung in Rechnung setzt. Kennt der Schiffer das unveränderliche A seines Regelkompasses und findet an einem andern Orte nach einer vollen Rundschwajung, dass aus der ermittelten Deviation ein A folgt, welches gar zu viel von dem als richtig erkannten abweicht, so ist er berechtigt, die scheinbare Aenderung in A auf die Rechnung einer fehlerhaften Missweisung in seiner Karte zu setzen, wenn die magnetischen Verhältnisse an Bord seines Schiffes dieselben geblieben sind. Dass die deutsche Seewarte solche Berichte stets mit Dank entgegen nimmt und sie bei der Herausgabe ihrer Werke bestens verwerthet, dürfte bekannt genug sein.

In § 60 ist gesagt, dass die aus den Konstanten berechneten Koefficienten B und C — und natürlich auch die daraus abgeleitete Deviation — volles und unbedingtes Vertrauen nicht in Anspruch nehmen können. Bedenkt man dazu, dass die zur Berechnung der Koefficienten nöthigen magnetischen Elemente auch nicht überall sicher sind, so gewinnt jene Warnung gewiss noch an Gewicht.

§ 72. Bestimmung der Deviation des Kompasses ohne Peilungen.

In unsern Breiten kommt es häufig vor, dass man auf einem Schiffe mehrere Tage lang kein Gestirn sieht, die Deviation nicht bestimmen kann uud in Folge davon über seinen Kurs resp. über seinen Schiffsort sehr in Ungewissheit kommt. Bei den in unserer Gegend im Herbst mitunter viele Tage anhaltenden Nebeln wäre eine Methode wünschenswerth, unabhängig von der Peilung der Gestirne Deviationsbestimmungen machen zu können. Eine solche Methode giebt es wirklich, ja es giebt sogar deren zwei. Die eine mittels Thomson's Deflector bedingt für den Schiffer eine fortwährende Aenderung in der Lage der Kompensationsmagnete und kann deshalb, so genial sie auch ist, nicht empfohlen werden.*) Die andere ist von zwei österreichischen Marineoffizieren, Szigyàrto und Florian, erdacht und in einem lithographierten Rundschreiben wie folgt beschrieben worden. Bedenkt man, dass ein Dampfer bei dichtem Nebel, bei dem in den weitaus meisten Fällen nur flaue Briese herrscht und wenig oder kein Seegang vorhanden ist, doch langsam fahren muss, so kommt man leicht zu dem Schlusse, dass er durch Anwendung dieser Methode so gut wie nichts verliert, dieselbe also recht gut anwenden kann.

„Von einem in gleichmässiger Fahrt befindlichen Dampfer, welcher das Ruder an die eine Bordseite gelegt hat, wird man nach Verlauf von 2—3 Minuten — von Beginn der Drehung an gerechnet — annehmen können, dass derselbe in gleichen Zeiten gleiche absolute Drehungswinkel beschreibt, vorausgesetzt, dass Wind und Seegang ruhig sind.“

„Zufolge der gleichmässigen Drehung ist somit der einem bestimmten Zeitabschnitt entsprechende absolute Drehungswinkel durch die volle Umlaufszeit des Schiffes gegeben.“

„Vergleicht man den unter solchen Verhältnissen in einem bestimmten Zeitabschnitt durchlaufenen absoluten Drehungswinkel des Schiffes mit der in demselben Zeitinterwalle seitens eines beliebigen Theilstriches der Kompassrose vollführten Winkelbewegung, so ergiebt sich hierbei eine Differenz, welche offenbar die Aenderung der Deviation der Nadel für die zugehörigen Kompasskurse bedeutet.“

„Dasselbe gilt bei Weiterdrehung des Schiffes von der Winkeldifferenz der folgenden gleichen Zeitabschnitte, in welchen sich dieselben nach Massgabe der Deviationsänderungen ändern werden.“

„Führt man diese vergleichenden Beobachtungen so lange durch, bis der Kreis vollständig geschlossen ist,

*) Ich weiss recht wohl, dass man auch mittels des Deflectors B und C bestimmen kann; meine aber, dass dies für Schiffer denn doch zu weit aus dem Wege liegt.

beziehungsweise jener Theilstrich der Rose, bei welchem die Beobachtung begonnen wurde, wieder am Steuerstrich einspielt, so ist durch die Verhältnisse der einzelnen Winkelunterschiede schon der Verlauf der Deviationscurve ausgedrückt.“

Ein Beispiel wird das Gesagte am besten verdeutlichen: Ein bei Nebel, schlichtem Wasser und flauer Briese langsam WNW steuernder Dampfer legt sein Ruder 5^0 nach Backbord, worauf er allmählig seinen Kurs nach Steuerbord ändert. Als sein Regelkompass N anlag wurde die Zeit nach einer Uhr $4^n\ 1^m\ 4^{nd}$ notiert. Um $2^m\ 4^{nd}$ lag es an denselben Kompass N16^0O an, um $3^m\ 4^{nd}$ N$31{,}5^0$O u. s. w. wie Spalte 1 und 2 der nachfolgenden Tabelle angeben. Um $4^n\ 21^m\ 14^{nd}$ lag es wieder Norden an.

Die erste von der letzten Uhrzeit subtrahiert, ergiebt, dass zu einer vollen Drehung von 360^0 20 Min. 10 Sek. gebraucht sind. Das Schiff drehte demnach $17{,}8^0$ in jeder Minute. Von Norden anfangend ist die jeder Minute entsprechende, absolute Drehung in Spalte 3 eingetragen. Nennen wir den in Spalte 2 eingetragenen Kurs den Kompasskurs und den in Spalte 3 den richtigen Kurs, so findet man durch Vergleichung dieser beiden leicht die Grösse und den Namen der — nennen wir sie — scheinbaren Deviation.

Wäre im Anfangspunkt N die Deviation wirklich Null, so würde diese scheinbare Deviation gleich der wirklichen sein. Da wir keine Idee haben, wie gross auf N oder auf einem andern Kurse die wirkliche Deviation ist, oder um wie viel jede in Spalte 4 stehende scheinbare Deviation fehlerhaft ist, tragen wir sie für die zugehörigen Kompasskurse in ein Diagramm und ziehen die Curve. Wir finden dann bald, dass sie fast ganz links von der Standlinie fällt, während nach den Gesetzen der halb- und viertelkreisigen Deviation von derselben ebensoviel rechts als links von der Standlinie liegen soll. Um dies letztere zu erreichen, müssen wir die Standlinie verschieben und zwar 3^0 nach Westen. Ziehen wir 3^0 W von der Standlinie des Diagramms eine Parallele dazu und sehen diese nunmehr als Standlinie für die Curve an, so finden wir, dass zwischen dieser Standlinie und der Curve nach rechts die Fläche genau so gross, wie nach links ist, womit A als Null angenommen ist.

Notierte Uhrzeiten	Notierte Kompass-Kurse	Entsprechende absolute Drehungswinkel	Scheinbare Deviation	Wirkliche Deviation			
				Komp.-Kurs	Dev.	Komp.-Kurs	Dev.
$4^h\ 1^m\ 4^{nd}$	N	N	0	N	+3	S	−4
2 4	N 16° O	N 17,8° O	+2	NzO	+5	SzW	−3
3 4	31,5	35,6	+4	NNO	+6	SSW	−2
4 4	50,5	53,4	+3	NOzN	+7	SWzS	−1
5 4	N 71° O	71,2	0	NO	+7	SW	0
6 4	S 86° O	N 89° O	−5	NOzO	+6	SWzW	+1
7 4	66	S 73,2° O	−7	ONO	+4	WSW	+2
8 4	45	55,4	−10	OzN	+2	WzS	+2,5
9 4	28	37,6	−9	O	0	W	+2,5
10 4	S 12° O	19,8	−8	OzS	−2	WzN	+2
11 4	S 5° W	S 2° O	−7	OSO	−4	WNW	+1
12 4	22	S 15,8° W	−6	SOzO	−5,5	NWzW	0
13 4	38	33,6	−4	SO	−6,5	NW	−0,5
14 4	53	51,4	−2	SOzS	−6,5	NWzN	0
15 4	69	69,2	0	SSO	−6	NNW	+0,5
16 4	S 88° W	S 87° W	−1	SzO	−5,5	NzW	+1,5
17 4	N 73° W	N 75,2 W	−2				
18 4	53	57,4	−4				
19 4	35	39,6	−4				
20 4	19	21,2	−2				
21 4	N 3° W	3,8	−1				
21 14	N	N	0				

Hätte A einen nicht zu vernachlässigenden Betrag, so müsste man um diesen — je nachdem A + oder — ist, eine zweite Parallele ziehen und zwar ist A + um so viel weiter nach Westen, ist A — nach Osten.

Die aus dieser Zeichnung — A = 0 vorausgesetzt — genommenen Deviationen sind neben der Tabelle zusammengestellt.

„Hat man in gleicher Weise bei entgegengesetzter Drehung des Schiffes die analoge Curve ermittelt, so giebt das Mittel der beiden für denselben Kompasskurs ermittelten Deviationen ein getreues Bild von dem Verlauf der Deviation.“

Dass es ganz einerlei ist, bei welchem Kurse die Beobachtung begonnen wird, braucht wohl kaum erwähnt zu werden, ebenso, dass man genau darauf zu sehen hat, dass das Ruder nicht von der einmal gewählten Lage gedreht wird.

Welcher Grad von Zuverlässigkeit der vorstehend beschriebenen Methode innewohnt, wird Jeder, der auch nur einmal die Probe gemacht hat, indem er eine Drehung nach rechts und eine nach links ausgeführt und die Aufmachung durchgeführt hat, sehr bald ermessen. Ist der Kompass in guter Ordnung und Wind und Seegang ruhig, so werden die Differenzen in der Deviation für denselben Kompasskurs nicht grösser sein, als dass man sie in Rechnung ziehen kann. Ist der Wind nicht flau und die See unruhig, so wird der Grad der Zuverlässigkeit geringer sein, denn jeder Schiffer weiss, dass dann bei derselben Ruderlage ein Dampfer bald rascher bald langsamer anluft oder abfällt.

VIII. Kapitel.

Uebungs-Aufgaben.

1. Aufgabe.

1. Am 14. October 1880 fand man, nachdem das Schiff längere Zeit S angelegen hatte, auf der Weser in der Nähe der Deviationsboje bei Geestemünde das magnetische Azimuth des Thurmes zu Dedesdorf S 40,2° W. Das Schiff wurde hierauf geschwajet und dabei beobachtet wie folgt:

Kurs am Regel-Kompass	Peilung des Thurmes	Kurs am Regel-Kompass	Peilung des Thurmes	Kurs am Regel-Kompass	Peilung des Thurmes	Kurs am Regel-Kompass	Peilung des Thurmes
N	S38,4°W	O	S34°W	S	S45,2°W	W	S49,8°W
NzO	33,3	OzS	38,5	SzW	42,9	WzN	52,5
NNO	28,8	OSO	42,8	SSW	41,0	WNW	54,6
NOzN	25,7	SOzO	46,2	SWzS	39,9	NWzW	55,4
NO	24,2	SO	48,4	SW	40,0	NW	54,6
NOzO	24,4	SOzS	49,3	SWzW	40,2	NWzN	52,3
ONO	26,4	SSO	48,8	WSW	43,4	NNW	48,6
OzN	29,7	SzO	47,2	WzS	46,6	NzW	43,7

Konstruiere mit Hülfe eines Diagrammes die beiden Steuertabellen und berechne die Koefficienten!

2. Als das Schiff N anliegend 5° nach jeder Seite geneigt wurde, fand man, dass Kompassnord gleichmässig 3,4° nach lufwärts gezogen wurde. Wie gross war der Krängungs-Koefficient?

3. In der Nordsee wurden auf den folgenden Kursen bei den angegebenen Krängungen die daneben stehenden Kompasspeilungen genommen; welches sind unter der Annahme, dass bei gerader Lage die Deviation noch die oben gefundene ist, die magnetischen Peilungen?

Kurs am Kompass	Krängung nach	°	Peilung	Kurs am Kompass	Krängung nach	°	Peilung
NOzO	Stb	4	SW¾W	OzS	Bb	5	NzO½O
SO	Stb	6	NzW¾W	WzS	Bb	7	O½N
NW½W	Stb	5	SW	NzW	Bb	6	NW½N

4. An einem zweiten Orte fand man die Deviation desselben Kompasses bei gerader Lage auf N-Kurs + 3,8° und auf O-Kurs + 12,7°. Welche Werthe folgen daraus für B und C? Entwirf damit eine neue Steuertabelle für die Kompasskurse!

5. An einem dritten Orte fand man bei Westwind auf Ost pr. Komp. $\delta = + 10{,}2^0$, auf NNW bei 4^0 Krängung nach Stb $\delta = 0$, auf SSW bei 5^0 Krängung nach Bb $\delta = - 8^0$. Welche Werthe für B, C und K folgen daraus?

6. Unter der Annahme, dass für $\frac{1}{H} = 1$, $\frac{P}{\lambda} = + 12{,}9^0$, $\frac{c}{\lambda} = - 3{,}2^0$, $\frac{v}{\lambda} = 1{,}1^0$, $\frac{Q}{\lambda} = + 6^0$, $\frac{f}{\lambda} = - 1^0$, $\frac{v_1}{\lambda} = 1{,}8^0$, $\frac{R \times \sin 1^0}{\lambda} = + 0{,}4^0$ und $\frac{k-e}{\lambda} \cdot \sin\ 1^0 = + 0{,}12^0$ sind, berechne B, C und K

1. für 20^0 N. Br. und 28^0 W. Lg., wenn z_p = magn. SSW war;
2. für 30^0 S. Br. und 35^0 W. Lg., wenn z_p = magn. SOzS war;
3. für 45^0 S. Br. und 80^0 O. Lg., wenn z_p = magn. Ost war.

7. Am 15. October 1880, also am Tage nach der Bestimmung der Deviation (Nr. 1), hatte das Schiff magn. W von der Schlüsseltonne vor der Weser nach Texel su steuern, nachdem es auf der Weser ankernd und dieselbe hinunter segelnd lang genug N angelegen, um diesem Kurse entsprechend halbfesten Magnetismus aufzunehmen. Wenn nun $\frac{v}{\lambda} = 1{,}1^0$ und $\frac{v_1}{\lambda} = 1{,}8^0$ ist, wie gross ist dann die Deviation und welcher Kompasskurs ist zu steuern, um magn. W zu behalten. Die Reise nach Texel dauert einen ganzen Tag. Von da ist magn. SW zu steuern. Wie gross muss dann die Deviation sein und welcher Kompasskurs ist zu steuern, um magn. SW zu behalten?

2. Aufgabe.

1. Am 17. Juni 1880 wurde im Geestemünder Hafen, nachdem der Regelkompass für die halbkreisige Deviation kompensiert war, wie folgt beobachtet:

Kurs am Regel-Kompass	Peilung des Kompasses am Lande mit dem Regel-Kompass	Peilung des Regel-Komp. an Bord mit dem Kompass am Lande	Kurs am Regel-Kompass	Peilung des Kompasses am Lande mit dem Regel-Kompass	Peilung des Regel-Komp. an Bord mit dem Kompass am Lande
N	S 30° W	N 34,6° O	S	S 25,1° W	N 21,5° O
NzO	32,0	37,7	SzW	26,3	23,6
NNO	33,2	39,6	SSW	27,5	25,5
NOzN	33,7	40,3	SWzS	27,7	26,3
NO	35,5	41,8	SW	29,3	28,4
NOzO	35,0	40,6	SWzW	30,8	30,1
ONO	34,7	39,0	WSW	31,5	30,8
OzN	34,2	36,9	WzS	34,5	33,6
O	33,7	34,6	W	35,7	34,6
OzS	31,0	30,2	WzN	36,7	35,4
OSO	28,7	26,2	WNW	38,0	36,9
SOzO	26,7	23,0	NWzW	39,1	38,4
SO	25,1	20,6	NW	41,4	40,3
SOzS	24,6	20,0	NWzN	40,2	41,0
SSO	24,2	19,4	NNW	39,1	41,1
SzO	24,0	9,7	NzW	37,3	40,6

Konstruiere mit Hülfe eines Diagramms die beiden Steuertabellen und berechne die Koefficienten A, B, C, D und E!

2. Als das Schiff N anliegend 6° nach jeder Seite geneigt wurde, fand man, dass Kompassnord gleichmässig 3,6° nach lufwärts gezogen wurde. Wie gross war der Krängungs-Koefficient?

3. In der Nordsee wurden auf den folgenden Kursen bei den angegebenen Krängungen die danebenstehenden Kompasspeilungen genommen, welches sind unter der Annahme, dass bei gerader Lage die Deviation noch wie oben gefunden ist, die magnetischen Peilungen?

Kurs am Regel-Kompass	Krängung		Peilung	Kurs am Regel-Kompass	Krängung		Peilung
	nach	°			nach	°	
NOzN	Stb	5	ONO	SWzS	Stb	4	WNW
NO	Bb	6	OzS	NW½N	Stb	6	O½S
SOzS	Stb	7	NzW	NWzW	Bb	5	SzW

4. An einem zweiten Orte fand man die Deviation desselben Kompasses bei gerader Lage auf N-Kurs $+ 2^0$ und auf W-Kurs $+ 7^0$. Welche Werthe folgen daraus für B und C? Entwirf damit eine neue Steuertabelle für die Kompasskurse!

5. An einem dritten Orte fand man bei NO-Wind auf W-Kurs $\delta = - 10^0$, auf NNW bei 5^0 Krängung nach Bb $+ 5^0$ und auf S-Kurs bei 3^0 Krängung nach Stb $+ 2^0$. Welche Werthe für B, C und K folgen daraus.

6. Unter der Annahme, dass für $\frac{1}{H} = 1$, $\frac{P}{\lambda} = + 7^0$, $\frac{c}{\lambda} = - 3{,}6^0$, $\frac{v}{\lambda} = 1^0$, $\frac{Q}{\lambda} = - 2^0$, $\frac{f}{\lambda} = - 1^0$, $\frac{v_1}{\lambda} = 1{,}2^0$, $\frac{R}{\lambda} \cdot \sin 1^0 = + 0{,}2^0$ und $\frac{k-e}{\lambda} \sin 1^0 = + 0{,}4^0$ sind, berechne B, C und K

1. für 30^0 N. Br. und 15^0 W. Lg, wenn z_p magn. SSO war;
2. für 20^0 S. Br. und 32^0 W. Lg., wenn z_p magn. S war;
3. für 60^0 S. Br. und 70^0 W. Lg., wenn z_p magn. WSW war.

7. Am 16. Juni, also am Tage nach der Bestimmung der Deviation (Nr. 1), vor welchem Zeitpunkte das Schiff längere Zeit N angelegen hatte, befand man sich vor der Weser und wollte magn. WzN nach Texel steuern. Wie gross ist im Anfange die Deviation für

diesen Kurs und wie gross ist sie nach etwa 24 Stunden, wenn $\frac{v}{\lambda} = 1^0$ ist. Wenn ferner $\frac{v_1}{\lambda} = 1{,}2^0$ ist, wie gross wird dann von Texel nach dem Kanal für magn. SW die Deviation anfangs sein und welcher Kompasskurs ist demgemäss zu steuern, wenn die Aenderung der magn. Breite noch nichts zur Aenderung der Deviation beigetragen hat.

3. Aufgabe.

1. 1880 den 20. Mai wurden bei South Foreland in 50^0 58′ N. Br. und 1^0 30′ O. Lg. nach einer Uhr, deren U. Corr. gegen wahre Zeit — 1^m war, auf den danebenstehenden Kursen die folgenden Zeitazimuthe genommen. Berechne hieraus die wahren Azimuthe und unter der Annahme, dass die Missweisung 18^0 W ist, die Deviationen für die betreffenden Kurse.

Kurs am Regel-komp.	Uhrzeit	Peilung der Sonne am Regel-kompass	Kurs am Regel-komp.	Uhrzeit	Peilung der Sonne am Regel-kompass
N	5^h 25^m 06^{nd}	S 82,6° O	S	5^h 42^m 52^{nd}	N 76 ° O
NNO	5 26 58	81,6	SSW	5 43 58	66,9
NO	5 28 50	78,8	SW	5 46 04	65,0
ONO	5 31 04	78,2	WSW	5 49 03	69,3
O	5 32 57	77,2	W	5 51 51	79,9
OSO	5 35 10	77,4	WNW	5 53 10	N 89,1 O
SO	5 37 12	77,3	NW	5 55 07	S 83,3° O
SSO	5 40 00	87,8	NNW	5 58 00	78,3

Konstruiere hieraus mit Hülfe eines Diagramms die beiden Steuertabellen und berechne die Koefficienten!

2. Auf der Reise nach Leith weiter segelnd hielt man auf Kompass-Nord, als die Feuerthürme auf South Foreland (W 8^0 N von einander) in Linie waren und peilte dieselben WzN als das Schiff 10^0 nach Bb lag. Wie gross war nach dieser Beobachtung der Krängungs-Koefficient?

3. Im Verlauf der Reise wurden auf den folgenden Kursen bei den angegebenen Krängungen die danebenstehenden Peilungen genommen; welches sind unter der Annahme, dass die Deviation bei gerader Lage noch ist wie oben gefunden, die magnetischen Peilungen?

Kurs am Regel-Kompass	Krängung nach	Krängung °	Peilung	Kurs am Regel-Kompass	Krängung nach	Krängung °	Peilung
SzO $^1/_4$O	Stb	3	O $^1/_2$N	NzW $^1/_2$W	Bb	4	NW
OzS	Bb	7	OSO	SSW	Stb	5	SO $^1/_2$O
NOzN	Stb	6	ONO	WSW	Bb	4	NO $^1/_2$O

4. An einem zweiten Orte fand man später die Deviation desselben Kompasses bei gerader Lage des Schiffes auf Südkurs $+ 5^0$, auf Westkurs $+ 12^0$. Welche Werthe folgen daraus für B und C? Entwirf eine neue Steuertabelle für die Kompasskurse!

5. An einem dritten Orte fand man bei OSO-Wind auf W am Kompass $\delta = + 14^0$, auf SzW bei 6^0 Krängung nach Stb $\delta = + 7^0$, auf NOzN bei 5^0 Krängung nach Bb $\delta = 0$. Welche Werthe folgen hieraus für B, C und K?

6. Unter der Annahme, dass für $\frac{1}{H} = 1$, $\frac{P}{\lambda} = + 3^0$, $\frac{c}{\lambda} = - 4{,}8^0$, $\frac{v}{\lambda} = 0{,}6^0$, $\frac{Q}{\lambda} = - 14^0$, $\frac{f}{\lambda} = + 0{,}4$, $\frac{v_1}{\lambda} = 1^0$, $\frac{R}{\lambda} \cdot \sin 1^0 = + 0{,}5$ und $\frac{k-e}{\lambda} \cdot \sin 1^0 = + 0{,}2^0$ sind, berechne B, C und K

1. für 70^0 N. Br. und 20^0 O. Lg., wenn z_p = magn. Ost war;
2. für 45^0 N. Br. und 45^0 W. Lg., wenn z_p = magn. SW war;
3. für 10^0 S. Br. und 25^0 W. Lg., wenn z_p = magn. S war;
4. für 45^0 S. Br. und 75^0 O. Lg., wenn z_p = magn. NO war.

7. Von Mittags den 18. bis Mrgs. den 20. Mai hatte man im Mittel magn. OzS gesteuert, worauf man die Deviation bestimmte, wie unter Nr. 1 angegeben ist. Vom gegebenen Orte steuerte man nahe denselben Kurs weiter, bis man gut frei von den Godwins war, worauf man ein Etmal magn. NNO steuerte. Wie musste sich die Deviation zu Anfang und gegen das Ende dieses Etmals gestalten, und welcher Kompasskurs ist zu steuern, um magn. NNO zu behalten. Darauf hatte man ein Etmal magn. NW zu steuern, wie gross ist nun die Deviation anfangs und gegen das Ende des Etmals und welcher Kompasskurs ist dementsprechend zu steuern, um magn. NW zu behalten, wenn man annimmt, dass die Aenderungen in der magn. Breite zu klein sind, um merkliche Aenderungen in der Deviation zur Folge zu haben, und $\frac{v}{\lambda} = 1^0$ und $\frac{v_1}{\lambda} = 1{,}8^0$ gross angenommen werden?

4. Aufgabe.

1. Den 12. Mai 1886 wurden mittels der Peilscheibe im Hafen zu Geestemünde folgende Beobachtungen gemacht:

Magn. Kurs per Peilscheibe	Gleichzeitiger Kompass-Kurs	Magn. Kurs per Peilscheibe	Gleichzeitiger Kompass-Kurs	Magn. Kurs per Peilscheibe	Gleichzeitiger Kompass-Kurs	Magn. Kurs per Peilscheibe	Gleichzeitiger Kompass-Kurs
N	N 1° O	O	S 82,5° O	S	S 3,5° O	W	S 85,5° W
NzO	10	OzS	69,5	SzW	13	WzN	N 82° W
NNO	21,5	OSO	57,5	SSW	22	WNW	70
NOzN	34	SOzO	46	SWzS	31,5	NWzW	57,5
NO	46	SO	34,5	SW	41,5	NW	46
NOzO	58,5	SOzS	24	SWzW	51,5	NWzN	34
ONO	71	SSO	14,7	WSW	62	NNW	23
OzN	84	SzO	5,5	WzS	73,8	NzW	12,3

Konstruiere hieraus mit Hülfe eines Diagramms die beiden Steuertabellen und berechne die Koefficienten!

2. Bei gerader Lage lag das Schiff S 1° W an, als es 5° nach Stb gekrängt wurde zeigte der Kompass bei unveränderter Richtung des Schiffes S 2° O, bei 6° Krängung nach Bb S 5° W. Wie gross war der Krängungs-Koefficient?

3. Im Verlauf der Reise wurden auf den folgenden Kursen bei den angegebenen Krängungen die daneben stehenden Peilungen genommen; welches sind unter der Annahme, dass bei gerader Lage die Deviation noch dieselbe ist, wie unter 1, und K, wie unter Nr. 2, die magnetischen Peilungen?

Kurs am Regelkompass	Krängung nach	°	Peilung	Kurs am Regelkompass	Krängung nach	°	Peilung
NO½O	Stb	10	SO½S	SO¾S	Stb	6	NOzO½O
NzW	Bb	10	SzW¾W	NNW	Stb	7	NzO
SWzS	Bb	6	NW	NNO	Bb	5	SzW

4. An einem zweiten Orte fand man später die Deviation desselben Kompasses bei gerader Lage des Schiffes auf Südkurs 5° W, auf Ostkurs 4° W. Welche Werthe folgen daraus für B und C? Entwirf eine neue Steuertabelle für die Kompasskurse!

5. An einem dritten Orte fand man bei Südwestwind auf Ostkurs am Komp. $\delta = 0$, auf SSO bei 5° Krängung nach Bb $= 0$ und auf N bei 3° Krängung nach Stb $+ 2°$. Welche Werthe folgen hieraus für B, C und K?

6. Unter der Annahme, dass für $\frac{1}{H} = 1$, $\frac{P}{\lambda} = 0°$, $\frac{c}{\lambda} = -3{,}4°$, $\frac{v}{\lambda} = 1°$, $\frac{Q}{\lambda} = +1°$, $\frac{f}{\lambda} = +0{,}6$, $\frac{v_1}{\lambda} = 1{,}2°$, $\frac{R}{\lambda} \cdot \sin 1° = \mp 0{,}0$, $\frac{k-e}{\lambda} \cdot \sin 1° = +0{,}6°$ sind, berechne B, C und K für:

1. 60^0 N. Br. und 0^0 W. Lg., wenn z_p = magn. Nord war;
2. 20^0 N. Br. und 30^0 W. Lg., wenn z_p = magn. Süd war;
3. 30^0 S. Br. und 40^0 W. Lg., wenn z_p = magn. SW$^1/_2$S war:
4. 56^0 S. Br. und 70^0 W. Lg., wenn z_p = magn. NOzN war.

7. Im Hafen zu Geestemünde lag das Schiff vor der Deviationsbestimmung Nr. 1 Süden an. Die Weser hinunter und in der Nordsee lag es während eines Etmals magn. N und steuerte darauf nahezu ein Etmal magn. Ost bis Skagen. Wie musste sich zu Anfang und gegen das Ende dieser Segelung die Deviation gestalten und was ist am Kompass zu steuern, um magn. Ost zu behalten. Im Kattegatt ist magn. SSO zu steuern; wie gestaltet sich die Deviation gleich nach der Kursänderung bei Skagen und nach einem Etmal auf diesem Kurse und wie ist am Kompass zu steuern, um magn. SSO zu behalten, wenn man annimmt, dass die Aenderungen in der magnetischen Breite zu klein sind, um merkliche Aenderungen in der Deviation zur Folge zu haben, und $\frac{v}{\lambda} = 1^0$ und $\frac{v_1}{\lambda} = 1{,}2^0$ sind?

I. Tabelle.

Producte jedes Zehntelgrades mit den Sinussen der Kompassstriche.

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
0,4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
0,6	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6
0,7	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7
0,8	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
0,9	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,8	0,9	0,9
1,0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0
1,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1
1,2	0,2	0,5	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2
1,3	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3
1,4	0,3	0,5	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4	1,4
1,5	0,3	0,6	0,8	1,1	1,3	1,4	1,5	1,5
1,6	0,3	0,6	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6	1,6
1,7	0,3	0,7	0,9	1,2	1,4	1,6	1,7	1,7
1,8	0,4	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	1,8
1,9	0,4	0,7	1,1	1,3	1,6	1,8	1,9	1,9
2,0	0,4	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9	2,0	2,0
2,1	0,4	0,8	1,2	1,5	1,8	1,9	2,1	2,1
2,2	0,4	0,8	1,2	1,6	1,8	2,0	2,2	2,2
2,3	0,5	0,9	1,3	1,6	1,9	2,1	2,3	2,3
2,4	0,5	0,9	1,3	1,7	2,0	2,2	2,4	2,4
2,5	0,5	1,0	1,4	1,8	2,1	2,3	2,5	2,5
2,6	0,5	1,0	1,4	1,8	2,2	2,4	2,6	2,6
2,7	0.5	1,0	1,5	1,9	2,2	2,5	2,7	2,7
2,8	0,6	1,1	1,6	2,0	2,3	2,6	2,8	2,8
2,9	0,6	1,1	1,6	2,1	2,4	2,7	2,8	2,9

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,0	0,6	1,2	1,7	2,1	2,5	2,8	2,9	3,0
3,1	0,6	1,2	1,7	2,2	2,6	2,9	3,0	3,1
3,2	0,6	1,2	1,8	2,3	2,7	3,0	3,1	3,2
3,3	0,6	1,3	1,8	2,3	2,7	3,1	3,2	3,3
3,4	0,7	1,3	1,9	2,4	2,8	3,1	3,3	3,4
3,5	0,7	1,3	2,0	2,5	2,9	3,2	3,4	3,5
3,6	0,7	1,4	2,0	2,6	3,0	3,3	3,5	3,6
3,7	0,7	1,4	2,1	2,6	3,1	3,4	3,6	3,7
3,8	0,7	1,5	2,1	2,7	3,2	3,5	3,7	3,8
3,9	0,8	1,5	2,2	2,8	3,2	3,6	3,8	3,9
4,0	0,8	1,5	2,2	2,8	3,3	3,7	3,9	4,0
4,1	0,8	1,6	2,3	2,9	3,4	3,8	4,0	4,1
4,2	0,8	1,6	2,3	3,0	3,5	3,9	4,1	4,2
4,3	0,8	1,7	2,4	3,0	3,6	4,0	4,2	4,3
4,4	0,9	1,7	2,4	3,1	3,7	4,1	4,3	4,4
4,5	0,9	1,7	2,5	3,2	3,7	4,2	4,4	4,5
4,6	0,9	1,8	2,6	3,3	3,8	4,3	4,5	4,6
4,7	0,9	1,8	2,6	3,3	3,9	4,3	4,6	4,7
4,8	0,9	1,8	2,7	3,4	4,0	4,4	4,7	4,8
4,9	1,0	1,9	2,7	3,5	4,1	4,5	4,8	4,9
5,0	1,0	1,9	2,8	3,5	4,2	4,6	4,9	5,0
5,1	1,0	2,0	2,8	3,6	4,2	4,7	5,0	5,1
5,2	1,0	2,0	2,9	3,7	4,3	4,8	5,1	5,2
5,3	1,0	2,0	3,0	3,8	4,4	4,9	5,2	5,3
5,4	1,1	2,1	3,0	3,8	4,5	5,0	5,3	5,4
5,5	1,1	2,1	3,1	3,9	4,6	5,1	5,4	5,5
5,6	1,1	2,1	3,1	4,0	4,7	5,2	5,5	5,6
5,7	1,1	2,2	3,2	4,0	4,7	5,3	5,6	5,7
5,8	1,1	2,2	3,2	4,1	4,8	5,4	5,7	5,8
5,9	1,2	2,3	3,3	4,2	4,9	5,5	5,8	5,9
6,0	1,2	2,3	3,3	4,2	5,0	5,5	5,9	6,0
6,1	1,2	2,3	3,4	4,3	5,1	5,6	6,0	6,1
6,2	1,2	2,4	3,4	4,4	5,2	5,7	6,1	6,2
6,3	1,2	2,4	3,5	4,5	5,2	5,8	6,2	6,3
6,4	1,3	2,5	3,6	4,5	5,3	5,9	6,3	6,4

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	1,3	2,5	3,6	4,6	5,4	6,0	6,4	6,5
6,6	1,3	2,5	3,7	4,7	5,5	6,1	6,5	6,6
6,7	1,3	2,6	3,7	4,7	5,6	6,2	6,6	6,7
6,8	1,3	2,6	3,8	4,8	5,7	6,3	6,7	6,8
6,9	1,4	2,6	3,8	4,9	5,7	6,4	6,8	6,9
7,0	1,4	2,7	3,9	5,0	5,8	6,5	6,9	7,0
7,1	1,4	2,7	3,9	5,0	5,9	6,6	7,0	7,1
7,2	1,4	2,8	4,0	5,1	6,0	6,7	7,1	7,2
7,3	1,4	2,8	4,1	5,2	6,1	6,7	7,2	7,3
7,4	1,4	2,8	4,1	5,2	6,2	6,8	7,3	7,4
7,5	1,5	2,9	4,2	5,3	6,2	6,9	7,4	7,5
7,6	1,5	2,9	4,2	5,4	6,3	7,0	7,5	7,6
7,7	1,5	3,0	4,3	5,4	6,4	7,1	7,6	7,7
7,8	1,5	3,0	4,3	5,5	6,5	7,2	7,7	7,8
7,9	1,5	3,0	4,4	5,6	6,6	7,3	7,8	7,9
8,0	1,6	3,1	4,4	5,7	6,7	7,4	7,9	8,0
8,1	1,6	3,1	4,5	5,7	6,7	7,5	7,9	8,1
8,2	1,6	3,1	4,6	5,8	6,8	7,6	8,0	8,2
8,3	1,6	3,2	4,6	5,9	6,9	7,7	8,1	8,3
8,4	1,6	3,2	4,7	5,9	7,0	7,8	8,2	8,4
8,5	1,7	3,3	4,7	6,0	7,1	7,9	8,3	8,5
8,6	1,7	3,3	4,8	6,1	7,2	8,0	8,4	8,6
8,7	1,7	3,3	4,8	6,2	7,2	8,0	8,5	8,7
8,8	1,7	3,4	4,9	6,2	7,3	8,1	8,6	8,8
8,9	1,7	3,4	4,9	6,3	7,4	8,2	8,7	8,9
9,0	1,8	3,4	5,0	6,4	7,5	8,3	8,8	9,0
9,1	1,8	3,5	5,1	6,4	7,6	8,4	8,9	9,1
9,2	1,8	3,5	5,1	6,5	7,7	8,5	9,0	9,2
9,3	1,8	3,6	5,2	6,6	7,7	8,6	9,1	9,3
9,4	1,8	3,6	5,2	6,7	7,8	8,7	9,2	9,4
9,5	1,9	3,6	5,3	6,7	7,9	8,8	9,3	9,5
9,6	1,9	3,7	5,3	6,8	8,0	8,9	9,4	9,6
9,7	1,9	3,7	5,4	6,9	8,1	9,0	9,5	9,7
9,8	1,9	3,7	5,4	6,9	8,2	9,1	9,6	9,8
9,9	1,9	3,8	5,5	7,0	8,2	9,2	9,7	9,9

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_1
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10,0	2,0	3,8	5,6	7,1	8,3	9,2	9,8	10,0
10,1	2,0	3,9	5,6	7,1	8,4	9,3	9,9	10,1
10,2	2,0	3,9	5,7	7,2	8,5	9,4	10,0	10,2
10,3	2,0	3,9	5,7	7,3	8,6	9,5	10,1	10,3
10,4	2,0	4,0	5,8	7,4	8,7	9,6	10,2	10,4
10,5	2,1	4,0	5,8	7,4	8,7	9,7	10,3	10,5
10,6	2,1	4,1	5,9	7,5	8,8	9,8	10,4	10,6
10,7	2,1	4,1	5,9	7,6	8,9	9,9	10,5	10,7
10,8	2,1	4,1	6,0	7,6	9,0	10,0	10.6	10,8
10,9	2,1	4,2	6,1	7,7	9,1	10,1	10,7	10,9
11,0	2,2	4,2	6,1	7,8	9,2	10,2	10,8	11,0
11,1	2,2	4,3	6,2	7,9	9,2	10,3	10,9	11,1
11,2	2,2	4,3	6,2	7,9	9,3	10,4	11,0	11,2
11,3	2,2	4,3	6,3	8,0	9,4	10,4	11,1	11,3
11,4	2,2	4,4	6,3	8,1	9,5	10,5	11,2	11,4
11,5	2,2	4,4	6,4	8,1	9,6	10,6	11,3	11,5
11,6	2,3	4,4	6,4	8,2	9,6	10,7	11,4	11,6
11,7	2,3	4,5	6,5	8,3	9,7	10,8	11,5	11,7
11,8	2,3	4,5	6,6	8,3	9,8	10,9	11,6	11,8
11,9	2,3	4,6	6,6	8,4	9,9	11,0	11,7	11,9
12,0	2,3	4,6	6,7	8,5	10,0	11,1	11,8	12,0
12,1	2,4	4,6	6,7	8,6	10,1	11,2	11,9	12,1
12,2	2,4	4,7	6,8	8,6	10,1	11,3	12,0	12,2
12,3	2,4	4,7	6,8	8,7	10,2	11,4	12,1	12,3
12,4	2,4	4,8	6,9	8,8	10,3	11,5	12,2	12,4
12,5	2,4	4,8	7,0	8,8	10,4	11,6	12,3	12,5
12,6	2,5	4,8	7,0	8,9	10,5	11,6	12,4	12,6
12,7	2,5	4,9	7,1	9,0	10,6	11,7	12,5	12,7
12,8	2,5	4,9	7,1	9,1	10,6	11,8	12,6	12,8
12,9	2,5	4,9	7,2	9,1	10,7	11,9	12,7	12,9
13,0	2,5	5,0	7,2	9,2	10,8	12,0	12,8	13,0
13,1	2,6	5,0	7,3	9,3	10,9	12,1	12,9	13,1
13,2	2,6	5,1	7,3	9,3	11,0	12,2	13,0	13,2
13,3	2,6	5,1	7,4	9,4	11,1	12,3	13,0	13,3
13.4	2,6	5,1	7,4	9.5	11,1	12,4	13,1	13,4

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
13,5	2,6	5,2	7,5	9,6	11,2	12,5	13,2	13,5
13,6	2,7	5,2	7,6	9,6	11,3	12,6	13,3	13,6
13,7	2,7	5,2	7,6	9,7	11,4	12,7	13,4	13,7
13,8	2,7	5,3	7,7	9,8	11,5	12,8	13,5	13,8
13,9	2,7	5,3	7,7	9,8	11,6	12,8	13,6	13,9
14,0	2,7	5,4	7,8	9,9	11,6	12,9	13,7	14,0
14,1	2,8	5,4	7,8	10,0	11,7	13,0	13,8	14,1
14,2	2,8	5,4	7,9	10,0	11,8	13,1	13,9	14,2
14,3	2,8	5,5	8,0	10,1	11,9	13,2	14,0	14,3
14,4	2,8	5,5	8,0	10,2	12,0	13,3	14,1	14,4
14,5	2,8	5,6	8,1	10,3	12,1	13,4	14,2	14,5
14,6	2,9	5,6	8,1	10,3	12,1	13,5	14,3	14,6
14,7	2,9	5,6	8,2	10,4	12,2	13,6	14,4	14,7
14,8	2,9	5,7	8,2	10,5	12,3	13,7	14,5	14,8
14,9	2,9	5,7	8,3	10,5	12,4	13,8	14,6	14,9
15,0	2,9	5,7	8,3	10,6	12,5	13,9	14,7	15,0
15,1	2,9	5,8	8,4	10,7	12,6	14,0	14,8	15,1
15,2	3,0	5,8	8,4	10,8	12,6	14,0	14,9	15,2
15,3	3,0	5,9	8,5	10,8	12,7	14,1	15,0	15,3
15,4	3,0	5,9	8,6	10,9	12,8	14,2	15,1	15,4
15,5	3,0	5,9	8,6	11,0	12,9	14,3	15,2	15,5
15,6	3,0	6,0	8,7	11,0	13,0	14,4	15,3	15,6
15,7	3,1	6,0	8,7	11,1	13,1	14,5	15,4	15,7
15,8	3,1	6,1	8,8	11,2	13,1	14,6	15,5	15,8
15,9	3,1	6,1	8,8	11,2	13,2	14,7	15,6	15,9
16,0	3,1	6,1	8,9	11,3	13,3	14,8	15,7	16,0
16,1	3,1	6,2	8,9	11,4	13,4	14,9	15,8	16,1
16,2	3,2	6,2	9,0	11,5	13,5	15,0	15,9	16,2
16,3	3,2	6,2	9,1	11,5	13,6	15,1	16,0	16,3
16,4	3,2	6,3	9,1	11,6	13,6	15,2	16,1	16,4
16,5	3,2	6,3	9,2	11,7	13,7	15,2	16,2	16,5
16,6	3,2	6,4	9,2	11,7	13,8	15,3	16,3	16,6
16,7	3,3	6,4	9,3	11,8	13,9	15,4	16,4	16,7
16,8	3,3	6,4	9,3	11,9	14,0	15,5	16,5	16,8
16,9	3,3	6,5	9,4	12,0	14,1	15,6	16,6	16,9

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8
°	°	°	°	°	°	°	°	°
17,0	3,3	6,5	9,4	12,0	14,1	15,7	16,7	17,0
17,1	3,3	6,5	9,5	12,1	14,2	15,8	16,8	17,1
17,2	3,4	6,6	9,6	12,2	14,3	15,9	16,9	17,2
17,3	3,4	6,6	9,6	12,2	14,4	16,0	17,0	17,3
17,4	3,4	6,7	9,7	12,3	14,5	16,1	17,1	17,4
17,5	3,4	6,7	9,7	12,4	14,6	16,2	17,2	17,5
17,6	3,4	6,7	9,8	12,5	14,6	16,3	17,3	17,6
17,7	3,5	6,8	9,8	12,5	14,7	16,4	17,4	17,7
17,8	3,5	6,8	9,9	12,6	14,8	16,5	17,5	17,8
17,9	3,5	6,9	9,9	12,7	14,9	16,5	17,6	17,9
18,0	3,5	6,9	10,0	12,7	15,0	16,6	17,7	18,0
18,1	3,5	6,9	10,1	12,8	15,1	16,7	17,8	18,1
18,2	3,6	7,0	10,1	12,9	15,1	16,8	17,9	18,2
18,3	3,6	7,0	10,2	12,9	15,2	16,9	18,0	18,3
18,4	3,6	7,0	10,2	13,0	15,3	17,0	18,1	18,4
18,5	3,6	7,1	10,3	13,1	15,4	17,1	18,1	18,5
18,6	3,6	7,1	10,3	13,2	15,5	17,2	18,2	18,6
18,7	3,7	7,2	10,4	13,2	15,6	17,3	18,3	18,7
18,8	3,7	7,2	10,4	13,3	15,6	17,4	18,4	18,8
18,9	3,7	7,2	10,5	13,4	15,7	17,5	18,5	18,9
19,0	3,7	7,3	10,6	13,4	15,8	17,6	18,6	19,0
19,1	3,7	7,3	10,6	13,5	15,9	17,7	18,7	19,1
19,2	3,8	7,4	10,7	13,6	16,0	17,7	18,8	19,2
19,3	3,8	7,4	10,7	13,7	16,1	17,8	18,9	19,3
19,4	3,8	7,4	10,8	13,7	16,1	17,9	19,0	19,4
19,5	3,8	7,5	10,8	13,8	16,2	18,0	19,1	19,5
19,6	3,8	7,5	10,9	13,9	16,3	18,1	19,2	19,6
19,7	3,8	7,5	10,9	13,9	16,4	18,2	19,3	19,7
19,8	3,9	7,6	11,0	14,0	16,5	18,3	19,4	19,8
19,9	3,9	7,6	11,1	14,1	16,6	18,4	19,5	19,9
20,0	3,9	7,7	11,1	14,1	16,6	18,5	19,6	20,0
20,1	3,9	7,7	11,2	14,2	16,7	18,6	19,7	20,1
20,2	3,9	7,7	11,2	14,3	16,8	18,7	19,8	20,2
20,3	4,0	7,8	11,3	14,4	16,9	18,8	19,9	20,3
20,4	4,0	7,8	11,3	14,4	17,0	18,9	20,0	20,4

	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
20,5	4,0	7,8	11,4	14,5	17,1	18,9	20,1	20,5
20,6	4,0	7,9	11,4	14,6	17,1	19,0	20,2	20,6
20,7	4,0	7,9	11,5	14,6	17,2	19,1	20,3	20,7
20,8	4,1	8,0	11,6	14,7	17,3	19,2	20,4	20,8
20,9	4,1	8,0	11,6	14,8	17,4	19,3	20,5	20,9
21,0	4,1	8,0	11,7	14,9	17,5	19,4	20,6	21,0
21,1	4,1	8,1	11,7	14,9	17,5	19,5	20,7	21,1
21,2	4,1	8,1	11,8	15,0	17,6	19,6	20,8	21,2
21,3	4,2	8,2	11,8	15,1	17,7	19,7	20,9	21,3
21,4	4,2	8,2	11,9	15,1	17,8	19,8	21,0	21,4
21,5	4,2	8,2	12,0	15,2	17,9	19,9	21,1	21,5
21,6	4,2	8,3	12,0	15,3	18,0	20,0	21,2	21,6
21,7	4,2	8,3	12,1	15,3	18,0	20,1	21,3	21,7
21,8	4,3	8,3	12,1	15,4	18,1	20,1	21,4	21,8
21,9	4,3	8,4	12,2	15,5	18,2	20,2	21,5	21,9
22,0	4,3	8,4	12,2	15,6	18,3	20,3	21,6	22,0
22,1	4,3	8,5	12,3	15,6	18,4	20,4	21,7	22,1
22,2	4,3	8,5	12,3	15,7	18,5	20,5	21,8	22,2
22,3	4,4	8,5	12,4	15,8	18,5	20,6	21,9	22,3
22,4	4,4	8,6	12,4	15,8	18,6	20,7	22,0	22,4
22,5	4,4	8,6	12,5	15,9	18,7	20,8	22,1	22,5
22,6	4,4	8,7	12,6	16,0	18,8	20,9	22,2	22,6
22,7	4,4	8,7	12,6	16,1	18,9	21,0	22,3	22,7
22,8	4,5	8,7	12,7	16,1	19,0	21,1	22,4	22,8
22,9	4,5	8,8	12,7	16,2	19,0	21,2	22,5	22,9
23,0	4,5	8,8	12,8	16,3	19,1	21,3	22,6	23,0
23,1	4,5	8,8	12,8	16,3	19,2	21,3	22,7	23,1
23,2	4,5	8,9	12,9	16,4	19,3	21,4	22,8	23,2
23,3	4,6	8,9	13,0	16,5	19,4	21,5	22,9	23,3
23,4	4,6	9,0	13,0	16,6	19,5	21,6	23,0	23,4

II. Tabelle

des Krängungsfehlers für 1° Krängung.

Krängungs-Koefficient × cos Kompasskurs.

K	NzO NzW	NNO NNW	NOzN NWzN	NO NW	NOzO NWzW	ONO WNW	OzN WzN	K
°	°	°	°	°	°	°	°	°
0,1	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	0,02	0,1
0,2	0,20	0,18	0,17	0,14	0,11	0,08	0,04	0,2
0,3	0,29	0,28	0,25	0,21	0,17	0,11	0,06	0,3
0,4	0,39	0,37	0,33	0,28	0,22	0,15	0,08	0,4
0,5	0,49	0,46	0,42	0,35	0,28	0,19	0,10	0,5
0,6	0,59	0,55	0,50	0,42	0,33	0,23	0,12	0.6
0,7	0,69	0,65	0,58	0,49	0,39	0,27	0,14	0,7
0,8	0,78	0,74	0,67	0,57	0,44	0,31	0,16	0,8
0,9	0,88	0,83	0,75	0,64	0,50	0,34	0,18	0,9
1,0	0,98	0,92	0,83	0,71	0,56	0,38	0,20	1,0
1,1	1,08	1,02	0,91	0,78	0,61	0,42	0,21	1,1
1,2	1,18	1,11	1,00	0,85	0,67	0,46	0,23	1,2
1,3	1,28	1,20	1,08	0,92	0,72	0,50	0,25	1,3
1,4	1,37	1,29	1,16	0,99	0,78	0,54	0,27	1,4
1,5	1,47	1,39	1,25	1,06	0,83	0,57	0,29	1,5
1,6	1,57	1,48	1,33	1,13	0,89	0,61	0,31	1,6
1,7	1,67	1,57	1,41	1,20	0,94	0,65	0,33	1,7
1,8	1,77	1,66	1,50	1,27	1,00	0,69	0,35	1,8
1,9	1,86	1,76	1,58	1,34	1,06	0,73	0,37	1,9
2,0	1,96	1,85	1,66	1,41	1,11	0,77	0,39	2,0
K	SzO SzW	SSO SSW	SOzS SWzS	SO SW	SOzO SWzW	OSO WSW	OzS WzS	K

III. Tabelle
der natürlichen Sinusse, Tangenten und Secanten.

Grade	Sin	Cosec	Tang	Cotang	Sec	Cosin	Grade
0	0,000	∞	0,000	∞	1,000	1,000	90
1	0,017	57,30	0,017	57,290	1,000	1,000	89
2	0,035	28,65	0,035	28,636	1,001	0,999	88
3	0,052	19,11	0,052	19,081	1,002	0,999	87
4	0,070	14,34	0,070	14,301	1,003	0,998	86
5	0,087	11,47	0,088	11,430	1,004	0,996	85
6	0,105	9,567	0,105	9,514	1,006	0,994	84
7	0,122	8,206	0,123	8,144	1,008	0,992	83
8	0,139	7,185	0,141	7,115	1,010	0,990	82
9	0,156	6,392	0,158	6,314	1,012	0,988	81
10	0,174	5,759	0,176	5,671	1,015	0,985	80
11	0,191	5,241	0,194	5,145	1,019	0,982	79
12	0,208	4,810	0,213	4,705	1,022	0,978	78
13	0,225	4,445	0,231	4,331	1,026	0,974	77
14	0,242	4,133	0,249	4,011	1,031	0,970	76
15	0,259	3,864	0,268	3,732	1,035	0,966	75
16	0,276	3,628	0,287	3,487	1,040	0,961	74
17	0,292	3,420	0,306	3,271	1,046	0,956	73
18	0,309	3,236	0,325	3,078	1,051	0,951	72
19	0,326	3,072	0,344	2,904	1,058	0,946	71
20	0,342	2,924	0,364	2,747	1,064	0,940	70
21	0,358	2,791	0,384	2,605	1,071	0,934	69
22	0,375	2,669	0,404	2,475	1,079	0,927	68
23	0,391	2,559	0,425	2,356	1,086	0,921	67
24	0,407	2,459	0,445	2,246	1,095	0,914	66
25	0,423	2,366	0,466	2,145	1,103	0,906	65
26	0,438	2,281	0,488	2,050	1,113	0,899	64
27	0,454	2,203	0,510	1,963	1,123	0,891	63
28	0,470	2,130	0,532	1,881	1,133	0,883	62
29	0,485	2,063	0,554	1,804	1,143	0,875	61
30	0,500	2,000	0,577	1,732	1,155	0,866	60
31	0,515	1,942	0,601	1,664	1,167	0,857	59
32	0,530	1,887	0,625	1,600	1,179	0,848	58
33	0,545	1,836	0,649	1,540	1,192	0,839	57
34	0,559	1,788	0,675	1,483	1,206	0,829	56
35	0,574	1,744	0,700	1,428	1,221	0,819	55
36	0,588	1,701	0,727	1,376	1,236	0,809	54
37	0,602	1,662	0,754	1,327	1,252	0,799	53
38	0,616	1,624	0,781	1,280	1,269	0,788	52
39	0,629	1,589	0,810	1,235	1,287	0,777	51
40	0,643	1,556	0,839	1,192	1,305	0,766	50
41	0,656	1,524	0,869	1,150	1,325	0,755	49
42	0,669	1,494	0,900	1,111	1,345	0,743	48
43	0,682	1,466	0,933	1,072	1,367	0,731	47
44	0,695	1,440	0,966	1,036	1,390	0,719	46
45	0,707	1,414	1,000	1,000	1,414	0,707	45

Taf. I.

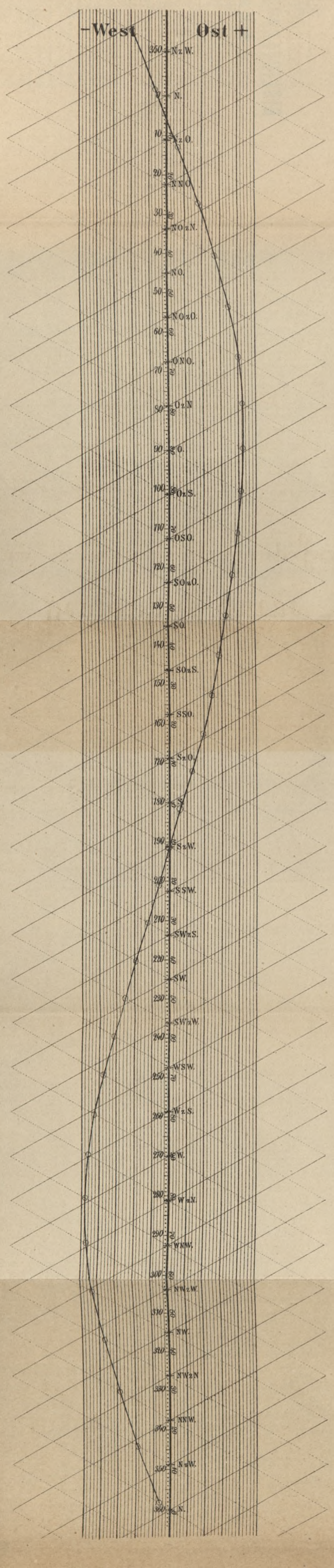
Deviations-Curve

des .... Compasses

an Bord ....

beobachtet zu ....

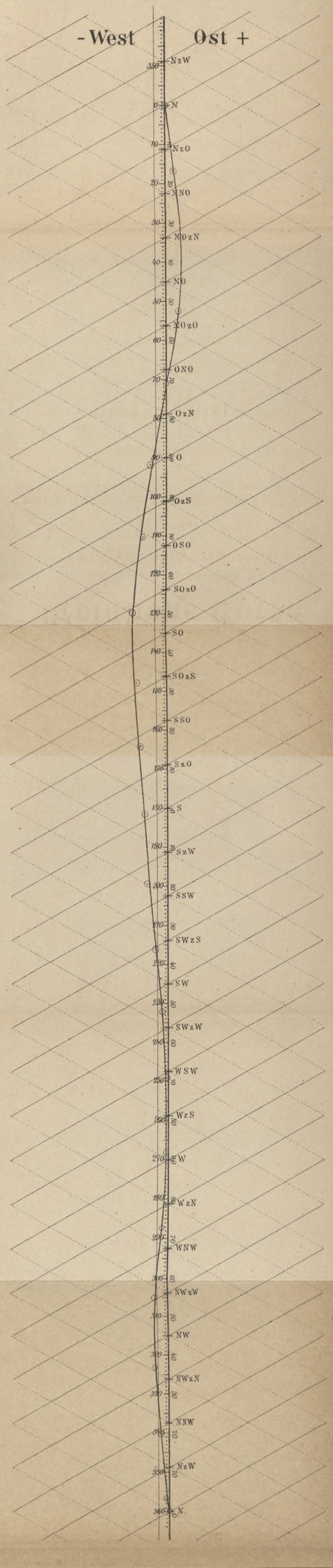
am ...... ten 188

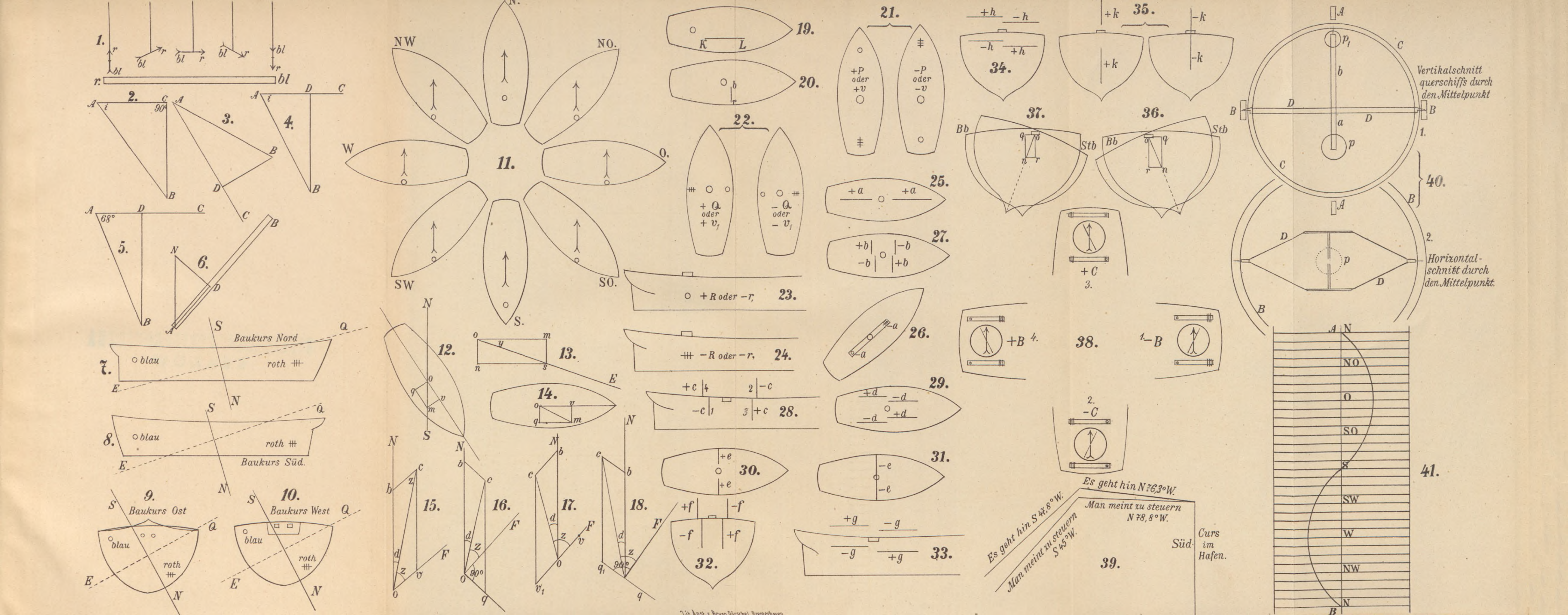


Taf. II.

Deviations-Curve

zu § 72, Seite 175 und folgende.





Baukurs Nord
blau
roth
Baukurs Süd
Baukurs Ost
Baukurs West
NW
NO.
W
O.
SW
SO.
+R oder −r,
−R oder −r,
+P oder +v
−P oder −v
+Q oder +v1
−Q oder −v1
Bb
Stb
Vertikalschnitt querschiffs durch den Mittelpunkt
Horizontal-schnitt durch den Mittelpunkt.
Es geht hin N 76,3° W.
Man meint zu steuern N 78,8° W.
Es geht hin S 47,8° W.
Man meint zu steuern S 45° W.
Süd
Curs im Hafen.
NO
O
SO
SW
W
NW