

Navigation Grundlagen

Vorkenntnisse und Erklärungen

1.) Koordinatensystem zur Festlegung eines Ortes auf der Erdoberfläche

Die Erde kann für nautische Rechnungen ohne erhebliche Fehler als Kugel betrachtet werden. Um eine eindeutige Lage von Orten (Punkten) auf der Erdoberfläche bestimmen zu können, muss man die Erde mit einem Koordinatennetz überziehen. Dieses Koordinatennetz besteht auf der Kugel aus einer Schar von Großkreisen, die einander in zwei Punkten schneiden, und aus einer Schar von Nebenkreisen, die senkrecht zu den Großkreisen stehen. Die beiden Schnittpunkte der Großkreise sind die Endpunkte der Erdachse, d. h. des Durchmessers der Erde, um den sie sich dreht. Man nennt diese Punkte die **Erdpole**, und zwar den **Nordpol** und den **Südpol** (Abb. 1 Punkte N und S). Die vom Nordpol zum Südpol gehende Hälfte eines dieser Großkreise nennt man einen **Meridian**. Verbindet man die Halbierungspunkte aller Meridiane miteinander, so erhält man einen weiteren Großkreis, den man **Äquator** nennt. Die Ebene des Äquators geht durch den Erdmittelpunkt, und auf ihr steht die Erdachse senkrecht. Der Äquator teilt die Erde in die nördliche und die südliche Halbkugel. Die zu den Meridianen senkrechten und einander parallelen Nebenkreise (Kleinkreise) heißen Breitenparallele. Ihre Ebenen liegen parallel der Äquatorebene. Durch jeden Punkt der Erdoberfläche, von den beiden Polen abgesehen, geht also ein Meridian und ein Breitenparallel. Die durch den Meridian bestimmten beiden Richtungen nennt man rechtweisend Nord und rechtweisend Süd, die beiden Richtungen auf dem Breitenparallel rechtweisend Ost und rechtweisend West. Zur Unterscheidung der einzelnen Meridiane und Breitenparallele benutzt man diese vier Richtungen und die Bogenstücke, die -in Winkelmaß ausgedrückt- ihre Entfernung von bestimmten Nullkreisen bezeichnen. Für die Breitenparallele ist dieser Nullkreis der Äquator. Von ihm aus zählt man auf den Meridianen je nach rechtweisend Nord und Süd ein Bogenstück bis zu 90° und bezeichnet mit dem Winkelmaß den einzelnen Breitenparallelabstand vom Äquator oder, kurz gesagt, die Breite (φ). Alle Punkte derselben geographischen Breite haben also denselben Winkelabstand vom Äquator und denselben Winkelabstand vom Pol ($90^\circ - \varphi$). Orte, die rechtweisend Ost oder West voneinander liegen, liegen auf demselben Breitenparallel. Als Nullkreis für die Zählung der Meridiane, also als Anfangsmeridian, wird in der Nautik wie in der Geographie heute allgemein der Meridian der Sternwarte Greenwich (Abb. 1 Punkt G) angenommen. Von ihm aus zählt man nach rechtweisend Ost oder West von 000° bis 180° das Bogenstück des Äquators bis zu dem Meridian des Ortes. Dieses Bogenstück hat im Winkelmaß dieselbe Maßzahl wie der sphärische Winkel zwischen Meridian und Anfangsmeridian am Pol. Das Äquatorbogenstück oder der Winkel am Pol wird als die geographische Länge λ des Ortes bezeichnet. Der Anfangsmeridian und der Meridian 180° Ost = 180° West zusammen teilen die Erde in die westliche und die östliche Halbkugel.

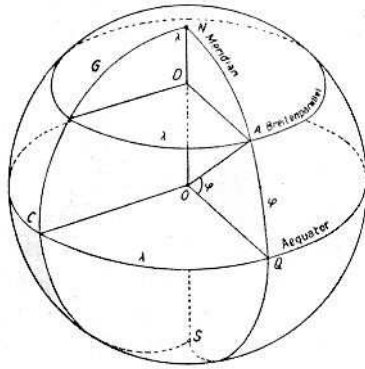


Abb. 1. Koordinatensystem der Erdkugel.

Alle Punkte eines Meridians haben dieselbe Länge. Die Länge bestimmt daher den Meridian, auf dem ein Ort liegt. Orte die rechtweisend Nord oder Süd voneinander liegen, befinden sich auf dem selben Meridian. Durch Breite φ und Länge λ ist die Lage eines Ortes auf der Erdoberfläche eindeutig bestimmt (Abb. 1 Punkt A).

Die gegenseitige Lage zweier Orte, zueinander wird durch den Breitenunterschied ($\Delta\varphi$ oder b) und den Längenunterschied ($\Delta\lambda$ oder l) bestimmt. Der Breitenunterschied $\Delta\varphi$ zweier Orte ist der Bogen eines Meridians zwischen den Breitenparallelen beider Orte. Er erhält seinen Namen N oder S nach der Richtung vom Abfahrtsort zum Bestimmungsort. Man findet den Breitenunterschied, indem man bei gleichnamigen Breiten die kleinere von der größeren subtrahiert, bei ungleichnamigen Breiten beide addiert. Der Breitenunterschied $\Delta\varphi$ ist also gleich der algebraischen Differenz:

"Breite des Bestimmungsortes minus Breite des Abfahrtsortes".

Beispiele:

Segelt man von $15^\circ 10' N$ nach $17^\circ 25' N$, so ist $\Delta\varphi = 20^\circ 15' N$

Segelt man von $15^\circ 10' N$ nach $12^\circ 06' N$, so ist $\Delta\varphi = 30^\circ 04' S$

Segelt man von $53^\circ 00' S$ nach $52^\circ 30' S$, so ist $\Delta\varphi = 00^\circ 30' N$

Segelt man von $02^\circ 10' N$ nach $03^\circ 45' S$, so ist $\Delta\varphi = 50^\circ 55' S$

Ist umgekehrt der Breitenunterschied $\Delta\varphi$ bekannt, so findet man die Breite des Bestimmungsortes aus der Breite des Abfahrtsortes, indem man $\Delta\varphi$ unter Berücksichtigung des Vorzeichens, also algebraisch, zu der verlassenen Breite addiert.

Beispiele:

Verlassen $48^\circ 40' N$ $\Delta\varphi = 01^\circ 17' N$ erreicht $49^\circ 57' N$

Verlassen $55^\circ 35' N$ $\Delta\varphi = 02^\circ 30' S$ erreicht $53^\circ 05' N$

Verlassen $17^\circ 08' S$ $\Delta\varphi = 01^\circ 45' S$ erreicht $18^\circ 53' S$

Verlassen $00^\circ 18' S$ $\Delta\varphi = 00^\circ 24' N$ erreicht $00^\circ 06' N$

Der Längenunterschied $\Delta\lambda$ zweier Orte ist der in Winkelmaß ausgedrückte Bogen des Äquators oder der sphärische Winkel am Pol zwischen den Meridianen der beiden Orte. Er erhält seinen Namen (Ost (East) oder West) von der Richtung vom Abfahrtsort nach dem Bestimmungsort. Man findet $\Delta\lambda$, indem man bei gleichnamigen Längen die kleinere von der größeren subtrahiert, ungleichnamige Längen dagegen addiert. Der Längenunterschied ist also gleich der algebraischen Differenz:

"Erreichte Länge minus verlassene Länge",

Ist der Wert dieser Differenz größer als 180° , so subtrahiert man ihn von 360° und nimmt den erhaltenen Namen entgegengesetzt.

Beispiele:

Segelt man von $047^{\circ} 35'$ E nach $048^{\circ} 50'$ E, so ist $\Delta\lambda = 001^{\circ} 15'$ E
Segelt man von $018^{\circ} 20'$ W nach $018^{\circ} 05'$ W, so ist $\Delta\lambda = 000^{\circ} 15'$ E
Segelt man von $001^{\circ} 13'$ E nach $000^{\circ} 17'$ W, so ist $\Delta\lambda = 001^{\circ} 30'$ W
Segelt man von $179^{\circ} 30'$ E nach $178^{\circ} 10'$ W, so ist $\Delta\lambda = 002^{\circ} 20'$ E
Segelt man von $122^{\circ} 30'$ W nach $140^{\circ} 00'$ E, so ist $\Delta\lambda = 097^{\circ} 30'$ W

Ist umgekehrt der Längenunterschied $\Delta\lambda$ bekannt, so findet man die Länge des Bestimmungsortes aus der Länge des Abfahrtsortes, indem man $\Delta\lambda$ algebraisch zu der verlassenen Länge addiert. Wird hierbei die erreichte Länge größer als 180° , so subtrahiert man sie von 360° . Bei Überschreiten des Nullmeridians und des 180sten Meridians erhält die erreichte Länge den entgegengesetzten Namen der Abfahrtslänge.

Beispiele:

Verlassen $029^{\circ} 30'$ E $\Delta\lambda = 002^{\circ} 10'$ E erreicht $031^{\circ} 40'$ E
Verlassen $090^{\circ} 08'$ W $\Delta\lambda = 010^{\circ} 30'$ E erreicht $079^{\circ} 38'$ W
Verlassen $002^{\circ} 50'$ W $\Delta\lambda = 005^{\circ} 14'$ E erreicht $002^{\circ} 24'$ E
Verlassen $179^{\circ} 30'$ E $\Delta\lambda = 003^{\circ} 30'$ E erreicht $183^{\circ} 00'$ E = $177^{\circ} 00'$ W
Verlassen $168^{\circ} 40'$ W $\Delta\lambda = 020^{\circ} 40'$ W erreicht $189^{\circ} 20'$ W = $170^{\circ} 40'$ E

2.) Seemeile und Abweitung

Als Maß für Entfernungen auf der Erde dient in der Nautik die Seemeile, Die Seemeile ist gleich der Bogenminute auf einem größten Kreise der Erdkugel, ihre Länge beträgt 1852 m. Aus der Erklärung der Seemeile folgt: Mit jeder Seemeile, die man auf einem Meridian zurücklegt, macht man einen Breitenunterschied von $1'$ gut; und umgekehrt:

Um auf einem Meridian die Breite um $1'$ zu verändern, hat man eine Seemeile zurückzulegen.

Ferner: Mit jeder Seemeile, die man auf dem Äquator zurücklegt, verändert man die Länge um $1'$ und umgekehrt:

Um auf dem Äquator die Länge um $1'$ zu verändern, hat man eine Seemeile zurückzulegen.

Breitenparallele sind Nebenkreise, somit kürzer als der Äquator.

Daher macht man beim Segeln auf einem Breitenparallel mit einer Seemeile mehr als $1'$ Längenunterschied gut. Man hat umgekehrt weniger als eine Seemeile zurückzulegen, um die Länge um $1'$ zu verändern. Ein bestimmter Bogen eines Breitenparallels enthält weniger Seemeilen als Minuten Längenunterschied.

Die Anzahl Seemeilen, die ein Stück eines Breitenparallels enthält, wird **Abweitung** genannt.

Die Abweitung a ist zahlenmäßig stets kleiner als der Längenunterschied $\Delta\lambda$ außer am Äquator, wo $a = \Delta\lambda$ ist.

Die entsprechenden mathematischen Beziehungen zwischen a und $\Delta\lambda$ lauten:

$$a = \Delta\lambda \cos \varphi;$$

d. h. man erhält die Abweitung a eines Breitenparallelbogens, indem man die Zahl der Längenminuten dieses Bogens mit dem Cosinus der entsprechenden Breite multipliziert. Aus der Umkehrung der Formel

folgt:

$$\Delta\lambda = a \sec \varphi.$$

d. h. man erhält die Zahl der Längenminuten eines Breitenparallelbogens, indem man seine Abweitung mit der Sekante der entsprechenden Breite multipliziert.

Genauere Werte für a bzw. $\Delta\lambda$ berechnet man mit dem Taschenrechner nach diesen Formeln. Genäherte Werte entnimmt man der Nautischen Tafel (siehe deren Erklärung)

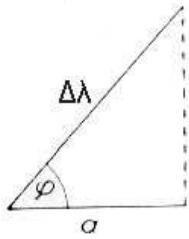


Abb. 2. Verwandlung von a in $\Delta\lambda$ und umgekehrt d. Zeichnung.

Beispiel:

Auf dem Breitenparallel $60^{\circ}30' N$ wurden 159 sm zurückgelegt. Die Abweichung ist in Längenunterschied umzurechnen! Mit dem Taschenrechner (DEG-Funktion) rechnet man folgendermaßen:

$$159 \text{ sm} : 60 = 2,65^{\circ}, \text{ somit } 2^{\circ} 39'$$

$$\Delta\lambda = a \sec \varphi.$$

$$\Delta\lambda = 2^{\circ}39' \sec 60^{\circ}30'$$

$$\Delta\lambda = 2,65^{\circ} \sec 60,5^{\circ}.$$

$$\underline{\underline{\Delta\lambda = 5^{\circ}22'54''}}$$

Distanz und Kurs

3.) Die Begriffe Kurs und Distanz.

Aufgabe der Navigation ist es, ein Schiff von einem Abfahrtsort mit der Breite φ_A und der Länge λ_A zu einem Bestimmungsort mit einer anderen Breite φ_B und einer anderen Länge λ_B zu führen. Die Richtung vom Abfahrtsort zum Bestimmungsort wird **Kurs** genannt. Die Entfernung zwischen A und B wird als **Distanz** zwischen A und B bezeichnet. Der Kurs wird bestimmt durch den Kurswinkel, d. h. den Winkel, den er mit dem Meridian bildet. Dieser Winkel wird von Nord durchlaufend über Ost, Süd, West von 000° bis 360° gezählt. Man spricht also z. B. vom Kurs 218° und vom Kurs 135° . Ohne dass zunächst Näheres über den Kurs von A nach B und über die Distanz von A nach B und über die Art ihrer geometrischen Verhältnisse auf der Erdkugel ausgesagt wird, ist es selbstverständlich, dass das Schiff bei seiner Fahrt eine Richtung hat, die sich durch einen Kurswinkel bezeichnen lässt und ebenso selbstverständlich, dass es eine gewisse Geschwindigkeit hat, die man mit „Fahrt des Schiffes“ bezeichnet.

4.) Messung der Distanz, Logge.

Die **Fahrt** eines Schiffes gibt man in Seemeilen in der Stunde an. Man sagt also z. B.: "Das Schiff läuft 12 sm/h." Statt sm/h wird auch vielfach die Bezeichnung Knoten angewendet. Man findet die in einer bestimmten Zeit zurückgelegte Distanz, indem man die Fahrt mit dieser Zeit, in Stunden ausgedrückt, multipliziert. Läuft ein Schiff z. B. 10 sm/h, so legt es in 3Std. 42min. 37 sm zurück. Wenn am Schiffsort ein Strom läuft, so hat man zu unterscheiden zwischen der Fahrt des Schiffes durch das Wasser und der Fahrt des Schiffes über den Grund. Die Messung der Geschwindigkeit geschieht durch Logge (Fahrtmessanlagen). Motorschiffe beurteilen die Fahrt gewöhnlich nach der Tourenzahl der Maschinen, d.h. nach deren Umdrehungszahlen in der Minute.

Im folgenden soll, wenn nichts anderes gesagt ist, vorausgesetzt werden, dass das Schiff in ruhendem Wasser fährt, so dass die Fahrt durch das Wasser gleichzeitig die Fahrt über den Grund darstellt. Die Einwirkung des Stroms wird in Punkt 18 behandelt.

5.) Messung des Kurses, Kompass

Als Kompass dient an Bord der Magnetkompass bzw. der Kreiselkompass. Daneben gibt es in Form der integrierten Navigation nach andere Kurs- und Referenzsysteme, die hier erstmal nicht behandelt werden sollen (siehe dazu „*Automatisierung der Navigation*“).

Magnet- oder Kreiselkompass erlauben, den Kurswinkel zu bestimmen, den das Schiff steuert. An der Innenwandung des Magnetkompasskessels ist der Steuerstrich angebracht. Dieser Steuerstrich zeigt an der Kompassrose den Kompasskurs an. Voraussetzung dafür ist, dass die Ebene durch den Steuerstrich und die Pinne, d. i. die Spitze in der Mitte der Kompassrose, auf der sich diese dreht, parallel zum Kiel, also genau längsschiffs ausgerichtet ist. Ähnlich ist es beim Kreiselkompass, wobei hier die 10° Einteilung der Hauptrose durch eine zweite eingebrachte Kompassrose noch mal genauer unterteilt ist. Beim Ablesen eines anliegenden Kurses muss man sich genau vor oder hinter den Steuerstrich stellen, da sonst durch den Zwischenraum zwischen dem Steuerstrich und der Gradmarke der Kompassrose eine Fehlablesung bis zu einigen Graden auftritt. Der Kompasskurs gibt also die Kielrichtung des Schiffes, bezogen auf den Nordstrich der Kompassrose an. Der Kurswinkel des Kompasskurses ist also gleich dem Bogen vom Nordstrich der Kompassrose bis zum Steuerstrich. Dieser Kompass-Kurswinkel ist der einzige, den man an Bord ablesen kann.

6.) Fehlweisung der Kompass

Meist stimmt weder beim Kreisel- noch beim Magnetkompass die Nordrichtung der Kompassrose (Kompassnord) mit der rechtweisenden Nordrichtung überein. Man nennt den Winkel, den die rechtweisende Nordrichtung mit der Nordrichtung des jeweiligen Kompasses bildet, die **Fehlweisung** des Kompasses (Fw.). Man liest am Kompass stets nur den Kompasskurs ab, man muss die Fehlweisung des Kompasses nach Größe und Richtung (+ oder -) kennen, um den rechtweisenden Kurs aus dem Kompasskurs zu erhalten bzw. aus dem der Karte entnommenen rechtweisenden Kurse den zu steuernden Kompasskurs zu errechnen. Die Fehlweisung setzt sich zusammen:

Beim Magnetkompass:

- a.) Missweisung (Mw)
- b.) Ablenkung (δ)

Beim Kreiselkompass:

- a.) Fahrtfehler (Ff)
- b.) Kreiselablenkung (Kr-A)

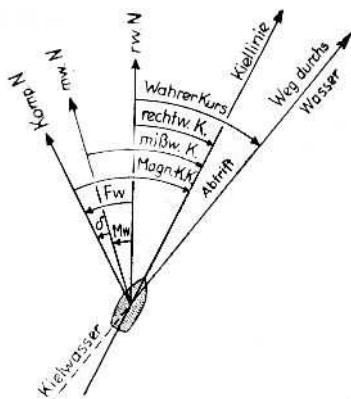


Abb. 3. Die verschiedenen Kurse beim Magnetkompaß.

Die **Missweisung** (M_w) ist der Winkel zwischen dem Meridian (rwN) und dem magnetischen Meridian (mwN). Man versteht unter dem magnetischen Meridian oder missweisend Nord die Richtung, in die sich eine Magnetnadel (Kompassrose) in eisenfreier Umgebung infolge des erdmagnetischen Feldes auf der Erdoberfläche einstellt (Abb. 3).

Die Missweisung ist abhängig vom Ort auf der Erde und von der Zeit (Jahreszahl). Man entnimmt die Missweisung der Seekarte nach Größe und Richtung für einen Ort und für das für die Karte angegebene Jahr. Sie ist stets für das Gebrauchsjahr durch den in den Bemerkungen der Seekarte angegebenen Berichtigungsfaktor zu beschicken. Will man die Missweisung für ein Gebiet zwischen zwei Angaben in der Seekarte erhalten, so mittelt man zwischen den zwei Angaben. Die Missweisung ändert sich niemals sprunghaft.

Die Missweisung gilt also für alle Kompass des Schiffes in gleicher Weise und ist unabhängig vom Kurs des Schiffes: Sie kann Ost (+) oder West (-) sein.

Die **Ablenkung** oder **Deviation** (δ) ist der Winkel zwischen missweisend Nord (mwN) und Kompassnord (Komp. N.). Sie entsteht durch die magnetische Wirkung des Schiffseisens (Abb.3). Die Ablenkung ist abhängig vom Aufstellungsort des Kompasses auf dem Schiff und vom Kurs des Schiffes. Mit Änderung des Kurses ändert sich die Lage des Schiffskörpers zu der Nord-Süd-Richtung der Kompassrose, da das Schiff mit seinem Eisen gewissermaßen durch Kursänderung unter der Kompassrose hinweggedreht wird. Außerdem kann die Ablenkung sich durch Veränderungen oder starke Erschütterungen im Schiffskörper (Reparaturen, Docken, Grundberührung, Artillerieschießen, Blitzschlag), ferner mit größerer Ortsänderung des Schiffes und schließlich mit der Zeit ganz erheblich ändern.

Auf jedem Schiff befindet sich eine Ablenkungs- oder Steuertafel; auf jeder Ablenkungs- oder Steuertafel müssen Ort und Zeit der Aufstellung vermerkt sein. Regelmäßige, fortlaufende Kontrollen der Ablenkung sind aus den oben angeführten Gründen während der Fahrt eines Schiffes unerlässlich. Besonders nach jeder größeren Kursänderung muss die Ablenkung durch astronomische bzw. terrestrische Beobachtung neu bestimmt werden. Bei großen Ablenkungen müssen die ablenkenden Feldstärken des Schiffsmagnetismus durch entsprechende Gegenfeldstärken am Kompassort ausgeglichen (kompensiert) werden.

Jeder an Bord aufgestellte Magnetkompass hat seine eigene Ablenkungs- und Steuertafel. Die Ablenkung kann Ost (+) oder West (-) sein.

Kreiselkompass haben mit magnetischen Kräften nichts zu tun.

Der **Fahrtfehler** (F_f) entsteht durch Einwirkung der Fahrt des Schiffes auf die Achse des Kreisels der Kreiselkompassanlage. Die Größe und Richtung des Fahrtfehlers sind daher abhängig von der Fahrt des Schiffes, seinem Kurs und von der geographischen Breite. Der

Fahrtfehler gilt also für alle Schiffe und alle Kompassse in gleicher Weise (siehe Nautische Tafel).

Das **Kreisel-A** ist ein in Richtung und Größe auf allen Kursen konstanter Fehler, der durch entsprechendes Verschieben des Steuerstrichs ausgeglichen werden kann und im allgemeinen bei normaler Anlage nicht auftritt. Seine Entstehung hat rein technische Ursachen, in der Aufstellung und Justierung der Kreiselkompassanlage bzw. deren Töchtergeräten.

Eine häufige Kontrolle des Kompasses auf das Vorhandensein oder eine Änderung von Kr .A. ist in derselben Weise wie für die Ablenkung des Magnetkompasses unerlässlich, da durch die Unveränderlichkeit des Kr-A auf einen ungestörten Betrieb in der Kreiselanlage geschlossen werden kann.

7.) Kursbeschickung

Wie Abb. 3 zeigt, erhält man den **rechtweisenden Kurs** (rwK), indem man die Fehlweisung zum **Kompasskurs** (MgK bzw. KrK) algebraisch addiert. Das gilt für den Kreiselkompass wie für den Magnetkompass. Umgekehrt erhält man den Kompasskurs, indem man die entgegengesetzte Fehlweisung zum rechtweisenden Kurs addiert. Die Fehlweisung ist die algebraische Summe von Missweisung und Ablenkung für den Magnetkompass und von Fahrtfehler und Kreisel-A für den Kreiselkompass.

Alle Kursbeschickungen haben das Vorzeichen, womit man sie an den „falschen“ Kurs anbringen muss, um den „richtigen“ zu erhalten.

Merke:

Vom Falschen zum Richtigen mit richtigem Vorzeichen!

Vom Richtigen zum Falschen mit entgegen gesetztem Vorzeichen!

In den nachstehenden Beispielen wird der Weg vom Falschen zum Richtigen durch die Pfeilrichtung angedeutet.

Magnetkompass:

MgK = 270°	<i>falscher Kurs</i>	(Am Kompass gesteuert und abgelesen)
$\delta = -14^\circ$	<i>Vorz. bleibt -</i>	(Aus der Ablenkungstabelle -14° für MgK 270°)
mwK = 256°		
$Mw = -6^\circ$	<i>Vorz. bleibt -</i>	(Aus der Seekarte als 6° West für Jahreszahl)
<u>rwK = 250°</u>	<i>richtiger Kurs</i>	(Zum Einzeichnen in die Seekarte)
rwK = 250°	<i>richtiger Kurs</i>	(In die Seekarte eingezeichnet)
$Mw = -6^\circ$	<i>Vorz. wird +</i>	(Aus der Seekarte als 6° West für Jahreszahl)
mwK = 256°		
$\delta = -14^\circ$	<i>Vorz. wird +</i>	(Aus der Steuertafel als -14° für mwK 256°)
<u>MgK = 270°</u>	<i>falscher Kurs</i>	(Am Kompass zu steuern)

Wie aus den Beispielen zu ersehen ist, muss die entsprechende Ablenkung einmal für den Kompasskurs und einmal für den missweisenden Kurs entnommen werden. Daher gibt es für den ersten Fall (vom Kompass zur Karte) die Ablenkungstafel, für den zweiten Fall (von der Karte zum Kompass) die Steuertafel. Bei kleinen Werten der Ablenkung ($\pm 5^\circ$) ist die Ablenkung für den MgK und den mwK annähernd gleich, es genügt dann allein eine Ablenkungstabelle. Besser ist es jedoch, beide Tafeln aufzustellen und zu benutzen.

2. Kreiselkompass:

KrK = 160°	<i>falscher Kurs</i>	(Am Kompass gesteuert und abgelesen)
------------	----------------------	--------------------------------------

Kr-A = 0°	Vorz. bleibt -	(bekannt durch Kompasskontrolle)
Ff = + 1,8°	Vorz. bleibt -	(Aus der Nautischen Tafel als + 1,8° entnommen)
<u>rwK = 161,8°</u>	<i>richtiger Kurs</i>	(Zum Einzeichnen in die Seekarte als 162°)
rwK = 1°	<i>richtiger Kurs</i>	(In die Seekarte eingezeichnet)
Kr-A = + 0,5°	Vorz. wird -	(bekannt durch Kompasskontrolle)
Ff = - 2,7°	Vorz. wird +	(Aus der Nautischen Tafel als -2,7° entnommen)
<u>KrK = 3,2°</u>	<i>falscher Kurs</i>	(Am Kompass zu steuern al 3°)

Wie aus den Beispielen zu ersehen ist, müssten theoretisch auch für die Kursbeschickungen des Kreiselkompasses zwei Tafeln benutzt werden, da einmal für den Kompasskurs und einmal für den rechtweisenden Kurs der Fahrtfehler entnommen werden muss. Praktisch ist jedoch eine Unterscheidung dieser Kurse zum Eingang in die Nautische Tafel nicht erforderlich, da ein geringer Kursunterschied keinen wesentlichen Einfluss auf die Fahrtfehlergröße hat, wie die Nautische Tafel beweist.

8.) Abtrift.

Unter Abtrift versteht man den Winkel zwischen der Kielrichtung und dem Wege, den das Schiff durch das Wasser hingeht (relativ zur Wasseroberfläche macht). Die Kielrichtung wird durch den Steuerstrich am Kompass angezeigt. Die Richtung des Weges durch das Wasser ist der Richtung des Kielwassers entgegengesetzt. Man findet die Größe der Abtrift durch Schätzung des Winkels zwischen dem Kielwasser und der Richtung achteraus.

Kommt der Wind von Backbord, so hat man Abtrift nach Steuerbord, die Abtrift erhält das positive (+) Vorzeichen.

Kommt der Wind von Steuerbord, so hat man Abtrift nach Backbord, und die Abtrift erhält das negative (-) Vorzeichen.

Mit diesen Vorzeichen gilt die Gleichung:

Man kann die Abtrift mit der Fehlweisung zu einer Gesamtberichtigung des Kompasskurses vereinigen. Und da man den für Fehlweisung und Abtrift berichtigten Kompasskurs den "wahren" Kurs nennt, gilt die Gleichung:

Wahrer Kurs = gesteuerter Kurs + Abtrift + Gesamtfehlweisung.

Beispiele:

<i>Wind</i>	<i>Kompasskurs</i>	<i>Abtrift</i>	<i>Missweisung</i>	<i>Ablenkung</i>	<i>Gesamtberichtigung</i>	<i>Wahrer Kurs</i>
SW	298°	+ 25°	+ 28°	- 5°	+ 48°	346°
NW	219°	- 20°	- 25°	- 10°	- 55°	164°

Merke:

Will man bei seitlichem Wind einen bestimmten Kurs behalten, so hat man den zu steuernden Kurs um die geschätzte Abtrift höher, d.h. gegen den Wind gedreht zu wählen.

Seekarten

9.) Seekarten

Land- und Seekarten sind bildliche Darstellungen der ganzen oder eines Teils der Erdoberfläche. Erstreckt sich die Karte über große Teile der Erde, so muss ein kleiner Maßstab angewendet werden, und das Bild kann nur im allgemeinen auf Genauigkeit Anspruch erheben. Seekarten dieser Art nennt man Übersegler. In der Nähe der Küsten

verwendet man Küstenkarten mit reichem Inhalt. Für die Schiffsführung in engen Gewässern, Buchten und Hafeneinfahrten dienen Sonder- oder Spezialkarten und Hafenpläne. Ihrem Zweck entsprechend müssen die Seekarten alles das enthalten, was an natürlichen und künstlichen Merkmalen für den Schiffsführer zur Bestimmung seines Schiffsortes und zur Feststellung des einzuschlagenden Kurses dienlich sein kann. Sie haben deshalb nicht bloß Rücksicht zu nehmen auf die Gestaltung der Küste, sondern auch auf die Beschaffenheit des Meeresbodens, das flache oder steile Abfallen oder Aufsteigen des Bodens und die dadurch bedingten Untiefen, Sände und Klippen, auf die erdigen Bestandteile des Grundes, auf die Richtung der Strömungen und den Eintritt der Gezeiten, ferner auf Leuchttfeuer, auf Landmarken und schwimmende Seezeichen, die bestimmt sind, Gefahren, wichtige Richtungen oder das Fahrwasser anzuzeigen.

Für den Entwurf der Karte gilt es zunächst, das Gradnetz der Breitenparallele und Meridiane in der Kartenebene zu zeichnen. In dieses Netz werden die hervorragenden Punkte des Landes und der Küstenlinien nach ihren Breiten und Längen eingetragen, die zwischen ihnen liegenden Umrisse ergänzt und überhaupt das Bild soweit ausgeführt, wie es für die Zwecke der Karte wünschenswert ist.

Ist der dargestellte Teil der Erdoberfläche so klein, dass er als eben betrachtet werden darf, so kann ohne weiteres ein ähnliches Bild von ihm in der Ebene entworfen werden. Die Karte wird dann ein "Plan" genannt; auf ihm haben alle Winkel dieselbe Größe wie in der Wirklichkeit, alle Längen sind in demselben Verhältnis verkürzt (1 : 100000, 1 : 20000 usw., wie es meistens auf den Plänen angegeben ist).

Sobald jedoch das darzustellende Stück der Erdoberfläche eine größere Ausdehnung hat, ist es unmöglich, von ihm ein ähnliches Bild in der Ebene zu entwerfen, ähnlich im Sinne der Geometrie verstanden (Gleichheit der Winkel, Verhältnismöglichkeit der Seiten), nicht im Sinne einer ungefähren Ähnlichkeit der Gestalt. Die Kugeloberfläche ist eine krumme Fläche, die sich nicht in eine Ebene abrollen oder abwickeln lässt, wie das z. B. mit einem Zylindermantel oder einer Kegelfläche der Fall ist.

10.) Die Merkatorkarte

Für die Navigation bedarf man einer Karte, die in jedem Punkte "**winkeltreu**" ist, damit man den Kurswinkel unverändert in die Karte übertragen kann. Ferner soll der Maßstab zum Messen der Distanzen unabhängig von der Richtung sein, in der man segelt. Beide Forderungen werden von den Karten nach dem Entwurf von Merkator erfüllt.

(Gerhard Mercator geb. 5. März 1512, gest. 2. Dezember 1594, bekannter Geograph und Kartograph, entwickelte die Karte der „vergrößerten Breite“. Eigentlicher Name: Gerard De Kremer -latinisiert: Gerardus Mercator-, deutsch: auch Gerhard Krämer).

Von den vielen möglichen Abbildungen der Erdoberfläche auf eine Ebene ist die Merkatorkarte die für die Nautik am besten geeignete. Die Karte gibt Meridiane und Breitenparallele als gerade Linien wieder, die einander rechtwinklig schneiden. Um dem im Punkt 2 gekennzeichneten Verhältnis von Abweitung und Längenunterschied Rechnung zu tragen, wächst der Maßstab der Karte mit wachsender Breite. Auf der Erdkugel laufen nämlich die Meridiane nach den Polen hin zusammen. In der Mercatorkarte verlaufen sie parallel. Die Bogenabstände auf den Breitenparallelen sind also in der Karte mit wachsender Breite zunehmend auseinander gezogen, und im gleichen Verhältnis müssen die Bogenabstände auf den Meridianen auseinander gezogen werden.

Die durch den Merkatorwurf entstandene vergrößerte Breite ist in der Nautischen Tafel angegeben. Man bezeichnet sie mit Φ und nennt die vergrößerten Breiten auch Meridionalteile. Die Folge dieser Eigenart der Merkatorkarte ist, dass eine Entfernung in Seemeilen stets nur in gleicher Höhe der Kurslinie mit Hilfe des Stechzirkels am rechten oder linken Rande der Karte abgegriffen werden kann, denn in jeder Breite ist die Seemeile gleich

der Nautischen Minute (') in dieser Breite gelegenen Breitenminute oder kurz gesagt: Der Maßstab für Entfernungen liegt bei der Seekarte in der Breitenskala.

Aufmachen des Bestecks, Koppelkurs.

11.) Koppeln

Breite φ_A und der Länge λ_A zu einem Bestimmungsort mit einer anderen Breite auch des Bestimmungsortes

Die Aufgabe, von einem Abfahrtsort mit Breite φ_A und der Länge λ_A zu einem Bestimmungsort φ_B und λ_B zu gelangen, kann in zweierlei Weise auftreten. Es kann entweder außer φ_A und λ_A Kurs und Distanz bekannt sein. Es muss dann bestimmt werden, was für eine Breite φ_B und Länge λ_B der erreichte Ort hat. Oder es kann außer φ_A und λ_A auch Breite φ_B und Länge λ_B des Bestimmungsortes bekannt sein. Dann muss Kurs und Distanz von A nach B ermittelt werden. Dieses Herstellen der Beziehung zwischen Kurs und Distanz und Längen- und Breitenunterschied nennt man Koppeln oder Aufmachen des Besteckes. Ohne weiteres ergeben sich dabei folgende Regeln:

Ein nördlicher Kurs (270° bis 90°) gibt nördlichen, ein südlicher Kurs (90° bis 270°) südlichen Breitenunterschied; ein östlicher Kurs (0° bis 180°) gibt östlichen, ein westlicher Kurs (180° bis 360°) westlichen Längenunterschied.

12.) Die einfachsten Fälle des Koppelns

a) Kurs 0° oder 180° .

Aufgabe I. Wenn der Kurs $000^\circ =$ rechtweisend N oder $180^\circ =$ rechtweisend S ist, so bleibt die Länge ungeändert, und die gutgemachten Seemeilen müssen als ebenso viele Minuten Breitenunterschied in Rechnung gebracht werden.

Beispiel 1: Welche Breite und Länge erreicht man, wenn man von $53^\circ 27' N$, $004^\circ 52' E$ auf dem Kurs 0° die Distanz 170 Seemeilen zurücklegt?

Abfahrtsort:	$\varphi_A = 53^\circ 27' N$	$\lambda_A = 004^\circ 52' E$
	$\Delta\varphi = 02^\circ 50' N$	$\Delta\lambda = 000^\circ 00'$
Erreichter Ort:	$\varphi_B = 56^\circ 17' N$	$\lambda_B = 004^\circ 52' E$

Aufgabe II: Liegen die Orte A und B auf demselben Meridian, so ist der Kurs von A nach B entweder $0^\circ =$ rechtweisend N oder $180^\circ =$ rechtweisend S, und der Breitenunterschied in Minuten gibt die Distanz in Seemeilen.

Beispiel 2: Wie sind Kurs und Distanz von $50^\circ 00' S$ und $54^\circ 57' W$ nach $34^\circ 58' S$ und $54^\circ 57' W$? (La Plata)

Abfahrtsort:	$\varphi_A = 50^\circ 00' S$	$\lambda_A = 54^\circ 57' W$
Bestimmungsort:	$\varphi_B = 34^\circ 58' S$	$\lambda_B = 54^\circ 57' W$
	$\Delta\varphi = 15^\circ 02' N$	$\Delta\lambda = 00^\circ 00'$

Da $15^\circ 02' = 902'$ sind, so sind Kurs und Distanz N und 902 Seemeilen
 $rwK = 000^\circ d = 902 sm.$

b) Kurs 90° oder 270° .

Aufgabe III: Ist der Kurs rechtweisend Ost = 090° oder rechtweisend West = 270° , so bleibt die Breite ungeändert. Die Distanz stellt dann gutgemachte Abweitung dar und muss nach der Formel $\Delta\lambda = a \sec \varphi$ in Längenunterschied verwandelt werden.

Beispiel 3: Von $54^\circ 21' N$, $007^\circ 16' E$ legt man 16 Seemeilen nach West zurück. Wohin kommt man?

$$16 \text{ sm} : 60 = 0,266^\circ = 0^\circ 16'$$

$$\Delta\lambda = a \sec \varphi$$

$$\Delta\lambda = 000^\circ 16' \sec 54^\circ 21'$$

$$\underline{\underline{\Delta\lambda = 000^\circ 27,2' W}}$$

Verlassen:	$\varphi_A = 54^\circ 21' N$	$\lambda_A = 007^\circ 16,0' E$
	$\Delta\varphi = 00^\circ 00'$	$\Delta\lambda = 000^\circ 27,2' W$
Erreicht:	$\underline{\underline{\varphi_B = 54^\circ 21' N}}$	$\underline{\underline{\lambda_B = 006^\circ 47,8' E}}$

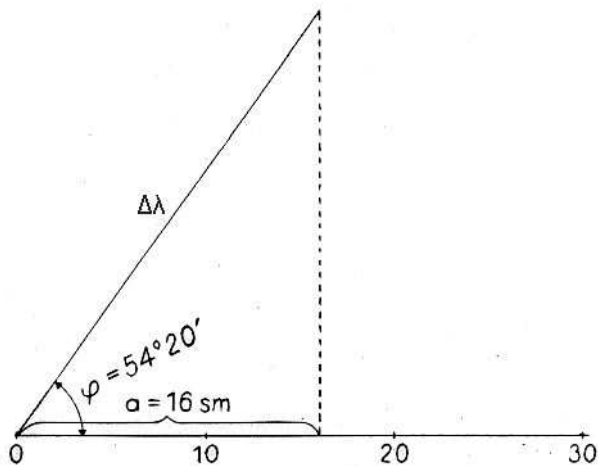


Abb. 4

Aufgabe IV: Liegen die Orte A und B auf derselben Breitenparallel, so ist der Kurs entweder rw. Ost = 90° oder rw. West = 270° . der Längenunterschied muss durch Multiplikation nach der Formel $a = \Delta\lambda \cos \varphi$ in Abweitung verwandelt werden, und diese stellt die Distanz dar.

Beispiel 4: Wie sind Kurs und Distanz von $57^\circ 09' N$, $003^\circ 25' E$ nach $57^\circ 09' N$, $002^\circ 04' W$ (Aberdeen)

Abfahrtsort:	$\varphi_A = 57^\circ 09' N$	$\lambda_A = 003^\circ 25,0' E$
Bestimmungsort:	$\underline{\underline{\varphi_B = 57^\circ 09' N}}$	$\underline{\underline{\lambda_B = 002^\circ 04,0' E}}$
	$\Delta\varphi = 00^\circ 00'$	$\underline{\underline{\Delta\lambda = 005^\circ 29,0' W}}$

$$a = \Delta\lambda \cos \varphi$$

$$a = 005^\circ 29,0' \cos 57^\circ 09'$$

$$a = 002^\circ 58,2' W$$

$$\underline{\underline{a = 178,4 \text{ sm}}}$$

rwK = 270° , d = 178,4 sm

13.) Loxodrome

In allen anderen Fällen als den soeben behandelten ändert sich bei der Fahrt Abfahrts- zum Bestimmungsort die Breite und die Länge gleichzeitig und fortlaufend. Auf der Erdkugel kann man nun von einem Ort A zu einem anderen Ort B auf verschiedenen Wegen gelangen. Für die Navigation ist es besonders bequem, einen Weg einzuschlagen, auf dem laufend der gleiche Kurs gesteuert werden kann, wie dies auch bei den soeben behandelten einfachen

Fällen geschah. Wenn man diese Bedingung erfüllt, so beschreibt man auf der Erdkugel eine Kurve, "die sich spiralförmig einem geographischen Pol nähert, eine **Loxodrome** (schieflaufende Linie, auch Kursgleiche genannt).

Unter Loxodromen versteht man Linien konstanten Kurses auf der Erdoberfläche, also Linien, die alle Meridiane unter demselben Winkel schneiden.

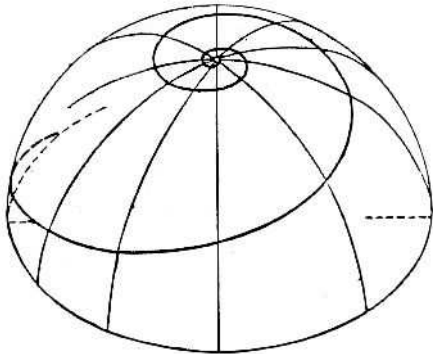


Abb. 5. Lotbild der Loxodrome, $\alpha = 75^\circ$.

Die Gestalt einer Loxodrome ist durch ihren Kurswinkel α bestimmt. Die Meridiane sind Loxodromen mit dem Kurswinkel $\alpha = 0^\circ$.

Der Äquator und die Breitenparallele sind Loxodromen vom Kurswinkel $\alpha = 90^\circ$.

In allen Fällen, wo der Kurswinkel weder 0° noch 90° ist, ist die Loxodrome nicht etwa ein Groß bzw. Kleinkreis, sie ist überhaupt keine ebene Kurve, sondern eine Raumkurve, d. h. eine Linie doppelter Krümmung, deren Punkte nicht in einer und derselben Ebene liegen, wie die in Abb. 5 dargestellte Loxodrome von $\alpha = 75^\circ$ erkennen lässt.

In der Merkatorkarte werden die Loxodromen als gerade Linien dargestellt.

Legt man auf einer Loxodrome mit dem Kurswinkel α die Distanz d zurück und macht dabei den Breitenunterschied $\Delta\varphi$ gut, so gilt die folgende Beziehung, und zwar vollkommen genau, wie groß auch d sein mag:

$$\Delta\varphi = d \cos \alpha$$

Diese überraschend einfache Beziehung ist grundlegend für die Nautik; (siehe Mathematik für Nautiker) Bedeutet weiter a die Anzahl Seemeilen, um die man bei Zurücklegen der Distanz d nach Osten oder Westen kommt, so ist

$$a = d \sin \alpha.$$

Man nennt das ebene rechtwinklige Dreieck, das die Hypotenuse d , den spitzen Winkel α und die ihm anliegende Kathete $\Delta\varphi$ hat, das Kursdreieck. Seine andere Kathete ist a (Abb. 6).

Um den erreichten Ort angeben zu können, braucht man den Längenunterschied $\Delta\lambda$ zwischen ihm und dem verlassenen Ort. Man benutzt dabei die Mittelbreite, φ_m d. h. das arithmetische Mittel aus den Breiten von A und B, um a in $\Delta\lambda$ umzuwandeln:

$$\Delta\lambda = a \sec \varphi_m.$$

Bei geringem Breitenunterschied zwischen A und B darf, wenn der Bogen der Loxodrome den Äquator schneidet, $a = \Delta\lambda$ gesetzt werden.

14.) Das Aufmachen des Bestecks in der Seekarte

Die Lösung der beiden Aufgaben

- von einem Abfahrtsort mit Breite φ_A und Länge λ_A mit gegebenem Kurs und gegebener Distanz Breite φ_B und Länge λ_B des Bestimmungsortes zu ermitteln,
- aus Breite φ_A und Länge λ_A des Abfahrtsortes und Breite φ_B und Länge λ_B des Bestimmungsortes Kurs und Distanz von A nach B zu ermitteln,

geschieht am einfachsten in der Seekarte. Bei der Zeichnung konstruiert man das Kursdreieck; für die Lösung der Aufgabe a zeichnet man von A aus mittels eines Winkeltransporteurs (in der Regel ein Anlege- und ein Kursdreieck) den Kurs ein und trägt auf diesem die Distanz in Seemeilen ab. Entsprechend den Bemerkungen in Punkt 10.) wird die Distanz stets in gleicher Höhe am rechten oder linken Rand der Karte abgegriffen. Bei größeren Entfernungen mit größerem Breitenunterschied muss das Abgreifen abschnittsweise geschehen; um dann in der jeweiligen Breite seitlich an den Rand zu gehen. Für die Lösung der Aufgabe b wird der Kurswinkel mit dem Kursdreieck am Meridian abgelesen, ebenso wie beim Eintragen. Um die Distanz auf der Breitenskala zu messen, trägt man sie so darauf ab, dass ihre Mitte ungefähr die gleiche Breite mit der Mitte zwischen A und B besitzt (Mittelbreite). Die Anzahl der zwischen der Zirkelspitze enthaltenen Breitenminuten ist gleich der Anzahl der Seemeilen der Distanz.

Die eben genannten Regeln lassen sich auch zur Lösung der einfachsten Aufgaben des Koppeln in der Seekarte verwenden. In solcher Weise macht man, wenn die Seekarte genügend großen Maßstab hat, sein Besteck auf. Man trägt die wahren Kurse und Distanzen hintereinander ein und ermittelt aus der verlassenen Breite und Länge die erreichte Breite und Länge. (Geschieht dies von Mittag zu Mittag, so spricht man von der "Aufmachung des Etmals".) Der so gefundene Schiffsort heißt der „Schiffsort nach Besteck oder nach Loggerechnung“ bzw. „Koppelort (O_g)“ oder „gegißter Ort (O_g)“. Auf freier See ist die Seekarte vielfach unzureichend, weil wegen eines zu kleinen Maßstabes (z. B. Karte des Nordatlantischen Ozeans) das Eintragen der Entfernungen zu ungenau wird. Dann führt man die Zeichnung auf sogenannten "Merkatornetzen" aus: Dies sind leere Merkatorkarten, die sich über eine bestimmte Breitenzone erstrecken. Die Benennung der Meridiane trägt der Benutzer selbst mit Bleistift ein. Man kann also in solch einer Karte beliebig weit koppeln, indem man eine Kurslinie, wenn sie z. B. am linken Kartenrand angekommen ist, in der gleichen Höhe (Breite) der Karte von rechts aus wieder fortsetzt. Man hat dadurch den Vorteil, trotz großer Distanzen in einer kleinen Karte mit einem ziemlich großen Maßstab arbeiten zu können (siehe Abschnitt: „*Koppeln auf Gitterpapier*“).

Statt einer zeichnerischen Ausführung des Koppeln kann auch eine rechnerische Koppelausführung erfolgen (siehe dazu: „*Besteckrechnung*“).

15.) Die Zuverlässigkeit des Koppeln

Bei der Ermittlung des Schiffsortes durch Koppeln muss man auf Fehler am erreichten Schiffsort gefasst sein, die ihren Grund haben

1. in Fehlern in den wahren Kursen,
2. in Fehlern in den geloggtten Distanzen,
3. in unbekanntem Stromversetzungen.

1. Kursfehler: Kleine Kursabweichungen, bald nach der einen, bald nach der anderen Seite vom aufgegebenen Kurs, sind selbst bei aufmerksamem Steuern nicht zu vermeiden, besonders bei achterlicher See und geringer Fahrt. Man kann nicht damit rechnen, dass diese Abweichungen einander aufheben. Weitere Kursfehler können verursacht werden durch Fehler in der Bestimmung (Schätzung) der Abtrift und durch Fehler in der Fehlweisung des Kompasses. Diese sind bei Kreiselkompassen im allgemeinen viel geringer als bei Magnetkompassen, sofern sie nicht bei diesen durch häufige Kontrolle der Fehlweisung ausgemerzt werden.

Im Mittel wird man auf einem Motorschiff die Unsicherheit des Kurses auf 3° anzunehmen haben. Diese entspricht einer Unsicherheit des Bestecks von ungefähr $1/20$ der zurückgelegten Distanz, und zwar senkrecht zur Kursrichtung. Auf Segelschiffen ist die Unsicherheit infolge von Kursfehlern im allgemeinen größer.

2. Distanzfehler: Distanzfehler sind bei schlechtem Wetter und Seegang größer als bei schlichtem Wasser. Sie sind bei den verschiedenen Arten der Ermittlung der Fahrt durch das Wasser in verschiedener Größe zu erwarten. Im Mittel kann man annehmen, dass der Schiffsort nach abgelaufenen 100 sm infolge dieser Fehler um etwa 5 sm in Richtung des Kurses unsicher ist. Insgesamt hat man demnach damit zu rechnen, dass nach abgelaufenen 100 sm der wahre Schiffsort in einem Fehlerrechteck liegt, das den berechneten Ort zur Mitte hat und dessen in der Kursrichtung liegende Seite 10 sm, dessen quer zum Kurs liegende Seite auf einem Motorschiff 10 sm, auf einem Segelschiff meistens länger ist.

3. Der bisher als "wahrer Kurs" bezeichnete Kurs ist der "wahre Kurs durch das Wasser". Ist die Wasseroberfläche selbst in Bewegung, mit anderen Worten, läuft in den befahrenen Meeresteilen ein in Richtung und Stärke bekannter Strom, so könnte aus diesen Größen zunächst der "wahre Kurs und die Distanz über den Grund" abgeleitet werden. Der Strom ist aber nach Richtung und Stärke meist nur als angenähert bekannt zu betrachten. Es ist besser, ihn zunächst unberücksichtigt zu lassen, also so zu rechnen, als ob die Wasseroberfläche ruhte, um dann schätzungsweise die mögliche Wirkung des Stromes an dem berechneten Ort anzufügen. Der so schätzungsweise berichtete Schiffsort wird als der "gegebte Ort" (O_g) bezeichnet. Hat man durch Peilungen oder durch astronomische Beobachtungen den sogenannten wahren Schiffsort (O_w) bestimmt, so nennt man die Strecke zu ihm von dem für denselben Zeitpunkt nach Koppelkurs gefundenen Ort die "Besteckversetzung" und sieht diese in der Hauptsache als Stromversetzung an.

Stromschiffahrt

16. Bestimmung des Kurses über den Grund und des wahren Ortes

Für die Besteckfindung müssen meist Küsten- und Gezeitenströme sowie ozeanische Strömungen in Betracht gezogen werden. Wenn die Geschwindigkeit eines Stromes nach Richtung und Größe (Trift) hinreichend genau bekannt ist, so kann damit verfahren werden wie mit Kurs und Fahrt des Schiffes. Der Gegensatz zu den entsprechenden Benennungen der Windrichtung ist zu beachten. Als Richtung eines Stromes wird die Richtung bezeichnet, wohin er fließt. Ein Nordstrom kommt also von Süd und setzt nach Nord. Wenn Richtung und Trift des Stromes bekannt sind, so kann aus dem "Kurs und der Fahrt durch das Wasser" der "Kurs und die Fahrt über den Grund", aus dem "Weg durch das Wasser" der "Weg über den Grund" oder aus dem nach Kompass und abgelaufener Distanz erreichten "scheinbaren Ort" der "wahre Ort" gefunden werden.

In den einfachsten Fällen liegt die Lösung der Aufgabe auf der Hand. Läuft der Strom in der Kursrichtung, so ändert er diese nicht; die Fahrt über den Grund ist die Summe der Fahrt durch das Wasser und der Trift des Stromes. Läuft der Strom entgegengesetzt zum Kurs, so ändert er ebenfalls diesen nicht; die Fahrt über den Grund ist die Differenz beider Bewegungen. Diese Fälle liegen häufig auf Flüssen und beim Entlangfahren an einer Küste vor.

Den allgemeinen Fall, dass der Strom in einem beliebigen Winkel zum "Kurs durchs Wasser" läuft, erläutert die Abb. 9. In ihr stellt AB die Fahrt des Schiffes durch das Wasser, AD den Strom dar. Bei ruhendem Wasser würde das Schiff in einer Stunde von A nach B kommen. Nun wird die ganze Wassermasse in der Stunde in der Richtung AD um diese Strecke verschoben. Durch diese Verschiebung gelangt das Schiff nach einem Punkte C, den man erhält, wenn man BC parallel AD zieht.

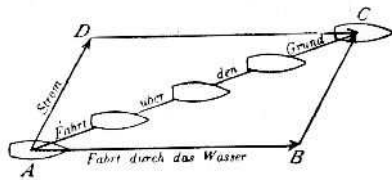


Abb. 7 Stromdreieck.

Diese Betrachtung gilt für jeden beliebigen Bruchteil der Stunde. Das Schiff geht daher über den Grund längs der Linie AC hin, während die Kielrichtung parallel zu AB ist. AC ist die "Fahrt über den Grund".

Man kann sich auch denken, dass das Schiff eine Stunde lang in stromfreiem Wasser segelt und dass es darauf eine Stunde lang ohne Fahrt treibt, oder auch, dass es diese beiden Bewegungen in umgekehrter Reihenfolge ausführt.

Das Dreieck ABC wird das Stunden - **Stromdreieck** genannt. Es wird durch das Dreieck ADC zum **Parallelogramm der Geschwindigkeiten** ABCD ergänzt.

Die Stromaufgaben löst man durch Zeichnen eines Stromdreiecks für eine bestimmte Zeitspanne. Folgende drei Fälle kommen vor:

1. Gegeben sind Kurs und Fahrt (Distanz) durchs Wasser, Richtung und Trift des Stromes. Gesucht sind Kurs und Fahrt (Distanz) über den Grund.
2. Gegeben sind Kurs über den Grund und Fahrt (Distanz) durchs Wasser sowie Richtung und Stärke (Trift) des Stromes. Gesucht sind Kurs durchs Wasser und Fahrt (Distanz) über den Grund.
3. Gegeben sind die wahren Schiffsorte am Anfang und am Ende einer Segelung sowie Kurs und Fahrt (Distanz) durchs Wasser während dieser Segelung und ihre Dauer. Gesucht sind die Stromversetzung und/oder Richtung und Stärke (Trift) des Stromes.

17.) Stromaufgaben

1. Aufgabe

Beispiel: Ein Schiff legt auf dem rw. Kurs 38° durchs Wasser nach Logge 7 sm/h zurück. Es setzt währenddessen ein Strom rw. 90° 3 sm/h.

Frage: Welchen rw. Kurs und wieviel sm/h legt das Schiff über Grund zurück?

Lösung: Man zeichnet $AC = rw. 38^\circ$ und 7 sm, $CB = rw. 90^\circ$ und 3 sm und verbindet A mit B. Die Strecke AB ist dann gleich der Fahrt über Grund, nämlich 9,1 sm. Die Richtung von A nach B ist der rechtweisende Kurs über den Grund, nämlich 53° .

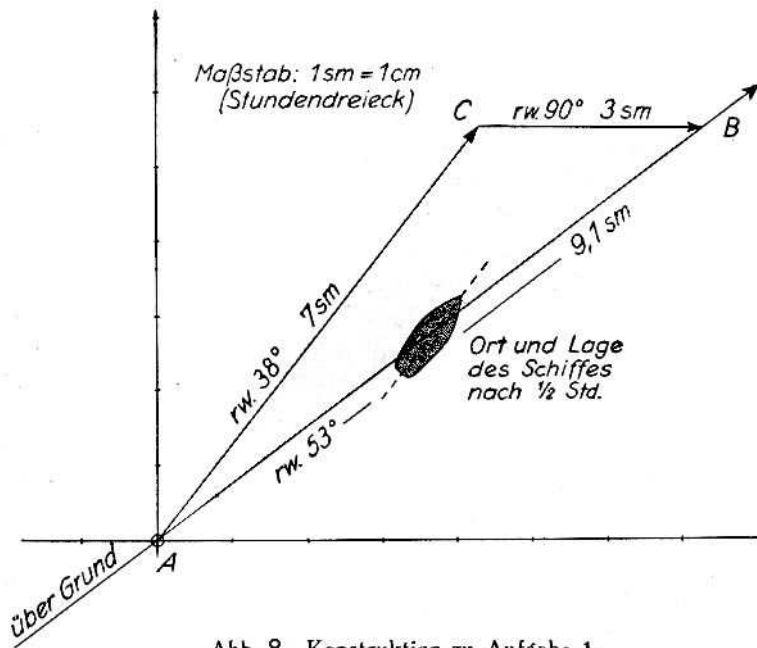


Abb. 8 Konstruktion zu Aufgabe 1.

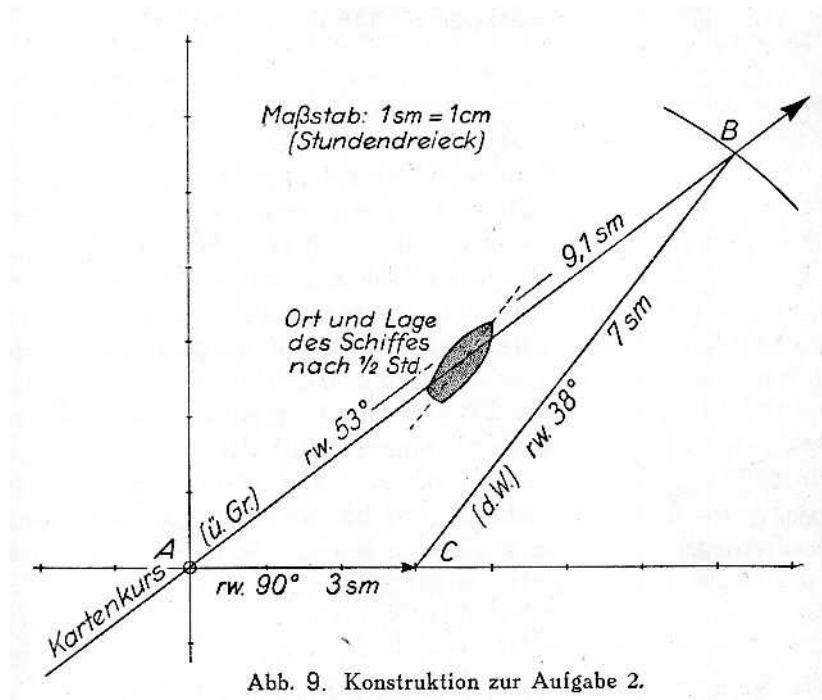
Die Konstruktion des Dreiecks lässt sich für jede beliebige andere Zeitspanne durchführen. Die nachträgliche Berücksichtigung eines vorherrschenden Stromes ist besonders dann von Bedeutung, wenn infolge plötzlichen unsichtigen Wetters eine Kontrolle des Schiffsortes durch Landobjekte nicht stattfinden kann. Es wird in diesem Falle zweckmäßig sein, die Konstruktion gleich in der Seekarte durchzuführen, um sofort ein anschauliches Bild der Stromversetzung zu bekommen. Sind mehrere verschiedene Kurse von einem bestimmten Abgangsort aus gesteuert worden, so berücksichtigt man den Strom zur nachträglichen Verbesserung des Schiffsortes, indem man seine Stundengeschwindigkeit mit der Gesamtzeit des Ablaufens der verschiedenen Kurse multipliziert und im letzten gekoppelten Bestecksort die Richtung und den errechneten Gesamtbetrag der Versetzung durch den Strom anträgt. In dem so gefundenen Endpunkt sind die Einflüsse des Stromes auf den Schiffsort während der gesamten zurückliegenden Segelung berücksichtigt. Die Kontrolle eines so gefundenen Schiffsortes durch ausgiebiges Loten und andere Hilfsmittel darf natürlich nicht versäumt werden.

2. Aufgabe.

Beispiel: Ein Schiff will den der Seekarte entnommenen Kurs über den Grund rw. 53° einhalten, seine Fahrt durchs Wasser ist 7 sm/h.

Frage: Welcher rw. Kurs durchs Wasser muss der Navigierung zugrunde gelegt werden, und welche Fahrt über den Grund ergibt sich, wenn mit einem Strom rw. 90° 3 sm/h gerechnet wird?

Lösung: Man zeichnet $AC = \text{rw. } 90^\circ \text{ 3 sm}$, und von A aus einen Strahl in der Richtung rw. 53° . Um C schlägt man mit dem Radius 7 sm den Kreis. Dieser schneidet den Strahl in B. Dann ist $AB = 9,1 \text{ sm}$ die Fahrt über Grund, und die Richtung CB gibt den Kurs durchs Wasser an, nämlich rw. 38° .



Diese Konstruktion lässt sich auch für jede beliebige andere Zeitspanne (z. B. 1/2 -Stunden-Dreieck) durchführen. Wenn die Fahrt des Schiffes im Vergleich zur Stärke des Stromes klein ist, so kann die Lösung der Aufgabe zweideutig oder unmöglich werden. Zu beachten ist, dass sowohl Richtung als auch Stärke des Stromes mit fortschreitendem Ort und fortschreitender Zeit veränderlich sein können.

3. Aufgabe

Wenn der Weg des Schiffes durch das Wasser und außerdem der wahre Schiffsort am Ende der Segelung gegeben sind, so kann die Strecke vom scheinbaren zum wahren Schiffsort als Stromversetzung angenommen werden. Ein Schiff lege z. B. nach Kompass und gewöhnlicher Logge 157° 5,3sm zurück (Abb. 12); in stromfreiem Wasser würde es dadurch von A nach B gelangen. Dann ist Punkt B der scheinbare Ort (Loggeort). Wird nun der wahre Schiffsort in C gefunden, so ist BC nach Richtung und Größe der Strom. Man findet den wahren Ort durch terrestrische oder astronomische Beobachtungen.

Die Stromversetzung wird durch Zeichnung (Abb. 12) oder rechnerisch wie in folgendem Beispiel ermittelt:

Beispiel: Ein Schiff befindet sich mittags nach astronomischer Beobachtung auf 54° 2' N und 2° 31' E. Man segelt bis zum nächsten Mittage bei Missweisung 17° W und Ablenkung 6°E einen Kurs von 50° und eine Distanz von 153 sm und findet dann seinen Schiffsort nach astronomischer Beobachtung auf 56° 11' N und 005° 04' E. Welche Besteckversetzung hat man gehabt?

rwK = 039° d = 153 sm	$\Delta\varphi$ = 118,9 N	a = 96,3 E .
	φ_m = 55°	$\Delta\lambda$ = 168 E
Verlassener Ort:	φ = 54° 02' N	λ = 002° 31' E
	$\underline{\Delta\varphi}$ = 01° 59' N	$\underline{\Delta\lambda}$ = 002° 48' E
Schiffsort nach Loggerechnung:	φ = 56° 01' N	λ = 005° 19' E
Astronomische Beobachtung:	φ = 56° 11' N	λ = 005° 04' E
	$\underline{\Delta\varphi}$ = 00° 10' N	$\underline{\Delta\lambda}$ = 000° 15' W
		a = 8,6 W

Besteckversetzung: rw. 320° 13 sm.



Abb. 10.
Stromversetzung.

In die so bestimmte „Stromversetzung“ gehen alle Ungenauigkeiten der Bestimmung des Loggeortes sowie des wahren Ortes über, weshalb man sie zutreffender als "**Besteckversetzung**" bezeichnet. Nur wenn die Versetzung erheblich größer ist als die infolge dieser Ungenauigkeiten zu erwartende Abweichung, ist man berechtigt, die Besteckversetzung einer Strömung zuzuschreiben. Darf man diese als gleichmäßig während der ganzen Dauer der Segelung ansehen, so erhält man die Stromstärke (Trift des Stromes) durch Division des Gesamtbetrages des Stromes durch die Stundenzahl. Bei gleich bleibenden Verhältnissen kann man den gefundenen Strom für die Besteckrechnung bis zur nächsten Bestimmung Stromversetzung. des wahren Ortes in Rechnung ziehen.