

Das Chronometer bei der Ortsbestimmung

Von Dr. H. C. Freiesleben

Die Zeit verschiedener Orte

Wenn man sich in Deutschland am späten Abend zur Ruhe begibt, ist es in den großen Städten des Ostens der Vereinigten Staaten von Amerika noch früher Nachmittag; in China und Japan aber geht bereits die Sonne des folgenden Kalendertages auf.

Diese durch die geographische Lage der Kontinente bedingte Zeitverschiebung ist heute im Zeitalter des Radios fast allgemein geläufig geworden; denn viele deutsche Hörer haben z. B. bereits in früher Morgenstunde einen abendlichen Boxkampf in New York um die Weltmeisterschaft miterlebt. Die Übertragung großer politischer Kundgebungen nach Amerika erfolgt gleichfalls nach Mitternacht; außer den Empfangsverhältnissen ist vor allem die verschiedene Zeit der Kontinente die Ursache dafür. Im Gegensatz zu heute kannte man früher diesen Sachverhalt nur aus der Geographiestunde.

Der Unterschied der Zeit in Europa und in Amerika ist bekanntlich eine Folge der verschiedenen geographischen Länge. Die Erdkugel dreht sich in östlicher Richtung, und infolgedessen geht die Sonne für einen weiter östlich gelegenen Ort früher auf als für einen weiter westlich liegenden. Königsberg z. B. hat einen früheren Sonnenaufgang als Hamburg. Ebenso geht in Königsberg die Sonne früher durch die Mittagslinie, den Meridian, als sie es in Hamburg tut; sie geht endlich auch früher unter. Dagegen haben alle Orte, für die der Durchgang der Sonne durch die Mittagslinie gleichzeitig erfolgt, auch die gleiche geogra-

phische Länge. Sie können sich in ihrer Lage nur dadurch unterscheiden, daß sie teils nördlicher, teils südlicher liegen; man sagt deshalb auch, daß alle diese Orte auf dem gleichen Meridian liegen.

Nun stellt man in Deutschland alle Uhren nach einheitlicher Zeit, der sogenannten Mitteleuropäischen Zeit. Diese Zeit gilt genau nur für alle Orte eines bestimmten Meridians, auf dem z. B. die Städte Stargard und Görlitz liegen. Für alle anderen Orte weicht die natürliche Zeit, wie sie der Sonnentageslauf ergibt, von der bürgerlichen Zeit ab. Der Unterschied der Zeiten von Sonnenaufgang und Sonnenuntergang für verschiedene Gegenden des Reiches wird also deutlich.

Weiter nach Westen schließt sich ein Gebiet anderer gesetzlicher Zeit an, das der Westeuropäischen Zeit. Jenseits des Nordatlantischen Ozeans kommen dann wieder andere Länder mit anderer, aber einheitlicher Stundenzählung. (Siehe auch die Zeitgleichungs-, Orts- und Zonenzeiten-Tabellen in diesem Kalender.) Solch eine gesetzlich vereinbarte Zeit schließt sich der natürlichen Zeiteinteilung selbstverständlich möglichst an. Eine gewisse Willkür aber läßt sich bei Zusammenfassung von Orten verschiedener geographischer Länge nicht vermeiden. (Dies sieht man vor allem auf Grenzstationen, wo der Eisenbahnfahrplan auf eine andere Zeit umgestellt wird.)

Der natürlichen Tageseinteilung wird am genauesten die mittlere Ortszeit gerecht. Für Orte gleicher Länge ist sie gleich, für verschiedene geographische Längen unterscheidet sie sich um den Betrag des Längenunterschiedes, den man dazu in Stundenmaß umwandeln muß. Der ganze Erdumfang wird in 360 Längengrade eingeteilt; diese entsprechen 24 Stunden. 1° Längenunterschied also entspricht 4 Minuten Längenunterschied.

Die Frage der Zeiteinteilung wird nun für ein fahrendes Schiff, das seine „Länge“ ändert, von

Bedeutung. Auf dem freien Ozean wird ein Schiff am zweckmäßigsten seine Uhrzeit so wählen, wie sie seinem Ort entspricht, also wie sie der geographischen Länge seines Ortes am Mittag angemessen ist. Bei Ankunft in einem Hafen soll die Schiffszeit der für dort festgelegten gleich sein.

Entsprechend der sich ändernden geographischen Länge werden jede Nacht die Borduhren verstellt. Der Europäer, der nach Amerika fährt, wird dies daran merken, daß jede Nacht etwas länger ist, als er es gewohnt ist. Man erwacht also seiner Lebensgewohnheit entsprechend früher, als es die Zeiteinteilung des Schiffes angibt. Für den Reisenden, der nach Osten fährt, werden die Nächte dagegen verkürzt, denn man gelangt in Gebiete, wo die Sonne immer früher aufgeht. Fährt ein Schiff beispielsweise so schnell, daß es in 24 Stunden seine geographische Länge um 10° ändert, so muß die Bordzeit jede Nacht um 40 Minuten geändert werden.

Woher kennt nun aber die Schiffsführung die geographische Länge des Schiffsortes? Wie ist sie in der Lage, dieses Stellen der Uhren richtig vorzunehmen?

Diese Fragen berühren ein sehr wichtiges Gebiet der Schifffahrt, nämlich die sogenannte *N a v i g a t i o n*. Solange sich ein Schiff in Sicht von Land befindet, kann es ziemlich leicht seinen Ort mit Hilfe einer Karte angeben: man beobachtet Richtungen von Landmarken und zeichnet diese auf der Karte ein; zwei solcher „Peilungen“, auf der Karte eingetragen, ergeben als Schnittpunkt den Schiffsort.

Auf hoher See ist es anders. Der Kompaß leitet zwar das Schiff auf dem richtigen Kurs, aber Strom und Wind „versetzen“ das Schiff, so daß man nicht einfach aus der gesteuerten Richtung und der Geschwindigkeit des Schiffes seinen

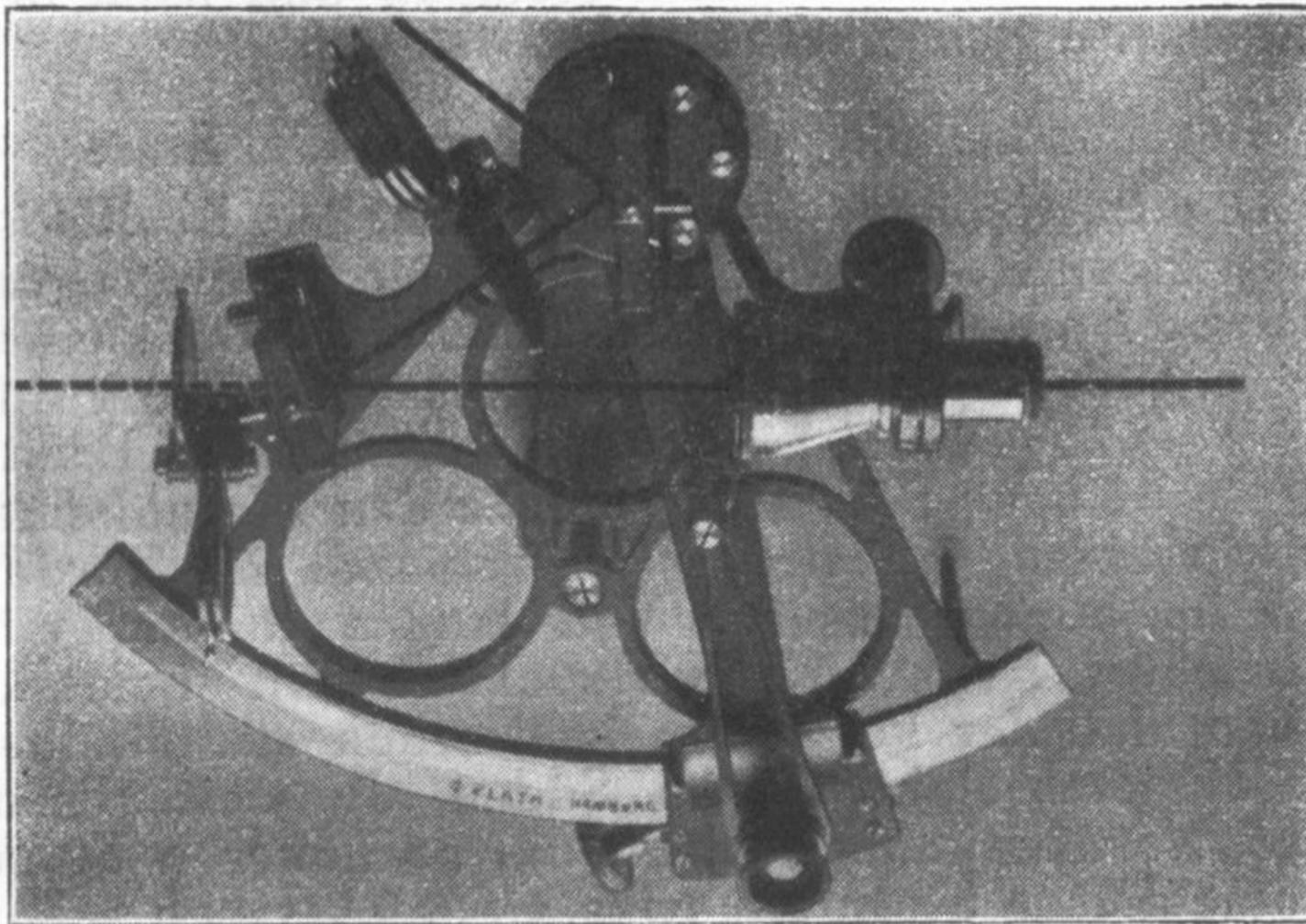
Standort nach der Anzahl der Fahrtstunden berechnen kann. Auf hoher See wird die Bestimmung des Ortes zu einer Kunst, die heute zwar durch technische Hilfsmittel erleichtert wird, die aber noch immer am genauesten durch astronomische Beobachtungen erfolgt. Der Seemann richtet sich also nach seinem Kompaß und nach der Sonne und den Gestirnen.

Die Bestimmung der geographischen Breite

Die Bestimmung der geographischen Breite ist zwar ziemlich einfach zu begreifen. Die geographische Breite ist der nordsüdliche Abstand eines Ortes vom Äquator; man zählt sie von dort aus mit Null beginnend bis zu den Polen, deren Breite 90° Nord bzw. Süd beträgt. Wer den Sternhimmel an verschiedenen Orten Deutschlands im Norden und im Süden unseres Vaterlandes aufmerksam betrachtet hat, wird vielleicht schon bemerkt haben, daß der Polarstern im Norden etwas höher am Himmel steht als im Süden. Je weiter man nach Norden kommt, einen um so höheren Stand nimmt dieser Stern ein (was vielleicht auch schon mancher auf einer Fahrt nach den nordischen Ländern selbst beobachten konnte), bis er schließlich am Nordpol genau über dem Beobachter, im Zenit, steht. Anders verhält es sich mit der Sonne. In unseren geographischen Breiten kann die Sonne niemals senkrecht herabscheinen; sie steht zwar im Sommer sehr viel höher am Himmel als im Winter, bleibt aber stets bei einem schrägen Strahleneinfall. Geht man nun weiter nach Süden, so wird die Sonne am Mittag immer höhere Stellungen erreichen, ja sie wird schließlich einmal im höchsten Tagesstand die senkrechte Stellung erreichen. Die Zonen, in denen dies vorkommen kann, nennt man die tropischen Zonen. Der Polarstern steht für diese Zonen, soweit sie nördlich des Äquators liegen, nur tief am Horizont,

südlich des Äquators ist er überhaupt nicht zu sehen.

Durch Beobachtung der Mittagshöhe der Sonne ist man also in der Lage, seine geographische Breite zu bestimmen; ebenso kann man dies nachts aus der Höhe des Polarsterns tun. Ganz



Der Spiegelsextant besitzt zwei Spiegel, von denen einer im Mittelpunkt des Kreisbogens drehbar angeordnet ist. Bei der Beobachtung wird dieser Spiegel so eingestellt, daß das Bild des Gestirns mit der direkt anvisierten Kimm (der Punkt, an dem scheinbar Himmel und Wasser zusammenstoßen) zusammenfällt. Die dazu notwendige Drehung kann an der Teilung des Kreisbogens mit Hilfe einer Lupe sehr genau abgelesen werden. Der Strahlengang des Gestirnbildes ist in der Abbildung durch ausgezogene Linien angedeutet, die Richtung nach der Kimm durch eine gestrichelte Linie

allgemein können auch andere Gestirne zur Bestimmung der Breite herangezogen werden. Die Messung geschieht dabei auf See mit einem ziemlich einfachen Spiegelgerät, dem Sextanten, mit dem der Winkel zwischen dem Gestirn und dem sichtbaren Horizont, der sogenannten Kimm (die

Linie, wo Himmel und Wasser zusammenstoßen), bestimmt wird. Man bezeichnet einen solchen Winkel als die Höhe des Gestirns.

Die Bestimmung der geographischen Länge

Weit schwieriger ist die Bestimmung der geographischen Länge. Es ist zwar ohne weiteres mög-



Beobachtung mit dem Sextanten. Der Beobachter ver-
stellt mit der linken Hand den Spiegel ganz oben am
Instrument; den Winkelbetrag dieser Verstellung kann
man auf der Teilung des Bogens unten am Instrument
ablesen

lich, die mittlere Ortszeit zu bestimmen. Z. B. ist
es dann Mittag, wenn die Sonne ihren höchsten
Stand erreicht. Ebenso kann man aus Messungen
von Gestirnhöhen mit dem Sextanten in östlicher
und westlicher Richtung die für den Ort gültige

Zeit errechnen. Aber es läßt sich auch nur die Ortszeit bestimmen. Die gleiche Stellung, die gleiche Höhe, die ein Gestirn zu einem gewissen Zeitpunkt von einem Ort A aus hat, wird es eine Stunde später von einem 15° weiter westlich gelegenen Orte B gleicher geographischer Breite aufweisen, zwei Stunden später von einem 30° weiter westlich gelegenen Orte C aus. Das Gestirn hatte aber eine Stunde zuvor genau die gleiche Höhe für einen um 15° weiter östlich gelegenen Ort Z. Die Ortszeit dieser Gestirnsstellung ist für alle Orte jedesmal die gleiche; diese Ortszeit tritt nur, der verschiedenen Länge entsprechend, der Reihe nach für die einzelnen Orte Z, A, B und C ein. Dies geschieht mit der gleichen Gesetzmäßigkeit, mit der z. B. für alle diese Orte die Sonne aufgeht. Sie tut das aber nicht gleichzeitig, sondern nacheinander, obwohl für jeden einzelnen Ort der Zeitpunkt des Sonnenaufgangs zur gleichen Ortszeit eintritt. Der Sonnenaufgang ist eben genau so wie das Erreichen einer anderen Gestirnsstellung ein subjektives Ereignis, der Ortszeit nach für Orte gleicher Breite überall gleich, tatsächlich jedoch der Länge entsprechend verschieden.

Der Schwierigkeit der Längenbestimmung läßt sich nur abhelfen, wenn man zur Zeit einer solchen Beobachtung weiß, welche Uhrzeit in diesem Augenblick an einem anderen Ort gilt.

In früheren Zeiten half man sich mühsam durch Beobachtung objektiver, d. h. für alle Orte der Erde wirklich gleichzeitiger Ereignisse. Dies sind z. B. Mondfinsternisse, Verfinsterungen der Jupitertrabanten usw. Ein solches Ereignis wurde an zwei Orten beobachtet, die Gleichzeitigkeit war von vornherein gewiß. Die Ortszeit ließ sich für jeden Ort aus andersartigen Beobachtungen ermitteln, und der Unterschied der beiden Beobachtungs-

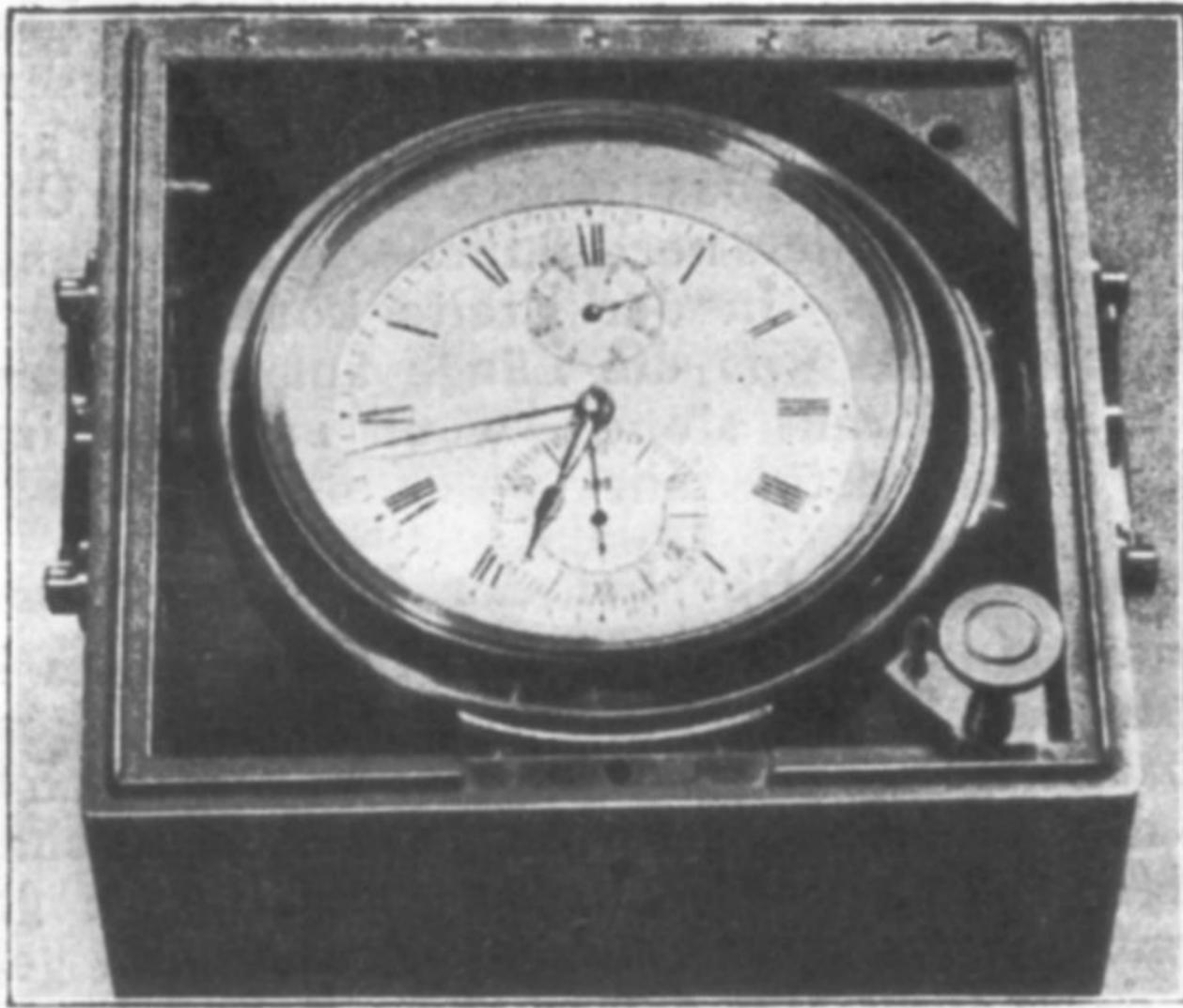
zeiten ergab dann unmittelbar den Längenunterschied.

Angesichts dieser Schwierigkeit der Längenbestimmung vor Erfindung brauchbarer tragbarer Uhren ist es nicht zu verwundern, daß alte Weltkarten oft ganz falsche Umrisse der Kontinente zeigen. In der Breitenbestimmung finden sich zwar nur selten Fehler, aber die geographischen Längen zeigen große Willkür, weil man sie nicht besser bestimmen konnte. Glücklicherweise lag der amerikanische Kontinent, das Hauptziel der frühen Ozean-schiffahrt, in voller nordsüdlicher Erstreckung im Westen Europas. In der Breite konnte man sich nicht irren, und was die Länge anlangte, nun, so mußte man darauf stoßen, wenn man nur immer weiter nach Westen fuhr.

Verwendung der Uhr bei der Längenbestimmung

Immerhin wird aus solchen Überlegungen klar, warum der Schiffahrt an einer genau gehenden tragbaren Uhr liegen mußte. Hat man nämlich eine Uhr, die unverändert die Zeit des Ausgangshafens anzeigt, dann ist die geographische Länge gegen diesen Hafen als Unterschied der Ortszeit gegenüber der Zeitangabe dieser Uhr ohne weiteres zu ermitteln. Die Uhr muß aber wirklich genau die Zeit des Ausgangshafens bewahren; jeder Fehler bedeutet einen ebenso großen Fehler in der geographischen Länge. Ist eine gleichmäßige Abweichung in der Zeitangabe der Uhr (ein sog. Stand der Uhr) zu berücksichtigen, die man genau kennt, so ist das natürlich ebensogut, als hätte man eine Uhr mit genauer Zeit des Ausgangshafens. Übrigens sieht man schon in der Begriffsbestimmung: „geographische Länge gegen den Ausgangshafen“ den Unterschied von geographischer Breite und Länge. Durch die Pole sind für die Breite natürliche Festpunkte gesetzt; für die Länge gibt es einen solchen ausgezeichneten Punkt nicht.

Es läßt sich immer nur der Unterschied der Länge angeben, d. h. der Teilbogen des Vollkreises von 360° , um den zwei Meridiane voneinander abstehen. Die Bezeichnung eines Meridians als des ersten, von dem aus gezählt wird, ist eine willkürliche menschliche Festsetzung.



Das Seechronometer befindet sich in einem Metallgehäuse, das mittels Kreuzgelenk (kardanische Aufhängung) im Holzgehäuse aufgehängt ist. Der zweiteilige Deckel des Holzgehäuses ist hier abgenommen; der untere Teil ist nach oben durch eine Glasscheibe abgeschlossen. Der große Knopf vorn rechts dient zur Feststellung des Chronometers im Holzkasten. An Bord ist es in den Ringen frei aufgehängt, um stets in waagerechter Lage zu bleiben.

Da man als Ausgang der Zählung der geographischen Längen heute allgemeim Greenwich in England annimmt, zeigen die Chronometer beim Gebrauch die mittlere Ortszeit des Meridians von Greenwich an, und soweit sie einen ab-

weichenden Uhrstand haben, wird dieser gegen mittlere Greenwicher Zeit errechnet. Das Chronometer an Bord eines Schiffes bedeutet also mitgeführte und aufbewahrte „Standardzeit“ des Nullmeridians.



Der gepolsterte Holzkasten dient als Schutzgehäuse für den Transport des Chronometers, wenn es nicht an Bord im Gebrauch ist

Praktische Durchführung der Ortsbestimmung auf Seeschiffen

Um das Vorhergehende nochmals zusammenzufassen, sei kurz der grundsätzliche Gang der Navigation geschildert, deren technische Durchführung im einzelnen natürlich schwieriger ist.

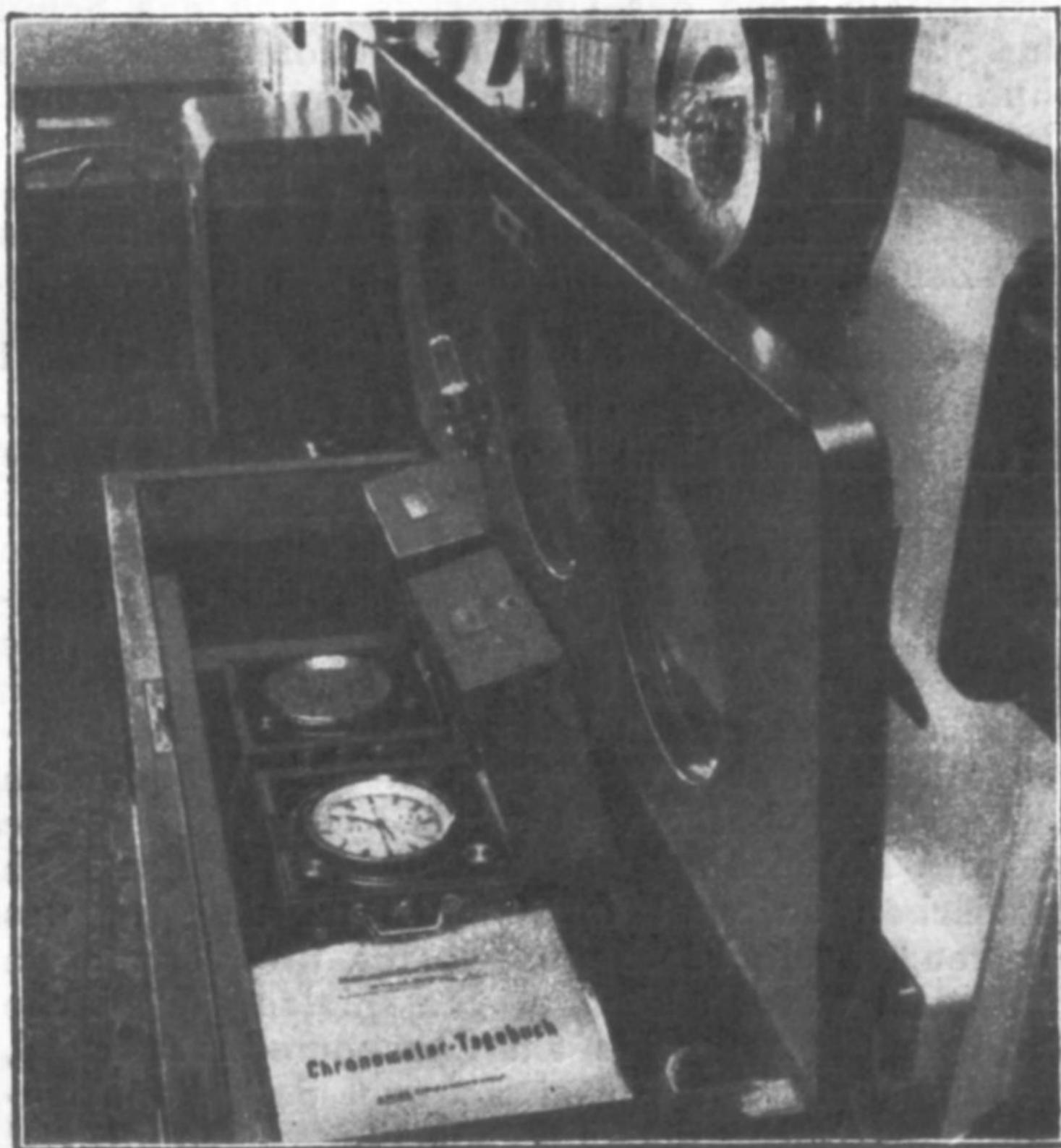
Das Schiff, das z. B. bei Verlassen des Ärmelkanals außer Sicht von Land kommt, nimmt seinen

Kurs auf einen bestimmten nordamerikanischen Hafen, und dieser Kurs wird nach dem Kompaß gesteuert. Regelmäßig morgens und abends werden Sternhöhen mit dem Sextanten gemessen; damit wird die geographische Breite und die Ortszeit der einzelnen Beobachtungen berechnet. Nun wird aber bei der Messung mit dem Sextanten auch die Beobachtungszeit nach Angabe des Chronometers, also die mittlere Greenwicher Zeit der Beobachtung, abgelesen und aufgeschrieben. Aus dem Unterschied dieses Zeitpunktes gegen den errechneten nach Ortszeit ergibt sich die geographische Länge. Nach dem auf diese Weise bestimmten Schiffsort wird der Steuerkurs des Schiffes berichtigt.

Das Chronometer, das die mittlere Zeit des Meridians von Greenwich festhält, ist also ein sehr wesentlicher Bestandteil der Navigationsausrüstung. Es muß sehr pfleglich behandelt werden. Das Chronometer wird nicht gestellt, sondern seine Abweichung gegen die Greenwicher Zeit wird berücksichtigt, indem vor Beginn der Reise der „Gang“, d. h. die tägliche Abweichung, des Chronometers möglichst genau bestimmt wird, mit dem dann unterwegs sein täglicher Stand berechnet werden kann. In jedem Hafenplatz war es früher eine Hauptsorge der Schiffsführung, sich den genauen augenblicklichen Stand des Chronometers gegen Greenwicher Zeit erneut zu verschaffen. Diese Standbestimmung wird heute durch die regelmäßige Aussendung von Funkzeitzeichen sehr erleichtert; sie ermöglichen eine Standbestimmung auch auf hoher See. In gewissem Sinne sind die Funkzeitzeichen dasselbe, was früher allein eine Mondfinsternis und die Verfinsterung eines Jupitertrabanten war: ein objektives Ereignis, dessen Zeitpunkt für alle Orte der Erde derselbe ist, und das über weite Gebiete der Erde beobachtet werden kann. Früher war das Schiff auf hoher See allein auf die Vorausberechnung des Standes der Chro-

nometer angewiesen. Um dabei möglichst frei von Fehlern zu sein, wurden mehr als ein Chronometer, auf großen Schiffen stets drei, mitgeführt. Heute begnügt man sich mit ein bis zwei Chronometern.

Das Chronometer hat im allgemeinen eine Laufzeit von über 50 Stunden, damit selbst ein gelegent-



Chronometerspind an Bord des Hapag-Dampfers „Hamburg“. Beim praktischen Gebrauch wird die Oberplatte des Holzgehäuses des Chronometers, unter der sich das Glasfenster befindet, geöffnet und der Deckel des Spindes geschlossen. Die Ablesung der Chronometer erfolgt durch die runden Fenster des Deckels. Eine kleine Lampe sorgt für ausreichendes Licht.

liches Vergessen des Aufziehens noch nicht zum Verlust der genauen „Standardzeit“ von Greenwich führt. Ein großer Überkasten (vgl. Abb.) ermöglicht einen sicheren Transport von Hand ohne Verlust an Genauigkeit dieser mitgeführten Zeit. Die Aufhängung des Chronometers in einem sogenannten Kardangehänge sichert auch dann die horizontale Lage des Uhrwerkes, wenn das Schiff stampft und schlingert. Die Chronometer werden ohne Überkasten im Chronometerspind verwahrt. Darin kann man sie ablesen, ohne den Spind zu öffnen oder gar die Chronometer herausnehmen zu müssen. Dieser Spind hat seine Aufstellung in der Zentrale der Schiffsführung, im Kartenhaus.

Ortsbestimmungen an Land und in der Luftfahrt

Auch auf wissenschaftlichen Expeditionen an Land hat das Chronometer häufig eine ähnliche Rolle für die Ortsbestimmung gespielt wie auf einem Schiff. Heute jedoch beginnt ein weiterer Verkehrszweig Interesse für die Navigation zu zeigen, das ist die Luftfahrt. Die Zeppeline navigieren fast genau so wie ein Schiff; sie führen daher auch Chronometer an Bord. Flugzeuge können aber wegen der starken Vibrationen keine Chronometer verwenden. Glücklicherweise ist die Entwicklung hochwertiger Taschenuhren inzwischen so weit fortgeschritten, daß für das Flugzeug auch Taschenuhren für die Navigation eingesetzt werden können. Sie spielen die gleiche Rolle im Flugzeug wie ein Chronometer an Bord, allerdings mit der Einschränkung, daß die astronomische Ortsbestimmung auf Flugzeugen in viel geringerem Umfang Verwendung findet als auf Seeschiffen. Im gerichteten Empfang drahtloser elektrischer Wellen hat nämlich die Funktechnik heute ein Hilfsmittel für die Schiffs- und Flugzeugführung entwickelt, die **Funkpeilung** (siehe Deutsche Uhrmacher-Zeitung Nr. 44, Jahrgang 1936), das

zwar auf hoher See nicht entfernt so genau ist als die astronomische Ortsbestimmung, dafür aber rascher und ohne Rechnung zur Ermittlung des Standorts führt. Flugzeuge verwenden vor allem die Funkpeilung. Für das Flugzeug spielt auch die Genauigkeit der Ortsbestimmung eine geringere Rolle als für das Seeschiff. Erstens bietet das Luftmeer die Möglichkeit, nach oben auszuweichen, während man im Ozean Untiefen und Klippen nur vermeiden kann, wenn man richtigen Kurs steuert. Zweitens ist eine Ungenauigkeit in der Ortsbestimmung in der Luft deshalb weniger einschneidend, weil die hohe Geschwindigkeit es erlaubt, den Fehler rasch wett zu machen.

Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ortsbestimmung

Auf See soll die Ortsbestimmung innerhalb weniger Seemeilen richtig sein. Eine Seemeile ist die Entfernung, die einer Bogenminute (d. i. der sechzigste Teil eines Grades) auf dem Erdumfang entspricht. Die Beobachtung einer Gestirns Höhe über der Kimm erfolgt auf 1 bis 2 Bogenminuten genau. — Die Angabe des Chronometers soll entsprechend genau sein. Vier Zeitsekunden bedeuten eine Bogenminute in Länge, am Äquator also eine Seemeile, während bei Annäherung an die Pole die Strecke, die eine Bogenminute in Länge darstellt, immer kleiner wird.

Die astronomische Ortsbestimmung hat einen großen Vorzug gegenüber der Funkpeilung; sie kann allein mit Mitteln des Schiffes ausgeführt werden, auch wenn kein Sender erreichbar ist. Dies gilt natürlich auch für die Möglichkeit, Funkzeitzeichen zu empfangen. Man wird deshalb stets daran festhalten, eine zuverlässige, hochwertige Uhr an Bord mitzuführen.