

Werk

Jahr: 1926

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:2

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0002

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0002

LOG Id: LOG_0061

LOG Titel: Funkortung

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

²⁾ E. Mach: Über den Verlauf der Funkenwellen, Sitzungsber. d. math.-nat. Kl. d. Akad. d. Wiss. Wien **77**, II, 837 (1878).

³⁾ R. Meyer: Die Erklärung der äußeren Hörbarkeitszone, Zeitschr. f. Geophys. **2**, 78 (1926).

⁴⁾ A. Wegener: Die äußere Hörbarkeitszone, Zeitschr. f. Geophys. **1**, 310 (1925).

⁵⁾ E. Wiechert: Bemerkungen über die anormale Schallausbreitung in der Luft, Nachr. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Kl. 1925, S. 67; Über die Schallausbreitung in der Atmosphäre, Meteorol. Zeitschr. **42**, 85 (1926); Die anormale Schallausbreitung als Mittel der Erforschung der Stratosphäre, Zeitschr. f. Geophys. **2**, 99 (1926).

Funkortung.

Referat von **A. Wedemeyer** in Schlachtensee.

Landmesser und Seeschiffer bestimmen ihren Beobachtungsort durch optische Peilungen von Landmarken, wie Baken, Kirchtürme, Leuchttürme, Feuerschiffe, solange sie nicht durch Dunst oder Nebel verdeckt sind. Bei astronomischen Ortungen muß das Gestirn ebenfalls sichtbar sein. Akustische Peilungen in der Luft und im Wasser bieten wegen der schwankenden Dichte des vermittelnden Mediums nur ein unzuverlässiges Hilfsmittel. Nachdem es gelungen war, Funksignale auf weite Entfernungen hörbar zu machen, versuchte man diese Signale, für die der Nebel kein Hindernis bildet, zur Ortung heranzuziehen. Die technische Entwicklung der Peilgeräte beanspruchte längere Zeit. Während es vor Ausbruch des Weltkrieges gelungen war, von einer festen Peilstelle am Lande aus einen fahrenden Sender einzupeilen, ist es erst neuerdings gelungen, Bordpeiler zu bauen, die vom fahrenden Empfänger aus die Funksignale fester Funkbaken sicher einpeilen können. Die bis jetzt erreichte Schärfe der Peilungen läßt vermuten, daß in nicht zu ferner Zeit die irdische optische und die astronomische Ortung in den Hintergrund gedrängt werden. Für den Mathematiker erwächst daraus die Aufgabe, für ungeübte Rechner eine brauchbare sichere Methode der Funkortung auszuarbeiten.

In der Natur vollziehen sich in der Regel die Erscheinungen auf dem kürzesten Wege. Man wird deshalb annehmen, daß die Funkstrahlen auf einem Großkreise (geodätischen Linie) vom Sender zum Empfänger gelangen. Der Empfänger hat zu ermitteln, unter welchem Winkel der ankommende Funkstrahl seine Nord-Süd-Linie schneidet, mit anderen Worten: er hat das Azimut des Senders zu bestimmen. Eine feste Funkstelle am Lande wird die Nord-Süd-Linie durch Miren festlegen, auf die dann die Nulllinie des Richtkreises des Peilapparates eingestellt wird. Das fahrende Schiff muß die Nord-Süd-Linie mit dem Kreisel- oder Magnetkompaß bestimmen. Wenn himmlische Objekte (evtl. durch den Nebel hindurch) sichtbar sind, kann es auch die Azimute dieser Objekte als Nulllinien verwenden. Wie ersichtlich, unterscheiden sich beide Peilmethoden nur durch den Genauigkeitsgrad. Die Auswertung ist jedoch grundverschieden, da im ersten Falle die Standlinie des Schiffes ein Großkreis, im zweiten aber eine Azimutgleiche, d. i. der geometrische Ort aller Punkte auf der

Erde, die die Funkbake in demselben Azimut peilen, ist. Dementsprechend müssen zwei Methoden der Auswertung entwickelt werden. Denjenigen Methoden, die die geringste Arbeit erfordern und nach Möglichkeit die gleichen Rechnungen benutzen, so daß der Rechner nicht mit Formeln überlastet wird, ist der Vorzug zu geben. Im folgenden sollen die bislang vorgeschlagenen Methoden kurz besprochen werden.

1. Ist das Schiff von einer festen Funkstelle gepeilt, so befindet es sich auf einem Großkreis (Vertikalkreis) durch die Funkstelle, der den Meridian der Funkstelle unter dem gepeilten Azimut schneidet. In einer gnomonischen Karte werden alle Großkreise als Gerade dargestellt. Die Reichsmarine hat auf Vorschlag von A. Wedemeyer solche Karten (Funkortungs, Richtungskarten) herstellen lassen. Durch Teilkreise um die Örter der Funkstellen ist der Winkelverzerrung Rechnung getragen. Der Schiffer braucht nur eine Gerade zu ziehen, um seine Standlinie scharf darzustellen. Fallen wegen zu großen Maßstabes die Örter der Funkstellen außerhalb der Karte, so kann die Standlinie trotzdem mit Sicherheit gezogen werden, indem man in der Karte die entsprechenden Teilpunkte der beiden Kreissegmente um die Funkstelle verbindet.

Der holländische Ingenieur P. Nordlohne berechnet trigonometrisch zwei Punkte des Großkreises. Die Verbindung dieser beiden Punkte, die in der Nähe des aus der Logrechnung bekannten (gegißten) Schifforts liegen müssen, betrachtet er als Standlinie des Schiffes. Er wendet demnach die sogenannte Sehnenmethode an. Der Vorteil der Methode besteht darin, daß die Seekarte (Merkatorentwurf mit längentreuem Äquator) unmittelbar zur Ortung verwendet werden kann, während man bei Benutzung der gnomonischen Karte den Schiffsort aus dieser Karte entnehmen und in die Seekarte übertragen muß. Nordlohne fällt vom Pol das Lot auf den Peilstrahl durch die Funkstelle. In dem entstandenen rechtwinkligen Dreieck sind bekannt eine Seite (die Poldistanz der Funkstelle, die man dem „Nautischen Funkdienst“ entnimmt) und das gemessene Azimut bzw. dessen Supplement. Mit diesen beiden Größen tabuliert der Autor den Winkel am Pol und das Lot bzw. den Logarithmus einer trigonometrischen Funktion des Lotes. Die Tabellen nehmen geringen Raum ein. Der Schiffer braucht nur zu den Tafellogarithmen den Logarithmus einer trigonometrischen Funktion des Tafelwinkels plus Längenunterschied zwischen Funkstelle und variablem Meridian zu addieren und erhält sofort die zu dem Meridian gehörige Breite. Das Verfahren ist elegant und einfach; es setzt keine neuen Kenntnisse voraus, da diese Art der Berechnung eines Großkreises den Seeleuten geläufig ist.

H. Maurer berechnet zwei Punkte des Vertikalkreises durch Benutzung des Schnittpunktes von Meridian, Vertikalkreis und Loxodrome. Liegt der Schiffsort nicht weit von der Funkstelle ab (bis 600 Seemeilen = 10°), so kann man den Winkel α , den die Loxodrome mit dem Großkreis einschließt, durch die einfache Formel $\alpha = \frac{\Delta\lambda}{2} \sin \varphi_m$ bestimmen ($\Delta\lambda$ = Längenunterschied zwischen den Meridianen der Funkstelle und des variablen Meridians, φ_m = die Mittelbreite zwischen Funkstelle und geßtem Schiffsort). Einer kleinen graphischen

Tabelle (im „Nautischen Funkdienst“) entnimmt man α mit $\angle \lambda = 10'$ und φ_m . Ist die Breite des geißten Ortes stark fehlerhaft, so muß die Rechnung mit der gefundenen Breite wiederholt werden. Hierin besteht der Nachteil dieser Methode. Für größere Entfernungen hat Maurer eine farbige graphische Tafel (Nachr. f. Seefahrer 1920) empirisch gezeichnet, die mit zwei Breiten und $\angle \lambda$ einen Faktor a liefert, mit dem α multipliziert werden muß.

A. Wedemeyer berechnet den Winkel α mit Hilfe der Neperschen Analogien. Die eine davon schreibt er: $\operatorname{tg} x \times \cos y = \operatorname{tg} z \sin r$. In eine Tabelle (Nautischer Funkdienst) geht man mit z und r ein und entnimmt den Tafelwert. Mit diesem und $90^\circ - y$ entnimmt man derselben Tafel x . Eine zweite kleine Tafel liefert mit den Argumenten $\angle \lambda$ und vergrößerter Breite eine Größe w , so daß $x + w = \alpha$ wird. Der Vorzug dieser Methode ist, daß sie für die ganze Erde gilt, da sie auf strengen Gleichungen beruht. Man kann so zwei Punkte des Großkreises berechnen und nach der Sehnenmethode die Standlinie ziehen. Oder man berechnet mit $x - w$ den Winkelunterschied zwischen Großkreis und Loxodrome am ersten Punkte und zieht die Tangente an den Großkreis als Standlinie. Da die Seekarte winkeltreu ist, schneidet diese Tangente (als Loxodrome gezeichnet) den Meridian unter demselben Winkel wie auf der Kugel. Der Nachteil dieser Methode ist derselbe, wie bei der von Maurer. In die Neperschen Analogien ist die geißte Schiffsbreite eingeführt worden. Falls sie stark fehlerhaft sein sollte ($\angle \varphi = 1^\circ$), ist die Rechnung zu wiederholen, was allerdings geringe Zeit erfordert.

Ist das Schiff von mehreren Funkstellen gepeilt, so ist der Schiffsort der Schnittpunkt der Standlinien. Schneiden sich drei Standlinien nicht in einem Punkte, so wird man den Mittelpunkt des Inkreises des Fehlerdreiecks als wahrscheinlichsten Schiffsort ansehen (Wedemeyer, Nautische Rundschau 1923). H. Stenzel ermittelt den Ort nach der Methode der kleinsten Quadrate zeichnerisch (Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie 1923).

Praktisch wird diese Ortung meist so durchgeführt, daß drei Funkstellen das Schiff gleichzeitig peilen und die Peilungen einer Zentralstelle drahtlos übermitteln. Die Zentralstelle ermittelt den Schiffsort nach der Ortungskarte und funkt ihn dem Schiffe. Ein Nachteil dieser Ortung ist, daß das Schiff über die Genauigkeit der Ortung keinen Anhalt hat. Im Kriege ist diese Ortung gefährlich, da das Schiff seinen Standort durch das abgegebene Funksignal verrät.

2. Hat das Schiff eine Funkbake gepeilt, so steht es auf einer Azimutgleiche. Diese Gleiche ist auf der Kugel und in einer stereographischen Karte, eine Cassinische Linie, deren Mittelpunkt der Pol des Meridians der Funkbake ist (A. Wedemeyer, Ann. d. Hydr. 1910 und Astronom. Nachr. 1910). Schaubilder dieser Gleichen von $A = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ usw. für eine Funkbake auf 20° N-Breite sind im „Nautischen Funkdienst“ abgedruckt. Diese Kurven kann der Seefahrer mit Bordmitteln nicht zeichnen. Er muß das kleine Stück Azimutgleiche, das in der Nähe seines geißten Schifforts liegt, durch eine Gerade in der Seekarte ersetzen, die entweder Tangente oder Sehne ist. Darauf sind die folgenden Methoden aufgebaut. Um die Tangente ziehen zu können, muß ihre Richtung ermittelt werden. A. Wedemeyer berechnet die Richtung durch den Differential-

quotienten $\cos \varphi \frac{d\lambda}{d\varphi}$ oder $\cos h \frac{dA'}{dh}$ (Ann. d. Hydr. 1910 und Astronom. Nachr. 1910). Er findet, daß die Richtung nur eine Funktion des Kurvenpunktes (φ, λ oder h, A') ist, h ist der Abstand vom Horizont der Funkbake, A' der Winkel, den der Peilstrahl mit dem Meridian der Funkbake bildet. Unter dem Winkel r , definiert durch $\operatorname{tgr} = \cosh \frac{dA'}{dh} = \operatorname{tg} \lambda \sin \varphi$, schneidet die Gleiche den Peilstrahl. Zur Auflösung der Gleichung dient die schon unter 1. erwähnte Tafel. In „Nautische Rundschau“ 1925, Heft 1 gibt Wedemeyer eine geometrische Ableitung des Tangentenwinkels mit Hilfe einer gnomonischen Karte. Er ersetzt ein kleines Kurvenstück durch einen Kleinkreis, den Umkreis des Kartendreiecks, und führt dadurch die Aufgabe auf die ähnliche in der Ebene zurück: Welches ist der Ort für die Spitzen aller Dreiecke mit konstanter Basis und konstantem Winkel an der Spitze? Ersetzt man das Kurvenstück durch einen Großkreis, so kann man den Tangentenwinkel unmittelbar nach dem Kotangentensatze anschreiben. V. Kobbe und C. de Hart (de Zee, 1926, Augustheft, S. 540) zerlegen das kleine Dreieck in zwei rechtwinklige. Coldewey glaubt eine noch einfachere geometrische Ableitung gefunden zu haben (Ann. d. Hydr. 1926).

A. Wedemeyer führt, ähnlich wie Gauß, den Rückwärtseinschnitt auf der Kugel auf einen Vorwärtseinschnitt zurück, indem er mit den schon erwähnten Tafeln den Winkel A' bei der Funkbake ermittelt. Damit ist 2. durch 1. gelöst. Da die Seekarte winkeltreu ist, kann man die Tangente unter dem Winkel $A + r$ im Kurvenpunkt an den Meridian antragen. Oder man ermittelt zwei Kurvenpunkte und zieht die Standlinie als Sehne. (Nautischer Funkdienst 1926, Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, Bd. 25, Heft 6, 1925, Marine-Rundschau 1924, Telefunken-Zeitschrift, Nr. 39, 1925.) Jeder Rechnung ist man enthoben durch Benutzung von Wedemeyer, Tafeln zur Funkortung, worin für eine Anzahl Funkbaken die Örter der Azimutgleichen zusammengestellt sind.

E. Wendt ermittelt zwei Kurvenpunkte interpolatorisch aus den Azimutafeln (Ann. d. Hydr. 1925). Da die Tafeln der deutschen Nautischen Tafeln zu ungenau sind, schlägt er den Gebrauch von Leckys General Utility Tables vor.

W. Immler zerlegt das Poldreieck durch das Lot vom geißten Ort auf den Meridian der Funkbake in zwei rechtwinklige Dreiecke, deren Teile aus einer Tafel gefunden werden. Der eine Teil ist der Winkel, unter dem die Gleichennormale den Meridian des geißten Schiffsorts schneidet. Auf der Normalen wird ein Kurvenpunkt (Leitpunkt) der wahren Azimutgleiche bestimmt und durch ihn senkrecht zur Normalen die Standlinie gezogen (Ann. d. Hydr. 1925; W. Immler, Azimutafeln zur Bestimmung der Azimutgleichen, 1926, Hamburg, Eckardt & Meßstorf). Immler setzt voraus, daß die Tangente im Leitpunkt mit der wahren Azimutgleiche denselben Winkel bildet wie die Tangente im geißten Ort an die errechnete Azimutgleiche. Diese Voraussetzung ist nur in wenigen Fällen erfüllt. Darin besteht ein Nachteil dieser Methode. Ein anderer ist die verwickelte Benutzung der Hilfstafel.

S. v. Kobbe fällt das Lot von der Funkbake auf den Meridian des geeigneten Ortes. Zwei Hilfsgrößen für jede Funkbake lassen sich leicht in kleine Tabellen bringen. Der Seefahrer hat nur zwei Logarithmen aufzuschlagen und erhält (ähnlich wie bei Nordlohne) die Breite des Leitpunktes (Ann. d. Hydr. 1925). Diese Methode zeichnet sich durch Einfachheit und Eleganz aus. Man kann sie als Sehnen- oder Tangentenmethode anwenden. H. Gadow hat in den Veröff. d. Marine-Observatoriums Wilhelmshaven, 1926, derartige Hilfstafeln zur Funkortung für die nordeuropäischen Gewässer veröffentlicht. A. Wedemeyer und H. Gadow haben für Amundsens Nordpolfahrt solche Tabellen für 63 Funkbaken zusammengestellt.

Die Methoden unter 2. sind ausführlich entwickelt und mit Beispielen versehen in „Leib und Nitzsche, Funkpeilungen, Mittler & Sohn, Berlin 1926“.

Der Schnittpunkt mehrerer Standlinien liefert den Schiffsort. Damit ist der Rückwärtseinschnitt auf der Kugel in einfacher Weise gelöst. Als ein fester Punkt ist dabei der Erdpol angenommen worden. Die strenge Auflösung führt auf Gleichungen 4. Grades. (A. Wedemeyer, Das Pothensche Problem auf der Kugel, Ann. d. Hydr. 1910; Astronom. Nachr., Bd. 185.) S. v. Kobbe (Ann. d. Hydr. 1910), Wilkens (Astronom. Nachr., Bd. 191, Über die Verallgemeinerung des Gaußschen Dreihöhenproblems), Harzer (Astronom. Nachr. Bd. 193), W. Immler (Ann. d. Hydr. 1917) erweitern das Problem, indem sie (ähnlich wie in der Ebene) drei beliebige feste Örter annehmen und zugleich den Schiffsort im geographischen Koordinatennetz bestimmen. Es zeigt sich, daß diese Lösungen, sowohl die direkten als auch die indirekten, für die Praxis unbrauchbar sind. A. Wedemeyer bestimmt erst den Schiffsort relativ zu den drei Funkbaken direkt unter Anwendung einer gnomonischen Karte (Gl. 2. Grades) und daran erst den Ort in geographischen Koordinaten (Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten, Ergänzungsheft 4, 1910).

Den Rückwärtseinschnitt behandelt in origineller Weise A. v. Triulzi in „De Zee“, März 1926, S. 203. Er stellt eine Plattkarte (rechtwinkliges kartesisches Koordinatensystem) her mit den beiden gemessenen Azimuten und trägt als Funktion Breiten- und Längengleichen ein. Für Flächen geringer Ausdehnung ist die Karte recht brauchbar. Sind mehr als zwei Azimute gemessen, so wird man aus den Karten die entsprechenden Schiffsorter entnehmen, in eine Seekarte eintragen und aus dem Fehlerpolygon den wahrscheinlichsten Schiffsort ermitteln.

Beim Rückwärtseinschnitt wird stillschweigend vorausgesetzt, daß die Azimute gleichzeitig gemessen sind. Diese Forderung kann selten erfüllt werden, deshalb kommen für die Praxis nur die Lösungen mittels Standlinien in Frage.

Die Berücksichtigung des Erdellipsoids ist bei manchen der entwickelten Methoden einfach. Um auf einfachste Weise den Unterschied Geodätisches — Kugelazimut zu berücksichtigen, empfiehlt Wedemeyer die Benutzung der Mollweideschen Projektion des Ellipsoids auf die Kugel und dann in die Ebene nach Merkators Entwurf. Diese Projektion liegt den Seekarten zugrunde. Sie ist nicht streng winkeltreu; der größte Winkelunterschied beträgt etwa 4". Man kann nun annehmen, was bei der geringen Exzentrizität gestattet sein wird, daß

die Unterschiede der Winkel Loxodrome-Großkreis und Loxodrome des Ellipsoids — Geodätische Linie einander gleich sind. Dann braucht man nur den Winkelunterschied der beiden Loxodromen zu berechnen. Dieser Unterschied beträgt im Höchstfall 12' und tritt nur ein am Äquator bei 45° Azimut, S. v. Kobbe gibt (Ann. d. Hydr. 1925) strenge Formeln für die winkeltreue Abbildung des Ellipsoids. Es ist leicht zu zeigen, daß es genügt, statt der Kugelbreiten der Funkbake und des geißten Ortes nur die Ellipsoidbreiten zu verwenden. Am umständlichsten wird die Berücksichtigung bei Anwendung der Methode von Immler.

Voraussetzung bei allen Peilungen ist, daß man wahre Peilungen verwendet. An Bord werden durch die Einflüsse des Schiffes die Funkstrahlen örtlich abgelenkt. Die Funkstrahlen eines nahen (7 bis 10 km) Senders darf man als von atmosphärischen Störungen frei ansehen. Man bestimmt dann die Funkbeschickung auf äquidistanten Peilungen und kann sie durch eine Fouriersche Reihe darstellen, ähnlich der Deviation des Magnetkompasses. Da die Koeffizienten der Reihe ziemlich große Beträge erreichen, wodurch die Berechnung der Funkbeschickungen unsicher wird (steile Kurven), hat H. Maurer eine mechanische Elimination dieser Fehler vorgeschlagen. Von H. Maurer und F. Fischer ist auch die physikalische Kompensation mittels Drahtschleifen erfunden und angewandt worden (Ann. d. Hydr. 1925). Die Literatur über Funkortung ist von P. Andresen (Nautische Rundschau 1926) zusammengestellt.

Einige allgemeine Bemerkungen zur systematischen Anwendung geophysikalischer Aufschlußarbeiten in der Praxis.

(Vortrag, gehalten in der Sektion für Geophysik des XIV. internationalen Geologen-Kongresses in Madrid 1926.)

Von **R. Ambronn.**

Die Vieldeutigkeit der Ergebnisse einer einzelnen auf Fernwirkungen der im Boden gesuchten Stoffe beruhenden geophysikalischen Aufschlußmethode wird aufgewiesen und es wird an einigen Beispielen gezeigt, welche technischen und wirtschaftlichen Vorteile die Kombination von mehreren Verfahren mit sich bringt, welche verschiedene physikalische Wirkungen ausnutzen.

Zahlreiche Vorträge, welche während der Tagung dieses Kongresses aus dem Gebiete der angewandten Geophysik bereits gehalten wurden, haben gezeigt, wie weit einige der modernen Methoden und Instrumente der angewandten Geophysik bereits methodisch und experimentell gefördert worden sind. Es soll daher nicht meine Aufgabe sein, weitere Beiträge zur Kenntnis einzelner Methoden zu geben, sondern ich möchte mir erlauben, auf einige Punkte hinzuweisen, welche für eine wissenschaftlich kritische Auswahl der zur Lösung einer bestimmten, vorgegebenen geologischen und lagerstättenkundlichen Aufgabe geeignetsten Methode oder einer zweckmäßigen Kombination mehrerer Methoden mir von besonderer Bedeutung zu sein scheinen.