

Paper-ID: VGI_196709



Gedanken und Vorschläge zur Meeresgeodäsie

Karl Killian ¹

¹ 1140 Wien, Hadikgasse 40

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **55** (3), S. 75–82

1967

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Killian_VGI_196709,  
Title = {Gedanken und Vorschläge zur Meeresgeodäsie},  
Author = {Killian, Karl},  
Journal = {{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {75--82},  
Number = {3},  
Year = {1967},  
Volume = {55}  
}
```



Winkel B . Im gesamten Winkel $(q_1 + q'_1)_{\text{gemessen}} = q$ scheint der Hilfswinkel B nicht auf. Die Beobachtungen in P und P' müssen gleichzeitig stattfinden.

Der Weg zur Bestimmung der astronomischen Azimute α und $(180 - \alpha')$ der geodätischen Linie PP' ist nun vorgezeichnet. Nachdem die Polhöhen φ und φ' auf eine bekannte Art bestimmt wurden, kann β , β' und ϑ nach Gleichung 2,10 und 2,11 berechnet werden. Aus den gemessenen Azimuten $(\alpha' + \alpha'_1)$ und $[180 - (\alpha + \alpha_1)]$, den Größen β und β' und ϑ werden die Winkel q_1 und q'_1 , α_1 und α'_1 und die Seiten \bar{z} und \bar{z}' berechnet. Wie oben gezeigt wurde, können die Größen q_1 , q'_1 , α_1 und α'_1 als Azimutdifferenzen mit gleicher Größe auf das Ellipsoid übernommen werden.

Legen wir nun dem Dreieck $\overline{\Sigma PP'}$ den gemessenen Winkel q , der von dem auf dem Ellipsoid gerechneten Winkel $(q_1 + q'_1)$ um Δq verschieden ist, zugrunde, so müssen die Winkel α_1 und α'_1 um die aus der Gleichung 1,22 berechneten kleinen Größen $\Delta \alpha_1$ und $\Delta \alpha'_1$ verändert werden. Die Winkel $(\alpha_1 + \Delta \alpha_1)$ und $(\alpha'_1 + \Delta \alpha'_1)$ sind so reduziert, als wären sie in den dem Ellipsoid in der Natur korrespondierenden Punkten gemessen worden, denn die Reduktionen „gemessen — ellipsoidisch“ wurden aus Messungen in den beiden Punkten abgeleitet.

Wird vom beobachteten Azimut des Sternes in P der Winkel $(\alpha_1 + \Delta \alpha_1)$ abgezogen, so erhalten wir das auf die Lotrichtung bezogene Azimut der geodätischen Linie PP' und entsprechend ziehen wir vom beobachteten Azimut des Sternes Σ_1 in P' den Winkel $(\alpha'_1 + \Delta \alpha'_1)$ ab, um das Gegenazimut zu erhalten. Diese Azimute ergeben mit dem aus der Stellartriangulierung erhaltenen absoluten Azimuten die absoluten Lotabweichungen.

Die vorgeschlagene Methode zur Bestimmung des astronomischen Azimutes langer geodätischer Linien müßte vor allen Dingen praktisch erprobt werden. Sie könnte auch dazu dienen, eine unabhängige Richtungskontrolle bei der Absteckung eines langen Tunnels durchzuführen.

Gedanken und Vorschläge zur Meeresgeodäsie*

Von Karl Killian, Wien

In der Meeresgeodäsie — bis jetzt kennt man nur den Namen dieses in den allerersten Anfängen befindlichen, aber sicher entstehenden Wissensgebietes — stellt man sich die Aufgabe, Festpunkte am Meeresgrund anzubringen und ihre räumliche Lage zueinander und in bezug auf Festpunkte der Kontinente zu vermessen.

Der in Fig. 1 dargestellte *Festpunkt für Meere (= Meeresfestpunkt)* dürfte einen brauchbaren Vorschlag darstellen. Er besteht aus einem Tripelspiegelsystem für Ultraschall 1, einem Rohr 2, und einem Stahlbehälter 3, der mit vier Auslegern 4, sowie mit je einer nach unten spitz auslaufenden Verankerungsplatte 5 verschweißt ist.

Der Schwerpunkt des ganzen Systems liegt im unteren Teil des Stahlbehälters 3. Ein von einem Schiff aus versenkter Meeresfestpunkt wird daher beim Absinken

*) Vortrag, der für das Symposium „Erdfigur und Refraktion“ in Wien, März 1967, bestimmt war, jedoch im Rahmen der Vorträge nicht mehr gebracht werden konnte.

seine Symmetrieachse vertikal stellen. Dies wird durch die Flossen 6 begünstigt. Meeresströmungen sind insbesondere in größeren Tiefen im Vergleich zu den Sinkgeschwindigkeiten der Konstruktion sehr klein. Der Behälter 3 hat einen kuppenförmigen Boden. Dieser dient zur Verkleinerung der Widerstandsziffer beim Sinken und zur Erhöhung der Festigkeit.

Die von mäßigem Wind und den Gezeiten erzeugten Strömungen haben auf offener See insgesamt Geschwindigkeiten $\leq 0,2$ m/sek. Die vom Wind erzeugten Strömungen reichen nur 100 bis 200 m tief. Hingegen ergeben der Golfstrom, Kuro-Schio und Agulhasstrom Oberflächenströme von 1 bis 2 m/sek. In 1000 m Tiefe ist ihre Geschwindigkeit ebenfalls verschwindend klein.

Die Spitzen der Verankerungsplatten dringen daher in ungefähr vertikaler Richtung mit erheblicher kinetischer Energie in den Meeresboden ein. Die Versenkung eines Meeresfestpunktes erfolgt, nach vorhergehenden Aufnahmen von Schallotprofilen, möglichst in horizontalen Gebieten des Meeresbodens. Je nach der Beschaffenheit des Meeresbodens (für geologische Untersuchungen sind Methoden zum Ausstanzen von Proben bekannt) und der voraussichtlichen zukünftigen Tiefseeablagerungen wird man Größe (Länge des Rohres etwa 5 bis 15 m) und Gewicht der ganzen Konstruktion wählen. Eventuell kann durch eine Fernscheinrichtung die Verankerung überprüft werden.

Die Vermessung der räumlichen Lage der ausgelegten Meeresfestpunkte erfolgt mit Hilfe von „Meeresstationen“. Unter einer Meeresstation wollen wir ein Schiff verstehen, das bei „ruhiger“ See dauernd möglichst genau in dem durch die Mitte des Tripelspiegels gehenden Lot gehalten wird. Als Vorläufer zur Lösung der Aufgabe, ein Schiff möglichst am gleichen Ort zu halten, können die Verfahren zur Legung der Tiefseekabel und das Unternehmen „Mohole“ (Bohrung am Meeresgrund in 3600 m Tiefe) angesehen werden. Den vorliegenden Belangen wird die folgende Lösung besser entsprechen.

In der Meeresstation 1 (Fig. 2) ist eine *kreiselstabilisierte Plattform* 2 erforderlich. Von dieser nehmen wir etwa eine Winkelminute Amplitude und eine Zeitminute Schwingungsdauer an. Mit der Plattform ist der *Ultraschallsender* 3 fest verbunden. Er sendet vertikal (etwa auf 1' genau) auf den Tripelspiegel 5. Die rückgestrahlten Ultraschallwellen gelangen in die vier symmetrisch zum Ultraschallsender angeordneten *Ultraschallempfänger* 4. Die zwei gezeichneten Empfänger 4 und die nicht gezeichneten Empfänger sind je in Brücke geschaltet. Treffen in je zwei Empfängern gleiche Energien ein, so steht die Meeresstation richtig. Ist dies nicht der Fall, so sollen *automatische Steuereinrichtungen des Schiffes* betätigt werden. Die Folge ist, daß die Meeresstation dauernd um einen festen Punkt sich verschieben wird.

Als Ultraschallsender wird sich vielleicht der in [12] beschriebene Stielstrahler eignen. Das Manövrieren der Meeresstation kann sicher durch *Voith-Schneider-Propeller* [11] ev. auch durch *Escher-Wyss-Verstellpropeller* [4] auf wenige Meter erreicht werden. Die der Meeresstation entsprechende Meerestiefe und eventuell auch die Gezeitenhübe können vermessen werden.

Zur Auffindung eines Meeresfestpunktes sowie zur Navigation soll der Meeresfestpunkt auf Abruf senden können und ferner soll der Tripelspiegel vor Beginn einer

Messung von den Ablagerungen auf Abruf gereinigt werden können. Die zur Sendung erforderlichen Energiequellen befinden sich im Behälter 3 und, zwar entweder *Brennstoffelemente* [1] [3] oder *Preßluftflaschen*. Man kann auch Wasser durch eine kleine Düse, die im oberen Teil des Rohres angebracht ist, einströmen lassen und damit eine kleine *Pelton turbine* betreiben. Bei großen Tiefen ist natürlich vorhergehende Druckreduktion erforderlich. Dieser Betrieb hat mit dem Vollaufen des Behälters sein Ende. Die *Reinigung des Tripelspiegels* kann bei kleinen Tiefen mit einem Preßluftstrom erfolgen. Für größere Tiefen wird folgende Einrichtung zweckmäßig sein. Fig. 3 zeigt den Grundriß. Wird nicht gearbeitet, so ist der Spiegel (strichlierter Kreis) mit einer Platte 1 verschlossen. Diese ist in Führungen 2, die mit dem Spiegel fest verbunden sind, verschiebbar gelagert. Am rechten und am linken Rande der Platte ist je ein Drahtseil 3, 4 befestigt, das über die Rollen 5 bzw. 6 läuft, an denen das Gewicht 7 bzw. 8 hängt. Von den Gewichten werden dazu vorgesehene Teile durch entsprechend angeordnete kleine Sprengstoffladungen abgesprengt, wodurch das Öffnen und Schließen des Spiegels ermöglicht wird. Auf der Platte ist ein satteldachförmiger Aufsatz angebracht, dessen Firstkante parallel ist zu den Führungen. Auf den Dachflächen rutschen die Meeresablagerungen ab; sie können also das Gewicht des verschiebbaren Teiles nicht erhöhen. Nach Jahren unbrauchbar gewordene Meeresfestpunkte können mit Hilfe von *Tauch-Robotern* wieder betriebsfähig gemacht werden. Die Tauch-Roboter sind heute schon so weit entwickelt, daß man ernstlich daran denkt, die Schätze der Titanic, sie liegt 4600 m unter dem Meeresspiegel, zu heben. Viel einfacher ist folgender Weg: Man verwendet einen Meeresfestpunkt nicht so lange bis er unbrauchbar geworden ist, sondern noch vorher versenkt man, in etwa 100 bis 200 m Entfernung, einen neuen, Festpunkt. Über beide Festpunkte werden Meeresstationen errichtet und ihre Entfernung sowie Azimut werden gemessen.

Das Hauptproblem liegt darin, die Meeresstationen mittels Stellartriangulation einzuschalten in ein durch Stellartriangulation bestimmtes globales Netz, das nur Festlandstationen aufweist.

Vorerst sei ein vom Verfasser kürzlich zum Vorschlag gebrachtes *globales Stellartriangulations-Netz* erwähnt: Dieses Netz besteht aus 31 *Stationspunkten*, die auf Festländern bzw. Inseln liegen. Das Netz erstreckt sich als Gürtel um den ganzen Äquator. Alle 31 Stationspunkte liegen *hinsichtlich der Bewölkung in denkbar günstigsten Breiten* ($\pm 18^\circ$ bis $\pm 28^\circ$). Die bei den Beobachtungen vorkommenden *Zenitdistanzen sind* $< 60^\circ$. Als Hochziel ist ein *Äquatorsatellit* erforderlich, der möglichst in einer Kreisbahn in einer Entfernung von 7000 km über der Erdoberfläche kreist. Seine Umlaufzeit in bezug auf einen Punkt der Erde beträgt ca. 5,2 Stunden. Es wird ein aktiver Satellit, der auf Abruf Lichtblitze aussendet, vorausgesetzt. Die im Satelliten durch Umwandlung von Sonnenenergie erzeugte elektrische Energie ist für häufiges Blitzen zu gering (z. B. ANNA-Verfahren) und die Beleuchtung der Satelliten mit Laser-Blitzen ist noch nicht befriedigend gelöst. In sehr aussichtsreicher Entwicklung befindet sich jedoch ein Atomreaktor, der im Satelliten elektrische Energie erzeugt.

Es sei noch bemerkt, daß, ohne auf die Mechanik der Satellitenbahn einzugehen, eine *Glättung der berechneten Lagen der Hochziele* möglich ist. Damit können die

Lagen der Stationspunkte verbessert werden. Fortschreitend können nur mit jedem Umlauf die Lagen der Stationspunkte und die Satellitenbahnen immer genauer bestimmt werden. Erwähnt sei ferner, daß bei dieser Stellartriangulation *keine Zeitmessung* vorkommt, daß *nicht Rektaszensionen* der Fixsterne, sondern nur ihre genauer bekannten *Differenzen* in die Berechnung eingehen, und daß zum Aufbau dieses Netzes nur eine gegenüber dem ganzen Sternenhimmel *verhältnismäßig geringe Zahl von Fixsternen* erforderlich ist, deren Koordinaten und Eigenbewegungen dafür umso genauer bestimmt werden sollen. Die fehlertheoretische Untersuchung und numerischen Berechnungen dieses Netzes führte *P. Meissl* durch, worüber er veröffentlichten wird.

Die Stellartriangulation von Stationen außerhalb des genannten Gürtels erfolgt mit Satelliten, deren Bahnen zur Äquatorebene geneigt sind und mit Raketen. Die erforderlichen Höhen sind < 3000 km.

Sollen die Lagen der Meeresstationen mittels Stellartriangulation bestimmt werden, so kann ihre wenige Meter betragende Verschiebung als unbedenklich angesehen werden, weil diese dauernd um einen festen Punkt erfolgt. Wenn man jedoch auch nur einen kleinen Astrographen ($f = 1$ m) voraussetzt, der zur Photographie der Fixsterne bloß wenige Sekunden nachgedreht werden soll, so steht man vor einem großen Problem; die genannte Schwankung der kreiselstabilisierten Plattform ist 100mal zu groß. Aber die Verwendung der in den letzten Jahren entwickelten *Sternsensoren* [10] (sie wurden aus photoelektrischen Nachführungseinrichtungen z. B. [5] [8] [9] [13] entwickelt) verspricht doch eine Lösung unserer Aufgabe und dies gilt umso mehr als die Weiterentwicklung der Sternsensoren für die Fortschritte der Astrophysik (Photographie außerhalb der Atmosphäre) von entscheidender Bedeutung ist. Die geforderte Genauigkeit der Stabilisierung mit Sternsensoren wird mit $0,1''$ angegeben.

Ein anderer Weg besteht in der *Verkürzung der Belichtungszeiten* für die Sternaufnahmen. Dies kann durch besondere Emulsionen, Entwicklungsverfahren und durch Photomultiplikatoren erfolgen. Die Verwendung kurzbrennweitiger Kammern gestatten zwar ebenfalls kurzzeitige Belichtungen; denn sie haben großen Bildwinkel, und damit werden Fixsterne großer Helligkeiten im Bildwinkel liegen. Da die Lichtblitze auf Abruf erfolgen, kann Lichtblitz und Momentaufnahme hinreichend gleichzeitig erfolgen. Aber nicht nur die infolge der kurzen Brennweite und infolge der Szintillation bedingten Ungenauigkeiten liegen vor, sondern auch die Ausschaltung des Einflusses der Refraktion ist nicht gut möglich; die Winkel zwischen den hellen Fixsternen und dem Lichtblitz sind zu groß.

Ein weiterer Weg, die Meeresstationen in bezug auf die festen Stationen zu bestimmen, besteht in der *Messung der Entfernung zu Hochzielen der Stellartriangulation*. Die Schwingungen von Meeresstationen gehen nämlich dabei nur von zweiter Kleinheitsordnung in die Entfernungen ein. Z. B.: zu drei Hochzielen (zwei stammen von einem Satelliten, einer von einem anderen Satelliten) werden zu verschiedenen Zeiten Stellartriangulationsmessungen von festen Stationen aus durchgeführt. Je gleichzeitig mit diesen Messungen werden von einer Meeresstation aus die Entfernungen zu den Hochzielen gemessen. Damit ist die Meeresstation in bezug auf das vorliegende Stellartriangulations-Netz berechenbar, wenn der Maßstab des Netzes

bekannt ist. Zur Bestimmung desselben genügt theoretisch die Messung der Entfernung zweier Punkte (z. B. Entfernung irgendeines Stationspunktes zu einem Hochziel) des Netzes.

Elektromagnetische cm- und dm-Wellen erfahren in der Ionosphäre nur sehr schwer erfaßbare räumliche und zeitliche Änderungen der Refraktion und Geschwindigkeit. Die in der Literatur angeführten Genauigkeiten der Entfernungsmessung mit diesen Wellen widersprechen einander. Mit Laser sind hingegen hervorragende Meßgenauigkeiten erreicht worden (einige dm).

Soll in einem bestimmten Gebiet ein *besonders dichtes Netz von Meeresfestpunkten* geschaffen werden, so wird man die Netzverdichtung nicht mittels Stellartriangulation vornehmen. Man wird sodann zur Trilateration der Meeresstationen oder zu photogrammetrischen Methoden greifen: Die über den Meeresfestpunkten errichteten Meeresstationen werden beleuchtet. Photogrammetrische Aufnahmen werden bei Nacht aus Flugzeugen, Stratosphären-Ballons oder Raketen ausgeführt. Es brauchen natürlich nur jene Meeresstationen errichtet werden, die im Bildfeld der jeweiligen Aufnahme liegen. Im vorliegenden Fall ergibt sich für die analytische Aerotriangulation eine sehr wertvolle Bedingung: Alle ausgewerteten Punkte müssen auf einer stetig und wenig gekrümmten Fläche liegen. Die Wirkung der Refraktion ist bei Aufnahmen von oben nach unten kleiner als bei Aufnahmen von unten nach oben. Das Verfahren kann auch zur Vermessung stark bewölkter Gebiete dienen.

Bilden die Meeresfestpunkte Dreiecke, deren Seiten höchstens nur wenige Kilometer lang sind, so kann ihre *Vermessung allein mit Ultraschall* erfolgen.

Beispiel 1: Die Meerestiefen der Meeresfestpunkte P , Q , R sind bekannt. Von den drei unbekanntenen Örtern F_1 , F_2 , F_3 eines Schiffes werden der Reihe nach je drei räumliche Entfernungen zu den drei Festpunkten gleichzeitig gemessen. Da die Meerestiefen bekannt sind, ergeben sich (Pythagoras) die Längen der Grundrisse der gemessenen Entfernungen. Fig. 4 ist eine Grundrißdarstellung. Gesucht sind die Seiten des Dreiecks P , Q , R . Auf diese geometrische Aufgabe (gefährliche Örter) wird in einer anderen Arbeit eingegangen.

Beispiel 2: Die Meerestiefen der drei Meeresfestpunkte P , Q , R sind nicht bekannt. In diesem Fall sind zwei Schiffe A , B erforderlich. Von den beiden Schiffen aus werden gleichzeitig zu P , Q , R die räumlichen Entfernungen gemessen und ebenso wird gleichzeitig die Entfernung \overline{AB} elektronisch gemessen. Die somit bekannten Dreiecke A, B, P , A, B, Q und A, B, R haben die gemeinsame horizontale Seite AB . Um diese Seite denken wir uns die Dreiecke in die horizontale Ebene gedreht, dabei bewegen sich die Punkte P , Q , R in vertikalen Ebenen p , q , r (in Fig. 5 ist diese Drehung nur für P gezeichnet, seine unbekanntete Meerestiefe ist t). Die gemessenen Strecken bestimmen eindeutig die Lagen dieser drei Ebenen. Beide Schiffe fahren weiter und obige Messungen werden noch von je zwei anderen Schiffsorten A' , B' und A'' , B'' aus vorgenommen. Damit haben wir drei gegebene Systeme von je drei parallelen Strahlen. Diese Strahlensysteme sind so zu legen, daß je drei entsprechende Strahlen sich in einem Punkt schneiden. Die Lösung dieser Aufgabe führt auf eine quadratische Gleichung. Ein gefährlicher Ort tritt auf, wenn die Verbindungslinien der beiden Schiffe mindestens bei zwei Messungen zueinander parallel sind. Zwei

der Strahlensysteme sind sodann kongruent. Schließen die drei Verbindungslinien von je zwei Schiffsorten Winkel von 120° ein, so ergeben sich die günstigsten Schnitte.

Die in obigen Beispielen angeführten Entfernungsmessungen erfolgen in schrägen Richtungen. Die dabei auftretenden Refraktionen und Geschwindigkeitsänderungen sind sehr groß, wenig erforscht, und hängen von Temperatur, Druck sowie vom Salzgehalt und Plankton ab [7]. Bemerkenswert sei, daß die mit der Tiefe rasch abnehmende Temperatur und die Zunahme des Druckes den Tiefseeschallkanal verursacht (900 bis 1300 m tief). In diesem sind Detonationen noch in 10.000 km Entfernung wahrnehmbar. Trilaterationen im Schallkanal ergaben Genauigkeiten von $0,3 \times 10^{-4}$ [2] [6].

Das steile Anwachsen der Erdbevölkerung erfordert die Erschließung neuer Quellen für Nahrung, Energie, Rohstoff.

Abgesehen von wenigen küstenahen unterseeischen Abbauen kennt man nur Stichproben von den gigantischen Reichtümern, die der Meeresboden birgt (Algen, Phosphate, Erdöl, Eisenerz, Magnesium, Mangan, Nickel u. a.). Nun will der Mensch davon Besitz ergreifen.

Feste Marken am Meeresgrund können zur Aufteilung des Weltmeeres, als Festpunkte für technische Projekte sowie zur genauen Navigation und für die Nachrichtentechnik dienen.

Darüber hinaus wäre ein *sehr bedeutsames Problem der höheren Geodäsie gelöst:*

Werden Punkte der Meeresoberfläche ebenso wie Punkte der Festländer mittels Stellartriangulation vermessen, so ist die gegenseitige räumliche Lage der gesamten Punkte eindeutig bestimmt. Die Punkte der ruhigen Meeresoberfläche sind *naturgegebene und mittels Stellartriangulation hypothesenfrei vermeßbare Punkte des Geoids*. Dazu kommt noch, daß sie auf einem Flächengebiet gewählt werden können, das mehr als doppelt so groß ist als das der Festländer, auf denen man ohne Hypothesen und Dogmen die Form des Geoids nicht finden kann.

Handelt es sich nur darum, *Punkte des Geoids zu vermessen, ohne sie durch Meeresfestpunkte zu vermarken*, so dürfte das in Fig. 6 dargestellte Verfahren brauchbar sein. Es wird damit erreicht, daß die Meeresstation *MS* während der Zeit der Vermessung nur die eingangs beschriebenen Verschiebungen ausführen kann. Die Begleitschiffe 1, 2, 3 werden mit den Ankergewichten $\bar{1}$, $\bar{2}$, $\bar{3}$ verankert. 4 ist eine hohle Aluminium-Boje. Sie trägt den Tripelspiegel und ist mit den Ankergewichten je durch ein dünnes Stahlseil verbunden. Nach Vollendung der Vermessung werden die Ankerdrossen gehievt, die Boje kommt dabei an die Oberfläche und an einem gewünschten Ort wird das ganze System wieder errichtet. Vielleicht können die Begleitschiffe durch Bojen ersetzt und die gesamten Arbeiten mit einem einzigen Schiff ausgeführt werden.

Die Vermessung erfolgt nur bei „ruhiger“ See. Erfolgt sie außerdem in Entfernungen größer etwa > 100 km von den Küsten, so sind die Gezeitenhübe unbedeutend (< 1 m), ebenso die Wirkungen von Wind und Luftdruckänderungen.

Der Verfasser hat obige Gedanken und Vorschläge im Rahmen eines amerikanischen Forschungsauftrages (Prof. Dr. K. Rinner, TH. Graz) entwickelt.

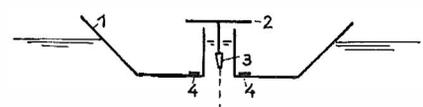
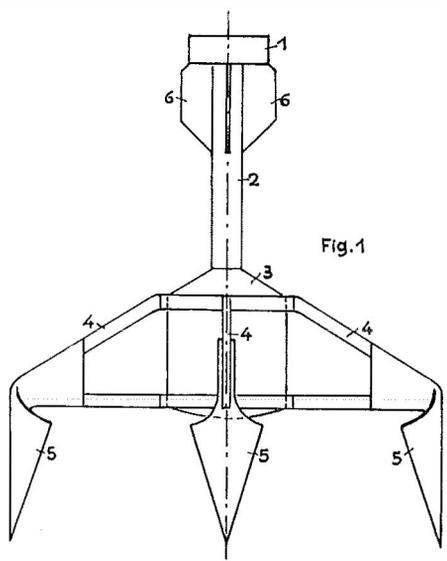
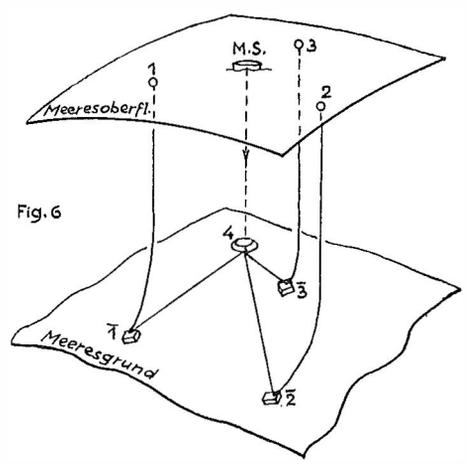
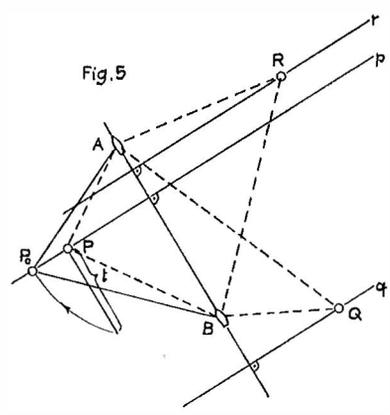
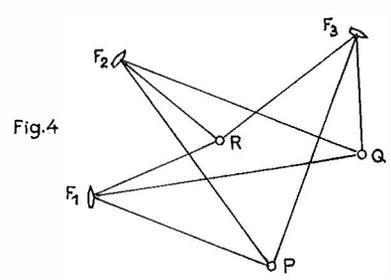
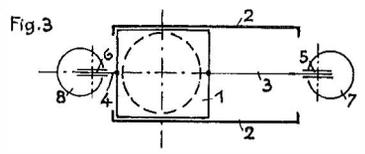
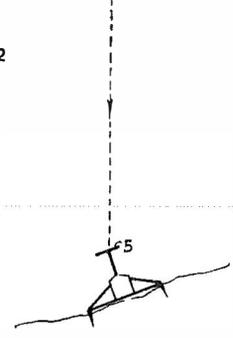


Fig. 2



Literatur

- [1] *Bode, H.*: Stand der Entwicklung von Brennstoffzellen, Erdöl und Kohle, 19 (1966), H. 9.
 [2] *Bryan, G. M.*: Truchan und Ewing Long-Range SOFAR Studies in the South Atlantic Ocean, Journal of the Acoustical Society of America, Bd. 35, Nr. 3.
 [3] *Douglas*: Aus der Entwicklung der Brennstoffzellen, Arch. Energ.-Wirtschaft, 14 (1960), H. 11.
 [4] *Escher, Wyss*: Verstellpropeller, Prospekt 1964.
 [5] *Kovit, B.*: Astro compass brings space navigation closer Space aeronautics Juni 1959.
 [6] *Piip, A. T.*: Fine Structure and Stability of the Sound Channel in the Osean, siehe 2, Bd. 36, Nr. 10.
 [7] *Pohlman, R.*: Die neuesten Ergebnisse der Ultraschall-Forschung in Anwendung und Ausblick auf die moderne Technik
 und *Ahrens, E.*: Schall und Ultraschall in der Unterwasser-Nachrichtentechnik, Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, H. 101.
 [8] *Rabben, H. H.*: Einfache lichtelektrische Nachführvorrichtung für astronomische Fernrohre, Elektronische Rundschau (1956) Jg. 10, H. 7
 [9] *Simon und Suhrmann*: Der lichtelektrische Effekt und seine Anwendungen, Seite 594/95.
 [10] *Sprengel, U.*: Lageregelung und Stabilisierung von Raumfahrzeugen, Luftfahrttechnik-Raumfahrttechnik 13 (1967), Nr. 1.
 [11] *Voith-Schneider*: Schiff's-Antrieb, Voith-Schneider Propeller und andere Druckschriften der Voith-Werke St. Pölten und Heidenheim.
 [12] *Wille, P.*: Ein strömungsgünstiges Richtmikrofon für Wasserschall als Analogon des dielektrischen Stielstrahlers, Acustica, Bd. 17 (1966).
 [13] *Zeiss, C.*: Photoelektrisches Sonnenleitrohr mit Verstärker, Prospekt und Beschreibung in AsPlan 56-012-d.

Die Normalenfällung auf das Ellipsoid

Von Erhart Ecker, Graz

Die Aufgabe, auf ein Ellipsoid die Normale zu fällen, wurde bisher meist durch iterative Verfahren gelöst. Diese konvergieren mit zunehmender Entfernung des Aufpunktes vom Ellipsoid immer langsamer, weshalb ein direkter Lösungsweg gezeigt werden soll.

