

## Werk

**Jahr:** 1933

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:9

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0009

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0009](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0009)

**LOG Id:** LOG\_0035

**LOG Titel:** Eine praktische Möglichkeit der Triangulationsverbindung mit dem amerikanischen Kontinent

**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 there 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](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

Richtung, beeinflussen Amplitude und Phase der Schwingung. 2. Veränderte Amplitude bewirkt veränderte Schwingungszeit. 3. Oszillationen des Aufhängepunktes beeinflussen die Schwingungszeit. Vermessung der häufig vorkommenden Erschütterungen lieferte für die Sternwarte zu Göttingen das Ergebnis, daß mit Ausnahme des Effektes unter 2. diese Wirkungen nicht so groß werden, daß sie berücksichtigt werden müssen. Dieses günstige Ergebnis befreit aber nicht von der Notwendigkeit, in jedem Fall, in dem entsprechend hohe Anforderungen an die Genauigkeit einer Uhr gestellt werden, nachzuprüfen, ob der Aufstellungsort überhaupt erschütterungsfrei genug ist, um die Durchführung solcher Messungen zu gestatten.

---

## **Eine praktische Möglichkeit der Triangulationsverbindung mit dem amerikanischen Kontinent**

Von Prof. Dr. Ing. A. Berroth, Aachen — (Mit 4 Abbildungen)

**Prinzip.** Es sind in der Öffentlichkeit meines Wissens bisher die zwei Möglichkeiten betrachtet worden, eine Triangulationsverbindung Europa-Amerika oder Afrika-Amerika herzustellen: durch Vermittlung von Schiffen oder von Flugzeugen, die in Form einer Dreieckskette gestaffelt sind. Beide Gedankengänge sind aber vorläufig praktisch nicht realisierbar und in der erreichbaren Genauigkeit höchst ungenügend.

Der hier gemachte Vorschlag ist auf viel weniger Voraussetzungen gegründet, in allen wesentlichen Teilen bereits praktisch erprobt und liefert die notwendige Genauigkeit. Es liegen ihm die Ergebnisse der allerneuesten Forschungen zugrunde, nämlich die erfolgreichen Ballonaufstiege von A. Piccard und die Aufstiege von Registrierballonen von E. Regener und A. Wigand, ferner die Errungenschaften der Photogrammetrie und der Doppelbild-Entfernungsmessung.

Das Prinzip ist im wesentlichen folgendes: Über dem Festlande steigen auf jeder Seite des Ozeans je zwei Piccardballone auf, die je mit einem Spezial-Winkelmeßinstrument und einer Photokammer ausgestattet sind, in der Mitte des Ozeans steigen nacheinander zwei Pilotballone auf, die eine geeignete Leuchteinrichtung tragen.

Damit ist es möglich, mit Hilfe der Delambreschen Aufgabe (auch Hansen'sche Aufgabe genannt) die Dreiecksverbindung herzustellen.

**Hilfsmittel.** Die Standorte und damit die Basis ergeben sich durch die dem Photogrammeter bekannte Aufgabe des räumlichen Rückwärtseinschnittes, die Winkelmessungen werden mit einem Spezialinstrument ausgeführt, das derart eingerichtet ist, daß

1. die Rotationsbewegung des Ballons nichts ausmacht, dadurch, daß beide Ziele in derselben Bildebene gleichzeitig eingestellt werden können;

2. nur ein kleiner nach Bogenminuten zählender Winkel im Ballon gemessen zu werden braucht.

Die Winkelmeßeinrichtung kann neben der Verwendung von Prismenkreisen mit Meßschraube aus dem modernen Verfahren der Doppelbildtachymetrie Nutzen

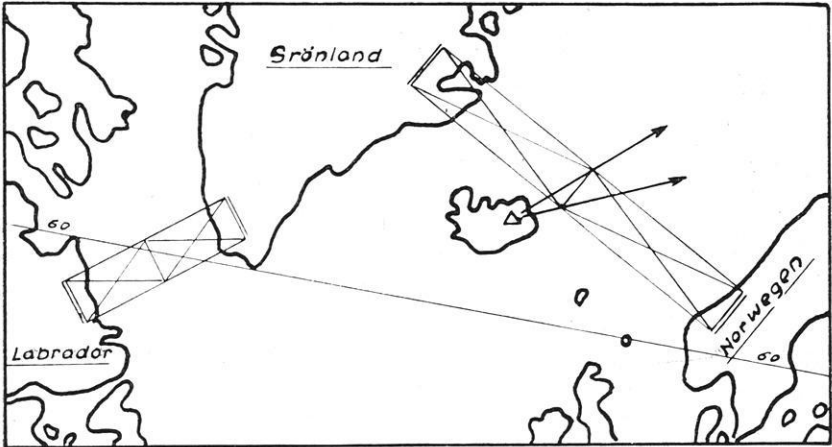


Fig. 1

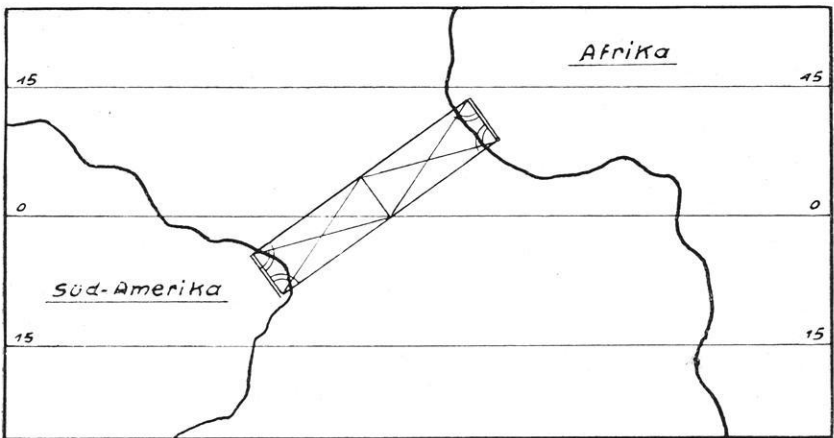


Fig. 2

ziehen. Ein lichtstarkes Fernrohr müßte vor der Hälfte des Objektivs ein auswechselbares Spiegelprisma tragen, welches den einen Lichtstrahl um den Betrag ablenkt, der den normalen Koordinaten entspricht. Die Abweichungen hiervon

wären zu messen mit weiteren, achromatischen und temperaturunempfindlichen\*) Vorsatzkeilen, die um eine Achse senkrecht zum Hauptschnitt und um eine solche im Hauptschnitt gedreht werden, wodurch die beiden Ziele übereinander zur Koinzidenz gebracht werden können. Hierbei wird es, vorausgesetzt, daß die Konstanten der Instrumente bekannt sind, nicht übertrieben sein, die Meßgenauigkeit pro Einstellung auf  $\pm 2.0''$ , für zehn Einstellungen also auf  $\pm 0.63''$  anzunehmen; da die Refraktion sehr klein ist, so wird sie keine Rolle spielen. Die Gleichzeitigkeit der Einstellung von den verschiedenen Standpunkten her braucht wegen der auch in großen Höhen zeitweise vorhandenen geringen Abtrift keine übertriebene zu sein, so daß z. B. nach dem Nauener Zeitsignal gestellte Chronometer genügen, die die Einhaltung der Sekunde gewährleisten.

Die Gleichzeitigkeit der Winkeleinstellung und des räumlichen Rückwärts-einschnittes wird dadurch bewirkt, daß mittels eines Kontaktes in der Hand des Beobachters im Moment der Winkelmessung der Verschluß der Kammer automatisch ausgelöst wird, ein Verfahren, an das der astronomische und photographische Beobachter längst gewöhnt ist. Durch den Kontakt werden außerdem die Angaben der Mikrometer, die Stellung der Sekundenzeiger der Uhren, Barometer, Thermometer und zwei Libellen mitphotographiert.

Jeder Beobachter macht innerhalb der gesetzten Frist fortlaufend Einstellungen und die Gleichzeitigkeit wird nachträglich herausgesucht. Da die Luft in den großen Höhen sehr dünn ist, wird die Sichtbarkeit gewährleistet sein. Es wird die Forderung aufgestellt, daß der tiefste Punkt der Lichtbahn wenigstens 8 km über dem Meeresspiegel liegen soll. Die Sichtbarkeit des zweiten Piccardschen Ballons wird gewährleistet durch eine Beleuchtung, an die keine hohen Anforderungen gestellt werden, die der Pilotballone durch geeignete, über zwei herabhängenden Drähten verteilte Patronen eines mit Sauerstoff angereicherten magnesiumhaltigen Leuchtmittels, worüber in der Meteorologie bereits Erfahrungen vorliegen. Für eine Zielung über 950 km müßte für das Zielzeichen eine Ausdehnung von 3.8 m gewählt werden, da alsdann dasselbe bei 40facher Vergrößerung unter einem Winkel von  $33''$  erscheinen würde, also sichtbar wäre. Die eigentliche Beobachtungszeit pro Ziel wäre auf wenige Minuten beschränkt, doch wird man für einen großen Spielraum sorgen müssen. In dem näher behandelten ersten Fall wird der in 16 km Höhe aufgestiegene Piccardsche Ballon bei einer Basislänge von 250 km unter einem Tiefenwinkel von  $1.1^{\circ}$ , der Pilotballon unter einem solchen von  $2.9^{\circ}$  erscheinen; er müßte 39 km über den Meeresspiegel aufsteigen. Die Einstellung des zweiten Pilotballons könnte erfolgen, nachdem die Anzielungen des ersten abgeschlossen sind. Eine notwendige Drehungsmöglichkeit der Gondel zur groben Einstellung des Zieles wäre leicht zu schaffen.

---

\*) Siehe hierüber Näheres bei: A. Berroth: Der Temperatureinfluß einiger Doppelbild-Entfernungsmesser aus verschiedenen Werkstätten. Allg. Verm. Nachrichten, 1933.

Über die bisher erreichte Steighöhe von Registrierballonen sagt E. Regener\*):

„Nach der von Assmann und Hergesell entwickelten, in der Meteorologie vielfach gebrauchten Methode erreicht man Höhen von 30 km, neuerdings nach A. Wigand sogar 35 km.“

Da die mitgenommene Nutzlast bei Regener über 1.5 kg (neuerdings sogar 3 kg, bei 1 kg Auftrieb) betrug, im vorliegenden Falle aber diese Last noch kleiner gehalten werden kann, so besteht nach den weiterhin gewonnenen Erfahrungen in der Meteorologie und in der Herstellung des Gummis die Berechtigung zur Annahme, daß man mit etwas größeren Ballonen die vorgeschriebenen 39 km wird erreichen können. Auch über die Aufsteigdauer ist man bereits gut informiert.

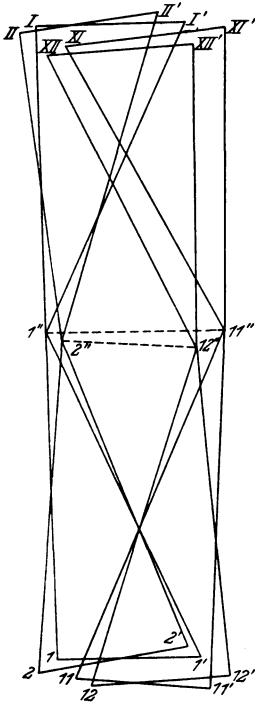


Fig. 3. Delambresche Aufgabe  
in der Version von vier Standpunkten

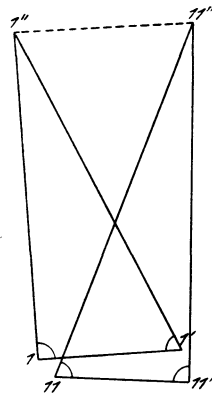


Fig. 4  
Reduktion auf zwei Standpunkte

**Genauigkeit.** Die auf dem Boden richtig verteilten und durch geeignete Lichtquellen markierten geodätischen Festpunkte werden in 16 km Höhe mittels Objektivs von großer Brennweite auf geeignetem Filmformat abgebildet. In Höhe von 4 km rechnet man heute für eine Ballonaufnahme mit einem mittleren Punktfehler in den Lagekoordinaten von  $\pm 0.8$  m, so daß in 16 km Höhe man bei entsprechender Brennweite einen Lagefehler von  $\pm 1.4$  m für das Mittel aus zehn Aufnahmen wird erreichen können. Die Basis würde demnach mit einem mittleren Fehler von  $\pm 2$  m bekannt sein.

\*) E. Regener: Messung der Ultrastrahlung in der Stratosphäre. Die Naturwissenschaften 1932, S. 695.

Die Winkelmeßgenauigkeit wird, wie oben dargetan, zu  $\pm 0.63''$  angenommen werden können. Auch der parallaktische Winkel im Ziel läßt sich mit großer Schärfe messen, wenn man ein und denselben oder verschiedene in der Nähe und gleich hoch stehende Sterne mit dem Zielballon zur Koinzidenz bringt. Allerdings wäre es dann nötig, mittels gemeinsamer drahtloser Zeitzeichen diese Momente schärfer zu fixieren. Die günstigsten Bedingungen hierfür sind leicht zu untersuchen. Damit wäre auch eine Korrektur der Orientierung zu gewinnen, da die Lotabweichung nur minimal eingeht.

Überhaupt hat die Verwendung sehr hoher Pilotballone allgemein für die Landesvermessung (namentlich zum Einpassen von Lufttriangulationen) Interesse, da man damit Entfernungen von 400 km (unter einem Höhenwinkel von  $90^\circ$ ) und mehr überbrücken könnte.

Es ergibt sich dabei eine Messungskontrolle, die darin besteht, daß die übertragene erste Basis gleich der zweiten Basis sein muß; hierzu tritt eine weitere Verfeinerung dadurch, daß man auf beiden Ozeanseiten ein öfters zu wiederholendes astronomisches Azimut der Erdbasis und die Längendifferenz mißt, wodurch die bekannte Laplacesche Bedingung entsteht. Beide Kontrollen zusammen ergeben eine erwünschte Korrektur des Maßstabes und der Orientierung, so daß man über einen 2000 km breiten Ozean, wie eine nähere Rechnung zeigt, mit einem übertragenen Punktfehler von  $\pm 20$  m rechnen kann, der aber durch einen möglichen weiteren Vorwärtsschnitt, wie nachher ersichtlich wird, auf  $\pm 10$  m herabgedrückt werden kann.

Eine solche Genauigkeit wird selbst bei einer Festlandstriangulierung im Falle der einfachen Kette wegen der bedeutenden Refraktion niemals erreicht.

### Auswahl der Örtlichkeit. Es kommen in Frage:

1. Eine Verbindung von Norwegen über Grönland nach Labrador, wobei dieses Verfahre nunter Umständen mehrfach zu wiederholen wäre. Zur Sicherung des Resultats erscheint es zweckmäßig, diese Kette in der Nähe von Island vorbeigehen zu lassen. Wenn man dann zuerst Island mit Grönland verbinden

	$\varphi$	$\lambda$		$\varphi$	$\lambda$
1. In Norwegen . . .	+ 61.5 <sup>0</sup>	— 8.5 <sup>0</sup>	Grönland . . . . .	+ 61.1 <sup>0</sup>	+ 45.5 <sup>0</sup>
" . . . . .	+ 63.0	— 11.8	" . . . . .	+ 62.9	+ 48.3
Nördl. Eismeer . . .	+ 66.6	+ 6.8	Davisstraße . . . . .	+ 57.8	+ 53.8
" . . . . .	+ 68.6	+ 3.5	" . . . . .	+ 59.4	+ 56.7
Grönland . . . . .	+ 69.6	+ 28.0	Labrador . . . . .	+ 54.2	+ 60.9
" . . . . .	+ 71.8	+ 26.7	" . . . . .	+ 55.7	+ 63.5
	$\varphi$	$\lambda$		$\varphi$	$\lambda$
2. Afrika . . . . .	+ 10.1 <sup>0</sup>	+ 13.1 <sup>0</sup>			
" . . . . .	+ 12.0	+ 14.6			
Atlantischer Ozean .	+ 1.4	+ 24.6			
" . . . . .	+ 3.3	+ 26.0			
Brasilien . . . . .	— 7.3	+ 36.1			
" . . . . .	— 5.4	+ 37.5			

würde, so ergäbe sich von der Erde aus ein zusätzlicher Vorwärtsschnitt, der natürlich das Resultat ganz wesentlich verbessern würde.

2. Eine Verbindung Afrika-Südamerika. Wenn man einige 100 km für die Basisanschlüsse zugibt, so beträgt bei 1. die Maximalentfernung 1900 km (Zielweite 950 km), bei 2. 3230 km. Dabei scheint zunächst nur der Fall 1 realisierbar, weil im Fall 2 die Pilotballone 140 km hoch steigen müßten, was zurzeit nicht erreichbar ist.

Die geographischen Koordinaten der Netzkpunkte wären dann (auf einem Globus abgemessen) die vorstehenden S. 145.

**Berechnungsverfahren.** Dieses macht keine prinzipiellen Schwierigkeiten. Es handelt sich um eine wiederholte Anwendung der räumlichen Delambreschen Aufgabe\*) in der Version der Winkelmessung in vier Standpunkten. Die Reduktion auf zwei Standpunkte stellt dann nichts anderes dar, als eine dem Geodäten geläufige Zentrierungsrechnung (Fig. 3 und 4). Die Berechnung des mittleren Punktfehlers ergibt sich aus:

$$m^2 = \frac{\sin^2 \beta}{\sin^2 (\beta + \gamma)} m^2 a + a^2 \frac{\sin^2 \gamma}{\sin^4 (\beta + \gamma)} m^2 \beta + a^2 \frac{\sin^2 \beta}{\sin^4 (\beta + \gamma)} m^2 \gamma.$$

**Ziel.** Das behandelte Problem wird für die nächste Zukunft als eine der wichtigsten Aufgaben der wissenschaftlichen Geodäsie bezeichnet werden müssen. Denn seine Lösung würde gestatten, die beiden großen Hauptkomplexe geodätischer und geophysikalischer Messungen zu verbinden. Von seiner Lösung wäre ein wesentlicher Fortschritt für alle den Erdkörper behandelnden Wissensgebiete: Geodäsie, Geophysik, Astronomie, Geologie, Meteorologie, Geographie zu erwarten.

Die Inangriffnahme dieser Aufgabe würde insbesondere der geodätischen Wissenschaft neuen Auftrieb geben. Ich halte die Lösung der Aufgabe in naher Zukunft für möglich, da die technischen Voraussetzungen größtenteils erfüllt und die Kosten erschwinglich sind.

---

\*) Delambre: Méthodes analytiques pour la détermination d'un arc du méridien Paris 1799. S. 149, 152.

---