

Paper-ID: VGI_193406



Probleme der Geodäsie

J. Koppmair ¹

¹ *Graz*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **32** (3), S. 45–55

1934

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Koppmair_VGI_193406,  
Title = {Probleme der Geod{"a}sie},  
Author = {Koppmair, J.},  
Journal = {"Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen"},  
Pages = {45--55},  
Number = {3},  
Year = {1934},  
Volume = {32}  
}
```



ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

ORGAN

des

ÖSTERREICHISCHEN VEREINS FÜR VERMESSUNGSWESEN.

Redaktion:

Hofrat Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. E. Doležal und o. ö. Professor Ing. Dr. H. Rohrer.

Nr. 3.

Baden bei Wien, im Juli 1934.

XXXII. Jahrg.

Probleme der Geodäsie.*)

Von Prof. Dr. Ing. K o p p m a i r, Graz.

Die Technik begegnet heute verschiedentlich der Behauptung, daß sie die Menschen abstumpfe, der Natur entfremde, den einzelnen Menschen zum Maschinenteil herabwürdigte, und diese Behauptungen werden zum Teil auch unter Beweis gestellt. Wenn man diese Behauptungen objektiv beurteilen will, so erscheint es nützlich, zwei Klassen von Problemen zu unterscheiden:

1. Die vollkommene Mechanisierung von Arbeitsvorgängen, die möglichst weitgehende Ausschaltung des Menschen, meist kurz als Amerikanisierung bezeichnet. Für diese Klasse von technischen Problemen hat es den Anschein, als ob verschiedene Erscheinungen unserer Zeit diese Behauptungen bestätigen würden, etwa dann, wenn die Entwicklung weiterschreitet, als selbst die gesunde Wirtschaft verlangt.

2. Probleme, deren Lösung dem Menschen unwürdige Arbeit abnimmt, Lebensgefahr herabmindert, und solche Probleme, die rein der Forschung dienen, unsere Kenntnisse vom Naturgeschehen erweitern.

Diese Klasse von Problemen kann nicht unter die obige Beurteilung fallen, da sie sonst alle Naturwissenschaften treffen müßte.

In der Geodäsie ist nun die erste Art dieser Probleme, die Vervollkommnung und Mechanisierung der Instrumente, bereits hoch entwickelt, und zwar bis zu einem gesunden Verhältnis zwischen Anforderung und Leistung. Man kann wohl sagen, daß diese Entwicklung in den meisten Sparten der Geodäsie einen vorläufigen Abschluß gefunden hat, da die vorhandenen Instrumente, Geräte und Methoden den praktischen Bedürfnissen vollkommen entsprechen. Man kann sogar behaupten, daß eine weitere Entwicklung selbst in der Steigerung der Genauigkeit vorerst zwecklos wäre, bevor nicht Probleme der Geodäsie gelöst sind, die der zweiten Klasse angehören, was kurz mit einigen Beispielen zu begründen ist:

*) Vortrag, gehalten auf der Tagung des Österreichischen Vereins für Vermessungswesen in Graz 1933.

Es hat keinen Zweck, die Dreieckswinkel noch genauer zu messen als bisher, solange nicht die Frage der Refraktion geklärt ist; es hat keinen Sinn, die Höhenwinkel noch genauer zu messen, wenn sie durch Schwerestörungen um ein Vielfaches der Messungsfehler entstellt werden.

Die Weiterentwicklung der Geodäsie weist zurzeit ganz besonders auf den Weg der Forschung hin, es sind Probleme zu lösen, die der Entwicklung hindernd im Wege stehen. Derartige Probleme sind:

I. Die Refraktion, insbesondere die Seitenrefraktion.

Das ist eine Funktion, der schwer beizukommen ist, da sie von sehr vielen Variablen abhängt, die wiederum sehr starken Schwankungen unterworfen sind. (Druckgefälle, Temperaturgefälle, Oberflächengestalt usw.) Man kann auch voraussehen, daß diese Frage vorerst rein theoretisch nicht weiter zu lösen sein wird, als bisher schon geschehen. Dieses Problem der Refraktion umfaßt nun eine Fülle von weiteren Fragen insofern, als ihre Lösungen mit der ersten Hand in Hand gehen. Bruns hat eine Theorie aufgebaut für die Ermittlung der wahren Erdgestalt des Geoides; dieser Weg kann vorerst nicht beschrritten werden, weil die Refraktion zu ungenaue Resultate zur Folge hat.

In neuerer Zeit scheint ein Umweg mehr Aussicht auf die Lösung der Refraktionsfrage zu bieten. Wenn es gelingt, die Dreiecke einer Landestriangulierung direkt aus Längenmessungen zusammenzusetzen, also ohne Winkelmessung, so könnte man die Winkel dieser Dreiecke ohne nennenswerten Einfluß der Refraktion errechnen und ein Vergleich mit den nachträglich gemessenen Winkeln würde Schlüsse auf die Refraktion zulassen.

Im Zusammenhang mit anderen Aufgaben der Geodäsie (Basismessungen) ist also danach zu streben, daß scharfe Längenmessungen auf sehr große Entfernungen ausgeführt werden können.

Dem Prinzip nach beruht die Lösung dieser Aufgabe auf der Ausnützung der Interferenz der Lichtwellen; dabei wird die Interferenz durch Fraunhofer'sche Beugungsvorgänge hergestellt.

Von der punktförmigen Lichtquelle L_1 kommt kohärentes Licht (d. h. es muß in demselben Zeitmoment von derselben Lichtquelle ausgestoßen sein, da die Lichtmengen nur stoßweise ausgesendet werden), welches durch das Objektiv O_1 in parallelen Strahlengang gebracht wird, der nun auf den Schirm Sch_1 fällt ($Sch_1 \perp L_1 O_1$). In Sch_1 befindet sich ein Spalt ab , an dem die Wellen gebrochen, gebeugt werden, und zwar so, daß der Strahlengang nach der Beugung wieder parallel ist. (Der Beugungsvorgang kann auf Grund des Huygens'schen Prinzipes klar gemacht werden¹⁾): die geradlinige Fortpflanzung einer Welle ist an die Bedingung geknüpft, daß sich die von einem Punkte

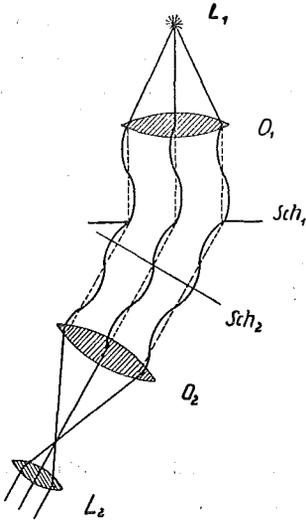


Abb. 1.

¹⁾ Physik von W. H. Westphal, 2. Aufl. S. 142.

in der Welle ausgehenden Elementarwellen (Kugelgestalt) in allen Richtungen, außer derjenigen, welche die Verlängerung des ankommenden Strahles bildet, durch Interferenz auslöschen; wird nun der Schirm Sch_1 mit dem Spalt ab in den Lichtweg gebracht, so kann durch dieses Hindernis die Auslöschung nicht vollständig sein, was eine Störung der geradlinigen Fortpflanzung zur Folge haben wird.) (Abb. 1.)

Bringt man nun senkrecht zu der neuen Strahlrichtung einen Schirm Sch_2 an, so stoßen die einzelnen Lichtwellen in verschiedenen Phasen darauf, weil die Weglängen verschieden sind. Wegdifferenzen = δ . Das hat zur Folge, daß sich die Wellen gegenseitig verstärken, schwächen oder ganz aufheben.

$$\left. \begin{array}{l} \text{maximale Verstärkung bei } \delta = z \cdot \lambda \\ \text{maximale Schwächung bei } \delta = \left(z + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda \end{array} \right\} \begin{array}{l} z = \text{positive ganze Zahl,} \\ \lambda = \text{Wellenlänge.} \end{array}$$

Werden nun die Strahlen durch ein Objektiv O_2 wieder konvergent gemacht, so sieht man in L_2 die Beugungserscheinungen in Form von hellen und dunklen Streifen.

Dieses Prinzip wird auf folgende Weise für die Entfernungsmessung dienstbar gemacht:

Da der Strahlengang nach dem Durchgang durch O_1 (Abb. 2) parallel ist, kann es ganz gleichgültig sein, an welcher Stelle das Objektiv O_2 angebracht wird, man kann den Strahlengang auch beliebig ablenken, etwa durch Spiegel, wenn er nur parallel bleibt und keine Phasenänderung eintritt, die Wege der Lichtstrahlen also gleichlang bleiben.

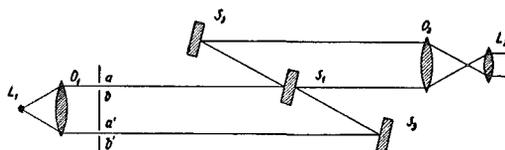


Abb. 2.

Der Abstand der Spiegel S_1 u. S_2 stellt nun gewissermaßen den Meterstab dar, mit dem die zu bestimmende Strecke S_1S_3 ausgemessen werden soll. Diese Messung geschieht wie jede Messung durch Vergleichung. Zu diesem Zweck wird durch eine zweite Blende $a'b'$ ein zweites Strahlenbündel abgesondert, das in L_2 genau dieselben Beugungserscheinungen hervorrufen muß, wenn nur sein Weg genau so lang ist wie der des ersten Bündels; es muß also sein $S_1S_2 = S_1S_3$. (Abb. 2.)

Die Länge der Grundstrecke S_1S_2 muß nun sehr genau bekannt sein, etwa durch Messung mit Endmaßen, dann ist auch S_1S_3 hiemit bekannt. Das wäre lediglich eine Längenübertragung von 1:1.

Wird nun die Anordnung so getroffen, daß das durch ab gehende Bündel mehrmals (n -mal) zwischen S_1 und S_2 hin und her geht, so kann die zu messende Strecke S_1S_3 bereits $n \cdot (S_1S_2)$ sein, weil dann die Lichtwege wieder genau gleich lang sind,

Die Genauigkeit dieser Entfernungsmessung hängt also zunächst davon ab, wie genau die Grundstrecke ($= S_1 S_2 =$ unser Maßstab) gemessen werden kann. Der Ausdehnung dieses Verfahrens auf sehr lange Strecken steht sodann die Tatsache entgegen, daß die Weglängen optisch gleich lang sein müssen; würde also das Bündel von ab her durch ein dichteres oder dünneres Medium laufen als das Bündel von $a'b'$, so wären keine Interferenzen zu erwarten oder zumindest nicht die gewünschten, wenn auch die Abstände der Spiegel geometrisch genau stimmen. Die Einflüsse verschiedener Luftdichten würden also die Messungen verfälschen.

Es ist daher von vornherein nicht abzusehen, ob die auf diesem Wege erreichbare Genauigkeit ausreichen wird, die eingangs erwähnten Aufgaben sowie die der Refraktion zu lösen, da ja hier dieselbe Ursache nur in anderer Weise als bei der Refraktion wirksam wird, nämlich verschiedene Luftdichten.

Dabei ist jedoch günstig, daß es hier lediglich auf die Differenz der Luftverhältnisse in den Wegen der beiden Bündel ankommt und die Länge nicht in derselben Größenordnung gefälscht wird, wie die Richtung. Vaisälä berichtet¹⁾ 1924, daß er bis zu Entfernungen von 160 m gelangt ist und er hofft unter günstigen äußeren Bedingungen bis zu einer Genauigkeit von der Größenordnung 10^{-7} zu kommen.

Das Bundesvermessungsamt in Wien²⁾ befaßt sich ebenfalls mit dieser neuen Meßmethode und es wurde eine neue Anordnung vorgeschlagen, die der oben theoretisch angeführten gegenüber den Vorteil des achsialen symmetrischen Strahlenganges hat.

Die Amerikaner sollen bereits 30 km auf 0.5 m genau gemessen haben, also mit einer Genauigkeit von 10^{-5} .

II. Bewegung von Erdschollen, Wanderung von Kontinenten.

Für die Geodäsie, Geophysik, Geologie und die verwandten Disziplinen ist es von großer Bedeutung, Näheres über die Bewegung von Erdschollen, über die Wanderung von Kontinenten zu erfahren. Bisher war man in diesen Fragen auf große Zeitintervalle (halbe Jahrhunderte) angewiesen, weil die notwendigen Messungen große Kosten verursachen und infolgedessen meist nur wiederholt werden, wenn zwingende praktische Gründe die Wiederholungsmessungen notwendig machen. An sich ist nun ein langes Zeitintervall für diese Beobachtungen sehr günstig, wenn man annehmen kann, daß diese Bewegungen infolge der Zähigkeit des Magmas stetig und normaler Weise wohl auch proportional zur Zeit vor sich gehen. Es zeigt sich aber der Nachteil, daß die älteren Vergleichsmessungen häufig in einer Zeit stattfanden, in der die Messungen noch nicht so genau ausgeführt werden konnten und vor allem ein einwandfreies Urteil über ihre Genauigkeit fehlt.

¹⁾ Vaisälä, Die Anwendung der Lichtinterferenz zu Längenmessungen auf größere Distanzen, Z. f. I. 1924, S. 320.

²⁾ Stulla-Götz, Eine axiale Anordnung zur Längenmessung mit Lichtinterferenzen, Z. f. I. 1932, S. 521.

Nachdem nun heute die Genauigkeit der Messungen soweit gesteigert ist, könnten die Zeitintervalle zwischen den Beobachtungen herabgesetzt werden, so daß häufiger Nachbeobachtungen stattfinden. Hier liegt die Aufgabe sogar mit in einem Problem, das wir zur 1. Klasse zählen müssen, denn es ist eine weitere Rationalisierung der Vermessungsmethoden und Instrumente notwendig, um Geldmittel und Kräfte für die Wiederholungsmessungen freizubekommen.

Darüber hinaus sind Methoden zu finden, welche die Verbindung von Kontinenten über die trennenden Meere hinweg gestatten, wobei wohl die Flugzeuge, bzw. die Luftphotogrammetrie helfend eingreifen kann.

Bisher war es nur in wenigen Fällen möglich, die durch Nachmessungen aufgedeckten Differenzen als Verschiebungen nach Richtung und Größe zu deuten. Geologisch lassen sich dieselben je nach den Thesen verschieden deuten, aber Verschiebungen sind vorhanden, z. B.:

Westwanderung der südbayrischen Dreieckskette, Verschiebungen bis zu Meterbeträgen¹⁾.

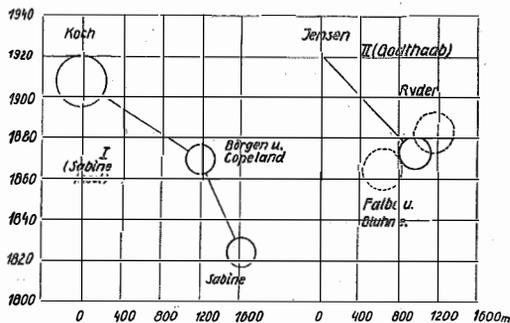


Abb. 3.

Wanderung der Kontinente²⁾; Vergrößerung des Abstandes zwischen Nordostgrönland und Europa um 9 bis 36 m pro Jahr.

In Abb. 3²⁾ sind diese Verschiebungen mit den sie ermittelnden Messungen dargestellt, wobei die Kreise die Fehler der Messungen verkörpern. Interessant ist, daß die Kraft, welche diese Wanderung bewirkt, noch nicht genügend erkannt ist, zurzeit wird die sog. Polflucht zur Erklärung herangezogen.

Es sind ferner bekannt geworden Breitenabnahmen in Paris, Mailand, Rom, Neapel, Königsberg, Greenwich, Pulkova um Beträge von über 1".

Es liegen Änderungen der Längendifferenz zwischen Europa und Nordamerika vor, Amerika wandert um etwa 1 m pro Jahr nach Westen.

Durch umfassende Nachmessungen astronomischer Ortsbestimmungen ist man daran, die Verschiebungstheorie Wegeners weiterhin genauer nachzuprüfen.

¹⁾ M. Schmidt, Westwanderung von Hauptdreieckspunkten infolge neuzeitlicher tektonischer Bewegungen im bayerischen Alpenvorland. Sitzungsber. d. B. A. d. W., mathem.-phys. Klasse, Sonderabdruck aus Jahrgang 1920.

²⁾ A. Wegener, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, Abb. 3 entnommen aus der 4. Aufl. S. 28.

III. Bestimmung der Gestalt und Zusammensetzung der Erde.

Wenn sich diese Probleme bereits mit Veränderungen am Erdkörper befassen, so bleibt als wichtigstes noch die Bestimmung der wahren Erdgestalt bestehen.

Zu einer Anschauung über die mathematische Erdfigur führt die Theorie der Gleichgewichtsfiguren rotierender, homogener Flüssigkeitsmassen (bzw. inhomogener Massen, von Clairaut), wie sie erstmals von Newton untersucht wurde. Als mögliche Gleichgewichtsfigur ergibt sich ein abgeplattetes Rotationsellipsoid oder auch ein dreiachsiges Ellipsoid (Jacobi), das aber praktisch wenig vom ersten abweicht (ca. 100 *m* im Maximum).

Der praktischen Ausführung dieser Aufgabe stehen prinzipiell zwei Wege offen, die jedoch beide gleich schwierig und nicht weniger kompliziert als die theoretische Lösung dieses Problems sind:

1. die Gradmessungen, die auf geometrischem, trigonometrischem Wege die Abplattung sowie die Achsenlängen des Geoides ermitteln. (Bessel, Clarke.)

Die Landestriangulierungen sind ebenfalls imstande, Aufschlüsse über die Erdform zu geben, aber nur innerhalb des vermessenen Gebietes, und selbst dabei begnügt man sich aus Zweckmäßigkeitsgründen für die praktische Berechnung mit der Ermittlung von Näherungsflächen, von sogenannten Referenzellipsoiden, die sich der wahren Erdgestalt in diesem Gebiete möglichst gut anpassen.

Ein Zusammenschluß aller Landestriangulierungen stößt insofern wieder auf Schwierigkeiten, als die Bezugspunkte verschiedenen Niveauflächen angehören und diese untereinander schwer in Zusammenhang gebracht werden können, abgesehen von den verschiedenen Konstanten in jeder Messung.

2. Der zweite Weg führt über die Schweremessungen. Wäre die Erde in bezug auf Dichte und Massenordnung homogen, so wäre ihre Gestalt definiert als Niveausphäroid, als regelmäßige Fläche gleichen Potentials und man könnte diese Fläche auf Grund des Clairaut'schen Theorems aus Schweremessungen ermitteln.

Da aber offensichtlich Massenunregelmäßigkeiten vorhanden sind, ist die wahre Erdgestalt auch kein Niveausphäroid, sondern eine unregelmäßige Fläche gleichen Potentials, die mehr oder minder vom Niveausphäroid abweicht, durch keine mathematische Formel zusammenhängend definiert werden kann und letzten Endes ähnlich wie eine Geländeform durch Tachymetrie in der Niederen Geodäsie Punkt für Punkt etwa durch Schweremessungen aufgenommen werden muß, Geoid genannt.

Natürlich können diese beiden Wege bei der praktischen Ermittlung der Erdgestalt nicht vollkommen getrennt beschritten werden, da ja die gegenseitige Lage der Schwerestationen bekannt sein muß.

Während diese Probleme, die sich mit der Ermittlung des ganzen Geoides befassen, mehr theoretischen Wert besitzen, tritt die Aufgabe, kleinere Teile des Geoides zu ermitteln, in den Vordergrund des praktischen Interesses. Es handelt sich hiebei besonders um die Aufgabe, durch Schwerkraftmessungen

Massenstörungen aufzudecken und diese Messungen der Auffindung bestimmter Substanzen in der Erdrinde dienstbar zu machen, was von direkter, praktischer Bedeutung für die Geologie, für die Bergwerke und für die Volkswirtschaft ist (Erdölgeologie usw.) — Anregungen, die alle auf die grundlegenden Untersuchungen von Helmert „Die Schwerkraft im Hochgebirge“ zurückzuführen sind.

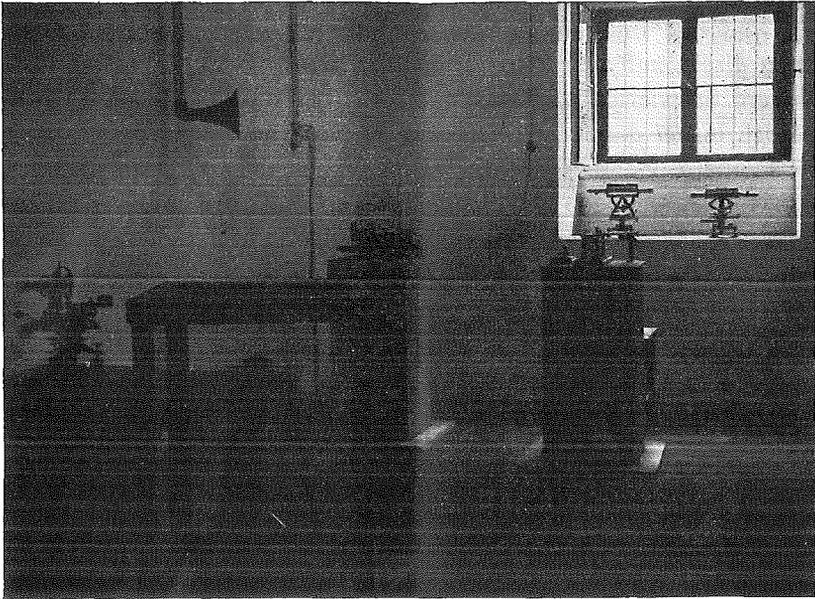


Abb. 4.

Eine Fülle von Problemen für sich stellen nun die Instrumente und Methoden dar, die für diesen Zweck entworfen wurden und noch der Lösung harren.

Am ältesten sind die statischen Methoden, die das vorhandene Kraftfeld des Erdkörpers ausnützen:

a) Pendelmessungen.

Dabei handelt es sich praktisch immer um relative Schweremessungen. (Die absolute Schweremessung wird mit sog. Reversionspendeln ausgeführt, eine ganz besonders schwierige Aufgabe, deren Ausführung an ein und demselben Punkt Monate dauert.) Die an sich einfachste Art für relative Schweremessungen wird mit Sterneck'schen Pendeln ausgeführt. Eine Vorrichtung dieser Art kann ich anschließend an diesen Vortrag in der vor kurzem neu errichteten Pendelstation der Lehrkanzel zeigen (s. Abb. 4); (das Pendel hierfür wurde uns in dankenswertester Weise vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen zur Verfügung gestellt.) Dabei wird die Intensität der Schwerkraft durch die Schwingungsdauer eines Pendels gemessen. Diese Messungen gehören mit zu den schwierigsten überhaupt, da neben vielen Fehlerquellen höchste Genauigkeit zu fordern ist, um brauchbare Ergebnisse zu erlangen.

Eine Hauptschwierigkeit stellen dabei die Eigenschwingungen der Pfeiler und der Pendelstative dar. Dem begegnet man heute durch Verwendung von Zwei-, Drei- und Vier-Pendelapparaten. Weitere Schwierigkeiten bestehen in der Ermittlung der genauen Zeit; zu diesem Zweck war es notwendig, genaue Pendeluhrn auf die Feldstationen mitzunehmen. Dem wird heute durch drahtlose Zeitübertragung wirksam abgeholfen, so wie das Bundesvermessungsamt in Wien vorbildlich einen Kurzwellensender in Betrieb gesetzt hat; die Feldstationen sind mit Empfangsanlagen ausgerüstet, so daß die Aufnahme der Zeitzeichen direkt auf dem Felde ermöglicht wird.

Weitere Schwierigkeiten bieten die Schweremessungen auf dem Meere. Man hat sich bisher damit geholfen, daß in Unterseebooten sogenannte hypothetische Pendel verwendet werden, deren Schwingungszeiten unabhängig von den Horizontalbewegungen des Pendelstatives sind. Auf diese Weise wurden Schweremessungen auf sämtlichen Ozeanen durchgeführt.

Seit längerem geht man auch darauf aus, die Veränderung der Schwerkraft an ein und demselben Orte zu messen; diese Veränderungen sind hervorgerufen durch die Anziehungskräfte, die von Sonne und Mond ausgehen und in Ebbe und Flut augenscheinlich werden. Mit diesen Messungen werden rein wissenschaftliche Zwecke verfolgt (Frage nach der Deformation des Erdkörpers).

b) Drehwaage.

Während diese Methode (Pendelmessungen) neben einem Schwerenetz uns auch Aufschlüsse über kleinere oder größere Geoidstücke (Geoid im Kessel von Laibach, im Harz, im Rieß) sowie über den Aufbau der Erdrinde vermittelt, so konnte sie doch noch wenig für die Anforderungen der praktischen Geologie erreichen; das blieb der Eötvös'schen Drehwaage vorbehalten, die eine Verfeinerung der Meßvorrichtungen bedeutet. Sie gestattet die Messung der Schweregradienten mit Hilfe der Torsion eines Fadens (Platindraht), an dem ein Waagebalken aufgehängt ist. In Abb. 5 ist ein Schnitt durch eine Drehwaage dargestellt¹⁾. Äußere Einflüsse wie Temperatur, verschiedener Luftdruck, Wind machen die Messungen gleichfalls schwierig und kostspielig. Es hat sich dieses Verfahren zu einem eigenen Zweig in Theorie und Instrumentenbau entwickelt, der bereits eine weitgehende Mechanisierung aufweist (photographische, automatische Registrierung).

Beide Methoden (Pendel und Waage) haben den Nachteil, daß sie sehr kompliziert und kostspielig sind (Pfeilerbauten, Sende- und Empfangsanlagen, Beobachtungshütten, Zelte, tagelanges Beobachten auf einer Station); deshalb herrscht das Bestreben, diese Apparate, die als dynamische Schweremesser zu bezeichnen sind, durch statische Schweremesser zu ersetzen, aber alle diesbezüglichen Versuche sind bis heute mehr oder minder ergebnislos verlaufen.

c) Die erdmagnetische Methode.

Der Vollständigkeit halber ist auch noch die erdmagnetische Methode zu erwähnen, die jüngste in dieser Reihe.

¹⁾ Große Askania-Drehwaage.

Sie hat zunächst den Zweck, das magnetische Kraftfeld der Erde zu ermitteln. Das Interesse für diesen Forschungszeit wurde besonders von Gauß und Weber wachgerufen, sie haben bereits 1833 in Göttingen ein vollständiges magnetisches Observatorium eingerichtet. In der Zwischenzeit wurde nun ein ganzes Netz von magnetischen Stationen ausgebaut, das neben dem Zwecke der Forschung den rein praktischen Interessen der Topographie, der Schifffahrt, der Luftschifffahrt usw. dient. Selbst auf der Arktisfahrt des „Graf Zeppelin“ 1931 konnten mit Hilfe eines eigens gebauten Doppelkompasses

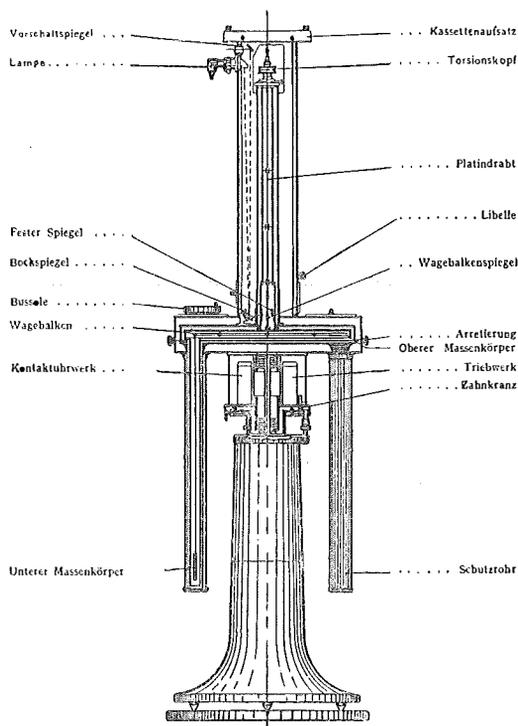


Abb. 5.

umfangreiche Beobachtungen ausgeführt werden und gerade in den Polar-gebieten sind diese Messungen von großer Bedeutung. Demnach ist allenthalben zu Wasser und zu Lande (und in der Luft) die magnetische Erdvermessung im Gange.

Auch diese Methode gibt uns ein Mittel in die Hand, auf Grund der magnetischen Intensität des Kraftfeldes Schlüsse auf die Zusammensetzung der Erdrinde zu ziehen, insbesondere die Anomalien, die dadurch hervorgerufen werden, daß die Gesteine verschiedene Magnetisierbarkeit besitzen geben Einblick.

Diese Methode wäre den vorigen insofern überlegen, als die Magnetisierbarkeit der Gesteine größere Spannungen aufweist als das spezifische Gewicht, welches bei den oben angeführten Methoden ausschlaggebend ist, wenn nicht wiederum der permanente Magnetismus der Gesteine dem entgegenwirken würde.

Ergänzend, in bestimmten Fällen ebenso erfolgreich treten hiezu noch die *d y n a m i s c h e n M e t h o d e n*:

d) Die elektrische Methode.

Dabei wird der Erdrinde ein künstliches Kraftfeld aufgezwungen; mit Hilfe eines Generators wird ein Wechselstrom (durch Erdspeße) in die Erde geschickt. Infolge der verschiedenen Leitfähigkeit der Bestandteile der Erdrinde wird dann an jeder Stelle des abzusuchenden Gebietes eine andere Stärke des elektrischen Kraftfeldes gemessen, was mit Induktionsrahmen, Verstärker und Kopfhörer festgestellt werden kann. Die Richtung des Gradienten des Feldes wird durch einen Kompaß ermittelt, der an dem Empfangsrahmen angebracht ist.

e) Die seismische Methode.

Angewendet auf die ganze Erde, bildet sie als Erdbebenforschung ein wichtiges Ergänzungsmittel für die Schweremessungen; dabei wird die normale Elastizität der Erdrinde ausgenützt. Für lokale Zwecke werden künstliche Erschütterungen erzeugt (durch Sprengungen) und die dabei auftretenden Anomalien in der Elastizität der Erdrinde gemessen.

f) Radioaktive Messungen.

Durch den Zerfall von radioaktiven Substanzen (Radium, Thor) entsteht eine differenzierte Ionisierung, d. h. eine verschiedene elektrische Aufladung der Luft, die in eigenen Kammern gemessen wird.

Welche dieser genannten Methoden in bestimmten Fällen zur Anwendung kommen soll, hängt von dem Zwecke der Messung sowie von den Eigenschaften, der Ausdehnung und Lagerung der zu ermittelnden Substanzen ab.

Während diese Probleme Randgebiete der Geodäsie betreffen und sich auf weitere Hauptzweige der Naturwissenschaften erstrecken, ist noch ein rein geodätisches Problem zu nennen.

IV. Die Ausführung von Vermessungen größeren Umfanges.

Sobald die Dreiecksnetze erheblichen Umfang annehmen, wächst die Fehlerfortpflanzung rein auf Grund der fehlerhaften Dreieckswinkel derartig an, daß diese Fortpflanzung unterbunden werden muß. Das geschieht heute durch astronomische Messungen. Während aber die Breite und mit Hilfe der radiotelegraphischen Übertragung auch die geographische Länge verhältnismäßig schon sehr genau festgestellt werden können, ist die Azimutbestimmung, auf die es gerade hier ankommt, noch immer ungenauer und schwerfällig, weil sie Pfeilerbauten notwendig macht. So war es bisher nur möglich bei ganz großen Dreiecksnetzen, wie sie etwa in Amerika und Rußland vorkommen, die Fehlerfortpflanzung durch astronomische Azimutmessungen zu unterbinden. Für Netze, wie sie in unseren Ländern vorkommen, können sie noch nicht zur Erhöhung der Genauigkeit beitragen. Untersuchungen in dieser Richtung wären daher wohl noch am Platze.

Wenn nun die astronomischen Orts- und Zeitbestimmungen, wie erwähnt, schon sehr genau ausgeführt werden können, so sind die Messungen doch umständlich und zeitraubend und es existiert noch keine Methode, die voraussetzungslos in kurzer Zeit die geographischen Positionen (samt Azimut) zu liefern imstande wäre. Man geht deshalb darauf aus, z. B. bei Forschungsreisen, wo es auf rasches Arbeiten und nicht so sehr auf hohe Genauigkeit ankommt, die Positionen einfacher zu ermitteln. Am geeignetsten scheint dafür die Photogrammetrie zu sein. Abschließende Versuche in dieser Richtung liegen noch nicht vor, aber es ist zu erwarten, daß die Photogrammetrie auch hierfür brauchbar sein wird.

In diesem Zusammenhang sind auch die Probleme der Luftphotogrammetrie noch zu erwähnen. Einmal weil sie geeignet wäre, die Vermessungen (bei bestimmter Genauigkeit) in manchen Fällen (im Kriege und bei unerforschten Gebieten) überhaupt erst zu ermöglichen, zu vereinfachen, zu verbilligen und schließlich zu beschleunigen, was besonders bei Forschungsreisen und für die Landestopographie eine große Rolle spielt; denn schließlich hat ja jedes Land ein Interesse, die topographischen Karten möglichst bald vollständig bereit zu haben, während es mit den heutigen Vermessungsmethoden Jahrzehnte dauert, bis ein Land vollständig kartographisch erfaßt ist.

Die hier einschlägigen Probleme (Lösung der Grundaufgabe der Photogrammetrie, Aerotriangulierung, Auswertegeräte) will ich hier nicht näher ausführen, da ich auf frühere Vorträge und Veröffentlichungen verweisen kann ¹⁾.

Wenn man nun die gewiß nicht spärlich gesäten Probleme der Geodäsie, die hier nicht lückenlos aufgezählt sind, überblickt, so kann man wohl sagen, daß sich die Lösung dieser Probleme nicht zum Nachteil der Menschheit auswirken kann und an den Problemen eines Arbeits- und Forschungsgebietes muß man schließlich auch den Wert desselben beurteilen können.

Ich bin überzeugt, daß auch die übrigen Gebiete von Technik und Naturwissenschaft, in deren Kreis die Geodäsie nur ein kleines Glied bildet, sich den eingangs erwähnten Behauptungen gegenüber rechtfertigen können. Wenn trotzdem Schäden durch die Technik entstehen, so liegt es immer daran, daß die Mittel, welche die Technik den Menschen an die Hand gibt, mißbraucht werden.

¹⁾ Koppmair, Neue Möglichkeiten der Luftphotogrammetrie, Z. f. V. 1931, S. 744. — Koppmair, Auswertegerät für beliebige Aufnahmen (Universal-Stereograph), Bildmessung u. Luftbildw. 1932, S. 123.