

Paper-ID: VGI\_193013



## Der heutige Stand der Geodäsie

J. Koppmair<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Technische Hochschule in Graz*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **28** (5, 6), S. 87–93, 103–108

1930

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Koppmair_VGI_193013,  
Title = {Der heutige Stand der Geod{"a}sie},  
Author = {Koppmair, J.},  
Journal = {"Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen"},  
Pages = {87--93, 103--108},  
Number = {5, 6},  
Year = {1930},  
Volume = {28}  
}
```



# ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

ORGAN

des

ÖSTERREICHISCHEN VEREINS FÜR VERMESSUNGSWESEN.

Redaktion:

Hofrat Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. E. Doležal und Vermessungsrat Ing. H. Rohrer.

---

Nr. 5.                    Baden bei Wien, im Oktober 1930.                    XXVIII. Jahrg.

---

## Der heutige Stand der Geodäsie.

Antrittsvorlesung, gehalten von Prof. Dr. Ing. J. K o p p m a i r am 7. Mai 1930  
an der Technischen Hochschule in Graz.

Die Geodäsie verdankt ihre Entstehung einerseits rein praktischen Bedürfnissen, wie der Aufteilung von Kulturland, und findet sich in ihren Ursprüngen schon bei den ältesten Kulturvölkern (Assyrer, Ägypter, Griechen und Römer). Andererseits entspringt sie dem Bestreben nach Erforschung der Gestalt und den Dimensionen der Erde. Auch diese Anfänge liegen ebensoweit zurück.

In der Folgezeit ist ihre Entwicklung verknüpft mit der Sicherung, Teilung und dem Wechsel von Eigentum an Grund und Boden.

Weiterhin entspricht sie dem Bedürfnis nach Karten und Plänen für die Verwaltung der eigenen und der eroberten Gebiete sowie den Anforderungen der Kriegführung; sodann sind die Vermessungen allenthalben Zweck einer allgemeinen Besteuerung des Grundbesitzes und aus diesem Anlasse heraus entstehen zu Beginn des 19. Jahrhunderts allorts Landesvermessungen rein für Steuerzwecke.

Mit der Entwicklung von Wirtschaft und Technik und der damit verbundenen Steigerung des Bodenwertes gewannen diese Steuerpläne, Katasterpläne rasch derart an Wert, daß heute der Steuerzweck vollkommen in den Hintergrund getreten ist und die wirtschaftlichen und technischen Anforderungen im vordersten Interesse stehen.

Es ist nun ganz klar, daß diese älteren Katasterpläne infolge des Zweckes und der Art ihrer Entstehung (meist graphisch) den modernen Anforderungen zum Teil nicht mehr genügen konnten, weshalb vom Ende des 19. Jahrhunderts ab Erneuerungen der Landesvermessungen Platz greifen mit modernen Instrumenten, modernen Methoden.

Soweit die rein praktische Entwicklung.

In theoretischer, wissenschaftlicher Hinsicht geht die Entwicklung der Geodäsie in denkbar engstem Zusammenhange mit der Mathematik.

Es seien hier nur die markantesten Punkte genannt:

Die Erfindung der Infinitesimalrechnung und die Begründung der Mechanik am Ende des 17. Jahrhunderts durch Newton (1711) und Leibniz (1684) und ein Jahrhundert später, also am Ende des 18. Jahrhunderts, die Erfindung der Methode der kleinsten Quadrate von F. C. Gauß und Legendre.

Diese grundlegenden Arbeiten gestatteten nunmehr eine Steigerung der Genauigkeit durch mathematisch richtige Verwertung von überschüssigen Beobachtungen und brachten zugleich eine Sicherheit und Zuverlässigkeit in die Messungen, da man jetzt auch imstande war, Fehlergrenzen einzuführen, und somit jede Messung auf ihre Genauigkeit prüfen konnte. In der anderen Richtung ermöglichte es erst die Mechanik, mathematisch richtige Schlüsse auf die Form und Größe der Erde zu ziehen.

Das restliche Verdienst an dem heutigen Stande der Geodäsie kommt der Entwicklung der Technik im allgemeinen, im besonderen der Feinmechanik, der Optik und nicht zuletzt der Flugtechnik zu und heute ist die wechselseitige Beziehung zwischen Geodäsie und Technik derart, daß beide nehmend und gebend unzertrennlich mit einander verbunden sind, beide tief verankert in unserem feingegliederten Wirtschaftsleben.

Diese enge Verbundenheit ist am deutlichsten aus dem derzeitigen Stand der sogenannten niederen und angewandten Geodäsie ersichtlich.

Der moderne Wirtschaftsbetrieb und Verkehr braucht Pläne, Karten und sie sind in den verschiedensten Variationen, für verschiedene Sonderzwecke vorhanden oder werden je nach Bedarf hergestellt:

Topographische Karten zum Wandern, Bergsteigen, für Truppenbewegungen, Vorarbeiten für Projekte usw., wie z. B. die neue deutsche Reichskarte 1:50.000, die österreichische Karte 1:50.000, beide mit Höhenschichtlinien.

Für alle vorkommenden Sonderzwecke sind geschaffen:

Die im Entstehen begriffene Deutsche Wirtschaftskarte 1:5000, Kataster- und Grundbuchpläne zur Sicherung des Eigentums, Flurbereinigungs-(Kommassations-)pläne, Forsteinrichtungskarten, geologische Landeskarten, Karten für Gletscherforschung (die auf Grund von Gletscherbeobachtungen und Gletschervermessungen entstehen), Stadtpläne, Pläne für Industrieanlagen, alle in einer Vollkommenheit, die von einem hohen Stand der Aufnahme- und Reproduktionstechnik Zeugnis gibt; man kann sich kaum einen modernen, rentablen Wirtschafts- oder Verwaltungsbetrieb denken, dem nicht Karten und Pläne zur Grundlage dienen.

Bezüglich der Absteckungstechnik sind hier einige Absteckungen aus der jüngsten Zeit zu erwähnen:

In erster Linie die Absteckungen der Leitungstollen für die Trinkwasserversorgung der Stadt München: In einem über 20 km langen Stollen wird das im Gebiete des Taubenberges durch ausgedehnte Quellfassungsanlagen gesammelte Wasser der Stadt zugeführt.

Der Stollen, der vier Zugangsschächte von 5 m Innendurchmesser und einer durchschnittlichen Tiefe von 25 m (15–37 m) bekam, wurde in bergmännischer Stollenbauweise vorgetrieben in der kurzen Bauzeit von dreißig

Monaten. Der Leitungsquerschnitt (ein sog. Beton-Haubenprofil 1·8 auf 1·7 *m*) ist so bemessen, daß der Stollen begehbar ist.

Die hierzu notwendigen umfangreichen Triangulierungs- und Absteckungsarbeiten wurden von dem städtischen Vermessungsamte München \*) ausgeführt.

Die Durchschlagsdifferenzen bewegten sich ausnahmslos in den Grenzen von wenigen Zentimetern. Für die Hauptarbeiten wurde der kleine Wild'sche Prismentheodolit verwendet.

Zum Vergleiche seien kurz einige andere größeren Tunnel- und Wasserleitungsstollen angeführt:

Lötschbergtunnel 1906/13 . . . . .	14·60 <i>km</i>
Gotthardtunnel 1872/78 . . . . .	15·00 <i>km</i>
Simplontunnel 1898/1905 . . . . .	19·77 <i>km</i>
Catskill-Wasserleitung von New York 1923/29 .	29·19 <i>km</i>

Weiterhin wurde für die Elektrizitätsversorgung der Stadt München das bereits bestehende Leitzachwerk mit einem Bruttogefälle von 130 *m* dadurch verstärkt, daß die Wassermengen der beiden Flüsse Mangfall und Schlierach in einen Stausee, den Seehamersee, übergeleitet werden. Diese Überleitung, die eine Länge von 7·8 *km* hat, erfolgt teils in Stollen, teils in offenen Kanälen. Die Länge der beiden Stollenteile beträgt 2·5 und 3·3 *km*. Auch hier wurden Durchschlagsdifferenzen von wenigen Zentimetern gefunden. Diese Absteckungen wurden ebenfalls unter Benützung des kleinen Theodolits von Wild vom städtischen Messungsamte München durchgeführt.

Eine weitere interessante Arbeit dieser Art bot die Absteckung der neuen Zugspitzbahn. Die Trassierung wurde auf Grund von Höhenschichtenplänen vorgenommen, die nur auf dem Wege der terrestrischen Photogrammetrie zu erstellen waren. Diese Voraufnahmen sowie die Absteckung eines vollständigen Kehrtunnels wurde von der Photogrammetrie G. m. b. H. München ausgeführt, letztere ebenfalls mit dem kleinen Wild-Theodolit.

Eine kleine Probe konnte die Technik des Absteckens anläßlich des Baues der Echelsbacher Brücke ablegen, die hier noch angeführt sei, um zu zeigen, daß die Geodäsie auch dem Brückenbau dienstbar sein kann.

Es war die dortige 130 *m* breite und 70 *m* tiefe Schlucht mit einer Eisenbetonbrücke für den Verkehr nach Oberammergau zu überqueren.

Die Eisenkonstruktionsteile waren für 130 *m* Spannweite, die größte dieser Art in Deutschland, bestellt und somit mußten die 130 *m* sehr genau als Abstand der beiden Auflagerspunkte bestimmt werden, da ja beim Bau von beiden Seiten in die Luft vorgearbeitet wird; wegen der steilabfallenden Uferwände war die genaue Messung nur durch die Anlage einer kleinen Basislinie mit lokaler Triangulierung möglich.

Allgemein sei hier noch auf die Bedeutung der Photogrammetrie für ingenieurtechnische Bauten hingewiesen:

Sobald es sich um Trassierung in gegliedertem oder gebirgigem Gelände handelt, ist die terrestrische Photogrammetrie die beherrschende Methode, die

\*) Von den Obervermessungsräten Pressl und v. Kleemann.

der bisherigen Tachymetrie an Vollkommenheit und Genauigkeit weit überlegen ist, nachdem diese Methode gestattet, ein getreues Modell des Geländes in das Arbeitszimmer zu tragen und dieses Modell nunmehr kontinuierlich mit der wandernden Marke abzutasten.

Sie bietet auch noch den weiteren Vorteil, daß wichtige Einzelheiten, die in der Regel im Plane nicht dargestellt werden, von dem konstruierenden Ingenieur oder Architekten jederzeit am Stereoskop räumlich eingesehen werden können.

Man darf aber die terrestrische Photogrammetrie auch nicht als Universalmittel betrachten, denn sobald man es mit bewaldetem, schlecht einsichtigem Gelände zu tun hat, ist diese Methode nicht mehr am Platze, zum mindesten nicht mehr rationell.

Für viele Zwecke wird die Luftphotogrammetrie gute Dienste leisten; ich will hier nur den einen Fall der Entzerrungen herausgreifen, also Arbeiten in Betracht ziehen, bei denen es sich um Gelände mit mäßigen Höhenunterschieden handelt.

Es ist damit dem Ingenieur ein Mittel in die Hand gegeben, vorübergehende Zustände rasch kartographisch zu erfassen, z. B. bei den Vorarbeiten für Flußregulierungen, die Erfassung der Hochwassermenge, deren Ausdehnung, die Geschiebeführung der Flüsse; bei Industrieanlagen, die oft rasche Veränderungen durch Werkumstellung oder Vergrößerung erfahren; das läßt sich alles in kürzester Zeit vom Flugzeug aufnehmen und ebenso rasch nach einem vorliegenden, wenn auch veralteten Plane entzerren, was in Wirklichkeit nur ein Umphotographieren ist, wodurch die sog. Luftbildpläne entstehen, die ähnlich einer Photographie alle Einzelheiten des Geländes, und zwar maßstäblich genau enthalten.

Als neue Aufnahmemethode wäre hier auch die Polarkoordinatenmethode zu nennen. Sie ist nicht etwa neu, sondern bei Tachymeteraufnahmen und bei Meßtischaufnahmen schon immer in Anwendung gewesen, neu ist nur die Präzision, mit der sich diese Aufnahme durchführen läßt mit Hilfe des von dem Schweizer Boßhardt konstruierten und von der Firma Zeiß gebauten Instrumentes. Dieses ist mit einem optischen Distanzmesser ausgerüstet, der es gestattet, 100 m auf  $\pm 1-2$  cm genau zu messen und, was besonders bemerkenswert daran ist, man erhält nicht etwa die schiefe Distanz, sondern ohne Rechnung gleich die auf den Messungshorizont reduzierte Entfernung, was sehr sinnvoll durch zwei vor das Objekt geschaltete Glaskeile geschieht, die sich automatisch mit der Kippung des Fernrohres gegeneinander verdrehen.

Diese Vorzüge machen das Instrument geeignet zur Anwendung bei den genauesten Katasteraufnahmen. In der Schweiz wurde es vielfach mit den besten Erfahrungen an Genauigkeit und Kostenersparnissen verwendet. Auch in Österreich wird es nunmehr sehr ausgiebig angewendet. In Bayern sträubt man sich noch gegen die Anwendung wegen der Fortführungsschwierigkeiten, die besonders in Stadterweiterungsgebieten durch diese Methode entstehen können.

Seit dem großen Kriege gewann die Geodäsie auch im Heerwesen an Boden. Heute ist allgemein das sog. Koordinatenschießen eingeführt, zum Unterschiede von dem sog. Einschießen.

Vordem war es doch fast ausnahmslos so, daß die Artillerie durch mehr oder weniger Schüsse und Beobachtung des Einschlages sowie Fehlerschätzen ihr Ziel erst suchen mußte.

Heute werden die Geschützstände und ebenso die Ziele koordiniert, so daß aus den Koordinaten Richtung und Entfernung rechnerisch oder graphisch aus Karten ohne weiteres ermittelt werden kann, und der erste Schuß muß bereits sitzen.

Aus diesem Grunde und überhaupt für militärische sowie wissenschaftliche Zwecke wurde, wie später noch zu erwähnen sein wird, ein einheitliches Koordinatensystem geschaffen und die darauf beruhenden Koordinatenlinien in die Karten eingetragen, so daß diese mit Gittern überdeckt sind, die es gestatten, jederzeit leicht die Koordinaten irgend eines Punktes daraus abzulesen. (Gitterlinien.)

Nicht minder hat sich in den letzten Jahrzehnten die höhere Geodäsie entwickelt.

Es bedeutet wohl einen gewissen Abschluß dieser Entwicklung, wenn heute so ziemlich in allen Staaten die zurzeit bekannten Instrumente und Methoden für geeignet befunden werden zur Ausführung der so wichtigen und kostspieligen Neumessungen dieser Länder. Der innere Anlaß für diese Erneuerungsmessungen ist ja wohl der, daß die Landesvermessungen überall so rund 100 Jahre alt sind und den modernen technischen und wissenschaftlichen Anforderungen nicht mehr in allen Stücken entsprechen.

Der Unterschied, wie die bei einer Neumessung anfallenden Aufgaben nunmehr gegen früher gelöst werden, dürfte den derzeitigen Stand der höheren Geodäsie in dieser Richtung am besten beleuchten.

Zunächst sei hervorgehoben, daß heute im direkten Gegensatz zu den alten Messungen der Notwendigkeit einer dauernden, präzisen Versicherung der Dreieckspunkte die größte Sorgfalt zugemessen wird. Sind überhöhte Standpunkte zur freien Durchsicht notwendig, so werden die hölzernen Pyramidenbauten so lange wie möglich vermieden und häufig dadurch ein idealer Ausweg geschaffen, daß durch Errichtung von massiven Aussichtstürmen die Interessen von Verschönerungsvereinen und der Landstriangulation verbunden werden.

Bei der Messung der sog. Basislinie, die notwendig ist, um einen gewissen Maßstab in das trigonometrische Netz zu bringen, das heißt die Längen der Dreiecksseiten zu bestimmen, sind gegen früher zwei Unterschiede zu erwähnen:

Einmal werden heute viel kürzere Strecken direkt gemessen, während es früher viele, viele Kilometer waren (Basis bei München 21·6 km).

Die kurzen gemessenen Linien werden dann rhombisch auf die erste große Dreiecksseite vergrößert, durch Winkelmessung und Rechnung, wodurch, nach ihrem Erfinder benannt, sog. Schwerdt'sche Basisnetze entstehen, die größere Genauigkeit liefern und geringere Kosten verursachen.

Das früher allgemein auch bei den österreichischen Grundlinien, hier allerdings schon sehr verfeinert angewendete Verfahren der Kontaktmessung wurde durch die Keilmessung, noch später durch die optische Kontaktmessung ersetzt. Heute ist die Invardrahtmessung vorherrschend wegen ihrer praktischen und einfachen Handhabung und wegen des so kleinen Temperaturkoeffizienten (25mal kleiner als der des Stahles).

Gegen die Invardrahtmessung bestehen mancherorts noch Bedenken wegen ab und zu vorkommenden sprunghaften Längenänderungen dieser Drähte, was aber durch sorgfältige Abgleichung jederzeit unter Kontrolle gehalten werden kann.

Die Verwendung ist schon sehr ausgiebig erfolgt: in Rußland, Amerika und in Deutschland; in Bayern wurde 1920/21 eine neue Grundlinie für das Bayerische Landesdreiecksnetz mit Invardrähten gemessen von 6·3 km Länge mit einer inneren Genauigkeit von 3·4 mm, das heißt also,  $\frac{1}{2,000.000}$  das bedeutet, daß 2 km auf  $\pm 1$  mm genau sind (innere Genauigkeit). Eine weitere Steigerung der Genauigkeit dürfte praktisch nicht mehr viel Sinn haben wegen der Erdkrustenbewegung.

Bei den Triangulierungen im Hauptnetze ist die Richtungsbeobachtung (natürlich auch die Repetitionsmessung) zu Gunsten der Winkelmessung in allen Kombinationen nach dem Verfahren von General Schreiber vollkommen aufgegeben, da es kurze Sätze, Ersparnisse an Heliotropen und größere Genauigkeit mit sich bringt.

Die theoretisch und praktisch an Genauigkeit weit günstigeren Nachtbeobachtungen kommen nicht zur Anwendung.

An Instrumenten ist im Hauptnetze allenthalben der Schraubenmikroskoptheodolit in Verwendung.

Derartige moderne Neutriangulierungen sind zurzeit in Deutschland und in Österreich im Gange und im kommenden Sommer sollen an der Landesgrenze als Randpunkte beider Netze identische Punkte bestimmt werden, was deshalb so wertvoll ist, weil dann die beiden Netze so eng zusammenhängen, daß sie auch ineinander übergerechnet werden können und die Grundlage für zusammenhängende praktische und wissenschaftliche Arbeiten liefern.

Die größten und ausgedehntesten Arbeiten dieser Art werden zurzeit in Amerika ausgeführt, zum Teil sind sie schon abgeschlossen; es handelt sich um die nordamerikanische Küsten- und Landesvermessung, die sich über viele Tausende von Quadratmeilen erstreckt und sehr gründlich und beachtenswert durchgeführt wird. Sie hat hauptsächlich den Zweck, die Verbindung der atlantischen und pazifischen Küstenvermessungen herzustellen.

Mit diesen rein trigonometrischen Arbeiten laufen sehr wichtige Ergänzungsmessungen und Beobachtungen parallel:

Die Ausführung von Präzisionsnivelements, die in Amerika zum Teil auf Schienenwegen (Eisenbahn) mit sog. Draisinen ausgeführt werden, so daß eine Tagesleistung von 25 km und mehr erzielt wird (sonst meist 4–5 km).

Weitere Abteilungen sind beschäftigt mit der magnetischen Landesauf-

nahme, mit Erdbebenbeobachtungen, andere Abteilungen mit Beobachtung der Gezeiten und Strömungen, Abteilungen für Lotungen von Vermessungsschiffen aus (hauptsächlich das Echolot ist in Verwendung). Dabei wird der Standort des Schiffes durch Radiopeilungen ermittelt.

Anschließend an die Triangulierung und Polygonisierung werden topographische Aufnahmen größten Umfanges ausgeführt. (Schluß folgt.)

## **Das tschechoslowakische Katastralgesetz.**

Von Obervermessungsrat P r a x m e i e r, Wien.

(Schluß.)

Natürlich mußte von allem Anfange an daran gedacht werden, ebenso wie für die laufende Inkatastrierung der Kulturänderungen auch diese Art von Änderungen durch ein leichtflüssiges und vor allem kostensparendes Verfahren in erster Instanz behandeln zu können und der § 36 des tschechoslowakischen Katastralgesetzes stellt nunmehr eine ebenso naheliegende wie einfache Lösung der Frage dar, indem er diese Ertragsklassenänderungen den dauernden Kulturänderungen gleichstellt, das heißt, für sie dasselbe Erhebungs- und Durchführungsverfahren anordnet, wie es für die Feststellung der Kulturänderungen vorgesehen ist. Es wird unserer neuen Zeit mit ihrem Drange nach Vereinfachung und ihrem richtigen Gefühle für die Verantwortlichkeit administrativer Verwaltungstätigkeit wohl für immer unbegreiflich erscheinen, warum nicht schon das Revisionsgesetz des Jahres 1896 diese selbstverständliche Einführung getroffen hat und man kann eine Erklärung nur darin finden, daß die Wirkung einer solchen Vereinfachungsmaßnahme nicht richtig beurteilt worden ist oder die grundsätzliche Bedeutung unveränderter Einschätzungsergebnisse zweifellos überschätzt hat, zu welchem Unterlassungsfehler man noch die Inkonsequenz fügte, daß man die Einschätzung der geänderten Kulturgattungen dem laufenden Fortführungsdienst überantwortete und damit ohnehin schon in das festgeschlossene Gefüge einheitlichen Schätzungsvorganges Bresche schlug. Jedenfalls ist der § 36 ein neuerlicher Beweis für den neuen Geist des Katastralvermessungswesens in der tschechoslowakischen Republik, der sich von überkommenen Bedenken und Hemmungen freigemacht hat, zum Nutzen der grundbesitzenden Bevölkerung und nicht zuletzt auch des Staatshaushaltes. Der § 37 behandelt kurz die vom katastralen Vermessungswesen zu berücksichtigenden Änderungen eines Überschwemmungsgebietes, eines Baurechtes oder der sonstigen Gegenstände, worauf in den §§ 38 bis 41 eine sehr eingehende Darstellung der Ungenauigkeiten und Fehler folgt, wobei der § 38 ganz allgemein für die Beurteilung von Angaben des Katastraloperates als Fehler und Ungenauigkeiten ausdrücklich voraussetzt, daß sie weder zur Zeit der Anlegung, noch späterhin mit dem Stande in der Natur übereingestimmt haben, eine Erklärung, die wohl schon aus dem Begriffe „Fehler“ selbsttätig gefolgert werden müßte und daher mehr oder weniger nur erläuternden Wert besitzt.



# ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

ORGAN

des

ÖSTERREICHISCHEN VEREINS FÜR VERMESSUNGSWESEN.

Redaktion:

Hofrat Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. E. Doležal und Vermessungsrat Ing. H. Rohrer.

---

Nr. 6.            Baden bei Wien, im Dezember 1930.            XXVIII. Jahrg.

---

## Der heutige Stand der Geodäsie.

Antrittsvorlesung, gehalten von Prof. Dr. Ing. J. K o p p m a i r am 7. Mai 1930  
an der Technischen Hochschule in Graz.

(Schluß.)

Die Grundlage und wesentliche Ergänzung der Landstriangulierung bilden die *astronomischen Messungen*. Sie haben einesteils den Zweck, die geographische Lage des Koordinatennullpunktes auf der Erde zu ermitteln und das Netz richtig zu orientieren, andererseits dienen sie den ausgedehnten Dreiecksnetzen zur Versteifung, besonders die Azimutmessungen, die der Fehlerfortpflanzung eine Schranke setzen, was in Amerika eine große Rolle spielt und auch ausgiebig angewendet wurde. Hieran schließen sich die Schweremessungen und andere geophysikalische Beobachtungen.

An diese Arbeiten in der Natur reiht sich nun eine lange Reihe von *Berechnungsaufgaben*:

Die systematische, nach der Methode der kleinsten Quadrate vorzunehmende Ausgleichung der Netze und der Nivellementszüge.

Die Errechnung des wahrscheinlichsten Referenzellipsoides, das ist jener mathematischen Erdfigur, die sich der wahren Erdgestalt, dem Geoid, am engsten anpaßt.

Die Ermittlung der Lotabweichungssysteme und schließlich die Netzberechnung selbst.

Zur Berechnung der Lotabweichungen ist die Bestimmung von sog. Laplace'schen Punkten notwendig, das heißt von Punkten, die

1. im trigonometrischen Netz enthalten sind,
2. von denen die geographischen Koordinaten bestimmt sind und
3. in denen ein Azimut gemessen ist.

Dann lassen sich die geographischen Koordinaten einmal aus dem Netz berechnen und einmal sind sie direkt bestimmt; aus den daraus resultierenden Widersprüchen errechnen sich die Lotabweichungen. Hiemit lassen sich auch die Geoidabstände vom Referenzellipsoid berechnen. Die hierzu er-

forderlichen Messungen werden unter dem Namen astronomisches Nivellement zusammengefaßt (nach Helmert).

Eine grundlegende Neuschaffung verdient in diesem Rahmen besonders erwähnt zu werden. Das ist die Schaffung einer ganz Deutschland und Österreich umfassenden einheitlichen Projektion, des sog. Meridianstreifen-systems.

Das Erdellipsoid ist dabei mit drei Grad breiten, von Meridianen begrenzten Streifen überdeckt, welche konform in der Ebene abgebildet werden.

Da wir über eine alle diese Länder gleichmäßig umfassende Triangulierung nicht verfügten, so mußten die Einzelnetze der Länder erst gegenseitig in Einklang gebracht werden, was durch große systematische Netzangleichungen rechnerisch erfolgte. Zur einheitlichen Festlegung dienten die Grundlagen der preußischen Landesaufnahme. Dadurch ist die Voraussetzung für ein allumfassendes einheitliches Kartenwerk geschaffen. Durch die bereits erwähnte zusammenhängende Neutriangulierung werden diese Grundlagen den modernen Anforderungen entsprechend verbessert.

Zu den vornehmsten und wissenschaftlich interessantesten Aufgaben der höheren Geodäsie gehört wohl die *E r f o r s c h u n g d e r E r d g e s t a l t*.

In erster Linie wurde diese Aufgabe gelöst mit Hilfe von Gradmessungen (Breiten- und Längengradmessungen), d. h. es wurden Stücke eines Meridians oder Parallelkreises durch Triangulation gemessen und daraus die zu diesen Bögen gehörigen Krümmungshalbmesser gerechnet. Für unsere Verhältnisse sind die Erddimensionen von Bessel die wichtigsten, weil am häufigsten benützt, obwohl bessere, so die von Hayford, heute zur Verfügung stehen. Ausgeführt wurden solche Messungen überall, besonders wichtig sind die in Rußland, Deutschland, Frankreich, England, Indien und Amerika.

Von Interesse ist vielleicht, daß die einzelnen Bestimmungen der Achsenlängen um hunderte von Metern abweichen.

Eine weitere Bestimmungsmöglichkeit gibt uns die Potentialtheorie an die Hand: Es werden Schwerebestimmungen durchgeführt durch Pendelmessungen und die Abplattung berechnet auf Grund des sog. Theorems von Clairaut. Dabei ist aber eine Achse als bekannt vorauszusetzen.

Für kleinere Geoidstücke ist eine Bestimmungsmöglichkeit durch das astronomische Nivellement gegeben; dieses Verfahren wurde im Harz und neuerdings auch von Hofrat Prof. Dr. Schumann in Wien im Kessel von Laibach bereits praktisch angewendet.

Für denselben Zweck eignet sich die Drehwaage von Eötvös (auch mathematische Wünschelrute genannt, da sie auch gestattet, das Vorhandensein von Erzlagern und Wasseradern und deren Richtung zu ermitteln). Hiebei werden aus Schwingungen in verschiedenen Azimuten die Richtung der Hauptkrümmungen und die Unterschiede der Hauptkrümmungshalbmesser ermittelt, man mißt also direkt die Gradienten der Schwerkraft.

Auf Grund der Mechanik lassen sich auch wertvolle Schlüsse ziehen, wenn man die Erde als Gleichgewichtsfigur betrachtet.

Die einwandfreieste und hypothesenfreiester Bestimmung ließe sich nach

dem von Brun's angegebenen Verfahren durchführen, es scheidet jedoch zunächst noch an der Strahlenbrechung.

Selbst die Geoidform ist nichts Beständiges, selbst diese Form ist noch kleinen, aber merklichen Veränderungen unterworfen, die auf Schwankungen der Erdachse beruhen, auf dem Einfluß von Sonne und Mond und auf Massenverlagerungen im Erdinnern. Um diese Tatsachen näher zu erforschen, werden fortlaufend die Polhöenschwankungen gemessen.

Meines Erachtens lassen sich diese Verhältnisse erst näher ergründen, wenn einmal das sog. Dreikörperproblem näher erforscht sein wird.

Selbst in das Erdinnere versucht die Geodäsie einen Blick zu werfen durch Schlüsse aus den Schwerestörungen und Druckverteilungen (Isostasie, Geophysik), den Bodensenkungen, Kontinentalverschiebungen (M. Schmidt, Wegener).

Solchen Aufgaben ist naturgemäß ein einziger Staat nicht gewachsen, und es ist ein großes bleibendes Verdienst des deutschen Generals Bayer, für diese Zwecke den Grundstock für die heutige internationale Erdmessungskommission geschaffen zu haben, die durch den Weltkrieg gestört, hoffentlich bald wieder die Zusammenarbeit aufnehmen kann.

Inzwischen wurden gerade in Österreich und dann in Amerika, auch in Deutschland, so die Schweremessungen im Ries, sehr wertvolle Arbeiten dieser Art durchgeführt.

Ein wichtiges Ergänzungsgebiet für die Geodäsie stellt die schon mehrfach erwähnte *sphärische Astronomie* dar.

Außer den bei den Landesvermessungen und Erdmessungen angeführten Aufgaben sind hier folgende neueren Gesichtspunkte zu erwähnen:

Durch das Horrebow-Talcott-Verfahren, das Breitenbestimmungen mit äußerst feinen Libellen durchzuführen gestattet, sowie durch die drahtlose Zeitübertragung, die (durch die Kurzwellensender) besonders auch für Forschungsreisen wichtig ist, bieten diese Arbeiten keine wesentlichen Schwierigkeiten mehr.

Neuerdings spielt auf Forschungsreisen der sog. orientierte Rückwärtschnitt eine große Rolle. Dabei läßt sich ein Punkt sehr genau dadurch bestimmen, daß nur zwei statt wie bisher notwendig drei bekannte Punkte angezielt werden, nur muß auf dem Standpunkte das Azimut mit einem Zeitstern beobachtet werden. Dieses Verfahren, das auf der letzten Pamirexpedition mehrfach angewendet wurde, dürfte eine größere Zukunft haben.

Interessant und neuartig ist auch die von Alter in Prag angegebene automatische Pointierung von Sternen. Hierbei wird ein einmal auf einen Stern eingestelltes Fernrohr automatisch so dem Gang des Sternes nachgedreht, daß der Stern ständig im Fadenkreuz eingestellt bleibt.

Das wird sehr sinnvoll durch ein pyramidenförmiges, vierseitiges Prisma erreicht, das, sobald das Licht des Sternes auf eine seiner Seitenflächen fällt, diesen Lichtstrahl auf eine Photozelle wirft, die dieses Licht in Bewegungsenergie umsetzt. Erfahrungen hierüber liegen noch nicht vor.

Es würde hier zu weit führen, auf all die neuen Apparate und Methoden

einzufragen, die heute die Schifffahrt und besonders die Luftschifffahrt sowie der Verkehr von der astronomisch-geodätischen Orientierung verlangt.

Auch auf das so wichtige und zurzeit grundlegende Gebiet der Erforschung der *S t r a h l e n b r e c h u n g* und die interessanten Veröffentlichungen hierüber von Geheimrat Prof. Dr. Näbauer kann ich nicht eingehen. Ich möchte nur darauf hinweisen, daß an der Erforschung dieses Problemes die Weiterentwicklung der höheren Geodäsie hängt, und die Bemerkung daran knüpfen, daß ich auf Grund des Studiums der Entdeckungen von Herz zu der Anschauung gekommen bin, daß hier Versuche mit elektrischen Wellen zu einem gewissen Ziele führen müssen.

Wenn ich jetzt noch das Gebiet der *P h o t o g r a m m e t r i e* als letztes hier anführe, so soll damit nicht gesagt sein, daß es in der Geodäsie eine nebensächliche Rolle spielt, im Gegenteil, dieses jüngste Kind der Geodäsie steht zurzeit im vordersten Brennpunkt der Praxis und der Forschung; diese Forschung erfuhr in den letzten Jahrzehnten eine ähnliche fruchtbare Förderung wie die höhere Geodäsie durch die internationale Erdmessungskommission, dadurch, daß Hofrat Prof. Dr. Doležal in genialem Weitblicke 1907 die internationale Gesellschaft für Photogrammetrie ins Leben gerufen hat.

Die *t e r r e s t r i s c h e P h o t o g r a m m e t r i e*, deren Heimat gerade in Österreich zu suchen ist (ich brauche nur die Namen v. Orel im Verein mit Pulvrich bei den Zeisswerken sowie Doležal zu nennen), hat bereits einen Hochstand an Präzision und Leistungsfähigkeit durch den Stereoautographen erreicht, der diese Methode zur Verwendung bei den genauesten Vermessungen geeignet macht.

Sie ist heute auf der ganzen Welt in Anwendung: Über die geradezu musterhafte Anwendung in Österreich berichtete Hofrat Winter Wien 1927 anlässlich der Tagung des deutschen Vereines für Vermessungswesen in München. In Deutschland wurde bei dem Reichsamte für Landesaufnahme eine eigene photogrammetrische Abteilung geschaffen. In Bayern hatte ich Gelegenheit, diese Methode mit größtem Erfolge bei der Höhenaufnahme der Stadterweiterungsgebiete der Städte Füssen, Kempten und Würzburg in dem kritischen Maßstabe 1:1000 anzuwenden.

Eine Leistung der Photogrammetrie stellt das jüngst veröffentlichte Ergebnis der Pamirexpedition dar, wobei es Dr. R. Finsterwalder gelang, eine Hochgebirgswelt von  $15.000 \text{ km}^2$  innerhalb weniger Monate kartographisch zu erschließen. Dabei wurde der Fedtschenkogletscher mit  $77 \text{ km}$  Länge, wohl der längste der Welt, seiner ganzen Ausdehnung nach erforscht und der höchste Berg von Rußland, der Pic Garmo, mit  $7495 \text{ m}$  gefunden.

Trotz dieser Höchstleistungen wird zurzeit an Neukonstruktionen gearbeitet, vor allem um die Apparate zu verbilligen.

Die *L u f t p h o t o g r a m m e t r i e* ist wesentlich komplizierter als die terrestrische, aus dem einfachen Grunde, weil im Flugzeuge jede genauere Orientierung unmöglich ist: Lotrichtung und Horizont fehlen, weil Senkel und Libelle infolge der Beschleunigung versagen und der Standpunkt jeden Augenblick wechselt. Trotzdem ist diese Methode in ebenem Gelände bereits hoch-

entwickelt durch die Entzerrungsgeräte und durch die Nadirtriangulierung, die mit einem Minimum von Bodenpunkten auskommt. Diese Methode, die ich in meiner Dissertation theoretisch entwickelt und an zirka hundert Fliegeraufnahmen im Zillertal auf ihre praktische Brauchbarkeit, selbst in gebirgigem Gelände, untersucht habe, gestattet es, vom Flugzeuge aus Bodenpunkte trigonometrisch zu bestimmen (rechnerisch oder graphisch), ähnlich wie mit dem Theodolit auf der Erde, und ist somit die berufenste Methode für die Vermessung von unerforschten und unwegsamem Neuland und nicht in letzter Linie für topographische Aufnahmen überhaupt.

Diese Methode wird zur Vollkommenheit gesteigert durch die jüngst erfolgte Konstruktion einer Weitwinkelkamera (konstruiert von der Photogrammetrie G. m. b. H. München auf den von Scheinflug geschaffenen Grundlagen), bei der neun Objektiv gleichzeitig ausgelöst werden, so daß eine Platte oder Film, in 5000 m Höhe aufgenommen, 625 km<sup>2</sup> Fläche überdeckt (sonst nur 13 km<sup>2</sup>).

Sobald das Gelände größere Höhenunterschiede aufweist, stößt die Luftphotogrammetrie auf die eingangs erwähnten Schwierigkeiten, es schält sich die sog. Grundaufgabe der Photogrammetrie heraus: die nachträgliche gegenseitige Orientierung zweier Aufnahmen, das heißt die beiden Aufnahmen müssen so gegeneinander im Raume gestellt werden, wie sie im Moment der Aufnahme gestanden sind.

Außerdem muß dann dieses so entstandene Raummodell noch gegen das Erdlot orientiert werden.

An der Lösung dieser Aufgabe, die mit Recht das „Schmerzenskind der Luftphotogrammetrie“ genannt wird, wurde unermüdlich gearbeitet von den berufensten Fachleuten, mit dem Erfolge, daß Teillösungen zustande kamen, die nur unter einschränkenden Bedingungen und Voraussetzungen funktionieren: so wird z. B. gefordert, daß sich auf jeder Platte drei bekannte Bodenpunkte abbilden (räumliches Rückwärtseinschneiden). Die mathematischen Grundlagen sind von Hauck und S. Finsterwalder geschaffen worden (Kernpunkte, Doppelpunkteinschaltung im Raum). Auch Doležal hat wertvolle Arbeiten geliefert. H. von Sanden löst die gegenseitige Orientierung mit Hilfe der Kernpunkttheorie analytisch, aber mit der Einschränkung, daß nicht mehr als vier von den sieben benützten Punkten in einer Ebene liegen dürfen.

Am besten hat bis jetzt die Praxis diese Aufgabe gelöst, sie umging einfach die exakte Lösung und fand die gegenseitige Orientierung durch Probieren. Daraus entstanden komplizierte Apparate, so der Apparat von Gasser, der Stereoplanigraph, der Autokartograph und der Autograph von Wild. Es ist erstaunlich, welche Erfolge sich mit diesen Apparaten bereits erreichen lassen. Ist mit diesen Instrumenten einmal die Orientierung gefunden, so geht die Auswertung nach demselben Prinzip des stereoskopischen Sehens vor sich wie bei der terrestrischen Photogrammetrie.

Vielleicht darf ich noch kurz erwähnen, daß mir inzwischen die generelle Lösung der Grundaufgabe der Photogrammetrie (also ohne Einschränkungen) gelungen ist, sowohl graphisch, als auch analytisch. Dabei setze ich lediglich

die Kenntnis der inneren Orientierung voraus und diese ist auch immer bekannt. Den Beweis hierfür werde ich demnächst in der Fachliteratur erbringen, sobald ich die umfangreichen Rechenarbeiten für die praktische Anwendung der Methode zum Abschluß gebracht habe.

Kurz kann ich den Beweis vielleicht durch projektive Raumgeometrie führen:

Durch zwei Aufnahmen sind zwei aufeinander bezogene Strahlenbündel bestimmt, die in perspektive Lage zu bringen sind. Diese Forderung ist bekanntlich dann erfüllt, wenn je zwei entsprechende Strahlen ein und dasselbe Element eines dritten Grundgebildes (hier des Kernebenenbüschels) enthalten.

Durch stereographische Abbildung dieser Systeme erreiche ich, daß alle Elemente in konstruktiv brauchbarer Nähe bleiben und sich der ganze räumliche Vorgang in der Ebene darstellen läßt:

Die Strahlen werden zu Punkten, die Kernebenen zu einem Meridianbüschel, das sich als ebenes Kreisbüschel abbildet.

Nun setze ich die Kernachse und das Kernebenenbüschel als gegeben voraus und passe die beiden Strahlenbündel so ein, daß sie die oben angegebene Bedingung erfüllen, es müssen nämlich entsprechende Punkte auf ein und demselben Meridian liegen.

Da in der Aufgabe fünf Unbekannte stecken, brauche ich fünf Variationsmöglichkeiten, die mir in der räumlichen Beweglichkeit der beiden Strahlenbündel sowie in der gegenseitigen Lagenänderung dieser Bündel gegeben sind. Damit läßt sich auch, was ebenso grundlegend wichtig sein dürfte, nach demselben Verfahren das bisherige Problem der *O r i e n t i e r u n g v o n F l i e g e r b i l d e r n g e g e n d a s L o t* lösen: ich brauche nur eine einzige terrestrische Aufnahme mit einer Flugzeugaufnahme zu koppeln und kann damit eine ganze Flugkette an das Erdlot anschließen. Die *a n a l y t i s c h e L ö s u n g* läßt sich in acht lineare Gleichungen zwingen, deren Auflösung an sich und mit der von Näbauer erfundenen sog. Gleichungsmaschine keine besonderen Schwierigkeiten bieten dürfte.

Sollte es mir nun gelungen sein, an Hand der gezeigten Lichtbilder auch den Nichtfachleuten einen kurzen Überblick über das gesamte Gebiet der Geodäsie und deren Stand vermittelt zu haben, so sehe ich den Zweck meines Vortrages als erfüllt an.

---

## **Referate über einige fachwissenschaftliche Tagungen.**

### **Union Géodésique et Géophysique Internationale — Stockholm.**

In der Zeit vom 14. bis 23. August 1930 hielt die *Union Géodésique et Géophysique Internationale* bei einer Beteiligung von rund 300 Delegierten ihre 4. Generalversammlung in Stockholm ab, an der zum erstenmal auch Gelehrte aus Österreich (V. Conrad, F. Hopfner), Deutschland (G. Angenheister, O. Hecker, E. Kohlschütter, F. Linke, A. Nippoldt) und Ungarn (A. Kruttschnitt) teilnahmen. Bei der Beratung und Beschlußfassung über die für die nächsten zehn Jahre gültigen Statuten ist den wiederholt vorgebrachten Wünschen der