

Österreichische Zeitschrift für **Vermessungswesen**

REDAKTION:

Hofrat Dr. Dr. Dr. h. c. **E. Doležal**
emer. o. ö. Professor
an der Technischen Hochschule in Wien

Dipl.-Ing. **Karl Lego**
Präsident
des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen

Dipl.-Ing. Dr. **Hans Rohrer**
o. ö. Professor
an der Technischen Hochschule in Wien

Nr. 3/4

Baden bei Wien, im September 1950

XXXVIII. Jg.

INHALT:

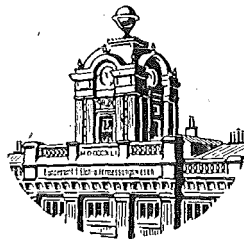
Abhandlungen:

- | | |
|--|----------------------|
| Adalbert Prey | Dipl.-Ing. Karl Lego |
| Zusammenstellung der wissenschaftlichen Arbeiten Preys | Dr. Karl Mader |
| Die geophysikalischen Arbeiten Adalbert Preys | Dr. Karl Ledersteger |
| Die Anwendung der Luftphotogrammetrie in der Schweizerischen
Grundbuchvermessung (Schluß) | Dipl.-Ing. H. Harry |

Kleine Mitteilungen. Literaturbericht.

Mitteilungsblatt

zur „Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen“, redigiert von Verm.-Rat Ing. Ernst Rudolf



Herausgegeben vom

ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ

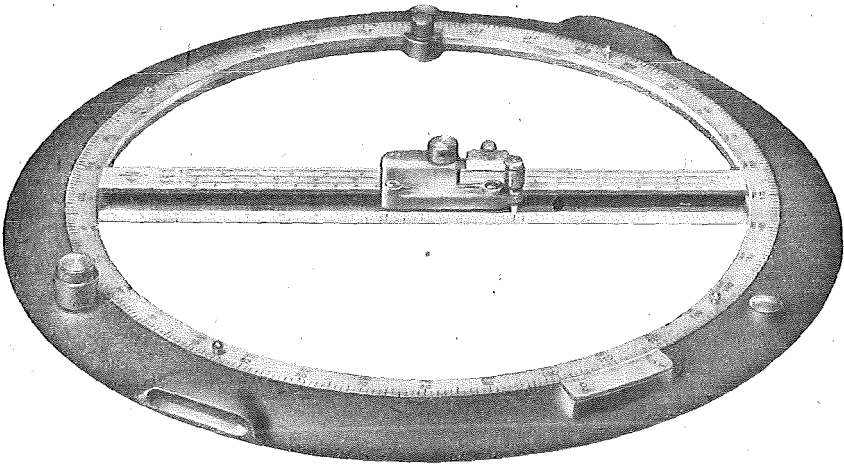
des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppe Vermessungswesen), der
Österreichischen Kommission für Internationale Erdmessung und der Österreichischen
Gesellschaft für Photogrammetrie

Baden bei Wien 1950

ADOLF FROMME

Fabrik für geodätische und kartographische Instrumente
Zeichenmaschinen

Wien XVIII., Herbeckstraße 27 • Tel. A 26-3-83



Polar-Koordinatograph Nr. 362

Erzeugung Präzisions-Koordinatographen
von Detail-Koordinatographen
Polar-Koordinatographen
Auftragslineale, Abschiebedreiecke
Planimeter, Maßstäbe

Präzisions-Teilungen und Gravierungen



Der neue
STEREOPLANIGRAPH C/7

Das universelle
KARTIER- und TRIANGULATIONSGERÄT
erster Ordnung

Über 150 STEREOPLANIGRAPHEN früherer
Modelle haben sich in rund 40 Ländern der Erde
bestens bewährt

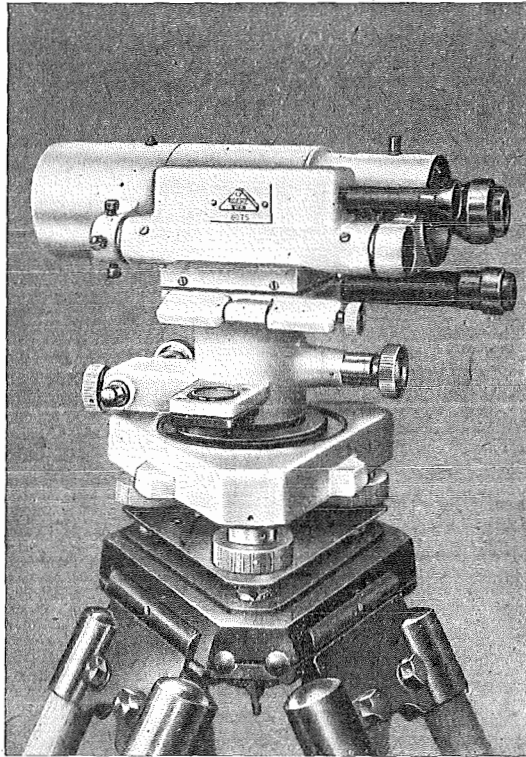
DER NEUE STEREOPLANIGRAPH C/7
erfüllt mit seinem erweiterten Bildbereich bis 24×24 cm
sowie vielen anderen Verbesserungen noch mehr als
bisher die höchsten Ansprüche an Präzision und Leistung

Weitere Informationen auf Wunsch

ZEISS-AEROTOPOGRAPH

MÜNCHEN Prinzenstraße 18

Telephon: 6 08 98
Telegr.: Aerotopo



Modernste geodätische Instrumente höchster Präzision:

Nivellierinstrumente, Type V 200, mit
Horizontalkreis, für genaue technische
Nivellements (siehe Abbildung)

Nivellierinstrumente, Type V 100, ohne
Horizontalkreis, für einfache technische
Nivellements

Doppelpentagone 90 und 180°

Tachymeter-Vollkreis-Transporteure

Auftragsapparate, System „Demmer“
System „Michalek“

Abschiebdelecke,
verbesserte Ausführung

Lattenrichter, mit Dosenlibelle

Verlangen Sie ausführliches Prospektmaterial

Optische Anstalt **C. P. GOERZ** Gesellschaft m. b. H.
Wien X., Sonnleithnergasse 5 / Telephon Nr. U 42-555 Serie

Reparaturwerk
für
Elektromotoren und Transformatoren
J. JURASEK & Co.

Bennoplatz Nr. 8 WIEN VIII. Florianigasse Nr. 62
Telephon: A 20-2-54, A 22-4-80

WIENER PAPIER-

GROSSHANDLUNG Ges. m. b. H.

vorm. J. Grünhut, gegründet 1858
Wien I., Mahlerstraße 12 / Tel. R 24-5-70

Spezialsorten: LANDKARTENPAPIERE, TECHNISCHE
PAPIERE ALLER ART



BRUNSVIGA

DIE
RECHENMASCHINE
DES WISSENSCHAFTLERS!

ORGANISATIONS-BÜROMÖBEL

PLAN-SCHRÄNKE
FÜR TECHNIKER

Bildprospekte unverbindlich und kostenlos

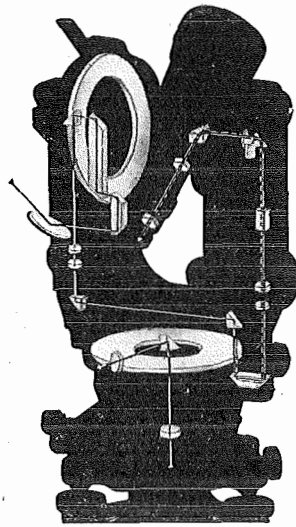
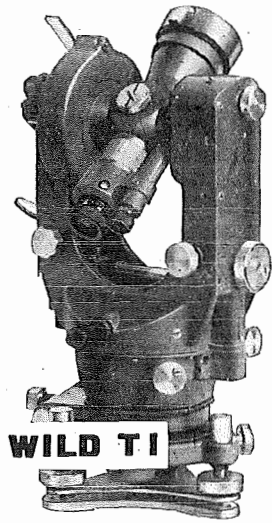
BRUNSVIGA
VERTRIEB VON BÜRO-EINRICHTUNGEN
ROTHHOLZ & FABER

WIEN I., WILDPRETMARKT 1

TELEPHON U 27-0-25

Die optischen Teile

WILD
HEERBRUGG



Im **Repetitionsheodolit WILD T 1** sind mit hoher Präzision geschliffen, poliert und eingepaßt. Die Kreise aus Glas geben helle Bilder, was die Augen schont und Ablesefehler verhütet.

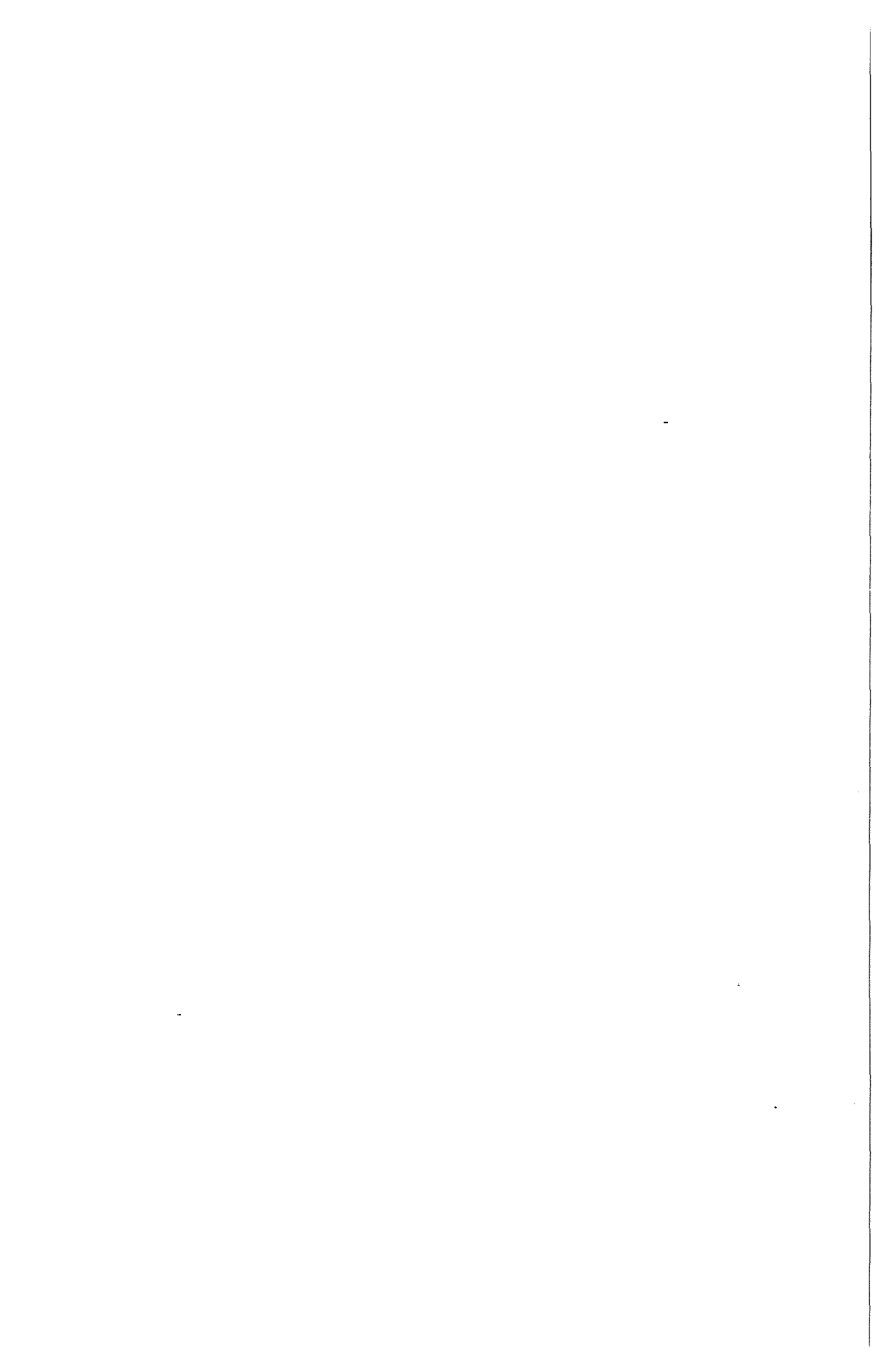
WILD
HEERBRUGG

Die **WILD-Theodolite** sind robust gebaut, handlich, leicht, sehr genau und unempfindlich gegen äußere Einflüsse.

Alleinvertretung für Österreich
und Spezialreparatur:

Rudolf & August Rost
Mathematisch-Mechanisches Institut
Wien 15
Märzstraße 7 · Telephon B 33-4-20

A black and white photograph of a surveyor in a dark suit operating a WILD theodolite on a tripod in an outdoor setting. A large, light-colored umbrella is positioned over the instrument to provide shade. Another person is visible in the background, also engaged in surveying work. The WILD HEERBRUGG logo is visible in the upper right corner of the photograph.



ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Herausgegeben vom
ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ
des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppe Vermessungswesen), der
Österreichischen Kommission für Internationale Erdmessung und der Österreichischen
Gesellschaft für Photogrammetrie

REDAKTION:

Hofrat Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. E. D o l e ž a l,
Präsident Dipl.-Ing. K. L e g o und o. ö. Professor Dipl.-Ing. Dr. H. R o h r e r

Nr. 3/4

Baden bei Wien, im September 1950

XXXVIII. Jg.

Adalbert Prey

Von Dipl.-Ing. Karl L e g o

Im vergangenen Jahr erlitt die österreichische, aber auch die internationale geodätische und geophysikalische Fachwelt durch den unerwarteten Tod zweier hervorragender Wiener Gelehrter unersetzliche Verluste. Am 5. September 1949 wurde der Rektor und Professor für Höhere Geodäsie und Sphärische Astronomie der Technischen Hochschule Wien und Präsident der österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung, Dr. Friedrich H o p f n e r, das Opfer eines tragischen Unfalles und am 22. Dezember starb der Professor der Theoretischen Astronomie und Höheren Geodäsie an der Universität Wien, Hopfners Nachfolger als Präsident der österreichischen Erdmessungskommission und Sekretär der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Dr. Adalbert P r e y.

P r e y wurde am 16. Oktober 1873 in Wien als Sohn des nachmaligen Hofrates Siegmund P r e y geboren. Er besuchte die Schulen in seiner Heimatstadt und legte 1892 am Piaristengymnasium die Matura ab. Hierauf widmete er sich an der Universität Wien mathematisch-physikalischen Studien mit besonderer Berücksichtigung der Astronomie. Gelehrte mit international bekannten Namen waren hier seine Lehrer, wie: Brentano, Boltzmann, v. Escherich, Exner, Hann, Mach, Oppenheim, Weyr, Wirtinger u. v. a. Am 16. Juli 1896 wurde er zum Doktor der Philosophie auf Grund der Dissertation: „Über Gestalt und Lage der Milchstraße“ promoviert, eine Arbeit, die große Beachtung fand und in den Denkschriften der Akademie der Wissenschaften veröffentlicht wurde.

Schon seit 1. Juli desselben Jahres war er Assistent an der Universitätssternwarte und, wie es dort gebräuchlich ist, zuerst mit dem Zeitdienst beschäftigt. Ein Jahr später legte er die Lehramtsprüfung für Mathematik und Physik für Mittelschulen ab.

Nach Absolvierung des Einjährig-Freiwilligenjahres kehrte P r e y am 1. Oktober 1898 an die Universitätssternwarte zurück und übernahm den Polhöhendienst,

wodurch er Fertigkeit im Beobachten und in der Ausführung subtiler Mikrometermessungen erlangte. Er übte sich auch im Gebrauch des Universalinstrumentes, des Spiegelsextanten und im Photographieren als Vorbereitung für die im Winter 1899 von der Wiener Akademie der Wissenschaften unter Leitung von Universitätsprofessor Weiß nach Indien entsandte Expedition zur Erforschung des Leonidenschwarmes.

Nach der Rückkehr kam er als Adjunkt ins österreichische Gradmessungsbüro und wurde zunächst mit der Reduktion geographischer Längenbestimmungen und der Oppolzerschen Fundamentalbeobachtungen zur Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels in Wien betraut. 1905 war er an der Neumessung des geographischen Längenunterschiedes zwischen Wien und Pola beteiligt.

In den Jahren 1901 und 1902 besuchte P r e y die Vorlesungen aus Praktischer Geometrie samt Übungen bei Prof. S c h e l l und aus Höherer Geodäsie bei Prof. T i n t e r an der Technischen Hochschule und die geodätischen Vorlesungen des Professors Oberst H a r t l an der Universität und erwarb im Sommer 1902 die *venia legendi* als Privatdozent für Astronomie und Geodäsie an der Universität auf Grund der Habilitationsschrift: „Untersuchung über die Bewegungsverhältnisse des Systems 70 Ophiuchi“, die gleichfalls in den Denkschriften der Akademie der Wissenschaften veröffentlicht wurde. Im Jahre 1906 habilitierte er sich als Privatdozent für „Höhere Geodäsie und Astronomie“ an der Technischen Hochschule mit der Arbeit: „Über die Reduktion der Schwerebeobachtungen auf das Meeresniveau“.

Die Vorlesungen, die er als Privatdozent hielt, behandelten die Themen: Die Figur der Erde, das geometrische Nivellement, die Elemente der darstellenden Geometrie mit Anwendung auf Kartenprojektionen, die mathematische Theorie der Kartenprojektionen, die Grundlagen der Höheren Geodäsie, Astronomisch-geodätische Untersuchungen über die Konstitution des Erdinnern, Pendelbeobachtungen, die Theorie des Saturnringes u. dgl.

Mit kaiserlicher Entschließung vom 3. Oktober 1909 wurde dem mittlerweile *ad personam* in die IX. Rangklasse beförderten Adjunkten der Titel eines a. o. Universitätsprofessors verliehen.

In die Zeit seines Wiener Aufenthaltes fallen auch seine Studien zur Vermeidung des Mitschwingens des Statives beim Doppelpendel und über die Abnahme der Amplitude bei Pendelschwingungen.

Im Jahre 1907 war in Innsbruck der Astronom und Universitätsprofessor Egon von O p p o l z e r, ein Sohn des Wiener Universitätsprofessors Theodor von O p p o l z e r, gestorben. Der Staat hatte 1909 dessen Privatsternwarte für die Innsbrucker Universität angekauft und berief Professor P r e y als Leiter der Sternwarte nach Innsbruck, mit der Verpflichtung, dort auch die Vorlesungen aus Astronomie zu halten. Er behielt vorläufig seine Stellung im Gradmessungsbüro weiter und wurde nur beurlaubt, mußte aber die Kosten für einen Ersatzassistenten, der an seiner Stelle im Gradmessungsbüro Dienst zu versehen hatte, aus eigenem bestreiten. Wegen seiner erfolgreichen wissenschaftlichen und lehramtlichen Tätigkeit wurde er 1911 definitiv nach Innsbruck versetzt und zum Extraordinarius für Astronomie ernannt. Während seiner dortigen Tätigkeit widmete er der Ver-

besserung und Ausgestaltung der Sternwarte besondere Aufmerksamkeit, beschäftigte sich aber auch unter anderem mit Untersuchungen über die Isostasie in den Tiroler Alpen und arbeitete an dem gemeinsam mit M a i n k a und T a m s herausgegebenen Werke „Einführung in die Geophysik“, in dem er „Die Anwendung der Methoden der Erdmessung auf geophysische Probleme“ behandelte.

Sechs Jahre später, also noch in der Zeit der alten Monarchie, erfolgte seine Berufung als ordentlicher Professor der Astronomie an die Universität Prag. Für praktische Arbeit war die veraltete Prager Sternwarte noch weniger geeignet als die Innsbrucker, weshalb sich P r e y mehr der Theoretischen Astronomie widmete. Hingegen hatte sie eine reiche, historische Sammlung, darunter den erhalten gebliebenen Teil der weltberühmten Instrumente T y c h o d e B r a h e s, die auch K e p l e r zu seinen Beobachtungen dienten. In Prag entstand auch seine grundlegende Arbeit über die Darstellung der Höhen- und Tiefenverhältnisse der Erde durch Entwicklung nach Kugelfunktionen bis zur 16. Ordnung, sowie andere wertvolle geophysikalische Studien, so z. B. über Isostasie, Flutreibung und Kontinentalverschiebung und über die Elastizitätskonstante der Erde.

Durch den 1928 erfolgten Tod des bekannten Astronomen O p p e n h e i m war die Lehrkanzel für Theoretische Astronomie an der Wiener Universität freigeworden. Hier bestehen bekanntlich zwei astronomische Lehrkanzeln. Die erste ist mit der Leitung der Universitätssternwarte verbunden und hat sich vornehmlich mit der praktischen Astronomie und der Beobachtungstätigkeit zu beschäftigen. Dazu gehört in neuerer Zeit auch die Astrophysik und wird in Hinkunft auch die Radio-Astronomie kommen. Seit dem Neubau der Universitätssternwarte auf der Türkenschanze durch den jüngeren L i t t r o w waren ihre Direktoren: W e i ß, H e p p e r g e r und der im Jänner d. J. gestorbene G r a f f.

Die zweite astronomische Lehrkanzel ist der Theorie gewidmet. Sie umfaßt die Himmelsmechanik, die Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, die Theorie der Figur der Himmelskörper, die sphärische Astronomie, aber auch Geodäsie und Geophysik. Inhaber dieser Lehrkanzel waren Theodor v. O p p o l z e r, H e p p e r g e r und O p p e n h e i m. Diese berühmten Astronomen fanden nun in Professor P r e y einen würdigen Nachfolger, der im Jahre 1930 nach Wien berufen wurde, mit der Verpflichtung, außer seinen obligaten Vorlesungen mindestens in jedem 3. Semester ein collegium publicum über Spezialpartien seines Nominalfaches zu halten.

In der nationalsozialistischen Zeit wurde P r e y wegen Erreichung der im Deutschen Reich geltenden Altersgrenze von 65 Jahren mit Ende März 1939 seiner lehramtlichen Verpflichtungen enthoben, aber gleichzeitig ersucht, seine bisherige Professur bis auf weiteres vertretungsweise auszuüben. Seine Lehrkanzel wurde zwar durch die am 24. Dezember 1940 erfolgte Ernennung des damaligen Direktors der deutschen Seewarte Dr. Karl S c h ü t t e wiederbesetzt. Dieser war aber als „kriegsverpflichtet“ von seiner Stelle unabkömmlich und hat die Wiener Lehrkanzel nie angetreten. Infolgedessen mußte P r e y seine volle Lehrtätigkeit bis zum Jahre 1945 ausüben und außerdem während der Kriegsjahre den zur Heeresdienstleistung eingrückten Sternwartedirektor vertreten.

1945 wurde P r e y von der Republik Österreich übernommen und mit der Fortführung seiner Lehrverpflichtung weiter betraut, jedoch vom Sommersemester 1946 ab, wegen Überschreitung der Altersgrenze, als Honorarprofessor. Als solcher hielt er seine Vorlesungen noch bis zum Ende des Studienjahres 1948/49, also bis zur Vollendung seines 76. Lebensjahres. Für das Studienjahr 1949/50 wurde sein Assistent Privatdozent Dr. Konradin F e r r a r i d'O c c h i e p p o mit der Abhaltung der Vorlesungen betraut.

Somit hat Professor P r e y, abgesehen von der Zeit seiner Dozententätigkeit vom Jahre 1909 bis zum Jahre 1949, also durch volle 40 Jahre ununterbrochen das Hochschullehramt ausgeübt, sich als besonders klarer, seine Schüler zu eigenen Arbeiten anspornender Lehrer und infolge seiner besonderen mathematischen Begabung als hervorragender und erfolgreicher Forscher erwiesen, der die astronomischen und geodätisch-geophysikalischen Probleme uneingeschränkt beherrschte. Seine bedeutendste Arbeit auf astronomischem Gebiet ist die Untersuchung des Doppelsternsystems „70 Ophiuchi“, wobei er die wichtige Entdeckung machte, daß eine Darstellung der Bahn auf Grund des Gravitationsgesetzes unmöglich sei. Es handelt sich um ein theoretisch überaus bedeutsames Sondersystem. Die Bahnelemente, aus verschiedenen Beobachtungsperioden errechnet, ergeben keine geschlossene Bahn. Entweder ist ein dritter störender Körper an dem Doppelsternsystem vorbeigegangen oder es handelt sich um einen dreifachen Stern, von dem zwei Elemente sichtbar und eines unsichtbar ist. Die Astronomen sind bemüht, auf Grund der P r e y schen Arbeiten dieses Problem, das noch schwieriger ist als die bekannte Vorausberechnung des Neptun durch L e v e r r i e r, zur Lösung zu bringen, doch ist hiezu eine längere Periode von Beobachtungen notwendig, als bisher vorhanden ist. P r e y hat diesem Problem außer seiner Habilitationsschrift noch zwei weitere Arbeiten gewidmet.

Mit einer störungstheoretischen Untersuchung befaßte sich P r e y in seiner 1909 in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften veröffentlichten Arbeit: „Über den Fall der Kommensurabilität vom Typus $\frac{1}{3}$ im System der kleinen Planeten“. Der zwischen der Mars- und Jupiterbahn gelegene Bereich, in den die Bahnen der meisten kleinen Planeten (Planetoiden) fallen, weist Lücken auf, und zwar hauptsächlich an Stellen, deren mittlere Bewegung in einem einfachen Zahlenverhältnis zu der des Jupiter steht. Der breitesten Lücke entspricht z. B. ein Verhältnis der mittleren Bahngeschwindigkeit zu der des Jupiter wie 2:1. P r e y untersuchte nun für den genannten Planetoidentypus, ob sich die dort bestehende Lücke störungstheoretisch begründen läßt. Er wies nach, daß diese Planetoiden in zwei Gruppen zerfallen. In der einen kann die mittlere Bewegung ein bestimmtes Maximum nicht überschreiten, in der anderen nicht unter ein gewisses Minimum sinken. Da diese beiden Grenzen übereinandergreifen, so ist kein Wert der mittleren Bewegung als u n m ö g l i c h zu betrachten. Die bestehende Lücke läßt sich daher an dieser Stelle durch S t ö r u n g e n nicht erklären und scheint somit kosmogonischen Ursprunges zu sein.

In der Theorie der Beobachtungsinstrumente ist P r e y durch seine völlig neuartigen Untersuchungen über die Abbildung von Sternen durch parabolische

Spiegel hervorgetreten sowie durch eine Theorie der Spiegelsextanten. In anderen Arbeiten befaßte er sich mit besonderen Fällen des Dreikörperproblems, mit dem System der kleinen Planeten, mit der Theorie der Sonnenfinsternisse und der Widerlegung der Weltelehre vom Standpunkt der Himmelsmechanik aus.

Von seinen Beobachtungsarbeiten wäre noch die Bestimmung der geographischen Breite der Wiener Universitätssternwarte zu erwähnen, die sich auf seine vom Dezember 1898 bis Juni 1901 ausgeführte Beobachtungsreihe stützt. Diese Arbeiten erfuhren infolge seiner Teilnahme an der österreichischen Leoniden-Expedition nach Indien eine halbjährige Unterbrechung. Die Beobachtungen sollten nicht nur zur Bestimmung der genauen Polhöhe, sondern auch ihrer Änderungen in Wien im Anschluß an die in den Jahren 1874 und 1875 vom österreichischen Gradmessungsbüro durchgeführten Beobachtungsreihen dienen. Obgleich für die Beobachtungen P r e y s ein eigener Zubau an die Ostmauer der Ostkuppel der Sternwarte errichtet worden war, zeigten sie doch den Einfluß starker lokaler Refraktionsanomalien, so daß sie für den Nachweis von Polhöhenänderungen nicht verwendet werden konnten, sich jedoch als ausreichend erwiesen, um einen genauen Wert der geographischen Breite von Wien abzuleiten.

Die Durchführung der P r e y s chen Beobachtungen erfolgte nach der H o r r e b o w - T a l c o t t schen Methode, während die des Gradmessungsbüros aus den Jahren 1874 und 1875 durch Cirkummeridianbeobachtungen und durch Beobachtungen im I. Vertikal erfolgt waren.

Das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen ließ im Oktober 1937 durch Dr. Karl L e d e r s t e g e r eine Neubestimmung der geographischen Breite der Wiener Sternwarte durchführen, die zur Vermeidung von Saalrefractionen auf dem astronomischen Pfeiler im Park der Sternwarte vorgenommen wurde. Die Messungen erfolgten nach der Methode von S t e r n e c k, bei welcher Sterne, die in annähernd gleicher Zenitdistanz nördlich und südlich vom Zenit kulminieren, zu Paaren zusammengefaßt und abwechselnd in Kreislage Ost und West beobachtet werden.

Die Ergebnisse dieser drei Polhöhenbestimmungen, bezogen auf die große Kuppel der Wiener Sternwarte, sind:

Österr. Gradmessungsbüro, 1874 und 1875	= 48° 13' 55" 09
P r e y, 1898—1901	= 48° 13' 55" 346
L e d e r s t e g e r, Oktober 1937	= 48° 13' 55" 33

Wenige Tage vor P r e y s Tode erschien seine von seinen Schülern und Freunden schon lange erwartete „Einführung in die Sphärische Astronomie“. Unvollendet blieb leider seine Arbeit über die Entstehung des Mondes, welche als Festvortrag für die feierliche Festsitzung der Akademie der Wissenschaften im heurigen Jahre gedacht war.

Die geophysikalischen Arbeiten von Professor P r e y, die mindestens ebenso umfangreich und bedeutungsvoll wie seine astronomischen sind, werden, da sie für den geodätischen Fachkreis von besonderem Interesse sind, in einem eigenen Artikel von Dr. K. L e d e r s t e g e r *) behandelt.

*) L e d e r s t e g e r: Die geophysikalischen Arbeiten Adalbert P r e y's. Ö. Z. f. V. 1950, S. 57.

Es ist nur natürlich, daß diese und viele andere hervorragenden Arbeiten P r e y einen geachteten Namen in der internationalen Fachwelt verschafften und ihm viele Ehrungen einbrachten.

Dies kam auch auf der 8. Generalversammlung der Union Géodésique et Géophysique, die vom 19. bis 28. August 1948 in Oslo abgehalten wurde, in besonderem Maße zum Ausdruck, wo P r e y, der trotz seines hohen Alters an diesem Kongreß teilnahm, einen Vortrag über „Die Bestimmung von Lotabweichungen ohne Netzausgleich“ hielt.

Auch in Österreich wurden ihm viele Ehrungen zuteil. In vorderster Linie steht hier seine Aufnahme in die Österreichische Akademie der Wissenschaften. 1929 wurde er korrespondierendes, 1935 wirkliches Mitglied, 1945 Sekretär der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse und 1949 hiezu wiedergewählt.

Eine hohe Freude bereitete ihm auch die am 14. Dezember 1949 erfolgte Wahl zum Präsidenten der „Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung“. 50 Jahre vorher, am 1. Jänner 1900, war er als Adjunkt in das dieser Kommission unterstellte Gradmessungsbüro eingetreten und nun, acht Tage vor seinem Tode, hatte ihn das Schicksal noch zum Präsidenten dieser Kommission ausersehen.

So war sein Leben der Erforschung des Himmels und der Erde, der Harmonie des Weltalls, gewidmet. Ist es da nicht selbstverständlich, daß auch die Harmonie der Töne einen mächtigen Einfluß auf ihn ausübte und er, als ausgezeichnete Cellist, seine Erholung in der Kammermusik suchte und fand.

Gleich vorbildlich wie als Forscher und Lehrer war P r e y auch als Mensch und Familienvater. Seine bekannte Güte äußerte sich auch darin, daß er sich nicht nur um die Aus- und Weiterbildung seiner Schüler sorgte, sondern daß er sich auch um ihre materielle Existenz und ihr weiteres Vorwärtskommen kümmerte. Er fand in seiner Gattin, Frau Mathilde, geb. L i e b, eine verständnisvolle Lebensgefährtin, die ihm zwei Kinder, einen Sohn und eine Tochter, schenkte.

Das Andenken an P r e y wird bei allen, die ihn kannten, unvergessen bleiben und seine Freunde werden den Vorschlag des Universitätsprofessors Oswald T h o m a s lebhaft begrüßen, den Stern 70 im Ophiuchus (Schlangenträger) nach P r e y zu benennen, wie es T h o m a s auch in seinem bekannten „Atlas der Sternbilder“ durchgeführt hat. Möge sich diese Bezeichnung international einbürgern, zum wohlverdienten Gedenken an den großen Astronomen und Geophysiker „A d a l b e r t P r e y“.

Zusammenstellung der wissenschaftlichen Arbeiten Preys

Von Dr. Karl M a d e r

I. Selbständige Bücher und Beteiligung an Sammelwerken

Einführung in die Geophysik (zusammen mit M a i n k a und T a m s), Berlin, J. Springer, 1922 (340 S.).

Die Theorie der Isostasie, ihre Entwicklung und ihre Ergebnisse. (In „Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften“ Bd. 4.) Berlin, 1925 (40 S.).

Einführung in die sphärische Astronomie, Wien, Springer, 1949 (316 S.).

II. Abhandlungen in wissenschaftlichen Zeitschriften

1. Denkschriften der Österr. Akademie der Wissenschaften.
(Math.-naturw. Abteilung)
Über Gestalt und Lage der Milchstraße. 63. Bd., S. 703—726 (1896).
Untersuchungen über die Bewegungsverhältnisse des Systems 70 Ophiuchi. 72. Bd., S. 177—241 (1901).
Versuch eines astronomischen Nivellements ohne Netzausgleich. 104. Bd., 28 S. (1941).
2. Sitzungsberichte der Österr. Akademie der Wissenschaften (Math.-naturw. Abteilung, Klasse IIa).
Über die Reduktion der Schwerebeobachtungen auf das Meeresniveau. 113. Bd., S. 1231—1276 (1904).
Über eine Vorrichtung zur Vermeidung des Mitschwingens des Statives beim Doppelpendel. 114. Bd., S. 993—1000 (1905).
Konvergenzuntersuchungen zum Gesetz der Amplitudenabnahme bei Pendelbeobachtungen. 115. Bd., S. 649—672 (1906).
Über den Fall der Kommensurabilität vom Typus $1/3$ im System der kleinen Planeten. 118. Bd., S. 447—484 (1909).
Untersuchungen über die Isostasie in den Alpen auf Grund der Schwermessungen in Tirol (in zwei Teilen). 121. Bd., S. 2467—2518 (1912) und 123. Bd., S. 875—902 (1914).
Über den Wert extrafokaler Aufnahmen mit parabolischen Spiegeln (in zwei Teilen). 123. Bd., S. 1859—1906 (1914) und 127. Bd., S. 2253—2281 (1918).
Über die Möglichkeit der Gebirgsbildung durch den hydrostatischen Druck in der Erdkruste. 151. Bd., S. 293—314 (1942).
Über die Theorie der Landbrücken und die Viskosität der Erde. 156. Bd., S. 593—624 (1947).
3. Almanach der Österr. Akademie der Wissenschaften.
Nachruf auf Karl Hillebrand. 1939, S. 199—206.
Über die Konstitution der Erde und ihrer Kruste (Festrede). 1943, S. 288—309.
4. Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften, Göttingen.
Darstellung der Höhen- und Tiefenverhältnisse der Erde durch eine Entwicklung nach Kugelfunktionen bis zur 16. Ordnung. Bd. 11, 29 S. (1922).
5. Astronomische Nachrichten.
Verbesserung zu Oppolzers Lehrbuch der Bahnbestimmung. 149. Bd., S. 231—234 (1899).
Bestimmung des Massenverhältnisses bei 70 Ophiuchi. 165. Bd., S. 153—158 (1904).
Über die Lage der Lücken im System der kleinen Planeten in ihrer Beziehung zu den übrigen Distanzen im Sonnensystem. 189. Bd., S. 53—60 (1911).
Photographische Aufnahmen des Kometen 1911 b auf der Sternwarte Innsbruck. 189. Bd., S. 238 (1911).
Bemerkungen zu Hansens „Theorie der Sonnenfinsternisse“. 193. Bd., S. 97—102 (1913).
Beobachtungen der Sonnenfinsternis vom 21. August 1914. 199. Bd., S. 365 (1914).
Beobachtungen der Nova Aquilae. 207. Bd., S. 194 (1918).
Meteoritenbeobachtungen in Prag. Bd. 214, S. 39 (1921).
Beobachtungen der partiellen Mondesfinsternis am 16. Oktober 1921. 215. Bd., S. 41—42 (1922).
Zur Theorie des Spiegelsextanten. 219. Bd., S. 99—104 (1923).
Das System 0 Ophiuchi. 220. Bd., S. 273—294 (1924).
Beobachtungen der partiellen Mondesfinsternis am 8. Februar 1925 in Prag. 224. Bd., S. 176 (1925).
Beobachtungen von Kulminationen der Planeten und des Mondes in Prag. 235. Bd., S. 129—136 (1929).
Bemerkung zu Heiskanens Aufsatz über „Die isostatische Reduktion und die Erddimensionen“. 237. Bd., S. 271 (1930).
A. Scheller †. 238. Bd., S. 283—284 (1930).
Bemerkung zu dem Aufsatz von H. Lorenz: Die Äquatorneigungen der Sonne und Planeten. 264. Bd., S. 79—80 (1937).

- Über die periodischen Bahnen in der Nähe der Librationszentren L_4 und L_5 . 271. Bd., S. 265—274 (1941).
 Bemerkung über das Perigäum des Mondes. 272. Bd., S. 148 (1941).
6. Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft.
 Jahresberichte der Sternwarte Innsbruck. 46. Bd., S. 134—137; 47. Bd., S. 102—103 48. Bd., S. 92—93; 49. Bd., S. 163—164; 52. Bd., S. 220—223 (1911—1917).
 Jahresberichte der deutschen Sternwarte in Prag. 62. Bd., S. 133—135; 63. Bd., S. 217; 64. Bd., S. 252—253 (1927—1929).
 Jahresberichte der Sternwarte Wien. 74. Bd., S. 203—206; 75. Bd., S. 159—162 (1939—1940).
 Formeln zur isostatischen Reduktion von Schwerebeobachtungen. 59. Bd., S. 210—212 (1924).
 Über das System 70 Ophiuchi. 63. Bd., S. 343—348 (1928).
 Über Polschwankung und Polwanderung (Vortrag auf der AG-Tagung Danzig). 74. Bd., S. 240—242 (1939).
7. Gerlands Beiträge zur Geophysik.
 Über Flutreibung und Kontinentalverschiebung. 15. Bd., S. 401—411 (1926).
 Neue Formeln zur Isostasie. 18. Bd., S. 185—217 (1927).
 Über die Elastizitätskonstante der Erde (in zwei Teilen). 23. Bd., S. 379—429 (1929) und 44. Bd., S. 59—80 (1935).
 Zur Frage nach dem isostatischen Massenausgleich in der Erdkruste (in zwei Teilen). 29. Bd., S. 201—225 (1931) und 36. Bd., S. 242—268 (1932).
 Über die Polfluchtkraft. 48. Bd., S. 349—387 (1936).
 Über Polschwankung und Polwanderung. 56. Bd., S. 155—202 (1940).
 Bemerkungen zu Preys Reduktion der Schweremessungen. 56. Bd., S. 223—225 (1940).
8. Zeitschrift für Geophysik.
 Neue Formeln zur Isostasie. 3. Bd., S. 369—370 (1927).
9. Annalen der Wiener Sternwarte.
 Bestimmung der Polhöhe von Wien nach der Horrebow-Talcottschen Methode, ausgeführt auf der k.k. Sternwarte in der Zeit vom Dezember 1898 bis Juni 1901. 19. Bd., S. 101—162 (1908).
10. Veröffentlichungen der Sternwarte der Deutschen Universität Prag.
 Über die Laplace'sche Theorie der Planetenbildung. 16 S. (1920).
11. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen.
 Die Bestimmung von Lotabweichungen ohne Netzausgleich. 36. Bd., S. 23—24 (1948).

III. Sonstige Veröffentlichungen, auch populären Inhaltes

- Die Figur der Planeten auf Grund der Theorien über das Gleichgewicht rotierender Flüssigkeitsmassen. Astr. Kalender der Wiener Sternwarte von 1905, S. 114—125.
 Die Polschwankungen. Astron. Kalender der Wiener Sternwarte von 1926, S. 101—116.
 Über Hörbigers „Weltelehre“. Die Sterne. 7. Bd., S. 207—211 (1927).
 Über Hörbigers Glazialkosmogonie. Naturwissenschaften. 10. Bd., S. 585—592 (1922).
 Über die Schweremessungen auf dem Meere. Naturwissenschaften. 21. Bd., S. 713—719 (1933).
 Über die Stellung der Mondsichel. Festschrift Spitaler. (Zeitschrift des Sudetendeutschen Geb.-Vereins).
 Die heutigen Aufgaben der theoretischen Astronomie. Forschungen und Fortschritte. 6. Bd. (1930).
 Karl Hillebrand zum 70. Geburtstag. Forschungen und Fortschritte. 7. Bd. (1931).
 The mechanism of mountain formation. Research and Progress. (1934).
 Die Bestimmung der Entfernungen im Weltraum (Vortrag 1931).
 Das System der kleinen Planeten (Vortrag 1934).
 Die Rotationserscheinungen der Erde (Vortrag 1938).
 Nachruf auf W. E. Bernheimer (1937).

Die geophysikalischen Arbeiten Adalbert Preys

Von Dr. Karl Ledersteger, Wien

Preys geophysikalisches Lebenswerk gruppiert sich im wesentlichen um drei große Probleme, die Hypothese der Isostasie, die Bestimmung der Elastizitäts- und Viskositätskonstante der Erde und die Möglichkeit von Kontinentalverschiebungen. Eine seiner jüngsten Arbeiten bringt noch eine sehr originelle Methode zur Berechnung eines weitmaschigen astronomischen Nivellements ohne Netzausgleich. Will man Preys große Abhandlungen kurz charakterisieren, so muß man vor allem feststellen, daß er sich nicht mit rein theoretischen Erwägungen begnügt, sondern die Probleme mit staunenswerter Arbeitskraft durch umfassende quantitative Untersuchungen zur Lösung zu bringen versucht.

1.

Die Frage der einwandfreien Schwerereduktion, die Prey schon 1904 im Anschluß an Poincaré beschäftigte, gab den Anstoß zu seiner bekannten „Darstellung der Höhen- und Tiefenverhältnisse der Erde durch eine Entwicklung nach Kugelfunktionen bis zur 16. Ordnung“ (Abhandl. d. kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Bd. 11, 1922), die er neben seiner beruflichen Tätigkeit und wiederholt unterbrochen in 13 Jahren bewältigte. Da diese Entwicklung vielfach zur Grundlage seiner quantitativen Analysen zum Problem der Erdfigur und der Isostasie wurde, sei sie an die Spitze gestellt. Prey beabsichtigte mit dieser Arbeit nicht bloß, die schwierigen isostatischen Reduktionen zu erleichtern, sondern auch eine brauchbare Grundlage für die mannigfachsten geophysikalischen Probleme zu schaffen. Zugrundegelegt wurde die zweite Neumannsche Methode der Kugelfunktionsentwicklung, bei der das Beobachtungsmaterial aus den numerischen Werten in den Schnittpunkten von $2p$ äquidistanten Meridianen mit $(p + 1)$ Parallelkreisen besteht. Für $p = 16$ fallen letztere mit hinreichender Annäherung mit den Zehner-Parallelen zusammen und die Aufgabe ist praktisch gerade noch zu bewältigen. Prey nahm drei Entwicklungen vor. Die Entwicklung der Lithosphäre bringt die Höhen- und Tiefenverhältnisse zum Ausdruck, während die Entwicklung der Hydrosphäre die Meerestiefen allein darstellt, also in allen Festlandpunkten den Wert Null ergeben soll. Lediglich als Rechenkontrolle war die dritte Entwicklung (physische Erdoberfläche) gedacht. Sie stellt nämlich umgekehrt die Festlandhöhen dar, während sie auf dem Meere überall Null ergeben soll. Mithin ist die erste Entwicklung die Summe der beiden folgenden. Prey dachte ursprünglich daran, diese Entwicklungen geschlossen von Ordnung zu Ordnung vorwärts zu treiben, um den Beitrag der einzelnen Ordnungen zu dem allmählich entstehenden Erdbild herauszuschälen. Wegen des gigantischen Anstiegens der notwendigen Arbeit mußte er diesen Gedanken aber nach der 5. Ordnung aufgeben. Genäherte Konvergenzbetrachtungen berechtigten ihn aber zu der Feststellung, daß mit fortschreitender Ordnung das wahre Erdbild immer besser approximiert wird. Selbstverständlich ist dieser Annäherung eine gewisse Grenze durch den Umstand gesetzt, daß bei $p = 16$ nur 544 Ausgangswerte vorliegen, deren jeder für ein Gebiet von rund 76 Quadratgraden repräsentativ sein muß. Die Darstellung darf als recht befriedigend bezeichnet werden. Für die schwierigste Entwicklung, die der Litho-

sphäre, liegen für rund 50% die Abweichungen des Rechenergebnisses vom Ausgangswert unter 200 *m*. Die größten Abweichungen kommen in hohen Breiten vor; 12 liegen zwischen 1000 und 2000 *m* und eine überschreitet den Betrag von 2000 *m*. Die graphische Darstellung der Ausgangswerte und der Resultate zeigt aber eine überraschend schöne Übereinstimmung. Die Form der Kontinente ist in großen Zügen wiedergegeben, doch ist die Küstenlinie landeinwärts verschoben. Die Behringstraße erscheint verbreitert, aber durch ein seichtes Meer ersetzt. Zentralamerika fehlt schon in den Ausgangswerten; zur Darstellung dieser schmalen Landbrücke hätte man die Entwicklung viel weiter treiben müssen. Die Tiefenverhältnisse des Stillen Ozeans sind ziemlich gut dargestellt. Der Atlantische Ozean erscheint im Nordosten naturgetreu durch ein seichtes Meer abgeschlossen. Das afrikanische Hochland ist gerade kenntlich, während das asiatische Hochland bis über 3000 *m* ansteigt. Vorderindien ist nur in der Küstenlinie angedeutet, hingegen Hinterindien besser ausgebildet. Die Sunda-Inseln sind durch eine kleine Insel im seichten Meer ersetzt, Australien im Süden verkleinert.

Bevor wir auf die Anwendung dieser Entwicklung eingehen können, müssen wir kurz einige der für die Reduktion der beobachteten Schwerkraftwerte auf das Meeresniveau ersonnenen Methoden streifen. Aus der Anziehung einer homogenen oder geschichteten Kugel, die bekanntlich so wirkt, als ob ihre gesamte Masse im Mittelpunkt konzentriert wäre, folgt für den vertikalen Gradienten der Schwerkraft für ein Meter Höhenzunahme -0.3 mgal (ein Milligal ist der tausendste Teil der Beschleunigungseinheit cmsec^{-2}). Weil aber im Beobachtungswert g die Wirkung der sichtbaren und unsichtbaren Massenunregelmäßigkeiten steckt, werden bei der Freiluftreduktion oder der Reduktion von F a y e:

$$g_F = g_h + 2gh/r$$

gleichsam alle Massenunregelmäßigkeiten unverändert in ihrer gegenseitigen Lage um die Höhe h ins Erdinnere verschoben. Bei der Reduktion von B o u g e r werden vor der reinen Höhenkorrektur die über dem Meeresniveau liegenden Kontinentalmassen in Form einer horizontalen Platte in ihrer Wirkung auf den Beobachtungspunkt in Abzug gebracht:

$$g_B = g_h + 2gh/r - 3 \vartheta gh/2 \vartheta_m r.$$

Weil die Oberflächendichte der Erde $\vartheta = 2.7$ annähernd die Hälfte der mittleren Erddichte $\vartheta_m = 5.55$ beträgt, sinkt bei dieser Reduktion der Gradient der Schwere auf $5/8$ des Freiluftwertes. Selbstverständlich werden die Abweichungen der Oberflächenformen von der idealen Platte in Form einer Geländekorrektur berücksichtigt. Die unsichtbaren Massenunregelmäßigkeiten werden aber ebenso wie bei der F a y e schen Reduktion stillschweigend um die Höhe h ins Erdinnere verschoben.

Diese beiden Reduktionen nehmen also beträchtliche Massenverschiebungen vor und ändern daher sowohl das Geoid wie auch die Hauptträgheitsachsen des Erdkörpers ab. Demgegenüber versucht die Reduktion von P r e y¹⁾ die wahre Massenlagerung in der Erdkruste und damit alle Niveauflächen unverändert zu

¹⁾ A. P r e y, Über die Reduktion der Schwerebeobachtungen auf das Meeresniveau, Sitz.-Ber. Akad. d. Wiss., Bd. 113, 1904.

belassen. Es wird also zunächst die Bouguersche Plattenwirkung b abgezogen, sodann der Aufpunkt ins Meeresniveau verlegt und nachträglich die Platte wieder aufgesetzt. Da diese Massen jetzt aber nach oben ziehen, läuft die Preysche Reduktion darauf hinaus, daß, abgesehen von der Geländekorrektur, die Plattenwirkung b zweimal abzuziehen ist:

$$g_p = g_h + 2gh/r - 2b.$$

Hat die Bouguersche Reduktion den Gradienten um $3/8$ vermindert, so nimmt er nun um weitere $3/8$ auf $1/4$ ab. Die letzte Formel ist, wie Prey²⁾ selbst betont, noch nicht vollständig, weil sie die unterirdischen Massenunregelmäßigkeiten noch nicht berücksichtigt. Will man den tatsächlichen Schwerewert am Geoid finden, so muß man die Wirkung dieser Massenunregelmäßigkeiten auf die Beobachtungsstation abziehen und die Wirkung auf den zugehörigen Geoidpunkt addieren. Nach der Lehre vom Massenausgleich sind die Kontinentalmassen durch unterirdische Massendefizite kompensiert. Besteht also Isostasie, so muß man isostatisch reduzieren, um den wahren Schwerewert am Geoid zu finden. Ist k_h die Wirkung der Kompensationsmasse auf die Beobachtungsstation, k_o die Wirkung auf den Geoidpunkt, so erweitert sich die Preysche Formel:

$$g_p = g_h + 2gh/r - 2b - k_h + k_o.$$

Dabei ist zu beachten, daß die Kompensationsmasse auf dem Festland negativ und auf dem Ozean positiv ist.

Die Kugelfunktionsentwicklung des irdischen Schwerfeldes im Außenraum wird bekanntlich nach Bruns in die Summe:

$$W = U + T$$

zerlegt, wobei in U die Glieder 0. und 2. Ordnung des Gravitationspotentials sowie das Potential der Fliehkraft zusammengefaßt sind, während die „Restfunktion“ T durch die Massenunregelmäßigkeiten in der Erdkruste bedingt ist. Die Brunsche Theorie vergleicht dann die beiden Flächen:

$$W = c \quad \text{und} \quad U = c$$

miteinander und definiert entsprechend die Geoidundulationen als die Hebungen und Senkungen des Geoids $W = c$ gegenüber dem Niveausphäroid $U = c$ desselben Potentialwertes. Durch eine ähnliche Entwicklung der auf das Geoid reduzierten Schwerewerte oder auf dem Ausgleichswege gewinnt man die normale Schwere γ , etwa die sogenannte „Internationale Schwereformel“ (1924)

$$\gamma = 978.049 (1 + 0.005 2884 \sin^2 \varphi) \text{ cmsec}^{-2}.$$

Die Gegenüberstellung der reduzierten Beobachtungswerte und der theoretischen Schwerewerte liefert dann die Schwerstörungen $(g - \gamma)$. Sie werden nach Hopen^{er} als scheinbar deshalb bezeichnet, weil sie Schwerewerte verschiedener Potentialfunktionen in verschiedenen Punkten miteinander vergleichen. Der natürlichen Sachlage nach haben wir über den Kontinenten Hebungen und über den Ozeanen

²⁾ A. Prey, Bemerkungen zu Preys Reduktion der Schweremessungen, Gerl. Beitr., Bd. 56, 1940.

Senkungen des Geoids zu erwarten. Herrscht also im Geoidpunkt P die Schwerkraft g und die normale Schwerkraft γ' , so hat man die scheinbare Schwerestörung $(g - \gamma)$ von der wahren Schwerestörung $(g - \gamma')$ wohl zu unterscheiden. Nur

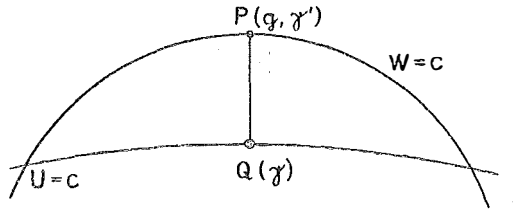


Fig. 1

letztere hängt allein von der Restfunktion T ab, während in der scheinbaren Schwerestörung noch der Einfluß der Niveaudifferenz hinzutritt. Ist $PQ = \zeta$ die Undulation, so ist dieser Einfluß durch den Term von *Brun*s:

$$\zeta \frac{\partial \gamma}{\partial n}$$

gegeben. Da bei einer Geoidhebung γ um diesen Betrag größer ist als γ' , so ist z. B. für $\zeta = 100 \text{ m}$ die scheinbare Schwerestörung um 31 mgal kleiner als die wahre. Die hohe Bedeutung des Terms von *Brun*s kommt aber erst im Zusammenhang mit der Frage der Isostasie in Erscheinung.

Für die Lehre vom Massenausgleich zieht man am besten die *Boug*er'schen Schwereanomalien heran. Denn da in diesen die Wirkung der über dem Geoid liegenden Massen in Abzug gebracht ist, müßten die nach *Boug*er reduzierten Schwerewerte annähernd normal, also die wahren Schwerestörungen nahezu Null sein. In Wirklichkeit zeigen aber die scheinbaren *Boug*er'schen Anomalien auf den Kontinenten systematisch negative Werte, die entweder vermöge des Terms von *Brun*s durch beträchtliche Geoidhebungen oder durch unterirdische Massendefekte erklärt werden können, die die sichtbaren Massenüberschüsse mehr oder minder vollständig kompensieren. Ganz analog zeigen die ozeanischen Schwerewerte ein ziemlich normales Verhalten, obwohl die Meere beträchtliche Massendefizite darstellen. Dies zwingt zu der Annahme, daß unter dem Meeresgrunde Massen größerer Dichte das Defizit des Wassers aufwiegen, wenn nicht zu den kleineren g -Werten auch kleinere γ -Werte gehören. Im Sinne des Terms von *Brun*s würde letzteres voraussetzen, daß über den Weltmeeren das Niveausphäroid hoch über dem Geoid verläuft. Das Verhalten der Lotabweichungen, die empirisch viel kleiner sind, als man es aus synthetischen Rechnungen auf Grund der sichtbaren Massenunregelmäßigkeiten erwarten sollte, spricht aber eher für die Isostasie als für große Undulationen. Den scheinbaren Widerspruch, daß die Undulationen des Geoides klein, hingegen die *Preys*chen Schwereanomalien groß sind, versucht *Prey*²⁾ selbst zu erklären. In Fig. 2 ist M die störende Masse, M' ihre Kompensation. Auf den Kontinenten entspricht M eine Anziehung, M' eine Abstoßung, auf den Ozeanen umgekehrt. Dann summieren sich im Falle der Fig. 2 a die in die Richtung von g fallenden Kraftkomponenten und geben eine große, den Normalwert verkleinernde

Schwerestörung. Im Falle der Fig. 2 b sind diese beiden Komponenten entgegengesetzt gerichtet und liefern daher eine kleine Schwerestörung. In beiden Fällen liegen aber die Zusatzkräfte beiderseits der normalen Schwererichtung und erzeugen daher nur eine kleine Lotstörung. Trotz dieser schwerwiegenden Argumente bemühte sich P r e y noch um die exakte Lösung dieser wichtigen von H o p f n e r aufgeworfenen Frage in der methodisch überspitzten Alternative: Große Undulationen — keine Isostasie oder kleine Undulationen — Isostasie.

Die Lehre von der Isostasie kann hier nicht systematisch geschildert werden. Wer einen klaren Einblick in diesen Fragenkomplex gewinnen will, sei auf P r e y s vorzügliche Einführung³⁾ verwiesen. Hier sei nur kurz daran erinnert, daß die Hypothese der Isostasie in verschiedenen Formen auftritt. Nach P r a t t sind die kompensierenden Massen gleichförmig bis zu einer in etwa 90 bis 120 km Tiefe liegenden Ausgleichsfläche verteilt. Dies kann so verstanden werden, daß auf jeder

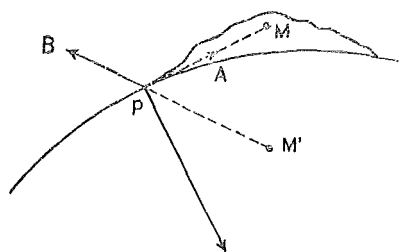


Fig. 2a

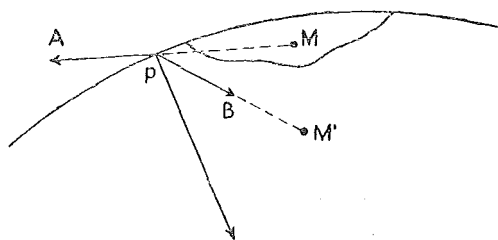


Fig. 2b

Flächeneinheit der Ausgleichsfläche der gleiche Druck lastet, daß also die Ausgleichsfläche die äußerste Niveaufäche mit hydrostatischem Gleichgewicht ist. Es kann aber auch so aufgefaßt werden, daß über jeder Flächeneinheit der Ausgleichsfläche die gleiche Masse liegt; dies entspricht der geologischen Vorstellung, daß die Kontinentalmassen einmal aus dem Untergrund herausgetreten sind (Aufblähungshypothese). In letzterem Sinne wäre die Isostasie strenge ein Massenausgleich. Dadurch aber wäre die Ausgleichsfläche keine Fläche konstanten Druckes. P r e y betont, daß dann wegen des notwendigen Druckausgleiches bloß eine tiefere Fläche die eigentliche Ausgleichsfläche mit hydrostatischem Gleichgewicht wird, womit man auf die erstere Form der Hypothese zurückkommt. Nach A i r y hingegen schwimmen die leichteren Sial-Schollen der Erdkruste auf dem schwereren, plastischen Untergrund (Sima). Je mächtiger eine Scholle ist, desto tiefer taucht sie in das Sima ein. Ohne eine Entscheidung zwischen diesen beiden prinzipiell verschiedenen Auffassungen herbeiführen zu wollen, gibt P r e y der P r a t t schen Hypothese erster Form den Vorzug, weil sie die Annahme gestattet, daß der Ausgleich in Säulen von viel kleinerem Querschnitt vorliegt, was die mathematische Behandlung wesentlich erleichtert.

Die erste synthetische Untersuchung P r e y s zum Problem der Isostasie

³⁾ A. P r e y, Die Theorie der Isostasie, ihre Entwicklung und ihre Ergebnisse, Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften, Bd. 4, Berlin 1925.

betrifft die Alpen ⁴⁾. Der Arbeit liegen 46 Pendelstationen Sternecks auf der Linie München—Innsbruck—Brenner—Bozen—Trient—Mantua, also eine Alpenüberquerung, zugrunde. P r e y versucht, die mit der sorgfältigst bestimmten mittleren Gesteinsdichte 2.73 berechneten negativen B o u g e r schen Schwereanomalien durch die Annahme eines Massendefektes von gleicher Größe wie die Alpenmasse zu erklären. Auch abgesehen von der Unkenntnis der Geoidundulationen ist die Aufgabe nicht eindeutig, weil bekanntlich unendlich viele Massenanordnungen denkbar sind, die die gleichen Schwerewerte liefern. P r e y nimmt daher den Massendefekt in Form eines liegenden Prismas an, dessen Ausdehnung in der Alpenrichtung so groß ist, daß sie für die Berechnung der Anziehung auf den in Frage kommenden mittleren Teil des Gebirges gleich unendlich gesetzt werden kann. Ferner wird die Krümmung der Erde vernachlässigt. Durch diese Annahmen wird der Kreis der möglichen Lösungen bereits stark eingeschränkt. Zur Bestimmung der Alpenmasse legte P r e y zunächst 18 Meridianprofile zwischen den Längen 27° 30' und 30° 20' östlich von Ferro im Abstand von je 10 Längenminuten und fand als Masse eines Querprofiles von 1 *m* Längserstreckung im Mittel 965 Millionen Tonnen, wobei der Umstand berücksichtigt wurde, daß die Zugrichtung der Alpen im Azimut von etwa 80° gelegen ist. Nachdem so die Defektmasse gefunden ist, werden die allgemeinen Formeln für die Attraktion einer prismatischen Platte entwickelt. Eine der P r a t t schen Vorstellung von der Isostasie entsprechende Lösung ergibt dann eine meridionale Ausdehnung der Platte von 190 *km*, deren Symmetrieachse gegenüber der gewählten Ausgangsstation Brenner, die in der Kammlinie liegt, um 10 *km* nach Norden verschoben ist, und die bei einer Defektdichte von -0.055 bis zu 90 *km* Tiefe reicht. Mathematisch einfacher, aber physikalisch natürlich lediglich als Hilfsvorstellung zu werten, ist die Annahme einer horizontalen Platte mäßiger Dicke, die symmetrisch zum Nullpunkt Brenner liegt. Sie führt abermals auf die runde Breite von 190 *km* und auf eine Tiefe von 44 *km*.

Im zweiten Teil der Arbeit berechnet P r e y für diese beiden Lösungen die durch den gesamten Massenkomplex (Alpen + Defektmasse) verursachte Verschiebung der Niveauflächen. Der Rechnung liegt ein schematischer Querschnitt der Alpen zugrunde. Die Kammlinie geht wieder durch den Brenner. Während sich aber der Südabhang in einer Breite von 145 *km* bis zum Meeresniveau erstreckt, ist der Nordabhang nur 77.6 *km* breit und endet in einer Seehöhe von 500 *m* im bayrischen Hochplateau. Die Verhältnisse sind in Abb. 3 wiedergegeben. Die scheinbare Schwierigkeit, daß das Potential eines unendlich langen prismatischen Körpers selbst unendlich wird, hebt sich dadurch auf, daß dasselbe natürlich auch für die kompensierende Masse gilt und in der Summe die Glieder, die die Längserstreckung der Prismen enthalten, sich gegenseitig tilgen. Aus den zusammengesetzten Potentialen leitet P r e y dann durch Division durch die Schwerebeschleunigung vermöge der fundamentalen Relation $dV = -gdh$ die Undulation ab. Er findet eine Geoidhebung von maximal 12 bis 13 *m*, und zwar liegt beidemale das Maximum wegen der Unsymmetrie der Alpen etwas südlich der Kammlinie.

⁴⁾ A. P r e y, Untersuchungen über die Isostasie in den Alpen auf Grund der Schweremessungen in Tirol, 1. Mitteilung: Sitz.-Ber. Akad. Wien, Bd. 121, 1912; 2. Mitteilung: Sitz.-Ber. Akad. Wien, Bd. 123, 1914.

$$\begin{aligned}
 \text{Alpen: } A'B &= 222600 \text{ m} \\
 A'C' &= 77600 \\
 C'B &= 145000 \\
 CC' &= 3000 \\
 AA' &= 500
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Defektmasse, Hypothese I: } MN &= 188400 \text{ m} \\
 MO &= 94200 \\
 C'O &= 43900
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Defektmasse, Hypothese II: } RS &= 187900 \text{ m} \\
 RT' &= 103950 \\
 T'S &= 83950 \\
 C'T' &= 94000 \\
 TT' &= 10000
 \end{aligned}$$

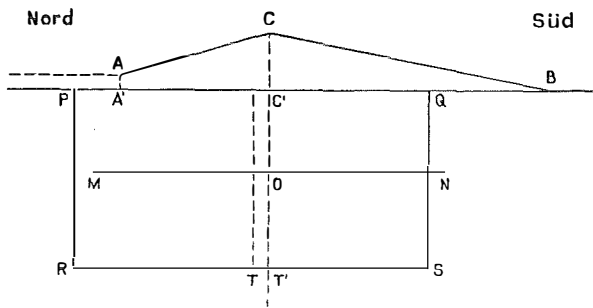


Fig. 3

Die Hypothese der Isostasie kann selbst als Grundlage einer neuen Methode der Reduktion der beobachteten Schwerewerte auf das Meeresniveau verwendet werden. Der Grundgedanke dieser isostatischen Reduktionsweise besteht darin, daß die sichtbaren Massenunregelmäßigkeiten nach isostatischen Prinzipien ins Erdinnere verlegt werden. Betrachten wir z. B. eine kontinentale Schwerestation, so wird zunächst die Wirkung der wegen der „Topographie“ verbesserten Bouguer'schen Platte in Abzug gebracht, sodann der Punkt ins Meeresniveau verlegt, jetzt aber die abgehobene Masse zur Auffüllung des unterirdischen Massen-defizites gleichmäßig bis zur Ausgleichsfläche verteilt und ihre die Schwerkraft wieder vergrößernde Wirkung auf den Geoidpunkt berechnet:

$$g_I = g_h + 2gh/r - b + \beta.$$

Für ozeanische Schwerestationen haben natürlich b und β negatives Vorzeichen. Man erkennt sofort, daß die Freiluftreduktion eine Art isostatische Reduktion ist, bei der einfach $b = \beta$ gesetzt wird. Sind die Massen in der Erdkruste tatsächlich isostatisch gelagert, so wird die Erde durch die isostatische Reduktion weitgehend „normalisiert“ und es dürften isostatisch reduzierte Schwerewerte überhaupt keine Undulationen zurücklassen. H o p f n e r hat dies so formuliert, daß die isostatische Reduktion künstliche Geoide schafft, die ihre eigenen Niveausphäroide sind. Prinzipiell ist es aber noch immer möglich, die wahren Geoidundulationen aus

isostatisch reduzierten Schwerewerten abzuleiten, wenn man mit genügender Genauigkeit die Abweichungen des „isostatischen“ Geoids vom wahren Geoid in Rechnung setzen kann. Dann hätten die isostatischen Schwerewerte sogar den Vorteil, daß sie für ihre weitere Umgebung als „repräsentativ“ gelten können. Jedenfalls steht derzeit die isostatische Reduktion im Vordergrund des Interesses und es gelang P r e y bereits 1924, seine Kugelfunktionsentwicklung der Lithosphäre dieser Reduktionsweise dienstbar zu machen ⁵⁾. Demgegenüber erfordert die übliche isostatische Reduktion, bei der in bestimmten, nach außen wachsenden Abständen konzentrische Kreise gelegt werden, deren Zonen durch Vertikalebene in Sektoren zerlegt werden, umständliche Berechnungen, vor allem aber komplizierte Grund- und Spezialtafeln, über deren definitive Gestaltung noch keine internationale Einigung erfolgt ist.

P r e y ⁶⁾ stellte für die Anziehung der Massenunregelmäßigkeiten, und zwar getrennt für die über dem Geoid liegenden Kontinentalmassen, für das Meer und für die isostatischen Kompensationsmassen im Sinne von P r a t t - H a y f o r d, je nach der Lage des Aufpunktes verschiedene Ausdrücke auf. Insgesamt ergeben sich dann vier Formeln, nämlich für Punkte im Erdinnern unterhalb des Meeresniveaus, für Punkte im Meere, für Punkte im Erdinnern oberhalb des Meeresniveaus und für Punkte in freier Luft, aus denen durch Spezialisierung zwei Formeln für Punkte des Festlandes und der Meeresfläche hervorgehen. In diesen Formeln tritt an Stelle der Höhen eine Kugelfunktionsentwicklung T auf, die in allen Punkten des Festlandes die richtigen Meereshöhen, in allen Punkten des Meeres die im Verhältnis $(1 - \vartheta^*/\vartheta)$ verkleinerten Meerestiefen als negative Größen darstellt. Darin sind $\vartheta = 2.7$ und $\vartheta^* = 1.03$ die bekannten Dichten des Festlandes und des Meeres. Mit diesen Formeln berechnete P r e y die isostatischen Korrekturen für jene Netzpunkte, die seiner Kugelfunktionsentwicklung der Höhen- und Tiefenverhältnisse zugrundeliegen. Diese Werte wurden kartiert und mittels quadratischer Interpolation die Linien gleicher Reduktionen eingezeichnet. So konstruierte P r e y eine Weltkarte der isostatischen Reduktionen, die recht interessant ist. Die Nulllinien schließen sich ziemlich genau an die Küsten an, so daß die Kontinente sofort zu erkennen sind. Hinterindien geht mit den Sunda-Inseln und Australien in einen Komplex zusammen. Neuseeland tritt hervor, obwohl es in der Höhenkarte fehlt. Dies beweist, daß für die Schwerestörung nicht allein die lokale Konfiguration, sondern die Massenverteilung auf der ganzen Erde maßgebend ist. Der Steilrand längs der Nulllinien zeigt den Unterschied zwischen Küste und Flachsee mit 20 bis 30 *mgal*. Die Kontinente weisen fast durchwegs positive Werte auf, im Hochgebirge und in Randnähe bis zu 35 *mgal*. Die Meere haben durchwegs negative Werte von 10 bis 30 *mgal*. Das Mittel aller positiven Werte ist +9.4, das Mittel aller negativen Werte -12.6. Es ist dies eine Folge des Ausgleichs nach dem Druck statt nach den Massen, wodurch das Meer das Festland überwiegt. Die P r e y sche Karte gilt natürlich nur für die Massenverteilung, die durch die Kugelfunktionen bis zur 16. Ordnung dargestellt ist. Man muß daher durch Vergleich

⁵⁾ A. P r e y, Über Formeln zur isostatischen Reduktion von Schwerebeobachtungen, Vierteljahrsschrift d. Astr. Ges., Jahrg. 59, 1924.

⁶⁾ A. P r e y, Neue Formeln zur Isostasie, Gerl. Beitr., Bd. 18, 1927.

der tatsächlichen Höhen mit den aus der „Darstellung“ gewonnenen Höhen die Restmassen abschätzen und diese mit den üblichen Tafeln für die isostatische Reduktion erfassen. Dabei genügt aber z. B. bei Verwendung der Tafeln von B o w i e - H a y f o r d die Beschränkung auf die Zonen bis 166 *km* Entfernung, was gegenüber der vollständigen Berechnung auf Grund der Tafeln allein ein sehr wesentlicher Gewinn ist.

Wohl die wichtigste der P r e y'schen Arbeiten zum Problem der Erdfigur will die Frage nach dem isostatischen Massenausgleich positiv entscheiden ⁷⁾. Damit wird, wie schon früher auseinandergesetzt, auch die Frage nach der Größenordnung der Geoidundulationen gelöst. Da bekanntlich die Schwerewerte auf dem Geoid keine eindeutigen Rückschlüsse auf die Massenordnung im Erdinnern gestatten, faßt P r e y das Problem umgekehrt an. Er berechnet, wie sich die Schwere auf einer nichtisostatischen Erde verhalten müßte, und vergleicht das Ergebnis mit den Beobachtungsdaten. Der erste Punkt von prinzipieller Wichtigkeit betrifft die Wahl der Referenzfläche, auf die man das Geoid beziehen will. P r e y lehnt die Verwendung des B r u n s'schen Niveausphäroides ab, weil die Glieder 2. Ordnung des Gravitationspotentials von den Trägheitsmomenten des tatsächlichen Erdkörpers und damit auch von den Massenunregelmäßigkeiten in der Erdkruste abhängen. Auch die vermutliche Elliptizität des Äquators oder genauer gesagt, die Abweichung des Äquators von der Kreisform ist auf die Massenunregelmäßigkeiten zurückzuführen, die sehr wohl eine geringe Verschiedenheit der äquatorealen Hauptträgheitsmomente bedingen können. Hingegen ist es selbstverständlich, daß die „Normalerde“ ein Rotationskörper sein muß.

P r e y gelangt folgendermaßen zu einer Normalerde. Zunächst wird vorausgesetzt, daß die Erde nicht isostatisch sei, daß also keine inneren Massenunregelmäßigkeiten vorhanden sind. Sodann wird die Abplattung vernachlässigt, da ihr Einfluß auf die Schwere hinlänglich bekannt ist. Denkt man sich jetzt alle Höhen abgetragen und in die Tiefen der Ozeane versenkt, so entsteht eine Kugel, deren Oberfläche 2455.7 *m* unter dem tatsächlichen Meeresniveau liegt; denn das Glied 0. Ordnung der Entwicklung der Lithosphäre ist -2455.7 m . Über dieser Kugel wird dann das Meer ausgegossen, das gemäß dem Glied 0. Ordnung der Entwicklung der Hydrosphäre die Kugel in einer Tiefe von 2680.9 *m* bedeckt. Die so entstandene Oberfläche der Wasserhülle der Normalerde liegt demnach 225.2 *m* über dem tatsächlichen Meeresniveau, das selbst als Normalfläche dient und auf dem jetzt die konstante Normalschwere herrscht. Nunmehr werden die Massen wieder solange verlagert, bis über der gestörten Niveaufläche desselben Potentialwertes die der Kugelfunktionsentwicklung der Lithosphäre entsprechende Lagerung entstanden ist. Es wird also berücksichtigt, daß die Höhen nicht von der „Normalfläche“, sondern von der durch die unregelmäßige Massenverteilung gestörten Niveaufläche zu rechnen sind. Für die Bestimmung des Potentials der Massenunregelmäßigkeiten benützte P r e y natürlich seine früher entwickelten „Neuen Formeln“. Er fand für diesen Fall fehlender Massenkompensation recht beträchtliche Geoidhebungen. Sie steigen in Eurasien bis über 1600 *m* an. Die Massen der

⁷⁾ A. P r e y, Zur Frage nach dem isostatischen Massenausgleich in der Erdrinde, 1. Mitteilung, Gerl. Beitr., Bd. 29, 1931; 2. Mitteilung, Gerl. Beitr., Bd. 36, 1932.

großen Kontinente Eurasien und Amerika heben die Niveaufläche so hoch, daß die nördlichen Teile der beiden Ozeane ganz überbrückt werden. Senkungen treten im Stillen Ozean erst südlich 50° , im atlantischen gar erst südlich 10° nördlicher Breite auf. Die maximale Depression ist im stillen Ozean $1200\ m$, im atlantischen Ozean nur $500\ m$. Australien bleibt ganz im Gebiet der Depression. Auch die Antarktis bleibt im wesentlichen unter Null, während das nördliche Polarmeer über $1100\ m$ ansteigt.

Für die Berechnung der Schwerewerte an der Oberfläche dieser nichtisostatischen Erde, genauer ihrer Abweichungen gegenüber dem konstanten Normalwert, mußten die die Undulationen der gestörten Niveaufläche ausfüllenden Massen von den über dieser Niveaufläche liegenden Massen scharf auseinandergehalten werden. Im übrigen konnte P r e y wieder weitgehend seine „Neuen Formeln“ heranziehen. Die erhaltenen Schwereabweichungen — der Begriff Schwerestörung oder Schwereanomalie bleibt besser den auf eine einheitliche Niveaufläche bezogenen Werten reserviert — sind durchwegs stark negativ, im Mittel etwa $260\ mgal$. Auf dem Festland ist dies durch die Seehöhe und die Geoidhebung im Sinne des Terms von B r u n s, auf dem Meere durch das Überwiegen des Massendefektes bedingt. Auf diese Schwerewerte wendet P r e y nun die üblichen Methoden der Reduktion an. Weil die Freiluftreduktion der isostatischen Reduktion verwandt ist, müßte sie zwar bei einer isostatisch aufgebauten Erde auf ziemlich normale Schwerewerte führen; im vorliegenden nichtisostatischen Fall könnten aber die Freiluftanomalien nur dann annähernd verschwinden, wenn sich der Einfluß der unkompenzierten Massen mit der Höhenlage des Geoids gegenüber der Normalfläche ausgleicht. Die in Tabelle 5 des zweiten Teiles der Arbeit ausgewiesenen F a y e schen Anomalien zeigen aber noch immer einen starken negativen Mittelwert. Erst wenn man diesen durch Addition von $250\text{—}300\ mgal$ beseitigt, erscheinen weite Gebiete der Kontinente und Meere als normal, so daß man im Sinne H o p f n e r s von einer Vortäuschung der Isostasie durch die Wirkung des Terms von B r u n s sprechen könnte. Auch die B o u g e r schen Anomalien (2. Teil, Tabelle 6) sind aus den oben angeführten Gründen durchwegs negativ. Sie zeigen aber eine starke Asymmetrie sowohl zwischen der Nord- und Südhalbkugel wie auch zwischen der Ost- und Westhälfte, die P r e y als im Widerspruch mit den empirischen Daten stehend für einen direkten Beweis des isostatischen Massenausgleiches erachtet.

Im zweiten Teil der Arbeit hat P r e y ganz analog den isostatischen Fall durchgerechnet. Seiner Normalerde wurden hier nicht wie oben bloß die sichtbaren Massenunregelmäßigkeiten zugefügt, sondern auch deren Kompensation nach P r a t t - H a y f o r d bei einer Ausgleichstiefe von $120\ km$. Zunächst wurde aus dem Potential der Störmassen die Entwicklung der Undulationen über der Normalfläche abgeleitet. Diese Undulationen sind viel kleiner als im nichtisostatischen Falle. Die Erhebungen über den Kontinenten betragen etwa 15 bis $30\ m$, das Maximum liegt mit $47.4\ m$ in Zentralasien. Die Ozeane zeigen Depressionen, die ihrem Absolutwert nach meist unter $20\ m$ liegen. Die größte Depression inmitten des großen Ozeans beträgt $-24.9\ m$. Die Abweichung des Äquators von der Kreisform erreicht nur $\pm 6\ m$, so daß man kaum von einer Elliptizität sprechen kann. Sind doch die errechneten Werte infolge der Unsicherheit in den Grundlagen selbst auf einige

Meter unsicher. Die Schwereabweichungen auf den Ozeanen sind sehr gering, aber fast systematisch negativ. Ähnliches zeigte auch die Weltkarte der isostatischen Reduktionen und beruht auf den durch die Isostasie bedingten negativen Werten über den Ozeanen. Die Kontinentalwerte sind wegen der Seehöhen der Punkte durchwegs negativ und erreichen in Zentralasien 1000 *mgal*. Reduziert man diese Schwerewerte nach der Freiluftformel, so bleiben nur ganz geringfügige Anomalien, was wegen der vorausgesetzten Isostasie selbstverständlich ist. Die Bouguer'schen Anomalien sind auf den Kontinenten systematisch negativ und auf den Ozeanen systematisch positiv. Sie zeigen also den Schweredefekt unter den Kontinenten und die Überschwere auf den Ozeanen, die eben auf die Hypothese der Isostasie geführt haben. In diesem synthetischen Ergebnis P r e y s findet die Hypothese der Isostasie eine sehr gewichtige Stütze.

Im Problem der Erdfigur soll aber umgekehrt aus der Schwereverteilung auf dem Geoid die Form der Niveaufläche erschlossen werden. Es ist ganz unmöglich, hier alle theoretischen Anstrengungen, die seit S t o k e s' berühmter Formel (1849) in dieser Richtung unternommen wurden, auch nur in großen Zügen zu schildern und die vielen Schwierigkeiten, betreffend die Referenzfläche, die Genauigkeit der Entwicklung, die Trennung von Außen- und Innenraum sowie die Reduktion der Beobachtungen, auseinanderzusetzen. Die methodisch-praktischen Versuche fußen zumeist auf S t o k e s. Ein großangelegter Versuch stammt von H i r v o n e n⁸⁾, der seinen Rechnungen Freiluftanomalien zugrundelegt. Er findet aber merkwürdigerweise Hebungen über den Ozeanen und Senkungen über den Kontinenten, die ihr Maximum in Zentralasien erreichen. Gegen dieses Ergebnis hegt P r e y s Zweifel. Seiner Meinung nach beziehen sich H i r v o n e n s Undulationen auf ein durch Massenverschiebung deformiertes Geoid, das nirgends existiert. Ein jüngerer, ebenfalls finnischer Versuch⁹⁾, bei dem isostatische Schwereanomalien mittlere Undulationen von $\pm 30 m$ gegenüber dem Internationalen Ellipsoid liefern, führt aber zu ähnlichen Ergebnissen.

Abschließend sei noch erwähnt, daß K. J u n g¹⁰⁾ 1944 die Untersuchungen P r e y s, die auf seiner Entwicklung des Erdreliefs nach Kugelfunktionen beruhen, auf die Isostasie nach A i r y ausgedehnt hat, was eine Entwicklung der Quadrate der Meereshöhen nach Kugelfunktionen und eine entsprechende Erweiterung der Theorie erforderlich machte. Es ist bemerkenswert, daß diese Arbeit für eine Festschrift anlässlich des 70. Geburtstages von A. P r e y bestimmt war, die aber leider nicht mehr erschienen ist.

2.

Auch die P r e y'schen Untersuchungen über die Elastizität und Zähigkeit erfordern eine kurze Schilderung der einschlägigen Probleme, selbst wenn sie nur in ihren Ergebnissen einem rein geodätisch orientierten Leserkreis verständlich

⁸⁾ R. A. H i r v o n e n, The Continental Undulations of the Geoid, Veröff. d. Finnisch-geod. Inst. Nr. 19, Helsinki, 1934.

⁹⁾ T a n n i, On the Continental Undulations of the Geoid as Determined from the Present Gravity Material, Publ. of the Isostatic Institut Nr. 18, Helsinki 1948.

¹⁰⁾ K. J u n g, Die rechnerische Behandlung der Airy'schen Isostasie, mit einer Entwicklung des Quadrates der Meereshöhe nach Kugelfunktionen (noch nicht erschienen).

werden sollen. Bekanntlich ist das irdische Schwerfeld unter dem Einfluß von Sonne und Mond zeitlichen Schwankungen nach Größe und Richtung unterworfen, die durch das Potential Ω der fluterzeugenden Kraft bestimmt sind. Ist die Erde starr, so bleibt das Gravitationspotential V unverändert, während die gestörte Niveaufläche durch:

$$W = V + \Omega = V_0 + \left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_0 \zeta + \Omega = \text{const.}$$

gegeben ist. Dabei ist, wie üblich, die Fliehkraft vernachlässigt. Die Erhebung der gestörten Niveaufläche über die ungestörte ($V = \text{const}$) ergibt sich dann wegen

$$g = - \left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)_0 \text{ aus: } \zeta = \frac{\Omega}{g}.$$

Die durch den Mond bewirkte maximale Erhebung beträgt knapp 54 *cm*, während aus dem konstanten Teil des Störpotentials eine polare Senkung von 28 *cm* und eine äquatorale Hebung von 14 *cm* folgt. Ist aber die (ungestörte) Erde eine inkompressible, homogene, elastisch-isotrope Kugel vom Radius a , so entsteht unter der Wirkung des Flutpotentials das Sphäroid:

$$r = a + k \frac{\Omega}{g}$$

und die gestörten Niveauflächen sind durch die Gleichung:

$$V + (1 + h) \Omega = \text{const.}$$

definiert. Das Glied $h \Omega$ stellt die durch die Deformation bewirkte Änderung des Gravitationspotentials dar. Die Abweichung der gestörten Niveaufläche von der ungestörten Niveaufläche desselben Arbeitswertes ist jetzt:

$$\xi = (1 + h) \frac{\Omega}{g}$$

Von den beiden Konstanten k und h charakterisiert die erste die elastische Verschiebung, die zweite die zugehörige Änderung des Gravitationspotentials.

Für eine starre Erde ist $h = k = 0$, für eine vollkommen nachgiebige Erde hingegen, deren Oberfläche mit der gestörten Niveaufläche zusammenfällt, $k = (1 + h)$. Mithin ist:

$$1 \geq \gamma = (1 + h - k) \geq 0$$

und es läßt sich leicht zeigen, daß diese Konstante das Verhältnis der beobachteten zur theoretischen Lotstörung auf einer vollkommen starren Erde darstellt. Die Bestimmung von γ aus den Horizontalpendelbeobachtungen der Gezeiten der festen Erdkruste stößt aber auf beträchtliche Schwierigkeiten, um deren Aufklärung sich namentlich W. S c h w e y d a r große Verdienste erworben hat. 1912 leitete er $\gamma = 0.61$ als Mittelwert ab, hielt aber später (1921) $\gamma = 0.84$ für den plausibelsten Wert.

Eine gänzlich anders geartete, jedoch nicht minder schwierige Erscheinung gestattet die empirische Bestimmung der Größe h . Es ist dies die N e w c o m b s c h e Periode der Polhöschwankung oder die freie Nutation der elastischen Erde. Für die starre Erde beträgt die Periode der freien Nutation oder die sogenannte

Euler'sche Periode τ_0 bekanntlich 303.3 Tage. Newcomb gelang der Nachweis, daß diese Periode durch die elastische Nachgiebigkeit der Erde verlängert wird. Dies kann man sich so vorstellen: Die Verlagerung der Rotationsachse im Erdkörper bewirkt eine elastische Deformation der Erde als Folge der geänderten Zentrifugalkraft. Als sekundäre Rückwirkung resultiert eine Kreisbewegung des wahren Trägheitspoles um den ungestörten Trägheitspol mit der Newcombschen Winkelgeschwindigkeit. Dann läßt sich auch die Bewegung des instantanen Rotationspoles als eine Kreisbewegung um den ungestörten Trägheitspol mit derselben Periode auffassen. Die Newcombsche Periode τ von etwa 430 oder vielleicht besser von 440 Tagen kann mit einer relativ großen Sicherheit aus der variablen Chandler'schen Periode der Beobachtungen des Internationalen Breitendienstes erschlossen werden. Nunmehr läßt sich h nach Love gemäß

$$h = \left(1 - \frac{\tau_0}{\tau}\right) \left(\frac{2\alpha - \delta}{\delta}\right)$$

berechnen, worin α die Abplattung und δ das Verhältnis von Fliehkraft zur Schwere am Äquator darstellt. Prey nimmt $h = 0.28$ an.

Für die homogene Erde ist die Elastizitätskonstante n mit den beiden Größen h und k durch die theoretischen Gleichungen:

$$h = 3/2 \left(1 + \frac{19n}{2ag\rho}\right)^{-1}; \quad k = 5/2 \left(1 + \frac{19n}{2ag\rho}\right)^{-1}$$

verbunden, woraus: $h = 3/5 k$

folgt. Unter Elastizitätskonstante wird hier nicht der Youngsche Dehnungsmodul E , sondern die zweite Lamesche Konstante, der Torsionsmodul oder Rigideitsfaktor verstanden. Diese Formeln führen aber auf gewisse Widersprüche, die Prey¹¹⁾ auf eine Überbestimmung zurückführt. Tatsächlich haben wir nur die drei Unbekannten h , k und n , hingegen 4 Gleichungen, nämlich den Wert von γ und die drei letzten Ausdrücke für h . Die Horizontalpendelbeobachtungen führen mit den beiden obigen Zahlenwerten für γ auf:

$$n = 5.7 \cdot 10^{11}, \text{ bzw. } 19.0 \cdot 10^{11} \text{ Dyn/cm}^2 \text{ } ^{12)},$$

während die Polhöschwankungen mittels der ersten zwei Formeln für h :

$$n = 9.10^{11} \text{ oder } 15.10^{11} \text{ Dyn/cm}^2$$

ergeben, je nachdem man in der Love'schen Formel die Abplattung 1 : 232 der theoretischen homogenen Erde oder die tatsächliche Abplattung 1 : 297 verwendet.

¹¹⁾ A. Prey, Anwendung der Methoden der Erdmessung auf geophysikalische Probleme, Einführung in die Geophysik von Prey - Mainka - Tams, Naturwiss. Monographien und Lehrbücher, Bd. 4, Berlin 1922.

¹²⁾ Die Dimension rührt daher, daß es sich bei den elastischen Kräften (Normal- und Tangentialspannungen) um Flächenkräfte handelt. Es sind auch die Dimensionen von

Erdradius a	=	$[cm]$
Schwerebeschleunigung g	=	$[cmsec^{-2}]$
Dichte ρ	=	$[g \text{ cm}^{-3}]$
$a g \rho$	=	$[g \text{ cm}^{-1} \text{ sec}^{-2}]$

Um zu erkennen, welche Vorstellung man mit diesen Zahlen zu verbinden hat, sei daran erinnert, daß der Righeitskoeffizient des Stahles $\mu = 8.1 \cdot 10^{11}$ CGS ist.

Die erwähnten Widersprüche veranlaßten H e r g l o t z und S c h w e y d a r, die Voraussetzung der Homogenität der Erde fallen zu lassen. Sie legten entweder die Annahme W i e c h e r t s, nach der die Erde aus einem homogenen Metallkern der Dichte 8.2 und einem homogenen Gesteinsmantel der Dichte 3.2 besteht, oder das Dichtegesetz von R o c h e:

$$\rho = \rho_0 (1 - \beta r_1^2) \quad \text{mit } r_1 = r/a$$

zugrunde. H e r g l o t z fand, daß die Dichtezunahme im Erdinnern die Nachgiebigkeit der Erde verringert, also den Righeitskoeffizienten vergrößert. Für W i e c h e r t s Annahme ergab sich $\mu = 11.68 \cdot 10^{11}$. S c h w e y d a r nahm zuerst für Kern und Mantel verschiedene Elastizitätskonstante an und ging schließlich zu der Vorstellung einer kontinuierlichen Zunahme des Righeitskoeffizienten gegen den Erdmittelpunkt über, wofür er analog dem R o c h e schen Dichtegesetz postulierte:

$$\mu = \mu_0 (1 - \eta r_1^2)$$

Hier setzte nun A. P r e y¹³⁾ ein. Er machte die Entdeckung, daß sich weder die Formeln von H e r g l o t z noch die von S c h w e y d a r (durch Nullsetzen von β und η) für den homogenen Fall spezialisieren lassen, sondern dann die elastischen Deformationen ganz verschwinden. P r e y sah sich daher genötigt, die Theorie im Anschluß an S c h w e y d a r neu zu entwickeln. Er setzt die Erde als eine elastisch-isotrope Kugel aus gravitierender und inkompressibler Masse voraus. Die Dichte und die Righeit sind stetige Funktionen der Entfernung vom Erdmittelpunkt. In jedem Punkt herrscht hydrostatisches Gleichgewicht. Durch kleine Störkräfte, deren Potential sich durch Kugelfunktionen darstellen läßt, erfährt die Kugel kleine Deformationen, die einen Zusatzdruck und eine kleine Änderung des Gravitationspotentials zur Folge haben. Auch diese drei Größen werden nach Kugelfunktionen entwickelt, deren Koeffizienten Funktionen von r allein sind. Ist U die Verschiebung in radialer Richtung, so erhält P r e y für die Koeffizienten der Entwicklung von (Ur) eine gewöhnliche Differentialgleichung 6. Ordnung, deren Integration mit Hilfe der beiden obigen Gesetze für den Verlauf von ρ und μ durchgeführt wird. Es folgt die Berechnung des geänderten Gravitationspotentials und die Integration der Differentialgleichung für den Druck. Die drei auftretenden Integrationskonstanten werden aus den Grenzbedingungen bestimmt, daß an der Oberfläche der Kugel alle Spannungen verschwinden.

Damit hat P r e y ein Formelsystem gefunden, aus dem unter Zugrundelegung numerischer Werte für ρ_0 , β , μ_0 und η die früheren Größen h und k berechnet werden. Er behält die R o c h e schen Werte:

$$\rho_0 = 10.10, \quad \beta = 0.764$$

bei, wählt aber für die beiden Konstanten der Formel für den Righeitskoeffizienten 26 verschiedene Wertekombinationen. Trägt man die erhaltenen Werte von h und γ in Funktion von μ_0 und η je in ein rechtwinkeliges Koordinatensystem ein

¹³⁾ A. P r e y, Über die Elastizitätskonstante der Erde, Gerl. Beiträge, Bd. 23, 1929.

und zeichnet darnach mit freier Hand Kurven gleicher h - und γ -Werte, so erweisen sich diese beiden Kurvensysteme überraschenderweise als praktisch identisch. Man kann also nicht aus den beiden numerisch vorgegebenen Größen h und γ die Konstanten n_0 und η berechnen; h und γ sind nicht unabhängig voneinander. Der Wert von h ist nun bedeutend sicherer als der Wert von γ . Selbst wenn sich die *Newcombsche* Periode um 10 Tage falsch erweisen sollte, so ändert sich h damit nur um wenige 0.01. Zu dem von *Prey* festgehaltenen Wert $h = 0.28$ gehört der Wert $\gamma = 0.74$. Glücklicherweise gibt es neben der Lotstörung und der *Newcombschen* Periode noch eine dritte Erscheinung, die empirische Anhaltspunkte geben kann. Es ist dies die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen. Darnach müßte die Elastizitätskonstante an der Erdoberfläche einen Wert von rund $3 \cdot 10^{11}$ besitzen. Mit Zuhilfenahme dieser Bedingung ergibt sich schließlich:

$$n = 16 \cdot 10^{11} (1 - 0.83 r_1^2) \text{ Dyn/cm}^2.$$

Doch gibt sich *Prey* damit nicht zufrieden. Da die Erdbebenforschung noch nie Transversalwellen nachweisen konnte, die tiefer als 2900 *km* in das Erdinnere eingedrungen sind, entspricht es unseren heutigen Vorstellungen besser, daß die Festigkeit in größeren Tiefen wieder abnimmt. Er postuliert daher für die gesetzmäßige Änderung von n :

$$n = n_0 r_1^2 (1 - \eta r_1^2),$$

also ein Gesetz, das im Erdmittelpunkt den Righeitskoeffizienten Null liefert. Die analogen Entwicklungen führen in diesem Falle auf das Resultat:

$$n = 60 r_1^2 (1 - 0.95 r_1^2) \text{ CGS},$$

wieder unter der Annahme, daß $h = 0.28$ das größere Vertrauen verdient. Das Maximum der Festigkeit beträgt jetzt $15.8 \cdot 10^{11}$ für $r_1 = 0.72$, d. h. in einer Tiefe von 1650 *km*.

In der zweiten Mitteilung¹⁴⁾ geht *Prey* von der Erkenntnis aus, daß die von *Love* und *Larmor* gegebene Formel für h nicht korrekt ist, weil man die mit der Zeit veränderlichen Trägheitsgrößen vor der Differentiation nach den Drehkomponenten einführen muß. Er macht dieselben Annahmen wie in der vorhergehenden Arbeit, nur daß sofort die zweite Form für das Gesetz der Variation von n zugrundegelegt wird. Da es sich um eine Ableitung der Größe h handelt, treten als Störkräfte hier die durch die Verlagerung der Rotationsachse bedingten Änderungen der Fliehkraft auf. *Prey* leitet hier die Bewegungsgleichungen aus dem *Hamiltonschen* Prinzip ab. Er stellt daher zunächst den allgemeinen Ausdruck für die lebendige Kraft auf und berechnet die Trägheitsmomente und -produkte. Für die numerische Auswertung wählte er der Reihe nach $n_0 = 50, 60$ und $70 \cdot 10^{11}$, Werte, die alle auf eine zu große *Newcombsche* Periode führen. Die beiläufige Interpolation mit $n_0 = 100 \cdot 10^{11}$ führte auf die Periode 439.3 Tage, womit sich *Prey* begnügte. Das Endresultat:

$$n = r_1^2 (1 - 0.97 r_1^2) \cdot 10^{13} \text{ CGS}$$

¹⁴⁾ A. *Prey*, Über die Elastizitätskonstante der Erde, 2. Mitteilung, *Gerlands Beiträge*, Bd. 44, 1935.

liefert an der Oberfläche $n = 3 \cdot 10^{11}$ und das Maximum $25.8 \cdot 10^{11}$ in einer Tiefe von 1800 km. Die zugehörigen charakteristischen Konstanten sind:

$$h = 0.22, \quad k = 0.41, \quad \gamma = 0.81.$$

Bisher wurde die Erde als ideal elastisch vorausgesetzt. Ist F die deformierende Kraft, S die Deformation, so gilt in diesem Falle:

$$F = n S \quad \text{oder:} \quad S = \frac{F}{n},$$

d. h. die Verschiebung tritt mit der Kraft sofort auf und verschwindet mit ihr sofort vollständig wieder. In Wirklichkeit aber ist die Elastizität mit einer gewissen Zähigkeit (Plastizität) und inneren Reibung verbunden, welche beide Begriffe scharf auseinander zu halten sind. Die Zähigkeit besagt, daß mit dem Auftreten von F zwar sofort eine Verschiebung einsetzt, die aber mit der Zeit allmählich anwächst. Verschwindet dann F , so bleibt eine dauernde Verschiebung zurück. Der mathematische Ansatz für die „Elasticoviskosität“ oder kurz „Viskosität“ stammt von Maxwell:

$$n S = F + \frac{1}{t} \int F dt, \quad S = \frac{F}{n} + \frac{1}{nt} \int F dt$$

Die Konstante t hat die Dimension [sec] und wird als Relaxationszeit bezeichnet. $n t = \mu$ heißt der „Viskositätskoeffizient“ schlechtweg. Je kleiner μ ist, desto rascher gibt die Masse der Einwirkung der Kraft nach. Damit lassen sich jetzt auch die Begriffe plastisch und zäh schärfer auseinanderhalten. Erreicht die Spannung, der ein elastischer Körper ausgesetzt ist, eine bestimmte Größe, die sogenannte „Elastizitätsgrenze“, so bleibt beim Verschwinden der Kraft eine elastische Nachwirkung zurück. Bei noch höheren Spannungen wird schließlich die „Fließgrenze“ erreicht. Selbst bei Sinken der Spannung bleibt dann die eingetretene Fließbewegung aufrecht. Bricht der Körper vor dem Erreichen der Fließgrenze, so heißt er „spröde“. Ist der Viskositätskoeffizient klein, so daß die Substanz bei Überschreiten der Fließgrenze leicht zu fließen beginnt, so heißt sie „plastisch“. Ist aber der Viskositätskoeffizient groß, so daß ein merkliches Fließen erst bei beträchtlicher Steigerung der Spannung über den Fließwiderstand eintritt, so spricht man von einem „zähen“ Stoff.

Ganz anders liegen die Verhältnisse im Falle der inneren Reibung oder „Firmoviskosität“. Infolge des Reibungswiderstandes wird die dem ideal-elastischen Verhalten entsprechende Verschiebung erst allmählich erreicht. Der mathematische Ansatz stammt von Lamor:

$$n \left(S + \mathfrak{F} \frac{\partial S}{\partial t} \right) = F, \quad S = \frac{F}{n} - \mathfrak{F} \frac{\partial S}{\partial t}.$$

Recht deutlich kommt der Unterschied bei kurzperiodischen Einflüssen zutage. Für solche verhält sich der elasticoviskose Körper wie ein rein elastischer, der firmoviskose hingegen wie ein völlig starrer Körper. $n \mathfrak{F} = \nu$ wird als Koeffizient der inneren Reibung bezeichnet. Die hier gebrachten Definitionen sind entnommen: B. Gutenberg: „Der physikalische Aufbau der Erde“, Handbuch der Geophysik, Bd. 2, 1933. Strenge Einheitlichkeit ist bisher noch nicht erzielt.

Die Untersuchungen über die Viskosität der Erde sind über Abschätzungen der Größenordnung der Viskositätskonstanten noch nicht hinausgekommen. Aber man kann ruhig sagen, daß die wertvollsten und gründlichsten Arbeiten von H. Jeffreys und A. Prey stammen. Wir haben soeben gesehen, daß sich die Erde gegenüber allen kurzperiodischen Einflüssen wie ein vollkommen elastischer Körper verhält. Ob auch noch die Polbewegung mit ihrer Periode von 430 bis 440 Tagen dazu zu zählen ist, steht noch nicht einwandfrei fest. Nur gegenüber säkularen Kräften zeigt die Erde eine gewisse Plastizität, wie Prey am Schluß des Abschnittes über die Konstitution der Erde betont¹¹⁾: „So stellt sich unter dem Drucke der Gebirge, Kontinente und Meere der Zustand der Isostasie her, und auf eine Änderung in der Umdrehungsdauer antwortet die Erde mit einer entsprechenden Änderung der Abplattung.“ Damit ist bereits auf den engen Zusammenhang des Problems der Viskosität mit der Frage der Kontinentalverschiebungen und Polwanderungen hingewiesen. Aus didaktischen Gründen seien hier aber diese beiden Probleme auseinandergehalten.

Unter den möglichen säkularen Kräften steht an erster Stelle die von Darwin entwickelte Theorie der Flutreibung. Der von der Flutkraft auf der festen Erde erzeugte Flutberg verzögert sich infolge der Zähigkeit der Massen, entsteht also erst, wenn sich der betreffende Punkt der Erde schon unter dem Monde durchgedreht hat. Mithin eilt der Flutberg dem Monde voraus. (Abb. 4.) Es entsteht ein

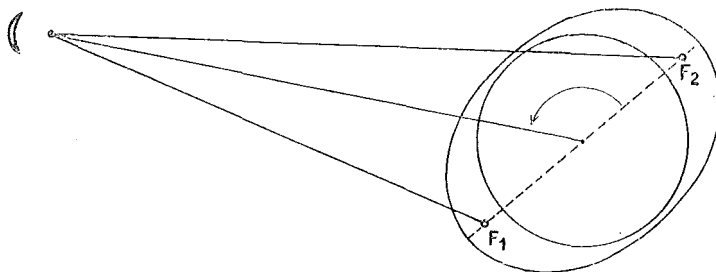


Abb. 4

Drehmoment, das bremsend auf die Erdumdrehung einwirkt. Dieses Voreilen des Flutberges wächst mit der Viskosität. Allerdings nimmt dabei die Höhe des Flutberges ab, was das Drehmoment wieder verkleinert. Gleichzeitig muß die zähe Masse der Erde dem westlichen Zug teilweise folgen; es entsteht eine Westdrift der Kontinente. Der Mond erfährt eine Reaktion, die ihn auf Grund des Flächensatzes von der Erde wegtreibt und seine Umlaufzeit, also die Dauer des siderischen Monates verlängert. All diese Vorgänge, wie überhaupt die ganze Entwicklungsgeschichte des Systemes Erde-Mond, hängen demnach aufs engste mit der Viskositätskonstante und ihrer zeitlichen Änderung zusammen. Nach Darwin hat sich der Mond von der Erde losgetrennt. Die Stelle dieser gewaltigen Katastrophe könnte der Stille Ozean sein, weil dort die Sialschicht ganz fehlt. Seine Resonanztheorie schildert er kurz so: „Der ursprüngliche Planet muß ganz oder größtenteils flüssig oder gasförmig gewesen sein. Die Periode der freien Grundschiwingung eines solchen Körpers würde wahrscheinlich 3 oder 4 Stunden betragen. Wenn dann der Planet

mit einer Periode von 6 bis 8 Stunden rotierte, würde die halbtägige Sonnentide von enormer Größe wegen ihrer Resonanz mit der freien Schwingung sein. So könnte die Sonnenanziehung Instabilität hervorrufen, wenn die Rotationsgeschwindigkeit allein nicht dazu ausreichte.“ D a r w i n wählte die Viskositätskonstante so, daß für die Gegenwart eine möglichst große Änderung der Schiefe der Ekliptik folgt, und rechnete in vier Zeitabschnitten bis zu jenem Zeitpunkt zurück, in dem die Entfernung des Mondes erst 9 Erdradien betrug. Da der Fluteinfluß verkehrt proportional der 6. Potenz der Entfernung des Mondes steigt, werden die einzelnen Entwicklungsphasen nach rückwärts immer kürzer. D a r w i n fand:

	Sterntag (mittl. Zeit)	Sid. Monat (mittl. Tage)	Schiefe der Ekliptik	Entfernung des Mondes in Erdradien	Zwischen- zeiten in Jahren:
1.	6 ^h 45 ^m	1.58	14° 25'	9.0	10 000
2.	7 50	3.59	15 30	15.6	300 000
3.	9 55	8.17	17 20	27.0	10 300.000
4.	15 30	18.62	20 40	46.8	46 300 000
Heute	23 56	27.32	23 28	60.4	<u>56 910 000</u>

P r e y¹⁵⁾ konnte zeigen, daß sich mit der Viskosität allein die Entwicklungszeiten ändern, sonst aber die D a r w i n schen Zahlen beibehalten werden können. Im Hinblick auf das Problem der Kontinentalverschiebung untersucht er vor allem die Frage, für welche Viskositätskonstanten in den einzelnen Abschnitten die kürzesten Entwicklungszeiten resultieren. Er fand die kürzeste Gesamtdauer der vier Abschnitte mit 55.5 Millionen Jahren, wenn μ von $0.8 \cdot 10^{15}$ am Beginn der ersten Periode bis auf $2.2 \cdot 10^{15}$ heute anwächst. In Wirklichkeit müssen wir aber in den uns näher liegenden Epochen mit wesentlich größeren Viskositätskonstanten rechnen, wodurch sich die Entwicklungszeiten beträchtlich vergrößern. Einem Wert $\mu = 10^{17}$ bis 10^{18} , wie wir ihn derzeit für das Material in den obersten Schichten der Erdkruste vorfinden, entspricht für den letzten Abschnitt bereits eine Dauer von 10^9 Jahren. Wenn wir aber, wie es notwendig sein dürfte, mit μ noch weiter hinaufgehen, auf 10^{20} bis 10^{21} , so kommen wir schon in Konflikt mit den geologischen Vorstellungen über das Alter der Erde, das man heute mit $1.5 \cdot 10^9$ Jahren annimmt. Jedenfalls müßte die Abtrennung des Mondes bald nach der Entstehung der Erdkruste stattgefunden haben.

Dies ist aber nicht das einzige Bedenken gegen die D a r w i n sche Theorie. P r e y macht an anderer Stelle¹⁷⁾ darauf aufmerksam, daß das Rotationsmoment, das nach mechanischen Gesetzen konstant sein muß, zu klein ist, um die Teilung zu bewirken. Somit müßte das Rotationsmoment aus unbekannter äußerer Ursache einmal größer gewesen sein. Trotz dieser Schwierigkeit hält aber P r e y an der Theorie von der Abtrennung des Mondes fest.

Ergänzend sei noch bemerkt, daß die durch Gezeitenreibung verursachte

¹⁵⁾ A. P r e y, Über Flutreibung und Kontinentalverschiebung, Gerlands Beiträge zur Geophysik, Bd. 15, 1926.

Verlängerung der Rotationsdauer der Erde nach Jeffreys¹⁵ in 120.000 Jahren beträgt. Schließlich seien vergleichsweise einige Viskositätskonstanten angegeben:

	$gcm^{-1} sec^{-1}$	dyn/cm^2	sec
Glas (710°)	$\mu = 5 \cdot 10^{10}$	$n = 2 \cdot 10^{11}$	$t = 0.25$
Blei (20°)	$= 1 \cdot 10^{16}$	$= 8 \cdot 10^8$	$= 10^7$
Steinsalz (18°)	$= 2 \cdot 10^{18}$	$= 3 \cdot 10^{11}$	$= 0.67 \cdot 10^7$

Eine zweite Möglichkeit zur Abschätzung der Viskositätskonstante der Erde bietet wieder die Newcombsche Periode der freien Nutation der Erdachse. Wäre, so schließt Prey¹⁶), diese freie Schwingung durch ein einmaliges Ereignis hervorgerufen worden, so hätte sich in den 50 Jahren des Bestehens des Breitendienstes schon eine Dämpfung nachweisen lassen müssen, wenn sich, wie man allgemein annimmt, die Erde wie eine zähe Flüssigkeit verhält. Ein derartiger Nachweis ist aber bis heute noch nicht einwandfrei gelungen. Also kann aus dem Fehlen einer Dämpfung eine untere Grenze für den Zähigkeitsgrad der Erde abgeleitet werden. Wie in seiner zweiten Mitteilung über die Elastizitätskonstante tritt als deformierend wieder die durch die Verlagerung der Erdachse hervorgerufene Änderung der Fliehkraft auf. Die mathematische Behandlung des Problems basiert auf dem Darwinschen Satz, daß man bei vorausgesetzter Inkompressibilität die Gleichungen für jedes Problem der Viskosität aus den entsprechenden der Elastizität gewinnt, wenn man die im letzteren Falle auftretenden Verschiebungen als Geschwindigkeiten im ersteren betrachtet. Bei der numerischen Durchrechnung findet Prey überraschend kurze Halbwertzeiten, d. h. Zeiten, in denen die Amplitude der freien Schwingung auf die Hälfte sinkt. Für $\mu = 10^{20}$ wird die Halbwertzeit 8.2 Jahre, für $\mu = 10^{25}$ entsprechend $8.2 \cdot 10^5$ Jahre. Kann man daher in 50 Jahren noch keine Dämpfung erkennen, so muß bei der obigen Annahme geschlossen werden, daß die Viskositätskonstante mindestens von der Ordnung 10^{22} ist. Weil aber eine derart große Viskositätskonstante sehr unwahrscheinlich ist, schließt sich Prey der Schweydarschen Hypothese an, derzufolge die Chandler'sche Bewegung eine bloße Begleiterscheinung der durch die meteorologischen Massentransporte bedingten jährlichen Polbahn ist. Diese erfolgt keineswegs regelmäßig, so daß die freie Schwingung durch unregelmäßige Stöße immer neu angeregt wird. An Stelle der idealen Newcombschen Bewegung tritt die Chandler'sche Bewegung, deren Amplitude und Phase sich ständig ändern. Diese Vorstellung gestattet tatsächlich, den Viskositätskoeffizienten wesentlich kleiner anzunehmen. Denn um Anhäufungen zu vermeiden, müssen die früher erregten Schwingungen schon stark gedämpft sein, wenn eine neue hinzukommt. Geht man aber mit μ auf 10^{20} herab, so werden die Halbwertzeiten schon so kurz, daß sich die Erde wie eine Flüssigkeit verhält.

Damit kommt Prey auf das Problem von Polwanderungen bei einer flüssigen Erde mit fester Kruste. Die Erde wird also hydrostatisch behandelt. Der flüssige oder plastische Kern nimmt stets die Figur eines Rotationsellipsoides an, dessen kleine Achse mit der instantanen Drehachse zusammenfällt. Für die feste

¹⁶) A. Prey, Über Polschwankung und Polwanderung, Gerlands Beiträge zur Geophysik, Bd. 56, 1940.

Erdkruste wird vollständige Isostasie angenommen, wobei die Hypothesen von P r a t t und A i r y gesondert behandelt werden. Das Problem der Bewegung der Erdachse kann in geschlossener Form durch elliptische Integrale gelöst werden. Die Hauptachse des größten Trägheitsmomentes der Kruste liegt im Altai ($\varphi = 48^{\circ}.5$, $\lambda = 87^{\circ}.1$ östl. Gr.). Dies ist der Zentralpunkt der Polbewegung, die für die Hypothese von A i r y mit der außerordentlich kurzen Periode von rund 9000 Jahren erfolgt. Die Hypothese von P r a t t gibt noch kleinere Werte und bleibt daher beiseite. Weil diese Periode allen geologischen und astronomischen Beobachtungen widerspricht — die beobachtete säkulare Polwanderung beträgt $0''0041$ pro Jahr in Richtung 58° westl. Länge —, könnte man annehmen, daß die Erde bereits ihren Endzustand erreicht hat, bei dem die Rotationsachse mit der polaren Hauptträgheitsachse zusammenfällt. Freilich müßten dann aber auch die Deviationsmomente der Kruste verschwinden. Durch eine geringe Abweichung von der vollständigen Isostasie wäre dies möglich, zumal ja die berechneten Deviationsmomente von der 2. Ordnung sind. Sodann sind Konfigurationen der Kruste denkbar, die zu wesentlich längeren Perioden führen, aber als Zufallslösungen nicht befriedigen. Am wahrscheinlichsten erscheint P r e y die Annahme, daß die Kruste selbst nur zum geringen Bruchteil fest ist und den Bewegungen der flüssigen Erde weitgehend folgt. Ist z. B. nur $1/100$ der Krustenmasse wirklich fest, so steigt die Periode auf fast eine Million Jahre. Eine derartige Steigerung ist aber notwendig, um eine ruhige geologische Entwicklung zu verbürgen, widrigenfalls bedeutende Klimaschwankungen und heftige Erdbeben die Erde dauernd erschüttern würden. Danach hätte man die Erde als eine Flüssigkeit mit einer sehr dünnen unnachgiebigen Haut aufzufassen.

P r e y s Untersuchungen führen also auf einen Viskositätskoeffizienten von mindestens 10^{20} , ein Ergebnis, dem auch G u t e n b e r g beipflichtet.

3.

Wie schon erwähnt, steht das Problem der Kontinentalverschiebung und der Krustenbewegungen im engsten Zusammenhang mit der Zähigkeit der Erde. Kontinentalverschiebungen hat man bisher aus zwei Kräften zu erklären versucht, nämlich aus der Westdrift der Flutreibung und aus der sogenannten Polflucht. Beide hat P r e y einer gründlichen Analyse unterzogen.

Die Westdrift der Flutreibung schien namentlich mit dem Auftreten der berühmten Theorie der Kontinentalverschiebungen von W e g e n e r sehr verlockend. P r e y hat daher im zweiten Teil seiner Arbeit: „Über Flutreibung und Kontinentalverschiebungen“¹⁵⁾ die Frage untersucht, welche Verschiebungen an der Erdoberfläche während der vier Phasen der D a r w i n s c h e n Entwicklungsgeschichte des Systemes Erde-Mond möglich waren. Die Diskussion des D a r w i n s c h e n Differentialquotienten der Verschiebung zeigt, daß die Verschiebungen für kleine Viskositätskonstanten und namentlich im Anfang der Entwicklung recht groß sind. Bleibt man jedoch bei jenen Werten von μ , die eine rasche Entwicklung verbürgen, so werden die Zwischenzeiten in den Anfangsstadien so kurz, daß trotz des größeren Differentialquotienten nur eine kleine Verschiebung resultiert. Um größere Verschiebungen zu erhalten, muß man mit μ heruntergehen, womit automatisch die Zwischenzeiten steigen, besonders die letzten Perioden. Rasche Be-

wegungen sind nur in den frühesten Phasen möglich und können dort beträchtliche Werte erreichen. Dann aber muß man mit größeren Werten von μ weiterrechnen, damit diese Verschiebungen nicht allzuweit zurückliegen. Im Falle $\mu = 10^{14}$ erhält man eine Gesamtverschiebung von 360° Länge im Äquator, im Falle $\mu = 10^{13}$ eine Gesamtverschiebung von 360° . Doch beanspruchen die vier Entwicklungsphasen dann bereits 5.7 Milliarden Jahre! Die günstigste Lösung erhält man, wenn μ zu Anfang 10^{12} bis 10^{13} war und bis zur Gegenwart auf etwa $3 \cdot 10^{16}$ ansteigt. Auf Grund der D a r w i n schen Lehre sind also Kontinentalverschiebungen in dem Ausmaße, wie sie die Wegenersche Theorie fordert, wohl möglich. Sie liegen aber mindestens 50 bis 60 Millionen Jahre zurück.

P r e y hat in der Einleitung zu seiner letzten großen Arbeit¹⁹⁾ noch weitere Argumente gegen die aus der Flutreibung abgeleiteten Horizontalbewegungen von Kontinentalschollen beigebracht. Die Flutkraft ist im Verhältnis zur Schwere nur $10^{-7} g$ und nach Darwin die Westdrift noch im Verhältnis $7.3 \cdot 10^{-8}$ kleiner. Es ist also kaum vorstellbar, daß eine so kleine Kraft die Kontinente gegen den riesigen seitlichen Druck des Sima merklich verschieben kann. Ferner greift die Kraft der Westdrift natürlich am Sima genau so an wie am Sial. Die Schollen bewegen sich daher im Sima nicht wie Schiffe, die das Meer durchschneiden, sondern wie Eisberge, die mit dem Wasser schwimmen. Ein Auseinandertreten der Schollen kann also nur eintreten, wenn Unregelmäßigkeiten und Hindernisse vorhanden sind.

Die zweite Kraft, die man zur Erklärung von Kontinentalverschiebungen heranziehen will, ist die von K ö p p e n so bezeichnete Polfluchtkraft. Wie schon der Name sagt, handelt es sich um eine äquatorwärts gerichtete horizontale Kraftkomponente, die dadurch entsteht, daß der Schwerpunkt einer im Sima schwimmenden Sialscholle höher liegt als der Schwerpunkt des verdrängten Sima. Aus dieser höheren Schwerpunktslage folgt eine Verringerung der Anziehung und eine Vergrößerung der Fliehkraft. Senkrecht zur Schwerkraft erzeugt die Attraktion eine gegen den Pol, die Fliehkraft aber eine gegen den Äquator gerichtete Horizontalkomponente, die sich im Gleichgewichtsfall aufheben. Aus der Höhenlage der Scholle folgt also eine Gleichgewichtsstörung, die sich in einem gegen den Äquator gerichteten horizontalen Zug äußert. Der Sachverhalt kann auch so dargestellt werden, daß Schwere und Auftrieb wegen der Divergenz der Niveauflächen gegen den Äquator nicht parallel sind und daher eine kleine vom Pol abgewendete Resultierende besitzen. (Fig. 5).

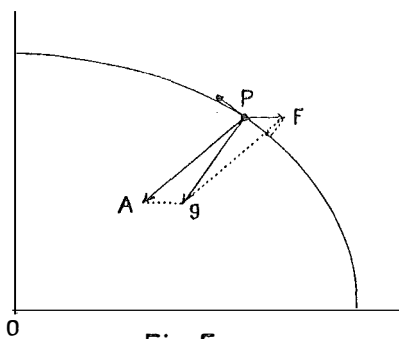


Fig. 5a

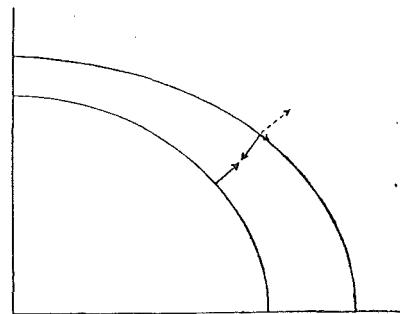


Fig. 5b

P r e y hegte gegen die früheren Abteilungen der Polfluchtkraft verschiedene Bedenken und legte seiner Untersuchung¹⁷⁾ folgende Gesichtspunkte zugrunde. Es müssen die Attraktion, die Fliehkraft und der Druck auf die vier Seitenflächen und den Boden der Scholle gesondert berechnet und zu einer Resultierenden und einem Drehmoment um den tatsächlichen Schwerpunkt der Scholle vereinigt werden. Es müssen alle Glieder 3. Ordnung entwickelt werden, weil die Polfluchtkraft von 3. Ordnung ist, wenn man die Dicke der Scholle und die Abplattung als Größen 1. Ordnung bezeichnet. Man muß mit einer Scholle von kontinentalem Ausmaß rechnen, die sich bis auf kleine Störungen im stabilen Gleichgewicht befindet. P r e y wählt eine Scholle, die sich in Trapezform zwischen zwei Meridianen und zwei Parallelkreisen erstreckt und von Niveauflächen und Lotlinienflächen begrenzt ist. Diese schwimmt im Sima, wobei die Eintauchtiefe wesentlich vom Dichtegesetz und von der Änderung der Schwere mit der Höhe abhängt. Die Resultierende der drei genannten Kräfte bewirkt eine kleine Verschiebung, das Drehmoment aber eine kleine Kippung, wodurch ein Gleichgewichtszustand entsteht, bei dem sich alle Kräfte und Drehmomente aufheben. Das numerische Beispiel ($\varphi_1 = 25^\circ$, $\varphi_2 = 65^\circ$, $\Delta l = 30^\circ$) ergibt eine Verschiebung von 20 m und eine Kippung von nur 0''5. Der Größenordnung nach sind die Kräfte etwa 10^{-6} des Gewichtes der Scholle. Das Überraschendste aber ist die Tatsache, daß die Verschiebung nicht nach Süden, sondern nach Norden erfolgt! Eine plausible Erklärung dafür findet P r e y in Anlehnung an einen Gedanken von S c h w i n n e r. Die Bewegung wird so erfolgen, daß der Schwerpunkt, der dabei in derselben Distanz unter der Oberfläche des angenommenen Rotationsellipsoides bleibt, in immer tiefere Lagen kommt. Weil die Niveauflächen aber gegen Norden konvergieren, ist dies bei einer nördlichen Verschiebung der Fall. Am Schluß seiner Zusammenfassung sagt P r e y wörtlich: „Die Verschiebungen sind so klein, daß es wahrscheinlich ist, daß die Scholle überhaupt keine Bewegung macht und die kleinen Spannungen unausgeglichen bleiben. Von einer Polfluchtkraft, welche in der Lage wäre, Stücke der Erdkruste über mehrere Tausende von Kilometern gegen den Äquator zu schaffen, kann offenbar überhaupt nicht gesprochen werden.“

Wenn sich aber große Kontinentalverschiebungen weder aus der Polfluchtkraft noch seit vielen Millionen Jahren aus der Westkomponente der Flutkraft ergeben, so ist damit noch nicht die hohe geophysikalische Bedeutung horizontaler Kräfte bestritten. Vielmehr nimmt man allgemein an, daß die Gebirgsbildung auf einen seitlichen Schub zurückzuführen ist. P r e y¹⁸⁾ zeigt nun, daß für die Gebirgsbildung der hydrostatische Druck auf eine nach A i r y s Hypothese im Sima schwimmende Scholle vollkommen ausreicht. Er betrachtet die Schollen als elastische oder plastische Platten von mindestens 30 km Dicke und untersucht die durch den hydrostatischen Druck und das eigene Gewicht hervorgebrachten Deformationen. Wichtig ist, daß der Druck längs der Seitenflächen mit der Tiefe wächst; so entstehen die großen Scherungskräfte: P r e y nimmt eine parallelepipedische Scholle von der Dichte des Sial an, die aus dem Sima in einer Höhe herausragt,

¹⁷⁾ A. P r e y, Über die Polfluchtkraft, Gerlands Beiträge zur Geophysik, Bd. 48, 1936.

¹⁸⁾ A. P r e y, Über die Möglichkeit der Gebirgsbildung durch den hydrostatischen Druck in der Erdkruste, Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 151, 1942.

die der Meerestiefe entspricht. Dann ist mit den verschiedenen Dichten und der Meerestiefe die Dicke der Platte nach dem archimodischen Prinzip gegeben. Die Schwierigkeit, die dadurch entsteht, daß der Druck auf die Seitenflächen am Boden des Ozeans eine Unstetigkeit aufweist, wird dadurch umgangen, daß die Scholle durch eine Horizontalebene in diesem Niveau in zwei Teile zerlegt wird, deren oberer einfach auf dem unteren aufliegt. P r e y berechnet zuerst die rein elastischen Deformationen einer kleinen Scholle mit einer quadratischen Oberfläche von 100 *km* Seitenlänge. Eine größere Scholle von 1000 *km* Seitenlänge muß dann schon wegen des ungeheuren Druckes als plastischer Körper behandelt werden. Um jetzt aber den schon früher erwähnten Satz von D a r w i n anwenden zu können, muß InkompRESSIBILITÄT vorausgesetzt, d. h. die erste L a m e sche Elastizitätskonstante ∞ angenommen werden. Nimmt man den Viskositätskoeffizienten von der Ordnung 10^{23} an, so wird diese plastische Sialscholle in 10.000 Jahren durch den hydrostatischen Druck so zusammengestaucht, daß eine Insel von 960 *m* Seehöhe mit einem Radius von 385 *km* entsteht, die von einem Meere umgeben ist, das in der Mitte der Seiten 670 *m* tief ist. Mit wachsender Größe der Scholle und wachsender Zeit erreichen die Werte riesige Beträge. Allzu hohe Gebirge werden teils durch die stetig wirkende Denudation, teils durch das Umkippen von Falten verhindert. Die Vorgänge werden also viel komplizierter sein, als sie das schematische Beispiel beschreiben kann. Der hydrostatische Druck liefert aber eine ausreichende horizontale Schubkraft, so daß die aus der Kontraktionstheorie herangezogenen Kräfte überflüssig erscheinen. Letztere können überhaupt nur auftreten, solange die Sialdecke geschlossen ist. P r e y s endgültige Meinung ist in den beiden letzten Absätzen der Arbeit scharf formuliert:

„In einem Urzustande hätte also die Sialschicht die ganze Erde umschlossen und darüber lagerte der Ozean, wenn er damals überhaupt schon bestand. Nun riß der Mond bei seiner Entstehung einen großen Teil der Sialschicht mit sich, wobei auch der übrige Teil in Schollen zersprang. Auf das nunmehr freigelegte Sima mußte sich nun der Ozean in einem ungeheuren, vielleicht 30 bis 40 *km* hohen Wasserfall ergießen und die ganze Luftmasse mußte nachstürzen. Daß man von diesem ungeheuren Vorgang heute keine Spuren sieht, liegt wohl darin, daß schon eine riesige Zeit seither verflossen ist und daß die Kontinentalschollen heute fast ganz versunken sind.

Sofort begannen nun die Schollen einzusinken und gleichzeitig begann der hydrostatische Druck seine Gegenarbeit. Da man sich aber das Sima weit plastischer vorstellen muß als das Sial, so ging das Einsinken viel rascher und erreichte das hydrostatische Gleichgewicht, während die Gegenwirkung erst später nachkam. Damit begann auch die Gebirgsbildung, die heute noch nicht abgeschlossen ist und auch stets wieder von neuem beginnt.“

In seiner schon erwähnten letzten geophysikalischen Arbeit¹⁹⁾ gibt P r e y der Landbrückenhypothese den Vorzug vor der W e g e n e r schen Hypothese der Kontinentalverschiebungen. Die Kontinente sind also nicht getrennt, weil sie sich unter der Wirkung einer Horizontalkraft gegeneinander bewegt haben, sondern

¹⁹⁾ A. P r e y, Über die Theorie der Landbrücken und die Viskosität der Erde, Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 156, 1947.

weil unter der Wirkung der viel größeren Schwerkraft die verbindenden Landbrücken versunken sind. Hat die Scholle etwa in der Mitte eine trogartige Vertiefung, so kann diese vom Meere überflutet werden, wenn die Scholle genügend weit in das Sima eingesunken ist. Das Sinken hört auf, wenn das hydrostatische Gleichgewicht soweit erreicht ist, daß der Widerstand des Sima nicht mehr überwunden wird. Die Scholle ist dann fast in isostatischer Lagerung. P r e y berechnet wieder ein schematisches Beispiel, und zwar eine kreisrunde Insel von 2000 *km* Radius, von der Dichte des Sial (2.7) und einer Dicke von 30 und 50 *km*, die wie ein starrer Körper lediglich unter dem Einfluß ihres Gewichtes und des Auftriebes in das zähe Sima mit dem Viskositätskoeffizienten μ einsinkt. Für die Energiedissipation, d. h. den Energieverlust pro Zeit- und Volumeinheit, der durch die innere Reibung in dem langsam verdrängten Sima entsteht, wird eine Formel von S t o k e s verwendet. P r e y legt die *z*-Achse seines Koordinatensystems durch den Mittelpunkt der Insel, die vom Pol bis zur Breite $71^{\circ} 55' 46''$ reicht. Auf dem Meridian werden 16 äquidistante Punkte angenommen und die Entwicklung nach Kugelfunktionen bis zur 16. Ordnung vorgenommen. Wegen der Kreissymmetrie treten natürlich nur die zonalen Funktionen auf. Mit Hilfe dieser Entwicklung wird die Energiedissipation berechnet und sodann die Differentialgleichung für das Einsinken der starren Masse aufgestellt und integriert. Damit findet P r e y die jeweilige Tauchtiefe und Tauchgeschwindigkeit in Funktion der Zeit und des Viskositätskoeffizienten. Die 30 *km* dicke Scholle sinkt bis 27 *km* ein, was vollständiger Isostasie entspräche. Die dazu beanspruchte Zeit beträgt bei $\mu = 10^{20}$ ungefähr 2600 Jahre, ist also lächerlich kurz. Vollständige Isostasie wird aber kaum erreicht. Sinkt die Scholle nur bis 24 *km* ein, ragt sie also noch 1000 *m* über das Meer mit der angenommenen Tiefe von 5 *km* heraus, so wird dieser Zustand in rund 1000 Jahren erreicht, bei $\mu = 10^{25}$ in etwa 100 Millionen Jahren. Man kommt also auf diesem Wege, wenn man die Größenordnung der D a r w i n schen Entwicklungszeiten anstrebt, auf wesentlich größere Viskositätskonstanten als bei den früheren Untersuchungen.

4.

Aus dem Rahmen der bisherigen geophysikalischen Arbeiten herausfallend, dafür aber dem Geodäten näherliegend, ist P r e y s großräumiges astronomisches Nivellement²⁰⁾. Beim gewöhnlichen astronomischen Nivellement werden zumeist entlang eines Meridians auf Punkten, deren gegenseitiger Abstand je nach dem Gelände 1 bis 5 *km* nicht übersteigt, Polhöhenmessungen vorgenommen und die erhaltenen astronomischen Breiten den auf ein bestimmtes Referenzellipsoid bezogenen geodätischen Breiten gegenübergestellt. Dann ergeben sich die Erhebungen des Geoids relativ zu dem gewählten Referenzellipsoid und bezüglich eines willkürlichen Nullpunktes durch mechanische Quadratur aus der mit den gefundenen meridionalen Lotabweichungskomponenten gebildeten Differentialformel:

$$dN = \epsilon ds.$$

Ein großräumiges astronomisches Nivellement, das die Geoidhöhen etwa aus den

²⁰⁾ A. P r e y, Versuch eines astronomischen Nivellements ohne Netzausgleich, Denkschriften der Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 104, 1941.

Seiten eines Fundamentalnetzes 1. Ordnung oder gar eines astronomisch-geodätischen Netzes ableiten will, ist an zwei wesentliche Voraussetzungen gebunden, nämlich die Tatsache, daß die Netzseiten weitgehend unabhängig sind von den Krümmungsverhältnissen der Referenzfläche einerseits, und die hypothetische Annahme einer gleichmäßigen Krümmung des Geoids zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Punkten andererseits. Soweit bietet das weitmaschige Nivellement nichts Neues. P r e y legt aber seiner Methode überhaupt kein bestimmtes Referenzellipsoid zugrunde und kann daher gar nicht von gegebenen Lotabweichungen ausgehen. Für die Seitenberechnung begnügt er sich mit vollkommen ausreichender Genauigkeit mit dem Ausgleich der Einzeldreiecke, wozu man den Exzeß nicht zu kennen braucht. Sodann werden die Azimute der die astronomischen Punkte verbindenden Seiten aus den beobachteten astronomischen Azimuten und den Dreieckswinkeln zusammengestellt und ein System rein astronomischer Breiten, Längen und Azimute geschaffen, ohne Beziehung auf eine bestimmte Referenzfläche. Daher kann das Geoid auch nur punktweise in einem räumlichen Koordinatensystem festgelegt werden. Das Koordinatensystem wählt P r e y so, daß sein Ursprung mit dem Ausgangspunkt A auf dem Geoid und die (xy) -Ebene mit der Tangentialebene des Geoids zusammenfällt. Aus der Seite s und dem durch die astronomischen Breiten und Längen bestimmten Zentriwinkel werden über den Horizontalabstand d die Koordinaten des Punktes B berechnet (Fig. 6). In B und den folgenden Punkten

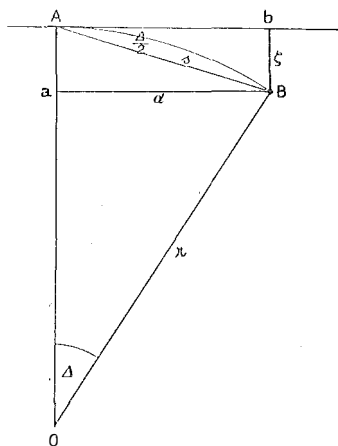


Fig. 6

werden gleichartige lokale Koordinatensysteme gelegt und durch Transformation die Koordinatendifferenzen je zweier aufeinanderfolgender Punkte auf das Koordinatensystem des Anfangspunktes bezogen. So erhält P r e y ein einheitliches System von Koordinaten der Geoidpunkte, das nun nachträglich zu einem beliebigen Ellipsoid in Beziehung gesetzt werden kann.

Die Gleichung eines Ellipsoides mit den Parametern a und e^2 , das das Geoid im Ausgangspunkt berührt, so daß die (xy) -Ebene gleichzeitig Tangentialebene des Ellipsoides wird, liefert zu dem Koordinatenpaar x und y jedes Geoidpunktes das zugehörige ellipsoidische z' , das mit der z -Koordinate verglichen werden kann.

Nach diesem Verfahren sind jetzt keineswegs die im Sinne der Triangulierung zusammengehörigen Punkte des Geoids und der Referenzfläche einander zugeordnet, sondern man findet die Abweichungen des Geoids vom Ellipsoid aus den Differenzen ($z - z'$), also aus Punkten, die in der Richtung der z -Achse des willkürlichen Koordinatensystems übereinanderliegen. Der numerischen Rechnung liegt die Meridiankette Hoher Schneeberg—Kremsmünster—Pola zugrunde. P r e y benützt zuerst das B e s s e l'sche Ellipsoid und berechnet aus den z -Differenzen die Verbesserungen von a und e^2 unter gleichzeitiger Zulassung einer Lotstörung im Ausgangspunkt. Die Übereinstimmung des so gewonnenen bestanschließenden Ellipsoids mit dem Ergebnis von S c h u m a n n - H o p f n e r²¹⁾ darf bei der Unsicherheit, die dieser Alpenüberquerung anhaftet, als ausreichend bezeichnet werden.

P r e y schließt noch einige Bemerkungen über den Netzausgleich im allgemeinen an, die von der Tatsache der Abänderung der Stationsausgleiche durch den Netzausgleich ausgehen, im übrigen aber sehr wohl anfechtbar sind. Sie sind in einem kurzen Aufsatz: „Die Bestimmungen von Lotabweichungen ohne Netzausgleich“ im 36. Jahrgang, Seite 23/24, dieser Zeitschrift wiederholt, worauf hier verwiesen werden darf.

Die Anwendung der Luftphotogrammetrie in der Schweizerischen Grundbuchvermessung

Von Dipl.-Ing. H. H ä r r y, Eidg. Vermessungsdirektor in Bern

(Schluß)

6. Der weitere Schritt lag in der Richtung der *Luftphotogrammetrischen Aufnahme von Katasterplänen in den Maßstäben 1:2000 und 1:1000*. Das *Bodenverbesserungswesen* bot uns eine ausgedehnte Gelegenheit zu solchen Arbeiten, ohne daß wir unseren Rechtskataster mit Versuchen, die vielleicht am Anfang gewagt erscheinen mochten, damit belasten mußten. Ende der Dreißigerjahre, als ein neuer Weltkrieg in sicherer Aussicht stand, wurden in der Schweiz ausgedehnte Güterzusammenlegungs- und Entwässerungsarbeiten in Angriff genommen, um damit den notwendigen landwirtschaftlichen Mehranbau wirksam zu fördern. Dort, wo keine alten Katasterpläne vorlagen, mußte dringend der bestehende Besitzstand aufgenommen, mußten Katasterpläne, Flächen- und Eigentümerverzeichnisse zur Sicherung der Rechte der Grundeigentümer und als Unterlagen für die Durchführung der Güterzusammenlegungen erstellt werden. Aus den Erfahrungen der photogrammetrischen Grundbuchvermessungen heraus durfte als raschestes und billigstes Vermessungsverfahren die Luftphotogrammetrie empfohlen werden. Aus photogrammetrischen Versuchsvermessungen für Pläne 1:1000 in den beiden Tessinergemeinden Campello und Calpiogna wußten wir seit 1936, wie vorzugehen war. Seither sind in 34 Unternehmen über eine Gesamtfläche von 15.800 *ha*

²¹⁾ S c h u m a n n - H o p f n e r, Der Meridianbogen Großenhain—Kremsmünster—Pola, Astr.-geod. Arbeiten Österreichs, Neue Folge, Bd. 1, 1922.

Katasterpläne in den Maßstäben 1:2000 und vorwiegend 1:1000 luftphotogrammetrisch erstellt worden. Darunter sind Hügel- und Juragebiete mit 2 bis 4 Parzellen pro Hektar bis Steilhanggebiete in unseren stark parzellierten Alpentälern mit 15 bis 25 Parzellen, in extremen Fällen sogar bis 40 Parzellen pro Hektar. Das größte Unternehmen über 10 Gemeinden des Blenioales umfaßt 2200 *ha* und 88 000 Parzellen. Die unglaubliche Parzellierung ist mit der mittleren Zahl von 40 Parzellen pro Hektar oder der mittleren Parzellengröße von 250 *m*² gekennzeichnet. Es wäre reizvoll, Einzelheiten über die katastrophale Zersplitterung des Grundeigentums in unseren Südtälern zu erzählen. Wir müssen uns aber wieder der photogrammetrischen Katastervermessung stark parzellierter Güterzusammenlegungsgebiete und den dabei gewonnenen Erfahrungen zuwenden.

a) *Die Signalisierung der Grenzpunkte* vor dem Aufnahmeflug war anfänglich ein stark umstrittenes Problem. Die Signalisierung verteuert die Arbeiten, kompliziert die Organisation und auferlegt den Aufnahmeflügen einen zeitlichen Zwang, der in Schlechtwetterperioden allerhand Nachteile und Schäden im Gefolge hat. Dem stehen die Vorteile der sicheren Identifizierbarkeit und genaueren Kartierung der Grenzpunkte und ihre raschere Kartierung gegenüber. Bei einer Flughöhe von 1000 bis 1300 *m* über Grund und einem Kartierungsmaßstab 1:1000 wird für signalisierte Grenzpunkte ein mittlerer Kartierungsfehler erhalten von ± 17 *cm*²); bei der Kartierung unsignalisierter Grenzpunkte ist die festgestellte mittlere Querabweichung der kartierten Grenzlinien von den Soll-Linien ± 45 *cm*³). Der letztgenannte Wert würde in stark parzellierten Gebieten, wo die Grenzpunkte nahe beieinander liegen, zu große Relativfehler in den Grenzdistanzen ergeben. Hier müssen somit die verpflockten Grenzpunkte signalisiert werden.

In Gebieten mit großen Parzellen mag, wenn im übrigen der Zweck der Vermessung die genannte Unsicherheit in der Kartierung der Grenzen zuläßt, die Signalisierung der Grenzpunkte unterbleiben. Aus Frankreich, wo ausgedehnte Entzerrungen für den Steuerkataster ausgeführt und die Grenzpunkte nicht signalisiert werden, meldet man uns bedeutend kleinere Lagefehler der photogrammetrisch bestimmten Grenzpunkte [$\pm 0,25$ *m*]⁴). Das Resultat solcher Prüfungen ist natürlich stark davon abhängig, ob nur scharf abgebildete Grundstücksecken in die Untersuchung einbezogen oder irgendwelche Grenzpunkte geprüft werden.

Für die Signalisierung der Grenzpunkte werden Kartontäfelchen von 20/20 *cm* Größe verwendet, die unmittelbar auf die Grenzpunktpflocke aufgenagelt werden. Sie haben den Vorteil, daß sie billig sind, leicht transportierbar, und daß man sie nach dem Flug im Gelände lassen kann als Wegweiser für die später folgende Identifizierung. Um die Signalisierung rasch und billig durchzuführen, werden im Tessin hiefür die Grundeigentümer eingesetzt. Die Instruktion der Grundeigentümer und die Leitung und Beaufsichtigung der Arbeiten verlangt viel organisatorisches Geschick. Um die 88.000 Parzellen beim Operat Bleniotal wurden ca. 250.000

²) Art. P a s t o r e l l i: Photogrammetrie und großmaßstäbliche Katasterpläne. Lugano, beim Verfasser.

³) Rud. B o ß h a r d t: Beitrag zur Anwendung der Stereophotogrammetrie bei Aufnahmen des alten Bestandes von Güterzusammenlegungen. Schweiz. Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik. 1949/p. 301.

⁴) M. H e r b i n: Cadastre et photo aérienne. Journal des géomètres experts, 1949, pag. 229.

Punkte innerhalb drei Wochen signalisiert. Bei anderen Unternehmen in den Kantonen Graubünden und Aargau wurde die Schuljugend mit Erfolg für die Signalisierung eingesetzt, bei kleineren Unternehmen bezahlte Gehilfen. Selbstverständlich werden auch die im Vermessungsgebiet vorliegenden *Triangulationspunkte*, die als Einpaßpunkte benützt werden, signalisiert, diese mit weißen Tafeln 40/40 cm.

b) Die *Aufnahmeflüge* erfordern großes Können vom Piloten und Aufnahme-techniker. Bei den niederen Flughöhen von 1000 bis 1300 m über Boden ist eine aufmerksame Bodenkontrolle notwendig. Hochdecker mit guter Bodensicht für Piloten und Beobachter sind für diese Aufgaben den Tiefdeckern vorzuziehen, wenn nicht ein dritter Mann als Navigator in einer Vollsicht-Kanzel des Flugzeuges mitgegeben werden kann.

c) Auch für die Kartierung von Katasterplänen im Maßstab 1:1000 ist die *Identifizierung* eine der wichtigsten, für den wirtschaftlichen Erfolg bedeutungsvollsten Arbeiten. Entscheidend für die Güte der gesamten Planerstellung ist die Zuverlässigkeit der Identifizierung der Grenzen. Die Fliegerbildvergrößerungen für die Identifizierung werden am besten in den Maßstab 1:1200 bis 1:1500 gebracht, je nach Parzellierung. Wurden die *Grenzpunkte* signalisiert, geht die Identifizierung, die hier im wesentlichen im richtigen Verbinden der weißen Punkte besteht, viel rascher vorwärts. Wenn keine Grenzpunktsignale vorliegen, müssen ortskundige Personen oder die Grundeigentümer mit Auskünften beistehen, müssen schlecht sichtbare Grenzen eingemessen werden. Auf alle Fälle werden im Hinblick auf die Flächenrechnung beim Identifizieren die *Kopfmaße*, bzw. *Breiten* langer, schmaler Parzellen gemessen. Nach unserer bisherigen Erfahrung sind von den signalisierten Grenzpunkten 0.5 bis 1% auf den Bildern nicht sichtbar. (Wald, Bäume, Schatten.) Diese Grenzpunkte werden beim Identifizieren sofort eingemessen, sei es durch Distanzschnitte, in umfangreicheren Fällen mit dem Bussolentheodoliten oder mit dem Meßtisch. Außer den Grenzen sind auch alle übrigen Gegenstände des Planinhaltes zu identifizieren und in den Plansignaturen darzustellen. Die Arbeitsleistung ist 3 bis 20 ha pro Tag, je nach Parzellierung, Gelände-neigung und Dichte der Bauten und Vegetation.

Für Katasterpläne, die als Aufnahme des alten Besitzstandes der Güter-zusammenlegung zu dienen haben, wird vorteilhafterweise auch die *Bonitierung*, d. h. die Festlegung der Grenzen zwischen den Bodenwertklassen, auf den Identifizierungskrokis vorgenommen⁵⁾. Die Luftbilder sind reich an Einzelheiten, welche das Eintragen der Bonitätsgrenzen erleichtern. Dazu fordert das Luftbild zu Schlüssen heraus auf die Bodenbeschaffenheit, z. B. auf das Vorhandensein von Kiesbänken, nassen Stellen, alten Drainagen. Bekanntlich zeigen uns Flugaufnahmen Zusammenhänge, die wir aus der Froschperspektive nie überblicken. Unterschiede im Untergrund entwickelt das Pflanzenkleid zu leichten Unterschieden in der Pflanzenfarbe, die wir aus der Nähe nicht sehen, die aber das Luftbild als deutliche Zeichnung zeigt. Die Kunst der Bildinterpretation in der Hand des Boniteurs ist erst am Anfang der Entwicklung, hat aber bei den bisherigen

⁵⁾ R. B o ß h a r d t: Beitrag zur Anwendung der Photogrammetrie. Schweiz. Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik, 1949/298.

Arbeiten schon wertvolle Früchte gebracht. Bezeichnend ist auch die Erfahrung, daß bei der Planaufgabe die Grundeigentümer ihre Anliegen nie an den Signaturenplänen, sondern immer an den Fliegerbildervergrößerungen zeigen, weil ihnen eben die Flugbilder bessere Orientierungs- und Vergleichsmöglichkeiten bieten.

Die Ausnützung der Identifizierungskrokis für die Bonitierung macht uns außerdem *freier in der Arbeitsorganisation*, denn wir brauchen die Planerstellung nicht mehr abzuwarten, sondern können mit der Bonitierung sofort beginnen, sobald eine Anzahl identifizierbarer Krokis vorliegt. Unmittelbar nach Durchführung des Bildfluges kann sowohl mit der Identifizierung wie auch mit der Bonitierung begonnen werden. Mit dieser Vorverlegung der zeitraubenden Wertklassenschätzung wird ganz wesentlich Zeit gewonnen.

d) Für die *Bestimmung der Einpaßpunkte* wurden bei den bisherigen Arbeiten verschiedene Wege beschritten: die photogrammetrische Bestimmung aus Hochaufnahmen, die Bestimmung nach Polarkoordinaten von Triangulationspunkten aus unter Verwendung des Sekundentheodoliten und der Invarbasislatte, endlich die polygonometrische Bestimmung. Bei einer Flughöhe von 1100 m (Auswertung 1:1000) werden ca. 10 Paßpunkte pro km^2 , bei 1400 m Flughöhe (1:2000) ca. 6 Paßpunkte pro km^2 benötigt. Bei dieser großen Zahl von Einpaßpunkten fällt der Preis einer Paßpunktbestimmung ins Gewicht. Da wir bei den meisten Unternehmen parallel neben dem Katasterplan 1:1000 auch den Übersichtsplan 1:10.000 erstellen und hierfür ohnehin Aufnahmen aus 2400 m relativer Flughöhe auszuwerten hätten, kam die *luftphotogrammetrische Bestimmung der Einpaßpunkte* besonders billig zu stehen.

Unter diesen günstigen Umständen ist die photogrammetrische Bestimmung 10- bis 20mal billiger als eine terrestrische Einmessung und die Koordinaten- und Höhenrechnung. Allerdings muß bei den aus Hochaufnahmen bestimmten Einpaßpunkten mit mittleren Lagefehlern von $\pm 45\text{ cm}$ und mittleren Höhenfehlern von $\pm 75\text{ cm}$ gerechnet werden. Diese *Ungenauigkeit der Einpaßpunkte* gibt zu Modelldeformationen bei der Einpassung der Tiefaufnahmepaare Anlaß, die u. E. nur für Güterzusammenlegungspläne, nicht aber für endgültige Grundbuchpläne zulässig sind. In der Weiterverwendung der Pläne 1:1000 und 1:2000 für Güterzusammenlegungen zählen ja nicht die absoluten Lagefehler, sondern die Relativfehler zwischen benachbarten Grenzpunkten und die Flächeninhalte der Parzellen, die von den Modelldeformationen praktisch nicht beeinflußt werden. Dazu kommt das *Element der Bodenwertschätzung*, dem wesentlich größere Ungenauigkeiten anhaften als dieser Art luftphotogrammetrischer Vermessung. Für endgültige Katastervermessungen über vermarkte Grundstücke muß selbstverständlich die teurere terrestrische Paßpunktbestimmung empfohlen werden, die mittlere Lage- und Höhenfehler von der Größenordnung $\pm 10\text{ cm}$ erreichen läßt.

e) Die *Einpassung der Bildpaare am Stereoautographen* benötigt für die Kartierung im Maßstab 1:1000 aus Tiefaufnahmen bedeutend mehr Zeit als die Einpassung von Hochaufnahmepaaren. Die Luftphotogrammetrie wird eben bei Katastervermessungen bis an die äußerste Grenze ihrer Genauigkeitsleistung genützt. Nach unseren Erfahrungen ist bei gleichbleibend intensiver Ausnützung der Leistungsfähigkeit die benötigte Einpaßzeit umgekehrt proportional der wirt-

schaftlichsten Flughöhe: beispielsweise für 2100 m Flughöhe über Grund im Mittel 2 Stunden, für 1200 m Flughöhe $3\frac{1}{2}$ Stunden.

f) Für die *Kartierung der Katasterpläne* 1 : 1000 und 1 : 2000 für Güterzusammenlegungen wird Zeichenpapier mit Aluminiumeinlage benützt. Die Original-Bleistiftzeichnung wird nicht in Tusche ausgezogen, sondern auf möglichst maßhaltige Pauspapier gezeichnet, da für die Weiterverarbeitung der Zusammenlegung Plankopien benötigt werden. Bei der Auswertung wird selbstverständlich streng nach den Vorschriften des *Identifizierungskrokis* gehandelt. Wenn die Bonitierung auf den Identifizierungskrokis vorliegt, werden bei dieser Gelegenheit auch die Bonitierungslinien kartiert, ferner die Höhenkurven, wenn der Werkvertrag ihre Kartierung vorsieht. Die Praxis zeigt, daß mit der Erfassung aller Elemente des Planinhaltes bei der Identifizierung eine konzentrierte, rationelle Auswertung ermöglicht wird. Wenn doch schon die Luftphotogrammetrie in Gang gesetzt wird, muß man auch dafür sorgen, daß aus den Luftbildpaaren alles ausgewertet wird, was sie zu geben vermögen. Zur Luftphotogrammetrie muß man entweder ja oder nein sagen. Ein halbes Ja würde zu einer unwirtschaftlichen Arbeitsweise führen. Der Kern der *rationellsten Photogrammetrie* liegt in der *Vollkommenheit der Identifizierung*.

Erfahrungsgemäß sind nun nach der Kartierung am Stereoautographen keine *Feldarbeiten* mehr nötig, denn wir haben ja die im Fliegerbild nicht sichtbaren Grenzen und Grenzpunkte schon bei der Identifizierung eingemessen. Diese Einmessungen werden nun noch auf den Katasterplan übertragen, nachdem der Plan den Autographen verlassen hat.

g) Über die *Flächenrechnung* und alle für die Bereitstellung der Unterlagen für die Güterzusammenlegung noch notwendigen Arbeiten kann hier geschwiegen werden, denn sie sind nicht in direktem Zusammenhang mit der Photogrammetrie. Es sei nur noch beigefügt, daß bei der Projektierung des Wegnetzes und der Neuzuteilung die unter dem Stereoskop betrachteten Fliegerbilder wertvolle Hilfe sind. Man darf ganz allgütig feststellen, daß die Luftphotogrammetrie durch das Nebeneinander von Plan oder Karte und Luftbild in der Lage ist, der Wirtschaft, Technik und Wissenschaft neue und wichtige Dienste zu leisten, denn was die eine Geländedarstellung nicht bieten kann, bietet die andere.

Die *Prüfung* der bisher photogrammetrisch erstellten *Katasterpläne 1 : 1000* mittels unabhängiger Grenzpunktaufnahmen mit dem Reduktionstachymeter Boßhardt-Zeiß ergab im Mittel folgende Ergebnisse:

Mittlerer Lagefehler der photogrammetrisch kartierten Grenzpunkte	
bei nicht signalisierten Grenzen	$\pm 45 \text{ cm}$
bei signalisierten Grenzpunkten aber nur photogrammetrisch	
bestimmten Einpaßpunkten	$\pm 30 \text{ cm}$
bei signalisierten Grenzpunkten und trigonometrisch oder poly-	
gonometrisch bestimmten Einpaßpunkten	$\pm 17 \text{ cm}$
in Gelände über 40% Neigung	$\pm 30 \text{ cm}$

Dabei wurden durch die Anwendung der Luftphotogrammetrie folgende Vorteile erreicht:

Verminderung der Kosten gegenüber der für solche Aufgaben bisher üblichen Meßtischaufnahme je nach Verhältnissen 25—50 %;

Zeitgewinn in der Bereitstellung der Unterlagen für die Güterzusammenlegung, je nach Größe des Unternehmens, ein bis zwei Jahre;

Vermeidung grober Fehler, die in Meßtischaufnahmen ziemlich häufig festzustellen sind (Distanzablesung!).

7. Nach diesen auf breiter Basis in Katasteraufnahmen für Güterzusammenlegungen gewonnenen Erfahrungen durften wir an eine *photogrammetrische Grundbuchvermessung für Grundbuchpläne im Maßstab 1:1000* im Instruktionsgebiet III gehen. Wir haben hierfür eine Berggemeinde im Kanton Tessin ausgewählt. Die Arbeit ist gegenwärtig in Ausführung nach folgendem Programm: Vermarkung der Grenzpunkte mit Marksteinen und Grenzkreuzen; Signalisierung der Steine und Kreuze mit weißer Farbe und Kartontäfelchen 20/20 cm; Flugaufnahme aus 1200 m über Grund im Vorfrühling im Zustand unbelaubter Bäume; Identifizierung der Fliegerbildvergrößerungen vom Bildmaßstab ca. 1:1500 und Erheben von Kontrollmaßen (Straßen- und Grundstückbreiten); Bestimmung aller benötigten Einpaßpunkte, ausgehend von der Triangulation IV. Ordnung, mit Invarbasislatte und Sekundentheodolit; Kartierung am Stereoautographen auf den in der Grundbuchvermessung vorgeschriebenen Aluminiumtafeln 70/100 cm; Koordinatenbestimmung am Autographen einer Auswahl von Grenzpunkten, die zusammen mit den terrestrisch bestimmten Einpaßpunkten und den Triangulationspunkten das Fixpunktnetz für den Anschluß der Nachführungsmessungen in der kommenden, langen Nachführungsperiode bilden (2 Punkte pro ha); Ausziehen der Originalpläne nach den geltenden Zeichnungsvorlagen; Flächenrechnung; Register und Tabellen; Verifikation; Planaufgabe; Planervielfältigung; Anerkennung des Operates. Die Arbeit wurde zu einem Preise an einen Photogrammeter und Grundbuchgeometer vergeben, der um 24 % tiefer ist als die nach gleichen Normen berechneten Kosten einer polygonometrischen Vermessung nach der Polarkoordinatenmethode. Wir rechnen gegenüber der entsprechenden Polarkoordinatenvermessung mit der halben Ausführungszeit und mit einem mittleren Lagefehler der photogrammetrisch kartierten Fixpunkte von ± 12 cm der kartierten Grenzpunkte von ± 17 cm.

8. Aus den Erfahrungen heraus, die uns bisher die Anwendung der Luftphotogrammetrie in der schweizerischen Grundbuchvermessung geboten hat, wird man immer wieder auf die Frage gelenkt, *wie weit die Photogrammetrie für Katastervermessungen eingesetzt* werden darf. Man wird sich dabei den grundsätzlichen Unterschied vergegenwärtigen wollen, der zwischen den klassischen, bisher für Katastervermessungen mit Erfolg angewandten Verfahren und der Stereophotogrammetrie aus Luftbildern besteht. Bei der Detailaufnahme eines Planes 1:1000 nach Orthogonal- oder Polarkoordinaten wird als Rahmen der ganzen Aufnahme eine polygonometrische *Verdichtung des Fixpunktnetzes* bis auf ca. 2 Punkte pro ha oder 200 Punkte pro km² vorgenommen. Auf dieses Netz werden die Grenzpunkte nur noch vermittels kurzer Distanzen eingemessen, bei der Orthogonalmethode im Umkreis von vielleicht 50 Metern, bei der Polarkoordinatenmethode von 150 m. Es handelt sich somit um Meßarbeit vom Großen ins Kleine in relativ kleinen Schritten mit guter Verteilung und *Ausgleichung der Meßfehler*. Bei der Luftphotogrammetrie wird durch die Bestimmung der Einpaßpunkte die terrestrische Fix-

punktverdichtung nur auf ca. 0·1 Punkte pro *ha* oder 10 Punkte pro *km*² getrieben. Auf dieses weitmaschigere Netz werden die Detailpunkte mit Hilfe zweier photographischer Strahlenbündel vorwärts eingeschnitten, wobei das Prinzip der Arbeit vom Großen ins Kleine mit Verteilung und Ausgleich der Fehler nicht mehr spielt. Es resultieren daraus die bekannten größeren absoluten Lagefehler der photogrammetrisch bestimmten Grenzpunkte, die zwischen nahe benachbarten Grenzpunkten zu Relativfehlern führen, die bedeutend größer sind als die aus der terrestrischen Distanzmessung bekannten Werte. Mit der Vergrößerung der Grenzabstände wird dieser Relativfehler kleiner und nähert sich demjenigen, der uns aus der Tachymetrie geläufig ist. Die *Photogrammetrie* ist somit für *großparzellierte Gebiete* geeignet und für Zonen, wo bisher die *Genauigkeit einer tachymetrischen Aufnahme* der Bodenrente angemessen schien. Bei ihrer Anwendung sind die Distanzen nahe benachbarter Grenzpunkte (Straßenbreiten, schmale Grundstückseiten) nachzumessen.

Diese Ausscheidung gilt natürlich nur, wenn *vermarktete Grenzpunkte* vorausgesetzt werden, wie dies beim Rechtskataster in der Regel der Fall ist. Werden die *Grundstücksgrenzen nicht vermarkt*, sondern nur durch Gräben, Furchen oder Graskämme gekennzeichnet, wie dies oft in Gebieten der Wirtschafts- und Steuerkataster anzutreffen ist, dann darf die *Luftphotogrammetrie ohne Bedenken empfohlen* werden, denn die Genauigkeit der photogrammetrischen Grenzbestimmung ist von gleicher Größenordnung wie die Genauigkeit der Grenzdefinition.

Für die Diskussion solcher Fragen dürfen heute folgende in der Praxis der *Luftphotogrammetrie* erreichten *mittleren Lagefehler m_L der Grenzpunkte* als maßgebend betrachtet werden:

Planmaßstab	Entzerrung		Stereophotogrammetrie	
	Bildmaßstab ca.	m_L Meter	Bildmaßstab ca.	m_L Meter
1:10.000	1:15.000	±2·0	1:15.000	±1·50
1:5000	1:13.000	±1·1	1:13.000	±0·7
1:2000	1:11.000	±0·6	1:10.000	±0·20
1:1000	1:8000	±0·4	1:6000	±0·18

Für *Stadtvermessungen*, wo der hohe Bodenpreis die höchsten Anforderungen an die Genauigkeit der Lagebestimmung und der Grundstückflächen stellt, wird auf Grund dieser Zahlen die Luftphotogrammetrie *nicht* anzuwenden sein, abgesehen davon, daß in den Luftbildern viele Grenzpunkte und wichtige Einzelheiten durch Dachvorsprünge verdeckt sind. Für die Erstellung von *Wirtschaftskatastern* und *Steuerkatastern* über das *offene Kulturland* hingegen, aber auch für *Rechtskataster über Gebiete verminderten Bodenwertes*, wird in den meisten Fällen die angegebene Vermessungsgenauigkeit den Bedürfnissen genügen. Wo *herkömmliche amtliche Fehlergrenzen* nicht im Einklang stehen zur Leistungsfähigkeit der Luftphotogrammetrie, wird man gründlich zu prüfen haben, ob die Toleranzen dem tatsächlichen Wirtschaftsleben entsprechen. Denn es geht um *bedeutende Vorteile*, die mit der Anwendung der Luftphotogrammetrie zu erreichen sind: um *wesentliche Kostenersparnisse*, um *Verkürzung der Vermessungsdauer*, um *Einschränkung der Feldarbeiten* und entsprechender *Einsparung von ausgebildetem Vermessungspersonal*.

Aus der Eignung der Luftphotogrammetrie für die meisten Neuerstellungen von Katastervermessungen und aus der Größe der Aufgaben, die den Staaten mit der Erstellung von Katastervermessungen gegeben sind, ist zu schließen, die *gewerbemäßig betriebene Luftphotogrammetrie* werde künftig *in der Katastervermessung die breiteste Grundlage ihrer Existenz* finden.

Kleine Mitteilungen

Zum 300. Geburtstage des großen Kartographen Vincenzo Coronelli

Anlässlich des 300. Geburtstages des großen italienischen Gelehrten Vincenzo Coronelli hat Herr Ing. Robert Har dt, ehrenamtlicher Leiter des Globusmuseums in Wien, von Mitte Juni bis Mitte Juli eine interessante Ausstellung veranstaltet, die dem ehrenden Gedächtnis dieses universellen Geistes gewidmet ist, der gleichzeitig einer der fruchtbarsten und bedeutendsten Kartographen aller Zeiten war.

Vincenzo Coronelli kam am 16. August 1650 in Venedig zur Welt. Anfangs Tischlerlehrling, trat er im Jahre 1665 in den Minoritenorden ein, wurde mit 35 Jahren Provinzial für Ungarn und war von 1701—1704 Ordensgeneral. Sodann kehrte er als einfacher Mönch in das Kloster seiner Vaterstadt zurück und betrieb fast ausschließlich geographische und historische Studien bis zu seinem am 9. Dezember 1718 erfolgten Tode.

Er wurde zuerst durch die Herstellung von Globen für den Herzog von Parma und den König Ludwig XIV. bekannt. Im Jahre 1684 gründete er die „Accademia degli Argonauti“ in Venedig, in der wir die erste geographische Gesellschaft der Welt erblicken können. Sie stand unter dem Protektorat des Dogen von Venedig und des Königs Sobieski von Polen; ihre 261 Mitglieder gehörten allen führenden Staaten Europas an, doch scheint es, daß die Akademie nur bis zu seinem Tode bestand. 1685 wurde Coronelli zum „cosmografo della Repubblica“ ernannt, weil das seeherrschende Venedig begreiflicherweise an der Karto- und Globographie besonders interessiert war. Weite Reisen durch Europa und ehrenvolle Berufungen an verschiedene Höfe förderten seine geographischen Kenntnisse und gaben ihm zahlreiche wissenschaftliche Anregungen.

Coronellis Lebenswerk besteht vorwiegend aus 400 verschiedenen Kartenblättern, die in mehreren Atlanten zusammengefaßt sind, wie dem dreibändigen „Atlante Veneto“, dem „Teatro della Guerra“ und dem Moreawerk. Ferner stellte er Globen in elf Größen von 15 cm bis über 12 m Durchmesser her. Unter seinen 137 Werken finden wir daneben noch zahlreiche historische, biographische, genealogische und heraldische Arbeiten und vor allem die „Biblioteca Universale“, ein Universallexikon, das auf 45 Bände geplant war, von denen aber nur sieben fertiggestellt wurden.

Besonders erwähnenswert für uns ist, daß Coronelli eine sechsblättrige Karte der Donau von Wien bis Nikopolis gezeichnet hat, die im Atlante Veneto erschienen ist und daß er auf Grund eines Projektes für die Regulierung der Donau bei Wien („Moderazione del Danubio“, 1716) von Kaiser Karl VI. nach Wien berufen und zum Commissario Perpetuo del Danubio ernannt wurde.

Trotz seiner zweifellos internationalen Bedeutung ist Coronelli sogar in seinem Vaterland in Vergessenheit geraten. Erst in neuerer Zeit hat man sich seiner wieder erinnert. So widmet E. L. Stevenson in seinem großen zweibändigen Werk: *Terrestrial and Celestial Globes* (1921) Coronelli mehr als 20 Seiten. Eine erschöpfende Lebensbeschreibung und Würdigung Coronellis blieb aber seinem Landsmann Ermanno Armao vorbehalten, dessen Werk „Vincenzo Coronelli“, 1944 in Florenz erschien.

Am 16. August 1950 gedachte Herr Univ.-Prof. Dr. H. Hassinger in einem Radiovortrag dieses großen Mannes. Besonders erfreulich ist es, daß Herr Ing. Har dt die eingangs erwähnte Ausstellung im Oktober wieder eröffnen wird. Diese reiche Schau vermittelt uns ein klares Bild des genialen Gelehrten, der einer der letzten Vertreter des für die Renaissance so charakteristischen enzyklopädischen Geistes ist.

Die IX. Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik in Brüssel vom 20. August bis 2. September 1951

Der belgische Organisationsausschuß für die IX. Generalversammlung der U. G. G. I. in Brüssel hat außer den Mitgliedsstaaten der Union noch weitere Staaten und eine Reihe internationaler verwandter Fachorganisationen sowie die U. N. E. S. C. O. zu der Brüsseler Tagung eingeladen und gebeten, die voraussichtlichen Delegierten namentlich bekanntzugeben.

Die Eröffnungsvollversammlung ist für den 21. August, das Schlußbankett für den 31. August und die abschließende Vollversammlung für den 1. September vorgesehen. Ein Programm für die Sitzungen der Vereinigungen für Geodäsie, Seismologie, Meteorologie, Erdmagnetismus, Ozeanographie, Vulkanologie und Hydrologie ist bereits entworfen. Gemeinsame Sitzungen verschiedener dieser Vereinigungen sind für die Erörterung wichtiger Probleme, so das Studium des Meeresgrundes, die Physik der obersten Atmosphärenschichten und der Ionosphäre, die allgemeinen Meeres- und Luftströmungen und die Bewegung der Erdkruste vorgesehen.

An Stelle der ursprünglich geplanten Reise nach Holland wird ein Besuch in Antwerpen beabsichtigt. Ferner können sich die Kongreßteilnehmer einer für den 1. und 2. September in Aussicht genommenen Rundreise durch die Ardennen anschließen.

Literaturbericht

Buchbesprechungen

Dr. Guillermo Schulz, *Los últimos descubrimientos en la Antártida y sus enseñanzas* (Die letzten Entdeckungen in der Antarktis und ihre Schlußfolgerungen), Universidad Nacional de Tucumán, Instituto de Geodesia y Topografía, Publ. Nr. 3, 1949.

Verfasser diskutiert die Ergebnisse der im Jahre 1939 von deutscher Seite und im Jahre 1947 von Admiral Byrd unternommenen Forschungsreisen in die Antarktis. Bei beiden Expeditionen erwies sich die Luftphotogrammetrie als überaus wertvoll und gestattete die Feststellung zahlreicher eisfreier Gebiete im Innern der Antarktis.

Argentinien hat infolge seiner geographischen Lage eine besondere kulturelle Verpflichtung, zur Erforschung der Antarktis beizutragen. Es wird vorgeschlagen, auf photogrammetrischem Wege ein Relief der antarktischen Gebiete herzustellen und in Patagonien Beobachtungsstationen für meteorologische Studien zu errichten. Voraussetzung für die Erfüllung der mannigfachen Aufgaben wäre die Schaffung einer patagonischen Universität.

Julio A. Herrera, *La Fotografía Aérea y el Catastro Parcelario de Tucumán* (Die Luft-Photogrammetrie und der Grundkataster von Tucumán), Vortrag, gehalten an der Nationalen Universität in Tucumán am 30. November 1949.

Es werden die Mängel der ersten Katasteraufnahme aus dem Jahre 1918, insbesondere hinsichtlich der Festlegung der Polygonpunkte hervorgehoben und die hohe Wirtschaftlichkeit der Aerophotogrammetrie für die Aufnahme der Plantagen und Citruspflanzungen betont. Die dabei erzielbare Genauigkeit wird als ausreichend bezeichnet. Für die Darstellung wurde der Maßstab 1:10.000 gewählt. Als Grundlage diente das Netz der Straßen und Eisenbahnen. Es werden noch verschiedene Angaben hinsichtlich der Bodenschätzung und der Änderungen in den Besitzverhältnissen gemacht. Die Neuaufnahme der ganzen Provinz Tucumán nahm nur zwei Jahre in Anspruch.

K. Ledersteger

K. Weiken: Ergebnisse der Pendelmessungen der Jahre 1934 bis 1943, Veröffentlichungen des Geodätischen Institutes in Potsdam, Nr. 3, Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1950, 32 Seiten.

Im Rahmen der Geophysikalischen Reichsaufnahme wurden vom Geodätischen Institut Potsdam in den Jahren 1934 bis 1943 zahlreiche relative Schweremessungen, der Hauptsache nach mit einem Vierpendeltopfapparat und einem Vierpendelhaubenapparat durchgeführt. Die Ergebnisse von 156 Stationen, unter denen übrigens auch einige Messungen des Geophysikalischen Institutes Göttingen und der Reichsanstalt für Erdbebenforschung in Jena enthalten sind, sind auf 16 Meßgebiete aufgeteilt. Hinzu kommen die beiden Eichstrecken für Gravimetermessungen Torfhaus—Harzburg im Harz und Zugspitze—Garnisch. Für uns ist das auf österreichischen Boden liegende Meßgebiet 12 mit seinen 15 Stationen von besonderem Interesse, namentlich die Anschlußmessung für den neuen österreichischen Schwerefundamentpunkt Schönbrunn-Gloriette. Der Schwerewert daselbst ist im Potsdamer System $980,850.5 \pm 0.22$. Die Tabellen enthalten außer den Stationsangaben (Breite, Länge, Meereshöhe und Dichte) den Schwerewert im Potsdamer System, die Freiluft- und die Bouguerreduktion, letztere ohne Geländekorrektion, sowie die Normalwerte nach der Formel von Helmer (1901) und nach der internationalen Formel (Cassinis, 1930).

K. Ledersteger

Zeitschriftenschau

Die hier genannten Zeitschriften liegen, wenn nicht anders vermerkt, in der Bibliothek des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen auf

I. Geodätische Zeitschriften

Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Berlin-Wilmersdorf (Jahrg. 1950)

- Nr. 2 Slawik - Harbert - Veit - Müller - Hundeck - Gigas - Braune - Ewringmann - Kurandt - Danielsen - Köhr und Ahrens, Was erwartet das deutsche Vermessungswesen von der Gesetzgebung der Deutschen Bundesrepublik.
- Nr. 4 Gigas, Moderne Entfernungsmessungen in der Geodäsie. — Köhr, Zur zeichnerischen Ermittlung des Längs- und Querchlers bei Polygonzügen. — Gerke, Betrachtungen zur graphischen Flächenberechnung. — Ermel, Gegenwartsprobleme der praktischen Kartographie. — Christoffel, Vermessungsingenieur und Landesplanung.
- Nr. 5 Berroth, Über Anwendung photographischer Teilkreisregistrierung in der Geodäsie. — Meier, Trigonometrische Signale aus Stahlrohr. — Samuel, Die Temperaturverbesserung bei Quecksilberbarometern. — Lackes, Ein neues Nivelliergerät. — Haerpfert, Zur Theorie des vierseitigen Winkelprismas. — Schmitt, Planungsaufgaben der Landgemeinden auf rechtssicheren Kartenunterlagen. — Holz, Vermessungswesen und Heimatforschung.
- Nr. 7 Gerardy, Die zukünftige Gestaltung der Polygonnetze. — Kriegel, Auffinden unterirdischer Tüpfel-Festlegungen bei fehlenden Sicherungsmaßen. — Panther, Was bedeutet der Entwurf zum Flurbereinigungsgesetz für die Landwirtschaft? — Gesamtdeutsche Städtebautagung in Berlin.
- Nr. 8 „Zur Geodätischen Woche“ in Köln. — Lehmann, Die Ziele einer modernen geodätischen Hochschulbildung. — Hermann, Das Vermessungsstudium an den Staatsbauschulen. — Kaestner, Über die Kataster- und Landesvermessung. — Semler, Der öffentlich bestellte Vermessungsingenieur im Wirtschaftsleben. — Sibbel, Das Vermessungswesen bei der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung. — Panther, Welche Aufgaben findet der Vermessungsingenieur heute in der landwirtschaftlichen Verwaltung vor? — Adam, Aktuelle Aufgaben im Kommunal-Vermessungswesen. — Ahrens, Der Vermessungsingenieur bei einem großen Verkehrsträger.

L'Universo mit dem Bolletino Geodetico dell'Istituto
Geografico Militare Firenze (30. Jahrg. — 1950)

- Nr. 3. Giannini, Gli stati Baltici nell' U. R. S. S. — Gelich, Fondamenti geografici della comunita Atlantica e del blocco Slavo. — Antolini, Simoncelli und Maffi, Sull'Himalaya del Punjab. — de Leone, Le Relazioni Italo-Marocchine alla fine del secolo XIX attraverso le vicende di una missione militare Italiana. — Puccioni, L'Istruzione degli Africani in Regime di trusteeship. — Bormioli, L'Arabia Saudita e il lavoro Italiano. — Rubrica Cartografica.
- Nr. 4. Spezzoni della Carta „Citta di Roma“ al 20.000 dell'I. G. M. (fuori testo). — Giannini, Gli stati Baltici nell' U. R. S. S. — Nice, Lo Sfruttamento del metano in Italia. Maffi, Padovan, Campello, Sull'Himalaya del Punjab. — De Leone, Italiani nel Congo. — Traversi, La Calabria Settentrionale. — Viora, Europa ed Africa. — Battisti, L'Atlante Toponomastico della Regione Tridentina. — Andreucci, Relazione sul rilevamento delle Grotte di Castellana. — Rubrica Cartografica.

Ergänzung zu Nr. 4. Giannini, Il Nuovo Sistema di Rappresentazione e di Quadrettatura delle Carte Topografiche Italiane.

Mitteilungen aus dem Markscheidewesen. Verlag Konrad
Wittwer, Stuttgart. Jahresheft 1949, 56. Jahrgang (liegt nicht in der Biblio-
thek des B. A. f. E. u. V. auf).

Habach, Die Zulage in Flach- und Seigerissen. — Habach, Die Zulage in axonometrischen Rissen. — Grütjen, Erfahrungen mit zulagemäßiger Rißführung axonometrischer Darstellungen. — Habach, Die Formbeschreibung von Lagerstätten durch Wertlinien unter Anwendung von Raum- und Polarkoordinatenumformungsverfahren. — Schmidt, Möglichkeiten der Entwicklung des konstruktiven Anaglyphen-Raumbildes unter besonderer Berücksichtigung einer Flächentönung. — Paus, Der Durchschlag im südlichen Teil des tiefen Stollens der Grube Schauinsland bei Freiburg im Breisgau. — Jung, Über Fehlerwahrscheinlichkeiten und Fehlergrenzen bei geringer Anzahl von Beobachtungen. — Schleier, Über Bodenbewegungen beim Abbau der Salzgitter Erzlagerstätte.

Schweizerische Zeitschrift für Vermessung und Kultur-
technik, Winterthur. 48. Jahrgang — 1950

- Heft 5. Nef, Eine graphische Methode zur Bestimmung des Azimutes mit Hilfe astronomischer Beobachtungen. — Salonen, Die Genauigkeit der Polygonknotenpunkte. — Berchtold, Die optischen Mittel zur Berichtigung des Wildschen Reduktions-Distanzmessers RDH.-Nekrologe für Adolf Kreis, Pauf Etter, Jules Favre und Werner Zumbach-Anz.
- Heft 6. Mitteilung betreffend Hauptversammlung 1950 des SVVK. — Berchtold, Die optischen Mittel zur Berichtigung des Wildschen Reduktions-Distanzmessers RDH. — Schuler, Sprungweise Längenänderung des Invar. — Ansermet, Les lieux critiques en aerophotogrammetrie. — Trüb, Die Anwendung der Maulwurfsdrainage in schweizerischen Verhältnissen und besondere Probleme der Maulwurfsdrainage.
- Heft 7. 46. Hauptversammlung des SVVK. Programm. — Trüb, Die Anwendung der Maulwurfsdrainage in schweizerischen Verhältnissen und besondere Probleme der Maulwurfsdrainage. — Rinner, Geometrie mit Strecken. — 29. Konferenz der eidgenössischen und kantonalen Vermessungsaufsichtsbeamten 1950. — Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie. Protokoll der 32. Hauptversammlung.
- Heft 8. Rinner, Geometrie mit Strecken. — Ansermet, Sur un théorème de la méthode des moindres carrés. — Tomášegović, Über die Möglichkeit direkter Bestimmung von Koordinatenunterschieden in Polygonzügen.

Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde, Rotterdam
(66. Jahrg. — 1950)

- Nr. 3. Roelofs, De nauwkeurigheid van de oppervlaktebepaling met de schijfpoolplanimeter.
- Nr. 4. Roelofs, Foutentheorie van de oppervlaktebepaling met de schijfpoolplanimeter. — Bruins, Berekening van geografische coördinaten van de primaire punten van het Nederlandse Rijksdriehoeksnet op de ellipsoïde van Hayford. — Literaturbericht: Baarda (Rezensent), Beiträge zur Lotabweichungsausgleichung und Geoidbestimmung, Veröffentlichung des Instituts für Erdmessung, 6. — Baarda (Rezensent)-Beiträge zur Zentrierung von Richtungen, Veröffentlichungen des Instituts für Erdmessung, 9. — Bruins (Rezensent), Professor Hans Boltz und sein Werk, Bamberger Verlagshaus, Meisenbach. — Koebach (Rezensent), Einführung in die sphärische Astronomie von Dr. Adalbert Prey. Springer Verlag, Wien.

Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart (75. Jahrg. — 1950)

- Heft 4. Becker, Die Bodenpreisfrage in den Aufbaugesetzen der Länder. — Weber, Ausgleich des trigonometrischen Einschneidens durch Mittelbildung. — Brocks, Meteorologische Hilfsmittel für die Geodätische Höhenmessung (Fortsetzung). — Lork, Karten- und Planwesen im Dienste der Deutschen Bundesbahn. — Hristow, Zusammenhänge zwischen den verschiedenen geodätischen Größen auf einem Rotationskörper.
- Heft 5. Rösch, Zwischenorientierungen in Polygonzügen. — Hirvonen, Bestimmungen der Libellenempfindlichkeit. — Friedrich, Strenge Fassung der Gleichungen Werkmeisters. — Hollinger, Wiederaufbau der Katastervermessung. — Brocks, Meteorologische Hilfsmittel für die geodätische Höhenmessung (Schluß).
- Heft 6. Brennecke, Über das kulturpolitische Berufsethos des Vermessungsingenieurs. — Kneißl, Die Aufstellung und Verprobung der sphärischen Seiten- und Sinusbedingungsgleichungen. — Nittinger, Die Ähnlichkeitstransformation bei Polygonzügen und -Netzen. — Finsterwalder, Das Musterblatt der Grundkarte 1:5000. — Eckhardt, Die Verteilung mehrdimensionaler Fehler unter Zugrundelegung des Gauß'schen Fehlergesetzes (1. Teil).
- Heft 7. Engelbert und Hinterthür, Gegenwartsprobleme der Stadtkartographie. — Förstner, Durchschnittliche Werte der Grundstücke bei der Ermittlung des Abfindungsanspruches in Flurbereinigungen. — Hillebrand, Die praktischen Anwendungsmöglichkeiten der Reichsbodenschätzung für die Umlegung. — Kasper, Bericht über zwei weitere Verfahren für die gegenseitige Orientierung von Senkrechtaufnahmen. — Eckhardt, Die Verteilung mehrdimensionaler Fehler unter Zugrundelegung des Gauß'schen Fehlergesetzes (Schluß).

Andere Zeitschriften

Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines (Jahrg. 1950)

- Nr. 5/6. Junson und Peterson, Vermessung und Erdölsuche aus der Luft.

Österreichisches Ingenieur-Archiv (Jahrg. 1950, Band IV)

- Heft 3/4. Hochrainer, Ebene Tensoren und komplexe Zahlen.

Neue Technik, Die technische Entwicklung in Kurzberichten (Jahrg. 1950)

Nr. 29. Bericht Nr. 2669. Ein mikro-optischer Theodolit.

Zusammengestellt im Auftrage des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen
von Bibliotheksangestellten K. Gartner

Bücherschau

Die mit * bezeichneten Bücher liegen in der Bibliothek des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen auf.

Abkürzungen: A. V. N. = Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Ö. Z. f. V. = Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen, Schw. Z. f. V. u. K. = Schweizerische Zeitschrift für Vermessung und Kulturtechnik, Z. f. V. = Zeitschrift für Vermessungswesen.

I. Astronomie, Höhere Geodäsie und Geophysik:

Ferrari d'Occhieppo, Astronomie (Taschenbuch des Wissens: Band I). Verlag L. Bondi & Sohn, Wien 1949. (Bespr.: Zeitschr. d. Österr. Ing.- u. Architekten-Vereines, Nr. 15-16, 1950).

Frebold, Erde und Weltall und Grundlagen der Erdgeschichte. Zwei Bändchen. Franck'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. (Bespr.: Z. f. V. 5/1950).

* Hauer, Entwicklung von Formeln zur praktischen Anwendung der flächentreuen Abbildung kleiner Bereiche des Rotationsellipsoides in die Ebene. Sonderheft 6 der Österr. Z. f. V. Verlag des Österr. Vereines für Vermessungswesen, Wien 1949. (Bespr.: Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Wien, Band 92, 1-3/1950).

* Ledersteger, Numerische Untersuchungen über die Perioden der Polbewegung. Sonderheft 7 der Österr. Z. f. V. Verlag des Österr. Vereines für Vermessungswesen, Wien 1949 (Bespr.: Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Wien, Band 92, 1-3/1950).

Marcantoni, Sopra alcune formule relative alla rappresentazione gaussiana sfera sul piano. Atti Accad. naz. Lincei, Rend. Cl. Sci. fisic. mat. natur., VIII/1948. (Bespr.: Z. f. V. 5/1950).

Schönberg, Die Methoden der Koinzidenzen zweier Sterne in Höhe bei Ortsbestimmungen aus der Luft und zur See. S. B. math. naturw. Abt. Bayer. Akad. Wiss. München 1947, S. 139-154 (1949). (Bespr.: Z. f. V. 5/1950).

* Walther-Kneissl-König, Angewandte Mathematik, Teil IV, Geodäsie. Bd. 6 von Naturforschung und Medizin in Deutschland 1939-1946. Dietrich'sche Verlagsbuchhandlung, Wiesbaden 1948.

Bartels, Geophysik, Teil I. Bd. 17 von Naturforschung und Medizin in Deutschland 1939-1946. Dietrich'sche Verlagsbuchhandlung, Wiesbaden 1948.

* Honkasaalo, Measuring of the 864 m long Nummela Standard Base Line with the Väisälä light interference comparator and some investigations into invar wires. Veröffentlichungen des Finnischen Geodätischen Institutes, Nr. 37. Helsinki 1950.

* Ölander, On the geoid in the Baltic area and the orientation of the Baltic Ring. Veröffentlichungen des Finnischen Geodätischen Institutes, Nr. 38. Helsinki 1950.

* Heiskanen, On the isostatic structure of the earth's crust. Publication of the Isostatic Institute of the International Association of Geodesy, Nr. 24. Helsinki 1950.

Heinemann-Lohmann, Astronomischer Jahresbericht, mit Unterstützung der Astronomischen Gesellschaft herausgegeben vom Rechen-Institut zu Heidelberg. 47. Band. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1949 (Bespr.: A. V. N. 8/1950).

2. Vermessungskunde:

Heindl, Vermessungstechnische Instrumente. Gebrauch, Prüfung und Berichtigung. R. Oldenburg, München 1950. (Bespr.: Z. f. V. 7/1950).

Richter, Das materielle und formelle Deutsche Grundbuchrecht in seiner Beziehung zum Liegenschaftskatasterdienst mit besonderer Berücksichtigung der bayrischen und rheinpfälzischen Verhältnisse. J. Schweizer Verlag, Berlin und München 1950. (Bespr.: Z. f. V. 7/1950).

Schiller, Mittel und Wege einer beschleunigten Flurbereinigung und Reform der Flurverfassung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, z. Zt. Ludwigsburg 1949. (Bespr.: Schw. Z. f. V. u. K. 6/1950).

Weil, Grundstückschätzung. Werner-Verlag G. m. b. H., Düsseldorf-Lohausen 1949 (Bespr.: A. V. N. 3/1950).

Heißler, Möglichkeiten und Vorschläge für die Verwendung und Weiterentwicklung der „Deutschen Grundkarte 1: 5000“. Niedersächsisches Landesvermessungsamt Hannover 1949. (Bespr.: A. V. N. 5/1950).

3. Geometrie, Mathematik und Tafelwerke:

* Duschek, Vorlesungen über höhere Mathematik, 1. Bd.: Integration und Differentiation der Funktionen einer Veränderlichen. Anwendungen. Numerische Methoden. Algebraische Gleichungen. Grundzüge der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Springer Verlag, Wien 1949.

* Duschek-Hochrainer, Grundzüge der Tensorrechnung in analytischer Darstellung. Teil I: Tensoralgebra. Springer Verlag, Wien 1948. 2. Aufl.

* Teil II: Tensoranalysis. Springer Verlag 1950 (Bespr.: Österr. Ingenieur-Archiv, Bd. IV, 3—4/1950).

Emde, Tafeln elementarer Funktionen. 2. Aufl. B. G. Teubner Verlagsgesellsch. Leipzig 1948.

* Gröbner, Moderne algebraische Geometrie. Die idealtheoretischen Grundlagen. Springer Verlag, Wien 1949.

* Hornich, Lehrbuch der Funktionentheorie. Springer Verlag, Wien 1950.

Gröbner-Hofreiter, Integraltafel, I. Teil: Unbestimmte Integrale. Springer Verlag, Wien 1949.

Jahnke-Emde, Tafeln höherer Funktionen. B. G. Teubner Verlagsgesellsch. Leipzig 1948.

* Jenné, Zur Lösung linearer Gleichungssysteme. Mitt. Geod. Inst. Potsdam, Deutsche Akademie der Wissenschaften Berlin (Bespr.: Z. f. V. 7/1950).

* Lense, Vorlesungen über höhere Mathematik, Leibniz Verlag, München 1948.

Lukey, Nomographie. Praktische Anleitung zum Entwerfen graphischer Rechentafeln. B. G. Teubner Verlagsgesellsch., Leipzig 1949.

Ollendorf, Die Welt der Vektoren. Springer Verlag, Wien 1950.

Rohrberg, Theorie und Praxis des Rechenstabes. VIII. Aufl. B. G. Teubner Verlagsgesellsch., Leipzig 1950 (Bespr.: Z. f. V. 7/1950).

Rothé, Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure:

Teil I: Differentialrechnung und Grundformeln der Integralrechnung nebst Anwendungen.

Teil II: Integralrechnung. Unendliche Reihen. Vektorrechnung nebst Anwendungen.

Teil III: Flächen im Raume. Linienintegrale und mehrfache Integrale. Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen nebst Anwendungen.

Teil IV: Übungsaufgaben mit Lösungen zu Teil I, II und III.

Teil V: Formelsammlung.

Verlag f. Wissenschaft u. Fachbuch, Bielefeld 1949/50.

von Sanden, Darstellende Geometrie. 2. Aufl. (Teubners Math. Leitf. Bd. 2), B. G. Teubner Verlagsgesellsch., Leipzig 1949.

Sust, Tafeln für die Umwandlung von Winkeln aus alter (sexagesimaler) Teilung in neue und aus neuer in alte Teilung. Verlag von Konrad Wittwer, Stuttgart 1948.

Formeln für die Ausgleichsrechnung. Zusammengestellt vom Geodätischen Institut der Universität Bonn. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart 1949 (Bespr.: A. V. N. 2/1950).

D o r f l i n g, Mathematik für Ingenieure und Techniker. 5. erweit. Aufl. Verlag R. Oldenbourg, München 1950 (Bespr.: A. V. N. 7/1950).

4. Photogrammetrie, Topographie und Reproduktionstechnik:

Handbuch der Reproduktionstechnik, Band III. Photolithographie, Offsetreproduktion, Lichtdruck. 6. neu bearb. Aufl. Polygraph Verlag, Frankfurt/Main 1949. (Bespr.: Z. f. V. 5/1950).

T r o r e y, Handbook of Aerial Mapping and Photogrammetry. Verlag University Press, Cambridge 1950 (Bespr.: Schw. Z. f. V. u. K. 7/1950).

Z e l l e r, Das günstigste Verfahren der gegenseitigen Orientierung. Verlag f. Technik u. Kultur, Berlin 1948.

Z e l l e r - B r a n d e n b e r g e r, Beispiel für die Ausgleichung eines Doppelstreifens mit Statoskopangaben. Verlag f. Technik u. Kultur, Berlin 1948.

Z e l l e r - B r a n d e n b e r g e r, Zur Fehlertheorie der gegenseitigen Orientierung — Theorie und Praxis der gegenseitigen Orientierung von Steilaufnahmen. Verlag f. Technik u. Kultur, Berlin 1948.

B r a n d e n b e r g e r, Stereophotogrammetrie und Katastervermessung. Verlag f. Technik u. Kultur, Berlin 1948.

5. Verschiedenes:

B a t s o n, Roads. Their Alignment, Layout and Construction. Verlag Longmans Green and Co., London, New York, Toronto 1950 (Bespr.: Schw. Z. f. V. u. K. 7/1950).

DIN-Mitteilungen, herausgegeben vom Deutschen Normenausschuß (22a), Krefeld-Herdingen (Bespr.: Z. f. V. 7/1950).

G ü t h l i n g, Die Vermessung des Siegerlandes durch Erich Philipp Ploenies 1717—1726. Selbstverlag des Siegerländer Heimatvereins, Siegen 1950 (Bespr.: Z. f. V. 6/1950).

* K u r z - H o h e n l e h n s d o r f f, Die Bauordnung für Niederösterreich. Manz'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung, Wien 1950 (Bespr.: Verordnungs- und Amtsblatt für das Land Steiermark).

* B a r n e t t, Einstein und das Universum. Bermann-Fischer Verlag, Wien 1950 (Bespr.: Österr. Ingenieur-Archiv, Bd. IV, 3—4/1950).

* S c h u b e r t - L o i b l, Bauordnung für Wien, I. Teil. Staatsdruckerei Verlag, Wien 1950.

S t r e l e, Grundriß der Wildbach- und Lawinenverbauung. 2. vermehrte Aufl. Springer Verlag, Wien 1950 (Bespr.: Z. d. Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, 13—14/1950).

S c h w a r z, Die Entwicklung der geographischen Wissenschaft seit dem 18. Jahrhundert. Wissenschaftliche Editions-gesellschaft, Berlin 1948 (Bespr.: L'Universo 4/1950).

R e i c h o w, Organische Stadtbaukunst, Verlag Georg Westermann, Braunschweig-Berlin (Bespr.: A. V. N. 2/1950).

Technische Hochschule Darmstadt, IKIA Internationaler Kongreß für Ingenieurausbildung, Darmstadt 31. Juli bis 9. August 1947. Eduard Roether Verlag, Darmstadt 1949 (Bespr.: A. V. N. 2/1950).

F l e m m i n g s Weltatlas. Verlag Kartographisches Institut, Hamburg 1949 (Bespr.: A. V. N. 4/1950).

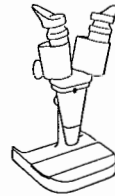
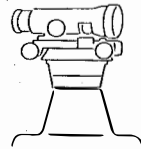
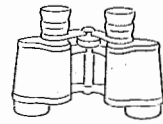
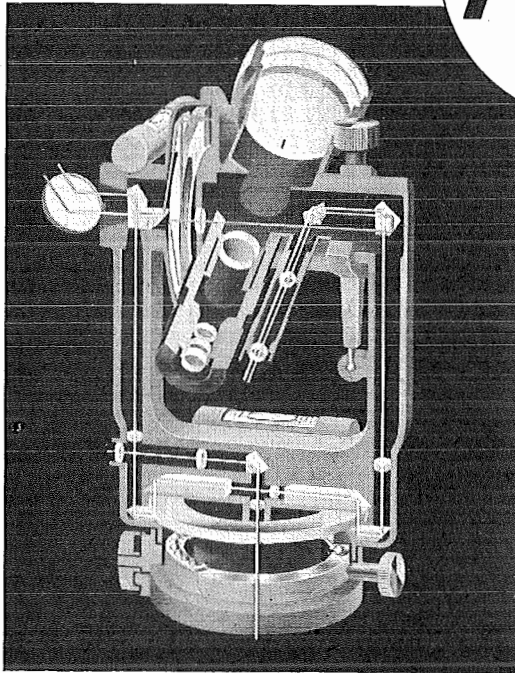
C l o o s, Gespräch mit der Erde. Verlag R. Piper & Co., München 1949 (Bespr.: A. V. N. 4/1950).

H e l l p a c h, Geopsyche. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1950 (Bespr.: A. V. N. 8/1950).

Zusammengestellt im Auftrage des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen von Bibliotheksangestellten K. G a r t n e r.



J. Willard Gray



Vermessungsinstrumente, Theodolite, Tachymeter,
Doppelkreis-Theodolite, Nivellierinstrumente,
Meßtisch-Ausrüstungen, Selbstreduzierende Kippregel,
Pentaprismen, Prismen-Feldstecher, Aussichtsfernrohre,
binokulare Prismenlupe, Koloskop, Polarimeter,
Elektrophorese-Apparatur, Kino-Aufnahme- und
Projektionsobjektive, Stroboskop, Präzisions-Reißzeuge.

Vertretung für Österreich:

Ing. Carl Möckli, Wien V./55, Kriehubergasse 10

Telephon U 49-5-99

Österreichischer Verein für Vermessungswesen

Wien VIII., Friedrich Schmidt-Platz 3

I. Sonderhefte zur Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen

- Sonderheft 1: **Festschrift Eduard Doležal.** 198 Seiten, Neuauflage, 1948. Preis S 18.—.
- Sonderheft 2: **Die Zentralisierung des Vermessungswesens in ihrer Bedeutung für die topographische Landesaufnahme.** 40 Seiten, 1935. Wird neu aufgelegt.
- Sonderheft 3: **Ledersteger, Der schrittweise Aufbau des europäischen Lotabweichungssystems und sein bestanschließendes Ellipsoid.** 140 Seiten, 1948. Preis S 25.—.
- Sonderheft 4: **Zaar, Zweimedienphotogrammetrie.** 40 Seiten, 1948. Preis S 18.—.
- Sonderheft 5: **Rinner, Abbildungsgesetz und Orientierungsaufgaben in der Zweimedienphotogrammetrie.** 45 Seiten, 1948. Preis S 18.—.
- Sonderheft 6: **Hauer, Entwicklung von Formeln zur praktischen Anwendung der flächentreuen Abbildung kleiner Bereiche des Relationellipsoides in der Ebene.** 31 Seiten, 1949. Preis S 15.—.
- Sonderh. 7/8: **Ledersteger, Numerische Untersuchungen über die Perioden der Polbewegung. Zur Analyse der Laplace'schen Widersprüche.** 59 + 22 Seiten, 1949. Preis S 25.—.
- Sonderheft 9: **Die Entwicklung und Organisation des Vermessungswesens in Österreich.** 56 Seiten, 1949. Preis S 22.—.

II. Dienstvorschriften

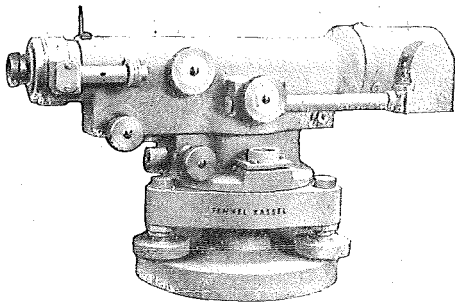
- Nr. 1. **Behelfe, Zeichen und Abkürzungen im österr. Vermessungsdienst,** 38 Seiten, 1947. Preis S 5.—.
- Nr. 2. **Allgemeine Bestimmungen über Dienstvorschriften, Rechentafeln, Muster und sonstige Drucksorten.** 50 Seiten, 1947. Preis S 6.50.
- Nr. 8. **Die österreichischen Meridianstreifen.** 62 Seiten, 1949. Preis S 8.—.
- Nr. 14. **Fehlergrenzen und Hilfstabellen für Neuvermessungen.** 1937. 16 Seiten. Preis S 3.50.
- Nr. 15. **Hilfstabellen für Neuvermessungen.** 34 Seiten, 1949. Preis S 5.—.
- Nr. 46. **Zeichenschlüssel der österreichischen Karte 1 : 25.000 samt Erläuterungen.** 88 Seiten, 1950. Preis S 15.—.

III. Weitere Publikationen

- Prof. Dr. Rohrer: **Tachymetrische Hilfstafel für sexagesimale Kreisteilung.** Taschenformat, 20 Seiten. Preis S 10.—.
- Der österreichische Grundkataster.** 66 Seiten, 1948. Preis S 10.—.
- Behelf für die Fachprüfung der österr. Vermessungsingenieure** (herausgegeben 1949)
- Heft 1: Fortführung 1. Teil, 55 Seiten, Preis S 10.—
- Heft 2: Fortführung 2. Teil, 46 Seiten, Preis S 10.—
- Heft 3: **Höhere Geodäsie,** 81 Seiten, Preis S 10.—
- Heft 4: **Triangulierung,** 46 Seiten, Preis S 7.—
- Heft 5: **Neuvermessung, Nivellement und topographische Landesaufnahme.** 104 Seiten, Preis S 16.—.
- Heft 6: **Photogrammetrie, Kartographie und Reproduktionstechnik.** 70 Seiten. Preis S 10.—.

Sämtliche Publikationen zu beziehen durch den

Österreichischen Verein für Vermessungswesen, Wien VIII., Friedrich-Schmidt-Platz 3 und in den einschlägigen Buchhandlungen.



Geodätische Instrumente

mit sämtlichem Zubehör

OTTO FENNEL SOHNE

Kom.-Ges.

KASSEL

Königstor 16 . Telegr.-Adr.: Fennelos . Tel. 48-10

Offizielle österreichische amtliche Karten der Landesaufnahme

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen
in Wien VIII., Krotenthallergasse 3 / Tel. A 23-5-20



Es werden folgende Kartenwerke empfohlen:

Für Amtszwecke sowie für Wissenschaft und Technik

Die Blätter der
Österreichischen Karte 1 : 25.000 bzw. der
Alten österreichischen Landesaufnahme 1 : 25.000
Österreichische Karte 1 : 50.000 bzw. die
Provisorische Ausgabe der Österreichischen Karte 1 : 50.000
Generalkarte von Mitteleuropa 1 : 200.000
Übersichtskarte von Mitteleuropa 1 : 750.000
Plan von Wien 1 : 15.000 mit Straßenverzeichnis
Bezirkspläne von Wien 1 : 10.000 bzw. 1 : 15.000
Arbeitskarten 1 : 200.000 und 1 : 500.000 von Österreich
Ortsgemeindegrenzenkarten von allen Bundesländern 1 : 500.000

Zum Zusammenstellen von Touren und Reisen

Karte der Republik Österreich 1 : 850.000
Karte der Republik Österreich 1 : 500.000
Verkehrs- und Reisekarte von Österreich 1 : 600.000

Für Auto-Touren

die Straßenkarte von Österreich 1 : 500.000 in zwei Blättern,
mit Terraindarstellung, Leporellofaltung

sowie für Motorrad und Radfahrer

die Straßenübersichtskarte von Österreich 1 : 850.000 in Form
eines praktischen Handbüchleins

Für Wanderungen

die Blätter der Wanderkarte 1 : 50.000 mit Wegmarkierungen

Die Karten sind in sämtlichen Buchhandlungen und in der amtlichen Verkaufsstelle Wien VIII., Krotenthallergasse 3, erhältlich.

Theodolite, Nivelliere, Boussolen-Instrumente

sowie **sämtliche Vermessungsrequisiten**

für Feld- und Kanzleibedarf liefert in erstklassiger Ausführung

Neuhöfer & Sohn Akt.-Ges., Wien V., Hartmannngasse 5

Telephon A 35-4-40

Reparaturen von Instrumenten auch fremder Provenienz raschest und billigst

Prospekte gratis

KRIECHBAUM-SCHIRME

ERZEUGUNG ALLER ARTEN

VERMESSUNGS-

RUCKSACK- und

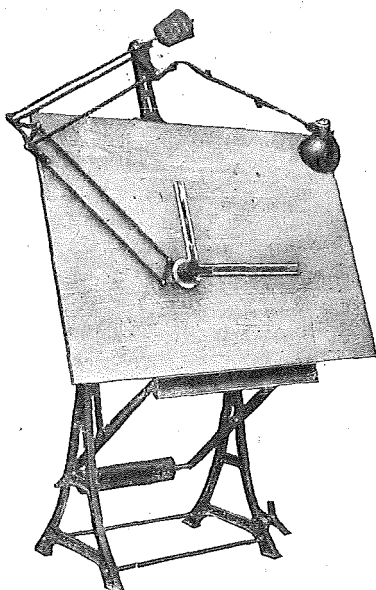
GARTEN-SCHIRME

Hauptbetrieb:

WIEN 16

Neulerchenfelderstr. 40

Telephon B 40-8-27



„Planis“ Zeichenmaschine 1000 × 1500 mm
mit verstellbarem Tisch

Zeichenmaschinen

Bauart Fromme

„Planis“ Maßstäbe

für jede Zeichenmaschine
mit jeder Teilung

ADOLF FROMME

FABRIK FÜR GEODÄTISCHE UND
KARTHOGRAPHISCHE INSTRUMENTE
ZEICHENMASCHINEN

WIEN XVIII., Herbeckstraße 27

Tel. A 26-3-83



Feinpapier Spezialpapier
Zellulose

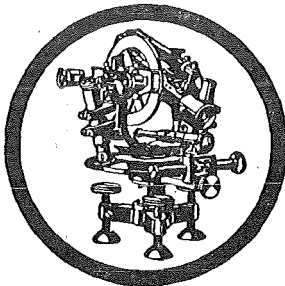
LEYKAM-JOSEFSTHAL

Actiengesellschaft für Papier und Druckindustrie

Wien, I., Parkring 2

Telephon R 27-5-95

Fernschreib Nr. 1824



Rudolf & August Rost

Feinmechanische Werkstätten

Erzeugung von geodätischen Instrumenten,
Auftragsapparaten und sämtl. Zubehör für
alle Zweige des Vermessungswesens
Präzisions-Kreis- und Längenteilungen

Telephon B 33-4-20

Gegründet 1888

Wien, XV., Märzstraße Nr. 7

typon

Phototechnische Filme und Papiere

Das bewährte Material für feinste kartographische Arbeiten

Verlangen Sie bitte Prospekt von



Gesellschaft für Reproduktionsbedarf, Inhaber Friedrich A. Heinrici

Wien, XII., Steinbauergasse 25

Neuzeitliche Nivellierinstrumente

Theodolite und Meßgeräte

Miller, Innsbruck