

Erscheinungsort: Baden bei Wien
Verlagspostamt: Baden bei Wien 1

P. b. b.

Österreichische Zeitschrift für **Vermessungswesen**

REDAKTION:

Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Rohrer

emer. o. Professor
der Technischen Hochschule Wien

Hofrat Dr. phil., Dr. techn. eh.

Karl Ledersteger

o. Professor
der Technischen Hochschule Wien

Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn.

Josef Mitter

Vorstand der Abteilung Erdmessung
des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen

Nr. 2

Baden bei Wien, Ende April 1968

56. Jg.

INHALT:

Abhandlungen:

Bedeutung und Entwicklung der absoluten Schwerebestimmung K. Reicheneder

Theorie und Praxis der Berechnung des mittleren Punktlagefehlers beim mehr-
fachen Einschneiden J. Kovarik

Rationellste Basisnetze der Präzisions-Polygonometrie vorgeschriebener Ge-
nauigkeit mit Wild-Theodolit T 2 und 2 m-Invar-Basislatte im Stadtgebiet W. Smetana

Untersuchungen der Ziellinienänderung eines Nivelliers beim Umfokussieren .. G. Stolzka

Mitteilungen, Literaturbericht, engl.-franz. Inhaltsverzeichnis
Mitteilungsblatt zur „Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen“,
redigiert von ORDVD. Dipl.-Ing. Rudolf Arenberger



Herausgegeben vom

ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppen f. Vermessungswesen),
der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und
der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

Baden bei Wien 1968

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen

Für die Redaktion der Zeitschrift bestimmte Zuschriften und Manuskripte sind an eines der nachstehenden Redaktionsmitglieder zu richten:

Redakteure:

o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Rohrer, A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule
o. Prof. Hofrat Dr. phil., Dr. techn. eh. Karl Ledersteger, A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule
Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter, A 1080 Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3

Redaktionsbeirat:

o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Alois Barvir, A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule
o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Friedrich Hauer, A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule
o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Karl Hubeny, A 8020 Graz, Techn. Hochschule, Rechbauerstraße 12
Prof. Ing. Dr. techn. eh. Karl Neumaier, Präsident des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen i. R., A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule

Für die Redaktion des Mitteilungsblattes und Annoncenteilbes bestimmte Zuschriften sind an *ORdVD. Dipl.-Ing. Rudolf Arenberger*, A 1180 Wien XVIII, Schopenhauerstraße 32, zu senden.

Die Manuskripte sind in lesbarer, druckreifer Ausfertigung, die Abbildungen auf eigenen Blättern als Reinzeichnungen in schwarzer Tusche und in möglichst großem, zur photographischen Verkleinerung geeignetem Maßstab vorzulegen. Von Photographien werden Hochglanzkopien erbeten. Ist eine Rücksendung der Manuskripte nach der Drucklegung erwünscht, so ist dies ausdrücklich zu bemerken. Bei Vorlage von Rasterklischees: Umschlag 42er Raster, Text 54er Raster

Die Zeitschrift erscheint sechsmal jährlich, u. zw. Ende jedes geraden Monats.

Redaktionsschluß: jeweils Ende des Vormonats.

Auflage: 950 Stück

Bezugsbedingungen: pro Jahr

Mitgliedsbeitrag für den Verein oder die Österr. Gesellschaft
für Photogrammetrie S 50,—
für beide Vereinigungen zusammen S 100,—
Abonnementgebühr für das Inland S 130,— und Porto
Abonnementgebühr für Deutschland DM 28,— und Porto
Abonnementgebühr für das übrige Ausland S 168,— od. sfr 28,— und Porto

Einzelheft . . . S 25,— Inland bzw. DM 5,— oder ö. S 32,— Ausland

Anzeigenpreis pro $\frac{1}{1}$ Seite 125 × 205 mm. S 1000,—

Anzeigenpreis pro $\frac{1}{2}$ Seite 125 × 100 mm. S 600,—

Anzeigenpreis pro $\frac{1}{4}$ Seite 125 × 50 mm. S 400,—

Anzeigenpreis pro $\frac{1}{8}$ Seite 125 × 25 mm. S 300,—

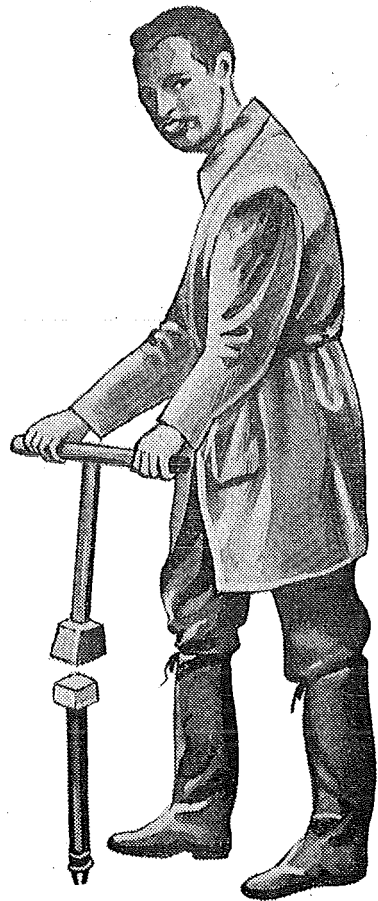
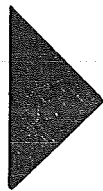
Prospektbeilagen bis 4 Seiten S 600,—

Postscheck-Konto Nr. 119.093

Telephon: 42 92 83

EINSCHRAUBEN

ist viel leichter,
einfacher und billiger
als alles bisher Übliche



Sie wiegen nur **2,5 kg**
sind wirklich unverwüßlich und
mit nur $\frac{1}{5}$ des bisherigen
Aufwandes zu versetzen,

die neuen

GRENZMARKEN aus KUNSTSTOFF

Alleinverkauf in Österreich

DR. WILHELM ARTAKER

1031 Wien III, Reisnerstr. 6, Ruf: (0222) 73 15 86 Δ

Wiener Messe Halle M, Stand 1214-1219

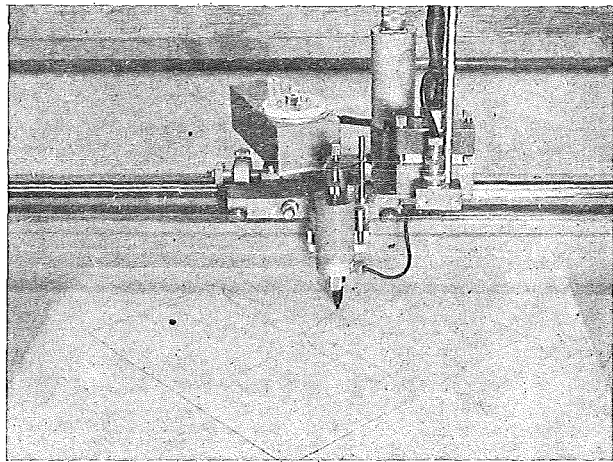
Österreichischer Verein für Vermessungswesen

A 1180 Wien XVIII, Schopenhauerstraße 32

I. Sonderhefte zur Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen

- Sonderheft 1: *Festschrift Eduard Doležal. Zum 70. Geburtstag.* 198 Seiten, Neuauflage, 1948, Preis S 18.—. (Vergriffen.)
- Sonderheft 2: Lego (Herausgeber), *Die Zentralisierung des Vermessungswesens in ihrer Bedeutung für die topographische Landesaufnahme.* 40 Seiten, 1935. Preis S 24.—. (Vergriffen.)
- Sonderheft 3: Ledersteger, *Der schrittweise Aufbau des europäischen Lotabweichungssystems und sein bestanschließendes Ellipsoid.* 140 Seiten, 1948. Preis S 25.—. (Vergriffen.)
- 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 Rotationsellipsoids in die Ebene.* 31 Seiten. 1949. (Vergriffen.)
- 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.—.
- Sonderheft 11: Mader, *Das Newton'sche Raumpotential prismatischer Körper und seine Ableitungen bis zur dritten Ordnung.* 74 Seiten, 1951. Preis S 25.—.
- Sonderheft 12: Ledersteger, *Die Bestimmung des mittleren Erdellipsoides und der absoluten Lage der Landestriangulationen.* 140 Seiten, 1951. Preis S 35.—.
- Sonderheft 13: Hubeny, *Isotherme Koordinatensysteme und konforme Abbildungen des Rotationsellipsoides.* 208 Seiten, 1953. Preis S 60.—.
- Sonderheft 14: *Festschrift Eduard Doležal. Zum 90. Geburtstag.* 764 Seiten und viele Abbildungen. 1952. Preis S 120.—.
- Sonderheft 15: Mader, *Die orthometrische Schwerekorrektion des Präzisions-Nivellements in den Hohen Tauern.* 26 Seiten und 12 Tabellen. 1954. Preis S 28.—.
- Sonderheft 16: *Theodor Scheimpflug — Festschrift.* Zum 150jährigen Bestand des staatlichen Vermessungswesens in Österreich. 90 Seiten mit 46 Abbildungen und XIV Tafeln. Preis S 60.—.
- Sonderheft 17: Ulbrich, *Geodätische Deformationsmessungen an österreichischen Staumauern und Großbauwerken.* 72 Seiten mit 40 Abbildungen und einer Luftkarten-Beilage. Preis S 48.—.
- Sonderheft 18: Brandstätter, *Exakte Schichtlinien und topographische Geländedarstellung.* 94 Seiten mit 49 Abb. und Karten und 2 Kartenbeilagen, 1957. Preis S 80.— (DM 14.—).
- Sonderheft 19: *Vorträge aus Anlaß der 150-Jahr-Feier des staatlichen Vermessungswesens in Österreich, 4. bis 9. Juni 1956.*
- Teil 1: *Über das staatliche Vermessungswesen,* 24 Seiten, 1957. Preis S 28.—.
- Teil 2: *Über Höhere Geodäsie,* 28 Seiten, 1957. Preis S 34.—.
- Teil 3: *Vermessungsarbeiten anderer Behörden,* 22 Seiten, 1957. Preis S 28.—.
- Teil 4: *Der Sachverständige — Das k. u. k. Militärgeographische Institut.* 18 Seiten, 1958. Preis S 20.—.
- Teil 5: *Über besondere photogrammetrische Arbeiten.* 38 Seiten, 1958. Preis S 40.—.
- Teil 6: *Markscheidewesen und Probleme der Angewandten Geodäsie.* 42 Seiten, 1958. Preis S 42.—.

Rationalisiertes Herstellen von Zeichnungen und Plänen



Der programmgesteuerte Koordinatograph
Contraves/Haag-Streit zeichnet
und beschriftet schnell und zuverlässig Pläne
und stellt Computer-Daten graphisch dar.

Der frei programmierbare Interpolations-
rechner der Anlage erlaubt ein genaues
Aufzeichnen beliebiger Kurven und Geraden.

Tischgröße des Koordinatographen
1200 x 1200 mm

Maximale Zeichengeschwindigkeit 80 mm/sec
Aufzeichnungsgenauigkeit 0,06 mm

Gerne orientieren wir Sie in allen Einzelheiten.
Bitte verlangen Sie Bulletin 6203
oder eine unverbindliche Beratung durch
unsere Ingenieure.

Contraves

Contraves AG Zürich Schaffhauserstrasse 580

Verkauf für Österreich

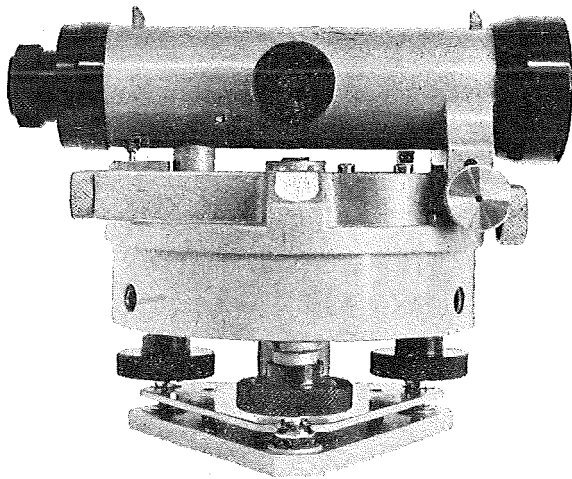
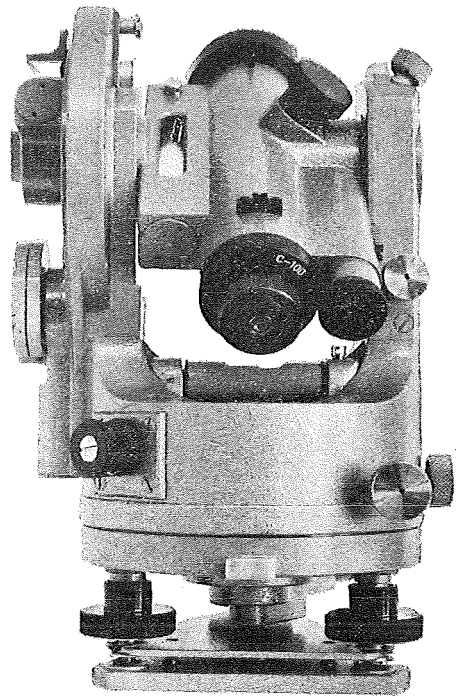
DR. WILHELM ARTAKER

1031 Wien III, Reisnerstr. 6, Ruf: (0222) 731586 Δ

Wiener Messe Halle M, Stand 1214-1219

**Miller
Nivellierinstrumente
und
optische
Theodolite**

MILLER
INNSBRUCK
AUSTRIA

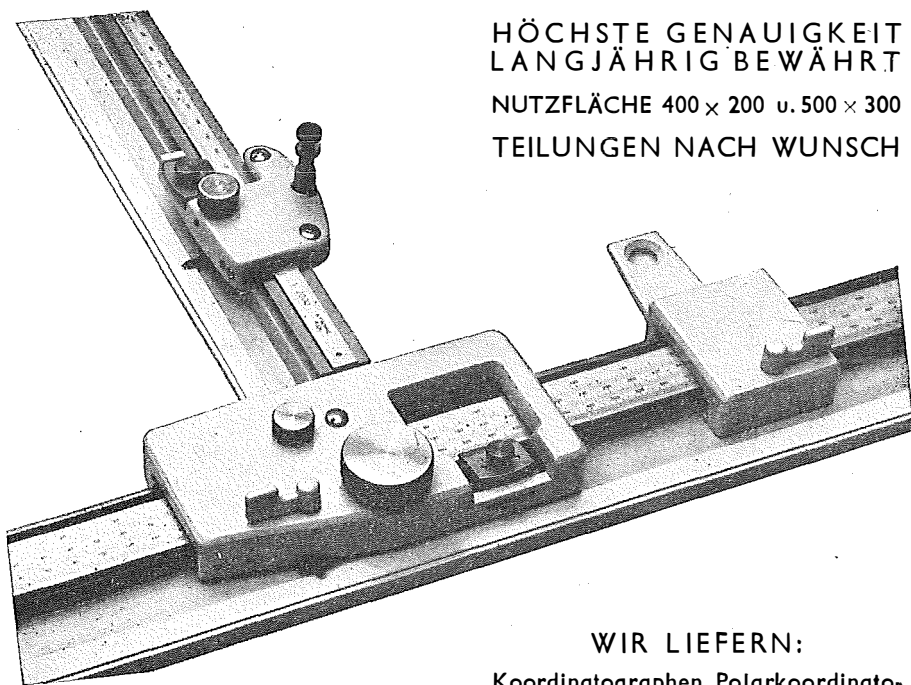


Gebrüder Miller Gesellschaft m. b. H., Kochstraße 6, A-6020 Innsbruck, Tirol

Wir empfehlen Ihnen:

FROMME^s PRÄZISIONS-KLEIN- KOORDINATOGRAPH Nr. 324a

NEUESTE KONSTRUKTION
MIT VIELEN VERBESSERUNGEN
ALLE ROLLEN KUGELGELAGERT
HÖCHSTE GENAUIGKEIT
LANGJÄHRIG BEWÄHRT
NUTZFLÄCHE 400 x 200 u. 500 x 300
TEILUNGEN NACH WUNSCH



REPARATUREN VON
INSTRUMENTEN U. GERÄTEN

WIR LIEFERN:

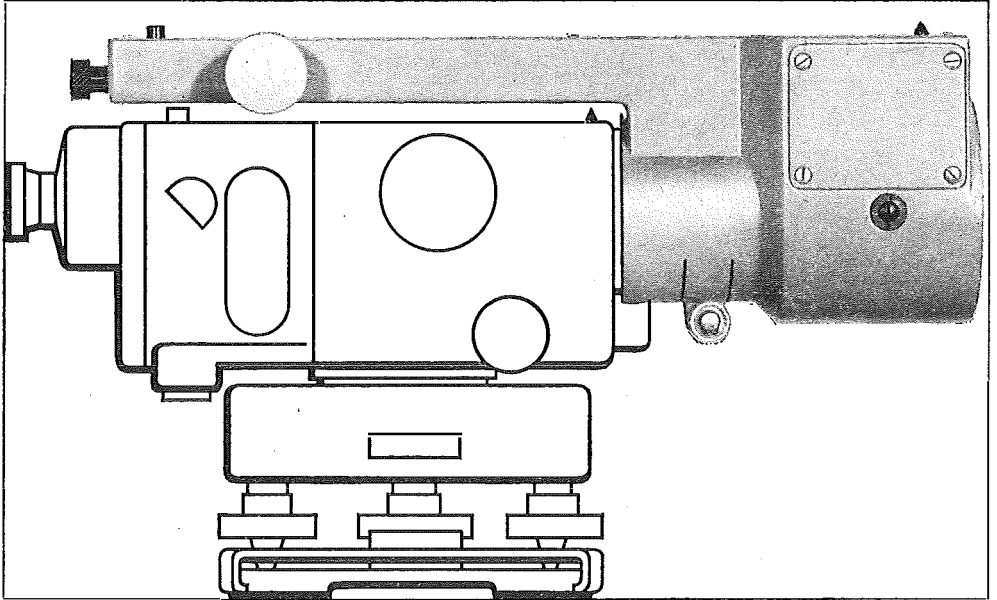
Koordinatographen, Polarkoordinatographen, Universaltachygraphen, Auftragsdreiecke und -lineale, Planimeter, Gefällsmesser, Hypsometer, Schichten-einschalter, Winkelprismen, Nivellierlatten, Meßbänder, Numerierschlegel, Maßstäbe, Reißzeuge usw.

Prospekte und Anbote kostenlos

ING. ADOLF FROMME

Geodätische und kartographische Instrumente, Fabrik für Zeichenmaschinen
Gegr. 1835 1180 WIEN 18, HERBECKSTRASSE 27 Tel. (0222) 47 22 94

Das neue Planplatten-Mikrometer*



erhöht die Leistung des
Automatischen Ingenieur-Nivelliers Wild NA2 (NAK2)
und erweitert seinen Einsatzbereich:

Geodäsie

Feinnivellements mit einem mittleren Kilometerfehler für
Doppelnivellements von $\pm 0,4$ mm

Bauwesen

Deformationsmessungen an Bauwerken aller Art,
Beobachtung von Setzungserscheinungen usw.

Maschinenbau

Feineinwägungen von Maschinenfundamenten und anderen
Bauteilen, Messung von Durchbiegungen usw.

* Optisches Ablesesystem mit bequemem Einblick über dem
Fernrohrokular. 1 cm-Messbereich mit Ablesung auf 0,1 mm
(Schätzung 0,01 mm). Messen seitlicher Verschiebungen,
wenn um 90° versetzt.

WILD
HEERBRUGG

Wild Heerbrugg AG, CH- 9435 Heerbrugg/Schweiz

Alleinvertretung für Österreich:

RUDOLF & AUGUST ROST

1151 WIEN XV, MÄRZSTRASSE 7 (Nähe Westbahnhof und Stadthalle)
TELEFON: (0222) 923231, 925353, TELEGRAMME: GEOROST-WIEN

WIENER MESSE: Messegelände, jetzt Halle M, Stand 1272
(Eingang Südseite links)

ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Herausgegeben vom
ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppen f. Vermessungswesen),
der österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und
der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

REDAKTION:

emer. o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. H. Rohrer,
o. Prof. Hofrat Dr. phil. Dr. techn. e. h. K. Ledersteger und
Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter

Nr. 2

Baden bei Wien, Ende April 1968

56. Jg.

Bedeutung und Entwicklung der absoluten Schwerebestimmung

von *Karl Reicheneder*, Potsdam*

1. Einleitung

Mit der Einführung des Sterneck'schen Pendelapparats in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts hatten die relativen Pendelmessungen einen sehr starken Auftrieb erfahren, woran das Militärgeographische Institut in Wien großen Anteil hatte. Es war daher naheliegend, daß Helmert 1900 in seinem „Bericht über die relativen Messungen der Schwerkraft mit Pendelapparaten“ [1] alle bis dahin auf der ganzen Erde ermittelten Schwerewerte (etwa 1400 Stationen) auf das sog. Wiener System, d. h. auf einen Punkt im Militärgeographischen Institut bezog, der auf den Absolutmessungen durch von Orff 1877 in der Sternwarte München und durch von Oppolzer 1884 in der Sternwarte Wien fußte. Bereits in diesem Bericht [1, S. 374] hatte Helmert aus Vergleichen mit anderen Absolutbestimmungen der Schwerkraft, so mit den Besselschen Fadenpendelbeobachtungen, aber auch schon mit einem vorläufigen Ergebnis (981,270 Gal) der damals in Potsdam angelaufenen Reversionspendelmessungen von Kühnen und Furtwängler vermutet, daß das Wiener System zu hoch liegt. Der Unterschied gegenüber dem jetzt eingebürgerten Potsdamer System beträgt 16 mGal.

Wir wissen heute aus den modernen Absolutbestimmungen der Schwere in zahlreichen Laboratorien, daß der Potsdamer Bezugswert selbst noch um weitere 14 mGal zu hoch ist. Dabei ist interessant, daß die Beobachtungen von Kühnen und Furtwängler den heute als richtig erkannten Wert 981,260 Gal ergeben hätten,

*) vorgetragen am 6. 12. 1967 in Graz und am 7. 12. 1967 in Wien.

wenn diese in ihrer Endausgleichung die theoretisch abgeleiteten elastischen Einflüsse von Schneide und Lager nicht einbezogen hätten [2], [3, S. 66]. Fast möchte man glauben, daß sie diesem Wert, der im Wiener System 30 mGal zu tief lag, zu wenig Vertrauen schenkten und nach einem vermeintlichen Fehler in ihren Messungen suchten. Psychologisch wäre das zu verstehen.

Sicher waren auch die Messungen von Orff [14] und Oppolzer mit größter Sorgfalt und unter Berücksichtigung aller bis dahin bekannten Fehlereinflüsse durchgeführt worden, wahrscheinlich waren auch die relativen Verbindungsmessungen um 1900 nicht so genau, daß der daraus abgeleitete damalige Potsdamer Schwerewert 981,290 Gal auf ± 1 mGal sicher gewesen wäre, wie Borrás [4, S. 3] glaubte, aber nichtsdestoweniger erscheint es heute beinahe unverständlich, wie es zu diesem fast 30 mGal zu hohen Wert kommen konnte. Die Schwierigkeit von absoluten Schweremessungen wird darin deutlich. Nicht nur die Beobachtungsgenauigkeit war damals wesentlich geringer als heute, auch manche Fehlerquellen wurden bei den älteren Messungen noch nicht erkannt. Bei den Messungen von Kater war sogar der Luftdruck unberücksichtigt geblieben, weshalb sie heute wertlos sind. Erwähnt sei auch der Einfluß der Biegung der Stange beim schwingenden Pendel, den zuerst Helmert berechnet hat.

Bei neuen Messungen wurden die früher gesammelten Erfahrungen berücksichtigt, die Geräte und Verfahren zur Schweremessung verbessert. Die technischen Fortschritte in den letzten Jahrzehnten haben es insbesondere möglich gemacht, den freien Fall zu einer Präzisionsbestimmung der Fallbeschleunigung auszunutzen, so daß heute die Genauigkeit einer absoluten Schweremessung etwa mit ± 1 mGal angegeben werden kann. Darunter liegenden Fehlerangaben wird noch skeptisch begegnet, da es sich oft nur um eine innere Genauigkeit handelt.

Ein zuverlässiges Urteil kann man erst gewinnen, wenn am gleichen Ort mit verschiedenen Apparaten, am besten Pendel- und Fallgeräten beobachtet wird, wie es zum ersten Male in Leningrad geschehen ist, wo zwei im Prinzip verschiedene Fallmethoden und das Reversionspendelverfahren nebeneinander angewandt wurden. Die Bestrebungen bei der absoluten Schwerebestimmung gehen daher dahin, die an einer Stelle entwickelte Apparatur auch an anderen Absolutstationen einzusetzen.

2. Zweck der Absolutmessungen

Mancher wird fragen, warum werden so schwierige Absolutbestimmungen der Schwere durchgeführt, wozu ihre Ergebnisse gebraucht? Ihre praktische Bedeutung liegt teils im metrologischen, teils im geodätisch-geophysikalischen Bereich.

Bei allen Maßeinheiten, welche auf einer Gewichtsbestimmung beruhen (alte Ampère-Definition) oder welche sich aus einem allgemeinen Kraftbegriff ableiten lassen, geht die Erdbeschleunigung g ein. Die höchsten Anforderungen an die Kraftdefinition stellt die Druckmessung: wenn beispielsweise der Siedepunkt des Wassers auf 10^{-4} °C festgelegt werden soll, muß der Luftdruck und damit auch g mit einer Genauigkeit von $3 \cdot 10^{-6}$ bekannt sein [6, S. 84]. Hier liegt auch der Grund, weshalb Absolutbestimmungen der Schwere vielfach in staatlichen Instituten für Maß u. Gewicht durchgeführt wurden, wie im Bureau International des Poids et

Mésures (BIPM) in Sèvres bei Paris, im National Physical Laboratory (NPL) in Teddington, im Mendeljeev-Institut in Leningrad u. a.

Für die Belange der Geodäsie und Geophysik spielt das Schwerfeld der Erde eine sehr wichtige Rolle. Ausgehend von Bezugspunkten mit bekannter Schwere können durch relative Messungen mit Pendelapparaten oder Gravimetern weite Gebiete gravimetrisch aufgenommen werden. Wie die Vergangenheit gelehrt hat, genügt es nicht, diese Bezugspunkte selbst durch relative Messungen zu verbinden. Sie müssen durch Absolutmessungen an mehreren Stellen gegenseitig kontrolliert und abgesichert werden. Nur durch verstärkten Einsatz bei den Absolutmessungen der Schwerkraft läßt sich deren Genauigkeit erhöhen und das Dilemma allmählich überwinden, daß die Schwereunterschiede in einem gravimetrischen Netz mit 10- bis 100-facher Genauigkeit gemessen werden können.

Der mittlere Schwerewert über die ganze Erdoberfläche könnte zur Bestimmung der dynamischen Konstante des Sonnensystems herangezogen werden. Freilich läßt sich die geozentrische Gravitationskonstante k^2M und damit die Äquatorschwere in der Schwereformel heutzutage viel genauer aus Satellitenbeobachtungen gewinnen als aus Schweremessungen.

Die genaue Kenntnis der Schwerkraft auf der Erde schließt das Studium etwaiger Veränderungen mit ein. Dabei sei hier nicht an die durch Sonne und Mond verursachten periodischen Veränderungen, die sog. Erdzeiten gedacht, sondern an Veränderungen in längeren Zeiträumen, an die sog. säkularen Schwereänderungen. Gewiß, man kann auf geologisch ausgesuchten Linien durch Gravimetermessungen relative Schwereänderungen feststellen. Man kann auch versuchen, durch wiederholte Messungen der Schweredifferenz von geeigneten Punkten in einem Schwerenetz längs des Äquators die aus der Westbewegung von Massen im Erdkern folgenden Schwereänderungen nachzuweisen, welche Barta auf Grund der säkularen Wanderung des Magnetpols von etwa $0,2$ pro Jahr ableitet. Zuverlässige Aussagen über die säkularen Änderungen der Schwerkraft, die auch durch eine Änderung der Gravitationskonstante verursacht sein können, erhält man nur durch eine wiederholte Absolutbestimmung der Schwerebeschleunigung am gleichen Ort. Die heutige Genauigkeit der üblichen Meßmethoden reicht dazu allerdings noch nicht aus. Wegen der praktisch und wissenschaftlich sehr interessanten Frage, ob und wie sich die Schwerkraft in größeren Zeiträumen ändert, wird aber den Absolutbestimmungen der Schwere wieder mehr Aufmerksamkeit geschenkt.

3. Allgemeines über Meßmethoden

Hin und wieder wurde von der Absolutbestimmung der Schwere oder der Schwerkraft gesprochen. In unserem Problem ist die Masse unwichtig; man sollte daher besser von der Bestimmung der Schwerebeschleunigung oder auf Empfehlung (DIN 1305) des AEF (Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen) von der Fallbeschleunigung g sprechen, was sich auch immer mehr einbürgert. Da eine Beschleunigung die Dimension cm sec^{-2} hat, erfordert eine Absolutbestimmung von g eine Längenmessung (cm) und eine Zeitmessung (sec). Die Länge L des Sekundenpendels wird als Maß der Schwerebeschleunigung ($g = \pi^2 L$) nicht mehr benutzt.

Als Galilei Ende des 16. Jahrhunderts die Fallgesetze untersuchte, hat er mit seinen Versuchen am schiefen Turm von Pisa auch die erste absolute g -Bestimmung durchgeführt. Im 17. Jahrhundert wurden die ersten Schwerkraftmessungen mit einem Fadenpendel ausgeführt und erst Anfang des 19. Jahrhunderts trat das Reversionspendel in Erscheinung. Wie bereits erwähnt, hat die Methode des freien Falls erst seit zwanzig Jahren für die g -Bestimmung praktische Bedeutung erlangt. Der Vorschlag, den Wert von g aus der Neigung einer rotierenden Flüssigkeit zu bestimmen, bzw. von Quecksilber in einem rotierenden Gefäß [7, S. 47–49] hat kaum Aussicht auf Erfolg. Nach den 1965 in Paris vorgelegten Landesberichten waren in den USA auch Versuche mit fallenden geladenen Teilchen im Gange [31, S. 40].

Bei allen Schwerkraftmessungen vor 1800 hat man es nur mit Absolutbestimmungen zu tun, weil die zu messende Größe g durch eine Längen- und eine Schwingungsdauerbeobachtung auf die Grundeinheiten cm und sec zurückgeführt wurde. Erst Kater hat mehrere Schwerkraftdifferenzen mit einem (Reversions-)Pendel gemessen, dessen Länge er als konstant voraussetzte, und damit den Begriff der relativen Schwerkraftmessung ins Leben gerufen, welche durch den einfacheren Sterneck'schen Apparat und die späteren Vier-Pendelgeräte große praktische Bedeutung erlangt haben.

4. Fadenpendelbeobachtungen

Das Fadenpendel als Repräsentant eines mathematischen Pendels stellt das einfachste Pendelgerät zur absoluten g -Bestimmung dar. Aus der beobachteten Schwingungsdauer T und der Pendellänge l ergibt sich

$$g = \left(\frac{\pi}{T}\right)^2 l \quad \dots (1)$$

Der heutigen Genauigkeitsforderung konnten die älteren Messungen nicht genügen. Immerhin verdient der in Verbindung mit der französischen Gradmessung entstandene Pendelapparat von Borda und Cassini Erwähnung [5; S. 330].

Einen gewissen Fortschritt brachte die 1828 von Bessel [8], [5; S. 334] zuerst angewandte Differenzmethode. Dabei werden Beobachtungen mit zwei Pendeln verschiedener Länge, aber unter sonst genau gleichen Bedingungen angestellt und dadurch die Einflüsse der Einspannung des Aufhängefadens und der Inhomogenität der als Pendelgewicht dienenden Kugel ausgeschaltet.

Aus den beiden Schwingungsdauern T_1 , T_2 und der sehr genau zu messenden Differenz $l_1 - l_2$ der beiden Pendellängen folgt

$$g = \pi^2 \frac{l_1 - l_2}{T_1^2 - T_2^2} \quad \dots (2)$$

Neben den bekannten Besselschen Fadenpendelmessungen (Berlin, Königsberg, Göttingen) und den Beobachtungen von Pisati und Pucci 1880 in der Ingenieurschule Rom [9] mit einem ähnlichen Apparat sollen die Messungen von Ivanoff

in Leningrad nicht vergessen sein, bei denen Pendel von 21,5 m und 35 m in einem 80 cm weiten Rohr untergebracht waren, das vom Dach bis in den Keller des Mendelejeew-Instituts montiert war. Die Versuche hatten 1906 begonnen und wurden nach längerer Pause 1933 wieder aufgenommen. Es sind vorläufige Ergebnisse bekannt, die Ivanoff 1936 auf der Generalversammlung der IUGG in Edinburg mitgeteilt hat [10].

Bei den neuesten Fadenpendelmessungen in Finnland ist der Einfluß des Luftdrucks weitgehend ausgeschaltet, da sich die Pendel von 8 m bzw. 4 m Länge in einem evakuierten Plastikrohr befinden. Wie aus dem 1965 in Paris und 1967 in Luzern vorgelegten Berichten von Hytönen hervorgeht, wird die Differenz (4 m) der Pendellängen nach dem Väisäläverfahren interferometrisch gemessen. Geplant sind g -Bestimmungen mit einem 200 m langen Fadenpendel [11].

5. Verfahren mit starrem Pendel ohne Reversion

Der französische Physiker de Prony hat 1792 als erster vorgeschlagen, statt des Fadenpendels ein starres, sog. physisches Pendel für die Schwermessung zu benutzen. Bekanntlich hat dieses die gleiche Schwingungsdauer wie ein mathematisches Pendel von der Länge

$$l = \frac{J}{M \cdot s} \quad \dots (3)$$

wo s den Abstand seines Schwerpunkts von der Drehachse, J sein Trägheitsmoment um diese Achse und M seine Masse bezeichnen. Um die schwer zu ermittelnden Größen in der obigen sog. reduzierten Pendellänge l eliminieren zu können, sind mehrere Vorschläge gemacht worden, welche eine Reversion des Pendels vermeiden:

Prony selbst wollte die Schwingungsdauer um 3 parallele im Pendel feste Schneiden beobachten, der österreichische Professor Finger eine Zusatzmasse ober- und unterhalb der Achse so anbringen, daß die Schwingungsdauern in beiden Fällen gleich werden [13].

Aus neuerer Zeit erinnert daran das von Toropin [12] vorgeschlagene Differentialpendel bei dem auch nur eine Schneide immer auf dem gleichen Lager schwingt, aber eine bekannte Masse an drei wohl definierte Stellen im Pendel gebracht werden muß und die jeweiligen Schwingungsdauern beobachtet und abgestimmt werden. Alle diese Vorschläge sind praktisch nicht verwirklicht worden.

6. Das Reversionspendel

Wie schon Huygens nachgewiesen hat, gibt es zu jedem Drehpunkt eines physischen Pendels einen zweiten, im Abstand l darunter gelegenen Punkt, den sogenannten Schwingungsmittelpunkt, um den das umgedrehte Pendel mit der gleichen Periode schwingt. Auf Grund dieser Tatsache hat Bohnenberger 1811 das Reversionspendel vorgeschlagen, das unabhängig davon 1817 von Kater zuerst gebaut wurde [5, S. 332]. Absolute Gleichheit der beiden Schwingungsdauern ist kaum zu erreichen und auch nicht notwendig; denn, wie Bessel nachgewiesen hat, kann man aus den beobachteten Schwingungsdauern T_1 und T_2 die Schwingungsdauer

$$T^2 = \frac{s_2 T_2^2 - s_1 T_1^2}{s_2 - s_1} \quad \dots (4)$$

gewinnen, welche einem Pendel entspricht, dessen reduzierte Pendellänge l genau dem Schneidenabstand $s_1 + s_2$ gleich ist. s_1 und s_2 sind dabei die Schwerpunktabstände in beiden Lagen des Pendels. Nach obiger Gleichung kann T nur bestimmt werden, wenn s_1 und s_2 sehr verschieden sind; bei den üblichen Reversionspendeln ist $s_2/s_1 \approx 2$. Die dadurch bedingte Unsymmetrie des Pendels wirkt sich wegen des Einflusses der umgebenden Luft nicht günstig aus; man kann ihr begegnen und für die Gewichte an den Enden der Pendelstange Massen von gleicher äußerer Form aber verschiedener Dichte, bzw. Hohlkörper verwenden.

7. Absolutmessungen im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts

Die Blütezeit, welche die Schweremessung in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts erfahren hat, ist zweifellos auf die internationale Zusammenarbeit in der neu gegründeten Europäischen Gradmessung zurückzuführen. Damals hat der nach Bessels Angaben von Repsold, Hamburg, gebaute Reversionspendelapparat [5; S. 338] weite Verbreitung gefunden und war das Gerät für absolute und auch relative Schweremessungen, bevor es für den letzten Zweck von dem bequemeren und stabileren Sterneckschen Apparat verdrängt wurde.

Schon Bessel hatte umfangreiche theoretische Untersuchungen über das Pendel angestellt; er hatte sich auch mit dem Einfluß der umgebenden Luft und dem Abrollen der Schneiden befaßt, und gezeigt, daß letzterer zum größten Teil im Mittelwert

$$\frac{T^2 + \bar{T}^2}{2} \quad \dots (5)$$

herausfällt, wenn T und \bar{T} die nach Formel (4) berechneten Schwingungsdauern vor und nach der Schneidvertauschung bezeichnen. Jetzt beschäftigte man sich hauptsächlich mit dem Einfluß, der durch das Mitschwingen des Pendelstativs entsteht. Um ihn zu eliminieren, hat Faye bereits 1877 gegeneinander schwingende Pendel vorgeschlagen, Cellerier die Messungen mit gleich langen Pendeln von verschiedenem Gewicht. Oppolzer [15, S. 11] glaubt auf diese Weise auch elastische Schneide-Lager-Effekte eliminieren zu können. Barraquer fand ein geringeres Mitschwingen bei Achatschneiden als bei Stahlschneiden [15, S. 17 u.] und führt es auf ein Gleiten der Schneide zurück. Leider wurden bei den Absolutbestimmungen in Madrid und an anderen Orten Spaniens [16] mit zwei verschieden großen Repsoldapparaten und je einem leichten und schweren Pendel von 1 m und 56 cm Schneidenabstand die obere und untere Schneide noch nicht systematisch vertauscht, weshalb bei diesen sehr umfangreichen und sorgfältigen Beobachtungen der erhebliche Einfluß des Abrollens der Schneide nicht eliminiert ist. Der 1883 in Rom vorgelegte Bericht von Oppolzer [15] und noch mehr der von Helmholtz 1887 auf der Konferenz der

Permanente Kommission der Internationalen Erdmessung in Nizza vorgelegte „Bericht über die in den letzten Jahren ausgeführten Pendelmessungen“ [17, Anhang II] lassen das damalige Interesse an Absolutbestimmungen der Schwere und ihren Umfang erkennen. Auf der gleichen Sitzung [17, Anhang Vc] entwickelte Defforges seine Gedanken, das Mitschwingen des Stativs und das Gleiten der Schneide auf dem Lager durch Verwendung von gleich schweren Pendeln verschiedener Länge, aber von gleichem Verhältnis der Schwerpunktabstände zu eliminieren, was formelmäßig auf die Bessel'sche Gleichung (2) hinausläuft. Er ließ von Brunner, Paris, ein Gerät mit zwei Pendeln (1 m und 0,5 m) bauen, bei dem zum ersten Male auch ein Vakuumzylinder vorgesehen war. Damit hat Defforges 1892 die erste g -Bestimmung im BIPM in Sèvres bei Paris durchgeführt [18] und auch an anderen Orten in Frankreich.

8. Die Grundlage des Potsdamer Schweresystems

Die größte Bedeutung hat die Absolutbestimmung der Schwere von Kühnen und Furtwängler mit fünf Repsoldpendeln im Geodätischen Institut Potsdam erlangt [19]; denn auf ihr ist das heutige internationale Schweresystem gegründet. Eingehende theoretische Untersuchungen, unter denen der Einfluß der Elastizität der Pendel und das Schneide-Lager-Verhalten einen breiten Raum einnehmen, waren vorher von Helmert angestellt worden, der auch über die Vorversuche berichtete [20]. Unter den Pendeln befanden sich das leichte und das schwere Sekundenpendel des Militärgeographischen Instituts Wien (Oppolzer) und das vom Astronomischen Institut in Padua (Lorenzoni) ausgeliehene 1 m-Pendel, sowie ein 1892 vom Geodätischen Institut Potsdam angeschafftes $\frac{1}{2}$ -sek. Pendel. Eine gemeinsame Stativplatte wurde gebaut; sie trug auch den Vakuumzylinder. Alle vorhandenen Schneiden wurden, soweit technisch möglich, ausgetauscht und zum ersten Male wurde auch mit ebenen Flächen in den Pendeln auf feststehenden Schneiden gemessen. Obwohl die Beobachtungen mit der größten Sorgfalt und unter Berücksichtigung aller Fehler einflüsse durchgeführt worden sind, hat die Ableitung des Ergebnisses, wie schon eingangs erwähnt, zu dem um 14 mGal zu hohen Potsdamer Wert geführt. Berroth [2] hält den Ausgleichungsansatz für nicht gerechtfertigt, da der ziemlich große Einfluß des Abrollens der Schneiden durch die Anlage der Messungen bereits eliminiert ist. Bis auf Glieder höherer Ordnung trifft das im Mittelwert (5) zu; diese zu berücksichtigen hat aber erst dann Sinn, wenn bei der Betrachtung des geometrischen Abrollvorgangs selbst Glieder höherer Ordnung nicht vernachlässigt werden. Durch Gleit- und rein elastische Effekte ist der Fehler von 14 mGal kaum zu deuten, der eigentlich nur durch das unerklärliche Herausfallen der mit dem Halbsekundenpendel auf fester Schneide durchgeführten Meßreihe entstanden ist.

Das Auswechseln von festen Schneiden, auf deren Maße (Schneidenhöhe) es nicht ankommt, ist sicher einfacher als die Vertauschung der beiden Schneiden im Pendel. Dadurch etwa entstehende kleine Änderungen der Massenverteilung sind an dieser Stelle des Pendels ungefährlich, was von kleinen Verrückungen eines Pendels auf fester Schneide nicht behauptet werden kann. Andererseits ist die interferentielle Messung des Abstandes zweier Flächen im Pendel genauer durchzuführen

als die Messung des Schneidenabstands. Der Vorteil von festen Schneiden wird aber meistens überschätzt, da auch in diesem Falle der Kontrolle wegen die Messung mit mindestens einer zweiten Schneide wiederholt werden muß. Das Mittel fußt dann auf den gleichen Einzeloperationen wie bei einer Messung mit beweglichen Schneiden nach deren Vertauschung.

Offenbar glaubte man, daß mit den an Sorgfalt und Umsicht zweifellos einmaligen Beobachtungen von Kühnen und Furtwängler Anfang des Jahrhunderts ein gewisser Abschluß erreicht sei; denn es ist dann um die absolute Schwerebestimmung sehr still geworden. Mit dem 1910 erschienenen Schwerekatalog von Borrás [4] hat sich allmählich auch der Potsdamer Schwerewert 981,274 Gal als internationaler Bezugswert eingebürgert.

9. Reversionspendelmessungen im 20. Jahrhundert

Erst 1935 haben Heyl und Cook [21], [5; S. 355] im Bureau of Standards, Washington, eine g -Bestimmung mit drei Reversionspendeln aus 1,6 m langen Quarzrohren mit einem äußeren Durchmesser zwischen 4,5 und 7 cm durchgeführt, in denen in 1 m Abstand zwei Lager eingesetzt werden konnten. Die Schneide war am Stativ befestigt. Die inzwischen fortgeschrittene Vakuumtechnik erlaubte die Beobachtungen bei etwa 0,1 mb durchzuführen und dadurch die Genauigkeit zu erhöhen. Mehrere Kombinationen von Schneide- (Quarz, Achat, Stahl, Stellite = Kobalt-Chrom-Wolframlegierung) und Lagermaterial (Quarz, Stellite) wurden verwendet und merkbare Unterschiede in g gefunden. Durch Verwendung von Quarz als Pendelmaterial wird zwar der Temperatureinfluß herabgesetzt, wegen seiner geringen Dichte der Einfluß des Luftdrucks aber vergrößert; außerdem muß bei Quarzpendeln dem Einfluß elektrostatischer Aufladung Rechnung getragen werden. Mit der gleichen Apparatur wurde 25 Jahre später in Buenos Aires beobachtet.

Die Ergebnisse von Heyl und Cook ließen die ersten Zweifel am Potsdamer Schwerewert aufkommen und gaben das Signal zu weiteren Messungen. Der Verdacht wurde 1939 durch die Beobachtungen von Clark [22], [5; S. 356] im National Physical Laboratory in Teddington bestätigt. Er benutzte ein 1m-Pendel mit Doppel-T-Querschnitt aus einer nichtmagnetischen Legierung und eine feste Schneide. Der Lagerabstand im Pendel wurde zum ersten Male interferometrisch bestimmt; denn bisher diente zur Längenmessung immer ein Vergleichsmaßstab. Bei dem erreichten Vakuum von 10^{-5} mb war nach Clark's Untersuchungen eine Luftdruck-Korrektur nicht mehr nötig. Er hat auch den Krümmungsradius der Schneide gemessen und eine empirische Formel für seinen Einfluß auf die Schwingungsdauer angegeben.

1956 wurden die durch den Krieg unterbrochenen Arbeiten von Agaletzki, Jegorow und Marzinjak im Mendelejew Institut, Leningrad, zur Absolutbestimmung von g nach drei verschiedenen Verfahren abgeschlossen, darunter [23, S. 9–38] auch Beobachtungen mit drei gleich schweren (4,6 kg), aber verschieden langen (40, 60 und 75 cm) Reversionspendeln aus geschmolzenem Quarz von Doppel-T-Querschnitt. Daran waren Platten aus Pyrex-Glas mit den tragenden Flächen angesetzt und am schweren Ende Messingblöcke. Die Stahlschneiden waren am Stativ

befestigt. Der Vakuumzylinder erlaubte Messungen im Luftdruckbereich 0,1 bis 0,4 mb. Aus je zwei Pendeln wurde ein von systematischen (Mitschwingen, Schneide-Lager-Effekte) Fehlern befreiter g -Wert nach der Formel

$$g = \frac{l_1 g_1 - l_2 g_2}{l_1 - l_2} = g_1 + l_2 \frac{g_1 - g_2}{l_1 - l_2} \quad \dots (6)$$

abgeleitet, welche auf der Annahme $\Delta g = g \Delta l/l$ fußt und bis auf Glieder höherer Ordnung in $(g_1 - g_2)$ mit der Besselformel (2) übereinstimmt. Sie bestätigte sich bei Untersuchungen über das Mitschwingen, als unter die feste Schneide am Stativ eine Gummischicht gelegt wurde.

Der nach (6) oder nach der Bessel-Formel (2) errechnete Schwerewert g liegt nie zwischen den Werten g_1 und g_2 , welche mit den Einzelpendeln erhalten werden, ist also immer das Ergebnis einer Extrapolation. Wenn daher irgendwelche Ursachen, z. B. Bodenbewegungen die Einzelpendel verschieden beeinflussen oder die mittleren Fehler der Einzelpendel ebenso groß sind wie der zu eliminierende systematische Fehler, diesen vielleicht sogar übersteigen, dann ist der Vorteil solcher Eliminationsverfahren recht fragwürdig. Durch das Gegeneinanderschwingen zweier Pendel, wie es Faye 1877 vorgeschlagen hatte, kann nicht nur das Mitschwingen weitgehend ausgeschaltet, sondern auch der Einfluß von Bodenbewegungen verringert werden. Die jahrzehntelangen Erfahrungen mit Zwei- oder Vierpendelgeräten für die relative Schweremessung haben jedenfalls gezeigt, daß das Periodenmittel aus zwei gegeneinanderschwingenden Pendeln viel genauer ist, als nach den Fehlern der Einzelpendel zu erwarten wäre.

Diese und die weitere Erfahrung, daß sich die Schwingungsdauer eines Pendels kaum ändert solange es im evakuierten Apparat verbleibt, veranlaßten mich 1954, für die neue Absolutbestimmung der Schwere in Potsdam zwei auf gemeinsamem Stativ gegeneinander schwingende Reversionspendel zu benutzen und ihre Reversion durch Umdrehen des ganzen Apparates zu bewerkstelligen — s. Abb. 1. Dazu muß das Stativ zwei obere und zwei untere Lager besitzen, auf welche die im Pendel festen Schneiden jeweils aufgesetzt werden können. Der Abstand der beiden in einem Pendel vorgesehenen Hilfsebenen sowie zwischen diesen und der jeweils gegenüberliegenden Lagerfläche wird interferometrisch mit einem Quarzetalon im evakuierten Apparat verglichen, wobei das Pendel auf dem Lager hängt. Aus diesen drei Längen läßt sich der Schneidenabstand ableiten.

Die genaue Abstimmung, welche bei gegeneinander schwingenden Pendeln notwendig ist, bringt für Reversionspendel die Schwierigkeit mit sich, daß auch die Schneidenabstände in beiden Pendeln mit hoher Genauigkeit gleich sein müssen. Temperatureinflüsse bleiben von geringer Bedeutung, wenn die Längenmessung im Apparat unmittelbar vor und hinter der Schwingungsdauerbeobachtung erledigt werden kann. Ursprünglich war vorgesehen, drei verschieden große Apparate dieser Art zu bauen, bei denen entsprechend der 1956 in Paris ausgearbeiteten Empfehlung

Nr. 10 [24]*) Lager und Schneiden aus verschiedenem Material eingesetzt werden können. Nach Fertigstellung des ersten Geräts mit Messingpendeln von 25 cm-Schneidenabstand wurde 1961 zur Beschleunigung der Arbeiten noch ein größerer Apparat mit einer am Stativ festen Schneide in Angriff genommen. Unter Verzicht auf Reversion und Längenmessung im evakuierten Gerät können darin drei Pendelpaare von den Längen 37,5, 50 und 75 cm verwendet werden, welche aus rechteckigen Quarzblöcken zusammengesetzt sind [31; S. 39]. Das Aufsetzen und Entlasten der Schneiden geschieht dabei zum ersten Male mittels Preßluft auf einem Luftkissen.

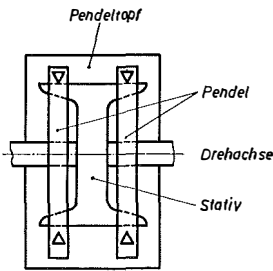


Abb. 1

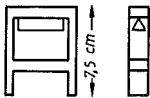


Abb. 2

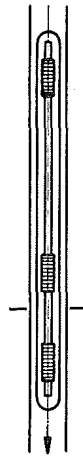


Abb. 3

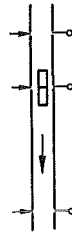


Abb. 4

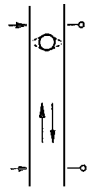


Abb. 5

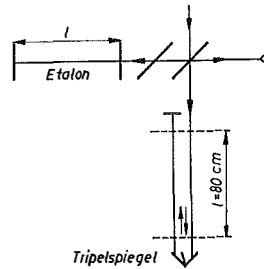


Abb. 6

Die Arbeiten in Potsdam sind weit fortgeschritten, aber noch nicht abgeschlossen. Das gleiche gilt für die 1956 von Thompson begonnene und von Moran in Fitchburg (Mass., USA) fortgesetzte Entwicklung nach ähnlichen Grundgedanken. Die beiden rahmenähnlichen Reversionspendel aus Quarz (Abb. 2) haben einen Lagerabstand von nur 7,5 cm und schwingen im Vakuum auf festen Saphirschnei-

*) „Die Internationale Gravimetrische Kommission empfiehlt, daß Absolutmessungen nach verschiedenen Methoden an möglichst vielen Stellen ausgeführt werden, insbesondere, daß bei Reversionspendelmessungen die Parameter wie Masse und Länge der Pendel, Material von Pendel, Schneide und Lager variiert werden, um systematische Fehler auszuschalten.“

den gegeneinander. Ihre Länge wird interferometrisch im Pendelapparat direkt in Lichtwellenlängen ausgemessen. Es handelt sich um ein transportables Gerät, das nach dem in Luzern 1967 vorgelegten US-Nationalreport (S. 352) demnächst auf der Schleife Washington-Teddington-Paris eingesetzt werden soll.

Aus einem anderen 1965 in Paris vorgelegten Bericht erfährt man, daß die Absolutbestimmung in der Universität Buenos Aires mit einem Reversionspendel aus einem etwa 67 mm starken Quarzrohr wiederholt wird.

10. Der freie Fall

Bekanntlich ist der in der Zeit t nach Beginn des Falls zurückgelegte Weg eines im Vakuum frei fallenden Körpers

$$s = \frac{1}{2} g t^2 \quad \dots (7)$$

Um hieraus g mit einer Genauigkeit von 10^{-6} ermitteln zu können, müssen an die Kurzzeitmessung, insbesondere an die exakte Erfassung des Beginns und des Endes von Fallweg und Fallzeit hohe Anforderungen gestellt werden. Diese Schwierigkeit umgeht man und markiert die Zeiten, wann der Körper durch drei horizontale Ebenen von bekanntem, passend gewähltem Abstand fällt. Bei größerer Zahl der erfaßten Durchgänge spricht man vom Mehrpunkte-Fall. Die Durchgänge erfolgen mit immer größerer Geschwindigkeit und können daher nicht mit der gleichen Genauigkeit erfaßt werden. Aus diesem Grunde hat Volet bereits 1947 den sog. symmetrischen Fall vorgeschlagen: Der Körper wird hochgeschleudert, passiert in den Zeitpunkten t_1, t_2 zwei Ebenen und fällt dann zur Zeit t_3, t_4 durch die gleichen Ebenen mit derselben Geschwindigkeit wie bei der Aufwärtsbewegung; die Differenzen $t_4 - t_1$ und $t_3 - t_2$ werden gemessen, ebenso der Abstand H beider Ebenen. Dann ist

$$g = \frac{8 H}{(t_4 - t_1)^2 - (t_3 - t_2)^2} \quad \dots (8)$$

Beim symmetrischen Fall ist der Luftwiderstand weitgehend ausgeschaltet, der sonst bei Fallexperimenten, vom sog. gemischten Fall abgesehen, die größte Rolle spielt, und zwar um so mehr, je größer die Fallstrecke und damit die Geschwindigkeit des fallenden Körpers ist. Fällt dieser in engen Röhren, so ist neben den üblichen Strömungsgesetzen auch ein gewisser Kolbeneffekt zu beachten.

Während das Pendel einen Mittelwert der Schwingungsdauer über die ganze Beobachtungszeit liefert, der von kurz dauernden Störungen am Beobachtungsort nur wenig beeinflusst wird, treten diese beim freien Fall, wo man es mehr mit Momentanwerten zu tun hat, in voller Größe in Erscheinung. Daher muß bei Fallexperimenten die Seismik sehr genau verfolgt werden. Auch die Inhomogenität des Schwerfeldes kann im Gegensatz zu den Pendelmessungen dabei nicht unberücksichtigt bleiben.

11. Beobachtungen mit frei fallenden Maßstäben

Bei Fallversuchen mit Stäben muß sehr darauf geachtet werden, daß die abzubildenden Teilstriche und Strichmarken genau horizontal liegen und der Stab vor der Auslösung absolut ruhig hängt, so daß keine zusätzlichen Drehmomente den reinen Fall stören.

Obwohl Guillet schon 1917 vorgeschlagen hatte, den freien Fall bei der g -Bestimmung anzuwenden, wurde der erste Versuch erst in der Mitte dieses Jahrhunderts von Volet [25] im IBPM in Sèvres mit zwei 1,25 m langen Maßstäben aus Invar bzw. Phosphorbronze durchgeführt. Der in Luft von einigen mm Hg fallende mit einer mm-Teilung versehene Maßstab wurde zusammen mit Strichen auf einer festen Glasplatte 25 Mal während eines Falles fotografiert, wobei zur Auslösung ein quarzgesteuertes Blitzgerät benutzt wurde. Volet befürchtete eine Bremsung des Stabes im Magnetfeld der Erde. Daher hat 10 Jahre später Thulin [26] an gleicher Stelle mit einem Platin-Iridiumstab von X-Querschnitt die Absolutbestimmung im Vakuum und unter verbesserten Bedingungen wiederholt.

Schon vorher war auch die g -Bestimmung von Agaletzki, Jegorow und Marzinjak in Leningrad abgeschlossen worden. Sie benutzten zu ihrem freien Fall-Experiment [23, S. 63–86] einen 1,05 m langen Messingkörper mit beiderseitig aufgeklebten Quarzstäben, auf deren Oberfläche eine fotografische Emulsion aufgebracht war. Während seines Falls im Vakuum von etwa 0,2 mb wurde mittels eines quarzgesteuerten Strobotron eine feste Strichmarke in kurzen, gleichen Zeitabständen (125 oder 250 Hertz) auf die lichtempfindliche Schicht gebracht. Diese Marken auf dem Stab spiegeln das Fallgesetz wider und werden ausgemessen. Nach dem gleichen Prinzip arbeitet man in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig, wo ein 2 m langes Quarzrohr von 75 mm äußerem Durchmesser mit beiderseitig aufgetragener Fotoemulsion benutzt wird [31, S. 39].

Bei dem Fallexperiment von Preston-Thomas u. a. [27] in Ottawa (National Research Council) ist ein 2 m langer Stahlstab von nur 2 cm²-U-Querschnitt mit aufgeklebten kurzen Skalen zum Schutz gegen Temperaturstrahlung in eine Duraluminiumröhre von 5 cm Durchmesser fest montiert — s. Abb. 3. Der ganze 7 kg schwere Körper fiel innerhalb einer wasserumspülten Kammer bei einem Innendruck von etwa 0,1 mb. Selbst bei diesem niederen Druck erreicht der Einfluß des Luftwiderstands bei der beachtlichen Fallhöhe von 2 m fast 0,6 mGal und ist wegen des komplizierten Fallkörpers ziemlich unsicher. Der Abstand der Skalen war so bemessen, daß diese bei dem alle 0,1 sec einsetzenden Lichtblitz gerade durch die feste Lichtschranke fielen und zusammen mit festen Strichmarken fotografiert werden konnten. Die mit zwei verschiedenen Stäben und Blitzlampen erhaltenen Ergebnisse zeigten einen systematischen Unterschied von 1,5 mGal.

Die g -Bestimmung in Tokio (National Research Laboratory of Metrology) wurde 1956 von Sakuma in Itabashi begonnen und 1963 wegen der besseren Seismik in Kakioka von Senda, Inouye und Ando fortgesetzt [31, S. 41]. Es wurde zuerst der Fall eines 1 m langen Invarstabes von H -Querschnitt in einem Vakuumzylinder, später eines Quarzstabes beobachtet; beide waren mit einer geeichten cm-Teilung versehen. Der Stab wird in der Beobachtungshöhe beleuchtet und auf den Schlitz

vor einer Photozelle abgebildet. Beim Fallen registriert man das von den einzelnen Strichen reflektierte Licht zusammen mit Zeitmarken.

12. Beobachtungen mit kleinen Fallkörpern

Vor 10 Jahren wurde im Deutschen Amt für Meßwesen und Warenprüfung in Berlin ein Versuch geplant, bei dem ein nur etwa 10 cm langer, mit einem Schlitz versehener Stab 1 m frei fällt und dabei drei Lichtschranken passiert — s. Abb. 4. Aus deren Abstand und den registrierten Zeiten des Durchgangs läßt sich die Fallbeschleunigung berechnen.

Cook hat 1965 eine neue g -Bestimmung in Teddington (National Physical Laboratory) abgeschlossen [33, S. 5/6], bei der ein Glasball hochgeschleudert wird — s. Abb. 5. Er passiert während des Steigens und Fallens zwei horizontale Ebenen, die durch Schlitze in Quarzglasblöcken sehr genau definiert sind. Der Glasball wirkt gleichzeitig als Linse und bildet [6, S. 101] die Schlitze vor der Lichtquelle auf jene vor der Photozelle ab.

Inzwischen wurden bereits Versuche mit fallenden Tripelspiegeln unternommen. Bekanntlich werfen diese einen Lichtstrahl auch bei kleinen Richtungsänderungen des Spiegels genau in die Einfallrichtung zurück. Fallkörper mit Tripelspiegeln eignen sich daher bestens zum interferometrischen Vergleich von Längen, bei dem das Auftreten eines Streifensystems mit weißem Mittelstreifen das Merkmal der Gleichheit darstellt. Bei den Fallexperimenten bildet ein Etalon mit festen parallelen Endflächen, deren Abstand bekannt ist, bzw. direkt bestimmt werden kann, den einen Teil eines Interferometers. Der andere Teil ist vertikal zu denken mit einer festen horizontalen Endfläche, während die andere Endfläche durch den Tripelspiegel definiert wird. Nur bei einer bestimmten Fallhöhe wird Längengleichheit der beiden Interferometerteile und ein kurzes Aufleuchten von Interferenzstreifen eintreten, was sich wiederholt, wenn die Fallhöhe genau das Doppelte, Dreifache, usw. beträgt. Diese Helligkeitsschwankung genügt, einen Impuls auszulösen, der zeitlich festgehalten wird. Das Auftreten der Interferenzstreifen tritt an die Stelle der realen Lichtschranken bei den früheren Fallversuchen.

Die ersten Ergebnisse einer g -Bestimmung mit fallendem Tripelspiegel hat Faller [28] auf der Generalversammlung der IUGG 1963 in Berkeley vorgelegt. Er hat in der Princeton Universität (Palmer Physics Laboratory), New Jersey (USA) die an drei Stellen (a , $a + 2h$, $a + 4h$) auftretenden Interferenzstreifen auf einer nur wenige dm betragenden Fallstrecke zeitlich registriert und das Etalon von der Länge $h \approx 5,3$ cm durch Beobachtung Heidingerscher Ringe direkt in Lichtwellenlängen ausgemessen.

Von einer schon länger begonnenen neuen absoluten Bestimmung der Fallbeschleunigung im BIPM in Sèvres hat kürzlich [33, S. I-6/7] Sakuma ein vorläufiges Ergebnis bekanntgegeben. Er schleudert einen ca. 10 cm langen, fast $\frac{1}{2}$ Kilo schweren Körper mit Tripelspiegel hoch [29], der mit dem Vergleichsetalon in einer dem Michelson'schen Interferometer ähnlichen Anordnung liegt (Abb. 6) und beim Steigen und Fallen je zweimal Interferenzstreifen hervorruft. Der Abstand dieser Stellen, bezw. die Länge des Etalons — zur Kontrolle werden deren zwei

benutzt — beträgt 80 cm. Die Einzelbeobachtungen stimmen auf wenige 0,01 mGa überein und lassen sogar den Gezeiteneffekt erkennen. Die Apparatur soll periodisch eingesetzt werden, um eventuelle säkulare Schwereänderungen nachzuweisen. Ein ähnliches Experiment ist nach dem in Luzern vorgelegten Landesbericht von Bell in Sydney (National Standard Laboratory), Australien begonnen worden.

Der Versuch von Rose u. a. [30] in der Universität von Wisconsin (USA) benutzt ebenfalls einen fallenden Tripelspiegel, wobei aber hier das zurückgeworfene Lichtbündel den nächsten Lichtimpuls auslöst. Aus der registrierten Impulsfolge während des Falls und der bekannten Lichtgeschwindigkeit, deren Kenntnis die Genauigkeit begrenzt, kann auf g geschlossen werden.

Wie aus dem 1965 in Paris und 1967 in Luzern vorgelegten Landesberichten Schwedens hervorgeht, ist in Stockholm (Rikets allmänna kartverk) ein Apparat zur g -Bestimmung mit fallenden Kugeln aufgestellt worden. Auf der Tagung der Internationalen Gravimetrischen Kommission [31; S. 36/37] erfuhr man auch, daß Fallner und Hammond bei einem neuen Experiment mit fallendem Interferometer in Boulder (Colorado, USA) die Lasertechnik eingesetzt haben.

13. Der sogenannte gemischte Fall

Es handelt sich dabei um den freien Fall eines Körpers innerhalb einer Kammer, welche ihrerseits in Luft von normalen Druck fällt und dabei an Drähten, die teils zur Zeitmarkierung dienen, geführt wird. Man spricht manchmal auch von „geführten Fall“. Da der frei fallende Körper relativ zur Kammer nur eine geringe Geschwindigkeit hat, spielt der Luftwiderstand hier eine unbedeutende Rolle.

Die Auswertarbeiten sind beim gemischten Fall am umfangreichsten.

Das erste Experiment dieser Art wurde von Agaletski, Egorow und Marzinjak in Leningrad [23, S. 39—62] durchgeführt. Eine 80 cm lange zylindrische Kammer fiel von der 3. Etage des Mendelejev Instituts bis in den Keller, wobei auf die führenden Stahldrähte magnetische Zeitmarken gebracht wurden. Der in der Kammer frei fallende 15 cm lange Messingrahmen mit eingelegter Fotoplatte zur Aufbringung von Zeitmarken legte dabei relativ zur Kammer nur etwa 15 cm zurück.

Über eine ähnliche g -Bestimmung des National Bureau of Standards in der Nähe von Gaithersburg (USA) hat 1965 Tate kurz berichtet [32]. Es wurde die Zunahme der Geschwindigkeit eines frei fallenden 1 m langen Quarzstabs registriert, der in einer selbst fallenden Vakuumkammer frei fiel. Die mit vier verschiedenen Stäben erhaltenen Ergebnisse zeigten keinen systematischen Unterschied.

Bjerhammar, Schweden, berichtet [33; S. 5] von einem neuen Vorhaben mit einem frei fallenden Tripelspiegel in einer in Luft fallenden Vakuumkammer, wobei die Strecken mit Laser gemessen werden.

14. Vergleich von Ergebnissen

Die in diesem Jahrhundert durchgeführten g -Bestimmungen seien nochmals in der Reihenfolge der bekanntgewordenen Ergebnisse aufgeführt und dem Potsdamer Fundamentalwert gegenübergestellt, d. h. es sind in der letzten Spalte der Tabelle,

nur die Abweichungen gegenüber 981 274,0 mGal angegeben. Dabei spielt auch die zugrunde gelegte gravimetrische Verbindung zwischen der Absolutstation und Potsdam eine Rolle. Man kann daher auch etwas abweichende Angaben finden, noch dazu, wo hin und wieder an den Angaben der Autoren nachträglich berechnete Korrekturen angebracht wurden. In der vorletzten Spalte ist die innere Genauigkeit der jeweiligen Absolutbestimmung angeführt:

(*P* Reversionspendel; *f* freier, *s* symmetrischer, *g* gemischter Fall;
M fallender Maßstab, *T* Tripelspiegel, *K* andere kleine Körper)

Jahr	Ort	Methode	Bearbeiter	Genauigkeit	Diff.
1906	Potsdam	5 <i>P</i>	Kühnen u. Furtwängler	± 3,0	0,0
1936	Washington	3 <i>P</i>	Heyl und Cook		− 18,4
1939	Teddington	1 <i>P</i>	Clark		− 12,9
1946	Potsdam	verbessert durch:	Berroth Jeffreys		− 12,7
1952	Sèvres	<i>fM</i>		Volet	
1956	Leningrad	3 <i>P</i> <i>gK</i>	Agaletzki, Egorow u. Marzinjak	± 0,4	− 12,1
	Leningrad	<i>gK</i>	”	± 1,6	− 9,3
	Leningrad	<i>fM</i>	”	± 2,0	− 7,6
1959	Sèvres	<i>fM</i>	Thulin	± 0,7	− 12,8
1960	Ottawa	<i>fM</i>	Preston-Thomas u. a.	± 1,5	− 13,7
1960	Buenos Aires	<i>P</i>	Baglietto	vorl.	− 12
1963	Princeton	<i>fT</i>	Faller	± 0,7	− 15,1
1965	Teddington	<i>sK</i>	Cook	± 0,13	− 13,7
1965	Tokio	<i>fM</i>	(Sakuma), Senda, u. a.	vorl.	− 15,2
1965	Gaithersburg	<i>gM</i>	Tate	± 0,3	− 13,2
1967	Sèvres	<i>sT</i>	Sakuma	vorl. ± 0,1	− 13,8

Literaturverzeichnis

[1] Verhandlungen der 1900 in Paris abgehaltenen 13. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung; Beilage B IX, Berlin 1901.

[2] Berroth, A.: Das Fundamentalsystem der Schwere im Lichte neuer Reversionspendelmessungen. Bull. Geod. Nr. 12, 1949, S. 183–205.

[3] Reicheneder, K.: Zur Übertragung des Potsdamer Schweresystems. Veröff. d. Geod. Inst. Potsdam Nr. 31, Akad. Verlag, Berlin 1967.

[4] Borrás, E.: Bericht über die relativen Messungen der Schwerkraft mit Pendelapparaten in der Zeit von 1808 bis 1909 und über ihre Darstellung im Potsdamer Schweresystem. Verhdlg. d. 16. allg. Conf. d. Int. Erdmessung 1909 in London u. Cambridge, Beilage B X; Berlin 1911.

[5] Jordan-Eggert: Handbuch der Vermessungskunde, III, 2; 8. Aufl. Stuttgart 1941.

[6] Cook, A. H.: The absolute determination of the acceleration due to gravity. Metrologia, I, 1965, S. 84–114.

[7] Cook, A. H.: Recent developments in the absolute measurement of gravity. Bull. Géod. Nr. 44 (1957), S. 34–59.

[8] Bessel, Fr. W.: Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels. Berlin 1828.

[9] Pisati, G. und Pucci, E.: Sulla lunghezza del pendolo a secondi ricerche di Rom MDCCCLXXX, Rom 1883.

[10] *Ivanoff, A. A.*: Détermination de l'accélération absolue de la pesanteur à l'aide de pendules longs, à l'institut de métrologie de l'U. R. R. S., à Leningrad. Bull. Géod. Nr. 52 (1936), S. 481—492.

[11] *Kukkamäki, T. J.*: Two hundred metre pendulum. Bull. géod. 51 (1959), S. 103.

[12] *Торопин, С. И., Дифференциальный физический маятник с одной системой пружина-подушка. Труды ВНИИМ 23(83) Исследование в области гравиметрических измерений, 1954, Стр. 5—17.*

(*Toropin, S. I.*: Das Physische Differentialpendel mit einer Schneide-Lager-Anordnung. Arb. d. Metrol. Forsch. Inst. 23 (83) Untersuchungen auf dem Gebiet gravimetrischer Messungen. 1954, S. 5—17)

[13] *Finger, J.*: Über ein Analogon des Kater'schen Pendels und dessen Anwendung zu Gravitationsmessungen. Sitz. Ber. Akad. Wien 84, 2. Abt. (1881) S. 168—193.

[14] *Orff, Carl von*: Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels auf der Sternwarte zu Bogenhausen. Abhdlg. math. phys. Cl. Bayr. Akad. d. Wiss. XIV, München 1883, S. 161—294.

[15] *Oppolzer, Th. v.*: Bericht über die Bestimmung, der Schwere mit Hilfe verschiedener Apparate, Verhdlg. d. 7. allg. Conf. d. Europ. Gradmessung 1883 in Rom, Anhang VI.

[16] *Memorias del Instituto Geografico y estadístico, VIII (1889), X (1895), XI (1899), XII (1903), Madrid.*

[17] *Verhandlungen d. Conf. d. perm. Comm. d. Int. Erdm. 1887 in Nizza.*

[18] *Defforges*: Mesure de l'intensité absolue de la pesanteur dans la salle du comparateur universel au Bureau International des Poids et Mesures à Bréteuil, Paris 1892. Mémorial du dépôt général de la guerre XV, Paris 1894.

[19] *Kühnen, F. und Furtwängler, Ph.*: Bestimmung der absoluten Größe der Schwerkraft zu Potsdam mit Reversionspendeln. Veröff. d. pr. Geod. Inst. Nr. 27, Berlin 1906.

[20] *Helmert, F. R.*: Beiträge zur Theorie des Reversionspendels. Veröff. d. pr. Geod. Inst. u. Cent. Büros d. Int. Erdmessung, Potsdam, 1898.

[21] *Heyl, P. R. und Cook, G. S.*: The value of gravity at Washington. J. Research. NBS, 17 (1936), S. 505—839. Research paper RPg46.

[22] *Clark, J. S.*: An absolute determination of the acceleration due to gravity. Phil. Trans. Roy. Soc., London, Ser. A, 238 (1939), S. 65—123.

[23] *Агалецкий, П. Н., Егоров, К. Н., Марциняк, А. И., Абсолютные определения ускорения силы тяжести в пункте ВНИИМ. Труды ВНИИМ 32(92), 1958.*

(*Agaletski, P. N., Jegorow, K. N. Marzinjak, A. I.*: Absolutbestimmung der Schwerebeschleunigung im Punkte VNIIM. Arb. d. Metr. Forsch. Inst. 32 (92), 1958)

[24] *Bull. Géod. 44 (1957), S. 23 u. 30.*

[25] *Volet, Ch.*: Mesure de l'accélération due à la pesanteur au Pavillon de Breteuil. Compte rend. Acad. d. Sc. de Paris 235 (1952) S. 442—444.

[26] *Thulin, A.*: Détermination absolue de l'accélération due à la pesanteur au Pavillon de Breteuil. Trav. et Mém. BIPM 22 (1961), Heft 1, 91 S.

[27] *Preston-Thomas, H., Turnbull, L. G., Green, E., Deuphinee, T. M. and Kadra, S. N.*: An absolute measurement of the acceleration due to gravity at Ottawa, Can. J. Phys. 38 (1960), S. 824—852.

[28] *Faller, J. E.*: An absolute interferometric determination of the acceleration of gravity. Bull. Géod. 77 (1965) S. 203/204.

[29] *Sakuma, A.*: Etat actuel de la nouvelle détermination absolue de la pesanteur au Bureau International des Poids et Mesures. Bull. Géod. 69 (1963) S. 249—260.

[30] *Rose, J. C., Haubrich, R. A. and Woollard, G. P.*: A method for the measurement of absolute gravity. Bull. Géod. 51 (1959), S. 91—102.

[31] *Bureau Gravimétrique International, Bull. d'Inform. Nr. 11 (1965), Mesure absolue de la pesanteur. S. 35—41.*

[32] *Bureau Gravimétrique International, Bull. d'Inf. Nr. 14 (1966), S. 6—7.*

[33] *Bureau Gravimétrique International, Bull. d'Inf. Nr. 16, 1967.*

Theorie und Praxis der Berechnung des mittleren Punktlagefehlers beim mehrfachen Einschneiden.

Von *Josef Kovarik*, Wien

Bekanntlich wird die Genauigkeit, mit der die lagemäßige Bestimmung eines trigonometrischen Punktes erfolgt, am anschaulichsten durch eine Fehlerellipse dargestellt.

In der Literatur, z. B. [1], [2], [3], werden für die „mittlere“ Fehlerellipse (nach Helmert) die Richtung der großen Achse, sowie die beiden Halbachsen praktisch immer mit den gleichen Gebrauchsformeln angegeben:

$$\operatorname{tg} 2\theta = \frac{[-2ab]}{[bb - aa]} \quad A = \pm m \sqrt{\frac{[aa] + [bb] + W}{2D}}$$

$$B = \pm m \sqrt{\frac{[aa] + [bb] - W}{2D}}$$

(Der Einfachheit halber sei hier von unterschiedlichen Gewichten abgesehen.)

Die letzten beiden dieser Formeln, für die Halbachsen, enthalten, wie man sieht, neben W auch noch die Koeffizientendeterminante D des Normalgleichungsschemas, die meist eine mehr oder weniger große Zahl ist. Nun mag dieser Umstand bei einer rechnerischen Ausgleichung nicht besonders schwer ins Gewicht fallen, bei graphischen Bearbeitungen ist das jedoch zweifelsohne einer einfachen und schnellen Genauigkeitsbestimmung hinderlich.

Wie der Verfasser schon in [4] erwähnt hat, besteht zwischen W und D eine einfache Beziehung, die es gestattet, die Formeln für die Halbachsen in einer Form zu schreiben, die die Berechnung der Koeffizientendeterminante nicht mehr erfordert:

$$\left. \begin{aligned} A &= \pm m \sqrt{\frac{2}{[aa] + [bb] - W}} = \pm m \sqrt{\frac{2}{\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right] - W}} \\ B &= \pm m \sqrt{\frac{2}{[aa] + [bb] + W}} = \pm m \sqrt{\frac{2}{\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right] + W}} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

da ja $[aa] + [bb] = \left[\frac{\rho^2}{s^2}\right]$ ist.

Der totale, mittlere Punktlagefehler ist $M = \pm \sqrt{A^2 + B^2} = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$,

mit (1) ergibt sich $M = \pm m \sqrt{\frac{2}{\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right] - W} + \frac{2}{\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right] + W}}$ und daraus

$$M = \pm 2 m \sqrt{\frac{1}{\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right] \left(1 - \frac{W^2}{\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right]^2}\right)}} \quad \dots (2)$$

Bekanntlich ist $W = \sqrt{[bb - aa]^2 + [-2ab]^2}$, welche Formel man auch schreiben kann $W = \sqrt{\left[\frac{\rho^2}{s^2} \cdot \cos 2\nu\right]^2 + \left[\frac{\rho^2}{s^2} \cdot \sin 2\nu\right]^2}$... (3)

Diese Form von W sagt, daß je zwei gegebene Festpunkte in der gleichen Entfernung, deren Strahlen im Neupunkt aufeinander senkrecht stehen, sich in ihren Einflüssen gegenseitig aufheben. Da man aber in der Praxis bei Punkteinschaltungen immer mit Überbestimmungen arbeitet, wird W im Verhältnis zu $\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right]$ stets ein mehr oder weniger kleiner Wert sein, weil schon bei einer Richtungswinkelverteilung über $2 \cdot \frac{\pi}{2}$ die einzelnen Glieder der beiden Summanden unter der Wurzel von (3) sich zum Teil gegenseitig aufheben.

$\frac{W}{\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right]}$ ist immer kleiner als 1. Entwickelt man den Klammerausdruck im Nenner von M , so kann man (2) in der Form schreiben

$$M = \pm 2 m \sqrt{\frac{1}{\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right] \left(1 + \frac{1}{2} \frac{W^2}{\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right]^2} \dots\right)}} \quad \dots (2a)$$

Die Praxis zeigt, daß sogar bei nur durchschnittlichen Verhältnissen, wenn also die Bestimmungsrichtungen *nicht* ideal verteilt sind, W nicht größer ist als $\frac{1}{2} \left[\frac{\rho^2}{s^2}\right]$. Daher ist das zweite Glied der Reihe in (2a) ungefähr gleich $\frac{1}{8}$. Das heißt, auch bei Vorliegen nicht idealer Verhältnisse wäre der Fehler von M durch Vernachlässigung der Glieder höherer Ordnung nur etwa $\frac{M}{8}$.

Nun wird ja das Verhältnis der beiden Halbachsen der Fehlerellipse nur durch die Lage des Neupunktes in Bezug auf die Festpunkte bestimmt und da der totale Punkt-lagefehler das entscheidende, also von der Lage des Koordinatensystems unabhängige Kriterium für die Genauigkeit eines Punktes darstellt, soll man M schon am Feld, das heißt möglichst schnell und möglichst einfach, bestimmen können. Dazu ist das erste Glied der Formel (2a), genügend genau, bestens geeignet:

$$M \doteq \pm 2 m \sqrt{\frac{1}{\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right]}} \quad \dots (4)$$

Alle bisher zitierten Formeln sind zuerst nur für einen mehrfachen Vorwärtsschnitt gedacht. Nun kann man aber bekanntlich auch den Rückwärtsschnitt auf ein Vorwärtseinschneiden zurückführen, wenn man die, die Bedingungen $[a] = 0$ und $[b] = 0$ erfüllenden „reduzierten“ Richtungen und Seitenlängen bestimmt. (Bei der graphischen Ausgleichung zum Beispiel werden diese reduzierten Größen mit Hilfe des Schwerpunktes der Fußpunkte der $\frac{c}{s}$ -Längen ermittelt.)

Da $[aa]_{red} = [aa] - \frac{[a][a]}{n}$ und $[bb]_{red} = [bb] - \frac{[b][b]}{n}$ ist, wird $\left[\frac{\rho^2}{s^2_{red}} \right] = [aa]_{red} + [bb]_{red} = \left[\frac{\rho^2}{s^2} \right] - \frac{1}{n} ([a][a] + [b][b])$. Sind in den Entfernungen der Zielpunkte keine *wesentlichen* Unterschiede, so sind schon bei zwei *wirkungsvollen**) Überbestimmungen, also bei 5 beobachteten Richtungen, die Summen $[a]$ und $[b]$ derart klein, daß sie für die gegenständliche Berechnung vernachlässigt werden können. Dann ist $\left[\frac{\rho^2}{s^2_{red}} \right] \doteq \left[\frac{\rho^2}{s^2} \right]$. Es könnte daher auch in diesem Fall die Formel (4) Verwendung finden. Ist man sich aber über die Zulässigkeit der genannten Vernachlässigung nicht sicher, dann wird man beim Rückwärtsschnitt mit den *reduzierten* Seitenlängen die Bestimmung vornehmen:

$$M \doteq \pm 2 m \sqrt{\frac{1}{\left[\frac{\rho^2}{s^2_{red}} \right]}} \quad \dots (4a)$$

In der photogrammetrischen Abteilung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien wird, nach einem Vorschlag des Verfassers, auf die oben beschriebene Art die Genauigkeit der i. a. durch Punkteinschaltungen gewonnenen Paßpunktkoordinaten schon mehrere Jahre hindurch mit bestem Erfolg bestimmt. Dabei zeigt sich immer wieder, daß bei Messungen mit einem genügend genauen Theodolit, der einen geringen mittleren Richtungsfehler leicht zu erreichen gestattet, und bei den meist vorkommenden Zielweiten, etwa bis 6 km, der mittlere Punktagefehler nur wenige Zentimeter beträgt, so daß sich eine Kenntnis der Fehlerellipse selbst erübrigt.

In diesem Sinne sei auch Wolf in [3] zitiert: „... Nach amtlichen deutschen Vorschriften soll bei einer Punktbestimmung die große Halbachse A der mittleren Fehlerellipse nicht größer als 15 cm sein. ... Ist der Wert für den Punktagefehler schon kleiner als 15 cm, so erübrigt sich die Berechnung der Halbachsen. ... Daher wird heute die Fehlerellipse nur selten — eben nur in jenen Grenzfällen — berechnet. ...“

Schließlich sei noch erwähnt, daß man auch unterschiedliche Gewichte leicht berücksichtigen kann. Setzt man nämlich den Quotienten aus der Entfernung durch die Wurzel des jeweiligen Gewichtes $\frac{s}{\sqrt{p}}$ gleich einer Entfernung \bar{s} , so ergeben sich für

*) das heißt: nicht etwa nur 4 oder 5s neben anderen Bestimmungsrichtungen!

die Summen, die mit $\frac{\rho}{s}$ gebildet werden, das sind $[a \sqrt{p} \cdot a \sqrt{p}], \dots$, schon die Werte $[paa], [pbb], \dots$

An Hand von einigen Beispielen soll jetzt abschließend gezeigt werden, daß die vorgeschlagene Berechnungsart von M von einer kaum mehr zu unterbietenden Einfachheit ist. Handelt es sich um eine rechnerische Ausgleichung der Beobachtungen, dann brauchen nur die im Normalgleichungsschema enthaltenen Summen $[aa]$ und

$[bb]$ addiert zu werden und geben schon $\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right]$. Arbeitet man graphisch, dann wird man mit zwei Zahlentabellen oder mit ein für allemal angelegten Leitern einfach und schnell zum Ziel kommen. (Siehe als Konstruktionsvorschlag dazu die Abbildungen 1 und 2.) Natürlich kann

man aber z. B. auch die $\frac{\rho^2}{s^2}$ -Skala des Horsky-Diagrammes (Rechentafel 7a zur Ermittlung der Richtungs- und Seitenänderungen, 400^g) verwenden und muß nur den 10fachen Betrag des am Maßstab für die Änderungen abgelesenen Wertes nehmen. Die weitere Rechnung, 2facher Richtungsfehler durch die Wurzel aus dem letztgenannten 10fachen Diagrammwert, kann mit jedem kleinen Taschenrechner ausgeführt werden.

Der Übergang auf einen von $\pm 5^c$ stark abweichenden Wert des mittleren Richtungsfehlers m wird am besten so vorgenommen, daß man M zuerst für 5^c ermittelt und anschließend den Wert im Verhältnis $2m:10$ verkleinert bzw. vergrößert. (Ergibt sich z. B. $m = \pm 3^c$, dann wird M im Verhältnis $6:10$ verkleinert, eine Rechnung, die sogar leicht im Kopf gemacht werden kann.)

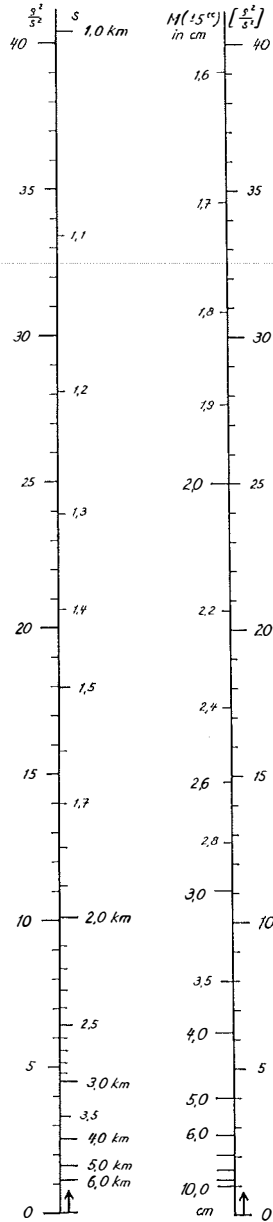
1. Beispiel: es liege ein dreifacher Vorwärtsschnitt vor (mit rechnerischer Ausgleichung), von

- 1 nach $P_0 \dots$ orient. R. $62^g \dots$ Seite 4,00 km
- 2 nach $P_0 \dots$ orient. R. $184^g \dots$ Seite 3,76 km
- 3 nach $P_0 \dots$ orient. R. $368^g \dots$ Seite 3,20 km.

Aus den Normalgleichungen ergeben sich, bei s in cm-Einheiten, $[aa] = 2,84$ und $[bb] = 6,51$. Daher wird

$\left[\frac{\rho^2}{s^2}\right] = 9,35$. Der mittlere Richtungsfehler m sei $\pm 5^c$.

Damit ist $M = \pm 2,5 \cdot \sqrt{\frac{1}{9,35}} = \pm \frac{10}{3,06} = \pm 3,3$ cm.



Das erste vernachlässigte Glied von (2a) kann leicht überschlagen werden, es gibt $0,08 M = 2,6$ mm. Da die strenge Berechnung $M = \pm 3,6$ cm ergibt, sieht man

daraus, daß praktisch die gesamte Differenz gegenüber dem Näherungswert nach (4) in dem ersten vernachlässigten Glied steckt. Die Aussage, daß der Punktlagefehler zwischen 3 und 4 cm liegt, wird aber in der Praxis i. a. bei allen Fällen der Punkteinschaltung genügen.

2. Beispiel: es liege ein Rückwärtsschnitt über 4 gegebenen Punkten vor, also nur mit einer Überbestimmung (mit graphischer Ausgleichung), orientierte Richtungen nach 1 . . . 25^g Seitenlänge . . 3,6 km
 nach 2 . . . 65^g Seitenlänge . . 2,0 km
 nach 3 . . . 135^g Seitenlänge . . 2,9 km
 nach 4 . . . 180^g Seitenlänge . . 3,9 km

Nachdem man in üblicher Weise auf den einzelnen Strahlen die entsprechenden $\frac{\rho}{s}$ - (bzw. $\frac{c}{s}$ -) Längen aufgetragen hat (Fußpunkte F), ermittelt man bekanntlich, bei richtungsmäßiger Ausgleichung, graphisch den Schwerpunkt der Fußpunkte und bestimmt aus den Abständen dieses Schwerpunktes von den einzelnen Fußpunkten die reduzierten Seitenlängen

nach	1	2	3	4
s_{red}	3,8 ₅ km	3,2 km	4,6 km	3,2 ₅ km.

Damit ergibt sich dann $\left[\frac{\rho^2}{s_{red}^2} \right] = 12$ und mit $m = \pm 5^{cc}$ erhält man $M = \pm 3$ cm. Zur Kontrolle wurde auch W ermittelt und damit ergab das erste vernachlässigte Glied 4 mm. Zum Vergleich sei auch hier der streng gerechnete Wert mitgeteilt: $M = \pm 3,4$ cm. Wie man sieht, erhält man die Lagegenauigkeit auch hier, trotzdem nur eine Überbestimmung und keine ideale Verteilung der Richtungen vorliegt, mit einer Schärfe, die für die Beurteilung der Punktqualität in der Praxis vollkommen ausreichend ist.

Liegt aber zu den oben genannten vier Richtungen etwa noch eine zweite Überbestimmung vor, z. B. bei 317^g mit einer Seitenlänge von 2,2 km, dann ist die Horizontverteilung eine wesentlich bessere und man erhält schon mit den gegebenen, also nicht reduzierten Seiten praktisch denselben Wert, wie mit s_{red} , nämlich $M = \pm 1,9$ cm. (Zahlenmäßig gerechnet 19,3 mm gegen 18,6 mm.) Der mit der strengen Formel errechnete Wert beträgt demgegenüber $\pm 20,2$ mm.

Eine lange Reihe solcher Berechnungen hat gezeigt, daß eine derartige Bestimmung der Punktlagefehler am Feld in allen Fällen genau genug ist, da jede strenge Rechnung schon wegen der Unsicherheit im mittleren Fehler einer beobachteten Richtung unsinnig wäre, kann dieser doch erst nach der Punktausgleichung endgültig ermittelt werden.

Aber auch nach der Ausgleichung ist die mit der Näherungsformel erzielte Genauigkeit i. a. ausreichend, da es bedeutungslos ist, ob der betreffende Punkt 3 oder 3,5 cm Lagefehler hat. Die entscheidende Frage ist doch vielmehr die nach der Dimension: cm oder schon dm!

Zusammenfassung

Beim mehrfachen Vorwärts- wie beim mehrfachen Rückwärtsschnitt — und natürlich auch sinngemäß beim kombinierten Einschnitten — kann der totale mittlere Punktlagefehler des Neupunktes mit den angegebenen Formeln (4) bzw. (4a) einfach und schnell bestimmt werden, wenn man sich mit etwa 10% Genauigkeit der ermittelten Größen begnügt. Das wird am Feld, bei der Einmessung, immer und bei der Punktberechnung i. a. dann der Fall sein, wenn der Lagefehler nur wenige cm beträgt. Schließlich ist damit außerdem die Möglichkeit gegeben auch bei *graphischen* Ausgleichungen von mehrfach eingeschnittenen Punkten den mittleren Punktlagefehler einfach, dabei aber trotzdem genügend genau ermitteln zu können.

Literaturhinweise

- [1] *Jordan-Eggert*, Handbuch der Vermessungskunde, 1. Band 1935.
 [2] *Ackerl*, Geodäsie und Photogrammetrie, 2. Teil 1956.
 [3] *Wolf*, Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, im Erscheinen begriffen.
 [4] *Kovarik*, Zur graphischen Bestimmung der Fehlerellipse Zeitschr. f. Verm. 1952.

Rationellste Basisnetze der Präzisions-Polygonometrie vorgeschriebener Genauigkeit mit Wild-Theodolit T2 und 2m-Invar-Basislatte im Stadtgebiet

Von *Walter Smetana*, Wien

Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen

Zusammenfassung:

Bei Verwendung des üblichen Wild'schen Instrumentariums mit Zwangszentrier-Ausrüstung zur Messung von Präzisions-Polygonzügen verschiedener Längen im Stadtgebiet, und unter Zusage einer geforderten Polygon-Punktlagegenauigkeit von 1 cm, der parallaktischen- und Polygonwinkel-Meßgenauigkeit mit bzw. $m_a \approx \pm 2''$, $m_\beta \approx \pm 8''$, sind in der vorliegenden Arbeit für den Praktiker die jeweils rationellsten Basisnetze errechnet und in einer Tabelle zusammengestellt.

Für die Zugslängen wurde ein Bereich von 500 m bis 1,5 km gewählt. Die Anzahl der Polygonpunkte, einschließlich der beiden Anschlußpunkte eines Zuges, wird hierbei mit 11 bis 31 festgelegt. Weiters können der Tabelle auch noch zulässige Außermittigkeiten der Basislatte, ideale Hilfsbasislängen, sowie Abweichungen von denselben entnommen werden.

1. Einleitung

Bei der Anlage von Hauptpolygonzügen der Präzisions-Polygonometrie im Stadtgebiet wird der Einsatz eines leichten Geodimeters zur elektro-optischen Distanzmessung wohl die rationellste Strecken-Meßmethode darstellen, da besonders auf Grund der diesbezüglichen mathematisch-statistischen Untersuchungen von Geodimeterstrecken nach Peters-Korschineck [1], eine in vielen Fällen auch für Stadtvermessungen geforderte Punktlagegenauigkeit durch den rationellen Einsatz eines Geodimeters erzielt werden kann.

In manchen Fällen jedoch, wo eine besonders hohe Punktlagegenauigkeit angestrebt wird und infolge der bestehenden Gelände-, Verbauungs- und Verkehrsverhältnisse, nur sehr kurze, im Durchschnitt etwa 50 m lange Seiten gewählt werden müssen, wird man derzeit noch immer zur altbewährten klassischen Streckenmeßmethode mittels Wild'scher 2 m Invar-Basislatte greifen.

Wie nun diese Methode im Stadtgebiet unter Einhaltung einer bestimmten, vorgeschriebenen Punktlagegenauigkeit von 1 cm in der Präzisions-Polygonometrie rationellst, d. h. mit dem geringsten Arbeitsaufwand angewendet werden kann, soll im folgenden erläutert und dem Praktiker in Form einer Tabelle ersichtlich gemacht werden.

Daß diese Streckenmeßmethode dem Gelände sehr anpassungsfähig ist und durch die zwangszentrierte Messung sowie durch einen strengen Ausgleich der Züge mit Berücksichtigung der Seitengewichte auch sehr stark ausspringende und ungleich lange Seiten für die zu erreichende Genauigkeit bedeutungslos bleiben, erleichtert dem Praktiker im Stadtgebiet die Projektierung von Präzisions-Polygonzügen mittels Basislatte.

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wurden im Hinblick auf städtische Verbauungs- und Verkehrsverhältnisse nur die folgenden 4 Basisnetze zugelassen:

1. Basislatte am Ende (1).
2. Basislatte in der Mitte (2).
3. Hilfsbasis am Ende (11).
4. Hilfsbasis in der Mitte (12).

Die in Klammer gesetzten Zahlen sind zweckmäßige Kennziffern der Basisnetze nach G. Förstner [2], wonach Ziffer 1 Dreiecksnetze und Ziffer 2 Rautennetze bezeichnen. Während der Vergrößerungsschritt durch die Anzahl der Ziffern festgehalten wird, zeigt die Ziffernsumme die Anzahl der zu messenden parallaktischen Winkel an.

Diese kurze und prägnante Bezeichnungsweise nach Förstner soll auch im folgenden Verwendung finden.

2. Theoretische Grundlagen

Unter Zugrundlegung der sehr ausführlichen Genauigkeits-Untersuchungen der optischen Streckenmessung mit Theodolit und Basislatte von G. Förstner [2], sowie meiner Arbeiten über Seitengewichte bei Feinpolygonzügen [3], strengen Ausgleich von Feinpolygonzügen bei Stadtvermessungen [4] und einer Zusammenfassung der Fehlertheorie für gestreckte Züge nach Hubeny [5], ergibt sich aus der Näherungsformel für den mittleren Längsfehler m_l und dem mittleren Querfehler m_q für die Zugmitte eines beidseitig nach Richtung und Koordinaten abgeschlossenen gestreckten Zuges mit bzw.

$$m_l = \pm \frac{m_s}{2} \sqrt{n-1}, \quad m_q = \pm s \cdot m_\beta \cdot \frac{n \sqrt{n}}{\sqrt{192}}$$

ein mittlerer Punktlagefehler

$$M^2 = \frac{m_s^2}{4} \cdot (n-1) + \frac{s^2 \cdot m_\beta^2 \cdot n^3}{192} \quad \dots (1)$$

für die Zugmitte eines solchen Zuges.

s bedeutet hierin die durchschnittliche Streckenlänge, m_s den mittleren Streckenfehler und n die Anzahl aller Polygonpunkte, einschließlich der beiden Anschlußpunkte. Der mittlere Polygonwinkel-Meßfehler lautet m_β .

Setzt man $s = \frac{L}{n-1}$, wobei L die Zugslänge bedeutet und führt man nun

in Formel (1) an Stelle von m_s^2 die in [3] bestimmten Gewichte für Streckenmessungen mittels Basislatte ein, so erhält man nach Berücksichtigung des bei dieser Gewichtsbestimmung außer Acht und für alle Streckenmeßmethoden konstant belassenen Gliedes

$$\frac{m_\alpha^2}{4 \rho^2} \text{ zunächst für } m_s^2 = \frac{10^4}{q \cdot 637^2} = \frac{246,8041}{q}, m_s \text{ in Millimeter und } m_\alpha \approx 2^{cc}.$$

$$\text{Da nach [3] } q = \frac{10^8}{f(s)} \text{ und } q_0 = \frac{1}{m_s^2} = \frac{1}{f(s)} \cdot \frac{4 \rho^2}{m_\alpha^2} \text{ ist, wird } q_0 = q \cdot \frac{4 \rho^2}{10^8 \cdot m_\alpha^2}$$

und somit $m_s^2 = \frac{1}{q_0} = \frac{10^8 \cdot m_\alpha^2}{q \cdot 4 \rho^2}$ für m_s in Meter und daher weiters:

$$M^2 = \frac{246,8}{4q} \cdot (n-1) + \frac{L^2_{km} \cdot m_\beta^2 \cdot n^3}{0,637^2 (n-1)^2 \cdot 192} \leq 100 \quad \dots (2)$$

da der mittlere Punktlagefehler in Zugmitte $M \leq 10$ mm sein soll.

Aus Formel (2) wird nun das Gewicht der jeweils aus der Zuglänge L und der Anzahl der Polygonpunkte n resultierenden Polygonseite s als Funktion des mittleren Punktlagefehlers der Zugmitte errechnet, in der Tabelle als q_M ersichtlich, und ergibt durch Vergleich mit den jeweils 4 Gewichten q_S , die derselben Seitenlänge s für die 4 hier in Betracht kommenden Basisnetze zukommen, ein Kriterium zur Feststellung des rationellsten Basisnetzes, das in der Tabelle einfach als Netz bezeichnet wird. Dieses Netz ist dadurch ausgezeichnet, daß bei einem Minimum an parallaktischer Winkelmessung ein Optimum an Genauigkeit der Streckenmessung erreicht wird. Für dieses Netz besteht nun nach einigen einfachen Umformungen der Formel (2) folgende Relationen zwischen q_M , q_S und M :

$$q_M \geq \frac{0,617 \cdot (n-1)}{1 - \left(\frac{L}{n-1}\right)^2 \cdot \frac{n^3}{121,6}} \leq q_S \iff M \leq 10 \text{ mm} \quad \dots (3)$$

Formel (3) wurde nun zahlenmäßig für einen Bereich von $L = 0,5$ bis $L = 1,5$ km und $n = 11$ bis 31 ausgewertet und für den Praktiker in der beiliegenden Tabelle ersichtlich gemacht.

Die Tabelle ist so angelegt, daß man für jede Zuglänge $L = 0,5$ bis 1,5 km, von 100 zu 100 m, die den Basisnetzen 1,2, 11 und 12 zukommenden Gewichte

q_S der einzelnen aus der Relations $s = \frac{L}{n-1}$ für $n = 11$ bis 31 sich ergebenden

Seiten ablesen und durch Vergleich mit q_M feststellen kann, welches q_S der Basisnetze in der Reihenfolge 1, 2, 11, 12 das q_M zuerst übersteigt. Das in dieser Zeile stehende Basisnetz ist bereits als Netz der Seite s_m in einer eigenen Spalte angeschrieben, sodaß der Praktiker auch ohne Ansicht und Vergleich von q_M und q_S das für seine Arbeiten rationellste Basisnetz ablesen kann.

Weiters ist der Tabelle auch der mittlere Seitenfehler m_s des betreffenden Netzes, gemäß der Relation $m_s = \frac{15,71}{\sqrt{q}}$ zu entnehmen.

Handelt es sich um das Netz 2, d. h. Basislatte in der Mitte, dann kann auch noch eine den Genauigkeitsanforderungen gerecht werdende Außermittigkeit der Basislatte durch die Verhältniszahlen p_1 und p_2 abgelesen werden.

Ist die Einführung des Basisnetzes 11, d. h. Hilfsbasis am Ende, am Platze, bringt die Tabelle unter b_0 die der betreffenden Seitenlänge entsprechende ideale Hilfsbasislänge. Kann die ideale Hilfsbasislänge nicht eingehalten werden, so geben die Zahlen k_1 und k_2 die erlaubten Abweichungen an, nämlich k , bzw. $k_2 = \frac{b'}{b_0}$.

Beim Netz 12, d. h. Hilfsbasis in der Mitte, könnte sowohl eine Außermittigkeit der Hilfsbasis als auch eine Abweichung der Hilfsbasislänge von der idealen Hilfsbasislänge auftreten. In diesem Falle, nämlich bei $L = 1,5$ km laut Tabelle und $s_m = 150$ m, wurde lediglich eine Abweichung von der idealen Hilfsbasislänge zugelassen.

Bei den Seitenlängen im Bereich von 17 m bis ausschließlich 50 m konnte in Anbetracht der an sich schon größeren und stark anwachsenden Gewichtszahlen q_S für Basisnetze 1 auf die Berechnung der Gewichte für die übrigen Basisnetze verzichtet werden, da für diese kurzen Seiten ausnahmslos das Netz 1, d. h. Basislatte am Ende, in Frage kommt.

3. Gebrauch der Tabelle

An Hand von 2 Beispielen möge die einfache Handhabung der beiliegenden Tabelle für den Praktiker geschildert werden:

Beispiel 1) Die Länge des Polygonzuges beträgt ungefähr $L = 0,8$ km, die Anzahl der Polygonpunkte einschließlich der beiden Anschlußpunkte $n = 11$, daher die durchschnittliche Seitenlänge $s_m = 80$ m. Der Tabelle entnimmt man nun in der entsprechenden Spalte das zu wählende rationellste Basisnetz, nämlich Netz 2, d. h. Basislatte in der Mitte, weiters wäre z. B. im gegebenen Falle auch noch eine Außermittigkeit von $p_1 = 0,8$ und $p_2 = 0,2$ möglich, d. h. die Basislatte könnte bei Einhaltung der geforderten Punktlagegenauigkeit von 1 cm um ungefähr höchstens 24 m außerhalb der Mitte der Strecke aufgestellt werden.

Beispiel 2) $L = 1,4$ km, $n = 15$, daher $s_m = 100$ m; in der Spalte unter s_m wird 11 abgelesen, d. h. Hilfsbasis am Ende, die ideale Hilfsbasislänge beträgt nach Tabelle $b_0 = 14$ m; noch erlaubte Abweichungen von dieser idealen Hilfsbasislänge kommen durch die Verhältniszahlen $k_1 = 2,0$, bzw. $k_2 = 0,5 = \frac{b'}{b_0}$ zum Ausdruck, d. h. die bezügliche Hilfsbasis kann im vorliegenden Falle zwischen 7 m und 28 m gewählt werden.

4. Schlußbetrachtungen

Die vorliegende Tabelle ermöglicht dem Praktiker auf kürzestem Wege, wie bereits dargelegt, die Bestimmung der rationellsten Basisnetze der optischen Streckenmessung mittels Wild'schem T2 und 2 m Invar-Basislatte im Stadtgebiet.

Wenn nun die Tabelle einfachheitshalber für gestreckte bzw. annähernd gestreckte und beidseitig nach Richtung und Koordinaten abgeschlossene gleichseitige Züge errechnet ist, so kann man mit derselben Tabelle die rationellsten Basisnetze auch für Züge mit stark ausspringenden und ungleich langen Seiten ablesen.

In diesen Fällen der sehr ungleich langen Seiten wird man für jede Seite jenes Netz wählen, das in der Tabelle bei der betreffenden durchschnittlichen Seitenlänge $s_m \approx s_i$ des in Betracht kommenden Zuges mit der Länge L bzw. $[s]$ aufscheint.

Wie nun ein Blick auf die Tabelle zeigt, lassen sich für die Praxis im Hinblick auf die einzuhaltende Punktlagegenauigkeit von $M \approx \pm 1$ cm der verhältnismäßig kurzen Präzisions-Polygonzüge, nämlich $L = 0,5$ bis $1,5$ km, allgemein gültige Regeln zur Wahl der rationellsten Basisnetze bei sowohl gestreckten als auch stark ausgebogenen Zügen mit sehr ungleich langen Seiten aufstellen:

Basisnetz 1, d. h. Basislatte am Ende für Strecken bis zu 40 m.

Basisnetz 2, d. h. Basislatte in der Mitte für Strecken von 41 m bis 80 m.

Basisnetz 11, d. h. Hilfsbasis am Ende für Strecken von 81 m bis 140 m.

Basisnetz 12, d. h. Hilfsbasis in der Mitte wird im Stadtgebiet nur sehr selten angewendet werden können und kommt, wie in der Tabelle ersichtlich, erst ab $s_m = 150$ m in Betracht.

Die hohe Genauigkeit der Basislatte kann nur mit Zwangszentrierung erreicht werden, die in Anbetracht der im Stadtgebiet anzulegenden Polygonzüge mit mitunter stark ausspringenden und sehr ungleich langen Seiten, erst recht bei der Polygonwinkelmessung anzuwenden ist.

Die innere Genauigkeit der parallaktischen Winkelmessung sollte hiebei $m_\alpha \approx \pm 2''$ betragen, welche Genauigkeit durch Messung des parallaktischen Winkels in 8 Halbsätzen von jedem Praktiker in einer Zeit von etwa 5 bis 8 Minuten leicht zu erreichen ist.

Die Polygon-Winkelmeßgenauigkeit von etwa $m_\beta \approx 8''$ erhält man leicht durch Messung des Polygonwinkels in 2 Sätzen.

Da für den Zeit- und Arbeitsaufwand bei der Messung von Präzisions-Polygonzügen mittels Theodolit und Basislatte hauptsächlich die Anzahl der zu messenden parallaktischen Winkel der Streckenmessung von Bedeutung ist, erkennt man die Wichtigkeit der Auswahl eines rationellsten Basisnetzes, das eben den jeweils gegebenen Genauigkeitsanforderungen bei Stadtvermessungen entspricht.

Literatur

[1] Peters, K.-Korschineck, E.: „Geodimetertest auf der Praterbasis“, ÖZfV. Jg. 55, 1967, Nr. 5, Seite 133 bis 140.

[2] Förstner, G.: „Genauigkeit der optischen Streckenmessung mit Theodolit und Basislatte“, München 1955, Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe B: Angewandte Geodäsie — Heft Nr. 20.

[3] Smetana, W.: „Seitengewichte bei Feinpolygonzügen“, ÖZfV. Jg. 44, 1956, Nr. 1, Seite 14 bis 18.

[4] *Smetana, W.*: „Strenger Ausgleich von Feinpolygonzügen bei Stadtvermessungen“, *ÖZfV*. Jg. 45, 1957, Nr. 5/6, Seite 141 bis 155.

[5] *Hubeny, K.*: „Ein Beitrag zur Fehlertheorie der beiderseits angeschlossenen Polygonzüge“, *ÖZfV*. Jg. 47, 1959, Nr. 3, Seite 65 bis 73.

Untersuchung der Ziellinienänderung eines Nivelliers beim Umfokussieren

Von *Gerhard Stoltzka*, Wien

Im Zusammenhang mit der vom Verfasser in den Heften Nr. 5 aus 1964 und Nr. 5 aus 1967 dieser Zeitschrift angegebenen Methode eines exzentrischen Nivellements ist es notwendig, für die Brauchbarkeit des Verfahrens genaue Kenntnisse von eventuell vorhandenen systematischen Ziellinienänderungen beim Umfokussieren zu haben und diese funktionell zu erfassen. Für die Praxis müßten ähnliche Untersuchungen wie die folgende für jedes zum Einsatz gelangende Nivellier ausgeführt werden. Im gegebenen Fall wurde ein für Testmessungen (siehe Abhandlung aus 1967) verwendetes Libellennivellier Wild N 3 untersucht. Theoretisch sollte bei diesem Instrumententyp mit Innenfokussierung, sorgfältige mechanische Fertigung und Justierung vorausgesetzt, kein derartiger Ziellinienfehler auftreten. Dies hat sich auch bis auf vernachlässigbare Restfehler bei den vorliegenden Messungen ergeben. Etwas schwieriger wären ähnliche Untersuchungen mit Kompensatornivellieren, ausgenommen solche mit dem Kompensator als Fokussiermittel, die konstruktionsbedingt für verschiedene Zielweiten Nullage- und Faktorfehler ergeben. Daraus resultierende Höhenfehler sind an sich sehr klein und werden durch eine entsprechend günstige Auslegung der Fernrohroptik bei mittleren Zielweiten in technischen Nivellements vernachlässigbar. Für Präzisionsnivellements nach exzentrischen Methoden müßte die Untersuchung aber doch durchgeführt werden, wozu es vorteilhaft wäre, als Näherung die Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung der Nullage- und Faktorfehler von der Erzeugerfirma beigelegt zu bekommen. Für praktische Arbeiten könnten die Fehler aus Diagrammen oder Tabellen entnommen, gegebenenfalls aber auch für die Verarbeitung mit Rechenanlagen programmiert werden.

Die im weiteren beschriebenen Versuchsmessungen wurden Ende September, an trüben Tagen, mit zeitweise leichtem Nieselregen durchgeführt. Die Teststrecke lag auf einem freien, ost-westverlaufenden, ausreichend horizontalem Feldweg mit kurzem Grasbewuchs in leicht geneigtem Gelände zwischen abgeernteten Getreidefeldern. Soweit bei einem Freilandversuch möglich, waren die Meßumstände günstig, Jahreszeit und Witterung ließen praktisch keinerlei Refraktionseinflüsse erwarten. Die Überprüfung sollte sich von der kürzest möglichen Zielweite (ca. 5 m) bis auf etwa 55 m erstrecken. Dazu wurden insgesamt neun vertikal stehende Rundkopfbolzen als Fixpunkte entlang einer Geraden in 50 cm bis 60 cm tief fundierte Betonklötze, leider nicht immer ganz bodengleich, einzementiert. Die Bezeichnung der Bolzen mit I bis IX verlief von West nach Ost; lagemäßig waren die Punkte von null bis dreißig Meter alle fünf Meter und anschließend bei 40 und 50 Meter angeordnet.

Zur Bestimmung der relativen Höhenunterschiede wurden mit einem komparierten Invarlattenpaar jeweils aus der Mitte alle benachbarten Punkte und ver-

schiedene weitere Punktkombinationen mit Zielweiten $D < 10$ m in drei Satzmes-
sungen nivelliert und als maximale Differenz einer Messung gegen das Mittel 0,1 mm
toleriert. Die Messungsergebnisse wurden einem Ausgleich nach bedingten Be-
obachtungen unterworfen und ergaben bei einem mittleren Fehler einer Messung
von $m_0 = \pm 0,008$ mm die in Tabelle 1 ersichtlichen Punkthöhen bezogen auf den
„tiefsten“ Bolzen.

Tabelle 1

Pkt.	Zielweite D	Fest- punkt- höhen H_i	Beob. Werte		Differenzen		red. Beobachtungsmittel $\frac{1}{2} (L_1 + L_2) H - H_i$	Erd- krüm- mung E	red. Instru- menten- horizont $1 = 1 + E$	Gewicht P
			L_1	L_2	$L_2 - L_1$	II-I usw.				
			red. auf Pkt. I.							
	m	m	m	m	1/100 mm	mm	mm	mm		
I	5,00	0,29118	0	0	8	+10	0	0	0	1,2
II	10,01	0,17734	0,11382	0,11392	10	+ 6	+0,03	-0,01	+0,02	3,0
III	14,99	0,11707	0,17404	0,17420	16	+11	+0,01	-0,02	-0,01	1,0
IV	19,97	0,07154	0,21955	0,21982	27	+ 4	+0,05	-0,03	+0,02	2,0
V	24,91	0,06564	0,22546	0,22577	31	+12	+0,07	-0,05	+0,02	1,2
VI	29,97	0,06855	0,22253	0,22296	43	+ 7	+0,11	-0,07	+0,04	2,5
VII	34,94	0,08583	0,20517	0,20567	50	+12	+0,07	-0,10	-0,03	1,7
VIII	44,88	0,01515	0,27596	0,27658	62	+26	+0,24	-0,16	+0,08	0,7
IX	54,88	0	0,29096	0,29184	88		+0,22	-0,24	-0,02	0,3

Anm.: Die Gewichte ergeben sich aus den mittleren Ablesungsfehlern für die Zielpunkte, berechnet aus den Abweichungen aller einzelnen Messungspaar-Differenzen gegen den Mittelwert des konstanten Unterschiedes der beiden Lattenteilungen.

Die eigentliche Untersuchung über mögliche Ziellinienfehler des Wild N 3 beim Umfokussieren wurde anschließend mit nur einer Latte in zwei Durchgängen von verschiedenen Beobachtern an zwei Tagen getrennt ausgeführt. Die als Wagnis aufgefaßte Beobachtung mittels eines schweren, allerdings gut abgesicherten Stativs (und nicht von einem sicheren Pfeiler aus) dürfte, den Resultaten nach zu schließen, keine nachteiligen Folgen auf die Messungen gehabt haben.

Jeder Zielpunkt wurde an einem Meßtag doppelt von I bis IX und wieder zurück gemessen. Die Einzelbeobachtungen erfolgten bei einspielender Libelle über die zwei konstant versetzten Lattenteilungen in einem Satz (links-rechts, rechts-links). Nach der Mittelung der einzelnen Beobachtungen über Hin- und Rückgang wurden die Streuungen gegen den Mittelwert des Versetzungsmaßes der beiden Lattenteilungen aus sämtlichen Messungen jedes Beobachters nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz

zusammengesetzt und schließlich im Geradenausgleich für die Ziellinie als Maß der Ablesegenauigkeit bei den verschiedenen Entfernungen verwendet. Da beim exzentrischen Nivellement mit Doppelstandpunkten alle linear zur Entfernung wirkenden Fehler automatisch ausgeschaltet werden, konnte auf eine Justierung des Nivelliers vor den einzelnen Meßreihen verzichtet werden. Um aber Dejustierungen während der Meßvorgänge zu vermeiden bzw. möglichst zu eliminieren, wurde einmal größte Sorgfalt und zweitens ein praktisch zeitproportionaler Meßablauf angewandt. Kriterium für die Güte des Gerätes konnte daher neben möglichst linear veränderlichen Differenzen, bezüglich der Ergebnisse der beiden Meßreihen nur die Abweichungen gegenüber einer ausgleichenden, eventuell geneigten Geraden sein. Eine andere Fehlerkurve müßte aus der Restfehlerverteilung ermittelt werden.

Mit dem allgemeinen Ansatz

$$ax + by = 1$$

ergab sich die Ausgleichsgerade

$$1,0 + D \cdot 0,02556 = \Delta h (1/100 \text{ mm})$$

und der mittlere Fehler einer Beobachtung

$$m_0 = \pm 0,035 \text{ mm.}$$

Die Restfehlerverteilung ist in Tabelle 2 ersichtlich.

Tabelle 2

Zielweite D in Meter	5,0	10,0	15,0	20,0	24,9	30,0	34,9	44,9	54,9
Restfehler ν in 1/100 mm	+1,1	-0,7	+2,4	-0,5	-0,4	-2,2	+4,9	-5,8	-2,4

Wie ersichtlich, zeigen die Abweichungen nicht einmal den zweifachen mittleren Fehler einer Einzelbeobachtung und auch keine Vorzeichensystematik. Eine weitere Untersuchung konnte daher unterbleiben und das untersuchte Instrument hinsichtlich seiner Ziellinienstabilität beim Umfokussieren als einwandfrei bezeichnet werden.

[1] *Gruber, O. v.*: Prüfung des neuen Zeiss-Nivellierinstruments II. Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1929.

[2] *Krötzel*: Probleme der Ziellinienstabilisierung durch ein astasiertes Pendel. Schweizerische Zeitschrift f. Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie, Jg. 1963, Heft 2, 3 und 4.

Mitteilungen

Professor Dr. Egbert Harbert †

Nach einem Leben völliger Hingabe an Lehre und Forschung und beharrlichem Wirken für die Anerkennung deutscher Leistungen auf dem Gebiet der Geodäsie entschlief Professor *Harbert* am 22. Jänner 1968 umgeben von seiner Familie in seinem Heim in Braunschweig, 2 Monate nach seinem 85. Geburtstag. Am 27. Jänner, nach dem Seelenamt in der Propstei-Kirche seiner Heimatstadt Arnsberg in Westfalen wurde Professor *Harbert* am Waldfriedhof Arnsberg zur letzten Ruhe gebettet.

So wie sein ganzes Leben war auch der letzte Wille ausgerichtet auf die vollständige und selbstlose Zurücksetzung seiner Person, bei stetiger Bereitschaft zu einfacher und gütiger Hilfe für seine Mitmenschen. Unbemerkt zu wirken und als Helfer unerkannt zu bleiben, war stets ein Hauptanliegen von Professor *Harbert*. Nie sollte eine Nachricht über ihn mehr als 10 Zeilen lang sein und so kommt es, daß nur bei ganz großen Ereignissen sein Wirken ausführlicher hervorgehoben wurde.

Zum 70. Geburtstag fand am 25. November 1952 an der Technischen Hochschule Carola-Wilhelmina zu Braunschweig eine Feierstunde statt, in deren Rahmen Professor *Harbert* zum Dr.-Ing. e. h. der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg promoviert wurde: „in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die Wiedergestaltung eines kulturbewußten deutschen Vermessungswesens mit neuer internationaler Geltung“.

Anläßlich des 58. Deutschen Geodätentages in Karlsruhe ernannte der Deutsche Verein für Vermessungswesen am 11. August 1953 Professor *Harbert* zum Ehrenvorsitzenden. Nichts kann die unvergänglichen Verdienste des nun Verstorbenen besser kennzeichnen, als der Wortlaut der Ehrenurkunde:

„Mit Mut und Güte, auf eine geistig und ethisch hochstehende Art“ die deutschen Vermessungsfachleute in einem chaotischen Zustand größter kultureller Bedrohung nach dem Ende des zweiten Weltkriegs wieder gesammelt und durch weitausschauende Organisation so zusammengefaßt zu haben, daß das deutsche Vermessungswesen sowohl seine nationale Gestaltung wieder entfalten, wie seine internationale Geltung gewinnen konnte, das bleibt die vorbildliche und einmalige Leistung des Wiederbegründers des Deutschen Vereins für Vermessungswesen und ersten Vorsitzenden in der Nachkriegszeit bis zum Jahre 1953, Herrn

Professor Dr.-Ing. E. h. Dr. phil. Egbert *Harbert*.

An dieser Stelle soll gar nicht mehr auf jene Verdienste von Professor *Harbert* hingewiesen werden, die im Fachgebiet der Geodäsie liegen und allgemein bekannt sind. Als Früchte seines Wirkens an der Technischen Hochschule Braunschweig arbeiten Generationen seiner Schüler im deutschen Vermessungswesen, dessen Fortschritt fördernd und belebend.

Die menschliche Seite des Hingeschiedenen wurde mir offenbar, als Professor *Harbert* mir von 1928 ab die Möglichkeit bot, mit ihm im Kreis seiner Freunde *Brenmecke* und *R. Finsterwalder* zu weilen. Nur ein einziges Mal war auch der aus Argentinien nach Deutschland gekommene Professor *Schulz*, als Jugendfreund von Professor *Harbert*, in der dann fünfjährig gewordenen Runde zugegen, um Abschied für immer zu nehmen.

Nach dem 1963 verstorbenen Professor *Finsterwalder* ging im März 1967 Professor *Schulz*, und im August 1967 auch Professor *Brenmecke* und *Harbert* schrieb diesen beiden treuesten Freunden seiner Jugendzeit die Abschiedsworte. Ihm selbst war dies eine Vorbereitung auf das näher kommende Wiederfinden seines Sohnes Ernst, der seit 1944 in Rußland vermißt, immer das Denken des Vaters erfüllte. Für diesen Vater war es ein echter Trost, daß ihn 14 frohgemute Enkelkinder umgaben und seine Frau Gertrud mit der ganzen großen Familie einen Kranz von Liebe ausbreitete.

Der Österreichische Verein für Vermessungswesen sagt seinem Ehrenmitglied *Harbert* die letzten Grüße in die Ewigkeit.

F. Ackerl

Technischer Rat Ing. Josef Hartl †

Am Neujahrstag 1968 hat in Mödling bei Wien ein langes, von freudig getaner Arbeit erfülltes Leben geendet. Nach einem während Monaten unentschiedenen Kampf zwischen schwerer Krankheit und zähem Lebenswillen verschied Ing. Josef Hartl in unerschütterlichem Gottvertrauen, bis zuletzt bei vollem Bewußtsein.

Unser Kollege ist ein Spätberufener seines Standes gewesen. In ländlicher Abgeschiedenheit seiner mährischen Heimat am 13. Mai 1880 geboren, war er nach Erfüllung der Schulpflicht Gärtnerlehrling. Nach seiner Freisprechung vervollkommnete er das praktisch Erlernte an einer Fachschule in Mödling. Eine Berührung mit dem Vermessungsberuf im Jahre 1899 entschied über seinen weiteren Lebens-



weg. Durch Selbststudium und Kursbesuch, neben der Erwerbung des Lebensunterhalts bereitete sich Josef Hartl auf die Realschulmatura vor, der aber noch ein Hochschulsemester als außerordentlicher Hörer voranging. Die Ablegung der das Geodäsie-Studium an der Technischen Hochschule Wien abschließenden Staatsprüfung krönte 1911 die harte Zeit des Werkstudiums aus eigener Kraft. Nach erhaltener Autorisation am 10. Juni des nächstfolgenden Jahres eröffnete Ing. Josef Hartl eine Kanzlei in seiner Wahlheimat Mödling. Im gleichen Jahr noch vermählte er sich mit Pauline Löw, aus welcher als glücklich sich erweisende Verbindung ein Sohn, der früh verstarb, und eine Tochter entsprossen. Angesehen bei seinen Kollegen, bei den Ämtern und in der ganzen Bevölkerung übte Hartl seine Praxis länger als ein halbes Jahrhundert aus, bis das Alter von 84 Jahren ihn doch nötigte, die Befugnis mit 31. März 1964 zurückzulegen. Die hohe Auffassung von seinen Berufspflichten, die er stets bekundete, war 1960 mit der Verleihung des Titels „Technischer Rat“ geehrt worden.

In dieser kurzen Würdigung Ing. Josef Hartls darf dessen Teilnahme am Ersten Weltkrieg nicht unerwähnt bleiben. Unser Kollege, der vorzügliche Eigenschaften als Mensch mit soldatischen Tugenden in seltenem Maß in sich vereinigte, stand vom Kriegsausbruch bis in das Jahr 1917 in ständigem Kampfeinsatz in vorderster Linie. Von der Bewährung in dieser harten Prüfung zeugen die Verleihung der Silbernen Tapferkeitsmedaille und des Goldenen Kriegsverdienstkreuzes am Bande der Tapferkeitsmedaille, aber auch eine schwere Verwundung. Für den Rest der Kriegszeit folgte eine Kommandierung zur Kriegsvermessung, die unseren Kollegen weiterhin der Heimat fernhielt.

Allen, die Ing. Josef Hartl in diesem Leben begegneten, wird der eminent fleißige, tüchtige und gewissenhafte Techniker ebenso unvergesslich bleiben wie der grundgütige, liebenswürdige und hilfsbereite Mensch.

E. Meixner

Wirklicher Hofrat Dipl.-Ing. Wilhelm Herbsthofer — Übertritt in den Ruhestand

Mit Beginn des Jahres 1968 trat der Leiter der Landesaufnahme, Wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. Wilhelm Herbsthofer, nach Erreichen der gesetzlichen Altersgrenze in den dauernden Ruhestand.

Am 3. Februar 1902 in Graz geboren, besuchte er dort die Volksschule und die Realschule und legte im Jahre 1921 die Reifeprüfung ab. Das anschließende Studium an der Abteilung für Bauingenieure der Technischen Hochschule in Graz wurde des öfteren durch die Arbeit im elterlichen Kaufhaus unterbrochen. Erst als sich die für die damaligen Verhältnisse günstigen Berufsaussichten im Vermessungswesen abzeichneten, gelang es ihm, nach seinem Übertritt in die Abteilung Geodäsie, sich ganz dem Studium zu widmen, das er dann auch in kürzester Zeit im Jahre 1929 mit der II. Staatsprüfung abschloß.

Schon auf der Hochschule zeigte sich seine besondere zeichnerische Begabung und damit sein Interesse für die Aufnahme von Karten. Seine Tätigkeit als Hilfstechner bei der topographischen Neuaufnahme des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, die er in den Sommerferien zweimal ausübte, war nicht nur ein willkommener Verdienst, sondern gab ihm auch eine Praxis, die für den späteren Beruf von großem Vorteil war.

Herbsthofer wurde nach Beendigung des Studiums zunächst dem Bezirksvermessungsamt St. Pölten zur Dienstleistung zugeteilt, wo er im Fortführungsdienst tätig war. Als dann im Jahre 1931 im Zuge einer Neuorganisation der topographischen Landesaufnahme, die bis zu diesem



Wilhelm Herbsthofer

Zeitpunkt noch von Offizieren des ehemaligen Militärgeographischen Institutes ausgeführt wurde, ein Ausbildungskurs für junge Diplomingenieure begann, hat man auch ihn dazu einberufen.

Die folgenden Jahre waren ausgefüllt mit befriedigender Arbeit; es waren Jahre beruflicher Reife, wobei die Intensität der Arbeitsleistung durch einen Passus in der für diese Zeit noch gültigen „Instruktion I. Teil“, wonach die tägliche Feldarbeitszeit von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang zu dauern hätte, hinlänglich bewiesen erscheint.

Der 2. Weltkrieg erst brachte, wie in so vielen Belangen, auch im Leben Herbsthofers einschneidende Veränderungen. Nach beendetem Polenfeldzug wurde er als Mitglied der deutsch-russischen Grenzkommision zur Festlegung und Vermarkung der Demarkationslinie abkommandiert. Er arbeitete im Abschnitt 6, dem südlichsten, später im Abschnitt 1, dem nördlichsten Teilstück der Grenze, für welche Tätigkeit ihm das Kriegsverdienstkreuz II. Klasse verliehen wurde.

Es war nur eine halbjährige Unterbrechung in Wien, als mit 1. Jänner 1941 die Versetzung nach Breslau und die Betrauung mit dem Aufbau einer topographischen und photogrammetrischen Abteilung in der neuerrichteten Hauptvermessungsabteilung II ausgesprochen wurde.

Mitten in eine arbeitsreiche Zeit fiel dann im März 1943 seine Einberufung zur Wehrmacht und schon im Mai kam er an die Ostfront. Er machte als Panzergrenadier die Abwehrkämpfe in der Ukraine, in Rumänien, Litauen, Lettland und Ostpreußen mit, wurde knapp vor Kriegsende verwundet und geriet nach enormen körperlichen Strapazen beim Rückzug in englische Gefangenschaft. Das Schicksal war jedoch noch härter, als er nach seiner Rückkehr in die Heimat erfuhr, daß seine Frau mit den beiden Söhnen bei einem Bombenangriff ums Leben gekommen war.

Wie immer bei solchen Tiefpunkten des menschlichen Lebens, begann auch bei Herbsthofer ein neuer Anfang, ein Zurückfinden in das reale Leben und so war es naheliegend, daß er nach seinem Wiedereintritt in das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen seine Tätigkeit als Topograph wieder aufnahm. Er wurde jedoch bald zu Spezialarbeiten herangezogen, wirkte an der Neuherstellung des Zeichenschlüssels für die Karte 1:25000 mit, war Mitglied der Abschnittskommission IV der Gemischten österreichisch-bayerischen Grenzkommision und wurde mit der Durchführung von Seetiefenmessungen betraut, bei welchen er durch die Konstruktion von Hilfsgeräten neue zeitsparende Methoden entwickeln konnte.

Im Jahre 1960 wurde Herbsthofer die Leitung der Abteilung L 2 – Topographie – übertragen. Er führte in dieser Eigenschaft, seiner Begabung entsprechend, eine Reihe technischer Verbesserungen an Geräten ein, so daß durch Zeitersparnis die Möglichkeit gegeben war, trotz Einführung der 5-Tageweche und Erhöhung des Urlaubsausmaßes das vorgesehene Arbeitsprogramm der Landesaufnahme, jährlich 6 Blätter der Österreichischen Karte 1:50000 mit einer Gesamtfläche von 3100 km² neu aufzunehmen, eingehalten werden konnte.

Seine Gabe, mit möglichst einfachen Mitteln zweckentsprechende Geräte für die Verwendung in der Praxis herzustellen, führte in der Folge nach längeren Versuchen zur Konstruktion eines Stereo-Betrachtungsgerätes für Luftbildinterpretation, das sich im Dienstgebrauch sehr bewährte und für welches ihm ein österreichisches Patent erteilt wurde.

Erwähnt sei auch seine Mitwirkung als Leiter der Rezeption anlässlich des Kongresses der FIG, der im Jahre 1962 in Wien stattfand, und für die ihm besonderer Dank und Anerkennung ausgesprochen wurde.

Herbsthofer hatte im Laufe der Jahre verschiedene Funktionen inne. So war er Mitglied der Prüfungskommission für den gehobenen technischen Fachdienst und den kartographisch-geodätischen Fachdienst, sowie der Qualifikationskommission und, wie schon früher erwähnt, der Gemischten österreichisch-bayerischen Grenzkommision.

Am 1. Jänner 1967 wurde ihm die Leitung der Gruppe Landesaufnahme übertragen, eine Aufgabe, der er sich bis zu seinem Übertritt in den Ruhestand mit Geschick entledigte, wobei ihm sein ausgeprägtes soziales Empfinden, aber auch in geeigneten Momenten, zur Beilegung manch kompliziert scheinender Situation, sein treffender Humor sehr zu Hilfe kamen.

Wir wünschen Hofrat Herbsthofer, der sich im Kollegenkreis allgemeiner Wertschätzung erfreute, für den neuen Lebensabschnitt viele schöne Jahre voll Zufriedenheit und Gesundheit.

Literaturbericht

1. Buchbesprechungen

Weikko A. Heiskanen und Helmut Moritz: Physical Geodesy. Verlag W. H. Freeman and Co, San Francisco und London, 1967, 364 Seiten mit vielen Abbildungen, Format 16×24 cm.

Ein Lehrbuch der Physikalischen Geodäsie muß derzeit schon in Anbetracht der stürmischen Entwicklung, welche die Höhere Geodäsie im Laufe der letzten Jahrzehnte erfahren hat, in der gesamten Fachwelt erhöhtem Interesse begegnen. Ganz besonders gilt dies aber für das vorliegende Buch, wofür die Namen der beiden Autoren bürgen, von denen der erste mit Stolz auf ein überaus erfolgreiches Lebenswerk zurückblicken kann, während der zweite trotz seiner Jugend bereits internationales Ansehen genießt. W. A. Heiskanen zog es vor, an Stelle einer Neuauflage seines 1958 zusammen mit F. A. Vening-Meinesz verfassten und längst vergriffenen Werkes: „The Earth and Its Gravity Field“ ein gänzlich neues Buch treten zu lassen, das nicht nur den seither erzielten wissenschaftlichen Fortschritten gerecht werden, sondern auch mehr den Charakter eines Lehrbuches haben sollte. Gerade in dieser Hinsicht ist das Werk vorzüglich gelungen. Es vermittelt dem Studenten reiches Wissen und vermag dank einer fesselnden Darstellung im Anfänger Begeisterung zu wecken, während es dem Fachmann zahlreiche Anregungen gibt. Beim vorhergehenden Buch war es dem Kenner auch ohne die Hinweise im Vorwort leicht möglich, die Aufteilung der Kapitel unter die beiden Autoren zu verfolgen. Beim neuen Werk ist dies wesentlich schwieriger. Es wirkt noch geschlossener und einheitlicher, was teilweise darauf zurückzuführen ist, daß H. Moritz dank seiner hohen mathematischen Begabung inmer wieder eine überraschende Zusammenschau scheinbar divergierender Richtungen gelingt. Damit aber ist, was als besonderer Vorzug des Buches gelten darf, eine harmonische Synthese von klassischer und moderner Theorie der Erdfigur gelungen; diese Gegenüberstellung gipfelt in einer vertieften Einsicht in ein schwieriges Problem der Naturwissenschaft.

Die ersten fünf Kapitel sind im wesentlichen dem üblichen Lehrgang der Physikalischen und Astronomischen Geodäsie gewidmet, wobei aber auf zahlreiche Eigenheiten hinsichtlich der Reihung und der mathematischen Deduktion hingewiesen werden könnte, welche die eigene geistige Durchdringung der Materie erkennen lassen. Kapitel 1 bringt die Grundlagen der Potentialtheorie. Das umfangreichste 2. Kapitel behandelt das Schwerfeld der Erde, Niveauflächen, Potentialentwicklung, das Niveauellipsoid und sein normales Schwerfeld, die Schwereanomalien und die Formel von Stokes, die Bestimmung der physikalischen Konstanten der Erde, das mittlere Erdellipsoid und schließlich die Lotabweichungen. Kapitel 3 ist den gravimetrischen Methoden gewidmet, den Schwerereduktionen, der Isostasie, dem indirekten Effekt und der praktischen Geoidbestimmung. Das 4. Kapitel befaßt sich mit dem Höhenproblem, also mit den dynamischen und orthometrischen Höhen, mit den geopotentiellen Zahlen und den Normalhöhen sowie mit dem trigonometrischen Nivellement. Das 5. Kapitel, die astrogeodätischen Methoden, gliedert sich in Helmert- und Pizzetti-Projektion, Reduktion der astronomischen und geodätischen Messungen, Lotkrümmungsreduktion, astronomisches und astronomisch-gravimetrisches Nivellement, Geoidkonstruktion, bestanschließende Ellipsoide und mittleres Erdellipsoid und in die moderne sogenannte Dreidimensionale Geodäsie. Auf bloß 226 Seiten ist damit ein überaus reichhaltiges Bild der Physikalischen Geodäsie geboten. Die Stoffauswahl darf als recht glücklich bezeichnet werden, wenn es auch selbstverständlich fast unabwendbar ist, daß manche Leser dies oder jenes missen werden.

Die restlichen vier Kapitel sind als Ergänzung gedacht. Sie behandeln Probleme, die in der modernen Forschung im Vordergrund des Interesses stehen. Kapitel 6 ist dem näheren Studium des äußeren Schwerfeldes der Erde (Normalschwere, wahre und scheinbare Schwerstörungen) gewidmet, wobei es in erster Linie auf den Effekt der Schwerstörungen auf Bewegungen im irdischen Schwerfeld und auf die Verwertung von Schweremessungen vom Flugzeug aus ankommt. Das 7. Kapitel behandelt ein besonderes Arbeitsgebiet von H. Moritz, nämlich die statistischen Methoden zum Studium der Fehlereinflüsse bei der „Voraussage“ von Schwereanomalien durch Interpolation und Extrapolation, Abschätzung des Effekts dieser Fehler auf abgeleitete Größen

wie die Geoidundulationen und Lotabweichungen, Bestimmung der besten Methode der Voraussage, Einfluß der vernachlässigten entfernten Zonen etc. Das Problem von Molodenskij (Kapitel 8) und das physikalische Problem der Satellitengeodäsie beschließen dieses sehr empfehlenswerte Buch.

Die Autoren bezeichnen in der Einleitung ihren Standpunkt als konservativ, womit gemeint ist, daß sie das Geoid — oder eine Niveaufläche — der physischen Erdoberfläche mit ihrer allerdings völlig hypothesenfrei bestimmbar Potentialverteilung vorziehen. Gleichzeitig würdigen sie aber auch die großartige Leistung Molodenskij und seiner Schule. Beides kann man nur vollinhaltlich unterschreiben. Zusammen mit der 1961 in Moskau erschienen vorzüglichen Darlegung der Theorie Molodenskij von Magnizki, Browar und Schimbirew, welche seit 1964 in deutscher Übersetzung vorliegt, gibt das Buch von Heiskanen und Moritz ein klares, abgerundetes Bild des derzeitigen Standes der Physikalischen Geodäsie. Mithin ist diesem wertvollen Werk, noch dazu gefördert durch die Verwendung der englischen Sprache, eine weltweite Verbreitung nicht nur zu wünschen, sondern gewiß.

K. Ledersteger

Bundseamt für Eich und Vermessungswesen: Dienstvorschrift Nr. 24. Der Zahlenplan. 1. Auflage. 38 Seiten. Wien 1967.

Die lange erwartete Dienstvorschrift Nr. 24 über das Arbeiten mit und am Zahlenplan ist nun erschienen und damit ist für alle Vermessungsingenieure, die mit dem Zahlenplan zu tun haben, ein wichtiger Fachbehelf geschaffen worden. Das im Jahre 1961 veröffentlichte Merkblatt hat schon in großen Zügen die Arbeitsmethode zur Verfassung von Zahlenplänen beschrieben. Die vorliegende Dienstvorschrift behandelt nun ausführlich diese Materie.

Nach einem einleitenden Abschnitt wird im Abschnitt 2 der Zweck, der Anlaß für die Anlegung, die Technischen Bedingungen, die Grundlagen, Maßstäbe, Anlegung, Bezeichnung, Kartierung, Mappeninhalte, Darstellung und schließlich Überprüfung besprochen. Im Abschnitt 3 werden Blattstellung, Übersichten und Ausfertigungen beschrieben. Der Abschnitt 4 betrifft die Reproduktion, Mappenbeschriftung und den Verteiler. Abschnitt 5 behandelt die Fortführung, die Durchführung von Änderungen und das Koordinatenverzeichnis. Der 6. und 7. Abschnitt ist der Aufbewahrung, den verwendeten Materialien und schließlich den Ausfertigungshinweisen gewidmet.

Bekanntlich arbeiten alle Vermessungsbefugten an der Verfassung von Zahlenplänen mit. Es ist daher unbedingt notwendig die Arbeitsgänge und die Ergebnisse so eingehend wie möglich zu beschreiben, was vorbildlich geschehen ist, jedoch könnte man vielleicht in Ergänzung noch einige Zeichen- und Schriftbeispiele beifügen. Dem Merkblatt „Der Zahlenplan als Grundlage für die Herstellung der Katastralmappe“ vom Jahre 1961 war ein Planbeispiel beigelegt.

Hans Schmid

2. Zeitschriftenschau

Zusammengestellt im amtlichen Auftrag von Bibliotheksleiter Ob. Insp. d. Vermd. *Karl Gartner*. Die hier genannten Zeitschriften liegen in der Bibliothek des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien I, Hofburg, auf.

Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, Florenz 1967: Nr. 4. *Biardi, G.*: Elektronische Berechnung geodätischer Längen (direkte und umgekehrte Hauptaufgabe). — *Bencini, P.*: Die elektronischen Rechenmaschinen. Ihre Anwendung bei geodätischen und topographischen Berechnungen. — *Dufour, H. M.*: Die Bestimmung der Figur der Erde. — *Fondelli, M.* und *Micheli, P.*: Statistische Analyse der Abschlußfehler in den Dreiecken des italienischen geodätischen Netzes.

Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik, Winterthur 1967: Nr. 11. *Ansermet, A.*: Sur le choix d'un système de coordonnées géodésiques conformes. — *Wyss, N.*: Ein programmierter elektronischer Tischrechner. — *Hüberlin, W.*: Neues Leitbild für die amtlichen Vermessungen in der Schweiz. — Nr. 12. *Resolution* über geodätische Probleme der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (UGGI). — 1968: Nr. 1. *Möller, Sv. G.*: Hundertmeter-Photogrammetrie, Ideen und Vorschläge. — *Matthias, H.*: Vom Zusammenspannen, von kleinen praktischen Hilfsmitteln für den Geometer und von einer Lanze für die Orthogonalmethode. — Nr. 2. *Aeschlimann, H.*: ALGOL-Rechenprogramme zur vermittelnden Netzausgleichung.

Svensk Lantmäteritidskrift, Stockholm 1967: Nr. 4–5. *Terwyd, C.-O.*: Development of technical design methods using photogrammetry and electronic computation. — *Talts, J.*: Simulation technique used for investigation of accuracy in stereoscopic models. — *Mimms, E.*: Laser and photogrammetry. — Nr. 6. *Hallert, B.*: Swedish photogrammetry during 30 Years. — *Jörnstad, Th.*: The orthophotomap — a new photogrammetric product. — *Lindström, Hj.*: Anthill or model-surroundings — a matter of planning. — *Palmqvist, A.*: On planning and education in the planning profession in North America.

Tijdschrift voor Kadaster en Landmeetkunde, 's-Gravenhabe 1967: Nr. 4. *van Wely, G. A.*: Jugement qualitatif et économique de télémètres. — *Rogge, H. L.*: Les cartes perforées appliquées aux administrations de remembrements. — *van den Hout, C. M. A.*: Solution directe pour la problème du relèvement.

Der Vermessungsingenieur, Düsseldorf 1967: Nr. 6. *Bull, J.*: Berechnung von Punkten, die auf einer Parallelen zu einer Klotzfläche liegen. — *Görke, M.*: Koordinatenmäßige Einrechnung einer Bogenweichenverbindung. — *Heyink, J.*: Elektronische Verarbeitung von Vermessungen in Hessen.

Travaux Géophysiques 1966, Prag 1967: *Pick, M.*: Transformation rechteckiger räumlicher Koordinaten in geodätische. — *Burša, M.*: Fundamentals of the Theory of Geometric Satellite Geodesy. — *Vyskočil, V.* und *Kožišková, M.*: Korrelation zwischen den Schwereanomalien und Seehöhen in Mitteleuropa. — *Picha, J.* und *Skalský, L.*: The Results of the Simultaneous Tidal Observations Using Simple Horizontal Pendulums and Photoelectric Tiltmeters at the Station Píbram-Březové Hory. — *Bouška, J.*: The Structure of the Compression Transition Phase of a Geomagnetic Storm. — *Koči, A.*: Die auf der Station Nowolasarewska beobachteten Pulsationen des geomagnetischen Feldes von sehr kurzen Perioden. — *Halenka, J.*: On the Problem of the Annual Recurrence of Geomagnetic Disturbances. — *Bednárova-Nováková, B.*: Solar Indicators of the Origin of Geomagnetic Storms. — *Ochabová, P.*: The Variability of the Sq-Variation of the Geomagnetic Field in Hurbanova in Relation to the Geomagnetic Field in Hurbanova in Relation to the Relative Sunspot Numbers. — *Ochabová, P.*: Contributions to Studying the Dependence of Sq-Variation of the Geomagnetic Field on Sunspots. — *Mrázek, J.*: Über die Struktur einiger Ionosphärenstürme vom Zeitabschnitt 1960–1963. — *Brádka, J.*: Natural Seasons on the Northern Hemisphere.

Veröffentlichungen des Finnischen Geodätischen Institutes, Helsinki 1967: Nr. 63. *Hytönen, E.*: Measuring of the refraction in the Second Levelling of Finland. — Nr. 64. *Korhonen, J.*: Coordinates of the stations in the first order triangulation of Finland.

Zeitschrift für Vermessungswesen Stuttgart 1968: Nr. 1. *Gleinsvik, P.*: Strenge Ausgleichung kontra Näherungsverfahren bei der Berechnung polygonaler Züge und Netze. — *Heckmann, H.*: Über den Einfluß der Fadenparallaxe auf die Ziegenauigkeit. — *Zetsche, H.*: Die Bildung der Sekundenschritte beim Digitaltheodolit DIGIGON. — *Leitz, H.* und *Bornefeld, R.*: Der elektro-optische Entfernungsmesser ZEISS SM 11. — Nr. 2. *Kutscher, Fr., Prinz, H.* und *Schwarz, E.*: Bodenbewegungen in Hessen und ihre geologische Bedeutung. — *Yoeli, P.*: Reliefdarstellung durch Höhenkurven mit Rechenautomaten und Kurvenzeichnern und deren Genauigkeit. — *Bonatz, M.*: Gravimetermessungen entlang von Nivellementslinien 1. Ordnung im Lande Nordrhein-Westfalen. — *Milovanović, V.*: Einige Erfahrungen mit der elektronischen Libelle „Talyvel“.

Vermessungstechnik, Berlin 1967: Nr. 12. *Göhler, H.*: Beitrag zur Genauigkeit abgeleiteter Richtungen und Winkel. — *Krüger, W.*: Statistische Analyse astronomischer Längenmessungen. — *Hüther, G.*: Zur Genauigkeit und Genauigkeitsbestimmung der Ziellinienstabilisierung beim Prä-

zisions-Zenitlot „PZL“ des VEB Carl Zeiss Jena. — *Schrammek, R.*: Zur Absteckung von Rechtecken mit dem Winkelprisma. — *Gries, P.*: Praktische Ausbildung von Stereoauswertern in der DDR. — *Hanke, P.*: Der Einfluß der photographischen Qualität von Luftbildern auf die Präzision des Meßvorganges. — *Müller, U. G.*: Ein Elektronenblitz-Lichtschnittgerät für Profilaufnahmen in schlagwettergefährdeten Grubenbauen. — *Lehmann, E.*: Zur internationalen Wertung und Entwicklung des Kartographenberufs. — 1968: *Nr. 1. Sydow, G.*: Zur Anwendung der Netzwerkplanung im Vermessungs- und Kartenwesen. — *Müller, K. und Schneider, E.*: Nivellements widersprüche in statistischer Sicht. — *Sommer, M.*: Bestimmung der Skalenwertfunktion von Gravimetern aus bekannten Werten der Schwere. — *Beier, E.*: Die Variation der Nullpunktkorrektur des PEM 2 in Abhängigkeit von der Ablesestelle an der Oszillographenröhre. — *Schöler, H.*: Einige Bemerkungen über die photogrammetrische Herstellung von Karten und Plänen in mittleren und kleinen Maßstäben. — *Kindlein, G.*: Kontrollmessungen an einem Portalwippdrehkran. — *Hasselmann, G.*: Einsatz des Präzisionszenitlotes PZL bei Kontrollmessungen an einem Gasbehälter.

Vermessungstechnische Rundschau, Bonn 1967: *Nr. 10. Tewes, H.*: Chemische Rasur auf transparentem Lichtpauspapier. — *Nr. 11. Berling, D.*: Moderne Vermessungsverfahren im Bauwesen. — *Krauß*: Vorläufige Höhenfolie für die Deutsche Grundkarte 1:5000? — *Schaller, H.*: Trapezteilung mit Rechenschieber, Rechenbild und Doppelrechenmaschine. — *Nr. 12. Müller, B. G.*: Datenverarbeitung an Ingenieurschulen für Bauwesen. — *Woicke, E.*: „Schaffen wir ein Real-Time-Kataster“. — *Tarczy-Hornoch, A.*: Zu den Fehlergrenzen für Flächenberechnungen. — 1968: *Nr. 1. Meckenstock, H. J.*: Moderne Tachymeterinstrumente und ihre Anwendung. — *Rabe, Kl.*: Vermessungstechnische Berechnungen mit OLYMPIA RAE 4/30–3. — *Osterloh, H.*: Böschungsschablonen. — *Wilken*: Konstruktive Anforderungen an elektronische Tischrechner im Vermessungswesen. — *Nr. 2. Neuwirth, G.*: Geodätisch-markscheiderische Probleme im Kalibergbau. — *Müller, W.*: Vermessung von Bewässerungsgräben. — *Hamacher, W.*: Die Kleinpunktberechnung als Ausgleichung. — *Jahns, R.*: Zur parallelen Aufteilung von Trapezflächen. — *Zachhuber, E.*: Orthogonal-Koordinatograph.

Contents

Karl Reicheneder, Significances and Development of the Determination of Absolute Gravity.
 Josef Kovarik, Theory and Practice of the Computation of the Mean Square Positions-Error of Fixpoints for the Method of Multiple Intersections.
 Walter Smetana, Economice Base Extension Nets for High Precision Traversing of Prescribed Accuracy with Wild-T 2 and 2 m-Invar Subtense Bar as Applied to Urban Territory.
 Gerhard Stoltzka, Investigations of the Sight-Line Variations of a Levelling Instrument when Changing Focus.

Sommaire

Karl Reicheneder, Signification et développement de la détermination absolue de la pesanteur
 Josef Kovarik, Théorie et pratique d'un calcul de l'erreur moyenne de position en cours de l'intersection multiple.
 Walter Smetana, Les réseaux de base les plus rationnels dans la polygonation de précision prescrite, à l'aide du théodolite Wild T 2 et d'une règle invar à 2 m dans la région urbaine.
 Gerhard Stoltzka, Recherches sur les variations de la visée en changeant le focus.

Anschriften der Mitarbeiter dieses Heftes:

Prof. Dr. Karl Reicheneder, Geodätisches Institut 15 Potsdam, Telegrafenberg A 12.
 ORdVD Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Kovarik, 1110 Wien Neugebäudestraße Nr. 18, 10. St., T. 7.
 Hochschuldozent Dipl.-Ing. Dr. techn. Walter Smetana, 1050 Wien, Nikolsdorfer Straße Nr. 3/
 I/12.
 Hochschulassistent Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerhard Stoltzka, 1040 Wien, Karlsplatz Nr. 13.

Haben Sie oft Distanzen zu messen?

Ob Sie Distanzen auf 1 cm oder 1 dm genau messen müssen, immer finden Sie unter den Kern-Reduktions-Tachymetern das geeignete Instrument. Die Genauigkeit ist den verschie-

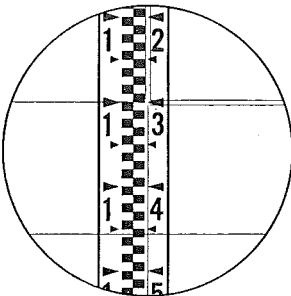
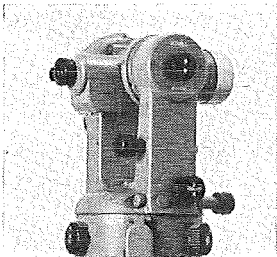
denen Anwendungsgebieten gut angepaßt, ihre Handhabung ist einfach, und dank dem bewährten Kern-Zentrierstativ sind die Instrumente in jedem Gelände rasch meßbereit.



Kern & Co. AG Aarau

K1-RA

Selbstreduzierender Ingenieur-Tachymetertheodolit



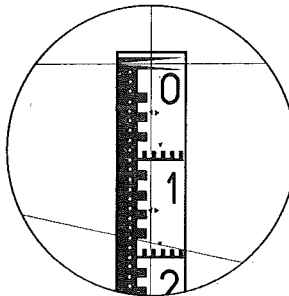
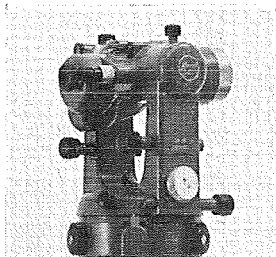
15,6 m

Das vielseitige Instrument mit automatischem Pendelkompensator für alle Ingenieurarbeiten. Zwei parallele horizontale Striche im Fernrohrsehfeld gestatten das direkte Ablesen von Horizontaldistanz und Höhendifferenz an einer normalen Vertikallatte. Mittlerer Fehler an Distanz und Höhendifferenz auf 100 m:

± 10-20 cm

DK-RV

Reduktionstachymeter für vertikale Latte



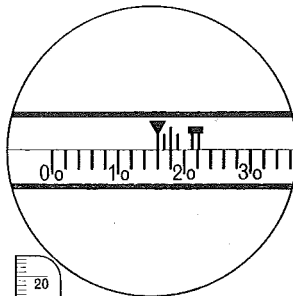
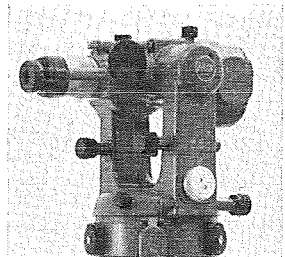
18,28 m

Wo die Sichtverhältnisse die Verwendung der horizontalen Latte verbieten und doch eine hohe Genauigkeit gefordert ist, eignet sich der DK-RV vorzüglich für viele Vermessungsaufgaben. Die neue Distanzmeßeinrichtung ergibt eine mit der vertikalen Latte bisher nicht erreichte Genauigkeit. Mittlerer Distanzmeßfehler auf 100 m:

± 3-5 cm

DK-RT

Reduktionstachymeter für horizontale Latte



16,275 m

Als Doppelbild-Distanzmesser modernster Bauart ist der DK-RT das geeignete Instrument für die Katastervermessung. Die Distanzablesung ist dank der nonienlosen Meßlatte besonders einfach. Ein Vorsatzkeil ermöglicht die Korrektur des persönlichen Fehlers. Mittlerer Distanzmeßfehler auf 100 m:

± 1-2 cm

Neuwertige Doppelrechenmaschinen,

einfache Kurbel- sowie elektr. halb- und vollautomatische Rechenmaschinen
BRUNSVIGA usw. lieferbar.

Generalüberholungen von BRUNSVIGA-Maschinen mit neuer Garantie.

F. H. FLASDIECK, D 5600 Wuppertal-Barmen, Futterstr. 17, Ruf 59 50 00

Österreichischer Verein für Vermessungswesen
A 1180 Wien XVIII, Schopenhauerstraße 32

Sonderhefte zur Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen

- Sonderheft 20: H. G. Jerie, *Weitere Analogien zwischen Aufgaben der Mechanik und der Ausgleichsrechnung*. 24 Seiten mit 14 Abbildungen, 1960. Preis S 32,— (DM 5·50).
- Sonderheft 21: Mader, *Die zweiten Ableitungen des Newton'schen Potentials eines Kugelsegments — Topographisch berechnete partielle Geoidhebungen. — Tabellen zur Berechnung der Gravitation unendlicher, plattenförmiger, prismatischer Körper*. 36 Seiten mit 11 Abbildungen, 1960. Preis S 42,— (DM 7·50).
- Sonderheft 22: Moritz, *Fehlertheorie der Graphisch-Mechanischen Integration — Grundzüge einer allgemeinen Fehlertheorie im Funktionenraum*. 53 Seiten mit 6 Abbildungen, 1961. Preis S 52,— (DM 9,—)
- Sonderheft 23: Rinner, *Studien über eine allgemeine, voraussetzungslose Lösung des Folgebildanschlusses*. 44 Seiten, 1960. Preis S 48,— (DM 8,—)
- Sonderheft 24: *Hundertjahrfeier der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung 23. bis 25. Oktober 1963*. 125 Seiten mit 12 Abbildungen, 1964. Preis S 120,— (DM 20,—)
- Sonderheft 25: *Proceedings of the International Symposium Figure of the Earth and Refraction; Vienna, March 14th—17th, 1967*. 342 Seiten mit 150 Abbildungen, 1967. Preis S 370,— (DM 64,—).

OEEPE, Sonderveröffentlichungen

- Nr. 1: Rinner, *Analytisch-photogrammetrische Triangulation eines Teststreifens der OEEPE*. 31 Seiten, 1962. Preis S 42,—.
- Nr. 2: Neumaier und Kasper, *Untersuchungen zur Aerotriangulation von Überweitwinkelaufnahmen*, 4 Seiten, 2 Seiten Abbildungen, 1965. Preis S 10,—.
- Nr. 3: Stickler und Waldhäusl, *Interpretation der vorläufigen Ergebnisse der Versuche der Kommission C der OEEPE aus der Sicht des Zentrums Wien*, 4 Seiten, 8 Tabellen, 1967. Preis S 20,—.

Alte Jahrgänge der Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen liegen in der Bibliothek des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen auf und können beim Österreichischen Verein für Vermessungswesen bestellt werden.

Unkomplette Jahrgänge:

à 20,— S; Ausland 4,— sfr bzw. DM u. Porto

Jg. 1 bis 5 1903 bis 1907
7 bis 12 1909 bis 1914
19 1921

Komplette Jahrgänge:

à 40,— S; Ausland 8,— sfr bzw. DM u. Porto

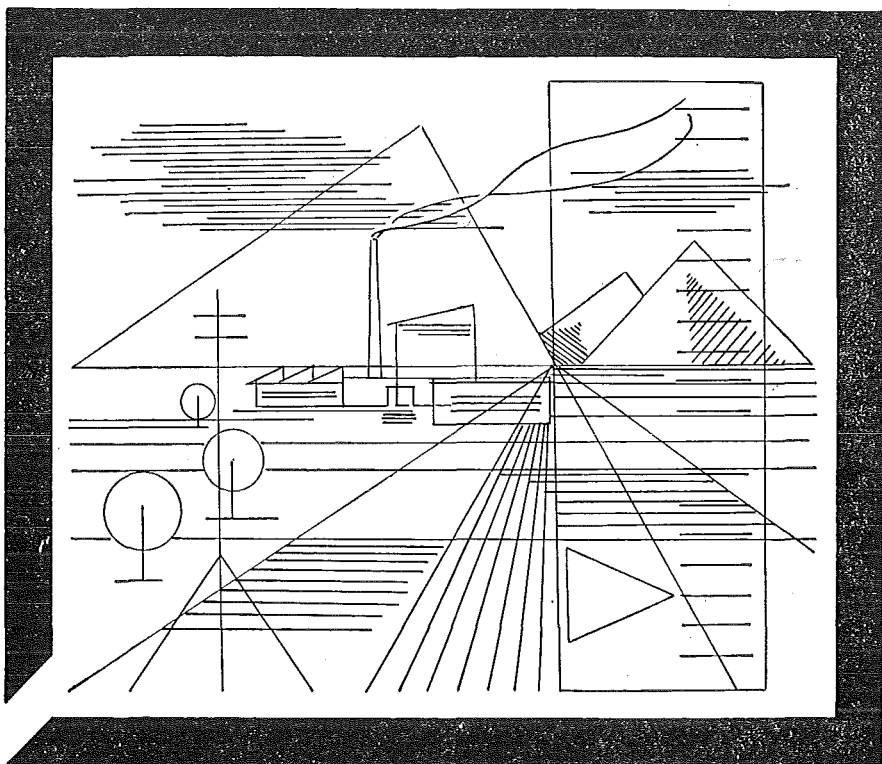
Jg. 6 1908
13 bis 18 1915 bis 1920
20 bis 35 1922 bis 1937
36 bis 39 1948 bis 1951

à 72,— S; Ausland 15,— sfr bzw. DM u. Porto
Jg. 40 bis 49 1952 bis 1961

à 100,— S; Ausland 20,— sfr bzw. DM u. Porto
Jg. 50 bis 53 1962 bis 1965

à 130,— S; Ausland 28,— sfr bzw. DM u. Porto
ab Jg. 54 ab 1966

Vermessungsgeräte aus Jena



Nivelliere: Ni 060, Ni 030, Ni 004
Kompensator-Nivelliere: Ni 025, Ni 007
Theodolite: Theo 120, Theo 020, Theo 010, Theo 003
Reduktions-Tachymeter: Dahlta 020, Redta 002, BRT 006
Elektro-Optisches Streckenmeßgerät EOS
Topographisch-tachymetrischer
Entfernungsmesser Teletop
Automatisches Präzisions-Zenitlot PZL
Doppelwinkelprisma
Trigonometrisches-Signalscheinwerfer-Gerät TSG 203

aus Jena

JENOPTIK JENA GmbH

DDR/69 J e n a, Carl-Zeiß-Straße 1

HERZSTARK & Co.

Generalvertretung der optischen Werke
J e n a, Wien XV, Linke Wienzeile 274

Neuerscheinungen

von offiziellen Karten der Landesaufnahme

Österreichische Karte 1:50.000

55 Obergrafendorf	102 Aflenz Kurort	149 Lanersbach
56 St. Pölten	103 Kindberg	150 Zell am Ziller
73 Türnitz	133 Leoben	163 Voitsberg
74 Hohenberg	134 Passail	165 Weiz
93 Berchtesgaden	135 Birkfeld	183 Radenthein

Österreichische Karte 1:200.000: Blatt 31⁰ 47⁰ Spittal an der Drau

Umgebungs- und Sonderkarten:

Umgebungskarte von Innsbruck 1:25.000

Umgebungskarte von Wien 1:50.000

Preise der Kartenwerke ab 8. Februar 1965:

je Blatt S

Österreichische Karte 1:25.000

1/4 Blätter (Halbsektionen) 13.—

Zeichenerklärung 1:25.000 5.—

Österr. Karte 1:50.000 ohne Straßen- u. Wegmarkierungsaufdruck 15.—

Österr. Karte 1:50.000 mit Straßen-, ohne Wegmark.-Aufdruck 19.—

Österr. Karte 1:50.000 mit Wegmarkierung, ohne Straßen-
aufdruck (Wanderkarte) 21.—

Prov. Ausgabe der Österr. Karte 1:50.000 ohne Wegmarkierung 6.—

Prov. Ausgabe der Österr. Karte 1:50.000 mit Wegmarkierung
(Wanderkarte) 10.—

Dieses Kartenwerk umfaßt insgesamt 213 Blattnummern.

Hievon sind bisher erschienen:

145 Blätter Österreichische Karte 1:50.000 mit Schichten in Mehrfarbendruck sowie
68 Blätter als provisorische Ausgabe der Österreichischen Karte 1:50.000 in Zwei-
farbendruck (schwarz mit grünem Waldaufdruck); diese Blätter sind mit Schichten-
linien und Schraffen versehen.

Österreichische Karte 1:200.000 bisher erschienen:

Blatt 35⁰ 48⁰ Preßburg 20.—

31⁰ 47⁰ Spittal an der Drau 20.—

Umgebungs- und Sonderkarten:

Umgebungskarte von Innsbruck 1:25.000

mit Wegmarkierung, gefaltet, in Umschlag 40.—

Umgebungskarte von Wien 1:50.000

mit Wegmarkierung, gefaltet, in Umschlag 40.—

Wachau 1:50.000 mit Wegmarkierung 23.—

*Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und in der amtl. Verkaufsstelle des Bundesamtes
für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme), 1080 Wien 8, Krotenthallergasse 3*

Neuerscheinungen des österr. Wasserkraftkatasters

Im Zuge der Bearbeitung des neuen österr. Wasserkraftkatasters ist
erschienen:

Gurk, Saalach, Alm je S 2.500,—

Bibliographie zur österreichischen Wasserwirtschaft S 48.—

Die bisher erschienenen Bände sind durch den Kartenverlag des Bundesamtes für
Eich- und Vermessungswesen, Landesaufnahme, in Wien bzw. durch den Buch-
handel zu beziehen.

Offizielle österreichische amtliche Karten der Landesaufnahme

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen
in 1080 Wien VIII, Krotenthallerg. 3 / Tel. 42 75 46

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
Arbeitskarten 1:200.000 und 1:500.000 von Österreich
Politische Karte der Republik Österreich 1:500.000

Zum Zusammenstellen von Touren und Reisen

Karte der Republik Österreich 1:500.000, mit Suchgitter und Index
Generalkarte von Mitteleuropa 1:200.000

Für Wanderungen

die Blätter der Wanderkarte 1:50.000 mit Wegmarkierungen
und verschiedene Umgebungskarten

Die Karten sind in der amtlichen Verkaufsstelle 1080 Wien VIII,
Krotenthallergasse 3 und in Buchhandlungen erhältlich.

Auf Wunsch werden Übersichtsblätter kostenlos abgegeben.

COMPTE RENDU OFFICIEL
DU
DIXIÈME CONGRÈS INTERNATIONAL DES GÉOMÈTRES

Wien
24. August bis 1. September 1962

188 Seiten mit 19 Abbildungen, 19,8×25,7 cm, broschiert S 120,—

- 25 Seiten Organisation der FIG und die Delegierten der Mitgliedstaaten
- 16 Seiten Liste der Teilnehmer am X. Kongreß und deren Anschriften
- 49 Seiten Organisation, Programm, Ausstellung und Ansprachen beim X. Kongreß
- 79 Seiten Bericht des Generalsekretärs der FIG über die Zeit vom 1. Jänner 1960 bis 31. Dezember 1963
Bericht über die 4 Sitzungen des Comité Permanent
Erste und zweite Generalversammlung der FIG am 25. 8. und 1. 9. 1962
Alle Berichte in Deutsch, Englisch und Französisch abgefaßt
- 19 Seiten Verzeichnis der National-, Präsidial- und Spezialberichte
Verzeichnis der Autoren dieser Berichte

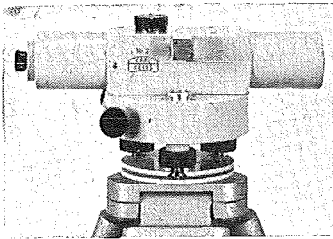
Zu beziehen durch den Österreichischen Verein für Vermessungswesen,
A 1180 Wien, Schopenhauerstraße 32

Das Festpunktfeld

Gesammelte Vorträge
der ersten Fachtagung
für Vermessungswesen
in Wien 1966

140 Seiten mit 58 Ab-
bildungen u. Tabellen,
Preis S 120,- (DM 20,-)

Zu beziehen durch den Österreichischen Verein für Vermessungs-
wesen, A 1180 Wien, Schopenhauer Straße 32

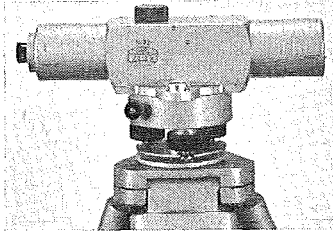


Ni 2

Ingenieur- und Präzisionsnivellier, Universaltyp für praktisch alle Nivellementsarbeiten in Vermessungs- und Baupraxis

automatisch
32 x 40/3,30 m - ∞

Genauigkeitsnennwert
± 0,3 mm

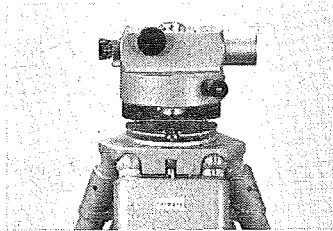


Ni 22

Ingenieurnivellier
vereinfachte Ausführung des Ni 2

automatisch
32 x 40/3,30 m - ∞

Genauigkeitsnennwert
± 1,0 mm

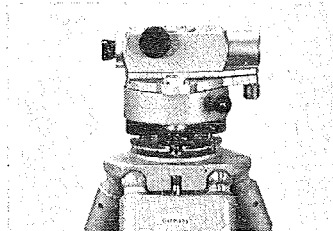


Ni 3

Baunivellier in Kleinbauweise

klassisch
19 x 25/1,20 m - ∞

Genauigkeitsnennwert
± 3,0 mm

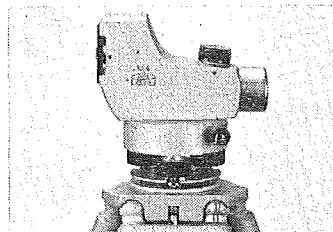


Ni 3 K

Baunivellier mit Kippschraube

klassisch
19 x 25/1,20 m - ∞

Genauigkeitsnennwert
± 3,0 mm



Ni 4

Baunivellier mit besonders robustem Blasenkompensator

automatisch
16 x 20/0,85 m - ∞

Genauigkeitsnennwert
± 6,0 mm

**Automatische
und
klassische
Nivelliere**

ZEISS

Eine starke Instrumentenreihe, gegliedert nach Genauigkeit und Aufgabenbereich, ausgehend von dem berühmten Ni 2, dem ersten in Großserien gefertigten automatischen Nivellier. Oberkochener Nivelliere, weltweit im Einsatz, prägten den Stand der Technik modernen Nivellierens.
CARL ZEISS Oberkochen/Württemberg

**CARL
ZEISS**

In Österreich: Vertrieb Optischer Erzeugnisse Ges. m. b. H.
1096 Wien, Rooseveltplatz 2
Telefon: 42 36 01, Fernschreiber: (07) 4639

Jetzt noch besser

PLAN-VARIOGRAPH

ein Gerät zur zeichnerischen Vergrößerung und Verkleinerung von Plänen und Karten auf dem Wege der optischen Projektion

- Tischform — horizontale Arbeitsfläche — geringer Platzbedarf
- einfache Bedienung — stufenlos durch Handräder — Einstellmaßstab
- gleichmäßig helle Ausleuchtung der Vorlage mit Kaltlicht
- Vergrößerungen und Verkleinerungen bis 6fach (z. B. 2880 auf 500)

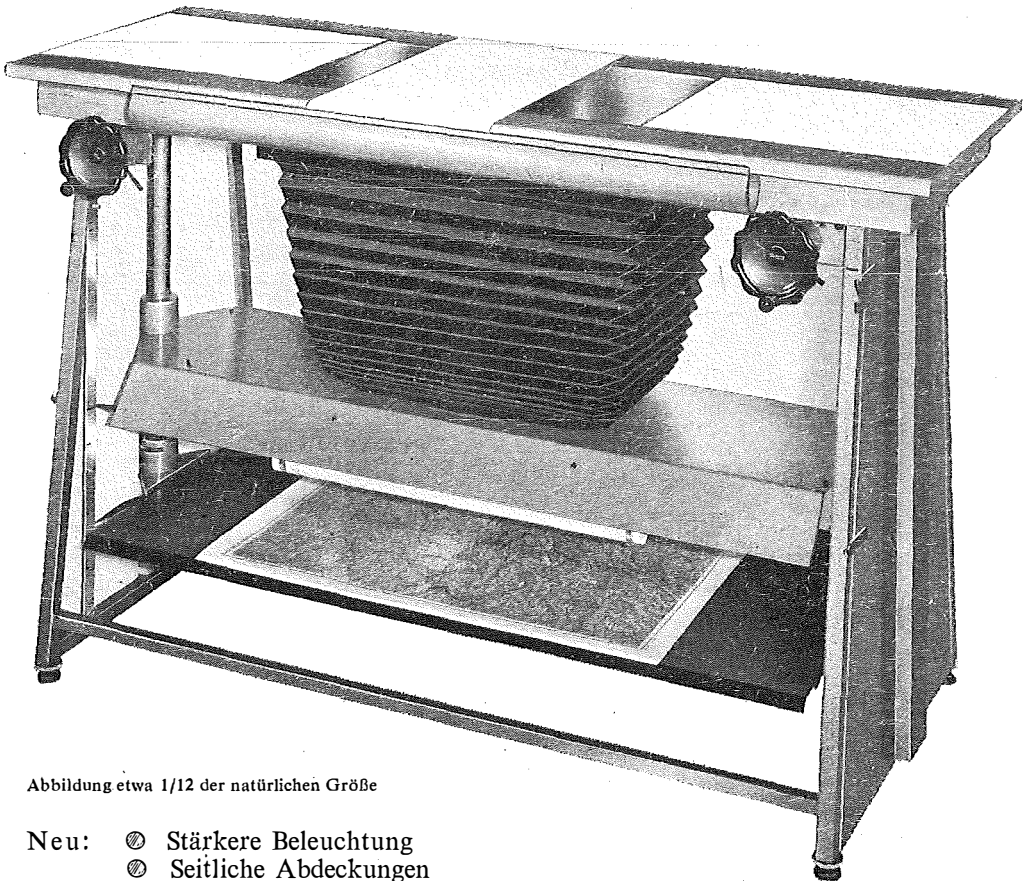


Abbildung etwa 1/12 der natürlichen Größe

- Neu: ● Stärkere Beleuchtung
● Seitliche Abdeckungen
● Staub- und Blendschutzvorhang

Auf Wunsch: Andruckplatte für Photopapier — Neigungslibelle
Einfacher Verschluss für Photoarbeiten — Punktiermikroskop

Angebote und Prospekte direkt vom Erzeuger:

RUDOLF & AUGUST ROST

Fabrik für Feinmechanik - Instrumente für Vermessungs- und Zeichenbedarf
1151 WIEN XV, MÄRZSTRASSE 7 (Nähe Westbahnhof und Stadthalle)
TELEFON: (0222) 92 32 31, 92 53 53 TELEGRAMME: GEOROST-WIEN
WIENER MESSE: Messegelände, jetzt Halle M, Stand 1272
(Eingang Südseite links)