

# 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

Oberrat d. VD. Dipl.-Ing.

**Josef Mitter**

Vorstand der Abteilung Erdmessung  
des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen

---

**Nr. 4**

**Baden bei Wien, Ende August 1961**

**49. Jg.**

---

## INHALT:

### Abhandlungen:

- Über die Berücksichtigung der Variation der magnetischen Deklination bei geodätischen Arbeiten ..... F. Ackerl  
Ein Vergleich von Methoden zur Bestimmung der Bodendichte ..... W. Embächer  
Eine neue Fehleraufteilung für lange Polygonzüge ..... H. Schmid  
Allgemeine und spezielle überbestimmte analytische Lösungen der einfachen Punkteinschaltung im Raum (Schluß) ..... L. Starkl

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 1961**

## 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*, Wien IV, Technische Hochschule  
*o. Prof. Hofrat Dr. phil., Dr. techn. eh. Karl Ledersteger*, Wien IV, Technische Hochschule

*ORdVD. Dipl.-Ing. Josef Mitter*, Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3

### Redaktionsbeirat:

*o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Alois Barvir*, Wien IV, Technische Hochschule

*o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Friedrich Hauer*, Wien IV, Technische Hochschule

*o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Karl Hubeny*, Graz, Technische Hochschule, Rechbauerstraße 12

*Ing. Dr. techn. eh. Karl Neumaier*, Präsident des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3

Redakteur des Annoncentheiles: *Rat dVD. Dipl.-Ing. Manfred Schenk*, Wien VIII, Krotenthallergasse 3

Für die Redaktion des Mitteilungsblattes bestimmte Zuschriften sind an *ORdVD. Dipl.-Ing. Rudolf Arenberger*, 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.

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

**Redaktionsschluß:** jeweils Ende des Vormonats.

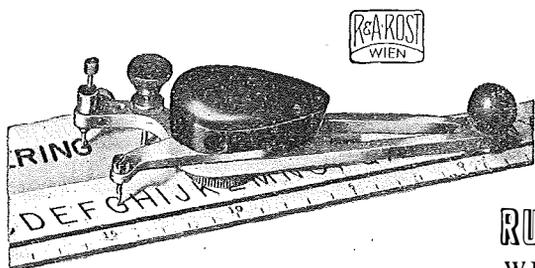
### Bezugsbedingungen: pro Jahr:

Mitgliedsbeitrag für den Verein oder die Österr. Gesellschaft	
für Photogrammetrie . . . . .	S 50,—
für beide Vereinigungen zusammen . . . . .	S 60,—
Abonnementgebühr für das Inland . . . . .	S 72,— und Porto
Abonnementgebühr für Deutschland . . . . .	DM 15,— und Porto
Abonnementgebühr für das übrige Ausland . . . . .	sfr 15,— und Porto

Postscheck-Konto Nr. 119.093

Telephon: 45 92 83

## LEROY-BESCHRIFTER



überall dort unentbehrlich, wo man auf rasches, sauberes Beschriften Wert legt.

**LEROY** vermittelt eine perfekte, einheitliche, im Original und in der Reproduktion gut lesbare Schrift.

Verlangen Sie, bitte, Detailprospekt von

### RUDOLF & AUGUST ROST

WIEN XV, MÄRZSTRASSE 7

Telefon 92 32 31      Telegramme: Georost Wien

## **FESTSCHRIFT THEODOR SCHEIMPFLUG**

herausgegeben anlässlich des 150jährigen Bestandes des  
staatlichen Vermessungswesens in Österreich

vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen,  
vom Österreichischen Verein für Vermessungswesen und  
von der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

90 Seiten mit 46 Abb. und XIV Tafeln, Wien 1956, Preis S 60.— oder DM 10.—

### *Aus dem Inhalt:*

Geleitworte von Bundesminister DDDr. Illig und Präsident Dr. Schiffmann  
Vorwort von Hofrat Neumaier  
Prof. Doležal - Präs. Lego: Scheimpflugs Lebensbild  
Th. Scheimpflug: Die Verwendung des Skioptikons zur Herstellung von Karten und  
Plänen  
Prof. Krames: Scheimpflug und die Entwicklung der modernen Zweibildgeräte  
Prof. Krames: Umbildung und Entzerrung photographischer Aufnahmen nach  
Scheimpflug  
Prof. Krames: Scheimpflugs Landesvermessung aus der Luft  
Präsident Lego: Der Entfernungsmesser Doležal-Scheimpflug

*Zu beziehen vom Österr. Verein für Vermessungswesen, Wien XVIII, Schopenhauerstr. 32*

## **Exakte Schichtlinien und topographische Geländedarstellung**

von

**Dr. LEONHARD BRANDSTÄTTER**

(Sonderheft 18 der Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen,  
Wien 1957)

94 Seiten mit 49 zum Teil farbigen Abbildungen und 2 Kartenbeilagen.

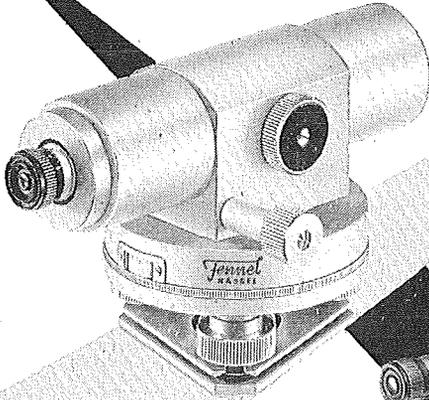
### *Aus dem Vorwort:*

Das Werk ist gerade gegenwärtig von besonderem Interesse, weil die Kartenwerke mehrerer europäischer Länder vor der Neuauflage stehen und die Vorschläge Brandstätters dabei entsprechende Beachtung verdienen. Herr Professor Dr. R. Finsterwalder, München, bezeichnet es als ein besonders wertvolles Buch, das in der derzeitigen kartographischen Literatur und der der letzten Jahrzehnte einen hervorragenden Rang einnimmt. Die Herausgabe dieses Werkes wurde von dem Arbeitskreis „Topographisch — morphologische Kartenproben“ in München, von der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung in Wien, durch namhafte Geldbeiträge und von der Eidgenössischen Landestopographie Bern-Wabern, der Gesellschaft Hunting-Aero Surveys Limited London und dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien durch kostenlose Kartenbeigaben unterstützt.

Das Werk kostet S 80.— (DM 14.—) und ist beim Österreichischen Verein für Vermessungswesen, Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3, zu beziehen.

# AUTOMATISCHE NIVELLIERE

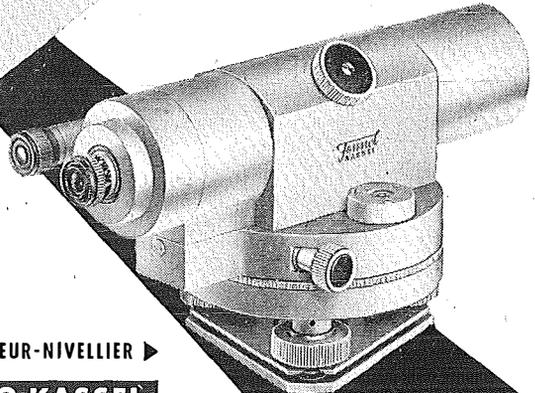
AUTOMATISCHES BAU-NIVELLIER



**Fennel**  
KASSEL



AUTOMATISCHES INGENIEUR-NIVELLIER ▶



**OTTO FENNEL SÖHNE KG KASSEL**

VERTRETER DIPL.-ING. FRANZ JOSEF PETSCH • WIEN VII/62 • MARIAHILFERSTR. 94

## KRIECHBAUM-SCHIRME

ERZEUGUNG ALLER ARTEN

## VERMESSUNGS-

RUCKSACK- und

## GARTEN-SCHIRME

Hauptbetrieb:

WIEN 16

Neulerchenfelderstr. 40

Telephon 45-19-38

## Neuwertige Doppelrechenmaschinen „Brunsviga“ und „Thales GEO“

sowie

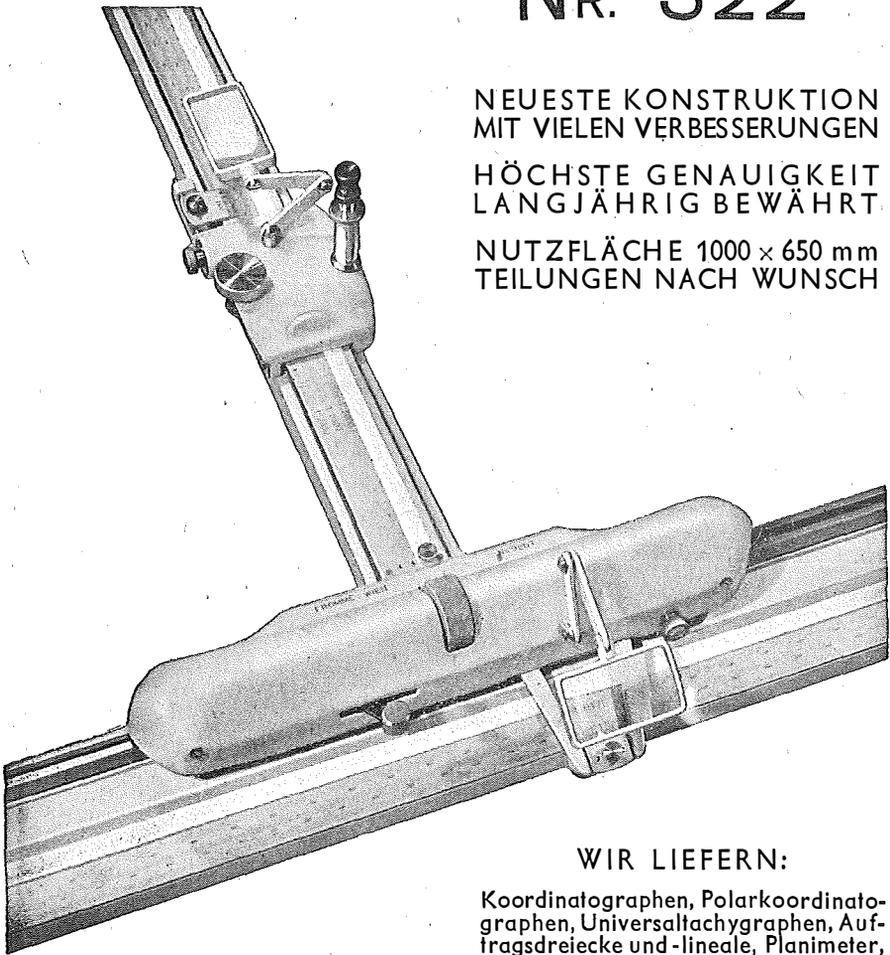
einfache Rechenmaschinen für etwa die Hälfte des Neuwertes lieferbar.

Gewährleistung 1 Jahr. Günstige Angebote in Vorführmaschinen.  
Referenzen aus österreichischen Fachkreisen.

F. H. FLASDIECK, Wuppertal-Barmen, Hebbelstraße 3, Deutschland

*Wir empfehlen Ihnen:*

# FROMME<sup>s</sup> PRÄZISIONS- KOORDINATOGRAPH Nr. 322



NEUESTE KONSTRUKTION  
MIT VIELEN VERBESSERUNGEN

HÖCHSTE GENAUIGKEIT  
LANGJÄHRIG BEWÄHRT

NUTZFLÄCHE 1000 x 650 mm  
TEILUNGEN NACH WUNSCH

## WIR LIEFERN:

Koordinatographen, Polarkoordinatographen, Universaltachygraphen, Auftragsdreiecke und -lineale, Planimeter, Gefällsmesser, Hypsometer, Schichteneinschalter, Winkelprismen, Nivellierlatten, Meßbänder, Numerierschleigel, Maßstäbe, Reißzeuge usw.

REPARATUREN VON  
INSTRUMENTEN U. GERÄTEN

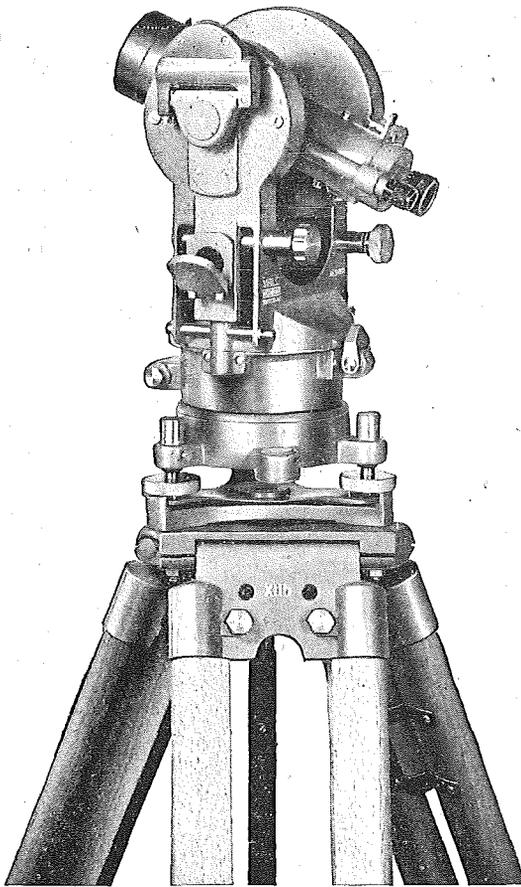
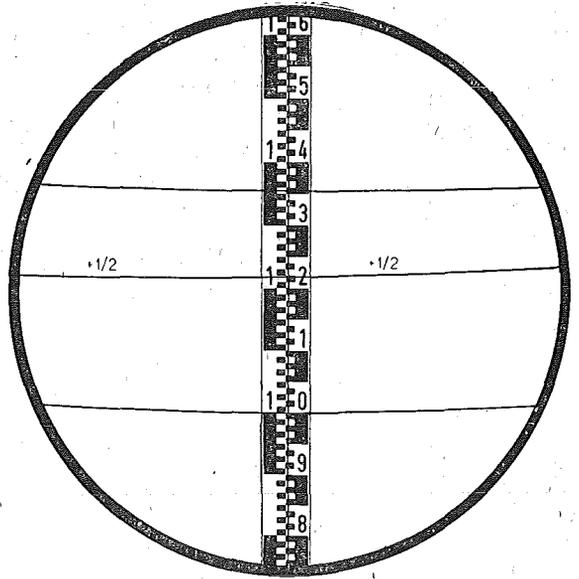
Prospekte und Angebote kostenlos

## ING. ADOLF FROMME

Geodätische und kartographische Instrumente, Fabrik für Zeichenmaschinen

Gegr. 1835 WIEN 18, HERBECKSTRASSE 27 Tel. 33-74-94

Nur drei,  
fast waagrecht  
verlaufende  
Diagrammlinien



Einer der vielen Vorteile, die den **selbstreduzierenden Tachymeter-Theodolit WILD RDS** (für senkrechte Latte) auszeichnen, das Ablesen mit ihm außerordentlich vereinfachen und vor unliebsamen Fehlern schützen. Dazu aufrechtes Fernrohrbild und lichtstarkes Fernrohr mit modernster, vergüteter Optik.



**RDS**

Verlangen Sie Offert bei der Alleinvertretung für Österreich:

**RUDOLF & AUGUST ROST**

Vermessungsinstrumente und Zubehör - Reparaturdienst

WIEN XV, MÄRZSTRASSE 7, TEL.: (0222) 92 53 53, 92 32 31, TELEGR.: GEOROST-WIEN

# 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. eh. K. Ledersteger und  
ORdVD. Dipl.-Ing. Josef Mitter

---

Nr. 4

Baden bei Wien, Ende August 1961

49. Jg.

---

## Über die Berücksichtigung der Variation der magnetischen Deklination bei geodätischen Arbeiten

Von *Franz Ackerl*, Wien

Neuerungen, Fortschritte und Erfindungen kommen in der Regel immer nur dann zu praktischer Anwendung, wenn hiedurch eine Verbesserung des bisherigen Zustandes zu erwarten ist.

Auf den Gebieten der Geodäsie und Photogrammetrie, die seit jeher in der Überschneidung zahlreicher Wissensgebiete liegen, wird die Entwicklung in besonderem Maße von dem Fortschritt der grundlegenden Wissenschaften gelenkt und gefördert. Als je ein Beispiel sei genannt, die Einführung der elektro-optischen Entfernungsmesser und die Ausnutzung aller von modernen Rechenanlagen gebotenen Möglichkeiten.

Echter Fortschritt auf instrumentalem Gebiet war früher sehr an die Überwindung der Fehler beim Material und dessen feinmechanischer Bearbeitung gebunden. Die hier maßgebenden Mängel sind durch den technischen Fortschritt, z. B. auf dem Gebiet der Metallurgie, durch Erzeugung neuer oder verbesserter Glassorten für optische Zwecke, durch Erfindung von neuen Maschinen und Einführung von genaueren Arbeitsverfahren wohl laufend verringert worden. Aber die Wirkung dieser Präzisionssteigerung war niemals so bestimmend und ausschlaggebend für die Steilheit oder Schnelligkeit des Fortschrittes, wie die durch günstige Umstände oder geniale Erkenntnisse veranlaßte Einführung von neuen Konstruktionselementen oder -verfahren. Als Beispiel aus früherer Zeit ist der von *H. Wild* bewirkte Umbruch im Bau geodätischer Instrumente zu nennen. Obwohl die von *Wild* benutzten Mittel — wie etwa Planplatte, Keil usw. — im Bereich der Optik einfache Gebilde darstellen, war die Verwendung dieser Glieder beim Bau von geodätischen und photogrammetrischen Instrumenten von besonderer Bedeutung.

Mit den neuen Instrumenten wurden ziemlich alle vorher maßgebenden Anschauungen über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Meßverfahren ungültig, weil entweder die erhöhte Präzision einen geringeren Zeitaufwand ermöglichte oder überhaupt die Anwendung eines Verfahrens gestattete, das man früher wegen zu geringer Genauigkeit ablehnte. Dieser letzte Zustand war beispielsweise für alle Arbeiten mit Verwendung von Bussoleninstrumenten gegeben, da allein schon die von rein instrumentalen Unvollkommenheiten bedingten „Messungsfehler“ vielfach größer waren als die Toleranzen für untergeordnete Arbeiten. Mit der Verfügbarkeit des *Wild*-Bussolentheodolits, des später mit TO bezeichneten Instrumentes, sanken die Instrumentfehler auf  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{10}$  derjenigen von Bussoleninstrumenten alter Ausführung. Bei diesen muß man einen Einschwingfehler<sup>1)</sup> von mindestens  $\pm 5'$  annehmen, der bei geringerem Kreisdurchmesser auf einen vielfachen Betrag ansteigen kann. Die ausgeführten Untersuchungen des *Wild*-Bussolentheodolits<sup>2)</sup> haben indessen erwiesen, daß — vom Instrument her — die Fehler der beobachteten magnetischen Nordwinkel bei rund  $1'$  liegen. Damit aber bestünde eine für die Lösung von sehr vielen Vermessungsaufgaben ausreichende Genauigkeit, wenn die Lage des Null-Durchmessers bei jeder Beobachtung bekannt wäre.

Sieht man davon ab, daß der Einschwingfehler einen mit der Zielrichtung veränderlichen Anteil zeigen kann — verursacht durch eine von der Zielrichtung abhängige Reibung des Spitzenlagers der Magnetnadel bzw. des Nadel-Satzes —, dann ist die Lage des Null-Durchmessers allein durch die Horizontalkomponente der magnetischen Richtkraft bestimmt. In früheren Zeiten, als die Größe des Einschwingfehlers die während einer Vermessungsarbeit eintretende Änderung der magnetischen Deklination teilweise überdeckte, war Berechtigung vorhanden, von deren Berücksichtigung abzusehen. Die Genauigkeit der mit dieser Annahme ausgeführten Arbeiten war daher wesentlich von dem Einschwingfehler des verwendeten Instruments abhängig und damit ergab sich für solche Arbeiten höchstens eine Tauglichkeit für topographische Zwecke.

In dem Augenblick, als der früher erwähnte Bussolen-Theodolit von *Wild* zur Verfügung stand, hätte eine Wendung eintreten können, weil schon damals die Möglichkeit gegeben war, die laufenden Registrierungen der magnetischen Observatorien für die Reduktion der Bussolenmessungen — mit nun entsprechend hoher innerer Genauigkeit — zu verwenden. Auch als später in vielen sehr wertvollen Arbeiten<sup>3)</sup>

1) *F. Ackert*: Geodäsie und Photogrammetrie, I. Teil (Instrumente und Verfahren der Vermessung) Wien 1950, S. 178.

2) a) *H. Rohrer*: Versuchsmessungen mit Wild-Bussoleninstrumenten. Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen 1934, Heft 5.

b) *Z. Tomašegovic*: Bussolen-Theodolit Wild TO als Distanzmesser. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1951, Heft 7.

3) a) *G. Staub*: Die magnetische Deklination als vermessungstechnisches Orientierungsmittel. Schweizerische Zeitschrift für Vermessung und Kulturtechnik, Winterthur 1947, Heft 10, 11 mit ausführlichem Literaturverzeichnis 1 . . . 30 auf Seite 254 — 256.

b) *G. Staub*: Die Bewegung des erdmagnetischen Feldes. Schweizerische Zeitschrift für Vermessung und Kulturtechnik, 1948, Heft 6.

c) *G. Staub*: Erdmagnetismus und Bussolenvermessung. Schweizerische Zeitschrift für Vermessung und Kulturtechnik, 1950, Heft 1.

empfohlen und gezeigt worden war, wie die Variation der Deklination zu berücksichtigen sei, wurde die gegebene Möglichkeit nur in Einzelfällen<sup>4)</sup> benützt. Das einzige Hindernis bestand in der Tatsache, daß der von den magnetischen Warten beobachtete Verlauf der Komponenten der magnetischen Richtkraft nicht sofort verfügbar ist und auch heute noch einige Zeit vergeht, bis die notwendigen Angaben erhältlich sind.

Erfahrungen bester Art, die sich im letzten Krieg mit sehr langen Bussolenzügen ergaben, bei deren Rechnung die von mehreren Observatorien registrierte Variation der magnetischen Deklination berücksichtigt worden war, veranlaßten Studien über die Verwendbarkeit solcher Rechnungsverfahren bei den Aufgaben der gewöhnlichen Vermessungspraxis. Die hierbei zu beachtenden Grundsätze und einige vorläufige Ergebnisse werden nachfolgend mitgeteilt.

Vorweggenommen sei, daß grundsätzlich zwei Möglichkeiten für die Berücksichtigung der Variation der magnetischen Deklination bestehen. Das strenge Verfahren ist immer erst dann anwendbar, wenn die registrierten Werte der Deklination für jenen Zeitabschnitt vorliegen, in dem die Vermessungsarbeiten stattfanden. Zur praktisch stets ausführbaren genäherten Berücksichtigung der Variation der Deklination wird deren durchschnittlicher Ablauf benützt, der durch langjährige Beobachtungen mit verhältnismäßig großer Genauigkeit bekannt ist.

Keines der beiden Verfahren aber kann lokale Anomalien berücksichtigen, die im Vermessungsgebiet unbekannt vorkommen.

### Grundlagen

Die von einem Punkt  $P$  ausgehenden Richtungen können entsprechend Abb. 1 auf den magnetischen Meridian  $MM$  (auch  $MN$  oder „magnetisch Nord“), auf den astronomischen Meridian  $AM$  (auch  $AN$  oder „Astronomisch Nord“) und auf die Nullrichtung für die Zählung der geodätischen Richtungswinkel bezogen werden. Diese Nullrichtung ist mit  $GN$  („geodätisch Nord“) bezeichnet und verläuft parallel zur Abszissenachse des gewählten Koordinatensystems.

Die Abweichungen zwischen den drei Bezugsrichtungen, nämlich die magnetische Deklination  $D$  bzw. die Meridiankonvergenz  $\gamma$ , sind als Orts- und Zeitfunktion bzw. als Ortsfunktion in  $P$  definiert durch jenen Winkel, um den der astronomische Meridian  $AM$  zu drehen ist, damit er in den magnetischen Meridian  $MM$  bzw. in geodätisch Nord  $GN$  übergeht. Damit ergeben sich für jede von  $P$  ausgehende Richtung drei mögliche Festlegungen, nämlich

1. astronomisches Azimut  $\alpha$
2. magnetischer Nordwinkel  $\omega$
3. geodätischer Richtungswinkel  $t$

Aus Abb. 1 sind die folgenden Beziehungen ablesbar

$$\omega + D = \alpha, \quad t + \gamma = \alpha. \quad . . . (1)$$

Es ist zu beachten, daß der magnetischen Deklination  $D$  und der Meridiankonvergenz  $\gamma$  der Charakter einer Verbesserung zugeteilt wurde. Die Beobachtungswerte „ma-

<sup>4)</sup> *K. Ebinger*: Praktische Hinweise für Arbeiten mit Bussolentheodoliten, Schweizerische Zeitschrift für Vermessung und Kulturtechnik, 1950, Heft 1.

gnetischer Nordwinkel  $\omega$ “ bzw. „geodätischer Richtungswinkel  $t$ “ gehen durch Zugabe dieser Verbesserungen  $D$  bzw.  $\gamma$  in das astronomische Azimut  $\alpha$  über. Der Zusammenhang zwischen beobachteten magnetischen Nordwinkeln  $\omega$  und den entsprechenden geodätischen Richtungswinkeln ergibt sich aus

$$\omega + D = t + \gamma, \quad \dots (2)$$

$$t = \omega + D - \gamma, \quad \dots (3)$$

$$t = \omega + N, \quad \dots (4)$$

$$N = D - \gamma. \quad \dots (5)$$

Die Größe  $N$  wird als „Nadelabweichung“ bezeichnet und hat wieder den Charakter einer Verbesserung, deren Zugabe zum beobachteten magnetischen Nordwinkel  $\omega$  diesen in den gesuchten geodätischen Richtungswinkel  $t$  verwandelt.

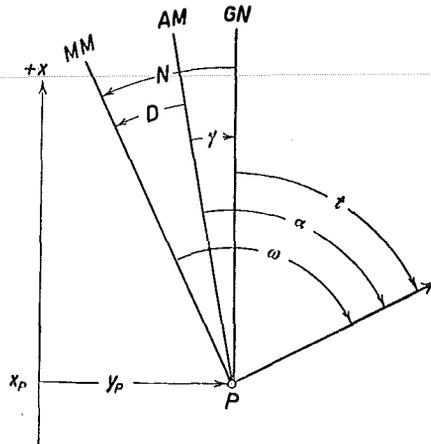


Abb. 1

Durch die mit (5) gegebene Zusammenwirkung von  $D$  und  $\gamma$  wird die Nadelabweichung  $N$  eine Zeit-Ortsfunktion, deren kennzeichnende Merkmale hauptsächlich durch die Variation der Deklination bestimmt sind.

Bei allen praktischen Arbeiten ist die reine Ortsfunktion „Meridiankonvergenz“ wahlweise durch die folgenden Näherungen<sup>5)</sup> darstellbar, nämlich

$$\gamma \doteq \lambda \sin \varphi \doteq \frac{y}{R} \operatorname{tg} \varphi. \quad \dots (6)$$

Hier bedeutet

$\lambda$  den Unterschied der gegen Osten positiv gezählten geographischen Längen des Punktes  $P$  und des als Abzissenachse des Koordinatensystems angenommenen Bezugsmeridians,

$\varphi$  die geographische Breite von  $P$ ,

$y$  die Ordinate von  $P$  (in Metern),

$R$  den Radius der Schmiegunskugel für das Vermessungsgebiet oder den Erdradius schlechweg (in Metern).

<sup>5)</sup> a *F. Ackert*: Geodäsie und Photogrammetrie, I. Teil, 1950, S. 182.

b *Jordan-Eggert*: Handbuch der Vermessungskunde III/1, 8. Auflage, 1939, S. 330, 333, 328.

c *Jordan-Eggert*: Handbuch der Vermessungskunde III/2, 8. Auflage, 1941, S. 122, 159; 160.

d *Jordan-Eggert-Kneißl*: Handb. d. Verm.-Kunde IV/2, 1959, S. 777; 775 (hier  $\kappa$  für  $\gamma$  gesetzt).

Wird  $\gamma$  mit dem zweiten Teil der Formel (6) bestimmt, so ist in diesem noch  $\rho$  einzuführen, um Winkelmaß zu erhalten. Für die mittlere geographische Breite von Österreich, nämlich  $47^{\circ}45'$ , ist der zugeordnete Krümmungsradius der Schmiegunskugel zum Ellipsoid von Bessel durch  $\lg R=6,8047804$  gegeben. Damit entsteht für alle praktischen Zwecke ausreichend genau

$$\gamma \doteq 0,03233'' \cdot y \operatorname{tg} \varphi. \quad . . . (7)$$

Die sehr geringe Abhängigkeit von der geographischen Breite wird aus den folgenden 3 Werten erkennbar, die für die Nordgrenze, die erwähnte Mittelbreite und die Südgrenze Österreichs gelten.

$$\gamma_N \doteq 0,03697'' \cdot y, \quad \gamma_M \doteq 0,03559'' \cdot y, \quad \gamma_S \doteq 0,03387'' \cdot y, \quad . . . (8)$$

$y$  in Metern.

Will man, aus später erklärten Gründen, eine Richtungsgenauigkeit von  $0,2' \dots 0,3'$  einhalten, dann darf z. B. in ganz Österreich mit den Formeln

$$\gamma_M = \gamma \doteq 0,03559'' \cdot y, \quad (y \text{ in Metern})$$

$$\gamma \doteq 0,6' \cdot y, \quad (y \text{ in Kilometern}) \quad . . . (9)$$

gerechnet werden, wenn die Ost-West-Erstreckung des Vermessungsgebietes, d. h. die Ordinattendifferenz  $\Delta y$ , den Betrag von 10 km nicht überschreitet.

Die Variation der magnetischen Deklination  $D$  beeinflusst die Veränderlichkeit der Nadelabweichung  $N$  in dreierlei Hinsicht.

#### a) Säkularvariation der magnetischen Deklination

Bei Beachtung der von *Toperczer*<sup>6)</sup> aus den bis 1945 verfügbaren Beobachtungen auf 5 mitteleuropäischen magnetischen Warten entwickelten Darstellung für den Ablauf der magnetischen Deklination  $D$  in *Wien*, nämlich

$$D = -3,3520 + 0,1470(t - 1935) - 0,001680(t - 1935)^2 \quad . . . (10)$$

ergibt sich

$$D_{1960,0} - D_{1961,0} = -3,7'.$$

Da die Berücksichtigung anderer Unterlagen<sup>7)</sup> für die gleiche Differenz den Betrag  $-5,4'$  liefert, darf man annehmen, daß als Folge der Säkularvariation am gleichen Ort in Österreich derzeit (1961,0) der Absolutwert der magnetischen Deklination in einem Jahr um etwa  $4' \dots 5'$  abnimmt. Stimmt man wieder der vorhin erwähnten Genauigkeitsbeschränkung auf  $0,2' \dots 0,3'$  zu, dann darf die Säkularvariation vernachlässigt werden, wenn die betreffende Vermessungsarbeit am gleichen Ort innerhalb von  $20 \dots 30$  Tagen beendet ist.

#### b) Abhängigkeit der magnetischen Deklination von der geographischen Länge.

Die letzte erdmagnetische Vermessung (EMV) Österreichs ergab im Zeitpunkt 1930,0 zwischen dem westlichsten Punkt *Bregenz* und dem östlichsten Punkt *Hainburg* mit dem geographischen Längenunterschied  $\Delta \lambda = 7^{\circ}13,6'$  einen Unterschied der

6) a *M. Toperczer*: Die säkulare Veränderung der erdmagnetischen Elemente, in: Jahrbuch 1947 der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

b a. a. O., F. 5, S. 181.

7) a. a. O., F. 5, S. 180, und dortiges Literaturverzeichnis Nr. 43, S. 189, Nr. 44, S. 190,

magnetischen Deklinationen  $\Delta D = 3017,5'$ . Im gleichen Zeitpunkt sinkt daher mit jeder Längenminute Ostbewegung der Absolutbetrag der magnetischen Deklination (ohne Rücksicht auf etwaige lokale Störungen) um  $0,456'$ . Das bedeutet auch, daß sich die magnetischen Deklinationen in 2 Punkten mit dem geographischen Längenunterschied von  $2,195'$  im gleichen Zeitpunkt um  $1'$  unterscheiden. Dieser Längendifferenz entspricht in der Mittelbreite  $\varphi_M = 47045'$  von Österreich eine Ordinatenabstand von rund  $2,8$  km, so daß sich als praktische Faustregel ergibt:

Für 2 Punkte mit Ost-West Abstand von  $1$  km ist im gleichen Zeitpunkt der Absolutwert der magnetischen Deklination im östlich gelegenen Punkt um rund  $0,4'$  kleiner als im westlichen Punkt.

So ist erkennbar, daß die Einhaltung der mehrmals erwähnten Richtungsgenauigkeit von  $0,2'$  nur dann möglich ist, wenn die im gleichen Zeitpunkt bestehende Änderung der magnetischen Deklination bereits in Ordinatenabständen von rund  $0,5$  km berücksichtigt wird.

### c) Tägliche Variation der magnetischen Deklination

Unter Verzicht auf eine ausführliche Begründung soll vorerst angenommen werden, daß die Variation nach einem mittleren Gang erfolgt, der sich durch harmonische Analyse der fortlaufenden Registrierung der magnetischen Deklination auf einer magnetischen Warte ergab. Durch Abgrenzung bestimmter Zeitabschnitte, z. B. einzelner Monate, bringt die harmonische Analyse den geglätteten Ablauf der magnetischen Deklination in diesen Monaten. Unterwirft man einen größeren Zeitraum, z. B. den in drei Monatsabschnitten erfaßten Sommer, der harmonischen Analyse, dann stimmt das Ergebnis — die sogenannte Saisonkurve für den Sommer — in den wesentlichen Zügen mit jener Darstellung überein, die durch Mittelbildung von einander entsprechenden Amplituden der einzelnen Monate entsteht. Von Bedeutung ist es, daß die über gleichen Zeitabschnitten liegenden Saisonkurven in verschiedenen Epochen sich gut decken.

Als Zeugnis hierfür dient die Tabelle 1. In den beiden ersten Zeilen sind die Abweichungen der Sommersaisonkurve (Mai-September) des Jahres 1946 bzw. 1948 vom Mittelwert der großen Tagesamplitude des betreffenden Zeitraumes angegeben<sup>8)</sup>. Die in der letzten Zeile stehenden Unterschiede  $\Delta$  dieser Abweichungen geben für den ganzen Zeitraum den Mittelwert  $\pm 0,42'$ . Der in der Reihe dieser Werte noch erkennbare periodische Einfluß ist rechnerisch tilgbar. Nach seiner Ausschaltung verbleiben Reste von rund  $0,1'$ , maximal  $0,3'$ .

Tabelle 1

$\tau$	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
1946	+4,2	+5,5	+6,1	+5,6	+3,7	+0,7	-2,6	-5,1	-6,2	-5,7	-4,3	-2,4	-0,6
1948	+4,3	+5,9	+6,8	+6,5	+4,4	+1,1	-2,5	-5,5	-6,7	-6,2	-4,4	-2,3	-0,4
$\Delta$	+0,1	+0,4	+0,7	+0,9	+0,7	+0,4	+0,1	-0,4	-0,5	-0,5	-0,1	+0,1	-0,2

<sup>8)</sup> Entnommen aus: a. a. O., F. 3 a, Fig. 2 e  
a. a. O., F. 3 c, Fig. 5.

Im gewählten Fall könnte daher die für den Sommer 1946 abgeleitete Saisonkurve zur Reduktion von zeitpunktgleichen Beobachtungen im Jahr 1948 verwendet werden, wobei durch diesen Vorgang keine größeren Fehler als bis zu  $0,3'$  eintreten.

Das folgende Beispiel läßt erkennen, daß die auf irgendeiner magnetischen Warte gewonnenen Saisonkurven auch zur Reduktion von Beobachtungen in Gebieten noch gut verwendbar sind, die von dem Standort des Observatoriums nicht allzu weitab liegen.

Die erste Zeile der Tabelle 2 enthält die vom magnetischen Observatorium der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien am 12. Juli 1956 registrierten Werte der magnetischen Deklination. In der zweiten Zeile sind nochmals die schon in der Tabelle 1 gebrachten Abweichungen der Saisonkurve 1946 (1. 5. — 30. 9.) angegeben, die zufolge<sup>9)</sup> aus den Registrierungen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt in Regensburg entwickelt ist. Zieht man die in einem bestimmten Zeitpunkt  $\tau$  (z. B. 12 Uhr) geltende Abweichung  $a_\tau = \alpha_{12} = -2,6'$  von der im gleichen Zeitpunkt beobachteten magnetischen Deklination ( $D_b = -53,5'$ ) ab, so ergibt sich ein genäherter Betrag  $D_o$  (nämlich  $-50,9'$ ) für den Mittelwert der um die tägliche Variation reduzierten Deklination.

Fügt man zu diesem Betrag  $D_o = -50,9'$  die Abweichungen  $a_\tau$ , so entstehen die Werte  $D_g = D_o + a_\tau$  der dritten Zeile. Sie zeigen genähert den Ablauf der magnetischen Deklination in Wien unter der Annahme, daß ein einziger Deklinationswert — nämlich der um 12 Uhr beobachtete — als Träger der vor 10 Jahren in der Schweiz ermittelten Saisonkurve benutzt wird.

In der vierten Zeile sind die Widersprüche  $w = D_b - D_g$  gebildet. Sie lassen einen auch theoretisch zu erwartenden systematischen Einfluß erkennen, mit dessen genäherter Beseitigung (durch Hinzugabe von  $-1,14'$ ) die Widersprüche  $w'$  der fünften Zeile entstehen. Der diese Reihe kennzeichnende mittlere Widerspruch beträgt  $w_m' \doteq \pm 0,6'$ .

Tabelle 2

Wien (Kobenzl)	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
12. Juli 1956 $D_b$	-43,9	-42,9	-46,0	-49,4	-53,5	-55,1	-56,1	-55,2	-54,4	-51,9	-49,8
$a_\tau$	+ 6,1	+ 5,6	+ 3,7	+ 0,7	- 2,6	- 5,1	- 6,2	- 5,7	- 4,3	- 2,4	- 0,6
$D_g = D_o + a_\tau$	-44,8	-45,3	-47,2	-50,2	-53,5	-56,0	-57,1	-56,6	-55,2	-53,3	-51,5
$w = D_b - D_g$	+ 0,9	+ 2,4	+ 1,2	+ 0,8	0,0	+ 0,9	+ 1,0	+ 1,4	+ 0,8	+ 1,4	+ 1,7
$w'$	- 0,2	+ 1,3	+ 0,1	- 0,3	- 1,1	- 0,2	- 0,1	+ 0,3	- 0,3	+ 0,3	+ 0,6

Dieses Beispiel, aus einer großen Reihe von gleichartigen willkürlich herausgegriffen, zeigt deutlich, daß gut ermittelte Saisonkurven die Berücksichtigung des mittleren Ganges der täglichen Variation der magnetischen Deklination ziemlich zutreffend ermöglichen.

<sup>9)</sup> A. a. O., F. 3 a, S. 223.

Es soll schließlich noch gezeigt werden, wie weit feldmäßig ausgeführte Beobachtungen mit einem *Wild*-Bussolentheodolit TO die erst später verfügbaren Aufzeichnungen eines magnetischen Observatoriums wiedergeben.

Auf einem trigonometrischen Punkt in *Unteralberndorf*, N.-Ö., dem Übungsgebiet der Lehrkanzel für Geodäsie und Photogrammetrie der Hochschule für Bodenkultur, wurden am 17. Juli 1957 mit dem Bussolentheodolit *Wild* TO, Nr. 25774, die Richtungen  $\omega'$  nach gleichmäßig im Horizont verteilten Zielen in Zeitintervallen von 2 Minuten beobachtet. Die bekannten geodätischen Richtungswinkel  $t$  ergaben für jede Beobachtung einen Wert  $K = t - \omega'$ , der sich von der im Zeitpunkt der Messung bestehenden Nadelabweichung  $N$  um eine Instrumentenkonstante  $k$  und die begangenen Beobachtungsfehler unterscheidet.

Tabelle 3

Zeit $\tau^h$	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5
$D$ —'	33,6	34,2	35,7	37,7	39,7	40,8	43,1	44,7	46,2	47,7
$K$ —'	36,2	37,8	39,9	40,5	42,7	44,5	45,5	47,9	49,8	49,9
$(\gamma - k)$ '	+ 2,6	+ 3,6	+ 4,2	+ 2,8	+ 3,0	+ 3,7	+ 2,4	+ 3,2	+ 3,6	+ 2,2
$\nu$ '	+ 0,6	- 0,4	- 1,0	+ 0,4	+ 0,2	- 0,5	+ 0,8	0,0	- 0,4	+ 1,0
Zeit $\tau^h$	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5
$D$ —'	48,6	49,0	49,1	48,6	47,0	46,1	46,1	45,2	44,2	43,8
$K$ —'	52,3	52,2	52,1	52,4	51,2	49,4	48,6	48,1	47,6	46,4
$(\gamma - k)$ '	+ 3,7	+ 3,2	+ 3,0	+ 3,8	+ 4,2	+ 3,3	+ 2,5	+ 2,9	+ 3,4	+ 2,6
$\nu$ '	- 0,5	0,0	+ 0,2	- 0,6	- 1,0	- 0,1	+ 0,7	+ 0,3	- 0,2	+ 0,6

In der Tabelle 3 sind die vom magnetischen Observatorium Wien-Kobenzl registrierten magnetischen Deklinationen  $D$  für Halbstundenzeitpunkte MEZ und die zur gleichen Zeit in Unteralberndorf ermittelten Werte  $K$  angegeben. Hier sei bemerkt, daß alle in dieser Arbeit verwendeten Angaben über den Verlauf der magnetischen Deklination in der Zeit 1955–1960 mir von meinem Freund und Kriegskameraden Herrn Universitätsprofessor *Dr. Max Toperczer* zur Verfügung gestellt wurden, wofür ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank wiederhole.

Beachtet man die aus der Abb. 2 ablesbaren Zusammenhänge, nämlich

$$\omega = \omega' - k, \quad t = \omega + N, \quad t = \omega' + K, \quad N = K - k \quad . . . \quad (11)$$

und setzt in der letzten Gleichung entsprechend (5)

$$N = D - \gamma,$$

so entsteht

$$D - K = \gamma - k. \quad . . . \quad (12)$$

In der letzten Zeile von Tabelle 3 stehen die Verbesserungen  $v$  der einzelnen Beträge  $(\gamma - k)$  zu ihrem Mittelwert  $(\gamma - k)_0 = 3,2'$ . Da wegen des geographischen Längenunterschiedes zwischen Wien-Kobenzl und dem Beobachtungsort in Unterolberndorf die in der Tabelle 3 genannten magnetischen Deklinationen um  $4,3'$  zu vermehren sind, erhöhen sich alle Werte  $(\gamma - k)$  um diesen Betrag und führen da-

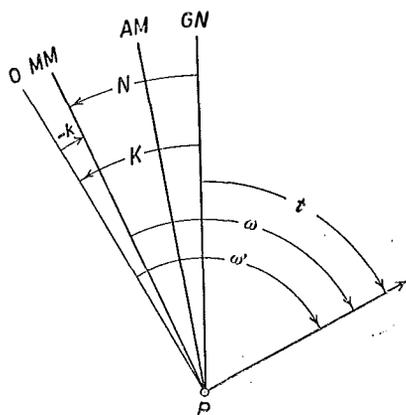


Abb. 2

her zum Mittel  $(\gamma - k)_0 = 7,5'$ . Mit der Meridiankonvergenz  $\gamma = +6,4'$  des Instrumentstandpunktes ergibt sich  $k = -1,1'$ . Dies ist zufolge Abb. 2 der Nullpunktfehler der verwendeten Bussole, d. h. jene Ablesung, die bei Zielung in der Richtung des magnetischen Meridians  $MM$  besteht. Aus den Werten  $v$  der Tabelle 3 erhält man als mittleren Fehler  $m$  einer Beobachtung  $K$  den Betrag  $m = \pm 0,6'$ . Bei Heranziehung aller an diesem Tag ausgeführten 264 Beobachtungen derselben Art ergeben sich die Werte  $k = -1,4'$  und  $m = \pm 0,6'$ . *(Fortsetzung folgt)*

## Ein Vergleich von Methoden zur Bestimmung der Bodendichte

Von *Wilhelm Embacher*, Wien

Aus Gravimeter-Messungsdifferenzen wird mit Hilfe der verfeinerten „Bouguer-Reduktion“ eine Fehlergleichung zur Bestimmung der Bodendichte aufgestellt. Je nach Vernachlässigung von Unbekannten kann dieser Ansatz in schon bestehende Methoden zur Bodendichtebestimmung übergeführt werden. Auf Grund zahlreicher Gravimetermessungen auf einem Versuchsfeld wurden aus den verschiedenen Ansätzen Bodendichten berechnet und mit ihrem mittleren Fehler übersichtlich zusammengestellt.

### I

Bei der verfeinerten „Bouguer-Reduktion“ wird außer der Freiluftreduktion noch die Anziehung der über dem Bezugsniveau liegenden Massen und der Einfluß der Topographie auf den Stationspunkt berücksichtigt. Es handelt sich um eine ebene Platte mit der Dicke  $h$ , wobei  $h$  den Höhenunterschied zwischen dem Stationspunkt und dem Bezugsniveau bedeutet, und um den im positiven Sinne wirkenden Einfluß der Überschuß- und Defizitmassen über und unter dem Punkte  $P_i$ .

$\sigma$  ist die mittlere Dichte für den Bereich, der zur Berechnung der topographischen Reduktion für den Punkt  $P_i$  verwendet wurde,  $T_i$  soll dieser Topographieeinfluß mit der Dichte eins auf den Punkt  $P_i$  sein. Dann gilt für den in  $P_i$  gemessenen ( $g_{P_i}$ ) und den auf das Bezugsniveau reduzierten Schwerewert  $g_i$ :

$$g_i = g_{P_i} + 0,3086 h_i - \sigma 0,04193 h_i + \sigma T_i. \quad \dots 1,01$$

Für den Punkt  $P_o$ , der sich als tiefster Punkt im Bezugsniveau befinden soll, lautet die reduzierte Schwere:

$$g_o = g_{P_o} + \sigma T_o. \quad \dots 1,02$$

Bezeichnet man den auf 1 m Entfernung reduzierten Bouguerschen Horizontalgradienten mit  $\Delta g_{io}$  und ist  $s$  die Punktentfernung, so ist:

$$(g_i - g_o) = s_{io} \Delta g_{io} = (g_{P_i} - g_{P_o}) + 0,3086 h_i - \sigma_{io} 0,0419 h_i + \sigma_{io}(T_i - T_o). \quad \dots 1,03$$

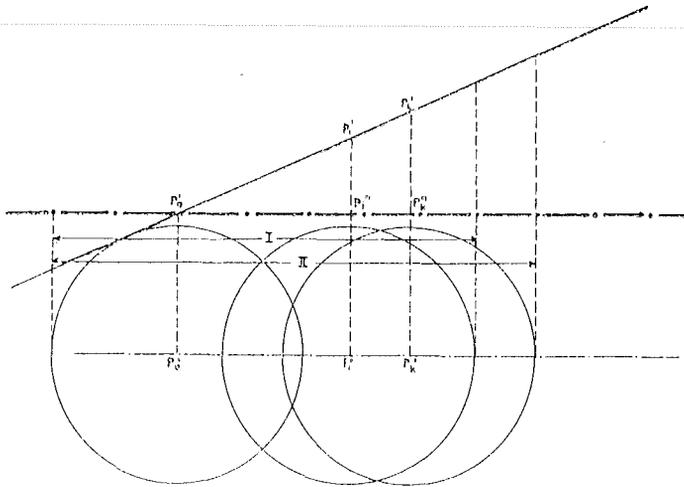


Abb. 1

In  $(g_{P_i} - g_{P_o})$  ist bereits die Differenz der Besselschen Reduktionen berücksichtigt. Die Dichte  $\sigma_{io}$  ist der Mittelwert für den gesamten Bereich, der durch den Tachymeterausgriff um die Punkte  $P_o$  und  $P_i$  umschlossen ist.

Zwischen  $P_o$  und  $P_k$  läßt sich der Bouguersche Horizontalgradient analog berechnen:

$$s_{ko} \Delta g_{ko} = (g_{P_k} - g_{P_o}) + 0,3086 h_k - \sigma_{ko} 0,0419 h_k + \sigma_{ko}(T_k - T_o), \quad \dots 1,04$$

wobei die Mitteldichte  $\sigma_{ko}$  selbstverständlich für einen anderen Bereich gilt.

Für  $n$  Punkte läßt sich ein Gesamtmittel der Dichte

$$\sigma = \sigma_{io} + \Delta \sigma_{io} = \sigma_{ko} + \Delta \sigma_{ko} + \dots \quad \dots 1,05$$

berechnen, das für den Bereich gilt, der durch die Einhüllende aller Tachymeterkreise begrenzt ist. Die Fehlergleichung für den laufenden Punkt  $i$  lautet:

$$-s_{io} \Delta g_{io} + (g_{P_i} - g_{P_o}) + 0,3086 h_i - 0,0419 \sigma_{io} h_i + \sigma_{io}(T_i - T_o) = v_i \quad \dots 1,06$$

oder durch Zerlegung der Dichte nach 1,05:

$$\begin{aligned} -s_{io} \Delta g_{io} + (g_{P_i} - g_{P_o}) + 0,3086 h_i - 0,0419 \sigma h_i + \sigma(T_i - T_o) \\ + 0,0419 \Delta \sigma_{io} h_i - \Delta \sigma_{io}(T_i - T_o) = v_i. \quad \dots 1,07 \end{aligned}$$

Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit bezeichnen wir das Absolutglied mit  $l_i = (g_{Pi} - g_{Po}) + 0,3086 h_i$ , die beiden Projektionen des horizontalen Bouguer-Gradienten ( $\Delta g_{io}$ ) mit  $x$  und  $y$ , die mittlere Dichte  $\sigma$  mit  $z$  und das Restglied mit

$$-t + v_i = 0,0419 \Delta \sigma_{io} h_i - \Delta \sigma_{io} (T_i - T_o).$$

Wir erhalten die Verbesserungsgleichung:

$$t + s_{io} x \cos \alpha + s_{io} y \sin \alpha + (0,04193 h_i - \Delta T_{io}) z - l_i = v_i, \quad . . . 1,08$$

wobei „ $t$ “ alle restlichen systematischen Einflüsse aufnimmt, welche durch die Einführung der mittleren Dichte  $\sigma$  für den gesamten Vermessungsbereich noch nicht erfaßt sind. Damit ist dieser Ausdruck „ $t$ “ auch ein Kriterium, wie weit eine durch die Ausgleichsrechnung gefundene Dichte für den Bereich charakteristisch ist.

Die nächste Unbekannte in 1,08 ist der Bouguergradient mit seinen Projektionen  $x$  und  $y$ . Aus allen eigenen Berechnungen und aus einschlägigen fremden Arbeiten ergibt sich der Bouguergradient als sehr kleine Größe; besonders in kleinen Vermessungsbereichen könnte er vernachlässigt werden.

Die Frage nach der Genauigkeit der Bestimmung der 3. Unbekannten, der Dichte, läßt sich nicht ohne weiteres mit der Berechnung des mittleren Fehlers dieser Unbekannten im Zuge der Ausgleichsrechnung erledigen. Um die Fehlerfortpflanzung abschätzen zu können, muß man auf die notwendigen Bestimmungsgleichungen für die Unbekannten zurückgehen.

Die Gravimetermessungen sind mit Fehlern behaftet. Das Mittel der Messungen auf einem Punkt  $g_{Pi}$  ist laut Beschreibung der Firma Askania-Berlin, der Erzeugerfirma des verwendeten Gravimeters, mit einem mittleren Fehler von  $\pm 0,02$  mgal behaftet.

Nachdem  $l_i = (g_{Pi} - g_{Po}) + 0,3086 h_i$ , also eine Differenz zweier Messungen ist, muß

$$m_{li} = \sqrt{m_i^2 + m_o^2} = \pm 0,03 \text{ mgal} \quad . . . 1,09$$

sein.

Wenn man zunächst den Bouguergradienten und den Ausdruck „ $t$ “ vernachlässigt, kommt man von 1,08 auf die Fehlergleichung

$$v_i = c_i z - l_i \text{ und } z = \frac{[c l]}{[c c]}; \quad . . . 1,10$$

zur Untersuchung der Fehlerfortpflanzung braucht man die Bestimmungsgleichung für  $z$ :

$$c z = l$$

$$z = \frac{l}{c}, \quad m_z = \pm \frac{0,03}{c}. \quad . . . 1,11$$

Nachdem  $c$  bis auf den kleinen Topographieeinfluß aus dem Wert  $0,04193 \cdot h_i$  besteht, würde erst bei einem Höhenunterschied von ca. 20 m der mittlere Fehler der Dichte unter  $\pm 0,03$  g/cm<sup>3</sup> Einheiten kommen.

Setzt man die Unbekannte  $t$  mit an, so lautet die Fehlergleichung:

$$v_i = t + c_i z - l_i. \quad . . . 1,12$$

Zur Untersuchung der Fehlerfortpflanzung werden die beiden Bestimmungsgleichungen angesetzt:

$$\begin{aligned} t + c_1 z - l_1 &= 0 \\ t + c_2 z - l_2 &= 0 \end{aligned} \quad . . . 1,13$$

$$z = \frac{l_2 - l_1}{c_2 - c_1} \quad . . . 1,14$$

$$m_z = \frac{\pm 0,04}{c_2 - c_1}; \quad . . . 1,15$$

auch hier erhält man wieder dasselbe Resultat wie bei Glg. 1,11, wenn man statt  $c$  die  $c$ -Differenzen untersucht.

Zur Besprechung der vollständigen Gleichung 1,08 wird zur Vereinfachung der Rechnung nur der Gradient in einer Richtung untersucht, d. h. es werden nur 3 Unbekannte angesetzt.

Dazu die Bestimmungsgleichungen:

$$\begin{aligned} t + a_1 x + c_1 z - l_1 &= 0 \\ t + a_2 x + c_2 z - l_2 &= 0 \end{aligned} \quad . . . 1,16$$

$$t + a_3 x + c_3 z - l_3 = 0$$

$$x = \frac{l_1(c_3 - c_2) + l_2(c_3 - c_1) + l_3(c_2 - c_1)}{D}$$

$$z = \frac{l_1(a_3 - a_2) + l_2(a_3 - a_1) + l_3(a_2 - a_1)}{D}$$

$$D = (a_2 c_3 - a_3 c_2) + (a_1 c_3 - a_3 c_1) + (a_1 c_2 - a_2 c_1) \quad . . . 1,17$$

$$m_x = \frac{m_l(c_3 - c_2) + m_l(c_3 - c_1) + m_l(c_2 - c_1)}{D}$$

$$m_z = \frac{m_l(a_3 - a_2) + m_c(a_3 - a_1) + m_c(a_2 - a_1)}{D}$$

Die Koeffizienten  $a_i$  sind den Punktentfernungen, die Koeffizienten  $c_i$ , bis auf den kleinen Topographieeinfluß, den Höhen  $h_i$  proportional. Im konstant ansteigenden oder fallenden Gelände geht daher  $D$  gegen Null, und die Fehlerfortpflanzung ist sowohl für den Gradienten als auch für die Dichte äußerst ungünstig.

## II

Nach *Nettleton*<sup>1)</sup> führt man die Bouguer-Reduktionen mehrmals mit verschiedenen angenommenen Dichten aus und trägt die Bouguer-Anomalien mit dem Relief der physischen Oberfläche auf. Jener Dichtewert, welcher die geringste Beziehung zur Oberfläche zeigt, wird als richtig angenommen.

Auch *F. Steiner*<sup>2)</sup> geht in seiner Arbeit „Zur Ermittlung des Koeffizienten der gravimetrischen Höhenreduktion“ von der Nettletonschen Forderung aus: Die auf eine gegebene Niveaufäche reduzierten Bouguer-Anomalien sind, falls die richtige mittlere Dichte zum Rechnen verwendet wurde, Punkte einer analytischen Fläche.

<sup>1)</sup> *Nettleton*: L. L. Determination of Density for Reduction of Gravimeter Observations. Geophysics 4 (1939).

<sup>2)</sup> *Dipl.-Phys. F. Steiner*: Institut für Geophysik, Sopron.

Steiner erhält für die Dichte die Formel:

$$\sigma = \frac{0,3086 - k}{0,0419}, \quad . . . 2,00$$

wobei der Wert für  $k$  für ein Messungsviereck mit

$$k = \frac{z_2^0 + z_3^0 - z_1^0 - z_4^0}{h_2 + h_3 - h_1 - h_4}$$

gegeben ist.

$z_i^0$  sind die gravimetrischen Meßergebnisse, die nur noch nicht die Höhenreduktion enthalten,  $h_i$  sind die Höhen dieser Punkte,  $k$  wird aus einer größeren Anzahl von Vierecken bestimmt. Wenn man die Summe aller Topographiedifferenzen und  $[v]$  Null setzt, läßt sich zeigen, daß die Formel 2,00 aus einer Summe von Ansätzen der Gleichung 1,10 hervorgeht. Ein Kriterium für die Güte der berechneten Dichte fehlt.

K. Jung<sup>3)</sup> hat das Verfahren von Nettleton in eine rechnerische Form gebracht, indem er davon ausging, daß der Korrelationskoeffizient der Bouguerschen Anomalien und der Geländehöhen gleich Null sein muß. Bekanntlich ist der Korrelationskoeffizient eine Zahl, die angibt, in welchem Maße eine bestimmte Beziehung zwischen zwei beobachteten Größen besteht. K. Jung kommt zu einer Formel für die Bodendichte, die ohne Berücksichtigung der topographischen Reduktion mit der Formel von *Parasnis*<sup>4)</sup> identisch ist.

Es läßt sich zeigen, daß die von K. Jung angeführte Parasnis-Formel die reduzierte Fehlergleichung der Fehlergleichung 1,12 ist.

$$v_i = t + c_i z - l_i \quad . . . 1,12$$

Der Koeffizient von  $t$  ist eins, daher ist

$$[v] = 0 \quad . . . 2,01$$

folglich

$$[v] = nt + [c] z - [l] \quad . . . 2,02$$

oder

$$0 = -t - \frac{[c]}{n} z + \frac{[l]}{n} \quad . . . 2,03$$

Diese „mittlere Verbesserungsgleichung“ zu jeder Verbesserungsgleichung adiiert gibt:

$$v_i = \left( c_i - \frac{[c]}{n} \right) z - \left( l_i - \frac{[l]}{n} \right) \quad . . . 2,04$$

und daraus die Normalgleichung:

$$\left[ \left( c - \frac{[c]}{n} \right)^2 \right] z - \left[ \left( c - \frac{[c]}{n} \right) \left( l - \frac{[l]}{n} \right) \right] = 0 \quad . . . 2,05$$

Dieselbe Gleichung ergibt sich aus den Normalgleichungen des Ansatzes 1,12

$$nt + [c] z - [l] = 0$$

$$[c] t + [cc] z - [cl] = 0 \quad . . . 2,06$$

<sup>3)</sup> K. Jung: Zur Bestimmung der Bodendichte nach dem Nettleton-Verfahren, Zeitschrift für Geophysik, Sonderband 1953.

<sup>4)</sup> Dr. S. Parasnis: A study of Rock Densities in the English Midlands.

und daraus  $t$  eliminiert:

$$\left( [cc] - \frac{[c]^2}{n} \right) \cdot z - \left( [cl] - \frac{[c][l]}{n} \right) = 0 \quad . . . 2,07$$

Die Gleichung von D. S. Parasnis aus der Zeitschrift für Geophysik lautet:

$$\sigma = \frac{[(c - M(c))(l - M(l))]}{[(c - M(c))^2]}, \quad . . . 2,08$$

wobei  $M(l)$  gleich  $\frac{[l]}{n}$  und

$M(c)$  gleich  $\frac{[c]}{n}$  ist.

Die Gleichungen 2,07 und 2,08 sind identisch. Parasnis geht also mit 2 Unbekannten in die Ausgleichung ein. In seiner Originalarbeit führt er auch die zweite Unbekannte, welche unserem Ausdruck „ $t$ “ entspricht, an, doch diskutiert er sie nicht weiter.

F. Kruse<sup>5)</sup> stellt die gemessenen Schwerewerte als folgende Funktion dar:

$$g = g(x, y, h) + f(B), \quad . . . 3,01$$

wobei  $x, y, h$  die Raumkoordinaten sind und  $B$  die geographische Breite ist.

Durch die Taylorentwicklung von 3,01 erhält man

$$g = g_a + \left( \frac{\partial g}{\partial x} \right)_a (x - x_a) + \left( \frac{\partial g}{\partial y} \right)_a (y - y_a) + \left( \frac{\partial g}{\partial h} \right)_a (h - h_a) + \dots + f(B), \quad . . . 3,02$$

wenn im Punkt  $P_a$  die Schwere  $g_a$  und im Punkt  $P$  die Schwere  $g$  vorhanden ist.

Durch Einführen der Normalschwere und des Bouguer-Vertikalgradienten für  $\frac{\partial g}{\partial h}$  erhält F. Kruse schließlich aus der Differenz der Schweremessungen in den Punkten  $P_i$  und  $P_a$  die Fehlergleichung

$$v_i = (g_a - \gamma_{0a}) + \left( \frac{\partial g}{\partial x} \right)_a (x_i - x_a) + \left( \frac{\partial g}{\partial y} \right)_a (y_i - y_a) - \\ - 0,3085(h_i - h_a) + 0,04193 \sigma (h_i - h_a) - (g_i + Top_i \sigma - \gamma_{0i}); \quad . . . 3,03$$

$\gamma_{0i}$  und  $\gamma_{0a}$  sind die Normalreduktionen (Besselsche Reduktion). Wählt man für den Punkt  $P_a$  den tiefsten Messungspunkt, so geht Gleichung 3,03 in Gleichung 1,08 über, wenn man  $t$  als Verbesserung der Bougueranomalie im Punkt  $P_a$  auffaßt.

### III

Um die in einer weiteren Arbeit noch zu behandelnde Methode zur Lotkrümmungsbestimmung<sup>6)</sup> praktisch zu erproben, wurde ein Versuchsfeld erkundet,

<sup>5)</sup> Dr. Ing. F. Kruse: Der Schwereverlauf in der Asse, Dissertation, T. H. Braunschweig 1955.

<sup>6)</sup> K. Ledersteger: Die Reduktion der astronomischen Beobachtungen wegen Lotkrümmung, Schweizer ZfV 53 (1955), Heft Nr. 8.

K. Ledersteger: Die Bestimmung der Lotkrümmung auf dem TP Rosalienkapelle, Schweizer ZfV 56 (1958), Heft Nr. 10, 11, 12.

welches Geländeschwierigkeiten verschiedenen Grades aufweisen sollte, mit einem Triangulierungspunkt 1. Ordnung in Beziehung gebracht werden kann, nicht zu starke Bewaldung aufweist und doch in verhältnismäßiger Stadtnähe liegt (siehe Abb. 2).

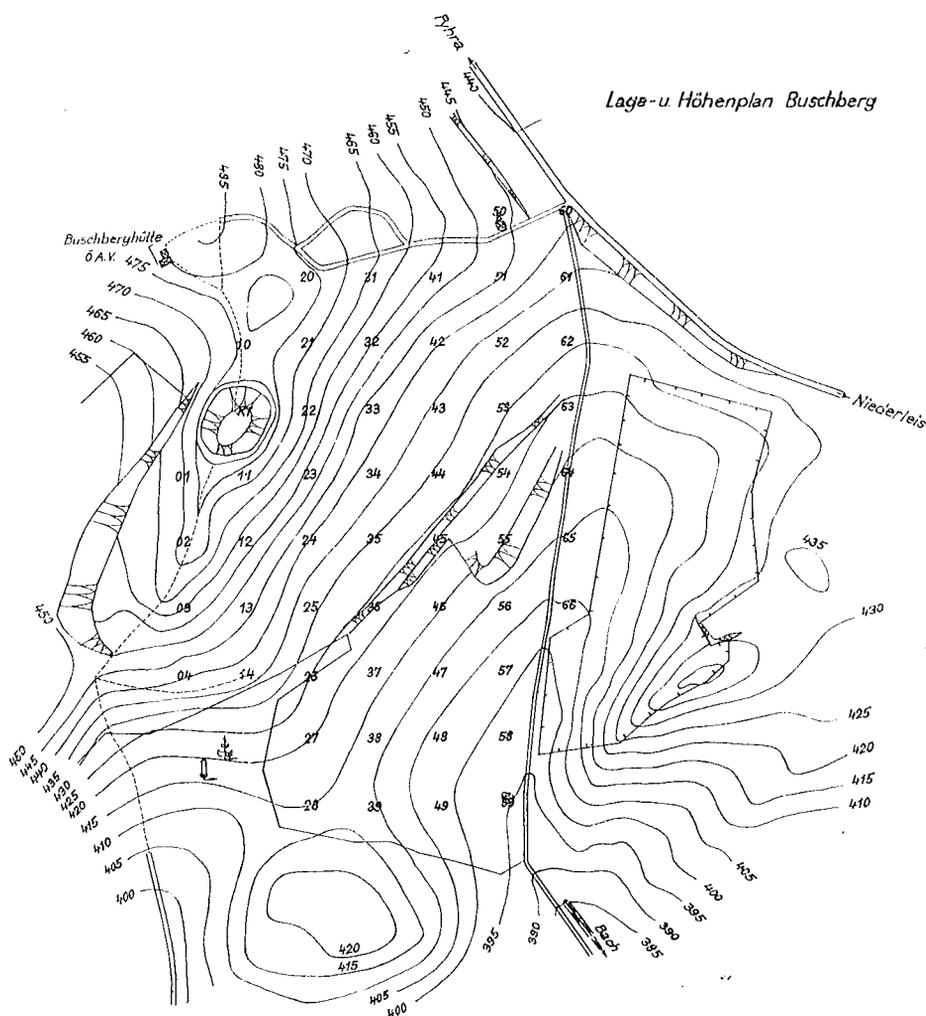


Abb. 2

Die Wahl fiel auf den „Buschberg S. O.“, KT. 227–24, mit den geographischen Koordinaten  $\varphi = 34^{\circ}03'51''1401$ ,  $\lambda = 48^{\circ}34'32''4131$ . Er liegt etwa 8 km nordwestlich Mistelbach und ist von Wien bequem in einer Stunde zu erreichen.

Steigungen von 5 m auf 50 m und maximal 20 m auf 50 m wechseln ab; der unbewaldete Südosthang wurde mit einem Raster von je 50 m Punktabstand im Ausmaß von etwa  $400 \times 400$  m überzogen. Alle Profile wurden mit dem Askania-Gravimeter G. S. 11 Nr. 155 in der Zeit vom 11. 10. bis 28. 10. 1960 zweimal gemessen und am Anfang und Ende doppelt verbunden.

Nachdem der Gang, der 0,1 mgal/St im allgemeinen nicht überschritt, ermittelt und ausgeschaltet worden war, konnten nach Anbringen der Gezeitenkorrekturen schleifenweise die Abschlußdifferenzen gebildet werden.

Die größte auftretende Abschlußdifferenz betrug 0,067 mgal auf 850 m, und der mittlere Fehler ergab sich mit  $\pm 0,009$  mgal auf 50 m, d. h. pro Punktabstand.

Die topographischen Reduktionen für die Oberflächenpunkte wurden bis 600 m Entfernung, und zwar für die Punkte der Reihen 20, 30, 40, 50 und 60 berechnet. Die Höhen der Meßpunkte wurden durch eine Feinnivellementsleife bestimmt.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der aus verschiedenen Ansätzen gerechneten Bodendichte angeführt.

Tabelle 1  
Ergebnisse der Messungen auf dem Buschberg:

Quadrat	Ansatz	Dichte $z$	$z' = \frac{[I]}{[c]}$	Syst.	Gradient		[pp]	$m_z$
				Einfl. $t$	$x$	$y$		
21	42	2,10	2,044	2,068				0,121 $\pm 0,077$
		2,12	2,001		-0,044			0,113 $\pm 0,079$
		2,08	2,052		-0,152	+0,003	0,000	0,017 $\pm 0,332$
23	44	1,08a	2,008		-0,055			0,012 0,000
32	52	2,10	1,763	1,731				0,032 $\pm 0,033$
		2,12	1,837		+0,057			0,024 $\pm 0,057$
		2,08	1,772		+0,094	0	-0,001	0,014 $\pm 0,972$
34	54	1,08a	1,879		+0,093			0,003 0,000
42	62	2,10	1,765	1,777				0,015 $\pm 0,024$
		2,12	1,728		-0,025			0,013 $\pm 0,046$
		2,08	1,776		-0,039	0	+0,001	0,006 $\pm 0,406$
44	64	1,08a	1,705		-0,040			0,001 0,000
34	54	2,10	1,849	1,846				0,045 $\pm 0,036$
		2,12	1,858		+0,007			0,045 $\pm 0,077$
		2,08	3,315		+0,054	+0,008	+0,008	0,037 $\pm 1,414$
36	56	1,08a	1,847		+0,003			0,010 0,000
36	56	2,10	2,080	2,091				0,037 $\pm 0,040$
		2,12	2,054		-0,018			0,037 $\pm 0,079$
		2,08	3,064		-0,111	+0,005	+0,006	0,031 $\pm 1,330$
38	58	1,08a	1,994		-0,043			0,006 0,000

Aus allen Überlegungen heraus könnte man eine einfache Dichtebestimmung für sehr kleine Bereiche mit Hilfe des Ansatzes 1,10 durchführen. Um ein Kriterium für ihre Übereinstimmung mit der Natur zu erhalten, nimmt man die Gleichung 2,03 zu Hilfe. Wenn keine systematischen Einflüsse, sei es durch unetstetige Dichteänderungen oder durch weiter in der Tiefe liegende regionale Störungen der Anziehungskraft, vorhanden sind, müßte  $t = 0$  sein. In diesem Fall müßte die aus 2,03 mit

$$z' = \frac{[I]}{[c]} \quad . . . 2,09$$

gerechnete Dichte der aus 1,10 gerechneten Bodendichte gleich sein. Je größer der Unterschied der beiden Ergebnisse ist, desto größer sind die systematischen Einflüsse.

Durch Einengen des Bereiches könnte man auf diese Art Dichtesprünge mit geringem Rechenaufwand finden.

Für größere Bereiche ist es besser den auf die Längeneinheit bezogenen Bouguerschen-Horizontalgradienten für die Berechnung der Dichte zu vernachlässigen. Man muß also jede Gleichung durch die zugehörige Punktentfernung dividieren.

Aus den Ergebnissen in Tabelle 1, Ansatz 1,08a, sieht man, daß in diesem Fall der mittlere Fehler für die Dichte am kleinsten ist.

## **Eine neue Fehleraufteilung für lange Polygonzüge**

Von *Hans Schmid*, Wien

### *1. Einleitung*

Eine in der Praxis immer wiederkehrende Aufgabe ist die Absteckung der Straßen- oder Eisenbahntrassen von Polygonzügen aus. Dabei handelt es sich meist — wenn man die Autobahnarbeiten außer Betracht läßt — um die Messung langer Polygonzüge (etwa 5 km), die nur am Anfang und am Ende trigonometrische Anschlüsse besitzen, die als Festpunktgerippe sowohl für die Detailaufnahme als auch nachher für die Trassenabsteckung dienen müssen. Da nach den derzeit gültigen Projektierungsrichtlinien die Trassen numerisch, d. h. koordinatenmäßig berechnet werden, handelt es sich bei der Übertragung in die Natur um die Absteckung von Polarkoordinaten. Die Forderung, die man daher an einen Polygonzug zu stellen hat, damit möglichst widerspruchlose Richtungen gegeben werden können, gipfelt in der gleichmäßigen Aufteilung der Restfehler, d. h. die Polygonzugsrestfehler sollen so beseitigt werden, daß die Winkel gleichmäßig und die Seiten proportional ihrer Länge verändert werden. Diese Art der Fehleraufteilung scheint für die gestellte Aufgabe die besten Ergebnisse zu liefern, wie im folgenden noch gezeigt wird. Das Wort „Fehleraufteilung“ an Stelle des so beliebten Wortes „Ausgleichung“ wurde absichtlich gewählt, da man unter „Ausgleichung“ nur die Fehlerverteilung nach einem mathematischen Gesetz (etwa die Summe der Fehlerquadrate muß ein Minimum werden) verstehen soll. In einer Fortsetzung dieses Aufsatzes werden verschiedene Möglichkeiten der Fehlerverteilung einander gegenübergestellt werden, wobei auch die Ausgleichung des Polygonzuges nach der Methode der kleinsten Quadrate vertreten sein wird.

### *2. Aufteilung der Fehler $\Delta q$ und $\Delta L$*

Bei der üblichen Aufteilung der Koordinatenwidersprüche  $f_x$  und  $f_y$  proportional den Seiten- oder den Koordinatendifferenzen treten bekanntlich unter Umständen stärkere Brechungswinkeldeformationen ein, die vom Richtungswinkel der Polygonseite abhängen. Werden nun von einem Polygonpunkt, in welchem eine derartige Brechungswinkeldeformation durch die Fehleraufteilung stattgefunden hat, Trassenpunkte abgesteckt, so kann dies zu unliebsamen Widersprüchen führen. Es sollen daher alle Winkel so wenig wie möglich und gleichmäßig geändert werden, wobei auch die Anschluß- und Abschlußrichtungen miteinbezogen werden müssen.

Wir setzen also einen beidseitig angeschlossenen Polygonzug voraus, der, wie allgemein üblich, mit Theodolit und Maßband gemessen wurde. Der Winkelwiderspruch  $f_{\beta}$  wird gleichmäßig auf alle Brechungswinkel zuerst verteilt, hernach der Polygonzug mit den so verbesserten Brechungswinkeln durchgerechnet.

Bevor an die weitere Fehleraufteilung geschritten wird, ist es vorteilhaft, den Polygonzug etwa im Maßstab 1 : 2500 oder 1 : 5000 auf Millimeterpapier zu kartieren. Diese Arbeit ist keine zusätzliche, da Polygonzugsübersichten für jede derartige praktische Arbeit hergestellt werden müssen. Die Koordinatenwidersprüche  $f_x$  und  $f_y$  werden nunmehr graphisch in den Querfehler  $\Delta q$  und in den Längsfehler  $\Delta L$  umgewandelt. Durch diese Umwandlung löst man sich vom Koordinatensystem und damit auch von der Abhängigkeit der Brechungswinkelverbesserung vom Richtungswinkel der Polygonseiten.

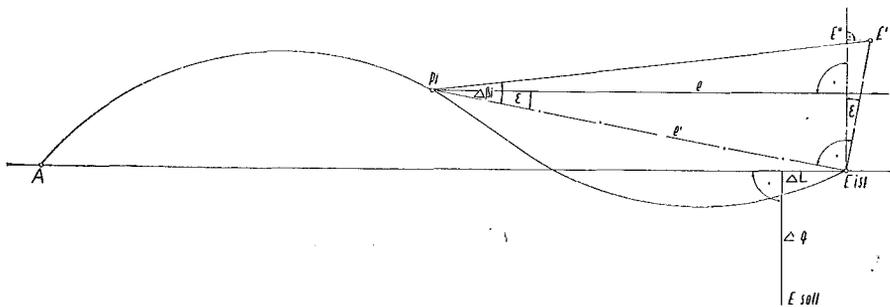


Abb. 1

In der Abb. 1 wird der Einfluß einer Änderung des Brechungswinkels auf den Querfehler  $\Delta q$  gezeigt. Eine Änderung des Brechungswinkels  $\beta_i$  um  $\Delta \beta_i$  bewirkt eine Drehung des Polygonzugsastes  $P_i$  bis  $E$  um  $P_i$  als Mittelpunkt, wodurch der Punkt  $E$  in den Punkt  $E'$  übergeht. Es folgt daher:

$$\overline{EE'} = \frac{e' \Delta \beta_i^{cc}}{\rho^{cc}} \quad \dots (1)$$

Für den Einfluß auf den Querfehler ist es aber notwendig, die Projektion der Strecke  $\overline{EE'}$  auf die Richtung des Querfehlers, also senkrecht zur absoluten Polygonzugsrichtung, zu kennen. Es ergibt sich daher

$$\overline{EE''} = \overline{EE'} \cos \varepsilon \quad \dots (2a)$$

und

$$e = e' \cos \varepsilon \quad \dots (2b)$$

und daher weiter wegen der Gleichungen (1) und (2a)

$$\overline{EE''} = \frac{e \Delta \beta_i^{cc}}{\rho^{cc}} \quad \dots (3)$$

Mit Hilfe dieser einfachen Beziehung (3) ist die Fehlergleichung für den Querfehler  $\Delta q$  wie folgt aufzustellen, wobei für die Größen  $\Delta \beta_i^{cc}$  die in der Fehlerrechnung übliche Bezeichnung „ $v$ “ verwendet wird:

$$\Delta q = e_1 v_1 + e_2 v_2 + e_3 v_3 + \dots + e_n v_n \quad \dots (4)$$

Weiters ist zu beachten, daß sich die An- und Abschlußrichtungen auch nur ebenso stark ändern dürfen wie die Brechungswinkel. Dies erreicht man am besten dadurch,

daß in einem Punkt möglichst in der Mitte des Polygonzuges der halbe Querfehler  $\Delta q/2$  von beiden Enden des Polygonzuges her eliminiert wird. Die folgende Abb. 2 zeigt diesen Vorgang.

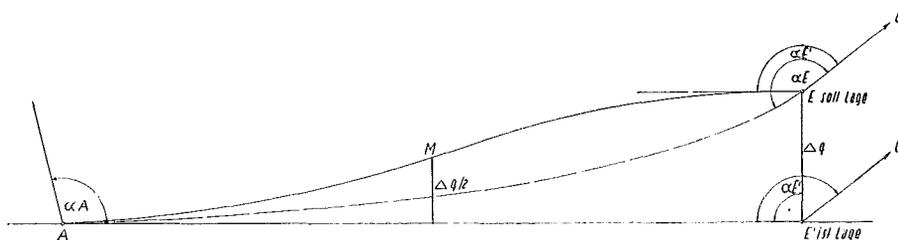


Abb. 2

Würde man den Querfehler  $\Delta q$  durch die Gleichung (4) eliminieren, dann entstünde im Punkt  $E$  eine Richtungsänderung von der Größe  $n \cdot \Delta \beta_i^{cc}$  für einen  $n$ -seitigen Polygonzug (gestrichelter Polygonzugsverlauf). Teilt man jedoch von beiden Enden kommend etwa in der Mitte des Polygonzuges  $\Delta q/2$  auf, so wird die größte Richtungsänderung der Polygonseiten beim Punkt  $M$  sein, wobei sie  $n/2 \cdot \Delta \beta_i^{cc}$  (durchgezogener Polygonzugsverlauf) betragen wird. Die Verbesserungen der Brechungswinkel in der ersten Polygonzugshälfte bewirken Richtungsänderungen der Polygonseiten, die durch die Verbesserungen der Brechungswinkel in der zweiten Polygonzugshälfte aufgehoben werden, so daß die An- und Abschlußrichtungen je bis auf  $1 \cdot \Delta \beta_i''$  erhalten bleiben. Man hat nun jenen Punkt als „Mittelpunkt“ zu wählen, für den gilt

$$\Sigma (ev)_{links} = \Sigma (ev)_{rechts} \quad \text{und} \quad \Sigma v_{links} = \Sigma v_{rechts} \quad . . . (5)$$

Die Bedingungen (5) sind praktisch mathematisch streng nicht einzuhalten, da ja der Mittelpunkt  $M$  mit einem Polygonpunkt zusammenfallen müßte. Es ist jedoch rasch der Punkt rein empirisch zu finden, für den die Bedingungen (5) am besten erfüllt sind. Es darf hier erinnert werden, daß es sich ja um lange Polygonzüge handelt, so daß immer in der Nachbarschaft vom idealen Mittelpunkt ein Polygonpunkt liegt. Die Verbesserungsgleichungen für die Polygonsmitte lauten nun, wenn der linke Ast  $n$  und der rechte Ast  $m$  Polygonpunkte besitzt:

$$\frac{\Delta q}{2} = e_1 v_l + e_2 v_l + \dots + e_n v_l = \Sigma_1^n e \cdot v_l$$

daraus

$$v_{links}^{cc} = \frac{\Delta q}{2 \Sigma_1^n e} \cdot \rho^{cc} \quad . . . (6a)$$

und analog

$$v_{rechts}^{cc} = \frac{\Delta q}{2 \Sigma_1^m e} \cdot \rho^{cc} \quad . . . (6b)$$

Die Winkelverbesserungen im linken und rechten Ast werden demnach bei langen Polygonzügen praktisch gleich sein, da  $\frac{m}{n} \doteq 1$  sein wird, wodurch die Bedingungen (5) praktisch erfüllt werden. Sind nun die Größen  $v_{links}^{cc}$  und  $v_{rechts}^{cc}$  berechnet, so ist der Einfluß der Verbesserungen  $v_i$  auf die Koordinatenverbesserung zu er-

mitteln. Dies geschieht graphisch mit Hilfe des bereits kartierten Polygonzuges. Auf jede Polygonseite wird eine Normale errichtet und auf dieser die Strecke  $\frac{s \cdot \nu^{ec}}{\rho^{ec}}$  (mit dem Rechenschieber berechnet) aufgetragen (Abb. 3).

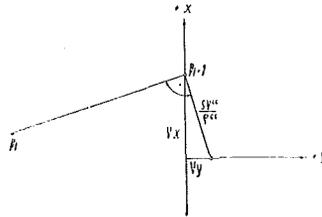


Abb. 3

Entsprechend der Abb. 3 entnimmt man sofort die Koordinatenverbesserungen  $\nu_x$  und  $\nu_y$ . Da die Projektionen der Seitensenkrechten auf die Richtung des absoluten Querfehlers in ihrer Gesamtheit den halben Querfehler  $\Delta q/2$  (Abb. 1 und Gleichungen 6 a und 6 b) betragen, werden die Verbesserungen  $\nu_x$  und  $\nu_y$  in ihrer Gesamtheit ebenfalls den Wert des halben Querfehlers erreichen, allerdings wird außerdem ein zusätzlicher Längsfehler  $\Delta L'$  entstehen (Abb. 4).

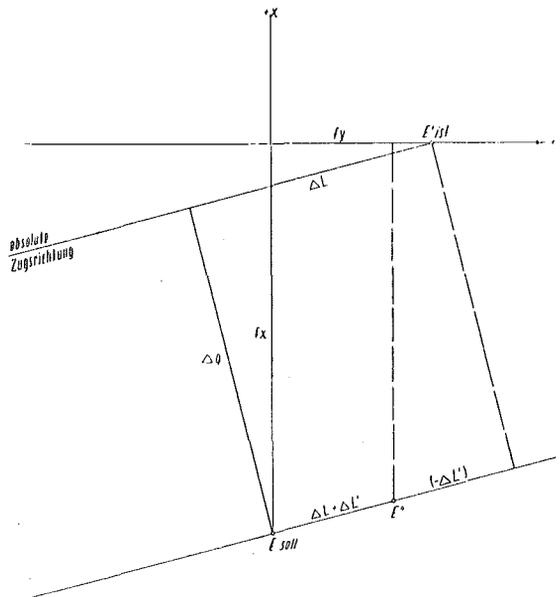


Abb. 4

Hat man nun sämtliche Verbesserungen  $\nu_x$  und  $\nu_y$  wegen des Querfehlers angebracht, so ist der Endpunkt  $E$  des Polygonzuges derart verdreht worden, daß er nunmehr auf einer Parallelen zur absoluten Polygonzugsrichtung durch den Sollendpunkt  $E$  des Polygonzuges liegen muß ( $E''$ ). Nunmehr hat man den Restlängsfehler, der sich aus den Größen  $\Delta L$  und  $\Delta L'$  zusammensetzt, zu eliminieren. Dies geschieht

durch eine einfache Maßstabsänderung, wodurch keinerlei Winkeländerung mehr verursacht wird. Man hätte also nun alle Seiten im Verhältnis  $\frac{\Delta L + \Delta L'}{AE''}$  zu verändern. Es genügt aber praktisch vollkommen, den Maßstabsquotienten aus  $\frac{\Delta L + \Delta L'}{AE'}$  oder  $\frac{\Delta L + \Delta L'}{AE}$  zu bestimmen, wie leicht einzusehen ist. Dieser Quotient mit den einzelnen Seiten multipliziert ergibt die Seitenverbesserungen, welche, analog Abb. 3, die Verbesserungen  $v_x$  und  $v_y$  wegen der Maßstabsänderung liefern. Die Summen aller entsprechenden  $v_x$  und  $v_y$  ergeben die endgültigen Koordinatenverbesserungen  $d\Delta x$  und  $d\Delta y$  und damit die endgültigen Koordinaten.

### 3. Praktisches Beispiel

In der Beilage ist nun ein numerisches Beispiel für einen Polygonzug mit 20 Seiten durchgeführt. Die Kartierung ist im Original auf Millimeterpapier im Maßstab 1 : 2500 erfolgt. (Die Beilage ist auf die Hälfte verkleinert.)

Die Sollkoordinaten der Punkte 1 und 20 sind gegeben. Die angegebenen Brechungswinkel  $\beta_i$  sind bereits die auf Grund des Richtungswiderspruches vorläufig verbesserten Werte. Die Koordinatenwidersprüche sind im Original im Maßstab 1 : 10 dargestellt und betragen für  $f_x = -0,890$  m und für  $f_y = -0,270$  m (Soll-Ist), woraus sich für den Längs- bzw. Querfehler die Werte  $\Delta L = -0,49$  m und  $\Delta q = -0,79$  m ergeben. Die Berechnung der ersten Polygonzugshälfte ergibt eine Winkelverbesserung von  $v_{links} = 66^{cc}$  und von  $v_{rechts} = 70^{cc}$ . Die Seite 9,10 wird daher um  $9 \times 66^{cc} = 594^{cc}$  und die Seite 11,10 wird um  $10 \times 70^{cc} = 700^{cc}$  in ihren Richtungen geändert. Dies entspricht einer Winkeländerung im Pkt. 10 um  $106^{cc}$  gegenüber einer solchen von  $70^{cc}$  bzw.  $66^{cc}$  in den Punkten der beiden Polygonzugstäbe. Diese Differenz von rund  $30^{cc}$  resultiert aus der Differenz der Summen von  $e_{links}$  und  $e_{rechts}$ . Für die Absteckung von Trassenpunkten ist dieser kleine Widerspruch aber belanglos.

In der Spalte  $n \cdot v_y$  bzw.  $n \cdot v_x$  der Tabelle sind die Einzelverbesserungen mit der Ordnungsnummer  $n$  der Polygonseite multipliziert worden, da ja z. B. die Seite 3,4 bereits um  $3 \cdot v^{cc}$  verdreht worden ist. In der 8. bzw. 11. Spalte oben sind die Gesamtverbesserungen wegen des Querfehlers verzeichnet. Da der Abschlußwinkel ebenso wie der Anschlußwinkel erhalten bleiben soll, beginnt die Fehleraufteilung des rechten Astes mit der letzten Seite, im speziellen Fall mit der Seite vom Punkt 20 zum Punkt 19, während die Fehleraufteilung des linken Astes von der Seite 1,2 ausgeht. Die Gesamtverbesserung wegen des Querfehlers beträgt  $+16$  mm in der  $y$ -Richtung und  $-813$  mm in der  $x$ -Richtung. Trägt man diese Werte in die graphische Darstellung ein, so liegt der Endpunkt des Polygonzuges bereits auf einer Parallelen durch den Sollendpunkt des Polygonzuges zur Zugshauptrichtung.

Der Maßstabsfaktor beträgt jetzt  $0,29$  m, geteilt durch die absolute Zuglänge von rund  $1460$  m, demnach  $0,000199$ , also rund  $0,0002$ . Mit diesem Faktor ist jede Seite zu multiplizieren, und der so erhaltene Betrag ist graphisch in seine  $x$ - und  $y$ -Anteile zu zerlegen. Diese Werte sind in den Spalten 8 und 11 unten ausgewiesen.

N	Polygon- punkts- nummer	Brechungs- winkel in g	Richtungs- winkel in g	Seiten- länge m	wegen $\Delta q$ in mm		$\Delta y$ verbessert		wegen $\Delta q$ in mm		$\Delta x$ verbessert		y	x
					$v_y$	$n \cdot v_y$	$\Delta y$	$-v_{yq}$	$v_x$	$n \cdot v_x$	$\Delta x$	$-v_{xq}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
0	1												1000-00	1000-00
1	2	210	60	100	+ 6	6	+ 80 <sup>890</sup> <sub>900</sub> + 6 - 16	- 9	- 9	+ 58 <sup>759</sup> <sub>780</sub> - 9 - 12	1080-890	1058-759		
2	3	170	70	120	+ 6	12	+ 106 <sup>911</sup> <sub>920</sub> - 21 + 12	- 11	- 22	+ 54 <sup>447</sup> <sub>480</sub> - 21	1187-801	1113-206		
3	4	200	40	80	+ 7	21	+ 47 <sup>032</sup> <sub>020</sub> - 9 + 21	- 5	- 15	+ 64 <sup>693</sup> <sub>720</sub> - 12 + 15	1234-833	1177-899		
4	5	200	40	50	+ 4	16	+ 29 <sup>400</sup> <sub>390</sub> - 6 + 16	- 3-2	- 13	+ 40 <sup>429</sup> <sub>450</sub> - 8 + 13	1264-233	1218-328		
5	6	200	40	130	+ 10-8	54	+ 76 <sup>449</sup> <sub>410</sub> - 15 + 54	- 8	- 40	+ 105 <sup>109</sup> <sub>170</sub> - 21 + 40	1340-682	1323-437		
6	7	240	40	100	+ 8-6	51-6	+ 58 <sup>820</sup> <sub>780</sub> - 12 + 52	- 5-8	- 35	+ 80 <sup>849</sup> <sub>900</sub> - 16 + 35	1399-502	1404-286		
7	8	210	80	90	+ 2-8	19-6	+ 85 <sup>603</sup> <sub>600</sub> - 17 + 20	- 8-9	- 63	+ 27 <sup>742</sup> <sub>810</sub> - 5 + 63	1485-105	1432-028		
8	9	230	90	120	+ 2	16	+ 118 <sup>513</sup> <sub>520</sub> - 23 + 16	- 12-2	- 98	+ 18 <sup>668</sup> <sub>770</sub> - 4 + 98	1603-618	1450-696		
9	10	220	120	80	- 2-4	21-6	+ 76 <sup>043</sup> <sub>080</sub> - 15 + 22	- 7-9	- 72	- 24 <sup>788</sup> <sub>720</sub> + 4 - 72	1679-661	1425-908		
10	11	200	140	70	- 4-5	45	+ 56 <sup>574</sup> <sub>630</sub> - 11 + 45	- 6-1	- 61	- 41 <sup>198</sup> <sub>145</sub> + 8 + 8	1736-235	1384-710		
9	12	200	140	80	- 5	45	+ 64 <sup>662</sup> <sub>720</sub> - 13 + 45	- 7	- 63	- 47 <sup>074</sup> <sub>020</sub> + 9 + 63	1800-897	1337-636		
8	13	200	140	100	- 6-5	52	+ 80 <sup>832</sup> <sub>900</sub> - 16 + 52	- 8-7	- 70	- 58 <sup>838</sup> <sub>780</sub> + 12 + 12	1881-729	1278-798		
7	14	180	140	110	- 7	49	+ 88 <sup>925</sup> <sub>990</sub> - 16 + 49	- 9-6	- 67	- 64 <sup>711</sup> <sub>657</sub> + 13 + 13	1970-654	1214-087		
6	15	170	120	100	- 3-5	21	+ 95 <sup>070</sup> <sub>110</sub> - 21 + 21	- 10-5	- 63	- 30 <sup>957</sup> <sub>900</sub> + 6 + 6	2065-724	1183-130		
5	16	190	90	90	+ 2	10	+ 88 <sup>882</sup> <sub>890</sub> - 18 + 10	- 9-3	- 47	+ 14 <sup>030</sup> <sub>080</sub> - 3 + 3	2154-606	1197-160		
4	17	180	80	80	+ 3	12	+ 76 <sup>077</sup> <sub>080</sub> - 15 + 12	- 8-2	- 33	+ 24 <sup>682</sup> <sub>720</sub> - 3 + 3	2230-683	1221-842		
3	18	200	60	80	+ 5-4	16	+ 64 <sup>723</sup> <sub>720</sub> - 13 + 16	- 7	- 21	+ 46 <sup>990</sup> <sub>990</sub> - 21 + 9	2295-406	1268-832		
2	19	200	60	100	+ 6-3	13	+ 80 <sup>897</sup> <sub>900</sub> - 16 + 13	- 8-7	- 17	+ 58 <sup>751</sup> <sub>780</sub> - 12 + 17	2376-303	1327-583		
1	20		60	50	+ 3	3	+ 40 <sup>445</sup> <sub>450</sub> + 3 + 8	- 4-5	- 5	+ 29 <sup>380</sup> <sub>390</sub> - 6 + 6	2417-01 2416-74	1357-85 ist 1356-96 soll		

$f_y = 0.270 \quad f_x = 0.890$

Ast 1-10 : 0-40 = 766 v + 676 v + 558 v + 494 v + 454 v + 352 v + 278 v + 188 v + 70 v = 3836 v. v = 66<sup>cc</sup>  
 Ast 20-11 : 0-40 = 696 v + 646 v + 556 v + 480 v + 400 v + 310 v + 220 v + 154 v + 90 v + 40 v = 3592 v. v = 70<sup>cc</sup>

Die Rückrechnung ergibt bis auf kleine Abwendungsfehler die erwarteten Brechungswinkeländerungen. Es ist empfehlenswert, die Rechnung auf Millimeter durchzuführen, besonders dann, wenn man durch Rückrechnung der Richtungswinkel eine Überprüfung durchführen will, was aber praktisch nicht notwendig ist.

## Allgemeine und spezielle überbestimmte analytische Lösungen der einfachen Punkteinschaltung im Raum

Von *Ludwig Starkl*, Wels

(Schluß)

Dieses einfache, übersichtliche Verfahren zur Bestimmung der äußeren Orientierungselemente eines Luftbildes kann für die praktisch wichtigste Aufnahmeart, der Senkrechtaufnahme mit möglichst lotrechter Kammerachse so modifiziert werden, daß an Stelle von neun Paßpunkten nur mehr vier Paßpunkte gegeben sein müssen. Hierbei wird von einer partiellen Linearform der Gleichungen jener bereits von *G. Monge* bei seiner graphischen Lösung benützten Wulst- bzw. Torusflächen ausgegangen. Diese repräsentieren die geometrischen Örter aller Raumpunkte, von denen aus die Verbindungsgeraden  $\varepsilon_n$  je zweier Paßpunkte  $P_o$  und  $P_n$  unter den gleichen, homologen Positionswinkeln  $\alpha_n$  erscheinen, die durch die Gleichung

$$\cos \alpha_n = \frac{\mathbf{r}_n \cdot \mathbf{r}_o}{|\mathbf{r}_n| |\mathbf{r}_o|} = r_n^o \cdot r_o^o \quad . . . (24)$$

bestimmt werden. Aus der zweiten Vektorgleichung (18) folgt durch innere Multiplikation mit  $\mathfrak{R}_o$  und mit Einführung der Bezeichnungen

$$|\mathfrak{R}_o| = r_o \quad |\mathfrak{R}_n| = r_n \quad . . . (25)$$

die Gleichung der Torusflächen in der speziellen Gestalt

$$\mathfrak{R}_o \cdot \varepsilon_n = \mathfrak{R}_o^2 - \mathfrak{R}_o \cdot \mathfrak{R}_n = r_o^2 - r_o r_n \cos \alpha_n = c_n \quad . . . (26)$$

In diesem Zusammenhang bietet die reziproke Spiegelung der oben betrachteten Kreisringflächen an einer um das Abbildungszentrum  $P_o$  gelegten Inversionskugel ein gewisses allgemeines Interesse. Bei der Herleitung von Formeln für die einfache und die Doppelpunkteinschaltung in der Ebene vermittelt eine Inversion eine bemerkenswert einfache analytische Lösung [7]. Die Abbildung durch reziproke Entfernungen ist für die Aufgabe des ebenen Rückwärtseinschneidens zum ersten Male von *C. F. Gauss* angewendet worden (*Gauss Werke*, Bd. VIII, S. 328–329). Die räumliche Modifikation dieses Verfahrens zeigt allgemein die Entsprechung von Torus- und Kegelflächen in einer durch die Abbildungsgleichungen

$$\mathfrak{R} = \frac{1}{|\mathfrak{R}'|} \mathfrak{R}'^o = \frac{\mathfrak{R}'}{\mathfrak{R}'^2} \quad \mathfrak{R}' = \frac{1}{|\mathfrak{R}|} \mathfrak{R}^o = \frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{R}^2} \quad . . . (27)$$

bestimmten, reziproken Raumtransformation. Die aus dem Ansatz

$$\mathfrak{R}_o \cdot \mathfrak{R}_n = |\mathfrak{R}_o \times \mathfrak{R}_n| \cot \alpha_n \quad . . . (28)$$

über die zweite Gleichung (18) erhaltene Form

$$\mathfrak{R}_o \cdot (\mathfrak{R}_o - \varepsilon_n) = |\mathfrak{R}_o \times \varepsilon_n| \cot \alpha_n \quad . . . (29)$$

führt vermittelt (27) zur Kegelflächengleichung

$$1 - \mathfrak{R}_0' \cdot \mathfrak{E}_n = |\mathfrak{R}_0' \times \mathfrak{E}_n| \cot \alpha_n \quad . . . (30)$$

welche völlig analog auch für den Fall des *ebenen Rückwärtseinschneidens* gilt.

Wenn für die Koordinaten des Aufnahmeortes auf irgendeinem Wege Näherungswerte erhalten werden können, lassen sich die Werte  $c_n$  in (26) mit den aus diesen Näherungswerten gerechneten Entfernungen  $r_o$  und  $r_n$  und den nach (24) gebildeten Positionswinkeln  $\alpha_n$  näherungsweise ermitteln. Im Falle der vorausgesetzten genäherten Senkrechtaufnahme sind Näherungswerte der Koordinaten des Aufnahmeortes einfach zu ermitteln. Wegen der unvermeidlichen kleinen Flugzeugschwankungen weicht die Kammerachse vom Lot in der Regel bis zu einer Nadirdistanz von 2<sup>g</sup> ab. Bei Vernachlässigung dieser Abweichungen ist der Basisvektor  $\mathfrak{k}$  des mit der Luftaufnahme verbundenen Dreibeins parallel zum Basisvektor  $e_3$  des Rechen-systems, woraus unmittelbar die Bedingungen

$$\begin{aligned} (e_1 \cdot \mathfrak{k}) = (e_2 \cdot \mathfrak{k}) = (e_3 \cdot i) = (e_3 \cdot j) = 0 \\ (e_3 \cdot \mathfrak{k}) = 1 \end{aligned} \quad . . . (31)$$

resultieren. Zwischen den in (9) verbleibenden vier restlichen skalaren Produkten bestehen nach der Lagrange'schen Identität mit Rücksicht auf (31) und die für orthogonale Einheitsvektoren gültigen Beziehungen

$$e_1 = e_2 \times e_3 \quad e_2 = e_3 \times e_1 \quad j = \mathfrak{k} \times i \quad . . . (32)$$

die Relationen

$$\begin{aligned} (e_1 \cdot j) = (e_2 \times e_3) \cdot (\mathfrak{k} \times i) = -(e_2 \cdot i) \\ (e_2 \cdot j) = (e_3 \times e_1) \cdot (\mathfrak{k} \times i) = (e_1 \cdot i) \end{aligned} \quad . . . (33)$$

Mit (31), (33) und (9) ergibt sich aus (8) eine lineare, inhomogene Gleichung

$$(aX_{n1} + bX_{n2})a_{11} + (aX_{n2} - bX_{n1})a_{21} - cX_{n3} = 0 \quad . . . (34)$$

für 2 Hilfsunbekannte  $a_{11}$  und  $a_{21}$ , zu deren Bestimmung 2 Gleichungen (34) bzw. 3 Paßpunkte nötig sind. Wegen  $\varphi = \omega = 0$  sind  $a_{11}$  und  $a_{21}$  Funktionen einer einzigen Hauptunbekannten  $x$ , so daß beide  $a_{ik}$  voneinander abhängig sein müssen. Der Zusammenhang ist am einfachsten über die Gleichung

$$i^2 = 1$$

aus (12) mit

$$a_{11}^2 + a_{21}^2 = 1 \quad . . . (35)$$

gegeben. Mit (35) könnte aus (34) eine quadratische Gleichung gewonnen werden, deren Koeffizienten bei nur 2 vorliegenden Paßpunkten bestimmbar sind. Dieser doppeldeutigen Lösung ist der 3 Paßpunkte erfordernde eindeutige Weg über (34) vorzuziehen, da jene für die Einzelbildorientierung ohnehin postuliert werden müssen. Die Näherungskordinaten des Aufnahmeortes werden durch Einführung der Zahlenwerte für  $a_{11}$  und  $a_{21}$  in die zufolge (31) und (33) vereinfachten Formeln (16) bis (23) ermittelt. Hiermit sind die Voraussetzungen für die Auflösung der drei zur Bestimmung der Unbekannten  $X_{pk}$  erforderlichen Gleichungen (26), die sich mit Ausschreibung der skalaren Produkte in der Linearform

$$X_{n1}X_{p1} + X_{n2}X_{p2} + X_{n3}X_{p3} = c_n \quad . . . (36)$$

darstellen, gegeben.

Wie erwähnt, genügen zur Bestimmung der Gleichungskoeffizienten  $X_{nk}$  vier Paßpunkte. Werden  $\mathfrak{N} = (X_{P1}, X_{P2}, X_{P3})$  und  $\mathfrak{S} = (c_1, c_2, c_3)$  als Spaltenvektoren und  $\mathfrak{s} = (X_{nk})$  als Koeffizientenmatrix aufgefaßt, kann das aus drei Gleichungen (36) zusammengesetzte Gleichungssystem vermöge dieser Symbolik in der abgekürzten Form

$$\mathfrak{s} \mathfrak{N} = \mathfrak{S} \quad . . . (37)$$

geschrieben werden. Dieses Gleichungssystem entspricht der Gleichungsgruppe (19) in der bezogenen Arbeit von Killian [2]. Die Werte  $c_n$  sind a. a. O. nicht in der Form (26) dargestellt, sondern werden durch eine Methode zur Lösung von algebraischen Gleichungen beliebig hohen Grades bei geometrisch überbestimmten Aufgaben, welche auf eine von F. J. Müller in den Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten 1925, Nr. 16, abgeleitete Gleichung vierten Grades für das Verhältnis der Kantenlängen

$$v_n = \frac{r_n}{r_o} \quad . . . (38)$$

angewendet wird, auf einem immerhin langwierigen Weg berechnet und dann als Konstante in die linearen Gleichungen eingeführt.

Hier sollen andere Möglichkeiten studiert werden. Ist  $\mathfrak{s}^{(k)}$  diejenige Matrix, die aus  $\mathfrak{s}$  dadurch entsteht, daß man die  $k$ -te Spalte durch  $\mathfrak{S}$  ersetzt, dann läßt sich das Gleichungssystem (37) durch Auflösung nach Cramer auf die Form

$$X_{Pk} = \frac{|\mathfrak{s}^{(k)}|}{|\mathfrak{s}|} = f_k(X_{P1}, X_{P2}, X_{P3}) \quad (k = 1, 2, 3) \quad . . . (39)$$

bringen. Die unbekanntenen Koordinaten des Aufnahmeortes drücken sich wieder in Funktion der Koordinaten desselben aus. Die Lösung eines solchen Gleichungssystems kann durch die Iteration

$$X_{Pk}^{v+1} = f_k(X_{P1}^v, X_{P2}^v, X_{P3}^v) \quad (v=1, 2, \dots) \quad . . . (40)$$

gefunden werden [8], wobei das Verfahren in einer sämtliche Näherungen enthaltenden prismatischen Umgebung der Lösung konvergiert, wenn gleichzeitig

$$\sum_{k=1}^3 \left| \frac{\partial f_k}{\partial X_{Pk}} \right| < 1 \quad (\rho = 1, 2, 3) \quad . . . (41)$$

ist. Eine spezielle Konvergenzuntersuchung erweist dieses Verfahren im vorliegenden Fall als divergent.

Die Iteration ist daher anders anzusetzen. Zur Befriedigung der drei in der Gestalt

$$g_n(X_{P1}, X_{P2}, X_{P3}) = \mathfrak{N}_o \cdot \mathfrak{s}_n - c_n = 0 \quad (n = 1, 2, 3) \quad . . . (42)$$

geschriebenen Gleichungen (37), für die  $X_{Pk}^v$  nach dem geschilderten Verfahren ermittelte Näherungswerte einer Lösung sind, werden verbesserte Werte

$$X_{Pk}^{v+1} = X_{Pk}^v + \Delta X_{Pk}^v \quad . . . (43)$$

durch Auflösung des aus (42) nach Taylor entwickelten Systems von drei linearen Gleichungen

$$\sum_{k=1}^3 \left( \frac{\partial g_n}{\partial X_{Pk}} \right)_v \Delta X_{Pk}^v + g_n(X_{P1}, X_{P2}, X_{P3}) = 0 \quad (n = 1, 2, 3) \quad . . . (44)$$

nach den Unbekannten  $\Delta X_{pk}$  berechnet. Der Index  $v$  an den partiellen Differentialquotienten bedeutet, daß diese Werte für die Stelle  $X_{pk}^v$  zu nehmen sind. Für die partiellen Differentialquotienten folgt mit Beachtung der Gleichungen (26), (36) und (38) nach einer einfachen Rechnung

$$\left(\frac{\partial g_n}{\partial X_{pk}}\right) = \left(1 - \frac{\cos \alpha_n}{v_n}\right) (X_{nk} - X_{pk}) - (1 - v_n \cos \alpha_n) X_{pk} = p_n (X_{nk} - X_{pk}) - q_n X_{pk} \quad \dots (45)$$

wobei die Koeffizienten  $p_n$  und  $q_n$  unabhängig vom Index  $k$  sind.

Die praktische Anwendung derartiger analytischer Methoden wird noch manche Schwierigkeiten bieten, deren Behandlung jedoch den Rahmen der vorliegenden Arbeit überschreiten würde.

#### *Literatur:*

- [1] *E. Müller:* „Lehrbuch der Darstellenden Geometrie für Technische Hochschulen“, 1908, 1. Band, 52. Aufgabe.
- [2] *K. Killian:* „Über das Rückwärtseinschneiden im Raum“, Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen 43 (1955), Nr. 4/6.
- [3] *E. Gotthardt:* „Zur Unbestimmtheit des räumlichen Rückwärtseinschnittes“, Mitt. d. Deutsch. Ges. f. Photogramm., 1940, Heft 5.
- [4] *W. Wunderlich:* „Über den gefährlichen Rückwärtseinschnitt“, Jahresbericht der Deutschen Mathematikervereinigung, Bd. 53, 1943, Heft 2.
- [5] *E. Gotthardt:* „Genauigkeitsfragen beim räumlichen Rückwärtseinschnitt und bei der Doppelpunkteinschaltung im Raum“, Zeitschrift für Vermessungswesen 71 (1942), Heft 10.
- [6] *K. Rimmer:* „Eine allgemeine analytische Lösung des Folgebildanschlusses“, Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen 44 (1956), Nr. 1.
- [7] *L. Starkl:* „Die analytische Lösung der Probleme von Snellius und Hansen mit Hilfe der Transformation durch reziproke Radien“, Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen 46 (1958), Nr. 5.
- [8] *G. Schulz:* „Formelsammlung zur praktischen Mathematik“, Sammlung Göschen.

## Mitteilungen

### In memoriam Hofrat Ing. Artur Morpurgo, Ehrenmitglied des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen

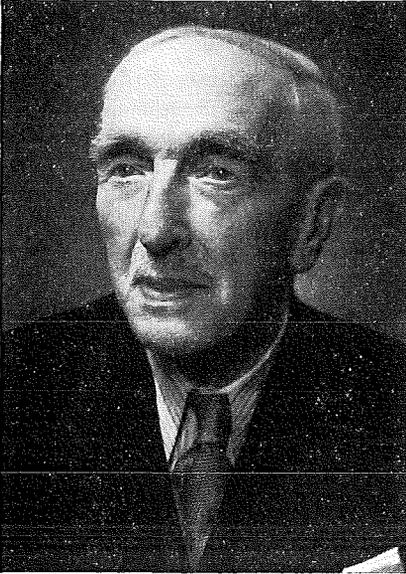
Nach einer schweren Operation starb am 13. Juni 1961 Hofrat *Morpurgo* knapp vor Vollendung seines 85. Lebensjahres. Seinem Wunsche gemäß wurde er gemeinsam mit seiner ihm 1957 im Tode vorangegangenen Gattin Stephanie, die aus dem Wiener Zentralfriedhof exhumiert worden war, nach Graz überführt, wo beide am 21. Juni unter großer Beteiligung der Grazer Vermessungsbeamten am dortigen Zentralfriedhof beigesetzt wurden. Das Bundesamt und der Österreichische Verein für Vermessungswesen hatten ihn durch Widmung von Kränzen geehrt.

In *Morpurgo* verlor das Bundesamt einen hervorragend begabten und vielfach bewährten Mitarbeiter und die Kollegenschaft einen ihrer markantesten Persönlichkeiten.

Er wurde am 24. August 1876 als fünftervon sechs Söhnen eines Spediteurs in Triest geboren, wo er die deutsche Volksschule besuchte. Nach dem Tode seines Vaters übersiedelte die Familie nach Marburg an der Drau. Hier besuchte er — immer als Vorzugsschüler — die Staatsoberrealschule. Leider erhielt er bei der Maturitätsprüfung nur einen „sehr guten Erfolg“ zuerkannt, obgleich er die Auszeichnung als sicher erwartet hatte. Diese erste in seiner Jugend erlittene Ungerechtigkeit von der er öfters sprach, hatte vielleicht das Gute, daß sie ihn gegen spätere größere Enttäuschungen abhärtete.

Nach der Matura ging er an die Technische Hochschule in Graz, um Maschinenbau zu studieren. Aber bald erkannte er, daß die Kosten dieses Studiums seine Mutter zu stark belasteten und

daß auch die Erteilung von Nachhilfestunden dem nicht abhalf. Da kam gerade vom Leiter der Neuvermessung der Stadt Graz, dem Obergemeter Josef *Baše* sen., eine Anfrage an die Technische



*Morpurgo*

Hochschule, ob sich nicht ein in Mathematik und Geodäsie ausgebildeter Student zur Mitarbeit bei der Neuvermessung und zum Eintritt in den Grundsteuerkataster melden möchte. *Morpurgo* interessierte sich dafür, absolvierte die für den Grundsteuerkataster vorgeschriebenen Gegenstände<sup>1)</sup>, und trat nach einjährigem Hochschulstudium als Evidenzhaltungsseleve in den Staatsdienst. Die Finanzlandesdirektion Graz, der er anfänglich unterstand, teilte ihn der Neuvermessung Graz zu, die vom Triangulierungs- und Kalkülbüro des Finanzministeriums durchgeführt wurde<sup>2)</sup>. Schon im Herbst 1896 erfolgte seine Überstellung in das letztgenannte Büro und damit seine Versetzung nach Wien.

Hier lernte er den strengen Dienst in der Triangulierung und Neuvermessung kennen, der von den Beamten größte Aufopferung verlangte, ihnen aber auch Begünstigungen in ihrem Vorwärtskommen bot. Schon 1898 erfolgte seine Ernennung zum Geometer II. Kl. und 1900 zum Geometer I. Kl. Dazwischen legte er auch noch sein Einjährigfreiwilligenjahr beim Militär ab. 1907 wurde er zum Obergemeter II. Kl. und 1911 zum Obergemeter I. Kl. befördert, was normal die letzte Rangklasse war, die ein Evidenzhaltungsbeamter erreichen konnte. *Morpurgo* kam aber

in den Überwachungsdienst und wurde 1913 zum Evidenzhaltungsinspektor in Klagenfurt ernannt.

Während seiner Tätigkeit im Triangulierungs- und Kalkülbüro war er hauptsächlich mit folgenden Arbeiten beschäftigt:

*Mitwirkung* bei der Neuvermessung der Stadt Graz und sodann bei der Triangulierung und Neuvermessung der Stadt Jägerndorf. *Leitung* der Triangulierung und Neuvermessung der Stadt Villach, der Triangulierungen von Feldkirchen, Mallnitz, Velden am Wörthersee, Wels, Enns und Mauthausen (samt Nivellement), Triangulierung des Inundationsgebietes der Mur von Graz bis Spielfeld, Triangulierung und Neuvermessung des Stadtgebietes von Spalato mit Einschluß der Substruktionen des Diokletianischen Palastes und schließlich Triangulierung und Polygonisierung der Stadt Trient.

Von all diesen Arbeiten, deren Durchführung in einem Zeitraum von 17 Jahren eine gewaltige Leistung vorstellt, ist die von Spalato besonders interessant. *Morpurgo* pflegte hievon gerne zu erzählen, so daß ich hier seinen Originalbericht, wenngleich gekürzt, wiedergeben kann:

„Infolge der Kleinheit der Parzellen in Spalato mußte für die Neuvermessung das Maßverhältnis 1:500 gewählt werden, ein Maßverhältnis in dem sich jede Netzverzerrung sehr empfindlich äußert. Nun gehörte Spalato zu jenem dalmatinischen Kreis, in dem bekanntlich bei der Originalaufnahme ein Irrtum bei der trigonometrischen Triangulierung eine Verdrehung und Verkürzung der Dreiecksseiten zur Folge hatte, weshalb doppelte Vorsicht geboten war. Um sicher auf ein genaues Längenverhältnis zu kommen, wurden mit Erfolg einige Seiten der Militärtriangulierung einbezogen. Die Kontrolle der Triangulierung durch die Polygonzüge ergab auch eine überraschend gute Übereinstimmung. — Größere Schwierigkeiten bot aber die Vermessung der Substruktionen, d. i. der unterirdischen Bauten des Diokletianischen Palastes, da sie zumeist fast unzugänglich waren.

<sup>1)</sup> Er kolloquierte Mathematik I, Praktische Geometrie, Plan- und Terrainzeichnen und einige Jahre später in Wien an der Hochschule für Bodenkultur Höhere Geodäsie.

<sup>2)</sup> Die Neuvermessung von Graz dauerte von 1891—1898. Sie wurde von *Baše*, der 1907 als Oberinspektor starb, im Verein mit dem nachmaligen Oberinspektor *Berger* und Obergemeter *Lázár* begonnen und sodann von ersterem allein zu Ende geführt (ÖZfV 5 (1907), S. 18/19).

Außerdem waren die einzelnen Säle, in die man entweder nur durch Aufbrechen von Mauern oder mit Benützung von Kanalschächten mühsam eindringen konnte, fast bis zur Decke mit zum Teil versteinerten Fäkalien erfüllt. Trotzdem war es eine besondere Freude der Neuvermessung, als es ihr gelang, das einzige in Stein eingerahmte Fenster festzulegen, welches bisher allen archäologischen Forschungen entgangen war.“

Das Kriegsjahr 1914 veranlaßte auch die Einberufung *Morpurgos*, der im Herbst zum Oberleutnant befördert worden war. 1916 wurde er zur Kriegsvermessung überstellt und der Landes- triangulierung von Montenegro und Serbien zugeteilt. Bei einem durch sein scheu gewordenes Pferd verursachten Reitunfall wurde er schwer verletzt, mußte sich drei großen Operationen unterziehen und über ein Jahr im Spital verbringen. Als felddienstuntauglich wurde er hierauf als Lehrer des geodätischen Fortbildungskurses zum Kommando der Kriegsvermessung versetzt. Hier erfolgte 1917 seine Beförderung zum Hauptmann. Über sein Ansuchen wurde er im nächsten Jahre wieder der Kriegsvermessung zugeteilt.

Nach Kriegsende trat er seinen Dienst als Evidenzhaltungsinspektor wieder an, aber nicht mehr in Klagenfurt, sondern in Graz, wohin er 1914 versetzt worden war. 1919 wurde er zum Oberinspektor, 1921 zum Evidenzhaltungsdirektor befördert und 1923 über eigenes Ansuchen auf Grund des Pensionsbegünstigungsgesetzes unter Verleihung des Hofratstitels in den dauernden Ruhestand versetzt.

Eigentlich konnte sich *Morpurgo* nur schwer zu dieser Verzichtleistung auf seinen ihm lieb gewordenen Dienst entschließen. Da ihm aber ein gedeihliches Zusammenwirken mit dem ihm untergeordneten Personal, das sich gegen die *Morpurgo* als notwendig erscheinenden Maßnahmen stellte, aussichtslos erschien, fügte er sich den Verhältnissen. Wohl hatte man ihm einen Posten in Wien angetragen, den er aber nicht annehmen konnte, da er durch seine alte und kranke Mutter an Graz gebunden war und die Beschaffung einer Wiener Wohnung damals völlig aussichtslos erschien.

Mit seiner Pensionierung legte er auch seinen Posten als Revisionsgeometer bei der Landeskommission für agrarische Operationen sowie seine Stelle als Honorarprofessor für „Katasterwesen des Grundkatasters“ an der Technischen Hochschule Graz, die er seit 1921 innehatte, zurück.

Damit hatte *Morpurgos* Laufbahn in seinem 47. Lebensjahr ihr Ende gefunden, trotz der glänzenden und durchaus zutreffenden Dienstbeschreibung, die ihm das Triangulierungs- und Kalkülbüro anlässlich seiner Versetzung nach Kärnten gab. Es hieß darin: „...hervorragend theoretisch und praktisch ausgebildet, sehr gutes Konzept, vorzügliche Auffassung, ungewöhnlich fleißig, über das Normalmaß hinaus dienstefrig, für Triangulierungen und Neuvermessungen hervorragend ausgebildet. Gesamtkalkül: ausgezeichnet.“ Nicht erwähnt war aber seine erstaunliche Fähigkeit, schwierige Probleme aus Theorie und Praxis, die ihm unterkamen, zu lösen, obgleich er während seiner Dienstzeit dazu wenig Zeit hatte. Nun aber konnte er sich als Pensionist diesen Lieblingsaufgaben — vor allem der Ökonomie und Rationalisierung im Vermessungswesen — ungestört widmen.

Schon 1924 veröffentlichte er eine Studie über Anpassung einer Neuvermessung an den Stand eines Operates älteren Ursprunges auf wissenschaftlicher Grundlage [4], die in der Fachwelt viel Beachtung fand. Der nachmalige Ministerialrat Ing. *F. Praxmeier*, der sich mit Hofrat *Dr. F. Hopfner* mit dem gleichen Problem befaßte, gab eine streng wissenschaftliche Begründung hiezu (ÖZfV. 1924, S. 75 u. f.) und der *Prof. H. F. van Riel* aus Wageningen in Holland teilte ein analoges Verfahren mit, das in seiner Heimat angewendet wird (ÖZfV. 23 (1925), S. 9 u. f.).

Etwas früher besuchte ich Hofrat *Morpurgo* in Graz, um ihn für eine im Interesse der Neuvermessung gelegenes Problem zu gewinnen. Ich hatte bei der Neuvermessung von Hollabrunn die von Hofrat *Profeld* 1923 in der ÖZfV. vorgeschlagene Schnittmethode<sup>3)</sup> angewendet und erzählte nun

<sup>3)</sup> Nach einer Mitteilung von *Prof. Tarczy-Hornoch* (Sopron) hat in der Monatsversammlung der Fachgruppe für Vermessungswesen des Österr. Ingenieur- und Architektenvereines bereits am 16. April 1917 der bekannte Erfinder der logarithmischen Latte, Oberinspektor *Anton Tichy*, einen Vortrag über „Das gleichzeitige Vorwärtsschneiden als Schnellmeßverfahren in der Praktischen Geometrie“ gehalten, in der er auch diese Methode — jedoch nur in ihrer Anwendung auf dem Felde — bespricht (ÖZfV 15 [1917], S. 115–117). Da *Profeld* aber schon zu Beginn des Jahres 1916 die Schnittmethode an Stelle des abzuschaffenden Meßtisches der Generaldirektion des Grundsteuerkatasters vorgeschlagen hat (ÖZfV 21 [1923], S. 3), gebührt ihm die Priorität für diese Methode. Es ist aber das Verdienst *Tichys*, auf die besonderen Vorteile des gleichzeitigen Arbeitens mit zwei Instrumenten hingewiesen zu haben.

*Morpurgo*, wie vorteilhaft sich dieses Verfahren bezüglich Raschheit, Billigkeit und Genauigkeit erwiesen habe. Diesen Vorteilen stünde aber die Schwierigkeit der Kanzleiarbeit entgegen, bei der die neue Mappe mühsam auf graphischem Wege konstruiert werden müsse, da eine numerische Berechnung der Neupunktkoordinaten, die das erstrebenswerte Ziel wäre, zu zeitraubend sei. *Morpurgo* meinte, daß sich vielleicht mit Hilfe von Tabellen ein rascherer Vorgang bei der Berechnung erzielen ließe, und versprach, sich mit diesem Problem zu befassen.

Nachdem er die Verwendung von Tabellen als zu zeitraubend fallen gelassen hatte, kam ihm der geniale Gedanke, diese Aufgabe mit den unmittelbar auf dem Felde gemessenen orientierten Richtungen unter Verwendung von zwei im gleichen Tempo arbeitenden Rechenmaschinen durch das sogenannte „Gleichkurbeln“ mechanisch zu lösen. Schon von Anfang an dachte *Morpurgo* nicht an die Verwendung von zwei Einzelmaschinen mit zwei Rechnern, sondern arbeitete einen Plan aus für die Kopplung von zwei Maschinen, die durch eine gemeinsame Kurbel gleichzeitig angetrieben werden, wobei die beiden Maschinen gleichlaufend oder entgegengesetztlaufend schaltbar sein müssen und auch eine Maschine ausschaltbar ist. Er hatte noch weitere Wünsche, z. B. daß die beiden Resultatwerke des leichteren Vergleiches wegen übereinander angeordnet sein sollen oder daß eine einmal eingestellte Zahl automatisch wiedereingestellt werden kann. Er sandte seinen Entwurf für den Bau einer Doppelmaschine einer Rechenmaschinenfabrik ein, von der er zu seiner Überraschung erfuhr, daß das Triumphatorrechenmaschinenwerk in Mölkau bei Leipzig bereits Doppelmaschinen unter der Typenbezeichnung „P-Duplex“ erzeuge. Er wandte sich an diese Firma und erfuhr, daß diese Maschinen kommerziellen Zwecken dienen und daß derzeit der Bau einer Doppelmaschine nach seinen Angaben wegen des noch nicht feststellbaren Bedarfsumfangs unmöglich sei. Aber sie stellten ihm entgegenkommender Weise eine ihrer Doppelmaschinen leihweise zur Verfügung. Seine damit angestellten Versuche ergaben, daß nach Durchführung einiger von ihm gewünschten kleiner Änderungen an ihrer Ausstattung, die die Firma auch machte, die Maschine zur Ausführung seines Rechenverfahrens geeignet und daß die noch bestehenden Unterschiede gegenüber der von ihm ersonnenen geodätischen Idealtypen verhältnismäßig geringfügiger Natur sind.

In seiner 1925 erschienenen Publikation über das nunmehr abgeschlossene Verfahren zur Berechnung des Vorwärtseinschneidens [5], das die Zeitdauer einer Punktberechnung ganz erheblich verkürzt<sup>4)</sup>, weist *Morpurgo* auch darauf hin, daß die Doppelrechenmaschine bei geodätischen Berechnungen in all den Fällen mit besonderem Vorteil verwendet werden kann, wo die gestellte Aufgabe auf die Lösung zweier Gleichungen von der Form

$$ax + by = c \text{ und } ax_1 + by_1 = c_1$$

zurückzuführen ist. Ferner betont er, daß sie auch zur gleichzeitigen Berechnung der Koordinaten  $x$  und  $y$  im Polygon- und Messungsliniennetz und bei analogen geodätischen Operationen mit großem Vorteil geeignet ist.

Somit ist *Morpurgo* die Einführung der Doppelrechenmaschine in die Geodäsie und die Vielfalt ihrer Anwendungsmöglichkeiten sowohl auf die analytische Geometrie der geraden Linie als auch auf die Koordinatengeometrie zu verdanken. Seit dem Jahre 1925 stehen im Sinne seiner Anregungen die Doppelrechenmaschinen im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in universeller Verwendung. Sie bürgerten sich allgemein in die geodätische Praxis immer mehr ein und 1931 brachten die Rechenmaschinenwerke Brunsviga und Thales eigene Doppelrechenmaschinen heraus (Jordan, 2. Bd., 10. Aufl., S. 139).

In den nächsten Jahren erschienen alljährlich wertvolle Artikel aus seiner früheren Praxis [6], [7], [8], [9], denen sich 1930 eine größere Arbeit „Die wiederholte Einzelausgleichung“ [14] anschloß, in der er die im staatlichen Vermessungsdienst in Verwendung stehenden sogenannten schrittweisen Ausgleichungen systematisch untersuchte und auf die Netzausgleichung und Netzeinschaltung nach vermittelnden Beobachtungen erweiterte. In selben Jahr veröffentlichte er auch in der „Zeitschrift für Vermessungswesen“ einen Aufsatz über gleichzeitige Ausgleichung mehrerer, durch mehrfachen Bogenschnitt bestimmter Punkte [11], worauf im Anschluß daran *Prof. Dr. Schumann* einen Aufsatz über „Vektorische Ausgleichungen bei mehrfachem Bogenschnitt“ in „Mitteilungen

4) Geübte Rechner im Bundesamt rechneten einen Vorwärtsschnitt in drei Minuten.

aus dem Markscheidewesen, 1930“ folgen ließ. Somit ist *Morpurgo* auch einer der Ersten gewesen, der sich mit der Ausgleichung von Dreiecksnetzen mit direkt gemessenen Seiten befaßte.

Morpurgo war stets nach interessanten praktischen Aufgaben auf der Suche, an deren Lösung er seinen findigen Geist betätigen konnte. Nach dem Tode seiner Mutter war er nicht mehr an Graz gebunden und übersiedelte 1931 nach Wien, wo ihm das Bundesamt das Anbot stellte, mit Werkvertrag bei der Triangulierungsabteilung zu arbeiten. Da es sich nicht um schablonenmäßige Erledigung laufender Rechenarbeiten handelte, sondern nur um die Behandlung von Separataufgaben, die große Erfahrung und wissenschaftliche Fähigkeiten erforderten, sagte *Morpurgo* zu.

Eine seiner umfangreichsten Arbeiten war die Aufstellung der Koeffizienten für die Umrechnung der alten Kataster- in Gauß-Krügersche-Koordinaten. Dies konnte wegen der ungleichmäßigen Verzerrungen des alten Katasternetzes nicht einheitlich für ganze Ländersysteme, sondern nur durch Zerlegung in entsprechende Rechenfiguren durchgeführt werden. Weiters wirkte er an der Ausarbeitung einer Instruktion für die Heeresvermessung, an dem Entwurf einer zweiten Auflage der Instruktion für die Feldarbeiten der Triangulierungsabteilung sowie an der Umarbeitung bzw. Neuverfassung verschiedener anderer Instruktionen maßgebend mit.

Im Jahre 1933 vermählte er sich mit Frau *Stephanie Inführ*, geb. *Partsch*, mit der er in harmonischer, glücklicher Ehe lebte. Die Kriegs- und Nachkriegsjahre 1940 bis 1949 verbrachte er mit ihr in einer Gemeinde im Mühlviertel. Es wurde ihm aber ein längerer Landaufenthalt nur unter der Bedingung zugestanden, daß er sich im Gemeindedienst ehrenamtlich betätige. Diese Betätigung bestand in den verschiedensten Erhebungen in den zerstreut liegenden Gehöften dieser ausgedehnten Gemeinde. Durch seine Wanderungen von Haus zu Haus, hügelab, oft bei tiefem Schnee, zog sich Morpurgo eine chronische Bronchitis und schließlich ein Asthmaleiden, woran er bis zu seinem Tode litt.

Nach dem Zusammenbruch im Jahre 1945 begann er, sich wieder seinen Lieblingsaufgaben zu widmen. Zunächst beschäftigte er sich mit der Vereinfachung und Ausgestaltung der wiederholten Einzelpunktausgleichung, welches Verfahren in Zusammenarbeit mit der Triangulierungsabteilung, die es praktisch erprobte, schon knapp vor dem Abschluß stand. Weiters arbeitete er nebenbei an einem Verfahren zur vereinfachten Ausgleichung nach bedingten Beobachtungen und schließlich auch an einem Verfahren zur Lösung von Gleichungen mit vielen Unbekannten. Diese ehrenamtlich im Interesse des Amtes durchgeführten Arbeiten mußten aber nach der Verwendung elektronischer Rechenmaschinen als überholt angesehen werden und wurden deshalb eingestellt.

Auf der am 4. Mai 1953 anlässlich des 50jährigen Bestandes des Österr. Vereines für Vermessungswesen abgehaltenen a. o. Hauptversammlung wurde Hofrat *Morpurgo* eine besondere Ehrung zuteil. In Würdigung seiner wissenschaftlichen Arbeiten und Leistungen und als Einziger noch am Leben befindlicher Vereinsgründer wurde er zum Ehrenmitglied des Vereines ernannt. Mit dieser einstimmig erfolgten Wahl haben die Vereinsmitglieder die höchste in ihrer Macht stehende Ehrung Hofrat *Morpurgo* verliehen.

Leider brachte ihm das Jahr 1957 den schwersten Schicksalsschlag seines Lebens. Ganz unvermutet verlor der 81jährige seine Frau, seinen treuesten Lebensgefährten. Diesen Verlust konnte er nicht mehr überwinden. Obgleich er nunmehr nur den Sommer in seiner Wohnung und den Winter in einer Pension verbrachte, mied er auch dort jeden geselligen Anschluß, der ihn seine Einsamkeit und seine Verlassenheit hätte vergessen lassen. — So wurde der Tod seine Erlösung, aber auch seine Wiedervereinigung mit seiner Frau.

Uns allen aber möge er ein Vorbild sein in seiner Liebe zu seinem Beruf, in seinem rastlosen und selbstlosen Arbeiten im Dienste der Wissenschaft bis in sein hohes Alter hinein! *Lego*

#### Publikationen

##### *A) In der Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen*

- [1] 1 (1903): Der Differenz-Reduktionszirkel von F. Weidenmüller
- [2]: Der Schatzmikroskoptheodolit von Fennel
- [3] 19 (1921): Zurückführung der Ausgabe des Rückwärtseinschneidens auf die Berechnung eines Dreieckes und zwei Seiten und dem eingeschlossenen Winkel
- [4] 22 (1924): Anpassung einer Neuvermessung an den Stand eines Operates älteren Ursprunges

- [5] 23 (1925): Die Fluchtmethode  
 [6] 24 (1926): Zum Artikel: Nochmals die Schnittmethode  
 [7] 25 (1927): Die Bestimmung der Richtungskoeffizienten nach der Methode der Tangentendifferenzen  
 [8] 26 (1928): Die Rekonstruktion verlorengangener Punkte  
 [9] 27 (1929): Die Punkteinschaltung mit Ausgleichsverfahren nach der Methode der bedingten Beobachtungen  
 [10] 34 (1936): Viereckteilung ohne Flächenbestimmung  
 [11] 39 (1951): Die Ausgleichung von Dreiecksnetzen mit direkt gemessenen Seiten

*B) Im Mitteilungsblatt zur ÖZfV*

- [12] 43—45 (1955—1957): 50 Jahre Österreichischer Verein für Vermessungswesen

*C) In der Zeitschrift für Vermessungswesen*

- [13] 59 (1930): Gleichzeitige Ausgleichung mehrerer durch mehrfachen Bogenschnitt bestimmter Punkte

*D) In Teubners Technische Leitfäden*

- [14] 1930 Band 26: Die wiederholte Einzelausgleichung (bespr. in ÖZfV 28 (1930) S. 16).

## Literaturbericht

### Zeitschriftenschau

Zusammengestellt im amtlichen Auftrag von Bibliotheksleiter Techn. Oberrev. *Karl Gartner*

*Die hier genannten Zeitschriften liegen in der Bibliothek des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien I, Hofburg, auf*

Photogrammetric Engineering, Washington 1961: Nr. 1. *Strees, L. V.*: A Satellite's View of the Earth. — *Brandenberger, A. J.*: Photogrammetry, Navigation, and Space Problems. — *Friedman, S. J.*: American Commercial Practices in Large-Scale Topographic Mapping. — *Rosenfield, G. H.*: Present and Future Capability of Optical Systems with Emphasis on the Ballistic Camera Operation. — *Boyajeon, J.*: The Implementation of the Integrated Mapping System. — *McWilliams, F. X.*: Automation of the Aero Service / Haag-Streit Coordinate Plotter. — *Anderson, J. M.*: Analytical Aerotriangulation Applied to Photogrammetric Mapping for Highway Design. — *Lyons, E. H.*: Preliminary studies of Two Camera, Low-Elevation Stereo-Photography from Helikopters. — *Meyer, D.*: A Reflecting Projector You Can Build. — *Turpin, R. D. and Lee, C. E.*: Use of Photogrammetric Methods in Traffic Studies: I. Driver Eye Height. — *Skipek, C. J.*: Surveying the Deep-Sea Floor with Cameras. — *Wasko, P. E. und Moses, H.*: Photogrammetric Technique for Studying Atmospheric Diffusion. — *Pierson, W. R.*: Photogrammetric Determination of Surface Area. — *Huffaker, C. L.*: Diapositives for Today's Photogrammetry. — *Crouch, L. W.*: High Performance Mapping Equipment and Materials. — *Trager, H.*: The New Zeiss Stereocomparator — an Old and Reliable Principle Applied to Most Modern Techniques. — *Yzerman, H.*: Kernon, the Improved Projection Lens of the Hypergon Type. — *Colcord, J. E.*: Aerial Triangulation Strip Adjustment with Independent Geodetic Control. — *Barth, W.*: The Determination of the Angle between the Fiducial Axes (The 90° Condition). — *Hothmer, J.*: Possibilities and Limitations for Elimination of Distortion in Aerial Photographs. — *Ballou, Ch. A., Jr.*: Raw Material Storage Volumes by Photogrammetry. — *Parenti, G. and Friedman, J.*: Nistri Telescopic Photoprinter-Rectifier (Telerecprinter). — *Masters, J. R.*: The Student Status in the American Society of Photogrammetry. — *Wey, O.*: Small Scale Mapping. — *Harman, W. E., Jr.*: Recent Developments in Aerial Film. — *McBeth, F. H.*: Aerial Photographic Investigation of Leaching and Sapping as an Erosion Process. — *Rosberry, F. W.*: Measurement of Contrast in the Aerial Image.

The Photogrammetric Record, London 1961: Nr. 17. *Arthur, D. W. G.*: Lunar Cartography and Photogrammetry.

Przegląd Geodezyjny, Warschau 1961: Nr. 1. *Platek, A.*: Tellurometer und seine Anwendung (Forts. in Nr. 2). — *Grygorczuk, Sz.*: Einige Bemerkungen über die Parallaxenmessung. — *Klopociński, Wl.*: Geodätische Arbeiten bei geologischen und hydrogeologischen Forschungen

(Forts. in Nr. 2). — *Szpetkowski, St.*: Tagebaugrubenmessung. — *Przewlocki, S.*: Kartographische Probleme bei Radarbildern. — Nr. 2. *Pawłowski, J.*: Probleme des technischen Fortschrittes in der Geodäsie und Kartographie (Forts. in Nr. 3). — *Piasecki, M. B.*: Entwicklungsrichtlinien in der Photogrammetrie. — *Dmochowski, St.*: Photogrammetrische Arbeiten auf den internationalen Experimentierfeldern. — *Tymowski, St. J.*: Die Bedeutung von alten geodätischen Instrumenten für die Geschichte der Geodäsie. — Nr. 3. *Winiewicz, L.*: Photogrammetrie in der Nationalwirtschaft. — *Sztompke, W.*: Einige Bemerkungen über die photogrammetrischen Arbeiten in Polen. — *Szymoński, J.*: Modernisierung geodätischer Instrumente und ihre Anwendung. — *Bychawski, T.*: Modernisierung von geodätischen Berechnungen. — *Kluss, T.*: Beitrag zur Modernisierung geodätischer Berechnungen. — *Piątkowski, F.*: Technischer Fortschritt in der Kartographie der Großmaßstabkarten. — *Hildt, S.*: Moderne Methoden in der Großmaßstabkartographie. — Nr. 4. Das neue Tachymeter BRT 006. — *Antipow, I.*: Bearbeitung von Flugaufnahmen mit umgestellten Strahlenbündeln (Forts. in Nr. 5). — *Szpetkowski, St.*: Tagebaugrubenvermessungen (Forts. in Nr. 5). — *Markowski, J.*: Auswertung von alten Fliegerbildern. — *Grabszewski, F.*: Bestandsaufnahme in der Stadtplanung — Über Geodäsiearbeiten in Finnland. — *Jankowski, Z.*: Ansiedlungs- und Obstgartenklassifizierung. — Nr. 5. *Piątkowski, F.*: Grundlagen der Kartenklassifikation. — *Nowosielski, E.*: Baugeländenetzung im Dorfgebiet und die Mitwirkung von Geodäten bei dessen Verwirklichung. — *Muszynski, W.*: Ausführung von geodätischen Arbeiten auf eigene Rechnung. — *Freund, W.*: Theodolit-Tachymeter „Theo 020“. — *Godlewski, K.*: Höhentafel.

Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie, Winterthur 1961: Nr. 2. *Köchle, R.*: Untersuchung über die Konvergenz eines Näherungsverfahrens zum Ausgleichen von eingeschnittenen Punkten (Forts. u. Schluß). — *Ansermet, A.*: Le calcul de la courbure des méridiens dans les réseaux géodésiques à coordonnées conformes. — Nr. 3. *Fischer, W.*: Versuch zur Bestimmung von Lotabweichungsdifferenzen aus gegenseitigen Höhenwinkeln im schweizerischen Mittelland. — *Hegg, L.*: Le Dictionnaire multilingue de la F. I. G. — Nr. 4. *Baeschlin, C. F.*: Die Gesamtausgleichung des westeuropäischen und des mitteleuropäischen Präzisionsnivelements. — Nr. 6. *Ansermet, A.*: Sur la compensation de quantités mesurées interdépendantes. — *Iklé, J.*: Die Luftphotogrammetrie in der Grundbuchvermessung — praktische Erfahrungen in einer Voralpengemeinde. — *Matthias, H.*: Das automatische Nivellierinstrument GK 1-A. — *Stauber, K.*: Neue, automatische Nivelliermethode. — Nr. 7. *Bachmann, W.*: Utilisation des calculatrices électroniques pour la mensuration cadastrale suisse. — *Conzett, R.*: Überblick über ein elektronisches Datenverarbeitungssystem für die photogrammetrische Grundbuchvermessung.

#### Contents:

Franz Ackerl: The change of magnetic declination and their consideration in geodetic surveys.  
 Wilhelm Embacher: A comparison of various methods for determination of soil density.  
 Hans Schmid: A new form of error compensation for long traverses.  
 Ludwig Starkl: General and special analytical solutions, redundant in determination, of the problem of single-point interpolation in space (finished).

#### Résumé

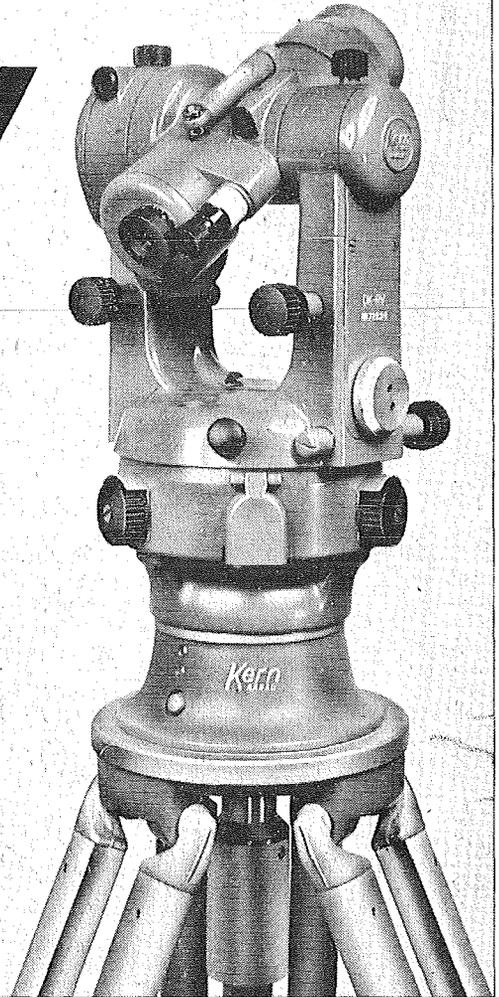
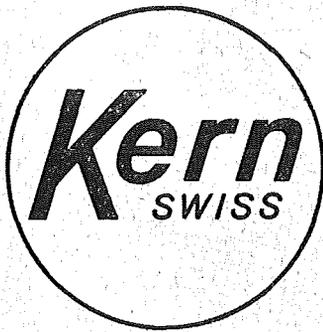
Franz Ackerl: La variation de déclinaison magnétique et sa considération dans le travail géodétique.  
 Wilhelm Embacher: Une comparaison des méthodes à déterminer la densité du sol.  
 Hans Schmid: Une méthode nouvelle de la compensation des erreurs des cheminements polygonaux de grande longueur.  
 Ludwig Starkl: Solutions analytiques générales et spéciales du problème de l'interpolation d'un point singulier en espace observations excédantes (fin).

#### Anschriften der Mitarbeiter dieses Heftes:

Professor Dr. Franz Ackerl, Wien XIX, Peter-Jordan-Straße 82.  
 Hochschuldozent Dipl.-Ing. Dr. techn. Wilhelm Embacher, Wien IV, Karlsplatz 13.  
 Hochschuldozent Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Schmid, Wien IV, Karlsplatz 13.  
 Dipl.-Ing. Dr. techn. Ludwig Starkl, Wels (OÖ), Heimstättenring 17.

# Der neue Reduktions-Tachymeter für vertikale Meßlatte mit höherer Genauigkeit

## DK RV



**Hohe Genauigkeit:** Mittlerer Fehler  $\pm 3-5$  cm/100 m.  
**Bequeme Lattenablesung:** Keine Kurven, sondern drei gerade Meß- und Ablesestriche.  
**Kreisablesung:** Wahlweise ohne Mikrometer (Minutengenauigkeit), mit Mikrometer (Sekundengenauigkeit).  
**Weitere Merkmale:** Zentrierstativ, Kreistrieb mit Grob- und Feinstellung, regulierbare elektrische Beleuchtung.

**Der DK-RV wird überall dort mit Vorteil eingesetzt, wo mit der vertikalen Latte die gewünschte Genauigkeit bisher nicht erreicht wurde.**

Kern & Co. AG Aarau (Schweiz)

Alleinverkauf für Österreich

**Dr. Wilhelm Artaker, Wien III**  
Reisnerstraße 6  
Ruf 73 15 86 Serie

Österreichischer Verein für Vermessungswesen  
Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3

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.—.
- 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 Erdellipsoids und der absoluten Lage der Landestriangulationen.* 140 Seiten, 1951. Preis S 35.—.
- Sonderheft 13: Hubeny, *Isotherme Koordinatensysteme und konforme Abbildungen des Rotationsellipsoids.* 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-Nivellments 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.—.

- Sonderheft 20: H. G. Jerie, *Weitere Analogien zwischen Aufgaben der Mechanik und der Ausgleichsrechnung*. 24 Seiten mit 14 Abbildungen, 1960. Preis S 32.—.
- 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.—.
- 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.—).

## II. Dienstvorschriften

- Nr. 1: *Benennungen, Zeichen und Abkürzungen im staatlichen Vermessungsdienst*. 44 Seiten, 2. Auflage, 1956. Preis S 10.—. (Vergriffen.)
- Nr. 2: *Allgemeine Bestimmungen über Dienstvorschriften, Rechentafeln, Vordrucke und sonstige Drucksorten*. 56 Seiten, 2. Auflage, 1957. Preis S 10.—
- Nr. 8: *Die österreichischen Meridianstreifen*. 62 Seiten, 1949. Preis S 12.—
- Nr. 14: *Fehlergrenzen für Neuvermessungen*. 5. Auflage, 1958, 27 Seiten. Preis S 15.—
- Nr. 15: *Hilfstabellen für Neuvermessungen*. 2. Auflage, 1958, 39 Seiten, Preis S 15.—
- Nr. 16: *Einschaltpunkt- und Polygonnetz*. 1958, 40 Seiten, Preis S 20.—  
*Musterbeispiele zur Dienstvorschrift 16*, 1959, 77 Seiten, Preis S 34.—
- Nr. 18: *Stückvermessung*. 1961, 31 Seiten, Preis S 15.—  
*Musterbeispiele zur Dienstvorschrift 18*. 1961, 45 Seiten, Preis S 30.—
- Nr. 21: *Großmaßstäbliche Geländeaufnahme*. 1960, 18 Seiten, Preis S 10.—.  
*Musterbeispiele und Zeichenschlüssel zur Dienstvorschrift 21*, 1960, 19 Seiten, Preis S 20.—.
- Nr. 35: *Feldarbeiten der Vermessungstechnik bei der Bodenschätzung*. Wien, 1950. 100 Seiten, Preis S 25.—
- Nr. 46: *Zeichenschlüssel der Österreichischen Karte 1:25.000 samt Erläuterungen*. 88 Seiten, 1950. Preis S 18.—
- Technische Anleitung für die Fortführung des Grundkatasters*. Wien, 1932. Preis S 25.—  
*Liegenschaftsteilungsgesetz 1932*. (Sonderdruck des B. A. aus dem Bundesgesetzblatt.) Preis S 1.—.

## III. Weitere Publikationen

- Prof. Dr. Rohrer, *Tachymetrische Hilfstafel für sexagesimale Kreisteilung*. Taschenformat. 20 Seiten. Preis S 10.—
- Der österreichische Grundkataster*. 66 Seiten, 1948. Preis S 15.—
- Behelf für die Fachprüfung der österreichischen Vermessungsingenieure*
- Heft 1: *Fortführung 1. Teil*, 42 Seiten, 1959. Preis S 20.—
- Heft 2: *Fortführung 2. Teil*, 38 Seiten, 1959. Preis S 20.—
- Heft 3: *Höhere Geodäsie*, 81 Seiten, 1949. Preis S 16.—
- Heft 4: *Triangulierung*, 57 Seiten, 1959. Preis S 20.—
- Heft 5: *Neuvermessung und Nivellement*. 62 Seiten, 1960 Preis S 20.—
- Heft 6: *Topographische Landesaufnahme, Photogrammetrie, Kartographie und Reproduktionstechnik*. 150 Seiten, 1960. Preis S 15.—

# Neuerscheinungen

## von offiziellen Karten der Landesaufnahme

### Österreichische Karte 1:50.000

27 Braunau am Inn	109 Pamhagen
28 Altheim	141 Feldkirch
33 Steyregg	142 Schruns
44 Ostermiething	143 Sankt Anton am Arlberg
47 Ried im Innkreis	160 Neumarkt i. Steiermark
49 Wels	185 Straßburg
50 Bad Hall	187 Bad St. Leonhard i. L.
77 Eisenstadt	193 Jennersdorf
78 Rust	194 Csákánydoroszló
79 Neusiedl am See	207 Arnsfels
88 Achenkirch	208 Mureck
89 Angath	209 Radkersburg

### Preise der Kartenwerke:

je Blatt S

Österreichische Karte 1:25.000	
1/8 Blätter (Aufnahmsblätter) . . . . .	7.—
1/4 Blätter (Halbsektionen) . . . . .	10.—
Zeichenerklärung 1:25.000 . . . . .	2.—
Österreichische Karte 1:50.000 ohne Wegmarkierung . . . . .	7.50
Österr. Karte 1:50.000 mit Wegmarkierung (Wanderkarte) . . . . .	8.50
Prov. Ausgabe der Österr. Karte 1:50.000 ohne Wegmarkierung . . . . .	4.—
Prov. Ausgabe der Österr. Karte 1:50.000 mit Wegmarkierung (Wanderkarte) . . . . .	5.—

Dieses Kartenwerk umfaßt insgesamt 213 Blattnummern.

Hievon sind bisher erschienen:

97 Blätter Österreichische Karte 1:50.000 mit Schichten in Mehrfarbendruck sowie 116 Blätter als provisorische Ausgabe der Österreichischen Karte 1:50.000 in Zweifarbendruck (schwarz mit grünem Waldaufdruck).

Die Blätter 39, 40, 41, 42, 57, 60, 105, 106 sind mit Schichtenlinien und Schummerung, alle anderen Blätter mit Schichtenlinien und Schraffen versehen.

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

### Neuerscheinungen des österr. Wasserkraftkatasters

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

Malta, Lieser, Bregenzer Ache je S 250.—

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 Buchhandel zu beziehen.

# **Offizielle österreichische amtliche Karten der Landesaufnahme**

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen  
in Wien VIII, Krotenthallergasse 3 / Tel. 33-46-31

Es werden folgende Kartenwerke empfohlen:

## **Für Amtszwecke sowie für Wissenschaft und Technik**

Die Blätter der

Österreichischen Karte 1:25.000, bzw. der  
Alten österreichischen Landesaufnahme 1:25.000  
Österreichische Karte 1:50.000, bzw. die  
Provisorische Ausgabe der Österreichischen Karte 1:50.000  
Generalkarte von Mitteleuropa 1:200.000  
Übersichtskarte von Mitteleuropa 1:750.000  
Plan von Salzburg 1:15.000  
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  
Verkehrs- und Reisekarte von Österreich 1:600.000

## **Für Auto-Touren**

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

## **sowie für Motorrad- und Radfahrer**

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

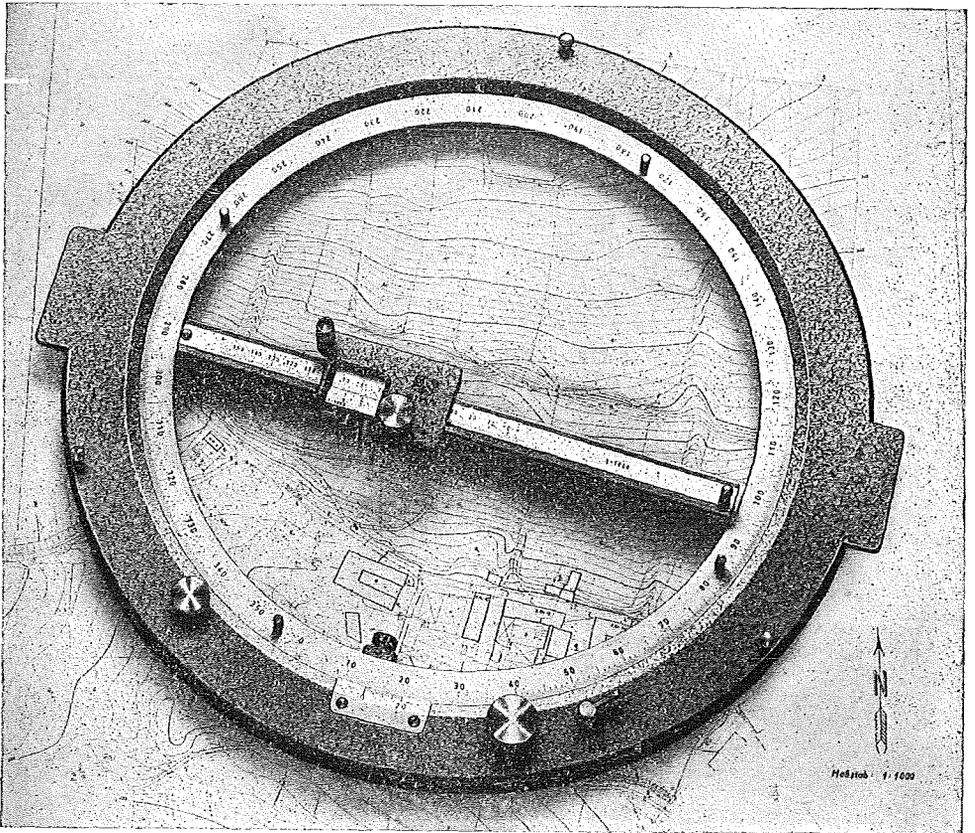
## **Für Wanderungen**

die Blätter der Wanderkarte 1:50.000 mit Wegmarkierungen

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

Auf Wunsch werden Übersichtsblätter kostenlos abgegeben.

EIN  NEUER  
POLARKOORDINATOGRAPH



- Handliches Tischmodell
- Leichte Orientierung
- Fünffache Feinkugellagerung
- Blendfreie Teilungen
- Austauschbare Distanzlineale
- Bereich 300 oder 400 mm Durchmesser
- Auftragsgenauigkeit  $\pm 0,05$  mm
- Lupenablesung der Nonien auf Wunsch
- und viele andere Vorteile!

Verlangen Sie, bitte, ausführliches Angebot von:

**RUDOLF & AUGUST ROST**

WIEN XV, MÄRZSTRASSE 7 (NÄHE WESTBAHNHOF)  
TELEFON: (0222) 92 32 31, 92 53 53 TELEGRAMME: GEOROST-WIEN