

Österreichische Zeitschrift  
für  
**Vermessungswesen**  
und  
**Photogrammetrie**

SCHRIFTFÜHRUNG:

W. Hofrat i. R. Dipl.-Ing. Dr. techn.

**Josef Mitter**

Vorstand der Abteilung Erdmessung  
des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen i. R.  
a. o. Professor an der Technischen Hochschule Wien

Dipl.-Ing. Dr. techn.

**Hans Schmid**

o. Professor  
an der Technischen Hochschule Wien

Dr. phil.

**Wolfgang Pillewizer**

o. Professor  
an der Technischen Hochschule Wien

Dipl.-Ing. Dr. techn.

**Helmut Moritz**

o. Professor  
an der Technischen Hochschule Graz

Nr. 2

Oktober 1974

62. Jg.

INHALT:

Abhandlungen:

Trigonometrisches Nivellement — Geometrisches Nivellement ..... Friedrich K. Brunner

Absolute und relative Genauigkeit beim Messen (Fortsetzung) ..... Kornelius Peters

Der programmierbare Microcomputer HP 65 — eine für das Vermessungswesen interessante Neuerung ..... Gerhard Krajicek

Das Ausgleichen von Zwischenorientierungen in Polygonnetzen ..... Kornelius Peters

Mitteilungen, Buchbesprechungen, Zeitschriftenschau, englisches Inhaltsverzeichnis

Mitteilungsblatt zur „Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie“  
redigiert von Dipl.-Ing. Erhard Erker



Herausgegeben vom

**ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN  
UND PHOTOGRAMMETRIE**

Offizielles Organ

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

Baden bei Wien 1974

# Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie

Für die Schriftleitung der Zeitschrift bestimmte Zuschriften und Manuskripte sind an eines der nachstehenden Mitglieder zu richten:

## Schriftleiter:

a. o. Professor W. Hofrat i. R. Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter, A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule, Gußhausstraße 27 – 29

o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Schmid, A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule

o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Helmut Moritz, A 8020 Graz, Techn. Hochschule, Rechbauerstraße 12

o. Prof. Dr. phil. Wolfgang Pillewizer, A 1040 Wien IV, Techn. Hochschule

Für die Schriftleitung des Mitteilungsblattes und Annoncenteeiles bestimmte Zuschriften sind an Dipl.-Ing. Friedrich Blaschitz, A 1082 Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3, 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. Es wird gebeten, jeder Arbeit eine Zusammenfassung in Englisch und eine Übersetzung des Titels in Englisch beizufügen. Ist eine Rücksendung der Manuskripte nach der Drucklegung erwünscht, so ist dies ausdrücklich zu bemerken. Bei Vorlage von Rasterklischees: Umschlag 42er Raster, Text 54er Raster

Die Zeitschrift erscheint viermal jährlich in zwangloser Folge.

Auflage: 1090 Stück

## Bezugsbedingungen: pro Jahr

Mitgliedsbeitrag für den Österr. Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie S 200,— Postscheckkonto Nr. 1190.933

Abonnementgebühr für das Inland ..... S 210,—

Abonnementgebühr für Deutschland ..... DM 39,—

Abonnementgebühr für das übrige Ausland S 270,— od. sfr 44,—

Einzelheft ... S 60,— Inland bzw. DM 12,— oder ö.S 85,— bzw. sfr 14,— Ausland

Alle Preise enthalten die Versandkosten, die für das Inland auch 8% MWSt.

Anzeigenpreis pro  $\frac{1}{4}$  Seite 125 × 205 mm S 1650,— einschl. Anzeigensteuer

Anzeigenpreis pro  $\frac{1}{2}$  Seite 125 × 100 mm S 990,— einschl. Anzeigensteuer

Anzeigenpreis pro  $\frac{1}{4}$  Seite 125 × 50 mm S 550,— einschl. Anzeigensteuer

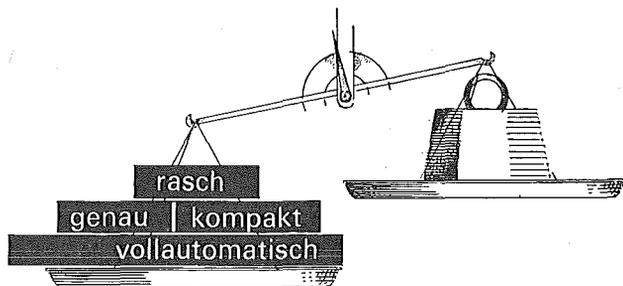
Anzeigenpreis pro  $\frac{1}{8}$  Seite 125 × 25 mm S 440,— einschl. Anzeigensteuer

Prospektbeilagen bis 4 Seiten ..... S 990,— einschl. Anzeigensteuer  
zusätzlich 16% MWSt.

Postscheckkonto Nr. 1190.933

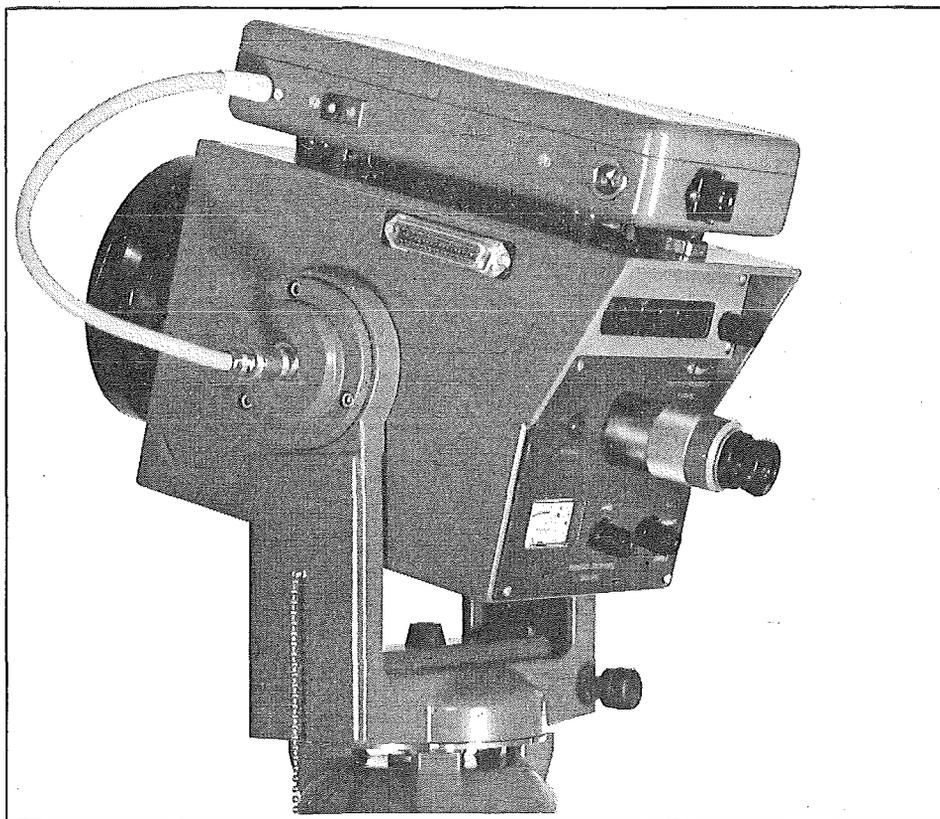
Telephon: (0222) 43 59 43

Zur Beachtung: Die Jahresabonnements laufen mit dem Kalenderjahr und gelten, wie im Pressewesen allgemein üblich, automatisch um ein Jahr verlängert, sofern nicht bis zum 31. 12. des laufenden Jahres die Kündigung erfolgt.



Vorteile, die ins Gewicht fallen

# KernDM1000



**DR. WILHELM ARTAKER**  
1031 Wien, Reisnerstraße 6  
Telefon (0222) 73 15 86  
Fernschreiber: 1-2322 dr-art



## **NEUERSCHEINUNG**

Sonderheft Nr. 27  
der Österreichischen Zeitschrift  
für Vermessungswesen und Photogrammetrie

DIPL.-ING. DR. MONT. HANS HADMAR MEYER

Über die transalpine Ölleitung  
Wien 1974

Preis S 70,— (DM 10,—)

Zu beziehen durch den Österreichischen Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie, Friedrich-Schmidt-Platz 3, 1082 Wien

## **NEUERSCHEINUNG**

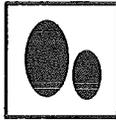
Sonderheft Nr. 26  
der Österreichischen Zeitschrift  
für Vermessungswesen und Photogrammetrie

DIPL.-ING. DR. TECHN. PETER WALDHÄUSL

Funktionale Modelle der Streifen- und Streifenblockausgleichung mit  
einfachen und Spline-Polynomen für beliebiges Gelände  
Wien 1973

Preis S 100,— (DM 15,—)

Zu beziehen durch den Österreichischen Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie, Friedrich-Schmidt-Platz 3, 1082 Wien



**HOBROUGH  
LIMITED**

So nannten wir uns.  
Doch wir sind größer  
und bescheidener ge-  
worden. Wir arbeiten.

**GESTALT INTERNATIONAL LIMITED**



So nennen wir  
uns jetzt.

Mit unserem Gestalt Photomapper II erzeugen wir klaffenfreie Ortho-  
photos.

Wenn Sie Orthophotos wollen, ohne einen Orthoprojektor zu kaufen:  
Wir helfen Ihnen.

Wenn Sie Orthophotos rasch, billig und von höchster Qualität wollen:  
Wir helfen Ihnen.

Fragen kostet nichts. Fragen Sie unsere österreichische Vertretung:

**manfred j. harrer**

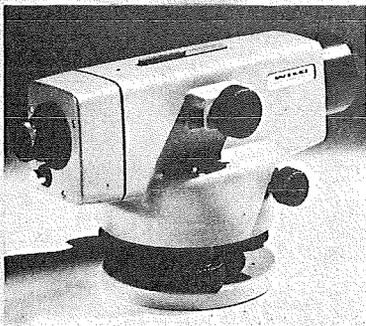
Technische Produkte

Adresse: A-1103 Wien, Postfach 166 · Austria  
Büro: Argentinierstraße 42, 1040 Wien  
Telefon: 65 43 66 : Telex: 01/1384 (HATRAD)  
Telegramme: Harrerimpex

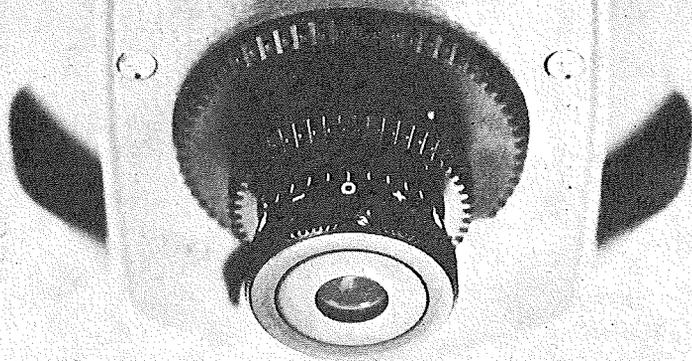
# Ausser dem Styling gab es eigentlich fast nichts mehr zu verbessern

Bei der Neugestaltung des Universal-Nivelliers NA2 haben wir uns für einmal auf das Äussere konzentriert. Technisch war ja schon fast alles perfekt. Und doch haben wir uns einiges einfallen lassen: kombinierter Grob-/Fein-Trieb für die Fokussierung, Wechselokular für 37fache Vergrösserung, Umwandlungsmöglichkeit in ein Lasernivellier mit dem Laserokular GL01. Made in Switzerland, serviced the world over.

**WILD**  
**HEERBRUGG**



**Zeitlos präzisis.**



# ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN UND PHOTOGRAMMETRIE

Herausgegeben vom  
Österreichischen Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie

Offizielles Organ  
des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppen f. Vermessungswesen)  
und der österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung

## SCHRIFTFÜHRUNG:

ao. Prof. W. Hofrat i. R. Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter  
o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Schmid  
o. Prof. Dr. phil. Wolfgang Pillewizer  
o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Helmut Moritz

Nr. 2

Baden bei Wien, Oktober 1974

62. Jg.

## Trigonometrisches Nivellement — Geometrisches Nivellement

Ein Genauigkeitsvergleich der beiden Methoden für große Höhenunterschiede

Von *Friedrich K. Brunner*, Wien

### *Zusammenfassung*

In dieser Arbeit werden die erreichbaren Genauigkeiten des geometrischen und trigonometrischen Nivellements für große Höhenunterschiede verglichen. Die Bezeichnung „trigonometrisches Nivellement“ steht hier für das Zusammenschließen von mehreren trigonometrischen Höhenmessungen zur Bestimmung eines Gesamthöhenunterschiedes. Die Untersuchungen bleiben auf das trigonometrische Nivellement mit gegenseitigen Zenitdistanzbeobachtungen und schief (elektrooptisch) gemessenen Seiten beschränkt. Am Modell eines Hanges (schiefe Ebene) wird sodann gezeigt, daß das trigonometrische Nivellement schon ab rund 150 m Höhendifferenz dem geometrischen Nivellement genauigkeitsmäßig und auch arbeitstechnisch überlegen ist, aber ebenso wie das geometrische Nivellement rohe Nivellementhöhendifferenzen liefert.

### *Abstract*

In this paper the accuracies of geometric and trigonometric levelling for large differences in height are compared. „Trigonometric levelling“ means the superposition of some trigonometric height measurements. The investigations of this paper are limited to the method of trigonometric levelling when the zenith distances are measured at both ends in connection with electrooptical slope ranges. For the model of a slope (inclined plane) it is shown that a height difference of more than 150 m will be measured with greater accuracy and less labor by trigonometric levelling than by geometric levelling; moreover, the trigonometric levelling method described yields uncorrected geometric height differences like the geometric levelling method.

### *1. Einleitung*

Auf Grund der steigenden Aktualität des trigonometrischen Nivellements, vor allem durch die Neuentwicklung von geodätischen Meßgeräten, will diese Arbeit versuchen, einen Genauigkeitsvergleich zwischen dem trigonometrischen Nivellement und dem geometrischen Nivellement aufzustellen. Ähnlich dem geometrischen Nivellement soll das Zusammenschließen von mehreren trigonometrischen Höhen-

messungen zur Bestimmung eines Gesamthöhenunterschiedes trigonometrisches Nivellement genannt werden. Es soll im speziellen untersucht werden, ob das trigonometrische Nivellement im Stande ist, das geometrische Nivellement bei der Messung großer Höhenunterschiede im Gebirge zu ersetzen und in welcher theoretisch richtigen Art und Anlage das trigonometrische Nivellement dabei verwendet werden müßte. Es wird nur die Aufgabe der Messung von Einzelhöhendifferenzen betrachtet, also nur das spezielle Tal-Gipfel-Problem. Die erreichbare Genauigkeit bei der Bestimmung eines großen Höhenunterschiedes soll abgegrenzt werden.

Zum größten Teil werden im folgenden die theoretischen Grundlagen des trigonometrischen Nivellements ohne detaillierte Ableitungen aus [4] und [5] übernommen werden. Nach den Schlußfolgerungen in [5] kommt bei steilen Visuren nur die gegenseitige Zenitdistanzbeobachtung mit den direkt (elektrooptisch) gemessenen schiefen Entfernungen als Meßmethode in Frage. Denn nur diese trigonometrische Höhenmeßmethode liefert, im Gegensatz zur trigonometrischen Höhenmessung mit gemessenen horizontalen Seiten, unabhängig von der Visur- neigung für den Grenzfall — die Entfernungen der trigonometrischen Höhenmessung gehen gegen die des geometrischen Nivellements — rohe unreduzierte geometrische Nivellementhöhenunterschiede. Wie schon vom geometrischen Nivellement her bekannt, kann auch dann das trigonometrische Nivellement in einem weiteren Arbeitsgang mittels Schweremessungen zu dynamischen oder orthometrischen Höhen reduziert werden. Doch soll dieser nachgeordnete Arbeitsgang nicht Thema der vorliegenden Arbeit sein.

## 2. Trigonometrisches Nivellement (Gegenseitig beobachtete Zenitdistanzen, gemessene schiefe Seite)

Wie schon erwähnt, werden beim trigonometrischen Nivellement die gemessenen Einzelhöhenunterschiede summiert und ergeben sodann den gesuchten Gesamthöhenunterschied  $H$ . Der Meßmethode folgend werden daher auch die Genauigkeitsbetrachtungen zuerst für den Einzelhöhenunterschied und erst danach für den resultierenden Gesamtfehler angestellt. Generell werden als vorläufige Einschränkung nur Visurlängen kleiner als 2 km betrachtet. Diese Visurlängenbeschränkung folgt in erster Linie aus der Reichweite der elektrooptischen Nahbereichs-Entfernungsmesser. Des weiteren ist bei allen folgenden Betrachtungen eine fehlerfreie Höhenzwangszentrierung zwischen Theodolit und Zieltafel vorausgesetzt, so daß keine Instrumenten- und Zielhöhen zu berücksichtigen sind.

### 2.1 Höhenformel

Hier wird ohne Ableitung — die Herleitung kann z. B. in [4] nachgelesen werden — eine Höhenformel für gegenseitig beobachtete Zenitdistanzen angegeben:

$$\overline{\Delta H}_{ij} = \frac{1}{2} \cdot s_i (\cos z_{ij} - \cos z_{ji}) - \frac{(s_i \cdot \sin z_{ij})^2}{4 r} (k_{ij} - k_{ji}) \quad \dots (1)$$

Die geometrischen Beziehungen des trigonometrischen Nivellements wie auch die verwendeten Bezeichnungen sind in Abb. 1 veranschaulicht. Zwischen den Refraktionswinkeln und den wirksamen Refraktionskoeffizienten besteht die Beziehung

$$\delta_{ij} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_i \cdot k_{ij} \quad \dots (2)$$

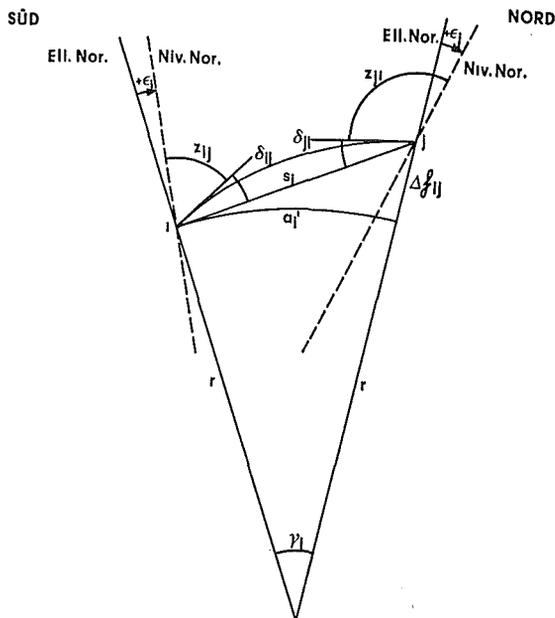


Abb. 1

Ein Höhenunterschied, gerechnet aus gegenseitig beobachteten Zenitdistanzen nach Gleichung (1), wird weitgehend unabhängig vom Wert des Krümmungsradius. Weiters ist nur die Differenz der wirksamen Refraktionskoeffizienten und nicht deren absolute Werte für die Höhenbestimmung von Bedeutung.

## 2.2 Einfluß der Lotabweichungen

In Gleichung (1) wurde vorausgesetzt, daß zur Berechnung des Höhenunterschiedes die beobachteten Zenitdistanzen verwendet werden. Den Zusammenhang mit der ellipsoidischen Höhendifferenz  $\Delta h$  ergeben die Lotabweichungskomponenten  $\epsilon_i$  und  $\epsilon_j$  der Standpunkte:

$$\overline{\Delta h}_{ij} = \overline{\Delta H}_{ij} + \frac{(\epsilon_i + \epsilon_j)}{2} (s_i \cdot \sin z_{ij}). \quad \dots (3)$$

Soll nun das trigonometrische Nivellement geometrische Nivellementhöhenunterschiede liefern, so findet man nach [5] durch einen Vergleich der Gleichung (3) mit der entsprechenden Formel für das geometrische Nivellement die Bedingung (4):

$$\int_0^a \epsilon \cdot dl = \sum a_i \frac{(\epsilon_i + \epsilon_j)}{2}. \quad \dots (4)$$

Nach Gleichung (4) wird also die Fläche unter der Lotabweichungskurve unabhängig von der Visurneigung durch Trapezflächen angenähert. Man kann darin ein Analogon zur numerischen Integrationsmethode nach der Sehnenrapezformel

<sup>1)</sup> Es sei hier ein Druckfehler in Abb. 2 in [5] korrigiert: der durch  $\epsilon_i$  verursachte ellipsoidische „Höhenfehler“ des geometrischen Nivellements ist gleich  $\epsilon_i dl$ , in der Abbildung gleich dl.

sehen. Dieses Analogon wurde auch in [4] benützt, um aus dem bekannten Lotabweichungsprofil der Schweizer Alpen [9] eine Formel für die mittlere Differenz zwischen trigonometrisch und geometrisch nivellierten Höhenunterschieden zu berechnen. Wird der zu bestimmende Höhenunterschied in  $n$  Meßabschnitte mit der durchschnittlichen horizontalen Seitenlänge  $a_i$  (in km) unterteilt, so findet man nach [4] die mittlere Abweichung  $F$  (in mm):

$$F = 8 \cdot n \cdot a_i^3. \quad \dots (5)$$

Die Werte der Gleichung (5) wurden allerdings für das echte Hochgebirge ermittelt. Im Mittelgebirge (geringere Bewegtheit der Lotabweichungskurve) wird der Betrag (5) kaum erreicht werden. Zu bemerken ist noch, daß  $F$  ein systematischer Fehler bei einer Höhenbestimmung Tal-Gipfel ist, da die Lotabweichungskurve für Hangprofile die Form einer Kosinuslinie besitzt.

### 2.3 Fehlereinflüsse auf einen Teilhöhenunterschied

Zunächst werden nun die Fehlerformeln für einen Einzelhöhenunterschied aus Gleichung (1) abgeleitet. In den angegebenen Fehlerformeln sind Glieder höherer Ordnung nicht mehr enthalten. Da ein Höhenunterschied, bestimmt durch gegenseitige Zenitdistanzbeobachtungen, weitgehend unabhängig vom Wert des Krümmungsradius wird, soll dieser extrem kleine Fehler auch nicht näher untersucht werden. Es sind daher, da die systematisch wirkenden Lotabweichungseinflüsse schon behandelt wurden, nur mehr die mittleren Fehler des Höhenunterschiedes wegen der Zenitdistanzfehler, Entfernungsfehler und Refraktionsungleichheiten zu besprechen.

#### 2.3.1 Einfluß der Zenitdistanzfehler

Gemessen werden die Zenitdistanzen mit Sekundentheodoliten vom Stativ aus. Mit allen auf dem Markt befindlichen Sekundentheodoliten können ohne großen Meßaufwand mittlere Fehler der Zenitdistanzen kleiner als  $\pm 5^\circ$  erreicht werden. Bei gleicher Beobachtungsgenauigkeit  $m_z$  der gegenseitigen Zenitdistanzen ergibt sich somit der mittlere Höhenfehler des Einzelhöhenunterschiedes wegen der Zenitdistanzfehler nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz mit

$$m \overline{\Delta H}_z = \pm \frac{s_i \cdot \sin z_{ij}}{\sqrt{2}} \cdot m_z. \quad \dots (6)$$

Zur Steigerung der Genauigkeit der gegenseitigen Beobachtung der Zenitdistanzen ist es erforderlich, daß man Theodolit und Zieltafel zwangszentriert austauschen kann. Allerdings steht für das trigonometrische Nivellement die Höhenzwangszentrierung im Mittelpunkt des Interesses.

#### 2.3.2 Einfluß des Fehlers der schiefen Seite

Hallermann [6] hat das Angebot des Marktes „Nahbereichs-Entfernungsmesser“ zusammengestellt, ohne auf die japanischen und amerikanischen Modelle näher eingegangen zu sein. Aber schon in dieser Zusammenstellung sieht man, daß sich der Genauigkeitsbereich der Entfernungsmessung von  $\pm 4$  mm des Tellurometers MA 100 bis ungefähr  $\pm 10$  mm des Di 10 von WILD spannt. Bei realistischer Einschätzung der atmosphärischen Umstände wird man den mittleren Fehler einer

Seitenmessung mit  $\pm 1$  cm annehmen können. Da es nicht notwendig ist, die schiefe Seite gegenseitig zu messen, muß diese aber unbedingt kontrolliert (von einem Standpunkt aus) gemessen werden. Man findet daher den mittleren Fehler eines Höhenunterschiedes verursacht durch den mittleren Fehler der schiefen Seite mit

$$m_{\overline{\Delta H}_s} = \pm \frac{1}{2} (\cos z_{ij} - \cos z_{ji}) m_s = \pm \cos z_{ij} \cdot m_s. \quad \dots (7)$$

Bis jetzt wurde stillschweigend die fehlerfreie, zwangszentrierte Ausführung der Winkel- und Seitenmessung in einem Arbeitsgang vorausgesetzt. In der Praxis wird man je nach den vorhandenen Geräten entscheiden, ob man Winkel und Seiten zwangszentriert mißt oder ob man unabhängig von der Winkelmessung die Seitenmessung ausführt. Wird die Seitenmessung nicht zwangszentriert mit der Winkelmessung ausgeführt, so wird man die gemessenen schiefen Seiten auf die ursprünglichen Zenitdistanzen mit Hilfe der Instrumenten- und Zielhöhendifferenzen zwischen der Winkel- und Seitenmessung reduzieren.

### 2.2.3 Einfluß des Refraktionsunterschiedes

Zahlreiche Literatur existiert zwar zur Refraktion bei langen Visuren (größer als 2 km), doch zur Refraktion bei kurzen Visuren (kleiner als 2 km) findet man nur spärlich Material. Die Gründe dafür sind bald gefunden. Kurze Visuren, von Stativen aus beobachtet, gehen fast immer durch die labile Unterschicht der Atmosphäre, da diese mit einer mittleren Höhe von ungefähr 20 Metern angenommen werden kann. Die Refraktion in dieser labilen Unterschicht unterliegt enormen Schwankungen und Anomalien, die, abgesehen von den wechselnden Strahlungseinflüssen (bedingt durch die wechselnde Bewölkung), noch zusätzlich von Topographie, Art des Oberflächenmaterials, Bewuchs und Richtung und Geschwindigkeit des Windes abhängen.

*Bahnert* [1, Seite 37] empfiehlt daher für kurze Visuren, gerade wegen der Nichterfaßbarkeit der wechselnden äußeren Einflüsse, das Kreisbogenmodell für die Lichtbahnkurve beizubehalten. Da auch der Gleichung (1) das Kreisbogenmodell zugrunde gelegt wurde, sollte theoretisch  $k_{ij}$  gleich  $k_{ji}$  sein. In der Praxis wird diese Bedingung auf Grund der verschiedenen Umstände (unsymmetrisches Höhenprofil, unterschiedliche Bodenbeschaffenheit, ungleiche Instrumentenhöhen, Windanomalien) nicht zutreffen, daher ist mit einer Differenz  $\Delta k$  der beiden Refraktionskoeffizienten, die man als mittleren zufälligen Fehler betrachten kann, zu rechnen. Es ergibt sich daher der mittlere Fehler eines Höhenunterschiedes wegen der mittleren Refraktionsungleichheit mit

$$m_{\overline{\Delta H}_{\Delta k}} = \pm \frac{(s_i \cdot \sin z_{ij})^2}{4 r} m_{\Delta k}. \quad \dots (8)$$

Zur Abschätzung der mittleren Refraktionsungleichheit  $m_{\Delta k}$  gegenseitiger Visuren kann behelfsweise der mittlere Fehler des Refraktionskoeffizienten  $m_k$  benutzt werden. In der Literatur findet man für  $m_k$  für kurze Visuren ein Intervall von  $\pm 0,1$  bis  $\pm 0,35$  angegeben. Daraus folgt als obere Grenze für die mittlere Refraktionsdifferenz

$$m_{\Delta k} = \pm 0,5. \quad \dots (9)$$

Dieser Wert wurde durch die Untersuchungen von *Tegeler* [11, Seite 67–71] zur trigonometrischen Höhenbestimmung in Flachlandnetzen vollauf für kurze Visurlängen bestätigt.

Hatte der Verfasser in [4]  $m\Delta k$  mit  $\pm 0.1$  vielleicht zu optimistisch angenommen, so darf schon hier vorweggenommen werden, daß auch der fünffache mittlere Refraktionsdifferenzbetrag nach Gleichung (9) am Gesamthöhenfehler wenig ändert, sondern nur die optimale Streckenlänge, mit der ein minimaler mittlerer Höhenfehler erzielt werden kann, verändert. Um die entfernungsunabhängige, hohe Streckenmeßgenauigkeit der elektrooptischen Nahbereichsentfernungsmeßgeräte auszunützen, werden die Visurlängen zwischen 400 m und 1000 m zu wählen sein. Gerade für diesen Bereich dürfte aber die Einschätzung des mittleren Fehlers der Refraktionsdifferenz zwischen der Hin- und Rückmessung bei gleichzeitigen, insbesondere aber bei zeitlich knapp aufeinanderfolgenden Messungen nach Gleichung (9) mit  $\pm 0,5$  realistischer als mit  $\pm 0,1$  sein.

### 2.3.4 Mittlere Fehler eines Teilhöhenunterschiedes

Der mittlere Fehler eines Teilhöhenunterschiedes wegen der zufälligen Beobachtungsfehler und des Unterschiedes der Refraktionskoeffizienten ergibt sich nach dem allgemeinen Fehlerfortpflanzungsgesetz für den Einzelhöhenabschnitt  $\overline{\Delta H}$  mit

$$m_{\overline{\Delta H}}^2 = \left( \frac{s \cdot \sin z}{\sqrt{2}} \cdot m_z \right)^2 + (\cos z \cdot m_s)^2 + \left[ \frac{(s \cdot \sin z)^2}{4r} m_{\Delta k} \right]^2 \dots (10)$$

### 2.4 Gesamfehler des trigonometrischen Nivellements

Beim trigonometrischen Nivellement werden die einzelnen Teilhöhenunterschiede aus den gegenseitig beobachteten Zenitdistanzen und der gemessenen schiefen Seite berechnet. Unter der Voraussetzung, daß die Messungen zwangszentriert ausgeführt werden, errechnet sich somit der Gesamthöhenunterschied als Summe der Einzelhöhenabschnitte (ohne Beachtung der unbekanntenen Refraktionsdifferenzen):

$$H = \sum_1^{n-1} \frac{s_i}{2} (\cos z_{i, i+1} - \cos z_{i+1, i}) \dots (11)$$

Fehlertheoretisch ist das trigonometrische Nivellement ein Analogon zum Bussolenzug. Für den Bussolenzug wird in der Standardliteratur auf Grund der Fehlerfortpflanzung empfohlen, die Seiten kurz zu halten. Nun hat aber *Tarczy-Hornoch* [10] gezeigt, daß bei Kreiselpolygonzügen wenige lange Seiten, dafür aber mehrfache Orientierung in den Polygonpunkten fehlertheoretisch und arbeitstechnisch günstiger sind als kurze Seiten mit einfacher Orientierung. Auf den Höhenzug übertragen bedeutet dies, bei langen Seiten die Zenitdistanzen in mehreren Sätzen zu beobachten. Wie schon *Bahnert* [1, Seite 44] bemerkt hat, sind in jedem Beobachtungspunkt die Messungen unabhängig voneinander, höchstens durch gleiche Refraktionszustände korreliert. Daher kann man den mittleren Fehler des gesamten Höhenunterschiedes durch Anwendung des allgemeinen Fehlerfortpflanzungsgesetzes für unkorrelierte Beobachtungen finden. Durch Unterteilung der

Gesamthöhendifferenz in  $n$  gleiche Abschnitte findet man den zufälligen Gesamtfehler

$$M = \pm \sqrt{n} \cdot m_{\Delta H}. \quad \dots (12)$$

Für einen gegebenen Höhenunterschied soll nun das Minimum des zufälligen Gesamtfehlers  $M$  des Höhenunterschiedes gesucht werden. Als einfachstes Modell eines Berghanges bietet sich die schiefe Ebene an, gegeben durch Neigung  $\alpha$  und Höhendifferenz  $H$ . Weicht man mit den Messungen, schematisch in Abb. 2 dargestellt, aus der Falllinie aus, so kann man die Zenitdistanzen variabel gestalten. Allerdings muß die Länge der schiefen Seite  $s$  zwischen der entsprechenden Falllinienstrecke und der Reichweite des Entfernungsmessgerätes liegen. Unter der theoretischen Annahme gleichlanger Seiten ergeben sich folgende, aus Abb. 2 leicht ablesbare Beziehungen:

$$\Delta H = \frac{H}{n} \quad \dots (13)$$

$$\cos z = \frac{H}{n \cdot s} \quad \dots (14)$$

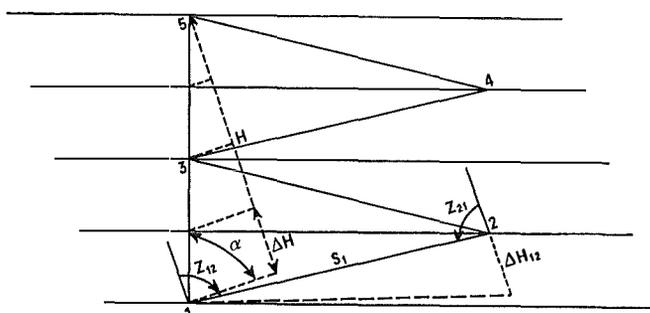


Abb. 2

Mit diesen Beziehungen findet man für das mittlere Fehlerquadrat des Höhenunterschiedes aus den Gleichungen (10) und (12) den Ausdruck (15).

$$M^2 = \frac{1}{n} \left[ (n^2 s^2 - H^2) \frac{m_z^2}{2} + \frac{H^2}{s^2} m_s^2 + \frac{(n^2 s^2 - H^2)^2}{16 \cdot n^2 \cdot r^2} m_{\Delta k^2} \right] \quad \dots (15)$$

Ohne  $n$  vorläufig festzulegen, wird zunächst das Minimum für  $M^2$  in Abhängigkeit von der Seitenlänge gesucht. Die erste Ableitung von  $M^2$  Null gesetzt, ergibt Gleichung (16), eine Gleichung 6. Grades in  $s$ :

$$\frac{\partial (M^2)}{\partial s} = n^2 \cdot m_{\Delta k^2} \cdot s^6 - (m_{\Delta k^2} \cdot H^2 - 4 \cdot n^2 \cdot r^2 \cdot m_z^2) s^4 - 8 \cdot r^2 \cdot H^2 \cdot m_s^2 = 0 \quad \dots (16)$$

Gleichung (16) kann durch eine Substitution in eine Gleichung 3. Grades übergeführt werden, die ihrerseits wieder eine reelle und zwei konjugiert komplexe Lösungen hat. Mit Hilfe der 2. Ableitung kann gezeigt werden, daß für jeden reellen Wert von  $\bar{s}$ , gerechnet aus Gleichung (16),  $M^2$  ein Minimum wird.

Werden die im Kapitel 2.3 erarbeiteten Werte

$$\frac{1}{r} = 16 \cdot 10^{-8}$$

$$m_{\Delta k} = \pm 0,5$$

$$m_z = 7,9 \cdot 10^{-6}$$

$$m_s = \pm 0,01$$

in Gleichung (16) eingesetzt, so ergibt sich damit die Gleichung (17).

$$64 \cdot 10^{-18} \cdot n^2 \cdot \bar{s}^6 - (64 \cdot 10^{-6} \cdot H^2 - 62 \cdot n^2) 10^{-12} \cdot \bar{s}^4 - 2 \cdot 10^{-4} \cdot H^2 = 0 \dots (17)$$

Die numerische Berechnung der Lösungen der Gleichung (17) wurde mittels einer Iterationsmethode ausgeführt und die Lösungen  $\bar{s}$  sind in Abb. 3 in Abhängigkeit von  $H$  für  $n = 2, 4, 6, 8, 10$  und  $12$  dargestellt.

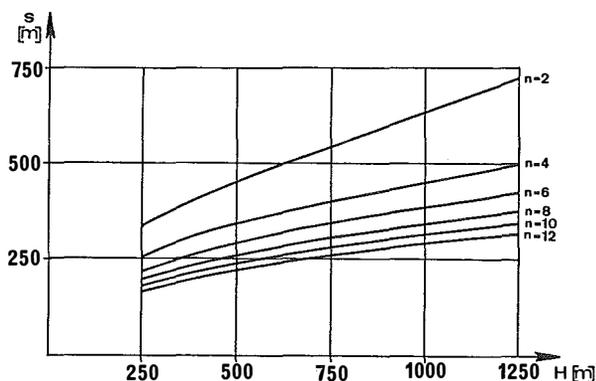


Abb. 3

Für einen gegebenen Gesamthöhenunterschied  $H$  und eine gewählte Unterteilungszahl  $n$ , die sich vor allem durch die topographischen Umstände und die Hangneigung ( $\bar{s}$  muß größer als die entsprechende Falllinienstrecke sein) ergeben wird, findet man in Abb. 3 jenes  $\bar{s}$ , bei dessen Verwendung dann der mittlere zufällige Fehler der Gesamthöhendifferenz ein Minimum wird. Sowohl die Fehler der An- und Abschlußmessungen als auch die Zwangszentrierungsfehler können gegenüber den Fehlern des trigonometrischen Nivellements so klein gehalten werden, daß man sie bei Fehlerabschätzungen nicht weiter zu berücksichtigen braucht. Der mittlere Gesamtfehler des trigonometrischen Nivellements kann daher nach Gleichung (15) unter Verwendung der  $\bar{s}$  aus Abb. 3 errechnet werden und ist in Abb. 4 in Abhängigkeit von der Gesamthöhe  $H$  bei einer Unterteilung in 2 und 12 Abschnitte dargestellt.

Untersucht man die Abhängigkeit des mittleren Fehlers der gesuchten Höhendifferenz von der Unterteilungszahl  $n$ , so kann im allgemeinen gesagt werden, daß der mittlere zufällige Fehler  $M$  des Gesamthöhenunterschiedes relativ unabhängig von der Wahl der Unterteilungszahl  $n$  ist, sofern die optimale Seitenlänge  $\bar{s}$  nach Abb. 3 gewählt wird. Die Erkenntnis, daß eine Erhöhung der Unterteilungszahl keine beachtenswerte Genauigkeitssteigerung bringt, unterstreicht besonders die Wirtschaftlichkeit des trigonometrischen Nivellements im Gebirge.

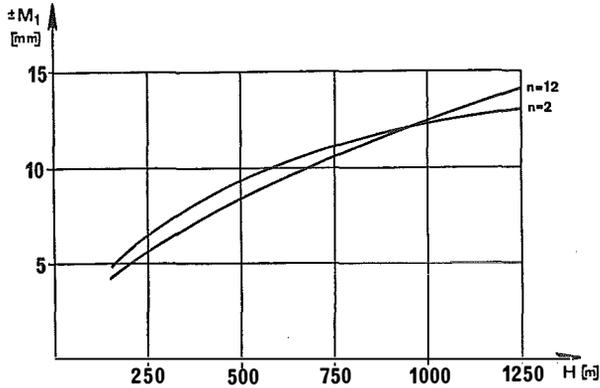


Abb. 4

Dem zufälligen Fehler  $M$ , zusammengesetzt aus den zufälligen Beobachtungs- und Refraktionsfehlern, addiert sich noch der systematische Fehler  $F$ , verursacht durch die nicht vollständige Erfassung des Lotabweichungseinflusses.  $F$  erreicht bei den relativ kurzen Distanzen  $\bar{s}$  zwischen den einzelnen Standpunkten (bedingt durch  $m_k \Delta = \pm 0,5$ ) nur sehr kleine Werte. Der Gesamtfehler aus zufälligen und systematischen Fehlern errechnet sich dann nach Gleichung (18) und ist in Abb. 5 als Funktion des Gesamthöhenunterschiedes für  $n = 4$  dargestellt.

$$M_T = \sqrt{M^2 + F^2} \quad \dots (18)$$

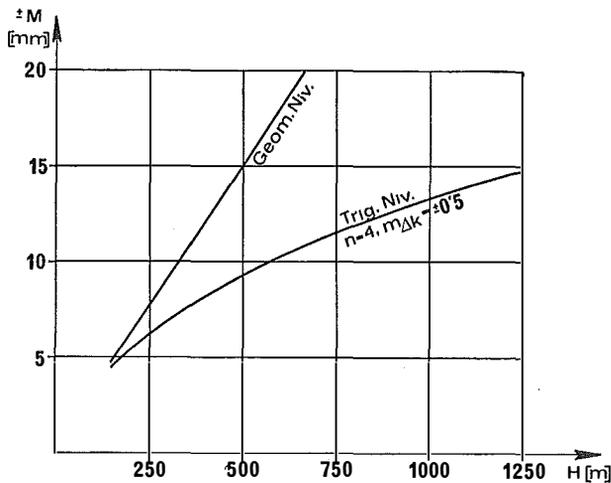


Abb. 5

### 3. Geometrisches Nivellement

Das geometrische Präzisionsnivellement, das im allgemeinen für Höhenunterschiedsmessungen benützt wird, liefert sofort die gewünschten unreduzierten Nivellementhöhendifferenzen. Die Fehler des geometrischen Präzisionsnivellements sind äußerst gering und werden als mittlere Fehler pro Kilometer ( $\pm 0,4$  mm pro 1 km erreichbar) angegeben. Doch sind diese zu erwartenden Fehler für geringe

Höhenunterschiede bei langen Nivellementwegen gedacht. Bei großen Höhenunterschieden dagegen können diese Fehler ganz beträchtliche Werte erreichen, da die systematischen Fehler vorwiegend proportional zum Höhenunterschied eingehen.

Die Unsicherheit des geometrischen Nivellements wächst bei stärker geneigtem Meßprofil wegen der unsymmetrischen Refraktionseinflüsse im Vor- und Rückblick erheblich. Die dadurch entstehenden Höhenfehler kommen in den Schleifenschlüssen nur im geringen Maße zum Ausdruck. Dieser systematische Fehler durch die nivelitische Refraktion darf nach den Untersuchungen [3] und [8] mit durchschnittlich  $- (0,06 \text{ bis } 0,10)$  mm pro 1 m Höhendifferenz bei Visurlängen von 50 m angenommen werden. Zwar kann dieser Einfluß mit Hilfe von vertikalen Temperaturgradientenmessungen rechnerisch erfaßt werden, doch sind diese Methoden im Hochgebirge, wo selbst schon das Nivellement schwierig genug auszuführen ist, nach dem Wissen des Verfassers noch nie angewendet worden. Vernachlässigt man die anderen systematischen Fehler des geometrischen Nivellements (Erdkrümmung, Einsinken von Instrument und Latte während der Messung, persönliche Fehler des Beobachters, mangelhafte Lotrechtstellung, so kann man das Quadrat des mittleren systematischen Fehlers eines Höhenunterschiedes mit

$$M_s^2 = 0,032 \cdot H^2_{[m]} \quad \text{in [mm}^2] \quad \dots (19)$$

angeben. Der Wert  $- 0,03$  wurde wegen der kleineren Visurlängen (sicher kleiner als 50 m im Hochgebirge) nur mit der Hälfte des Wertes von *Brocks* [3] geschätzt, was voll durch die Untersuchungen von *Behrendt* [2] bestätigt wird.

Die rein zufälligen Nivellementfehler (zufällige Fehler der Lattenteilung, Ablesfehler an der Latte, Fehler der Horizontierung) wirken pro Beobachtung. Pro Standpunkt kann mit den 3 m langen Invarband-Nivellierlatten, wenn man die einfachsten Beobachtungsvorschriften beachtet, ein durchschnittlicher Höhengewinn von 2 m erreicht werden. Wird der mittlere zufällige Fehler pro Zielung überschlägig mit  $\pm 0,1$  mm geschätzt, so findet man das Quadrat des zufälligen Fehlers eines Höhenunterschiedes  $H$  mit:

$$M_z^2 = 0,12 \cdot H_{[m]} \quad \text{in [mm}^2]. \quad \dots (20)$$

Nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz von systematischen und zufälligen Fehlern ergibt sich das Quadrat des mittleren Gesamtfehlers  $M_G^2$  des geometrischen Nivellements mit:

$$M_G^2 = M_s^2 + M_z^2 = H (0,032 \cdot H + 0,12) \doteq 0,032 \cdot H^2_{[m]} \quad \text{in [mm}^2]. \quad \dots (21)$$

Gleichung (21) zeigt sehr eindringlich, daß die Refraktion im geometrischen Nivellement bei geneigtem Meßprofil den ermittelten Höhenunterschied beträchtlich, und zwar proportional zum Höhenunterschied, verfälscht.

#### 4. Vergleich der Gesamtfehler und abschließende Bemerkungen

Wird das trigonometrische Nivellement zur Hanghöhenmessung angewendet, so wird es in seiner Meßanlage wieder variabel, wenn man aus der Fallinie des Hanges mit den Messungen ausweicht. Das einfachste Modell eines Hanges stellt die schiefe Ebene dar. Für diesen Modellfall werden Genauigkeitsberechnungen durchgeführt, um dadurch Hinweise für die praktische Ausführung des trigonometrischen Nivelle-

ments zu bekommen. Man sucht daher das Minimum des zufälligen Fehlers eines Gesamthöhenunterschiedes in Funktion von der Seitenlänge und der Unterteilungszahl. Für einen gegebenen Gesamthöhenunterschied und bei gewählter Unterteilungszahl wird die optimale Seitenlänge, bei der dann der Gesamtfehler ein Minimum wird, aus Abb. 3 gewählt. Den zu erwartenden zufälligen Fehler der Gesamthöhendifferenz zeigt Abb. 4 (mittlerer Fehler der Zenitdistanzbeobachtung  $m_z = \pm 5''$ , mittlerer Fehler der Entfernungsmessung  $\pm 10$  mm, mittlerer Fehler der Refraktionsungleichheit  $m_{\Delta k} = \pm 0,5$ ). Die Wirtschaftlichkeit der Methode wird dadurch unterstrichen, daß die Wahl der Unterteilungszahl nur geringen Einfluß auf den mittleren Gesamtfehler des Höhenunterschiedes hat. Wird diesem zufälligen Fehler noch der systematische Fehler der Nichterfassung der Lotabweichungseinflüsse überlagert, so ergibt sich schließlich der Fehler des gesamten Höhenunterschiedes nach Abb. 5. Zum Vergleich ist in Abb. 5 auch der tatsächliche Fehler des geometrischen Nivellements dargestellt, hauptsächlich durch den systematischen Fehler der unsymmetrischen Strahlenbrechung hervorgerufen. Man sieht aus Abb. 5 sofort, daß schon ab rund 150 m Gesamthöhenunterschied das trigonometrische Nivellement dem geometrischen Nivellement genauigkeitsmäßig überlegen ist. Vor allem aber überzeugt die Überlegenheit des trigonometrischen Nivellements im Hinblick auf den nötigen Arbeitsaufwand im Vergleich zum geometrischen Nivellement. Von jedem Praktiker wird nur zu gern bestätigt werden, daß es auf einem steilen Berghang leichter sein wird, über 4 Punkte ein trigonometrisches Nivellement zu messen als eine Höhengschleife zu nivellieren. Selbstverständlich muß das trigonometrische Nivellement nach den speziellen topographischen Eigenschaften des jeweiligen Hanges angelegt werden, doch sollten die theoretisch erarbeiteten Richtlinien soweit als möglich eingehalten werden, um die errechneten Genauigkeiten erreichen zu können.

Ein paar Worte zur Anwendung des trigonometrischen Nivellements seien jetzt erlaubt. *Hradilek* [7] hat die Übertragung von Talhöhen in die Gipfflur mit elektrooptisch gemessenen Seiten ohne Unterteilung gezeigt, doch ist seine Übertragung auf rein ellipsoidische Höhen beschränkt. Die vorliegende Arbeit zeigt einen Weg, wie Nivellementhöhen mit großer Genauigkeit in die Gipfflur übertragen werden können, ohne den geometrischen Nivellementhöhencharakter zu verlieren. Höhenreduktionen können beim trigonometrischen Nivellement (schiefe Seite) in analoger Weise zum geometrischen Nivellement auf Grund von Schweremessungen angebracht werden.

Die immer wieder geäußerte Ansicht, daß das geometrische Nivellement der trigonometrischen Höhenmessung auch im Hochgebirge überlegen ist, hat somit ihre Aktualität verloren. Denn mit dem trigonometrischen Nivellement (gemessene schiefe Seite, gegenseitige Zenitdistanzbeobachtung) wurde dem geometrischen Nivellement eine Meßmethode gegenübergestellt, die ebenso geometrische Nivellementhöhen liefert, diesem aber im Gebirge an Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit überlegen ist.

#### Literatur:

- [1] *Bahnert, G.*: Möglichkeiten und Grenzen der trigonometrischen Höhenmessung. 2. Teil, Arbeiten aus dem Vermessungs- und Kartenwesen der DDR, Band 25, Leipzig 1970.

- [2] *Behrendt, W.*: Ein Beitrag zur Refraktion im Nivellement. Deutsche geodätische Kommission, Reihe C, Heft Nr. 28, 1958.
- [3] *Brocks, K.*: Meteorologische Hilfsmittel für die geodätische Höhenmessung. Z. f. V., 75 (1950), S. 71–76, 110–116, 145–152.
- [4] *Brunner, F. K.*: Beiträge zum trigonometrischen Nivellement im Gebirge, Dissertation der Fakultät für Naturwissenschaften der Technischen Hochschule Wien, 1972.
- [5] *Brunner, F. K.*: Lotabweichungseinfluß bei der trigonometrischen Höhenmessung mit steilen Visuren. Ö.Z.f.V., 61 (1973), Nr. 4, S. 126–134.
- [6] *Hallermann, L.*: Überblick über die auf dem Markt befindlichen Nahbereichsentfernungsmesser und deren Einsatz bei der Punktaufnahme. AVN, 79 (1972), S. 41–59.
- [7] *Hradilek, L.*: Höhenbestimmung aus elektrooptisch gemessenen Längen. Studia geophysica et geodetica, 2 (1958), S. 206–211.
- [8] *Kukkamäki, T. J.*: Über die Nivellitische Refraktion. Veröff. d. Finn. Geod. Inst. Nr. 25, Helsinki 1938.
- [9] *Niethammer, Th.*: Das astronomische Nivellement im Meridian des St. Gotthard — Die berechneten Geoiderhebungen und der Verlauf des Geoidschnittes. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, 20/II, 1939.
- [10] *Tarczy-Hornoch, A.*: Über die mittleren Fehler des Endpunktes bei offenen Kreiselpolygonzügen. Mitteilungen aus dem Markscheidewesen, 76 (1969), S. 115–121.
- [11] *Tegeler, W.*: Untersuchungen zur Genauigkeit der trigonometrischen Höhenmessung im Flachland und Mittelgebirge. Dissertation; Wissenschaftliche Arbeiten der Lehrstühle für Geodäsie, Photogrammetrie und Kartographie an der Technischen Universität Hannover Nr. 45, 1971.

## Absolute und relative Genauigkeit beim Messen

Von *Kornelius Peters*, Wien

(Fortsetzung)

### 2.1.2. Flächenbestimmung

Auf die relativ schwierigen, besonders von *R. Förstner* [9] untersuchten Fehlerformeln für Flächen soll hier nicht eingegangen werden. Man soll jedenfalls auch von aus Koordinaten berechneten Flächen nicht zu viel erwarten.

Stimmen die Maße zwischen Grenzmarken auf  $\pm 10$  cm nicht mit den Koordinaten-Sperrmaßen überein, ist die aus Koordinaten gerechnete Fläche eines  $50 \times 15$  m Bauplatzes unsicher auf  $\pm 3,6$  m<sup>2</sup>, d. s.  $\pm 5\%$ . Hier liegt offenbar eine „Unbestimmtheit der Meßgröße“ vor.

Flächen werden außerhalb des Vermessungswesens sehr häufig benötigt, sei es für Raumplanung, Geographie (Dichteangaben), Wasserbau (Einzugsgebiete) oder für alle Arten der graphischen Integration in Mathematik, Maschinenbau, Physik. Laut [13] S. 120 erreicht man mit den äußerst trivial klingenden Auswiege- bzw. Auszählverfahren bis zu 1%, sicher aber nur bei entsprechend großem Meßwert.

Auch mit Planimetern (Scheibenrollplanimetern) erreicht man diese Genauigkeit. Die Eichfehlergrenzen für Planimeter und auch Stoff- und Ledermeßmaschinen sind jeweils mit 1% festgesetzt ([8], S. 46, 48).

### 2.1.3 Volumina

2.1.3.1. Die für uns interessantesten Fehler bei Volumensbestimmungen sind jene der Erdmassenabrechnung. Bei einem Profilverstand von 25 m, alle 4 m ein Meßpunkt, Höhenunsicherheit  $\pm 5$  cm, Planumbreite 30 m, Planumhöhe 2 m, beträgt der Volumenfehler wegen Näherungsansatz des Mittelprofils 0 bis 2%, wegen Unsicherheit der aufgenommenen Punkte 0,2%, wegen Idealisierung des Geländes 2,5%; bei dichter Punkt- und Profilverfolge sinkt der Gesamtfehler auf etwa 1%. Der Fehlereinfluß von der nicht plangemäßen Ausführung des Kunstkörpers ( $m = \pm 25$  cm) von 0,6% bei der zuerst genannten Punktdichte geht unter, eine Schlußvermessung in dieser Hinsicht ist also nicht nötig [51]. Der zuerst genannten Genauigkeit der Erdmassenbestimmung entspricht ziffernmäßig die Verkehrsfehlergrenze eines 50 l-Bierfasses von 3% ([8], S. 118).

Medizinische Spritzen entsprechen denselben Genauigkeitsanforderungen ([8] S. 301).

#### 2.1.3.2 Mengenstrommessung

Hier unterscheidet man direkte Messung des durchströmenden Mediums (z. B. Flügelradzähler, Ovalradzähler, Membranzähler, Ringkolbenzähler) sowie indirekte durch Druckänderung bei Durchströmen eines verengten Querschnittes ([13] S. 205 ff.). Da hier Gas- und Flüssigkeitszähler anfallen, handelt es sich um Vorrichtungen von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Leider sind die Genauigkeiten nicht sehr groß, auch durch Wiederholungsmessungen oder Benützung des Quadratwurzelgesetzes durch Aneinanderreihen, wie beim Nivellieren, kann man sich nicht helfen ([42] S. 123). Die Unsicherheit der Gaszähler wird mit 1%, die Eichfehlergrenze für die entsprechenden Verdrängungsgaszähler mit 2%, die Verkehrsfehlergrenze mit 3 bis 4% festgesetzt.

Bei Wasserzählern für Versorgungs- und Verrechnungszwecke liegen die Eichfehlergrenzen zwischen 1% und 10% (die relative Genauigkeit steigt mit der Durchflußmenge) [8]. Die Eichfehlergrenzen der Zapfsäulen betragen 2,5%; bei den großen Raffinerien und Pipelines kämpft man eben die Unsicherheit der Messung der riesigen durchzuschleusenden Mineralölmengen von 1% auf 0,5% herab, teilweise unter Verwendung von Doppelmessungen durch Hintereinanderschalten.

#### 2.1.3.3 Niederschlag, Verdunstung

Die Komponenten der wirtschaftlich so wichtigen Abflußbilanz der Gewässer sind: Niederschlag, Verdunstung, Unterirdischer Abfluß, Oberirdischer Abfluß.

Während man den Betrag des unterirdischen Abflusses nur schätzen kann und für Verdunstungsmessungen keine Genauigkeitsangaben möglich sind, liegen für den Niederschlag Erfahrungswerte und den oberirdischen Abfluß exakt ermittelte Genauigkeitsdaten vor.

Die Unsicherheit der Niederschlagsmessung ist vom Instrument (Querschnitt, Wandbenetzung), Umwelteinflüssen (Windexposition, Verdunstung) sowie von der nötigen Extrapolation der punktförmigen Meßstelle auf die Umgebung beeinflusst. Sie beträgt etwa  $\pm 5\%$  der Jahressumme ( $\pm 30\%$  des Ereignisses) für das Gerät und wird mit ca.  $\pm 10\%$  von der Aufstellung (Umwelt) im Jahr beeinflusst. Die Extrapolation bringt an Unsicherheit je behandelte Fläche für ca. 100 km<sup>2</sup> minde-

stens 30% des Jahresniederschlages, systematische Einflüsse sind der Richtung des Vorzeichens, nicht aber dem ungefähren Betrag nach bekannt.

Abflußmessungen sind je nach den Voraussetzungen bei der Einzelmessung 2% bis 8% genau, bei Meßreihen jedoch 5% bis 15%.

(Diese Angaben stammen von den Kollegen *Gutknecht* und *Reitinger*.)

#### 2.1.4 Modellversuche

Modellversuche erweisen sich besonders in Wasserbau und Statik als nützliches Mittel, eine auch jetzt noch a priori zu komplizierte numerische Untersuchung zu ersetzen. Bei hydrologischen Versuchen zeigt sich große Abhängigkeit vom Maßstab und auch der Ausführung als Schnitt- oder Vollmodell. Im ersten Fall ist die 3. Dimension, im zweiten Fall die Lage genauer. Bei Durchströmversuchen soll ja auch nur geklärt werden, bei welcher Ausgestaltung des Tosbeckens die Energie des Wassers, welches durch das geöffnete Wehr strömt, vernichtet wird. Ähnlich liegt der Fall bei den Überflutungssimulationen, wie sie etwa bei den DoKW ausgeführt werden [59]. Die Reliefgenauigkeit läßt sich gut angeben, doch hängt die tatsächliche Genauigkeit (sofern überhaupt eine anzugeben ist — meinen wir die der Pegelstände oder die der Lage der Benetzungslinie?) von der Nachbildung des Rauigkeitsbeiwertes und von der jeweiligen Wasserhöhe ab; eine Rückkopplung mit bekannten Wasserstandganglinien abgelaufener Hochwässer ist möglich.

Bei statischen Modellversuchen rechnet man mit einer Genauigkeit von 3% bis 5% [2], diese Angaben gelten auch für Belastungsversuche von Dammbalken in der Hydraulik. In Sonderfällen, wie beim Zuschnitt des Münchener Zeldaches, gelten aber andere Überlegungen: bei 1:200 Modellmaßstab entspricht 0,2 mm Meßgenauigkeit bereits mehr als die halbe elastische Längenänderung eines 50 m-Seiles von Null auf die gewünschte Vorspannung [31]. Modellversuche im weiteren Sinne sind auch Simulationen sozioökonomischer Vorstellungen durch Planspiele, Monte-Carlo-Methoden usw., sind aber nicht Gegenstand dieser Arbeit. Die zuerst erwähnten Modellversuche kann man als Analogrechenanlagen auffassen, deren Aussage häufig nur qualitativ sein kann, aber schon auf dieser Stufe für einen iterativen Verbesserungsprozeß sehr wertvoll ist.

## 2.2 Winkel

### 2.2.1 Parallaktische Winkel

In der Industrievermessung sehr verbreitet, ist das Autokollimationsfernrohr bei uns kaum bekannt, da von speziellem Zuschnitt. Die Meßunsicherheit am Okular (Strichkreuz) beträgt  $\pm 0,2''$  (!), die echte Genauigkeit hängt von der mechanischen Aufbringung des Spiegels am zu vermessenden Objekt ab [44].

Eine fast unglaubliche Genauigkeit kann mit Interferometern in direkter Messung erreicht werden, nämlich  $\pm 0,005''$  [61]. Dies soll in der Geodäsie zur Bestimmung von Refraktionskoeffizienten durch gleichzeitige Messung mit mehreren Wellenlängen von Laserlicht verwendet werden. Bisher konnte man die minimalen Zenitdistanzunterschiede nicht messen. Mit Interferometern kann der Brechungsindex auf  $10^{-7}$  bestimmt werden [26].

### 2.2.2 *Astronomische Ortsbestimmung, Erdmessung, absolute Richtungen*

Die besten erreichbaren Genauigkeiten betragen derzeit

für ein Azimut	$\pm 0,35''$ ,
für die geographische Breite	$\pm 0,25''$ ,
für die geographische Länge	$\pm 0,15''$ [33], [55].

Die Länge war lange das Stiefkind der geographischen Ortbestimmung, da sie eng mit der Zeitübertragung verbunden ist. Aus demselben Grund ist sie es jetzt nicht mehr. Interessant in der zahlenmäßigen Übereinstimmung ist der mittlere Fehler einer stationsausgeglichenen Richtung im österreichischen Dreiecksnetz I. Ordnung von  $\pm 0,36''$  [4].

Abgesehen von der astronomischen Azimutbestimmung verwendet man noch die gyroskopische und magnetische. Die derzeit genauesten Kreiseltheodolite orientieren  $\pm 35^\circ$  ( $10''$ ) unsicher ([45] S. 380), unter Laborbedingungen lt. *Gregerson* noch eine Dimension genauer.

Magnetische Orientierungen sind schon von der Instrumentenseite her mit einer Unsicherheit von etwa  $\pm 10^\circ$  behaftet ([5] S. 111); die genaue Bestimmung der magnetischen Deklination ist sehr aufwendig und erfolgt im Labor mittels „Deklinationen“ auf weniger als  $\pm 1^\circ$ .

### 2.2.3 *Winkelmessung in der Physik*

Die Geräte mit konventionellen Teilkreisen zeigen auch dieselben Genauigkeitskriterien wie konventionelle Theodolite. Mit Spektrometern kann man Winkel von Prismen und Spiegeln (so entsprechend definiert) auf etwa  $\pm 5''$  messen; die zugehörigen Brechungsindizes fallen auf  $10^{-5}$  an (vgl. Stellenzahl von trigonometrischen Tafelwerken!)

Der Drehungswinkel der Polarisationssebene wird mit dem Polarimeter auf  $\pm 25''$  bestimmt ([26] S. 108, S. 30, S. 75).

In der „Längenmeßtechnik“ verkörpert man Winkel durch Sinuslineale und Tangenslineale, welche durch Aufleger auf Meßrollen und Endmaße über die entsprechende Funktion den Winkel herstellen: Genauigkeit besser als  $\pm 30''$ .

Für uns überraschend genau ist die Winkelmessung und -bewahrung in der Elektrotechnik. Meßwandler der genauesten Klasse dürfen einen Fehlwinkel von höchstens  $\pm 5'$  erzeugen; ein Fehlwinkel des transformierten Stromes bedeutet, daß der Strom nicht in gleicher Phase auf den sekundären Belastungskreis übertragen wird ([3] S. 347).

Schließlich sei an den von den Geodimetern bekannten Phasenschieber erinnert. Die von *Mitter* mitgeteilte Faustformel für die optimale Auflösung des Phasenwinkels des Auflösungsstromes von  $\lambda/3000$  bzw.  $\pm 0,12^\circ$  Winkelfehler ([23] S. 324, 325) liegt ziffernmäßig genau bei dem oben angegebenen Wert.

### 2.2.4 *Fluchtgenauigkeit*

Maschinengroßteile, z. B. in der Papierindustrie, sollen auf besser als  $\pm 1$  cm Querabweichung ausgerichtet sein (ca.  $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ ); Achsen von 1 bis 5 m Länge auf 0,1 mm ( $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ ); Brückenschläge haben laut *Zimmermann* eine Quertoleranz

von  $\pm 1$  cm (ca.  $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ ); ein Tunnelquerfehler von 10 cm bei 10 km Länge bedeutet eine relative Unsicherheit von  $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ .

### 2.2.5 Horizontal- und Vertikalstellen

Hier soll von Einflüssen der Lotstörung abgesehen werden.

Die Genauigkeit der besten Nivellier-Kompensatoren liegt bei  $\pm 0,2''$  ([17] S. 284), das ist  $\pm 10^{-6}$ ; jene von optischen Präzisionsloten bei  $\pm 10^{-5}$  ([17] S. 165); um diese Werte einhalten zu können, sind sehr viele andere Bedingungen einzuhalten.

Der mittlere Fehler der mechanischen Ablotung wächst mit der Teufe.

Eingewichtslotung auf 900 m Teufe ist auf etwa  $0,2''$  unsicher, Mehrgewichts- lotung ist sogar um das Vierfache genauer! Auf das Perpendikel umgerechnet, geben die  $0,2'' \pm 0,9$  mm; aus einem Doppellotungs-Richtungsanschluß folgern daraus noch immer  $\pm 2'$  Richtungsfehler auf 2 m Länge [38].

Mittels Klinometern, die mechanische Verbindung zweier Meßpunkte mit einer äußerst genauen Libelle, lassen sich Neigungen auf 1 m benachbarter Punkte auf  $\pm 2''$ , das ist  $10^{-5}$  oder 0,01 mm, messen [11].

Gegenüber den herkömmlichen Röhrenlibellen ist bei der elektronischen Libelle ein Pendelkörper der eigentliche Neigungsmesser, dessen Ausschläge in eine elektrische Größe umgewandelt und gemessen werden. Im Labor ergab sich für die beiden engeren Empfindlichkeitsbereiche ein Einstellfehler von  $\pm 0,07''$  bzw.  $\pm 0,14''$  (auf  $50''$  bzw.  $100''$ ), welcher auch unter extremen Temperaturbedingungen nicht wesentlich überschritten wurde; im Bereich  $\pm 8'$  betrug der Einstellfehler  $\pm 2''$  [35]. Dieses Gerät ist für technische Feinmessungen gut geeignet.

Wesentlich geringer als vielleicht zu erwarten, sind die Ausrichtegenauigkeiten von Raumflugkörpern und deren Abschußstellen, da der Flug selbst kontinuierlich nachkorrigiert werden kann [58]. Jede Messung der Position wird als Realisierung in einem stochastischen Prozeß aufgefaßt und viele Messungen während eines Fluges können noch signifikanter verarbeitet werden als eine in jeweils vielen Flügen [14].

Das Vertikalstehen beim Start muß jedenfalls nicht durch technische Feinmessungen überprüft werden.

## 2.3 Zeit und zeitrelevante Daten

### 2.3.1 Zeit

Wie schon aus 1.2 ersichtlich, kann die Zeit unter allen Basiseinheiten mit der größten Genauigkeit gemessen und bewahrt werden. Dies beruht einerseits auf der Konstanz jener periodischen Erscheinungen, welche zur Definition der Zeiteinheit dienen und somit den ziffernmäßig großen Nenner bei der Relativunsicherheit liefern, andererseits auf der Genauigkeit der Frequenzmessung. Die Frequenz ist ja der Reziprokwert der Zeit.

Bereits mit serienmäßigen, handelsüblichen Frequenzzählern sind relative Genauigkeiten zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-9}$  möglich ([27] S. 160).

Die Empfindlichkeit und Reaktionsgeschwindigkeit von photographischen Schichten reicht aus, um bis zu  $3 \cdot 10^6$  Bilder/sec zu belichten.

Die Frequenz quantenmechanischer Schwingungen von Atomen, welche ihr Energieniveau ändern, wird auf  $10^{-11}$  bis  $10^{-12}$  sicher bestimmt ([13] S. 225, 226). Sogenannte Atomuhren liefern die Nanosekunde ( $10^{-9}$  sec) scharf, Quarzuhren erhalten noch immer eine Frequenzkonstanz von etwa  $10^{-9}$  bis  $10^{-10}$ . Die genauesten Unruheuhren mit Chronometerhemmung driften mit 0,1 sec/Tag ( $\approx \pm 10^{-6}$ ), mit Ankerhemmung 4 sec/Tag ( $\approx \pm 4 \cdot 10^{-5}$ ) ([13] S. 219, 220).

Bei Präzisionspendeluhren kann man zwar tägliche Gangschwankungen von nur etwa  $\pm 0,002$  sec erreichen, das sind  $\pm 2 \cdot 10^{-8}$ , doch ist der Messungsaufwand wesentlich größer als bei den Zeitmeßgeräten auf molekularer bzw. atomarer Basis.

Im Alltag ist die relative Zeitgenauigkeit nicht so bedeutend. Hier herrschen Anforderungen um  $10^{-3}$  bis  $10^{-4}$  vor, ob es sich um einen Eisenbahnfahrplan (1 min/Tag oder um Wintersportveranstaltungen (0,01 sec auf 2 min) handelt.

Geologische oder nicht belegte geschichtliche Daten konnte man vor Einführung der Halbwertzeiten in ihrer Abfolge nur qualitativ bestimmen; in Ausnahmefällen durch Auszählen von Jahresringen oder Strukturveränderungen. Seit etwa 30 Jahren kann man aus dem Verhältnis von Ausgangs- und Endprodukt radioaktiven Zerfalls über bekannte Halbwertszeiten auf sehr lange Zeitintervalle schließen.

Das Alter der Erde wird mit ca. 20% Unsicherheit zu  $4,5 \cdot 10^9$  Jahren bestimmt (Rubidium-Strontium-Methode), einige historische Daten auf  $\pm 100$  Jahre genau mittels der C 14-Methode (1% Unsicherheit) ([13] S. 226, 227).

Sternalterbestimmungen junger Sterne (Dimension Millionen Jahre) streuen um  $\pm 55\%$  ([17] S. 251, 252). Die ältesten Gestirne (Kugelhaufen) sind an die 6 Milliarden Jahre alt (nur 50% älter als die Erde!); das „Weltalter“ beträgt etwa 10 Milliarden Jahre  $\pm 25\%$ . Diese Zahl kann auch aus der „Hubbleschen Konstanten“ gewonnen werden, wenn man eine lineare Expansion des Weltalls voraussetzt [17]. Diese Konstante  $H$  kommt in der Beziehung  $V$  (Radialgeschwindigkeit eines Gestirns) =  $H \cdot r$  ( $r$  = Entfernung) vor, welche mit einer Unsicherheit von  $\pm 150$  km/sec (das ist 0,5% der Lichtgeschwindigkeit) behaftet ist.

### 2.3.2 *Geschwindigkeit*

Die Geschwindigkeit kann man nicht nur, wie meist angenommen, aus Weg und Zeit, sondern auch aus Masse und Energie aus Grundgesetzen ableiten.

Darüber hinaus finden Dopplereffekt, Druckdifferenzen sowie verschiedenste Formen der Winkelgeschwindigkeitsmessung Anwendung.

Im ersten, trivialen Fall ist für die Genauigkeit natürlich die relative Unsicherheit von Zähler und Nenner maßgeblich. Bei Bestimmungen von Kontinentaldriften müssen sowohl die Entfernungsdifferenzen genau als auch die Messungsreihen lang sein, um quantitativ die Bewegung in cm/Jahr angeben zu können. Signifikante Werte dieser Art liegen noch nicht vor.

Beispiele für Geschwindigkeitsmessung im Alltag:

Kraftfahrzeuge über Zählung der Umdrehungen und den bekannten Radumfang; eichpflichtigen Anlagen (z. B. in Verbindung mit Fahrtenschreibern) wird eine Eichfehlergrenze von 5% der Anzeige und der Aufzeichnung für die oberen zwei Drittel des Meßbereiches gesetzt ([8] S. 43).

Flugzeuge z. B. über Staurohre (Unsicherheit der Anzeige  $\pm 1\%$ , hiezu noch Unsicherheit wegen Windeinfluß), aus Positionsdifferenzen und Zeitmessung, durch Integration der Daten aus Beschleunigungsmessern, aus identifizierbaren Bodenpunkten usw.

Schiffe mittels Log (mißt durch Umdrehungszählung relative Geschwindigkeit), aus Positionsdifferenzen, durch Dopplermessungen (u. a. auch nach Satelliten).

Bei Flug und zur See war früher die Geschwindigkeit zur sogenannten Koppelnavigation erforderlich; aus Geschwindigkeit, Zeit und Kurswinkel konstruierte man den vermutlichen Polygonzug des Kurses, welcher hauptsächlich durch astronomische Messungen gestützt wurde. Die Genauigkeit des Polygons betrug einige Prozente.

Radargeschwindigkeitsmessungen beruhen im Gegensatz zu Radarentfernungsmessungen nicht auf Impulszählungen, sondern auf dem Dopplerprinzip. Die bekannten Verkehrsradaranlagen sind vor allem wegen Unbestimmtheit der Meßgröße auf etwa  $\pm 20\%$  unsicher. In der Navigation ist die Genauigkeit wesentlich größer; die Dopplernavigation ist eine automatisierte Koppelnavigation, wobei Abdrift und Kurswinkel über Kreisel gemessen werden [13], [34].

Die Geschwindigkeitstoleranzen im Raumflug entsprechen ungefähr den Richtungstoleranzen; für einen Mondtreffer wurden etwa  $0,01^0$  ( $\sim 10^{-4}$  des rechten Winkels) sowie  $1,2 \text{ m sec}^{-1}$  ( $\approx 10^{-4}$  der Fluchtgeschwindigkeit) gefordert [58].

Die Schallgeschwindigkeit unter Wasser kann man besser als auf  $\pm 5 \text{ m sec}^{-1}$  (das sind  $3^0/00$ ) messen. Die exakte Bestimmung der jeweils aktuellen Lichtgeschwindigkeit in der Atmosphäre ist das große Problem der elektrooptischen und elektronischen Entfernungsmessung.

Die Refraktion wirkt auch auf die Genauigkeit der Zeitübertragung durch Mikrowellen ein. Die Zeitübertragung auf dem Funkweg ist auf  $\pm 10^{-3} \text{ sec}$  unsicher. Die Reflexionen an den verschiedenen Zwischenschichten der Atmosphäre, die von den Frequenzen abhängige Ausbreitungsgeschwindigkeit  $278000$  bis  $292000 \text{ km/sec}$  sowie die Signalverspätung sind zu beachten [13].

Die Lichtgeschwindigkeit im fiktiven Vakuum wurde jüngst wieder einmal neu bestimmt, und zwar von *Bjerhammar* durch zweiwöchige Laser-Geodimetermessungen in Finnland ([2] S. 12). Sein Wert beträgt  $(2,99792375 \pm 0,000000060) 10^8 \text{ m/sec}$  und liegt damit knapp an dem 1955 von *Schöldström* mittels Geodimeter 2A ermittelten Betrag.

In der folgenden Abb. 2 wird eine Übersicht über die zunehmende äußere und innere Genauigkeit der Lichtgeschwindigkeitsbestimmungen als repräsentativ für den Fortschritt der Meßtechnik gegeben (vgl. [23] S. 150, 151), der Maßstab der Abbildung ist verzerrt.

Die Geschwindigkeit von geladenen Teilchen wird mit Laufzeitmethoden ermittelt, nicht anders als jene von Leichtathleten.

Die mittlere Molekulargeschwindigkeit  $\bar{c}$  bei der Brown'schen Molekularbewegung ist der Wurzel aus der absoluten Temperatur direkt und der Wurzel aus dem Molekulargewicht umgekehrt proportional. Aus dieser Formel ergibt sich die Genauigkeit abhängig von der Temperaturermittlung und der stochastischen Eigenschaft des Gases. Luft von  $0^0 \text{ C}$  hat z. B.  $\bar{c}$  von  $485 \text{ m/sec}$  ([66] S. 329).

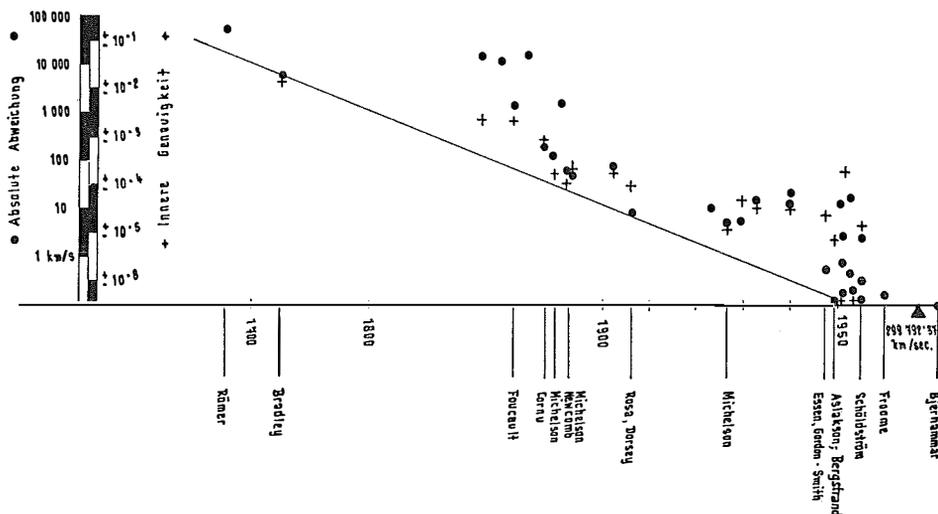


Abb. 2

Die Bahngeschwindigkeiten der Elektronen um den Atomkern ergeben sich aus ihren Energieniveaus und der „Sommerfeld’schen Feinstrukturkonstanten“, welche die Bahngeschwindigkeit auf dem kleinsten Bohr’schen Kreis des Wasserstoffatoms zur Lichtgeschwindigkeit mit  $1/137$  in Relation setzt ([66] S. 636).

Die Gesetze des Makrokosmos hinsichtlich der Relativbewegungen im Sonnensystem sind mit großer Genauigkeit erfaßt, außerdem durch die Formeln der Stellarodynamik verbunden.

Die weiteren Gestirnbewegungen werden in tangentialer Richtung durch wiederholte Winkelmessungen, Ortsbestimmungen usw. klassisch gemessen, in radialer Richtung unter Verwendung des Dopplereffektes bestimmt. Positive Radialgeschwindigkeit (zentrifugal genau vom Beobachter weg gerichtet) bewirkt Rotverschiebung der Spektrallinien. Die relative Wellenlängenverschiebung  $\Delta\lambda/\lambda$  ist gleich der Radialgeschwindigkeit gebrochen durch die Lichtgeschwindigkeit; bei Licht von  $5 \cdot 10^{-7}$  m Wellenlänge deutet eine Verschiebung um  $2 \cdot 10^{-12}$  m auf eine Geschwindigkeit von 1 km/sec ([17] S. 169). Die Verschiebung wird bezogen auf die im irdischen Laboratorium festgelegte Nulllage der Spektrallinien. Die oben angegebene Genauigkeit ist wohl die größtmögliche einer Bestimmung; für 59% aller bekannten Sterne wird eine Radialgeschwindigkeit unter 20 km/sec angenommen.

Die Beziehung zwischen Radialgeschwindigkeit und Entfernung wurde empirisch in der Hubble’schen Konstante niedergelegt, vgl. 2.3.1 dieser Arbeit.

Die größten in jüngster Zeit beobachteten Geschwindigkeiten von Gestirnen (Quasaren) lagen an 80% der Lichtgeschwindigkeit (z. B. [53]).

### 2.3.3 Beschleunigung

Beschleunigungsmessungen haben in der Technik große Bedeutung, weil Beschleunigungen Kräfte erzeugen, die diesen proportional sind und umgekehrt Beschleunigungen als Folge von Krafteinwirkungen auftreten. Als Einheiten dienen

oft die aus der Geophysik bzw. Geodäsie bekannten Größen  $g$  oder  $\text{Gal}$ ; die Schwerebeschleunigung soll aber unter 2.4.2 behandelt werden.

Beschleunigungen werden entweder als Differentiale von Geschwindigkeitsmessungen oder als wirksam werdende Trägheitskraft einer vorgegebenen Masse bestimmt.

Federpendel-Beschleunigungsmesser erfassen vor allem oszillatorische Bewegungen aus der Gleichgewichtsbedingung von Trägheitskraft und Federkraft. Der Meßbereich umfaßt je nach Federkrümmung und Vergrößerungsmaßnahmen Beschleunigungen zwischen  $10^{-6} g$  bis  $5 \cdot 10^3 g$ , das sind fast 10 Dimensionen. Piezoelektrische Beschleunigungsmesser beruhen darauf, daß die beim Schwingen eines Quarzes erzeugten Ladungen seiner mechanischen Verformung proportional sind. Mit Ladungsverstärkern mißt man bis zu  $50 g$  ab  $3 \cdot 10^{-4} g$  (relative Unsicherheit  $< 10^{-5}$ !) bzw. bis zu  $50000 g$  ab  $0,06 g$  ( $\sim 10^{-6}$ ).

Außer diesen beiden klassischen Methoden ([13] S. 237–240) in jüngster Zeit in der Raumfahrt verwendete Systeme wie Magnet-Stabilisierungskugeln haben noch keine praktische Bedeutung erlangt, obwohl sie theoretisch bestechend konstruiert sind.

## 2.4 Masse und abgeleitete Daten

### 2.4.1 Masse

Im Zwiespalt, Masse oder Gewicht als Basiseinheit zu wählen, entschied man sich für die Masse. In der Definition unabhängig von der Schwere, bedarf sie ihrer Wirkung dennoch bei der Messung; ein und dieselben Massen wiegen bekanntlich an Orten verschiedener Schwere verschiedene Gewichte. Vergleichswaagen sind nur abhängig von Massennormalen, Meßwaagen auch von der Schwerebeschleunigung.

Konventionelle Analysenwaagen auf dem Vergleichsprinzip messen zwischen  $\pm 10^{-5}$  und  $10^{-6}$  ihrer Anzeige unsicher, wobei die Meßbedingungen schon sehr anspruchsvoll sind ([13] S. 153).

Die Eichfehlergrenzen gebräuchlicher Waagen lauten laut [8]:

für Gewichte im Handel etwa 0,4%,

Handelswaagen aller Art etwa 1% (die genannten Genauigkeiten sind noch abhängig vom Meßwert),

Waagen über 20 kg Belastung 0,5%.

Zur Schnellwägung bedarf es elektrischer Meßmittel. Elektronische Waagen nach dem Tauchspulenprinzip gewähren Anzeigegeauigkeiten von  $10^{-5}$  Pond (ziffernmäßig 1 p = 1 g) bei 100 p Höchstlast ( $\pm 10^{-7}$  relative Unsicherheit) ([13] S. 155).

Die Masse eines Elektrons wird aus seiner Ablenkung im Magnetfeld bestimmt. Sie beträgt laut [43], S. 353  $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  und ist auf etwa 1% ihres Wertes unsicher.

Das Produkt aus Erdmasse mal Gravitationskonstante läßt sich aus Schweremessungen, den Erddimensionen und dem Gravitationsgesetz sehr genau berechnen.

Da jedoch die Gravitationskonstante auf ca.  $\pm 1\%$  unsicher ist, kann die Erdmasse selbst auch nicht genauer angegeben werden (ca.  $6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ), vgl. [52].

Die Masse von Sternen läßt sich überall dort bestimmen, wo die Wirkungen der Masseanziehung beobachtet werden können. Aus einem empirischen Masse-Leuchtkraft-Diagramm (Hertzprung-Russell-Diagramm) können dann die Massen aller Gestirne aus bolometrischen Messungen berechnet werden. Die Genauigkeit dieser Daten ist allerdings sehr gering; die Temperatur geht in die strahlungsenergetisch bestimmten Dichten mit der 6. Potenz ein.

Die Dichte (Masse pro Volumen) ist natürlich auch von der Größenbestimmung her beeinflusst.

Die größten gemessenen Massen betragen etwa das 25fache der Sonnenmasse; diese beträgt  $2 \cdot 10^{30}$  kg.

Die Dichten der Gestirne variieren aber in unvorstellbarem Ausmaß; die Werte liegen zwischen den Grenzen  $10^{-4} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  und  $4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , bei den „Weißen Zwergen“ in der Größenordnung  $10^5$  bis  $10^7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .

Als Vergleich die Dichte der Erde  $5.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , die der Sonne  $1.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  ([17] S. 73, 179–181).

Nur Gestirne von geringerer als ursprünglich der 1,2fachen Sonnenmasse können den stabilen Zustand der „Weißen Sterne“ erlangen, welche durch Ausglühen schließlich so wärmeenergiearm werden, daß sie bis zur Unsichtbarkeit abkühlen. Sie bestehen aus entartetem Fermigas, bei welchem die Elektronen von den Atomkernen „abgequetscht“ sind. Ist aber die Masse so groß, daß die Energie des „entarteten Elektronengases“ zum Eindringen der Elektronen in die Kerne und „Verschlucken“ der Elektronen führt, erfolgt ein Gravitationskollaps, welcher den Sterndurchmesser auf weniger als ein Hundertstel reduziert und die Dichte auf  $10^{14} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  erhöht. Diese sogenannten Neutronensterne oder Pulsare wurden schon theoretisch vorhergesagt, bevor die Erscheinung von Supernovae als Explosion durch Freiwerden von Gravitationsenergie beim Zusammenbruch eines Sterns zu Neutronendichten gedeutet wurde. Doch Neutronensterne können noch immer instabil sein; der Gravitationskollaps der überkritischen Masse verursacht eine immer stärker werdende Raumkrümmung, welche den Stern „wie eine Blase abschnürt und aus dem Weltall ausschließt“ [64].

Diese Sterne besitzen eine so gewaltige Oberflächenschwerkraft, daß sie keine elektromagnetische Strahlung mehr verlassen kann, nur die Schwerkraftwirkung bleibt bestehen. Diese Phänomene wurden allerdings noch durch keine Beobachtung belegt (1972).

#### 2.4.2 Schwere

Die Schwere soll hier behandelt werden, obwohl ihre Einheit die Dimension einer Beschleunigung aufweist. Der korrekte Ausdruck lautet demnach auch „Schwerebeschleunigung“. Absolutbestimmungen der Schwere werden mit Pendeln bzw. durch Mehrpunktlaufzeitmessungen von Freiwurf- und Freifallexperimenten durchgeführt; relative Werte werden gravimetriert, wobei die Messungsanordnung ähnlich dem Nivellement Linien- und Flächennetze, lokale für Ingenieurzwecke und an Absolutwerte angeschlossene für wissenschaftliche Untersuchungen vorsieht.

Die genauesten Absolutbestimmungen der jüngsten Zeit zeigen innere Genauigkeiten von  $\pm 0,3 \text{ mGal}$  (Pendel) bis  $\pm 0,003 \text{ mGal}$  (Tripelprisma als Fall-

körper, interferometrische Fallwegmessung [2] S. 24). Dies entspricht relativen Unsicherheiten von  $3 \cdot 10^{-7}$  bis  $3 \cdot 10^{-9}$ , welche natürlich nur für den Beobachtungsort gelten.

Die sphäroidischen Schwerekorrekturen haben eine Schwankungsweite von  $5 \text{‰}$ , die Höhenkorrekturen von  $3 \text{‰}$ , die Anomalien von  $0,5 \text{‰}$ . Die Genauigkeit von Langstreckengravimetermessungen liegt bei  $\pm 0,1 \text{ mGal}$  [63], das sind bei Schwankungsweiten von maximal  $1 \text{ Gal}$  etwa  $10^{-4}$  relative Unsicherheit, zu deren Erlangung aber noch die sorgfältigsten topographischen Reduktionen angebracht werden müssen.

Schweremessungen zur See sind neuerdings auf 2 bis 3 mGal, in der Luft 5 bis 8 mGal ungenau; Hubschraubergravimetrie direkt über dem Boden ist wegen besserer Lagegenauigkeit nur  $\pm 1 \text{ mGal}$  unsicher ([2] S. 26, 27).

Die Maximaleinwirkung der *Erdzeiten* auf geodätische Messungen liegt für alle Komponenten über der Meßgenauigkeit (Lotrichtung  $0,03''$ , Höhen  $0,5 \text{ m}$ , Schwere  $0,2 \text{ mGal}$ ) wirkt sich aber wegen der großräumigen Art des Auftretens hauptsächlich auf absolute Schweremessungen aus. Daher werden meist auch nur die Komponenten der Schwereänderungen (mittels Horizontalpendelregistrierungen) meßtechnisch erfaßt [47]. Die charakteristischen Werte der Tiden werden aus komplizierten harmonischen Analysen berechnet und waren in Graz mit einer inneren Unsicherheit von etwa 1% behaftet; die Abweichung von den theoretisch vorausgerechneten Werten überstieg aber oft die Signifikanzgrenze und betrug für die Sonneneinflüsse das Mehrfache des Sollwertes.

### 2.4.3 Druck

Für die Angabe relativ kleiner Drucke wird als Einheit das Torr (1 mm Hg-Säule), für größere  $1 \text{ at}$  ( $1 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) = 760 Torr verwendet. Absolute Druckwerte können nicht sehr genau, relative (Druckänderungen) wesentlich schärfer gemessen werden.

Die geringsten gerätetechnisch zu realisierenden Vakua betragen  $10^{-13}$  Torr; sie werden über verschiedene Ionisations-Vakuummeter Typen im Bereich  $10^{-3}$  bis  $10^{-13}$  Torr mit Unsicherheiten größer als 1% des Wertes bestimmt.

Der Luftdruck für meteorologische und Höhenmessungen wird mit Quecksilberbarometern auf  $0,1 \text{ Torr}$  genau, mit Aneroiden auf  $0,01$  bis  $0,03 \text{ Torr}$  und mit Siedethermometern auf  $0,2 \text{ Torr}$  unsicher bestimmt, dies entspricht im günstigsten Fall ca.  $\pm 2 \cdot 10^{-5}$  relativer Unsicherheit. Dem „Quecksilber“-Maßstab (Torr-) steht in der Physik noch das strenge Druckmaß des C.G.S.-Systems als Kraftmaß (Dyn), bezogen auf die Flächeneinheit ( $\text{cm}^2$ ), gegenüber:  $1 \text{ Dyn}$  drückt auf  $1 \text{ cm}^2$  mit  $1 \text{ bar}$ . In der Meteorologie wird aus Zweckmäßigkeitsgründen der Druck von  $10^6 \text{ Dyn}$  als bar bezeichnet. Damit ergibt sich die bekannte Beziehung

$$760 \text{ mm Hg} = 1013,25 \text{ mbar (Millibar)}$$

mit den Umrechnungswerten

$$1 \text{ mm Hg} = 1,3332 \text{ mbar und } 1 \text{ mbar} = 0,75006 \text{ mm Hg.}$$

Die höchsten meßbaren Drucke liegen bei  $10^5$  at; sie werden durch polymorphe Umwandlung von Substanzen in Verbindung mit einem Widerstandmanometer ( $\pm 0,5\%$ ) gemessen. Die Fixpunkte der Höchstdruckskala sind etwa 5% ungenau.

Die Drucke im täglichen Leben (Überdruckschleuse, Reifenmanometer, Verdichtung beim PKW) werden mit höchstens  $\pm 10\%$  genau gemessen.

Druckdifferenzen werden mit Flüssigkeitssäulen auf etwa  $10^{-6}$  at bis  $10^{-8}$  at ( $10^{-5}$  Torr) bestimmt; Relativgenauigkeit ca.  $\pm 10^{-4}$  ([13], [26]).

#### 2.4.4 Leistung

Als Beispiel für Leistung sei nur jene von Kraftfahrzeugen bzw. Eisenbahntriebfahrzeugen angeführt. Beide werden mittelbar gemessen.

Beim Kraftfahrzeug wird das Drehmoment bei verschiedenen Drehzahlen an einem „Bremszäum“ (Leistungsbremse) ermittelt. Die bekannte Formel „Leistung = Drehmoment mal Drehzahl“ gestattet es, die Motorleistung oder auch die Nettoleistung, je nachdem die Bremse angelegt wird, auf 0,1 PS unsicher zu bestimmen, das sind etwa  $\pm 10^{-3}$ . Die Drehzahlmessung als Frequenz kann als fehlerfrei angenommen werden. Innerhalb einer Serie streuen aber verschiedene Motoren bei gleicher Einstellung bis 10% des Nennwertes. Daß man aus den Leistungsdaten nur sehr bedingt auf Beschleunigung und Spitze schließen darf, ist bekannt.

Noch weniger zulässig ist ein solcher Schluß bei Eisenbahntriebfahrzeugen. Zum Beispiel sah das Pflichtenheft der seit 1952 gebauten Ae 6/6 der SBB die Beförderung von 600 t bei 70 km/h über die maximal 26% der Gotthard-Südrampe vor; für die Lok wurden 6000 PS angegeben. Die 103 der DB (ab 1965 gebaut) von 14000 PS befördert laut Pflichtenheft ebenfalls 600 t mit 70 km/h über die fünfmal so kurze und krümmungsmäßig günstigere Geislinger Steige mit 23% Größtneigung.

Die Leistungsmessung erfolgt entweder aus bekannten Dimensionen der Motoren und Stromaufnahme oder über die Daten der Strecke, Reibungswerte und Anhängelast über die Beziehung Leistung = Zugkraft mal Geschwindigkeit. Für die Genauigkeit und Serienkonstanz gelten ähnliche Werte wie bei den PKW. Vor allem muß der Zeitraum, in dem die Leistung zu erbringen ist, wegen der verschiedenartigen Belastbarkeit abgegrenzt werden; man erwähnt hauptsächlich Spitzenleistung, Stundenleistung und Dauerleistung. (Schluß folgt)

## Der programmierbare Microcomputer HP 65 — eine für das Vermessungswesen interessante Neuerung

Von Gerhard Krajicek, Graz

### Zusammenfassung

Es wird ein Überblick über die Funktionsweise des neuartigen programmierbaren Microcomputers HP-65 gegeben. Um seine potentielle Leistungsfähigkeit für den Bereich der Geodäsie anzudeuten, wird ein Programmierbeispiel „Flächenpunktskoordinaten aus Polaraufnahme inklusive Flächenberechnung und Sperrmaßberechnung“ gegeben, welches die Kapazität der Maschine nahezu erschöpft.

### *Summary*

The main features of the new programmable microcomputer HP-65 are described. In order to indicate its possible usefulness within the field of surveying, a sample problem "Calculate the boundary points of a property from polar survey, calculate area and checking distances" is given. The example nearly exhausts the capacity of the machine.

### *1. Einleitung*

Von der Firma HEWLETT-PACKARD wurde anfangs 1974 der vollprogrammierbare elektronische Microcomputer HP-65 auf den Markt gebracht. Dieses Gerät ist nur unwesentlich größer als die nicht programmierbaren Vorgängermodelle HP-35 und HP-45. Die Ausmaße sind ca.  $8 \times 15 \times 4$  cm. Das Gewicht ist mit 0,31 kg um etwa 5 dkg größer als das der HP-45. Die Energiequelle ist eine wiederaufladbare Batterie oder ein Netzgerät, das auch zum Laden des Akku dient. Der Akku ist gleich groß wie bei den genannten Vergleichsmodellen. Im Inneren des Gerätes befindet sich neben der Elektronik ein kleiner E-Motor, der den Transport einer Magnetkarte durchführt. Die Magnetkarten im Format  $1,1 \times 7,1$  cm dienen zum Speichern und Wiedereinlesen von Rechenprogrammen.

Da dieses Gerät für die geodätische Praxis von großem Interesse sein könnte, sollen in dem vorliegenden Beitrag einige Informationen gegeben werden, die diejenigen der Firmenprospekte ergänzen. Allerdings wird keine vollständige Beschreibung der Wirkungsweise des Gerätes gegeben. Der Vermessungsingenieur soll sich aber ein Bild darüber machen können, Aufgaben welchen Umfanges mit der Maschine gelöst werden können.

### *2. Funktionsweise im Calculating mode*

Die Maschine läßt sich auch als normaler Rechner, also im sog. calculating mode verwenden und ist somit jederzeit auch ohne Programm einsatzbereit. Wer die HP-45 gut kennt, wird den calculating mode der HP-65 rasch bewältigen, da die Unterschiede geringfügig sind. Ebenso wie bei der HP-45 findet man 4 Stack-Register  $X, Y, Z, T$ , 9 Speicherregister  $R_1$  bis  $R_9$  und ein Hilfsregister (Last  $X$ -Register).

Zum Unterschied zur HP-45, wo eine Vorwahltaste (Goldtaste) vorgesehen ist, gibt es hier deren drei. Diese können in Kombination mit den einzelnen Funktionstasten benützt werden, so daß sich eine große Anzahl von Tastenkombinationen ergibt. Wie bei der HP-45 gibt es Tasten, die den Transport von Zahlen zwischen den Registern bewerkstelligen. Weiters gibt es Tasten zur Bewältigung der vier Grundrechenoperationen sowie der Exponentiation. Trigonometrische Funktionen und deren Umkehrungen sind vorhanden, ebenso wie die Exponentialfunktion, der Logarithmus, das Quadrieren und Wurzelziehen. Die Um- und Rückwandlung von rechtwinkligen Koordinaten und Polarkoordinaten erfolgt durch jeweils zwei Tastendrücke. Das Hineinspeichern in die Speicherregister kann mit den Grundrechenoperationen kombiniert werden. Eine Anzahl weiterer Funktionen sind vorhanden, von denen nicht alle für den Vermessungsingenieur interessant sind. Erwähnt seien Tasten zur Auswahl von Alt- und Neugrad bzw. Bogenmaß sowie Tasten zur Umwandlung zwischen den verschiedenen Winkelmaßen. Weiters gibt es eine Möglichkeit zur Bildung des Absolutbetrages, des ganzzahligen Teiles einer Zahl sowie der Nachkommastellen einer Zahl.

Die Maschine rechnet intern im Gleitkomma, d. h. genauer mit einer 10stelligen Ziffernfolge und einem 2stelligen Zehnerexponenten. Die Anzeige der Resultate kann wahlweise in Festkomma, d. h. ohne Zehnerexponenten, oder im Gleitkomma erfolgen. Die Anzeige erfolgt durch Leuchtdioden genauso wie bei der HP-35 bzw. HP 45. Eine Protokollierung der Resultate durch Druck erfolgt selbstverständlich nicht.

Über die HP-45 wurde vom Institut für Mathematische und Numerische Geodäsie an der Technischen Hochschule in Graz eine ausführliche, auf den Bedarf des Vermessungsingenieurs abgestimmte Anleitung veröffentlicht. Die darin enthaltenen Rechenprogramme lassen sich leicht auf die HP-35 übertragen. Die Anzahl der jeweils zu drückenden Tasten dürfte um ein geringes mehr sein. Der Grund dafür ist die größere Anzahl von Vorwahltasten sowie das Fehlen der Statistik-Tasten auf der HP-65.

### *3. Programmierung der HP-65*

Die Maschine besitzt einen Programmspeicher, der bis zu 100 Tasteninstruktionen aufnehmen kann. Die Programme werden erstmals händisch eingetastet und können sofort oder auch später auf die Magnetkarte übertragen werden. Eine solche Übertragung hat spätestens vor dem Ausschalten der Maschine zu erfolgen, da durch das Ausschalten die gesamte gespeicherte Information verloren geht. Der gesamte Inhalt des Programmspeichers hat genau auf einer Magnetkarte Platz.

Neben den im Abschnitt 2. angedeuteten Tastenfunktionen gibt es noch weitere, die den Programmablauf regeln. Es gibt 5 Programmwahltasten, durch die ein Starten oder Wiederstarten an verschiedenen Stellen des Programmspeichers erfolgen kann. Nach dem Start des Programmes werden die Instruktionen der Reihe nach abgetastet und durchgeführt. Dieser lineare Ablauf des Programmes kann durch Programmsprünge unterbrochen werden. Diese Programmsprünge können entweder unbedingt oder bedingt erfolgen. Bedingte Sprünge erfolgen in Abhängigkeit des größenmäßigen Vergleichs zweier Registerinhalte ( $x$  und  $y$ ) oder in Abhängigkeit der Stellung zweier Bitschalter. Diese Bitschalter können durch eigens dafür vorgesehene Funktionen gesetzt werden. Spezielle Instruktionen sind zur Abwicklung von Schleifen vorgesehen, Allerdings können Schleifen nicht ineinander geschachtelt werden. Es besteht auch die Möglichkeit, Unterprogramme mit der Tiefe 1 zu programmieren. Nach dem Aufruf durch ein Hauptprogramm und Abwicklung des Unterprogrammes erfolgt durch eine dafür vorgesehene Instruktion der Rücksprung an die richtige Stelle.

Sieht man von der beschränkten Kapazität des Daten- und Programmspeichers ab, lassen sich demnach viele Wünsche des Programmierers erfüllen.

### *4. Ein Anwendungsbeispiel*

Da dem Verfasser dieses Artikels lediglich eine Beschreibung der Maschine zur Verfügung stand, nicht jedoch eine Maschine selbst, erstellte er ein Simulationsprogramm für den Taschenrechner, welches auf der UNIVAC 494 des Rechenzentrums Graz (RZG) in FORTRAN abgewickelt wurde. Um einen Eindruck über die Leistungsfähigkeit der Maschine zu erhalten, wurde ein Programmbeispiel erstellt,

welches folgendes leistet. Aus den einzutastenden Koordinaten eines Instrumentenstandpunktes sowie der Richtungswinkel, Zenitdistanzen und schrägen Entfernungen zu den Eckpunkten eines geschlossenen Polygons sind die Koordinaten der Eckpunkte zu berechnen. Ebenso zu berechnen sind die Fläche des Grundstückes sowie die Sperrmaße zwischen benachbarten Eckpunkten. Die Anzahl der Eckpunkte ist an sich beliebig, die diesbezüglichen Meßdaten müssen nur in der richtigen Reihenfolge eingegeben werden. Das Programm benötigte 95 Schritte. Seine Richtigkeit konnte anlässlich der Vorführung der Maschine durch einen Firmenvertreter überprüft werden. Formeln, Programm, Durchrechnung und Zahlenbeispiel sind im Anhang dokumentiert.

Hinsichtlich der Rechengeschwindigkeit ist zu sagen, daß sie wesentlich von den verwendeten trigonometrischen Funktionen abhängt. Die Auswertung einer trigonometrischen Funktion dauert etwa eine Sekunde. Bei der gegenständlichen Aufgabe ist der kritische Zeitfaktor jedoch durch das Eintasten der Meßdaten gegeben.

### 5. Software

Mit der Maschine selbst werden 40 Magnetkarten mitgeliefert, von denen 19 mit Programmen bespielt und nicht löschar sind. Jeder Benutzer kann auch selbst erstellte Programmkarten nicht löschar machen. Die dementsprechende Schreibsperre erfolgt durch Abschneiden der linken oberen Ecke. Von der Firma werden mehrere Programmpakete angeboten, darunter auch eines für Vermessung. Nach Rücksprache mit der Firma ist dieses in Österreich erhältlich<sup>1)</sup>.

### 6. Schluß

Selbstverständlich soll eine Information über eine derartig interessante Maschine nicht ohne Andeutung über den Preis gegeben werden. Der genaue Preis richtet sich nach dem Kurswert des US Dollars. Im Februar 1974 wurde der Preis exklusive Mehrwertsteuer mit S 21.872,50 beziffert. Der Preis beinhaltet die 40 erwähnten Magnetkarten sowie weiteres Zubehör wie Behälter, Akku, Ladegerät, Karte zum Reinigen des Kartenlesers, Handbuch. Der Preis für ein Programmpaket liegt bei ca. S 1700,—, 40 Leerkarten kosten ca. S 650,—.

Abschließend sei der Fa. HEWLETT-PACKARD für die Bereitstellung von Informationsmaterial gedankt.

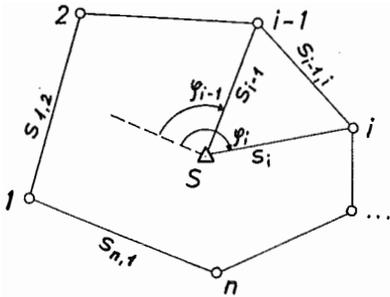
### Anhang

Berechnung der Koordinaten der Eckpunkte eines Grundstückes sowie der Fläche und der Sperrmaße.

---

<sup>1)</sup> Nach Einreichung des Manuskriptes zu dieser Arbeit erschien Heft 2 der Geowissenschaftlichen Mitteilungen der Studienrichtung Vermessungswesen an der Technischen Hochschule in Wien: Egger-Perdich-Plach-Wagensommerer „Taschenrechner HP 45 und HP 65 — Programme und Anwendung im Vermessungswesen“. In dieser Schrift findet man neben einer ausführlichen Beschreibung der hier besprochenen Maschine auch zahlreiche Programmiersvorschläge.

(Anmerkung der Schriftleitung zur Priorität der vorliegenden Arbeit: Sie wurde am 28. März 1974 eingereicht, lag aber erst am 17. Mai druckreif vor.)



Geg.:  $y_s, x_s \dots$  Koordinaten des Instrumentenstandpunktes  $S$   
 $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n \dots$  Richtungswinkel von  $S$  zu  $n$  Detailpunkten  
 $s_1, s_2, \dots, s_n \dots$  Schrägentfernungen von  $S$  zu den Detailpunkten  
 $\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_n \dots$  dazugehörige Zenitdistanzen

Ges.:  $e_1, e_2, \dots, e_n \dots$  Horizontalentfernungen von  $S$  zu den Detailpunkten  
 $y_1, x_1, y_2, x_2, \dots, y_n, x_n \dots$  Koordinaten der Detailpunkte  
 $s_{1,2}, s_{2,3}, \dots, s_{n,1} \dots$  Sperrmaße zwischen den Detailpunkten  
 $F \dots$  Fläche des Polygons

Formeln:

$$e_i = s_i \sin \zeta_i \quad s_{i,i+1} = \sqrt{e_{i+1}^2 + e_i^2 - 2 e_{i+1} e_i \cos(\varphi_{i+1} - \varphi_i)}$$

$$y_i = y_s + e_i \sin \varphi_i \quad 2F = \sum_{i=1}^n e_i e_{i+1} \sin(\varphi_{i+1} - \varphi_i)$$

$$x_i = x_s + e_i \cos \varphi_i \quad \text{für } i = n \text{ ist } i + 1 = 1 \text{ zu setzen.}$$

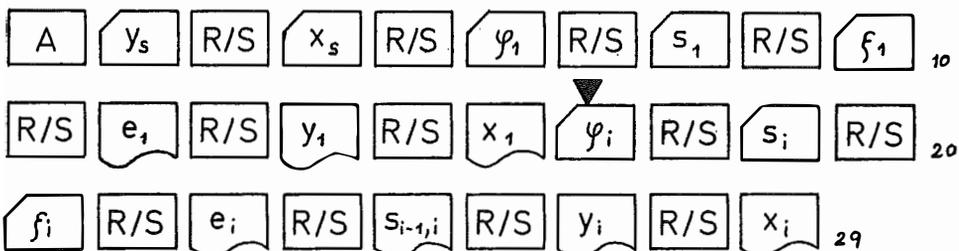
Durchführung:

1. Maschine einschalten (Programmschalter muß in Stellung RUN sein), gewünschtes Winkelmaß wählen.
2. Programm einlesen.
3. Abwicklung der eigentlichen Rechnung.

Das Symbol  bedeutet Drücken der angeschriebenen Taste;

das Symbol  bedeutet Eintasten der angegebenen Zahl; das

Symbol  bedeutet Anzeige eines entsprechenden Resultates.

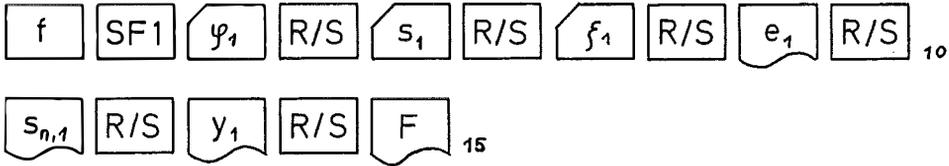


Obiger Vorgang wiederholt sich ab Box 17  für  $i = 2$  bis  $i = n$ .

Programm (Jeder Zeile entspricht ein Programmschritt)

1	LBL			48	ENTER	
2	A			49	+	
3	F			50	RCL	7
4	REG			51	F	
5	F-1			52	COS	
6	SF 1			53	*	
7	R/S		Eingabe: $y_i$	54	—	
8	STO	1		55	+	
9	R/S		Eingabe: $x_i$	56	F	
10	STO	2		57	SQR	
11	R/S		Eingabe: $\varphi_1$	58	R/S	Anzeige: $s_{i-1,i}$
12	STO	3		59	RCL	5
13	E			60	STO	3
14	STO	4		61	RCL	6
15	B			62	STO	4
16	LBL			63	B	
17	1			64	F-1	
18	R/S		Anzeige: $x_i$ und Eingabe: $\varphi_i$	65	TF 1	
19	STO	5		66	GTO	
20	E			67	1	
21	STO	6		68	RCL	8
22	RCL	5		69	G	
23	RCL	3		70	ABS	
24	—			71	RTN	Anzeige: F
25	STO	7		72	LBL	
26	F			73	B	
27	SIN			74	RCL	3
28	RCL	4		75	RCL	4
29	RCL	6		76	F-1	
30	*			77	RTOPO	
31	*			78	XCHY	
32	2			79	RCL	1
33	:			80	+	
34	STO			81	R/S	Anzeige: $y_i$
35	+			82	XCHY	
36	8			83	RCL	2
37	RCL	4		84	+	
38	ENTER			85	RTN	
39	F-1			86	LBL	
40	SQR			87	E	
41	XCHY			88	R/S	Eingabe: $s_i$
42	RCL	6		89	ENTER	
43	ENTER			90	R/S	Eingabe: $\zeta_i$
44	F-1			91	F	
45	SQR			92	SIN	
46	RDOWN			93	*	
47	*			94	R/S	Anzeige: $e_i$
				95	RTN	

Abschließend erfolgt:



4. Wird eine Wiederholung der Rechnung mit eventuell neuen Angaben gewünscht, so ist Punkt 3. zu wiederholen.

Zahlenbeispiel:

$$y_s = 100.00$$

$$x_s = 100.00$$

Pkt.	$\varphi$	$s$	$\zeta$	$e$	$y$	$x$	Sperrm.
1	309, 69 <sup>s</sup>	23.80	98, 24 <sup>s</sup>	23.79	76.48	103.61	
2	69, 15	54.20	88, 79	53.36	147.22	124,86	73.86
3	120, 69	83.16	107, 32	82.61	178.29	73,62	59,92
4	163, 07	41.99	100, 00	41.99	123.01	64,88	55,96
							60.54

$$F = 3415,9 \text{ m}^2$$

#### Literatur

Friedl, J., Krajicek, G., Meissl, P.: Taschenrechner HEWLETT-PACKARD HP-45. Die Benützung und Anwendungsbeispiele für die Vermessungstechnik. Mitteilungen der Geodätischen Institute der Technischen Hochschule in Graz, Folge 14.

Unveröffentlichtes Konzept eines „Owners Handbook“ für die HP-65.

## Das Ausgleichen von Zwischenorientierungen in Polygonnetzen

Von *Kornelius Peters*, Wien

Das Unbehagen an der Wirkungslosigkeit von Zwischenorientierungen bei Ausgleich gemäß konventionell-klassischen mathematischen und statistischen Modellen hat Zeger (1971) formuliert. Das stochastische Modell, d. h. die Gewichtsmatrix der Beobachtungen, wurde im Sinne einer pragmatischen Wirksamkeit von Zeger (1974) insofern geändert, daß die Richtungsmessungen in Polygonzügen nicht mehr gleich genau, sondern mit Gewichten proportional der Visurlänge angenommen werden.

Im folgenden sollen die Stichhaltigkeit dieser Annahme diskutiert sowie ein mathematisches Modell für absolute, netzunabhängige Orientierungen erörtert werden.

1. Problematik von Richtungsgewichten

Sei  $m_{ext}$  die Exzentrizität im Standpunkt  
 $m_{exj}$  die Exzentrizität im Zielpunkt

im Sinne eines mittleren richtungsunabhängigen Fehlervektors, ... (1)

so werden die gemäß Abb. 1 wirksamen Exzentrizitäten  $m_e$  (im Sinne von Perpendikeln) zu

$$m_{ei} = m_{ext} / \sqrt{2} \quad \dots (2)$$

$$m_{ej} = m_{exj} / \sqrt{a}$$

wegen (1) in Analogie zu Koordinaten- und Punktfehler bei kreisförmigen Fehlerellipsen.

Das quadratische Perpendikel  $m_{Rij}^2$  des gesamten Richtungsfehlers (von  $P_i$  nach  $P_j$ ) beträgt gemäß Abb. 1

$$m_{Rij}^2 = m_{oR}^{cc2} s_{ij}^2 \rho^{cc-2} + m_{ei}^2 + m_{ej}^2 \quad \dots (3)$$

bzw. im Winkelmaß

$$m_{Rij}^{cc2} = m_{oR}^{cc2} + (m_{ei}^2 + m_{ej}^2) \rho^{cc2} s_{ij}^{-2}, \quad \dots (4)$$

wobei  $m_{oR}^{cc}$  der zufällige Beobachtungsfehler einer Richtung ist.

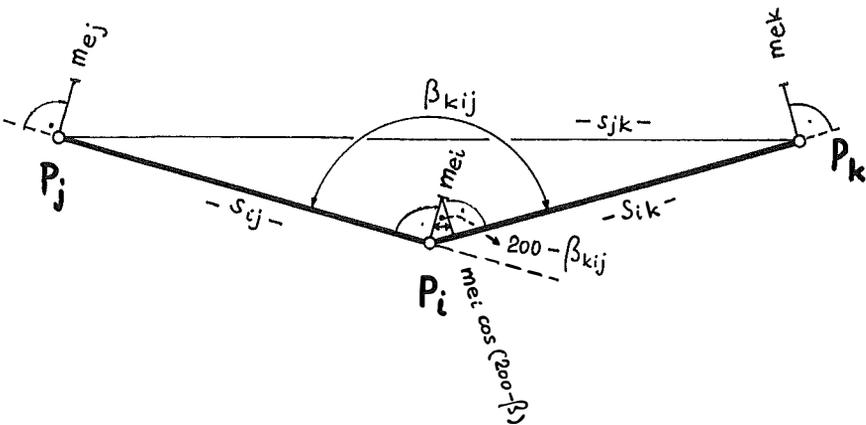


Abb. 1

1.1 Übergang auf Winkel

Die richtungsbezogenen Formeln sind zwar übersichtlicher und allgemeiner, doch soll noch kurz eine Anwendung des Allgemeinen Fehlerfortpflanzungsgesetzes zu der altherwürdigen Helmert-Formel für Gesamtfehler aus der Exzentrizität führen (vgl. Gotthardt 1971, Seite 3, unten):

$$m_{\beta_{kij}}^{cc2} = m_o \beta^{cc2} + \rho^{cc2} ((s_{ij}^2 + s_{ik}^2) m_{exj, k}^2 + s_{jk}^2 m_{ext}^2) / (2 s_{ij}^2 s_{ik}^2). \quad \dots (5)$$

Das Fehlerfortpflanzungsgesetz besagt:

$$m_{\beta_{ktj}}^2 = m_{R_{tk}}^2 - 2 m_{R_{iktj}}^2 + m_{R_{tj}}^2. \quad \dots (6)$$

In  $m_{oR}$  sowie  $m_{ej} = m_{ek}$  herrscht gemäß Abb. 1 Korrelationsfreiheit; daher sind nur die Ausdrücke in  $m_{ei}$  (Standpunktsexzentrizität) von Bedeutung.  $\dots (7)$

Wegen

$$m_{R_{tj}}^{cc} = m_{ei} \cdot \rho^{cc} \cdot s_{tj}^{-1}$$

$$m_{R_{tk}}^{cc} = m_{ei} \cdot \rho^{cc} \cdot s_{tk}^{-1} \cos(200-\beta) = -m_{ei} \cdot \cos \beta \cdot \rho^{cc} \cdot s_{tk}^{-1} \quad \dots (8)$$

wird  $m_{R_{tjk}}^2$  nach *Tienstra* zu  $m_{ei}^2 \rho^{cc2} s_{tj}^{-1} s_{tk}^{-1} (-\cos \beta)$ .  $\dots (9)$

Erweitert man mit  $s_{ij} s_{ik}$  und setzt man den cos-Satz der ebenen Trigonometrie für  $(-s_{ij} s_{ik} \cos \beta)$ , wird (9) zu

$$m_{R_{tjk}}^2 = m_{ei}^2 \rho^{cc2} (s_{jk}^2 - s_{tk}^2 - s_{tj}^2) / 2 s_{ij}^2 s_{ik}^2. \quad \dots (10)$$

(10) in (6) mit (2) ergibt (5).

### 1.2 Plausibilitätsbetrachtung zu Zeger's Gewichtsansatz

Es sei vorausgesandt, daß der konventionelle Ausgleichsalgorithmus nur zufällige Fehler voraussetzt und eine Wirksamkeitsüberlegung an Hand eines konkreten „groben“ Fehlers wie in *Zeger (1974)* im „Testbeispiel“ geschehen, nicht korrekt scheint; dies umso mehr, als das Konzept der Zwischenorientierungen von kurzen Polygonseiten ursprünglich nicht als Ausgleichungsverfahren (Schätzverfahren), sondern als Fehlersuchprogramm gedacht war.

In der folgenden Tabelle 1 ist zu sehen, daß das von *Zeger (1974)* vorgeschlagene Richtungsgewicht für verschiedene Modellansätze tatsächlich *empirisch zutrifft*, vor allem für den praktisch bedeutsamen Zielweitenbereich von 200 bis 2000m bei sorgfältiger freier Zentrierung und Präzisionswinkelmessung oder im kurzen Seitenbereich bei Zwangszentrierung. Von genereller, einschränkungsfreier Anwendung des genannten Gewichtsansatzes, z. B. in EDV-Algorithmen, ist aber abzuraten.

**Tabelle 1:** Werte der gesamten Richtungsfehler  $\pm m_{R}^{cc}$

$m_{ei}$ [cm] $m_{ejk}$ [cm]	0,1	0,5	1	1
	0,1	1	2	5
$\pm m_{oR}$ [cc]	7	35	7	35
$s_{ij}$ [km]	Zwangszentrierte Messung	Freie Zentrierung	Freie Zentrierung wenig sorgfältig	Freie Zentrierung Anschlußziel inhomogen
0,05	19,3 $\lambda$	39	142	146
0,2	8,3 $\lambda$	35,2	36 $\lambda$	50
0,5	7,2	35	16 $\lambda$	38
2	7	35	8 $\lambda$	35
5	7	35	7	35
			7,5	35
				284
				287
				71
				79 $\lambda$
				29
				45 $\lambda$
				10
				36
				18 $\lambda$
				39 $\lambda$
				7,5 $\lambda$
				36

$\lambda$  Gültigkeitsbereich des *Zeger*-Gewichtes

$$p_R = \frac{1}{m_R^2} = s;$$

$$m_R^{cc} \cong \frac{1}{\sqrt{s}}.$$

## 2. Absolute Orientierung von Innenrichtungen

Mit den Begriffen:

$a, b$  Gauß'sche Richtungskoeffizienten

$o_o$  vorläufige Orientierung (analog zu  $x_o, y_o \dots$  vorläufige Koordinaten)

$do$  Orientierungsverbesserung durch Ausgleich (analog zu  $dx, dy$  Koordinatenverbesserung durch Ausgleich),

$R^e$  gemessene Richtung

$R^o$  vorläufig orientierte Richtung

$v_o$  Richtungswinkel aus vorläufigen Koordinaten

$w$  Widerspruch

$v$  Verbesserung

wird die Grundformel für die orientierte Innenrichtung

$$o_o + do + R^e + v = v_o + a dx + b dy \quad \dots (11)$$

oder

$$v = a dx + b dy - do + (v_o - o_o - R^e), \quad \dots (12)$$

$$\text{worin man noch } w = v_o - (R^e + o_o) \quad \dots (13)$$

setzen kann.

$o_o$  wird benötigt, um die mit beliebig eingerichtetem Teilkreis beobachteten Richtungen so weit zu orientieren, daß die Widersprüche in (13) rechentechnisch zu den übrigen Gliedern in (12) passen.

$do$  ergibt sich aus dem Umstand, daß die „Meßwerte“  $R^e + o_o$  abweichend von den „orientierten Außenrichtungen“ noch von den Koordinatenverbesserungen des jeweiligen Standpunktes abhängen.

Meist wird  $o_o$  als arithmetisches Mittel der  $n$  Standpunktorientierungen gemäß

$$o_o = \frac{[v_o - R^e]}{n} \quad \dots (14)$$

berechnet, wobei die  $v_o$  auch zwischen zwei Neupunkten berechnet werden können.

Liegt die Orientierung auf Grund des mathematischen Modelles oder der technisch-wirtschaftlichen Möglichkeiten nicht in der Form (14) vor, ist der Ansatz (11) bis (13) entsprechend zu modifizieren.

Nehmen wir dazu z. B. an, zusätzlich zu den beiden Polygonrichtungen  $R_{ij}^e$ ,  $R_{ik}^e$  sei noch durch ein absolutes Orientierungsverfahren (z. B. astronom. Azimut, Kreisel) die Nordrichtung beobachtet oder übertragen worden.

### 2.1 Die beobachteten Innenrichtungen werden als orientiert behandelt

Der mittlere Fehler a priori der Orientierungsmessung sei  $m_o$ , jener einer beobachteten Innenrichtung  $m_R$ .

Somit wäre der mittlere Fehler einer orientierten Innenrichtung

$$m_{Ri} = \sqrt{m_o^2 + m_R^2}. \quad \dots (15)$$

Es wäre nun unkorrekt, einfach analog zu den bekannten Formeln der Außenrichtungen  $v = adx + bdy + w$  ... (16)

$$\text{mit } w = v_o - R^o \quad \dots (17)$$

$$R^o = R^e + o \quad \dots (18)$$

die Gleichung (16) für absolut orientierte Innenrichtungen anzusetzen und mit Gewichten  $p_{Ri} = \frac{c}{m_{Ri}^2}$  in den Ausgleich einzuführen, wobei nicht absolut orientierte Innenrichtungen nach (12) auf den entsprechenden Standpunkten mit  $p_R = \frac{c}{m_R^2}$  gewichtet werden.

Die orientierten Innenrichtungen (16) sind nämlich *nicht unabhängig*, ihre Kovarianzmatrix  $Q$  ist voll besetzt, somit auch ihre Gewichtsmatrix keine Diagonalmatrix  $P$  mehr (wohl aber jene der konventionellen Innenrichtungen). ... (19)

Die engste Korrelation besteht natürlich zwischen den Innenrichtungen ein und desselben Kreiselpunktes; aber auch dann, wenn verschiedene Standpunkte absolut orientiert wurden, sind die orientierten Richtungen dieser Punkte voneinander abhängig. ... (20)

Wegen (19) sind die Normalgleichungen nicht als

$$A^T P A x = A^T P w,$$

sondern mit  
anzusetzen.

$$A^T Q^{-1} A x = A^T Q^{-1} w \quad \dots (21)$$

## 2.2 Die absolute Orientierung trägt zur konventionellen Orientierungsverbesserung bei

Als Alternative zu 2.1 mit (16), (17), (18), (21) sei noch folgendes Modell vorgestellt:

In (12) ist  $do$  bedingt durch die geometrische Konfiguration. ... (22)

Setzt man (12) für die Orientierungsvisur an, verschwinden die entsprechenden Gauß'schen Koeffizienten (bei Absolutorientierung) oder werden sehr klein (Fernziel). Streng genommen hat das  $do$  der Absolutorientierung eine andere Bedeutung als jenes der konventionellen Innenrichtung (22); man müßte daher eine neue Unbekannte  $do_\alpha$  für die Orientierungsverbesserung einführen, wenn schon nicht standpunktweise, so wegen (20) doch für das Netz. ... (23)

(23) ist alternativ zum strengen Verfahren 2.1 plausibel, da auch die Orientierungsmessung mit dem zufälligen Fehler  $m_o$  behaftet ist, welcher oft signifikant größer ist als jener in der Praxis vernachlässigte auf den Außenrichtungen. Auf die Analogie zwischen (23) und einem gemeinsamen Maßstabsfaktor sei hingewiesen.

Wegen der geringen Redundanz in Polygonzügen und zugartigen Netzen wird aber (23) nicht praktikabel sein und standpunktweise  $do_\alpha = do$  gesetzt.

(12) lautet nunmehr auf dem Standpunkt  $P_i$ :

$$\begin{aligned} v_{ij} &= a_{ij} (dx_i - dx_j) + b_{ij} (dy_i - dy_j) - do_i + w_{ij} \\ v_{ik} &= a_{ik} (dx_i - dx_k) + b_{ik} (dy_i - dy_k) - do_i + w_{ik} \\ v_{iN} &= \phantom{a_{ij} (dx_i - dx_j) + b_{ij} (dy_i - dy_j)} - do_i + w_{iN} \end{aligned} \quad \dots (24)$$

mit  $w_{iN} = v_{oiN} - (o_o + R_{iN}^e) = 0$   
 $w_{ij} = v_{oij} - (o_o + R_{ij}^e).$  ... (25)

$w_{iN}$  wird Null, da die absolute Orientierung zweckmäßigerweise als Vororientierung nach Nord verwendet wird und  $v_{oiN} = o_o + R_{iN}^e = 0.$  ... (26)

Die Gleichungen (24) sind nun mit den Gewichten

$$p_{ij}, p_{ik} = \frac{c}{m_R^2} \text{ bzw. } p_{iN} = \frac{c}{m_o^2} \quad \dots (27)$$

zu versehen; analog zum konventionellen Verfahren rechnet man

$$\begin{aligned} do_i &= \frac{p_{ij} a_{ij} + p_{ik} a_{ik}}{p_{ij} + p_{ik} + p_{iN}} dx_i - \frac{p_{ij} a_{ij}}{p_{ij} + p_{ik} + p_{iN}} dx_j + \dots + \\ &\quad + \frac{p_{ij} w_{ij} + p_{ik} w_{ik}}{p_{ij} + p_{ik} + p_{iN}}. \end{aligned} \quad \dots (28)$$

Hier wird  $[pw]$  natürlich nicht standpunktweise Null, da nicht nach (14) orientiert wurde.

Weiters sei festgehalten, daß die Orientierung  $o$  aus (18) bzw.  $o_o$  aus (25) nicht unbedingt durch ein astronomisches oder physikalisches Verfahren gewonnen sein muß; sowohl in (18) als auch in (24), (25) kann hierzu eine konventionelle Zwischenorientierung nach einem sehr fernen Ziel herangezogen werden, wobei die Gewichte in (19) bzw. (27) aus (4) bzw. Tabelle 1 zu berechnen sind. ... (29)

### 2.3 Ziffernbeispiele

Gemäß der (vereinfachten) Abbildung 2 seien innerhalb eines Polygonnetzes in Tabelle 2 folgende Messungen vorgelegt:

**Tabelle 2**

Von:	nach:	$v_o$	$R^e$	$s$ [m]	$a$ [c/cm]	$b$ [c/cm]	$m^e$	$R^o$	$w$ [c]
$P_i$	$P_j$	299 <sup>g</sup> -98-00	275 <sup>g</sup> -00-00	200	-0,32	0	0,35	299 <sup>g</sup> -98-00	0,0
	$P_k$	50 <sup>g</sup> -01-00	25 <sup>g</sup> -00-00	141	+0,32	-0,32	0,35	49 <sup>g</sup> -98-00	+3,0
	Nord	0 <sup>g</sup> -00-00	375 <sup>g</sup> -02-00	-	-	-	0,50	0 <sup>g</sup> -00-00	0,0

Würde man  $o_o$  gemäß (14) berechnen, ergäbe sich

$$o_o(14) = \frac{24^g98 + 25^g01}{2} = 24^g995,$$

andererseits  $o(18) = o_o(26) = 0^g00 - 375^g02 = 24^g980.$

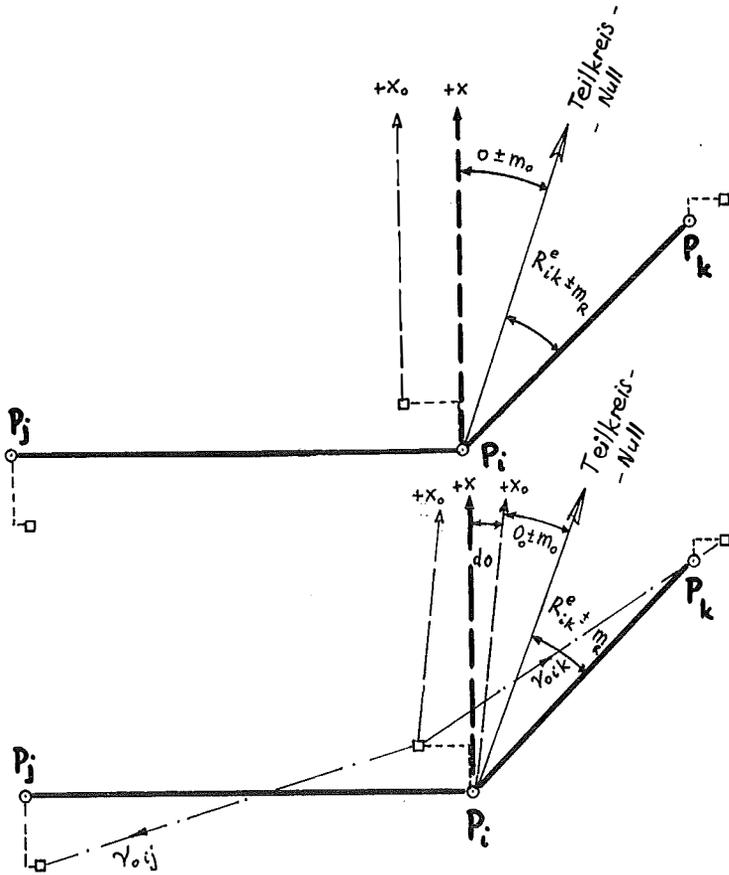


Abb. 2

Gemäß (15), (21) wird nach dem *strengen Modell 2.1*

$$Q_i = \begin{vmatrix} 0,37 & 0,25 \\ 0,25 & 0,37 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} m_{Ri^2} & m_{R^2} \\ m_{R^2} & m_{Ri^2} \end{vmatrix} \quad \dots (30)$$

Kontrolle für (30):  $m_{\beta_{kij}} = \sqrt{0,37 + 0,37 - 2 \cdot 0,25} = \pm 0e5 (= 0e35\sqrt{2})$

$$P_i = Q_i^{-1} = \frac{1}{0,139 - 0,062} \begin{vmatrix} 0,37 & -0,25 \\ -0,25 & 0,37 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4,8 & -3,2 \\ -3,2 & 4,8 \end{vmatrix}. \quad \dots (31)$$

Der Beitrag der Messungen auf  $P_i$  zu den Normalgleichungen lautet gemäß (21) mit Tabelle 2 und (31):

$$\begin{vmatrix} -0,32 & +0,32 \\ 0 & -0,32 \\ +0,32 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -0,32 \\ 0 & +0,32 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 4,8 & -3,2 \\ -3,2 & 4,8 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} -0,32 & 0 & +0,32 & 0 & 0 & 0 \\ +0,32 & -0,32 & 0 & 0 & -0,32 & +0,32 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} dx_i \\ dy_i \\ dx_j \\ dy_j \\ dx_k \\ dy_k \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} -0,32 & +0,32 \\ 0 & -0,32 \\ +0,32 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -0,32 \\ 0 & +0,32 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 4,8 & -3,2 \\ -3,2 & 4,8 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0,0 \\ 3,0 \end{vmatrix}$$

, im Klartext:

$$\begin{array}{rcccccc} dx_i & + & dy_i & + & dx_j & + & dy_j & + & dx_k & + & dy_k & = & \dots \\ + 1,64 & & - 0,82 & & - 0,82 & & 0 & & - 0,82 & & + 0,82 & = & 7,7 \\ & & + 0,84 & & + 0,32 & & 0 & & + 0,48 & & - 0,48 & = & - 4,6 \\ & & & & + 0,48 & & 0 & & + 0,32 & & - 0,32 & = & - 3,1 \\ & & & & & & 0 & & 0 & & 0 & = & 0 \\ & & & & & & & & + 0,48 & & - 0,48 & = & - 4,6 \\ & & & & & & & & & & + 0,48 & + & 4,6 & \dots \end{array} \quad (32)$$

Nach der *Näherungsmethode 2.2* werden mit  $c = 1$  die Gewichte  $p_{ij}$ ,  $p_{ik} = 8$ ;  $p_{iN} = 4$ . ... (33)

Damit wird aus (28) mit (33)

$$doi = \frac{1}{20} (0dx_i + 2,6dx_j - 2,6dx_k - 2,6dy_i + 0dy_j + 2,6dy_k + 24);$$

die reduzierten Verbesserungsgleichungen:

$$\begin{array}{rcccccccc} v & = & dx_i & + & dx_i & + & dx_j & + & dx_j & + & dx_k & + & dy_k & + & w & & p \\ ij & & - 0,32 & & + 0,13 & & + 0,19 & & 0 & & + 0,13 & & - 0,13 & & - 1,2 & & 8 \\ ik & & + 0,32 & & - 0,19 & & - 0,13 & & 0 & & - 0,19 & & + 0,19 & & + 1,8 & & 8 \\ iN & & 0 & & + 0,13 & & - 0,13 & & 0 & & + 0,13 & & - 0,13 & & - 1,2 & & 4 \\ & & & & & & & & & & & & & & & & \dots \end{array} \quad (34)$$

daraus der Beitrag zu den Normalgleichungen:

$$\begin{array}{rcccccc} + 1,64 & - 0,82 & - 0,82 & 0 & - 0,82 & + 0,82 & = & + 7,7 \\ & + 0,60 & + 0,46 & 0 & - 0,60 & + 0,60 & = & - 4,6 \\ & & + 0,60 & 0 & + 0,46 & - 0,46 & = & - 3,1 \\ & & & 0 & 0 & 0 & = & 0 \\ & & & & + 0,60 & - 0,60 & = & - 4,6 \\ & & & & & + 0,60 & = & + 4,6 \\ & & & & & & & \dots \end{array} \quad (35)$$

Zum Abschluß noch der Beitrag zu den Verbesserungs- bzw. Normalgleichungen, wie er sich ohne Verwendung der Zwischenvisur ergeben hätte:

$$\begin{array}{rcccccccc}
 v = & dx_i & + & dy_i & + & dx_j & + & dy_j & + & dx_k & + & dy_k & + & w & p \\
 do_j & 0 & & -0,16 & & +0,16 & & 0 & & -0,16 & & +0,16 & & 0 & . \\
 ij & -0,32 & & +0,16 & & +0,16 & & 0 & & +0,16 & & -0,16 & & -1,5 & 8 \\
 ik & +0,32 & & -0,16 & & -0,16 & & 0 & & -0,16 & & +0,16 & & +1,5 & 8 \\
 & & & & & & & & & & & & & & \dots (36)
 \end{array}$$

Normalgleichungen (Anteil):

$$\begin{array}{rccccccc}
 + 1,64 & - 0,82 & - 0,82 & 0 & - 0,82 & + 0,82 & = + 7,7 \\
 & + 0,41 & + 0,41 & 0 & + 0,41 & - 0,41 & = - 3,8 \\
 & & + 0,41 & 0 & + 0,41 & - 0,41 & = - 3,8 \\
 & & & 0 & 0 & 0 & = 0 \\
 & & & & + 0,41 & - 0,41 & = - 3,8 \\
 & & & & & 0,41 & = + 3,8 \\
 & & & & & & \dots (37)
 \end{array}$$

### 3. Zusammenfassung

Die Zeger'sche Gewichtsannahme für Richtungen (proportional den Visurlängen) ist empirisch für gewisse Netzfigur-Fehlerkombinationen als zutreffend nachzuweisen.

Wertet man absolute Orientierungen bzw. Zwischenvisuren im Polygonnetz nicht bloß als Grobkontrolle, sondern als zusätzliche Beobachtungen für einen vermittelnden Ausgleich, so sind keine signifikanten Unterschiede zwischen strengen und Näherungsverfahren und auch *keine signifikante Verbesserung* der Punktstellung nachzuweisen, wenn man die *derzeit üblichen Genauigkeitsverhältnisse* voraussetzt.

Auf die bekannt geringe Auswirkung unrichtiger Gewichtsannahmen soll hier nicht eingegangen werden.

Eine eingehende numerische Untersuchung für spezielle Fälle (extreme Seitenlängen, große Orientierungsgenauigkeit) ist am Institut für Landesvermessung geplant.

Für eine wertvolle Diskussion bin ich Herrn Prof. Dr. H. Schmid zu Dank verpflichtet.

#### Literatur

Zeger, Josef: Bemerkungen zum Querfehler in Zugsmittle bei einem Polygonzug mit Zwischenorientierungen. ÖZfV, 59 (1971), Nr. 4, S. 113–122.

Zeger, Josef: Polygonzüge mit Zwischenorientierungen. ÖZfVuPh, 62 (1974), Nr. 1, S. 34–41.

Gotthardt, E.: Grundsätzliches zur Fehlertheorie und zur Ausgleichung von Polygonzügen und von Polygonnetzen. Sammlung Wichmann, Heft 12, Karlsruhe 1971.

## Mitteilungen

**Prof. Dr. h. c. mult. Dr. mont. A. Tarczy-Hornoch — Ehrungen**

Die Montanistische Hochschule in Leoben feierte am 27. Juni 1974 im kleinen akademischen Kreis das 50jährige Goldene Doktorjubiläum von Prof. *Dr. h. c. mult. Dr. mont. Antal Tarczy-Hornoch*, dem Begründer und langjährigen Leiter des Geodätischen und Geophysikalischen Forschungsinstitutes der Ungarischen Akademie der Wissenschaften in Sopron. Ein Bericht über die Feier erscheint in der nächsten Nummer dieser Zeitschrift.

Der Geehrte wurde außerdem am 23. Mai 1974 von der Vollversammlung der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften zum auswärtigen Mitglied gewählt.

Der Österreichische Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie gratuliert Prof. *Tarczy-Hornoch*, den freundschaftliche und fachliche Bande aufs engste durch ein Leben lang mit den österreichischen Geodäten verbinden, herzlichst zu den Ehrungen. *Josef Mitter*

**o. Hochschulprofessor Dipl.-Ing. Dr. techn. Karl Rinner — Ehrungen**

O. Prof. *Dipl.-Ing. Dr. techn. Karl Rinner* wurde in der Wahlsitzung der Mathem.-Naturwissenschaftl. Klasse der Österreichischen Akademie der Wissenschaften am 14. Mai 1974 zum korrespondierenden Inlandsmitglied der Akademie gewählt und seine Wahl in der feierlichen Akademiesitzung am 15. Mai 1974 bekanntgegeben.

Eine zweite Ehrung erfolgte durch die Technische Hochschule Darmstadt, die Prof. *Rinner* am 12. Juli 1974 in feierlicher Form den Titel eines Dr.-Ing. Ehrenhalber (E. h.) verlieh.

Der Österreichische Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie schließt sich dem Kreis der Gratulanten herzlichst an, eingedenk des internationalen Wirkens des Geehrten auf allen Gebieten der Geodäsie, das viel zum guten Ruf des österreichischen Vermessungswesens in der Welt beigetragen hat. *Josef Mitter*

## Buchbesprechungen

*Egger, H. | Perdich, W. | Plach, H. | Wagensommerer, G.: Taschenrechner HP 45 und HP 65 — Programme und Anwendungen im Vermessungswesen.* Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft 2 (Veröffentlichung des Institutes für Allgemeine Geodäsie, Vorstand: o. Prof. Dr. F. Hauer), Wien 1974, Heftband, Format 21 × 29,5 cm, 226 Seiten, öS 400,—.

Im vierten Heft des Jahres 1973 der ÖZfVuPh wurde das erste Exemplar der neuen Schriftenreihe „Geowissenschaftliche Mitteilungen der Studienrichtung Vermessungswesen der TH Wien“ vorgestellt und in erfreulich kurzem Abstand folgt nun das zweite Heft dieser Reihe als Ergebnis der Studien des Institutes für Allg. Geodäsie über die elektronischen Kleinstrechner HP 45 und HP 65.

Die Aktualität dieser Veröffentlichung dokumentiert sich vor allem darin, daß sie eine geodätische Programmsammlung für den Rechner HP 65 bringt, dieser selbst jedoch erst in Kürze auf den Markt kommen wird.

Der erste Teil des Heftes ist der HP 65 gewidmet und beginnt mit einer allgemeinen Beschreibung des Gerätes, wobei auf eine wörtliche Übersetzung der nur in englischer Sprache vorhandenen Bedienungsanleitung zugunsten einer freien Erläuterung der Funktionsweise, unterstützt durch informative Graphiken, verzichtet wurde.

Einer kurzen Beschreibung der Durchführung von Rechenoperationen über das Tastenfeld schließt sich eine Erklärung des Programmierens der HP 65 an, womit auch dem Anfänger ermöglicht wird, innerhalb kurzer Zeit seine eigenen speziellen Probleme zu programmieren.

Schließlich folgt die mehr als die Hälfte der Veröffentlichung einnehmende Programmsammlung. Das Spektrum dieser der Ingenieurgeodäsie gewidmeten 68 Programme reicht von den Grund-

aufgaben der Ingenieurgeodäsie über Schnitt- und Kreisprobleme, Zentrierungen, Transformationen und Flächenberechnungen bis zu Trassierungsaufgaben.

Jede Problemlösung besteht dabei sowohl aus einer „Program-Form“, in der die sequentielle Abfolge der Befehle festgehalten ist und so dem Anwender ermöglicht, das Programm jederzeit selbst auf eine Magnetkarte zu überspielen als auch aus der „User-Instruction“, die schrittweise Programmvorwahl, nötige Eingaben und Entscheidungen sowie die Anzeigen erläutert. Sie wird jeweils durch ein Rechenbeispiel illustriert.

Der zweite Teil der Veröffentlichung befaßt sich mit dem elektronischen Rechner HP 45.

Nach einer auf die wichtigsten Charakteristika der HP 45 eingehenden Einleitung werden 46 Ablaufbeschreibungen vorgestellt, die wieder über Schnitt- und Kreisaufgaben, Zentrierungen bis zu Transformationen sowie Flächen- und Höhenbestimmungen reichen.

In leicht durchschaubarer Art wird Schritt für Schritt der Ablauf jeder Problemlösung angegeben (Tastenfolge, Eingaben, Anzeigen) und durch Skizzen unterstützt, so daß auch Ungeübte unmittelbar darangehen können, die entsprechenden Berechnungen durchzuführen.

Diese 46 Ablaufbeschreibungen sind weiters in Kleinformat ( $7 \times 13$  cm, ringgeheftet) erschienen, womit sie in das Futteral des Rechners passen.

Im besonderen ist das Bemühen der Autoren hervorzuheben, durch größtmögliche Vereinheitlichung der Abläufe minimale Einarbeitungszeiten für den Anwender zu gewährleisten.

Zusammenfassend darf gesagt werden, daß dieses mit viel Sorgfalt und Überlegung zusammengestellte Heft jedem Benutzer einer HP 45 oder HP 65 eine unentbehrliche Hilfe sein wird. Dies gilt sowohl bezüglich des Kennenlernens der Funktion der Geräte und der Durchführung von Rechnungen über das Tastenfeld als auch für das Programmieren der HP 65, um eventuell im vorliegenden Heft nicht berücksichtigte spezielle Probleme zu lösen.

*Wolfgang Rössler*

*Pick, M., Picha, J. und Vyskočil, V.: Theory of the Earth's Gravity Field.* Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam/London/New York 1973, Lbd., Format  $17 \times 25$  cm, 538 Seiten, ca. öS 850,—.

Die Verfasser, bekannte Wissenschaftler am Geophysikalischen Institut der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften in Prag, beabsichtigen, mit diesem Buch eine allgemeine Behandlung des Erdschwerefeldes, mit besonderer Berücksichtigung der physikalischen Geodäsie, zu geben. An einen Überblick über die Potentialtheorie schließt sich ihre Anwendung auf die Theorie des Schwerefeldes an, wobei unter anderem ellipsoidische Schwerefelder, Niveauflächen und Schwerereduktionen behandelt werden. Es folgt ein Abschnitt über Schweremessungen, einschließlich der Behandlung der Drehwaage. Die anschließend behandelten Themen umfassen die Definition der Schwereanomalien und ihre geologischen Deutung und geophysikalische Anwendung, zeitliche Änderungen des Erdschwerefeldes und Erdzeiten, die gravimetrische Bestimmung des Geoides und der physischen Erdoberfläche nach Molodensky, und astrogeodätische Methoden einschließlich des astronomischen und astrogravimetrischen Nivellements. In einem Anhang sind nützliche mathematische Beziehungen zusammengestellt.

Die Stärke des Buches ist eine detaillierte und ausführliche Behandlung vieler Themen, auch solcher, die man sonst nur in Originalarbeiten findet; dies gilt besonders für tschechoslowakische und sowjetische Forschungen. Die Literaturhinweise umfassen nicht weniger als 462 Titel. Die Fülle des Materials wird freilich durch eine etwas ungleichmäßige Darstellung erkauft, in der die wesentlichen Linien nicht immer klar sichtbar sind.

Der gewaltige Umfang des Stoffes bedingt notwendigerweise eine gewisse Auswahl. So wurden die Satellitenmethoden nicht betrachtet, auch die beträchtlichen Entwicklungen der letzten fünf Jahre konnten kaum berücksichtigt werden, weil das Buch offensichtlich im wesentlichen die Arbeiten bis etwa 1967 behandelt.

Die klassischen Methoden sind jedoch von bleibender Bedeutung und so ist die umfassende Darstellung im vorliegenden Buche sehr zu begrüßen. Es stellt damit eine wertvolle Ergänzung der vorhandenen Literatur dar und bietet eine Fülle zusätzlicher Information auf Gebieten der Gravimetrie und der physikalischen Geodäsie.

*Helmut Moritz*

*P. Wisser: Etude expérimentale de l'aérotriangulation semi-analytique. Rapport sur l'essai „Gramastetten“.* Publication officielle de l'OEEPE No 7, Institut für Angewandte Geodäsie Frankfurt, 1972. 30 Seiten, 6 Abbildungen, 8 Tabellen, Preis DM 4,—.

Die vorliegende Arbeit ist der zusammenfassende Bericht des großmaßstäblichen Streifen-triangulierungsversuches mit unabhängigen Modellen. Die Möglichkeit der Benutzung von Rechenanlagen und die Existenz entsprechender software einerseits sowie das Wissen um systematische Gerätefehler von Universalauswertegeräten andererseits, führte dazu, daß die analoge Streifen-triangulation immer mehr durch analytische Einzelmodelltriangulation ersetzt wurde und wird. Neben dafür eigens konstruierten Präzisionskartiergeräten (z. B. Zeiss Planimat, Wild A 10, Kern PG 3) werden für diese Aufgaben auch einfache Kartiergeräte verwendet.

Aufgabe dieses internationalen Versuches war es, an einem praktischen Beispiel folgende Punkte zu untersuchen:

1. Vergleich zwischen den analogen und analytischen Möglichkeiten der Streifen-triangulation hinsichtlich der Genauigkeit,
2. Vergleich verschiedenster Auswertegeräte,
3. Vergleich verschiedener Ausgleichverfahren und
4. Genauigkeitsaussage in Abhängigkeit der zu überbrückenden Modellanzahl.

Für diese Aufgabe stellte das BAfEV einen Flugstreifen des Operates EP Gramastetten/66 zur Verfügung. Der Streifen hat einen Bildmaßstab von 1:10000 und umfaßt 19 Bilder, die 58 signalisierte terrestrisch bestimmte Punkte (Triangulierungs- und Einschaltpunkte) mit Geländehöhen von 390 bis 620 m beinhalten. Geflogen wurde dieses Operat mit der Reihenmeßkammer Wild RC 5 mit Universal Aviogon  $f = 15,3$  cm.

An diesem Versuch beteiligten sich nachfolgende 8 Zentren: ITC Delft, EIRA Florenz, IfAG Frankfurt sowie die Technischen Universitäten in Karlsruhe, Liège, Mailand, Mons und München.

Ursprünglich sollte auch das Institut für Photogrammetrie der TH Wien an diesem Versuch teilnehmen. Dafür sollte dort ein allgemeines Programmpaket für Streifenbildung und Streifenausgleichung erstellt werden. Aus Personalmangel konnte dieses Vorhaben in dem vorgesehenen Zeitraum nicht realisiert werden, so daß die Präsentation der Wiener Ergebnisse zu einem späteren Zeitpunkt nachgeholt werden soll.

Von den beteiligten Stellen wurden 9 verschiedene Auswertegeräte der Kategorien Universalgeräte (Wild A 7, Zeiss C 8), Analoggeräte verschiedenster Genauigkeit, die keine Universalgeräte sind (Santoni Simplex II und III, Wild A 8 und B 8, Zeiss Planimat) und Komparatoren (Wild STK 1, Zeiss PSK) eingesetzt.

Hinsichtlich der Streifenbildung wird in dem Bericht nach 4 Möglichkeiten unterschieden:

1. semi-analytische Streifenbildung mit einmaliger Bestimmung der Projektionszentren pro Streifen,
2. semi-analytische Streifenbildung mit Bestimmung der Projektionszentren in jedem Modell,
3. analoge Streifenbildung und
4. analytische Streifenbildung.

Dem Rezensenten erscheint diese Gliederung als nicht sehr glücklich. Werden nämlich Komparatordaten nicht als analytischer Folgebildanschluß weiterverarbeitet, sondern werden aus den Stereomessungen Modelle gebildet und diese dann rechnerisch verknüpft, so unterscheiden sich die Möglichkeiten 2 und 4 höchstens in der Genauigkeit zur Bestimmung bzw. der a priori bekannten Koordinaten der Projektionszentren. Bei den Möglichkeiten 1 und 2 wird auf die Bestimmungsmöglichkeit der Projektionszentren (Vorwärtsschnitte, Rückwärtsschnitte, mit Hilfe besonderer Vorrichtungen) sowie auf die Anzahl der Überbestimmungen beim Streifenanschluß nicht unterschieden, obwohl diese Faktoren Einfluß auf die Genauigkeit der Streifenkoordinaten haben.

Für die Streifenausgleichung wurden folgende 4 Ausgleichsverfahren verwendet, wobei außer der Standardmethode jedes weitere Verfahren angewandt werden durfte:

1. Standardmethode (quadratischer Polynomansatz)

$$\Delta x = a_1 x^2 + b_1 x + c_1 xy + d_1 y + e_1$$

$$\Delta y = a_2 x^2 + b_2 x + c_2 xy + d_2 y + e_2$$

$$\Delta z = a_3 x^2 + b_3 x + c_3 xy + d_3 y + e_3$$

2. Methode Schut,
3. Methode Ackermann und
4. Methode Gotthardt.

In den Tabellen I, V und VII des Artikels sind die Abweichungen in den Kontrollpunkten angegeben. Klarerweise sind die Ergebnisse von den jeweils verwendeten Auswertegeräten abhängig. Es können Ergebnisse, die mit einem Präzisionskomparator, z. B. Zeiss PSK, erhalten wurden, nicht mit denen von Kartiergeräten, z. B. Wild B 8, verglichen werden. Für den verwendeten B 8 kommt überdies noch hinzu, daß er über keine  $X, Y$ -Koordinatenablesemöglichkeit verfügt. Es wurden daher die einzelnen Punkte auf dem Internzeichentisch auf Zeichenmaterial pikiert und nachträglich mit einem Koordinatograph abgegriffen. Die erzielten Unterschiede in den Ergebnissen müssen daher auftreten. Ebenso verständlich sind aber auch die unterschiedlich großen Restfehler nach den verschiedenen Ausgleichsverfahren, wenn die jeweiligen Ansätze funktionale Tatsachen und bestehende Interrelationen (s. Waldhäusl: Funktionale Modelle der Streifen- und Streifenblockausgleichung mit einfachen und Spline-Polynomen für beliebiges Gelände. — Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, Sonderheft 26, 1973) nicht oder nur teilweise berücksichtigen.

Zur Beantwortung der Frage hinsichtlich der Anwendbarkeit einer Streifenausgleichung zur Paßpunktgewinnung für großmaßstäbliche Kartierungen (Planmaßstab 1:1000, Punktlagefehler in den Paßpunkten  $\leq 0,2$  m) wird gezeigt, daß unter Verwendung entsprechender Geräte und Methoden die Überbrückungsdistanz 5 bzw. in einem Fall sogar 9 Modelle betragen und dennoch die geforderte Genauigkeit erreicht werden kann.

Wenn auch der Streifentriangulation durch die Möglichkeit der Blockausgleichung nicht mehr jene Bedeutung zukommt, wie dies noch vor wenigen Jahren der Fall war, so muß dem Autor des vorliegenden Heftes und allen Beteiligten an diesem Versuch für ihre Arbeit gedankt werden. Durch die Vielzahl der verwendeten Geräte, Methoden, Verfahren und Überbrückungsdistanzen ergibt der Bericht einen sehr guten Überblick über die Leistungsfähigkeit einer großmaßstäblichen Streifentriangulation.

*Gottfried Otepka*

**Bendefy, László: Magyar géodeziai irodalom 1961—1970.** (Bibliographie der ungarischen geodätischen Literatur 1961—1970). Lbd.: mit Schutzumschlag, Format  $17 \times 24$  cm, 414 Seiten. Verlegt im Műszaki Könyvkiadó (Technischer Buchverlag), Budapest 1974. Preis Forint 72,—.

In ungarischer Sprache, Vorwort und Einleitung in Ungarisch, Englisch und Russisch, Inhaltsverzeichnis, Erläuterungen und Kapitelüberschriften in Ungarisch, Englisch, Französisch, Deutsch, Spanisch und Russisch.

Der nunmehr vorliegende zweite Band der ungarischen geodätischen Bibliographie reiht sich würdig an den 1964 erschienenen ersten Band, der vom Rezensenten in dieser Zeitschrift: 53 (1965), Nr. 1, S. 25—26, besprochen wurde. Entgegen der damaligen Planung: Ergänzungsbände in fünfjährigen Abständen, wurde ein Zehnjahresabschnitt gewählt. Für die aufgenommenen Werke gelten die gleichen Grundsätze wie in Band 1: Werke ungarischer Fachautoren, die in Ungarn, aber auch im Ausland erschienen, Werke ausländischer Geodäten, deren Arbeiten in Ungarn veröffentlicht wurden bzw. auch wenn sie im Ausland erschienen, Ungarn betreffen oder berühren.

Daß die Anzahl der aufgeführten Abhandlungen aus dem Jahrzehnt 1961/1970 — von einigen nachgetragenen Ergänzungen zu Band 1 abgesehen — größer ist als die im ersten Band zusammengefaßten, wird keinen, der nur die Sintflut an fachlichen Publikationen seines Spezialgebietes auf sich zukommen sieht, weiter verwundern. Umsomehr sind aber der Eifer und die Konsequenz des Hauptschriftleiters *L. Bendefy* und seines Mitautorenkollektivs herauszustellen, die sich dieser Arbeit und Mühe unterzogen haben.

Die spartenmäßige Entwicklung der Geodäsie und das Einbeziehen weiter Randgebiete — der übergeordnete Begriff der Geowissenschaften ist eine Realität geworden — führte auch zu gewissen Neugliederungen in den Abschnitten, in die die Fachliteratur geordnet wurde: 40 Abschnitte gegen

32 im Band 1, wobei z. B. in einem eigenen Abschnitt 13 mit dem Titel Geowissenschaften in 10 Unterabschnitten fast der ganze, mit der Geodäsie in Zusammenhang stehende, praktische Bereich (und nicht nur dieser) der Geophysik von der Meteorologie über die Geologie mit einbezogen wurde. Breiter Raum wurde auch dem Markscheidewesen (31), dem Bergschaden (Gesteinsdruck und Gesteinsbewegung) (32) sowie der Höhlenvermessung (33) gewidmet. Eine vollständige Neuheit stellt Abschnitt 39 dar, der Nekrologe nach Namen gereiht mit den zugehörigen Zeitschriftendaten bringt. Ein allgemeines Namensregister erlaubt das rasche Finden der gesuchten Literatur.

Zum Werk ist, zusätzlich zu seiner guten drucktechnischen Ausstattung, das Gleiche zu sagen wie bei der Besprechung des ersten Bandes: Trotz der Abfassung in Ungarisch ist auch der zweite Band der ungarischen geodätischen Bibliographie für den Vermessungsfachmann in einem Nachfolgestaat der österreichisch-ungarischen Monarchie genauso wertvoll wie der erste. Ungarn ist um den Spiritus rector der Bibliographie zu beneiden. Der Rezensent, der zum Freundeskreis *Dr. L. Bendefys* zählt, weiß nur zu gut um dessen Organisationsgabe, persönliches Interesse und Fleiß.

*Josef Mitter*

*Drake, Johannes: Taschenbuch für Vermessungsingenieure.* 6. verbesserte Auflage, 352 Seiten, 197 Abbildungen, 81 Tabellen, Format 12 × 19 cm, Leinen, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1973, DM Ost 16,—.

Dieses bereits seit zwei Jahrzehnten zum festen Bestand der Fachliteratur zählende Nachschlagewerk erschien nun in der 6. verbesserten Auflage und beweist dadurch nicht nur die unverändert große Nachfrage, sondern auch das Bestreben des Autors, dieses Taschenbuch immer auf dem neuesten Stand der Entwicklung zu halten.

In einem allgemeinen Teil sind zunächst die Dimensionen der Erde, verschiedene physikalisch-technische Maßsysteme sowie die wichtigsten mathematischen Zeichen und in knapper Form auch Formeln und Konstanten zusammengestellt. Die in der 4. und 5. Auflage wegen Überarbeitung und Abstimmung der Vorschriften nicht aufscheinenden Zeichen für vermessungstechnische Karten und Pläne sind nunmehr wieder aufgenommen und entsprechen ebenso wie die angegebenen Grundsätze zur Gestaltung von Zeichnungen den zur Zeit in der Deutschen Demokratischen Republik geltenden Richtlinien. Der instrumententechnische Teil vermittelt infolge seiner Kürze dem Praktiker nur die notwendigsten Kenntnisse zur Überprüfung bzw. Rektifikation von Nivellieren und Theodoliten und könnte zur zweckmäßigen Durchführung derartiger Operationen etwas erweitert und detaillierter dargestellt werden. Bei der Auswahl der angegebenen Meßvordrucke und -protokolle wurde auch auf spezielle Aufgaben, wie etwa das hydrostatische Nivellement oder eine Pfeilerneigungsmessung, Bedacht genommen. Die durch Skizzen und Formeln erläuterten Rechenvordrucke leisten sicherlich einen wertvollen Beitrag zum Verständnis dieser Formulare. In einem eigenen Kapitel werden die Kreisbogenabsteckung, die Anwendung der kubischen Parabel und Klotoide als Übergangsbögen und das Winkelbildverfahren zur Optimierung projektierte Linienzüge erklärt. Nach einer kurzen Einführung in die Grundbegriffe der Ausgleichsrechnung sind die amtlichen Fehlergrenzen angegeben und die bei der Durchführung verschiedenster ingenieurgeodätischer Arbeiten bestehenden Genauigkeitsforderungen tabellarisch zusammengestellt.

Allgemein interessant sind die Angaben zum Bauwesen, welche neben der Erläuterung von Grundbegriffen auch die zeichnerische Darstellung von Bauwerksteilen sowie wichtige, der „Deutschen Bauordnung“ auszugsweise entnommene verfahrensrechtliche und bautechnische Bestimmungen beinhalten. Die enzyklopädisch angeführten Grundzüge über den Straßen-, Gleis- und Wasserbau sowie zur Errichtung von Energieleitungen und Fernmeldeanlagen vermitteln die notwendigen Kenntnisse aus anderen Ingenieurwissenschaften und machen dieses Nachschlagewerk zu einem guten Ratgeber für den praktisch tätigen Vermessungsingenieur.

Das Taschenbuch verdeutlicht in anschaulicher Form die weitgesteckten Einsatzgebiete der Vermessungstechnik in der DDR und die bereits fast abgeschlossene Vereinheitlichung in der Darstellung von Aufnahme und Ergebnis durch allgemein bindende Vorschriften und Normen, welche einen rationellen und ökonomischen Ablauf der ingenieurgeodätischen Arbeit ermöglichen.

*Walter Perdich*

*Buchholtz, A. / Rüger, W. und Mitarbeiter: Photogrammetrie, Verfahren und Geräte.* 3. Auflage 1973, Lbd., Format 17×24,5 cm, 416 Seiten, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, öS 418,—.

Wieder ist ein bewährtes, altes Lehrbuch zur Photogrammetrie neu erschienen. Waren schon die ersten zwei Auflagen weit verbreitet und sehr beliebt, so wird die jetzt vorliegende Neubearbeitung ganz besonderen Erfolg haben.

Das Lehrbuch folgt im großen und ganzen dem klassischen Prinzip der Stoffdarbietung: Geschichte, Grundlagen, terrestrische Photogrammetrie, Luftbildmessung, analytische Photogrammetrie, Sonderanwendungen, Luftbildinterpretation. Der Leser und Kenner der Materie ist sofort angenehm von der klaren und übersichtlichen Gestaltung des Lehrbuches überrascht. Vor allem sind die vielen Abbildungen von bestechender Klarheit und werden dem Studenten helfen, die Dinge leichter zu überschauen.

Die Instrumentenkunde wird ausführlich und objektiv behandelt. Keine Firma erscheint bevorzugt. Auch viele russische Geräte sind in den Lehrstoff eingegliedert worden. Die Verfahren zur relativen und absoluten Orientierung zeigen hinsichtlich ihrer Auswahl die große praktische Erfahrung der Autoren. Das Kapitel über Aerotriangulation dagegen könnte noch ausgefeilt werden. Sowohl die dargebotene Fehlertheorie als auch die Ausgleichsvorschläge zur streifenweisen Aerotriangulation sind inzwischen durch die Arbeiten *Ackermanns* und anderer überholt. Die danach folgenden Kapitel zur ersten Einföhrung in die Blockausgleichung und in die sogenannte analytische Photogrammetrie haben wieder wesentlich höheren Standard. Die Sonderanwendungen sind im Vergleich zu ihrer steigenden praktischen Bedeutung etwas zu kurz behandelt, hier sollte man noch an eine sinnvolle Erweiterung denken. Der von *G. Wolff* bearbeitete Abschnitt über die Luftbildinterpretation entspricht sehr gut dem Ziel, in knapper Zusammenfassung eine erste Einföhrung in dieses sehr große Gebiet der Verarbeitung der nichtmetrischen Luftbildinformation zu geben.

Das Lehrbuch des „Autorenkollektivs“ aus dem photogrammetrischen Institut der TU Dresden stellt einen weiteren bedeutenden Fortschritt auf dem Gebiet der Gesamtliteratur zur Photogrammetrie dar, eine hervorragende Leistung im edlen Wettstreit um das beste Lehrbuch für Photogrammetrie.

*Peter Waldhäusl*

## Zeitschriftenschau

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

Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Karlsruhe 1973: Nr. 10. *Reist, H.:* Die Rolle der AdV (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der BRD) — *Hennig, G.:* Das Grundstückskennzeichen als Ordnungselement neuer Informationssysteme — *Schmitt, G.:* Speichertechnische und numerische Probleme bei der Auflösung großer geodätischer Normalgleichungssysteme (Dissertation) — *Staufenbiel, W.:* Zur Automation der Generalisierung topographischer Karten mit besonderer Berücksichtigung großmaßstäbiger Gebäudedarstellungen (Dissertation) — *Campbell, J.:* Eine Erweiterung der Theorie des astronomischen Nivellements bei Einbeziehung von Schweremessungen (Dissertation) — *Bähr, H.-G.:* Zum Ausgleichsverfahren bei der Ergänzung bestehender geodätischer Netze — Nr. 11. *Schlemmer, H.:* Elektronische Rechenschieber — *Thiele, P.* und *Zick, W.:* Zur Simultaneität von trigonometrischen Höhenmessungen über Meeresis — *Mauelshagen, L., Morgenstern, D.* und *Tönnessen, K.:* Photogrammetrische und klassische Archäometrie in Afghanisch-Sistan — *Simmerding, F.:* Zur Statik im Liegenschaftskataster — *Pape, E.:* Die Katasterphotogrammetrie im praktischen Einsatz — Nr. 12. *Draheim, M.:* Max Kneissl 1907—1973 — *Scherber, O.:* 58. Deutscher Geodätentag Ludwigshafen am Rhein 19.—22. September 1973 — *Bertingchamp, H. P.:* Der 22. Deutsche Kartographentag in München vom 6.—9. Juni 1973 — *Bähr, H. P.* und *Dowideit, G.:* 34. Photogrammetrische Woche in Stuttgart — *Larisch, H.-J.* Erstes

Internationales Symposium über Vermessungskreisel — *Stober, M., Thiele, P. und Zick, W.*: 9. Internationale Polartagung München — *Draheim, H.*: Laser-Kurs Stockholm 1973 — *Kahmen, H.*: Internationales Seminar für elektronische Entfernungsmessung, Lagos 1973 — *Schmitt, G.*: I.A.G.-Symposium on Computational Methods in Geometrical Geodesy; Oxford, 2.—8. September 1973 — *Heidenreich, E. D. und Kahmen, H.*: Mathematical Methods in Physical Geodesy, Ramsau 1973 — *Kiesel, H.*: 7. Internationales Symposium über Gezeiten der festen Erde — *Mourad, A. G.*: International Symposium on Applications of Marine Geodesy 1974.

Bildmessung und Luftbildwesen, Karlsruhe 1973: Nr. 6. *Dorrer, E.*: 34. Photogrammetrische Woche vom 10. bis 15. September 1973 in Stuttgart — *Young, M. E. H.*: 1:50000 Mapping in Canada — *McLeod, M. H.*: Halbautomatische großmaßstäbige Kartierung beim Ontario Ministry of Transportation an Communication — *Carnec, F.*: Zur Problematik und Organisation von Vermessungsflügen in mittleren und großen Höhen — *Kure, J.*: Erfahrungen mit dem Airborne Profile Recorder, besonders im saudi-arabischen Projekt — *Schwebel, R.*: Das topographische Kartiergerät PLANITOP F 2 — *Bauer, H.*: Zur Funktion der Luftbildunternehmen (I) — *Hothmer, J.*: Zur Funktion der Luftbildunternehmen (II) — *Geier, Fr.*: Das Radar-Rundbild mit reduzierten Schrägentfernungen; Grundlagen für die Auswertung (Dissertation) — *Roland, N. W.*: Die Anwendung der Photointerpretation zur Lösung stratigraphischer und tektonischer Probleme im Bereich von Bardai und Aozou (Tibesti-Gebirge, Zentral-Sahara) (Dissertation) — *Grumpelt, H.*: Ein analytisches Verfahren der Bündelverknüpfung in der Nahbildmessung, angewandt auf Deformationsmessungen an einer Tunnelröhre im Bergbaubereich (Dissertation) — *Wolferts, Kl.*: Teilautomatisches Verfahren zur Bildauswertung verkehrstechnischer Beobachtungen (Dissertation).

Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, Florenz 1973: Nr. 3. *Information — IBM*: Cresce insieme ai suoi utenti il più piccolo calcolatore IBM. Il sistema/3 IBM Modello 15. — *Dufour, H. M.*: Approximation quadratique du potentiel réel par un potentiel harmonique, à l'extérieur du géoïde. Corrections correspondantes — *Moritz, H.*: On the Convergence of Molodensky's Series — *Tscherning, C. C.*: On the Relation between the Variation of the Degree-Variations and the Variation of the Anomalous Potential — *Rapp, R. H.*: Results from a combination of satellite and gravimetric data considering the collocation concept — *Moritz, H. und Schwarz, Kl.-P.*: On the Computation of Spherical Harmonics from Satellite Observations.

Bulletin Géodésique, Paris 1973: Nr. 109. *Report of the International Seminar on Electronic Distance Measurement held in Lagos, March 25—30, 1973 — Khan, M. A.*: Equatorial radius of the Earth: A dynamical determination — *Grafarend, E.*: Le théorème de conservation de la courbure et de la torsion or Attempts for a unified theory of geodesy — *Vaniček, P. and Merry, C. L.*: Determination of the geoid from deflection of the vertical using a least-squares surface fitting technique — *Proverbio, E. and Quesada, V.*: Analysis of secular polar motion and continental drift — *Wittlinger, G. et Lecolazet, R.*: Sur les observations de marée clinométrique dans un long tunnel — *Lecolazet, R. et Steinmetz, L.*: Nouveaux résultats expérimentaux concernant les ondes diurne de la marée gravimétrique — *Sharni, D.*: Lilliput and Biefuscu and the figure of the Earth.

The Canadian Surveyor, Ottawa 1973: Nr. 3. *Pawson, K.*: The Calgary 1:1000 Cadastral Plans Series — *Jones, H. E.*: Geodetic Datums in Canada — *Carman P. D.*: Camera Vibration Measurements — *Moreau, R. L.*: Mesures géodésiques héliportées. Théorie et application du nivellement Trigonométrique non-réciproque.

Géomètre, Paris 1973: Nr. 8—9. *Abel, Cl.*: Levé topographique par ultrason — Nr. 10. *Wolf, E.*: La précision du mesurage parallactique vertical — Nr. 11. *Marchal, J.*: Importance de la connaissance du relief et de son évolution sous les climats tropicaux humides d'Amérique.

Geodetický a kartografický obzor, Prag 1973: Nr. 9. *Zátopek, A.*: Fünfundzwanzig Jahre des Tschechoslowakischen nationalen Komitees für Geodäsie Geophysik — *Brezina, I.*: Anwendung der neuen Instrumententechnik für die Untersuchung von Kreisteilungsfehlern an geodätischen Instrumenten — *Kadleček, I. und Ingeduld, M.*: Über die Genauigkeit der analytischen Absteckung — *Zeman, A.*: Analyse der Ergebnisse, die mit einer Garnitur für motorisiertes Nivellement erreicht wurden — *Novák, Z.*: Analyse der Genauigkeit der Bogenabsteckung — Nr. 10. *Vosika, O.*: Abhängigkeit der Fehlerellipse eines abgesteckten Punktes an den Fehlern des Abstecknetzes — *Hájek,*

*M.* und *Kondáš, S.*: Graphische Verfüllung der Karte — *Zeman, A.*: Ergebnisse der wiederholten Messungen der Nivellement-Probebasis in Podbaba — *Beneš, F.*: Genauigkeit der Längebestimmung des Lattenmeters der Nivellierlatten — *Nr. 11. Štíma, J.*: Verfertigung der digitalen thematischen Karte im Maßstab 1:5000 mit Hilfe der photogrammetrischen Methode — *Vyskočil, P.*: Jahresbewegungen der Nivellierpunkte und ihre Folgerungen — *Kocián, J.*: Erneuerung der Liegenschaftsevidenz bei gegenwärtigem Aufbau des Registers der Liegenschaftsevidenz in der SSR — *Hauf, M.*: Erste Erfahrungen mit EOK-2000.

Geodetski list, Zagreb 1972: *Nr. 1–3. Seissel, Z.*: Beitrag zum Problem der Automation im Vermessungswesen — *Stojanovski, K.*: Parallaxische Streckenmessung mit dem Instrument Redta 002.

Geodézia és Kartográfia, Budapest 1973: *Nr. 5. Biró, P.*: Untersuchung des Erdschwerefeldes durch gemeinsame Benutzung von Beobachtungen künstlicher Erdsatelliten und terrestrischer Schweremessungen — *Halmos, F., Kádár, I.* und *Karsay, F.*: Eindimensionale Ebene- und Raumkoordinaten-Systeme — *Hönyi, E.*: Von der Lösung der 2. geodätischen Hauptaufgabe — *Fialovszky, L.*: Allgemeine Fehlertheorie der Polygonzüge — *Kis Papp, L.*: Beitrag der Photogrammetrie zur Lösung baulicher Aufgaben — *Czellár, A.*: Anwendung der Stereophotogrammetrie bei der Ausschlagsuntersuchung von Bechern einer Laborschleuder — *Domokos, M.*: Schrumpfungen der Meßfilme — *Ugrin, N.*: Die Eindeutigkeitsprobleme der perspektiven Lage von Ebenensystemen — *Egresi, M.*: Einige Erfahrungen der Modifizierung der mit Bodenbenutzungs-Aufgaben der Bodenwesen-Fachverwaltung zusammenhängenden Kompetenzen.

Landinspektøren, Kopenhagen 1973: *27. Bd./Nr. 2. Høy, Th.*: Thoreau as Surveyor — *Brande-Lavridsen, O.*: A Photogrammetric Laboratory — for what use? — *Nr. 3. Jensen, J. W.*: On Transformation.

Maanmittaus, Helsinki 1973: *Nr. 1–4. Tikka, M.*: Die wichtigsten elektronischen Entfernungsmesser im Jahre 1973 — *Kukkonen, I.*: Die geodätischen Rechnungsaufgaben und Rechnungsmöglichkeiten in der Stadtvermessung — *Öjborn, L.*: Ein Vorschlag für die neue Forstpolitik Schwedens unter besonderer Berücksichtigung der forstwirtschaftlichen Liegenschaftsstruktur und der gegenseitigen Zusammenarbeit — *Trevola, V.*: Gedanken zur Forschungstätigkeit im Liegenschaftswesen.

Nachrichtenblatt der Vermessungs- und Katasterverwaltung Rheinland-Pfalz, Koblenz 1973: *Nr. 2. Kuhn, E.* und *Kiel, H.*: Die Anwendung der Vereinfachungsmaßnahmen bei Straßenschlußvermessungen in der Praxis — *Schenk, E.*: Zur neugefaßten Fortführungsanweisung II — *Wahlers, U.*: RegElta 14, Aspekte eines neuen Aufnahmeverfahrens — *Nr. 3. Herzfeld, H.*: Koordinatenerfassung mit dem Ott-Klein-Koordinator (Modell PUREX) — *Maxeiner, K.*: Über den Anschluß von Polygonzügen an Hochpunkten des TP-Feldes — *Voigt, E.*: Die städtebauliche Bodenordnung und ihre Realisierung in Rheinland-Pfalz unter Mitwirkung der Kataster- und Vermessungsämter — *Wiss, H.*: Zur Herstellung der Deutschen Grundkarte 1:5000 (DG 5) in Rheinland-Pfalz — *Müssenich, J.*: Das Arbeitsverfahren bei der Herstellung der Deutschen Grundkarte (DG 5)

Photogrammetria, Amsterdam 1973: *Nr. 1. Welch, R.* and *Halliday, J.*: Imaging characteristics of photogrammetric camera systems — *Nr. 2. Vonder Haar, S. P.* and *Stone, R. O.*: Oceanographic analysis of orbital photographs of the upper Gulf of California — *Dorrer, E.* and *Mostafa, K. H.*: Digital simulation of mechanical stereoplotters

Photogrammetric Engineering, Falls Church, USA; 1973: *Nr. 5. Penney, H. W.*: Brief History of the Defense Mapping Agency — *Payandeh, B., Pope, R. B.* and *Paine, D. P.*: Bias from Photo Intensity — *Reimold, R. J., Gallagher, J. L.* and *Thompson, D. E.*: Remote Sensing of Tidal Marsh — *Seher, J. S.* and *Tueller, P. T.*: Color Aerial Photos for Marshland — *Turinetti, J. D.* and *Mintzer, O. W.*: Computer Analysis of Imagery — *Lafferty, M. E.*: Accuracy/Costs with Analytics — *Anderle, M. E.*: Geodetic Control with Doppler — *Scarpace, F. L.* and *Wolf, P. R.*: Atmospheric Refraction — *Nr. 6. Fisher, J. J.* and *Steever, E. Z.*: 35-mm Quadricamera — *Sabins, Fl. F.*: Aerial Camera Mount for 70-mm Stereo — *Ross, D. S.*: Simple, Multispectral Photos and Color Viewing — *Wobber, F. J.* and *Anderson, R. R.*: ERTS Data for Coastal Management — *Miller, Ch. I.*: Stereo Models for Measuring the Space Scene — *Faig, W.* and *Moniwa, H.*: Convergent Photos for Close Range — *Abdel-Aziz, Y. I.*: Lens Distortion at Close Range — *Wasielewski, J. F.*, et al.: Holography, Radar Data & P. I. Performance — *Schut, G. H.*: Similarity Transformation and Least Squares

Photogrammétrie, Paris 1973: Nr. 109. van Twembeke, U. L. W.: Evolution de la théorie, des méthodes et des appareils de restitution en photogrammétrie (période 1968–1972). Comte rendu des activités de la Commission II au congrès d'Ottawa (1e partie) — van Twembeke, U. L. W.: Etude comparative des instruments et méthodes orthophotographiques (période 1968–1972). Comte rendu des activités de la Commission II au congrès d'Ottawa (2e partie) — Hoebeke, G.: Le XIIe congrès de la Société internationale de Photogrammétrie à Ottawa (1972). Compte rendu des activités de la Commission IV

Przegląd Geodezyjny, Warszawa 1973: Nr. 5. Frelek, M.: Fernstudium an der Fakultät für Geodäsie und Kartographie der Technischen Universität zu Warschau — Pacewski, J.: Beseitigung der zwischen Dörfern schachbrettartig verteilten Böden — Halama, L. und Sroka, A.: Sichere Methode des Nachweises und der Beseitigung von systematischen Fehlern in den ausgeglichenen Liniennetzen — Śliwa, L.: Bemerkungen zur Ausführung von geodätischen Messungen bei der Kontrolle der Tragkraft von Pfählen mit Hilfe von axialen statischen Versuchsbelastungen — Wojcik, St.: Photogrammetrische Luftschiffe — Wojtkiewicz, M.: Kartographie der Ostsee — ein ungelöstes Problem — Nr. 6. Dobaczewska, W.: Anstalt für Planetengeodäsie des Instituts Geophysik der Polnischen Akademie der Wissenschaften — Berezowski, E.: Genauigkeit des astronomischen Instrumentariums von Kopernikus — Bielecki, T., Brys, H. und Zielina, L.: Methode von Bestands- und Ausführungsmessungen von elektroenergetischen Freileitungen mit Einsatz von BRT-006 — Szwed, Z.: Probleme der unter- und oberirdischen Erschließung des Geländes in Städten und Kreisen (Diskussionsartikel) Nr. 8. Eckes, K. und Hycner, R.: Apparate und Methoden für die automatische, graphisch-digitale Datenverarbeitung im Rahmen der geodätischen Prozesse von Informatssystemen — Smiałowska-Uberman, Z.: Elektronische Datenverarbeitung im Dienste der Arbeitsorganisation eines geodätischen Unternehmens — Gantt-Pert-Gantt-Methode — Lyszkowicz, S.: Genauigkeitserhöhung der geodätischen Messungen durch Beseitigung von systematischen Fehlern — Cacón, S.: Einsatz von elektrooptischen und Doppelbild-Entfernungsmeßgeräten für die Lösung des detaillierten Netzes — Żak, M.: Geodätische Geräte auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1973 — Grygorenko, W.: Traditionelle und moderne Formen der komplexen Information über das Gelände

Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Mitteilungsblatt, Wintherthur 1973: Nr. 7. Neue Reglemente für die Erteilung des eidgenössischen Patents für Ingenieur-Geometer — Nr. 8. Leupin, H.: Bericht über den Stand der Versuche zur Anwendung der Bündelmethode in der Katastervermessung — Nr. 9. Frund, J. und Horisberger, J.-L.: Kontrolle der Triangulation IV. Ordnung und Bestimmung neuer Fixpunkte durch Richtungs- und Distanzmessungen — Solari, R.: Leitbild für den Beruf des Ingenieur-Geometers

Der Vermessungsingenieur, Wiesbaden 1973: Nr. 3. Franke, E.: Vermessungsarbeiten beim Schnellbahnbau in Hamburg — Bull, R.: Nahbereichsentfernungsmeßgeräte — Nr. 4. Diskussionsbeitrag: Vermeidung von Kleinstflurstücken — Nr. 5. Jacobs, E.: Zur Genauigkeit der vermessungstechnischen Absteckung von Ingenieurbauwerken — Weiss, E.: Vermessungsingenieure und Techniker im Dienst der physikalischen Grundlagenforschung — Koch, Fr.: Vermessungsarbeiten am Naturzugkühler Meppen (wird fortgesetzt)

Vermessungstechnik, Berlin 1973: Nr. 3. Leśniok, H.: Zum 500. Geburtstag von Mikolaj Kopernikus — Hüther, G.: Das neue Präzisions-Kompensatornivellier Ni 002 des VEB Carl Zeiss JENA — Sommer, M.: Zur Genauigkeitsbewertung gravimetrischer Karten mit Isoliniendarstellung — Steinich, L.: Zum ESER datenkompatible Systeme zur Datenerfassung und -verdichtung — Borkowski, K.: Bedingte Ausgleichung geodätischer Netze unter Berücksichtigung der Fehler in den Anschlußkoordinaten — Jochmann, H.: Die Theorie und Praxis zufälliger Meßfehler — Dittfeld, H.-J.: Untersuchungen zum Langzeitverhalten gravimetrischer Instrumente — Zimmermann, B.: Anwendung verteilungsfreier mathematisch-statistischer Prüfverfahren bei ökonomischen Untersuchungen im Vermessungswesen — Zörn, U.: Vereinfachung der Kontrollrechnung bei Richtungsmessungen — Nr. 4. Mark, R.-P.: Das Kleinststeuerrechnersystem KRS 4100 in Verbindung mit photogrammetrischen Steuerauswertegeräten — Stechert, W.: Erneuerung von Liegenschaftskarten auf der Grundlage der Aerophotogrammetrie im Bezirk Neubrandenburg — Werner, H.: Einschätzung des gegenwärtigen Entwicklungsstandes trigonometrischer und polygonometrischer Verfahren der Bauwerksüberwachung — Dach, H.-J.: Ein BRT-Zielzeichen zur Aufnahme von Geländequerprofilen in nichtbegehbarem Gelände — Siecksmeyer, G.: Meßtechnische Arbeiten bei der Anlage

eines modernen Elektrostahlwerkes — *Martinek, M.*: Die Aufgaben der Kartographie als Mittler der Kommunikation von Informationen — *Krakau, W.*: „Gesetzmäßige“ oder „regelmäßige“ Generalisierung? — *Nr. 5. Deumlich, F.*: Über den Informationsgehalt der „Vermessungstechnik“ — 20 Jahrgänge im Rückblick — *Göhler, H.*: Entwicklungstendenzen der geodätischen Datenerfassung — *Maaß, D.*: Setzungsmessungen an einem 23-geschoßigen Wohnhochhaus — *Werner, H.*: Alignments- Lotungsmessungen in der Bauwerksüberwachung — ihre besondere Stellung und Weiterentwicklung — *Karusseit, M.*: Vermessungstechnische Aufgaben bei der Montage der Vorhangfassade an einem Rundbau — *Krause, H.*: Erfahrungen bei der EDV-Bearbeitung großer photogrammetrisch gewonnener Datenmengen im Meteorologischen Dienst der DDR — *Jochmann, H.*: Die Berücksichtigung des Auflösungsintervalls bei der Fehlerfortpflanzung — *Haack, E.*: Zur „Instruktion für die Schreibweise geographischer Namen in kartographischen Erzeugnissen der DDR“

Vermessungstechnische Rundschau, Bonn 1973: *Nr. 7. Müller, B.-G.*: Grundsätzliches zum Einsatz der terrestrischen Photogrammetrie für Deformationsvermessungen — *Mauelshagen, L.* und *Morgenstern, D.*: Geodätische Arbeiten bei archäologischen Untersuchungen der Ruinenfelder in Afghanistan-Sistan (Schluß in Nr. 8) — *Pape, H.*: Aktuelle Fragen zur Planungskartographie — unter besonderer Berücksichtigung kommunaler Aspekte — *Laumeyer, W.*: Vermessungs- und planungstechnische Nachteile einer Japanreise — *Nr. 8. Schmid, D.*: Gesichtspunkte zur Verwendung von Karten und Orthophotos bei Planungen — *De Leeuw, A.*: Maßnahmen zur zweckmäßigen Nutzung landwirtschaftlichen Bodens (Flurbereinigung) in Belgien — *Nr. 9. Nigge, K.-E.*: Ingenieurgeodätische Aufgaben beim Bau einer Hochstraße — *Grabe, H.*: Städtebaulich-bodenwirtschaftliche Fragen bei Entwicklungsmaßnahmen — *Seele, W.*: Zur Bodenfrage in der Raumordnung — *Zinkahn, W.*: Entwicklungstendenzen in Städtebau und Bodenrecht

Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart 1973: *Nr. 6. Torge, W.*: Der heutige Stand in der Bestimmung der Erdfigur — *Sigl, R.* und *Lange, Th.*: Seetiefmessungen mit einem LIDAR-System — *Hradilek, L.*: Bestimmung der Refraktion in der Südslowakei — *Bonczek, W.*: Bodenordnung und Stadtsanierung — *Großmann, W.*: Albert Pfitzer und der DVW — *Nr. 7. Hofmann, W.* und *Hallermann, L.*: Übersicht über die Literatur für Vermessungswesen im Jahre 1972 mit einzelnen Nachträgen — *Nr. 8. Großmann, W.*: 500 Jahre Copernicus — *Koch, K. R.*: Digitales Geländemodell und automatische Höhenlinienzeichnung — *Hasse, D.*: Striche oder Keile auf Feinnivellierlatten? — *Straßer, G.*: Der reduzierende Distomat Wild DI 3 und einige Bemerkungen — *Adam, H.*: Nivellement mit REG ELTA 14 — *Gleißmann, T.*: Ein Beitrag zur Messung von kurzzeitigen Schwingungen an Bauwerken — *Nr. 9. Ebner, H.*: Zusätzliche Parameter in Ausgleichungen — *Gotthardt, E.*: Zusammenfassung mehrerer Aufmessungen eines Punkthaufens — *Wolf, H.*: Die Helmert-Inverse bei freien geodätischen Netzen — *Fialovszky, L.*: Mittlere Koordinatenfehler beim Präzisionspolygonzug mit langen Seiten — *Gleinsvik, P.*: Zur Konfidenz der Punktbestimmung in der Ebene — *Caspary, W.*: Die Schätzung des Korrelationskoeffizienten aus Beobachtungspaaren — *Stein, F.*: Stand und Aufgaben der Landeskulturverwaltung Rheinland-Pfalz

Geodezja i Kartografia, Warschau 1973: *Nr. 2. Chojnicki, T.*: Determination of long-period Earth-tides — *Borkowski, K.*: Formules d'exactitude de la polygonation de précision tenant compte des erreurs des points de rattachement et des azimuts de Laplace — *Śledziński, J.*: Formules différentielles de la géodésie pour l'argument moyen — *Gdowski, B.*: Projections mi-géodésiques centrales — *Panasiuk, J.*: Canevass cartographiques d'une projection transversale pseudo-cylindrique et équidistante de la surface d'une ellipsoïde tournante aplatie sur un plan — *Rogowski, J.*: Généralisation de la méthode de W. W. Popow de compensation des réseaux géodésiques — *Nr. 3. Gajderowicz, I.*: Corrections à l'ascension droite des étoiles FK 4 des zones près-zénithales choisies de Borowiec — *Zorski, Zb.*: La question de la polyvalence de la solution du second problème de la géodésie supérieure (problème inverse) — *Kukkamäki, T. J.*: Finish activity on the satellite geodesy — *Skórczyński, A.*: Détermination des erreurs moyennes variables dans les systèmes géodésiques compensés par la méthode conditionnelle avec des inconnues selon le mode des quantités corrélatives — *Drożyner, A.*: Analyse des règles de précision de Bradis-Kryłow — *Nr. 4. Borkowski, K.*: Critères de la distribution la plus avantageuse des azimuts de Laplace dans la polygonation de précision — *Szacherska, M. Kr.*: Méthode de l'analyse de la distribution des erreurs d'observations géodésiques — *Skórczyński, A.*: Détermination des erreurs moyennes des fonctions des variables dans les systèmes géodésiques compensés par la méthode intermédiaire avec des conditions pour les inconnues selon le

mode des quantités corrélatives — *Trojanowski, K.*: Les canevas linéaires et linéo-angulaires dans les problèmes de la géodésie minières.

Nachrichten der Niederösterreichischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Hannover 1973: *Nr. 1. Kaspereit, G.*: Landvermesser — zu eng gefaßt — *Bleumer und Klingenspor*: Netzplan zur Herstellung der Deutschen Grundkarte — *Adam, Kl.*: Jeetzel oder Jeetze — Betrachtungen zur Namengebung eines Flusses — *Tönnies, H.*: Kosten-Nutzen-Untersuchung in der Verwaltung — *Nr. 2. Möllering, H.*: Netzplantechnik.

nederlands geodetisch tijdschrift, Delft 1973: *Nr. 7. Summary*: Large Basic Map — *Nr. 8. Zellemaker, C.*: Vorschläge für die Normierung von Blatteinteilung, Format und Numerierung großmaßstäbiger Grundkarten in den Niederlanden — *Nr. 9. Zondag, N.*: Das elektronische Tachymeter SM 11, Reg. Elta 14, von Carl Zeiss — *Bautz, G. A.*: Der Wild Distomat — *Borgstein, H.* und *van Eck, H. W.*: Das SM 11 in der Praxis — *Stegeman, H.* und *van Breen, W. M.*: Messung mit dem Distomat bei der Gemeinde Rotterdam — *Zantinge, G.*: Der Distomat beim Kataster — *van der Zijpp, H. W.*: Der Reichsdienst für den IJsselmeerpolder und der Distomat — *Nr. 10. de Kruif, J. C. P.*: Probleme mit Netzwerken.

Photogrammetria, Amsterdam 1973: *Nr. 3. Richardus, P.*: The precision of contour lines and contour intervals of large- and medium-scale maps — *Nr. 4. Kubik, K., Bosman, E. R., Clerici, E.* and *Eckhardt, D.*: Systematic image errors in aerial triangulations — *Fritz, L. W.*: A complete comparator calibration program.

Photogrammetric Engineering, Falls Church, USA; 1973: *Nr. 7. Yearbook Issue* — *Nr. 8. Schmitt, H. H.*: The Measure of the Moon — *Whitten, Ch. A.*: Martin Hotine — Friend and Pro — *Kedar, E. Y., Paterson, W.* and *Hsu, S.*: Earthquake-Risk Mapping — *Sabins, Fl., Jr.*: Recording and Processing Thermal IR Imagery — *Masry, S. E.* and *Gibbons, J. G.*: Distortion & Rectification of IR — *Wong, K. W., Gamble, E. V.* and *Riggins, R. E.*: Analysis of RBV Television System — *Trinder, J. C.*: Pointing Precision, Spread Functions and MTF.

### Contents

Brunner, Friedrich K.: Trigonometric Levelling — Geometric Levelling.

Peters, Kornelius: Absolute und Relative Accuracy on Measuring (Continued).

Krajicek, Gerhard: The Programmable Mikrocomputer HP-65 — An interesting News for Surveying.

Peters, Kornelius: Adjustment of Intermediate Orientations in Traverses.

---

### Adressen der Autoren

Brunner, Friedrich, K., Dipl.-Ing., Dr. techn. Hochschulassistent,  
Institut für Geophysik an der Technischen Hochschule Wien,  
A-1040 Wien, Gußhausstraße 27–29

Peters, Kornelius, Dipl.-Ing., Dr. techn., Oberassistent,  
Institut für Landesvermessung an der Technischen Hochschule Wien,  
A-1040 Wien, Gußhausstraße 27–29

Krajicek, Gerhard, Dipl.-Ing., Hochschulassistent,  
Institut für Mathematische und Numerische Geodäsie an der  
Technischen Hochschule Graz,  
A-8010 Graz, Technikerstraße 4



Hewlett-Packard präsentiert eine völlig neue Taschenrechner-Generation

# HP-65

## Der erste Programmierbare!

Schon der erste wissenschaftliche Taschenrechner HP-35 wurde zu einem durchschlagenden Erfolg. Mehr als 300.000 Wissenschaftler und Ingenieure in aller Welt arbeiten mit ihm. Jetzt präsentiert Hewlett-Packard den ersten voll programmierbaren Taschenrechner der Welt.

Der neue HP-65 bietet in punkto Rechenleistung und Vielseitigkeit soviel wie ein kleiner Computer mit einer Kapazität von 100 Programmschritten und einem Rechenbereich von 200 Dekaden. Doch die Abmessungen sind auf Ihre Tasche zugeschnitten – und der Preis auch.

Für welche Bereiche Sie ihn auch brauchen, der HP-65 wird all Ihren Anforderungen gerecht. Schnell wird er für Sie zum unschätzbaren Helfer – zumal Sie immer neue Möglichkeiten entdecken werden, mit dem HP-65 Zeit und Geld zu sparen.

### Der neue HP-65 löst Ihre Probleme auf drei verschiedene Arten:

1. Mit 51 vorprogrammierten Funktionen.
2. Mit fertigen, auf Magnetkarten aufgezzeichneten Programmen.
3. Mit Programmen, die Sie selbst schreiben und aufzeichnen.

### Das vielseitige Tastenfeld

Mit dem neuen HP-65 stehen Ihnen direkt über das Tastenfeld 51 Funktionen und Rechenbefehle zur Verfügung: Grundrechenarten, Logarithmen, trigonometrische und Exponentialfunktionen, spezielle Funktionen, Anzahl der Stellen (0-9) nach dem Komma, Fakultätsrechen, Konstante rund und Umwandlung ganzer Zahlen von Dezimal- in Oktaldarstellung. Zusätzlich neun adressierbare Speicherregister.

### Der eingebaute Magnetkartenleser

Der HP-65 ist der erste Taschenrechner der Welt, der über einen externen Speicher verfügt. Er hat einen eingebauten Kartenleser – ein Meisterwerk der Miniaturisierung. Er erlaubt Ihnen, festaufgezeichnete Programme zu verwenden, die extra für Sie von Experten Ihres Fachgebietes aufgestellt wurden, oder eigene Programme aufzeichnen.

Sie erhalten den HP-65 mit einem Paket von 17 Standardprogrammankarten, 2 Diagnostikkarten und 20 leere Magnetkarten für eigene Programme. Außerdem sind zusätzliche Programmpakete erhältlich, dieses bereits für Anwendungen im Bereich der Vermessung, Elektrotechnik, Mathematik, Medizin, Statistik und Flugnavigation gibt. Weitere Programme sind in Vorbereitung.

### Das Erstellen eigener Programme

Sie müssen kein Experte sein, um Ihre eigenen Programme auf dem HP-65 zu schreiben. Sie können Programme bis zu 100 Schritten über die



und Sie können Ihre eigenen Programme schreiben.

### Das Herz des HP-65

Der Arbeitsspeicher mit vier Stack-Registern arbeitet in umgekehrter Polnischer Notation, der – was die Auswertung mathematischer Ausdrücke anbelangt – wirkungsvollste Methode der Computertechnik. Die integrierten Schaltkreise höchster Packungsdichte (LSI) haben 75.000 Transistorfunktionen. Zu den Feinheiten zählen ein winziger Motor und das Zwei-Spur-Aufzeichnungssystem mit einer Herstellungstoleranz von 0,0025 cm. Es liest Magnetkarten, die nicht größer als ein Kaugummistreifen sind. Der HP-65 ist das Ergebnis eines konzentrierten, zweiseitigen Entwicklungsprogramms, an dem über 200 Experten aus zehn Hewlett-Packard-Abteilungen gearbeitet haben. Noch nie zuvor wurde eine so gewaltige Leistungsfähigkeit in ein Gerät im Taschenformat gepackt – und das bei einem Gewicht von nur 310 Gramm!

### Der HP-65 mit komplettem Zubehör

Sie erhalten den HP-65 in einer Kassettenbox, komplett mit Batterie, Netz-/Ladegerät, Handbuch, Weichlederetasche und Standardprogrammpaket. Er kostet OS 25.360/50 einschließlich Mehrwertsteuer, allem Zubehör und Transportkosten. Dazu natürlich ein Jahr Garantie.

### Lassen Sie sich genauer informieren

Aus dieser kurzen Beschreibung können Sie sich sicher kein vollständiges Bild von diesem erstaunlichen Rechner machen.

Schicken Sie uns den Coupon. Dann erhalten Sie ausführliche Unterlagen über den HP-65, den ersten voll programmierbaren Taschenrechner der Welt.

Hewlett-Packard GesmbH/Abt. NO,  
1205 Wien, Handelsstr. 52  
Schicken Sie uns umgehend Ihre Karte für den HP-65.

Name: \_\_\_\_\_  
 Straße: \_\_\_\_\_  
 Firma/Postfach: \_\_\_\_\_  
 Adresse: \_\_\_\_\_

Tasten eingeben, überarbeiten und auch auf einer Magnetkarte speichern. Außerdem gibt es Tasten, deren Funktion Sie festlegen oder mit denen Sie Unterprogramme aufrufen können. Durch diese Kombinationsmöglichkeit, zusammen mit den neun Speicherregistern, lassen sich Programme aufstellen, die auf anderen Geräten wesentlich mehr Schritte erfordern würden. Der HP-65 hört auch nicht bei linearer Programmierung auf. Er ermöglicht Programmverzweigungen, Schleifen und Unterprogramme – genau wie auf weit größeren Rechnern.

HEWLETT  PACKARD

Hewlett-Packard GesmbH/Abt. NO,  
1205 Wien, Handelsstr. 52,  
Tel. (0 22 2) 33 66 06



Originalgröße: 153 x 62 mm

# Österreichischer Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie

Friedrich-Schmidt-Platz 3, 1082 Wien

## Sonderhefte zur Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie

- Sonderheft 1: *Festschrift Eduard Doležal. Zum 70. Geburtstag.* 198 Seiten, Neuauflage, 1948. Preis S 18,—. (Vergriffen.)
- Sonderheft 2: Lego (Herausgeber), *Die Zentralisierung des Vermessungswesens in ihrer Bedeutung für die topographische Landesaufnahme.* 40 Seiten, 1935. Preis S 24,—. (Vergriffen.)
- Sonderheft 3: Ledersteger, *Der schrittweise Aufbau des europäischen Lotabweichungssystems und sein bestanschließendes Ellipsoid.* 140 Seiten, 1948. Preis S 25,—. (Vergriffen.)
- Sonderheft 4: Zaar, *Zweimedienphotogrammetrie.* 40 Seiten, 1948. Preis S 18,—.
- Sonderheft 5: Rinner, *Abbildungsgesetz und Orientierungsaufgaben in der Zweimedienphotogrammetrie.* 45 Seiten, 1948. Preis S 18,—.
- Sonderheft 6: Hauer, *Entwicklung von Formeln zur praktischen Anwendung der flächentreuen Abbildung kleiner Bereiche des Rotationsellipsoids in die Ebene.* 31 Seiten. 1949. (Vergriffen.)
- Sonderh. 7/8: Ledersteger, *Numerische Untersuchungen über die Perioden der Polbewegung. Zur Analyse der Laplace'schen Widersprüche.* 59+22 Seiten, 1949. Preis S 25,—. (Vergriffen.)
- 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. (vergriffen)
- Sonderheft 14: *Festschrift Eduard Doležal. Zum 90. Geburtstag.* 764 Seiten und viele Abbildungen. 1952. Preis S 120,—.
- Sonderheft 15: Mader, *Die orthometrische Schwerekorrektion des Präzisions-Nivellements in den Hohen Tauern.* 26 Seiten und 12 Tabellen. 1954. Preis S 28,—.
- Sonderheft 16: *Theodor Scheimpflug — Festschrift, Zum 150jährigen Bestand des staatlichen Vermessungswesens in Österreich.* 90 Seiten mit 46 Abbildungen und XIV Tafeln. Preis S 60,—.
- Sonderheft 17: Ulbrich, *Geodätische Deformationsmessungen an österreichischen Staumauern und Großbauwerken.* 72 Seiten mit 30 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,—.

# Österreichische Staatskartenwerke

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen

A-1080 Wien, Krotenthallergasse 3 Tel. 42 75 46

Österreichische Karte 1:25 000 (nicht fortgeführt) .....	13,—
Österreichische Karte 1:50 000 mit Wegmarkierung (Wanderkarte) .....	25,—
Österreichische Karte 1:50 000 mit Straßenaufdruck .....	22,—
Österreichische Karte 1:50 000 ohne Aufdruck .....	20,—
Prov. Ausgabe der Österr. Karte 1:50 000 mit Wegmarkierung (Wanderkarte) .....	16,—
Prov. Ausgabe der Österr. Karte 1:50 000 ohne Wegmarkierung .....	10,—
Österreichische Karte 1:200 000 mit Straßenaufdruck .....	23,—
Österreichische Karte 1:200 000 ohne Straßenaufdruck .....	20,—
Alte Österreichische Landesaufnahme 1:25 000 .....	10,—
<b>Generalkarte von Mitteleuropa 1:200 000</b>	
Blätter mit Straßenaufdruck (nur für das österr. Staatsgebiet vorgesehen) .....	15,—
Blätter ohne Straßenaufdruck .....	12,—
<b>Gebiets- und Sonderkarten</b>	
Übersichtskarte von Österreich 1:500 000, mit Namensverzeichnis, gefaltet .....	59,—
Übersichtskarte von Österreich 1:500 000, ohne Namensverzeichnis, flach .....	39,—
Namensverzeichnis allein .....	16,—
Übersichtskarte von Österreich 1:500 000, Politische Ausgabe mit Namensverzeichnis, gefaltet .....	53,—
Übersichtskarte von Österreich 1:500 000, Politische Ausgabe ohne Namensverzeichnis, flach .....	33,—

## Neuerscheinungen

Katalog über Planungsunterlagen .....	S 200,—
Einzelblatt .....	S 10,—

Kulturgüterschutzkarten:

Österreichische Karte 1:50 000 je Kartenblatt .....	S 67,—
Burgenland 1:200 000 .....	S 87,—

## Österreichische Karte 1:50 000

11 Drasenhofen	84 Jungholz	114 Holzgau
54 Melk	85 Vils	

Österreichische Karte 1:200 000:

Blatt 47/15 Graz	48/12 Kufstein	48/16 Wien
Blatt 47/15 Graz u. orohydr. Ausgabe		

## Umgebungs- und Sonderkarten:

Hochschwab 1:50 000	Umgebungskarte Mayrhofen (Zillertal) 1:50 000
Burgenland 1:200 000	Hohe Wand und Umgebung 1:50 000

**In letzter Zeit berichtigte Ausgaben der Österreichischen Karte 1:50 000**

61 Hainburg an der Donau	76 Wr.-Neustadt	109 Pamhagen
	79 Neusiedl am See	

# Österreichischer Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie

Friedrich-Schmidt-Platz 3, 1082 Wien

## Sonderhefte zur Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie

- Sonderheft 20: H. G. Jerie, *Weitere Analogien zwischen Aufgaben der Mechanik und der Ausgleichsrechnung*. 24 Seiten mit 14 Abbildungen, 1960. Preis S 32,— (DM 5,50).
- Sonderheft 21: Mader, *Die zweiten Ableitungen des Newton'schen Potentials eines Kugelsegments — Topographisch berechnete partielle Geoidhebungen. — Tabellen zur Berechnung der Gravitation unendlicher, plattenförmiger, prismatischer Körper*. 36 Seiten mit 11 Abbildungen, 1960. Preis S 42,— (DM 7,50).
- Sonderheft 22: Moritz, *Fehlertheorie der Graphisch-Mechanischen Integration — Grundzüge einer allgemeinen Fehlertheorie im Funktionenraum*. 53 Seiten mit 6 Abbildungen, 1961. Preis S 52,— (DM 9,—)
- Sonderheft 23: Rinner, *Studien über eine allgemeine, voraussetzungslose Lösung des Folgebildanschlusses*. 44 Seiten, 1960. Preis S 48,— (DM 8,—)
- Sonderheft 24: *Hundertjahrfeier der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung 23. bis 25. Oktober 1963*. 125 Seiten mit 12 Abbildungen, 1964. Preis S 120,— (DM 20,—)
- Sonderheft 25: *Proceedings of the International Symposium Figure of the Earth and Refraction*; Vienna, March 14<sup>th</sup>—17<sup>th</sup>, 1967. 342 Seiten mit 150 Abbildungen, 1967. Preis S 370,— (DM 64,—).
- Sonderheft 26: Waldhäusl, *Funktionale Modelle der Streifen- und Streifenblockausgleichung mit einfachen und Spline-Polynomen für beliebiges Gelände*. 106 Seiten, 1973. Preis S 100,— (DM 15,—).
- Sonderheft 27: Meyer, *Über die transalpine Ölleitung*, 26 Seiten, 1974. Preis S 70,— (DM 10,—)

## OEEPE, Sonderveröffentlichungen

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

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

### Unkomplette Jahrgänge:

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

Jg. 1 bis 5 ..... 1903 bis 1907  
7 bis 12 ..... 1909 bis 1914  
17 ..... 1919  
19 ..... 1921

### Komplette Jahrgänge:

à 40,— S; Ausland 8,— sfr bzw. DM u. Porto  
Jg. 6 ..... 1908  
13 bis 16 ..... 1915 bis 1918  
18 ..... 1920  
20 bis 35 ..... 1922 bis 1937  
36 bis 39 ..... 1948 bis 1951  
à 72,— S; Ausland 15,— sfr bzw. DM u. Porto  
Jg. 40 bis 49 ..... 1952 bis 1961  
à 100,— S; Ausland 20,— sfr bzw. DM u. Porto  
Jg. 50 bis 53 ..... 1962 bis 1965  
à 130,— S; Ausland 28,— sfr bzw. DM u. Porto  
Jg. 54 bis 59 ..... 1966 bis 1971  
à 160,— S; Ausland 210,— S oder 30,— DM  
bzw. 35,— sfr u. Porto  
Jg. 60 und 61 ..... 1972 und 1973

**Zu verkaufen!**  
**Autograph Wild A 5**

in gutem Zustand

Auskunft erteilt Fa. A. & R. Pastorelli  
CH-6904 Lugano, Postfach 84  
Tel. 091 / 2 28 26

**HUNDERTJAHRFEIER**  
**der Österreichischen Kommission**  
**für die Internationale Erdmessung**

23. bis 25. Oktober 1963  
Sonderheft 24 der ÖZV, Wien 1964

125 Seiten mit 12 Bildtafeln (Präsidenten der ÖKIE seit 1871), 11 Figuren  
und 7 Tabellen, Preis S 120,— oder DM 20,—

**Aus dem Inhalt:**

**Festprogramm**

Organisation und Verlauf der Hundertjahrfeier der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung von F. Hauer  
Die Neubegründung der Theorie der sphäroidischen Gleichgewichtsfiguren und das Normalsphäroid der Erde von K. Ledersteger  
Herausgeber: Österreichische Kommission für die Internationale Erdmessung. Verleger: Österreichischer Verein für Vermessungswesen  
Zu beziehen vom Österreichischen Verein für Vermessungswesen:  
Schopenhauerstraße 32, A 1180 Wien 18

# PLAN-VARIOGRAPH

## OPTISCHES UMZEICHENGERÄT

kann Planvorlagen      PREISGÜNSTIG

RASCH

ZEICHNERISCH

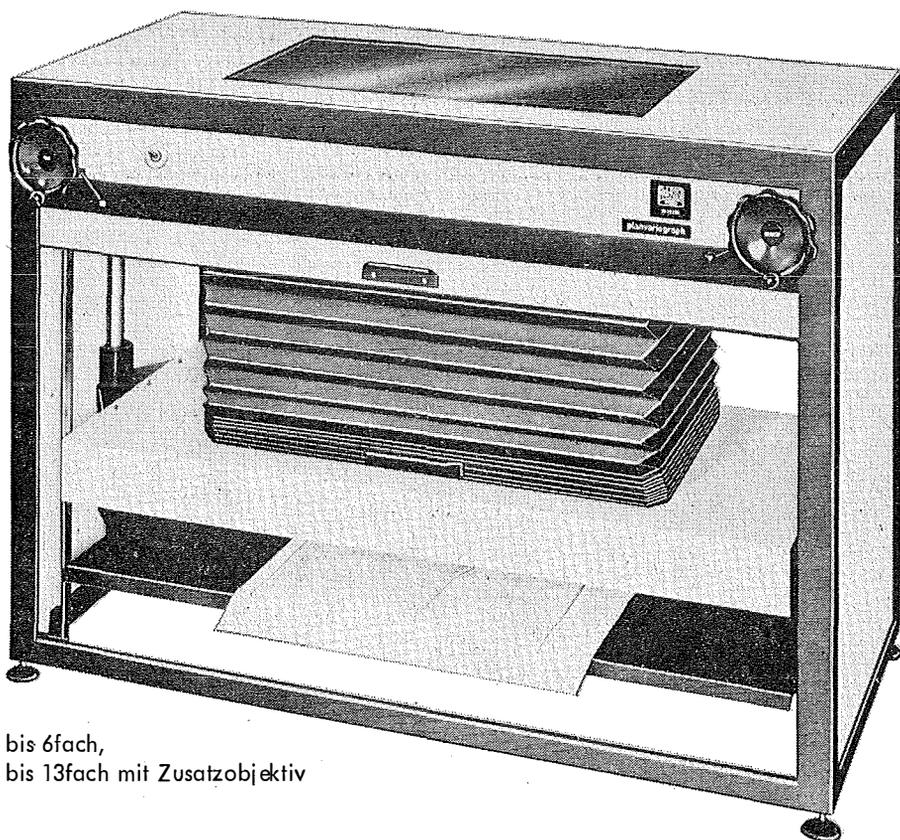
PHOTOGRAPHISCH

VERGRÖßERN\*

VERKLEINERN\*

UMZEICHNEN

ENTZERREN



\* bis 6fach,  
bis 13fach mit Zusatzobjektiv

Angebot und Prospekt direkt vom Erzeuger:

# r-a rost

A-1151 WIEN · MÄRZSTR. 7 · TELEX: 1-3731 · TEL. 0222/92 32 31