

Österreichische
Zeitschrift für

ÖZ

71. Jahrgang
1983/Heft 2

Vermessungswesen und Photogrammetrie

INHALT:

	Seite
O. Kloiber:	
100 Jahre Evidenzhaltung des Grundkatasters	57
G. Brandstätter:	
Die analytische Lösung der simultanen Doppel- und Mehrfachpunktbestimmung in der Ebene	65
G. Gerstbach:	
Absolute Orientierung in der Landes- und Katastervermessung	72
B. Hofmann-Wellenhof:	
Aussparungsflächen und unregelmäßige Ränder bei der Ableitung von Höhenlinien aus einem Höhenraster	83
K. Ramsayer:	
Die Bedeutung der Erdmessung in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft	95
K. Rinner:	
Über die geodätische Forschung in Österreich	102
Mitteilungen und Tagungsberichte	109
Vereinsmitteilungen	111
Zeitschriftenschau	111
Adressen der Autoren der Hauptartikel	112
Contents	112

**ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN KOMMISSION FÜR DIE
INTERNATIONALE ERDMESSUNG**

IMPRESSUM

Medieninhaber und Herausgeber:
ÖSTERREICHISCHER VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN UND PHOTOGRAMMETRIE

Friedrich Schmidt-Platz 3, A-1082 Wien

Schriftleiter: Dipl.-Ing. Erhard Erker

Anschrift der Redaktion: Friedrich Schmidt-Platz 3, A-1082 Wien

Hersteller: Typostudio Wien, Schleiergasse 17/22, A-1100 Wien

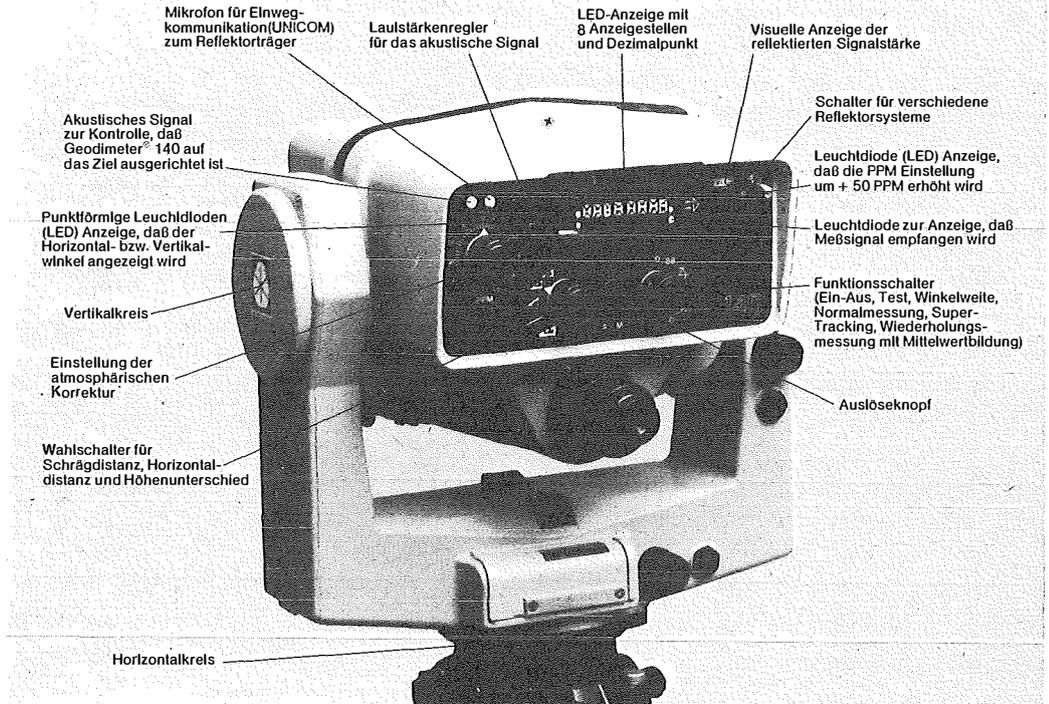
Verlags- und Herstellungsort Wien

Gefördert durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung in Wien



AGA GEOTRONICS WIEN INFORMIERT:

Geodimeter[®] 140



**robust und wirtschaftlich . . .
. . . und leicht zu bedienen !**

**Geodimeter[®] 140, das registrierende und integrierte
elektronische Sekunden-Tachymeter
mit einem völlig neuen Winkelmeßsystem**



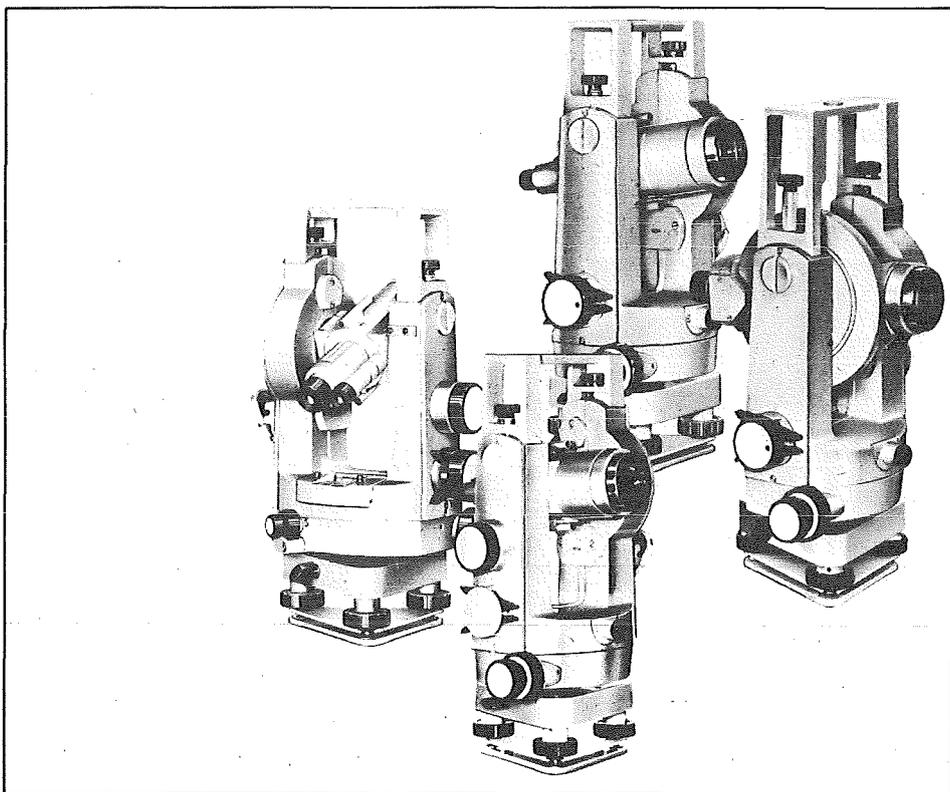
AGA IRS INTERNATIONAL Ges. m. b. H.
AGA GEOTRONICS WIEN
Telefon: (0222) 65 57 54, 65 66 31
Telex: 1 33093 aga ir

Postanschrift:
Postfach 139
Prinz Eugen-Straße 72
A-1041 Wien

THEO B Reihe

Kälte
Wärme
Nässe
Stoß
Staub

unter
allen
Bedingungen
konstante
Qualität



	Sekunden- theodolit THEO 010 B	Mikrometer- theodolit THEO 015 B	Skalen- theodolit THEO 020 B	Reduktions- tachymeter DAHLTA 010 B
Richtungsmeßgenauigkeit (mgon)	±0,3	±0,8	±1,0	±1,0
Fernrohrvergrößerung	30 x	30 x	30 x	25 x
Einspielgenauigkeit (mgon)	±0,1	±0,3	±0,3	±0,3
Zentriergenauigkeit (mm)	±0,3	±0,3	±0,3	±0,3
(eingebautes optisches Lot)				
Streckenmeßgenauigkeit	-	-	-	±0,10 m

Generalvertretung:
BIMA Ges. m. b. H. Austria
Pachmangasse 36-38, A-1140 Wien
Tel. 94 11 98

Wir erwarten Ihren Besuch zum 66. Deutschen Geodätentag und zum 1. Österreichischen Geodätentag in der Wiener Stadthalle vom 1.-4. 9. 1982

JENOPTIK JENA GmbH

DDR - 6900 Jena, Carl-Zeiss-Straße 1 · Deutsche Demokratische Republik

aus JENA

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie

Schriftleiter: *Dipl.-Ing. Erhard Erker*, Friedrich Schmidt-Platz 3, A-1082 Wien

Stellvertreter: *Dipl.-Ing. Norbert Höggerl*, Friedrich Schmidt-Platz 3, A-1082 Wien

Redaktionsbeirat:

W. Hofrat i. R. Dipl.-Ing. Kurt Bürger, Weintraubengasse 24/67, A-1020 Wien

Obersenatsrat i. R. Dipl.-Ing. Robert Kling, Gußhausstraße 26/10, A-1040 Wien

Baurat h. c. Dipl.-Ing. Dr. techn. Erich Meixner, Fichtegasse 2a, A-1010 Wien

Ao. Univ.-Prof. W. Hofrat i. R. Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter, Technische Universität Wien,
Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien

O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Helmut Moritz, Technische Universität Graz, Rechbauer-
straße 12, A-8010 Graz

Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerhard Palfinger, Jasomirgottgasse 12, A-2340 Mödling

O. Univ.-Prof. Dr. phil. Wolfgang Pillewizer, Technische Universität Wien, Karls-gasse 11, A-1040
Wien

W. Hofrat i. R. Dipl.-Ing. Dr. techn. Walter Polland, Wörndlestraße 8, A-6020 Innsbruck

O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Schmid, Technische Universität Wien, Gußhausstr. 27–29,
A-1040 Wien

O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerhard Brandstätter, Technische Universität Wien, Gußhaus-
straße 27–29, A-1040 Wien

Es wird ersucht, Manuskripte für Hauptartikel, Beiträge und Mitteilungen, deren Veröffentlichung in der Zeitschrift gewünscht wird, an den Schriftleiter zu übersenden. Den Manuskripten für Hauptartikel ist eine kurze Zusammenfassung in englisch beizufügen.

Für den Anzeigenteil bestimmte Zuschriften sind an *OKoär. Dipl.-Ing. Norbert Höggerl*, Friedrich Schmidt-Platz 3, A-1082 Wien, zu senden.

Namentlich gezeichnete Beiträge stellen die Ansicht des Verfassers dar und müssen sich nicht unbedingt mit der Ansicht des Vereines und der Schriftleitung der Zeitschrift decken.

Die Zeitschrift erscheint viermal pro Jahrgang in zwangloser Folge.

Auflage: 1200 Stück

Bezugsbedingungen: pro Jahrgang

Mitgliedsbeitrag für den Österr. Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie S 350,-
Postcheckkonto Nr. 1190.933

Abonnementgebühr für das Inland S 380,-

Abonnementgebühr für das Ausland S 460,-

Einzelheft: S 100,- Inland bzw. S 120,- Ausland

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

Anzeigenpreis pro $\frac{1}{4}$ Seite 126 x 200 mm S 2860,- einschl. Anzeigensteuer

Anzeigenpreis pro $\frac{1}{2}$ Seite 126 x 100 mm S 1716,- einschl. Anzeigensteuer

Anzeigenpreis pro $\frac{1}{4}$ Seite 126 x 50 mm S 968,- einschl. Anzeigensteuer

Anzeigenpreis pro $\frac{1}{8}$ Seite 126 x 25 mm S 770,- einschl. Anzeigensteuer

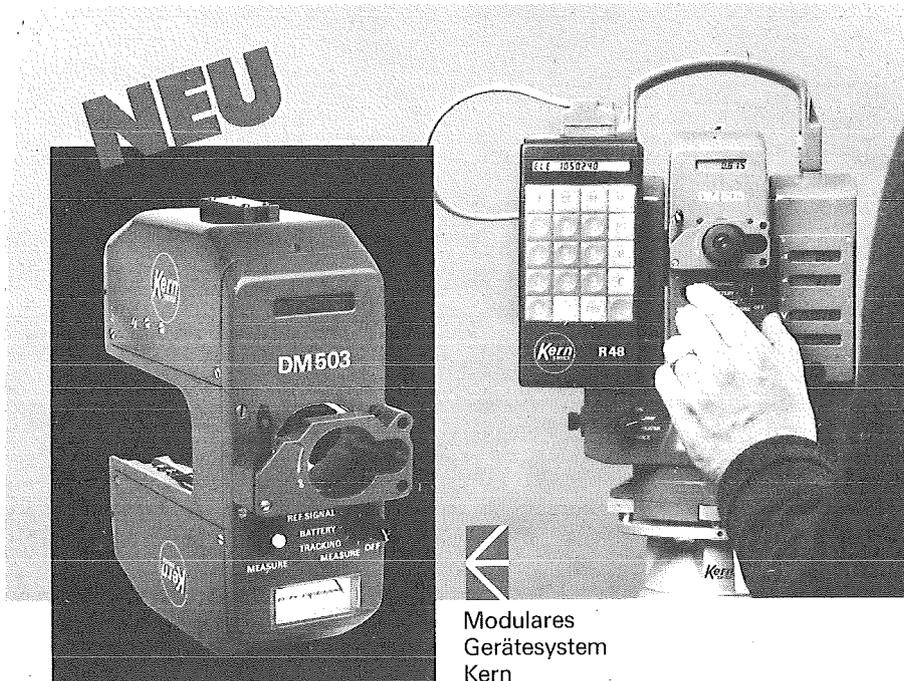
Prospektbeilagen bis 4 Seiten S 1716,- einschl. Anzeigensteuer
zusätzlich 18% MWSt.

Postcheckkonto Nr. 1190.933

Telephon: (0222) 43 59 43/428 oder 430/DW

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

**Der neue
elektrooptische Distanzmesser Kern DM 503.
5000,000 m in 2 Sekunden!**



Modulares
Gerätesystem
Kern

So weit und so schnell misst der neue Distanzmesser Kern DM 503 und nimmt es dabei noch genauer.

Die beleuchteten Ziffern erlauben über den ganzen Messbereich jederzeit eine eindeutige und zuverlässige Ablesung. Die Messgenauigkeit wurde auf $\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ mm/km})$ erhöht.

Mehr Möglichkeiten stehen Ihnen auch durch den Wählschalter Meter/Fuss und die Distanzverbesserung durch ppm-Korrektur zur Verfügung.

Die bewährten Elemente der 500er-Reihe wurden beibehalten. Auch der DM 503 passt, ohne Einschränkung, auf die Kern Theodolite K1-S, K1-M, DKM 2-A, E1 und E2.

Der DM 503 ist hardware- und softwaremässig in das modulare Gerätesystem Kern integriert.

Wirtschaftlich planen heisst:
im System aufbauen.

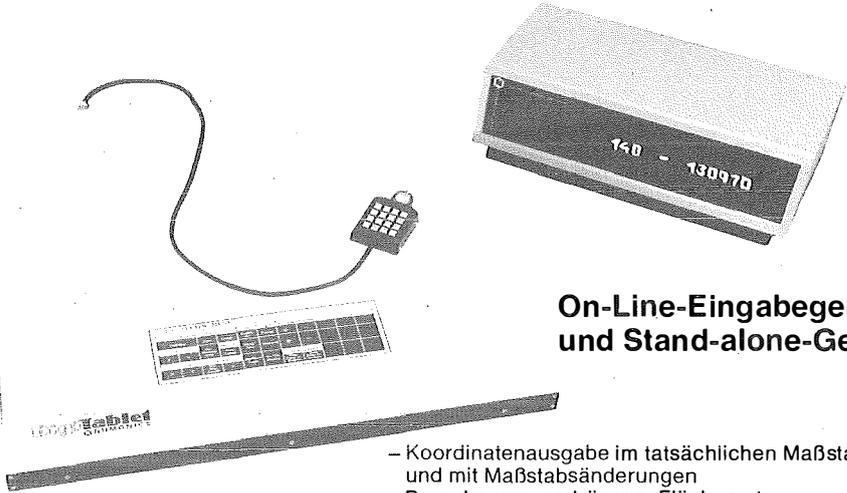


Artaker Dr. Wilhelm

1052 Wien, Kettenbrückengasse 16

Tel.: (0 22 2) 57 76 15-0

MUMONICS DIGITALISIERER

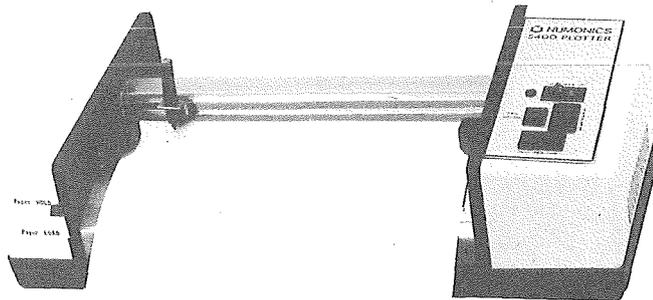


On-Line-Eingabegerät und Stand-alone-Gerät

- Koordinatenausgabe im tatsächlichen Maßstab und mit Maßstabsänderungen
- Berechnung von Längen, Flächen etc.
- Auflösung 0,025 mm, Größe 28 x 28 cm bis A00

MUMONICS KLEINPLOTTER

- mit großer Intelligenz
- Zeichnungsgenauigkeit 0,1 mm auf Fläche 300 x 900 mm



Vorzügliches Preis-Leistungs-Verhältnis!

Fordern Sie Unterlagen an bei:

r-a rost

A-1151 WIEN · MÄRZSTR. 7 · TELEX: 1-33731 · TEL. 0222/92 32 31-0

100 Jahre Evidenzhaltung des Grundkatasters

Von O. Kloiber, Wien

1. Rechtliche Grundlage

Mit dem Grundsteuerpatent aus dem Jahre 1817 wurde in Österreich die Katasteraufnahme (ökonomische Vermessung, Mappierung und nachfolgende Schätzung der Grundstücke) eingeführt. Die mit dem Meßtisch durchgeführten Aufnahmen wurden in Niederösterreich begonnen und in Tirol im Jahre 1861 abgeschlossen.

Viel Zeit, unermeßliche Mühe und 18 Millionen Gulden sind für die Vermessung von 30 556 Gemeinden mit rund 300 000 km² im damaligen Staatsgebiet aufgewendet worden. Wird ein solches Werk nur für den Augenblick geschaffen? Die Antwort gab bereits der Mathematiker und Astronom Benzenberg (1777–1846) in seiner Abhandlung „Über das Cataster“:

Es würde nur von einem geringen Nutzen seyn, ein genaues Cataster zu machen, . . . wenn man nicht vom Anfange solche Einrichtungen träfe, wodurch das Cataster sich erhält, indem es allen Bewegungen und Veränderungen des Bodens folgt und so immer bei der Gegenwart bleibt – und ohne zu veraltern.

Da nach den Bestimmungen des Grundsteuer-Patentes die Veränderungen in der Person des Besitzers und im Umfang der Steuerobjekte evident zu halten waren, wurden hiefür vorerst 19 Evidenzhaltungsgeometer in ganz Österreich unter Leitung der damaligen Mappenarchivare in den einzelnen Kronländern eingesetzt, im Laufe der Jahre jedoch eine systematische Fortführung der Katastraloperate mit gesetzlicher Grundlage angestrebt. Die hiefür erforderlichen Vorbereitungsarbeiten wurden von dem im Jahre 1881 in die Zentralkommission für die Grundsteuerregelung einberufenen Beamten des höheren Finanzdienstes Alexius Danzer in Zusammenarbeit mit dem ebenfalls in der Zentraleitung tätigen Obergeometer Julius Jusa in Angriff genommen und führten anfangs 1883 zu Koordinierungsarbeiten mit dem Justizministerium zwecks Übereinstimmung zwischen Grundbuch und Kataster. Mit der am 23. Mai 1883 erfolgten kaiserlichen Sanktionierung des von beiden Reichshälften genehmigten Entwurfes war das für die Fortführung des Stablen Katasters bedeutungsvolle „Evidenzhaltungsgesetz“ – verlautbart im Reichsgesetzblatt Nr. 83 – geboren worden und erreichte bis zur Ablösung durch eine neue republikanische Rechtsvorschrift ab 1. Jänner 1969 das beachtliche Alter von 85 Jahren. Die dazugehörige Vollzugsverordnung vom 1. Juni 1883, RGBI. Nr. 91, einschließlich der dazu im Laufe der Jahrzehnte hinzugekommenen Erläuterungen, soweit sie nicht auf Grundsteuerangelegenheiten Bezug nehmen, werden auch weiterhin wertvolle Auskünfte und Anregungen für Verfahrensarten im Kataster geben, die in Anbetracht der Vielfalt weder die schulische noch die dienstliche Ausbildung vermitteln kann.

Das Evidenzhaltungsgesetz sollte wegen der Grundsatzänderungen finanzrechtlicher Art – die Grundsteuer wurde seit 1940 nicht mehr auf Grund der Katastralreinerträge, sondern nach der Einheitsbewertung erhoben – in der zweiten Republik abgeändert werden, wobei jedoch in langjährigen Verhandlungen unter den Vertretern der Zentralstellen die Erkenntnis reifte, überhaupt einen neuen Entwurf für ein Bundesgesetz über die Landesvermessung zu erstellen, in welches auch die Evidenzhaltung mit Nutzenanwendung auf eine technische Erneuerung des Katasters einzubeziehen war, letztere wohl stets den neuesten technischen Erkenntnissen entsprechend hochwertig, aber nur sehr sporadisch durchzuführen. So ist nunmehr seit

1. 1. 1969 die gesetzliche Grundlage für die Evidenzhaltung des Grundkatasters im „Bundesgesetz über die Landesvermessung und den Grenzkataster (Vermessungsgesetz – VermG)“ enthalten, wobei gleichzeitig – zum Leidwesen des Technikers – erstmalig die Anwendung des Allgemeinen Verwaltungsverfahrensgesetzes (AVG 1950) auf das behördliche Verfahren der Vermessungsämter eingeführt wurde.

2. Organisation



Die Leitung der Evidenzhaltung des Grundsteuerkatasters fiel in das Ressort

1883–1910	des Finanzministeriums (mit eigenem Departement für Agenden des Grundsteuerkatasters und dessen Evidenzhaltung)
1910–1921	des Finanzministeriums (mit nachgeordneter Generaldirektion des Grundsteuerkatasters)
1921–1923	des Staatsamtes für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten (mit nachgeordnetem Bundesvermessungsamt)
1923–1938	des Bundesministeriums für Handel und Verkehr (mit nachgeordnetem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen)
1938–1945	des Reichsministeriums des Inneren in Berlin (mit nachgeordneter Hauptvermessungsabteilung XIV in Wien)
1945–1966	des Bundesministeriums für Handel und Wiederaufbau (mit nachgeordnetem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen)
1966–dato	des Bundesministeriums für Bauten und Technik (mit nachgeordnetem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen)

Die exekutive Tätigkeit der Fortführungsarbeiten wurde anfänglich von 366 bestellten ständigen Organen für die Evidenzhaltung des Grundsteuerkatasters (Evidenzhaltungsgeometer im Beamtenstand) ausgeübt. Erst im Jahre 1907 wurde – als Vorläufer des heutigen Vermessungsamtes – erstmalig die Bezeichnung „Evidenzhaltung des Grundsteuerkatasters“ unter Beisetzung des Standortes (im Jahre 1921 neunzig Dienststellen) eingeführt. Dieser Dienststellenbezeichnung folgten mehrere Umbenennungen:

1922–1938 Bezirksvermessungsamt

1938–1945 Katasteramt

1945–1968 Vermessungsamt

1969–dato Vermessungsamt, wozu zu bemerken ist, daß mit Inkrafttreten des Vermessungsgesetzes 1968 und der darauf basierenden Sprengel-Verordnung aus dem gleichen Jahr der Umfang der Aufgaben und des Wirkungskreises der nunmehr 68 Vermessungsämter im Bundesgebiet eindeutig festgelegt ist. Die im Jahre 1971 und in den Folgejahren begonnenen Bestrebungen zur Verringerung der Anzahl auf 43 gleichartig technisch ausgerüstete Ämter sind aus realpolitischen Gründen unterbunden worden.

Die Überwachung der exekutiven Tätigkeit hinsichtlich des gesetzmäßigen Vorganges, des pflichtgemäßen Dienstvollzuges und der Genauigkeit in der Ausführung der Arbeiten war und ist exponierten Organen des für die Leitung des Evidenzhaltungsdienstes (nunmehr Führung des Grenzkatasters) zuständigen Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BEV) übertragen, deren Titelbezeichnung sich bis zum heutigen Tage, wie aus nachstehenden Zeilen ersichtlich, trotz des im Laufe der Jahre sich erweiternden Wirkungskreises, nicht geändert hat:

1883–1922 Evidenzhaltungsinspektor als Organ der Finanzlandesbehörde, dessen Dienstbereich aus einer Gruppe von Vermessungsbezirken bzw. aus sämtlichen Vermessungsbezirken eines Kronlandes gebildet war.

1923–1938 Vermessungsinspektor (in Wien, Linz, Salzburg, Graz, Klagenfurt und Innsbruck) als Organe des BEV.

1938–1945 Vermessungsdezernent als Organ der HVA XIV (mit Dienstsitz in Wien).

1945–1961 Nunmehr auf Grund des Behördenüberleitungsgesetzes 1945 (BÜG) Mittelinstanz mit der Bezeichnung „Inspektorat für das Vermessungswesen“ (in Wien, Linz, Graz und Innsbruck); da im Jahre 1960 der Rechnungshof anlässlich einer Einschau feststellte, daß diese Mittelinstanz mangels einer Durchführungsverordnung zum BÜG zu Unrecht besteht, mußte auf die Organbezeichnung zurückgegriffen werden.

1961–1968 Inspektor für das Vermessungswesen (in Wien, Linz, Graz und Innsbruck) als Organe des BEV – jedoch nicht mehr der zuständigen Abteilung, sondern der Gruppe „Kataster, Grundlagenvermessungen, Staatsgrenzen“ direkt unterstellt.

1969–dato Vermessungsinspektor (mit Beisetzung der zum Wirkungsbereich gehörigen Bundesländer und des Dienstsitzes, letzterer derzeit Wien, Linz, Graz, Innsbruck).

Die Erweiterung des Wirkungskreises dieser Organe, zu deren ursprünglicher Aufgabe ja nur die Überwachung des Dienstvollzuges der Geometer am Felde und in der Kanzlei zählte, ging trotz der stets zunehmenden Verbesserung des Wissens und der Ausbildung des Exekutivpersonals sehr langsam voran, sodaß erst ca. im Jahre 1960, auch dank personalmäßiger Besserdotierung, exponierte Dienststellen als

verlängerter Arm des BEV in den Bundesländern entstanden, die nunmehr neben der Überwachung auch die Koordinierung der zahlreich angewachsenen Aufgaben des Bundesvermessungsdienstes mit den in den Wirkungsbereich fallenden Bundes- und Landesdienststellen sowie den Verbindungsdienst zu den an den Arbeiten des Katasters mitwirkenden staatlichen und privaten Stellen zur Entlastung der Zentralstelle übernommen haben.

Trotz dieser erweiterten Aufgaben, die wesentlich über den Rahmen des Inspektors hinaus angewachsen sind, hat sich dieser Funktionstitel seine in der heutigen Zeit innerhalb der Bundesverwaltung oft zu Verwechslungen führende Bezeichnung erhalten.

3. Evidenzhaltung der Katastraloperate

Der Gegenstand der seinerzeit durch das Evidenzhaltungsgesetz und nunmehr seit 1969 durch das Vermessungsgesetz auferlegten Führung bestimmter öffentlicher Daten hat sich eigentlich nicht wesentlich geändert, denn in beiden Gesetzen findet man die Verpflichtung zur Erfassung von Veränderungen, die sich auf den Umfang der Katastralgemeinde, auf die Person des Besitzers, auf die Nutzungsarten der Grundstücke und auf die Richtigstellung fehlerhafter Eintragungen im Katastralmapeneroperat und im Schriftoperat erstrecken, vornehmlich in Übereinstimmung mit den Eintragungen im Grundbuch.

3.1. Schriftoperat

Dominierend im Schriftoperat war bis zur letzten im Jahre 1980 erfolgten Novelle des Vermessungsgesetzes das seinerzeit für die Finanzbehörde zur Vorschreibung der Grundsteuer wichtige Grundbesitzbogenoperat, das bis in die Anfangsjahre der zweiten Republik bei den Finanzämtern aufbewahrt wurde. Zur Eintragung der in Grundbuchsbeschlüssen und in den Anmeldungsbogen enthaltenen Änderungen wurde es jedoch alljährlich den Vermessungsämtern übergeben. Ab ca. 1950 verblieb dieses Operat im Vermessungsamt. Mit Umstellung des Schriftoperates auf das Lochkartensystem ab dem Jahre 1957 erhielten die Finanzämter mechanisch hergestellte Zweitschriften. Durch die im Jahre 1978 begonnene Einführung der automationsunterstützten Datenverarbeitung in Form der Grundstücksdatenbank – ein gemeinsames Projekt des BMfBuT und des BMfJustiz mit dem Ziel der gemeinsamen Speicherung aller Daten von Kataster und Grundbuch im Bundesrechenamt und deren dezentrale Führung in den Vermessungsämtern und Bezirksgerichten – erhielt das Grundbesitzbogenoperat seine letzte Verwendung, nämlich als Datenerfassungsbeleg für diese Einrichtung. Für die Finanzverwaltung hat dieses Operat seine ursprünglich so wichtige Bedeutung verloren, da die von den Finanzämtern geführten Einheitswertakten unter Zuordnung zu den Grundbucheinlagezahlen administriert werden, sodaß die Übersendung von Auszügen aus dem Grundstücksverzeichnis (geordnet nach wirtschaftlichen Einheiten) ausreicht. Dieses Grundstücksverzeichnis ist nunmehr zum Hauptbestandteil des Katastralschriftoperates geworden.

3.2. Technisches Operat

Während den Verfahrensarten für die Führung des Schriftoperates, dessen Inhaltsangaben für den amtsfremden Nutznießer stets von wichtigem Interesse waren, von allen Generationen jeweils eine den technischen Fortschritten entsprechende

Verbesserung oder Vereinfachung zuteil wurde, war den Methoden zur sachgerechten und zur Ausweitung ihrer Bedeutung möglichen Führung der Katastralmappe ein solcher Fortschrittswille versagt geblieben. Die Begründung hierfür dürfte im Auftrag des Evidenzhaltungsgesetzes gelegen haben, wonach die Evidenzhaltungsgeometer zur Vornahme von angezeigten Grundteilungen, denen auch die zahlreichen Änderungen an Straßen- und Wasserbauanlagen zuzurechnen sind, verpflichtet waren und wenig Zeit für Rationalisierungsmethoden verwenden konnten, wozu auch das System der Arbeitsnachweisung in nicht geringem Ausmaß beigetragen haben dürfte. Das Jahr 1932 brachte mit der neuen Technischen Fortführungsanleitung (graue Instruktion, im Jahre 1981 abgelöst durch die Dienstvorschrift Nr. 31) wohl eine entscheidende Wende, doch es waren erst nach Ende des zweiten Weltkrieges einzelne Amtsleiter in Tirol und Niederösterreich, die durch kräftige Eigeninitiative das mit wenigen Fortführungsgeometern durchgesetzte Führungsteam im BEV überzeugen konnten, daß auch die Fortführungsmessungen zu einer vereinfachten und kostensparenden Erneuerung der Katastralmappe unter gleichzeitiger Umänderung vom Maßstab 1 : 2 880 auf 1 : 1 000 oder 1 : 2 000, vor allem auch unter Anwendung einer fortführungsfreundlichen Auswertung von Luftbildern herangezogen werden können.

Somit war der Gedanke geboren worden, die nur sehr spärlich fortschreitende Katastralneuvermessung über die Fortführungsmessungen zu beschleunigen. Die optimale Gestaltung dieses Zieles konnte nur dann erreicht werden, wenn ausnahmslos alle Fortführungsvermessungen und Messungen im Zuge von Grenzerstellungen neumessungsartig ausgeführt werden. Es mußte als Verschwendung angesehen werden, wenn z. B. die von Ziviltechnikern und Landesdienststellen jährlich verfaßten 30 000 Grundteilungspläne nicht planvoll gelenkt wurden und somit nicht der Katastererneuerung dienen konnten. Das wäre aber ganz planvoll zu erreichen, wenn alle Messungen an das einheitliche Festpunktnetz als Skelett des gesamten, oft komplizierten Vermessungskörpers angeschlossen werden.

Dieser Grundsatz fand dann bei Einführung des Grenzkatasters insoferne Berücksichtigung als neben dem allgemeinen Neuanlegungsverfahren, das in seinen vermessungstechnischen Grundsätzen der bis zum Jahre 1968 gehandhabten Neuvermessung entspricht, auch ein – in die Kompetenzen des Vermessungsamtes fallendes – teilweises Neuanlegungsverfahren vorgesehen wurde, das eine grundstückswise Umwandlung des Grundsteuerkatasters in einen Grenzkataster durch Mitarbeit aller Vermessungsbefugter (staatliche Vermessungsdienststellen, Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen, Agrarbehörden) vorsieht, wobei der Arbeitsfortschritt besonders von der Entwicklung der EDV- und Photogrammetriemethoden beeinflußt wird.

3.3. Bodenschätzungsergebnisse

Wie bereits anfänglich erwähnt, wird die Grundsteuer seit dem Jahre 1940 nicht mehr auf Grund der Katastralreinerträge, sondern nach der Einheitsbewertung erhoben. Zu diesem Zweck wird eine auf die natürlichen Ertragsmöglichkeiten aufgebaute Schätzung der landwirtschaftlichen Bodenflächen durch die Finanzverwaltung durchgeführt, deren Untersuchungsergebnisse einerseits kartenmäßig in Form der Schätzungskarte (planliche Darstellung dieser Ergebnisse in einer transparenten Kopie der Katastralmappe), andererseits in Form der Ertragsmeßzahl im Grundstücksverzeichnis vom Vermessungsamt geführt werden. Diese bereits seit 1940 praktizierte Mitwirkung an den Aufgaben zur Schaffung von Bewertungsgrundlagen für steuerliche Zwecke wurde im Bodenschätzungsgesetz 1970 erneut festgelegt.

4. Personal und Ausbildung

Die Evidenzhaltung wurde anfänglich Beamten und Eleven übertragen, die die allgemeinen Erfordernisse (zweijähriger geodätischer Kurs einer technischen Hochschule und abgelegte Staatsprüfung), die sprachliche Eignung und die physische Tauglichkeit für den Feldvermessungsdienst aufwiesen. Sie bildeten einen gemeinsamen Status im Bereich des Finanzministeriums und führten je nach Verwendung – unter Vorsetzung von „Evidenzhaltung“ (E) – nachstehende Kategorientitel: E-Eleve, E-Geometer, E-Obergeometer, E-Inspektor, E-Oberinspektor oder E-Direktor. Hinsichtlich ihrer Arbeitszeit befand das Finanzministerium im Jahre 1899, daß gegen die Durchführung einer vollständigen Sonntagsruhe kein Anstand besteht, in dringenden Fällen jedoch Vorbehalt bestehe.

Mit Übernahme der Evidenzhaltung des Grundkatasters in den Ressortbereich des Bundesministeriums für Handel und Verkehr trat eine wesentlich verbesserte Anerkennung für den Geometerstand ganz allgemein ein. Ausbildungsmäßig wurde ein langgehegter Wunsch der Geometerschaft im Jahre 1924 erfüllt, nämlich das vollakademische Studium des Vermessungswesens mit 2 Staatsprüfungen, sodaß die Absolventen dieser Studienrichtung bei Eintritt in den Staatsdienst sofort in die Verwendungsgruppe 8 (heute A) eingereiht und nach erfolgreicher Ablegung der für den Bundesvermessungsdienst vorgeschriebenen Fachprüfung in das definitive Dienstverhältnis übernommen wurden. Die Aufstiegsleiter – Kommissär, Oberkommissär, Rat, Oberrat – endete für den Leiter eines Vermessungsamtes auf der „Sprosse“ der VII. Dienstklasse. Die begehrte, mit dem Amtstitel „wirkl. Hofrat“ verbundene Beförderung in die VIII. Dienstklasse blieb dem exekutiven Fortführungsfunktionär bis zum Jahre 1963 versagt. Seit diesem Zeitpunkt wurde aber auch das Tätigkeitsfeld der Evidenzhaltung in eine Wertsteigerung einbezogen, die nunmehr Planstellen der Dienstklasse VIII für die Leiter der Vermessungsämter in allen Landeshauptstädten brachte. Es sei nicht unerwähnt gelassen, daß seinerzeit der Leiter des Vermessungsamtes Graz als erster dieses Benefiziums teilhaftig wurde.

Die eigenverantwortliche Führung des Schriftoperates obliegt den Beamten der seit 1923 bestehenden Berufsgruppe der „Grundkatasterführer“, die nunmehr der Verwendungsgruppe C (Fachdienst) zugeordnet ist. Der gehobene Dienst, dessen Angehörige bei führungsverantwortlichen Vermessungsarbeiten und deren Auswertung eingesetzt werden, fand seinen Eingang in die Evidenzhaltung erst seit dem Jahre 1939 durch Aufnahme von Absolventen der bis zum Jahre 1949 existenten Höheren Abteilungen für Vermessungswesen an österreichischen Fachschulen. In dieser Sparte wird nunmehr die schulische Aus- und Fortbildung für Maturanten und Bedienstete mit Beamten-Aufstiegsprüfung durch Kurse im Lehrgang für den Eich- und Vermessungsdienst geübt.

Zur Verdeutlichung des Tätigkeitsfeldes der oben angeführten Bediensteten, bedingt durch rigorosere Aufgabenstellung in der Führung und Neuanlegung des Grenzkatasters, wurde seit 1972 für die Vermessungsämter der Landeshauptstädte und für weitere 9 Ämter eine Sachgebieteinteilung (4 Sachgebiete) getroffen.

Mit Stand Feber 1983 umfaßt der Planstellenbereich für die 68 Vermessungsämter Österreichs 639 Bundesbedienstete, die folgenden Verwendungsgruppen angehören:

A (Höherer Dienst):	81
B (Gehobener Dienst):	181
C (Fachdienst):	354
Sonstige Verw. Gruppen:	23

5. Mitwirkung an der Evidenzhaltung durch Vermessungsbefugte

Bereits das Evidenzhaltungsgesetz enthielt die Bestimmung, daß die Vermessung durch den Vermessungsbeamten zu unterbleiben hat, wenn von der Partei ein durch einen behördlich autorisierten Privattechniker verfaßter und beglaubigter geometrischer Plan beigebracht wird, der die Bedingungen der durch Verordnung festgelegten technischen Vorschriften erfüllt. Im Erlaßwege wurde im Jahre 1888 die gleiche Regelung über die Zulassung von geometrischen Plänen öffentlicher, mit technischen Organen ausgestatteter Behörden getroffen. Zur Erleichterung der grundbücherlichen und katastralen Behandlung solcher Pläne wurden die Vermessungsbeamten angewiesen, bei Vorlage der Pläne diese durch Beisetzung der neu zu bestimmenden Parzellenummer zu ergänzen und dies am Plane mit Unterschrift und Amtssiegel zu bestätigen. Dieser amtliche Verfahrensvorgang, dem keine Aussage über die technische Durchführungsmöglichkeit im Kataster entnommen werden konnte, wurde erst durch die im Vermessungsgesetz 1968 enthaltene Planbescheinigung durch das Vermessungsamt insoferne generell erweitert, als mit der nunmehrigen Bescheinigung auch die Garantie für die Möglichkeit der technischen Durchführung im Katastraloperat gegeben ist.

Außerhalb der Vermessungsämter erstreckt sich der Kreis der Berechtigten zur Verfassung von Grundteilungsplänen (Vermessungsbefugte gemäß § 43 VermG) unverändert auf

- Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen (Zivilgeometer)
- Dienststellen des Bundes, eines Landes, einer Gemeinde innerhalb ihres Wirkungsbereiches, allerdings mit der Auflage der Planverfassung durch einen Diplom-Ingenieur für Vermessungswesen mit facheinschlägiger Praxis
- Agrarbehörden innerhalb ihres Wirkungsbereiches.

6. Dienststellenunterbringung

Anfänglich waren die der Aufsicht der Katastralmappenarchivare unterstellten Evidenzhaltungsgeometer nur zum Teil in einem ärarischen Gebäude untergebracht, ihre Kanzlei befand sich oft in ihrer Wohnstätte. Erst mit Errichtung der „Evidenzhaltungen des Grundsteuerkatasters“ fand die obligatorische, allerdings sehr spärliche Unterbringung in Amtsgebäuden statt, vornehmlich in solchen der Finanz- oder Justizverwaltung, mit welcher ja die engste Zusammenarbeit bestand. Für die Unterbringung wurden durchschnittlich 2–3 Kanzleiräume zugewiesen, bei Raumbedarf der gastgebenden Verwaltung mußten wiederholt Übersiedlungen auch in Privatgebäude in Kauf genommen werden, wobei es nicht selten vorkam, daß Küchen oder Kellerverschlüsse als Aufbewahrungsort für die Operate dienten oder diese überhaupt in anderen Gebäuden untergebracht werden mußten. Dieser Zustand reichte bis in die Anfangsjahre der Zweiten Republik und mußte einerseits wegen der vermessungstechnischen Mitwirkung an der Bodenschätzung und der damit verbundenen Operativvermehrung, andererseits wegen des stets zunehmenden Parteienverkehrs strukturell wesentlich – mit Unterstützung der Bundesgebäudeverwaltung – geändert werden. Mit geringen Ausnahmen wurden die Vermessungsämter in den letzten Jahrzehnten in bundeseigenen Gebäuden derart untergebracht, daß nicht nur funktionsgerechte Arbeitsplätze vorhanden sind, sondern auch Parteienverkehrsräume, die vor allem die technischen Erhebungsarbeiten rationell und wirtschaftlich auszuüben gestatten, wobei nunmehr auch moderne Vervielfältigungsgeräte zur rascheren Geschäftsabwicklung zur Verfügung stehen. Der Archivraumnot wird nicht durch zusätzliche Raumbeanspruchung, sondern durch Umstellung der Operate auf Mikrofilm abgeholfen.

7. Information

Die Öffentlichkeitsarbeit der Evidenzhaltung erstreckte sich anfänglich wohl auf viele Fachartikel, meist veröffentlicht in Fachzeitschriften, sporadisch auch als Teil von Ausstellungen der Zentralverwaltung auf Landwirtschaftsmessen und Jubiläumsveranstaltungen. Nicht unerwähnt soll bleiben, daß in den Fünfzigerjahren in einer Frühsendung des Bauernfunks von Radio Wien allwöchentlich eine fortsetzungsweise Kurzinformation über die Serviceleistungen des Katasters für den Grundbesitzer durch einen Angehörigen des Bundesvermessungsdienstes erfolgte. Im Bundesamtsgebäude in Linz wurden seit ca. 1960 von dortigen Funktionären mit Unterstützung vieler amtlicher und privater Stellen alte und neuzeitliche in das Fach einschlägige Schaustücke jeder Art in mühsamer Weise zusammengetragen, sodaß erstmalig ein „Österreichisches Vermessungsmuseum“ entstanden ist. Das Inkrafttreten des Vermessungsgesetzes gab Anlaß, die davon betroffenen Bevölkerungskreise – trotz der kurz vorher im Jahre 1967 in allen Bundesländern abgehaltenen Wanderausstellung „150 Jahre österreichischer Grundkataster“ – nunmehr über den neuen Grenzkataster zu informieren. Die Aufklärungsaktion fand wohl nach Leitrichtlinien des BEV statt, die Durchführung selbst war jedoch ausschließlich den Vermessungsämtern überlassen und hatte in Form von Vorträgen, Tonfilmen, Ausstellungen (vor allem für Schulen) nicht übersehbare Erfolge, zu welchen auch örtlich zuständige Ziviltechniker, Gemeinde- und Staatsdienststellen wesentlich beigetragen haben.

Die Österreichische Postverwaltung hat durch Herausgabe der 2-S-Sondermarke „150 Jahre österr. Grundkataster“ im November 1967 nicht gerade der Evidenzhaltung, aber immerhin deren Grundlage zur Publizität verholfen.

Die nunmehr forcierte Einführung der Grundstücksdatenbank bietet den Vermessungsämtern erneut die Gelegenheit, die Bedeutung der Führung des Grenzkatasters im Sinne eines künftigen Mehrzweckkatasters publik zu machen.

8. Schlußbetrachtung

Im vergangenen Zentenaarabschnitt hat die Evidenzhaltung überwiegend steuer-technischen Erfordernissen in abhängiger Zusammenarbeit mit dem Grundbuch gedient. Durch Einführung der automationsunterstützten Datenverarbeitung, die eine Entlastung der Führung der Grundbuchdaten auch im Kataster bewirkt, wird eine intensivere Zuwendung zu längst fälligen technischen Innovationen in Blickrichtung Mehrzweckkataster und Leitungskataster möglich sein und damit den Zielvorstellungen eines „endgültigen Katasters“ des 21. Jahrhunderts – dies certus est, incertus quando – entgegengearbeitet werden können, welche die Kommission 7 der FIG bereits im Jahre 1976 allen Ländern mit Absicht der Einrichtung eines umfassenden Landinformationssystems zur Empfehlung gebracht hat.

Electronica alea iacta est, ad multos annos!

Literatur

- [1] *Doležal*, Die neue technische Zentralstelle (ÖZfVW. Nr. 1/1908)
- [2] *Praxmeier*, 50 Jahre Evidenzhaltungsgesetz (ÖZfVW. Nr. 2/1933)
- [3] *Nickerl-Ragenfeld*, Grundgrenzen – ihre gerichtlichen und außergerichtlichen Wiederherstellungen (Verlag Leykam, Graz/1935)
- [4] *Wessely*, Die Entwicklung des Katasterfortführungsdienstes seit der Gründung des BAfEuV (ÖZfVW. – Festschrift Eduard Doležal 1952)
- [5] *Nagy*, Vom Steuerkataster zum Rechtskataster (ÖZfVW. Nr. 3, 4, 5/1953)

- [6] *Avanzini*, Die Erneuerung der österr. Katastralmappe im Maßstab 1 : 2880 durch Auswertung der Fortführungsmessungen (ÖZfVW. Mitteilungsblatt Nr. 1, 2/1955)
- [7] *Hudecek*, Der Zahlenplan und die Erneuerung der aus der Meßtischaufnahme hervorgegangenen Katastralmappen (ÖZfVW. Mitteilungsblatt Nr. 5/1962)
- [8] *Kloiber*, 80 Jahre Evidenzhaltungsgesetz (ÖZfVW. Nr. 2/1963)
- [9] Festschrift 150 Jahre österr. Grundkataster, BAfEuV. 1967:
a) *Höllrigl*, Kataster und Automation
b) *Ulbrich*, Zeittafel der Österr. Katastralvermessung
- [10] *Lego*, Geschichte des Österr. Grundkatasters (Veröffentlichung des BAfEuV. 1968)
- [11] *Kloiber*, Die Führung des Grenz- und Grundsteuerkatasters (Festschrift 50 Jahre BAfEuV., Veröffentlichung des BAfEuV. 1973)
- [12] *Allmer*, Der stabile Kataster in der Steiermark (Mitteilungen des steiermärkischen Landesarchivs, Folge 26/1976, Graz)
- [13] *Höllinger*, Der Leitungskataster als ein Teil des Mehrzweckkatasters aus der Sicht des Ziviltechnikers (ÖZ Nr. 3/1978)
- [14] *Hrbek*, Die Entstehung der österr. Grundstücksdatenbank und ihr Verhältnis zum LIS (ÖZ Nr. 3/1979)
- [15] *Zimmermann*, Aspekte einer automationsunterstützten Führung der Katastralmappe (ÖZ Nr. 2–3/1982)

Manuskript eingelangt: 31. März 1983

Die analytische Lösung der simultanen Doppel- und Mehrfachpunktbestimmung in der Ebene

Von G. Brandstätter, Wien

Summary

The problem of the non-redundant simultaneous determination of two and more unknown points by means of measured directions at these points to their neighbours and to given control points is solved analytically. This way leads to a system of $2n + 1$ linear equations with $2n$ unknown coordinates and the unknown orientation of the chain. The solution for the latter enables also to discuss the numerical influence of critical configurations.

Einleitung

Das alterwürdige Problem der simultanen Doppelpunktbestimmung durch Richtungsmessung nach zwei, drei oder vier Festpunkten ist unter den Namen Hansen'sche bzw. Marek'sche Aufgabe bekannt. Mit seiner Hilfe können Sichtschwierigkeiten zwischen Neupunkt und Festpunkten, Probleme mit der Festpunktanzahl und mitunter die Gefahr des „kritischen Ortes“ beim ebenen Rückwärtsschnitt elegant umgangen werden. Seine Bedeutung ist natürlich durch die elektronische Entfernungsmessung stark zurückgegangen, es kann aber in manchen Fällen immer noch mit wenig Aufwand Gebrauchskordinaten der Standpunkte oder zumindest Näherungswerte für eine vermittelnde Ausgleichung liefern.

Das wesentlich jüngere Problem der Mehrfachpunktbestimmung war nur für kurze Zeit eine praktikable Methode zur großräumigen Ermittlung von Standpunktskoordinaten ohne Streckenmessung. Aus der umfassenden Studie „Mathematische und geschichtliche Betrachtungen zum Einschneiden“ (*W. Bock*, 1951) geht nämlich hervor, daß in (*P. Werkmeister*, 1930) dieses Problem erstmals erwähnt und mittels iterativer Näherung gelöst wurde. Die allgemeine geometrische Grundlage wurde erst in (*K. Rinner*, 1939) geklärt, und in (*K. Rinner*, 1943) sind Rechenanweisungen sowie Überlegungen zu kritischen Konfigurationen enthalten, die auf der Lösung über den Collin'schen Hilfspunkt beruhen.

Unter „analytischer Lösung“ sei im folgenden jener direkte Lösungsweg verstanden, der ohne Umweg über geometrische Zwischendeutungen wie etwa in (*K. Walék*, 1935) zu den gesuchten Koordinaten führt und von bereits in (*G. Brandstätter*, 1974) angegebenen Ansätzen ausgeht. Es sei jedoch angemerkt, daß diese Zusammenhänge indirekt auch bei *K. Walék* zu finden sind und in verdeckter Form wahrscheinlich auch in anderen Lösungswegen vorkommen.

1. Der prinzipielle Lösungsweg

Statt wie üblich in den Rechengang zwei gemessene Winkel pro unbekanntem Standpunkt P_j einzuführen, wird von den direkt als Meßgrößen vorliegenden und damit auch unkorrelierten Richtungen $r_j^{(i)}$, $i \in \{1, 2, 3\}$, $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ ausgegangen. Dadurch erhöht sich zwar die Anzahl der Unbekannten in jedem Standpunkt durch das Hinzutreten der Orientierungsbekanntes $o_j = t_j^{(i)} - r_j^{(i)}$ ($t \dots$ Richtungswinkel im Landessystem) von 2 auf 3, erlaubt aber eine höchst durchsichtige und elementare Formulierung des Lösungsweges aufgrund der Beziehung

$$\tan(r_j^{(i)} + o_j) = \frac{\sin r_j^{(i)} + \cos r_j^{(i)} \tan o_j}{\cos r_j^{(i)} - \sin r_j^{(i)} \tan o_j} = \frac{y_j^{(i)} - y_j}{x_j^{(i)} - x_j}$$

Hieraus folgt nämlich für eine beobachtete Richtung mit den Hilfsunbekannten

$$u_j = x_j + y_j \tan o_j, \quad v_j = -y_j + x_j \tan o_j, \quad w_j = \tan o_j \quad (1.1)$$

die Beobachtungsgleichung

$$\begin{aligned} u_j \sin r_j^{(i)} + v_j \cos r_j^{(i)} + (-y_j^{(i)} \sin r_j^{(i)} - x_j^{(i)} \cos r_j^{(i)}) w_j &= \\ = -y_j^{(i)} \cos r_j^{(i)} + x_j^{(i)} \sin r_j^{(i)} &= l_j^{(i)} \end{aligned} \quad (1.2)$$

Ist $j = 1$, dann führen drei Gln. (1.2) zur Lösung des ebenen Rückwärtsschnittes, für $j = 2$ entstehen 6 Gln. für die Lösung der Probleme von Hansen und Marek, für $j = n > 2$ liefern $3n$ Gln. die Lösungen der simultanen Mehrfachpunktbestimmung. In den beiden letzten Fällen tritt insofern eine Komplikation auf, als zwischen zwei benachbarten Punkten (Fig. 1.1) P_k und P_l zwei Gln. von der Form

$$(x_k + y_k w_k) \sin r_{kl} + (-y_k + x_k w_k) \cos r_{kl} + (-x_l - y_l w_k) \sin r_{lk} + (y_l - x_l w_k) \cos r_{lk} = 0$$

$$(x_l + y_l w_l) \sin r_{lk} + (-y_l + x_l w_l) \cos r_{lk} + (-x_k - y_k w_l) \sin r_{kl} + (y_k - x_k w_l) \cos r_{kl} = 0$$

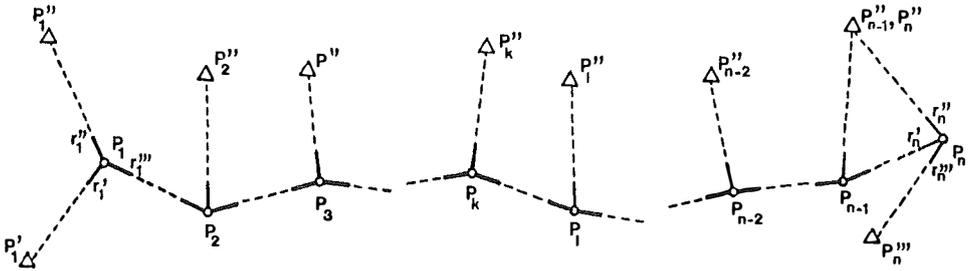


Fig. 1.1

bestehen, welche scheinbar nicht linear sind, weil die unbekannt Orientierungen gekreuzt mit den unbekannt Koordinaten verknüpft sind. Wird jedoch dafür gesorgt, daß mit Hilfe einer fortlaufenden Orientierungsübertragung zufolge

$$o_i = r_{ik} + \pi + o_k - r_{ki}$$

der ganze Verband nur eine gemeinsame Orientierung o bzw. Hilfsunbekannte $w = \tan o$ aufweist, dann reduzieren sich diese Gln. wegen

$$r_{ki} = r_{ik}^{\text{III}}, r_{ik} = r_i^{\text{I}}, \sin r_k^{\text{III}} = -\sin r_i^{\text{I}}, \cos r_k^{\text{III}} = -\cos r_i^{\text{I}}$$

auf die Form

$$-u_k \sin r_i^{\text{I}} - v_k \cos r_i^{\text{I}} + u_i \sin r_i^{\text{I}} - v_i \cos r_i^{\text{I}} = 0, \tag{1.3}$$

von denen nun je eine, also insgesamt $n-1$, in der Art von Bedingungsgleichungen zwischen den Koordinaten benachbarter Neupunkte zu den $n+2$ Gln. (1.2) für Richtungen nach Festpunkten hinzutreten und somit wegen $(n+2) + (n-1) = 2n+1$ die notwendige Anzahl von linearen Gln. für die Lösung des Problems liefern. Die schematische pseudodiagonale Form dieses Systems $Au = I$ ist in Fig. 1.2 wiedergegeben.

Sie erlaubt ein einfaches Eliminationsverfahren, da mit Hilfe der ersten beiden Zeilen und $D_1 = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}$ die Unbekannten u_1, v_1 zufolge

$$u_1 = \frac{1}{D_1} a_{22}(l_1^{\text{I}} - a_{15}w) - a_{12}(l_1^{\text{II}} - a_{25}w), \tag{1.4}$$

$$v_1 = \frac{1}{D_1} -a_{21}(l_1^{\text{I}} - a_{15}w) + a_{11}(l_1^{\text{II}} - a_{25}w)$$

in Funktion von w dargestellt und in der dritten Zeile eingesetzt werden können. Diese enthält dann nur die Unbekannten u_2 und v_2 sowie die in dieser Gleichung neu hinzutretende Unbekannte w mit dem Koeffizienten

$$a_{3, 2n+1} = \frac{1}{D_1} \left\{ a_{1, 2n+1}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31}) - a_{2, 2n+1}(a_{11}a_{32} - a_{12}a_{31}) \right\}$$

und ein von 0 verschiedenes Absolutglied

$$I_2^I = I_1^{III} = \frac{1}{D_1} \left\{ -I_1^I (a_{21} a_{32} - a_{22} a_{31}) + I_1^{II} (a_{11} a_{32} - a_{12} a_{31}) \right\}$$

in der Form

$$a_{33} u_2 + a_{34} v_2 + a_{3, 2n+1} w = I_2^I \tag{1.5}$$

Fig. 1.2

Sie kann nun für eine analoge Operation mit den Zeilen drei bis fünf verwendet werden usw., was bis zur Zeile 2n-1 fortzusetzen ist. Dadurch entsteht schließlich das (3,3)-System

$$\begin{aligned} \sin r_n^I u_n + \cos r_n^I v_n + a_{2n-1, 2n+1} w &= I_n^I \\ \sin r_n^{II} u_n + \cos r_n^{II} v_n + a_{2n, 2n+1} w &= I_n^{II} \\ \sin r_n^{III} u_n + \cos r_n^{III} v_n + a_{2n+1, 2n+1} w &= I_n^{III} \end{aligned} \tag{1.6}$$

dessen Auflösung die Orientierungsunbekannte w und wegen (1.1) (ohne Indices) mittels

$$x = \frac{u - vw}{1 + w^2}, \quad y = \frac{-v + uw}{1 + w^2} \tag{1.7}$$

die Koordinaten des letzten Standpunktes liefert. Durch Einsetzen von w , beginnend beim ersten Gleichungspaar analog zum Reduktionsvorgang (1.4) – (1.5), folgen dann mit Hilfe von (1.7) die übrigen Unbekannten.

2. Die Doppelpunktbestimmung

u_1	v_1	u_2	v_2	w	l
$\sin r_1^I$	$\cos r_1^I$			0	0
$\sin r_1^{II}$	$\cos r_1^{II}$			$-y_1^{II} \sin r_1^{II} - x_1^{II} \cos r_1^{II}$	$-y_1^{II} \cos r_1^{II} + x_1^{II} \sin r_1^{II}$
$-\sin r_2^I$	$-\cos r_2^I$	$\sin r_2^I$	$\cos r_2^I$	0	0
		$\sin r_2^{II}$	$\cos r_2^{II}$	$-y_2^{II} \sin r_2^{II} - x_2^{II} \cos r_2^{II}$	$-y_2^{II} \cos r_2^{II} + x_2^{II} \sin r_2^{II}$
		$\sin r_2^{III}$	$\cos r_2^{III}$	$-y_2^{III} \sin r_2^{III} - x_2^{III} \cos r_2^{III}$	$-y_2^{III} \cos r_2^{III} + x_2^{III} \sin r_2^{III}$

Tab. 2.1

Die Koeffizienten für die Doppelpunktbestimmung sind in Tab. 2.1 zusammengestellt, und zwar nach Übertragung der (willkürlichen) Orientierung des Richtungssatzes in P_1 zufolge

$$o_2 = r_1^{III} + o_1 \pm \pi - r_2^I \quad (\text{eventuell } o_1 = 0)$$

auf den Richtungssatz in P_2 und Verkürzung der Festpunktkoordinaten um die Werte des Festpunktes P_1 , weshalb $a_{15} = l_1' = 0$ zu setzen ist. Diese Parallelverschiebung des Koordinatensystems, die an den Koordinaten nicht speziell ersichtlich gemacht wird, erleichtert die Reduktion des Gleichungssystems und erhöht die Stabilität der numerischen Durchrechnung. Mit

$$D_1 = \sin(r_1^I - r_1^{II}), \quad a_{35} = -a_{25} \sin(r_1^I - r_1^{III})/D_1 \quad \text{und} \quad l_3 = l_2 \sin(r_1^I - r_1^{III})/D_1$$

folgt das Schluß-System in Tab. 2.2, dessen Lösung für w zwecks weiterer Diskussion ausführlich wiedergegeben sei:

$$w = \frac{D_w}{D} = \frac{l_3 \sin(r_2^{II} - r_2^{III}) + l_4 \sin(r_2^{II} - r_2^I) + l_5 \sin(r_2^I - r_2^{II})}{a_{35} \sin(r_2^{II} - r_2^{III}) + a_{45} \sin(r_2^{II} - r_2^I) + a_{55} \sin(r_2^I - r_2^{II})} \tag{2.1}$$

Die Angabe der übrigen Resultate kann unterbleiben, da sich deren Berechnung nach Vorliegen der Gesamtorientierung auf einfache lineare (2,2)-Systeme zurückführen läßt.

u_2	v_2	w	l
$\sin r_2^I$	$\cos r_2^I$	$\frac{\sin(r_1^I - r_1^{III})}{\sin(r_1^I - r_1^{II})} (y_1^{II} \sin r_1^I + x_1^{II} \cos r_1^I)$	$\frac{\sin(r_1^I - r_1^{III})}{\sin(r_1^I - r_1^{II})} (-y_1^{II} \cos r_1^I + \sin r_1^I)$
$\sin r_2^{II}$	$\cos r_2^{II}$	$-y_2^{II} \sin r_2^{II} - x_2^{II} \cos r_2^{II}$	$-y_2^{II} \cos r_2^{II} + x_2^{II} \sin r_2^{II}$
$\sin r_2^{III}$	$\cos r_2^{III}$	$-y_2^{III} \sin r_2^{III} - x_2^{III} \cos r_2^{III}$	$-y_2^{III} \cos r_2^{III} + x_2^{III} \sin r_2^{III}$

Tab. 2.2

3. Kritische Konfigurationen

3.1 Zwei Neupunkte

Der Allgemeinfeld einer kritischen Konfiguration (der sogenannte gefährliche Ort) liegt vor, wenn die Orientierung (2.1) im Neupunktverband unbestimmt wird, das heißt

$$D_w = D = 0.$$

Das tritt trivialerweise dann auf, wenn

$$r_2^I - r_2^{II} = r_2^{II} - r_2^{III} = r_2^{III} - r_2^I = 0 \text{ oder } \pi,$$

also P_1, P_2, P_2'', P_2''' auf einer gemeinsamen Geraden liegen. Eine derartige (sinnlose) Anordnung ist praktisch auszuschließen, und die allgemeine Gleichung für den kritischen Ort folgt daher aus den Bedingungen

$$\left. \begin{aligned} -l_3 \sin(r_2^{II} - r_2^{III}) &= l_4 \sin(r_2^{III} - r_2^I) + l_5 \sin(r_2^I - r_2^{II}) \\ -a_{35} \sin(r_2^{II} - r_2^{III}) &= a_{45} \sin(r_2^{III} - r_2^I) + a_{55} \sin(r_2^I - r_2^{II}), \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

wobei voraussetzungsgemäß der Nullpunkt des Koordinatensystems miteinzubeziehen ist. Die Gleichungen sollen hier nicht weiter untersucht werden, sie bieten aber die rechentechnische Möglichkeit, kritische Konfigurationen anzuzeigen.

Eine weitere kritische Situation liegt vor, wenn $\sin(r_1^I - r_1^{II}) = 0$. Sie kann durch Vertauschen der Reihenfolge der Neupunkte im Berechnungsschema umgangen werden, da die Auflösung des Schluß-Systems auch mit $\sin(r_2^{II} - r_2^{III}) = 0$ möglich ist.

Schließlich kann es vorkommen, daß in (2.1) nur D verschwindet. Es ist dann

$$w = \tan \alpha = \infty, \quad \alpha = \pi/2 \text{ oder } 3\pi/2.$$

Dieser Fall wird a priori vermieden, wenn die Beobachtungen in den beiden Neupunkten mit grob nach Gitter-Nord orientiertem Horizontalkreis erfolgen.

3.2 n Neupunkte

Die unter 3.1 angeführten Folgerungen gelten hier sinngemäß. Natürlich sind nun die Gleichungen

$$\begin{aligned}
 -l_n^I \sin(r_n^{II} - r_n^{III}) &= l_n^{II} \sin(r_n^{III} - r_n^I) + l_n^{III} \sin(r_n^I - r_n^{II}) \\
 -a_{2n-1, 2n+1} \sin(r_n^{II} - r_n^{III}) &= a_{2n, 2n+1} \sin(r_n^{III} - r_n^I) + a_{2n+1, 2n+1} \sin(r_n^I - r_n^{II})
 \end{aligned} \quad (3.2)$$

für den kritischen Ort entsprechend komplizierter, weil l_n^I und $a_{2n-1, 2n+1}$ auf Grund des Reduktionsvorganges die Koordinaten aller Festpunkte $P_j^{(i)}$ enthalten.

Das Verschwinden einer Subdeterminante D_j bedeutet, daß P_{j-1} , P_j und P_j'' auf einer gemeinsamen Geraden liegen, wodurch der weitere Reduktionsvorgang unmöglich wird. Es muß daher bei der Erkundung der Neupunkte dafür gesorgt werden, daß die Richtungs-differenzen $r_j'' - r_j'$ möglichst nahe dem optimalen Betrag $\pi/2$ liegen, daß also die Meßdisposition etwa der Fig. 1.1 entspricht. Dies ist auch die wichtigste Folgerung der Diskussion kritischer Situationen in (*K. Rinner, 1943*).

4. Ausblick

Der vorstehend wiedergegebene Lösungsansatz für das ebene n-Punkte-Problem wurde durch die Bearbeitung eines vermessungstechnischen Programmsystems für einen modernen Microcomputer angeregt. Die Überlegungen beschränken sich daher nur auf die in diesem Zusammenhang auftretenden rechentechnischen Notwendigkeiten. Eine sicher nicht uninteressante geometrische Untersuchung der Bedingungen (3.1) bzw. (3.2) soll später folgen.

Literatur

- Bock, W.*: Mathematische und geschichtliche Betrachtungen zum Einschneiden, Dissertation T. H. Hannover, 1951;
- Brandstätter, G.*: Notiz zur analytischen Berechnung des ebenen Rückwärtsschnittes; Österr. Zeitschr. f. Vermessungsw. u. Photogr., 61. Jg., 1974;
- Rinner, K.*: Zum mehrfachen Rückwärtseinschneiden, Allgemeine Vermessungsnachrichten, 51. Jg., 1939;
- Rinner, K.*: Zum mehrfachen Rückwärtseinschneiden, Allgemeine Vermessungsnachrichten, 55. Jg., 1943;
- Walek, K.*: Einige besondere Punktbestimmungsaufgaben in vektorieller Behandlung. Österr. Zeitschr. f. Vermessungsw., Jg. XXXIII, 1935;
- Werkmeister, P.*: Gemeinsames Rückwärtseinschneiden von drei und mehr Punkten ohne überschüssige Messungen. Allgemeine Vermessungsnachrichten, 51. Jg., 1939.

Manuskript eingelangt: 10. März 1983

Absolute Orientierung in der Landes- und Katastervermessung

Von G. Gerstbach, Wien

Zusammenfassung

In der Katastervermessung bieten Orientierungsverfahren mit der Sonne bei Festpunktmangel oder Sichthindernissen viele Vorteile. Binnen weniger Minuten und ohne Spezialausrüstung sind dabei Genauigkeiten um $\pm 10''$ (30^{C}) erreichbar. Es wird eine diesbezügliche Ergänzung der Vermessungsverordnung (§ 2) vorgeschlagen, die auch für Kreiselazimute gelten kann.

In der Landesvermessung bedeuten absolute Orientierungen eine Versteifung der Netze, wie an Beispielen gezeigt wird. In erster Linie kommen Polaris-Azimute in Frage, die teilweise auch bei Tag meßbar sind.

Summary

Solar orientation methods prove advantageous in cadastral surveying when no control points or connecting directions are available. There is no need for special equipment and accuracies of $\pm 10''$ (± 3 mgon) may be obtained within a few minutes. Due to this a supplement to the Austrian decree of cadastral surveying is proposed, that would fit to gyroscope observations too.

In geodetic networks Polaris-azimuths are more advisable. Common theodolites can secure $\pm 1''$ and the observation might be performed even at daylight. Some examples show how effectively absolute orientations increase the strength of geodetic networks.

Die absolute Orientierung von Richtungen wird selten und meist nur in Spezialprojekten angewendet. Der Grund hierfür dürfte in der fälschlichen Annahme liegen, daß diese Verfahren schwierig und unökonomisch seien. Für den Bereich der Katastervermessung kommt hinzu, daß weder Kreisel- noch astronomische Verfahren in der Vermessungsverordnung vorgesehen sind, obwohl sie manchmal von großem Nutzen wären. Erwähnt seien Sichthindernisse durch Gelände, Bewuchs und Verbauung oder der Mangel an geeigneten Festpunkten.

1. Wesen und Vorteile der absoluten Orientierung

Astronomische Orientierungsverfahren (und Vermessungskreisel) liefern Azimute A^* , die auf die durch Lot und Himmelspol definierte wahre Nordrichtung bezogen sind. Den Unterschied zu geodätischen Azimuten A (auf dem Bezugsellipsoid der Landesvermessung) beschreibt für flache Visuren die Laplace'sche Gleichung

$$A^* - A = (\lambda^* - \lambda) \sin \varphi + w, \quad (1)$$

weshalb man bei höheren Genauigkeitsansprüchen die longitudinale Lotabweichung $\lambda^* - \lambda = \eta / \cos \varphi$ und den Laplace'schen Widerspruch w kennen oder mittels (3b) eliminieren muß. Letzterer bewegt sich im österreichischen Gebrauchsnetz zwischen den Werten $-9'' < w < -6''$, ist also nahezu konstant. Die Lotabweichung ist stärker ortsveränderlich, liegt in Österreich aber mit beiden Komponenten ξ, η in dichtem Raster vor (TU Wien und Graz, BEV). Wegen $\eta < 20''$ kann sie bei vielen Katastermessungen vernachlässigt werden, wenn geringe Orientierungsgenauigkeit ausreicht.

$$A \approx A^* \quad (\text{innerhalb } \pm 20'' \text{ bzw. } \pm 0,6^{\text{C}}). \quad (1a)$$

Bei allen absoluten Orientierungen muß hingegen die Meridiankonvergenz berücksichtigt werden, wenn man Richtungswinkel in der Gauß-Krüger-Abbildung erhalten will. Mit der Längendifferenz $\Delta\lambda$ zum Mittelmeridian bzw. mit dem Querkrümmungsradius N zur Fußpunktsbreite φ_x gilt im Gradmaß genähert

$$\gamma = \Delta\lambda \sin \varphi + \frac{\Delta\lambda^3}{3 \varphi^2} \sin \varphi \cos^2 \varphi = \frac{y}{N} \varphi \operatorname{tg} \varphi_x \left[1 - \frac{y^2}{3N^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_x) \right] \quad (2)$$

Die Meridiankonvergenz erreicht also im Überlappungsbereich zweier 3°-Streifensysteme Werte von +1,5° bzw. -1,5°. Die Richtungsreduktion $\Psi \approx y\Delta\lambda \cdot \rho/2R^2$ ist nur dort anzubringen, wo dies auch sonst nötig wäre – bei 1" Genauigkeitserfordernis und 5 km Zielweiten also ab $|y| > 80$ km.

Somit ergibt sich der ebene Richtungswinkel von P_i nach P_k aus einem astronomisch beobachteten Azimut zu

$$v_{ik} = A_{ik}^* - \gamma_i - \Psi_{ik} - \eta_i \operatorname{tg} \varphi_i - w_i \quad (3)$$

Die geographische Breite φ_i des Standpunktes kann dabei – wie auch für die Azimutberechnung selbst – aus der ÖK 1 : 50 000 entnommen werden. Für geringe Ansprüche vereinfacht sich (3) zu

$$v_{ik} \approx A_{ik}^* - \gamma_i \doteq A_{ik}^* - \Delta\lambda_i \sin \varphi_i \doteq A_{ik}^* - \frac{y_i}{100\ 360} \operatorname{tg} \varphi_i \quad (3a)$$

In Altgrad beträgt die Konstante 111 510 m. Für mittlere Genauigkeitsansprüche von 10–20^{cc} lassen sich die Korrektursterme in (3) einfach berücksichtigen, indem auf einem trigonometrischen Punkt P_o das Azimut A_{o1} einer längeren Netzseite gemessen und der zugehörige Richtungswinkel berechnet wird. Die Differenz ist die Lotabweichungskorrektur aller astronomischen Orientierungen in gewissem Umkreis (Flachland 10–15 km, Hochgebirge 1 km).

$$v_{ik} = A_{ik}^* + (v_{o1} - A_{o1}^*) + \frac{y_o - y_i}{100\ 360} \operatorname{tg} \varphi_i \quad (3b)$$

Astronomische Orientierungen sind vor allem für lokale Messungen wertvoll, wenn keine geeigneten Anschlußrichtungen vorhanden sind. Zufolge ihres absoluten Charakters tragen sie aber auch als zusätzliche Beobachtungen wesentlich zur Güte von Punktbestimmungen bei, was im folgenden an einigen Beispielen gezeigt wird. Dieser günstige Effekt verstärkt sich mit der Größe eines Netzes, wie von der verwindungshemmenden Wirkung der Laplace-Azimute bekannt ist.

1.1 Rückwärtsschnitt mit absoluter Orientierung

Für eine erste Genauigkeitsuntersuchung diene die Punktconfiguration der Abb. 1, worin die für die Güte des Rückwärtsschnitts verantwortlichen Differentiale einfach aufgebaut sind:

$$\frac{d\alpha}{dx} = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{\Delta x}, \quad \frac{d\alpha}{dy} = \frac{-\sin^2 \alpha}{\Delta x},$$

analog für β . Betrachtet man α und β als unkorreliert und schließt Exzentrizitätsfehler aus, folgen für $\beta = \alpha$ und $m_\beta = m_\alpha$ die mittleren Koordinatenfehler

$$m_x = \frac{m_\alpha \Delta x}{\sqrt{2} \sin \alpha \cos \alpha}, \quad m_y = \frac{m_\alpha \Delta x}{\sqrt{2} \sin^2 \alpha} \quad (4)$$

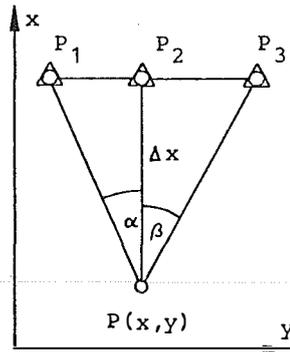


Abb. 1

Wird nun außer den Winkeln α , β eine astronomische Orientierung gemessen, kann die Bestimmung von P als Ausgleich dreier Standlinien mit Gewichten proportional $1/s^2$ aufgefaßt werden. Durch Summation der Gewichtskomponenten in x und y ergibt sich

$$m_x = \frac{m_y \Delta x}{\sqrt{2} \sin \alpha \cos \alpha}, \quad m_y = \frac{m_y \Delta x}{\sqrt{1 + 2\cos^4 \alpha}} \quad (5)$$

Sind Orientierung und Richtungssatz gleich genau, wird der Fehler eines Richtungswinkels m_v gleich dem früheren Winkelfehler m_α . Dann bleibt zwar m_x unverändert, doch sinkt m_y für $\alpha = 45^\circ$ auf $1/\sqrt{3} = 58\%$, für $\alpha = 20^\circ$ sogar auf 10%. Die absolute Orientierung garantiert auch am gefährlichen Kreis genaue Lösungen.

Ist die astronomische Beobachtung wesentlich genauer als der terrestrische Richtungssatz, sinken *beide* mittleren Koordinatenfehler nochmals bis zu 29%.

1.2 Gestreckter Polygonzug mit absoluter Orientierung

Der Längsfehler eines gestreckten Polygonzuges wird durch Zwischenorientierung nach Gestirnen oder Fernzielen *nicht* verkleinert, ist aber zufolge der günstigen Fehlerfortpflanzung und der Genauigkeit moderner Meßgeräte ohnehin unproblematisch.

Der Querfehler kann hingegen drastisch reduziert werden. Zunächst sei ein gestreckter, offener Polygonzug mit annähernd gleichlangen Seiten s angenommen. Bei größerer Punkteanzahl n wird die Richtungsgenauigkeit am Zugsende den Erwartungswert

$$\sigma_{v_{n-1, n}} = m_\beta \cdot \sqrt{n-1} \quad (6)$$

besitzen, wobei im mittleren Fehler m_β eines Brechungswinkels (Bogenmaß) auch die Exzentrizitätseinflüsse enthalten seien. Bei fehlerlosen Anschlußpunkten summiert sich der Querfehler f_q ab dem 2. Standpunkt gemäß

$$f_q = s \cdot m_\beta \sqrt{(n-1)^2 + (n-2)^2 + \dots + 1^2} = s \cdot m_\beta \sqrt{\frac{n(n-1)(n-0,5)}{3}} \tag{7}$$

wächst also bei Verlängerung des Zuges etwa mit $n\sqrt{n}$. Nach verschiedenen Untersuchungen (z. B. JEK II 1963, Meissl 1969) ändert sich dieses Verhalten auch bei Zugsabschluß nicht wesentlich und liegt in ähnlicher Form den Fehlergrenzen der Vermessungsverordnung 1976 zugrunde.

Die Fehlerfortpflanzung bessert sich entscheidend, wenn der Polygonzug aus *Azimuten* aufgebaut ist. Anders als in (6), bleibt die Richtungsgenauigkeit m_v konstant und vom Querfehler der jeweiligen Nachbarpunkte unabhängig, sodaß anstelle von (7) die viel günstigere Formel

$$f_q^* = s \cdot m_v \sqrt{n-1} = \frac{[s] \cdot m_v}{\sqrt{n-1}} \tag{8}$$

tritt. Bei vorgegebener Gesamtlänge [s] wird ein herkömmlicher Polygonzug bekanntlich dann am genauesten, wenn er aus möglichst langen Polygonseiten besteht. Im Gegensatz zu älteren Anschauungen und trotz (8) gilt dies auch für Astro-, Kreis- und Bussolenzüge. Tarczy-Hornoch (1977) zeigt nämlich, daß der für mehr Polygonpunkte notwendige Zeitaufwand besser in die wiederholte Messung *weniger* Azimute investiert wird.

Wegen des Unterschiedes (7) zu (8) sind Kreiseldzüge ab etwa 10 Polygonpunkten genauer. Bei Astro-Zügen liegt diese Grenze zufolge der besseren Orientierung tiefer – dies soll Gegenstand einer späteren Untersuchung sein. Obwohl man astronomische Orientierungen rasch und ohne Zusatzgeräte messen kann (siehe folgender Abschnitt), dürfte das Optimum in einer Kombination mit Brechungswinkel bestehen.

Die Fehlerfortpflanzung eines solchen astronomisch gestützten Polygonzuges liegt zwischen den beiden obigen Gesetzen, und die Querfehler verringern sich – je nach Anzahl und Genauigkeit der Azimute – um bis zu 90%. Schon bei einem einzigen, zwischen zwei Festpunkte eingeschalteten „Polygonpunkt“ mit Orientierung ($m_v = m_\beta$) sinkt f_q im Verhältnis $\sqrt{6} : 8$, also um 14%.

Daß ähnliche Genauigkeitssteigerungen auch für stark gekrümmte Polygone gelten, zeigt eine Analyse der Stuttgarter Raumpolygonzüge (Ramsayer 1974). Sie sind 83 km lang und in 10 bzw. 20 Strecken unterteilt. Abgesehen vom Anfangspunkt wurden auf 3 Polygonpunkten astronomische Azimute gemessen. Obwohl sie mit $\pm 4''$ etwas ungenauer als die Richtungssätze ($\pm 3''$) sind, verkleinern sie die Abschlußfehler von 111 auf 59 cm bzw. von 120 auf 48 cm. Daß der Genauigkeitserfolg von 47% bzw. 60% unter dem theoretisch möglichen bleibt, der wegen

$$f_q^* \approx f_q \frac{m_v}{m_\beta} \sqrt{\frac{3}{n-2}} \tag{9}$$

77% bzw. 88% beträgt, erklärt sich zwanglos durch die geringe Anzahl der zusätzlichen Orientierungen.

1.3 Triangulationsnetz mit Laplace-Azimuten

In einem flächenhaften Netz, das aus gemessenen Winkeln aufgebaut ist, wächst der durchschnittliche bzw. netzinterne Punktlagefehler nach Meissl (1972) asymptotisch mit der Anzahl der Netzpunkte,

$$c_1 n \leq \tau, \tau' \leq c_2 \sqrt{n \ln n}. \quad (10)$$

Sind hingegen Distanzen und Azimute aller Netzseiten gemessen, gilt

$$\tau, \tau' \approx c \sqrt{\ln n}, \quad (11)$$

worin die stabilisierende Funktion absoluter Meßgrößen zum Ausdruck kommt. Die Konstanten beider Fehlergesetze hängen hauptsächlich von den Meßfehlern ab. (11) gilt auch für ein am Rand eingespanntes Winkelnetz.

Meistens ist aber nicht die auf das Zentrum bezogene Netzgenauigkeit von Bedeutung, sondern die Nachbargenauigkeit, welche durch die Fehlerellipsen allein noch nicht festliegt. Sie läßt sich jedoch zwischen beliebigen Punkten P_i, P_k aus der (stark bandstrukturierten) Kovarianzmatrix errechnen,

$$\sigma_{x_i - x_k} = \sigma_{x_i}^2 + \sigma_{x_k}^2 - 2\sigma_{x_i x_k}$$

analog für $y_i - y_k$. Auf ähnliche Weise haben Ashkenazi und Cross (1972) den britisch-irischen Triangulationsblock eingehend analysiert. In diesem aus 350 Punkten bestehenden Netz wurden 2287 Richtungen (je $\pm 0.65''$), 179 Seiten (Tellurometer, ± 2.5 ppm) und 15 Laplace-Azimute ($\pm 0.81''$) gemessen. Je nach Anzahl der verwendeten Azimute und Seiten ändert sich die mittlere Nachbargenauigkeit erheblich:

Anzahl der Azimute Seiten		σ_A	σ_s	Anzahl der Azimute Seiten		σ_A	σ_s
1	1	1.29"	7.71	15	1	0.59"	7.49
1	179	1.15	2.45	15	23	0.57	3.02
15	179	0.52	2.44	15	179	0.52	2.44
51	179	0.44	2.41	15	575	0.46	1.76
350	179	0.36	2.25	15	1150	0.36	1.28

Gleiche Effekte wurden 1976 für Rahmennetze und übergreifende lange Seiten nachgewiesen. Die Genauigkeitssteigerung der Tabelle ist mit (10) : (11) nicht direkt vergleichbar, zeigt aber den starken Einfluß, den bereits wenige Laplace-Azimute ausüben. Daß ein Winkel- oder Streckennetz durch astronomische Azimutmessungen auf nur 5–10% der Punkte schon weitgehend optimiert ist, hat z. B. für geodynamische Bewegungsnetze große Bedeutung.

2. Methoden der astronomischen Orientierung

Um die oft feststellbare Scheu vor astronomischen Messungen zu überwinden, müssen die vorgeschlagenen Methoden einfach und ökonomisch sein. Wichtig sind folgende Aspekte:

- normales Instrumentarium soll genügen,
- übersichtlicher und genauer Meßvorgang,
- einfache Auswertung der Messungen.

Bei den Theodoliten kommt man ohne Steilsichtprismen, Filter oder Reiterlibellen aus, benötigt aber für zwei Methoden eine gute Armbanduhr, bzw. Funkgeräte für die dritte. Die Auswertung erfolgt mit Jahrbüchern, die im Buchhandel erhältlich und an geodätischen Instituten verfügbar sind.*)

2.1 Azimutmessung mit Polaris

Mit Sekundentheodoliten liefert diese Standardmethode während der Dämmerung oder Nacht Genauigkeiten bis 1" ($\pm 3^c$). Zum Aufsuchen des Polarsterns genügt die ungefähre Zenitdistanz $z = 90^\circ - \varphi \pm 0,8^\circ$. Nach den Erfahrungen des Verfassers ist Polaris bei gutem Wetter, besonders im Orient, auch in den Morgen- und Nachmittagsstunden beobachtbar, wofür man Zenitdistanz und Azimut mittels

$$\begin{aligned} z &= 90^\circ - \varphi - 0,8^\circ \cos t \\ A &= (360^\circ) - 0,8^\circ \sin t / \cos \varphi \\ t &= (4,6 + 2M + T) \cdot 15 - 33,8^\circ \end{aligned} \tag{12}$$

vorausberechnen kann. M bedeutet den Monat (z. B. 9,6 für den 18. September) und T die Ortszeit.

Nach Uhrvergleich und sorgfältiger Horizontierung des Theodolits wird die terrestrische Zielung vorgenommen. Dann wird Polaris eingestellt und die Uhr abgelesen (auf einige Sekunden); zur bequemeren Kreisablesung kann man das Fernrohr herabkippen. Es folgen Polaris und terrestrisches Ziel in der anderen Kreislage.

Nach Neuhorizontierung sollten weitere derartige „Sätze“ anschließen. Zuletzt wird die Uhr nochmals mit Radio- oder Telefonzeit verglichen.

Zur Auswertung werden φ und λ aus der Karte entnommen, wobei $\pm 10''$ genügen, und die Polarkoordinaten α , δ aus den „scheinbaren Sternörter“ interpoliert. Mit demselben Jahrbuch werden die korrigierten Uhrlesungen in Greenwich Sternzeiten ϑ_G umgerechnet, woraus die einzelnen Polaris-Azimute

$$\operatorname{tg} A_p^* = \frac{\sin t}{\sin \varphi \cos t - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta}, \quad t = (\vartheta_G - \alpha) \cdot 15^\circ + \lambda \tag{13}$$

folgen. Subtrahiert man von A_p° die Kreislesung der Polariszielung, ergibt sich die Orientierungsunbekannte jedes Halbsatzes. Aus dem Mittelwert aller Ziel-Azimute A_k gibt (3) oder (3b) den Richtungswinkel. Ungeübte Studenten erreichen mit 5 Sätzen absolute Genauigkeiten von etwa 5".

Wenn ein Kontrollnetz bessere Genauigkeiten erfordert, muß die Stehachsneigung durch Höhenkreiskompensator oder Reiterlibelle bestimmt werden (Gerstbach 1977). Wird außerdem jede Zielung doppelt vorgenommen, kann man mit 5 Sätzen in einer knappen Stunde $\pm 1''$ erreichen. Wegen (1) ist dann meist noch eine Lotabweichungsbestimmung notwendig. Die höchstmögliche Azimutgenauigkeit (0.2–0.5") läßt sich nur mit astronomischen Theodoliten verwirklichen.

*) Ein Auswerteprogramm für den HP 41C oder HP 41CV (Sonnen- und Polarisazimute) kann beim Verfasser um S 500,- bezogen werden.

2.2 Orientierung mit der Sonne

Wenn Orientierungsgenauigkeiten von $10''$ (30°) ausreichen, bietet sich aus arbeitstechnischen Gründen die Sonne an. Ihr Azimut kann aus gemessener Uhrzeit (siehe Gerstbach 1983), Zenitdistanz (Eberwein 1952) oder Differenzverfahren berechnet werden, wobei die erste Methode am einfachsten ist und nur eine gute Armbanduhr benötigt. Die Sonnenbeobachtung erfolgt durch Projektion auf ein Blatt Papier, wodurch sich Filter und Steilsichtprismen erübrigen. Aufgesucht wird die Sonne anhand des Fernrohrschattens, scharfgestellt mit dem Okular. Rasche Messung verringert Strahlungseinflüsse, die Horizontierung soll jedoch sorgfältig und unter Beschattung der Libelle erfolgen.

Die Uhr muß vor und nach der Meßserie auf mindestens halbe Sekunden mit MEZ (Telefon Wien 15 05) verglichen werden, weil sich das Sonnenazimut um $10\text{--}30''/\text{sec}$ verändert. Die Messung soll – auch wegen des Stehachsfehlers – bei möglichst tiefem Sonnenstand erfolgen. Beobachtet werden die *Sonnenränder*, indem man sie durch den Vertikalfaden laufen läßt und gleichzeitig Kommandos zur Uhrablesung gibt. Ein Satz beinhaltet: Terrestrisches Ziel – rechter (vorangehender) Sonnenrand – linker Rand – Kreislagenwechsel – rechter Rand – linker Rand – terrestrisches Ziel.

Bei dieser Reihenfolge kann man die Auswertung stark vereinfachen und Reduktionen vermeiden, da die Bewegungsableitungen 2. Grades gegeneinander wirken (Gerstbach 1983). In jedem Halbsatz mittelt man die Richtungen beider Sonnenränder und die Uhrlesungen. Letztere werden auf Weltzeit $UT1 = MEZ - 1^h + dUT1$ korrigiert ($dUT1 < 0,7^s$), um damit im „Nautical Almanac“, einem sehr praktischen Jahrbuch, den Greenwich Hour Angle GHA und die Deklination δ der Sonne linear zu interpolieren. Mit $t = GHA_{\text{int}} + \lambda$ und Formel (13) ergibt sich Sonnenazimut und Orientierung jedes Halbsatzes. Aus dem gemittelten Zielazimut A_{ik}° liefert (3a) oder (3b) den Richtungswinkel. Die manuelle Auswertung eines Satzes dauert 5–10 Minuten.

Lehrplanmäßige Meßübungen an der TU Wien zeigen, daß Studenten schon aus 4 Sätzen in 1 Stunde absolute Genauigkeiten von $\pm 10''$ erreichen, worin Horizontierfehler und Reaktionszeit den Großteil ausmachen. Letztere beträgt durchschnittlich $0,3^s$ und wäre von den gestoppten Zeiten abzuziehen. Mit etwas Erfahrung sind dann $\pm 2''$ erreichbar, doch sollte in φ , λ die genäherte Lotabweichung berücksichtigt werden. Spezialzubehör (Roelofs-Prisma, Koinzidenzokular u. ä.) ist nicht erforderlich. Daß mit einem normalen Theodolit in *einem* Satz und nur 10 Minuten echte Genauigkeiten von 5–15'' möglich sind, gibt diesem Orientierungsverfahren z. B. in Polygonzügen (Abschnitt 1.2) oder bei Sichthindernissen einen großen ökonomischen Wert.

2.3 Richtungsübertragung mit Sonne, Mond oder Sternen

Wenn von einem Standpunkt P_i kein Anschlußziel sichtbar ist, wohl aber von einem Festpunkt P_o kann man diese terrestrische Orientierung durch Simultanbeobachtung eines astronomischen Hilfszieles von P_o auf P_i übertragen. Die Berechnung ist einfach, Jahrbuch und Uhr werden nicht benötigt, und wie in (3b) entfallen Einflüsse der Lotabweichung. Mit tiefstehenden Gestirnen ($z > 45^{\circ}$), Punktentfernungen unter etwa 10 km und Funkgeräten sind Richtungsübertragungen auf $\pm 5''$ bzw. $\pm 15^{\circ}$ möglich.

Die Simultanmessungen erfolgen in Sätzen nach dem Schema: sorgfältiges Horizontieren – terrestrisches Ziel – 2x Gestirn – grobe Zenitdistanz – Kreislagenwechsel – 2x Gestirn – terrestrisches Ziel. Die Gleichzeitigkeit der Gestirnszielungen erreicht man, indem ein Beobachter das Funkkommando „Achtung . . . s . . top!“ gibt,

Umgelegt auf 10" Genauigkeitsforderung ergibt letztere Angabe einen Zeitaufwand von 20–25 Minuten. Die Sonnenmethoden (Abschnitt 2.2 und 2.3) benötigen hierfür mit üblichen Theodoliten 10 Minuten, sind also überlegen – jedoch wetterabhängig. Im Durchschnitt Österreichs (Zentralanstalt 1978–1982) scheiden rund 60% der Tage wegen Bewölkung über 5 Zehntel für Sonnenbeobachtungen aus, unter den „Außendiensttagen“ ohne Regen dürften es aber nur etwa 30% sein. Auch dies läßt sich manchmal durch markante Fernziele umgehen, die man erst später astronomisch einmißt.

Zur leichten Unterlegenheit der Kreiseltheodolite kommt außer dem hohen Preis noch die Notwendigkeit von Referenzmessungen (Caspary u. a., 1982). Bei höheren Ansprüchen sind wegen (1) ohnehin astronomische Beobachtungen (Lotabweichung) durchzuführen.

Für Astro- und Kreiselorientierungen der Genauigkeitsklasse $\pm 3''$ – $10''$ empfiehlt sich die Differenzkorrektion nach (3b), die auch einen Vorteil der Richtungsübertragung (14a) ausmacht. Solche Orientierungen sparen oft viel Zeit und verbessern jede lokale Vermessung.

3. Vorschlag zur Novellierung der Vermessungsverordnung 1976

Um die Vorteile absoluter Orientierungsverfahren für die Katastervermessung nutzbar zu machen, schlägt der Verfasser für die nächste Novellierung der Vermessungsverordnung entsprechende kleine Änderungen im § 2 vor. Dabei ist gewährleistet, daß ausreichende terrestrische Kontrollen und mindestens gleichviel Überbestimmungen wie bei der gegenwärtigen Gesetzeslage bestehen.

Unter „astronomischer Orientierung“ sei Richtungsmessung zu Sonne, Planeten oder Sternen bzw. Orientierung mit nordsuchendem Kreisel verstanden sowie die Übertragung terrestrischer Orientierungen (Anschlußrichtungen) mittels astronomischem Hilfsziel.

Änderungsvorschlag für § 2 (1), Standpunktbestimmung:

1. durch Messen der Richtungen von mindestens drei Festpunkten aus (Vorwärtseinschneiden), wobei auf den verwendeten Festpunkten jeweils mindestens eine Anschlußrichtung nach weiteren Festpunkten zu messen *oder eine astronomische Orientierung (Himmelsobjekt oder Kreisel nord) vorzunehmen* ist;
2. durch Messen der Richtungen nach mindestens vier Festpunkten (Rückwärtseinschneiden) *oder nach mindestens drei Festpunkten bei astronomischer Orientierung am Standpunkt*;
3. . . . mindestens eine Anschlußrichtung nach weiteren Festpunkten *oder astronomisch* zu messen ist . . . (Kombiniertes Einschneiden);
6. durch Messen eines zwischen Festpunkten gelegenen Polygonzuges, wobei auf den verwendeten Festpunkten jeweils mindestens eine Anschlußrichtung nach weiteren Festpunkten *oder astronomisch* zu messen ist.

Zusatz zu § 2 (2), Entfernungen unter 150 m:

. . . Verwendung nur dieses Festpunktes als Standpunkt ausreichend. *Eine dieser Anschlußrichtungen kann durch astronomische Orientierung ersetzt werden.*

Zusatz zu § 10 (1), Vermessungspläne:

5. die Richtungswinkel und Entfernungen beim Anschluß für Vermessungen gemäß §§ 2 und 3; *bei astronomischer Orientierung Richtungswinkel zum Himmelsobjekt und Uhrzeit der Messung oder Richtungswinkel nach Kreisel nord.*

Auch wenn die vorgeschlagene Ergänzung der Vermessungsverordnung zunächst nur in wenigen Fällen genutzt werden sollte, ist sie überfällig. Einerseits, weil astrogeodätische Messungen seit jeher zur Ausbildung von Vermessungsingenieuren gehören und in technischen Projekten auch angewendet werden. Andererseits, weil immer mehr Geodäten mit kosmischen Verfahren in Berührung kommen und auch eine Bewußtseinsbildung in Hinblick auf Kreisverfahren notwendig ist. Denn voraussichtlich werden diese Methoden im nächsten Jahrzehnt das Vermessungswesen revolutionieren.

Literatur

Ashkenazi, V. und Cross, P. A. (1972): Strength Analysis of Block VI of the European Triangulation. Bull. Geod. 103, S. 5–24.

Caspary, W., Heister, H. und Schwintzer, P. (1982): Zur Netzorientierung durch Kreisellazimute. Zeitschr. f. Verm. 107/10, S. 461–468.

Eberwein, J. (1952): Geodätische Orientierung mit der Sonne. Österr. Zeitschr. f. Verm., Sonderveröff. 14 (Festschrift Dolezal), S. 299–314.

Gerstbach, G. (1977): Zur Azimutmessung mit Sekundentheodoliten. Österr. Zeitschr. f. Verm. u. Phot. 64/2, S. 53–68.

Gerstbach, G. (1983): Orientierung kleinräumiger Vermessungen mit Sonne und Mond. Geowiss. Mitt. TU Wien, voraus. Heft 24.

Meissl, P. (1972): Investigation of Random Error Propagation in Geodetic Networks. Mittlg. geod. Inst. TU Graz, Heft 11/2, S. 301–319.

Ramsayer, K. (1974): Untersuchungen eines geschlossenen Raumpolygonzugs. DGK Reihe A, Heft 80.

Rössler, W. (1974): Richtungsübertragung mit astronomischem Hilfsziel. Geodät. Inf. Tage TU Wien, Studienbehelf.

Tarczy-Hornoch, A. (1977): Genauigkeitsvergleiche der Theodolitpolygonzüge und der Kreiselpolygonzüge bei gleicher Gesamtarbeitszeit. Österr. Zeitschr. f. Verm. u. Phot. 64/3/4, S. 105–111.

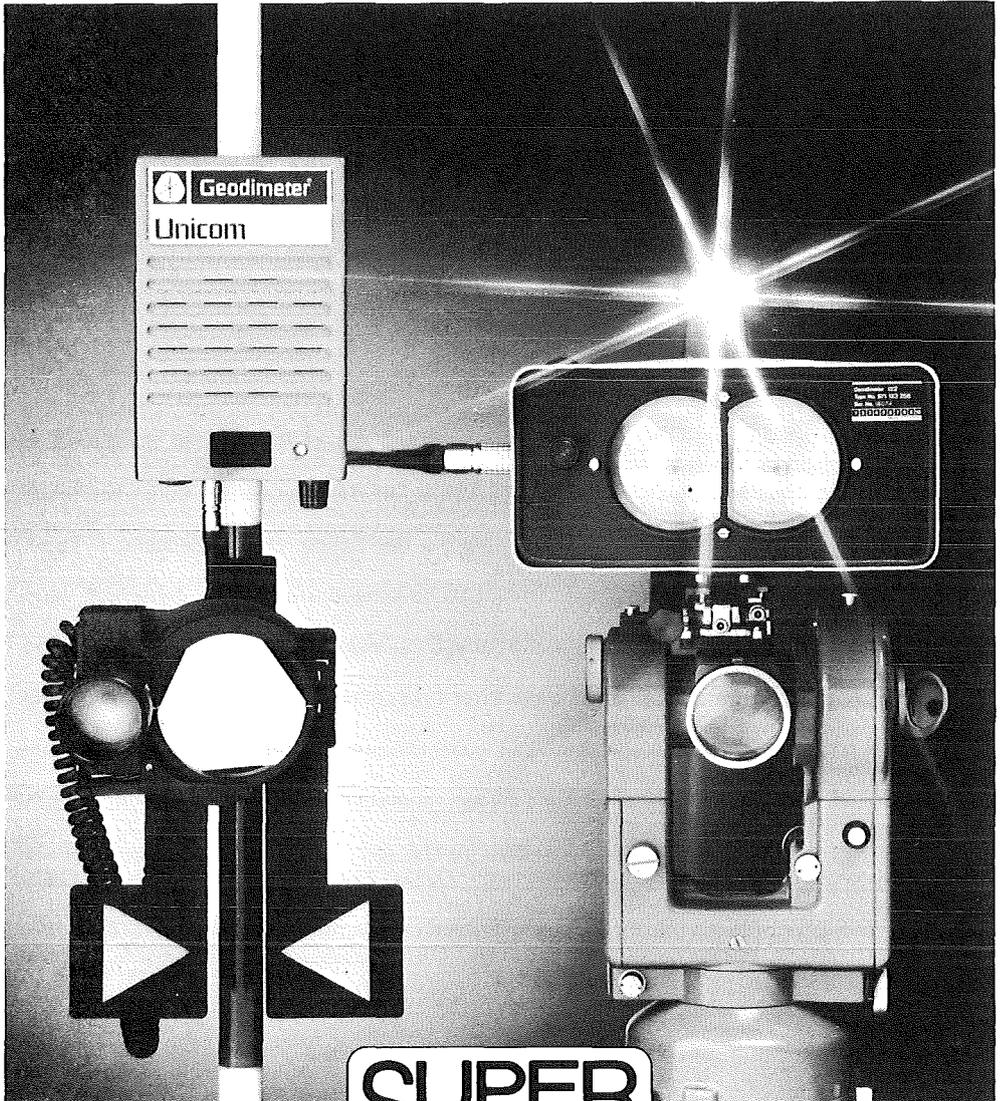
Vermessungsverordnung (1976): Bundesgesetzblatt f. d. Republik Österreich, 54/181.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (1978–1982): Jahrbücher der ZA. f. Met. u. Geodyn. Wien, Jahrgang 1975–1979, Band 112–116.

Manuskript eingelangt am: 12. Mai 1983



AGA GEODIMETER MIT SENSORTECHNIK



SUPER TRACKING

Die automatisch reduzierenden Aufsatzgeräte

 **Geodimeter[®]** 116

 **Geodimeter[®]** 122

Superschnelle Vermessungen · Eingebaute Kommunikation via Meßstrahl
Sichtbares Leitlicht für den Reflektorträger

Vollautomatische Horizontalabstand ohne Vertikalwinkeleingabe

Dreidimensionales Abstecken und Höhenbestimmung durch kontinuierliches ΔH

AGA IRS INTERNATIONAL Ges. m. b. H.
AGA GEOTRONICS WIEN
Telefon: (0222) 65 57 54, 65 66 31
Telex: 1 33093 aga ir

Postanschrift:
Postfach 139
Prinz Eugen-Straße 72
A-1041 Wien

Aussparungsflächen und unregelmäßige Ränder bei der Ableitung von Höhenlinien aus einem Höhenraster

Von B. Hofmann-Wellenhof, Graz

Zusammenfassung

Es wird eine Methode zur Berücksichtigung von Aussparungsflächen und unregelmäßigen Rändern bei der Ableitung von Höhenlinien aus einem regelmäßigen Höhenraster vorgeschlagen. Die Aussparungsflächen und unregelmäßigen Ränder, die als geschlossene Polygone definiert werden, werden unter Verwendung von linearen Listen mit dem Höhenraster kombiniert. Dadurch gibt es weder Beschränkungen für die Anzahl der Punktkoordinaten der Aussparungspolygone noch für die Anzahl der Polygone innerhalb einer Rastermasche.

Abstract

A method for the consideration of contour-free regions and irregular boundaries at the derivation of contour lines from heights at a regular grid is proposed. The contour-free regions and the irregular boundaries, defined as closed polygons, are combined with the height-grid using linear lists. Therefore a limit does not exist neither for the number of point-coordinates of the contour-free regions nor for the number of polygons within a grid-mesh.

1. Einleitung

Bei der Berücksichtigung von Aussparungsflächen und unregelmäßigen Rändern aus einem Höhenraster kann man viel Computerzeit gewinnen oder verlieren. In dieser Arbeit wird besonderer Wert darauf gelegt, eine Methode vorzuschlagen, die möglichst sparsam Computerzeit verwendet.

Oft stellt man an die Darstellung der Aussparungsflächen und unregelmäßigen Ränder keine großen Genauigkeitsanforderungen, wie z. B. bei der Methode von Koch (1973), bei der im allgemeinen nicht die Schnitte der Höhenlinien mit dem Aussparungspolygon berechnet werden. Oder es werden an Stelle der Höhenlinien zur Berechnung der Schnittpunkte mit den Aussparungsflächen Höhenlinienpolygone verwendet (Sünkel, (1980)). Computerprogrammentwicklungen der letzten Jahre, die z. B. Winter (1980) zu einem Vergleich heranzieht, enthalten alle eine Möglichkeit, Aussparungsflächen in irgendeiner Form darzustellen.

Aussparungsflächen und unregelmäßige Ränder kann man günstig in völlig analoger Weise darstellen, wenn man geschlossene Polygone (vgl. hierzu z. B. Kruse, (1979)) einführt. Diese Definition ergibt sich bei Aussparungsflächen, die vollständig innerhalb der Zeichenfläche (Rechenfläche) liegen, von selbst. Bei Aussparungsflächen, die einen Teil eines Zeichenblatrandes beinhalten, die also dann unregelmäßige Ränder ergeben, nimmt man das entsprechende Randstück formal hinzu, um wieder ein geschlossenes Polygon zu erhalten.

Der wesentliche Schritt, der über den Vorteil oder Nachteil einer Methode entscheidet, ist die Kombination der geschlossenen Polygone, also der Aussparungsflächen und der unregelmäßigen Ränder, mit dem Höhenraster. Als Höhenraster legen wir einen Raster mit quadratischen Maschen zugrunde, und bei der Verknüpfung der

Aussparungsflächen mit dem Höhenraster lehnen wir uns in der graphischen Darstellung von Listen und Verkettungen stark an *Knuth* (1973), *Aho et al.* (1975), *Bertziss* (1971) und *Horowitz, Sahni* (1978) an. Diese Arbeit ist eine Folgearbeit zu *Ebner et al.* (1980). Jedoch ist das Konzept der vorgeschlagenen Methode überall dort anwendbar, wo ein regelmäßiger Raster (rechteckige oder quadratische Maschen) vorliegt.

2. Aussparungsflächen und unregelmäßige Ränder Definition als geschlossene Polygone

Wir wollen Aussparungsflächen und unregelmäßige Ränder stets als geschlossene Polygone definieren, wobei wir zusätzlich noch einen Umfassungssinn einführen. Wenn wir weiters vereinbaren, daß der Umfassungssinn immer in Uhrzeigerichtung verlaufen soll, und wir durch diese Art der Umfahrung stets die dadurch eingeschlossene Polygonfläche definieren wollen, können wir sämtliche Standardsituationen für Aussparungsflächen, wie z. B. Seen, Wälder, Straßen und die unregelmäßigen Ränder, erfassen. Wir müssen, um die angeführten Beispiele vollständig in jeder Position auf dem Zeichenblatt zu beherrschen, nur noch vereinbaren, daß Aussparungspolygone, die nicht völlig innerhalb der Zeichenfläche liegen, durch die entsprechenden Zeichenblattränder zu ergänzen sind. Diese Aussparungsflächen, die an ein Teilstück eines Blattrandes grenzen, definieren einen unregelmäßigen Rand, das heißt, in der Folge genügt es, von Aussparungsflächen zu sprechen, da dadurch der Begriff des unregelmäßigen Randes bereits inkludiert ist.

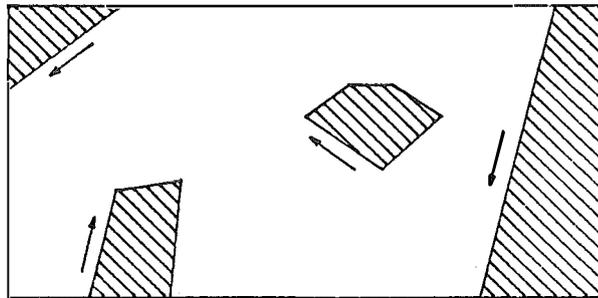


Abb. 1 Aussparungsflächen bzw. unregelmäßige Ränder mit angedeutetem Umfassungssinn

Nun können jedoch auch kompliziertere Aussparungsflächen auftreten, etwa ringförmige, wie sie sich z. B. bei einem See mit einer Insel zeigen. Nachdem wir den Umfassungssinn bereits fixiert haben, müssen wir, um diese Aussparungsflächen bearbeiten zu können, auch die Definition von Flächen zulassen, in denen gezeichnet werden soll. Wenn wir uns in der graphischen Darstellung an die Bezeichnung von *Sünkel* (1980) anlehnen, und Flächen, in denen gezeichnet werden soll, mit „+“ bezeichnen, und Flächen, die ausgespart werden sollen, mit „-“, so könnte ein Kartenblatt mit eingezeichneten geschlossenen Polygonen, die nun einerseits Aussparungsflächen und andererseits Flächen, in denen gezeichnet werden soll, symbolisieren, etwa wie in Abb. 2 aussehen.

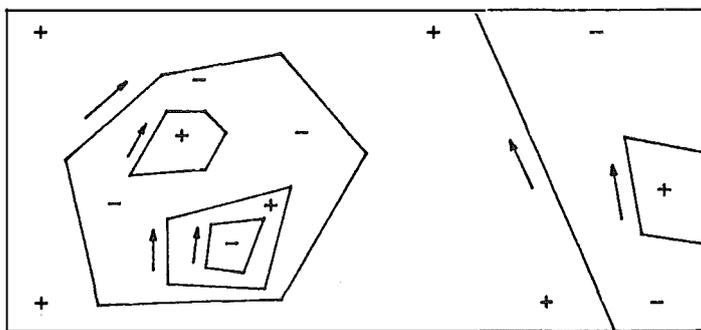


Abb. 2 Kompliziertere Aussparungsflächen

Bemerkung: Es wäre auch möglich, die Definition von Flächen, die durch ein Polygon eingeschlossen werden und in denen gezeichnet werden soll, zu vermeiden. Dazu müßte man nur vereinbaren, den Umfassungssinn auch gegen die Uhrzeiger zuzulassen. Dann könnte man durch ein geschlossenes Polygon stets eine Aussparungsfläche bzw. durch entsprechende Polygone auch ringförmige Aussparungsflächen definieren. Es bleibt Ermessenssache, eine Entscheidung zu treffen, doch dürfte es vielleicht für den Bearbeiter einfacher sein, nur einen Umfassungssinn mit der entsprechenden Bezeichnung der eingeschlossenen Fläche („+“ oder „-“) zuzulassen.

3. Verkettung der geschlossenen Polygone mit den Maschen des Höhenrasters

Nach der Definition der Aussparungsflächen und der unregelmäßigen Ränder durch Polygone müssen wir nun bei der Ableitung der Höhenlinien aus einem Höhenraster die Aussparungsflächen berücksichtigen, das heißt, wir müssen die Aussparungsflächen mit dem Höhenraster in irgendeiner Weise verknüpfen. Wir führen die Verknüpfung derart durch, daß wir die Schnittpunkte der Polygone mit dem Höhenraster berechnen und diese Schnittpunkte als Polygonpunkte definieren.

Anmerkung: Wie in Abschnitt 6 gezeigt wird, ist es nicht unumgänglich erforderlich, diese Schnittpunkte zu berechnen. Wir wollen sie an dieser Stelle nur der größeren Übersichtlichkeit halber einführen, und weil wir dadurch innerhalb einer Rastermasche einen Polygonschnitt, der auf einer Seite einer Masche des Höhenrasters beginnt und auf einer Maschenseite endet, definieren können. Dadurch können wir graphisch viel besser und einfacher die Verkettungen darstellen.

Jede Masche des Höhenrasters, die Schnittpunkte eines Polygons enthält, kennzeichnen wir besonders, damit wir später bei der Ableitung der Höhenlinien diese Maschen als Sonderfall behandeln. Dazu führen wir für jede Masche des Höhenrasters einen Pointer $\uparrow HM(I, J)$ ein, der angibt, daß durch die Masche (I, J) , wobei I, J etwa der linke untere Eckpunkt der Rastermasche sein soll, ein Polygon läuft und der gleichzeitig auf die Adresse eines Schnittpunkts des Polygons zeigt.

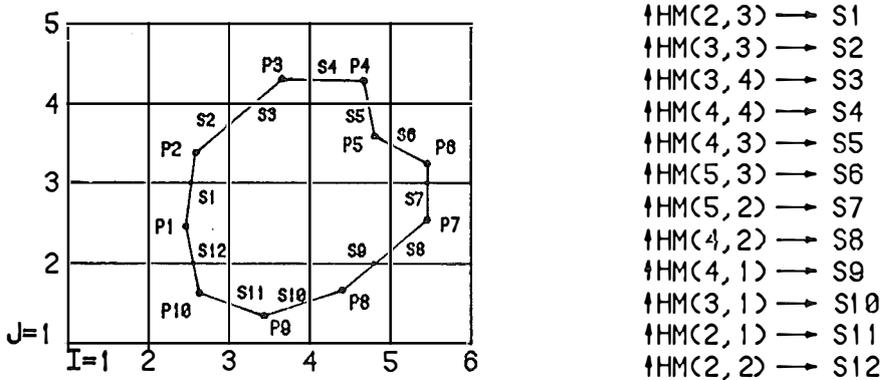


Abb. 3 Höhenraster mit einer Aussparungsfläche und den entsprechenden Maschenpointern
 $\uparrow \text{HM}(I, J)$

Damit man innerhalb einer Masche die gesamte Information über das Polygon erhalten kann, muß man die Polygonpunkte und die Schnittpunkte mit den Maschenseiten verknüpfen. Es genügt eine einfache Verkettung (vgl. z. B. *Knuth* (1973), *Aho et al.* (1975), *Berzitt* (1971), *Horowitz, Sahni* (1978)), wenn man bei der Schnittpunktberechnung systematisch, etwa in der Umfahungsrichtung dem Polygon folgend, vorgeht. Mit dieser einfachen Verkettung und dem Pointer $\uparrow \text{HM}(I, J)$ kann man für jede Masche sämtliche Punkte eines Polygons feststellen. Der letzte Punkt des Polygons, der zu einer Masche gehört, ist dann erreicht, wenn ein Schnittpunkt des Polygons mit dem Raster gefunden wird. Dies erkennt man an den Koordinaten des Punktes, da, lokal gesehen, mit dem Koordinatenursprung im Punkt I, J eine der beiden Lagekoordinaten 0 oder Δ , wenn man mit Δ die Länge der Maschenseite bezeichnet, sein muß, bzw. global gesehen, eine der beiden Koordinaten ein Vielfaches der Maschenseitenlänge Δ sein muß, also entweder $\text{mod}(x, \Delta) = 0$ oder $\text{mod}(y, \Delta) = 0$ sein muß, wenn x, y die Koordinaten des untersuchten Punktes sind. Wenn wir beispielsweise von der Masche (3, 1) der Abb. 3 die gesamte Information über den in dieser Masche relevanten Abschnitt des Polygons erhalten wollen, so finden wir zunächst über den Pointer $\uparrow \text{HM}(3, 1)$ als ersten Punkt S 10, dann den Punkt P 9 und schließlich S 11, der, wie der Ausgangspunkt S 10, wieder auf einer Maschenseite liegt und daher den Abschluß für die Masche (3, 1) bildet. Wenn durch eine Masche ein Polygon läuft, müssen also mindestens zwei Punkte, die auf Maschenseiten liegen, gefunden werden.

Eine Möglichkeit, die zwar im allgemeinen auch sehr selten auftreten wird, darf man nicht ausschließen, nämlich, daß durch eine Masche zwei oder mehrere verschiedene Polygone oder auch ein und dasselbe Polygon mehrmals läuft. Um diese Fälle behandeln zu können, führen wir einen Listenkopf ein, der zwei Pointer enthält, wobei der eine Pointer auf den ersten Polygonpunkt in dieser Masche zeigt und der zweite angibt, ob in dieser Masche weitere Polygonabschnitte verlaufen. Zeigt der zweite Pointer auf NIL, also auf ungültig, so gibt es in dieser Masche keine weiteren Polygonabschnitte mehr, ist er hingegen gültig, so findet man über diesen Pointer die Adresse des ersten Punktes dieses Polygonabschnittes. Die nachfolgende Abbildung möge das Prinzip verdeutlichen.

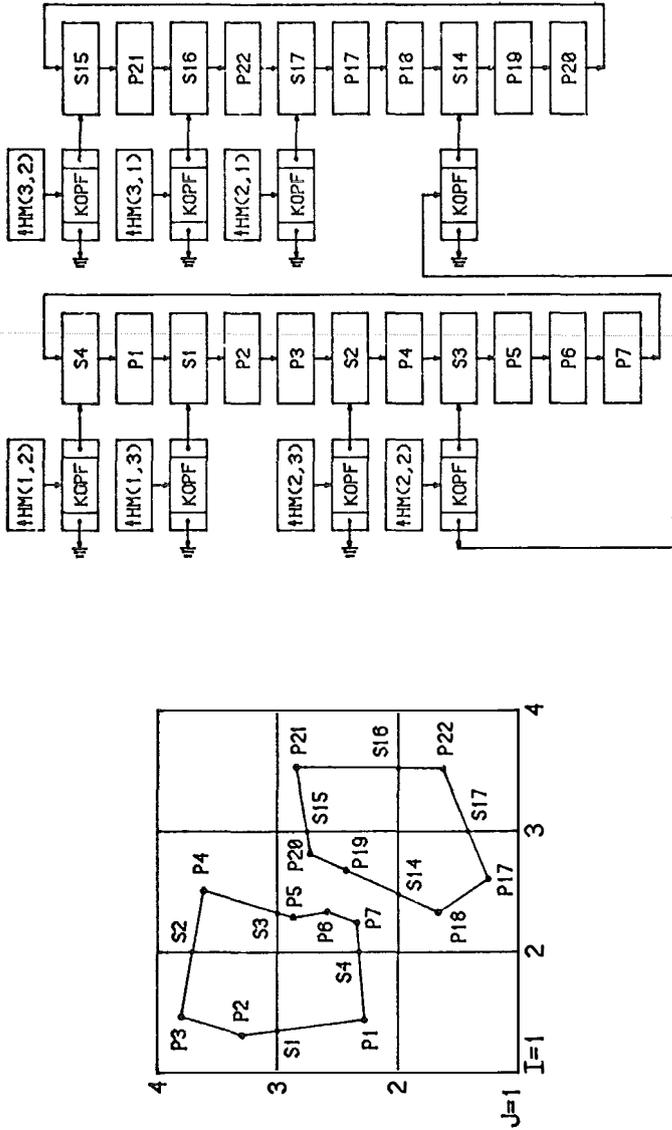


Abb. 4 Verkettung der Polygonpunkte, der Maschenpunkte \uparrow HM (1, J) und der Polygonabschnitte die innerhalb einer Masche liegen

Bemerkungen: Wie aus Abb. 4 ersichtlich ist, sind die Punkte eines geschlossenen Polygons zu einer kreisförmigen Liste (vgl. etwa *Knuth* (1973)) zusammengefaßt. Dadurch ist es möglich, von jedem beliebigen Punkt der Liste das gesamte Polygon zu durchlaufen.

Es mag überflüssig erscheinen, zu jedem $\uparrow\text{HM}$ (I, J), der auf einen Polygonpunkt zeigt, einen Kopf einzuführen. Man könnte zwar den Pointer $\uparrow\text{HM}$ (I, J) jeweils als doppelten Listenkopf zweier Listen einführen, wovon einer auf den Polygonpunkt zeigt und der zweite angibt, ob es in dieser Masche (I, J) noch einen weiteren Polygonabschnitt gibt, und dadurch den Kopf einsparen, doch global betrachtet würde dadurch weit mehr Speicherplatz benötigt werden. Denn der Kopf wird nur dann eingeführt, wenn in der Masche (I, J) ein Polygon verläuft. Der weitaus häufigere Fall ist jedoch, daß durch eine Masche kein Polygon läuft, dann genügt es, den Pointer $\uparrow\text{HM}$ (I, J) = NIL (bzw. wie wir später sehen werden, auf „+“ oder „-“) zu setzen. Bestände dieser Speicherplatz aus zwei Speichereinheiten, wäre die zweite immer dann überflüssig und damit verschwendet, wenn die erste auf NIL gesetzt wird, wenn also kein Polygon diese Masche schneidet.

Mit Hilfe der in Abb. 4 gezeigten Verkettungen ist es möglich, einerseits durch den Pointer $\uparrow\text{HM}$ (I, J) und andererseits durch die Verkettung der Polygonpunkte untereinander in der Masche (I, J) sämtliche Polygonpunkte, die in der Masche liegen bzw. auf den Rändern der Masche, zu finden.

4. Definition von Maschen, in denen gezeichnet werden soll und solchen, in denen nicht gezeichnet werden soll

Bei der in Abschnitt 3 angegebenen Verknüpfung der Polygone mit dem Höhenraster durch die Berechnung und Einfügung der Schnittpunkte des Polygons mit den Rasterseiten, die wir jetzt als bereits durchgeführt betrachten, ist es sinnvoll, darüber Buch zu führen, wie viele Schnittpunkte für jedes Polygon berechnet wurden. Damit ist es möglich, die Polygone nach ihrer Flächengröße festzulegen.

Die Maschen, die Polygonseiten enthalten, sind bereits aus Abschnitt 3 bekannt, das heißt, die Pointer $\uparrow\text{HM}$ (I, J) der entsprechenden Maschen zeigen schon auf die jeweilige Adresse. Alle anderen $\uparrow\text{HM}$ (I, J) derjenigen Maschen, die keine Polygonseite enthalten, sind noch unbearbeitet, für sie gilt etwa $\uparrow\text{HM}$ (I, J) = 0. Um nun die Pointer dieser Maschen in den entsprechenden Status zu bringen, also etwa $\uparrow\text{HM}$ (I, J) = „+“, wenn in dieser Masche gezeichnet werden soll, und $\uparrow\text{HM}$ (I, J) = „-“, wenn diese Masche völlig innerhalb einer Aussparungsfläche liegt und somit darin keine Höhenlinie gezeichnet werden darf, bearbeiten wir sämtliche geschlossenen Polygone der Reihe nach, wobei wir mit dem flächenkleinsten Polygon beginnen, damit wir nicht Gefahr laufen, eine bereits gewonnene Information zu zerstören (Pointer HM (I, J), die bereits bearbeitet wurden, die also $\neq 0$ sind, dürfen nicht mehr verändert werden!). Sämtliche Maschen, die noch unbearbeitet sind und die völlig innerhalb des aktuellen Polygons liegen, werden mit dem Symbol „+“ bzw. „-“, je nachdem, ob dieses Polygon eine Fläche, in der gezeichnet werden soll oder eine Aussparungsfläche repräsentieren soll, gekennzeichnet.

Wurden sämtliche Polygone bearbeitet, müssen alle noch unbearbeiteten Maschenpointer, also solche, für die $\uparrow\text{HM}$ (I, J) = 0 ist, auf „+“ gestellt werden.

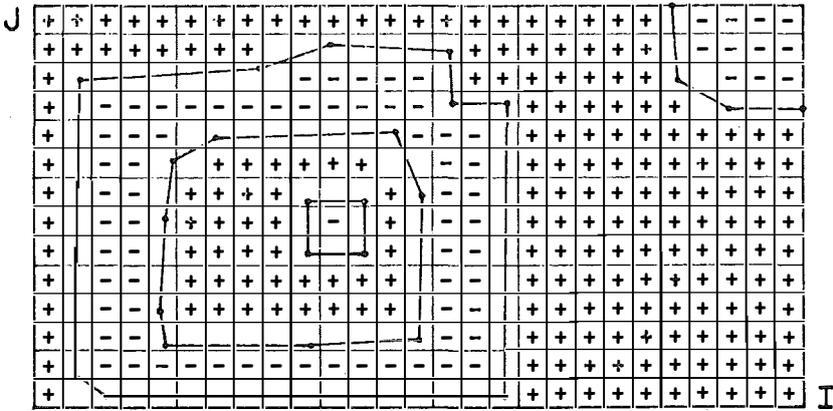


Abb. 5 Die Werte für den Pointer $t_{HM}(I, J)$ für ein Rasterfeld

In Abb. 5 haben wir die Werte des Pointers $t_{HM}(I, J)$ mit dem Rasterfeld kombiniert (vgl. auch *Sünkel*, (1980)). Bei den Maschen, die Polygonpunkte enthalten, muß man sich für den Pointer $t_{HM}(I, J)$ die entsprechende Adresse vorstellen, unter der der Beginn der Polygoninformation für diese Masche zu finden ist.

Mit der Wertzuweisung für den Pointer $t_{HM}(I, J)$, wobei sich I und J über das gesamte zu zeichnende Gebiet erstrecken, sind die vorbereitenden Arbeiten bezüglich der Aussparungsflächen abgeschlossen. Über den Pointer $t_{HM}(I, J)$ können nun sofort ohne Suchprozeß die für die Masche (I, J) relevanten Daten, die mit Aussparungsflächen in Verbindung stehen, erhalten werden.

5. Schnittpunkte der Höhenlinien mit den Polygonen der Aussparungsflächen

Bisher haben wir die Datenaufbereitung für die Aussparungsflächen vollkommen losgelöst von der Ableitung der Höhenlinien betrachtet. Nun, da die Schnittpunkte der Höhenlinien mit den Aussparungspolygonen zu berechnen sind, müssen wir auch vereinbaren, in welcher Weise und nach welcher Organisation die Höhenlinien gewonnen werden. Wir legen die in *Ebner et al.* (1980) beschriebene Methode zugrunde. Das bedeutet, wir setzen voraus, daß die Höhenlinien folgendermaßen gewonnen werden:

1. Es wird, beginnend bei den Blatträndern, nach dem Beginn einer Höhenlinie gesucht. Wird durch die Interpolation der Ausgangspunkt einer Höhenlinie festgelegt, so werden nachfolgend alle Schnittpunkte dieser aktuellen Höhenlinie mit dem Höhenraster durch Interpolation gewonnen, bis der Endpunkt der Höhenlinie erreicht ist. Diese Schnittpunkte der Höhenlinie mit dem Höhenraster bilden ein Höhenlinienpolygon.

2. Nach der Berechnung aller Höhenlinienpolygone werden durch Interpolation glatte, kontinuierliche Höhenlinien berechnet.

Nun müssen wir festlegen, wo wir den Schnitt machen und die Berücksichtigung der Aussparungsflächen einschieben. Es bieten sich zwei Methoden an. Bei der ersten seien die Höhenlinienpolygone für das ganze zu zeichnende Gebiet bereits ohne Berücksichtigung der Aussparungsflächen abgeleitet worden. Und bei der zweiten Methode wollen wir schon während der Ableitung der Höhenlinienpolygone die Aussparungsflächen berücksichtigen.

5.1. Die Berücksichtigung der Aussparungsflächen nach der Ableitung der Höhenlinienpolygone

Die bequemste und am einfachsten zu realisierende Methode ist die, daß Höhenlinienpolygone vorliegen und wir während der Berechnung der Verdichtungs-punkte für die Höhenlinie die Aussparungsflächen berücksichtigen. Der Vorgang könnte folgendermaßen vor sich gehen, wobei wir annehmen, daß wir bereits ein Höhenlinienpolygon in Arbeit haben und vom Punkt A bis zum Punkt L das Höhenlinienpolygon schon verdichtet haben, wie dies in Abb. 6 angedeutet ist:

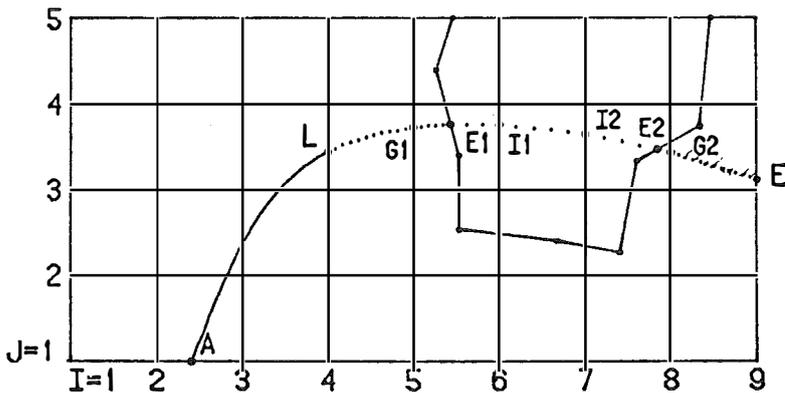


Abb. 6 Verdichtung eines Höhenlinienpolygons unter Berücksichtigung von Aussparungsflächen

[1] Nimm den nächsten Höhenlinienpolygonabschnitt. Prüfe, ob dieser Abschnitt (in unserer Ausgangsposition ist dies der Abschnitt L-G1) mit einer Aussparungsfläche in Zusammenhang steht. Dies ist der Fall, wenn $f_{HM}(I, J) \neq „+“$ ist. Ist dies der Fall, gehe nach [2], andernfalls interpoliere (und zeichne von L nach G1) und gehe nach [3].

[2] Aussparungsfläche. Wenn $f_{HM}(I, J)$ für die aktuelle Masche „-“ ist, gehe (ohne zu interpolieren, da der aktuelle Höhenlinienpolygonabschnitt völlig innerhalb einer Aussparungsfläche liegt) nach [3]. Andernfalls wurde eine Masche gefunden, die einen oder mehrere Aussparungspolygonabschnitte enthält. Prüfe nach jedem interpolierten Zwischenpunkt, ob sich mit dem Polygon ein sinnvoller Schnittpunkt ergibt. Ist dies der Fall, so ersetze den interpolierten Punkt durch den Schnittpunkt (sonst läge der letzte interpolierte Punkt bereits in der Aussparungsfläche). Interpoliere weiter (dies ist notwendig, weil die Höhenlinie nochmals ein Polygon schneiden kann und somit ab diesem Schnittpunkt wieder zu zeichnen ist, vgl. Abb. 7) und prüfe, ob sich weitere Schnittpunkte mit einer Aussparungsfläche in dieser Masche ergeben.

Ist der Endpunkt des Höhenlinienabschnittes in dieser Masche erreicht, gehe nach [3]. Anmerkung: Es muß nicht zwangsläufig ein Schnittpunkt gefunden werden, da die Höhenlinie diese Masche auch verlassen kann, ohne die Aussparungsfläche zu schneiden.

[3] Prüfe, ob die Höhenlinie schon zu Ende ist. Wenn ja, gehe nach [4], ansonsten gehe nach [1].

[4] Ende.

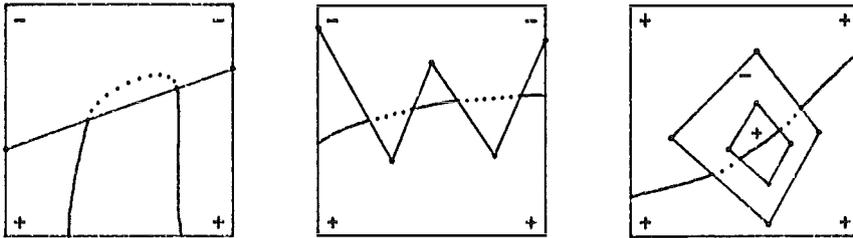


Abb. 7 Höhenlinien, die innerhalb einer Masche mehrmals Aussparungspolygone schneiden

Wenn wir die Höhenlinienpunkte speichern wollen, können wir nach der Interpolation der Zwischenpunkte die Punkte E1 und E2 (vgl. Abb. 6) als Endpunkt bzw. Anfangspunkt deklarieren.

5.2. Die Berücksichtigung der Aussparungsflächen während der Ableitung der Höhenlinienpolygone

Die Rechtfertigung dieser Methode gegenüber der in 5.1. angegebenen ist nur dann gegeben, wenn wir mit Gebieten arbeiten, die einen hohen Prozentsatz an Aussparungsflächen aufweisen. Denn dann fällt die Interpolation von Höhenlinienpolygonpunkten in Gebieten, die bei der Zeichnung der Höhenlinien ausgespart werden, ins Gewicht, und dann ist es sinnvoll, die Interpolation in den Aussparungsgebieten zu vermeiden. Das Problem, das dieser viel eleganteren Methode anhaftet, sei kurz analysiert.

Greifen wir die Masche der Abb. 8 heraus. Wir setzen voraus, daß wir mit einem Höhenlinienpolygon bis zum Punkt G gelangt sind und nun die Aufgabe haben, den nächsten Punkt des Höhenlinienpolygons zu finden. Der nächste Punkt wäre I1, dieser liegt aber, wie angedeutet, in einer Aussparungsfläche. Den Schnittpunkt E1 mit der Aussparungsfläche können wir aber zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht berechnen, da dies erst bei der Verdichtung der Höhenlinie möglich wird, denn erst während der Verdichtung werden beispielsweise die Tangenten in den Punkten G und I1 berechnet (vgl. hierzu *Hofmann-Wellenhopf*, (1981)). Das heißt, wir müssen etwa das Höhenlinienpolygon vorläufig beim Punkt G beenden und diesen Punkt entsprechend deklarieren, damit wir beim Verdichten die Höhenlinie nicht im Punkt G abbrechen, sondern bis zum Punkt E1 fortsetzen.

Vor einem in der Literatur häufig zu findenden Fehler sei hier gewarnt. Es wäre falsch, die *lineare* Verbindung zwischen G und I1 mit dem Aussparungspolygon zu

schneiden und den dadurch erhaltenen Punkt F als Höhenlinienpolygonpunkt zu erklären. Der Unterschied zwischen dem tatsächlichen Höhenlinienpunkt E1 und dem falschen Punkt F ist in Abb. 8, wenn auch stark übertrieben, zu sehen.

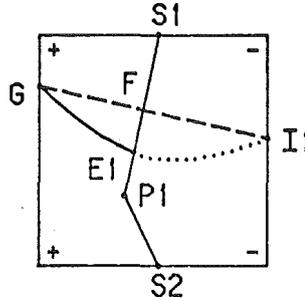


Abb. 8 Unterschied zwischen tatsächlichem Verlauf einer Höhenlinie von G nach I1 und der linearen Verbindung dieser beiden Punkte

Der Nachteil, daß die Schnittpunkte der Höhenlinien mit den Aussparungsflächen erst während der Verdichtung der Höhenlinienpolygone zu glatten Höhenlinien gefunden werden können, bewirkt, daß man die gesamte Information der Aussparungsflächen auch noch bei der Verdichtung benötigt. Auf der anderen Seite steht der Vorteil, daß in all den Maschen, für die der Pointer $\uparrow\text{HM}(I, J) = \text{„-“}$ ist, während der Ableitung der Höhenlinienpolygone nicht interpoliert werden muß.

Eine Ergänzung sei noch zugunsten der in diesem Abschnitt angeführten Methode gemacht. Für die Berücksichtigung der Aussparungsflächen während der Ableitung der Höhenlinienpolygone benötigt man nicht die Koordinaten der Punkte der Aussparungspolygone, diese können etwa auf einer externen Einheit abgelegt werden, sondern nur das Pointerfeld $\uparrow\text{HM}(I, J)$, da die Schnittpunkte der Höhenlinien mit den Aussparungsflächen erst bei der Verdichtung der Höhenlinien berechnet werden.

6. Schlußbemerkungen

Wie schon in Abschnitt 3 bemerkt wurde, kann eine wesentliche Speicherplatzersparnis erreicht werden, wenn man die Schnittpunkte der Polygone mit den Rastermaschen nicht berechnet und speichert. Dadurch geht zwar die Definition des Polygonabschnittes in der Masche verloren, da die Schnittpunkte auf den Maschenseiten nicht mehr im Speicher existieren, doch kann man nun die Polygoninformation, die für eine Masche relevant ist, dadurch formulieren, daß man die beiden Punkte, die zwar nicht mehr in der Masche liegen, die aber noch zu dem Polygonabschnitt, der die Masche durchläuft, gehören, miteinbezieht. Die Verknüpfung mit dem Pointer $\uparrow\text{HM}(I, J)$ ist dann insoweit zu ändern, daß der Kopf, der zum Pointer $\uparrow\text{HM}(I, J)$ gehört, jeweils auf den Punkt zeigt, der noch nicht in der Masche (I, J) liegt (oder höchstens exakt auf einer der Maschenseiten der Masche (I, J)), dessen Nachfolgerpunkt aber unter Berücksichtigung des Umfahrungssinns entweder in der Masche (I, J) liegt, oder auf einer Maschenseite der Masche (I, J) liegt oder auch außerhalb der Masche (I, J) liegen kann, wobei aber dann die lineare Verbindung der beiden Punkte die Masche (I, J) schneiden muß.

Beziehen wir uns auf die Abb. 4 des Abschnittes 3, so müßten wir zunächst die Verkettung ändern, indem wir die Pointer (Verkettungen) der Köpfe auf den jeweiligen Vorgängerpunkt zeigen lassen und sodann sämtliche Schnittpunkte der Polygone mit dem Höhenraster, also sämtliche Punkte, die mit dem Buchstaben S beginnen, herausstreichen.

Bezüglich der Verkettungsstruktur ist der Fall interessant, bei welchem innerhalb einer Masche kein Polygonpunkt liegt, die Masche aber dennoch von einer Polygonseite geschnitten wird. Im nachfolgenden Beispiel haben wir diesen Fall herausgegriffen.

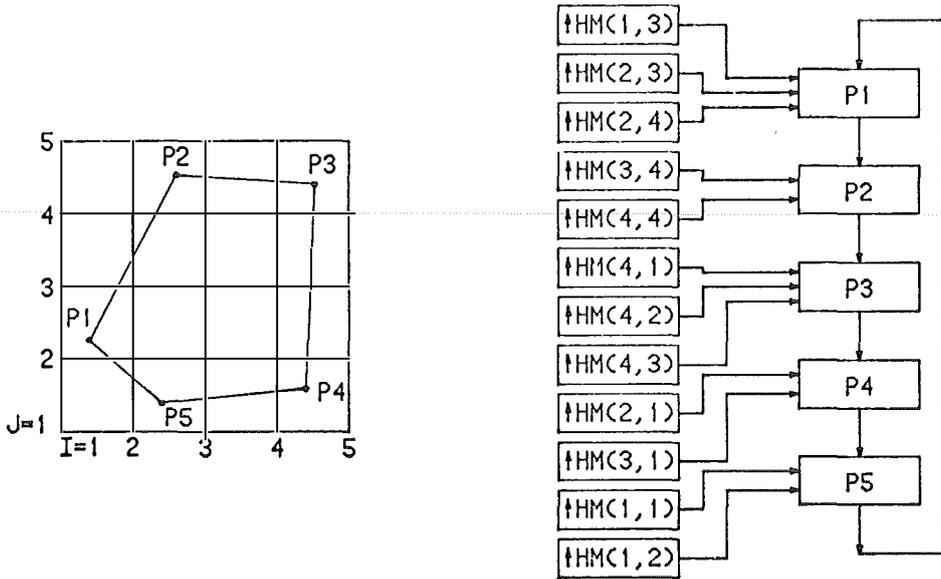


Abb. 9 Verkettung der Pointer $\uparrow HM(I, J)$ mit einem Aussparungspolygon ohne Berechnung der Schnittpunkte auf den Maschenseiten

Der Vollständigkeit halber können wir noch die vier fehlenden Pointer des Rasters von Abb. 9 angeben. Wenn wir die vom Polygon P1 bis P5 eingeschlossene Fläche als Aussparungsfläche betrachten, so ergibt sich für die Pointer $\uparrow HM(2, 2)$, $\uparrow HM(3, 2)$ und $\uparrow HM(3, 3)$ der Wert „-“, das heißt, diese Maschen sollen völlig frei von Höhenlinien bleiben, hingegen erhält der Pointer $\uparrow HM(1, 4)$ den Wert „+“, also sollen Höhenlinien, die in der Masche (1, 4) verlaufen, gezeichnet werden.

In Abb. 9 wurden die Listenköpfe, auf die der Pointer $\uparrow HM(I, J)$ zeigt, nicht eingezeichnet. Sie sind bei diesem Beispiel auch nicht notwendig, da jede Masche von höchstens einem Polygon geschnitten wird.

Das Sammeln der Information über Aussparungsflächen erfolgt wie in Abschnitt 3. Über den Pointer $\uparrow HM(I, J)$ wird der Startpunkt gefunden, und über die kreisförmige Liste der Polygonpunkte werden dann so lange Fortsetzungspunkte gesammelt, bis ein Polygonpunkt außerhalb der aktuellen Masche (I, J) liegt. Beispielsweise für die Masche (2, 1) der Abb. 9 wird zunächst über den Pointer $\uparrow HM(2, 1)$

der Punkt P 4 gesammelt, danach P 5, der innerhalb der Masche (2, 1) liegt und schließlich P 1, der außerhalb der Masche liegt und damit der letzte relevante Punkt für die Masche (2, 1) ist.

Abschließend sei noch der Grundgedanke der gesamten Konzeption für die Verwaltung der Aussparungsflächen angedeutet. Es wurde Wert darauf gelegt, daß sämtliche Polygone Punkt für Punkt nur ein einziges Mal bearbeitet werden, nämlich bei der Verkettung und der Aufbereitung der Pointer tHM (I, J). Nach diesem Vorbereitungsschritt wird immer nur mehr lokale Information, die sofort über die Pointer tHM (I, J) erhalten werden kann, benötigt.

Literatur

Aho, A. V., J. E. Hopcroft, J. D. Ullman (1975): The design and analysis of computer algorithms. Addison-Wesley Company, X + 470 Seiten.

Bertiss, A. T. (1971): Data structures. Theory and practice. Academic Press. London, New York, XII + 442 Seiten.

Ebner, H., B. Hofmann-Wellenhof, P. Reiß, F. Steidler (1980): HIFI – Ein Minicomputer-Programmsystem für Höheninterpolation mit finiten Elementen. Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 5, Mai 1980, Seiten 215–224.

Hofmann-Wellenhof, B. (1981): The use of linear lists for the derivation of contour lines from heights at a regular grid and along irregular break lines. Manuscripta geodaetica, Vol. 6 (1981), Seiten 355–374.

Horowitz, E., S. Sahni (1978): Fundamentals of computer algorithms. Pitman, London, XIV + 626 Seiten.

Knuth, D. E. (1973): The art of computer programming. Band 1. Fundamental algorithms. Addison-Wesley Publishing, XXI + 638 Seiten.

Koch, K. R. (1973): Digitales Geländemodell und automatische Höhenlinienzeichnung. Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 8, August 1973, Seiten 346–352.

Kruse, I. (1979): TASH – Ein System zur EDV-unterstützten Herstellung topographischer Grundkarten. Hannover. DK 528.93, Seiten 95–107.

Sünkel, H. (1980): A general surface representation module designed for Geodesy. Reports of the Department of geodetic science. No. 292. The Ohio State University, Columbus, Ohio, VI + 158 Seiten.

Winter, R. (1980): Vergleich digitaler Geländemodelle. 14th Congress of the International Society for Photogrammetry. Hamburg, 13.–25. Juli 1980.

Manuskript eingelangt: Oktober 1982.

Die Bedeutung der Erdmessung in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

Von K. Ramsayer

Manuskript des Festvortrages, den der inzwischen verstorbene Prof. Ramsayer aus Anlaß der Verleihung der Friedrich-Hopfner-Medaille am 31. 8. 1982 im Rahmen der ÖKIE halten wollte. Seine plötzliche Erkrankung verhinderte diese Präsentation.

Es sind noch keine 300 Jahre her, daß die Menschheit davon überzeugt war, daß die Erde eine Scheibe ist. Ja, vor kurzem habe ich in der Zeitung gelesen, daß es in den Vereinigten Staaten von Amerika heute noch einen Verein gibt, der diese Auffassung vertritt. Welche Schwierigkeiten bei der Vermessung dieser Erdscheibe auftreten würden, wenn wir an den Rand des Okeanos kommen, muß ich Ihrer Phantasie überlassen. Pythagoras wird als Erstem die Postulation der Kugelgestalt der Erde zugeschrieben. Diese Vorstellung wird von Aristoteles im 4. Jahrhundert vor Chr. erhärtet.

Die erste Messung der Größe der Erdkugel verdanken wir Eratosthenes, der im 3. Jahrhundert vor Chr. gelebt hat. Er bestimmte den Breitenunterschied zwischen Alexandrien und Syene, die genähert auf demselben Meridian liegen, mit Hilfe von Sonnenbeobachtungen zu $1/50$ des Vollkreises. Die Entfernung wurde nach den gründlichen Untersuchungen von K. P. Schwarz [1] vermutlich durch amtliche Schrittzähler zu 5000 Stadien ermittelt. Hieraus und aus dem gemessenen Zentriwinkel folgt ein Erdumfang von 250.000 Stadien oder umgerechnet von rund 37.400 km. Diese erste, bereits erstaunlich genaue Bestimmung der Größe der Erde ist eine Großtat ersten Ranges, wenn wir bedenken, daß zur damaligen Zeit nur eine verschwindend kleine Minderheit von der Kugelgestalt der Erde überzeugt war. Der Anlaß war nach [1] der Plan, eine neue Karte des bewohnbaren Teils der Erde zu entwerfen. Daß dies bei großen Gebieten nicht ohne Berücksichtigung der Erdkrümmung geht, war damals nicht selbstverständlich. Die zweite Bestimmung der Größe der Erdkugel mit Hilfe des Meridianbogens Alexandrien – Rhodos durch Posidonius etwa 100 Jahre vor Chr. läßt vermuten, daß damals schon ihre große Bedeutung für die Schiffsnavigation erkannt wurde.

Nach diesen hoffnungsvollen Anfängen der Erdmessung war leider 900 Jahre Ruhe. Die Breitengradmessung der Araber im Jahre 827 nach Chr. in der Nähe von Bagdad dürfte auf das Abendland wenig Einfluß gehabt haben. Hier gab erst im Jahre 1525 der französische Arzt Fernel mit seiner Gradmessung von Paris nach Amiens einen neuen Anstoß. Er hat die Distanz mit einem Wagenrad gemessen.

Bemerkenswert ist, daß im Zeitalter der Entdeckungen die Kenntnis von der Kugelgestalt der Erde eine wichtige Rolle spielte. Ich erinnere an Columbus, dem wir die Entdeckung Amerikas deshalb verdanken, weil er überzeugt war, daß wegen der Kugelgestalt der Erde Indien auch auf einem westlichen Kurs erreichbar sein müsse. Um diese Zeit entstanden auch eine Reihe von See- und Weltkarten, darunter auch die Karte von Mercator, deren Projektion heute noch in der Schifffahrt weltweit angewendet wird.

Die Hauptschwierigkeit bei den bisherigen Versuchen, die Größe der Erdkugel zu bestimmen, war das Unvermögen, große Entfernungen mit ausreichender Genauigkeit zu messen. Das Meßrad bedeutete zwar einen Fortschritt gegenüber der Schrittzählung, war aber nicht das richtige Werkzeug, mit den Geländeschwierigkeiten fertig zu werden. Diese Schwierigkeiten wurden durch die Einführung der Triangulation durch

den Holländer Willebrord Snellius überwunden. Nunmehr war es möglich, durch Messen der Winkel in einer Dreieckskette und Messen einer relativ kurzen Strecke in günstigem Gelände große Strecken mit bisher unerreichter Genauigkeit zu bestimmen. Diese neue Technik gab den Anstoß für eine größere Zahl von Gradmessungen im 17. und 18. Jahrhundert. Hier sind insbesondere die auf Initiative der französischen Akademie der Wissenschaften in Paris durchgeführten Gradmessungen hervorzuheben, die neben der Bestimmung der Größe der Erde auch die Herstellung einer genauen Karte von Frankreich zum Ziel hatten. Der 1669 bis 1670 von Picard gemessene Meridianbogen ist nach Perrier [2] „die erste wirklich ernstzunehmende Bestimmung der Dimensionen unserer Erde“. Der daraus abgeleitete Erdradius bestätigte Newton's Theorie von der gegenseitigen Anziehung von Erde und Mond.

Nach der Newton'schen Gravitationstheorie sollte die Erde keine Kugel, sondern ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid sein. Diese Theorie stand zunächst in Widerspruch zu der von Cassinis aus dem verlängerten Picard'schen Meridianbogen abgeleiteten Feststellung, daß die Rotationsachse der Erde größer sei als der Äquatordurchmesser. Dieser Widerspruch zwischen Theorie und Praxis wurde durch die berühmten französischen Gradmessungsexpeditionen nach Peru und Lappland zugunsten der Newton'schen Theorie entschieden. Damit war auch experimentell bewiesen, daß die Erde an den Polen abgeplattet ist. Diese wichtige Bestätigung der Theorie hatte eine Reihe von Gradmessungen zur möglichst genauen Bestimmung der Meridianellipse zur Folge, auf die später noch kurz eingegangen wird.

Der gegen Ende des 18. Jahrhunderts während der französischen Revolution von Delambre und Méchain zwischen Barcelona und Dünkirchen gemessene Meridian von Paris verdient besonders hervorgehoben zu werden. Diese Messung diente zur Festlegung des Meters als fundamentale Längeneinheit, der als zehnmillionster Teil der Erdquadranten definiert wurde. Diese Definition war zwar nach unseren heutigen Begriffen denkbar ungeeignet für die Festlegung einer Maßeinheit, da sie praktisch nicht mit einem vertretbaren Aufwand und der erforderlichen Genauigkeit reproduzierbar war. Der Meter hat sich jedoch, wenn auch mit anderer Definition, als Längeneinheit weitgehend durchgesetzt und die verwirrende Fülle der früher gebräuchlichen Maßeinheiten abgelöst.

Nach der Einführung der Triangulation, der Entwicklung genauer Basismessapparate und der Verbesserung der Beobachtungsinstrumente wurden zahlreiche Gradmessungen durchgeführt, teils wie bisher in Meridianrichtung, teils in Parallelkreisrichtung. Bei diesen Längengradmessungen mußten vor der Erfindung von Telegraph und Radio astronomische Längendifferenzen durch Feuersignale bestimmt werden. Auch schiefe Gradmessungen wurden durchgeführt. Aus diesen Gradmessungen wurde unter Anwendung der von Carl Friedrich Gauß entwickelten Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate eine Reihe von Erdellipsoiden abgeleitet. Unter diesen möchte ich die Ellipsoide von Bessel und Clarke hervorheben, die in vielen Ländern, z. B. in Deutschland und Österreich bzw. in England und den USA, praktisch angewendet wurden. Sie lieferten nicht nur einen Beitrag zur Bestimmung der Größe und Form des Erdellipsoids, sondern bildeten auch die Grundlage für die Landesvermessung und die Herstellung von Karten und Plänen.

Besondere Bedeutung hat das von Hayford für das Triangulationsnetz der Vereinigten Staaten von Amerika nach der Flächenmethode abgeleitete Ellipsoid erlangt. Es wurde 1924 von der Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik in Madrid als internationales Erdellipsoid angenommen. Diese Konvention hat sich als überaus segensreich erwiesen, obwohl die Abstimmung zugunsten des Hayford-Ellipsoids mit hauchdünner Mehrheit erfolgte und uns heute genauere Ellipsoiddimensionen zur Verfügung stehen. So beziehen sich z. B. die

Flugkartenwerke weltweit einheitlich auf das internationale Erdellipsoid. Würden sie sich wie die nationalen Kartenwerke auf die nationalen Referenzellipsoide abstützen, würde die Genauigkeit moderner Navigationsverfahren an den Ellipsoidübergängen merklich gestört werden.

Zur bestmöglichen Bestimmung des Erdellipsoids mit Hilfe von Gradmessungen war eine internationale Zusammenarbeit unerlässlich. Dies führte zum Zusammenschluß der meisten Kulturstaaten zur „Internationalen Erdmessung“. Der Initiator war Generalleutnant Baeyer. Auf seine Veranlassung lud Preußen 1862 Bevollmächtigte von Preußen, Sachsen und Österreich zu einer ersten Beratung über den Zusammenschluß der in diesen Ländern vorhandenen Dreiecksketten zu einer mitteleuropäischen Gradmessung nach Berlin ein. Die Idee fiel auf fruchtbaren Boden. Sie führte zur Gründung des Preußischen Geodätischen Instituts in Potsdam und zur Einrichtung eines Zentralbüros der inzwischen zur „Europäischen Gradmessung“ erweiterten Vereinigung. Hieraus ging 1886 die „Internationale Erdmessung“ hervor, der vor Beginn des zweiten Weltkriegs 17 europäische und 4 amerikanische Staaten sowie Australien und Japan angehörten. Nach dem ersten Weltkrieg ist aus dieser Vereinigung die Internationale Assoziation für Geodäsie innerhalb der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik hervorgegangen.

Zu den wichtigsten Zielsetzungen der internationalen Erdmessung gehörte die Bestimmung eines mittleren, für die ganze Erde gültigen und eindeutig gelagerten Erdellipsoids und der Zusammenschluß der nationalen Triangulationsnetze zu einem weltweit einheitlichen Bezugssystem. Der Zusammenschluß der Netze ist unerlässlich, wenn der Übergang von einem Bezugssystem zu einem anderen ohne Genauigkeitsverlust erfolgen soll. Als praktisches Beispiel für den Zusammenschluß kontinentaler Netze sei das europäische UTM-System genannt. Die militärischen Karten aller europäischen Staaten, mit Ausnahme der Ostblockstaaten, beziehen sich auf das Europäische Dreiecksnetz 1950, das auf dem Hayford-Ellipsoid ausgebreitet ist. Auch die militärischen und zivilen Funknavigationshilfen dieser Länder sind in diesem Bezugssystem koordiniert. Die Vorteile des einheitlichen Bezugssystems konnten wir bei der Flugerprobung unseres integrierten Navigationsverfahrens wiederholt feststellen.

Der Zusammenschluß der kontinentalen Netze über die Ozeane hinweg bereitete jedoch zunächst unüberwindliche Schwierigkeiten. Man hoffte jedoch mit Hilfe von Schweremessungen weiterzukommen, zumal die theoretischen Grundlagen für ihre geodätische Anwendung bereits weitgehend erforscht waren. Clairaut hatte schon 1743 gezeigt, daß die Abplattung der Erde mit Hilfe von Schweremessungen bestimmt werden kann. Stokes hat seine berühmte Formel zur Ermittlung des Geoids aus Schweremessungen 1849 veröffentlicht, also zu einer Zeit, in der an eine praktische Anwendung noch nicht zu denken war. Erst etwa 100 Jahre später war die Technik der Schweremessungen so weit fortgeschritten, daß die von Stokes geforderte weltweite Kenntnis der Schwere nicht mehr völlig utopisch war, insbesondere nachdem die Schwere auch auf See gemessen werden konnte. Die Bestimmung von absoluten, auf ein mittleres Erdellipsoid bezogenen Lotabweichungen aus Schweremessungen nach dem von Vening Meinesz 1928 angegebenen Verfahren hing also im wesentlichen von der weltweiten Verdichtung der Schweremessungen ab. Konnte diese Voraussetzung erfüllt werden, dann könnten die relativen Lotabweichungen in den nationalen Vermessungssystemen auf absolute Lotabweichungen reduziert werden, wodurch ein Zusammenschluß der Netze möglich würde. Dieses Verfahren hätte vermutlich viele Generationen beschäftigt.

Wenn auch die heute verfügbaren terrestrischen Schweremessungen für einen zufriedenstellenden Zusammenschluß der Kontinentalnetze nicht ausreichen, so sind

sie doch für die Geophysik für das Studium der Massenverteilung der Erde, z. B. für die Überprüfung der Isostasie äußerst wichtig. Schweremessungen sind auch notwendig für moderne Präzisionsnivellements zur Erfassung des theoretischen Schleifen-schlußfehlers oder zur Bestimmung geopotentieller Koten. Besonders bedeutungsvoll ist die Entwicklung eines absoluten Schweremessers, mit dem zeitliche Änderungen der Schwere mit einer Genauigkeit von einigen Mikrogal gemessen werden können.

Fassen wir den Stand der Erdmessung bis zur Mitte der fünfziger Jahre unseres Jahrhunderts zusammen. Wir verfügen über eine große Zahl von Erdellipsoiden, von denen das Hayford-Ellipsoid als Internationales Erdellipsoid erklärt wurde. Alle diese Ellipsoide sind für das Land, in welchem sie angewendet werden, sog. bestanschließende Referenzellipsoide, deren Achsen genähert parallel zur mittleren Erdachse sind, deren Mittelpunkte jedoch bis zu einigen hundert Metern vom Schwerpunkt der Erde abweichen. Die Referenzellipsoide passen also nicht zusammen. Die Folge ist, daß an den Nahtstellen zweier Vermessungssysteme große Klaffungen auftreten können. Die Referenzellipsoide und die darauf bezogenen Festpunktskoordinaten sind jedoch in der Regel für die nationalen Landes- und Katastervermessungen und die amtlichen Kartenwerke ausreichend. Auf dem Festland können benachbarte Vermessungssysteme durch eine gemeinsame Ausgleichung zu einem einheitlichen Bezugssystem zusammengeschlossen werden. Als Beispiel sei das Europäische Dreiecksnetz genannt, das, wie bereits erwähnt, die Grundlage für die UTM-Koordinaten der westeuropäischen Länder bildet. Ein weltweiter Zusammenschluß über die Ozeane hinweg war jedoch Mitte der fünfziger Jahre noch nicht realisierbar.

Auch die Höhensysteme sind meist von Land zu Land verschieden. Nominell bestimmt jedes Land Meereshöhen. Die Festlegung des Meeresniveaus ist jedoch nicht einheitlich. Die Höhenbezugsflächen verschiedener Länder können um einen Meter und mehr voneinander abweichen. Auch die Definition der Höhen ist nicht einheitlich. Strenge orthometrische Meereshöhen werden nirgends verwendet. Die für genaue Höhenbestimmungen durch Nivellements erforderlichen Schweremessungen werden nur in wenigen Ländern durchgeführt. Die Vielzahl der Höhensysteme läßt sich für aneinandergrenzende Länder durch Zusammenschluß reduzieren, was z. B. beim Europäischen Nivellementsnetz demonstriert wurde, wodurch u. a. die Pegelstände der angrenzenden Meere miteinander verglichen werden konnten.

Für die streng dreidimensionale Festlegung von Punkten sind die Meereshöhen wenig geeignet, da sie sich auf eine genähert mit dem Geoid zusammenfallende Niveauläche beziehen, deren Abstände vom Referenzellipsoid für die Lagemessungen noch vor zwanzig Jahren nur auf etwa 10 Meter genau bekannt waren.

Die in den sechziger Jahren aufkommende Satellitengeodäsie brachte die Erdmessung in den letzten 20 Jahren weiter als in den vergangenen 2000 Jahren. Der National Geodetic Survey der USA schuf unter der Leitung von Helmut Schmid das Satelliten-Weltnetz. Bei diesem Netz wurden aus photogrammetrischen Richtungs-messungen zu einem Ballon-Satelliten gegen den Sternhintergrund die geozentrischen Koordinaten von 45 weltweit verteilten Punkten mit einer Genauigkeit von etwa 5 Meter bestimmt. Damit war die Grundlage für den Zusammenschluß der verschiedenen Vermessungssysteme zu einem einheitlichen Weltnetz in wenigen Jahren geschaffen worden. Eines der wichtigsten Ziele der internationalen Erdmessung war damit erreicht. Ohne die Satellitengeodäsie hätte diese Aufgabe sicher noch Generationen von Geodäten beschäftigt.

Die Schaffung eines einheitlichen genauen Weltnetzes, bisher hauptsächlich durch den Hang der Geodäten zum Perfektionismus motiviert, war durch die Raumfahrt dringend notwendig geworden. So erfordert z. B. die Vermessung der Bahn eines Satelliten eine Reihe von weltweit verteilten Beobachtungsstationen, deren

räumliche Positionen sehr genau bekannt sein müssen. Auch für die genaue Kenntnis des Schwerefeldes der Erde lag nun ein echtes Bedürfnis vor, da die Bahnen der Satelliten durch die Unregelmäßigkeiten des Schwerefeldes wesentlich beeinflusst wurden. Auch diese Forderung konnte mit Hilfe der Satellitenbeobachtungen erfüllt werden. Die dynamische Satellitengeodäsie ermöglichte es, die Koeffizienten der Kugelfunktionsentwicklung des Schwerepotentials mit einer Genauigkeit und bis zu einem Grad zu bestimmen, die bisher nicht erreichbar waren.

Die Satelliten ermöglichten nicht nur, die Fernziele der internationalen Erdmessung innerhalb weniger Jahre zu erreichen. Sie erschlossen auch neue Möglichkeiten der Navigation. Schon in den Anfängen der Satellitentechnik wurde zielstrebig der Plan verfolgt, für die Polaris-Unterseeboote der US-Navy ein weltweites und genaues Ortungsverfahren zu schaffen. Dies führte zur Entwicklung des Transit-Navigationssystems, das heute als Navy Navigation Satellite System (NNSS) bezeichnet wird. Dieses Navigationssystem, bei dem durch Abzählen der Dopplerfrequenz des vom Satelliten ausgestrahlten Signals weltweit der momentane Standort mit einer Genauigkeit von etwa 100 m bestimmt werden kann, ist ein autarkes, völlig neuartiges Vermessungs- und Navigationssystem. Aus den Dopplerbeobachtungen konnten die räumlichen Koordinaten der Bahnvermessungsstationen, die Koeffizienten des Gravitationsfeldes, die Daten für die Bahnvorhersage und schließlich der Standort von Schiffen ermittelt werden. Nach der Freigabe für den zivilen Gebrauch wurde es nicht nur für die Navigation, sondern sehr bald auch für Vermessungszwecke eingesetzt. Hier kann man durch die Beobachtung von 40–50 Durchgängen und den sogenannten Broadcast-Ephemerides eine Ortungsgenauigkeit von etwa 5 m und mit den „Precise Ephemerides“ oder durch die gleichzeitige Beobachtung von verschiedenen Punkten aus und Anwendung des Translokationsverfahrens eine Genauigkeit von 1 Meter erreichen. Damit verfügen wir über ein außerordentlich leistungsfähiges globales Vermessungswerkzeug für die Bestimmung von Festpunkten in nicht oder unzureichend vermessenen Gebieten und für die Kontrolle und Verbesserung bestehender Vermessungsnetze. So konnte z. B. zu Anfang dieses Jahres von der BRD im Rahmen der Entwicklungshilfe innerhalb weniger Wochen das Rahmennetz für die Vermessung der Elfenbeinküste mit Hilfe von Dopplerbeobachtungen geschaffen werden. Als praktische Nutzenanwendung seien noch erwähnt die Einmessung von Bohrinseln, die Ortung von Vermessungsschiffen und die Festlegung von Seerechtsgrenzen. Schließlich möchte ich noch darauf hinweisen, daß die so erfolgreichen Tiefseebohrungen der Glomar Challenger voraussetzten, daß das Schiff während der Dauer einer Bohrung praktisch an der selben Stelle gehalten werden konnte. Diese Forderung konnte durch eine Kombination von Transit mit einem Inertialnavigationssystem auf 30 m genau erfüllt werden.

Das Transit-Navigationssystem wird in einigen Jahren durch das noch genauere und vielseitigere Navstar Global Positioning System (GPS) abgelöst werden. Die Triebfeder für die Entwicklung dieses revolutionierenden neuen Navigationssystems ist wieder die militärische Anwendung. Die bisherigen Erprobungsergebnisse mit 4 Satelliten lassen nach dem Endausbau auf 18 Satelliten weltweit eine Genauigkeit von 10 m erwarten. Das GPS liefert laufend die Standortkoordinaten von Schiffen, Flugzeugen und Landfahrzeugen. Es sind sogar schon tragbare Geräte für Infanteristen in Entwicklung. Die hohe Navigationsgenauigkeit von 10 m wird zunächst nur den Militärs zur Verfügung stehen. Die zivilen Anwender müssen sich, da für sie der Präzisions-Code nicht zugänglich ist, mit einer Navigationsgenauigkeit von etwa 100 m begnügen. Auch das ist ein gewaltiger Fortschritt, wenn man berücksichtigt, daß die Standortinformation kontinuierlich und nicht wie bei Transit nur etwa alle 2 Stunden geliefert wird.

Für die geodätische Anwendung sind bereits Verfahren geplant, die mit und ohne Kenntnis des Präzisions-Codes bei etwa 2 Stunden Beobachtungszeit eine Punktbestimmung mit Zentimetergenauigkeit erwarten lassen. Besonders aussichtsreich erscheint hier die Anwendung des Interferometerprinzips, das bereits bei der Very Long Base Line Interferometrie (VLBI) mit Erfolg eingesetzt wird. Damit wird der Geodäsie sowohl für die Erdmessung als auch für die Landesvermessung ein Instrumentarium zur Verfügung stehen, das alle bisherigen weiträumigen Meßverfahren an Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit übertrifft. Es ist zu erwarten, daß in naher Zukunft die Netze 1. Ordnung mit dem GPS dreidimensional in einem weltweiten einheitlichen Bezugssystem vermessen werden.

Nachdem uns die Satellitengeodäsie in wenigen Jahren die Möglichkeit erschlossen hat, die Erde und ihr Gravitationsfeld als Ganzes zu vermessen, ist der Übergang von der statischen zur dynamischen Erdmessung naheliegend. Hierzu gehört die meßtechnische Erfassung der Plattentektonik, der vertikalen Krustenbewegungen, der Polwanderungen, der Rotationsschwankungen, der Richtungsänderungen der Erdachse und der zeitlichen Änderung des Gravitationsfeldes. Die meßtechnischen Voraussetzungen können voraussichtlich erfüllt werden, da mit dem GPS, den Laser-Entfernungsmessungen zu Satelliten und zum Mond und der Very Long Base Line Interferometrie der Vorstoß in den Zentimeterbereich zu erwarten ist oder bereits erreicht wurde. Schwieriger erscheint mir die Schaffung eines erdfesten und raumfesten Bezugssystems zur Erfassung der sehr kleinen geodynamischen Änderungen. Da die Bewegungsvorgänge der Erde, wenn wir von Erdbeben absehen, sehr langsam verlaufen – die relative Plattenverschiebung beträgt z. B. nur wenige Zentimeter pro Jahr –, liegt ihre meßtechnische Erfassung an der Grenze der heute erreichbaren Meßgenauigkeit. Ein Erfolg ist deshalb nur dann zu erwarten, wenn in möglichst vielen Ländern Fundamentalstationen für Geodynamik eingerichtet werden, die mit einem entsprechenden Instrumentarium ausgestattet sind. Diese Forderung – von Karl Rinner schon seit einigen Jahren mit Nachdruck erhoben – muß erfüllt werden, da die laufend durchzuführenden Beobachtungen und Auswertungen nur mit ständigem und entsprechend ausgebildetem Personal zu bewältigen sind. Derartige Fundamentalstationen sind teilweise schon vorhanden oder im Aufbau, z. B. das Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Graz und die Satellitenbeobachtungsstation Wettzell in Deutschland.

Die Fundamentalstationen werden ein terrestrisches Bezugssystem festlegen, das allerdings nicht starr, sondern zeitlich nach Lage und Höhe veränderlich ist. Sie dienen zur Bestimmung der durch die Plattentektonik bedingten großräumigen Lageänderungen der geodätischen Netze sowie zur Herstellung der Verbindung mit den astronomischen Bezugssystemen.

Die geodynamische Zielsetzung wird für die Geophysik neue Erkenntnisse liefern. Schon allein die meßtechnische Erfassung der derzeitigen Krustenbewegungen wird die Theorie der Plattentektonik befruchten. Es wird möglich sein, großräumige Bewegungen, z. B. Landsenkungen oder Landhebungen für längere Zeiträume vorherzusagen. Es besteht auch die Hoffnung, daß Erd- und Seebeben vorhergesagt werden können. Mit Sicherheit wird die Erfassung des Schwerfeldes der Erde verfeinert werden, was für eine genauere Vorhersage der Satellitenbahnen und die Bestimmung der Feinstruktur des Geoids wesentliche Voraussetzung ist.

Damit wird auch das Höhenproblem einer Lösung nähergebracht. Durch die Addition der Geoidundulationen zu den durch Nivellements bestimmten Höhen können genäherte ellipsoidische Höhen ermittelt werden, deren Genauigkeit im Flachland und Mittelgebirge für die Reduktion elektrischer Distanzmessungen auf das Erdellipsoid in der Regel ausreichen wird. Für die genaue dreidimensionale Vermes-

sung der Erde, die z. B. für die Satellitengeodäsie und für die Erfassung großräumiger Höhenänderungen unerlässlich ist, brauchen wir eine streng dreidimensionale Punktfestlegung entweder nach geozentrischen Koordinaten oder nach dreidimensionalen ellipsoidischen Koordinaten, also nach ellipsoidischer Breite, Länge und Höhe. Die Voraussetzungen für die dreidimensionale Geodäsie sind heute gegeben. Neben den Satellitenverfahren stehen uns auch terrestrisch-astronomische und terrestrisch-gravimetrische Verfahren zur Verfügung.

Auch in der Meeresgeodäsie sind große Fortschritte zu erwarten. Nachdem es bereits gelungen ist, die Topographie der Meeresoberfläche mit Hilfe der Satellitenaltimetrie weltweit zu bestimmen, wird durch die zu erwartende Steigerung der Genauigkeit der dynamischen Satellitengeodäsie auch das Geoid in naher Zukunft auf wenige Dezimeter genau bekannt sein. Aus den Abständen der Meeresoberfläche vom Geoid kann dann der Ozeanograph neue Erkenntnisse über die Dynamik der Meeresströmungen gewinnen. Von besonderem praktischem Wert wird die Steigerung der Ortungsgenauigkeit auf den Meeren sein. Vermessungsschiffe werden durch die automatische Integration von GPS mit einem Trägheitsnavigationssystem in der Lage sein, ihren Standort laufend auf wenige Meter genau zu bestimmen. Damit werden auch die Genauigkeitsforderungen der Festlegung von Seerechtsgrenzen, die bei der kommenden Ausbeutung der Bodenschätze der Meere von besonderer Bedeutung sein wird, sicher erfüllt werden können.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß die Erdmessung nach primitiven Anfängen zur Bestimmung der Größe der Erdkugel erst nach der Erfindung der Triangulation im 17. Jahrhundert und nach dem Übergang von der Erdkugel zum Erdellipsoid ein Stadium erreicht hat, das einigermaßen unseren heutigen Vorstellungen gerecht wird. Aus zahlreichen Gradmessungen wurden eine Reihe von Erdellipsoiden abgeleitet, von denen das Hayford'sche zum Internationalen Erdellipsoid erklärt wurde.

Im 19. Jahrhundert wurden die meisten nationalen Dreiecksnetze gemessen. Sie waren für die nationalen Landesvermessungen, insbesondere für die Katastervermessung, durchaus brauchbar, an den Ländergrenzen traten jedoch große Klaffungen auf, da die Referenzellipsoide unterschiedlich orientiert und zum Teil auch unterschiedlich dimensioniert waren. Durch den Zusammenschluß der meisten Kulturstaaten zur Internationalen Erdmessung versuchte man diesen Mangel zu beheben. Hier bereitete jedoch die Überbrückung der Ozeane zunächst unüberwindliche Schwierigkeiten. Man hoffte allerdings durch eine weltweite Verdichtung der Schweremessungen die Verbindung doch noch zu erreichen.

Durch die Satellitengeodäsie hat sich die Erdmessung explosionsartig entwickelt. In wenigen Jahren wurde ein Weltnetz geschaffen und die Kenntnis des Schwerfeldes wesentlich erweitert. Das Weltnetz und die genaue Kenntnis des Schwerfeldes sind notwendige Voraussetzung für die Navigation mit Satelliten. Die in Zukunft zu lösenden dynamischen Aufgaben der Erdmessung bewegen sich am Rande der heute erreichbaren Meßgenauigkeit. Sie sind für die junge Generation der Geodäten eine Herausforderung. Ich bin sicher, daß sie trotz der teilweise extremen Schwierigkeiten diese neuen Aufgaben mit Erfolg lösen werden und bedaure, daß ich selbst nicht mehr aktiv mitmachen kann.

Literatur

[1] Schwarz, K. P.: Zur Erdmessung des Eratosthenes; Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 1975, S. 1.

[2] Perrier, Georges: Kurze Geschichte der Geodäsie. Wie der Mensch die Erde gemessen und gewogen hat. Deutsche Übersetzung von Erwin Gigas. Veröffentlichungen des Instituts für Erdmessung Nr. 2, Bamberg 1950.

Über die geodätische Forschung in Österreich

Von K. Rinner, Graz

Vortrag bei der Festsitzung der ÖKIE am 31. 8. 1982 aus Anlaß der Verleihung der Friedrich-Hopfner-Medaille an em. o. Prof. Dr. K. Ramsayer.

1. Einleitung

Die Bedeutung der geodätischen Forschung ist weltweit anerkannt; in Österreich wird dies durch ein im Auftrag des BM für Wissenschaft und Forschung ausgearbeitetes Forschungskonzept zum Ausdruck gebracht. Aber wie für jede Forschung in der Welt gelten auch für die geodätische Forschung Fragestellungen, welche die verfolgten Ziele, die Verwendung der Ergebnisse und die Verantwortung der Forscher betreffen.

Es ist unbestritten, daß Forschung und Wissenschaft notwendig sind, aber wie liegt die Rangordnung dieser Notwendigkeit im gegebenen Fall? Es steht außer Zweifel, daß die Meinung der an der Front der Erkenntnis tätigen Wissenschaftler und Forscher gehört werden muß, aber wer darf sich als Wissenschaftler und Forscher bezeichnen? Es ist eine Tatsache, daß die Technik und der technische Fortschritt unser Leben beherrschen und in gleicher Weise bedrohen und verbessern. Darf der technische Fortschritt gefördert werden, oder ist es notwendig, ihn zu beschränken oder zu verhindern?

Ich möchte in der Folge zuerst diese Fragen diskutieren und erst danach auf die Probleme der geodätischen Forschung in Österreich eingehen.

2. Was ist Forschung?

2.1 Begriffsbestimmung

Als Forschung wird das Bemühen um neue Erkenntnisse unter Benutzung der wissenschaftlichen Methodik bezeichnet. Die Forschung ist also ein Teil der Wissenschaft.

Jede wissenschaftliche Tätigkeit geht von der Voraussetzung aus, daß die physische und geistige Welt grundsätzlich geordnet ist. Wissenschaft ist daher ein besonderes Wissen, das aufgebaut ist aus elementaren Bausteinen von Tatsachen und Logik, das frei ist von geschichtlicher Überlieferung, von Rasse und Herkunft, von vorherrschender Meinung, Mode und Geschmack. Ein Wissen, das jederzeit an jedem Ort und von jedem interessierten Menschen mit wachem Sinn und klarem Verstand erworben werden kann.

Ein wesentlicher Teil der wissenschaftlichen Tätigkeit ist die Methodik. Diese baut auf die Erkenntnistheorie auf, die auf Platon und Aristoteles zurückgeht und seit 2000 Jahren die Frage stellt, ob die im Geiste entstehende Idee oder der Eindruck, den unsere Sinne vermitteln, Wirklichkeit ist und als zuverlässig angesehen werden kann. Die wissenschaftliche Methodik ermöglicht beide Denkweisen: die von Tatsachen ausgehende, analysierende, zählende, registrierende und wertende ebenso wie die auf Ideen, Visionen und Träumen beruhende, die in der schöpferischen Vorstellung entsteht und erst später im Versuch bestätigt wird.

Für die wissenschaftliche Methodik gilt die Empfehlung „stelle eine Frage an die Natur, sammle die einschlägigen Belege, stelle eine erklärende Hypothese auf, prüfe

diese und nehme die Hypothese an oder verwerfe sie". Aber die wissenschaftliche Methodik ist nur ein Werkzeug, das die Inspiration nicht ersetzt, den langsamen Prozeß des Reifens und Wachsens nicht beschleunigt und nicht automatisch neue Erkenntnisse erzeugt.

Die mit der wissenschaftlichen Methodik gefundenen Ergebnisse können theoretische Grundlagen oder praktische Anwendungen betreffen. Da auch letztere die Richtigkeit von Ideen nachweisen, sind angewandte und Grundlagenwissenschaften nur zwei verschiedene Seiten der gleichen Medaille. Angewandte Wissenschaften wirken sich vor allem in der Technik aus, die deshalb manchmal als ein Symptom dieser bezeichnet wird.

Als Technik wird in größerer Allgemeinheit die Anwendung von Wissen für praktische Zwecke bezeichnet. Obwohl in dieser Definition die Anwendung der in der Regel benutzten wissenschaftlichen Methodik nicht enthalten ist, wurde die Entwicklung der Technik schon am Anfang als eine Hauptaufgabe der wissenschaftlichen Aktivität angesehen. Als Beispiel sei die 1660 gegründete Royal Society angeführt, als deren Aufgabe auch die Verbesserung der Kenntnis von natürlichen Dingen und allen nützlichen Künsten, Manufakturen, handwerklichen Tätigkeiten, Maschinen und Erfindungen durch Versuche bestimmt wurde.

Aufgabe der Technik ist es, im Einklang mit den Naturgesetzen, durch einen schöpferischen Vorgang in der Natur zwar potentiell enthaltene, aber meist nicht vorkommende Gegenstände und Verfahren zu erdenken und diese in Form von Werkzeugen zur Verfügung zu stellen. Mit Hilfe der Technik kann der Mensch die Natur so beeinflussen, daß möglichst viele seiner Bedürfnisse möglichst vollkommen erfüllt werden. Durch die Technik werden in der Natur enthaltene Gesetzmäßigkeiten dienstbar gemacht.

Aus den bisherigen Betrachtungen folgt die Beantwortung der Frage nach dem Wesen der Forschung: diese ist eine wissenschaftliche Aktivität, welche die Gewinnung neuer Erkenntnisse zum Ziel hat. Als Teil der Wissenschaften ist sie durch die Anwendung der wissenschaftlichen Methodik gekennzeichnet. Durch die Grundlagenforschung vermittelt sie Theorien und fundamentale Zusammenhänge, durch die angewandte Forschung trägt sie zur Verbesserung der Lebensbedingungen bei. In beiden Funktionen fördert sie die Technik und übt entscheidenden Einfluß auf die weitere Entwicklung der Menschheit aus.

2.2 Merkmale des Forschers

Als Forscher wird ein an der Grenze unseres Erkenntnisbereiches tätiger Wissenschaftler bezeichnet, als Wissenschaftler, wer sich ausschließlich oder in der Hauptsache bemüht, die wissenschaftliche Erkenntnis zu fördern, die wissenschaftliche Methodik beherrscht und mit den bisherigen Erkenntnissen seines Faches vertraut ist. Der Weg des Forschers beginnt an einem durch Erfahrung, Deduktion oder Inspiration erreichten Punkt im Grenzbereich und führt durch Anwendung der wissenschaftlichen Methodik zur eigenen Hypothese. Diese wird der geistigen Welt mitgeteilt und hat so lange Gültigkeit, als alle Erfahrungen und Experimente innerhalb der gemachten Annahme mit ihr übereinstimmen. Auf seinem Weg ist der Forscher nur der Wahrheit verpflichtet.

Der Grundlagenforscher sucht allgemeine Zusammenhänge über den Aufbau und die Funktion der von uns erfaßbaren geistigen und materiellen Welt. Der in der angewandten Forschung Tätige bemüht sich, das verfügbare Grundlagenwissen für praktische Bedürfnisse anzuwenden und weiter zu entwickeln. Er ist mit der Technik eng verbunden und fördert diese als technischer Wissenschaftler oder Techniker und Ingenieur. Forscher und Techniker müssen schöpferische Menschen sein. Ihr Einfall

und die wissenschaftliche Methodik führen sie in unbekannte Bereiche, setzen sie in die Lage, die erfahrenen Einblicke in neue Hypothesen, Verfahren, Geräte und Werkzeuge umzusetzen sowie die Vorgänge in und um uns besser zu erklären und die äußeren Bedingungen des Lebens zu verändern und zu verbessern.

Die Forschung an sich ist weder gut noch böse und hat keinen moralischen Wert. Sie liefert Erkenntnisse, Verfahren, Werkzeuge und übt damit eine dienende Funktion aus. Für ihre Auswirkung sind daher vor allem jene verantwortlich, die sie anordnen, einsetzen und benutzen. Trotzdem ist dem Forscher eine mehrfache Verantwortung übertragen.

Die erste ist rein fachbezogen und betrifft die Richtigkeit der Aussage. Diese muß durch strenge Anwendung der wissenschaftlichen Methodik nach menschlichem Ermessen gesichert werden. Die zweite Verantwortung ist ethischer und humanistischer Art und behandelt die Frage, ob ein Forschungsziel angestrebt werden darf, wenn es anerkannten ethischen und humanistischen Grundsätzen widerspricht und diese gefährdet. In diese Verantwortung muß der Forscher zusätzlich zur fachlichen Phantasie die von ihm erkannten und anerkannten Grundwerte der Ethik und des Humanismus einbringen und innerhalb der meist fließenden Grenzen dieser drei Gebiete eine persönliche Entscheidung treffen. In der dritten, der politischen Verantwortung, muß der Forscher zur Frage Stellung nehmen, ob das Ergebnis seiner oder der Forschung anderer unter Beachtung politischer, ökologischer und soziologischer Gegebenheiten Anwendung finden darf oder welche Einschränkungen für die Anwendung empfohlen werden sollen.

2.3 Forschung als Auftrag

Um zu existieren, muß der Mensch wie jedes Lebewesen ein System von Notwendigkeiten erfüllen. Er muß sich ernähren, wärmen, kleiden und gegen die Gefahren der Umwelt schützen, wie alle Lebewesen. Aber er kann hierfür auch eigene Notwendigkeiten postulieren und diese durch Forschung und Technik realisieren. Dadurch unterscheidet er sich vom Tier, das seine Bedürfnisse nach den in der Natur vorliegenden Möglichkeiten richten muß. Durch seine Fähigkeit zum wissenschaftlichen Denken hat sich der Mensch vom ursprünglichen Leben entfernt. Er hat vom Baum der Erkenntnis gegessen und dadurch das Paradies der natürlichen Schöpfung verlassen. Er ist aber als einziges Lebewesen auf unserer Erde in der Lage, in einem begrenzten Intervall Gedanken der Schöpfung nachzudenken und schöpferisch anzuwenden. Da der Sinn der Schöpfung offenbar in der Entfaltung der darin enthaltenen Möglichkeiten liegt, müssen Wissenschaft, Forschung und Technik als charakteristische Merkmale des Menschen, als Urhumanum angesehen werden.

Durch Wissenschaft, Forschung und Technik entfernt sich der Mensch ohne Zweifel von dem sogenannten natürlichen Leben und beeinflußt seine Umwelt. Klagen hierüber scheinen aber nicht berechtigt, weil die Natur nicht eine Alternative, sondern ein breites Spektrum von Möglichkeiten anbietet, in dem oftmals diametral gegenüberliegende Anschauungen vertreten sind. Etwa der Ameisenstaat als kollektives gesellschaftliches System, in dem schlimme Versionen einer total gelenkten Gesellschaft verwirklicht sind, und der Löwe in der Wüste, der ein freies, individualistisches Vorstellungen entsprechendes Leben führt. Das Streben nach dem natürlichen Leben ist daher ohne genauere Definition dieses Lebens gar nicht sinnvoll.

Zusammenfassend folgt, daß Wissenschaft, Forschung und Technik ein dem Menschen erteilter Auftrag, ein Urhumanum sind, mit der Verpflichtung, Randbedingungen zu beachten und die Aufgabe innerhalb von fachlichen, ethisch-humanistischen und politischen Begrenzungen durchzuführen. Und dies gilt auch für die geodätische Forschung.

3. Forschungsziele in der Geodäsie

Die Geodäsie ist die Wissenschaft von der in Funktion der Zeit erfolgenden geometrischen und gravimetrischen Ausmessung der Erde, der Einteilung und Darstellung ihrer Oberfläche und des Außenraumes und anderer Himmelskörper in einem dreidimensionalen zeitabhängigen Raum. Sie leitet ihre Aussagen aus gemessenen Daten mit Hilfe von funktionalen und stochastischen Modellen ab und interpretiert diese mit statistischen Verfahren. Durch neue Möglichkeiten für die Datengewinnung, insbesondere mit Satelliten und Inertialgeräten, durch neue mathematische Modellvorstellungen sowie durch die Automation der Messung, Berechnung und Darstellung tritt die Geodäsie in eine neue Phase ihrer Entwicklung ein. Diese ist durch eine Vielzahl von verschiedenartigen Meßdaten und durch die Erfassung dynamischer Vorgänge gekennzeichnet.

Die geodätischen Aufgaben und Problemstellungen haben aber nach wie vor zwei Wurzeln, welche aus den Geo-Wissenschaften und aus der Ingenieur Tätigkeit kommen. Die erste betrifft Fragen, welche sich mit der Figur der Erde und ihren geometrischen und physikalischen Parametern befassen, die zweite folgt aus Aufgaben der technischen Erschließung der Erde zum Zwecke der Nutzung der an der Oberfläche, in der Kruste und im Meere befindlichen Rohstoffe und Nahrungsmittel sowie aus deren Verwaltung. Beide betreffen Fragen, die der denkende Mensch von Anbeginn gestellt hat, und welche immer wieder in verfeinerter Form gestellt werden, also Uranliegen der Menschheit.

Sowohl als Geo-Wissenschaft als auch als technische Disziplin stellt die Geodäsie anderen Disziplinen Grundlagen für ihre Tätigkeit zur Verfügung. Sie gleicht daher einem Notar der Erde, der das Vertrauen der Geo- und Ingenieurwissenschaften besitzt, weil ihre Aussagen in der Form einfach, transparent und mit Gütemaßen versehen sind und im Inhalt eine nach menschlichem Ermessen abgesicherte Richtigkeit besitzen.

Die geodätische Aktivität wird in Stufen ausgeführt, die aufeinander aufbauen und die Durchführung globaler, regionaler, nationaler und lokaler Operationen zum Ziele haben. Diese Stufen werden als Erdmessung, Landesvermessung, Meeresvermessung (-Geodäsie), Ingenieurvermessung und extraterrestrische Vermessung bezeichnet.

Für die weitere Entwicklung der geodätischen Aussagen besteht auf allen Ebenen das Bestreben, die Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit der Aussage zu erhöhen und die Zeit für die Durchführung zu verringern. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen alle zur Gewinnung der Aussage durchlaufenen Phasen im Sinne der gegebenen Zielvorstellungen durch geodätische Forschung optimiert werden. Und zwar durch Grundlagenforschung, um neue Erkenntnisse zu gewinnen, und durch angewandte (Zweck-) Forschung, um aus dieser und aus noch nicht benutzten Erkenntnissen der Geodäsie und anderer Disziplinen neue geodätische Verfahren und Technologien zu entwickeln.

Das Hauptproblem der geodätischen Grundlagenforschung ist die Bestimmung von Erdmodellen, durch welche die geometrische Form, die Struktur des Schwerefeldes und die Rotation der Erde sowie Veränderungen dieser Größen in Funktion der Zeit beschrieben werden. Dazu kommt die Festlegung eines Referenzsystems, das als Bezugssystem für geodätische und Aufgaben anderer Geo-Wissenschaften Verwendung finden kann. Für die Lösung dieser Aufgaben ist die Zusammenarbeit mit anderen Geo-Wissenschaften und Astronomen aktuell, die von genaueren und rascheren geodätischen Aussagen über den Zustand und die Veränderungen grundlegender geodätischer Erdparameter wichtige Entscheidungshilfen für ihre Probleme erwarten.

Auch Mathematiker und Physiker befassen sich in zunehmendem Maße mit geodätischen Aufgabenstellungen, und umgekehrt bemühen sich Geodäten, die modernen, abstrakten Werkzeuge dieser Disziplinen zu verstehen und anzuwenden. Da in Zukunft auch verfeinerte Strukturen bestehender und neue Arten mathematischer und physikalischer Räume zur Diskussion stehen, ist auch die Beschäftigung mit philosophischen und erkenntnistheoretischen Fragestellungen von Bedeutung. Das Studium relativistischer Effekte ist bereits im derzeitigen Stadium der geodätischen Genauigkeit und Aussagekraft aktuell.

Die Bestimmung der grundlegenden geodätischen Erdparameter und deren Veränderungen kann nur im Rahmen internationaler Projekte ausgeführt werden, an welchen geodätische Observatorien mitwirken, welche mit Meßgeräten für Laser-, Doppler-, interferometrische und astronomische Messungen sowie Geräten zur Kontrolle des Verhaltens des Schwerevektors ausgestattet sind und Zugang zu leistungsfähigen Computern haben.

Zur angewandten geodätischen Forschung gehört vor allem die Entwicklung von Technologien und Verfahren für die Messung und für die Verarbeitung von geodätischen Meßdaten. Sie betrifft alle Stufen der geodätischen Aktivität von der Erdmessung bis zur Ingenieurgeodäsie und überdeckt ein weites Gebiet mit vielen Problemstellungen. In der Erd- und Landesvermessung ist die Messung von geometrischen Daten (Entfernungen, Differenzen von Entfernungen, Richtungen) von mobilen oder stationären terrestrischen Stationen von und nach Satelliten oder zwischen Satelliten und die Messung physikalischer Daten (Geschwindigkeit, Beschleunigung und deren Gradienten) aktuell. Für terrestrische Messungen wird eine Erhöhung der Genauigkeit durch bessere Erfassung der Refraktion mit Hilfe von Dispersionsmessungen sowie eine Automation der Meß- und Registriervorgänge erwartet. Große Bedeutung hat die Entwicklung der Technologie der inertialen Meßverfahren und ihre Ausreifung zu feldtauglichen, im Preis erschwinglichen universellen Meßgeräten. Ein wichtiges Ziel werden integrierte Verfahren sein, in welchen verschiedenartige geometrische und physikalische Meßdaten gemeinsam ausgeglichen und im Sinne einer Kollokation verwendet werden. Die Einführung der Landinformationssysteme in die Landes- und Meeresvermessung führt zur Einbeziehung von Problemen der Fernerkundung und Kartographie in die geodätische Forschung. Die Probleme der Ingenieurvermessung erfordern Geräte zur automatischen Messung, Registrierung und Berechnung sowie zur permanenten Kontrolle von Zuständen (Deformationen) von Objekten und ihrer Umgebung und die Optimierung der Verfahren im Hinblick auf zusätzliche wirtschaftliche Zielfunktionen.

Bei Ausnutzung der absehbaren Möglichkeiten wird sich die Geodäsie zu einem Informationssystem entwickeln, das nicht nur von den Geo- und Ingenieurwissenschaften sowie dem Militär benötigt wird, sondern auch unerläßliche Grundlagen für die Planung, Verwaltung und für die Politik liefert. Um diesen Zustand zu erreichen, muß nach dem Grundsatz „Nichts ist praktischer als eine gute Theorie“ die Forschung intensiviert werden. Gleichzeitig müssen auch die Verantwortlichen im Staate an ihre Verpflichtung erinnert werden, die für die Durchführung der angewandten und Grundlagenforschung erforderlichen Mittel zur Verfügung zu stellen. Dazu gehört die Einrichtung von Observatorien und von Testfeldern, welche mit den für die Teilnahme an internationalen Projekten erforderlichen Meß- und Recheneinrichtungen ausgestattet sind und in welchen die erforderliche, interdisziplinäre und internationale Kontaktaufnahme und Kooperation erfolgen kann.

4. Die Situation in Österreich

4.1 Geschichtliche Betrachtung

Der Beginn der geodätischen Forschung in Österreich kann auf das Jahr 1391 zurückgeführt werden, in dem an der 1365 gegründeten Wiener Universität erstmals Vorlesungen über mathematische Geographie und angewandte Mathematik gehalten wurden. In der Folge wurden durch Johann Stabius aus Wien, dem Vater der österreichischen Kartographie, Gregor Reisch aus Freiburg im Breisgau, Sigismund Freiherr von Herberstein, dem Columbus von Rußland, von Wolfgang Lazius, dem Verfasser einer Landeskunde von Österreich, von Johannes Kepler und von vielen anderen Beiträge für die weitere Entwicklung des Vermessungswesens zur Verfügung gestellt. Für die neuere Zeit seien stellvertretend für eine große Zahl von österreichischen Forschern Christian Doppler, Robert Daublesky von Sterneck, Friedrich Hopfner, Adalbert Prey, Theodor Scheimpflug, Eduard von Orel, Eduard Dolezal, Karl Ledersteiger sowie Helmut Moritz genannt.

Pioniertaten für die Förderung der Geodäsie sind der nach den Richtlinien von Jakob Marinoni entstandene Mailänder Kataster, die auf geodätischer Grundlage hergestellten Karten des Tiroler Bauernkartographen Peter Anich, die Gradmessungen des Grazer Jesuitenpaters Josef Liesganig, die Aufnahmen des Jesuitenpaters Xaver Ernbert Fridelli in China, die Franzisko-Josefinische Landesaufnahme von Österreich, die Erfindung des Stereoautographen und der Doppelprojektion, und in unseren Zeiten die Einführung des Grenzkatasters und die nun erfolgende Einrichtung und Zusammenlegung von Datenbanken für den Liegenschaftskataster und das Grundbuch.

Österreich war an der 1862 erfolgten Gründung der Kommission für die mitteleuropäische Gradmessung beteiligt, aus der die europäische und dann die Kommission für die Internationale Erdmessung entstand, welche dann in die Internationale Assoziation für Geodäsie übergeführt wurde. Mit den entsprechenden nationalen Kommissionen und den angeschlossenen Büros hat Österreich zu allen internationalen Forschungsprojekten wesentlich beigetragen. Österreich hat zur Gründung aller internationalen Organisationen, welche sich mit geodätischen Problemen befassen (IAG, FIG, ISPRS, ICA und ISM), beigetragen, beteiligt sich an den von diesen angeregten Forschungsprojekten und stellt in diesen leitende Funktionen, in der IAG derzeit auch den Präsidenten (Prof. Moritz).

Die legislativen Voraussetzungen für die Forschungsaktivitäten sind im Forschungs-Förderungsgesetz, im Hochschulstudiengesetz und im Vermessungsgesetz enthalten. Die Förderung von Projekten erfolgt durch Fonds, welche durch die Bundesregierung finanziert werden (Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Boltzmanngesellschaft und Forschungs-Förderungs-Fonds der gewerblichen Wirtschaft), einem Jubiläumsfond der Nationalbank und durch das BM für Wissenschaft und Forschung.

Mit der geodätischen Forschung befassen sich 13 Universitätsinstitute, das Institut für Weltraumforschung der ÖAW und das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen. In der Forschung sind derzeit etwa 60 Akademiker, darunter 13 Professoren, tätig. Die geodätische Fachliteratur in Österreich besteht aus etwa 45.000 Bänden und zusätzlich etwa 300 periodischen Zeitschriften.

4.2 Zielvorstellungen und Forschungsprojekte

Im Konzept für die geodätische Forschung in Österreich werden als Zielvorstellung für die nächsten Jahre die Erfassung geodynamischer Vorgänge, die Steigerung der Genauigkeit und der Vollständigkeit der geodätischen Aussage sowie die Verrin-

gerung der hierfür benötigten Zeit, die Schaffung verbesserter Modelle durch Kooperation mit Nachbardisziplinen, der Ausbau von Datenbanken für die Landinformation, die verstärkte Ausnützung der durch Satelliten gegebenen Möglichkeiten und die Rationalisierung von Verfahren der Ingenieurgeodäsie aufgeführt.

Aus diesen ergeben sich konkrete Vorhaben für die Grundlagenforschung, welche die Kollokation, das Problem von Molodensky, die kinematische Geodäsie, die Meeresgeodäsie, die Theorie der Gleichgewichtsfiguren, die Entwicklungsgeschichte der Erde, die Isostasie, die funktional-analytischen Methoden, die Berechnung großer Netze, die Ausgleichung hybrider Systeme, die Refraktion, mathematische Probleme der geodätischen Rechentechnik und die Optimierung von Meß-, Reduktions- und Berechnungsverfahren unter besonderer Berücksichtigung hochalpiner Topographien betreffen.

Als nationale Forschungsthemen zur Verbesserung der Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit im eigenen Land werden Untersuchungen über die Fehlerstruktur der Höhennetze, über das Geoid, ein übergeordnetes Grundlagennetz nullter Ordnung, die Einrichtung einer geowissenschaftlichen Datenbank, die Einrichtung von Testfeldern, das digitale Geländemodell, die Grundstücksdatenbank, den astronomischen Zeitdienst, das Orthophoto, die Raumplanung, den Leitungskataster, die Optimierung von geodätischen Verfahren im Bauwesen, den integrierten Datenfluß, nicht-topographische Methoden der Fernerkundung und über die Aerotriangulation empfohlen.

Dazu kommen interdisziplinäre Forschungsvorhaben über den Einsatz der Geodäsie in der Archäologie, die Sportvermessung, die automatische Steuerung von Baumaschinen, die Anwendung des Vermessungskreisels, die säkulären Änderungen der Schwerkraft und die Gradiometrie.

Notwendig erachtet wird die Mitarbeit an internationalen Projekten für das Geoid, die Geodynamik, die Erdzeiten, die Satellitengeodäsie, die Auswertung von Satellitenaufnahmen sowie an den europäischen Projekten RETrig und REUN der IAG.

Empfohlen werden eine bessere Planung und Koordination (auch in den zuständigen Ministerien), eine Erweiterung des Aufgabenbereiches der ÖKIE, verstärkte internationale und interdisziplinäre Kontakte, eine Verbesserung des Informationsflusses und eine Intensivierung der Öffentlichkeitsarbeit.

Aus diesen Ausführungen folgt, daß für die geodätische Forschung in Österreich eine Fülle von Aufgaben vorliegt und auch gewisse Voraussetzungen für die Durchführung vorhanden sind.

5. Ausblick

In Österreich wurden in der Vergangenheit vielfach beachtete Beiträge zur geodätischen Forschung und auch Pionierleistungen in der Anwendung erbracht. Auch in der Gegenwart beteiligt sich die österreichische geodätische Forschung an der Lösung der globalen, regionalen und lokalen Aufgaben und steht in einigen Gebieten an vorderster Front. Durch die gesetzliche Sicherung der Forschung an Universitäten und Forschungsinstituten und die Richtlinien und Empfehlungen im Forschungskonzept wurden Voraussetzungen dafür geschaffen, daß die geodätische Forschung in Österreich auch in Zukunft ihrer großen Tradition entsprechen kann.

Die in der langen gemeinsamen Geschichte und insbesondere seit der Gründung der mitteleuropäischen Gradmessungskommission 1862 erfolgte enge Kooperation mit Deutschland war bisher eine wesentliche Stütze für die erfolgreiche Entwicklung der geodätischen Forschung in Österreich. Die gemeinsame Abhaltung des Geodätentages in Wien kann als hoffnungsvolles Zeichen dafür angesehen werden, daß beide Länder auch in Zukunft gemeinsam zur Förderung der geodätischen Forschung in Europa und in der Welt beitragen werden.

Literatur

Bretterbauer, K.: Konzept für die geodätische Forschung in Österreich, BMfWuF, Wien, 1979.
Rinner, K.: Mensch und Technik, Mitteilungsblatt d. D.V.W., Landesverein Bayern, 1978, (S 7–22).

Rinner, K.: Der Geodät, der Notar der Erde; Humanismus und Technik, Berlin TU, Bd. 22, 1978 (S 5–10).

Rinner, K.: Humanität und technischer Fortschritt; Gesellschaft zur Förderung von Verantwortung und Leistung, Graz, 1981.

Manuskript eingelangt: 19. Jänner 1983

Mitteilungen und Tagungsberichte

Workshop on Precise Levelling, Hannover, 16.–18. März 1983

Das Geodätische Institut der Universität Hannover und der Sonderforschungsbereich 149 der Deutschen Forschungsgemeinschaft der Universität Hannover organisierten die dreitägige Veranstaltung, die von ca. 120 Teilnehmern aus folgenden Ländern besucht wurde: Belgien, Dänemark, Bundesrepublik Deutschland, Finnland, Großbritannien, Israel, Italien, Jugoslawien, Kanada, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechoslowakei, USA.

In den drei Tagen wurden 36 Vorträge zu folgenden Themenkreisen gehalten:

Themenkreis 1: Equipments for Precise Levelling;

Themenkreis 2: Refraction and other Systematic Effects in Levelling;

Themenkreis 3: Theory of Errors in Levelling Networks;

Themenkreis 4: Application of Levelling to the Determination of Recent Crustal Movements.

Jeder der vier Themenkreise wurde mit einem Übersichtsvortrag eingeleitet. H. Pelzer eröffnete mit dem Vortrag „Systematic Instrumental Errors“ den Themenkreis 1, die restlichen drei Übersichtsvorträge wurden unter dem Titel des entsprechenden Themenkreises von O. Remmer, W. Niemeier und E. Gubler gehalten.

In der Abschlusssitzung wurden folgende Empfehlungen ausgesprochen:

1. Da Instrumentenfehler eine der Hauptursachen für systematische Effekte beim Nivellement sind und da diese Effekte durch verbesserte Kalibrierungen vermindert werden können, wird empfohlen, die Lattenteilungsfehler zu bestimmen und die Temperatur der Invardrähte während der Messungen zu kontrollieren. Weiters wird empfohlen, den Einfluß des geomagnetischen Feldes für jedes Instrument zu bestimmen und beim Präzisionsnivellement nur solche Instrumente zu verwenden, bei denen dieser Einfluß kleiner als 0,1 mm/km ist.

2. Das Nivellement wird sowohl durch zufällige als auch durch systematische Fehler beeinflusst. Es wird daher empfohlen, praktische Experimente durchzuführen, die allenfalls gestatten, die Überlagerung der Effekte in Einzeleinflüsse zu gliedern.

3. Das Nivellement ist die genaueste geodätische Methode für die Bestimmung vertikaler Bewegungen. Es wird daher ein Austausch der Daten auf internationaler Ebene empfohlen. Die Daten sollen neben den Nivellementmessungen auch Latten- und Lufttemperatur sowie die Beobachtungszeit enthalten. Weiters sollen zur Aufdeckung von systematischen und groben Fehlern verschiedene Methoden angewendet und durch identische Datensätze überprüft werden.

4. Bezüglich der vertikalen Krustenbewegung wird eine enge Zusammenarbeit der Geodäten mit den Geologen und den Geophysikern empfohlen.

Das Rahmenprogramm umfaßte, in zeitlicher Reihenfolge angeführt, einen Besuch der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig, ein gemeinsames Abendessen und einen Empfang zufolge einer Einladung des Bürgermeisters von Hannover.

Die Artikel der Vortragenden werden in der zweiten Jahreshälfte im Verlag Dümmler, Bonn, veröffentlicht.

B. Hofmann-Wellenhopf, Graz, und N. Höggerl, Wien

Precision and speed in close range photogrammetry

Die Kommission V der International Society for Photogrammetry and Remote Sensing hat im September 1982 an der University of York zum oben angeführten Thema ein internationales Symposium abgehalten. Inzwischen wurden zwei Bände, mit dem Titel „Precision and speed in close range photogrammetry“ veröffentlicht, welche 57 papers mit einem Umfang von 557 Seiten, versehen mit zahlreichen Illustrationen, aufweisen. Die beiden Bände enthalten die International Archives of Photogrammetry und können zum Preis von £ 15,- bei Surveyors Publications, 12 Great George Street, Parliament Square, London, SW1P 3AD, erworben werden.

Vornorm DIN 18 709 Teil 1

Nach intensiven Beratungen ist im August 1982 die Vornorm DIN 18 709 Teil „Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen im Vermessungswesen; Allgemeines“ erschienen. Sie kann zum Preis von DM 51,10 beim Beuth Verlag, Burggrafenstraße 4–10, D-1000 Berlin 30 bezogen werden.

Mit dieser Norm wird DIN 3025 aus dem Jahre 1933 ersetzt und unter den Hauptabschnitten „Vermessungspunkte“, „Punktfelder und Netze“, „Lagevermessung“ und „Höhenvermessung“ werden alle wichtigen Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen erstmalig für das gesamte Vermessungswesen vereinheitlicht. Die Fachwelt wird dringend gebeten, nur noch nach dieser Norm zu arbeiten und Erfahrungen und Änderungswünsche bis zum 31. Dezember 1984 dem Normenausschuß Bauwesen mitzuteilen.

Pressemitteilung des Deutschen Institutes für Normung

Neue Önorm: Gebäudedarstellung

Am 1. Dezember 1982 ist die neue Önorm A 2252 „Spezialzeichen für Vermessungspläne – Gebäudedarstellung“ als eine Ergänzung zur Önorm A 2250 „Zeichen für Vermessungspläne“ in Kraft getreten. Normblätter sind beim Österreichischen Normungsinstitut, Leopoldsgasse 4, Postfach 130, A-1021 Wien, Tel. 33 55 19, Telex 115960, erhältlich.

Technische Universität Graz

Am 14. 3. 1983 haben folgende Kandidaten die II. Diplomprüfung aus dem Vermessungswesen mit Erfolg abgelegt:

Josef Graf: Diplomarbeit: „Erstellung eines Programmes zur Ausgleichung unterirdischer Tunnelnetze unter Berücksichtigung von Kreiselmessungen.“

Herbert Maria Martischnig: Diplomarbeit: „Beschreibung, Einmessung und Auswertelgorithmen der Prüfstrecke Graz – Feldkirchen.“

Technische Universität Wien

Folgende Kandidaten haben im Jänner 1983 die II. Diplomprüfung für Vermessungswesen erfolgreich abgelegt:

Karl Kast, Diplomarbeit: „Überprüfung der bisherigen Glocknerhöhenwerte durch ein trigonometrisches Nivellement.“

Gerhard Muggenhuber, Diplomarbeit: „Konzept und Erprobung einer automatischen Kartierung für eine archäologische Karte.“

Karl Pazourek, Diplomarbeit: „Lotabweichungsbestimmungen mit dem Ni-2 Astrolabium im Höhennetz Großglockner.“

Robert Weber, Diplomarbeit: „Entwicklung eines Computerprogramms zur Auswertung von Zenitkameraaufnahmen.“

Folgende Kandidaten haben im März 1983 die II. Diplomprüfung für Vermessungswesen erfolgreich abgelegt:

Anton Margreiter, Diplomarbeit: „Bestimmung der geographischen Breite aus Sternfotografien mit senkrechter Kamera.“

Gert Steinkellner, Diplomarbeit: „Fassadenaufnahmen in engen Gassen.“

Vereinsmitteilungen

Präsident Hrbek – 10 Jahre an der Spitze des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen und Photogrammetrie

Präsident Dipl.-Ing. Hrbek hat über eigenes Ersuchen bei der 32. Hauptversammlung des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen und Photogrammetrie, die am 7. April 1983 im Sitzungssaal des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen stattgefunden hat, die Funktion des Präsidenten des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen und Photogrammetrie zurückgelegt. Damit geht fast auf den Tag genau eine Präsidenschaft zu Ende, die während dieser Zeit immer von der Bereitschaft gekennzeichnet war, zum Wohle des Vereines zu wirken.

In der am 4. Oktober 1972 abgehaltenen Hauptversammlung des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen zum Vorsitzenden gewählt, wurde Präsident Hrbek beauftragt, Verhandlungen mit der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie aufzunehmen, mit dem Ziele, eine Vereinigung dieser beiden Vereine herbeizuführen. Die erfolgreich verlaufenen Verhandlungen führten im Rahmen der am 12. April 1973 abgehaltenen außerordentlichen Hauptversammlungen der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie und des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen zur Gründungsversammlung des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen und Photogrammetrie, in deren Verlauf Dipl.-Ing. Hrbek zum Präsidenten des Vereines gewählt wurde.

Präsident Hrbek sah seine vornehmlichste Aufgabe insbesondere darin, auf dem fachlichen Bereich eine enge Zusammenarbeit zwischen wissenschaftlicher Forschung und praktischer Anwendung zu erzielen sowie die Standesinteressen aller Angehörigen des Berufsstandes zu vertreten.

Auf die vergangenen 10 Jahre der Vereinsgeschichte rückblickend, muß festgestellt werden, daß unter der initiativen Führung von Präsident Hrbek der Österreichische Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie auf nationaler Ebene ein fruchtbares Podium für die Zusammenarbeit der Kollegen der hohen Schulen, des öffentlichen Dienstes, der freien Berufe und der Wirtschaft geworden ist. Zum besseren Verständnis zwischen Wissenschaft und Praxis hat nicht zuletzt auch eine intensive Vortragstätigkeit beigetragen, zu der auch immer wieder Vortragende aus dem benachbarten Ausland gewonnen werden konnten.

Es ist ein besonderer Verdienst von Präsident Hrbek, wenn der Österreichische Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie im Ausland ein hohes Maß an Ansehen genießt. Dies zeigt sich immer mehr in der Bereitschaft internationaler Fachvereinigungen, Fachveranstaltungen in Österreich abzuhalten. Es darf als Höhepunkt der Geodätentag 1982 angeführt werden, der als gemeinsame Veranstaltung des Deutschen Vereines für Vermessungswesen und des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen und Photogrammetrie als 66. Deutscher und 1. Österreichischer Geodätentag im September 1982 in Wien abgehalten wurde. Unter der Führung von Präsident Hrbek als Obmann des örtlichen Vorbereitungsausschusses wurde eine geodätische Veranstaltung organisiert, die sowohl hinsichtlich der Größe als auch der exakten Durchführung ungeteilte Zustimmung im In- und Ausland fand.

Der Österreichische Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie bedauert, daß Präsident Hrbek so früh seine Funktion zur Verfügung stellt. Es dürfen ihm für seine weitere berufliche Laufbahn die besten Wünsche übermittelt werden.

Gleichzeitig mit Präsident Hrbek haben sich auch andere Mitglieder des Vereinsvorstandes aus dem aktiven Vereinsleben zurückgezogen. Es soll ihnen an dieser Stelle für ihre verdienstvolle Arbeit gedankt werden.

G. Schuster

Zeitschriftenschau

Mitteilungsblatt. DVIV Landesverein Bayern, Heft 1/83: Moser, K.: Flugvermessung von Flugsicherungseinrichtungen in der Bundesrepublik Deutschland. Bayer, G.: Vermessungstechniker- und -ausbildung in Bayern.

Mitteilungsblatt des Vermessungsamtes Hamburg, September 1982: Füllbeck, P.: Die Deutsche Grundkarte 1 : 5000 (DGK 5) in Hamburg. Rehders, A.: Überführung vom Koordinaten-

kataster System Hamburg in das Gauß-Krüger-Koordinatenkataster. *Siemssen, K. H.*: Gedanken zu Genauigkeitsanforderungen bei Katastererneuerungsarbeiten.

Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik, Heft 12/82: *Matthias, H.*: Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung bei der Nachführung der Parzellarvermessung. *Chaperon, F., Koc, I., Köchle, J., Köchle, R.*: Ein Beitrag zur Prüfung der Frequenz an elektronischen Distanzmeßgeräten.

Heft 1/83: *Bregenzer, W.*: Erwartungen der Vermessungsdirektion bei der Anwendung der Photogrammetrie in der Parzellarvermessung. *Hägler, H.*: Der Einsatz der Photogrammetrie in der Grundbuchvermessung aus der Sicht einer kantonalen Aufsichtsbehörde – Erfahrungen und Schlußfolgerungen.

Heft 3/83: *Messmer, W.*: Leitungskataster in der Entwicklung zum Teil eines EDV-Landinformationssystems Basel-Stadt. *Kuonen, V.*: Computergestützte Projektausarbeitung.

Heft 4/83: *Höhle, J., Pohjola, P.*: Instrumentelle und wirtschaftliche Gesichtspunkte bei Projektkartierungen.

Vermessungstechnik, Heft 11/82: *Deumlich, F.*: Trägheitsvermessungssysteme – moderne rationale Hilfsmittel der Geodäsie. *Jakob, G.*: Meßverfahren der operativen Ortung.

Heft 1/83: *Schmidt, A.*: Ein Verfahren zur Digitalisierung großmaßstäbiger Vorlagen mit Hilfe einfacher Digitalisiergeräte.

Heft 3/83: *Freund, W., Navratil, P., Weller, A.*: Höhenmessung hoher bis niederer Genauigkeit mit Geräten der neuen Jenaer Nivellierreihe. *Schmieder, H., Voß, G.*: Neue Geräteeinheiten im Aufnahmesystem Universalmeßkammer UMK 1318. *Cacitti, R., Hoffmeister, H.*: Bauwerksmessungen unter Anwendung der freien Standpunktwahl. *Steinich, L.*: Zur Auswirkung fehlerhafter Gewichtsverhältnisse bei der Ausgleichung heterogener Messungen.

Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 2/83: *Batz, E.*: Flurbereinigung im Kreuzfeuer der Anforderungen. *Hofmann-Wellenhof, B.*: Die Berücksichtigung von Geländekarten bei der Ableitung von Höhenlinien aus einem Höhenraster.

Heft 3/83: *Koch, K. R.*: Die Wahl des Datums eines trigonometrischen Netzes bei Punkteinschaltungen. *Schnädelbach, K.*: Zur Berechnung von Schnittpunkten mit der Klothoide.

Heft 4/83: *Magel, H.*: Einige Bemerkungen zur Dorfökologie und Dorferneuerung. *Linder, U.-B.*: Ein Verfahren zur automatisierten Aufstellung von Bedingungsgleichungen in Schleifennetzen.

Norbert Höggerl

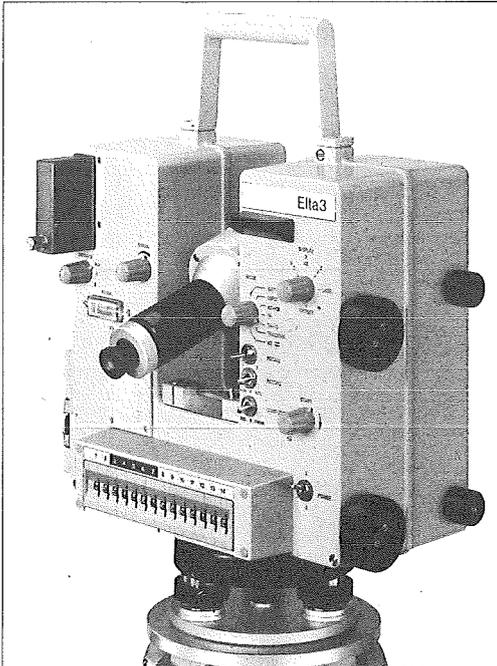
Adressen der Autoren der Hauptartikel

- Brandstätter, G.*, Dipl.-Ing., Dr. techn., o. Univ.-Prof., Technische Universität Wien, Institut für Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie, Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien
Gerstbach, G., Dipl.-Ing., Dr. techn., Dozent, Technische Universität Wien, Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik, Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien
Hofmann-Wellenhof, B., Dipl.-Ing., Dr. techn., Technische Universität Graz, Institut für Theoretische Geodäsie, Technikerstraße 4, A-8010 Graz
Kloiber, O., Dipl.-Ing., Hofrat i. R., Vizepräs. i. R. des BEV, Bastiengasse 15, 1180 Wien
Ramsayer, K., Dr.-Ing., Dr.-Ing., E. h., Univ.-Prof., Stuttgart
Rinner, K., Dipl.-Ing., Dr. techn., DDr.-Ing. E. h., o. Univ.-Prof., Technische Universität Graz, Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz

Contents

- Brandstätter, G.*: The analytical solution of a simultaneous double and multiple point determination in the plane.
Gerstbach, G.: Absolute orientation methods used in land- and cadastral surveying.
Hofmann-Wellenhof, B.: Contour-free regions and irregular boundaries in the derivation of contour-lines from a height grid.
Kloiber, O.: 100th anniversary of cadastral revision in Austria.
Ramsayer, K.: The importance of geodesy in the past, now and in future.
Rinner, K.: About geodetic research in Austria.

Die elektronischen Tachymeter Zeiss Elta 20 und Elta 3: Rationelle Messung mit direkter Registrierung im Feld.



Mit den elektronischen Tachymetern Elta 20 und Elta 3 bietet Zeiss zwei Instrumente, die bei identischem Konzept nach Leistung und Preis abgestuft sind.

Zeiss Elta 20:
Sekundentachymeter
mit 0,3 mgon (1")
Winkelmeßgenauigkeit.

Zeiss Elta 3:
Ingenieurtachymeter
mit 0,6 mgon (2")
Winkelmeßgenauigkeit.

Beide Geräte mit

- elektro-optischem Distanzmesser,
- Mikrocomputer für Berechnungen im Feld,
- Speicher- und Registrierung,
- Anschluß an einen automatischen Datenfluß.

Bitte verlangen Sie
Zeiss Österreich Ges. m. b. H.
A-1096 Wien, Rooseveltplatz 2,
Tel. 0222/42 36 01
A-8044 Graz, Mariatroster Straße 172c,
Tel. 0316/39 13 88
A-5110 Oberndorf, Hoher Göll Straße 16,
Tel. 06272/72 01, Salzburg



V e r e i n s i n f o r m a t i o n

Das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, in dem auch die

VEREINSBIBLIOTHEK

untergebracht ist, übersiedelt im Herbst 1983 in das neue Amtsgebäude, Schiffamtsgasse 1–3, 1020 Wien.

Damit verbunden ist auch die Übersiedlung der Vereinsbibliothek.

Dies wird zum Anlaß genommen, eine Neuorganisation der Bibliothek durchzuführen.

Es wird daher um Verständnis gebeten, daß der Entlehnbetrieb ab sofort bis auf weiteres eingestellt werden muß.

Die Wiederaufnahme des Entlehnbetriebes sowie der Ort der Neuunterbringung werden rechtzeitig bekanntgegeben werden.

V e r e i n s i n f o r m a t i o n

Österreichische Staatskartenwerke

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
A-1080 Wien, Krotenthallergasse 3, Tel. 43 89 35

Österr. Karte 1 : 50 000 - ÖK 50 mit Wegmarkierungen (Wanderkarte)	S 42,-
Österr. Karte 1 : 50 000 - ÖK 50 mit oder ohne Straßenaufdruck	S 36,-
Österr. Karte 1 : 25 000 (Vergrößerung der Österr. Karte 1 : 50 000) - ÖK 25 V mit Wegmarkierungen	S 53,-
Österr. Karte 1 : 200 000 - ÖK 200 mit oder ohne Straßenaufdruck	S 39,-
Österr. Karte 1 : 100 000 (Vergr. der Österr. Karte 1 : 200 000) - ÖK 100 V mit Straßenaufdruck	S 53,-
Generalkarte von Mitteleuropa 1 : 200 000	
Blätter mit Straßenaufdruck (nur für das österr. Staatsgebiet vorgesehen)	S 27,-
Übersichtskarte von Österreich 1 : 500 000	
mit Namensverzeichnis, gefaltet	S 103,-
ohne Namensverzeichnis, flach	S 68,-
Politische Ausgabe, mit Namensverzeichnis, gefaltet	S 103,-
Politische Ausgabe, ohne Namensverzeichnis, flach	S 68,-
Namensverzeichnis allein	S 31,-
Sonderkarten	
Kulturgüterschutzkarten:	
Österreichische Karte 1 : 50 000, je Kartenblatt	S 121,-
Burgenland 1 : 200 000	S 157,-
Österreichische Luftbildkarte 1 : 10 000, Übersicht	S 100,-
Katalog über Planungsunterlagen	S 200,-
Einzelblatt	S 12,-

Neuerscheinungen

Österreichische Karte 1 : 25 000 V

Blatt 96, 123, 152, 154, 156

Österreichische Karte 1 : 100 000 V

Blatt 49/13

Österreichische Karte 1 : 50 000

81 Bodensee

123 Zell am See

Österreichische Karte 1 : 200 000

Blatt 47/9 Chur

Blatt 48/14 Linz

Blatt 48/15 St. Pölten

Umgebungskarten

Gesäuse 1 : 50 000

Kärnten 100 V Ost- u. Westteil

Karwendel 1 : 50 000

Öztaler Alpen Nord- u. Südteil

In letzter Zeit berichtigte Ausgaben der österreichischen Karte 1 : 50 000

108 Deutschkreutz

120 Wörgl

150 Mayrhofen

109 Pamhagen

121 Neunkirchen am
Großvenediger

157 Tamsweg

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 Scheimplug – 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: *Marscheidewesen und Probleme der Angewandten Geodäsie.* 42 Seiten, 1958. Preis S 42,-.
- Sonderheft 20: H. G. Jerie, *Weitere Analogien zwischen Aufgaben der Mechanik und der Ausgleichsrechnung.* 24 Seiten mit 14 Abbildungen, 1960. Preis S 32,- (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).

Sonderhefte zur Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie

- Sonderheft 22: Moritz, *Fehlertheorie der Graphisch-Mechanischen Integration – Grundzüge einer allgemeinen Fehlertheorie im Funktionenraum*. 53 Seiten mit 6 Abbildungen, 1961. Preis S 52,- (DM 9,-).
- Sonderheft 23: Rinner, *Studien über eine allgemeine, voraussetzungslose Lösung des Folgebildanschlusses*. 44 Seiten, 1960. Preis S 48,- (DM 8,-).
- Sonderheft 24: *Hundertjahrfeier der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung 23. bis 25. Oktober 1963*. 125 Seiten mit 12 Abbildungen, 1964. Preis S 120,- (DM 20,-).
- Sonderheft 25: *Proceedings of the International Symposium Figure of the Earth and Refraction*; Vienna, March 14th–17th, 1967. 342 Seiten mit 150 Abbildungen, 1967. Preis S 370,- (DM 64,-).
- 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,-).
- Sonderheft 28: *Festschrift Karl Ledersteiger*. 317 Seiten, 1970. Preis S 200,- (DM 30,-).
- Sonderheft 29: Peters, *Problematik von Toleranzen bei Ingenieur- sowie Besitzgrenzvermessungen*, 227 Seiten, 1974. Preis S 120,- (DM 18,-). (Vergriffen.)
- Sonderheft 30: Bauer, *Aufsuchen oberflächennaher Hohlräume mit dem Gravimeter*, 140 Seiten, 1975. Preis S 100,- (DM 15,-).
- Sonderheft 31: Ackerl u. Foramitti, *Empfehlungen für die Anwendung der Photogrammetrie im Denkmalschutz, in der Architektur und Archäologie*. 78 Seiten, 41 Abbildungen, 1976. Preis S 120,- (DM 18,-).
- Sonderheft 32: Zeger, *Untersuchungen über die trigonometrische Höhenmessung und die Horizontierung von schräg gemessenen Strecken*. 138 Seiten, 20 Abbildungen, 23 Tabellen, 1978. Preis S 120,- (DM 18,-).

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 Überweitwinkel-aufnahmen*, 4 Seiten, 2 Seiten Abbildungen, 1965. Preis S 10,-.
- Nr. 3: Stöckler 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,-.

Alle Jahrgänge der Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie liegen in der Vereinsbibliothek auf und können über die Vereinsadresse bestellt werden.

Unkomplette Jahrgänge:

à S 20,-; Ausland sfr bzw. DM 4,- u. Porto	
Jg. 1 bis 12	1903 bis 1914
15	1917
17	1919
19	1921
22	1924
27	1929
33	1935
à S 105,-; Ausland S 135,- oder sfr 22,- bzw. DM 20,- incl. Porto	
Jg. 55, 58, 59, 62 u. 63	
	1967, 1970, 1971, 1974 u. 1975

Komplette Jahrgänge:

à S 40,-; Ausland sfr bzw. DM 8,- u. Porto	
Jg. 13 und 14	1915 und 1916
16	1918
18	1920
20 und 21	1922 und 1923
23 bis 26	1925 bis 1928
28 bis 32	1930 bis 1934
34 und 35	1936 und 1937
36 bis 39	1948 bis 1951
à S 72,-; Ausland sfr bzw. DM 15,- u. Porto	
Jg. 40 bis 49	1952 bis 1961
à S 100,-; Ausland sfr bzw. DM 20,- u. Porto	
Jg. 50 bis 53	1962 bis 1965
à S 130,-; Ausland sfr bzw. DM 28,- u. Porto	
Jg. 54, 56 u. 57	1966, 1968 u. 1969
à S 160,-; Ausland S 210,- oder sfr 35,- bzw. DM 30,- und Porto	
Jg. 60 und 61	1972 und 1973
à S 270,-; Ausland S 350,- incl. Porto	
Jg. 64 bis 68	1976 bis 1980
à S 330,-; Ausland S 420,- incl. Porto	
Jg. 69	1981
à S 380,-; Ausland S 460,- incl. Porto	
Jg. 70	1982

Dienstvorschrift Nr. 9. *Die Schaffung der Einschaltpunkte*; Sonderdruck des österreichischen Vereins für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 129 Seiten, 1974. Preis S 100,-.

Auf höchste Wirtschaftlichkeit programmiert:

Der Informatik-Theodolit für Sie.



Mit höchster Präzision sicher messen

Standardabweichung 0,15 mgon!
Der Wild T2000 arbeitet für Sie mit einem elektronischen Winkelmeßsystem in bis anhin nicht erreichter Genauigkeit.

Für jede Aufgabe geeignet

Der Wild T2000 mißt, speichert und rechnet. Er bietet Ihnen viele Möglichkeiten, um Vermessungsaufgaben rationell zu lösen: interne Meßprogramme, Polygonieren, Tachymetrieren und Abstecken mit DISTOMAT DI4, DI4L oder DI20,

Registrierung und/oder programmierte Berechnungen bzw. Benutzerführung im Feld mit dem Datenterminal Wild GRE3, direkten Computeranschluß, Kompatibilität mit der kompletten Wild-Theodolit-Zusatzrüstung.

Bequem, vielseitig und zuverlässig

Der Wild T2000 arbeitet absolut zuverlässig – selbst bei härtesten Witterungsbedingungen. Er versorgt den DISTOMAT mit Strom, steuert und überwacht in jeder Ausbaustufe sämtliche Funktionen und bringt

Bedienungshinweise und Resultate eindeutig zur Anzeige.

Wir senden Ihnen gerne eine ausführliche Dokumentation. ■

**THEOMAT Wild T2000:
Das modulare Vermessungssystem des Informatik-Zeitalters.**

**WILD
HEERBRUGG**

G 69/83

Alleinvertretung für Österreich:

A-1151 WIEN · Märzstr. 7
Telex: 1-33731 · Tel.: 0222/92 32 31-0

r-a-r-o-s-t