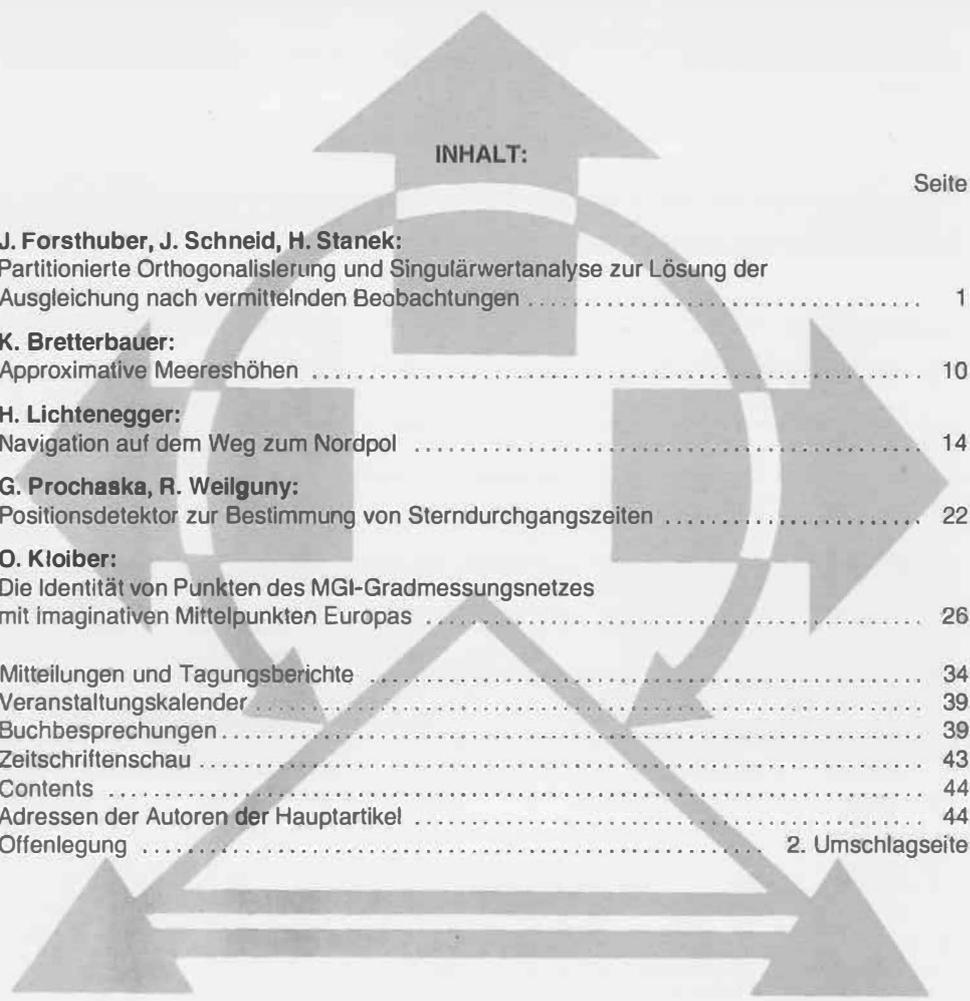


ÖZ

75. Jahrgang 1987/Heft 1

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie



INHALT:

	Seite
J. Forsthuber, J. Schneid, H. Stanek: Partitionierte Orthogonalisierung und Singulärwertanalyse zur Lösung der Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen	1
K. Bretterbauer: Approximative Meereshöhen	10
H. Lichtenegger: Navigation auf dem Weg zum Nordpol	14
G. Prochaska, R. Weigluny: Positionsdetektor zur Bestimmung von Sterndurchgangszeiten	22
O. Kloiber: Die Identität von Punkten des MGI-Gradmessungsnetzes mit imaginativen Mittelpunkten Europas	26
Mitteilungen und Tagungsberichte	34
Veranstaltungskalender	39
Buchbesprechungen	39
Zeitschriftenschau	43
Contents	44
Adressen der Autoren der Hauptartikel	44
Offenlegung	2. Umschlagseite

ORGAN DER ÖSTERREICHISCHEN KOMMISSION FÜR DIE INTERNATIONALE ERDMESSUNG

IMPRESSUM

Medieninhaber und Herausgeber:

ÖSTERREICHISCHER VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN UND PHOTOGRAMMETRIE

Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien, Tel. 0222/35 76 11

Schriftleiter: Dipl.-Ing. Dr. Erhard Erker

Anschrift der Redaktion: Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien

Hersteller: Fritz Raser Ges.m.b.H., Grundsteingasse 14, A-1160 Wien

Verlags- und Herstellungsort Wien

Gefördert durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung in Wien

Offenlegung gemäß § 25 Mediengesetz

Medieninhaber: Österreichischer Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie, Schiffamtsgasse 1–3, A-1025 Wien, zur Gänze

Aufgaben des Vereines gemäß § 1 Abs. 1 der Statuten (genehmigt mit Bescheid der Sicherheitsdirektion Wien vom 17. Feb. 1986, Zl. I-SD/264-BVP/86):

- a) Die Vertretung der fachlichen Belange des Vermessungswesens und der Photogrammetrie auf allen Gebieten der wissenschaftlichen Forschung und der praktischen Anwendung.
- b) Die Vertretung der Standesinteressen aller Angehörigen des Berufsstandes.
- c) Die Förderung der Zusammenarbeit zwischen den Kollegen der Wissenschaft, des öffentlichen Dienstes, der freien Berufe und der Wirtschaft.
- d) Die Herausgabe einer Zeitschrift: Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie.

Mitglieder des Vereinsvorstandes

Präsident: Hofrat Dipl.-Ing. Günter *Schuster*, Johann Leutner-Gasse 35, 2460 Bruck an der Leitha

Stellvertreter:

Präsident i. R. Dipl.-Ing. Ferdinand *Eidherr*, Landsteingasse 5/7, 1160 Wien

O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans *Schmid*, Celtesgasse 18, 1190 Wien

Dipl.-Ing. Manfred *Eckharter*, Friedrichstraße 6, 1010 Wien

Vorstandsrat:

Dipl.-Ing. Wolfram *Achleitner*, Grenzgasse 4a, 4910 Ried im Innkreis

Hofrat Dipl.-Ing. Helmut *Barth*, Germergasse 24/6/3/51, 2500 Baden

Dipl.-Ing. Dr. techn. Bruno *Bauer*, Josef Pirchl-Straße 12, 6370 Kitzbühel

Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn. Johann *Bernhard*, Triester Straße 167, 1232 Wien-Inzersdorf

O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerhard *Brandstätter*, Rechbauerstraße 12, 8010 Graz

O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Kurt *Bretterbauer*, Gußhausstraße 27–29, 1040 Wien

Dipl.-Ing. Helmut *Hauer*, Würthgasse 11, 1190 Wien

Dipl.-Ing. Ernst *Höflinger*, Maria Theresien-Straße 21–23, 6021 Innsbruck

O. Univ.-Prof. Dr. Fritz *Kelnhöfer*, Hüttergasse 33, Haus 12, 1140 Wien

O. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl *Kraus*, Gußhausstraße 27–29, 1040 Wien

O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Helmut *Moritz*, Rechbauerstraße 12, 8010 Graz

Senatsrat Dipl.-Ing. Rudolf *Reischauer*, Kaasgrabengasse 3a, 1190 Wien

emer. O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. DDr.-Ing. E. h. Karl *Finner*, KaiserFranz Josefs-Kai 38, 8010 Graz

O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Günther *Schelling*, Rechbauerstraße 12, 8010 Graz

ORat Mag. jur. Dipl.-Ing. Dr. jur. Christoph *Twaroch*, Rötzergergasse 3, 1170 Wien

Rat Dipl.-Ing. August *Hochwartner*, Arsenal, Obj. 7/6/9, 1030 Wien

Obmann der „Arbeitsgemeinschaft der Diplomingenieure des Bundesvermessungsdienstes“

Dipl.-Ing. Rudolf *Gutmann*, Glacisstraße 33, 8010 Graz

Präsident der „Fachsektion für Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen“

Sekretariat

Sekretär: Rat Dipl.-Ing. Gerhard *Stöhr*, Schießstattgraben 2, 3400 Klosterneuburg

Schriftführer:

Rat Dipl.-Ing. Leopold *Kopsa*, Edmund Weiß-Gasse 1, 1180 Wien

Dipl.-Ing. Friedrich *Reichhart*, Schachnerstraße 53, 1220 Wien

Schatzmeister:

Dipl.-Ing. Susanne *Fuhrmann*, Eslarngasse 9/4/3, 1030 Wien

Rat Dipl.-Ing. August *Hochwartner*, Arsenal, Obj. 7/6/9, 1030 Wien

Bibliothekar: Annemarie *Rongitsch*, Löwengasse 2B/III/2A, 1030 Wien

Schriftleiter: ORat Dipl.-Ing. Dr. techn. Erhard *Erker*, Olmagasse 12, 1130 Wien

Schriftleiterstellvertreter: Rat Dipl.-Ing. Norbert *Höggerl*, R. v. Alt-Platz 1/Stg. 1, 1030 Wien

Rechnungsprüfer:

ORat Dipl.-Ing. Peter *Kubina*, Schuhmeiergasse 13, 2345 Brunn am Gebirge

ORat Dipl.-Ing. Karl *Schäfer*, Goethegasse 49, 2340 Mödling

Erklärung über die grundlegende Richtung der Zeitschrift:

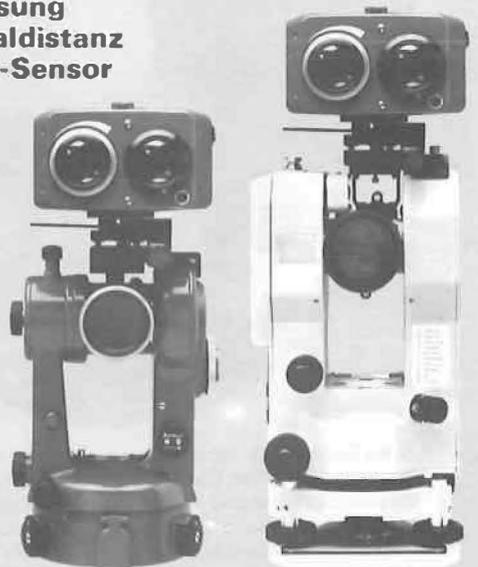
Wahrnehmung und Vertretung der fachlichen Belange des Vermessungswesens und der Photogrammetrie sowie Information und Weiterbildung der Vereinsmitglieder hinsichtlich dieser Fachgebiete.

Die Aufsetzbaren von Kern

DM 104/DM 150



Direkte Ablesung
der Horizontalldistanz
mit Dynamik-Sensor



Dr. Wilhelm
Artaker

1052 Wien, Kettenbrückengasse 16
Tel.: (0222) 58 805-0



DAS VIERTE

Zeiss Elta 3 –
das intelligente
Tachymeter mit
automatischer
Fehlerkompensation.
Damit Genauigkeit
und Anwendung
optimiert werden.



Zeiss Elta 3 – das Tachymeter
für den universellen Einsatz:
Vielseitig, präzise und leicht zu
bedienen. Erfassung und auto-
matische Berücksichtigung
der Stehachsenneigung in

Ziel- und Kippachsrichtung.
Automatische Korrektur von
Fehlereinflüssen bei Winkel-
und Streckenmessung.
Schnittstelle für den Anschluß
an EDV-Systeme.

**Automatische
Kompensation der
Stehachsen-
neigung**

**Eliminierung der
Kreisexzentrizität**

**Automatische
Korrektur von
Fehlereinflüssen
bei Winkel- und
Streckenmessung**

**Vierfach-
Anzeigefenster
auf Vorder-
und Rückseite**

Zeiss 
West Germany
Elta 3

Zeiss Österreich Ges.m.b.H.
A-1096 Wien, Rooseveltplatz 2,
Tel. 0222/42 36 01

Partitionierte Orthogonalisierung und Singulärwertanalyse zur Lösung der Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen

Von J. Forsthuber, J. Schneid, H. Stanek, Wien

Zusammenfassung

Ein auf einem Orthogonalisierungsverfahren basierender Algorithmus zur Lösung eines überbestimmten, auch rangdefizienten, linearen Gleichungssystems im Sinne der kleinsten Quadrate wird vorgestellt. Das übliche Aufstellen der Normalgleichungen entfällt dabei. Ein Vergleich zu Lösungsmethoden mittels Normalgleichungen bezüglich des Speicherplatzbedarfs, der Rechengenauigkeit und der Anzahl der Rechenoperationen wird durchgeführt.

Abstract

An algorithm on the basis of orthogonalization for solving linear least square problems of arbitrary rank is introduced. No use of normal equations is made. Methods involving normal equations are compared with the introduced algorithm as for storage, computing errors and operation count.

1. Einleitung

Der Bedeutung des linearen Ausgleichsproblems entsprechend gibt es laufend Bemühungen zur Verbesserung und Erweiterung von Lösungsverfahren. Waren es anfangs die Vermeidung aufwendiger Rechenoperationen und die Einbeziehung durchgreifender Berechnungskontrollen, wurden durch den Einsatz von EDV-Anlagen andere Eigenschaften wie Rechengenauigkeit, Speicherplatz und Rechenzeit bedeutsam.

Für die händische Berechnung erwies sich das Gauß'sche Eliminationsverfahren zur Lösung der Normalgleichungen geeignet, wenn auch das Verfahren von Cholesky verschiedentlich favorisiert wurde. Letzteres fand dann auch in Lösungsprogrammen Aufnahme, da es sich durch höhere numerische Stabilität auszeichnet. Eine weitere Effizienzsteigerung wurde durch Ausnützung der speziellen Form der in der Ausgleichsrechnung auftretenden Gleichungssysteme erreicht. So stellt etwa das Gauß-Jordan-Austauschverfahren (siehe z. B. [2]) einen effektiven Iterationsalgorithmus zur Auflösung auch großer linearer Gleichungssysteme in Verbindung mit der Berechnung der Inversen zur Verfügung. Für schwach besetzte Systeme, wie sie bei der Ausgleichung großer geodätischer Netze auftreten, gibt es ebenfalls eine Reihe von optimierten Algorithmen ([1]).

Die genannten Verfahren wurden schließlich durch die Verwendung der Pseudoinversen auch für die freie Netzausgleichung modifiziert (z. B. [4], [7]). Als Ergebnis wird dabei der (eindeutige) Lösungsvektor mit minimaler euklidischer Länge definiert.

In der vorliegenden Arbeit wird ein Verfahren vorgestellt, das sich durch folgende vorteilhafte Eigenschaften auszeichnet:

- Auflösung von überbestimmten linearen Gleichungssystemen von beliebigem Rang
- Keinerlei Vorkenntnis der Rangdefizienz bzw. deren Struktur vorab erforderlich
- Vermeidung des Aufstellens der Normalgleichungen
- Partitionierungen ermöglichen die effektive Berechnung großer Systeme auch mit kleinen Arbeitsspeichern
- Singulärwertberechnung ist Grundlage zur (numerischen) Rangbestimmung und zu umfassenden Fehleruntersuchungen
- Numerische Stabilität des gesamten Algorithmus

2. Vermittelnde Lagenetzausgleichung

Da ein Ausgleichsproblem angestrebt werden soll, ist eine Überbestimmung von Netzpunkten durch zusätzliche Messungen erforderlich. Jede der n unabhängigen Beobachtungen L_i (zur Bestimmung von m ausgeglichenen Unbekannten x_j) kann nun mit einer Verbesserung v_i behaftet werden ($L_i + v_i$), was seinerseits als Funktion von verbesserten vorläufigen Unbekannten $x_j = x_j^0 + Dx_j$ dargestellt werden kann,

$$L_i + v_i = f_i(x_1, \dots, x_m), \quad i = 1 \dots n. \quad (2.1)$$

Linearisiert man in erster Näherung die rechte Seite von (2.1), so gelangt man zu einem linearen System von Verbesserungsgleichungen

$$v = Az - l, \quad (2.2)$$

mit $A \in \mathbb{R}^{n \times m}$, $l \in \mathbb{R}^n$, $(A)_{ij} = \frac{\partial f_i}{\partial x_j}$, $l_i = f_i(x_1^0, \dots, x_m^0) - L_i$ und $z_i = Dx_i$.

Die Verbesserungen werden noch, entsprechend der Genauigkeit der Beobachtungen und aus Homogenisierungsgründen, gewichtet, sodaß sich als Minimierungsforderung im Sinne der kleinsten Quadrate

$$v^T P v = (Az - l)^T P (Az - l) \rightarrow \text{Minimum} \quad (2.3)$$

ergibt; die Matrix $P \in \mathbb{R}^{n \times n}$ besitzt Diagonalgestalt mit strikt positiven Elementen

$$p_i = m_0^2 / m_i^2, \quad i = 1 \dots n \quad (\text{siehe [3]}).$$

Eine notwendige Minimierungsbedingung ist durch die Normalgleichungen

$$A^T P A z = A^T P l \quad (2.4)$$

gegeben. Im Falle deren Regularität wird üblicherweise einer der im vorigen Abschnitt erwähnten Algorithmen zur Bestimmung der (eindeutigen) Lösung herangezogen; keine eindeutige Lösung ist im Falle der Singularität von $A^T P A$ gegeben. Diese tritt bei freien Netzen auf, in denen bekanntlich das geodätische Datum nicht hinreichend durch Festpunkte bestimmt ist. Die Mehrdeutigkeit der Lösung wird dabei durch die Forderung nach kürzester euklidischer Länge beseitigt. Die Lösung selbst kann dann mit Hilfe eines um Bedingungsgleichungen erweiterten Normalgleichungssystems gewonnen werden (siehe z. B. [6]).

Die Aufgabe (2.3) ist äquivalent mit

$$\|P^{\frac{1}{2}} Az - P^{\frac{1}{2}} l\| \rightarrow \text{Minimum}, \quad (2.5)$$

wobei $\|\cdot\|$ im weiteren stets die euklidische (Vektor-)Norm bezeichnen möge; ebenso soll der Einfachheit halber B für $P^{\frac{1}{2}} A$ und c für $P^{\frac{1}{2}} l$ stehen.

3. Das lineare Ausgleichsproblem

Das lineare Ausgleichsproblem

$$\|Bz - c\| \rightarrow \text{Minimum}, \quad B \in \mathbb{R}^{n \times m}, \quad c \in \mathbb{R}^n, \quad (3.1)$$

ist bekanntlich immer lösbar. Im folgenden sei stets von einem überbestimmten ($n > m$) Problem (3.1) die Rede. Die Lösung z^* von (3.1) ist genau dann eindeutig, wenn $\text{Rang}(B) = m$; gilt $\text{Rang}(B) < m$, so gibt es unendlich viele Lösungen, aus denen man traditionellerweise durch die zusätzliche Forderung

$$\|z\| \rightarrow \text{Minimum} \quad (3.2)$$

eine eindeutige, nämlich die euklidisch kürzeste Lösung z^* , auszeichnet.

Die Abbildung $c \rightarrow z^*$ ist linear und wird mit $B^+ \in \mathbb{R}^{m \times n}$ (Pseudoinverse von B) bezeichnet.

4. Algorithmen zur Lösung des linearen Ausgleichsproblems

4.1 Die Normalgleichungen

Ist $\text{Rang}(B) = m$, dann hat (3.1) eine eindeutige Lösung z^* , die den sogenannten Normalgleichungen,

$$B^T B z = B^T c \quad (4.1)$$

entspricht, für B^+ gilt demnach

$$B^+ = (B^T B)^{-1} B^T.$$

$B^T B$ ist symmetrisch und positiv definit, es liegt also nahe, (4.1) mit Hilfe des Cholesky-Verfahrens zu lösen. Abgesehen von der a priori zu erfolgenden Rangbestimmung von B können sich zwei erhebliche Schwierigkeiten bei diesem Vorgehen einstellen.

Bereits bei der numerischen Berechnung von $B^T B$ und $B^T c$ (die überdies einen noch gar nicht zum Lösungsalgorithmus gehörigen Aufwand von $m^2 n/2$ Multiplikationen plus Additionen erfordert) entstehen Fehler in der Größenordnung $\|B^T B\| \cdot \text{eps}$ (eps ist die Genauigkeit der Maschinenarithmetik und ist gewöhnlich durch $0.5 \cdot (\text{Zahlenbasis})^{\uparrow} (1 - \text{Mantissenlänge})$ definiert), auch die vorhandenen Einlesefehler der Matrix werden i. a. zu Verfälschungen der Größenordnung $\|B^T B\| \cdot \text{eps}$ führen. Da nun für die Kondition $K(B^T B)$ der Normalgleichungen bekanntlich $K(B^T B) = K(B) \cdot K(B)$ gilt, wird die Lösung, unabhängig von den Rundungsfehlern während der Gleichungsauflösung, bereits davor mit einem Fehler der Größenordnung $K(B)^2 \cdot \text{eps}$ behaftet sein. (Die Konditionszahl eines Problems ist ein Maß der Empfindlichkeit des Ergebnisses in Abhängigkeit von Änderungen in den Daten des Problems; eine obere Schranke für den relativen Fehler des Ergebnisses z^* läßt sich also durch $K^2(B) \cdot \text{eps}$ angeben.) Weiters kann eine dem Problem (3.1) gar nicht eigene Störungsempfindlichkeit durch eine gewisse Konstellation der rechten Seite c in Bezug auf B eingeschleppt werden; die Normalgleichungen sind in diesem Fall als numerisch instabil zu bezeichnen.

Die zweite Gefahr liegt natürlich in der Möglichkeit, daß die berechnete Matrix $B^T B$ nicht mehr positiv definit ist, sodaß die Auflösung mit Hilfe des Cholesky-Algorithmus nicht mehr möglich ist. Schon bei mäßig schlecht konditionierten Problemen kann dies der Fall sein.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß das Lösen von (4.1) selbst im Fall $\text{Rang}(B) = m$ nur unter speziellen, harmlosen Konstellationen zu vertreten ist.

Liegt ein rangdefizientes Problem vor, so ist $B^T B$ singular. Wohl kann man auch in diesem Fall zu einem erweiterten System von Normalgleichungen gelangen (siehe z. B. [4], [7]), dies setzt aber die Kenntnis der Rangdefizienz $m - \text{Rang}(B)$ und deren Struktur voraus. Da dies i. a. a priori nicht der Fall ist, genauso wenig wie die Kenntnis etwaiger numerischer Rangdefizienz, liegt es schließlich nahe, nach Algorithmen zur Lösung von (3.1) bzw. von (3.1) und (3.2) zu suchen, die all die erwähnten Schwierigkeiten, Gefahren und Vorkenntnisse des Problems vermeiden.

All dies leistet die sogenannte QR-Zerlegung der Matrix B . Sie bewirkt die Reduktion von B auf Dreiecksgestalt mit Hilfe orthogonaler Matrizen und ist somit Basis für einen numerisch stabilen Algorithmus zur Lösung von (3.1). Durch eine partitionierte Abarbeitung der Matrix B wird dem oft gemachten Vorwurf des intensiven Speicherplatzbedarfs von Orthogonalisierungsverfahren entgegengetreten. Im Anschluß erfolgt eine Singulärwertbestimmung der triangulierten Matrix, somit eine eindeutige Entscheidung über den (numerischen) Rang und folglich die Berechnung der Lösung gemäß (3.1) bzw. (3.1) und (3.2).

4.2 QR-Zerlegung und Singulärwertbestimmung

Bekanntlich gibt es zu jeder Matrix $B \in \mathbb{R}^{n \times m}$ (im weiteren gelte wieder $n > m$) eine orthogonale Matrix $Q \in \mathbb{R}^{n \times n}$ und eine obere Dreiecksmatrix $R \in \mathbb{R}^{m \times m}$, sodaß

$$B = Q \cdot \begin{bmatrix} R \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

gilt. R kann durchaus Nullen in der Diagonale aufweisen, also singular sein.

Die Matrix B wird dazu von links mit geeigneten orthogonalen Matrizen, sogenannten Householdermatrizen, multipliziert, bis schließlich nach m Schritten eine obere Dreiecksmatrix R entsteht. Die Elimination (der Elemente unterhalb der Hauptdiagonale) erfolgt spaltenweise von links nach rechts, im k -ten Schritt wird also durch Multiplikation mit der Householdermatrix H_k die k -te Spalte unterhalb der Hauptdiagonale der bestehenden Konfiguration zu Null (siehe etwa [5]). Man hat also nach m Schritten

$$H_m H_{m-1} \dots H_2 H_1 B = \begin{bmatrix} R \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Setzt man $Q = H_1 H_2 \dots H_{m-1} H_m$, so gilt (4.2) und Q ist als Produkt orthogonaler Matrizen selbst orthogonal. Die Anwendung von (4.2) zur Lösung von (3.1) liegt nun auf der Hand: die euklidische Norm von $Bz - c$ zu minimieren ist äquivalent mit der Aufgabe, die euklidische Norm von $Q^T Bz - Q^T c$ zu minimieren, da Q^T als orthogonale Abbildung eine Drehung darstellt, also längeninvariant ist. Setzt man $g_1 \in \mathbb{R}^m$ für die ersten m Komponenten und $g_2 \in \mathbb{R}^{n-m}$ für die restlichen Komponenten von $Q^T c$, so gilt

$$\|Bz - c\|^2 = \|Rz - g_1\|^2 + \|g_2\|^2, \quad (4.4)$$

man hat also das Problem (3.1) durch die Anwendung eines numerisch stabilen Algorithmus (nämlich der Multiplikation mit orthogonalen Matrizen, die die bestmögliche Kondition 1 besitzen) in das Problem

$$\|Rz - g_1\| \rightarrow \text{Minimum} \quad (4.5)$$

übergeführt. Entscheidend für das weitere Vorgehen zur Lösung von (4.5) ist natürlich der Rang bzw. numerische Rang von R (der ident ist mit dem von B).

Dazu bedient man sich der sogenannten Singulärwertzerlegung (Singular Value Decomposition) von R . Diese besagt, daß es zu jeder Matrix $G \in \mathbb{R}^{n \times m}$ mit $\text{Rang}(G) = r$, $r \leq \min(n, m)$ zwei orthogonale Matrizen $W \in \mathbb{R}^{m \times m}$ und $V \in \mathbb{R}^{n \times n}$ gibt, sodaß

$$V^T G W = \begin{bmatrix} \underbrace{D}_{r} & \underbrace{0}_{m-r} \\ \underbrace{0}_{r} & \underbrace{0}_{m-r} \end{bmatrix} \begin{matrix} r \\ n-r \end{matrix}$$

wobei $D = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_r)$ und $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r > 0$. Man setzt $\sigma_i = 0$, $i = r+1(1) m$ und nennt $\sigma_1, \dots, \sigma_m$ die Singulärwerte von G . Die Anzahl der nicht verschwindenden Singulärwerte gibt also den Rang von G wieder. In unserem Fall gibt es also zwei orthogonale Matrizen $V, W \in \mathbb{R}^{m \times m}$, sodaß

$$V^T R W = \begin{bmatrix} \underbrace{D}_{r} & \underbrace{0}_{m-r} \\ \underbrace{0}_{r} & \underbrace{0}_{m-r} \end{bmatrix} \begin{matrix} r \\ m-r \end{matrix} \quad (4.6)$$

gilt, mit den Singulärwerten $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r > 0 = \sigma_{r+1} = \dots = \sigma_m$.

Auch die Gewinnung der Singulärwertzerlegung einer Matrix stellt einen numerisch stabilen Algorithmus dar, da sie durch orthogonale (Links- und Rechts-)Transformationen erhalten wird. Die Kenntnis der Singulärwertzerlegung (4.6) von R führt nun zur endgültigen Lösung von (4.5).

Partitioniert man

$$W = \left[\underbrace{W_1}_r \mid \underbrace{W_2}_{m-r} \right] \text{ und } V = \left[\underbrace{V_1}_r \mid \underbrace{V_2}_{m-r} \right],$$

so gilt

$$\|Rz - g_1\|^2 = \|DW_1^T z - V_1^T g_1\|^2 + \|V_2^T g_1\|^2. \tag{4.7}$$

Offenbar wird (4.7) genau für $W_1^T z = D^{-1}V_1^T g_1$ minimal.

Der Wert von $W_2^T z$ ist noch beliebig. Durch $W_2^T z = 0$ wird

$$\left\| \begin{bmatrix} W_1^T z \\ W_2^T z \end{bmatrix} \right\| = \|W^T z\|$$

und somit $\|z\|$ minimal. Die allgemeine Lösung von (4.5) und somit von (3.1) und (3.2) ist also gegeben durch

$$z^* = W_1 D^{-1} V_1 g_1.$$

Das Residuum $\|Bz^* - c\|$ schließlich ergibt sich durch

$$\|Bz^* - c\| = (\|V_2^T g_1\|^2 + \|g_2\|^2)^{\frac{1}{2}}.$$

Der so beschriebene Lösungsweg ist die Grundlage des im folgenden Abschnitt beschriebenen, adaptierten Algorithmus zur Lösung von (3.1) bzw. (3.1) und (3.2); klarerweise könnte sie auch direkt aus der Singulärwertzerlegung von B gewonnen werden. Warum dies nicht geschieht, wie auch die Frage nach der numerischen Rangbestimmung, wird im folgenden erörtert.

5. Ein adaptierter QR/SVD-Algorithmus

Da es im Falle stark überbestimmter Systeme ($n \gg m$) nicht mehr möglich sein kann, die Matrix B als ganze einzulesen, wurde die sogenannte sequentielle Householdertransformation gewählt. (Minimalanforderung an den zur Verfügung stehenden Speicherplatz muß natürlich die Speicherfähigkeit von $\sim m \cdot m$ Daten sein, da jede Lösungsmethode, ob Normalgleichungen, QR-Zerlegung oder SVD, auf eine Matrix der Dimension m führt.) Diese gestattet ein Abarbeiten der Matrix B in beliebig dimensionierbaren Zeilenblöcken. Zu diesem Zweck partitioniert man die Matrix B und den Vektor c:

$$B = \left[\begin{array}{c} [B_1] \\ [B_2] \\ \vdots \\ [B_q] \end{array} \right] \begin{matrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_q \end{matrix}, \quad c = \left[\begin{array}{c} [c_1] \\ [c_2] \\ \vdots \\ [c_q] \end{array} \right] \begin{matrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_q \end{matrix}, \quad \sum_{i=1}^q n_i = n, \quad 1 \leq q \leq n.$$

Der Algorithmus konstruiert nun (mit Hilfe der im vorigen Abschnitt erwähnten Householdermatrizen) eine Folge von oberen Dreiecksmatrizen $[R_i \mid d_i]$, sodaß die beiden Ausgleichsprobleme

$$\|R_i z - d_i\| \rightarrow \text{Minimum und } \left\| \begin{bmatrix} B_1 \\ \vdots \\ B_i \end{bmatrix} z - \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_i \end{bmatrix} \right\| \rightarrow \text{Minimum}$$

für jedes $i = 1(1)q$ äquivalent sind, d. h., dieselbe Lösung und dasselbe Residuum besitzen. Dabei kann die jeweils neu berechnete Matrix $[R_i \mid d_i]$ den Speicherplatz der vorigen, erweiterten Matrix

$$\left[\begin{array}{c|c} R_{i-1} & d_{i-1} \\ \hline B_i & c_i \end{array} \right] \tag{5.1}$$

einnehmen. Hat man also nach $i - 1$ Schritten die $(\hat{n}_{i-1} \cdot (m + 1))$ - Dreiecksmatrix $[R_{i-1} | d_{i-1}]$ erreicht, so bildet man die $(\hat{n}_{i-1} + n_i) \cdot (m + 1)$ - Matrix (5.1) und reduziert mittels Householdermatrix Q_i auf Dreiecksgestalt:

$$Q_i \left[\begin{array}{c|c} R_{i-1} & d_{i-1} \\ \hline B_i & c_i \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c|c} R_i & d_i \\ \hline 0 & 0 \end{array} \right] \begin{matrix} \hat{n}_i \\ \hat{n}_{i-1} + n_i - \hat{n}_i \end{matrix},$$

wobei $\hat{n}_i = \min(m + 1, \hat{n}_{i-1} + n_i)$. Das Ergebnis des letzten Schrittes läßt sich darstellen als

$$[R_q | d_q] = \left[\begin{array}{c|c} R & d \\ \hline 0 & e \end{array} \right] \begin{matrix} m \\ 1 \end{matrix}.$$

Man beachte, daß $[R_q | d_q]$ obere Dreiecksgestalt besitzen muß, da $n \geq m$ ist.

Man kann nun zeigen, daß dieses q -stufige Verfahren einer einzigen orthogonalen Transformation mit Hilfe einer orthogonalen Matrix Q^T entspricht,

$$Q^T [B | c] = \left[\begin{array}{c|c} R & d \\ \hline 0 & e \\ \hline 0 & 0 \end{array} \right] \begin{matrix} m \\ 1 \\ n-m-1 \end{matrix}.$$

Das lineare Ausgleichsproblem

$$\left\| \begin{bmatrix} R \\ 0 \end{bmatrix} z - \begin{bmatrix} d \\ e \end{bmatrix} \right\|^2 = \|Rz - d\|^2 + e^2 \rightarrow \text{Minimum} \quad (5.2)$$

ist also äquivalent mit dem Problem (3.1).

Nach erfolgter Singulärwertzerlegung von R , $R = VDW^T$, wobei $V, D, W \in \mathbb{R}^{m \times m}$, V, W orthogonal, $D = \text{diag}(\sigma_1, \dots, \sigma_m)$, kann der numerische Rang r garantiert werden, falls

$$\sqrt{m} \cdot \text{eps} \cdot \sigma_1 < \sigma_r \quad \text{aber} \quad \sqrt{m} \cdot \text{eps} \cdot \sigma_1 \geq \sigma_{r+1}.$$

a) $r = m$

Die Lösung z^* ist eindeutig und ergibt sich aus dem Gleichungssystem $Rz = d$, bzw. mit Hilfe der erfolgten SVD als

$$z^* = WD^{-1}V^T d.$$

Für das Residuum gilt $\|Bz^* - c\| = |e|$, das skalierte Residuum ist demnach $|e| / \sqrt{n-m}$. Auch die Matrix $(B^T B)^{-1}$ läßt sich mit Hilfe der Singulärwertzerlegung von R darstellen,

$$(B^T B)^{-1} = WD^{-2}W^T,$$

da ja $B^T B = R^T R$ gilt.

b) $r < m$

Entsprechend Abschnitt 4.2 setzt man $\bar{D} = \text{diag}(\sigma_1, \dots, \sigma_r)$, teilt

$$W = \left[\underbrace{W_1}_{r} \mid \underbrace{W_2}_{m-r} \right] \quad \text{und} \quad V = \left[\underbrace{V_1}_{r} \mid \underbrace{V_2}_{m-r} \right].$$

Die Lösung z^* im Sinne (3.1) und (3.2) ergibt sich als

$$z^* = W_1 \bar{D}^{-1} V_1^T d.$$

Für das Residuum gilt $\|Bz^* - c\| = (\|V_2^T d\|^2 + e^2)^{\frac{1}{2}}$. Das skalierte Residuum ist demnach $\|Bz^* - c\| / \sqrt{n - r}$. Auch die Matrix $B^+(B^+)^T$ läßt sich einfach darstellen als $B^+(B^+)^T = W_1 \bar{D}^{-2} W_1^T$.

Der Grund, warum die Möglichkeit, die Singulärwertzerlegung von B (und nicht der triangulierten Matrix R) zur Konstruktion der Lösung zu verwenden, nicht gewählt wurde, liegt im vermehrten Rechenaufwand.

Es ist in völlig analoger Weise wie bei der sequentiellen Triangularisierung von B möglich, die Singulärwertzerlegung der partitionierten Matrix B sequentiell zu berechnen. Der Aufwand bestünde also aus q SVD-Berechnungen. Bezeichnet man nun den Aufwand, der zur Triangularisierung einer Matrix (durch eine Linksmultiplikation mit einer orthogonalen Matrix) nötig ist, symbolisch mit α , so ist der Aufwand zur Singulärwertzerlegung derselben Matrix zumindest doppelt so hoch, also 2α , da ja von links und rechts orthogonal multipliziert werden muß (abgesehen vom Aufwand zur eigentlichen Bestimmung der singulären Werte, die in der Regel iterativ ist). Nimmt man weiters der Einfachheit halber an, daß sämtliche Blöcke B_i ungefähr gleich dimensioniert sind, so ergibt sich beim adaptierten QR/SVD-Algorithmus ein Gesamtaufwand von $(q + 2)\alpha$, während dieser bei äquivalenter SVD-Berechnung $2q\alpha$, also etwa doppelt so hoch ist.

Der Aufwand von Rechenoperationen zur Triangularisierung von B mit Hilfe sequentieller Householdertransformationen beträgt asymptotisch

$$(m^2n - \frac{m^3}{3}) \cdot (1 + \frac{q}{n}) \text{ (Additionen plus Multiplikationen).}$$

(Man sieht, daß mit Verkleinerung der Blockgrößen der Aufwand steigt.)

Die Singulärwertzerlegung der oberen Dreiecksmatrix R schließlich benötigt zirka

$$6m^3 \text{ (Additionen plus Multiplikationen).}$$

(Dieser Wert beinhaltet weitestgehend gesicherte Erfahrungswerte bezüglich der Konvergenzgeschwindigkeit der Iteration zur Singulärwertbestimmung.)

Für die übliche Anwendungspraxis – der Abarbeitung in quadratischen Blöcken – also $n \sim qm$ – erhält man somit größenordnungsmäßig

$$(m^2n + 6m^3) \text{ (Additionen und Multiplikationen)}$$

als Gesamtrechenaufwand.

Im Vergleich zu gängigen Lösungsverfahren von (3.1) bzw. (3.1) und (3.2) durch das Erstellen der Normalgleichungen ergibt sich in jedem Fall beim QR/SVD-Algorithmus ein geringerer Rechenaufwand ab einer Größenordnung von ungefähr 100 Unbekannten (weitestgehend unabhängig von üblichen Relationen zwischen n und m!). Dieser Wert sinkt bei rangdefizienten Gleichungssystemen deutlich ab.

6. Testresultate

Zu einem Vergleichstest mit dem adaptierten QR/SVD-Algorithmus wurde eine Reihe von gängigen Ausgleichsprogrammen herangezogen. Neben einer beträchtlichen Anzahl von Lagenetzen aus Untersuchungen des Instituts für Landesvermessung der TU Wien wurde u. a. auch das freie Streckennetz Sattenhausen (siehe [3]) gerechnet und in sämtlichen Ergebnissen verglichen. Die Lösung stimmt in allen berechneten Werten überein. Die durch den QR/SVD-Algorithmus für dieses Beispiel aufgedeckte Rangdefizienz von 3 ist aufgrund der Art des Netzes sofort einsichtig (Abb. 1).

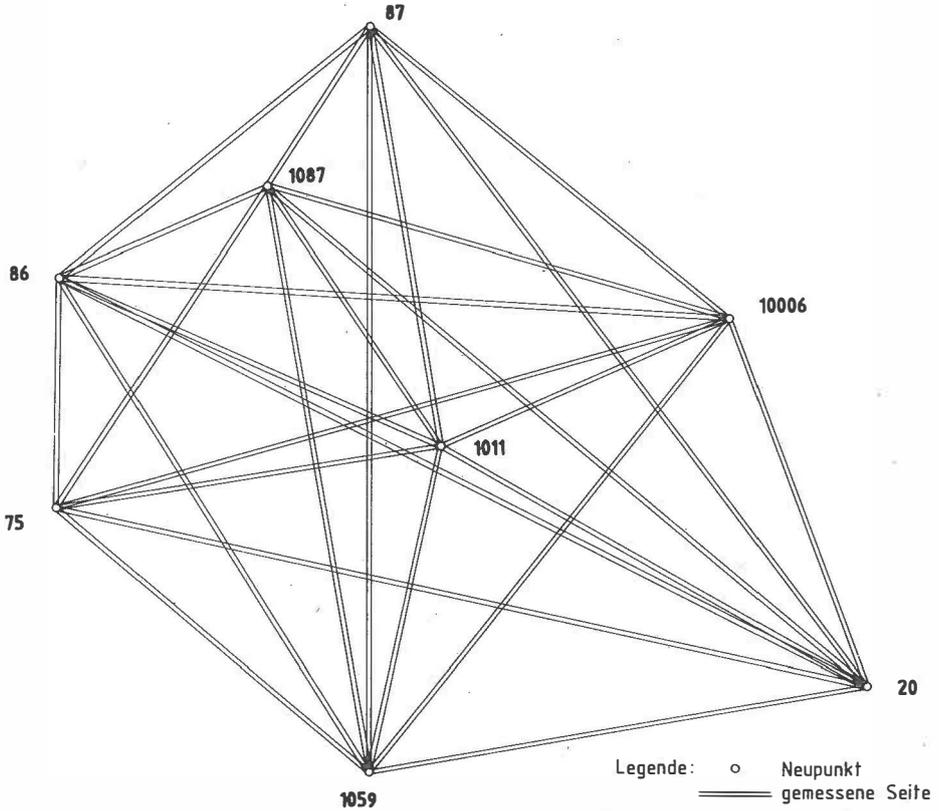


Abb. 1

Das folgende simulierte Beispiel soll den Vorteil einer (numerischen) Rangbestimmung demonstrieren:

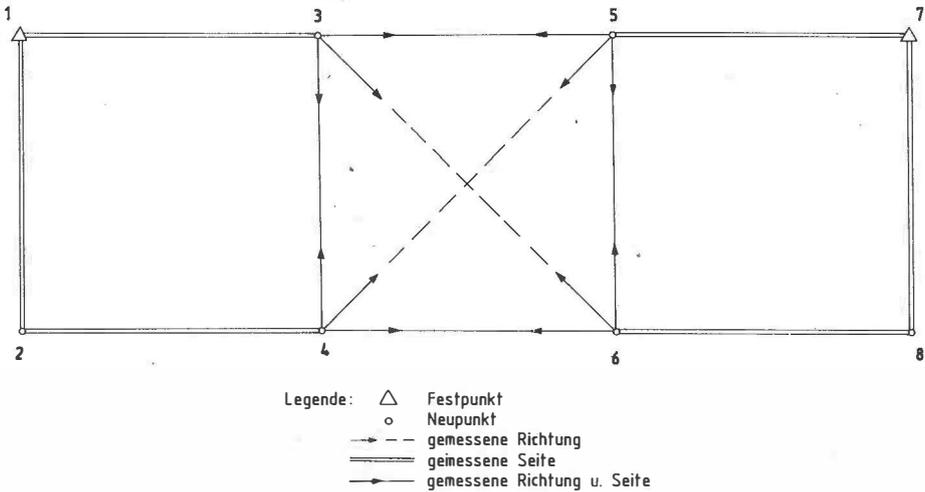


Abb. 2

Das Lagenetz ist in den beiden Festpunkten 1 und 7 gelagert. Trotz der verhältnismäßig großen Überbestimmung ist keine eindeutige Lösung aufgrund eines Konfigurationsdefekts möglich. Bei Berechnung mit Programmen, die die Lösung über Normalgleichungen bestimmen; war es teilweise durch geeignete Wahl der Näherungskordinaten und der Beobachtungen möglich; Ergebnisse zu erhalten. Auch die danach berechenbaren Fehler der Punktkordinaten fielen im Hinblick auf die Unlösbarkeit des Problems zu optimistisch aus. Eine Systematik in Abhängigkeit zu den modifizierten Näherungskordinaten und Beobachtungen war nicht geschlossen feststellbar.

Demgegenüber ist die Aufdeckung der numerischen Rangdefizienz 2 durch ein Programm unter Verwendung des QR/SVD-Algorithmus als korrekte Aussage anzusehen. In der Praxis ist die Entstehung dieses Netztyps etwa durch Verlust der Visuren in einem wiederholt beobachteten Deformationsnetz denkbar. Da heute Messungen via Datenerfassungsgerät direkt in den Rechner gebracht werden können, ist für die automatische Auswertung das korrekte Aufdecken solcher Problemsituationen eine unumgängliche Forderung.

Literatur

- [1] *D. Ehlert*: Speicherplatz sparende EDV-Programme zur Auflösung von Gleichungssystemen mit symmetrischen Koeffizientenmatrizen; DGK Reihe B, Heft 222/1977
- [2] *A. Elmiger*: Vermittelnde Netzausgleichung in Lage und Höhe oder dreidimensional (Algol Programm NETZ 3D); ETH Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie 1972
- [3] *W. Höpcke*: Fehlerlehre und Ausgleichsrechnung; Walter de Gruyter, Berlin — New York 1980
- [4] *W. Höpcke, J. Krüger*: Zur Berechnung der Pseudoinversen; Zeitschrift für Vermessungswesen 10/1981, 543—553
- [5] *C. L. Lawson, R. J. Hanson*: Solving Least Square Problems; Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1974
- [6] *K. Rinner, K. Killian, P. Meissl*: Beiträge zur Theorie der geodätischen Netze im Raum; DGK Reihe A, Heft 61/1969
- [7] *B. Ruff*: Berechnung der Pseudoinversen mit modifiziertem Gauß-Jordan-Austauschverfahren unter Ausnutzung der Symmetrieeigenschaften der Normalgleichungen; Zeitschrift für Vermessungswesen 6/1983, 216—220

Manuskript eingelangt im Juli 1986

Approximative Meereshöhen

Von K. Bretterbauer, Wien

Abstract

A simple formula for the approximate computation of orthometric heights from geopotential numbers is given. The standard deviation of heights thus derived as compared to rigorously computed orthometric heights is only ± 2 mm.

1. Einführung

In Heft 4, 1986, dieser Zeitschrift, in Kapitel 8 des Übersichtsartikels „Das Höhenproblem der Geodäsie“ [1], habe ich eine empirische Formel zur genäherten Berechnung von orthometrischen Höhen (Meereshöhen) gegeben und deren Untersuchung und Begründung in einer weiteren Arbeit angekündigt. Diese Analyse wird hiermit vorgelegt. Entgegen der Ankündigung in [1] stützt sich diese Untersuchung auf dieselben Ausgangsdaten. Dies deshalb, weil umfangreiches Material noch nicht vorliegt und sich außerdem die Beziehungen als völlig einleuchtend und elementar erwiesen haben. Das schließt aber nicht aus, daß die spätere Untersuchung einer großen Datenmenge nützlich und aufschlußreich sein könnte.

2. Rekapitulation

Die Definition jedes Höhensystems geht von den geopotentiellen Koten C aus, also von den Potentialdifferenzen gegenüber dem Geoid. Um daraus metrische Höhen zu gewinnen, wird durch einen an sich beliebigen Schwerewert dividiert. Die Wahl dieses Schwerewertes bestimmt das Höhensystem. Nimmt man den Mittelwert der Schwere entlang der jeweiligen Lotlinie, so erhält man die orthometrischen Höhen h^* :

$$h^* = C/\bar{g}^*, \quad (2.1)$$

\bar{g}^* = Mittelwert der Schwere in $\text{kGal} = 10 \text{ m s}^{-2}$.

In [1] habe ich eine andere Art von Höhen definiert, durch Division der geopotentiellen Koten durch die jeweilige Oberflächenschwere, und sie „natürliche Höhen“ h_n genannt:

$$h_n = C/g. \quad (2.2)$$

Bildet man die Differenz

$$\Delta h = h_n - h^* \quad (2.3)$$

für alle von Höggerl [2] ausgewiesenen Knoten des österreichischen Nivellements 1. Ordnung und untersucht diese Differenz auf ihre Höhenabhängigkeit, so zeigt sich, daß diese Δh auf einer Parabel liegen (Figur 3 in [1]). Die Parabel habe ich nach dem Augenmaß eingezeichnet und ihre Gleichung intuitiv bestimmt zu:

$$\Delta h_{(\text{in mm})} = k \cdot h_{(\text{in km})}^2, \quad k = 33 \text{ mm} \cdot \text{km}^{-2}. \quad (2.4)$$

Eine Ausgleichung ergibt $k = 34$ und eine Standardabweichung der Δh von $s = \pm 2$ mm. Damit ist eine einfache und genaue Formel zur Gewinnung orthometrischer Höhen gegeben.

3. Theoretische Begründung

Der Faktor k hat die Dimension lm^{-1} . Seine Bedeutung ergibt sich wie folgt:

$$\Delta h = h_n - h^* = \frac{C}{g} - \frac{C}{\bar{g}^*} = \frac{C}{g} \left(\frac{\bar{g}^* - g}{\bar{g}^*} \right). \quad (3.1)$$

Da Δh eine kleine Größe ist ($\approx 80 \text{ mm}$ für $h = 1500 \text{ m}$), darf in (3.1) C/g gleich einem Näherungswert der Höhe und der Nenner in der Klammer gleich einem runden Schwerewert g_0 gesetzt werden, also:

$$\Delta h = \frac{h}{g_0} (\bar{g}^* - g). \quad (3.2)$$

Der Mittelwert der Schwere entlang der Lotlinie ist in großer Näherung gleich dem Schwerewert in der Masse in halber Höhe. Somit ist

$$(\bar{g}^* - g) = \delta g \cdot \frac{h}{2} \quad (3.3)$$

nichts anderes als die *Prey*-Reduktion von der Oberfläche in die halbe Höhe und δg der *Prey*-Gradient. Dieser setzt sich aus der Wirkung der Topographie, der Freiluftreduktion und der doppelten *Bouguer*-Platte zusammen. (3.2) kann nun mit (3.3) in der Form geschrieben werden:

$$\Delta h = k \cdot h^2, \text{ mit } k = \frac{\delta g}{2g_0}. \quad (3.4)$$

In einer theoretischen Betrachtung kann die individuelle Topographie nicht berücksichtigt werden. Der theoretische *Prey*-Gradient besteht daher nur aus Freiluftgradient und doppeltem *Bouguer*-Gradienten:

$$\delta g = \frac{2GE}{R^3} - 4\pi G\rho, \quad (3.5)$$

mit $G =$ Gravitationskonstante, $E =$ Erdmasse, $R =$ Erdradius, $\rho =$ Standarddichte der Erdkruste. Mit den Werten: $G = 66,73 \cdot 10^{-9} \text{ cm}^3\text{s}^{-2}\text{g}^{-1}$, $E = 5,974 \cdot 10^{27} \text{ g}$, $R = 6,371 \cdot 10^8 \text{ cm}$, $\rho = 2,7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $g_0 \approx 981 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$ folgt:

$$\delta g = 0,08190 \text{ mGal/m} \text{ und } k = 4,2 \cdot 10^{-10} \text{ cm}^{-1} = 42 \text{ mm} \cdot \text{km}^{-2}. \quad (3.6)$$

4. Der erweiterte Prey-Gradient

Der Unterschied des empirisch bestimmten Wertes $k = 34$ zu dem theoretisch bestimmten $k = 42$ liegt offenbar in der Wirkung der Topographie, zum geringen Teil auch in der angenommenen Standarddichte. Es sei daher versucht, den erweiterten *Prey*-Gradienten zu ermitteln. Die von *Höggerl* [2] zur Berechnung der orthometrischen Höhen der 88 Knoten benützten Mittelwerte der Schwere \bar{g}^* (in denen die Topographie voll berücksichtigt ist) lassen sich leicht wiedergewinnen durch Division der geopotentiellen Knoten durch die orthometrischen Höhen:

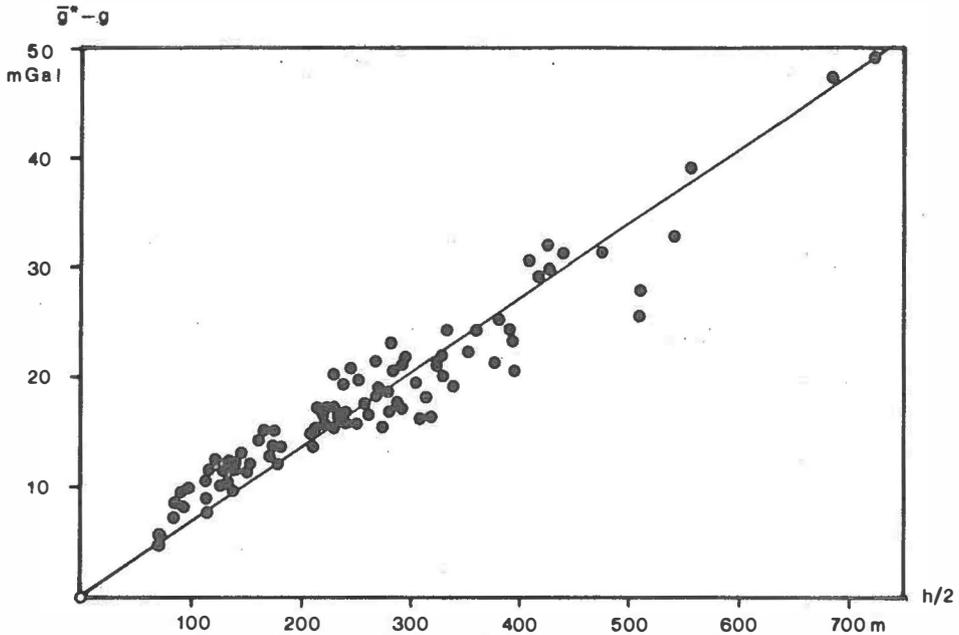
$$\bar{g}^* = C/h^*. \quad (4.1)$$

Trägt man nun die Differenzen $(\bar{g}^* - g)$ in Abhängigkeit von der halben Höhe in ein Diagramm ein, so liegen die Punkte auf einer Geraden (Figur 1). Eine Ausgleichung liefert deren Gleichung:

$$(\bar{g}^* - g) = 0,06735 \cdot \frac{h}{2}. \quad (4.2)$$

Die Steigung dieser Geraden ist der erweiterte *Prey*-Gradient:

$$\delta g = 0,06735 \text{ mGal/m}. \quad (4.3)$$



Figur 1: Bestimmung des erweiterten *Prey*-Gradienten.

Mit (3.4) folgt daraus:

$$k = 3,4 \cdot 10^{-10} \text{ cm}^{-1} = 34 \text{ mm} \cdot \text{km}^{-2}, \quad (4.4)$$

in Übereinstimmung mit dem Wert in Kapitel 2. Selbstverständlich ist das keine unabhängige Herleitung, sondern bloß eine Bestätigung des früheren empirischen Resultats. Übrigens ließe sich der theoretische *Prey*-Gradient durch Annahme einer Krustendichte von $\rho = 2,87 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ auf dem Wert (4.3) bringen.

Es muß noch darauf hingewiesen werden, daß von den 88 Knoten 82 unter 1000 m und nur 6 zwischen 1000 und 1500 m liegen. Für größere Höhen ist der Wert von k also mit Vorsicht zu gebrauchen, wogegen er bis 1000 m gut gesichert ist. In jedem Fall aber stellt die Beziehung

$$h^* = \frac{C}{g} - (34 \cdot h^2_{\text{km}})_{\text{mm}} \quad (4.5)$$

eine einfache und sichere Kontrollformel dar. Im Hinblick auf die Meßfehler des Nivellements und den hypothetischen Charakter der orthometrischen Höhen und den hohen Aufwand zu ihrer Bestimmung, kann (4.5) überhaupt zur Berechnung der orthometrischen Höhen nachgeordneter Nivellements benützt werden.

5. Wirkung der Topographie

In [1] wurden auch noch die Differenzen der orthometrischen Höhen h^* zu den Normalhöhen H nach *Molodenskij* auf ihre Höhenabhängigkeit untersucht (Figur 2 in [1]). Diese Differenzen stellen die Erhebung des Quasigeoides über das Geoid dar, d. h. die Differenzen „Höhenanomalie minus Geoidundulation“:

$$h^* - H = \zeta - N. \quad (5.1)$$

Diese Differenzen liegen ebenfalls auf einer parabelähnlichen Kurve, allerdings mit wesentlich größerer Streuung, weshalb in [1] die Frage nach der Ursache gestellt wurde. Diese ist abermals in der Wirkung der Topographie zu suchen. Es ist

$$\zeta - N = h^* - H = \frac{C}{g^*} - \frac{C}{\bar{g}} = \frac{C}{g\bar{g}^*} (\bar{g} - g^*) \tag{5.2}$$

und

$$\Delta h = h_n - h^* = \frac{C}{g} - \frac{C}{g\bar{g}^*} = \frac{C}{g\bar{g}^*} (\bar{g}^* - g). \tag{5.3}$$

In (5.2) ist nur ein Faktor des Klammerausdrucks von der Topographie beeinflusst, denn \bar{g} ist ein theoretischer Schwerwert im Außenraum des Niveauellipsoides. In (5.3) dagegen unterliegen beide Faktoren der Klammer der Wirkung der Topographie, wenn auch nicht in derselben Weise, aber offenbar doch so, daß die Wirkung in der Differenz weitgehend kompensiert wird.

Die geringe Streuung der Δh zeigt aber auch, daß die regionalen Abweichungen von der angenommenen Standarddichte nicht groß sein können. Immerhin wird eine künftige Untersuchung eines großen Datenmaterials auf regionale Effekte interessante Rückschlüsse auf die Struktur der Erdkruste in Österreich erlauben.

Literatur

[1] *Bretterbauer, K.*: Das Höhenproblem der Geodäsie. ÖZ, 74. Jg., 1986, Heft 4.
 [2] *Höggerl, N.*: Ausgleichung des österreichischen Präzisionsnivelementnetzes. ÖZ, 74. Jg., 1986, Heft 4.

NEU Das Digitalisiergerät der 3. Generation

DIGITALES KOORDINATEN-, FLÄCHEN- UND LÄNGENMESSGERÄT

X-PLAN 360 iR



NEU
mit RS 232 C für
Computer/Miniprinter-
anschluß

- Koordinaten 0,1 mm genau
- Ursprung und Achse frei wählbar
- Distanzen, Umfang, Fläche gleichzeitig
- Messeinheiten und Maßstäbe individuell
- Sammel- und Durchschnittswerte
- Gerade und Kreisbögen in Einzelpunktmessung
- Folgepunktnummern automatisch

r-a-rost
A-1151 WIEN, MÄRZTRASSE 7
TELEFON 0222/92 92 31-07, 92 92 35-01, 92 53 53-01

Navigation auf dem Weg zum Nordpol

Von H. Lichtenegger, Graz

Zusammenfassung

Die Arbeit berichtet über eine österreichische Nordpolexpedition, wobei besonderes Augenmerk auf die astrogeodätischen Navigationsmethoden gelegt wird, welche zu diesem Zweck entwickelt wurden.

Summary

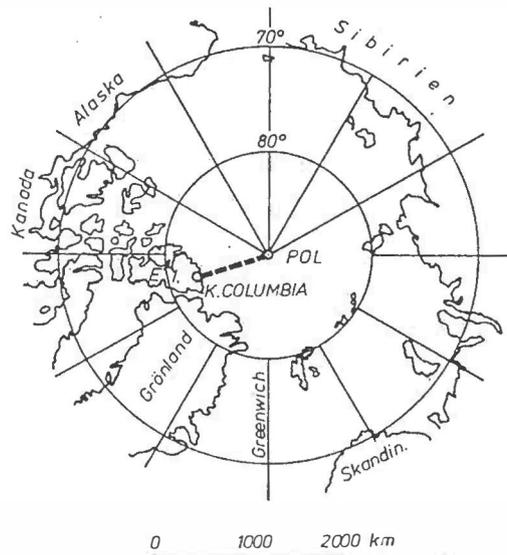
The paper reports on an Austrian North-Pole Expedition. Particular attention is given to astrogeodetic navigation methods which have been developed for this purpose.

1. Vorbemerkung

Am 10. März 1986 startete der damals 26-jährige Österreicher Bernhard Klammer (B.K.) nach mehrjähriger Vorbereitung eine Expedition mit dem Ziel, zu Fuß und im Alleingang vom nördlichsten Landteil Kanadas aus den geographischen Nordpol zu erreichen. Über das Abenteuer wurde mehrfach in allen Medien berichtet.

Der Verfasser hatte die Aufgabe, für das Unternehmen einfache und doch sichere astrogeodätische Navigationsmethoden zu entwickeln, welche im Notfall eine Satelliten-Navigationseinheit ersetzen sollten und auch tatsächlich ersetzt haben.

Da die Verfahren auch für andere Expeditionen von Interesse sein könnten, werden diese in der vorliegenden Arbeit ausführlich beschrieben. Zuvor aber wird ein kurzer Überblick über die Ziele und den Verlauf der Expedition gegeben.



Figur 1: Geplante Expeditionsroute von Kap Columbia zum Pol

2. Ziel und Verlauf der Expedition

Als Ziel der Expedition galt die erstmalige Erreichung des geographischen Nordpols zu Fuß und im Alleingang. Außerdem sollte das Unternehmen „by fair means“ ablaufen, das heißt, die Ausrüstung (Verpflegung, Bekleidung, Waffen usw.) im Gesamtgewicht von mehr als 100 kg war auf einem Schlitten nur durch menschliche Muskelkraft und ohne Verwendung von Hunden oder Motoren mitzuführen. Als einzige Verbindung zur Zivilisation war ein wöchentlicher Funkkontakt zur Basisstation in der Eskimosiedlung „Resolute Bay“ vorgesehen.

Die geplante Marschrouten ist in Fig. 1 dargestellt. Ausgehend von Kap Columbia (83° nördliche Breite, 70° westliche Länge) auf Ellesmere-Insel, dem nördlichsten Festlandpunkt Kanadas, sollte der Pol erreicht werden. Hierzu war eine Strecke von mehr als 750 km über das Eis des Polarmeeres zurückzulegen. Bei einer Tagesleistung von 10–15 km waren daher etwa zweieinhalb Monate für das Unternehmen vorgesehen. Der frühestmögliche Termin für eine solche Expedition liegt wegen der Polarnächte in den hohen Breitengraden um den Frühlingsbeginn. Andererseits muß der Pol spätestens gegen Ende Mai erreicht sein, da nach dieser Zeit das Eis bricht und so weder ein Rückmarsch noch ein Ausfliegen möglich ist.

B.K. startete daher seinen einsamen Marsch am 10. März 1986. Eisige Schneestürme mit Spitzen bis zu 200 Stundenkilometer und Temperaturen bis unter -50° verhinderten gleich zu Beginn ein zügiges Vorankommen. Dreißig Tage quälte sich B.K. mit seinem Schlitten im Vier-Stunden-Rhythmus durchs Eis, vier Stunden Marsch, vier Stunden Ruhepause. . . ! Dann der verhängnisvolle Sturz von einer Eisbarriere, der zu einem Knochenbruch an der rechten Hand führte. Kurze Zeit später folgte der Ausfall seines Funkgerätes, der glücklicherweise nur den Sendeteil, nicht aber den Empfang betraf. So war B.K. über die anlaufenden Rettungsaktionen informiert, und es gelang ihm auch, nach 14 Tagen mit dem Piloten eines Versorgungsflugzeuges Kontakt aufzunehmen und so seine Rettung einzuleiten. Damit war diese Expedition, wie bereits elf andere vorher mit ähnlicher Zielsetzung, gescheitert und B.K. bezweifelt heute überhaupt ihre Realisierbarkeit.

Zur gleichen Zeit wie B.K. marschierte auch ein französischer Arzt im Alleingang, aber mit Unterstützung durch ein Versorgungsflugzeug (welches übrigens B.K. rettete) in Richtung Pol, den er nach 63 Tagen am Sonntag, den 11. Mai tatsächlich erreichte. B.K. will daher bei seiner nächsten, für 1988 geplanten Expedition ebenfalls ein Versorgungsflugzeug anmieten, dafür aber in einer neuen Herausforderung als erster Mensch den Hin- und Rückmarsch zum bzw. vom Pol schaffen.

3. Astrogeodätische Navigation

3.1 Allgemeines

Die astrogeodätische Navigation, anfangs nur als Ersatz oder Ergänzung gedacht, wurde wegen des frühen Ausfalls der Satelliten-Navigationsanlage zufolge der Tiefsttemperaturen zum alleinigen Orientierungshilfsmittel während der gesamten Dauer der Expedition. Ihre vordringliche Zielsetzung, nämlich einem Laien eine einfache aber sichere Navigationsmethode zur Verfügung zu stellen, konnte erreicht werden. Dies geht schon aus der Tatsache hervor, daß B.K. auf Grund der letzten Positionsangabe vor seinem Unfall mit einer Unsicherheit von nur 2 km gefunden und damit gerettet werden konnte. Gleichzeitig wurde damit auch bestätigt, daß die vorgeschlagene Methode trotz der Polnähe und unter widrigsten Umweltbedingungen die angestrebte Genauigkeit von $\pm 1^c$ (= zehn Milligon) in Lage, gleichbedeutend mit ± 1 km liefern kann.

3.2 Instrumentarium

Nachdem handelsübliche Sextanten aus Genauigkeitsgründen ausschieden, war für die Wahl eines geeigneten Instruments vorerst die Frage zu klären, ob herkömmliche Bautheodolite (nur solche kamen wegen des geringen Gewichts bei ausreichender Genauigkeit in Frage) den extremen Temperaturen um -50° hinsichtlich Libellen und Achslager standhalten. Ein am Institut des Verfassers vorhandenes Instrument der ehemaligen Firma Miller wurde diesbezüglich freundlicherweise von der Firma Swarovski Optik K.G. in Tirol geprüft. Als Ergebnis folgte, daß zwar wegen der auf Alkohol basierenden Füllung der Libellen deren Zerstörung bei den angegebenen Temperaturen nicht zu befürchten war, allerdings eine besondere Vorbehandlung (Schmierung!) nicht nur der Achslager, sondern aller mechanisch bewegter Teile (Fokussierung, Feinbewegung etc.) notwendig ist. Das Hauptproblem bestand in der Verbindung des Glaskreises zu seiner metallischen Halterung, wobei eine Bruchgefahr für den Teilkreis nicht ausgeschlossen wurde. Um all diese Schwierigkeiten zu umgehen, hat die Firma Swarovski das großzügige Angebot unterbreitet, aus ihrem Verkaufsprogramm einen Theodoliten NT-1S der japanischen Firma Nikon leihweise und kostenlos für die Expedition zur Verfügung zu stellen. Dabei wurde das Instrument so adaptiert, daß eine einwandfreie Funktion bis -50° gewährleistet war.

Der genannte Bautheodolit zeichnet sich durch geringes Gewicht (inklusive Kunststoffbehälter nur 6 kg) und ein helles aufrechtes Bild bei einem Gesichtsfeld von nahezu 2° und 25-facher Vergrößerung aus. Der Vertikal- und Horizontalkreis sind gleichzeitig auf einer Skala sichtbar und erlauben eine direkte Ablesung auf 10° bei einer Schätzung auf 1° . Trotz seiner kompakten Bauweise ist die Bedienung des Instrumentes selbst mit dicken Fellhandschuhen problemlos möglich. Wegen der klaren und benutzerfreundlichen Gliederung der Bedienungselemente konnte die Einschulung von B.K. in kürzester Zeit erfolgen. Auf die Verwendung eines Stativs wurde u. a. aus Gewichtsgründen verzichtet und das Instrument jeweils auf einem Photokoffer horizontalisiert. Wegen der nur geringen zu messenden Höhenwinkel waren auch keine Zenitokulare notwendig, als Sonnenfilter diente eine auf das Fernrohr aufsteckbare Scheibe aus belichtetem Filmmaterial. In Fig. 2 ist das Instrument während eines Einsatzes abgebildet, die Aufnahme wurde freundlicherweise von B.K. zur Verfügung gestellt.

3.3 Methode

Die Navigation hat allgemein zwei Aufgaben zu erfüllen, nämlich einerseits Breite und Länge des Standortes festzustellen und zum zweiten den Kurs bzw. die Nordrichtung anzugeben. Von der Wertigkeit her war primär auf die genaue Festlegung der Nordrichtung als Marschroute zu achten. An dieser Stelle sei vermerkt, daß in Polnähe die Verwendung eines Magnetkompasses zur absoluten Orientierung natürlich versagt, aber auch der Polarstern wegen seiner geringen Zenitdistanz hierfür ungeeignet ist. Die Bestimmung der Breite diente der Kontrolle der Position und sollte auch die Pollage definieren. Der Festlegung der Länge hingegen kommt nur geringe Bedeutung zu, da sich diese beim Marsch nach Norden gegenüber der bekannten Ausgangslänge nicht ändert. Als Beobachtungsgestirn kam aus verständlichen Gründen nur die Sonne in Frage, das Vorhandensein einer in Weltzeit (UT) laufenden Armbanduhr wurde vorausgesetzt. Die erforderliche Minutengenauigkeit war mit Hilfe von Zeitzeichen über das Funkgerät leicht erreichbar.

Unter den getroffenen Vereinbarungen bietet sich eine Navigationsmethode an, die auf die Messung der Sonnenhöhen um die Mittagszeit basiert, wobei der genaue Kulminationszeitpunkt durch die minimale Zenitdistanz z_K der Sonne gegeben ist. Die Breite ergibt sich dann aus der Summe der wegen Refraktion korrigierten Zenitdistanz z_K und der Sonnendeklination.



Figur 2: Bautheodolit Nikon NT-1S im Einsatz

Da die Sonne zum Zeitpunkt der Kulmination den Ortsmeridian passiert, kann auch die Nordrichtung leicht angegeben werden. Der Kulminationszeitpunkt (gemessen in UT) entspricht außerdem 12 Uhr in wahrer Ortszeit, damit ist die Länge ableitbar.

Diese vom Prinzip her einfache Methode führt jedoch in Polnähe zu Schwierigkeiten, da der Zeitpunkt der minimalen Zenitdistanz nicht mehr sicher festzulegen ist. Dies wird auch durch die Tab. 1 deutlich, in der für verschiedene Breiten und eine mittlere Deklination von 10° die Azimute und Zenitdistanzen der Sonne um den Kulminationszeitpunkt aufgelistet sind.

Aus der Tabelle kann zum Beispiel abgelesen werden, daß in einer Breite von 98° oder einer Entfernung von rund 200 km vom Pol die Zenitdistanzänderung innerhalb von 20 Minuten um den Kulminationszeitpunkt unter der Meßgenauigkeit liegt. Mit anderen Worten ausgedrückt, es kann der Kulminationszeitpunkt nur auf ± 20 Minuten und somit die Orientierung auf $\pm 6^{\circ}$ festgelegt werden. Die gesuchte minimale Zenitdistanz und damit die Breite ist hingegen durch mögliche Wiederholungsmessungen leicht mit Minutengenauigkeit zu ermitteln, wobei die Genauigkeit zum Pol hin weiter zunimmt.

Breite	Zeitdifferenz bezüglich Kulmination	Südazimut	Zenitdistanz
90°	± 0 Min.	± 0°0	80°00
	20	5°8	80°04
	40	11°5	80°16
	60	17°3	80°35
94°	± 0 Min.	± 0°0	84°00
	20	5°7	84°02
	40	11°3	84°09
	60	17°0	84°21
98°	± 0 Min.	± 0°0	88°00
	20	5°6	88°01
	40	11°2	88°03
	60	16°8	88°07

Tabelle 1: Horizontkoordinaten der Sonne mit der Deklination 10° um den Kulminationszeitpunkt und in der Nähe des Pols

Die Methode ist daher für die Breitenbestimmung optimal geeignet. Sie wurde so aufbereitet, daß sich im Feld die Breite aus einer einfachen Summation der beobachteten minimalen Zenitdistanz und von Werten ergibt, welche einer Tabelle (siehe Fig. 3) entnommen werden können. Die Deklination in der Tabelle wurde wegen der günstigeren Anzielungsmöglichkeit auf den oberen Sonnenrand bezogen und jeweils für 16^h UT, dem ungefähren Kulminationszeitpunkt für die geplante Ausgangslänge, angegeben, um Interpolationen möglichst zu vermeiden. Die Refraktion für die in Frage kommenden Zenitdistanzen ist für Normaldruck, aber für zwei Temperaturen ausgewiesen. Mit den angegebenen Werten ist eine Genauigkeit von ± 0°01 in Breite, d. h. ± 1 km in Nordsüdrichtung, gewährleistet.

In der Tabelle der Fig. 3 ist auch eine Beziehung für die Längenbestimmung angegeben. Dabei wurde die sogenannte Zeitgleichung vernachlässigt, da diese im betrachteten Zeitraum von März bis Juni nur einen Wert von ± 5 Minuten erreicht und die Längengenauigkeit nach obigen Bemerkungen diesen Betrag mehrfach übersteigt.

Aus der Tab. 1 kann weiters abgelesen werden, daß sich das Azimut der Sonne pro Stunde um etwa 15° oder 17° ändert. Dieser Wert ist wegen der Polnähe nahezu unabhängig von der Breite, aber auch der Deklination. Es wurde daher die in Fig. 4 dargestellte Tabelle für eine mittlere Breite und Deklination unter abermaliger Vernachlässigung der Zeitgleichung berechnet. Daraus kann für jede Epoche innerhalb eines Tages das Sollazimut der Sonne entnommen und damit die Nordrichtung festgelegt werden. Bei einer Längengenauigkeit von ± 20 Minuten ist das Azimut um etwa ± 6° unsicher. Diese Genauigkeit ist ausreichend, da sie bei der geplanten Tagesleistung von 10 km nur eine Querabweichung von ± 1 km bewirkt.

Für eine rasche Azimutkontrolle während des Marsches wurde noch ein sogenannter Sonnenkompaß entworfen, welcher in Fig. 5 dargestellt ist. Er beruht auf einer Umkehrung des Prinzips einer äquatorialen Sonnenuhr. Bei dieser wird bekanntlich eine ein Zifferblatt tragende Ebene parallel zur Äquatorebene gestellt und senkrecht darauf, also parallel zur Rotationsachse der Erde, ein schattenwerfender Stab befestigt. In dieser Anordnung bewegt sich bei Sonnenschein der Endpunkt des Schattens in der Zifferblattebene auf einem Kreis um den Schattenstab. Die stündlichen Marken des Zifferblattes sind gleichabständig mit einer Zentriwinkeldifferenz von $1 \text{ h} \triangleq 15^\circ \triangleq 17^\circ$ und sind so zu orientieren, daß die Verbindungsgerade vom Fußpunkt des Schattenstabs zur 12-Uhr-Marke nach astronomisch Nord weist. Im Gegensatz zur Verwendung als Sonnenuhr wird in der Anwendung für Navigationszwecke die

ORTSBESTIMMUNG

FORMELSYSTEM (gütig für den Zeitpunkt der oberen Kulmination)

BREITE = ZENITDISTANZ + DEKLINATION + REFRAKTION

LÄNGE = WELTZEIT UT - 12 h (positiv nach Westen gezählt)

AZIMUTBESTIMMUNG

BEZEICHNUNGEN

ZEIT : Stundenwinkel der Sonne = WELTZEIT UT - LÄNGE - 12 h

AZIMUT : Azimut der Sonne gezählt von Süden über Westen

DEKLINATION DES OBEREN SONNENRANDES (Gon)

DATUM	DEKLINATION	DATUM	DEKLINATION	DATUM	DEKLINATION
1986 März	21 0.62	1986 April	14 10.81	1986 Mai	8 19.33
(16h UT)	22 1.06	(16h UT)	15 11.21	(16h UT)	9 19.63
	23 1.50		16 11.60		10 19.92
	24 2.38		17 12.00		11 20.21
	25 2.81		18 12.39		12 20.49
	26 3.25		19 12.77		13 20.76
	27 3.68		20 13.15		14 21.03
	28 4.11		21 13.53		15 21.30
	29 4.55		22 13.90		16 21.56
	30 4.98		23 14.28		17 21.81
April	1 5.41		24 14.65		18 22.01
	2 5.83		25 15.01		19 22.29
	3 6.26		26 15.36		20 22.53
	4 6.68		27 15.72		21 22.76
	5 7.11		28 16.07		22 22.98
	6 7.53		29 16.42		23 23.19
	7 7.95	Mai	30 16.76		24 23.40
	8 8.36		1 17.10		25 23.60
	9 8.78		2 17.43		26 23.80
	10 9.19		3 17.76		27 23.99
	11 9.60		4 18.08		28 24.17
	12 10.00		5 18.40		29 24.34
	13 10.41		6 18.71		30 24.51
			7 19.02		31 24.67

REFRAKTION (Gon)

ZENITDISTANZ	REFRAKTION
0°	-40°
70	0.04
75	0.05
80	0.06
85	0.08
90	0.11
95	0.19

Figur 3: Tabelle zur Ortsbestimmung

SONNENAZIMUT

ZEIT (h min) +-	AZIMUT (Gon) +-	ZEIT (h min) +-	AZIMUT (Gon) +-	ZEIT (h min) +-	AZIMUT (Gon) +-
0 00	0	4 00	67	8 00	134
0 20	0	4 20	73	8 20	139
0 40	11	4 40	79	8 40	145
1 00	17	5 00	84	9 00	150
1 20	23	5 20	90	9 20	156
1 40	28	5 40	95	9 40	161
2 00	34	6 00	101	10 00	167
2 20	39	6 20	106	10 20	172
2 40	45	6 40	112	10 40	178
3 00	51	7 00	117	11 00	183
3 20	56	7 20	123	11 20	189
3 40	62	7 40	128	11 40	194

HILFSTABELLEN

TRANSFORMATIONEN

1^g = 0°90 = 0°54^a
 1^o = 19'11 = 0^h04^m
 1^h = 15° = 16^g67
 (400^g Gonteilung)
 (360° Altgradteilung)
 (24 h Stundenteilung)

LAGEABWEICHUNGEN

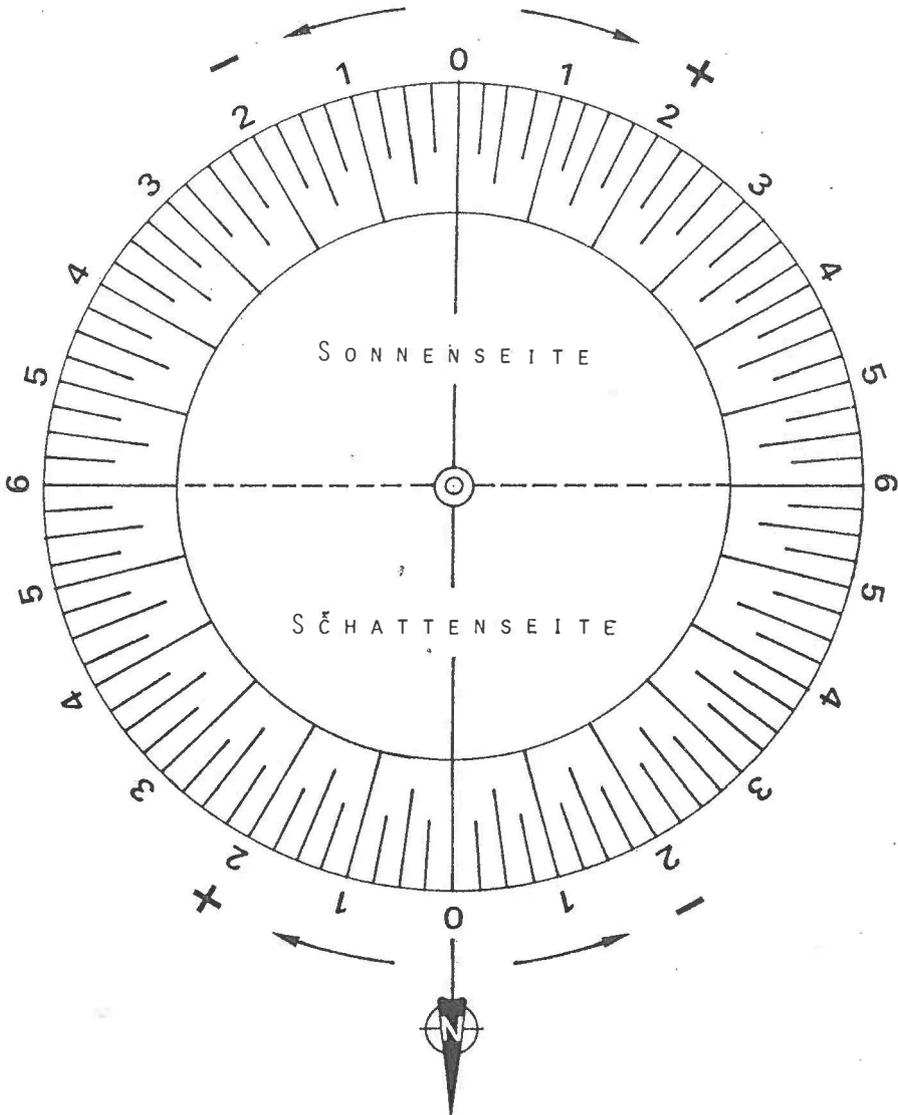
BREITE : 0°01 = 1 km
 LÄNGE : 1^h = 25 km (pro Breitengrad bezüglich Pol)
 AZIMUT : 69 = 1 km (pro 10 Kilometer Weg)

Figur 4: Tabelle zur Azimutbestimmung

Zeit vorgegeben und die Orientierung des Sonnenkompaß gesucht. Dabei beachte man vorerst, daß in Polnähe die Äquator- und Horizontebene zusammenfallen und daher der Sonnenkompaß horizontal zu halten ist. Anschließend ist in seinem Zentrum ein schattenwerfender Stab zu halten und der Kompaß solange zu verdrehen, bis der Schatten auf die Zeitmarke fällt, welche mittels der angegebenen Formel leicht berechnet wird. Nun weist die Verbindung zwischen Zentrum und Nullmarke auf der Schattenseite nach astronomisch Nord.

SONNENKOMPASS

$$\text{ZEIT} = \text{WELTZEIT UT} - \text{LÄNGE} - 12 \text{ h}$$



Figur 5: Sonnenkompaß (die Zeitgleichung ist nicht berücksichtigt)

Der Sonnenkompaß wurde, wie auch die Tabellen für Orts- und Azimutbestimmung, in mehrfacher Ausfertigung auf Karton (11 x 15 cm) kopiert. Dieser war in oranger Farbe gehalten, um das berüchtigte „white out“ zu verhindern, wonach wegen des diffusen Lichtes auf weißem Untergrund kein Schatten sichtbar ist. Nach Aussagen von B.K. hat sich gerade der Sonnenkompaß trotz einfachster Ausführung ausgezeichnet bewährt, weil er die Möglichkeit einer raschen und doch sicheren Orientierung bietet. Es ist daher vorgesehen, den Sonnenkompaß konstruktiv so weiterzuentwickeln, daß er sogar als Kompaßersatz dienen kann.

4. Schlußbemerkung

Durch den Ausfall der Satelliten-Navigationsanlage zufolge der Tiefsttemperaturen war B.K. allein auf das astrogeodätische Navigationsverfahren angewiesen. Nach seinen Aussagen war dieses gemäß den Zielsetzungen von der instrumentellen und methodischen Seite her problemlos anwendbar. Es sei abschließend nochmals darauf hingewiesen, daß die mittels der vorgeschlagenen Methode erreichte Genauigkeit nicht unwesentlich zur Rettung von B.K. beigetragen hat. Dies kann u.a. aber auch als Hinweis dafür gesehen werden, daß auch in Zukunft astrogeodätische Methoden einen festen Platz im Lehrangebot der Universität haben sollten.

Literatur

Klammer, B. (1985): First Austrian North-Pole Expedition. Persönliche Mitteilung, Graz.

Lichtenegger, H. (1986): Äquatoriale Reise-Sonnenuhr (Beschreibung und Handhabung). Interner Institutsbericht, TU Graz.

Rinner, K.; Lichtenegger H. (1977): Sphärische Astronomie, Grundlagen. Skriptenreferat der TU Graz.

Manuskript eingelangt im März 1987.

Positionsdetektor zur Bestimmung von Sterndurchgangszeiten*

Von G. Prochaska und R. Weilguny, Wien

1. Einleitung

Bei der Durchführung astronomischer Ortsbestimmungen war man bisher zumeist auf die manuelle Registrierung von Sterndurchgangszeiten durch einen Beobachter angewiesen. Auf Grund des großen apparativen Aufwandes wurden bisher automatische Astrolabien nur als stationäre Geräte höchster Genauigkeit eingesetzt. Die Verwendung moderner Technologien und Bauelemente erlaubte die Entwicklung und den Aufbau eines universell verwendbaren transportablen elektronischen Positionsdetektors mit kleinen Abmessungen [1], [2].

Kombiniert mit einem beliebigen Fernrohr, wird durch diesen Detektor die automatische Registrierung von Sterndurchgangszeiten ermöglicht. Als Hauptanwendungsgebiet dieses neuen Gerätes bietet sich die Automatisierung von astronomischen Orts- und Zeitbestimmungsverfahren an. Die mit einem Prismenastrolabium und dem Positionsdetektor durchgeführten Testbeobachtungen lieferten vielversprechende Ergebnisse.

2. Bestimmung der Sterndurchgangszeiten

Durch die „Methode der gleichen Höhen“, einem gängigen Verfahren zur astronomischen Ortsbestimmung, wurden an ausgewählten Sternen bei einer konstanten Zenitdistanz von 30° Messungen der Sterndurchgangszeiten durchgeführt. Solche Messungen dienen beispielsweise der Bestimmung von Lotrichtungen und zur Richtungskontrolle in räumlich ausgedehnten Dreiecksnetzen.

Der Stern wird üblicherweise durch ein Meßfernrohr beobachtet, das im Gesichtsfeld eine Strichplatte mit horizontalen Strichen besitzt. Während das Bild des Sterns über die Strichplatte wandert, registriert der Beobachter jene Zeitpunkte, zu denen der Stern durch einen Strich biseziert wird, manuell mit Hilfe einer Stoppuhr. Dieser Methode haftet der von der Person des Beobachters abhängige Fehler der sogenannten ‚Persönlichen Gleichung‘ an.

Dieser Fehler ist von der Reaktionszeit, Übung, Tagesverfassung und der Ermüdung des Beobachters abhängig.

Als neue Methode zur Bestimmung der Sterndurchgangszeiten bietet sich die vollautomatisierte Zeitregistrierung durch einen elektronischen Positionsdetektor an. Dieser besteht aus einem Strichgitter mit Positionsmarken und einem Lichtsensor. Die sich in einer Bildebene der Meßeinrichtung befindenden Positionsmarken unterbrechen den Strahlengang vom Stern zum Lichtsensor, wenn sich der Stern in bestimmten Positionen befindet.

3. Aufbau des Positionsdetektors

Der Positionsdetektor besteht aus einem Lichtzerhacker, der die Positionsmarken trägt, und aus einem Lichtsensor hoher Empfindlichkeit (Photodiode). Eine elektronische Baugruppe wertet das vom Lichtsensor gelieferte Signal aus. Durchläuft ein Stern das Gesichtsfeld des an einem Fernrohr montierten Positionsdetektors, so wird der Stern auf das Strichgitter

* Mitteilung aus dem Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik Universität Wien.

ter des Zerhackers abgebildet. Der Zerhacker schwingt periodisch um seine Ruhelage. Der Lichtweg zur Photodiode wird periodisch unterbrochen, wenn das Bild des Sterns die Kante einer der Schwärzungen (Positionsmarken) des Strichgitters erreicht. Dadurch wird in der Photodiode ein Wechselstromsignal hervorgerufen, während die gleichbleibende Umgebungshelligkeit des Sterns im Lichtsensor ein Gleichstromsignal liefert. Diese beiden Signale werden durch schaltungstechnische Maßnahmen voneinander getrennt. Nur das Wechselstromsignal, das die Anwesenheit des Sterns an einer Strichkante anzeigt, wird weiterverarbeitet. Wird der Stern durch eine Positionsmarke biseziert, so erreicht das Wechselfeld ein Maximum seiner Amplitude, da nur dann die periodisch abgedeckte Fläche der näherungsweise kreisscheibchenförmigen Abbildung des Sterns am größten ist. Der exakte Zeitpunkt, zu dem das maximale Wechselstromsignal auftritt, wird durch die elektronische Auswerteschaltung ermittelt.

Ausschlaggebend für die universelle Anwendbarkeit des Positionsdetektors war dessen Miniaturisierung, die unter Verwendung moderner Bauelemente und neuer Technologien erfolgreich durchgeführt werden konnte. In Geräten, die geringe Lichtleistungen in elektrische Signale umwandeln, werden üblicherweise Photomultiplier verwendet. Diese Lichtvervielfacherröhren benötigen jedoch eine hohe Betriebsspannung und sind empfindlich gegen den Einfall von Tageslicht und durch ihre Abmessungen nicht für eine Miniaturisierung geeignet.

Im Gegensatz dazu wird im hier vorgestellten Photodetektor eine extrem rauscharme Lawinenphotodiode mit einer Quantenausbeute von 70% eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein modernes Halbleiterbauelement kleinster Abmessung.

4. Die Auswerteschaltung

Abb. 1 zeigt den Signallaufplan der Auswerteschaltung. Ein Signalgenerator (1) regt den Zerhacker (2) zu mechanischen Schwingungen an. Dadurch wird der Strahlengang des vom Stern einfallenden Lichtes periodisch unterbrochen. In der Photodiode (3) entsteht ein Wechselstromsignal, das die Information über die Durchgangszeitpunkte trägt (Nutzsignal), und ein informationsloser Anteil (Störsignal).

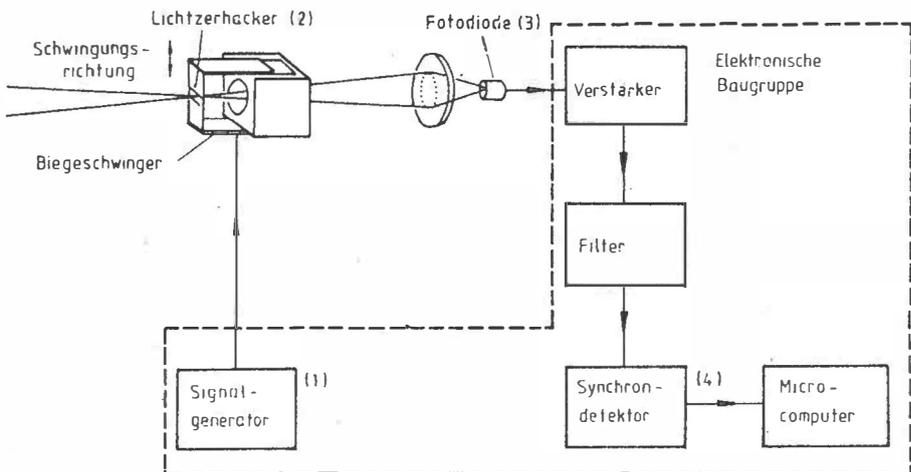


Abb. 1

Dieser Störanteil beinhaltet das thermische Rauschen, das Verstärkerrauschen und Schwankungen der Hintergrundhelligkeit. Die Amplitude des Störsignals kann weit größer als die des Nutzsignals werden. Die Hauptaufgabe der Auswerteschaltung besteht darin, das Nutzsignal vom Störsignal zu trennen.

Der Synchrondetektor (4) ist eine Baugruppe, die nur das Nutzsignal ungeschwächt verarbeitet. Signale anderer Frequenz und Phasenlage werden unterdrückt.

Störungen, die auf Helligkeits- und Ortsszintillationen des beobachteten Sterns zurückzuführen sind, werden durch ein Korrelationsverfahren im Verlauf der rechnerischen Signalauswertung ausgeschieden. Um die digitale Verarbeitung des Signals durchführen zu können, wurde ein Mikrocomputer entwickelt, der sich durch den Einsatz der stromsparenden MoS-Technologie besonders für den Einsatz in tragbaren Geräten eignet.

5. Meßanordnung und Meßergebnisse

Die Meßanordnung besteht aus dem Positionsdetektor, der auf ein Zeiss-Nivellier Ni-2 mit 60° Umlenkprisma montiert ist, einer Auswertelektronik, einer elektronischen Stoppuhr und einem Zeitzeichenempfänger (DCF 77) zur Kontrolle der Zeitabweichung der Uhr [3].

Die ersten Testbeobachtungen wurden auf dem Dach des elektrotechnischen Institutsgebäudes der TU-Wien durchgeführt. Bei Messungen in drei Beobachtungsnächten im Frühsommer 1985 konnten bei ausgezeichneten atmosphärischen Bedingungen der Stern Nr. 672 (FK4) δ Herculis mit der Helligkeit $m_{\text{vis}} = 3.99$ registriert werden. Zuverlässige Registrierungen für Sterndurchgangszeiten waren bis zu $m_{\text{vis}} = 3.5$ möglich. Die Messungen wurden mit Hilfe eines am Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik vorhandenen Programmes ausgewertet. Mit siebzehn beobachteten Sternen ergab sich ein mittlerer Fehler von $\pm 0.73''$ für die astronomische Breite φ und von $\pm 0.46''$ für die astronomische Länge λ . Die relativ große mittlere Unsicherheit der Zeitmessung von 46 ms ist auf die geringe Zahl von sechs gemessenen Zeitpunkten pro Stern zurückzuführen.

Literatur

- [1] *Weilguny, R.*: Aufbau eines piezoelektrischen Positionsdetektors zur automatischen Registrierung von Sterndurchgängen. Dissertation, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik, Technische Universität Wien, 1986.
- [2] *Weilguny, R., Fasching, G.*: Ein piezoelektrischer Positionsdetektor. *Feinwerktechnik und Meßtechnik*, im Druck.
- [3] *Weilguny, R.*: Zeitmeßeinheit mit integriertem Zeit- und Frequenznormal. Diplomarbeit. Wien 1981.

Manuskript eingelangt im Jänner 1987.

Die Verknüpfung aller Vorteile

Die Neuentwicklungen von Geodimeter ziehen sich wie ein roter Faden durch die Geschichte der Vermessungstechnik. Durch die Verknüpfung langjähriger Erfahrung, ständiger Forschung und Entwicklung ist das neue Geodimeter System 400 entstanden.

In dem zukunftsorientierten Geodimeter 440 gelang es, ein Produkt zu schaffen, das leistungsfähig und zugleich bedienungsfreundlich ist.



- Elektronische Libelle
- Vierzeilige LCD-Anzeige, 16 Zeichen/Zeile
- Logisch gestaltete Tastatur mit 20 Tasten ohne Doppelbelegung
- Integrierte Stromversorgung
- Einfache Bedienung durch programmgesteuerte Benutzerführung
- Schnittstelle für Datenspeicher Geodat sowie RS-232-C unterhalb der Alhidade

Um alle Vorteile des Geodimeters 440 kennenzulernen, verlangen Sie eine unverbindliche Vorführung.

Weltweit bewährte
Vermessungstechnik von Geodimeter



Geodimeter Ges. m.b.H.
Prinz-Eugen-Strasse 73 · A-3001 Wien
Telefon (02 22) 85 57 50, 85 58 31 · Telex 1 37 093 gwg Y

Die Identität von Punkten des MGI-Gradmessungsnetzes mit imaginativen Mittelpunkten Europas

Von *Otto Kloiber*, Wien

Vorbemerkungen

Im „Eich- und Vermessungsmagazin“ Nr. 49 wird in den historischen Einleitungsabsätzen des Beitrages „65 Jahre Neutriangulierung in Gauß-Krüger-Abbildung in Österreich“ auch auf das in den Jahren 1862-1898 über das Gebiet der gesamten Monarchie Österreich-Ungarn neu angelegte Gradmessungsnetz hingewiesen, verursacht durch den Beitritt zu der vom preußischen Generalleutnant Baeyer ins Leben gerufenen mitteleuropäischen Gradmessung. Daß zwei im Zuge jener Arbeiten vom k.k. Militär-Geographischen Institut Wien (MGI) errichteten Steinpfeiler zur Kennzeichnung der Triangulierungspunkte erster Ordnung und der Urmarken des Präzisionsnivelements 100 Jahre später zu geographischen Mittelpunkten derselben Bedeutung werden sollten, dazu dürfte die imaginative Interpretation der an den Seitenflächen der Steinsäulen eingemeißelten Inschriften in lateinischer Sprache beigetragen haben.

Die nachstehenden Ausführungen und diesen vorausgehenden Recherchen – siehe Literaturverzeichnis – beziehen sich nicht auf eine geographische oder mathematische Bestimmung des Mittelpunktes von Europa, sondern auf eine Identitätsdarstellung des Ortes, der Lage und Kennzeichnung der bisher bekannt gewordenen Punkte, die das Zentrum von Europa sein sollen und interessanterweise ausschließlich im Staatsgebiete der ehemaligen Österreich-Ungarischen Monarchie gelegen sind. Spezifische Hinweise auf eine Zentrumsbestimmung konnten in den im Literaturverzeichnis angeführten Quellen *nicht* eruiert werden.

Von nicht unwesentlicher Bedeutung scheint noch die Abgrenzung für das Gebiet „Europa“ zu sein, zu dem ja außer dem Festland mit den vielen Halbinseln noch eine Menge Inseln gehören, die weit in den umgebenden Meeren liegen. Die Annahme einer Beschränkung auf den Festland-Erdteil zwischen 36° bis 71° 12' nördlicher Breite sowie 9° 30' westl. bis 60° östl. Länge von Greenwich ergibt folgende Örtlichkeiten als Extrem-Punkte:

- im Westen: *Cabo da Roca* in Portugal
- im Norden: *Nordkap* in Norwegen
- im Osten: *Zlatoust* am Ural in der UdSSR
- im Süden: *Kap Matapan* in Griechenland

Imaginative Mittelpunkte

1. *Tillenberg (Dyleň)* in Nordböhmen, ČSSR
2. *Delowoje* in der Karpato-Ukraine, UdSSR
3. *Rychtářov* in Mähren, ČSSR

zu 1. *Tillenberg* (Abb. 1)

Auf dem höchsten Punkt des gleichnamigen Berges – unweit der damaligen und heutigen Staatsgrenze – wurde bereits im Jahre 1865 vom MGI ein Steinpfeiler von 1,3 m Höhe über natürlichem Boden mit unterirdischer Markierung (Stein mit Bleieinguß 0,6 m unter dem natürlichen Boden) als Triangulierungspunkt erster Ordnung errichtet, dessen trigonometrische Bestimmung im gleichen Jahre von Hauptmann Baron Zezwitsch vorgenommen und im Jahre 1873 zur auxiliären Unterstützung des Entwicklungsnetzes der Basis bei Eger von

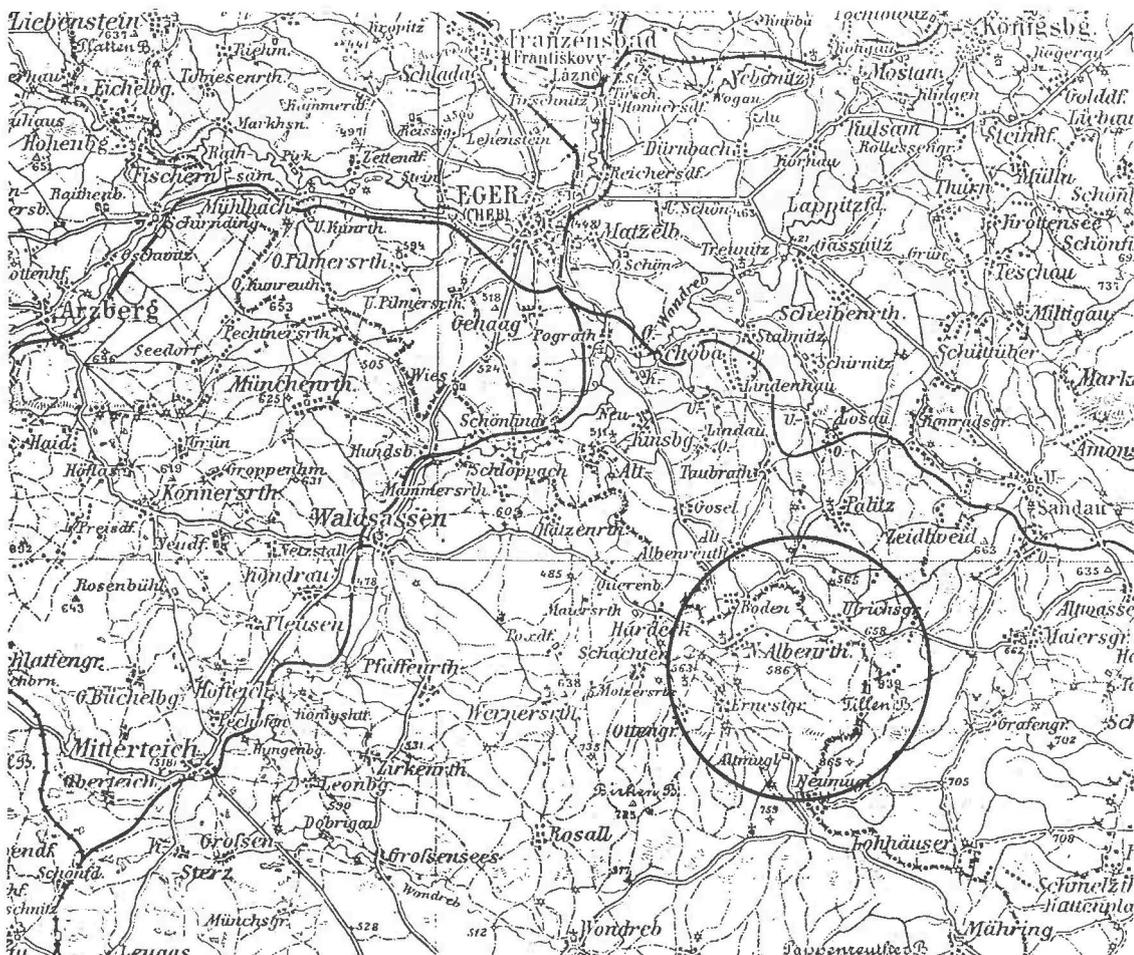


Abb. 1: TILLENBERG, NEUALBENREUTH – Ausschnitt a. d. GK 1 : 200 000

Hauptmann v. Sterneck erweitert wurde. Dieser Steinpfeiler wurde in die dem neuen Gradmessungsnetz dienenden Fixpunkte einbezogen, sodaß er wie andere Punkte des Gradmessungsnetzes an einer Seitenfläche die in lateinischem Text eingemeißelte Aufschrift erhielt:

C.R. OPER
 ASTR TRIG
 PRO
 MENS GRAD
 MED EUROP
 1865

zu deutsch:
 k.k. Astronomisch Trigonometrische
 Operation für die Mitteleuropäische
 Gradmessung – 1865

Die Abkürzung MED EUROP in der Inschrift dieses inzwischen verloren gegangenen Steinpfeilers dürfte von der Bevölkerung als MEDIUM EUROPAE ausgelegt worden sein, wodurch auch der in Abb. 2 enthaltene – ca. 60 Jahre alte – Zeitungstext „Wanderung am Tiltenberg, vorne Stein GEOGR. MITTEL PUNKT EUROPAS“ verständlich wird. Der Stein war ein



Abb. 2: Wanderung am Tillenberg, vorne Stein „geograph. Mittelpunkt Europas“.



Abb. 3: GRANITPFEILER am HOHEN HAU, erectum 1985

LOCUS PERENNIS

DILIGENTISSIMAE CUM LIBELLA LIBRATIONIS, QUAE EST IN AUSTRIA ET HUNGARIA
 CONFECTA, CUM MENSURA GRADUM MERIDIONALIUM ET PARALLELORUM, QUAM
 EUROPEAM VOCANT. ERECTUM: MDCCCLXXXVII

zu deutsch:

*Hauptfixpunkt
 des Präzisions-Nivellements in Österreich-Ungarn,
 ausgeführt in Verbindung mit der Europäischen
 Gradmessung. Errichtet: 1887*



Abb. 5

Bald wird sich der Tag der
 Aufstellung dieses Steins
 im Karpatendorf Delwoje
 im Westen der Ukraine zum
 100. Male jähren. Der Stein
 markiert das Zentrum
 Europas

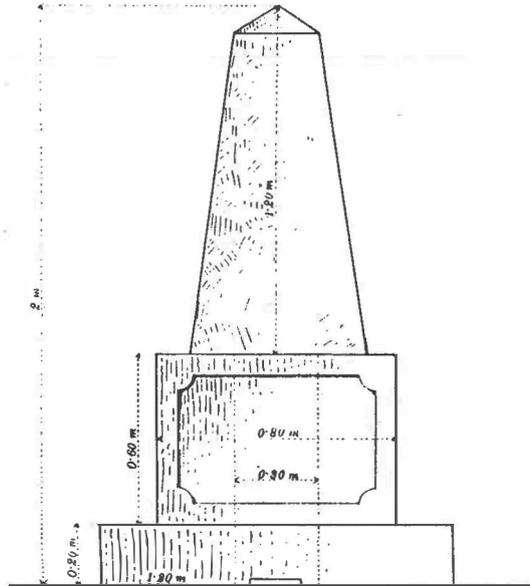


Abb. 6

Planskizze für Steinmonument über URMARKE
 des Präzisionsnivellements des MGI

Die zum Anschluß an die Nivellementlinie Nr. 57 *Maramaros Sziget – Trebusa* erforderlichen Messungen wurden von Hauptmann Netuschill im gleichen Jahre durchgeführt (Abb. 7).

Bisher war in österreichischen Fachkreisen der Verbleib nur einer der sieben Urmarken des Präzisionsnivellements bekannt, nämlich des im Jahre 1878 errichteten formgleichen Stein-Monuments an der Eisenbahnlinie im slowenischen Drautal zwischen den Stationen Maria Rast und Faal westlich von Marburg (Abb. 8).

Fixpunkte	Länge der Nivellement-Linie in km		Ausgleichene Meereshöhen über der Adria in Metern	Anmerkung
	Einzel	Zusammen		
57. Linie: Máramaros Sziget—Trebusa. Nivellement auf der Eisenbahn und Straße.				
Máramaros Sziget	—	—	271·210	Pumpenhaus.
Nagy Bocsko	10·5	—	309·674	Kath. Kirche.
Trebusa	17·5	28·0	360·550	Administrationsgebäude und Postamt.
Seiten-Nivellement.				
Trebusa	—	—	360·550	Administrationsgebäude und Postamt.
„ bei der Urmarke	3·2	—	368·899	Zunächst Butin bei Trebusa.
„ Hauptfixpunkt..	0·0	3·2	367·667	Hergerichtete Felsfläche unter dem Monument.

Abb. 7: Auszug aus der Nivellement-Tabelle 1894



Abb. 8: Maria Rast

zu 3.

Rychtářov (Abb. 9)

Etwa 40 km nordöstlich von Brünn soll sich im Wald Lipová in Rychtářov, Bezirk Vyškov (Wischau) auf einer Anhöhe 438 m ein Trigonometer mit der Tafel „Europazentrum“ befinden. Diese spezifische Lageangabe konnte in ähnlicher Form auch von der geographischen Abteilung des Prager Informationsdienstes in Erfahrung gebracht werden und wurde trotz der nicht schriftlich dokumentierten Aussage als nicht unwahrscheinlich in diese Zusammenstellung einbezogen, weil die Punkentfernungen nach Cabo da Roca und Nordkap annähernd übereinstimmen (Abb. 10).

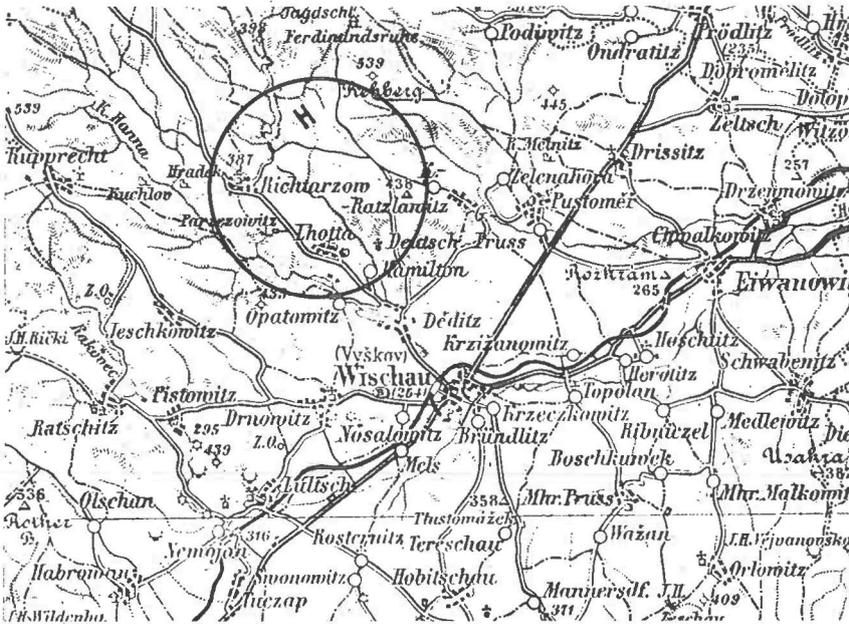


Abb. 9: RYCHTÁŘOV – Ausschnitt aus der GK 1 : 200 000

Abschließende Bemerkungen

Schriftliche und telefonische Anfragen bei einschlägigen Institutionen, wo der Mittelpunkt Europas liegt, wurden stets mit Hinweisen auf andere Geo-Anstalten oder Einladung zur Forschung beantwortet, welche Haltung vorerst unverständlich scheint, jedoch auf Grund einer Presstext im September 1984 aus Paris verständlich wird, die unter dem Titel „Dauerstreit um Frankreichs Mittelpunkt – Drei Gemeinden orten ihn in ihren Grenzen“ erschienen ist. Sehr bemerkenswert ist die ebenfalls veröffentlichte Meinung des französischen Institutes für Geographie zu dieser Auseinandersetzung: „Das Ergebnis fällt je nach den Voraussetzungen, von denen man für die Vermessung ausgeht, unterschiedlich aus. Eine absolute Wahrheit gibt es da nicht, denn es geht u.a. darum, ob zu den rein geometrischen Kriterien noch andere berücksichtigt werden.“

Diese salomonische Stellungnahme gilt wohl auch für das *Zentrum Europas*, dessen vermeintliche Kennzeichnung in Form des Stein-Monuments über einer erhalten gebliebenen Urmarke des k.k. MGI in Delowoje berechtigt im Oktober 1987 einem *Zentenarioium* entgegen sieht.

Literaturverzeichnis:

- [1] Publication für die Internationale Erdmessung „Die astronomisch-geodätischen Arbeiten des k.u.k. militär-geographischen Institutes in Wien“ – Jg. 1873, 1875, 1897
- [2] Mitteilungen des k.k. militär-geographischen Institutes (Wien) – Jg. 1884–1899
- [3] Ritter's geographisch-statistisches Lexikon (Leipzig 1874)
- [4] Internationales Verzeichnis der Postdienststellen (Bern 1977)
- [5] Eich- und Vermessungsmagazin (Informationsdienst des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien) Nr. 49, Oktober 1986

Abb. 10: Zusammenstellung geographischer Daten

Ort und Lage des Mittelpunktes	Generalkarte von Mitteleuropa Blatt Nr.	Höhe über Adria m	Geographische Koordinaten		Entfernung (km) des Mittelpunktes nach		
			Breite	Länge östlich Greenwich	<i>Cabo da Roca</i> B = 38° 47' L = 9° 31' w.Gr.	<i>Nordkap</i> B = 71° 10' L = 26° 01' ö.Gr.	<i>Zlatoust</i> B = 55° 10' L = 59° 48' ö.Gr.
<i>Tillenberg (Dyleň)</i> Steinfelder Triangulierungspunkt erster Ordnung errichtet 1865	30° 50' <i>Eger</i> (<i>Cheb</i>)	939	49° 58'	12° 30'	2134	2457	3185
<i>Delowoje (Trebusa)</i> Steinmonument Urmarke des Präzisionsnivellements errichtet 1887	42° 48' <i>Sighet</i>	369	47° 58'	24° 12'	2861	2582	2556
<i>Rychtářov</i> Trigonometrischer Punkt auf Höhe 438	35° 49' <i>Lundenburg</i> (<i>Břeclav</i>)	438	49° 20'	16° 59'	2402	2474	2937

Mitteilungen und Tagungsberichte

Bericht über den Kongreß der Internationalen Vereinigung der Vermessungsingenieure (FIG)

vom 31. Mai bis 11. Juni 1986 in Toronto, Kanada

Teilnehmer: 1500 Delegierte und Gäste aus 71 Staaten

Thema: „Der innere und äußere Raum — unbegrenzte Welten für den Vermessungsingenieur“. Dieses Kongreßmotto wurde bei der Eröffnung in der Roy Thomson Hall durch den Minister für Wissenschaft und Technik Kanadas, Exzellenz Frank Overlea, beleuchtet. Das Land verdankt den Vermessern sehr viel im Hinblick auf die Erschließung des zweitgrößten Staatengebildes der Welt mit sieben Zeitzonen vom Atlantik bis zum Pazifik. Der Tagungsort Toronto expandiert weiterhin kräftig, und Straßenbau, Landaufschließung und Infrastruktur stellen ständig große Aufgaben an die Vermessungsingenieure.

Nach der Eröffnung des Kongresses, die vom St. Michaels Knabenchor und der Metropolitan Toronto Police Pipe Band festlich untermalt wurde, fand im eigentlichen Veranstaltungsort, dem Sheraton Centre, die Ausstellungseröffnung statt. Sie war sehr gut besetzt von rund 70 Erzeuger- und Vertriebsfirmen und mehr als 30 nicht kommerziellen Ausstellern. Diese Schau bot einen Gesamtüberblick über instrumentelle, rechen- und zeichentechnische Möglichkeiten in der Geodäsie und Kartographie.

Ergebnisse der Tagung sind vielfältig und konnten wegen der Vielfalt des Gebotenen nur in einigen Bereichen wahrgenommen werden. In neun Kommissionen sind in den zehn Kongreßarbeitstagen rund 320 Vorträge und Arbeitsitzungen abgehalten worden. Zwei halbe Tage waren der Ausstellungsbesichtigung vorbehalten und ein Tag war für Exkursionen vorgesehen. Um einen möglichst konzentrierten Eindruck und Erfahrungsaustausch zu bekommen, war die Beschränkung auf einige Teilgebiete notwendig. Es war dies Ingenieurgeodäsie mit den Schwerpunkten Leitungskataster, Photogrammetrie, Kartographie und Geräteangebot.

Der Berichtersteller wurde als Delegierter Österreichs mit dem Vortragsthema „Der Aufbau der Wiener Mehrzweckkarte“ eingeladen. Der Vortrag liegt in gedruckter Form vor, es kann daher auf eine Inhaltsangabe verzichtet werden. Eine Zielvorstellung ist der gleichzeitige Aufbau des Leitungskatasters; dies kam auch in der Diskussion im Zusammenhang mit anderen Vorträgen zu diesem Thema zum Ausdruck. Quintessenz: das „Wiener Modell“ zum Aufbau einer Mehrzweckkarte als Grundlage für einen Leitungskataster ist ein Pilot-Projekt, das große Beachtung findet. (Ausführliches später.)

Bei der einzigen möglichen Exkursion zu drei kartographischen Instituten konnte festgestellt werden, daß die in der Wiener Stadtvermessung im Einsatz stehenden Instrumente und Geräte die modernste und rationellste Meß- und Auswertungskonfiguration darstellen. Dasselbe gilt auch für Computer- und Zeichentechnik in der MD ADV. Bei den graphischen Arbeitsplätzen in der MA 41 ist sicher noch viel Spielraum für eine Systemausweitung, aber die ist bereits im Werden. Neuentwicklungen im Gerätebau und in der Vermessungstechnik gibt es bei Laser-Instrumenten besonders in der Tracking-Beobachtung beweglicher Ziele (Krupp Atlas Polarfix). Der nahen Zukunft gehören die sogenannten Positioner, die aus der gleichzeitigen Beobachtung mehrerer Erdsatelliten Standpunktkoordinaten berechnen.

Fachliche Probleme wurden in den Vorträgen und anschließenden Diskussionen behandelt. Im Arbeitskreis der Comm. 8 — Stadt- und Regionalplanung — wurde besonders der Grundsatz der Bürgerbeteiligung hervorgehoben, und das bei regional weit auseinanderliegenden Gebieten mit unterschiedlichen Rechtsnormen wie Deutschland, die Vereinigten Staaten und Großbritannien.

Kjaerdam (D): Verstärkte Bürgerbeteiligung gibt es in Deutschland seit 1976. Der Planungsprozeß dauert zwar sicher länger, wird aber menschlicher. Dabei wird die Ortskenntnis der Bürger von der Verwaltung genutzt.

Besonders schwierig ist die Verkehrsberuhigung — „Autos raus“ ist keine Lösung. Missis Carter (GB) teilt mit, daß die „Öffentlichkeitsbeteiligung“ seit 18 Jahren vorgeschrieben ist. Missis Arley (US) berichtet über einen Bodennutzungsplan für „arme Leute“ mit Bürgerbeteiligung für die Stadt Berkeley (68 km², 103.000 Einwohner, in der Nähe von San Franzisko.) Dort geht man erst nach der Lösung von Detailfragen in die „Papierplanung“. 90 Bürger sitzen in den Unterausschüssen mit Stimmrecht — aber die Projekte müssen sich lohnen, nicht nur sozial, deshalb haben die Grundnutzer nach wie vor eine gewichtige Stimme und großen Einfluß in den Planungsausschüssen der USA.

Wie wird in den Entwicklungsländern vermessen und projektiert? Linkola (Helsinki) berichtet über ein Großprojekt für Regionalentwicklungspläne zur Neuanlage von 95 Siedlungen in Südwestflibyen im

klassischen Saba. Für einen Bereich von 1000 km², mit einem Schulatlas als Grundlage, werden aus Luftbildern bzw. Orthophotos Grundkarten entwickelt, aber zuvor durch Naturvergleich einfache Detailpläne für 50.000 Wohnungen hergestellt. Vorteil: es gibt keinen Kataster, da dem Staat alles gehört.

Ein Projekt der Superlative wird von J. Collins (US) vorgestellt. Wie der Erzeugungsort Pasadena verrät, ist der GPS Positioner Model 2002 ein Produkt der Raumfahrt; die Grundausrüstung kostet \$ 57.000, aber um gute Ergebnisse zu erzielen, sind \$ 100.000 notwendig, da eine Reihe von Peripheriegeräten für die schnelle Datenauswertung dazukommt. Die Meßmethode beruht an und für sich auf einem sehr einfachen geodätischen Verfahren, dem mehrfachen Rückwärtseinschnitt. Die Meßziele sind Satelliten, deren Umlaufbahn den Militärs exakt bekannt ist. Derzeit sind vier Satelliten in Position; man baut ein Satellitennetz mit 18 künstlichen Erdrabanten aus. Bei exakter Kenntnis der Bahnkurven ist Zentimetergenauigkeit zu erreichen (derzeit 30 cm bis 2 m), aber für zivile Zwecke werden aus militärischen Sicherheitsgründen einige Kommawerte der Positionen gestrichen, dadurch sind nur 200 m Lagesicherheit erzielbar. Die Beobachtungskosten pro Punkt sind \$ 1000,— später werden es \$ 100,— sein. Sicher eine Entwicklung, die man verfolgen soll, da sie zumindest die aufwendige Vermessung, Beobachtung und Erhaltung von Lagefixpunkten ersparen wird.

Der Besuch von drei kartographischen Instituten gab Einblick in die Arbeitsweise in Ontario im privaten und im öffentlichen Auftrag und Vergleichsmöglichkeiten mit dem eigenen Bereich.

Die *Northway Map Technology It. and affiliated companies* ist eine Firmengruppe, die weltweit praktisch alle Bereiche der Geodäsie, der Kartenherstellung und die Entwicklung von geographischen Informationssystemen bearbeitet und betreibt. Die Stärke ihrer kartographischen Abteilung liegt in der vollständigen Ausnützung und Beherrschung der Luftbilddauswertung und graphischen Weiterverarbeitung ohne jeglichen Naturvergleich („Begehung“). Das reicht für die meisten Pläne und Karten in dünnbesiedelten Gebieten genauigkeitsmäßig vollkommen aus. Die photogrammetrische Auswertung auf A 8-Geräten (zuzüglich drei Geräten erster Ordnung, aber keine analytischen Autographen) und neun Stereoplottern wird digitalisiert und auf „Intergraph“-Schirmen mit 36 Levels interaktiv weiterbehandelt. Die Flughöhe beträgt 2000 feet, das Endprodukt, ein Lageplan mit Schichten, hat den Maßstab 1 : 500 und kann sofort als Hartkopie geliefert werden. Mit CAD, Cogo Network, mit Tektronix 4107-Bildschirm und IBM 4 x 300 mb Ausstattung wird eine digitale Karte 1 : 2000, genannt Data Base Map, produziert. Orthophotokarten werden nicht hergestellt, aber ein Luftbildplan aus Originalen im Bildmaßstab 1 : 4000 wird auf 1 : 20 000 ausgewertet bzw. in mehreren Arbeitsgängen entwickelt. Die Aufnahmen werden mit einer US Centaur 1070 mm-Kamerag gemacht und vor der Weiterbearbeitung „Flugkorrekturen“ durchgeführt.

Bei der Stadtverwaltung — der *Municipality of Metropolitan Toronto* — ist die *Central Mapping Agency* eingerichtet. Ihre Hauptaufgabe ist das Municipal Atlas Programme (MAP), eine Verbindung von digitalisierten Karten mit statistischen Daten, die in Tabellenform ausgegeben werden. Die Produktion wurde vor drei Jahren aufgenommen. Das Ergebnis ist vergleichbar einerseits mit dem RBW-System in Wien und einem Teil der Mehrzweckkarte, da auch ein Leitungskataster entstehen soll. Für die Grundkarte 1 : 500, die nur durch Digitalisieren aus Luftbilddauswertung gewonnen wird — stereodigitized — wird eine Lagegenauigkeit von 3 dm im Straßenbereich verlangt. Diese Grundkarte soll in zehn Jahren für das wichtigste Stadtgebiet von Toronto vorliegen. Als erste graphische Auslieferung wird eine Karte im Maßstab 1 : 10 000 mit 3 m Lagegenauigkeit hergestellt und wie im RBW mit räumlichen und mit raum- und personenbezogenen Daten kombiniert. Zum Aufbau dieses Systems über einen Bereich von 600 km² werden 25.000 Fixpunkte der Lage nach (Horizontal Control Index) und 6000 Höhenfestpunkte (Vertical Bench Marks) vermessen. Die Datensammlung — Geografic Information System — dient für verschiedene Munizipal-Belange. Es sind dies Adressen, Grundstücksnummern, Eigentümernamen und andere personelle und soziale Angaben. Eine besondere Absicht ist dabei, zu einer besseren Verteilung der öffentlichen Einrichtungen zu kommen, insbesondere der Fire stations. Auch für die Straßenverwaltung ist eine Datensammlung in Aufbau, die mit einem Bildschirmsystem installiert wird. Ein Kartenverlag für die öffentlichen und privaten Benützer wurde bereits eingerichtet. Das Codesystem für die digitale und automatische Zeichnung für den Maßstab 1 : 500 und die Bildschirmausgabe ist sehr umfangreich und fein gegliedert (eine Ausgabe vom 22. 4. 1985 liegt beim Berichtersteller; die MAD DATA stehen laut Vorwort allen Stadtverwaltungen zur Verfügung). Die Ausfertigung der Teilungspläne — meist sehr große Parzellierungen — trägt neben der Grundstücksnummer auch Blocknummern. Es werden im Plan nur Außenmaße als „street line information“ und die Richtungen der Grundstücksgrenzen, aber keine Koordinaten angegeben.

Das dritte Institut, *Ontario Centre for Remote Sensing*, ist den Ministerien für Landwirtschaft und dem für natürliche Hilfsquellen (Ressourcen — Bodenschätze, Wasser, Wald usw.) unterstellt und hat die Fernerkundung zur Hauptaufgabe. Die Scanner-Flugdaten werden in Karten umgesetzt. Das Verfahren

ist besonders kostengünstig. Im Vergleich zur klassischen Luftbildauswertung beträgt es ca. ein Zwanzigstel und liefert Werte, die nur auf diesem Weg gewonnen werden können. Besonders aufschlußreich sind die fertigen Farbdrucke in Tundren und Überflutungsgebieten im Norden Kanadas. Der Flutpegel wird ausgewertet und für Wasserbauprojekte die Menge und Art des Waldes bestimmt, der bei einer bestimmten Stauhöhe verloren geht. Gewässergüte, Gewässertiefe und anderes werden in Dixix-Schirmen klassifiziert. Mit dieser Pixelmethode kann ein ganzer Bildschirmbereich durch Farbuordnung getestet und ausgewertet werden. Die relativ kleinen Maßstäbe zwischen 1 : 50 000 und 1 : 250 000 sind in den fast unbesiedelten Gebieten des kanadischen Nordens durchaus aussagekräftig, da auch die Topographie erfaßt wird. Die 80 Mitarbeiter, die ihre Arbeitsmethoden vorwiegend selbst entwickelt haben, sind durchwegs Spezialisten. An einem Kartenblatt mit den Grundmaßstab 1 : 50 000 arbeitet ein Mann zwei Monate; die Gesamtkosten belaufen sich auf C\$ 10.000. Die Maßstabsinvarianz im angegebenen Bereich wird durch „different labels“ erreicht. Die Computerarbeiten im butch work laufen auch nachts und über das Wochenende. Besonders beeindruckend war der Druckautomat, der in 12 Minuten einen ausgezeichneten 16-Farbendruck liefert. Es wurden auch Schichtenkarten 1 : 10 000 gezeigt, die mittels Laser-Scanning produziert wurden und für viele Zwecke brauchbar sind.

Im Rahmen der Kommission 6 – Ingenieurvermessung – wurde dem Thema **Leitungskataster**, wie schon 1981 in Montreux, breiter Raum gegeben. In einem zusammenfassenden Bericht hat K. Fischer (D), der seit mehr als zehn Jahren Material darüber sammelt, den aktuellen Stand vorgetragen. Auszüge aus seinem Referat werden im folgenden z.T. wörtlich zitiert, da sie allgemeingültige Angaben enthalten. Der Leitungskataster sollte demnach in einem System der Landinformation integriert sein. Als Anforderungen für den Aufbau eines „modernen“ Leitungskatasters werden folgende Merkmale definiert.

- a) die Anlage eines LK geschieht im Landeskoordinatensystem als geodätischer Basis
- b) die Leitungsvermessung wird nach vermessungstechnischen Grundregeln durchgeführt
- c) alle ober- und unterirdisch verlegten Leitungssysteme sind im Leitungskataster enthalten und werden entsprechend differenziert
- d) der Leitungskataster dient als multifunktionelle Dokumentation sowohl der Versorgungswirtschaft, aber auch Maßnahmen der Planung und Bodenbewirtschaftung.

Der Leitungskataster ist demnach nicht nur das kartographische Produkt Plan oder Karte, sondern darüber hinaus der Funktionsrahmen für problemorientierte Informationsaufbereitung. Fischer charakterisiert drei Typen für die Anlage eines Leitungskatasters, die es bereits gibt (das „Wiener Modell“ stellt eine Sonderform bei der Herstellung der Grundkarte dar). Die wesentlichen gemeinsamen Merkmale bzw. die realen Erfordernisse sind: (Zitat)

Eine allgemein gültige Basis der Dokumentationsstruktur

Kooperative Zusammenarbeit aller Beteiligten aus Vermessungswesen und der Leitungsträger
Flexible Informationsbereitstellung durch EDV-Unterstützung

Im einzelnen:

Mit den gegenwärtigen Anforderungen an einen Leitungskataster und den gegebenen Möglichkeiten kann eine technisch zufriedenstellende und wirtschaftlich akzeptable Lösung nur unter Einsatz der automatischen Datenverarbeitung gefunden werden. Die wesentlichste Anforderung an den Aufbau eines modernen Leitungskatasters ist der homogene Anschluß an das Landeskoordinatensystem. Durch diese geodätische Basis ist die Kommunikationsfähigkeit mit der Landinformation gewährleistet. Darüberhinaus wird ein „moderner“ Leitungskataster durch die ebenfalls geodätisch durchgeführte Leitungsvermessung definiert. Dadurch ist jederzeit eine sichere und einfache Wiederherstellbarkeit über jeden Abschnitt des Leitungsnetzes möglich. Die Grundsätze für eine Leitungsaufnahme sind abhängig von den gestellten Genauigkeitsanforderungen, von der Leitungsart und den vorhandenen vermessungstechnischen Einrichtungen. Prinzipiell soll sich die Lagevermessung auf koordinativ bestimmte Punkte stützen und eine entsprechende Verknüpfung mit der Topographie herstellen. Der Leitungskataster ist die geometrische Basis eines Netzinformationssystems, das der Nutzung durch die Leitungsträger vorbehalten ist. In seinen graphischen Komponenten enthält dieses System mehr oder weniger detaillierte zusätzliche Aussagen durch Bestands- oder Werkpläne. In einem digital geführten Leitungskataster sind solche Informationssysteme im Verbund zwischen graphisch-geometrischer Netzdokumentation einerseits und den bei den Leitungsträgern dokumentierten speziellen Daten andererseits relativ einfach zu realisieren. Wenn man die heute bestehenden Leitungskataster analysiert, so zeigen sie im Wesentlichen die Einhaltung der vorher beschriebenen Qualitätskriterien und Lösungsansätze (!) zur Anwendung der automatischen Datenverarbeitung. Es werden Arbeiten über Leitungskataster in Basel, Bern, Belgrad, Prag, Tübingen, Warschau und andere detailliert beschrieben. Generell handelt es sich um manuelle, graphische Leitungskataster, die allerdings auf modernen kartographischen Arbeits-

verfahren beruhen. Hauptaufgabe ist es, einen Leitungsplan mit einer zusammenfassenden Darstellung aller Leitungstrassen zur Verfügung zu stellen. Basel hat in diesem Zusammenhang eine Sonderstellung: Mit dem Aufbau einer Leitungsdokumentation wurde bereits 1929 mit einfachen Mitteln begonnen und vorwiegend Straßenpläne dazu hergestellt. Es sind in diesen Leitungsplänen alle bestehenden Leitungen enthalten; aus diesem Basisplan wurden außer dem Werkspläne entwickelt. Nach 1970 wurde begonnen, den Basisplan koordinativ zu verbessern. Diese Grundlagedaten wurden in einem EDV-Digitalisierungs- und Zeichensystem verarbeitet. Ab 1980 wurden auch die Leitungsdaten in diesen Prozeß einbezogen. Voraussetzung für dieses moderne Konzept war die Zusammenarbeit zwischen Vermessung und Leitungsträger. In Straßburg haben nach 1970 ebenfalls Vermessungsamt und Leitungsträger zu einem gemeinsamen Aufbau eines Leitungskatasters ihre Zusammenarbeit bekundet. Das erste Ergebnis war der Ausbau einer einheitlichen kartographischen Grundlage für alle Leitungspläne. Mit finanzieller Beteiligung der Versorgungsträger wurde begonnen, die großmaßstäblichen Basispläne 1 : 500 — in der Innenstadt 1 : 200 — zu realisieren. Das mittelfristige Ziel ist, auf Basis dieser Pläne, Deckfolien mit den verschiedenen Leitungssystemen herzustellen. Diese Aufgabe übernahmen die Leitungsträger, dem Vermessungsamt obliegt die Aktualisierung der Grundkarte. Der Grundlagenplan wird darüberhinaus von vielen Interessenten genutzt (MZKI). 1984 haben alle Energieversorgungssträger beschlossen, auch ihre Werkleitungspläne auf das neue Deckfolienverfahren und damit auf den einheitlichen Basisplan umzustellen.

Fischer: Sicher ein Projekt, daß noch viele Jahre bis zu seiner Fertigstellung brauchen wird. Die Problematik für das Gesamtwerk sieht man in Straßburg und anderswo nicht in der Ersherstellung von Grundlagenplänen und Leitungsfolien, sondern in der laufenden Aktualisierung. Für eine Übergangszeit wurden deshalb in der Koordinationskommission Alternativlösungen vorgeschlagen: a) die Digitalisierung des Leitungskatasters ohne Einbeziehung der Werkspläne oder b) die Digitalisierung der Grundlagepläne und der Werkspläne. Diese würden den einzelnen Leitungsträgern zur Verfügung gestellt, die mit ihrer eigenen EDV-Verwaltung über einen Datenverbund zu einem Leitungskataster zusammengeschlossen würden. Dem zweiten Modell wird die größere Chance zur Realisierung eingeräumt, da die technischen Probleme lösbar sind, werden die organisatorischen wesentlich zurücktreten.

In Deutschland ist der Aufbau von Leitungskatastern größtenteils auf Industrieunternehmen beschränkt, die kostenaufwendig Insellösungen darstellen. Dort wird zumeist der Weg der Plandigitalisierung und Speicherung gegangen. Ein interdisziplinärer Verbund zwischen den Leitungsträgern in diesen großen Werken wird vorgeschlagen. Die Realisierung läßt aber noch auf sich warten. In der Diskussion wird dem „Wiener Modell“ eine hohe Wertigkeit bestätigt. Wien als Stadt ist allerdings in der glücklichen Lage, bereits eine Luftbildkartographie zu besitzen und in der Kombination mit der terrestrisch sehr genauen Erfassung der Verkehrsflächen über alle Grundlagen für einen „modernen“ Leitungskatasterbasplan zu verfügen.

Nutzanwendung für die Stadt Wien:

Auf dem Instrumenten- und Gerätesektor konnten die neuesten Entwicklungen in der Fachausstellung begutachtet werden. Besonders die Satelliten-Positionierer sind beachtenswert. Sobald das Satellitennetz vollständig ausgebaut sein wird, wird die Genauigkeit einer Standpunktbestimmung durchaus geodätischen Ansprüchen genügen. Gedacht ist in erster Linie an die derzeit mühsamen und aufwendigen Messungen, um in den Quellschutzgebieten mangels Sicht zu den nur großmaschig vorhandenen Triangulierungspunkten den Anschluß herzustellen. Die Kosten für diese Geräte werden sicher sinken, ihr derzeitiger Anschaffungspreis liegt etwas über dem für einen automatisch registrierenden Tachymeter hoher Genauigkeit.

Besonders aufschlußreich waren die Vorträge und Diskussionen zur Herstellung von Grundkarten für einen Leitungskataster. Es hat sich gezeigt, daß das Wiener Verfahren auf dem richtigen Weg ist und die großen Investitionen dafür gerechtfertigt sind. Mit der Mehrzweckkarte wird ja nicht nur dem Leitungskataster gedient, sondern auch einer Reihe weiterer Planungs- und Verwaltungsbereiche. Für Detailfragen konnten Unterlagen beschafft werden, die für die Verarbeitung anfallender Daten in dem in Aufbau begriffenen interaktiven System bei der Stadtvermessung Verwendung finden können. Der Vergleich mit der photogrammetrischen Ausrüstung einiger Institute in Ontario zeigt, daß nur mit den analytischen Autographen, wie sie für die Luftbildauswertung in der MA 41 angeschafft wurden, der Weg von der unzulänglichen Nur-Digitalisierung zur koordinativen Karte in Verbindung mit der automatischen Tachymetrie möglich ist.

Rudolf Reischauer

„Technischer Umweltschutz“ ein neues Aufbaustudium auch für Geodäten

Im Jahr 1981 hat der Gesetzgeber die Möglichkeit einer postgradualen Ausbildung der Absolventen der Technischen Universitäten und der Universität für Bodenkultur in Form eines Aufbaustudiums „Technischer Umweltschutz“ geschaffen.

Dieses Studium wurde an der TU Graz eingerichtet und umfaßt folgende Fächergruppen:

- Technisch-Naturwissenschaftliche Grundlagen
- Ökologie
- Allgemeine Rechts- und Sozialkunde mit besonderer Berücksichtigung der für den Umweltschutz wichtigen Rechtsgebieten
- Luftreinhaltung und Lärmschutz
- Gewässer und Abfallwirtschaft.

Damit wurde ein neuer Weg beschritten, da man erstmals vom Gedanken eines eigenen Studiums „Umweltschutz“ abging und statt dessen — auf traditionellen Fächern aufbauend — interdisziplinär das Arbeiten des Ingenieurs in der Umwelttechnik als zusätzliche Qualifikation prägte.

Man ging in Graz den Weg, zusätzlich zu den Hochschullehrern durch den Einsatz von nicht-hochschuleigenen Fachleuten aus Industrie, freien Berufen, Verwaltung und Spezialisten der Juridischen und Medizinischen Fakultäten der Universität eine breite Interdisziplinarität sicherzustellen. Gleichzeitig wurde bei der Gestaltung des Studienplanes bewußt davon Abstand genommen, die Betonung auf zusätzliches enzyklopädisches Wissen zu legen; statt dessen konzentrierte man sich auf *interdisziplinäre Verständigung und methodische Ansätze* bei der Planung und Realisierung umweltfreundlicher Projekte.

Typisch dafür sind Fachgebiete, wie etwa Planungsmethodik, Systems Engineering, empirische Sozialforschung und Umsetzungsstrategien.

Die breite Streuung der Fächer, in denen die Studierenden vorgebildet sind, haben den angestrebten interdisziplinären Charakter noch verstärkt.

Das Aufbaustudium dauert 2 Jahre. Das erste Jahr dient einer Einarbeitung in die Methodik und Terminologie der oben angeführten Fächergruppen. Es wird in seminaristischer Form abgehalten und findet am späteren Nachmittag und Abend statt, damit die Teilnahme für Berufstätige erleichtert ist.

Das zweite Jahr umfaßt ein Praxissemester, das interdisziplinäre Projekt und die Diplomarbeit.

Umweltschutz ist auch aus dem Lebens- und Arbeitsbereich des Geodäten heute nicht mehr wegzudenken. Deshalb ist es besonders erfreulich, daß im Kreise der ersten elf Absolventen ein Geodät aufscheint.

HR Dipl.-Ing. Dieter Sueng, Leiter der Katasterdienststelle für Agrarische Operationen in Graz, hat als einer der ersten dieses Aufbaustudium durch Ablegung der vorgeschriebenen Diplomarbeit im Dezember 1986 abgeschlossen.

Zu diesem richtungsweisenden Schritt darf dem „Diplomierten Umwelttechniker“ — so lautet die verliehene Berufsbezeichnung — HR Sueng im Namen des Vereines sehr herzlich gratuliert werden.

Das Thema seiner Diplomarbeit lautet „Konzept für ein Gefahrgut-Informationssystem“, der Inhalt sei im folgenden in Kürze dargestellt:

Ausgehend von der Interessenskollision zwischen Ökonomie und Ökologie wird im Blickwinkel einer ganzheitlichen Betrachtungsweise versucht, die Thematik „Gefahrgut“ zu beschreiben und damit ex-, sowie implizit die Problemstellung aufzuzeigen.

Die Ausgangssituation ist gekennzeichnet durch kompetenzrechtliche Probleme, komplexe und unüberschaubare Rechtsvorschriften, redundante Mehrgleisigkeit, begrenzte Aussage- und Verknüpfungsfähigkeiten und bedingte Informations- und Kommunikationsgegebenheiten.

Dem Gebot der Sparsamkeit und Wirtschaftlichkeit folgend, wird unter Nutzung der vorhandenen Ressourcen und dem Einsatz der automationsunterstützten Datenverarbeitung ein Konzept entwickelt, das sowohl eine Erhöhung der Sicherheit beim Umgang und Transport mit Gefahrgut ermöglicht, als auch eine effiziente Erfassung und Evidenzhaltung des Gefährdungspotentials gestattet.

Das „Konzept für ein Gefahrgut-Informationssystem“ sieht die „Rechtsgrundlagendokumentation“, die „Gefahrgut-Datenbank“ und die „Digitale Gefahrgutkarte“ als Schwerpunkte des Systems vor.

Die diesem Konzept zugrunde liegenden Überlegungen sollen beitragen, daß es nie zu dem Ereignis kommen möge, welches vermutlich schlagartig eine Änderung der derzeitigen Situation herbeiführen würde, nämlich ein spektakulärer Gefahrgutunfall in Österreich.

Technische Universität Wien

Folgende Kandidaten haben im Jänner 1987 die II. Diplomprüfung aus Vermessungswesen an der TU Wien erfolgreich abgelegt:

Helmut Isep: Diplomarbeit: Sportstättenvermessung und geodätische Leistungsmessung im Sport

Ernst Iser: Diplomarbeit: Kosten-Nutzen-Untersuchung bei der Anschaffung von selbstregistrierenden elektronischen Tachymetern

Peter Loidolt: Diplomarbeit: Datenstruktur für die effiziente Berechnung von Darstellungen räumlicher Objekte

Kurt Wernecke: Diplomarbeit: Die Interpretation von Farbinfrarotaufnahmen zur Neuorientierung der Almwirtschaft

Technische Universität Graz

Am 4. März 1987 haben folgende Kandidaten die II. Diplomprüfung aus dem Vermessungswesen mit Erfolg abgelegt:

Helge Roland Grafinger: Diplomarbeit: Rechnergestützte Navigation zur See

Konrad Rautz: Diplomarbeit: Dreiecksvermaschung bei digitalen Höhenmodellen

Veranstaltungskalender

7. bis 9. September 1987: Willi Nordberg Symposium 1987, Graz. Unter dem Thema Fernerkundung für operationelle kartographische Anwendungen ist es dem Gedenken an Dr. Nordberg, dem ehemaligen Director of Application der NASA, einem Grazer, gewidmet. Die Themenkreise umfassen die Anwendung von Fernerkundungsverfahren für topographische und thematische Karten, Bildkarten, Auswertung von kombinierten Sensordaten, Gegenüberstellung von digitalen und analogen Auswertungsergebnissen.

Information und Anmeldung: Willi Nordberg Symposium Secretariat, c/o Interconvention, P. O. Box 80, A-1107 Vienna, Austria.

Buchbesprechungen

H. Sünkel (Herausgeber): **Mathematical and Numerical Techniques in Physical Geodesy.** Vorträge der 4. Internationalen Sommer-Schule Admont 1986. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 1986. „Lecture Notes in Earth Sciences“, Band 7, 548 Seiten; Preis öS 686,40

Die vom Institut für Theoretische Geodäsie der Technischen Universität Graz im August 1986 bestens organisierte und in Admont durchgeführte Sommerschule führte 70 Teilnehmer aus 20 Ländern zusammen. Als Themenschwerpunkt dieser bereits zum 4. Mal abgehaltenen Veranstaltung kann die Bestimmung und Beschreibung des Erdschwerefeldes gesehen werden. Der vorliegende Band ist nun eine Wiedergabe der bei diesem Treffen gehaltenen Seminarhauptvorträge. Die Zweiteilung der von den neun Autoren bearbeiteten Beiträge in einen mehr theoretischen Teil und einen stärker anwendungsorientierten Abschnitt entspricht der Vortragsfolge und unterstreicht den didaktisch guten Aufbau dieses Bandes. Im folgenden sei eine Aufstellung der Autoren und eine kurze Charakteristik der Inhalte der neun Kapitel gegeben.

C. C. Tscherning behandelt im ersten Kapitel „Functional Methods for Gravity Field Approximation“ die funktionalen Grundlagen der Beschreibung und Ermittlung von Größen des lokalen bzw. globalen Schwerefeldes. Der Arbeit mit speziellen Basisfunktionen sowie dem Problem der reproduzierenden Kerne wird hier breiter Raum eingeräumt. Als anregende Unterstützung findet sich in jedem Kapitel eine Palette von Beispielen, die den Leser zur aktiven Mitarbeit anregen.

F. Sansó bearbeitet raum- bzw. zeitabhängige Probleme der modernen Geodäsie und unterteilt diese nach Typ in diskrete und kontinuierliche Vorgänge. Die wesentliche Rolle der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik zur Darstellung von komplizierten Prozessen, wie sie im Schwerfeld auftreten, wird unter dem Titel „Statistical Methods in Physical Geodesy“ aufgezeigt.

B. Hoffmann-Wellenhof und *H. Moritz* geben im letzten Kapitel des theoretischen Abschnittes „Introduction to Spectral Analysis“ eine Einführung in die Spektralanalyse. Didaktisch ausgezeichnet aufgebaut werden dem Leser die Vorteile der Transformation in den Spektralbereich bei der Bearbeitung großer Datenmengen oder einfach bei der Lösung von Integralgleichungen nahegebracht. In der recht umfangreichen angeschlossenen Beispielsammlung wird auch auf die Rolle der Fast-Fourier-Transformation besonders eingegangen.

Einen Einstieg in die Bahndynamik, speziell bezogen auf erdnahe Satelliten mit annähernd kreisähnlicher Bahn, gibt *O. L. Colombo* mit dem Titel „Notes on the Mapping of the Gravity Field Using Satellite Data“ (lineare Bewegungsgleichungen, Resonanz, Variationsgleichungen). Anschließend legt der Autor das Hauptaugenmerk auf die Zusammenhänge zwischen dem Gravitationsfeld und den auftretenden Bahnstörungen.

Satellitengradiometrie ist das Thema von *R. Rummel*. In ausgezeichneter Weise formuliert er das Problem der Rückführung von Gradientenmessungen in Größen des Erdschwerfeldes und beschreibt die mathematischen Modellansätze spezieller Gradiometer.

R. H. Rapp behandelt in Kapitel 6 „Global Geopotential Solutions“ die schwierige Bearbeitung des umfangreichen Datenmaterials für die Entwicklung von Potentialmodellösungen hohen Grades (> 180). Die unregelmäßige Verteilung der Ausgangswerte stehen ebenso im Mittelpunkt, wie die Kombination von Satellitendaten mit den an der Erdoberfläche ermittelten Δg -Werten. Am Ende stellt der Autor seine neuesten Lösungen vor und vergleicht diese mit bereits bekannten Erdmodellen (z.B. GEM10C, GMP2, OSU81).

H. Sünkel untersucht unter dem Titel „Global Topographic Isostatic Models“ das Problem der isostatischen Kompensation. Ziel dieser Arbeiten sind die Parameter eines hochauflösenden topographisch-isostatischen Potentialmodells zu finden, welches eine geophysikalisch sinnvolle Ausgleichstiefe und eine maximale Glättung der Oberflächenwerte verbindet.

Zum Kapitel 8 „The Error Model of Inertial Geodesy, Study in Dynamic System Analysis“ beschreibt der Autor *K. P. Schwarz* das Fehlermodell für Inertialvermessungssysteme. Gleichzeitig wird die Verbindung der Modellparameter mit den Parametern des Schwerfeldes aufgezeigt.

Das letzte Kapitel des vorliegenden Bandes stammt von *G. W. Hein*. Er deutet in seinem Text „Integrated Geodesy — State of the Art 1986. Reference Text“ nochmals auf die Vorteile der integrierten Geodäsie als jenes Werkzeug hin, das uns erlaubt, verschiedene Datentypen gemeinsam zu verarbeiten. Den Möglichkeiten der Einbeziehung von Satellitenmessungen ebenso wie von geophysikalischen Werten (z.B. Gesteinsdichte) in das Modell räumt der Autor breiten Platz ein.

Es ist dem Herausgeber mit der Veröffentlichung dieser Hauptbeiträge gelungen, den guten Geist und das breite wissenschaftliche Spektrum der Tagung einzufangen. Dem interessierten Leser wird einerseits der augenblickliche Stand der verschiedenen Forschungsschwerpunkte präsentiert, andererseits sei jedermann angehalten, selbst hier weiterzuarbeiten und die eine oder andere der aufgeworfenen Fragen zu lösen. Somit kann der Band als Bereicherung der eigenen Bibliothek nur bestens empfohlen werden.

Robert Weber

Robert Messner: Das kaiserlich-königliche Militärgeographische Institut zu Malland. 1814 — 1839. Herstellung, Druck und Verlag: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme), 1080 Wien, Krotenthallergasse 3. Wien 1986.

Hofrat i. R. Dipl.-Ing. Robert Messner, der am 20. April 1986 die Vollendung seines 80. Lebensjahres feiern konnte, hat wieder einmal einen Beweis für seine unermüdete Schaffenskraft geliefert. Er hätte sich ja bisher schon vor allem mit historischen Themen befaßt. In seiner mehrbändigen „Topographie von Alt-Wien“ hatte er vor allem auf katastralen Grundlagen aufgebaut. Darüber hinaus hatte er wesentlich an der Vorbereitung einer Reihe von bedeutenden Ausstellungen des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (= BEV) mitgewirkt und war auch maßgeblich an der Verfassung einer Anzahl von Festschriften beteiligt. Neben seiner beruflichen Tätigkeit im Kataster hat sich Hofrat Messner immer schon mit besonderer Vorliebe mit der Landesaufnahme beschäftigt, was er mit dieser Veröffentlichung wieder einmal unter Beweis gestellt hat.

Wie in seinen bisherigen Arbeiten, hat Hofrat Messner auch hier wieder gezeigt, mit welcher Sorgfalt und Genauigkeit er daran geht, eine zu behandelnde Thematik bis in das kleinste Detail zu erforschen und aufzubereiten. Man kann sich vorstellen, wie viel Mühe notwendig war, all das Material zu beschaffen und zusammenzutragen, das in diesem Band verarbeitet wurde, wobei man das Alter des Autors nicht vergessen darf. Man muß daher die geistige Frische und die ungebrochene Schaffenskraft, die in dieser Veröffentlichung dokumentiert sind, ganz besonders hervorheben. Man bekommt durch diesen Band nicht bloß einen Einblick in die Entstehungsgeschichte des k. k. Militärgeographischen Institutes in Mailand und eine Ahnung von seinen Leistungen, sondern darüber hinaus auch einen äußerst interessanten Hinweis auf die historischen Entwicklungen und Zusammenhänge in dieser Zeit.

Den vielseitigen Inhalt dieser historischen Dokumentation zeigt vielleicht am besten ein kurzer Bericht über die einzelnen Abschnitte.

1. Vorgeschichte

In diesem Abschnitt hat Messner die historische Entwicklung der Lombardei kurz zusammengestellt. Es wird hier auch auf den Mailänder Kataster hingewiesen, den ersten österreichischen Grundsteuerkataster, und auf die darauf aufbauende topographische Aufnahme. Damit im Zusammenhang erfolgt eine Würdigung der Arbeiten und der Bedeutung Marinonis, des Schöpfers des Mailänder Katasters.

2. Das Mailänder „Kriegsdepot“ (1801–1814) und seine Ausgestaltung zum k. k. Militärgeographischen Institut (1816–1818)

Dieser Abschnitt schildert einerseits das historische Umfeld zur Zeit Napoleons und nach der neuerlichen Übernahme der Lombardei durch Österreich im Jahr 1814. Es wird auch die Schaffung des „Deposito della Guerra“ nach Pariser Muster im Jahre 1801 und die Aufstellung eines „Militärischen Ingenieurtopographen-Korps“ im Jahre 1802 behandelt, als Vorläufer des MGI in Mailand. Die durch diese Institution durchgeführten Arbeiten werden angeführt. Hernach wird die Übernahme des Institutes mit seinem Personal durch Österreich beschrieben, das nun vorerst die Bezeichnung „Topographisches Büro“ erhielt. Im Jahre 1816 erfolgte eine Umbenennung in „Geographisches Institut“. Neben der Zitierung verschiedener bedeutungsvoller Schriftstücke wird auch über die durchgeführten Arbeiten berichtet, über Triangulierungsarbeiten, Mappierungsarbeiten, über die Zeichner und Kupferstecher usw. Es ist auch die Allerhöchste EntschlieÙung vom 5. Jänner 1818 angeführt, welche als Gründungsakt für das MGI betrachtet wird.

3. Die geodätischen, topographischen und kartographischen Leistungen des Militärgeographischen Institutes in Mailand (1818–1839)

Etlliche Zitate aus Berichten geben einen Einblick in die Schwierigkeiten, welche die ausführenden Offiziere bei ihren Arbeiten zu überwinden hatten. Es wird auch von Arbeiten berichtet, welche österreichische Offiziere in nicht von Österreich verwalteten Teilen Italiens ausführten.

Ein kurzer Bericht nimmt auch auf die Zweite Landesaufnahme Bezug, für welche im Jahr 1806 ein Astronomisch-Trigonometrisches Departement im Generalquartiermeisterstab gegründet wurde, was den Beginn eines kontinuierlichen staatlichen Vermessungswesens in Österreich darstellte. Das Koordinatensystem, die Projektion sowie der Maßstab der im Rahmen der Zweiten Landesaufnahme entstandenen Karten werden erläutert. Vor allem aber werden die vom Mailänder Institut geschaffenen Kartenwerke angeführt.

Hofrat Messner würdigt auch besonders das Wirken und die Bedeutung des Direktors des Mailänder Instituts, des später geadelten und zum Generalmajor beförderten Anton Ritter Campana von Splügenberg.

4. Das Mailänder Institutsgebäude (1834)

Dieser Abschnitt enthält das italienische Original als Faksimile und die deutsche Übersetzung eines am 21. August 1834 unterfertigten Schätzungsberichtes mit einer detaillierten Beschreibung sämtlicher Räume des Mailänder Institutsgebäudes.

Anschließend daran gibt Messner den damaligen Schätzwert der Liegenschaft an. Nach einer Beschreibung der Währungsverhältnisse versucht Messner ein heutiges Wertverhältnis abzuleiten.

5. Zusammenlegung der topographischen Anstalten von Wien und Mailand (1839)

a) Vorbereitungen

Vorerst gibt Messner einen kurzen Überblick auf die in Wien durchgeführten Arbeiten, auf den Beschäftigtenstand und auf die Unterbringung. In Auszügen aus dem Schriftverkehr wird deutlich, wie

schwierig es war, für die Zusammenlegung des Mailänder und des Wiener Institutes geeignete Räumlichkeiten zu finden.

Mit der kaiserlichen EntschlieÙung vom 7. Jänner 1839 wurde die Zusammenlegung der getrennten topographischen Anstalten in Mailand und in Wien genehmigt.

b) Die Überstellung des Militärgeographischen Institutes von Mailand nach Wien

Neben Auszügen aus dem im Zusammenhang mit der Übersiedlung geführten Schriftverkehr wird angeführt, wer vom Personal in Mailand bereit war, die Übersiedlung nach Wien mitzumachen. Der Umfang des Übersiedlungsgutes wird gleichfalls aufgelistet. Im Oktober 1839 begann dann die von einer Mailänder Speditionsfirma mit Pferdefuhrwerken durchgeführte Übersiedlung.

c) Die örtliche Situation in Mailand – heute (1983)

Hier schildert Messner die heutigen Gebäude und die Umgebung jener Stelle, wo ehemals das Mailänder Militärgeographische Institut stand. Im Anschluß daran beschreibt Messner einige bedeutende Denkmäler auf dem Wege von Mailand nach Wien.

6. Die Errichtung eines Gebäudes („A-Gebäude“) für die zu vereinigenden Institute in Wien (1839–1842)

Das neue Gebäude für das vereinigte Militärgeographische Institut wurde in der Zeit von März 1840 bis April 1842 errichtet. Auszüge aus dem Schriftverkehr zeigen interessante Details über die Beschaffung des für den Bau notwendigen Grundstückes und über die Art der Finanzierung der Grund- und Baukosten. Es sind auch der Kaufvertrag und das Kommissionierungsprotokoll angeführt.

Messner schildert dann auch das weitere Schicksal dieses Gebäudes bis in die Jetztzeit mit den später notwendig gewordenen Zu- und Umbauten und Renovierungen.

7. Das Militärgeographische Institut in Wien

a) Der organisatorische Aufbau (1839–1840)

Die Lithographische Abteilung und das aus Mailand übersiedelte Personal waren bis zu der Möglichkeit der Übersiedlung in das neu errichtete Gebäude in einem Privatgebäude auf der Wieden untergebracht.

Das neue Institut wurde dem Hofkriegsrat zugeteilt und dem Generalquartiermeisterstab unterstellt und in 8 Abteilungen gegliedert. Erster Direktor wurde Generalmajor Campana, der allerdings die Übersiedlung in das neue Gebäude nicht mehr erlebte.

Messner berichtet in diesem Abschnitt einiges über Campana und anschließend auch über Jakob Marieni, der von einiger Bedeutung für die Militärtriangulierung war.

b) Die Organisation des Institutes zu Beginn der Vierten Landesaufnahme (1897)

Hier stellt Messner die Gliederung des MGI zu dieser Zeit unter Anführung der Namen der leitenden Funktionäre zusammen. Nach einem Überblick über den gesamten Personalstand wird auch die räumliche Verteilung der einzelnen Dienststellen angegeben.

c) Die Bücher, Handschriften und Karten des Mailänder Militärgeographischen Institutes

Nach einem Hinweis auf die Ursachen des teilweisen Verlustes an historisch gesehen bedeutungsvollen Archivmaterialien gibt Messner eine Auswahl von in der Bibliothek des BEV noch vorhandenen alten Druckschriften an. Er weist hier auch auf einige Kostbarkeiten in der Kartensammlung der Landesaufnahme hin.

Im *Ausklang* listet Messner jene Gebäude auf, in denen Teile des staatlichen Vermessungsdienstes seit dem Ende des ersten Weltkrieges untergebracht waren. Er berichtet auch kurz vom Bau des neuen A-Gebäudes in der Schiffamtsgasse.

Im *Schlußwort* würdigt Messner nochmals kurz die Leistungen des MGI und weist auf den jetzigen Stand der Landesaufnahme hin.

Als Anhang sind noch ein Plan des Grundrisses und drei Pläne von Durchschnitten durch das Mailänder Institut beigegeben.

Abschließend darf nochmals darauf hingewiesen werden, daß Hofrat Messner in diesem Werk sehr viel interessante Detailinformation zusammengetragen hat, die dem an der historischen Entwicklung der Landesaufnahme interessierten Leser viele wertvolle Erkenntnisse bieten kann.

Josef Zeger

Franz Simmerding: Bayrisches Abmarkungsrecht. 2. ergänzte und erweiterte Auflage, Richard Boorberg Verlag, Stuttgart 1986, 272 Seiten, Preis DM 33,—.

Der Taschenkommentar zum Bayrischen Abmarkungsrecht liegt, nach nur vier Jahren, schon in zweiter Auflage vor.

In der Neuauflage wurden nicht nur die Änderungen in den Vollzugsvorschriften und den Anlagen hiezu berücksichtigt, sondern auch die neue Rechtsprechung aufgenommen und die Anmerkungen erweitert.

Was schon anlässlich der Besprechung der ersten Auflage (vgl. ÖZ 4/1982, S. 246) positiv hervor gehoben werden konnte, kann vorbehaltlos auch für die Neuauflage gelten. Die Erläuterungen zum Vermessungs- und Katastergesetz sind stark erweitert worden und machen den Kommentar für den Vermessungsfachmann — auch außerhalb Bayerns — noch interessanter.

Christoph Twaroch

Zeitschriftenschau

Mitteilungsblatt Landesverein Bayern, Heft 4/86: *Weber, D. und Schellein, H.*: Möglichkeiten und Grenzen der Höhenbestimmung aus GPS-Messungen. *Bauer, R.*: Namen in topographischen Karten Bayerns. *Maucksch, W.*: Artenschutz bei den Neuanpflanzungen der Flurbereinigung. *Fenzl, G.*: Neuer Dreiländerstein errichtet — Gemeinsamer Grenzpunkt von Bayern, Tirol und Vorarlberg.

Bildmessung und Luftbildwesen, Heft 1/87: *Döhler, M.*: Kurt Schwidewskys Wirken in Karlsruhe 1960—1986. *Bungenstock, H.*: Die Antarktisforschung aus der Sicht der Bundesregierung. Symposien 1986 der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung. *Finsterwalder, R.*: Fassadenentzerrung ohne Paßpunkte. *Schenk, T.*: NASA vergibt 5 Millionen Dollar-Auftrag an das Department of Geodetic Science and Surveying, Ohio State University. *Bähr, H.-P.*: Fernerkundung in der DDR.

DVWHessen Mitteilungen, Heft 2/86: *Strauß, R.*: Das Global Positioning System (GPS) und seine möglichen Auswirkungen auf die Landesvermessung. *Brill, D.*: Elektronische Felddatenerfassung mit Portable-Computer (Osborne-VADEM). *Heckmann, B.*: Ausgleichung von Verdichtungsnetzen mit unterschiedlichen Anschlußzwängen.

Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Heft 96/1985: *Hauck, H.*: Die Ergebnisse der Kollokation in Wetzell. *Schlüter, W., Feil, D.*: Zur Zeithaltung auf der Fundamentalstation Wetzell.

Heft 97/1986: *Fischer, D.*: Thematische Kartographie im Umweltberichtswesen. *Grünreich, D.*: Topographisch-kartographisches Informationssystem — Konzeption und Stand der Beratungen in der AdV. *Jäger, E.*: Die VICOM-Anlage zur digitalen Bildverarbeitung beim Institut für Kartographie (IfK) der Universität Hannover. *Lutz, W., Borgmann, O.*: Automation bei der Trassierung von Hochspannungs-Freileitungen — Ein Beispiel für die Anwendung des automatischen Datenflusses in der Ingenieur-Vermessung. *Mittelstraß, G.*: Stand der ALK-Entwicklung (September 1985). *Mittelstraß, G.*: Von der digitalen zur analogen Karte — Möglichkeiten der Kartengestaltung. *Schweinfurth, G.*: Projekt: Digitale Orthophotokarte. *Weber, W.*: Hierarchische Grauwertverarbeitung in kartographischen Rasteralgorithmen.

Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Heft 1/87: *Wallis, A. J.*: Digitale Landkartensysteme für die Luftfahrt. *Magel, H.*: Am Beispiel Bayern: Der Geodät in der Dorferneuerung.

Heft 2/87: *Koreleski, K.*: Raumplanung, Berggebietenentwicklung und Meliorationen in den polnischen Westkarpaten. *Rajda, W.*: Meliorationen in Polen — Maßnahmen zur Verbesserung des Bodenwasserhaushaltes. *Pfister, H.*: Neu: Die dreidimensionale Schweiz. Relief unter Verwendung der Schweizer Landeskarte.

Vermessungstechnik, Heft 12/86: *Buschmann, E.*: Zu methodologischen und wissenschaftstheoretischen Fragen der Geodäsie. *Moritz, H.*: Theoretische Aspekte der Inertialvermessung. *Weise, K.*: Die gegenwärtige und zukünftige Rolle der Fernerkundung in der Landwirtschaft. *Welzer, W.*: Anforderungen der Umweltkontrolle an die Fernerkundung.

Heft 1/87: *Dietrich, R., Korth, W.*: Aktueller Entwicklungsstand bei der Anwendung von Radioverfahren in der Satellitengeodäsie. *Werner, H.*: Ist auch der Maschinenbau ein Arbeitsfeld des Vermessungsingenieurs? *Schädlich, M.*: Hierarchische Netzverdichtung mit pseudo-Beobachtungsgewichten. *Buschmann, E.*: 125 Jahre Baeyer-Denkschrift zur Erdfigur. *Bahnert, G.*: Zur Bestimmung lokaler Refraktionskoeffizienten. *Wolodtschenko, A.*: Zur Frage der kartographischen syntaktischen Einheit. *Koch, W. G.*: Zu einigen Fragen der redaktionell-konzeptionellen Vorbereitung in der Verlagskartographie.

Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 12/86: „Geodäsie im Dienste der Gesellschaft“, Vorträge und Berichte vom 70. Deutschen Geodätentag, Nürnberg 1986.

Heft 1/87: *Seele, W.*: Geodätische Aspekte zum Bodenschutz — Einführung. *Voigt, H.-E.*: Bodenschutz im Hinblick auf die Bodennutzungsplanung und ihre Verwirklichung. *Weiß, E.*: Bodenschutz aus der Sicht der Flurbereinigung. *Schenk, E.*: Bodenschutz aus der Sicht des Liegenschaftskatasters. *Tiedemann, C.*: Bodenschutz im Hinblick auf die Wieder- und Weiterverwendung industriell genutzter Flächen. *Mehlhorn, R.*: Welche Kenntnisse fordert die berufliche Praxis? *Hoisl, R.*: Vermitteln die Hochschulen ausreichende Fähigkeiten zur beruflichen Entfaltung? *Schuster, O.*: Satellitengeodäsie — Anwendung in der Praxis. *Boedecker, G.*: Zur Ausgleichung von Inertialnetzen. *Welsch, W., Oswald, W.*: Genauigkeitsuntersuchungen bei der hybriden Ausgleichung terrestrischer und satellitengestützter Netzbeobachtungen.

Heft 2/87: *Brunner, K.*: Hundert Jahre Gletschervermessung am Gepatschferner (Tirol). *Kertscher, K.*: Der Mikrofilm — Arbeitsmittel für die Katasterämter. *Sjöberg, L. E.*: Comparison of some methods of determining land uplift rates from tide gauge data. *Hradilek, L.*: Die Bestimmung von dreidimensionalen Netzen mittels Schrägstrrecken. *Bernstein, H.-H.*: Der Radar-Delay-Effekt in Entfernungsmessungen zu Satelliten.

Weitere Zugänge zur Vereinsbibliothek: *Köhler, M.*: Ein geodätischer Beitrag zur Erfassung und Darstellung des Verzerrungsverhaltens von Eisflächen und Anwendung der Kollokationsmethode. *Illner, M.*: Anlage und Optimierung von Verdichtungsnetzen. Bayerische Akademie der Wissenschaften, Astronomisch-Geodätische Arbeiten, Heft 47. *Boedecker, G., Fritzer, T.*: International Association of Geodesy Special Study Group 3.87. Berichte aus der Flurbereinigung, 56/1986. Berichte aus der Flurbereinigung 57/1986: Fachtagung 1986 München „100 Jahre Flurbereinigung in Bayern“.

Norbert Höggerl

Contents

Forsthuber, J., Schneid, J., Stanek, H.: Least square solution of geodetic networks by partitioned orthogonalization and singular value decomposition.

Bretterbauer, K.: Approximative orthometric heights.

Lichtenegger, H.: Navigation on the way to the northpole.

Prochaska, G., Weilguny, R.: A position detector for star transit measurements.

Kloiber, O.: The identity of MGI arc measurement points with imaginative centres of Europe.

Adressen der Autoren der Hauptartikel

Bretterbauer, K., Dipl.-Ing. Dr. techn., o. Univ.-Prof., Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27—29, A-1040 Wien.

Forsthuber, J., Dipl.-Ing., c/o Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen Dipl.-Ing. Hans Polly, Holzplatz 1, A-2620 Neunkirchen.

Kloiber, O., Dipl.-Ing., Vizepräsident des BEV i. R., Bastiengasse 15/1/5, A-1180 Wien.

Lichtenegger, H., Dipl.-Ing. Dr. techn., Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie, Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12A, 8010 Graz.

Prochaska, G., Dipl.-Ing., Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27—29, 1040 Wien.

Schneid, J., Dipl.-Ing. Dr. techn., Institut für Angewandte und Numerische Mathematik, Technische Universität Wien, Wiedner Hauptstraße 6—10, A-1040 Wien.

Stanek, H., Dipl.-Ing., Institut für Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie, Abteilung Landesvermessung, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27—29, A-1040 Wien.

Weilguny, R., Dipl.-Ing. Dr. techn., Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27—29, 1040 Wien.

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 54,-
Österr. Karte 1 : 50 000 - ÖK 50 mit oder ohne Straßenaufdruck	S 46,-
Österr. Karte 1 : 25 000 (Vergrößerung der Österr. Karte 1 : 50 000) - ÖK 25 V mit Wegmarkierungen	S 66,-
Österr. Karte 1 : 200 000 - ÖK 200 mit oder ohne Straßenaufdruck)	S 52,-
Österr. Karte 1 : 100 000 (Vergrößerung der Österr. Karte 1 : 200 000) - ÖK 100 V mit Straßenaufdruck	S 66,-
Generalkarte von Mitteleuropa 1 : 200 000	S 30,-
Übersichtskarte von Österreich 1 : 500 000	
mit Namensverzeichnis, gefaltet	S 120,-
ohne Namensverzeichnis, flach	S 80,-
Politische Ausgabe, mit Namensverzeichnis, gefaltet	S 120,-
Politische Ausgabe, ohne Namensverzeichnis, flach	S 80,-
Namensverzeichnis allein	S 35,-
Übersichtskarte von Österreich 1 : 300 000 (Vergrößerung der Übersichtskarte von Österreich 1 : 500 000 in 4 Teilen) - ÖK 300 V	
Halbkarte (West- oder Osthälfte), gefaltet	S 90,-
Viertelkarte, flach, je Kartenblatt	S 60,-
Sonderkarten	
Kulturgüterschutzkarten: Österreichische Karte 1 : 50 000, je Kartenblatt	S 80,-
Österreichische Luftbildkarte 1 : 10 000, Übersicht	S 110,-

Neuerscheinungen

Österreichische Karte 1 : 50 000

Blatt 110 St. Gallen

Blatt 152 Matri in Osttirol
Blatt 189 Deutschlandsberg

Blatt 153 Großglockner

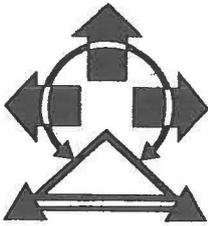
In letzter Zeit berichtigte Ausgaben:

Österreichische Karte 1 : 25 000 V

Blatt 39, 47, 54, 60, 75, 98, 99, 101, 106, 116, 153

Österreichische Karte 1 : 50 000

Blatt 26, 43, 62, 73, 74, 98, 100, 108, 112, 134, 135, 138, 168, 171, 183, 199



18.–21. Mai 1988
Brucknerhaus Linz



3. Österreichischer

GEODÄTENTAG 1988

- Leitthema: Ingenieurgeodäsie
Dokumentation der Umwelt
- Fachvorträge
- Fachexkursion und -besichtigungen
- Fachfirmenausstellung
- Fachausstellung
- Rahmen- und Damenprogramm
- Empfänge und Gesellschaftsabend

Wir bitten um Terminvormerkung!

Auskünfte und Anforderung von Unterlagen:

Örtlicher Vorbereitungsausschuß – ÖVA Linz 1988
Prunerstraße 5, Postfach 376, 4010 Linz, Tel. 0732 / 27 38 81

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie

Schriftleiter: *Dipl.-Ing. Dr. techn. Erhard Erker*, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien

Stellvertreter: *Dipl.-Ing. Norbert Höggerl*, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien

Redaktionsbeirat:

<i>o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Kurt Bretterbauer</i> Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien	Theoretische Geodäsie
<i>o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. DDR. techn. Helmut Moritz</i> Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz	Theoretische Geodäsie
<i>o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Schmid</i> Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien	Landesvermessung
<i>o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerhard Brandstätter</i> Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz	Ingenieurgeodäsie
<i>o. Univ.-Prof. Dr. Ing. Karl Kraus</i> Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien	Photogrammetrie
<i>emer. o. Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Pillewizer</i> Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien	Kartographie
<i>OSR Dipl.-Ing. Rudolf Reischauer</i> Kaasgrabengasse 3a, A-1190 Wien	Stadtvermessung
<i>HR Dipl.-Ing. Karl Haas</i> Lothringerstraße 14, A-1030 Wien	Agrarische Operationen
<i>Vizepräsident Dipl.-Ing. Friedrich Hrbek</i> BEV, Schiffamtsgasse 1–3, A-1025 Wien	Kataster
<i>HR Dipl.-Ing. Dr. techn. Johann Bernhard</i> BEV, Krotenthallergasse 3, A-1080 Wien	Landesaufnahme
<i>Dipl.-Ing. Manfred Eckhart</i> Friedrichstraße 6, A-1010 Wien	Ziviltechnikerwesen

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 Zeitschriften sind an *Dipl.-Ing. Norbert Höggerl*, Schiffamtsgasse 1–3, A-1025 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 400,—
Abonnementgebühr für das Ausland S 460,—

Einzelheft: S 110,— Inland bzw. S 120,— Ausland

Alle Preise enthalten die Versandkosten, die für das Inland auch 10% MWST.

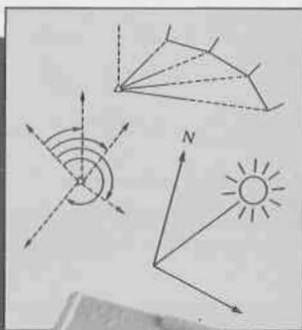
	schw.-weiß	färbig	
Anzeigenpreis pro 1/4 Seite 126 × 200 mm	S 3500,—	S 5600,—	einschl. Anzeigensteuer
Anzeigenpreis pro 1/2 Seite 126 × 100 mm	S 2100,—	S 3360,—	einschl. Anzeigensteuer
Anzeigenpreis pro 1/4 Seite 126 × 50 mm	S 1190,—	S 1904,—	einschl. Anzeigensteuer
Anzeigenpreis pro 1/8 Seite 126 × 25 mm	S 945,—	S 1512,—	einschl. Anzeigensteuer
Prospektbeilagen bis 4 Seiten	S 2100,—		einschl. Anzeigensteuer
zusätzlich 20% MWSt.			

Postcheckkonto Nr. 1190.933

Telephon: (0222) 35 76 11/2700 oder 3705 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.

HABEN SIE SICH NICHT SCHON IMMER EINEN WETTERFESTEN FELDCOMPUTER GEWÜNSCHT?



GRE4



Der die Sprache Ihrer Vermessungs-
instrumente spricht und mit ihnen
problemlos kommuniziert.

Der alle Vermessungsaufgaben
kennt.

Der über intelligente Vermessungs-
Software verfügt.

Der individuell programmierbar ist.

Der jederzeit den direkten Zugriff zu
den Daten ermöglicht.

Der mehrere Datenfiles besitzt,
gleichzeitig Messdaten unverändert
speichert und Ihnen transparente
Resultate liefert.

Der jede Information mit seiner
schnellen Suchfunktion sofort findet.

Der voll in das System elektronischer
Theodolite integriert ist und über die
Theodolit-Tastatur gesteuert werden
kann.

Der Steuerfunktionen übernimmt.

Der auch die Sprache anderer
Computer versteht und akzeptiert.

Der auch bei Temperaturen von
-20°C bis +50°C zuverlässig und
genau arbeitet.

Der Zeit und Datum kennt.

Das neue alphanumerische Wild
GRE4 ist mehr als nur ein wetterfestes
Datenterminal; es ist gleichzeitig auch
ein wirtschaftlicher Feldcomputer:
schnell und sicher.

Verlangen Sie die Dokumentation.

WILD[®]
HEERBRUGG

Alleinvertretung für Österreich:

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

r+a rost