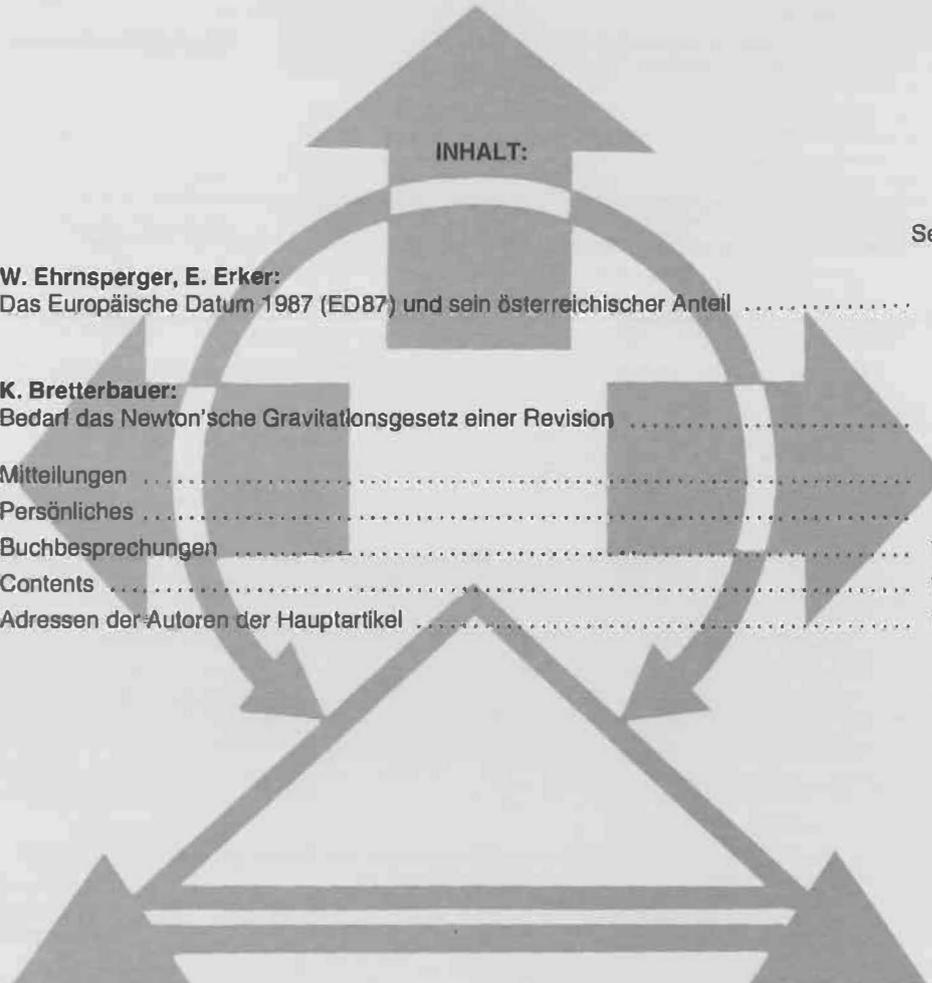


# ÖZ

77. Jahrgang 1989/Heft 2

# Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie



INHALT:

	Seite
<b>W. Ehrnsperger, E. Erker:</b> Das Europäische Datum 1987 (ED87) und sein österreichischer Anteil .....	47
<b>K. Bretterbauer:</b> Bedarf das Newton'sche Gravitationsgesetz einer Revision .....	92
Mitteilungen .....	97
Persönliches .....	99
Buchbesprechungen .....	102
Contents .....	104
Adressen der Autoren der Hauptartikel .....	104

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

Verlags- und Herstellungsort Wien

Gefördert durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung in Wien

# 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>Präsident Dipl.-Ing. Friedrich Hrbek</i> BEV, Schiffamtsgasse 1–3, A-1025 Wien	Kataster
<i>HR i. R. Dipl.-Ing. Dr. techn. Johann Bernhard</i> BEV, Krotenthallergasse 3, A-1080 Wien	Landesaufnahme
<i>Dipl.-Ing. Manfred Eckharter</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 Zuschriften 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 4200,–	S 6720,–	einschl. Anzeigensteuer
Anzeigenpreis pro 1/2 Seite 126 × 100 mm	S 2520,–	S 4032,–	einschl. Anzeigensteuer
Anzeigenpreis pro 1/4 Seite 126 × 50 mm	S 1428,–	S 2285,–	einschl. Anzeigensteuer
Anzeigenpreis pro 1/8 Seite 126 × 25 mm	S 1134,–	S 1814,–	einschl. Anzeigensteuer

zusätzlich 20% MWSt.

Postcheckkonto Nr. 1190.933

Telephon: (0222) 35 76 11/2701 oder 4501 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.

# Artaker hat neue Vermessungsgeräte **SOKKISHA**



**SET 4**  
**Totalstation**



**DT 5**  
**Digital Theodolit**

1052 Wien, Kettenbrückengasse 16  
Tel. (0222) 58 805-0  
Telex 112322 artwi, Telefax 56 56 51

**Artaker**  
BUROAUTOMATION HANDELSGES MBH

# 10 EINLADUNGEN ZUM KENNENLERNEN

## DER MODERNSTEN VERMESSUNGSMETHODEN



**Die genauesten Theodolitstationen der Welt: WILD TM3000.** Messen Sie automatisiert mit höchster Genauigkeit. Und kombiniert mit E.D.M., Laser und CCD-Kamera.



**Reflektorlose Distanzmessung hoher Genauigkeit: WILD DIOR.** Bestimmen Sie innerhalb eines Radius bis zu 250 m auf den Zentimeter genau Distanzen. Oder mit dem Wild DI3000 bis 14 km mit 3–5 mm + 1 ppm.



**Schnelle Totalstation hoher Leistung: WILD TC1600.** Aufstellen, anzielen, auf All-Taste drücken: und schon sind Winkel und Distanz gemessen und registriert. Integrierte COGO-Funktionen erleichtern Ihre praktischen Aufgaben.



**Sicherste und komfortabelste Registrierung: REC-Modul.** Einfach in Theodolit oder Tachymeter einschieben. Leicht. Sicher. Austauschbar, mit unbegrenzter Kapazität.



**Einziges Lasernivellier für Horizontal/Vertikalebene: WILD LNA2.** Gibt Ihnen Laserebenen hoher Präzision ohne Instrument vom Stativ zu nehmen.



**Genaueste Distanzmessung bis zu 15 km: KERNME5000.** Messgenauigkeit 0.2 mm + 0.2 ppm. Höchste Präzision und Sicherheit.



**Praxisgerechte Vermessungssoftware: WILD PROFIS** Anwendungsprogramm für Datenterminal GRE4. **WILDsoft** vielseitige Auswerte Software als vollständige Automatisationskette vom Feld bis ins Büro.



**Koordinaten-Messsysteme** für berührungslose Messungen und automatische Objektkontrollen: **KERN SPACE:** in der Industrie. **Wild TMS/ATMS:** im Ingenieurbau.



**Messen so einfach wie fotografieren: ELCOVISION 10.** Gewinnen Sie aus Kleinbilddaufnahmen ohne vorherige Orientierung Pläne und Koordinaten.



**GPS-Vermessung der neuen Art: WM102.** Eliminierung von Störungen mit zwei Trägerwellen und P-Code. Sichere Resultate in allen Situationen.

**r+a rost**

Alleinvertretung für Österreich:  
A-1151 WIEN · Märzstr. 7  
Telex: I-33731 · Tel.: 0222/92 32 31-0  
Fax: 0222/95 51 40-50

 **WILD LEITZ**

## Das Europäische Datum 1987 (ED 87) und sein österreichischer Anteil

Von *W. Ehrnsperger*, München  
und Beiträgen (Kap. 4, 9 und 10) von *E. Erker*, Wien

### Zusammenfassung

Mit dem Europäischen Datum 1987 (ED87) liegt eine optimale zweidimensionale Lösung des europäischen Hauptdreiecksnetzes vor, die alle derzeit zur Verfügung stehenden beobachtungs- und rechentechnischen Möglichkeiten beinhaltet.

Im vorliegenden Schlußbericht wird vorerst (Kap. 2) der verwendete Algorithmus – die Helmert'sche Blockmethode – präsentiert. Singularitäten, Standardisierung und Ausreißertests werden vor dem Hintergrund der blockspezifischen Meßdaten diskutiert. Kap. 3 und 4 umfassen eine Statistik der Meßdaten in Gegenüberstellung mit jenen des Blockes A - Österreich. Auf die extraterrestrischen Meßdaten wird in Kap. 5 näher eingegangen. Ihre Verwendung zur Ableitung eines zweidimensionalen Ergebnisses bedingt eine Modifizierung des ursprünglichen Algorithmus. Benützt wurde ein von Wolf (1982b) vorgeschlagenes Verfahren, das in Kap. 6 zusammengefaßt dargestellt wird. Die Ergebnisse der Gesamtausgleichung, eine Darstellung des Blockes A mit einer Gegenüberstellung zum „Gebrauchsnetz“ der Landesvermessung schließen den Bericht ab (Kap. 7–9).

### Abstract

With ED87 (European Datum 1987) an optimal twodimensional solution of the European first order network is presented. This solution contains all at time available technical possibilities of observation and computation.

At the beginning of this final report (chap. 2) the used algorithm – the Helmert blocking method – is presented. Singularity, standardization and outlier tests are discussed before the background of the blockspecific datasets. Chapter 3 and 4 concern on statistics of the whole data set in comparison with block A (Austria). In chapter 5 the extraterrestrial data set is discussed. The application of this last mentioned data set for the calculation of a twodimensional result stipulates a modification of the original algorithm. A procedure, proposed by Wolf (1982b) is presented in a comprehensive version in chapter 6. The results of the adjustment, a presentation of the block A in comparison to the "Gebrauchsnetz" of the national survey concludes the report (chap. 7–9).

### 1. Historische Zusammenfassung

Unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg wurde in den Jahren 1945 bis 1947 durch das damalige Institut für Erdmessung in Bamberg ein zentraleuropäisches Netz (ZEN) stufenweise ausgeglichen (Levasseur 1949, Wolf 1949). Es enthält 3.283 Richtungen, 50 Grundlinien, 107 Laplace-Stationen sowie Lotabweichungsmessungen von 183 Punkten. Damit konnte das Netz so gelagert werden, daß die Quadratsumme der Restlotabweichungen ein Minimum ergab.

1947 befürworteten auf einer nach Paris einberufenen Konferenz die Delegierten zahlreicher europäischer Staaten die Erweiterung des ZEN auf ein gesamteuropäisches Netz. So wurden drei weitere Blöcke – Nord, Südwest und Südost – bis 1951 berechnet und an das festgehaltene ZEN angefeldert. Das Ergebnis wurde als Europäisches Datum 1950 (ED50) bezeichnet und stellte das erste umfassende gesamteuropäische Netz dar, das im Osten bis Pleskau/ Minsk reicht und im Süden Teile von Nordafrika mit einschließt.

Obwohl das ED50 für die damalige Zeit eine beachtliche wissenschaftliche Leistung darstellte, wurde bald die Forderung nach einem verbesserten Europäischen Datum erhoben. So wurde bereits 1951 auf der IUGG-Generalversammlung in Brüssel eine Neuberechnung des ED50 geplant. Auf der nächsten IUGG-Generalversammlung 1954 in Rom wurde schließlich die IAG-Kommission Réseaux Européens de Triangulation (RETrig) gegründet.

Im Vergleich zu ED50 sollte beim RETrig ein strenges Ausgleichungsverfahren angewendet, die Netzstruktur verbessert (Flächennetze statt Ketten), Maßstab und Orientierung mit größerer Zuverlässigkeit erhalten und schließlich alle Beobachtungen exakt auf die Rechfläche reduziert werden. Der Punkt D 7835 sollte mit seinen Koordinaten und Lotabweichungen aus ED50 übernommen werden.

Die Berechnung von RETrig erfolgte in drei Phasen:

- Phase I war eine Testphase für die Rechenprogramme und die notwendige internationale Zusammenarbeit. Sie enthält nur terrestrische Daten ohne Maßstabsstrecken und Azimute und wurde 1977 abgeschlossen (Kube 1979).
- Phase II enthielt alle verfügbaren terrestrischen Daten, also auch Maßstabsstrecken und Azimute, aber keine Satellitenbeobachtungen. Diese Phase wurde 1979 unter der Bezeichnung ED79 abgeschlossen (Hornik, Reinhart 1986).
- Phase III stellte die sogenannte „wissenschaftliche Phase“ dar. Hier sollte die Kombination von terrestrischen und nichtterrestrischen Daten erprobt werden, sowie eingehende Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsanalysen durchgeführt werden. Die Berechnungen zu Phase III wurden auf dem RETrig-Symposium in Lissabon im Mai 1988 vorgestellt, wo dieser Datensatz unter der Bezeichnung ED87 angenommen wurde.

## 2. Rechentechnische Grundlagen

Die Ausgleichung wurde mit Hilfe der CYBER 180-995 E des Leibniz-Rechenzentrums München durchgeführt. Das zugrundeliegende FORTRAN77-Programm wurde überwiegend vom Verfasser (W. Ehrnsperger) in den Jahren 1979–1984 entwickelt. Zu der damaligen Zeit stand allerdings nur eine CYBER 175 mit relativ kleinem Kernspeicher ohne virtuelle Speichermöglichkeit zur Verfügung, weshalb intensiv mit Hintergrundspeicher gearbeitet werden mußte.

Die zur Ausgleichung verwendeten Formeln wurden aus JEK (1958, S. 616) entnommen und lauten mit etwas modifizierten Bezeichnungen für Richtungen und Azimute:

$$v_{12} = -\delta z_1 + \left(1 - \frac{S^2}{3R^2}\right) \rho \frac{\sin A_{12}}{S} \delta x_1 - \left(1 - \frac{S^2}{3R^2}\right) \rho \frac{\cos A_{12}}{S} \delta y_1 + \left(1 + \frac{S^2}{6R^2}\right) \rho \frac{\sin A_{21}}{S} \delta x_2 - \left(1 - \frac{S^2}{6R^2}\right) \rho \frac{\cos A_{21}}{S} \delta y_2 - l_{12} \quad (2.1)$$

- $\delta z_1$  . . . . . Orientierungsunbekannte (für Azimute einer Gruppe wird ein gemeinsames  $\delta z_1$  eingeführt)
- $S$  . . . . . Länge der geodätischen Linie
- $R$  . . . . . mittlerer Erdradius.  $R$  wurde mit 6382,089 km für das Hayford-Ellipsoid ( $\varphi = 50^\circ$ ) fest eingeführt.
- $A_{12}, A_{21}$  . . . . . Azimute von Punkt 1 nach 2, bzw. von 2 nach 1
- $\delta x, \delta y$  . . . . . Koordinatenzuschläge
- $l_{12}$  . . . . . Absolutglied

für die Streckenmessungen:

$$v_{12} = -S \cdot v \cdot 10^{-5} - \cos A_{12} \delta x_1 - \sin A_{12} \delta y_1 - \cos A_{21} \delta x_2 - \sin A_{21} \delta y_2 - l_{12} \quad (2.2)$$

- $v$  . . . . . Maßstabsunbekannte (für Maßstabsstrecken wird  $v = 0$  gesetzt).

Die Größen  $S$ ,  $A_{12}$  und  $A_{21}$  wurden mit den im JEK (1959), Seite 969 angegebenen Gaußschen Mittelbreitenformeln berechnet, nämlich:

$$S \sin \alpha = \frac{l \cos \varphi}{[2]} \left( 1 - \frac{[3]}{\mu} \right)^2 \sin^2 \varphi + \frac{[4]}{\mu} b^2 \tag{2.3}$$

$$S \cos \alpha = \frac{b \cos(l/2)}{[1]} \left( 1 + \frac{[5]}{\mu} \right)^2 \cos^2 \varphi - \frac{[6]}{\mu} b^2 \tag{2.4}$$

$$\Delta \alpha = l \sin \varphi \left( 1 + \frac{[7]}{\mu} \right)^2 \cos^2 \varphi + \frac{[8]}{\mu} b^2 \tag{2.5}$$

- $l$  . . . . . Längendifferenz
- $b$  . . . . . Breitendifferenz
- $\alpha$  . . . . . mittleres Azimut der beiden Punkte
- $\varphi$  . . . . . mittlere geographische Breite der beiden Punkte

Die Größen [1] bis [8] sind in Formel (30), Seite 968 JEK (1959) erklärt. Die Berechnung der Strecke  $S$ , des Azimuts  $A_{12}$  und des Gegenazimuts  $A_{21}$  erfolgt mit den sich aus (2.3), (2.4) und (2.5) ergebenden Formeln:

$$S^2 = S^2 \sin^2 \alpha + S^2 \cos^2 \alpha \tag{2.6}$$

$$A_{12} = \arctg \frac{S \sin \alpha}{S \cos \alpha} - \Delta \alpha \tag{2.7}$$

$$A_{21} = \arctg \frac{S \sin \alpha}{S \cos \alpha} + \Delta \alpha \tag{2.8}$$

Damit liegen die Beobachtungsgleichungen für die im ED87 vorkommenden terrestrischen Größen vor.

Die Bildung der Normalgleichung wird für jeden Richtungssatz separat durchgeführt und dabei die Orientierungsunbekannte herausreduziert. Die Normalgleichungen für einen Rechenblock werden wegen des früher beschränkt zur Verfügung stehenden Kernspeichers jeweils nur für eine bestimmte, als Parameter anzugebende Anzahl von Beobachtungsgleichungen durchgeführt. Die dabei erhaltenen Normalgleichungsanteile werden in einer indexsequentiellen Hilfsdatei abgespeichert.

Normalgleichungselemente, die aus mehreren Gruppen von Beobachtungsgleichungen stammen, werden in einer Datei aufaddiert; formelmäßig heißt dies, daß, wenn  $A$  alle Beobachtungsgleichungen mit den Gewichten  $P$  und  $A_i$  (Gewicht  $P_i$ ) eine Gruppe von Beobachtungsgleichungen bedeutet, die Normalgleichung  $N$  sich aus den Teilen

$$A_1^T P_1 A_1 + A_2^T P_2 A_2 + \dots + A_n^T P_n A_n = A^T P A = N \tag{2.9}$$

zusammengesetzt, was unmittelbar einzusehen ist.

Im Falle von Österreich umfaßt die Matrix 879 Beobachtungen für 309 Unbekannte, bräuchte also

$$309 \cdot 879 = 271.611 \text{ Speicherplätze,}$$

die Normalgleichung nochmals  $309 \cdot 309$  Plätze, Größenordnungen, die die Kapazität des Kerns der CYBER 175 weit übersteigen.

Normalgleichungen und Inverse werden deshalb in sogenannten Einpunktmatrixdateien (EPM) (Ehrnsperger, Kelm 1981) abgespeichert, was bedeutet, daß jeweils die Daten einer Matrix, die zwei Stationen betreffen, unter einer bestimmten Adresse in den EPM zu finden sind.

Als nächster Schritt wird die Singularität der Normalgleichung eines jeden Rechenblockes geprüft. Das kann entweder mit der vollen oder mit der teilweise reduzierten Normalgleichung, was erheblich Rechenzeit spart, geschehen. Wichtig ist hierbei die Anzahl der Eigenwerte gleich Null. Als Minimum muß jede Teilnormalgleichung vierfach singular sein, also vier Eigenwerte gleich Null aufweisen, nämlich zwei für die Lagerung des Netzes in  $\varphi$  und  $\lambda$ , eine für den unbestimmten Maßstab und eine für die Orientierung.

Wenn einzelne Punkte innerhalb eines Blockes nicht bestimmbar sind, weil sie z. B. nur von einem Standpunkt aus angezielt sind, so fällt nochmals für jeden solchen Punkt ein Eigenwert gleich Null an. Im Block Österreich ist die Normalgleichung insgesamt 14fach singular; außer den vier obligaten Nullstellen sind folgende Punkte nicht bestimmbar:

A 4 = D 7942  
 A 85 = I 2001  
 CH 22  
 CH 32  
 CH 81  
 D 6844  
 D 8224  
 D 8226  
 I 10027  
 I 26113

Entsprechend wurden für die kleinsten 14 Eigenwerte folgende Werte gefunden (nach deren Größe geordnet):

0,6016 · 10<sup>-10</sup>  
 0,4387 · 10<sup>-10</sup>  
 0,2878 · 10<sup>-10</sup>  
 0,2777 · 10<sup>-10</sup>  
 0,2165 · 10<sup>-10</sup>  
 0,0596 · 10<sup>-10</sup>  
 0,0376 · 10<sup>-10</sup>  
 0,0320 · 10<sup>-10</sup>  
 0,0073 · 10<sup>-10</sup>  
 0,0412 · 10<sup>-10</sup>  
 79,2093 · 10<sup>-10</sup>  
 141,9530 · 10<sup>-10</sup>  
 887,5088 · 10<sup>-10</sup>  
 2912,3810 · 10<sup>-10</sup>

Der nächstgrößere Eigenwert ist 0,2739 und somit 6 Zehnerpotenzen größer, was eine sehr deutliche Zäsur darstellt. Die Abweichungen obiger 14 Eigenwerte von Null sind durch die begrenzte Rechenschärfe bedingt.

Abbildung 2.1 zeigt den graphischen Auftrag im logarithmischen Maßstab aller Eigenwerte des Blockes Österreich.

Als nächster Rechenschritt sind die Normalgleichungen auf Nahtpunkte und andere, in das Hauptsystem zu übernehmende Punkte zu reduzieren. Die teilreduzierten Normalgleichungen aller Blöcke werden anschließend entsprechend der Helmertschen Blockmethode (Helmert 1880) von den Internationalen Rechenzentren addiert und aufgelöst. Wie im folgenden gezeigt wird, handelt es sich hierbei um ein völlig strenges Verfahren.

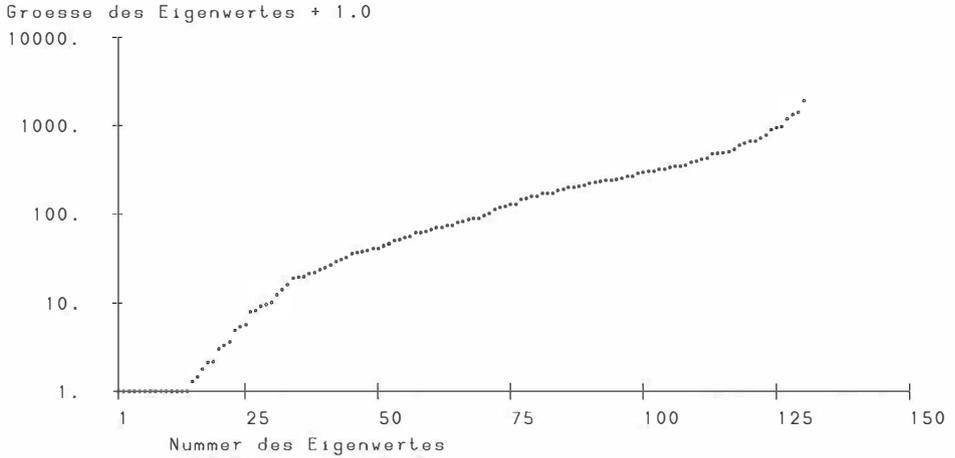


Abb. 2.1: Eigenwerte der reduzierten Matrix Österreich

Die Beobachtungsgleichungen lauten, wenn  $x_i$  die inneren Unbekannten des Blockes  $i$  und  $z$  alle gemeinsamen Unbekannten darstellen:

$$\begin{array}{rcl}
 B_1 x_1 & & + C_1 z = v_1 + l_1 \\
 & B_i x_i & + C_i z = v_i + l_i \\
 & & B_n x_n \quad + C_n z = v_n + l_n
 \end{array} \quad (2.10)$$

Dabei sind  $B_i$  und  $C_i$  die zugehörigen Koeffizientenmatrizen,  $v_i$  und  $l_i$  die Verbesserungs- bzw. Absolutgliedervektoren. Die meisten gemeinsamen Unbekannten  $z$  betreffen jeweils nur zwei Blöcke. Da die Matrizen  $C_i$  aber die Koeffizienten für alle Verbindungsunbekannten  $z$  enthalten, sind viele Spalten der  $C_i$  mit Nullen besetzt.

Der Übergang zu Normalgleichungen ergibt, wobei der Einfachheit halber für die Gewichte die Einheitsmatrix eingeführt wird:

$$\begin{array}{rcl}
 B_1^T B_1 x_1 & & + B_1^T C_1 z = B_1^T l_1 \\
 & B_i^T B_i x_i & + B_i^T C_i z = B_i^T l_i \\
 & & B_n^T B_n x_n \quad + B_n^T C_n z = B_n^T l_n \\
 & & C^T C z = C^T l
 \end{array} \quad (2.11)$$

mit

$$\begin{pmatrix} C_1 \\ \cdot \\ C_i \\ \cdot \\ C_n \end{pmatrix} = C \quad \begin{pmatrix} l_1 \\ \cdot \\ l_i \\ \cdot \\ l_n \end{pmatrix} = l \quad (2.12)$$

Im nächsten Rechenschritt werden bei (2.11) alle inneren Unbekannten  $x_1 \dots x_n$  herausreduziert, sodaß nur mehr die allen Blöcken gemeinsamen Unbekannten  $z$  im Gleichungssystem (2.13) enthalten sind:

$$\bar{C}^T \bar{C} z = \bar{C}^T l \quad (2.13)$$

Mit Hilfe eines Matrizenalgorithmus läßt sich diese Reduktion auch algebraisch ausdrücken:

$$\begin{aligned} \bar{C}^T \bar{C} &= C^T C - (C_1^T B_1 + \dots + C_i^T B_i + \dots + C_n^T B_n) \cdot \\ &\quad (B_1^T B_1 + \dots + B_i^T B_i + \dots + B_n^T B_n)^{-1} \cdot \\ &\quad (B_1^T C_1 + \dots + B_i^T C_i + \dots + B_n^T C_n) \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} \bar{C}^T \bar{I} &= C^T I - (C_1^T B_1 + \dots + C_i^T B_i + \dots + C_n^T B_n) \cdot \\ &\quad (B_1^T B_1 + \dots + B_i^T B_i + \dots + B_n^T B_n)^{-1} \cdot \\ &\quad (B_1^T I_1 + \dots + B_i^T I_i + \dots + B_n^T I_n) \end{aligned} \quad (2.15)$$

Gleichung (2.13) ist das vom Internationalen Rechenzentrum zu bearbeitende Gesamtsystem, abgeleitet ohne Helmertsche Blockmethode.

Nachfolgend wird gezeigt, wie dieselbe Gleichung bei der Anwendung der Helmertschen Blockmethode, wie im RETrig geschehen, erhalten wird.

Die Normalgleichungen eines Blockes  $i$  mit den obigen Bezeichnungen lauten:

$$\begin{aligned} B_i^T B_i x_i + B_i^T C_i z &= B_i^T I_i \\ C_i^T C_i z &= C_i^T I_i \end{aligned} \quad (2.16)$$

Reduktion auf  $z$  wie oben ergibt die teilreduzierten Normalgleichungen des Blockes  $i$ :

$$N z = d \quad (2.17)$$

mit:

$$\begin{aligned} N &= C_i^T C_i - C_i^T B_i (B_i^T B_i)^{-1} B_i^T C_i \\ d &= C_i^T I_i - C_i^T B_i (B_i^T B_i)^{-1} B_i^T I_i \end{aligned} \quad (2.18)$$

Die Addition der für jeden Block  $i$  gebildeten Gleichung (2.17) ergibt unmittelbar die Gleichung (2.13), wenn man beachtet, daß nach Gleichung (2.12)

$$\begin{aligned} (C_1^T C_1 + \dots + C_i^T C_i + \dots + C_n^T C_n) &= C^T C \\ (C_1^T I_1 + \dots + C_i^T I_i + \dots + C_n^T I_n) &= C^T I \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} (B_1^T B_1 + \dots + B_i^T B_i + \dots + B_n^T B_n)^{-1} &= \\ (B_1^T B_1)^{-1} + \dots + (B_i^T B_i)^{-1} + \dots + (B_n^T B_n)^{-1}, \end{aligned}$$

da es sich hier um eine Hyperdiagonalmatrix handelt.

Beim RETrig werden von den einzelnen nationalen Rechenstellen die Gleichungen (2.16) gebildet, diese entsprechend (2.17) reduziert und an die internationalen Rechenstellen geschickt. Die Addition der einzelnen Gleichungen (2.17) durch die internationalen Rechenstellen ergibt Gleichung (2.13), die für die gemeinsamen Unbekannten  $z$  aufgelöst wird. Dieses Ergebnis ist identisch mit den aus allen Originalbeobachtungsgleichungen (2.10) und Normalgleichungen (2.11) gewonnenen Werten.

Vor der Addition werden zur Standardisierung die einzelnen Teilnetze mit den quadratischen Reziproken ihrer Gewichtseinheitsfehler multipliziert, vgl. (Ehrnsperger 1985). Die Gewichtseinheitsfehler wurden durch separate Auflösung der einzelnen Blöcke ermittelt, Tabelle 2.1 gibt eine Übersicht über die verwendeten Werte.

Block	mittlerer Fehler der Gewichtseinheit	Standardisierungsfaktor
A	0.5080	3.87565
B	0.6560	2.32380
CH	1.0607	0.88880
D	0.9865	1.02749
E	1.0279	0.94647
F	1.0254	0.95101
GB	1.0815	0.85503
I	0.7408	1.82240
NL	0.9900	1.02033
Scan	1.0563	0.89622
Hessen	1.0869	0.84645

Tabelle 2.1: Gewichtseinheitsfehler und Standardisierungsfaktoren

Nach der Berechnung der Unbekannten  $z$  durch die Internationalen Rechenzentren werden von den einzelnen nationalen Rechenzentren die inneren Unbekannten  $x_i$ , z. B. mit Gleichung (2.16), berechnet. Die mittleren Fehler von  $x_i$  können nur dann ermittelt werden, wenn mit den  $z$  auch die vollständige zugehörige Inverse der Gleichung (2.17) vom Internationalen Rechenzentrum verschickt wird, was jedoch nur auf Anforderung geschieht. Im Fall von Österreich wurden sämtliche Unbekannte als Nahtunbekannte gerechnet, so daß die Matrix  $B_i$  der Gleichung (2.10) oder (2.16) entfällt. Somit ergeben sich alle Unbekannten unmittelbar durch Auflösung von (2.13),

Die anschließende Berechnung der Restfehler erfolgt durch Einsetzen in die Gleichung (2.10). Mit Hilfe dieser Gleichung wird auch die Fehlerquadratsumme  $v^T p v$  ermittelt. Damit wird ein Test auf Ausreißer (Baarda 1968) und ein Zuverlässigkeitstest für die einzelnen Beobachtungen verbunden.

Für den Baarda-Test und auch den  $\tau$ -Test in seiner strengen Form (Pope 1975), werden bekanntlich die normierten Verbesserungen  $w_i$  benötigt. Überschreiten diese  $w_i$ 's eine bestimmte Größe, 3.29 bei Baarda, 4.75 oder 5.20 bei Pope je nach Signifikanzniveau (für die Zahl der Unbekannten im Gesamtnetz), wird für die betreffende Beobachtung eine Warnung ausgegeben, damit ein hier vermuteter Fehler eventuell aufgedeckt werden kann.

Die normierten Verbesserungen  $w_i$  werden mit Hilfe der Formel

$$w_i = \frac{-P_i \cdot v_i}{\sigma_o \sqrt{(P_{\parallel} \cdot Q_{vv} \cdot P_{\parallel})_i}} \tag{2.19}$$

berechnet, wobei

$$Q_{vv} = P_{\parallel}^{-1} - A^T Q_{xx} A \tag{2.20}$$

ist.

Die Auswertung der Formel (2.20) scheint zunächst schwierig, weil hier die großen Matrizen  $A$  und  $Q_{xx}$  benötigt werden. Allerdings wird die Berechnung von (2.20) wesentlich einfacher, wenn die  $Q_{vv}$  nur jeweils für einen Messungssatz berechnet werden. Voraussetzung dazu ist allerdings, daß die Messungssätze untereinander nicht korreliert sind, nicht jedoch, daß ein Messungssatz selbst unkorreliert ist.

Die einzelnen Größen von (2.20) werden wie folgt erhalten:

$$\begin{aligned} P_{ii} & \text{ die Gewichte der Messungen} \\ A^T & \text{ aus der Beobachtungsgleichungsmatrix} \\ Q_{xx} & \text{ aus der Inversen der Gleichung} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Damit kann auch Formel (2.20) bequem ausgewertet werden.

Die Zuverlässigkeit einer Beobachtung wird aus

$$\nabla l_{oi} = \frac{4.13 \cdot \sigma_o}{\sqrt{(P_{ii} \cdot Q_{vv} \cdot P_{ii})_i}}$$

berechnet.

Im gesamten österreichischen Netz wurden zwei Messungen gefunden, die das Signifikanzniveau des B-Testes ( $|w| > 3,29$ ) überschreiten, diese Werte fallen jedoch beim  $\tau$ -Test nicht mehr auf.

Diese Messungen wurden in Abbildung 3.1 in blauer Farbe dargestellt (s. auch Erker 1981).

### 3. Statistik der Meßdaten

Seit der letzten als Datum von der IAG angenommenen Ausgleichung, dem ED79, wurde für den Block Österreich einerseits die Abgrenzung gegen die Nachbarländer geändert und andererseits der Datensatz weiterentwickelt.

Als Abgrenzung gegen die Nachbarländer wurde die bisherige einfache Nahtlinie durch Nahtzonen ersetzt. Damit vergrößerte sich die Zahl der Bufferstationen von 23 auf 58. Dafür waren folgende Gründe maßgebend:

1. Alle Richtungssätze können vollständig einem Block zugeordnet werden. Das Mitführen von Orientierungsunbekannten und die Gewichtshalbierung für Richtungen, die mit der alten Naht zusammenfielen, fällt damit weg. Da jeder Rechenblock vor seiner Addition mit Hilfe des Gewichtseinheitsfehlers standardisiert wird, wurden bei ED79 bei den in zwei Blöcken aufgeteilten Richtungssätzen für den Teil des Richtungssatzes, der im Block X liegt, ein anderes Gewicht als für den, der im Block Y liegt, zugrunde gelegt. Da bei angrenzenden Blöcken die Standardisierungsfaktoren mitunter beträchtliche Größenunterschiede aufweisen (A: 3.88, D: 1.03), ist durch die Einführung von Nahtzonen beim ED87 eine bessere Handhabung der Richtungssätze an der Naht möglich.
2. Streckenbeobachtungen, die über eine alte Nahtlinie hinweggingen, mußten im ED79 gestrichen werden. Bei dem Konzept der Nahtzonen gibt es keine Beschränkung für irgendwelche Beobachtungen.

Natürlich müssen auch die Nachteile von Nahtzonen genannt werden:

1. Die Zahl der Nahtstationen wächst auf etwa das Doppelte an. Das bedeutet größere teilreduzierte Buffermatrizen und eine mögliche Fehlerquelle bei mangelnder Punktidentität in den angrenzenden Blöcken.
2. Einzelne Punkte der Nahtzone sind mitunter innerhalb eines Blockes nicht hinreichend bestimmbar. Zum Beispiel wurde der Punkt D 7942 im Block Österreich nur in einem auf Punkt A44 gemessenen Richtungssatz angezielt. Wenn ein Block separat aufgelöst wird, um z. B. den mittleren Fehler der Gewichtseinheit zu ermitteln, dann ist es unmöglich, für solche Punkte Koordinatenzuschläge zu berechnen. Als Ausweg bietet sich an, alle nicht voll bestimmbar Punkte festzuhalten. Die Fehlersuche bei separaten Blockauflösungen für die Messungen an Blockrändern ist wegen der dortigen schlechteren

Überbestimmung immer problematisch, unabhängig, ob Nahtzonen oder Nahtlinien eingeführt wurden. Erst die Rückauflösung mit den ED87-Koordinaten ergibt aussagekräftige Restfehler.

Da die Vorteile von Nahtzonen ihre Nachteile bei weitem überwiegen, kann deren Einführung als Fortschritt angesehen werden. Die Gegenüberstellung der für Block A in ED79 und ED87 eingeführten Stationen in Tabelle 3.1 zeigt die Auswirkung der Einführung der Nahtzonen:

	ED79	ED87
Stationen im Inneren des Blockes	113	90
Nahtstationen	23	60
Zusätzliche Stationen	1	4
– Orientierungsunbekannte	11	0
– Maßstabsunbekannte	1	1
– Azimutunbekannte	–	1

Tabelle 3.1: Stationen und Unbekannte im Block A für ED79 und ED87

Die Gesamtzahl der Stationen und auch der Nahtpunkte wird größer, die Orientierungsunbekannten verschwinden.

Die ursprünglich vorgesehenen Maßstabsunbekannten für Lichtwellen und Basisvergrößerungsnetze wurden bei der Endausgleichung von ED87 nicht beibehalten. In ähnlicher Weise wurde zunächst auch für jeden Block mindestens eine Azimutkorrektur mitgeführt, die jedoch bei der Berechnung von ED87 zu nur einer Orientierungsunbekannten zusammengefaßt wurden.

Da der Punkt A 171 Lustbühel nicht mit dem terrestrischen Netz verbunden ist, mußten dafür auch vier Nahtstationen eingeführt werden.

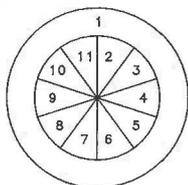
In Tabelle 3.2 sind die Beobachtungen und Unbekannten für ED79 sowie ED87 mit dem jeweiligen Anteil aus Block A gegenübergestellt.

	ED79	Block A79	ED87	Block A87
Beobachtungen				
– Richtungen	20.238	745	28.622	722
– Maßstabsstrecken	2.732	32	} 22.290	93
– Verhältnisstrecken	1.660	12		23
– Azimute	481	12	562	41
– Raummessungen	–	–	561	27
– Summe: n	25.111	801	52.035	906
Unbekannte				
– Koordinaten $\varphi - \lambda$	7.194	274	15.522	308
– Koordinaten h	–	–	125	5
– Orientierung	3.941	138	6.228	128
– Maßstab	35	1	15	1
– Azimut	–	–	2	1
– Translation für 11 Raumsysteme	–	–	33	–
– 2 · 3 Drehwinkel $\delta\beta_0$ für DOPPLER und KONMAC	–	–	6	–
– Summe: u	11.170	413	21.931	442
Redundanz $r = n - u$	13.941	388	30.104	464

Tabelle 3.2: Beobachtungen und Unbekannte im ED79 und ED87

**Zeichenerklärung:**

Ein schraffiertes Segment zeigt die Teilnahme an folgender Kampagne an:



- 1 BTS, vom IGN berechnete Fundamentalstationen
- 2 Laserkampagne zur Beestimmung des Punktes CH 66 Monte Generoso
- 3 RETDOC, die speziell fuer das Retrig durchgefuehrte Dopplerkampagne
- 4 EDOC-2, eine europaeische Dopplerkampagne
- 5 SCANDOC-79, NORDOC-78, NORDOC-80, POLDOC-79 vereinigt
- 6 DOEDOC, eine deutsch-oesterreichische Dopplerkampagne
- 7 SPANDOC, eine spanische Dopplerkampagne
- 8 NECOC, eine niederlaendische Dopplerkampagne
- 9 GOTDOC, Dopplerkampagne zur Verbindung von Gotland mit Schweden
- 10 EDOREF, eine franzoesische Dopplerkampagne
- 11 KONMAC, eine deutsche mit Macrometern durchgefuehrte GPS Kampagne

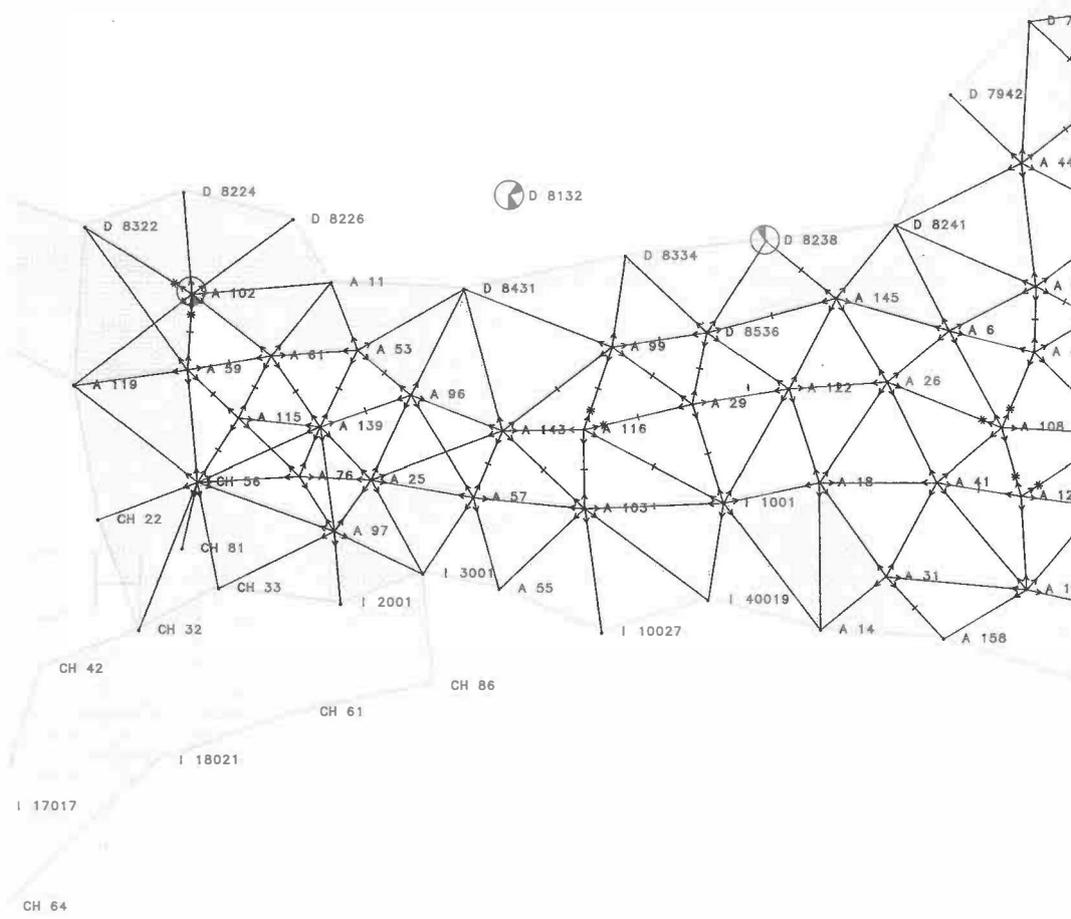
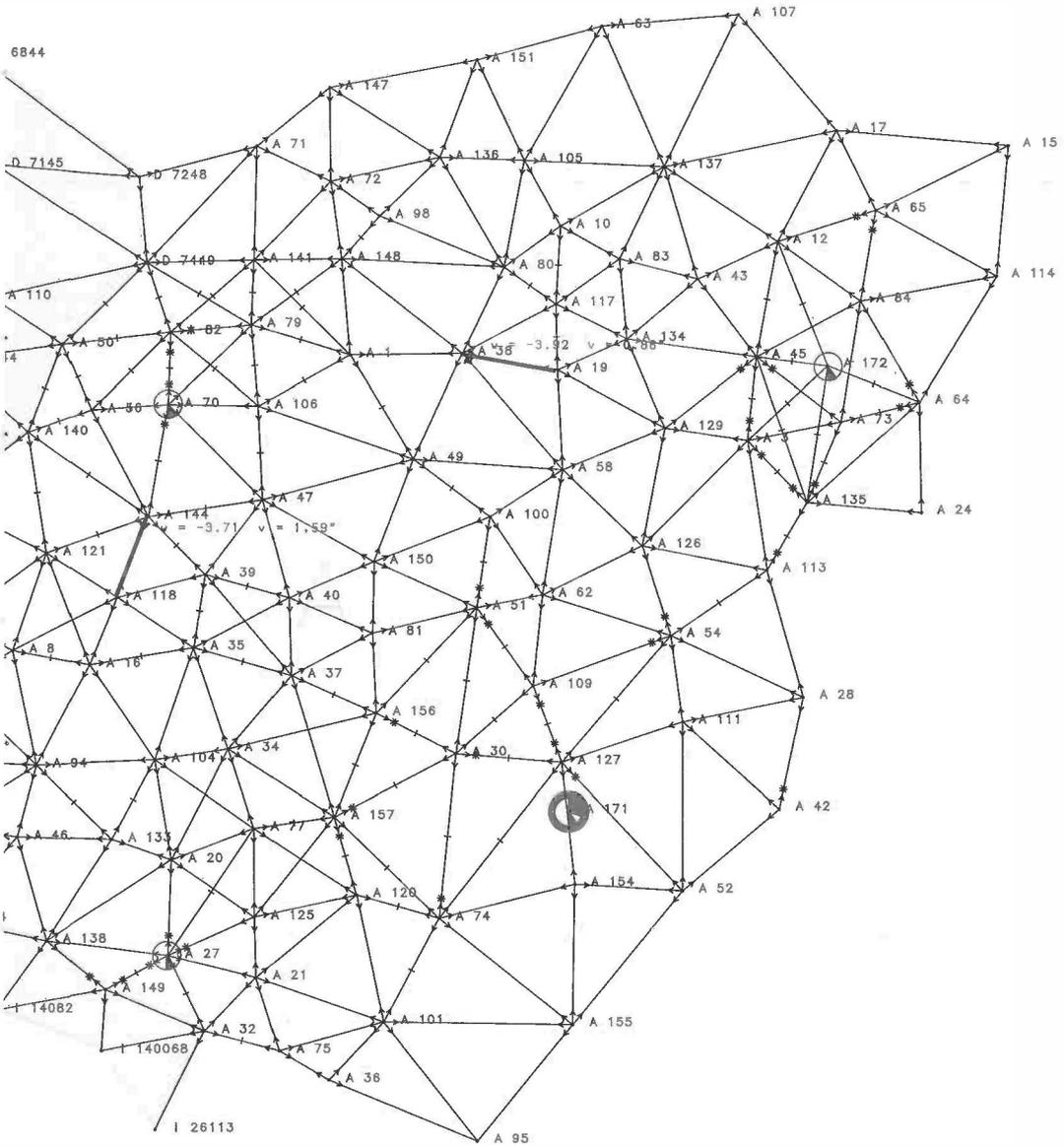


Abb. 3.1: Örtliche Verteilung der Beobachtungen (Block A, Österreich)



Während bei Block A die Anzahl der Stationen, Unbekannten und überschüssigen Beobachtungen für ED79 und ED87 etwa in der gleichen Größenordnung liegen, kann für das Gesamtnetz ED87 ein Anstieg dieser Werte um etwa 100% beobachtet werden. Ursache hierfür ist die Neueinführung von Beobachtungen II. Ordnung in Hessen (5180) sowie eine Netzverdichtung in Schweden (18.047 neue Beobachtungen). Bei den übrigen Blöcken ist vor allem ein Anstieg der Streckenmessungen zu vermerken, der auch bei Block A mit 72 zusätzlichen Messungen auftritt. Die Abbildung 3.1 gibt einen Überblick über die örtliche Verteilung der eingeführten Beobachtungen bei Block A.

#### 4. Die österreichischen Meßdaten

Eine detaillierte Darstellung der Datenvorbereitung im österreichischen Block wurde in (Erker, 1981) gegeben. Das folgende Kapitel kann sich deshalb in erster Linie auf Änderungen im österreichischen Datensatz beschränken. Diese Änderungen basieren fast ausnahmslos auf den in (Erker, 1981) durchgeführten Untersuchungen sowie auf den Ergebnissen der österreichischen Schwerefeldbestimmung 1987 (Erker, 1987).

##### 4.1 Richtungen

a) *Ausreißer*: Sowohl aus einer Untersuchung der Dreieckswidersprüche als auch aus den Ergebnissen eines Pope-Tests wurden letztlich 4 Richtungen als Ausreißer erkannt und eliminiert.

b) *Lotabweichungen*: Die Reduktion vom astronomischen auf den ellipsoidischen Zenit (die Reduktion von Azimuten und Richtungen wegen Lotabweichung) wurde in allen Fällen neu berechnet, wo sich im Zuge der österreichischen Schwerefeldbestimmung 1987 und durch Einführung des ELN (s. Kap. 4.2) neue Lotabweichungsbeträge ergeben haben. Maximale Änderungen der Richtungsreduktionen lagen bei etwa  $0,25''$ . Änderungen  $< 0,05''$  wurden vernachlässigt.

c) *Pondierung*: Entsprechend der Untersuchung der Normalverteilung der Dreieckswidersprüche und der Richtungsverbesserungen in (Erker, 1981) wurde für die Teilkollektive Flachland und Gebirge ein Gewichtsverhältnis von 3,5:1 angesetzt.

d) *Nahtzonen*: Die überwiegenden Vorteile der Einführung von Nahtzonen an Stelle von Nahtlinien wurden bereits in Kap. 3 aufgelistet. Der entsprechende Datenaustausch wurde im Rahmen von bilateralen Gesprächen mit den Nachbarblöcken durchgeführt.

##### 4.2 Azimute

a) *Übergang auf das Europäische Längennetz (ELN)*:

Die Fundamentalstation der österreichischen astronomischen Längenmessung, der Gartenpfeiler in der Wiener Universitätssternwarte, wurde bisher mit der Länge aus der 3. Weltlängenbestimmung 1957/58 (System BIH) eingeführt:

$$\lambda_{1957} = -1^{\text{h}}05^{\text{m}}20^{\text{s}},936$$

Entsprechend den Ergebnissen des ELN (Kaniuth, 1984) ergibt sich ein Wert von

$$\lambda_{1984} = -1^{\text{h}}05^{\text{m}}20^{\text{s}},900$$

Da signifikante Änderungen in der persönlichen Gleichung ( $\sim 0$ ) bei den Messungen im Netz 1. Ordnung (Passagenrohr, astron. Theodolit) nicht aufgetreten sind, können die vorliegenden Längen (nach Osten positiv) um den Wert  $\Delta\lambda = -0,036''$  korrigiert werden. In den astron. Azimuten bzw. in den Lotabweichungen ergeben sich damit Änderungen von

$$\Delta\alpha = \Delta\lambda \sin\varphi = -0,39'' \text{ und}$$

$$\Delta\eta = \Delta\lambda \cos\varphi = -0,36''$$

Die Korrekturen in den bereits in ED79 verwendeten 12 Laplace-Azimuten wurden durchgeführt. Die Änderung der Lotabweichung hat keine Auswirkung auf die Azimute.

*b) Zusätzliche Beobachtungen:*

Die beiden Azimute im Punkt A 127 (Schöckl) wurden durch modernere Messungen ersetzt.

Im Rahmen der österreichischen astrogeodätischen Geoidbestimmung wurden auf 19 Punkten 1. Ordnung, auf denen bereits in früheren Jahren Breiten- und Azimutmessungen durchgeführt worden waren, Lotabweichungen mit dem Zeiss'schen Prismenastrolabium gemessen. Dadurch war es möglich, weitere 32 Laplace-Azimute in den RETrig-Datensatz aufzunehmen. Drei davon wurden allerdings mit Hilfe eines Pope-Tests im Anschluß an die erste sogenannte „RoughSolution“ von RETrig III als Ausreißer erkannt und wiederverworfen.

Die Ponderierung der österreichischen Azimute wurde wie in ED79 entsprechend dem üblichen Ansatz in Relation zu den Richtungen gewählt.

$$P_A : P_R = m_R^2 : m_A^2$$

4.3 Distanzen

a) *Zusätzliche Beobachtungen* ergaben sich durch Messungen der Technischen Universität Graz (Institut für Landesvermessung und Photogrammetrie) des Bayerischen Landesvermessungsamtes, des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Geodimeter 8 und 6, sowie einer bisher nicht verwendeten Messung mit Geodimeter 2A) und durch Messung der Technischen Universität Wien (Institut für Höhere Geodäsie und Geophysik) mit dem Tellurometer CA 1000 zur Einbindung der Doppler-Station Raasdorf (A 172).

Auch diese neuen Daten wurden im Rahmen der „Rough Solution“ einem Pope-Test unterzogen und einige Ausreißer eliminiert. Die letztlich verbliebenen Distanzmessungen konnten zu folgenden Gruppen entsprechend ihrer Genauigkeit zusammengefaßt werden:

- Basisentwicklungsseiten Anzahl: 2
- Geodimeter 2A oder 8 mit guter atmosphärischer Korrektur oder aus Langzeitmessungen 4
- Geodimetermessungen mit atm. Korrektur aus Endpunktmessungen 87
- Tellurometermessungen 23

Die ursprünglich enthaltenen zwei fiktiven Maßstabsseiten zur Einbindung der Satellitenstation Lustbühel konnten durch GPS-Messungen ersetzt werden.

Ein Maßstabsfaktor wurde letztlich nur für die Mikrowellenmessungen eingeführt. Eine Maßstabsdifferenz zwischen den beiden Gruppen innerhalb der Geodimetermessungen ist zwar theoretisch wahrscheinlich, aber nicht signifikant nachweisbar (s. Kap. 7.3).

*b) Ponderierung:*

Die Gewichtsansätze wurden entsprechend den à-priori-Ansätzen der BR Deutschland gewählt mit

$$p_s = m_R^2 / (1,5 \cdot 10^{-6} D_{(m)})^2 \quad \text{für Geodimeter und}$$

$$p_s = m_R^2 / (2,5 \cdot 10^{-6} D_{(m)})^2 \quad \text{für Mikrowellen}$$

Das Gewicht von Messungen nur in einer Serie wurde mit  $P_s/2$  gewählt.

c) *Reduktionen:* Die ellipsoidischen Höhen für die Reduktionen der Raumsehnen wurden unter Verwendung der österreichischen Geoidbestimmung 1983 (Erker, 1984) berechnet, bzw. in Tirol unter Zuhilfenahme des Bomford-Levallois-Geoides extrapoliert. Eine Überprüfung mit der Lösung 1987 ergab keine zusätzlichen Änderungen.



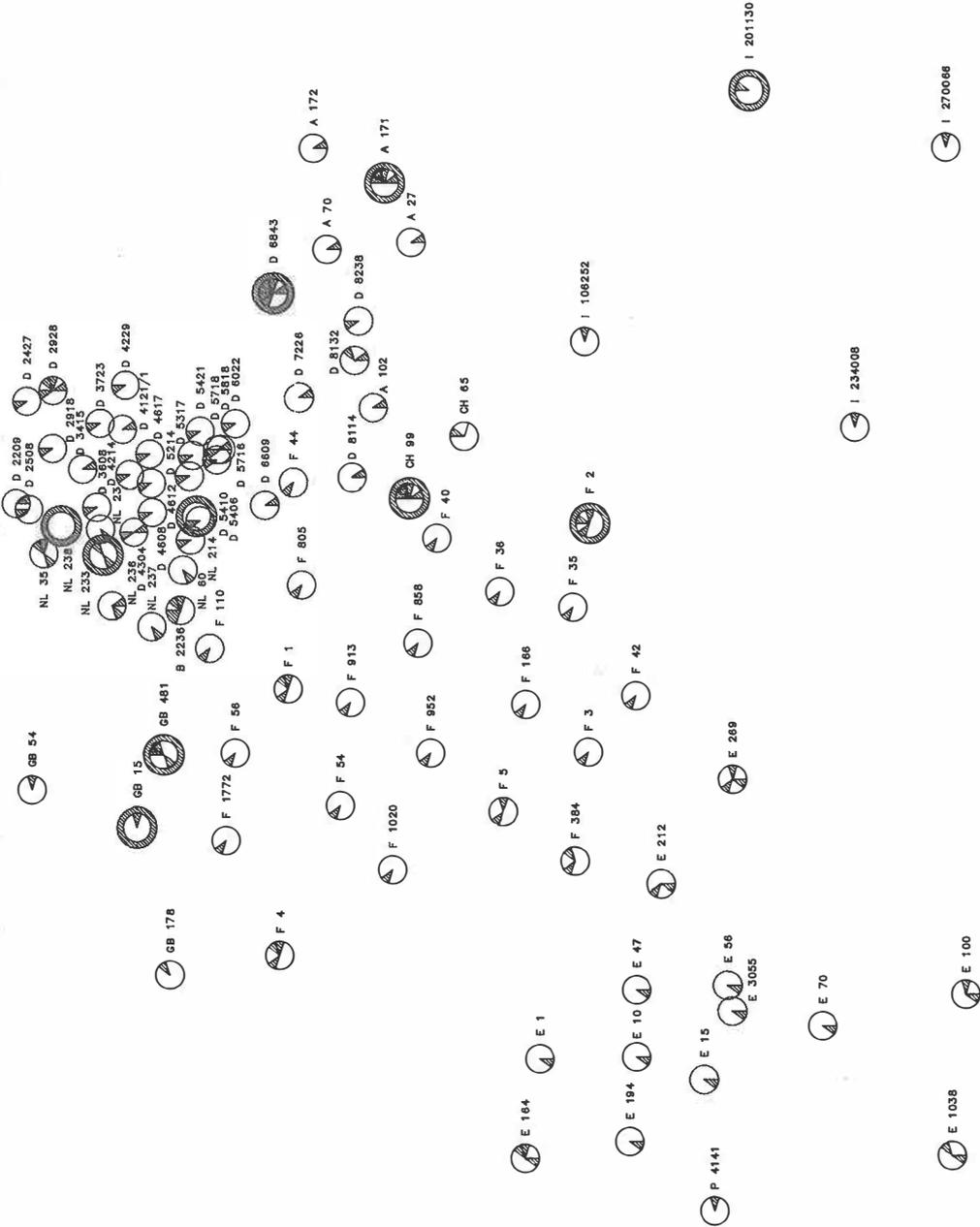


Abb. 5.1: Verteilung der Stationen mit extraterrestrischen Meßdaten

#### 4.4 Satellitenbezogene Meßdaten

Innerhalb des Blockes A liegen die Doppler-Stationen (DOEDOC) Gerlitz (A 027), Klein Haag (A 070), Pfänder (A 102), Lustbühel (A 171) und Raasdorf (A 172).

Graz-Lustbühel (A 171) ist darüber hinaus SLR-Meßstation und vom IGN berechnete Fundamentalstation (s. Kap. 5). Ihre Einbindung in das Netz 1. Ordnung erfolgte durch die Makrometerkampagne GRAZMAC im Jahre 1985 (s. auch Kap. 5).

### 5. Extraterrestrische Meßdaten

Bei der Berechnung der Phase III des RETrig wurden erstmals extraterrestrische Messungen in größerem Umfang eingeführt. Insgesamt wurden 11 verschiedene Kampagnen, die auf 125 Stationen gemessen wurden, verwendet. Die Verteilung der Raumstationen kann aus Abbildung 5.1 ersehen werden.

Vier verschiedene Typen von Raumdaten können unterschieden werden:

1. 12 Fundamentalstationen
2. LAGEOS-Satelliten (SLR)-Daten
3. NNSS-Doppler-Daten
4. Global Positioning System (GPS)-Makrometerdaten

#### 5.1 Die Fundamentalstationen

Das internationale Rechenzentrum Paris (Boucher 1988) stellte aus SLR, VLBI und Dopplerlösungen die dreidimensionalen kartesischen Koordinaten von 12 Stationen zusammen. Die Genauigkeit dieser Stationen ist in jedem Fall besser als 0,20 m. In Tabelle 5.2 sind die numerischen Werte der Koordinaten der Fundamentalstationen aufgelistet. Kovarianzmatrizen standen für die Berechnung nicht zur Verfügung.

RETrig-Punkt	RETrig-Nr.	X (m)	Y (m)	Z (m)
Grasse	F 2	4581933.612 ± .067	556384.008 115	4389176.994 110
Onsala	S 7331	3370764.263 ± .063	711471.777 55	5349802.624 55
Metsahovi	SF 348	2892580.958 ± .187	1311979.532 186	5512614.021 120
Graz	A 171	4194424.632 ± .097	1162702.154 113	4647245.003 86
Matera	I 201130	4641965.428 ± .100	1393059.823 100	4133261.956 100
Barton-Stacey	GB 15	4004480.509 ± .069	- 120415.685 54	4946571.863 57
Herstmonceaux	GB 481	4000586.253 ± .099	24250.842 113	4924205.615 102
Kootwijk	NL 233	3899224.421 ± .089	396742.755 118	5015073.592 87
Westerbork	NL 238	3828652.542 ± .120	443242.382 115	5064925.884 113
Zimmerwald	CH 99	4331274.302 ± .115	567584.036 142	4633138.661 102
Wetzell	D 6843	4075385.295 ± .064	931600.702 56	4801792.138 58
Effelsberg	D 5410	4029187.404 ± .069	490768.921 057	4903988.133 058

Tabelle 5.2: Koordinaten der Fundamentalstationen

### 5.2 LAGEOS-Satelliten (SLR)-Daten

Es wurde nur eine SLR-Lösung mit sieben Bodenstationen verwendet (Reigber et al. 1986), die den Schweizer Punkt Monte Generoso mit den Stationen des Fundamentalnetzes verbindet. Obwohl die ursprüngliche Genauigkeit der Kovarianzmatrix bei  $\pm 1$  bis 3 cm liegt, wurde wegen der Unsicherheit der Verbindung zum nächsten RETrig-Punkt eine Genauigkeit von nur 10 cm eingeführt.

Die Orientierung der ED87-Lösung ist durch die Koordinaten der obigen beiden Satellitendaten von insgesamt 13 Stationen (12 Fundamentalstationen + Monte Generoso) gegeben.

### 5.3 Doppler-Daten

Es wurden acht verschiedene Sätze von dreidimensionalen Dopplerdaten in die Lösung ED87 eingeführt, welche sämtlich von Messungen von Bodenstationen zu den Satelliten des Navy Navigation Satellite System (NNSS) herrühren. Im einzelnen sind folgende Dopplerkampagnen am ED87 beteiligt:

#### 5.3.1 RETDOC-Daten

Diese Daten wurden im Juni 1984 während der MERIT-Doppler-Kampagne gewonnen. Die Kampagne umfaßt 26 Stationen und wurde vom Internationalen Rechenzentrum München für die Erfordernisse der Phase III des RETrig organisiert. Drei verschiedene Auswertungen der Kampagne liegen vor (Rinner 1986, Boucher 1986 und Paquet 1986). Für ED87 wurde die Lösung Rinner 1986 verwendet. Die mittleren Fehler der in der Kampagne bestimmten Punkte liegen zwischen  $\pm 10$  und  $\pm 30$  cm: Varianz-Kovarianzmatrizen der ausgeglichenen Punkte liegen nicht vor.

#### 5.3.2 EDOC-2-Daten

Diese Daten wurden in der Second European Observation Campaign (EDOC-2) an 15 Tagen im April und Mai 1977 gemessen (Boucher 1981). Von den 37 Stationen wurden 25 für ED87 verwendet. Sechs weitere Stationen, die im Gebiet von ED87 liegen, konnten wegen fehlender Anschlüsse zu RETrig-Punkten nicht verwendet werden. Für ED87 wurde das Mittel dreier von verschiedenen Rechenzentren berechneten Lösungen eingeführt. Es handelt sich um Einzelpunktlösungen mit „Precise Ephemeris“. Als Unsicherheit für die Punktbestimmung wurde  $\pm 1$  m geschätzt.

#### 5.3.3 SCANDOC-79, NORDOC-78, NORDOC-80, POLDOC-79

Diese vier Doppler-Kampagnen (Single-Point-Solution) wurden zu einer vereinigt (Bakkeliid 1986). Die Punktgenauigkeit beträgt 30 cm. Varianz-Kovarianz-Matrizen der Lösungen liegen nicht vor.

#### 5.3.4 DOEDOC

Die Deutsch-Österreichische Doppler-Kampagne umfaßt 24 Punkte und wurde vom 17. Mai bis 6. Juli 1977 gemessen (IfAG 1982). Davon wurden 20 Punkte übernommen. Die Punkte Berlin, Kloppenheim, Coburg und Innsbruck konnten wegen fehlender Anschlüsse und Unstimmigkeiten in den Daten nicht verwendet werden. Es wurde mit Precise Ephemeris eine Multipoint-Lösung mit einer vollen Kovarianzmatrix gerechnet. Die mittleren Fehler der Lösung liegen zwischen 10 und 60 cm.

#### 5.3.5 SPANDOC

Diese Kampagne umfaßt 13 Punkte und wurde in den Jahren 1977–1979 durchgeführt (Nuñez 1986, Mas 1985). Die Auswertung wurde im *precise ephemeris – single point mode* durchgeführt. Da keine Angaben über die Genauigkeit vorlagen, wurde ein mittlerer Fehler von einem Meter für alle Koordinaten angenommen.

### 5.3.6 NEDOC

Diese Netherlands English Doppler Campaign NEDOC wurde 1981 durchgeführt (Husti 1983). Sie umfaßt 12 Punkte, wovon sieben für das RETrig verwendet werden konnten. Die nicht verwendeten Punkte betreffen meist Bohrinseln in der Nordsee. Die im RETrig übernommene Lösung ist eine *multi-point-solution* mit präzisen Ephemeriden. Die angegebenen Fehler der Punkte liegen zwischen 13 und 25 cm, wobei die vollen Varianz-Kovarianz-Matrizen eingeführt werden konnten.

### 5.3.7 GOTDOC

Diese 1984 durchgeführte Kampagne umfaßt sechs Punkte und verbindet die schwedische Insel Gotland mit dem Festland, wobei je drei Punkte auf Gotland und drei auf dem Festland liegen. Die Koordinaten wurden mit Broadcast Ephemeriden im *multi-point*-Modus berechnet. Die mittleren Fehler der Koordinaten liegen zwischen 29 und 47 cm, wobei eine vollständige Varianz-Kovarianz-Matrix zur Verfügung steht (Jonsson 1986).

### 5.3.8 EDOREF

Diese in vier Teilkampagnen von Mai 1978 bis Mai 1982 durchgeführte Kampagne umfaßt etwa 30 Stationen, meist in Frankreich, aber auch in Belgien, Deutschland, Spanien, Italien, der Schweiz, Großbritannien und Irland. 25 Stationen wurden in die Rechnung eingeführt. Die mittleren Fehler der Koordinaten wurden auf Grund einer Analyse der Single-Point-Lösung mit präzisen Ephemeriden zu  $\pm 30$  cm geschätzt (Boucher 1985, RETrig 15, S. 122). Die Varianz-Kovarianz-Matrix der Lösung stand nicht zur Verfügung.

## 5.4 GPS-Macrometer-Daten

Mit dem von Prof. C. C. Counselman am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelten und von der Firma Litton Inc., Houston, Texas gebauten Vermessungssystem Macrometer, das eine Frequenz des Global-Positioning-Systems (GPS) des U.S Department of Defence benützt, wurden zwei Kampagnen, die in die Berechnung des RETrig eingeführt wurden, durchgeführt.

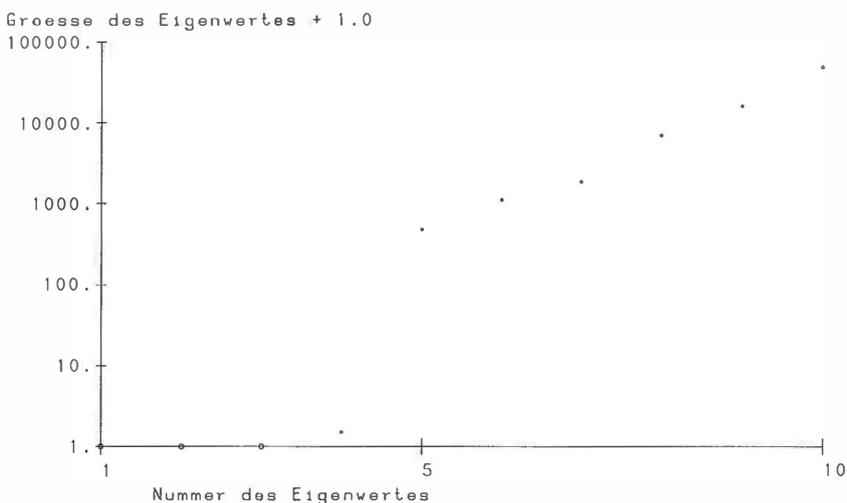


Abb. 5.2: Eigenwerte des Macrometerhilfsnetzes Graz

#### 5.4.1 GRAZMAC

Mit dieser im September 1985 durchgeführten Kampagne wurde die Satelliten-Station Lustbühl A 171 mit dem österreichischen Netz verbunden (Erker 1986). Damit konnte die in ED 79 verwendete behelfsmäßige Einbindung dieser Station mit Hilfe von Punkten niederer Ordnung erheblich verbessert werden. Die Genauigkeit dieses Netzes liegt bei  $\pm 2-5$  cm für die abgeleiteten Strecken. Im Gegensatz zu allen anderen Raummessungen wurden die Ergebnisse des GRAZMAC so umgeformt, daß sie als terrestrischer Block (mit vierfachem Randdefekt, vgl. Abbildung 5.2) eingeführt werden konnten. Diese Umformung besorgte R. Kelm.

#### 5.4.2 KONMAC

Unter dieser Bezeichnung (Kontrollnetz aus Macrometermessungen) wurden in 7 Kampagnen 1983–1985 39 Punkte bestimmt (Schmidt 1986). Davon konnten 23 Punkte in die Ausgleichung einbezogen werden. Als Koordinatenunsicherheit wurde zwischen 8 und 25 cm eingeführt. Die volle Varianz-Kovarianzmatrix der Ausgleichung stand zur Verfügung.

### 6. Die kombinierte Ausgleichung der terrestrischen und extraterrestrischen Daten (Raumdaten)

Die Verschiedenartigkeit der Raumdaten und der terrestrischen Daten läßt eine einfache Kombination wie bei einem neuen-terrestrischen Block nicht zu.

So betreffen die Normalgleichungen der terrestrischen Daten Verschiebungsvektoren auf dem Ellipsoid in einem  $\varphi$ - $\lambda$ -System. Die dritte Dimension, die Höhe z. B. über dem Ellipsoid, wurde schon bei der „Reduktion der Daten“ berücksichtigt. In die terrestrische Ausgleichung gehen nur auf das Ellipsoid reduzierte Daten ein. Das bedeutet aber auch, daß die Höheninformation der terrestrischen Daten – wenn überhaupt vorhanden – in der Genauigkeit der der Lageinformation wesentlich nachsteht.

Die Situation bei Raumdaten dagegen ist gänzlich anders gelagert:

- Es handelt sich um echte dreidimensionale kartesische Koordinaten, deren Genauigkeit in den einzelnen Koordinaten etwa gleichwertig ist.
- Die Raumdaten beziehen sich auf konkrete physikalische Punkte der Erdoberfläche.

Diese Verschiedenheiten sind bei einer gemeinsamen Ausgleichung bzw. bei der Wahl des Ausgleichsmodells zu berücksichtigen.

#### 6.1 Wahl des Modells

Prinzipiell kann entweder

1. Das terrestrische System durch Einführung von ellipsoidischen Höhen  $h = H + N$  auf ein 3-D-System erweitert
- oder aber
2. Das 3-D-System der Raummessungen auf ein 2-D-System zurückgeführt werden.

Beide Varianten bieten spezifische Vor- und Nachteile. Der Nachteil der ersten Variante beim RETrig liegt darin, daß von den meisten Punkten nur dürftige Informationen über die Höhen vorliegen. Die Modellierung über einen entsprechenden Gewichtsansatz ist zwar möglich, vergrößert aber die Zahl der Normalgleichungen um 50%, ohne damit das Ergebnis zu verbessern. Als Vorteil könnte aufgeführt werden, daß diese Ausgleichung im Sinne der „Integrierten Geodäsie“ durch spätere Einbeziehung weiterer Messungstypen zu einem homogenen 3-D-Festpunktfeld führen kann.

Der Vorteil der zweiten Variante liegt darin, daß für die Masse der Punkte keine Höheninformation benötigt wird und die Normalgleichungen unverändert eingeführt werden können. Lediglich für die Raumstationen sind Umformungen der Normalgleichungsmatrizen erforderlich, um vom kartesischen  $x$ - $y$ - $z$ -System auf ein  $\varphi$ - $\lambda$ - $h$ -System zu kommen. Gegebenenfalls

kann als Nachteil gewertet werden, daß in diesem Modell die Höhenbestimmung nur für die Raumpunkte möglich ist. Da dies aber genau der für dieses Projekt zur Verfügung stehenden Information entspricht, wurde für die Berechnung des ED87 die zweite Variante gewählt.

Die Höheninformation der Raumpunkte wird dabei nicht vernachlässigt, sondern voll berücksichtigt. Für alle Raumpunkte werden im ED87 ellipsoidische Höhen berechnet und somit wird eine 2D/3D-Ausgleichung durchgeführt. Die einzelnen Schritte des in der Berechnung verwendeten Modells werden nachfolgend dargestellt. Dieses Modell wurde von Wolf (1982b) als „Algebraische Elimination der Höhen“ entwickelt und geringfügig modifiziert.

### 6.2 Die Bearbeitung der Raumdaten

Um die einzelnen Kampagnen miteinander vergleichbar zu machen, insbesondere um sie in das unter 5.1 genannte System der Fundamentalstationen zu überführen, mußten die unter 5.3 genannten Doppler-Messungen mit Hilfe einer Ähnlichkeitstransformation umgeformt werden. Die verwendeten Parameter lauten (Boucher 1985):

$$\begin{aligned} \Delta m &= -0,6 && \text{ppm} \\ \Delta x &= 0,0 && \text{m} \\ \Delta y &= 0,0 && \text{m} \\ \Delta z &= 4,9 && \text{m} \\ \varepsilon x &= 0,0 && \text{''} \\ \varepsilon y &= 0,0 && \text{''} \\ \varepsilon z &= 0,8137 && \text{''} \end{aligned}$$

Außerdem waren für alle Raumpunkte die Exzentrizitätselemente gegenüber den RETrig-Punkten zu ermitteln, was eine überaus mühevoll, fehleranfällige und zeitraubende Arbeit darstellte. Von den Raummessungen werden im folgenden Normalgleichungen benötigt. Dem RETrig-Rechenzentrum standen aber in allen Fällen entweder die Varianz-Kovarianzmatrizen oder meist nur die Varianzen der ausgeglichenen Werte zur Verfügung (vgl. Abschnitt 5). Da es sich um Matrizen mit vollem Rang handelt, ergibt die Inversion jeweils die verlangten Normalgleichungsmatrizen.

### 6.3 Vorbemerkungen zur kombinierten Ausgleichung

Sowohl Ursprung als auch Orientierung und Maßstab, also sieben Parameter der Raumdaten und der terrestrischen Messungen sind zunächst als verschieden anzusehen. Wenn nun die Normalgleichungen der Raumdaten mit denen des RETrig verbunden werden sollen, sind im vorgesehenen Modell

- die Normalgleichungen vom x-y-z-geozentrischen auf das  $\varphi$ - $\lambda$ -h-topozentrische System umzustellen
- die Unterschiede der Bezugssysteme (terrestrische Messungen: Hayford-Ellipsoid – Raummessungen: geozentrisches System der Fundamentalstationen) durch zusätzliche Unbekannte zu berücksichtigen.

Bei einer Ähnlichkeitstransformation sind dies sieben Unbekannte.

Wie sich zeigen läßt, ist das Raumsystem in ellipsoidischen Koordinaten  $\varphi$ ,  $\lambda$  unempfindlich bzw. invariant gegenüber einer Maßstabsänderung und den drei Translationen, so daß diese Werte in einer Vorausgleichung bestimmt werden können. In der eigentlichen kombinierten Ausgleichung werden dann Verschiebungsvektoren, die drei Eulerschen Drehwinkel der Ähnlichkeitstransformation und Hilfsunbekannte wie z. B. Maßstabsunbekannte gerechnet. Im dritten und letzten Schritt werden wiederum Ähnlichkeitstransformationsparameter zwischen den ausgeglichenen Werten und Raumsystemen bestimmt. Damit könnte das im  $\varphi$ - $\lambda$ -h-System vorliegende Ergebnis von ED87 in eines der ursprünglichen Raumsysteme transformiert werden. Dies sind die von Wolf (1982b) vorgeschlagenen drei Stufen der Kombination.

6.4 Berechnung der Translationsparameter, Stufe I, Wolf (1982b)

Im Gegensatz zu Wolf (1982b), Seite 213, Formel I,2, wird bei der Berechnung des ED87 auf die Bestimmung eines Maßstabsfaktors verzichtet. Das bedeutet, daß der Maßstab der Raumnetze in Kombination mit den terrestrischen Maßstabsstrecken den Maßstab des ausgeglichenen ED87-Netzes bestimmt. Der Grund für diese Entscheidung liegt in der hohen Maßstabsgenauigkeit der überwiegend durch SLR- und VLBI-Messungen bestimmten Fundamentalstationen. Der ebenfalls in die Berechnung eingehende Maßstab der Dopplerbeobachtungen wurde bereits dem der Fundamentalpunkte angeglichen (vgl. Abschnitt 6.2), wobei allerdings das Gewicht dieser Beobachtungen wegen der größeren mittleren Fehler der Koordinaten entsprechend niedriger ist.

Zur Berechnung der Translationsparameter werden für alle RETrig-Punkte, für die auch Raumdaten vorliegen, geozentrische, dreidimensionale Ausgangskordinaten berechnet.

$$\begin{aligned} X_g &= (N + h) \cos B \cos L \\ \vec{x}_g = Y_g &= (N + h) \cos B \sin L \\ Z_g &= (N (1 - e^2) + h) \sin B \end{aligned} \tag{6.1}$$

mit

- B = ellipsoidische Breite
- L = ellipsoidische Länge
- h = ellipsoidische Höhe
- N = Querkrümmungshalbmesser des Ellipsoids
- e<sup>2</sup> = Quadrat der 1. Exzentrizität = (a<sup>2</sup>-b<sup>2</sup>)/a<sup>2</sup>
- g steht für geodätisch

Tabelle 6.1 enthält für alle 11 Raumkampagnen die Werte für d $\vec{x}$ .

	n	dX		dY		dZ	
		(m)	± (m)	(m)	± (m)	(m)	± (m)
Fundamentalnetz	12	-83.80	.36	-96.15	.36	-115.65	.36
SLR-Daten	7	-83.89	.42	-95.63	.42	-115.79	.42
Doppler							
RETDOC	26	-83.83	.30	-97.38	.30	-115.25	.30
EDOC-2	25	-84.55	.35	-96.91	.35	-115.71	.35
SCANDOC	23	-84.59	.20	-98.50	.20	-114.13	.20
DOEDOC	20	-83.74	.15	-96.17	.15	-114.98	.15
SPANDOC	13	-81.96	.45	-94.71	.45	-117.67	.45
NEDOC	7	-83.37	.25	-97.13	.25	-115.54	.25
GOTDOC	6	-77.26	.36	-94.12	.35	-108.90	.36
EDOREF	25	-83.29	.25	-95.68	.25	-116.90	.25
KONMAC	23	-28.54	.06	36.44	.06	16.36	.06

Tabelle 6.1: für d $\vec{x} = [\vec{x}_D - \vec{x}_g]_i/n$  berechnete Werte

Mit den so erhaltenen Werten werden nun durch einfache Mittelbildung Translationsparameter für die verschiedenen Raumkampagnen i ermittelt

$$d\vec{x}_i = [\vec{x}_D - \vec{x}_g]_i/n \tag{6.2}$$

oder ausführlicher geschrieben

$$dX = [X_D - X_g]_i/n$$

$$dY = [Y_D - Y_g]_i/n$$

$$dZ = [Z_D - Z_g]_i/n$$

mit  $n$ , der Anzahl der in der jeweiligen Raumkampagne und dem terrestrischen Netz identischen Punkte. Der Index  $D$  wurde in Anlehnung an Wolf (1982b) gewählt und bedeutet Raumkampagnen, ursprünglich Dopplerkampagnen.

### 6.5 Gemeinsame Ausgleichung der terrestrischen und der Raumdaten, Stufe II nach Wolf (1982b)

Während im vorliegenden Modell die terrestrischen Normalgleichungen unverändert übernommen werden können, muß bei den Raumdaten dafür gesorgt werden, daß sich diese Normalgleichungen

- auf ein  $\varphi$ - $\lambda$ - $h$ -System beziehen
- in den neuen Normalgleichungen die oben erwähnten drei Eulerschen Drehwinkel als Unbekannte enthalten sind.

Es ergibt sich für ein Raumsystem folgende umgeformte Normalgleichung entsprechend Gleichung II, 6, Wolf (1982b):

$$\begin{pmatrix} K^{-1}C^T N_D C K^{-1}, & K^{-1}C^T N_D A S \\ & S^T A^T N_D A S \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta t_g \\ \delta \beta_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} K^{-1}C^T C_D \\ S^T A^T C_D \end{pmatrix} = 0 \quad (6.3)$$

mit den Unbekannten:

$\delta t_g$  . . . Koordinatenzuschläge für die  $n$  Raumpunkte in  $\varphi$ ,  $\lambda$  und  $h$

$$\delta \beta_0 = \begin{pmatrix} \frac{\delta x_0}{R_0}, \frac{\delta x_0}{R_0}, \frac{\delta A}{\rho} \end{pmatrix}$$

die drei Eulerschen Drehwinkel in einem topozentrischen System um den Hauptpunkt  $P_0$ , für den D 7835 München gewählt wurde.

Somit bedeutet

$\frac{\delta x_0}{R_0}$  eine Kippung des Raumsystems gegenüber dem terrestrischen System um die an den Breitenkreis von D 7835 angelegte Tangente

$\frac{\delta y_0}{R_0}$  eine Kippung der obigen beiden Systeme um die an den Meridian von D 7835 angelegte Tangente

$\frac{\delta A}{\rho}$  die azimutale Drehung der beiden Systeme

und den Koeffizienten

$N_D$  die Normalgleichungsmatrix des Raumsystems im geozentrischen System

$K^{-1}C^T$  besorgt die Umwandlung der geozentrischen Matrix auf das geodätische  $\varphi$ - $\lambda$ - $h$ -System

mit

$$K = K^T = \text{diag} [K_1, K_2, \dots, K_n], \quad K_i = \text{diag} \left( \frac{M_i}{M_i+h_i}, \frac{N_i}{N_i+h_i}, 1 \right)_{(3n,3n)}$$

mit  $M$  = Normalkrümmungshalbmesser des Ellipsoids  
 und  $N$  = Querkrümmungshalbmesser des Ellipsoids

$$C^T = \text{diag} \left( \dots, \begin{pmatrix} -\sin B_i \cos L_i & -\sin B_i \sin L_i & \cos B_i \\ -\sin L_i & \cos L_i & 0 \\ \cos B_i \cos L_i & \cos B_i \sin L_i & \sin B_i \end{pmatrix}, \dots \right)_{(3n, 3n)}$$

AS dient zur Ermittlung der Drehwinkel  $\delta\beta_0$  mit

$$A^T = \left( \dots, \begin{pmatrix} 0 & Z_i & -Y_i \\ -Z_i & 0 & X_i \\ Y_i & -X_i & 0 \end{pmatrix}, \dots \right)_{(3, 3n)}$$

$$S = \begin{pmatrix} -\sin L_0 & \sin B_0 \cos L_0 & \cos B_0 \cos L_0 \\ \cos L_0 & \sin B_0 \sin L_0 & \cos B_0 \sin L_0 \\ 0 & -\cos B_0 & \sin B_0 \end{pmatrix}_{(3,3)}$$

und den Absolutgliedern

$$C_D = N_D \quad d_x - x_D + x_g$$

$3n \quad (3n, 3n) \quad 3n$

Führt man die Abkürzungen

$$\begin{aligned} K^{-1}C^T N_D C K^{-1} &= N_{DD} \\ K^{-1}C^T N_D A S &= N_{DA} \\ S^T A^T N_D A S &= N_{AA} \\ K^{-1}C^T C_D &= C_{DD} \\ S^{-1}A^T C_D &= C_{DA} \end{aligned}$$

ein, dann kann man Gleichung (6.3) auch so schreiben:

$$\begin{pmatrix} N_{DD} & N_{DA} \\ & N_{AA} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta t_g \\ \delta \beta_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} C_{DD} \\ C_{DA} \end{pmatrix} = 0 \tag{6.4}$$

Die Addition von (6.4) zu den terrestrischen teilreduzierten Normalgleichungen ergibt mit

$$N_{gg} \cdot \delta t_g + c_{gg} = 0$$

für das terrestrische System:

$$\begin{pmatrix} N_{gg} + N_{DD} & N_{DA} \\ & N_{AA} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta t_g \\ \delta \beta_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} C_{DD} + c_{gg} \\ C_{DA} \end{pmatrix} = 0 \tag{6.5}$$

Dabei ist zu beachten, daß der Vektor  $c_{gg}$ , bzw. die Matrix  $N_{gg}$  und die Unbekannten  $\delta t_g$  nunmehr nicht nur die Dopplerstationen betreffen, sondern sämtliche im Gesamtsystem zu bestimmenden Unbekannten, einschließlich der Hilfsunbekannten für Maßstab und Orientierung.

Die Addition  $N_{GG} + N_{DD}$ , bzw.  $c_{DD} + c_{gg}$  wird daher nur für die identischen Punkte der betreffenden Elemente durchgeführt. Dabei umfaßt  $c_{DD}$  für einen Punkt drei Elemente ( $\varphi, \lambda, h$ ) und  $c_{gg}$  nur zwei ( $\varphi, \lambda$ ).

Damit wird folgendermaßen addiert:

$$\begin{matrix} c_{gg\varphi_i} + c_{DD\varphi_i} \\ c_{\lambda\lambda_i} + c_{DD\lambda_i} \\ \quad \quad \quad c_{DDh_i} \\ \quad \quad \quad \cdot \\ \quad \quad \quad \cdot \\ \quad \quad \quad \cdot \end{matrix}$$

In gleicher Weise wird für  $N_{gg} + N_{DD}$  verfahren.

Die Gleichung (6.5) ist dreifach singular, da die Punktlage und die Orientierung unbestimmt sind, während die Maßstabsbestimmung, wie oben erwähnt, bereits implizit enthalten ist.

Beim ED87 wurden 11 verschiedene Raumsysteme verwendet. Wenn für jedes dieser Systeme ein eigener Satz  $\delta\beta_0$ , der Drehung des Raumsystems gegen das terrestrische System im Hauptpunkt, eingeführt wird, erhält man aus (6.5):

$$\begin{pmatrix} N_{gg} + N_{DD1} + \dots + N_{DDk} + \dots + N_{DDn}, & N_{DA1}, \dots, & N_{DAk}, & N_{DAn} \\ & N_{AA1}, & 0, & 0 \\ & & N_{AAk}, & 0 \\ & & & N_{AAn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta t_g \\ \delta\beta_{01} \\ \delta\beta_{0k} \\ \delta\beta_{0n} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_{gg} + c_{DD1} + \dots + c_{DDk} + \dots + c_{DDn} \\ c_{DA1} \\ c_{DAk} \\ c_{DAn} \end{pmatrix} = 0 \quad (6.6)$$

Durch Beschluß der Internationalen *Computation Center* wurde jedoch festgelegt, daß nur drei verschiedene Werte für  $\delta\beta_0$  einzuführen sind, nämlich  $\delta\beta_{DOP}$  für alle Dopplersysteme,  $\delta\beta_{KON}$  für KONMAC und  $\delta\beta_{FUND}$  für die Fundamentalstationen einschließlich des SLR-Netzes für Monte Generoso. Damit ergibt sich:

$$\begin{pmatrix} N_{xx}, & N_{xP}, & N_{xK}, & N_{xF} \\ & N_{PP}, & 0, & 0 \\ & & N_{KK}, & 0 \\ & & & N_{FF} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \delta t_g \\ \delta\beta_P \\ \delta\beta_K \\ \delta\beta_F \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_{xx} \\ c_P \\ c_K \\ c_F \end{pmatrix} = 0 \quad (6.7)$$

Mit den Abkürzungen

- |                 |                          |  |   |
|-----------------|--------------------------|--|---|
| $N_{xx}$        | $= N_{gg} + \sum N_{DD}$ | alle Systeme   | } bezüglich<br>des terre-<br>strischen<br>Systems |
| $N_{xP}$        | $= \sum N_{DA}$          | alle Dopplersysteme                                  |   |
| $N_{xK}$        | $= N_{DA}$               | KONMAC-Koeffizienten                                 |   |
| $N_{xF}$        | $= \sum N_{DA}$          | Fundamental + SLR                                    |   |
| $\delta\beta_P$ | $= \sum \delta\beta_0$   | Drehung aller<br>Dopplersysteme                      |   |
| $\delta\beta_K$ |                          | Drehung des KONMAC-Systems                           |   |
| $\delta\beta_F$ |                          | Drehung des Fundamentalsystems + SLR                 |   |
| $c_{xx}$        | $= c_{gg} + \sum c_{DD}$ | Summe der Absolutglieder der 1. Zeile                |   |
| $c_P$           | $= \sum c_{DA}$          | Summe der Absolutglieder, die Doppler betreffen      |   |
| $c_K$           |                          | Summe der Absolutglieder aus KONMAC                  |   |
| $c_F$           |                          | Summe der Absolutglieder aus Fundamentalsystem + SLR |   |

Somit enthält das System (6.7) Zuschläge für folgende Unbekannte:

- 1)  $d\varphi, d\lambda$  für alle in den Nahtmatrizen vorkommenden Punkte, 866 Werte
- 2)  $dh$  Höhenzuschläge für alle Raumstationen, 125 Werte
- 3)  $\delta\beta$  3mal je drei Werte für Drehung der Raumsysteme
- 4)  $ds$  15 Werte für Maßstabsunbekannte des terrestrischen Netzes
- 5)  $dA$  eine gemeinsame Azimutunbekannte für das gesamte terrestrische Netz,

insgesamt 1.016 Werte.

Dieses System muß dreifach singular sein, nämlich zweifach für die Lagerung in  $\varphi$  und  $\lambda$  und eine Drehung im Azimut. Um dies zu überprüfen, wurde die Matrix (6.7) auf ausgewählte Punkte so reduziert, daß noch 70 Unbekannte übrigblieben. Von dieser reduzierten Matrix wurden nun die Eigenwerte gerechnet. Abbildung 6.1 enthält einen graphischen Auftrag dieser nach der Größe geordneten Eigenwerte.

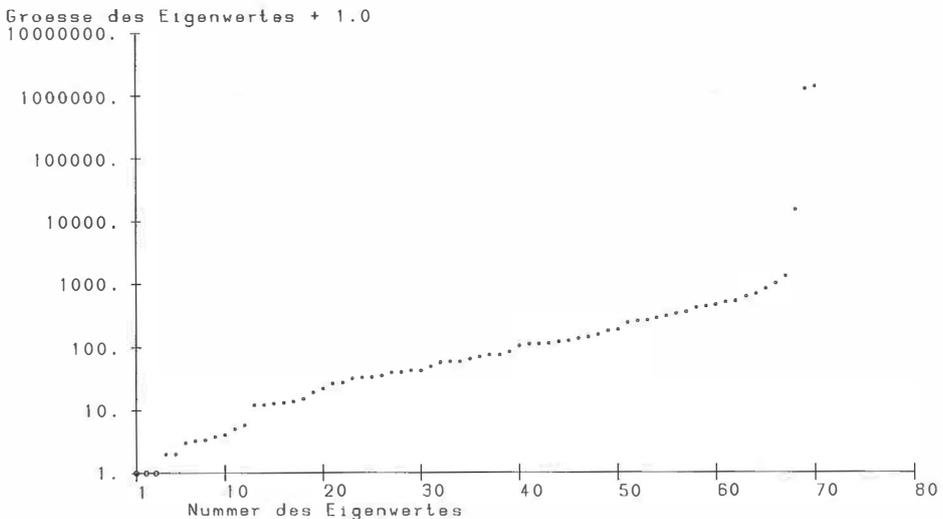


Abb. 6.1: Eigenwerte ED87 (teilreduzierte Matrix, korrigiert)

Die kleinsten vier Eigenwerte betragen

- 0.000077
- 0.000218
- 0.000714
- 1.000000

woraus der oben geforderte Rangdefekt von drei deutlich hervorgeht.

Für die Auflösung von 6.7) ist zu beachten, daß

- 1. definitionsgemäß die Koordinaten von D 7835, München, nördlicher Turm der Frauenkirche festzuhalten sind,
- 2. die Orientierung des Gesamtnetzes durch die Information der Fundamentalpunkte und das SLR-Netz erfolgen soll,
- 3. der Maßstab des Netzes sowohl durch Satelliten- als auch durch die terrestrischen Geodimeter und Invarmessungen bestimmt sein soll.

Während die Erfüllung der ersten Bedingungen recht einfach ist, bedeutet die zweite Forderung vom Computerprogramm her das Nullsetzen aller drei Zeilen/Spalten von  $\delta\beta_F$  in Gleichung (6.7). Somit werden auch die Werte  $dx_0/R_0$  und  $dy_0/R_0$ , also die Kippung des

Netz Parameter	BTS		Monte Generoso		REIDOC		EDOC-2		DÖDOC		Comb SCAN*)	
	Wert	m.s.e.	Wert	m.s.e.	Wert	m.s.e.	Wert	m.s.e.	Wert	m.s.e.	Wert	m.s.e.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Scale (ppm)	-06	.08	-04	.10	.08	.08	-18	.12	-82	.19	1.09	.16
$\Delta x$ (m)	83.07	.56	85.53	1.03	83.98	.61	84.69	.89	88.96	1.67	81.68	1.24
$\Delta y$ (m)	97.28	.77	96.84	.94	96.95	1.08	96.19	1.57	92.82	2.05	96.66	1.92
$\Delta z$ (m)	116.53	.53	114.08	.93	114.30	.50	116.79	.90	118.40	1.42	108.24	1.13
$\delta \bar{x}_0 / R_0$	.03	.02	-.08	.04	-.01	.03	.04	.04	-.04	.05	-.04	.05
$\delta y_0 / R_0$	.04	.02	.01	.03	.00	.03	-.03	.05	-.13	.07	.01	.06
$\delta A_0$	-.00	.02	-.00	.02	-.04	.02	-.04	.03	-.01	.04	-.00	.04
$\epsilon_x^n$	.03	.02	.02	.02	-.02	.02	-.05	.04	-.10	.06	.01	.06
$\epsilon_y^n$	.03	.02	-.08	.04	-.02	.02	.03	.03	-.06	.06	-.04	.04
$\epsilon_z^n$	-.03	.02	-.01	.03	-.03	.02	-.01	.04	.09	.05	-.00	.04
$m_0$	.19		.14		.41		.68		.31		.40	

SPANDOC	NEDOC		GOTDOC		EDOREF		KONMAC		
	Wert	m.s.e.	Wert	m.s.e.	Wert	m.s.e.	Wert	m.s.e.	
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
-80	.76	.02	.55	-.20	1.06	-.42	.27	-.04	.14
81.48	5.52	81.54	6.15	75.53	8.26	84.94	2.07	27.69	1.12
128.46	7.74	84.11	5.29	91.30	12.41	88.55	2.62	-35.27	1.40
129.23	5.81	117.61	5.47	111.96	8.12	119.14	2.06	-15.35	1.00
.18	.20	.17	.26	.10	.33	.09	.08	.02	.04
1.12	.25	-.37	.15	-.07	.38	-.25	.08	.02	.05
.10	.16	-.11	.11	-.00	.23	-.06	.06	.51	.03
.84	.20	-.38	.15	-.07	.38	-.25	.07	.35	.04
.36	.21	.10	.24	.09	.30	.05	.08	.09	.04
-.67	.22	.16	.13	.04	.27	.11	.07	.36	.04
.86	.23		.22		.56		.13		

\*) SCANDOC-79,  
NORDOC-78,  
NORDOC-80,  
POLDOC-79  
vereinigt

Tab. 6.2: Transformationsparameter von den geozentrischen Satellitensystemen in das System ED87

**EINE TASTATUR-  
VIELE IDEEN  
UND VIER NEUE  
INSTRUMENTE**



Hinter der Tastatur des Geodimeter Systems 400 steckt nicht nur moderne Elektronik. Eine ganze Philosophie steckt dahinter. Bedienung wie sie sein muß: einfach und logisch. Ausbaufähigkeit durch Zusatzinstrumente und -software. Individuelle Arbeitsweise durch bis zu 20 anwenderdefinierte Programme. Schließlich ein Qualitätsbegriff, der nicht nur Material und Verarbeitung umfaßt, sondern auch Lieferung, Schulung, Kundendienst und Beratung. Sie sehen: Hinter einer einfachen Tastatur steckt noch viel mehr als moderne Elektronik. Wenn Sie das Geodimeter System gleich vor Ort einem professionellen Test unterziehen möchten, schreiben Sie oder rufen Sie einfach an.



Systems der Fundamentalpunkte gegenüber dem terrestrischen Netz Null gesetzt, was zwar einen geringfügigen Zwang bedeutet, andererseits eine durchaus sinnvolle Bedingung darstellt. In einer Proberechnung wurden die terrestrischen Azimute angehalten und für diese beiden Größen folgende numerische Werte gefunden:

$$\frac{\delta x_0}{R_0} = -0.0013'' \pm 0.0017''$$

$$\frac{\delta y_0}{R_0} = -0.0135'' \pm 0.0018''$$

Das bedeutet, daß nur  $\delta y_0/R_0$  signifikant von 0 verschieden ist und für die im äußersten Westen 1.600 km entfernten Punkte eine Höhenänderung von 8 cm bewirken würde. Ein Vergleich der Höhen der dort liegenden Punkte ergab aber nur Differenzen, die kleiner als 5 mm sind. Auch die dritte Forderung ist für die Auflösung des Netzes nicht notwendig: Der Maßstab ist bereits durch die Raumnetze gegeben. Somit werden bei einem Rangdefekt von drei sechs Elemente festgehalten.

#### 6.6 Berechnung der geozentrischen Lage des ED87 Stufe III, Wolf (1982b)

In einem letzten Schritt wird mit einer sieben-parametrischen Ähnlichkeitstransformation der Bezug zwischen den ausgeglichenen ED87-Koordinaten und den einzelnen Raumsystemen berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6.2 enthalten.

Die zum Teil signifikanten Maßstabsdifferenzen gegenüber den Dopplernetzen fallen auf (DÖDOC  $-0,82 \pm 19$  ppm, SCANDOC  $1,09 \pm 0.16$  ppm), während die Drehungen, in Tabelle 6.2 sowohl im ellipsoidischen als auch im geozentrischen System angegeben, meist nicht signifikant sind. Die Werte der Translation entsprechen etwa denen der Tabelle 6.1.

#### 6.7 Die Berechnung des mittleren Fehlers der Gewichtseinheit

Die bekannte Formel für diese Größe lautet

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{vpv}{n-u}}$$

dabei kann vpv entweder aus der quadratischen Norm der Absolutglieder n-mal reduziert  $[vpv] = [lp|; u]$  oder aus den Restfehlern berechnet werden.

Beim ED87 wurde der terrestrische Anteil von vpv aus der n-maligen Reduktion der  $lp|$  gewonnen, während der aus den Raumberechnungen herrührende Teil bei der für jedes Raumsystem notwendigen Ausgleichung für die sieben-parametrische Ähnlichkeitstransformation gewonnen wurde (vgl. 6.6). Die übliche, oben angegebene Probe der vpv war nicht möglich, da die vpv (Rückauflösung) der einzelnen Blöcke nicht vorlagen.

Die Bestimmung der Freiheitsgrade  $n-u$  konnte nur genähert durchgeführt werden. Zwar liegen für den terrestrischen Teil die Zahl der Beobachtungen und Unbekannten vor, bei den Raumnetzen dagegen sind diese Größen einerseits meist nicht bekannt, andererseits wegen der hohen Korrelation der einzelnen Beobachtungen auch nicht aussagekräftig. Daher wurde für die Raumnetze der ungünstigste Fall angenommen, nämlich, daß die Zahl der dort eingeführten Koordinaten ebensogroß wie die Zahl der Beobachtungen ist. Mit anderen Worten: Für die Raumnetze wurde keine Überbestimmung angenommen.

Damit erhält man:

$$\begin{aligned} vpv &= 32.018,8 \\ n &= 51.474 \\ u &= 21.185 \end{aligned}$$

$$m_0 = \sqrt{\frac{32.018,8}{30.289}} = \pm 1.028$$

## 7. Ergebnisse der Gesamtausgleichung ED87

### 7.1 Koordinatenzuschläge und mittlere Fehler

Durch Auflösung der Gleichung (6.7) mit den in Kapitel 6 festgehaltenen Werten erhält man für Nahtunbekannte und Raumstationen Zuschläge im  $\varphi$ - $\lambda$ -h-Systeme. Diese Zuschläge wurden in Abbildung 7.1 graphisch aufgetragen.

Es zeigt sich, daß ED87 im Vergleich zu ED79 gegen den Uhrzeigersinn um etwa 0."4 gedreht ist. Im Norden des Ausgleichungsgebietes wird diese Drehung jedoch von einer Maßstabsdifferenz von etwa 1 ppm überlagert. Die ebenfalls in Abbildung 7.1 enthaltenen Fehlerellipsen der ausgeglichenen Punkte geben die Genauigkeit des Netzes nur bedingt wieder. Wie üblich nimmt die Genauigkeit gegen den Rand zu ab, wobei die hohe Genauigkeit einiger Raumstationen besonders am Rand durch kleine Fehlerellipsen auffällt.

### 7.2 Relative innere Genauigkeit

Um einen Einblick in die innere Genauigkeit des Netzes zu erhalten, wurden die standardisierten relativen Fehlerellipsen zwischen ausgewählten Punkten berechnet und in Abbildung 7.2 aufgetragen. Standardisiert bedeutet, daß sich alle Fehlerellipsen auf eine gleich lange Strecke beziehen und somit die Genauigkeit z. B. in  $10^{-6}$  (ppm) wiedergeben.

Es zeigt sich, daß die innere Genauigkeit des ED87 beträchtliche regionale Unterschiede aufweist. Die Spannweite reicht von 0.06 (A 171 — S 7331) bis zu 1.73 ppm (I270066 — I234008) für die große Halbachse der relativen Fehlerellipse. Diese spiegeln die Genauigkeit und Dichte sowohl der terrestrischen als auch der Raumbesichtungen in den verschiedenen Regionen des ED87.

### 7.3 Biasparameter

Resolution Nummer 1 des Symposiums in Kopenhagen (1.—3. Oktober 1984) bestimmte, daß Bias-Parameter dort berechnet werden sollen, wo dies physikalisch begründet werden kann. Demzufolge enthielten alle RETrig-Blöcke mindestens zwei Bias-Unbekannte, nämlich eine für das Azimut und eine für Streckenmessungen.

Bei der Verwendung von verschiedenen Streckenmeßeinrichtungen wurden meist für jede Streckenart eine Unbekannte eingeführt. Insgesamt hätten 35 Maßstabs- und 16 Azimutunbekannte berechnet werden können (vgl. Tabelle 7.1).

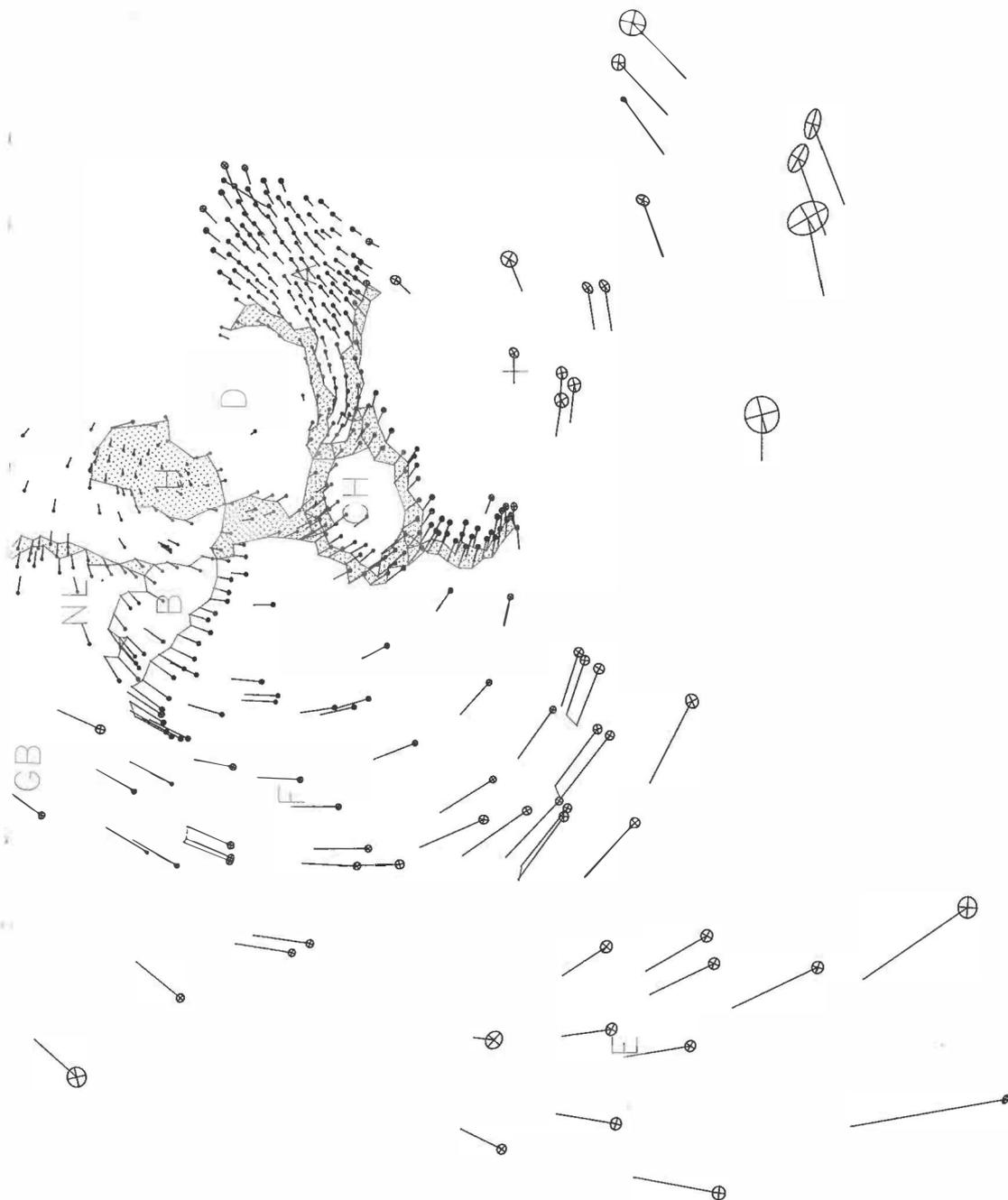
Natürlich besteht die Gefahr, daß besonders in kleinen Blöcken und wenig gemeinsamen Punkten mit anderen Blöcken die Biasparameter kleine (zufällige) Fehler in den Nahtstationen übernehmen, so daß die für die Parameter gerechneten Werte keinerlei physikalische Bedeutung haben. In Versuchsrechnungen zeigten sich außerdem für die Lichtwellenmessungen in Norwegen und Schweden Biasparameter von  $-1.61$  und  $-2.04$ , was von den Vertretern dieser Länder als bestimmt falsch klassifiziert wurde.

Daher entschieden die ICC's in ihrer Sitzung vom 2.—3. November 1987, daß nur

- für Mikrowellen Biasparameter eingeführt werden
- für alle Azimutmessungen ein einziger gemeinsamer Biasparameter eingeführt wird (Ausnahme: Azimute nach der Black-Methode in den Niederlanden).

Abb. 7.1: Verschiebungen ED79 → ED87; Fehlerellipsen





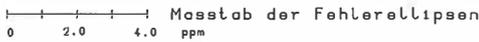
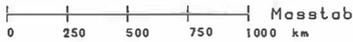
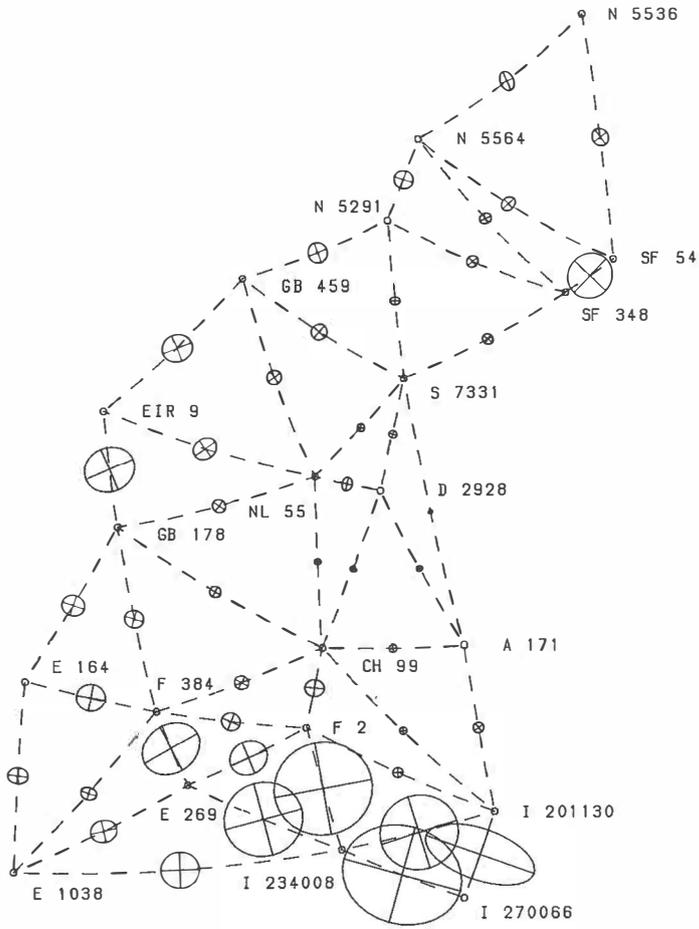


Abb. 7.2: System ED87: Relative Fehlerellipsen

	Art des Bias	"	m.F
Azimute	A	- .31	.08
	B	-1.51	.40
	CH	.11	.13
	D Polaris	- .16	.12
	D Transit	- .19	.20
	DK	- .99	.31
	E	- .46	.30
	F Sat. Punkte	- .63	.11
	F sonstige	.50	.20
	GB	- .16	.17
	I	- .61	.25
	N	- .52	.20
	NL Polaris	.03	.22
	S	- .01	.14
	SF	.02	.11
NL Black	-2.35	.41	
	Durchschnitt	- .35	.20
Lichtwellen, Basismessungen		ppm	m.F
	A Basis, Lichtw.	- .33	1.03
	A Licht	- .70	.36
	B Geodimeter4	.14	.56
	B Geodimeter8	.77	.77
	CH Basis	1.46	1.28
	CH Licht	- .24	.28
	D	- .25	.13
	DK Invar	-3.70	2.48
	E	2.48	.69
	F Sat.punkte	- .81	.37
	F sonstige	1.29	1.26
	GB	- .82	.54
	I Basis	6.88	3.47
	I	- .19	.42
	N	-1.61	.19
	NL Basis	1.83	1.98
	NL	1.21	.84
S	-2.04	.08	
S Invar	- .89	.48	
SF	- .49	.43	
SF Invar	- .21	.47	
	Durchschnitt	.18	.86
Mikrowellen	A	1.57	.85
	B	4.02	1.28
	D 3cm	1.07	.08
	D 10 cm	1.28	.26
	D 8 mm	1.14	.14
	D Hessen	- .40	.22
	DK	.62	.31
	E	3.72	.63
	GB	2.21	.35
	I	3.33	.75
	N	2.12	.17
	N Sial	.83	.36
	NL MRA4	1.86	.32
	S	- .54	.10
S unspezifisch	1.11	.47	
	Durchschnitt	1.45	.43

Tab. 7.1: Biasparameter bei Berücksichtigung aller verwendeten Streckenmeßeinrichtungen und Azimutmessungen pro Block

Art des Bias		"	m.F
Azimut	alle Blöcke	- .20	.04
	NL Black	-2.29	.41
		ppm	m.F
Mikrowellen	A	1.85	.84
	B	3.80	1.26
	D 3 cm	1.01	.08
	D 10 cm	1.24	.26
	D 8 mm	1.38	.13
	D Hessen	- .43	.22
	DK	- .88	.30
	E	2.94	.60
	GB	2.43	.32
	I	3.42	.74
	N	3.18	.16
	N SIAL	2.12	.35
	NL MRA4	1.69	.31
	S	1.39	.07
S unspez.	.78	.64	
	Durchschnitt	1.73	.42

Tab. 7.2: Die bei ED87 berechneten Biasparameter

Damit sind im ED87 15 Werte für Mikrowellen und 2 Werte für Azimutbiasparameter zu rechnen. Die numerischen Werte dafür sind in Tabelle 7.2 aufgelistet. Zu beachten ist dabei, daß der Maßstab des ED87 sowohl von Licht- als auch Raummessungen kommt, während die gemeinsame Orientierung des Netzes von den 12 Fundamentalstationen herrührt.

Die durchschnittliche Differenz der Mikrowellen zu den Lichtwellen beträgt 2.06 ppm, ein Wert, der sehr gut mit den in der Literatur genannten Größen übereinstimmt, z. B. Torge (1980), Kuntz und Möller (1971).

Für den gemeinsamen Azimutbiasparameter wurde  $-0.20$  berechnet.

#### 7.4 Rotationsparameter

Für den Bezug zu den Raummessungen wurden im Ausgleichsmodell Rotationsparameter mitbestimmt. Während die Rotations-Werte für die Fundamentalstationen Null gesetzt und festgehalten wurden, ergaben sich für alle Dopplermessungen und die KONMAC-Messungen die in Tabelle 7.3 angegebenen Werte.

	$\left(\frac{\delta x_0}{R}\right)''$ (Norden)	$\left(\frac{\delta y_0}{R_0}\right)''$ (Osten)	$\delta A''$
Doppler	$0.0024 \pm 0.0012$	$-0.0082 \pm 0.0014$	$-0.0524 \pm 0.0131$
KONMAC	$0.0179 \pm 0.0023$	$-0.0166 \pm 0.0023$	$-0.4141 \pm 0.0276$

Tabelle 7.3: Rotationsparameter  $\delta\beta_0$ 

Obwohl für alle sechs Drehwinkel signifikante Werte erhalten werden, sind wegen der absoluten Größe dieser Parameter nur die azimutalen Drehungen von Bedeutung.

## 8. Ergebnisse für den Block A-Österreich:

### 8.1 $\chi^2$ -Anpassungstest für Österreich

Die standardisierten Restfehler  $W_i$  von Österreich wurden dem  $\chi^2$ -Anpassungstest (20 Klassen) unterworfen, und zwar getrennt für Richtungen, Strecken und Azimute. Tabelle 8.1 gibt die Ergebnisse wieder.

Art der Beobachtung	Anzahl	Testwert $\chi^2$	Wahrscheinlichkeit der Normalverteilung in %
Richtung	722	22.986	23.80
Strecken	116	86.744	99.67
Azimute	41	55.904	5.53
alle Beobachtungen	879	24.049	19.43

Tabelle 8.1:  $\chi^2$ -Test für Restfehler Österreich

Danach sind nur die Strecken normalverteilt, während die Richtungen, die vor allem im Netz enthalten sind, keine Normalverteilung aufweisen. Abbildung 8.1 zeigt die Situation in mehreren Graphiken.

### 8.2 Relative Fehlerellipsen für Österreich

Für 13 ausgewählte Punkte in Österreich wurden relative Fehlerellipsen berechnet. Das Ergebnis ist in Abbildung 8.2 graphisch dargestellt. Danach variieren die großen Halbachsen der Fehlerellipsen zwischen 0.448 (A 50 – A 145) und 0.982 ppm (D 8431 – A 103).

Dies entspricht etwa der Durchschnittsgenauigkeit des ED87 (vgl. 7.2). Die Abbildung 8.2 macht zusätzlich den Genauigkeitsabfall im Hochgebirge deutlich.

### 8.3 Verschiebungsvektoren für Österreich

Abbildung 8.3 enthält für Block A die Verschiebungsvektoren nach der Ausgleichung.

Der nicht dem Trend entsprechende Vektor im Raume Wien (A172) ist durch das Einführen vorläufiger Koordinaten erklärt, die nicht dem System ED79 angehören.

## 9. Vergleich des österreichischen Blockes A mit dem „Gebrauchsnetz“ der Landesvermessung

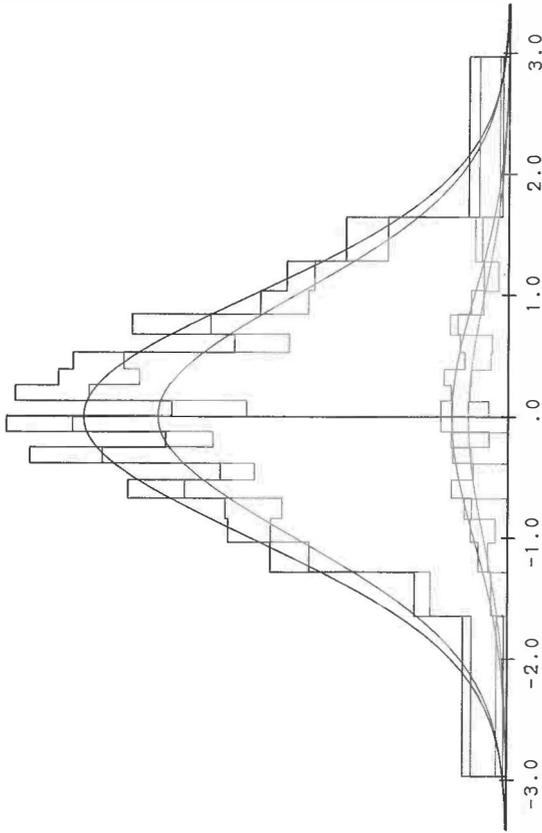
Eine der wesentlichen Motivationen für die Mitarbeit Österreichs in der Subkommission RETrig der IAG war neben dem Aufbau eines homogenen Dreiecksnetzes 1. Ordnung im gesamten Bundesgebiet die Möglichkeit, das bestehende sogenannte „Gebrauchsnetz“ der Landesvermessung einer Überprüfung unterziehen zu können. Alle Entwicklungsstufen von RETrig wurden deshalb in Form von Gegenüberstellungen – zumeist in Form von Helmert-Transformationen – mit dem Gebrauchsnetz (G) verglichen. In der zeitlichen Reihenfolge waren dies:

G – RETrig I (Litschauer, 1975)

RETrig I (mit Lotabweichungen) – RETrig I (ohne Lotabweichungen) (BEV, 1979)

ED77 – G (Litschauer, 1979)

ED79 – ED77 (BEV, 1980)



Verteilung der standardisierten Restfehler, alle Beobachtungen Oesterreich

Verteilung der standardisierten Restfehler, Richtungen

Verteilung der standardisierten Restfehler, Strecken

Verteilung der standardisierten Restfehler, Azimute

Abb. 8.1

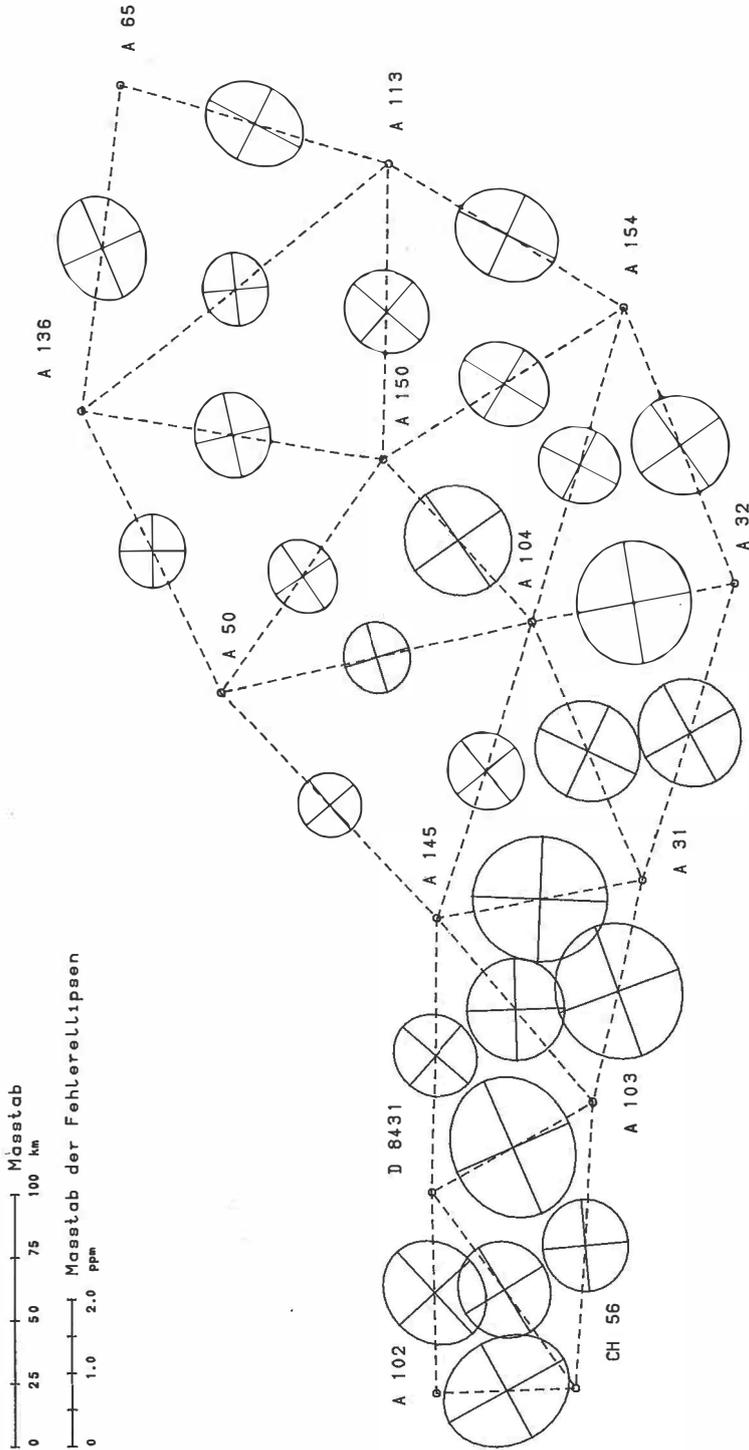


Abb. 8.2: ED87, Block A, relative Fehlerellipsen

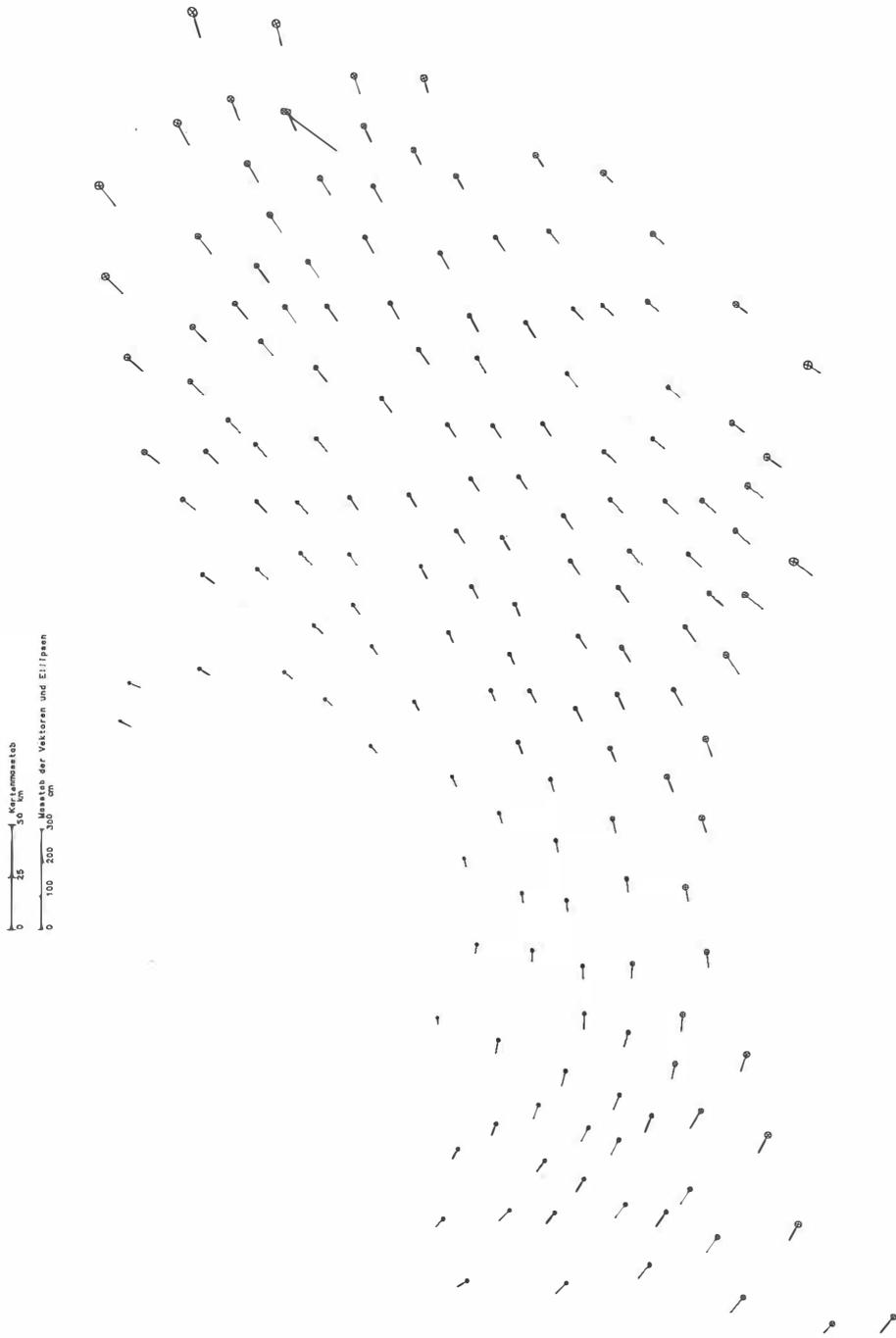
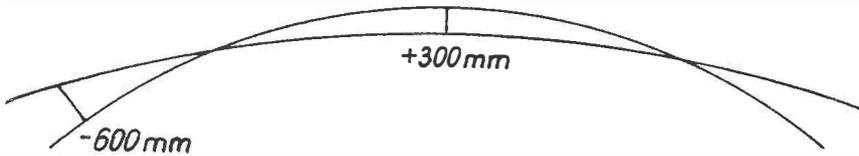


Abb. 8.3: Verschiebungsvektoren ED79 → ED87, Block A — Österreich

Als letzter Vergleich war nun abschließend der Block A aus dem Europäischen Datum 1987 (ED87) dem Gebrauchsnetz gegenüberzustellen. Hierfür wurden vorerst die ellipsoidischen Koordinaten  $\varphi$  und  $\lambda$  der zu vergleichenden auf das Bezugsellipsoid projizierten Punkthäufen in kartesische Koordinaten unter Berücksichtigung der jeweiligen Ellipsoiddimensionen umgerechnet. (ED87 bezieht sich auf das Hayford-Ellipsoid, die österreichischen Gebrauchskordinaten hingegen auf das Bessel-Ellipsoid).

Mit einer räumlichen Helmert-Transformation (ED87–G) lassen sich dann die beiden Systeme in eine Minimallage bringen.

Restklaffungen treten durch die unterschiedliche Krümmung der Ellipsoidkalotten allerdings nicht nur in tangentialer (horizontaler) Richtung auf, sondern auch in Richtung der Ellipsoidnormalen. Sie erreichen zwar maximale Beträge von etwa  $-600$  bzw.  $+300$  mm, sind aber für die Berechnung von angefelderten Lagekoordinaten ohne merkbaren Einfluß.



Die ins ellipsoidische System umgerechneten horizontalen Restklaffungen sind in Abb. 9.1 dargestellt.

Die Transformationsparameter nach der Ausgleichung lauten:

$$dx = -678,059 \text{ m}$$

$$dy = -179,019 \text{ m}$$

$$dz = -585,545 \text{ m}$$

$$M = -2,51 \pm 0,19 \text{ ppm}$$

$$da = -14,43^{\text{cc}} \pm 0,17^{\text{cc}}$$

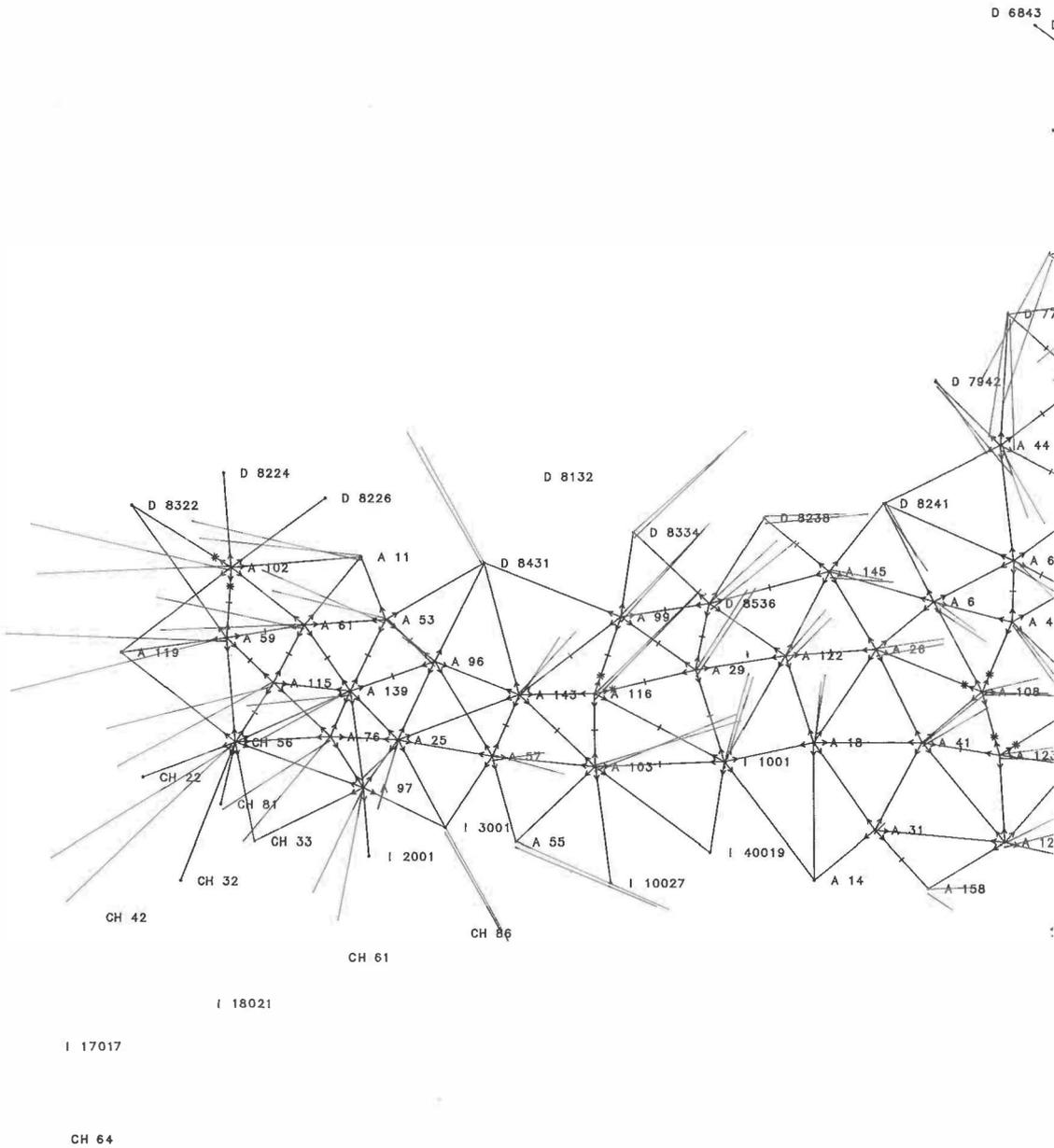
$$db = -0,42^{\text{cc}} \pm 0,29^{\text{cc}}$$

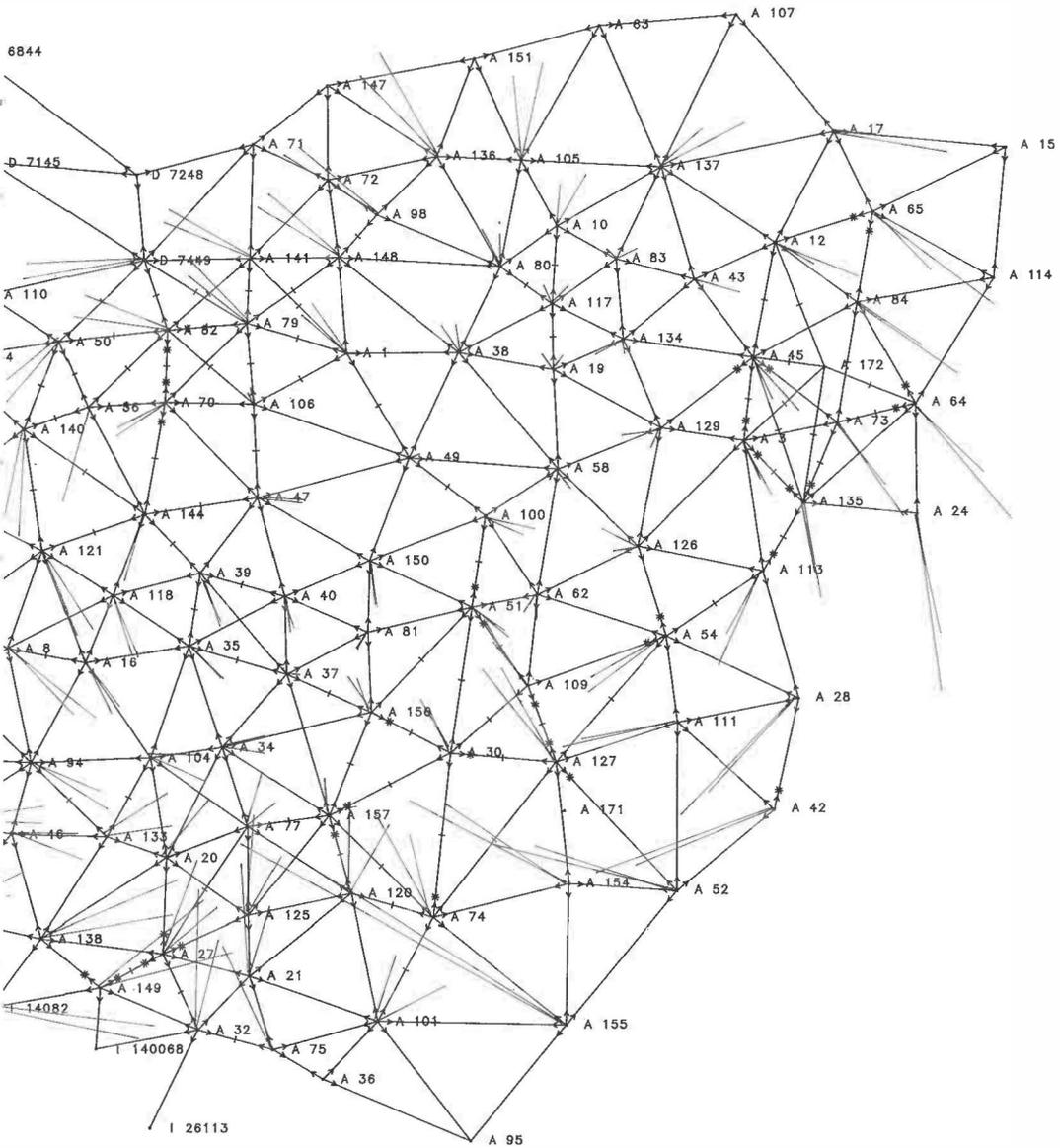
$$dc = -18,02^{\text{cc}} \pm 0,14^{\text{cc}}$$

In der Abb. 9.1 wurden darüber hinaus die Restklaffungen nach einer 7-Parameter-Helmert-Transformation (ED79–G) eingezeichnet. Damit lassen sich die – im großen und ganzen – kleinen Änderungen beim Übergang von ED79 auf ED87 direkt ablesen. Sie erreichen vor allem in den östlichen, südlichen und im äußersten Westen liegenden Randbereichen des Blockes A Werte bis zu 2 dm. Verursacht werden sie durch die hinzugekommenen (Distanz-)Messungen, die vor allem in den bisher nur schwach dotierten östlichen Randbereichen stabilisierend wirken. In Vorarlberg wirken sich Änderungen im Schweizer Datensatz aus.

Zu beachten ist, daß die angeführten Restklaffungen (ED79–G) sich von den in (Litschauer, 1979) angeführten Werten nicht nur wegen der Differenz (ED79 – ED77) und wegen der neu hinzugekommenen Messungen unterscheiden. Litschauer verwendete für die Anforderung eine mittabstandstreue Azimutalprojektion des Gebrauchsnetzes auf dem Hayford-Ellipsoid mit dem Schwerpunkt des Netzes als Mittelpunkt. Der Maßstab blieb damit bei Litschauers Vergleich erhalten, während er bei der Helmert-Transformation in Abb. 9.1 mit  $-2,5 \cdot 10^{-6}$  berücksichtigt wurde.

Abb. 9.1: Horizontale Restklaffungen nach einer 7-Parameter-Helmert-Transformation  
ED87 – G (rot) und ED79 – G (blau)





## 10. Zusammenfassung, Ausblick, Dank

Mit den in Minimallage zum Gebrauchsnetz der Landesvermessung transformierten Koordinaten ED87 liegt die derzeit bestmögliche Lösung des Dreiecksnetzes 1. Ordnung von Österreich vor. Durch die Transformation bleibt auch die Datumsbeziehung der österreichischen Landesvermessung (Datum MGI) nahezu erhalten. Wenn man die Möglichkeiten der modernen Geodäsie in Rechnung stellt, die von hochgenauen Distanzmessungen über ebenso genaue satellitenbezogene Relativpositionierungen bis zu den flexiblen Endprodukten im Kataster (z. B. digitale Katastralmappe) und in der Ingenieurgeodäsie reichen, ist auch der Gedanke an eine Weiterführung des vorliegenden Neuausgleiches der 1. Ordnung naheliegend. Die Koordinate, auch der Punkte des Grundlagnetzes, sollte in Zukunft kein Tabu darstellen, wenn wirtschaftliche und technische Erfordernisse ihre Änderung bzw. Verbesserung notwendig erscheinen lassen.

Im Bereich der österreichischen Landesvermessung wurden in den letzten etwa 10 Jahren umfassende ergänzende Distanzmessungen in der 2. und 3. Ordnung durchgeführt, die vorliegenden Richtungsmessungen überprüft und einem gemeinsamen Ausgleich unterzogen (Zeger, 1987).

Diese Berechnungen werden derzeit im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen wiederholt, wobei auch die Schwerefeldbestimmung 1987 bzw. die entsprechenden Lotabweichungen und Geoidhöhen zur Richtungs- und Seitenreduktion verwendet werden.

Darüber hinaus soll eine Machbarkeitsstudie die Sinnhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit einer Neurechnung des gesamten Festpunktfeldes untersuchen, wobei auch an einen flankierenden Einsatz von GPS-Empfängern gedacht wird. Die ersten Teilergebnisse des dazu laufenden Pilot-Projektes liegen bereits vor und lassen optimistische Aussagen über die Realisierbarkeit des Projektes zu.

Neben diesen Folgearbeiten im Bereich der Landesvermessung gibt es auch im internationalen Bereich erste wesentliche Schritte in die Zukunft. Mit der Begründung der Subkommission EUREF (= European Reference System) der Kommission X der IAG 1987 in Vancouver wurden die ersten Weichen in Richtung dreidimensionales kontinentales Bezugssystem gestellt. Mit der EUREF-GPS-Kampagne im Mai 1989 wurde auch der erste konkrete Schritt in diese Richtung getan.

Geplant ist die Überführung der zweidimensionalen Ergebnisse von RETrig in ein 3-D-System als Grundlage für moderne 3-D-Meßtechniken der Geodäsie und der Navigation mit Anwendungsbereichen, die von den Grundlagen der Landesvermessung bis zu konkreten Anwendungen in der Wirtschaft – wie Verkehrsleitsystemen – reichen könnten. ED87 ist die Basis all dieser weiteren möglichen Entwicklungen.

Mit der hiermit vorliegenden Präsentation des österreichischen Anteiles an ED87 zu verbinden ist der Dank an alle ungezählten Mitarbeiter in den jeweiligen Landesvermessungen und Universitätsinstituten, die ihren zum Teil jahrelangen vollen Einsatz dieser Sache gewidmet haben.

Umfassender Dank gebührt auch der Subkommission RETrig, die mit ihren Präsidenten Kneissl, Kobold, Asplund und Poder hervorragende Arbeit geleistet hat und neben den technischen Schwierigkeiten auch die Knüpfung und Aufrechterhaltung der multinationalen Beziehungen bestens gelöst hat.

Der besondere Dank Österreichs gilt dem RETrig-Rechenzentrum München der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, das bereitwillig kostenlos – neben der Bearbeitung des Gesamtsystems – in jeder Phase von RETrig auch die Aufstellung und Berechnung der teilreduzierten Nahtmatrix A, deren Rückauflösung, sowie eine ganze Reihe von peripheren Berechnungen übernommen hat. Die hierfür notwendige EDV-Rechenzeit wurde durch das Leibniz-Rechenzentrum in München im Rahmen des Akademienprogrammes ebenfalls kostenlos zur Verfügung gestellt.

## Literatur

- Baarda, W.* (1968): A Testing Procedure for Use in Geodetic Networks, Netherland's Geodetic Commission, Vol. 2, No. 5.
- Bakkeliid, S.* (1982): National Report of Norway, IAG Section I – Networks, No. 14, S. 81–88; München.
- Bakkeliid* (1986): Briefwechsel mit Dr. R. Kelm (ICC München)
- BEV* (1979): Die astronomisch-geodätischen Arbeiten Österreichs für ED77, Publ. des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien, 1979, S. 38–41
- BEV* (1980): Der österreichische Anteil am ED79, Publ. des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien, 1980
- Boucher, C.* (1985): Progress Report of the Use of Space Derived Data for RETrig Phase III, IAG, Section I – Networks, No. 15, S. 121–127; München.
- Boucher, C.* (1986): Briefwechsel mit Dr. R. Kelm (ICC München)
- Boucher, C.* et al. (1981): Final Report on the Observations and Computations Carried out in the Second European Doppler Observation Campaign (EDOC-2). DGK, Reihe B, Nr. 255, München.
- Boucher, C., Willis, P., Altamimi, Z.* (1988): Contribution of Space Data to RETrig and EUREF, RETrig-EUREF-Symposium, Lisboa, 10.–13. März 1988.
- Ehrnsperger, W.* (1982): Das am DGFI konzipierte Programm zur Ausgleichung und Analyse geodätischer Netze. Interner Bericht WE/82/11/DGFI/Abt. I.
- Ehrnsperger, W.* (1985): Report on the Computation of the „Rough Solution“ of RETrig Phase III, IAG, Section I – Networks, No. 15, S. 36–48.
- Ehrnsperger, W., Kelm, R.* (1981): The New Data Base System Established in the German Geodetic Institute, Dept. I (DGFI), Proceedings of the International Symposium Management of Geodetic Data, Kobenhavn 24.–26. August 1981, S. 239–253; Kobenhavn.
- Ehrnsperger et al.* (1987): Das europäische Datum 1987 (ED87) als Gebrauchsnetz für die Landesvermessung. ZfV 112, S. 93–104.
- Erker, E.* (1981): Charakteristische Daten und Testberechnungen im österr. Anteil an ED79; Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 69. Jg. 1981/Heft 1.
- Erker, E.* (1984): Lokale Geoidbestimmung und Lotabweichungsfeld in Österreich, ÖZ, 72. Jg. 1984/Heft 1
- Erker, E.* (1986): Briefwechsel mit Dr. R. Kelm (ICC München)
- Erker, E.* (1987): Das österreichische Geoid – Die vollständige Lösung 1987, Österr. Zeitschr. f. Verm. u. Phot., 75. Jg. 1987/Heft 4
- Helmert, F. R.* (1880): Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie, Bd. 1, S. 556 („Strenge Ausgleichung des europäischen Dreiecksnetzes“).
- Hornik, H., Reinhardt, E.* (1980): Report on the Readjustment of the European Triangulation Network RETrig – Phase II – 1979 (ED79) IAG, Section I – Networks, No. 13, S. 50–75; München.
- Husti, G.* (1983): The Final Results of the NEDOC Project. Delft University of Technology, Reports of the Department of Geodesie, No. 83.1; Delft.
- Institut für Angewandte Geodäsie* (1982): Die Deutsch-Österreichische Dopplerkampagne. DGK, Reihe B, Nr. 260; München.
- JEK* (1958): *Jordan, Eggert, Kneißl*, Handbuch der Vermessungskunde, Band IV, Erste Hälfte; Stuttgart.
- Jonsson, B.* (1986): Schriftwechsel mit Dr. R. Kelm (ICC München)
- Kaniuth* (1984): Adjustment of the European Longitude Network (ELN) – Results; Paper presented in Kopenhagen 1984, Sym. RETrig – Sub-Kommission.
- Kube, R.* (1979): A Further Development of RETrig Phase I, IAG, Section I – Networks, No. 12, S. 23–36; München.
- Kuntz, E., Möller, D.* (1971): Gleichzeitige elektronische Entfernungsmessungen mit Licht- und Mikrowellen. AVN 78, S. 254–266.
- Levasseur, K.* (1949): Das Zentraleuropäische Dreiecksnetz. Veröffentlichungen des Instituts für Erdmessung, No. 1, S. 19–96; Bamberg.
- Litschauer, J.* (1975): Der österreichische Anteil an RETrig I. Österr. Zeitschrift f. Verm. u. Phot., 62. Jg., 1975/Heft 4
- Litschauer, J.* (1979): Das österreichische Dreiecksnetz 1. Ordnung in ED77. Österr. Zeitschrift f. Verm. u. Phot., 67. Jg., 1979/Heft 2

- Mas Mayoral, S.* (1985), Spanish Report, IAG, Section I – Networks, No. 15, S. 68–78; München.
- Núñez García del Pozo, A.* (1986): Spanish Report, IAG, Section I – Networks, No. 16, S. 101–104; München.
- Pâquet, P.* (1986): Briefwechsel mit Dr. R. Kelm (ICC München)
- Poder, K., Tscherning, C. C.* (1973): Cholesky's Method on a Computer; Kobenhavn.
- Pope, A.* (1975): The Statistics of Residuals and the Detection of Outliers. Paper presented to the IUGG 16th General Assembly; Grenoble.
- Reigber, Ch. et al.* (1986): Earth Rotation from Laser Ranging to Lageos: ERP (DGFI I) 85L04, Observation Results of Earth Rotation and Reference Systems – Part III, B75–B84.
- Rinner, K.* (1986): Briefwechsel mit Dr. R. Kelm (ICC München)
- Schmidt, R.* (1986): Kontrolle des Deutschen Hauptdreiecksnetzes durch Macrometer-Messungen 1983–1985 – KONMAC. DGK, Reihe B, Nr. 282; München.
- Symposium of the IAG Subcommittee for the European Triangulation, Copenhagen, October 1st to 3rd, 1984 – Resolutions, IAG, Section I – Networks, No. 15, S. 134–135; München.
- Torge, W.* (1980): Geodesy; Berlin/New York.
- Wolf, H.* (1949): Über die Ausgleichung von Dreiecksnetzen – Allgemeine Grundlagen und ein Neuvorschlag. Veröffentlichungen des Instituts für Erdmessung, Nr. 1, S. 97–122; Bamberg.
- Wolf, H.* (1982a), Alternate Procedure of how to Combine Doppler Measurements with the RETrig Adjustment Phase III, IAG, Section I – Networks, No. 14, S. 115–128; München.
- Wolf, H.* (1982b), Minutes on the Combining Procedure of Döppler Observations with RETrig's Phase III, IAG, Section I – Networks, No. 14, S. 112–221; München.
- Zeger, J.* (1987): Überprüfung des österreichischen Triangulierungsnetzes. Österr. Zeitschrift f. Verm. u. Phot., 75. Jg., 1987/Heft 2

Manuskript eingelangt im März 1989

## Eldi 10 – mit Sprinter- und Langstreckenqualitäten.

Vor allem in Städten artete früher das Bestimmen von Distanzen oft zum Hindernislauf für den Vermessungsingenieur aus. Heute nimmt das Impulsenfernmeßgerät Eldi 10 für Sie jede Hürde – sogar während des dichtesten Verkehrs in der Rush-hour.

Sie treffen die Startvorbereitungen, benutzergeführt über das LC-Display, mit den drei Tasten. Den Startschuß zum Messen gibt Eldi 10 und spielt unmittelbar seine Sprinter- oder Langstreckenqualitäten für Sie aus: Innerhalb 0,2 Sekunden wird im „Superfast Tracking“ die Distanz zu einem bewegten Objekt bestimmt oder zwischen bewegten Objekten hindurch zu einem Fixpunkt. Bei großen Entfernungen – bis zu 16 Kilometer – dauert es natürlich etwas länger.

Selbstverständlich bietet Eldi 10 alle üblichen Methoden wie Messen von Höhenunterschieden sowie Messen und Tracking von Horizontal- und Schrägenfernungen.

Die Kombination Eldi 10/ETH3 besitzt bereits alle Vorzüge einer kompakten Totalstation. Und bei zusätzlicher Ausstattung mit einem Rec 500 haben Sie ein flexibel einzusetzendes Auswertesystem.

Zukunftsweisende  
Elektronik im  
Vermessungswesen.



Zeiss Österreich Ges.m.b.H.  
A-1096 Wien, Rooseveltplatz 2,  
Tel. 02 22/42 36 01



## Bedarf das Newton'sche Gravitationsgesetz einer Revision?

Von K. Bretterbauer, Wien

### Zusammenfassung

In den letzten Jahren wird von theoretischen Physikern die mögliche Existenz einer fünften Naturkraft angenommen, und auch Beobachtungen deuten auf Abweichungen vom Newton'schen Gravitationsgesetz. Nach einer Darstellung des Problems wird diskutiert, ob und wie die Geodäsie zu dessen Lösung beitragen kann.

### Abstract

Since some years the possible existence of a fifth natural force is presumed by theoretical physicists, and observations also indicate deviations from Newton's gravitational law. After a presentation of the principal problem the question is discussed if and how geodesy may contribute to the solution of that problem.

### 1. Vorbemerkung

Zur Durchführung und Beschreibung der allermeisten technischen Anwendungen bietet die klassische Mechanik auch heute noch ein ausreichend genaues Modell. Dieses beruht im wesentlichen auf den drei Axiomen von Newton und seinem Gravitationsgesetz (im folgenden nur NGG). Im zweiten Axiom, dem Bewegungsgesetz definiert Newton den Begriff einer Kraft **K** als jene Größe, die einer (trägen) Masse *m* eine Beschleunigung **b** erteilt. Im NGG wiederum wird eine universelle Kraft **A** definiert, mit der zwei (schwere) Massen einander proportional ihrem Produkt und umgekehrt proportional dem Quadrat ihres Abstandes anziehen. Der Proportionalitätsfaktor heißt Gravitationskonstante *G*:

$$\mathbf{K} = m \cdot \mathbf{b}; \quad \mathbf{A} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \cdot \mathbf{r}_0 \quad (1)$$

Es ist nicht von vornherein klar, ob „träge“ und „schwere“ Masse ein und denselben Begriff darstellen. Denn die träge Masse ist mit Bewegung gekoppelt, also eine kinematische Größe. Die schwere Masse dagegen muß als eine Art Ladung begriffen werden. Analog zur elektromagnetischen Kraft, die proportional der elektrischen Ladung ist, wirkt die Gravitation auf einen Körper proportional zu dessen schwerer Masse, und sogar nach dem gleichen Abstandsgesetz. Durch Experimente, die mit immer höherer Genauigkeit von I. Newton, F.W. Bessel, R. v. Eötvös, R. H. Dicke (1962) und V. B. Braginsky (1971) ausgeführt wurden, konnte die Konstanz des Verhältnisses von schwerer und träger Masse unabhängig von der stofflichen Zusammensetzung nachgewiesen werden (= Äquivalenzprinzip). A. Einstein (1915) hat dieses konstante Verhältnis zur Identität erhoben und zum Ausgangspunkt der Allgemeinen Relativitätstheorie gemacht. Er konnte dies aus der Überlegung folgern, daß ein Beobachter in einem (kleinen) Laboratorium durch keinerlei Messungen entscheiden kann, ob sein Laboratorium einer gleichförmig beschleunigten Bewegung, oder einem (homogenen) Gravitationsfeld unterliegt.

Die folgenden Betrachtungen erfordern einige Bemerkungen zur Gravitationskonstante. In Newton's Werk taucht *G* nicht auf. Erst in C. F. Gauß' astronomischem Hauptwerk („Theoria motus corporum coelestium . . .“, 1809) tritt eine Konstante *k* auf. Sie ist der Proportionalitätsfaktor im 3. Kepler-Gesetz für verschwindend kleine Planetenmasse. Indem Gauß als Masseneinheit die Sonnenmasse, als Längeneinheit die halbe große Erdachse gewählt hat, blieb als einzige Beobachtungsgröße die Umlaufperiode der Erde. Diese kann sehr genau in Einheiten des mittleren Sonnentages gemessen werden. Deshalb ist die „Gauß'sche Konstante *k*“ mit hoher Genauigkeit bekannt ( $k = 0,01720209895$ ).

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei der Konstanten G. Ihre Maßzahl hängt von unserem Einheitensystem ab und hat mit der aus praktischen Erwägungen heraus erfolgten Wahl von 1 l Wasser als Masseneinheit (= 1 kg) zu tun. Eine Umrechnung von kin G wäre nur möglich bei Kenntnis der Sonnenmasse in kg.

Die Bestimmung von G muß im Laboratorium mit Hilfe von Torsionswaagen und genau definierten Testmassen erfolgen, ist äußerst schwierig und relativ ungenau. Die letzten Werte stammen von Luther und Towler (1982):

$$G = (6.6726 \pm 0.0005) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}, \tag{2}$$

bzw. von Miljukow (1985):

$$G = (6.6745 \pm 0.0008) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}. \tag{3}$$

### 2. Das gegenwärtige Problem

Durch zwei Jahrhunderte haben Beobachtungen im Rahmen ihrer Meßgenauigkeit die Gültigkeit der Newton'schen Mechanik glänzend bestätigt. Phänomene wie die Bewegung von Planeten, Monden und Kometen, Präzession der Erdachse, die Gezeiten, die Fallbewegung auf der Erde u.v.a. können mit hoher Präzision beschrieben werden mit einer einzigen Ausnahme, der Periheldrehung der inneren Planeten. Die beobachteten Werte sind nur geringfügig größer als von der Newton'schen Mechanik vorhergesagt. Der Rest wurde erst durch die Allgemeine Relativitätstheorie erklärt. Ansonsten aber genügen selbst für hohe Ansprüche kleine Korrekturen an der Newton'sche Theorie.

Weshalb soll dann eine Revision des NGG notwendig sein? Einerseits deuten Drehwaagen- und Gravimetermessungen auf Abweichung vom NGG, andererseits bemühen sich theoretische Physiker seit vielen Jahren um eine einheitliche Theorie aller Kräfte des Mikro- und des Makrokosmos. Das Unterfangen war bisher erfolglos, deutet aber immer wieder auf die Existenz einer 5. Kraft neben den bisher bekannten Kräften, und liefert auch Hinweise auf Gravitationseffekte, die das Äquivalenzprinzip verletzen. Sollte die Existenz der 5. Kraft gesichert werden können, hätte das tiefe Auswirkungen auf unser physikalisches Weltbild. Deshalb muß das Problem jeden Naturwissenschaftler interessieren. Vorweggenommen sei, daß die Himmelsmechanik und die praktische Geodäsie davon nicht berührt würden. Unsere Vorstellungen über den inneren Aufbau der Himmelskörper und damit auch der Erde müßten wir allerdings revidieren.

Die Gesamtstruktur unseres Universums (Mikro- und Makrowelt) wird von vier Naturkräften bestimmt: Die starke und die schwache Wechselwirkung, die elektromagnetische Wechselwirkung und die Gravitationswirkung. Nach der klassischen relativistischen Theorie werden Energie und Impuls durch ein Feld übertragen. Nach der Quantenmechanik kommen Energie und Impuls in diskreten Einheiten – eben Quanten – vor, die man als Elementarteilchen ansehen kann. In der Quantentheorie wird die Wirkung von Kräften durch Austausch solcher Teilchen hervorgerufen.

Betrachtet man nun diese vier Naturkräfte, erkennt man ihre außerordentlich verschiedenen Stärken und Reichweiten, wie die Tabelle zeigt:

Wechselwirkung	starke	elektromagn.	schwache	Gravitation
Stärke	1	1/137	$1 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-40}$
Reichweite (m)	$(0.1-1) \cdot 10^{-15}$	$\infty$	$\ll 1 \cdot 10^{-16}$	$\infty$

Die Gravitation ist die mysteriöseste Kraft. Obwohl jede Materie der Gravitation unterliegt, zeigt sie keinen beobachtbaren Quanteneffekt. Sie ist so schwach, daß sie im subatomaren Bereich keinerlei Rolle spielt, andererseits ist sie die Ursache der Bewegungen der Himmelskörper. Sie hat kumulative Wirkung und es gibt keine negative Gravitationsladung (d. h. keine abstoßenden Massen). Sie läßt sich nicht abschirmen und es kann keine Ausbreitungsgeschwindigkeit festgestellt werden. Die elektromagnetischen Kräfte dagegen sind ungeheuer stärker und haben ebenfalls unendliche Reichweite. Aber aus irgendeinem Grund existieren in großen Massenansammlungen, wie Sterne und Planeten, fast gleich viele positive und negative Ladungen, die einander nahezu egalisieren. Die restliche elektromagnetische Wechselwirkung erreicht uns in Form von Licht und Radiowellen als Quelle von Energie oder Information. Somit ist die Gravitation die beherrschende Kraft im astronomischen Maßstab.

Die Gravitation wurde bisher am schönsten und umfassendsten durch Einstein in der Allgemeinen Relativitätstheorie (Stephani, 1982) beschrieben. Darin macht sich ein Gravitationsfeld bemerkbar, indem es die Krümmung des Raum-Zeit-Kontinuums beeinflusst. Diese bestimmt ihrerseits die Bewegungen der materiellen Objekte und schreibt das Verhalten von Uhren und Maßstäben vor. Damit aber wurde die Gravitation geometrisiert und von den übrigen Naturkräften abgesondert. Versuche, eine Quantentheorie der Gravitation aufzustellen, ähnlich der so erfolgreichen Quantentheorie der elektromagnetischen Felder, sind bisher gescheitert. Eine Quantenversion der Allgemeinen Relativitätstheorie ist mathematisch voll innerer Widersprüche.

### 3. Experimentelle Ergebnisse

Eine einheitliche Quantentheorie aller Naturkräfte könnte bei Einführung einer 5. Kraft gelingen. Diese wäre eine schwache abstoßende Kraft mit einem Wirkungsbereich von einigen hundert Meter. Die Vermittlung dieser Kraft könnte durch die sogenannten Baryonen erfolgen. Baryonen wurden von I. Yukawa (1935) beim Versuch eingeführt, die starke Wechselwirkung durch eine Quantentheorie zu erklären. Baryonen, zu denen die Protonen und Neutronen gehören, sind schwere Elementarteilchen mit Ruhmassen von rund 1200 MeV und sind durch den Spin 1/2 ausgezeichnet. Der Spin ist eine Eigenschaft aller Teilchen, die deren Rotationszustand beschreibt. Der Spin tritt nur quantisiert auf, d. h. er nimmt nur Werte an, die das ganze oder halbzahlige Vielfache der Planck'schen Konstanten  $h/2\pi$  betragen. (Näheres dazu findet man in dem ausgezeichneten, allgemein verständlichen, dennoch nicht seichten Buch von Davies).

In Experimenten sind nun zwei Effekte zu beachten: Die Abhängigkeit der eventuellen 5. Kraft von der Baryonenzahl (also von der stofflichen Zusammensetzung) und von der Entfernung. Die Ergebnisse hinsichtlich der stofflichen Zusammensetzung sind sehr widersprüchlich (Greenwell, 1987). Einige Drehwagenmessungen mit unterschiedlichen Materialien (Aluminium, Beryllium, Kupfer) scheinen die Hypothese zu bestätigen, andere auszuschließen. Es ist extrem schwierig, solche Messungen frei von systematischen Fehlern zu halten. Mit dem Freifall-Absolutgravimeter von Faller konnte kein Effekt festgestellt werden.

Die Entfernungsabhängigkeit der 5. Kraft läßt sich einfach durch ein Korrekturglied an die Gravitationskonstante modellieren (Groten, 1988). Man geht dabei von einem Ausdruck für das Gravitationspotential in der Form

$$V = \frac{G_{\infty} \cdot m}{r} [1 + \alpha \cdot \exp(-r/\lambda)] \quad (4)$$

aus. Das exponentielle Korrekturglied wird Yukawa-Term genannt.  $G_{\infty}$  steht für den Wert der Gravitationskonstanten jenseits des Bereiches der 5. Kraft.  $\alpha$  ist ein Amplitudenterm,  $\lambda$  ein Abstandsparameter von der Größenordnung 100 m. Die Ableitung von  $V$  gibt die Gravitationskraft. Das revidierte NGG lautet dann:

$$\mathbf{A} = -G(r) \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \mathbf{r}_0, \quad (5)$$

mit  $G(r) = G_\infty [1 + \alpha (1 + r/\lambda) \cdot \exp(-r/\lambda)] \cdot$  (6)

Für Laborbedingungen gilt sodann mit  $r \ll \lambda$  :

$$G_0 = G_\infty (1 + \alpha) = 6.6726 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}, \quad (7)$$

wenn man den Wert (2) akzeptiert.

#### 4. Geodätische Beiträge

Die deutlichsten Hinweise auf Abweichungen vom NGG ergaben Gravimetermessungen von Geodäten und Geophysikern. Die größte Schwierigkeit bei Labortests ist ja die Herstellung einer möglichst großen wohldefinierten Probemasse. Weit größere Probemassen bilden z. B. Wasserreservoirs, Schleusen oder Docks, deren Schwerewirkung nach der Füllung mit konventionellen Gravimetern gemessen werden kann. Belastungseffekte und die beschränkte Meßgenauigkeit vereiteln eine exakte Bestimmung von  $\alpha$  und  $\lambda$ . Mit den sogenannten supraleitenden Gravimetern erreicht man zwar bedeutend höhere relative Genauigkeiten, doch scheitert ihr Einsatz für das vorliegende Problem an der notwendigen Kalibrierung, die wiederum mit kleinen, an das Gravimeter heranzubringenden Probemassen erfolgt.

Die größte und unmittelbar zur Verfügung stehende Probemasse ist die Erde selbst. Mißt man die Schwere auf Türmen, in Bergwerksschächten oder Bohrlöchern und vergleicht sie mit entsprechenden extrapolierten Werten, so können die Parameter  $\alpha$  und  $\lambda$  prinzipiell bestimmt werden. Wieder sind die Ergebnisse widersprüchlich. Wertefür  $\alpha$  rangieren zwischen (Groten, 1988):

$$- 0.012 \leq \alpha \leq 0.036;$$

es ist also nicht einmal das Vorzeichen gesichert.

Eine der eindrucksvollsten, sehr sorgfältig ausgeführten Arbeiten dieser Art wurde kürzlich beim Ron-Mather-Symposium on Four Dimensional Geodesy an der University of N.S.W., Australien, vorgestellt (Lazarewicz et al., 1989). Dabei wurden auf einem 600 m hohen Fernsehturm in North Carolina Gravimetermessungen durchgeführt und mit den aus Bodenmessungen hochgerechneten Schwerewerten verglichen. Das erstaunliche Ergebnis lautet:

$$G_\infty = (6.52 \pm 0.01) \cdot 10^{-11} \cdot \text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}; \alpha = 0.017, \lambda = 229 \text{ m}. \quad (8)$$

Es stellt sich hier die Frage, ob eine unabhängige Überprüfung von  $G_\infty$  möglich ist. Dies könnte so geschehen: Wir kennen das Produkt GE (E = Erdmasse) sehr genau aus der Beobachtung von Satelliten und Raumsonden:

$$GE = 3.986005 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} = G_\infty E, \quad (9)$$

da dieser Wert ja weit außerhalb des Bereiches der 5. Kraft bestimmt wurde. Andererseits kann GE aus rein terrestrischen Messungen gewonnen werden, und zwar durch Verknüpfung des Integralsatzes von Gauß mit der erweiterten Gleichung von Poisson (Pick et al., 1973). für jede geschlossene Fläche (z. B. die physische Erdoberfläche) mit dem Volumen  $\tau$ , der Oberfläche  $\sigma$  und der Normalenrichtung  $n$  gilt nach Gauß:

$$\int \int \int_{\tau} \Delta W = \int \int_{\sigma} \frac{\partial W}{\partial n} d\sigma, \quad (10)$$

( $W$  = Kräftefunktion der Erde,  $\Delta$  = Laplace-Operator).

Die erweiterte Poisson-Gleichung liefert:

$$\Delta W = -4\pi G_0 \rho + 2\omega^2 \quad (11)$$

( $\omega$  = Winkelgeschwindigkeit,  $\rho$  = Dichte).

Damit folgt aus (10) und (11):

$$GE = \frac{1}{4\pi} \int \int_{\sigma} \frac{\partial W}{\partial n} d\sigma + \frac{\omega^2}{2\pi} \tau = G_0 E \cdot \quad (12)$$

$\partial W/\partial n$  ist meßbar und stellt in Strenge die Komponente der Schwere in Richtung der Normalen auf die geschlossene Fläche (d.i. die physische Erdoberfläche) dar, das Integral ist prinzipiell auswertbar, womit  $G_0 E$  gewonnen wäre. Bildet man nun den Quotienten  $G_0 E/G_{\infty} E$  so fällt die unbekannte Erdmasse heraus. Sollte der Wert (8) Realität besitzen, müßte der Wert des Quotienten signifikant größer als 1 sein:

$$G_0 E/G_{\infty} E > 1. \quad (13)$$

(In Strenge beinhaltet (9) die Masse der Atmosphäre, (12) aber nicht; diese ist jedoch nur  $1 \cdot 10^{-6}$  der Erdmasse und kann vernachlässigt werden).

Allerdings gibt es auch hier Schwierigkeiten. Wohl existiert ein großes Datenmaterial an gemessenen Schwerewerten. Diese beziehen sich aber auf die Normalenrichtung der Niveauflächen, welche im allgemeinen nicht mit der Geländeoberfläche zusammenfallen. Nimmt man dagegen die reinen Meßwerte, so beziehen sie sich – weil in verschiedenen Höhen gemessen – auf keine geschlossene Fläche. Gerade dort aber, wo dieses Problem nicht existiert, auf den Meeren, liegen wieder nur wenige Schweremessungen vor.

Eine Untersuchung zu diesem Problem soll am Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik der TU Wien durchgeführt werden.

An sich wäre noch eine mögliche Zeitabhängigkeit der Graviationskonstanten wie sie von Dirac (1937, 1979) postuliert wurde, zu diskutieren. Diese dürfte aber, wenn überhaupt existent, nur (Lambeck, 1974)

$$\dot{G}/G = -2.4 \cdot 10^{-11}/\text{Jahr}$$

betragen, und sei deshalb hier übergangen.

Im übrigen erscheint es sinnvoll, die Gravitationskonstante in Hinkunft „Gravitationsparameter“ zu nennen.

### Literatur

- Bjerhammar, A.:* Newtonian and Relativistic Geodesy. In: Festschrift to Torben Krarup, Geodätisches Institut Kopenhagen, 1989.
- Davies, P.C.W.:* The Forces of Nature. Cambridge Univ. Press, 1979
- Dirac, P. A. M.:* The Cosmological Constants. Nature 139, S. 323, 1937, Cosmological Models and the Large Number Hypothesis. Proc. Roy. Soc., A 338, S. 439, London 1974
- Goldman, J. et al.:* Schwerkraft und Antimaterie, Spektrum der Wissenschaft S. 98, Mai 1988
- Greenwell, G.:* Force of a Different Colour. Scientific American, Dez. 1987, S. 17
- Groten, E.:* Simulation for Studying the Yukawa-Term. ZfV 8/1988, S. 366
- Lambeck, K.:* The History of the Earth's Rotation. In The Earth (Ed. McElhinny), Academic Press, 1979
- Lazarewicz, A. R. et al.:* Experimental Evidence for a Violation of Newton's Inverse Square Law of Gravitation. Rcn-Mather-Symposium, 1989, to be published in Lecture Notes by Springer, Berlin.
- Luther, G. G.; Towler, W. R.:* Phys. Rev. Lett. Vol. 48, p. 121, 1982
- Miljukow, W. K.:* Sowjet-Journal für Experimentelle und Theoretische Physik, Bd. 88, S. 321, 1985
- Pick, M. et al.:* Theory of the Earth's Gravity Field, Elsevier, Amsterdam, 1973.
- Stephani, H.:* General Relativity. Cambridge Univ. Press, 1982

Manuskript eingelangt im Mai 1989

## Mitteilungen

### Technische Universität Wien

*Dipl.-Ing. Guangping He* wurde am 17. März 1989 in der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät mit der Dissertation „Bildverbesserung mittels digitaler Filterung“ zum Dr.-techn. promoviert.

Referent: *Prof. Dr. K. Kraus*

Koreferent: *Prof. Dr. K. Kahmen.*

#### Autorreferat:

Die digitale Bildverarbeitung, die die Menschen bei der Interpretation der Bildinformation unterstützt, hat sich in den letzten Jahren zu einer eigenen wissenschaftlichen Disziplin entwickelt. Zu diesem Gebiet gehört die digitale Filterung, die dazu dient, Erwünschtes von Unerwünschtem zu trennen.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit dieser digitalen Filterung. Sie wird dafür eingesetzt, ein an Qualität schlechtes Bild zu verbessern. Es werden die Typen der Filterung, der Zusammenhang zwischen Filtermatrix und Übertragungsfunktion sowie der Entwurf der Filtermatrix behandelt. Allgemeine Umwandlungsformeln zwischen Filtermatrix und der Übertragungsfunktion werden angegeben. Zusätzlich wird eine Methode abgeleitet, mit der die Genauigkeit der linearen bzw. bilinearen Interpolation an jeder interpolierten Stelle beurteilt werden kann. Bekanntlich werden die Grauwerte eines Bildes bei der Abtastung verzerrt. Für die Korrektur dieser Verzerrung werden die passenden Filtermatrizen angegeben. Mit anderen Filtermatrizen werden die Grauwertverzerrungen zufolge Überlappung bzw. Klaffung bei der Abtastung korrigiert. Da es eine ganze Reihe von Ursachen für Grauwertverzerrungen gibt, die sich an unterschiedlichen Bildstellen verschieden auswirken, muß auch die Filterung fallweise ortsvariant angewendet werden. Dafür wird am Ende der Arbeit eine Methode angegeben, die ein zum Bild kongruentes Steuerbild (DKM, digitales Kontrollmodell) verwendet, dessen Grauwerte die Zeiger zu den individuellen Filtermatrizen bilden.

Die Dissertation erscheint als Heft Nr. 31 der Geowissenschaftlichen Mitteilungen der Studienrichtung Vermessungswesen der Technischen Universität Wien.

## Sonderhefte der Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie

- Sonderheft 1: *Festschrift Eduard Doležal. Zum 70. Geburtstag.* 198 Seiten, Neuauflage, 1948. (Vergriffen.)
- Sonderheft 2: Lego (Herausgeber), *Die Zentralisierung des Vermessungswesens in ihrer Bedeutung für die topographische Landesaufnahme.* 40 Seiten, 1935. (Vergriffen.)
- Sonderheft 3: Ledersteger, *Der schrittweise Aufbau des europäischen Lotabweichungssystems und sein bestanschließendes Ellipsoid.* 140 Seiten, 1948. (Vergriffen.)
- Sonderheft 4: Zaar, *Zweimedienphotogrammetrie.* 40 Seiten, 1948.
- Sonderheft 5: Rinner, *Abbildungsgesetz und Orientierungsaufgaben in der Zweimedienphotogrammetrie.* 45 Seiten, 1948.
- Sonderheft 6: Hauer, *Entwicklung von Formeln zur praktischen Anwendung der flächentreuen Abbildung kleiner Bereiche des Rotationsellipsoids in die Ebene.* 31 Seiten, 1949. (Vergriffen.)
- Sonderheft 7/8: Ledersteger, *Numerische Untersuchungen über die Perioden der Polbewegung. Zur Analyse der Laplace'schen Widersprüche.* 59+22 Seiten, 1949. (Vergriffen.)
- Sonderheft 9: *Die Entwicklung und Organisation des Vermessungswesens in Österreich.* 56 Seiten, 1949.
- Sonderheft 11: Mader, *Das Newton'sche Raumpotential prismatischer Körper und seine Ableitungen bis zur dritten Ordnung.* 74 Seiten, 1951.
- Sonderheft 12: Ledersteger, *Die Bestimmung des mittleren Erdellipsoids und der absoluten Lage der Landstriangulationen.* 140 Seiten, 1951.
- Sonderheft 13: Hubeny, *Isotherme Koordinatensysteme und konforme Abbildungen des Rotationsellipsoids.* 208 Seiten, 1953. (Vergriffen.)
- Sonderheft 14: *Festschrift Eduard Doležal. Zum 90. Geburtstag.* 764 Seiten und viele Abbildungen, 1952.
- Sonderheft 15: Mader, *Die orthometrische Schwerekorrektur des Präzisions-Nivellements in den Hohen Tauern.* 26 Seiten und 12 Tabellen. 1954.
- Sonderheft 16: *Theodor Scheimpflug – Festschrift.* Zum 150jährigen Bestand des staatlichen Vermessungswesens in Österreich. 90 Seiten mit 46 Abbildungen und XIV Tafeln.
- Sonderheft 17: Ulbrich, *Geodätische Deformationsmessungen an österreichischen Staumauern und Großbauwerken.* 72 Seiten mit 30 Abbildungen und einer Luftkarten-Beilage.
- Sonderheft 18: Brandstätter, *Exakte Schichtlinien und topographische Geländedarstellung.* 94 Seiten mit 49 Abb. und Karten und 2 Kartenbeilagen, 1975.
- Sonderheft 19: *Vorträge aus Anlaß der 150-Jahr-Feier des staatlichen Vermessungswesens in Österreich,* 4. bis 9. Juni 1965. (Vergriffen.)
- Sonderheft 20: H. G. Jerie, *Weitere Analogien zwischen Aufgaben der Mechanik und der Ausgleichsrechnung.* 24 Seiten mit 14 Abbildungen, 1960.
- Sonderheft 21: Mader, *Die zweiten Ableitungen des Newton'schen Potentials eines Kugelsegments – Topographisch berechnete partielle Geoidhebungen. – Tabellen zur Berechnung der Gravitation unendlicher, plattenförmiger, prismatischer Körper.* 36 Seiten mit 11 Abbildungen, 1960.
- Sonderheft 22: Moritz, *Fehlertheorie der Graphisch-Mechanischen Integration – Grundzüge einer allgemeinen Fehlertheorie im Funktionenraum.* 53 Seiten mit 6 Abbildungen, 1961.
- Sonderheft 23: Rinner, *Studien über eine allgemeine, voraussetzungslose Lösung des Folgebildanschlusses.* 44 Seiten, 1960.
- Sonderheft 24: *Hundertjahrfeier der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung 23. bis 25. Oktober 1963.* 125 Seiten mit 12 Abbildungen, 1964.
- Sonderheft 25: *Proceedings of the International Symposium Figure of the Earth and Refraction;* Vienna, March 14<sup>th</sup>–17<sup>th</sup>, 1967. 342 Seiten mit 150 Abbildungen, 1967.
- Sonderheft 26: Waldhäusl, *Funktionale Modelle der Streifen- und Steifenblockausgleichung mit einfachen und Spline-Polynomen für beliebiges Gelände.* 106 Seiten, 1973.
- Sonderheft 27: Meyer, *Über die transalpine Ölleitung.* 26 Seiten, 1974.
- Sonderheft 28: *Festschrift Karl Ledersteger.* 317 Seiten, 1970.
- Sonderheft 29: Peters, *Problematik von Toleranzen bei Ingenieur- sowie Besitzgrenzvermessungen.* 227 Seiten, 1974. (Vergriffen.)
- Sonderheft 30: Bauer, *Aufsuchen oberflächennaher Hohlräume mit dem Gravimeter.* 140 Seiten, 1975.
- Sonderheft 31: Ackerl u. Foramitti, *Empfehlungen für die Anwendung der Photogrammetrie im Denkmalschutz, in der Architektur und Archäologie.* 78 Seiten, 41 Abbildungen, 1976.
- Sonderheft 32: Zeger, *Untersuchungen über die trigonometrische Höhenmessung und die Horizontierung von schräg gemessenen Strecken.* 138 Seiten, 20 Abbildungen, 23 Tabellen, 1978.
- Sonderheft 33: *Vermessung und Recht. Vorträge gehalten im Rahmen des 2. Österreichischen Geodätentages in Graz, 22. bis 25. Mai 1985.* 36 Seiten, 2 Abbildungen, 1987.

Die Sonderhefte sind über das Sekretariat des Vereines (Dipl.-Ing. Hochwartner, Schiffamtsgasse 1–3, 1025 Wien) zu beziehen. Der Preis beträgt pro Heft öS 100,—.

## Persönliches

### Technische Universität Graz Erneuerung akademischer Grade

Am 28. April 1989 fand in der Aula der Erzherzog Johann Universität in Graz ein Festakt aus Anlaß der Erneuerung der akademischen Grade statt.

Insgesamt 17 Diplomingenieure — eine Dame und 16 Herrn — erhielten aus der Hand des Rektors der Technischen Universität Graz, Herrn *Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Reinhard Haberfellner*, die „Goldenen Diplome“ überreicht.

Unter den Namen der Jubilare scheinen auch die Namen zweier Geodäten auf, die vor rund 50 Jahren an dieser Alma mater ihre akademischen Grade erworben haben:

Hofrat i. R. *Dipl.-Ing. Hubert Putz* und  
*Dipl.-Ing. Kurt Musger*.

Der Gesundheitszustand von Hofrat i. R. *Dipl.-Ing. Hubert Putz* ließ eine Teilnahme an der akademischen Feier nicht zu. So mußte der Vorsitzende der II. Diplomprüfungskommission der Studienrichtung Vermessungswesen, *O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. Ing. e. h. Helmut Moritz*, die Laudatio in Abwesenheit des Jubilars halten:

*Hubert Putz* wurde am 21. Oktober 1910 in Klagenfurt geboren; studierte an der Technischen Hochschule in Graz Vermessungswesen und schloß das Studium im Juni 1933 mit der II. Staatsprüfung ab. Von Anfang Juni bis Ende November 1934 war *Dipl.-Ing. Putz* in der Vermessungsabteilung des Magistrates Villach tätig. Unmittelbar darauf erfolgte seine Aufnahme in den Bundesdienst und damit der Dienstantritt im Vermessungsamt Spittal an der Drau. In diesem Vermessungsamt war er als zugeteilter Akademiker bis zu seiner Einberufung zur Deutschen Wehrmacht, Anfang 1940, tätig. Von der Kriegsgefangenschaft im Mai 1945 zurückgekehrt wurde *Dipl.-Ing. Putz* mit der provisorischen Leitung des Vermessungsamtes in Villach betraut. Seine definitive Bestellung zum Leiter dieses Vermessungsamtes erfolgte im April 1951. Mit Entschließung des Bundespräsidenten wurde im Jahre 1966 Herrn *Oberrat Dipl.-Ing. Putz* der Titel „Hofrat“ verliehen. Mit Ablauf des Jahres 1973 trat *Hofrat Dipl.-Ing. Putz* in den dauernden Ruhestand. Der „dauernde“ Ruhestand war aber nur scheinbar und vorübergehend, denn *Dipl.-Ing. Putz*, bekannt für seine Aktivitäten, wurde Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen. Die Tätigkeit eines Ziviltechnikers übte er fünf Jahre aus.

Auch als Laudator des zu ehrenden zweiten Geodäten *Dipl.-Ing. Kurt Musger* fungierte *O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. Ing. e. h. Helmut Moritz*: *Kurt Musger* wurde am 12. Juli 1915 in Stainz geboren. Von der Deutschen Wehrmacht für den Abschluß des Hochschulstudiums beurlaubt, rückte er einen Tag nach der Ablegung der II. Staatsprüfung am 10. Dezember 1938 ein und rüstete als Fliegerhauptingenieur nach Kriegsende ab.

*Dipl.-Ing. Musger* erlangte nach den erforderlichen Jahren der praktischen Betätigung die Befugnis eines Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen. Als Ziviltechniker war er bis kurz nach Vollendung seines 70. Geburtstages in Stainz tätig. Mit Ablauf des Monats Juli 1985 legte er all seine Funktionen zurück und ließ die Befugnis löschen.

Der Tenor des Fakultätskollegiums betreffend die Erneuerung der akademischen Grade der Genannten, bezog sich auf ihre hervorragende berufliche Wirksamkeit.

Der Österreichische Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie möchte auf diesem Wege den Geehrten sehr herzlich gratulieren!

*D. Sueng*

### Rudolf & August Rost 1888—1988

#### Feierliche Präsentation der Festschrift

Vor 100 Jahren hat der Feinmechaniker Rudolf Rost im 15. Wiener Gemeindebezirk ein „Mathematisch-Mechanisches Institut“ zur Erzeugung von Vermessungsinstrumenten gegründet. Frau Dr. Michaela Schlögl, eine Urenkelin des Firmengründers, hat aus diesem Anlaß eine sehr eindrucksvolle Festschrift verfaßt, die am 23. Februar 1989 im Rahmen eines Festaktes im Großen Festsaal der Technischen Universität Wien einem glanzvoll besetzten Auditorium vorgestellt worden ist.

Nach einem musikalischen Auftakt eröffnete Dkfm. Peter Schlögl, der derzeitige Firmeninhaber und Enkel des Gründers, die Feier. Mit Stolz konnte er Gäste aus den verschiedensten Tätigkeitsbereichen der Geodäsie begrüßen, die seiner Einladung gefolgt waren.

Neben den Bediensteten und Pensionisten der Firma selbst waren namhafte Vertreter der staatlichen Vermessungsbehörden, der Vermessungsdienststellen der Länder und Gemeinden, der Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen und der Universitäten gekommen. Darüber hinaus waren zu diesem Geburtstagsfest auch Vertreter bedeutender ausländischer Firmen angereist, wie z. B. von der Firma Wild in Heerbrugg, deren Erzeugnisse seit 1948 in Österreich allein von der Firma Rost vertrieben werden, oder von der Firma F. W. Breithaupt & Sohn aus Kassel, die erst vor kurzem, im Jahre 1987, ihr 225jähriges Gründungsjubiläum gefeiert hat.

In seinen Geleitworten konnte der Rektor der Technischen Universität Wien, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl Kraus, auf die engen Beziehungen hinweisen, die schon lange zwischen der Technischen Hochschule Wien — wie die heutige TU einstmals geheißen hat — sowie der Bergakademie in Leoben und der Firma Rost bestehen. Bereits zwei Jahre nach der Gründung des K. K. Polytechnischen Institutes, des Vorläufers der TH Wien, wurde dort eine feinmechanische Werkstätte gegründet, die bald Weltruf erlangen konnte. Nach Auflösung dieser Werkstätte im Jahre 1866 übernahmen dann private Firmen die Anfertigung von Geräten, wobei die 1888 gegründete Firma Rudolf & August Rost bald einen bedeutenden Anteil der Arbeiten übernehmen konnte.

Weiters wies Magnifizenz Dr.-Ing. Karl Kraus die Teilnehmer der Festversammlung darauf hin, welch wichtiger Platz die Geodäsie, in ihrer Eigenschaft als angewandte Mathematik und Geometrie, in der langen Geschichte der Hochschule einnimmt.

Das wird schon dadurch dokumentiert, daß der Schöpfer des Wandfrieses im Festsaal, Prof. Josef Klieber, die Geodäsie an hervorragender Stelle plaziert hat. Leider ist ihm bei der Darstellung des Pythagoräischen Lehrsatzes insoweit ein Fehler unterlaufen, als das verwendete Dreieck mit den Seitenverhältnissen 3:3:5 gar kein pythagoräisches ist!

Mittelpunkt des Festprogrammes war die Präsentation der Festschrift, die in überaus wirkungsvoller Weise von der Autorin, Dr. Michaela Schlögl und ihrem Vater, Dkfm. Peter Schlögl, in einer Art „Doppelconference“ vorgenommen worden ist. Diese Festschrift ist nicht nur an die Kunden der Firma im In- und Ausland gerichtet, sondern an den gesamten Berufsstand der Vermessungsingenieure. Laut ihren eigenen Worten haben sich die Herausgeber das Ziel gesetzt, „ein spezielles Stück österreichischer Technikgeschichte — nämlich das Schicksal der wichtigsten Werkstätten für Geo-Feinmechanik und deren Beziehung zum Fachgebiet Geodäsie — aufzuzeigen“. So wurde die Entwicklung der Firma Rost in Beziehung zur Geschichte der mathematisch-mechanischen Institute Österreich-Ungarns, zum geschichtlichen Ablauf der vergangenen hundert Jahre und zu den — im immer rasanterem Tempo ablaufenden — Entwicklungen auf dem Gebiet der Geodäsie und der Photogrammetrie gesetzt.

Vor den gebannt lauschenden Zuhörern wurde von den beiden Vortragenden ein buntes Mosaik ausgebreitet, das

- aus Daten über die Vorgeschichte des Instrumentenbaues in Österreich und den daran beteiligten Firmen,
- aus Geschichten über das wechselvolle Geschick der Firma Rost im Zusammenhang mit den verschiedenen Entwicklungen,
- aus Angaben über die lokale Topographie und die Geschichte des Firmensitzes in der Märzstraße
- sowie aus Rückblenden auf Rost-Konstruktionen und Verkaufsschlager der vergangenen Jahre verbunden mit einer Vorschau auf die neuen Entwicklungen der Satellitengeodäsie und der Elektronik bestand. Eine Besprechung der Festschrift ist in diesem Heft der ÖZ enthalten.

Seit dem 23. 12. 1948 werden die Produkte der Wild-Werke von der Firma Rudolf & August Rost in Österreich vertreten, sodaß der 100. Geburtstag mit dem 40. „Hochzeitstag“ dieser beiden Firmen zusammenfällt. Daher überbrachte Dipl.-Ing. Hans Rudolf Schwendener die Grüße des Wild-Leitz-Konzerns. Als sichtbaren Ausdruck des Dankes und der Anerkennung für diese jahrzehntelange überaus erfolgreiche Partnerschaft überreichte er Dkfm. Schlögl den „Oscar der Feinoptik“, die in einen Glasblock eingegossene „Goldene Linse“!

Unter dem Titel „Der Geodät und seine Instrumente“ hielt o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Kurt Bretterbauer den Festvortrag.

Aufbauend auf die Bedeutung, die die Geodäsie im Rahmen der Kulturgeschichte der Menschheit einnimmt, stellte er fest, daß die Griechen die Geodäsie zu den Künsten zählten und daß auch in bekannten Lehrbüchern unseres Jahrhunderts noch von der „Feldmeßkunst“ gesprochen wird. Da ein Künstler besondere Beziehungen zu seinen Werkzeugen hat, so hat auch der Geodät seine besonderen Bezie-

hungen zu seinen Instrumenten. Daraus entwickelt sich ein Nahverhältnis zwischen dem Geodäten und dem Mechaniker seines Vertrauens, der für Generationen von österreichischen Geodäten eben durch die Firma Rudolf & August Rost verkörpert wird.

Er wies dann auf die großen Umwälzungen hin, die gerade in den letzten Jahren als Folge der rasanten Entwicklung der Rechen- und Zeichenautomaten sowie der elektromagnetischen Distanzmesser eingetreten sind. Durch die Anwendung der Satellitenempfänger und der Trägheitssysteme findet derzeit schon wieder eine Revolution auf dem Sektor der geodätischen Instrumente statt! Beim Einsatz dieser neuen Verfahren sollte man an die Worte denken, die Heinrich Wild schon 1939 ausgesprochen hat: „Neue Instrumente sollen nicht dazu führen, daß die vorgeschriebenen Toleranzen verkleinert werden; denn die diesbezüglichen Ansprüche sind heute schon zum Teil übertrieben. Sie sollen vielmehr ermöglichen, die Endresultate in einfacherer Weise, in kürzerer Zeit und mit geringerer Anstrengung zu erhalten.“

Am Ende seiner Ausführungen stellte Prof. Bretterbauer die Frage, welches Instrument für unseren Berufsstand das am meisten charakteristische und benützte wäre. Im Hinblick auf die Anforderungen, die im Zeitalter des integrierten Datenflusses an uns gestellt werden, könnte dies seiner Meinung nach nur unser Kopf sein!

Zum Schluß der Veranstaltung sprach Direktionsassistent Dr. Michael Hiermanseder Worte des Dankes an die Veranstalter, die Gäste und die Mitwirkenden.

Die unverkennbar wienerische Note dieses Festaktes ergab sich durch das gleichzeitige Vorliegen von drei wesentlichen Voraussetzungen:

1. Auf der lockeren und legeren Art, mit der die Vortragenden ihre Beiträge gestalteten, ohne damit deren Ernst und Wichtigkeit zu mindern.

2. Auf der musikalischen Umrahmung, die von einem Ensemble des Orchesters der TU Wien ausgezeichnet vorgetragen wurde und die Werke von Franz Schubert, Wolfgang Amadeus Mozart und Johann Strauß umfaßte, der ja selbst Hörer an der TU Wien gewesen ist, ehe er seine musikalische Laufbahn einschlug.

3. Auf der Tatsache, daß es nach dem Festakt ein exzellentes Buffet im benachbarten Boecklsaal gab, bei dem die Teilnehmer noch lange Gelegenheit hatten, in gelockelter Atmosphäre zwanglosen Erfahrungsaustausch zu pflegen.

Der Geschäftsleitung der Firma Rudolf & August Rost mit dem Rektor der TU Wien ist zu dieser großartig gelungenen Veranstaltung herzlichst zu gratulieren.

Schon seit vielen Jahren zählt die Firma Rudolf & August Rost zu den unterstützenden Mitgliedern des Österreichischen Vereines für Vermessungswesen und Photogrammetrie und fördert in dankenswerter Weise viele Aktivitäten dieses Vereines. Gerne nimmt der Verein die runden Geburtstage seiner Mitglieder zum Anlaß, ihnen dazu zu gratulieren und besondere Verdienste gebührend zu würdigen. Im Falle des „Hundertens“ der Firma Rost möge der Bericht über die großartige Festveranstaltung die sonst übliche Würdigung ersetzen.

Abschließend wünscht der Österreichische Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie der Firma Rudolf & August Rost, ihren leitenden Angestellten und allen ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern viel Glück und Erfolg für eine langdauernde weiterhin erfolgreiche Geschäftstätigkeit!

F. Blaschitz



**Damals...**  
seit  
**100 Jahren**

*Rudolf & August Rost*

...wie  
heute:

Die führende österr.  
Fachfirma für  
**VERMESSUNGS-  
BEDARF**

1150 WIEN

MÄRZSTR. 7 · TEL. 92 53 53-0 · FAX 95 51 40-50

### Zum Gedenken an wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Andreas Bernhard

Am 11. Februar 1989, 2 Tage nach seinem 83. Geburtstag ist wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Andreas Bernhard verstorben. Die Arbeitsgemeinschaft verliert damit ihren Gründer und ersten Obmann, der von 1950 bis 1964 ihre Geschicke lenkte. Sein Hinscheiden muß uns aber auch Anlaß sein, sein Wirken für die Arbeitsgemeinschaft noch einmal zu beleuchten und ihm ein ehrendes Gedenken zu bewahren.

Hofrat Dr. Bernhard gründete 1950 die Arbeitsgemeinschaft der Diplomingenieure als überparteiliche Standesvertretung mit dem Ziel, eine Verbesserung der sozialen Situation der Kollegenschaft zu erreichen, die in den ersten Nachkriegsjahren nicht gerade rosig war. Sie wurzelte in den letzten Ausläufern der Geometergewerkschaft, die in den zwanziger Jahren gegründet wurde und bis 1938 bestand. Diese kümmerte sich um die sozialen Bedürfnisse des Einzelnen, aber auch um die Vertretung der Standesinteressen, sowie um innerdienstliche, fachliche Probleme. So gesehen war es direkt eine logische Folge, daß nach dem 2. Weltkrieg nach Einführung des Koalitionsrechtes wieder eine Interessensvertretung für die höheren Beamten des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen geschaffen wurde. Als im Jahre 1948 der Österr. Verein für Vermessungswesen und Photogrammetrie wieder seine Aktivitäten aufnahm, war für die kleine Aktivistengruppe um Hofrat Dr. Bernhard klar, daß eine Interessensvertretung der A-Bediensteten des BEV darin ihren Platz finden mußte. Und so wurde am 11. April 1950 bei der 17. ordentlichen Generalversammlung des Österr. Vereins für Vermessungswesen die Arbeitsgemeinschaft der Diplomingenieure des Bundesvermessungsdienstes im Rahmen dieses Vereins aus der Taufe gehoben. Die Resonanz bei den Kollegen war überwältigend. 253 von 255 Akademikern erklärten spontan ihren Beitritt. Dieser große Vertrauensvorschuß bedeutete aber, wie Hofrat Dr. Bernhard anlässlich der 20-Jahr-Feier im Jahre 1970 betonte, eine Pflicht für die Funktionäre, die Interessen der Mitglieder mit Nachdruck zu vertreten. Und so konnten in der Zeit der 1. Obmannschaft von Hofrat Dr. Bernhard viele heute selbstverständliche Errungenschaften, seien sie nun besoldungsrechtlicher, sozialer oder standespolitischer Art, verwirklicht werden. Aber auch viele Verbesserungen im Dienstvollzug waren mit dem Namen Andreas Bernhard untrennbar verbunden.

Es wurden Forderungsprogramme aufgestellt, und die dazu von Seiten der Arbeitsgemeinschaft notwendigen Schritte und Aktionen umrissen, um in den verschiedenen Verhandlungen effizient argumentieren zu können. Wo die Arbeitsgemeinschaft allein nicht durchdringen konnte, wurden Querverbindungen zu anderen Behörden und akademischen Organisationen gesucht und gefunden.

Die Erfolge der damaligen Arbeitsgemeinschaft seien hier nur durch ein paar Schlagworte umrissen: Arbeitszeitregelung, Verbesserungen in der Reisegebührenvorschrift, Verbesserung der Beförderungsrichtlinien, Abgeltung der Überstunden, Schaffung einer Amtsleiterzulage und vieles andere.

Hofrat Dr. Bernhard leistete all diese Aktivitäten für die Arbeitsgemeinschaft neben seiner intensiven amtlichen Tätigkeit, wie der Neuorganisation der Bodenschätzung, der Leitung der gesamten Fortführung des Grundkatasters durch die damalige Abteilung K5, sowie in späterer Folge der Leitung der Abteilung Staatsgrenzen. Für sein hervorragendes dienstliches Engagement wurde ihm auch vom Herrn Bundespräsidenten das „Goldene Ehrenzeichen“ und später das „Große Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich“ verliehen.

In Würdigung seiner großen Verdienste für die Arbeitsgemeinschaft wurde im Jahre 1965 der nach ihm benannte „Dr.-Andreas-Bernhard-Preis“ gestiftet, der jenen Mitgliedern verliehen wird, die durch herausragende publizistische Arbeiten, sowie durch verdienstvolle Leistungen das Ansehen und die Interessen der Arbeitsgemeinschaft in besonderer Weise fördern. Damit wurde Hofrat Dr. Bernhard in der Arbeitsgemeinschaft ein bleibendes Denkmal gesetzt.

Die Arbeitsgemeinschaft hat Herrn Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Andreas Bernhard für seinen langjährigen, unermüdbaren Einsatz aufrichtig zu danken und wird ihm immer ein ehrendes Gedenken bewahren.

*Kurt Holler*

## Buchbesprechungen

**Rudolf Sigl: Einführung in die Potentialtheorie**, 2. Auflage, Wichmann, Karlsruhe 1989, 231 Seiten.

Die bewährte „Potentialtheorie“ von Professor Sigl liegt nunmehr in 2. überarbeiteter Auflage vor, was ebenso wie die 1985 erschienene englische Übersetzung ein Beweis für den großen und andauernden Wert des Buches darstellt.

Bücher über Potentialtheorie aus mathematischer Sicht, vom klassischen Werk von Kellogg (1929) bis zu den äußerst schwierigen Monographien über abstrakte moderne Potentialtheorie gibt es viele. Alle diese Bücher aber sind dem geodätischen Studenten kaum zugänglich, und auch der forschende Geodät, der notwendigerweise weiterführende Literatur über Potentialtheorie, Integralrechnungen oder Randwertprobleme braucht, ist (gestehen wir es nur!) dankbar, eine verständliche erste Einführung zu besitzen.

Der Inhalt behandelt zunächst in systematischer und gerade für den Anwender höchst lesbarer Form Grundbegriffe der Vektoroperationen, Integralsätze und krummlinige Koordinaten, bevor im Teil II das Newtonsche Potential (räumliche und flächenhafte Massen und Doppelschichten) ausführlich dargestellt wird. Der III. Teil behandelt Kugel- und Ellipsoidfunktionen, und im IV. Teil wird eine Einführung in die Randwertprobleme, auch in ihre Behandlung mit Integralgleichungen, gegeben, wobei der Zielsetzung des Buches als Einführung entsprechend, vor dem Problem der Schrägableitung und dem Randwertproblem von Molodenski haltgemacht wird.

Das Buch ist jedem geodätischen Studenten uneingeschränkt zu empfehlen, aber warum sollten nicht auch Physiker und Mathematiker von einer so klaren und didaktisch hervorragenden Einführung Nutzen ziehen? Ich war immer dankbar, wenn ich ein neues Gebiet der Mathematik zunächst in einer für Physiker oder andere Anwender bestimmten Darstellung kennenlernen konnte.

*Helmut Moritz*

**Manfred Bauer: Vermessung und Ortung mit Satelliten**, Wichmann, Karlsruhe 1989, 258 Seiten.

Der Schwerpunkt des Buches liegt auf GPS (Global Positioning System), dem fast 100 Seiten gewidmet sind. Vorher gibt der Verfasser eine Einführung in Grundbegriffe der Erdmessung und in theoretische Grundlagen der Satellitengeodäsie, sowie in Dopplermessungen mit Hilfe von TRANSIT.

Der Verfasser hat in hohem Maß das im Vorwort formulierte Ziel erreicht, „eine leichtverständliche, dabei nichttriviale Beschreibung von TRANSIT und GPS zu geben“. Die Darstellung ist didaktisch hervorragend und es bereitet geradezu Vergnügen, z. B. den sehr informativen Abschnitt über GPS zu lesen. Auf weiterführende Literatur, vor allem die in letzter Zeit erschienenen Bücher von M. Schneider (1988) und G. Seeber (1989), aber auch englischsprachige Monographie- und Zeitschriftenliteratur wird sorgfältig und wertend hingewiesen.

Das Buch ist primär für Hörer von Fachhochschulen geschrieben, aber auch Studenten und Absolventen technischer Universitäten sowie Praktiker werden großen Nutzen daraus ziehen.

Wenn ich meine, daß das Buch trotz der umfangreichen Literatur über GPS eine echte Lücke füllt, so liegt das in der Darstellung, denn die weiterführenden Arbeiten sind oft so speziell und setzen so viel voraus, daß der davon noch unberührte (oder unangenehm berührte) Leser eine solche Einführung als Wohltat empfinden wird.

*Helmut Moritz*

### Rudolf & August Rost – 100 Jahre – Festschrift

Es ist nicht alltäglich, daß ein industrieller Familienbetrieb das Zentenarium übersteht; noch weniger ein Unternehmen, das sich mit der Erzeugung geodätischer Instrumente und Geräte befaßt; sind in dieser Festschrift doch etwa 20 österreichische Firmen angeführt, die konjunkturmäßig aufblühten und dann leider der Vergangenheit anheimfielen.

Frau Dr. Michaela Schlögl, eine direkte Rost-Nachfahrin, verstand es großartig, Erfreuliches und Schwieriges der hundertjährigen Firmengeschichte darzustellen und in die jeweilige Umwelt der verschiedenen politischen und wirtschaftlichen Ereignisse einzubetten.

In der Geodäsie, wie in den meisten Wirtschaftszweigen, wird von den großen Forschern und Erfindern ausführlich berichtet; selten jedoch werden die Pioniere im Instrumenten- und Gerätebau erwähnt, die die erdachten Erfindungen und Neuerungen in die Tat umzusetzen verstanden.

Es soll in diesem Rahmen nur auf drei von vielen hunderten von Erzeugnissen der Fa. R. & A. Rost hingewiesen werden:

1. Die Königs idee von Eduard Ritter von Orel, die mühselige Auswertung photogrammetrischer Aufnahmen erstmals zu automatisieren, konnte die Fa. R. & A. Rost im Bau des ersten Autostereographen im Jahre 1908 verwirklichen.

2. Dipl.-Ing. Bohrn und Dipl.-Ing. Avanzini entwickelten die Idee des Coorapid (um 1939); gebaut von der Fa. R. & A. Rost. Die Verwendung dieser Koordinatenrechenmaschine ersparte dem Rechner zahlloser täglich anfallender Rechenarbeiten viele Arbeitsstunden. Ein überraschend einfaches Rechengerät, das bis zu Beginn des EDV-Zeitalters den Markt beherrschte.

3. Der Planvariograph, nach Ideen von Dr. Kilian und auf Anregung von Dipl.-Ing. Prosch entwickelt und konstruiert von der Firma R. & A. Rost, brachte dem Praktiker auf Jahrzehnte wesentliche Erleichterungen. Allein der weltweite Verkauf von ungefähr 3000 Stück spricht für sich.

Zwei Weltkriege fegten über die Donaumetropole Wien hinweg. Revolutionen, Streiks, Massenarbeitslosigkeit und wirtschaftlicher Niedergang waren zu meistern. Aber noch ein Geheimnis: Ohne Verlässlichkeit und Treue eines bestausgebildeten Mitarbeiterstabes wäre ein Durchstehen und Überleben in so schwierigen Zeiten undenkbar gewesen. Zudem kamen noch weltumwälzende Neuerungen, wie das Zeitalter der Elektrifizierung um die Jahrhundertwende und 50 Jahre später die elektronische Datenverarbeitung.

Es bleibt nur noch übrig, diesem österreichischen Familienunternehmen im Namen der Geodäten ein kräftiges Glückauf für das nächste Zentenarium zuzurufen.

*F. Allmer*

**Gruber F.: Formelsammlung für das Vermessungswesen**, 112 Seiten, 138 Abbildungen, Format DIN A5, 2. Auflage 1987, kart., DM 19.80, Dümmler Verlag, Bonn, ISBN 3-427-79082-7.

Diese Formelsammlung ist zuvor bereits im Selbstverlag des Autors erschienen. Jetzt liegt sie in neuer, überarbeiteter Auflage vor. Alle wichtigen mathematischen und geodätischen Formeln sind darin in übersichtlicher Form angeführt. Der Aufbau ist kompakt aber thematisch gut gegliedert und erlaubt durch ein ausführliches Register einen schnellen Zugriff auf die gesuchten Formeln.

Inhaltsübersicht: Mathematische Grundbegriffe, ebene Geometrie, Trigonometrie, Flächenberechnung, Matrizenrechnung, Differenzialrechnung, vermessungstechnische Grundformeln, Schnittberechnungen, Flächenteilungen, Erdmassenberechnung, Winkelmessung, optische Streckenmessung, elektronische Streckenmessung, Streckenkorrekturen und -reduktionen, Zentrierungen, Polygonierung, freie Stationierung, Transformationen, Kreisbogen, Klotoide, Gradienten, Nivellement, Trigonometrische Höhenmessung, Fehlerrechnung, Ausgleichsrechnung, Statistik.

Erwähnenswert sind die abgedruckten Tabellen für die wichtigsten statistischen Verteilungen sowie für Fehlergrenzen bei Streckenmessung und Polygonzügen. Insgesamt ist es ein gelungenes Nachschlagewerk für den Praktiker.

*Klaus Hanke*

### Contents

Ehrnsperger, W.; Erker, E.: The European Datum 1987 (ED87) and the Austrian participation.  
Bretterbauer, K.: Has Newton's gravitational law to be revised?

### Adressen der Autoren der Hauptartikel

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

Ehrnsperger, W., Dr.-Ing., Bayerische Akademie der Wissenschaften, Bayerische Kommission für die Internationale Erdmessung, Marstallplatz 8, D-8000 München 22

Erker, E., Dipl.-Ing., Dr. techn., Hofrat, Leiter der Abteilung K2 (Grundlagenvermessungen) des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Schiffamtsgasse 1–3, A-1025 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,-
<b>Generalkarte von Mitteleuropa 1 : 200 000 .....</b>	<b>S 30,-</b>
<b>Übersichtskarte von Österreich 1 : 500 000</b>	
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,-
<b>Übersichtskarte von Österreich 1 : 300 000 (Vergrößerung der Übersichtskarte von Österreich 1 : 500 000 in 4 Teilen) - ÖK 300 V</b>	
Halbkarte (West- oder Osthälfte), gefaltet .....	S 90,-
Viertelkarte, flach, je Kartenblatt .....	S 60,-
<b>Sonderkarten</b>	
Kulturgüterschutzkarten: Österreichische Karte 1 : 50 000, je Kartenblatt .....	S 80,-
<b>Österreichische Luftbildkarte 1 : 10 000, Übersicht .....</b>	<b>S 110,-</b>

## Neuerscheinungen

### Österreichische Karte 1 : 25 000 V:

Blatt 83 Sulzberg  
Blatt 120 Wörgl  
Blatt 151 Krimml

### In letzter Zeit berichtigte Ausgaben:

#### Österreichische Karte 1 : 25 000 V:

Blatt 22, 38, 50, 71, 87, 92, 103, 145, 162, 177, 181, 193, 197, 202, 205, 209

#### Österreichische Karte 1 : 50 000

Blatt 1, 28, 39, 44, 45, 46, 47, 48, 56, 80, 113, 124, 126, 131, 132, 137, 141, 154, 158, 159,  
176, 195, 196, 198, 201, 206

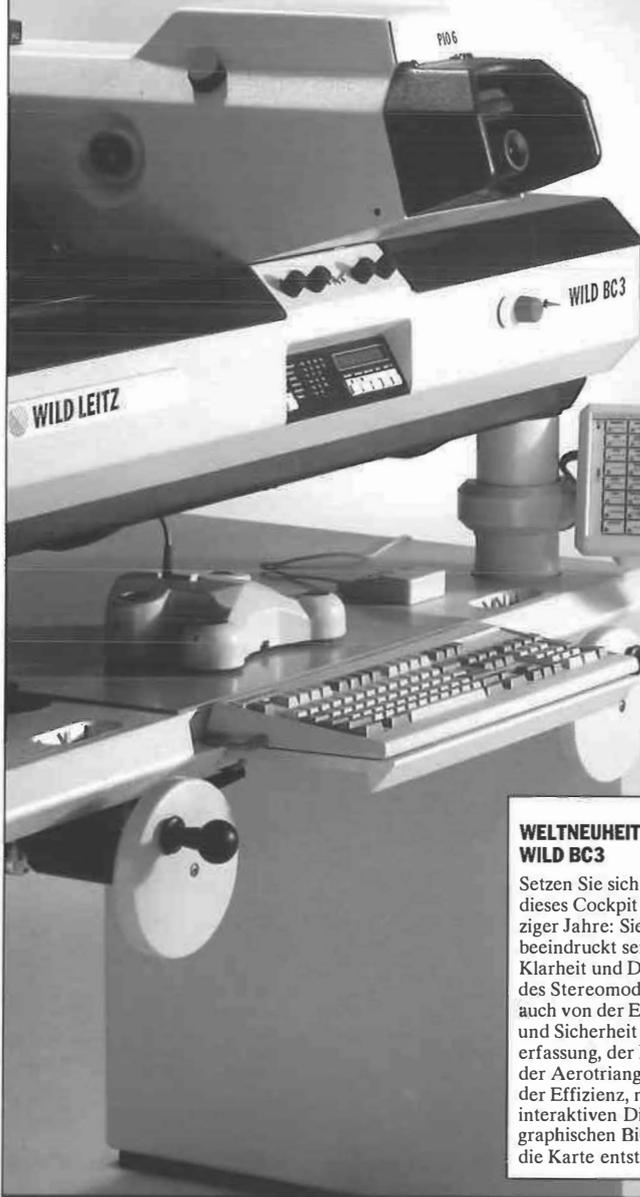
#### Österreichische Karte 1 : 100 000 V:

Blatt 48/14 Linz

#### Gebietskarten:

Ötztaler Alpen Nord 1 : 50 000

## DAS COCKPIT DER NEUNZIGER JAHRE



### WELTNEUHEIT WILD BC3

Setzen Sie sich einmal an dieses Cockpit der Neunziger Jahre: Sie werden beeindruckt sein von der Klarheit und Detailschärfe des Stereomodells. Aber auch von der Einfachheit und Sicherheit der Datenerfassung, der Präzision der Aerotriangulation und der Effizienz, mit der im interaktiven Dialog am graphischen Bildschirm die Karte entsteht. Der

WILD BC3 vereint hohe optomechanische Leistungsstärke mit modernster graphischer Workstation- und Softwaretechnologie. Als photogrammetrische Arbeitsstation integriert er sich problemlos in übergeordnete Systeme (UNIX/MS-DOS). Verlangen Sie am besten gleich jetzt die WILD BC3 Dokumentation.

**r+rost**

Alleinvertretung für Österreich:  
A-1151 WIEN · Märzstr. 7  
Telex: 1-33731 · Tel.: 0222/92 32 31-0  
Fax: 0222/95 51 40-50

 **WILD LEITZ**