



Überlegungen zur Geoidbestimmung in Österreich

Erhard Erker ¹

¹ *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Abteilung K 2,
Friedrich-Schmidt-Platz 3, A-1082 Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **68** (2), S.
79–89

1980

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Erker_VGI_198006,  
Title = {{\U}berlegungen zur Geoidbestimmung in {\O}sterreich},  
Author = {Erker, Erhard},  
Journal = {{\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen und  
Photogrammetrie},  
Pages = {79--89},  
Number = {2},  
Year = {1980},  
Volume = {68}  
}
```



Überlegungen zur Geoidbestimmung in Österreich

Von *Erhard Erker*, Wien

Summary

The possibilities and difficulties of the geoid determination with high accuracy in the mountainous region of Austria are shown. Using Helmert's formulas the influence of topography to local variations of geoid undulations is represented. This investigation points out that only detailed topographical datas and the determination of a cogeoid will give us the chance to determine a detailed geoid. Nevertheless the calculation of an east-west extended geoidal profil in the plane part of Austria was done. The results are shown in the last part of this paper.

1. Einleitung, Zielsetzung

Trotz der neuesten Tendenzen in der dreidimensionalen Geodäsie bleibt die Bestimmung des Geoides eine der wichtigsten Aufgaben der Höheren Geodäsie, und obwohl durch die Methoden der Satellitengeodäsie neue globale Möglichkeiten zur Bestimmung des Erdschwerefeldes gegeben sind, ist auch der Beitrag eines kleinen Landes wie Österreich durch die Erfassung der Kleinformen der Äquipotentialflächen von großer Bedeutung. Zudem kommt der Einfluß des Schwerefeldes auf die Arbeiten des praktischen Geodäten vor allem durch den Einsatz elektronischer Distanzmesser immer stärker zum Tragen. Und hier sind es wieder die gebirgigen Länder, in denen die Auswirkungen der geophysikalischen Komponenten eine besondere Rolle spielen.

Jede geodätische Messung, die unter Zuhilfenahme eines Lotes bzw. einer Libelle durchgeführt wird, bezieht sich auf die physikalisch definierte Lotrichtung. Den Übergang vom Meßsystem zum Rechensystem, das in der klassischen Geodäsie durch ein Rotationsellipsoid repräsentiert wird, vermitteln die Lotabweichungen bzw. die Geoidhöhen. Die exakte Reduktion der gemessenen Distanzen und Richtungen auf die Referenzfläche ist nur durch die genaue Kenntnis dieser beiden Daten möglich und erfordert die Erfassung der lokalen Feinstruktur des Geoides. Ihre Vernachlässigung kann im Hochgebirge bei steilen Visuren auch auf kurze Distanzen von wenigen Kilometern Fehler im Dezimeterbereich bewirken [1].

Vornehmste Aufgabe der mit Grundlagenmessungen betrauten Stellen muß deshalb in nächster Zeit die Schaffung eines detailreichen Geoides im gesamten Landesbereich sein. International angeregt und durch Resolutionen hervorgehoben wurde diese Zielsetzung zuletzt während der IUGG-Generalversammlung 1975 in Grenoble.

2. Die Bestimmung der Ausgangsdaten

Lotabweichungen werden in Österreich vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen bereits seit vielen Jahrzehnten bestimmt. Allerdings beschränkten sich die Beobachtungen bis vor kurzem auf Triangulierungspunkte 1. Ordnung, mit dem Ziel, eine korrekte Reduktion der gemessenen Richtungssätze auf das Bezugsellipsoid durchführen zu können. Erst nach Abschluß dieser Arbeiten, die zum größten Teil noch Azimutmessungen zur Bestimmung der η -Komponente der Lotabweichung enthielten [2], konnte im großen Stil an die zusätzliche Beobachtung von Lotabweichungen zur Geoidbestimmung gedacht werden.

Als Beobachtungsmethode hierfür kam aus den verschiedensten Gründen nur die „Methode der gleichen Höhen“ unter Verwendung des Zeiss'schen Prismenastrolabiums in Frage: Das Gerät war bereits seit einigen Jahren im Einsatz und entsprechend getestet, die Auswertung EDV-gerecht aufbereitet, die Ergebnisse auch unter Berücksichtigung der persönlichen Gleichung weitaus zufriedenstellend, und zudem läßt sich die Feldarbeit, bedingt durch den geringen instrumentellen Aufwand, überaus flexibel und rationell gestalten. Die Beobachtungen werden pro Station jeweils in zwei zeitlich mindestens eine Woche auseinanderliegenden Nächten durchgeführt. Die aus diesen Doppelmessungen resultierende äußere Genauigkeit liegt für die geographische Breite bei $m_{\varphi} = \pm 0,25''$ und für die geographische Länge bei $m_{\lambda} = \pm 0,35''$. Sind die Beobachtungsstationen nicht allzuweit voneinander entfernt – als mittlerer Punktabstand ist etwa 12 bis 18 km geplant – können in einer Beobachtungsnacht zwei, eventuell sogar drei Stationen beobachtet werden.

Bei den in Österreich herrschenden Witterungsverhältnissen kann man im Schnitt pro Woche (5 Arbeitstage) mit zwei erfolgreichen Beobachtungsnächten rechnen, so daß bei fünf Monaten Außendienst eine Partie etwa 40 Stationen pro Jahr beobachten könnte. Bis einschließlich 1979 wurden auf diese Weise auf nahezu 100 Punkten die Lotabweichungen bestimmt. Weiters sind ein großer Teil der Beobachtungen auf Punkten 1. Ordnung für die Geoidbestimmung verwendbar, und zwar auch jene, wo nur Breiten- und moderne Azimutmessungen vorliegen (insgesamt 69 Stationen). Setzt man sich eine Gesamtanzahl von 350 bis 400 Stationen zum Ziel, so könnte auch nur beim Einsatz einer Meßpartie dieses Soll in etwa fünf Jahren erreicht werden.

Da, wie die späteren Überlegungen zeigen werden, eine Geoidbestimmung mit einem mittleren Fehler von ± 1 dm im Gebirge auch mit der oben angeführten Datendichte ohne Berücksichtigung der Topographie unmöglich ist, wäre mindestens bis zu dem Zeitpunkt des Abschlusses der Außendienstarbeiten auch die Erstellung eines digitalen Geländemodelles notwendig. Hier ergibt sich eine günstige Möglichkeit der Koordinierung durch die derzeit

laufenden Arbeiten der österreichischen Landesaufnahme (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Gruppe L) bei der Herstellung der österreichischen Luftbildkarte. Nach diesem Projekt könnte in 5 bis 7 Jahren im Großteil Österreichs ein photogrammetrisches, digitales Geländemodell erstellt und in einer Geländehöhendatenbank gespeichert sein, so daß sich die händische Entnahme von Geländehöhen auf einige wenige Gebiete beschränken würde.

3. Genauigkeitsabschätzungen und Punktdichte

Für eine landesweite Geoidbestimmung war vorerst abzuschätzen, in welcher Dichte die Beobachtungsstationen anzuordnen wären. Der Wahl einer Distanz von 12 bis 18 km, wie sie letzten Endes im laufenden Projekt verwendet wird, lagen die folgenden Überlegungen zugrunde:

Organisatorisch-arbeitstechnisch ist bei dieser Entfernung vor allem von Vorteil, daß sie die problemlose Beobachtung zweier Stationen in einer Nacht gestattet. Weiters lagen Forschungsergebnisse vor, die darauf schließen ließen, daß etwa 15 km Distanz ein flächenhaftes astronomisches Nivellement mit einer der Lagegenauigkeit entsprechenden Höhengenaugigkeit, vor allem bei der Verwendung zusätzlicher Informationen, wie Topographie und eventuell Schwerefeld, liefert [3].

Um diese Angaben zu verifizieren, wurde sowohl im Flachland (Parallel 48° n. Br.) als auch im Hoch- und Mittelgebirge (Meridian 13° östl. Gr.) mit Versuchsmessungen begonnen. Daß auch im Flachland keine geringere Punktdichte verwendet wurde, hat seinen Grund vor allem in der oben angeführten organisatorischen Überlegung. Gerade im nördlichen und östlichen Bundesgebiet sind die aus alten Messungen vorliegenden Lotabweichungsbestimmungen auf Punkten 1. Ordnung für ein astronomisches Nivellement aus Genauigkeitsüberlegungen [2] nicht verwendbar. Eine ausschließliche Nachmessung dieser Stationen hätte aber nahezu denselben Zeitaufwand zur Folge, wie eine Verdichtung auf etwa 18-km-Distanzen. Darüber hinaus können diese Lotabweichungen im Flachland auch ohne zusätzliche Angaben für ein flächenhaftes astronomisches Nivellement mit einer zu erwartenden Genauigkeit von ± 10 cm verwendet werden, wie im folgenden an Hand des Geoidprofiles in 48° nördl. Breite noch gezeigt wird.

Anders liegen die Verhältnisse im Gebirge. In alpinen Bereichen bewirken relative Höhenunterschiede von 1000 m bereits Verformungen der Niveauflächen und damit lokale Undulationen von etwa 20 cm. Dies kann ebenfalls an einem Beispiel gezeigt werden (Abschnitt 4). Hier ist eine Geoidberechnung im Dezimeterbereich nur auf dem Umweg über ein topographisches Cogeoid sinnvoll. Wie schon in anderen Untersuchungen gezeigt wurde, sind die Schichtenlinien am Geoid mit dem Verlauf der Topographie eng korreliert [4]. Eine analytische Darstellung der Geoidfläche erscheint deshalb bei den oben

genannten Genauigkeitsforderungen überhaupt unmöglich, hier wäre eine graphische Darstellung sicher vorzuziehen. Wesentlicher ist dagegen die mathematische Formulierung durch Polynome, Spline-Funktionen etc. für das Cogeoid als Interpolationsfläche. Die große Punktdichte ist für die Berechnung der topographisch reduzierten Lotabweichungen und damit des Cogeoides von großer Bedeutung. Dies läßt sich leicht daran erkennen, daß die nach der topographischen Reduktion noch in den Lotabweichungen enthaltenen Anteile, die sich vor allem aus den nicht oder nur schwer erfaßbaren Dichteanomalien im obersten Bereich der Erdkruste sowie aus dem begrenzten Einzugsgebiet ergeben, in den eng benachbarten Punkten nur geringe Unterschiede aufweisen. D. h. der systematische Einfluß wird durch die hohe Punktdichte leicht interpolierbar. Zum Unterschied zu den großräumigen Interpolationen, die zur Darstellung des Schweizer Geoides führten [4] oder den Lotabweichungsinterpolationen auf Stationen 1. Ordnung in Tirol [2] kann hier auf isostatische Überlegungen bzw. auf Hypothesen über die unterirdischen Dichteverhältnisse verzichtet werden. Es wäre denkbar, daß sogar eventuell die Möglichkeit bestünde, bei einer Umkehrung des Problems aus den zusätzlich gemessenen Daten auf etwaige Unstimmigkeiten in den Annahmen über die Dichteverhältnisse unter den Alpen zu schließen.

4. Der Einfluß regelmäßiger Massenverteilungen auf die Niveaflächen

Anhand der folgenden Modellrechnungen soll gezeigt werden, daß für ein flächenhaftes astronomisches Nivellement im Gebirge bei einer geforderten Genauigkeit von $m_N = \pm 10$ cm die zwischen den Beobachtungsstationen (Distanz etwa 15 km) liegende Topographie nicht vernachlässigt werden kann.

Synthetische Untersuchungen über die Einflüsse gegebener Massen auf die Niveaflächen in der Nähe der Erdoberfläche wurden bereits von *Helmert* in seinem fundamentalen Werk „Die mathematischen und physikalischen Theorien der Höheren Geodäsie“ durchgeführt [5]. Ausgehend von den Helmerischen Formeln über den Einfluß langer, horizontaler Prismen auf die Niveaflächen, lassen sich unter der Voraussetzung eines gleichschenkeligen Querschnittes Untersuchungen über ein konkretes Geoidprofil durchführen.

Das Potential der Anziehung eines Linienelementes mit dem Querschnitt dq und der Erstreckung von $-L_1$ bis $+L_2$ in der x -Richtung bei r als kürzesten Abstand vom Aufpunkt A ist gegeben durch:

$$dV = k^2_D \int_{-L_1}^{+L_2} \frac{dq \cdot dx}{r^2 + x^2} \quad dV = 2k^2_D \ln \frac{2L}{r} dq$$

$$V = 2k^2 D \int_0^{r_1'} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} r \ln \frac{2L}{r} dr d\varphi$$

$$V = k^2 D r_1'^2 \sin \gamma_1 \left[\text{ctg } \gamma_2 \left(\ln \frac{2L}{r_2'} + \frac{3}{2} \right) + \text{ctg } \gamma_1 \left(\ln \frac{2L}{r_1'} + \frac{3}{2} \right) - (\varphi_2 - \varphi_1) \right]$$

D ... Dichte

k^2 ... Gravitationskonstante

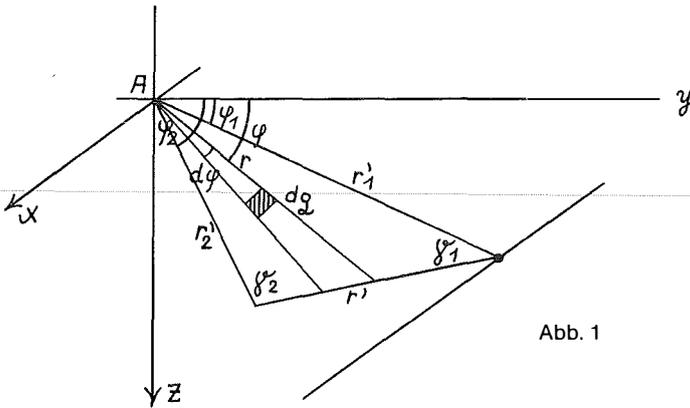


Abb. 1

Durch obigen Übergang auf Polarkoordinaten und zweimalige partielle Integration erhält man den endgültigen Ausdruck für das Potential eines langen horizontalen Prismas. Liegt der Aufpunkt innerhalb oder außerhalb des prismatischen Körpers, können Potential und Anziehung jeweils aus der Wirkung zweier Teilprismen zusammengesetzt gedacht werden. Wenn als normale Schwerkraft an der Erdoberfläche der Wert

$$G = \frac{4}{3} \pi k^2 D_m R, \text{ wobei } D_m \doteq 2 D$$

angesetzt wird, läßt sich mit dem Quotienten Potential durch Schwerkraft die Erhebung δH der gestörten über der ungestörten Niveaufläche gleichen Potentialwertes ausdrücken. Damit lautet die Formel für den Aufpunkt innerhalb des Prismas bei gleichschenkeligem Querschnitt:

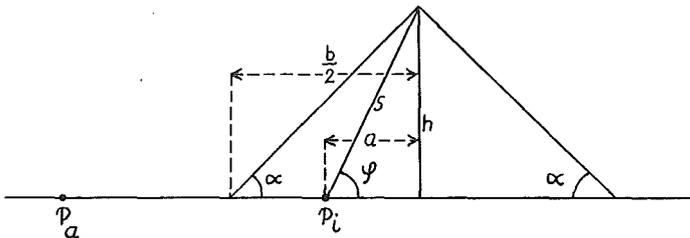


Abb. 2

$$\delta H_1 = Kh^2 \left[\left(\frac{3}{2} + \ln \frac{2L}{s} \right) \frac{b}{h} - \left(\frac{b/2 + a}{h} \right)^2 \left(\varphi \sin^2 \alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \ln \frac{s}{b/2 + a} \right) - \right. \\ \left. - \left(\frac{b/2 - a}{h} \right)^2 \left[(\pi - \varphi) \sin^2 \alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \ln \frac{s}{b/2 - a} \right] \right]$$

$$K = 1,87352 \cdot 10^{-8} \text{ m}^{-1}$$

Die sich ergebenden Oberflächenformen der gestörten Niveauläche können für die Höhe 0 unmittelbar als Feinstruktur des Geoides interpretiert werden, da ungestörte Niveauläche und Referenzellipsoid sich für den differentiellen Bereich der Untersuchung bei gleicher Gestalt nur durch eine Verschiebung und eine Drehung in ihrer Lage unterscheiden.

Als praktisches Beispiel wurde die in Ost-West-Richtung verlaufende Verbindungslinie zwischen den beiden astronomischen Stationen Reißbrachkopf bei Rauris und Dorfgastein im nördlichen Teil der Hohen Tauern gewählt. Hier wurde bis zum Jahre 1979 auch in der weiteren Umgebung die erstrebte Punktdichte von 15 km bereits erreicht. Darüber hinaus gibt es vor allem im Bereich des Rauriser Tales zusätzlich beobachtete Punkte, die eine Verifikation der Prädiktionsergebnisse erlauben. Die Lotabweichungen dreier weiterer Punkte wurden durch Interpolation auf einem topographischen Geoid berechnet.

Zwischen den beiden etwa 13 km voneinander entfernten Ausgangsstationen wurde nun unter drei voneinander verschiedenen Voraussetzungen versucht, ein Geoidprofil zu berechnen.

a) Numerische Integration, ausgehend von einer Karte mit Linien gleicher η -Werte:

Bekanntlich läßt sich die Geoidhöhendifferenz ΔN_{AB} zwischen zwei Punkten eines Profiles durch folgende Formel darstellen:

$$\Delta N_{AB} = N_B - N_A = - \int_A^B (\varepsilon - LK) ds$$

Die beobachtete Oberflächenlotabweichung ε ist vor der Integration noch um den Betrag der Lotkrümmung LK auf die Höhe 0 zu reduzieren. Diese Lotkrümmungsreduktion, berechnet aus der topographischen Massenverteilung, wurde in allen verwendeten Punkten angebracht. Da der Geoidschnitt in Ost-West-Richtung verläuft, ist das Integral darstellbar durch

$$\Delta N_{RD} = N_D - N_R = - \int_R^D \eta ds$$

Die Integration wurde numerisch für Kilometer-Abschnitte durchgeführt und ergibt den in Abb. 3 dargestellten Profilverlauf.

b) Berechnung der Erhebung der gestörten Niveauläche über der ungestörten (die Untersuchung wird anhand der in der Höhe des Talbodens verlaufenden Niveauläche mit $H = 1000$ m durchgeführt):

Abb.3

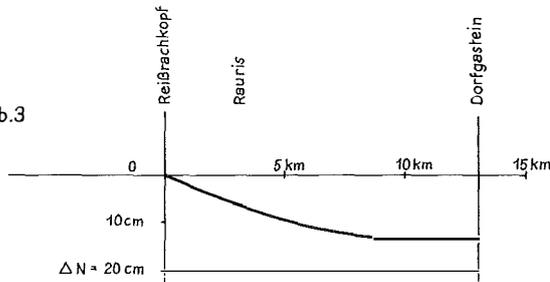


Abb.4

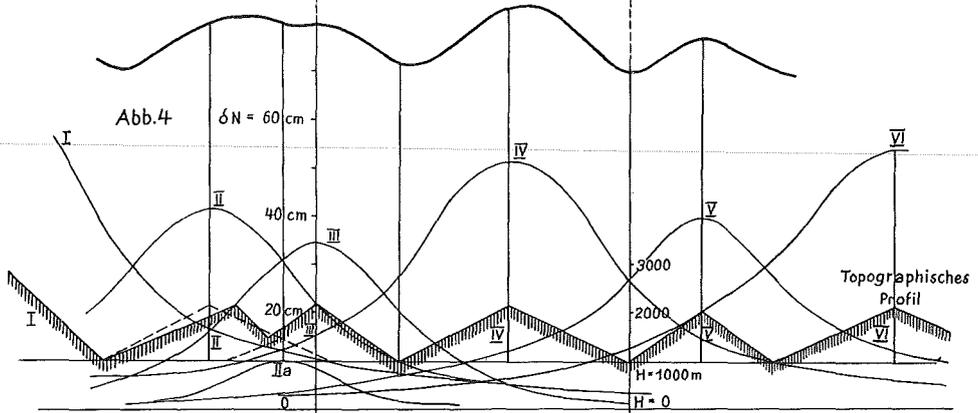


Abb.5

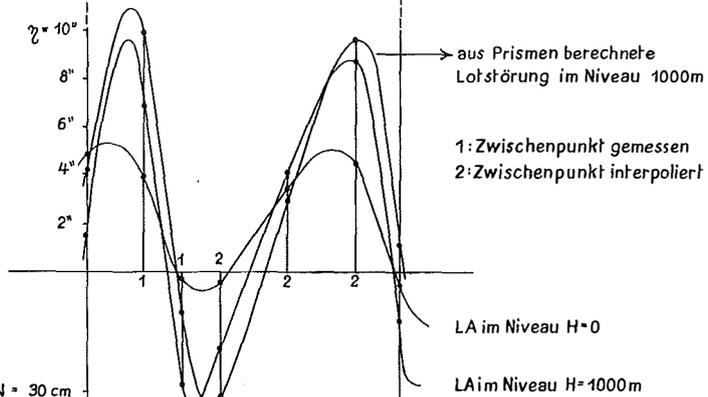
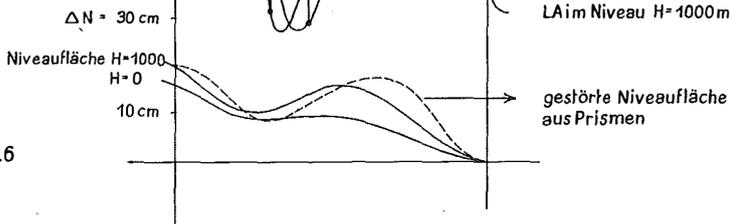


Abb.6



Die Überlagerung der Gravitationswirkung der in einzelne regelmäßige Körper, im speziellen in lange, horizontale Prismen aufgelösten Topographie wird in Abb. 4 dargestellt. Natürlich ist eine derartige Schematisierung nur sehr genähert möglich, vor allem ist die Länge $2L$ der Prismen nicht mehr voll den Helmertschen Voraussetzungen entsprechend. Auch ist die Geländeform selbst, vor allem im Gebiet des Reißbrachkopfes, nur mehr mit großen Schwierigkeiten durch ein Prisma darstellbar. Hier wurde die Annäherung durch zwei überschneidende Prismen versucht, wobei der Massenüberschuß durch eine negative Kompensation wieder egalisiert wurde.

c) Numerische Integration bei kürzeren Stationsabständen:

Um einen Vergleich mit b) durchführen zu können, ist ebenfalls das Profil für die Niveauläche in der Höhe $H = 1000$ m zu bestimmen. Der Verlauf der Lotabweichungskomponente η in der Höhe 0 und 1000 m ist in Abb. 5 dargestellt. Daraus folgen durch Integration die Profile durch die entsprechenden Niveaulächen (Abb. 6). Ein Vergleich der beiden Kurven läßt unmittelbar die Nichtparallelität der beiden Niveaulächen und damit die orthometrische Korrektur von $H = 0$ bis $H = 1000$ m im Schnitt Reißbrachkopf–Dorfgastein ablesen. Weiters läßt sich erkennen, daß die relativen Extremwerte der Geoidprofile nicht mit den höchsten und tiefsten Stellen der Topographie zusammenfallen. Hier kommt ein Trend zum Ausdruck, der wahrscheinlich vor allem durch die massereichen Gebirgsstöcke im Westen bedingt ist.

Wie vorauszusehen war, weicht das aus Prismen bestimmte Geoidprofil bis zu 5 cm vom wahrscheinlichsten Verlauf ab. Um unmittelbar vergleichen zu können, wurde der Verlauf des Profiles auch in Abb. 6 eingezeichnet, wobei Anfangs- und Endpunkt der Kurven ident gesetzt wurden. Übereinstimmend kommt die Dimension des Einflusses lokaler Störmassen zum Ausdruck. Hier ergeben sich relative Undulationen bis zu 20 cm bei einem Gebirgsrücken mit einem relativen Höhenunterschied von 1000 m und großer Längserstreckung.

Um eine Prädiktion von Lotabweichungen in beliebigen Geländepunkten im Bereich von etwa $2''$ durchführen zu können – das würde der angestrebten Genauigkeit für triangulatorische Zwecke entsprechen – sowie um Aussagen über Undulationen im Bereich unter 1 dm machen zu können, kann daher allein mit den wegen Lotkrümmung reduzierten Lotabweichungen auch bei einer Dichte von 12 bis 15 km im Hochgebirge nicht das Auslangen gefunden werden. Damit die wellenförmige Struktur des Geoides möglichst lückenlos erfaßt wird, müßte man in allen Extremstellen der Lotabweichung zusätzliche Punkte bestimmen oder interpolieren. In welchem Bereich des Hanges sich die Punkte mit größter Lotabweichung befinden, läßt sich ebenfalls leicht abschätzen. Hier können die von *Helmert* in [5] § 12 abgeleiteten Formeln Anwendung finden. Die dort durchgeführten Untersuchungen beziehen sich zwar wieder auf eine Gegenüberstellung von gestörter und ungestörter

Niveaufläche, können aber mit denselben Voraussetzungen, nämlich daß ungestörte Niveaufläche und Referenzellipsoid sich für den differentiellen Bereich der Untersuchung nur durch eine Drehung und Parallelverschiebung unterscheiden, auch vom Begriff Lotstörung auf die Lotabweichung übertragen werden. Der Verlauf der auf diese Weise bestimmten Lotstörungen im Niveau $H = 1000$ m ist in Abb. 5 eingetragen. Die gute Übereinstimmung mit den beobachteten bzw. interpolierten und wegen Lotkrümmung auf das Niveau 1000 m reduzierten Werten ist direkt abzulesen.

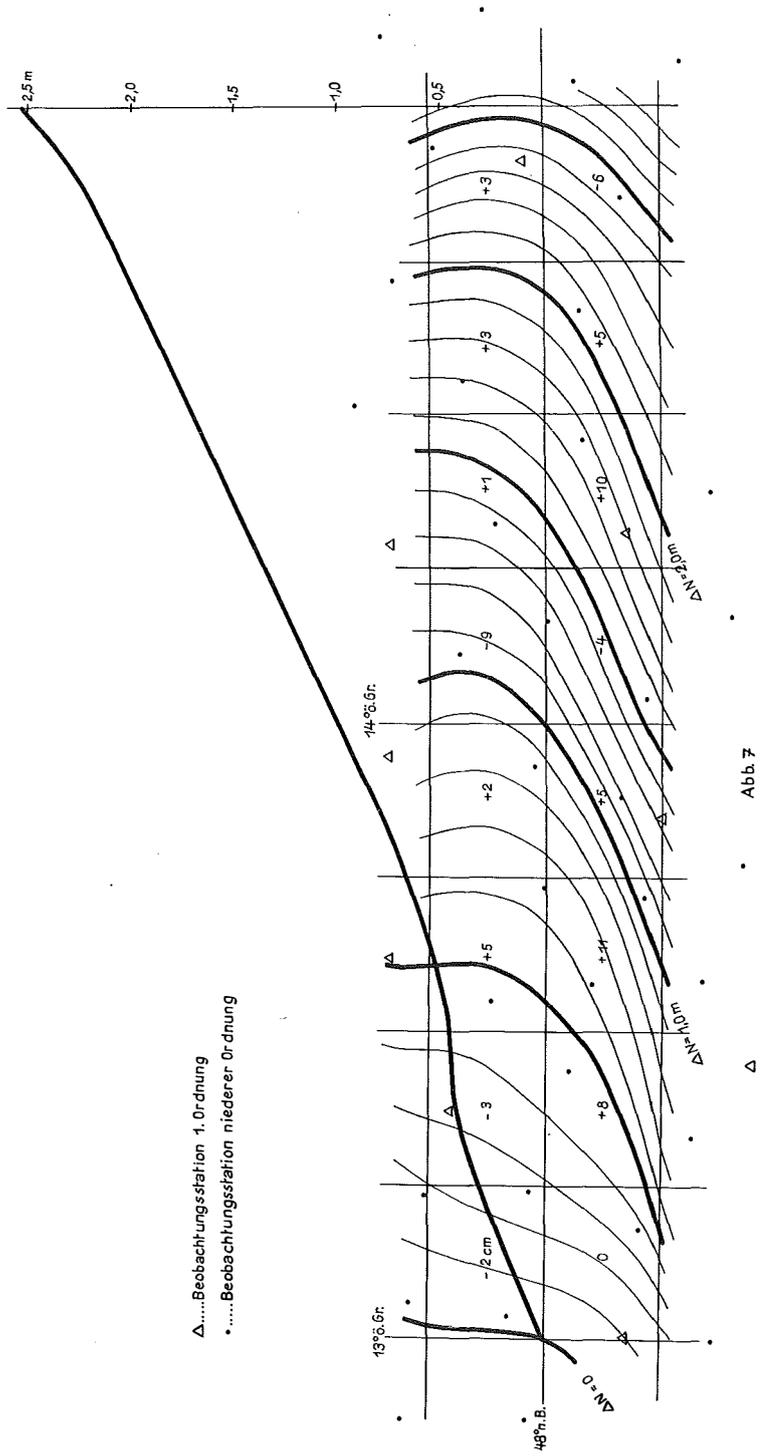
5. Ein Geoidprofil in 48° nördl. Breite

In den Jahren 1977 bis 1979 wurden entlang des Parallel 48° nördl. Breite zwischen Salzburg und dem Erlauftal eine Anzahl von Stationen bei einer Punktdichte von etwa 15 km beobachtet. Als Ergebnis liegen Lotabweichungskarten mit 1"-Isolinien vor. Bezugssystem ist das Bessel-Ellipsoid. In der Karte gleicher ξ -Werte kommt dabei der Abfall des Geoides am Nordrand der Alpen gut zum Ausdruck. Das Astronomische Nivellement nach *Helmert* ergibt die Differenz der Geoidundulationen aus der Integration der Lotabweichungen. Streng genommen müßte auch hier, wie beim Profil Reißbrachkopf-Dorfgastein die Nichtparallelität der Niveauflächen durch eine Reduktion der Oberflächenlotabweichungen wegen Lotkrümmung berücksichtigt werden. Auf eine Anbringung des Faktors LK wurde hier im Flachland jedoch vorerst verzichtet.

Das Profil ist durch zwei parallele Streifen mit Gittermaschen von 7,5' (Breite) \times 15' (Länge) repräsentiert. Das Wegintegral wurde durch eine Summation von 1-km-Inkrementen in den Lotabweichungskarten berechnet. Die sich pro Abschnitt ergebenden Undulationsdifferenzen bilden 16 Schleifen mit den in Abb. 7 jeweils in der Mitte einer Schleife eingetragenen Widersprüchen. Die Extremwerte liegen bei +11 cm und -9 cm. Ein Näherungsausgleich der Höhenunterschiede – die wegen der Bildung der $\Sigma\epsilon$ ds aus den ξ, η -Karten miteinander nicht kontrollierbar korreliert sind – ergab das in Abb. 7 dargestellte Profil. Ein Vergleich der Schleifenwidersprüche mit den Werten im Netz 1 des Testfeldes Harz [3] läßt eine gute Übereinstimmung der Größenordnungen erkennen, so daß man, ohne vorläufig auf genauere Analysen eingehen zu müssen, mit einem mittleren Fehler der ΔN kleiner als ± 10 cm rechnen kann.

6. Endgültige Projekterstellung

Nach den in Abschnitt 4 durchgeführten Abschätzungen läßt sich erkennen, daß eine detailreiche Geoidbestimmung im alpinen Österreich nur unter Verwendung von topographischen Daten sinnvoll ist. Nachdem mit der



digitalen Erfassung von Geländehöhen durch die Photogrammetrie erst in den nächsten Jahren gerechnet werden kann, ist eine topographische Reduktion der Lotabweichungen bzw. eine Bestimmung einer Interpolationsfläche (eines Cogeoides) nur in jenen Bereichen vorzuziehen, in denen seitens der Landesvermessung für triangulatorische Zwecke ein dichtes Lotabweichungsfeld gewünscht wird. Die EDV-mäßige Aufbereitung der Formeln zur Berechnung von Lotabweichungen und Lotkrümmungen aus Massen (sowohl für Kreisringkompartimente als auch für Quader) liegt vor.

Parallel dazu könnte eventuell eine näherungsweise Bestimmung des Geoides nur aus den wegen Lotkrümmung reduzierten Oberflächenlotabweichungen versucht werden. Ergebnisse wären im Flachland (s. Abschnitt 5) sicher repräsentativ. Mit einem detaillierten Geoid im Genauigkeitsbereich unter 1 dm in den Alpen kann erst nach Vorliegen des digitalen Geländemodells gerechnet werden.

Literatur

[1] Zeger, J.: Untersuchungen über die trigonometrische Höhenmessung und die Horizontierung von schräg gemessenen Strecken. ÖZfVuPh., Sonderheft 32, Wien 1978.

[2] Bundesamt für für Eich- und Vermessungswesen: Die astronomisch-geodätischen Arbeiten Österreichs für ED 77, Wien 1979.

[3] Torge, W.: Untersuchungen zur Höhen- und Geoidbestimmung im dreidimensionalen Testnetz Westharz. ZfV Nr. 4/1977.

[4] Gurtner, W.: Das Geoid in der Schweiz. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, 32. Bd., 1978.

[5] Helmert, F. R.: Die mathematischen und physikalischen Theorien der Höheren Geodäsie, II. Teil. Leipzig 1884.

Mitteilungen, Tagungsberichte

Bildausgabegerät für digitale Daten – Entwicklung eines Prototyps für die Fernerkundung

Von der Technisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät wurde Dipl.-Ing. *Helmut Hruska* (Firma Austroplan, Wien) mit der Dissertation „Bildausgabegerät für digitale Daten – Entwicklung eines Prototyps für die Fernerkundung“ zum Dr.-techn. promoviert. Gutachter waren Prof. Dr.-Ing. *K. Kraus* und Prof. Dr.-techn. *P. Skalicky*.

Autorreferat: Bei den modernen Verfahren der Photogrammetrie und Fernerkundung spielt die farbige Ausgabe der digitalen Bildinformationen eine wichtige Rolle. Für die Bildausgabe stehen heute zwar leistungsfähige Farbbildröhren und zeilenweise einen Farbfilm belichtende optische Systeme (Optronics) zur Verfügung. Es fehlt aber bisher ein Ausgabegerät auf Farbfilm für großformatige Bilder in beliebigen Maßstäben.