



Zur gravimetrischen Bestimmung von Trennflächen der Dichte im Gebirge

Bruno Bauer ¹

¹ *Institut für Vermessungswesen und Photogrammetrie an der Universität Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Technikerstraße 13*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **63** (1), S. 2–11

1975

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Bauer_VGI_197502,  
  Title = {Zur gravimetrischen Bestimmung von Trennfl{"a}chen der Dichte im  
    Gebirge},  
  Author = {Bauer, Bruno},  
  Journal = {"0sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen und  
    Photogrammetrie},  
  Pages = {2--11},  
  Number = {1},  
  Year = {1975},  
  Volume = {63}  
}
```



von vier Wochen den Plan unter der fachkundigen Beratung eines Vermessungsbeamten im Vermessungsamt einzusehen und dann gegebenenfalls Einwendungen zu erheben. Diese Neuregelung trägt dem Umstand Rechnung, daß solche Pläne für Personen, die nicht die notwendige Sachkenntnis aufweisen, schwer oder gar nicht lesbar sind und entspricht überdies der bewährten Regelung in anderen Rechtsbereichen, wie etwa dem Baurecht.

Diese Bestimmungen stellen den Kern der Novelle dar und lassen eine wesentliche Beschleunigung der Umwandlung des Grundsteuerkatasters in den Grenzkataster erwarten.

Die meisten der übrigen Änderungen gehen auf Anregungen der verschiedensten Vermessungsbefugten zurück, bringen Verfahrenserleichterungen mit sich und dienen so dem Hauptzweck der Novelle, die Neuanlegung des Grenzkatasters zu beschleunigen, ohne an den Grundsätzen der Neuordnung der Landesvermessung Änderungen durchzuführen.

Friedrich Hrbek

Zur gravimetrischen Bestimmung von Trennflächen der Dichte im Gebirge

Von *Bruno Bauer*, Innsbruck*)

Zusammenfassung

Im Gebirge wird ein digitales Geländemodell erstellt, das nach Möglichkeit aus liegenden unendlichen Prismen besteht. Die untere Begrenzung ist zunächst eben.

Schweremesspunkte am Rand der gesuchten Störung dienen zur Einpassung des Meßprofils und führen zu einem parabolischen unteren Abschluß des Modells. Aus den Anomalien als Differenz zwischen Messung und Modellschwere kann eine Trennfläche der Dichte unterhalb der Meßpunkte berechnet werden.

Summary

For mountainous regions we build up a digital terrain model using horizontal infinite prisms. For the present the lower limitation shall be plane.

Measuring points on the edges of the searched disturbance serve to fit in the gravity profile and result in a parabolic lower limitation of the model. From the anomalies which are differences between gravity measuring and model we can compute a surface of density contrast beyond the measuring points.

1. Einleitung

Von *I. R. Qureshi* und *H. G. Mula* wurde 1971 in [2] eine Methode angegeben, Trennflächen der Dichte unterhalb ebener Meßflächen mittels Iteration zu bestimmen. Die Beispiele aus Afrika zeugen von der Anwendbarkeit in Großräumen.

Bei Bestimmung lokaler Störungen im kuperten Gelände wird jedoch die in diesem Artikel offensichtlich verwendete Bouguer-Anomalie mit bedeutenden Fehlern von seiten der Topographie belastet sein. Es soll nun versucht werden, durch Anlage

*) Diese Arbeit entstand am Institut für Vermessungswesen und Photogrammetrie der Universität Innsbruck in Zusammenarbeit mit der Alpinen Forschungsstelle Obergurgl (AFO).

eines entsprechenden Modells den Einfluß der Geländeform möglichst herabzudrücken; damit kann das Problem der Anomalien für die Bestimmung der Trennflächen im Gebirge gelöst werden.

2. Berücksichtigung der Topographie

Zur „exakten“ Berechnung der Schwereanomalien muß in jedem Meßpunkt die topographische Reduktion bestimmt werden. Die ehemals angewandte Methode mit Zerlegung des Geländes in Kreisringsektoren gehört heute der Vergangenheit an.

Am sichersten ist die praktisch voraussetzungslose Zerlegung in regelmäßige, stehende Prismen, wie sie in letzter Zeit mehrfach angewandt wird [3], [4]. Sie ist ohne Zweifel rechenzeit- und speicheraufwendig.

Bei günstiger Geländeform, wie sie z. B. Gebirgstäler oft darstellen, kann man auch das zweidimensionale Modell mit liegenden, unendlichen Prismen wählen**). Davon soll vor allem in dieser Arbeit Gebrauch gemacht werden. Die Grundidee läßt sich ohne Schwierigkeiten auf die dritte Dimension ausdehnen, nur müssen dann entweder mehr Voraussetzungen oder mehr Messungen gemacht werden.

Zur Gewinnung einfacher Anomalien kann man nach Anbringen der topographischen Reduktion auf einen Vergleichshorizont reduzieren. Im Gebirge wird man aber nicht ohne weiteres die Normalschwere als Bezug nehmen können, da in den Meßwerten noch große regionale Felder stecken.

Diese wirken zunächst wie eine Parallelverschiebung und Kippung des Bezugsniveaus.

3. Modell

Den Überlegungen von 2. folgend legen wir ein digitales Geländemodell in Form eines liegenden, von einem Polygon umschriebenen, unendlich langen Prismas an. Bei bedeutenderen Abweichungen des Geländes von der geraden, horizontalen Prismenform wird eine Reduktion der tatsächlichen Form auf das Prisma die erste Stufe der dreidimensionalen Bearbeitung sein.

In der X-Richtung wird das Profil beidseitig so lange erstreckt, bis eine weitere Fortsetzung keine meßbare Wirkung im Schwereprofil mehr erwarten läßt. Danach wird es senkrecht abgebrochen und mittels einer horizontalen Geraden unten begrenzt.

Die Höhe der dabei entstehenden Ebene, die eine Art Ausgleichsfläche darstellt*), ist den Gegebenheiten anzupassen und hat keinen besonderen Einfluß auf das Resultat (siehe Beispiel Rotmoos im Abschnitt 10: 20% Änderung bringen im Mittel 17 cm Höhenänderung der Trennfläche). Als Maxime kann gelten, daß unterhalb des Meßprofils soviel Gestein liegen soll, daß die späteren kleinen Verschiebungen der unteren Begrenzung keinesfalls eine negative Dicke bewirken werden, daß aber auch eine so geringe Tiefe gewählt wird, daß man eher von einer Platte als von einem Block sprechen kann. Siehe dazu Fig. 1.

***) Siehe *F. R. Helmert* [1], S. 278f.

*) Jedoch nicht zu verwechseln mit Druckausgleichsflächen der Isostasie.

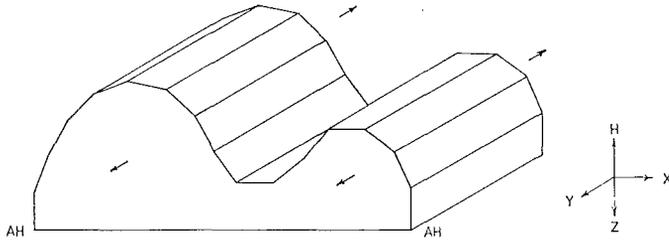


Fig. 1: Modell

4. Berechnung der Modellschwere

Mit Hilfe der von Helmert [1], [5] angegebenen Formeln für ein dreiseitiges Prisma wird für alle Meßstationen die Schwere im Modell berechnet. Ein Umarbeiten wie in [2] verlangt mehr Speicher und spart etwas Rechenzeit, die heute nicht mehr ins Gewicht fällt.

Die notwendige Dichte wird entweder aus benachbarten Nettleton-Profilen oder aus Handstücken gewonnen. Im anstehenden Fels ist sie erfahrungsgemäß leicht und sicher anzugeben.

Bis zur Ausgleichsfläche wird nun das Modell der Natur — in erster Näherung — gerechnet. Es ergeben sich relativ kleine Schwerewerte, weil ja noch die Masse der Erde fehlt. Bezüglich der Meßpunkte kann diese im Außenraum auf einen Massenpunkt konzentriert werden. Es muß also zu allen Modellwerten noch ein Betrag dazuaddiert werden, der jeweils nur um den Wert Normalgradient mal Höhe differiert:

$$G_{MODi} = \bar{G}_{MODi} + \frac{M_E \cdot k^2}{(R_E + H_i)^2}$$

(\bar{G}_{MODi} = Modellschwere, G_{MODi} = gerechnete Schwere,
 M_E = Masse der Erde, R_E = Abstand Erdschwerpunkt — Geoid \doteq const.,
 H_i = Meereshöhe, k^2 = Gravitationskonstante)

Wir sparen uns jedoch den Hauptteil dieser Verbesserung (ca 980 gal), der aus Erde und bis jetzt noch nicht erwähnter regionaler Schwerestörung besteht, da er für alle Meßpunkte eine Konstante darstellt.

Wenn man in Anbetracht einer lokalen Anwendung des Verfahrens von Ellipsoidgestalt und Rotation der Erde absieht, kann man daher mittels des bekannten Freiluftgradienten die Meßwerte auf einen Horizont projizieren. Dabei muß man den Normalgradienten verwenden, da ja zunächst nur die Unterschiede der Entfernungen zum Erdschwerpunkt berücksichtigt werden sollen. Das läßt sich auch so verstehen, daß alle für die zweite Ableitung des Potentials wesentlichen Einflüsse der Topographie (Bergspitzen und Täler mit großen Niveauflächenkrümmungsunterschieden) bereits im Modell wirken.

Die halbe Änderung des Vertikalgradienten der Schwere mit der Höhe ist nach [6, S. 400]

$$\Delta_{GRAD} = - 0.000\ 072 \cdot h_{km},$$

was bei einer Höhendifferenz von 200 m in der Schwere selbst weniger als 0.003 mgal ausmacht. Bei größeren Unterschieden in den Höhen der Meßpunkte ist diese Abnahme jedoch zu berücksichtigen.

Restfehler in Vertikalgradienten, falls solche durch genaue Messung bekannt werden, können erst in einem zweiten Berechnungsgang Verwendung finden. Sie entspringen weiteren, nicht bekannten Störungen, die aber alle in die zu bestimmende Störung eingeflochten werden.

Mit dem Gravimeter messen wir meist nur relative Profile. Sollten einmal durch Anhängen an das Schweregrundnetz Absolutwerte bekannt sein, so bringt das nicht viel, da uns großräumige, im Lokalbereich eher konstante Abweichungen hier nicht interessieren.

5. Einpassung des Meßprofils

Es sind zwei Gruppen von Meßpunkten zu unterscheiden:

1. Punkte, die zur Einpassung des Profils in das Modell dienen und
2. Punkte, die zur Bestimmung der gesuchten Störung dienen.

Zur Einpassung wird immer nur die Gruppe 1 verwendet.

Zunächst werden alle Meßwerte so parallel verschoben, daß sie den Modellwerten in den Anpaßpunkten möglichst nahe kommen. Mit

$$G_{MESSi} = \bar{G}_{MESSi} - \frac{\sum_{k=1}^{AP} (\bar{G}_{MESSk} - G_{MODk})}{n_{AP}}$$

(wobei G_{MESSi} = parallel verschobene Messung, \bar{G}_{MESSi} = reduzierte Messung, n_{AP} = Anzahl der Anpaßpunkte) wird die Summe der Anpaßfehler Null.

Die verbleibenden Differenzen (Gruppe 1 und 2) haben generell zwei Ursachen, und zwar einerseits die gesuchte Störung und andererseits systematische und zufällige Fehler. Zu den beiden letzteren gehören die Ellipsoidgestalt und Rotation der Erde, das regionale Feld (Gebirgsbildung tief unter dem Meßgebiet) und die unvermeidlichen Messungsfehler.

Um den systematischen Fehlern zu begegnen, liegt der Gedanke nahe, den unteren, praktisch willkürlich gewählten Abschluß des Modells nicht eben, sondern der Erdkrümmung angepaßt im Profil als Kreis anzunehmen. Aus rechentechnischen Erwägungen wählt man aber noch besser eine einfacher zu behandelnde Kurve zweiter Ordnung, wie sie die quadratische Parabel darstellt: Fig. 2, Fall A).

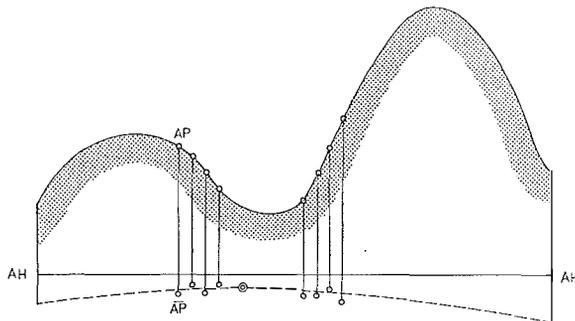


Fig. 2, Fall A) Quadratische Parabel

Besonders gelagerte Fälle (Morphologie) verlangen nach kubischen Parabeln: Fig. 3, Fall B).

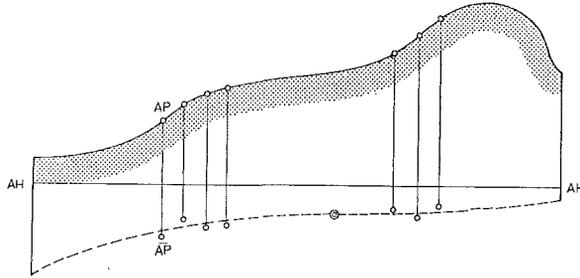


Fig. 3, Fall B) Kubische Parabel

Über die Anpaßpunkte kann man die Parabeln berechnen. Im Fall A genügen drei, im Fall B vier Punkte, um eine strenge Lösung zu erhalten. Mehr Anpaßpunkte ermöglichen eine Ausgleichung.

Die positiven und negativen Differenzen zwischen Modell und gemessener Schwere in den Anpaßpunkten nach der Parallelverschiebung berechtigen zum Wegnehmen oder Hinzufügen von Masse an der unteren Abschlußfläche.

Die gesuchte Parabel soll nun möglichst durch alle Punkte \overline{AP} gehen und gleichzeitig die Anpaßfehler minimieren. Ist das Verhältnis Punktabstand zur Modellhöhe groß, so kann man mit guter Näherung Bouguer-Platten anbringen. Vor allem durch den häufig geringen horizontalen Abstand der Anpaßpunkte relativ zur Modellhöhe wird jedoch eine Bouguer-Platte noch stark auf die benachbarten Punkte wirken, so daß die Gefahr einer Überkompensation besteht.

An den Modellenden (X_{min} u. X_{max}) wird die Tendenz zur Krümmung sehr verstärkt, woraus bei Iteration eine alternierende Folge von konvexen und konkaven Abschlüssen resultiert.

Hier kann man durch Anbringen eines vom Verhältnis

$$F_k = (X_{APi} - X_{APi+1}) : (H_i - H_{AH})$$

abhängigen, für ein Modell jedoch konstanten Prozentsatzes der Plattenwirkung Abhilfe schaffen.

Nach Bestimmung dieser Parabel wird sie zur einfacheren Systematik im Programm in ein kurzzeitiges Polygon zerlegt.

Nach Durchrechnung des Modells und gegebenenfalls weiteren Iterationen zur Anpassung der Parabel können in den Meßpunkten über der gesuchten Störung Anomalien als Differenz zwischen den gemessenen und gerechneten Schwerewerten ermittelt werden.

6. Bestimmung der Trennfläche

Die Lote aller jener Meßpunkte, unter denen die Störung vorkommt, werden in einer noch unbekanntem Tiefe die Trennfläche durchstoßen.

Um einen eventuell unnatürlichen senkrechten Abfall der Störungsflanken an den seitlichen Enden zu vermeiden, läßt man diese bis zum nächsten Meßpunkt an der Oberfläche auslaufen. Ist jedoch eine besondere Form gewünscht, so kann man auch künstlich Meßpunkte durch Interpolation einschalten. (Man hat dann aber auch bei der Parabelanpassung auf das höhere Gewicht der zur Interpolation verwendeten Nachbarnpunkte zu achten!) Ähnlich wie vorher bei der Parabelanpassung werden nun mit einer konstant angenommenen Dichte (-differenz) Startwerte für die Untergrenze der Störung als Trennfläche der Dichte berechnet.

$$H_{ST} = H_M - \Delta g_{AN} \cdot (\sigma_{AN} - \sigma_{HG}) \cdot 0.0419$$

H_{ST} = Startwert Höhe Trennfläche, H_M = Höhe Meßpunkt,
 Δg_{AN} = Schwereanomalie, σ_{AN} = Dichte der Anomalie, σ_{HG} = Dichte Hauptgestein.

Von einer Seite beginnend geht man schrittweise von Meßpunkt zu Meßpunkt und berechnet eine Verschiebung der Trennfläche, wobei man jeweils den neuesten Stand des die Störung umschreibenden Polygons verwendet.

Es ist

$$H_{TRi} = \bar{H}_{TRi} + (\Delta g_{ANi} - g_{STi}) \cdot (\sigma_{AN} - \sigma_{HG}) \cdot 0.0419,$$

H_{TRi} = Höhe der Trennfläche, g_{STi} = Schwere des Störkörpers im Punkt i .

In sehr steilem Gelände kann eine Verkleinerung des konstanten Faktors günstig sein (Konvergenz).

Die Annäherung ist nach wenigen Durchläufen genau genug, die Tiefe der Trennfläche auf 1 ‰ angeben zu können, was ja gar nicht mehr in den Meßwerten und den Voraussetzungen steckt.

7. Vorgegebene Massenstörungen

Jetzt wird eine neuerliche Berechnung des gesamten Programms nötig, da man in Kenntnis der Ausmaße der Störung von vornherein ein anderes Modell hätte verwenden müssen.

In einem Rechenprogramm muß also die Möglichkeit vorgesehen sein, diese nun ziemlich genau bekannte Störung zu berücksichtigen.

Der Querschnitt wird durch ein Polygon umschrieben und die Verbesserungen jeweils an die Modellschwerewerte jener Meßpunkte angebracht, die zur Anpassung des parabolischen Zylinders an der Modelluntergrenze dienen sollen.

Man hat solcherart auch die Möglichkeit, andere geologisch einwandfrei fixierbare Besonderheiten unterhalb des Meßprofils a priori in das Modell einzuarbeiten. Diese sind aber nicht von solcher Bedeutung wie die sichtbaren Massen, weil die Erdoberfläche in fast allen praktisch vorkommenden Fällen den größten Dichtesprung darstellt, und sie im Gebirge zusätzlich noch stark geneigt ist.

Man muß unterscheiden:

1) Gesuchte Störung (auch in mehreren Teilen). Ihre Wirkung wird nur für die Anpassung (Anpaßpunkte) mit dem Ziel berechnet, geringere Restfehler zu erhalten. Daher kann die Störung nicht in einem Anpaßpunkt selber bestimmt werden, sie kann dort nur auslaufen.

2) Bekannte Massenunregelmäßigkeiten: Berücksichtigt man solche Störungen, erhält man sowohl eine Verbesserung der Anpassung als auch der gesuchten Lage der Trennfläche.

8. Mehrschichtige Störungen

Sind z. B. auf Grund von Aufschlüssen, mehrere Schichten der gesuchten Dichtedifferenz abwechselnd mit anderen Schichten in bekannter Weise übereinandergelagert, so kann man mit dem gleichen Verfahren die zuunterst liegende Trennfläche bestimmen. Man legt dann einfach alle Abweichungen von der Hauptgesteinsdichte mit dem richtigen Vorzeichen ineinander. Siehe dazu Fig. 4.

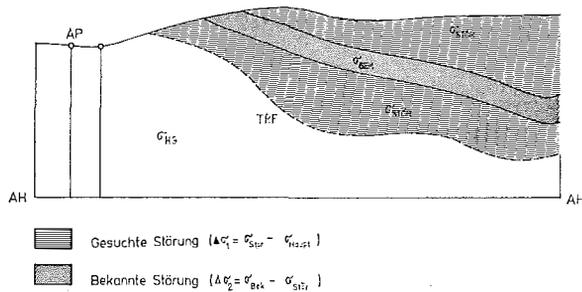


Fig. 4: Mehrschichtige Störung

9. Negative Mächtigkeit von Störungen

Bei komplizierten morphologischen Verhältnissen wird es manchmal nicht so gleich feststehen, welche Ursachen die Schwereunregelmäßigkeiten haben.

Hat man falsche Voraussetzungen, so kann sich auch eine untere Begrenzung der Störung ergeben, die über den Meßpunkten liegt, physikalisch also unmöglich ist. Auf der einen Seite ergeben sich dabei Berechnungsschwierigkeiten, die aus der Vorzeichenumkehr nach dem Schnitt Gelände-Trennfläche bei der Integration zur Bestimmung der Schwerewirkung resultieren, andererseits gibt aber schon der Vorzeichenwechsel zwischen einzelnen Startwerten Hinweise auf die geologische Beschaffenheit. Es ist praktisch ohne großen Nutzen, hier eine rein rechnerische Lösung zu erzwingen (mittels Verspeicherung aller Schnittpunkte und abschnittsweiser Integration wäre das ohne weiteres möglich), da ihr keine reelle Massenordnung zugrunde liegt.

10. Beispiel

Als Meßbeispiel sei das Rotmoostal (Obergurgl, Tirol) angeführt. Dies ist ein sehr schön gleichmäßig vom Gletscher geschliffenes Trogtal, seitlich begrenzt von Hoher Mut (N) und Hangerer (S). Zur alpinen Forschung aus verschiedenen Gesichtspunkten hervorragend geeignet, wurden hier Pollenanalysen, Stratigraphie und Sondierungen durchgeführt. An Veröffentlichungen seien die von *S. Bortenschlager* u. a. sowie *K. Rybnicek* (in Druck) erwähnt. Besonders interessant ist die dabei entdeckte hangnahe Übertiefung des Moores im Norden, die mit den gravimetrischen Messungen sowohl qualitativ als auch quantitativ übereinstimmt. Der Rotmoos-

ferner ist in den letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen; im Norden erstreckt sich nunmehr bis zur Talmitte ein Zwischenmoor*) mit sichtlich mindestens 2 m Mächtigkeit, im Süden liegt oberflächlich Flußschotter vom Gletscherbach. In der Mitte der Tallängserstreckung wurde ein Schwereprofil gelegt und zur Anpassung an die Modellschwere bis in die Talflanken hinaufgezogen. Siehe die Fig. 5 und 6.

An Handstücken des Gesteins im Meßgebiet durchgeführte Dichtebestimmungen mittels Tauchwägung durch das Institut für Bodenmechanik der Universität Innsbruck (Vorstand Prof. *Schober*) ergaben Hauptgesteinsdichten von 2,77, also etwas über der mittleren Erdkrustendichte. In Anbetracht der geringfügigen Klüftung wurde daher eine Dichte von 2.75 g cm^{-3} in die Berechnung eingeführt.

Das Moor wird im Mittel mit einer Dichte von 1,3, also einer relativen Dichtedifferenz von -1.45 angenommen.

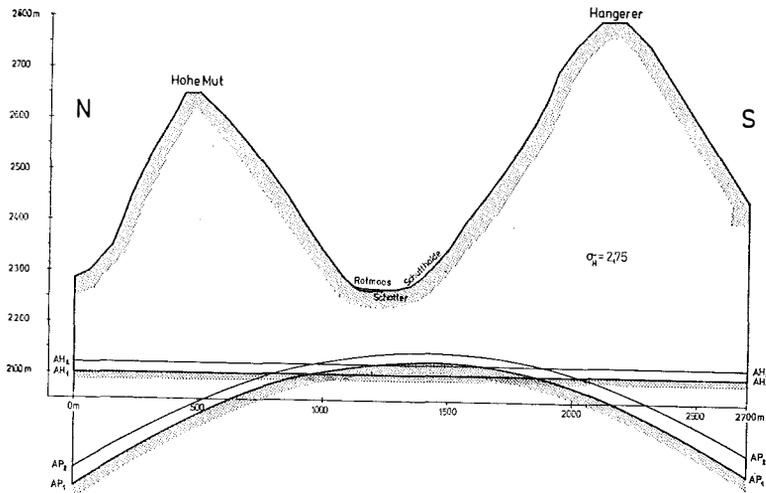


Fig. 5: Querschnitt des Modells Rotmoos

Das Querschnittsmodell ist im Bereich des Schwereprofils durch Meßpunkte selber, außerhalb durch die photogrammetrische Auswertung gegeben.

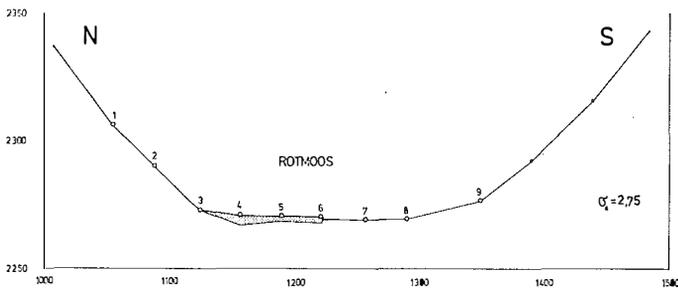


Fig. 6: Rotmoos

*) Periodisch überschüttetes Gletschertalmoor

Anpaßpunkte/ Meßpunkte	Anpaßfehler: [mgal]					Störungstiefe: [m]			
	1	2	7	8	9	3	4	5	6
<i>(H_{AH} = 2100 m)</i>									
1. Berechnung	0.007	-0.010	0.004	0.001	-0.003	-0.57	-3.48	-2.23	-2.58
2. Berechnung	0.007	-0.010	0.003	0.001	-0.002	-0.64	-3.52	-2.25	-2.59
3. Berechnung	0.007	-0.009	0.003	0.001	-0.002	-0.65	-3.53	-2.25	-2.60
<i>(H_{AH} = 2120 m)</i>									
1. Berechnung	0.006	-0.008	0.003	0.000	-0.002	-0.39	-3.34	-2.19	-2.63
2. Berechnung	0.006	-0.008	0.003	0.000	-0.002	-0.44	-3.36	-2.19	-2.63
3. Berechnung	0.006	-0.008	0.003	0.000	-0.002	-0.44	-3.37	-2.20	-2.63

Diese Werte berücksichtigen eine maximal etwa 20 m tiefe Talfüllung, die einer früheren Seesedimentation zu verdanken sein dürfte. Auf weitere Verfeinerungen und Aussagemöglichkeiten soll hier nicht näher eingegangen werden, da sie zu sehr ins Detail führen.

Die stärkere Krümmung der Abschlußparabel aus der ersten Gruppe ($H_{AH} = 2100$ m) erklärt sich aus dem größeren Massendefizit durch den vertikalen Seitenabschluß. Wie man aus der Tabelle entnehmen kann, ist diese Erscheinung jedoch bedeutungslos, da sie sich in den Ergebnissen praktisch nicht auswirkt.

Weitere geophysikalische Untersuchungen und eine ausführliche Diskussion der Ergebnisse — vor allem im Hinblick auf die geowissenschaftlichen Interpretationen — sind in Vorbereitung und werden im entsprechenden Fachbereich veröffentlicht.

11. Anwendung

Anwendungen dieser Methode sind im Gebirge vor allem zur Feststellung von anstehendem Fels unter Mooren, Gletschern und Aufschüttungen gegeben.

Nach Auskunft des Institutes für Bodenmechanik der Universität Innsbruck liegt der Lockerungsgrad bei Schutthalde je nach Gestein und Lage zwischen 20 und 40 Prozent, was einen sehr schönen Dichtesprung darstellt und somit eine ausreichende Genauigkeit der Bestimmung sichert.

Besonders im flachen und mäßig steilen Gelände sind bei Anwendung dieses Verfahrens gute Aussagen zu erwarten. In extremen Steillagen muß die Iteration der Trennfläche eher vorsichtig, d. h. nur mit einem von deren Neigung abhängigen Teil der Bouguerwirkung durchgeführt werden, da schräge Platten eine geringere Attraktion ausüben.

Bei fast senkrechten Felsverläufen ist die Methode der „Dichtebestimmung aus Schweremessungen“ von *W. Embacher* [5] eher voraussetzungstreu.

Literatur

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

[2] *I. R. Qureshi* u. *H. G. Mula*, Two-Dimensional Mass Distributions from Gravity Anomalies: a Computer Method. Geoph. Prosp. 19, 1971.

[3] *W. Ehrismann*, Ein allgemeines Verfahren zur digitalen Berechnung der Schwerewirkung von Modellkörpern. *Z. f. Geophys.* 39, 1973.

[4] *B. Bauer*, Aufsuchen oberflächennaher Hohlräume mit dem Gravimeter. Diss. (Univ. Innsbruck 1973), *ÖZfVuPh*, Sonderheft 30 (1975).

[5] *W. Embacher*, Zur Dichtebestimmung aus Schweremessungen. *ÖZfV*, 57 (1969), Nr. 2, S. 37–43.

[6] *K. Ledersteger*, Astronomische und Physikalische Geodäsie (Erdmessung). Bd. V von *Jordan/Eggert/Kneißl*, Handbuch der Vermessungskunde. 10. Ausgabe, Stuttgart 1969.

Untersuchung über die Einsatzmöglichkeit der Blockausgleichung in Österreich*)

Von *Gottfried Otepka*, Wien

Zusammenfassung

An Hand von zwei Vermessungsaufgaben wird der Einsatz der photogrammetrischen Blockausgleichung in Österreich behandelt. Dazu werden Operate des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen mit dieser Methode bearbeitet und die dabei auftretenden technischen Fragen eingehend diskutiert. Nach der Genauigkeitsprüfung der Ergebnisse, wird die Blockausgleichung hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit mit den konkurrenzierenden Verfahren verglichen.

Abstract

Two problems of the Austrian Federal Bureau of Standards and Surveying are used to investigate the applicability of photogrammetric block adjustment. Using this method two typical routine projects of this organisation have been adjusted. After discussing all technical details the results of the different adjustments are reported.

The second part of the paper shows the expenditure of competitive methods for the two investigated problems.

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit soll den möglichen Einsatz photogrammetrischer Blockausgleichungen in Österreich prüfen. Bei der Behandlung dieses Fragenkomplexes sollen ganz bewußt nur die derzeit in Österreich vorliegenden Aufgaben und Verhältnisse berücksichtigt werden. Eine weitere Einschränkung des Untersuchungsumfanges wird dadurch erreicht, daß aus der Vielzahl der vermessungstechnischen Arbeiten zwei Beispiele herausgegriffen wurden, die laut Vermessungsgesetz (Bundesgesetzblatt Nr. 306, 1968, VermG) Aufgaben der staatlichen Vermessungsstellen darstellen und durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BAfEuV) zu besorgen sind (§ 2, Z. 2, VermG). Bei den Aufgaben handelt es sich einmal um die Paßpunkterstellung für eine Kartierung des Bundesgebietes in der topographischen Karte (ÖK) 1:50000 (§ 1, Z. 6, VermG) und zum zweiten um die Netzverdichtung der

*) Auszug aus der im Juni 1974 an der Technischen Hochschule in Wien approbierten Dissertation gleichen Titels.