
Untersuchung der Tiefenstruktur des Wiener Beckens aus
Lotstörungen

G. Gerstbach

TU Wien

Zusammenfassung: Durch rasterförmige Auswertung von Lotabweichungen lassen sich lokale Neigungen von Dichtentrennflächen, z.B. in Sedimentbecken, ermitteln. Sie können allein oder in Verbindung mit gravimetrischen Aufnahmen zu Tiefenkarten verarbeitet werden.

In der Geophysik werden Lotabweichungen nur selten verwendet, obwohl sie weltweit (und in letzter Zeit vermehrt) gemessen werden. Die Lotrichtung eignet sich zur geophysikalischen Interpretation besonders in Gebieten, wo die Erdkruste wenige, aber ausgeprägte Dichteunterschiede aufweist. Als Beispiel soll das Wiener Becken dienen, wo im Rahmen eines Geoidprojekts 1976 - 1977 zahlreiche Lotabweichungen gemessen wurden (Abb.1). Dieses Sedimentbecken ist bis 5 km tief und hat einen Untergrund mit stark wechselnder Neigung, dessen Dichtesprung etwa $0,6 \text{ g cm}^{-3}$ beträgt.

Der Beckenuntergrund wird durch drei- und vierseitige Prismen angenähert (Abb.3), deren Potential V relativ einfach aufgebaut ist. Die Lotstörung ist proportional der Ableitung V_y und ergibt sich aus den Koordinaten der Prismenkanten laut Gleichung (3).

Die dritte Ableitung V_{yyy} verschwindet bei $y_1^2 + by_1 = z_1 z_2$, sodaß die Wendepunkte des Lotstörungsprofils (Abb.4) bei seichten Störungen ($z < b$) nahe über den Kanten liegen. Hier verläuft V_y proportional dem Weg, während der dazwischenliegende Bauch ein Maß für die Neigung a der Diskontinuität ist.

Am besten kann a ermittelt werden, wenn die Lotabweichungen in einem annähernd quadratischen Raster vorliegen (Abstand s , Abb.5-6). Berechnet man die "lokale Lotstörung" $\Delta \varepsilon$ eines Meßpunktes als Differenz seiner Lotabweichung zum Mittelwert seiner Nachbarpunkte, ergibt sich nach längeren Umformungen und Modellrechnungen die Näherungsformel

$$\Delta z_{(\text{km})} \approx \frac{\Delta \varepsilon''}{\Delta \rho \cdot 3''} \left(1 + 1,9 \frac{z_m}{s} + 2,2 \left(\frac{z_m}{s} \right)^2 \right) \quad (6)$$

Hierin bedeutet $\Delta z = z_{s/2} - z_{-s/2}$ die vertikale Erstreckung der Diskontinuität innerhalb eines Rasterquadrats und $\Delta \rho$ ihr Dichtesprung. De facto werden zwei Komponenten Δz_x , Δz_y berechnet, entsprechend den nördlichen und östlichen Lotabweichungskomponenten ξ , η . Sie können durch Ausgleich und Iteration zu Tiefenwerten z verarbeitet werden, wobei am Beckenrand $z = 0$ zu setzen ist.

Abbildung 7 zeigt die im Westteil des Wiener Beckens liegenden Lotabweichungspunkte im 10 km - Raster und die aus (6) geschätzten Untergrundneigungen. Sie stimmen schon in diesem ersten Schritt mit einer Tiefenkarte (Thenius 1974) bis auf wenige Ausnahmen gut überein.

Die Interpretationsgenauigkeit kann gesteigert werden, wenn ein Tiefenmodell aufgestellt und iterativ an die gemessenen Lotstörungen angepaßt wird. Hiefür habe ich jeweils zentrale schiefwinklige Prismen ($\Delta z_x, \Delta z_y$) mit einer aus Modellrechnungen ermittelten Tiefenfunktion τ und ein System von umgebenden rechtwinkligen Säulen verwendet (Abb.8). Von einem Punkt inmitten eines Ölfeldes abgesehen, stieg dadurch die Genauigkeit der korrigierten Neigungen (Abb.7a) auf durchschnittlich 4 - 5%. Da etwa 2% auf die Meßgenauigkeit selbst entfallen, muß der Rest durch die starke Gliederung des Untergrunds verursacht sein und kann durch weitere Iterationen vermutlich noch gemindert werden.

Um die vorliegende Methode verfeinern zu können, werden zur Zeit im Rahmen eines eigenen Forschungsprojektes die Meßpunkte auf 5 - 7 km Abstand verdichtet und das Untersuchungsgebiet nach Süden ausgedehnt.

Die Auswertung von Lotstörungen ist auch geeignet, manche Mehrdeutigkeiten in gravimetrischen Interpretationen zu beseitigen. Abbildung 9 zeigt als Beispiel drei gänzlich verschiedene Untergrundstrukturen I, II, III, die alle dasselbe Schwerestörungsprofil Δg hervorrufen, sich aber in ihrer Lotstörung ε unterscheiden.

Zuletzt ein Wort zur Wirtschaftlichkeit. Obwohl die Lotstörung zwei interpretierbare Komponenten besitzt, ist der Aufwand gegenüber der reinen Gravimetrie wegen der zur Zeit noch längeren Meßdauer etwas größer. Mit der Entwicklung der nächsten Generation von Inertialnavigationsanlagen wird sich dieses Verhältnis aber wahrscheinlich umkehren, sodaß die Lotstörungsinterpretation eine Standardmethode der angewandten Geophysik werden könnte.

Literatur

- G. Gerstbach, Geophysikalische Interpretation von Lotabweichungen in Bruchzonen. Zeitschr. f. Vermessungsw. 104/2, Stuttgart 1979.
- E. Thenius, Geologie von Niederösterreich. Verh. d. geolog. Bundesanstalt, Bundesländerserie, Wien 1974.

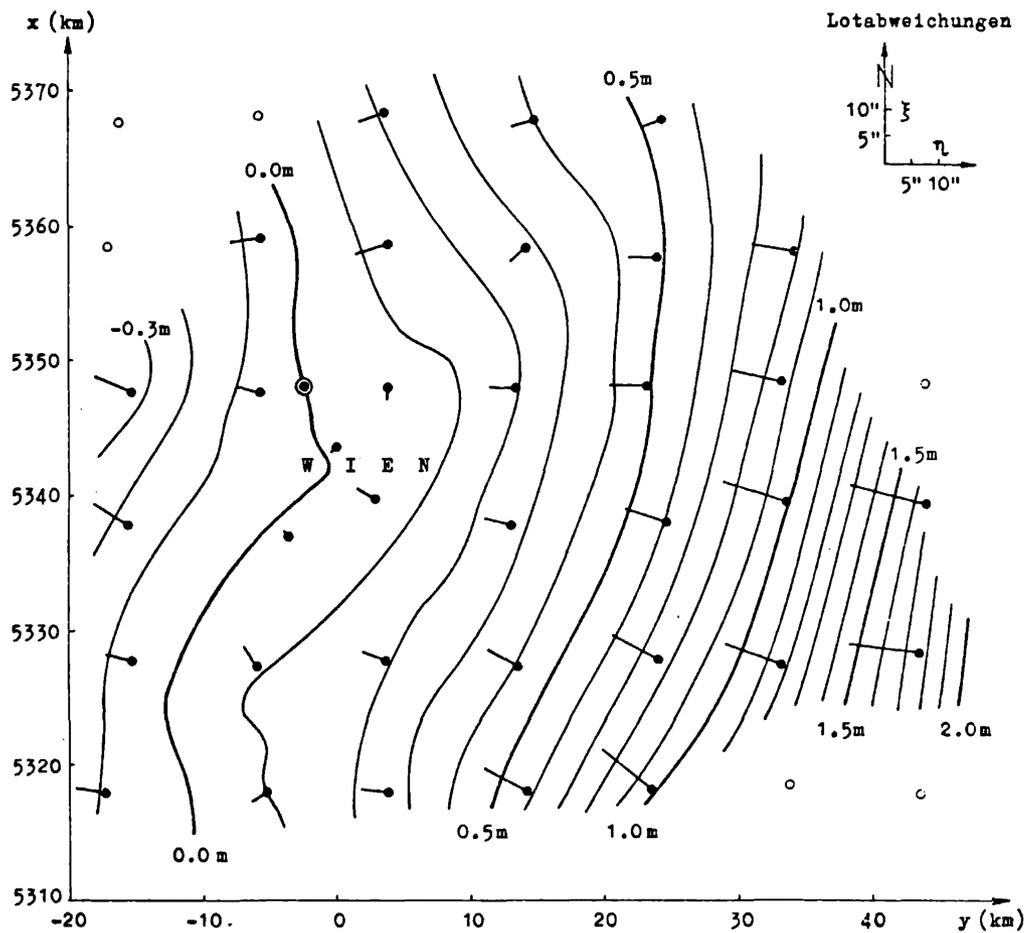


Abb.1 : Geoidstudie Wien, Lotabweichungen und vorläufiges Geoid (Stand Jan. 1977) im österreichischen Datum (Bessel-Ellipsoid, Fundamentalpunkt Hermannskogel bei Wien)

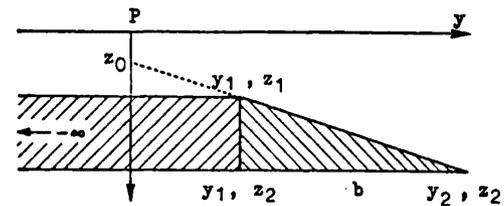


Abb.3: drei- und vierseitiger prismatischer Störkörper

$$\frac{V}{G_0} = z_1 \ln(y_1^2 + z_1^2) - z_2 \ln(y_2^2 + z_2^2) + \frac{z_0}{1+a^2} \ln \frac{y_2^2 + z_2^2}{y_1^2 + z_1^2} - \frac{2 a z_0}{1+a^2} \left(\arctg \frac{y_2 + a z_2}{z_0} - \arctg \frac{y_1 + a z_1}{z_0} \right) + \text{const.} \quad (3)$$

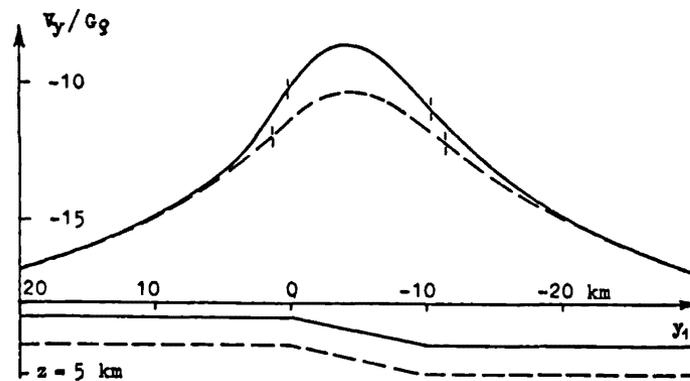
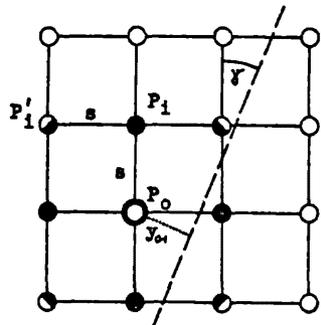


Abb.4: Lotstörungen in einer Bruchzone (prismatischer Störkörper)



Lotstörungsdifferenzen

$$\Delta \varepsilon = \sqrt{\Delta \xi^2 + \Delta \eta^2}$$

$$\Delta \xi = \xi_0 - \frac{1}{6} [\xi_1] - \frac{1}{12} [\xi_1'], \quad (4)$$

$$\Delta \eta = \eta_0 - \frac{1}{6} [\eta_1] - \frac{1}{12} [\eta_1'], \quad i = 1 \dots 4$$

Abb. 5: Lotabweichungsraster

Daraus Untergrundneigung:

$$\Delta \varepsilon_{\max} \sim a \cdot s = z\left(\frac{s}{2}\right) - z\left(-\frac{s}{2}\right) = \Delta z$$

$$\Delta z_{\text{km}} \approx \frac{\Delta \varepsilon}{\rho \cdot 3''} \left(1 + 1,9 \frac{s}{s} + 2,2 \frac{s^2}{s^2} \right)$$

(5)

(6)

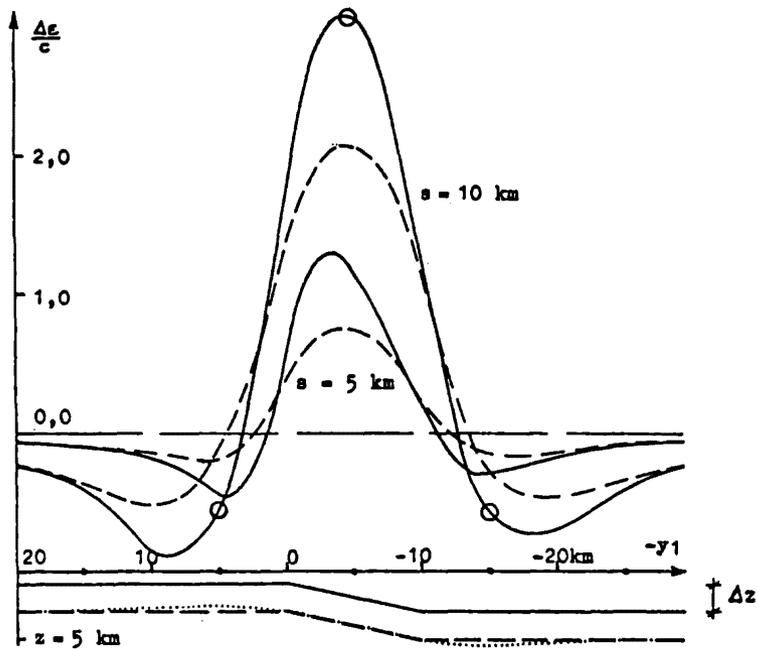


Abb.6: Verlauf von Lotstörungsdifferenzen in Bruchzonen

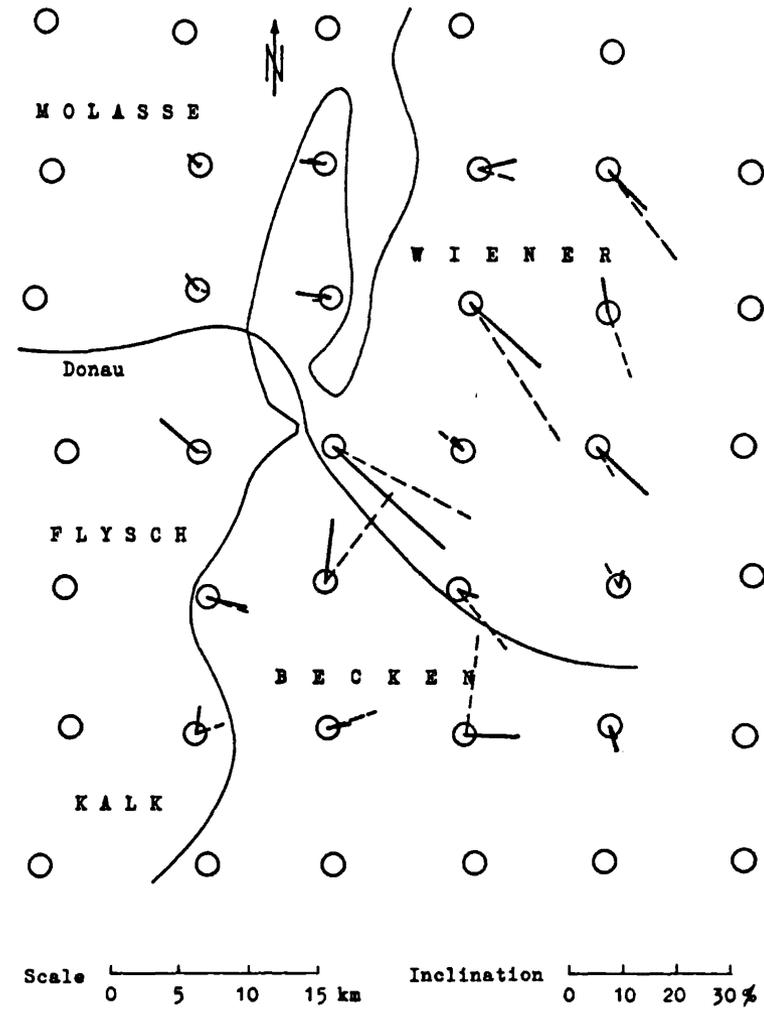


fig.7: Inclination of basement of the Viennese Basin, western part, derived from vertical deflections (Gerstbach 1979) and from a depth chart (Thenius 1974, dash-lined).

(fig.7a: overlay with corrected inclinations)

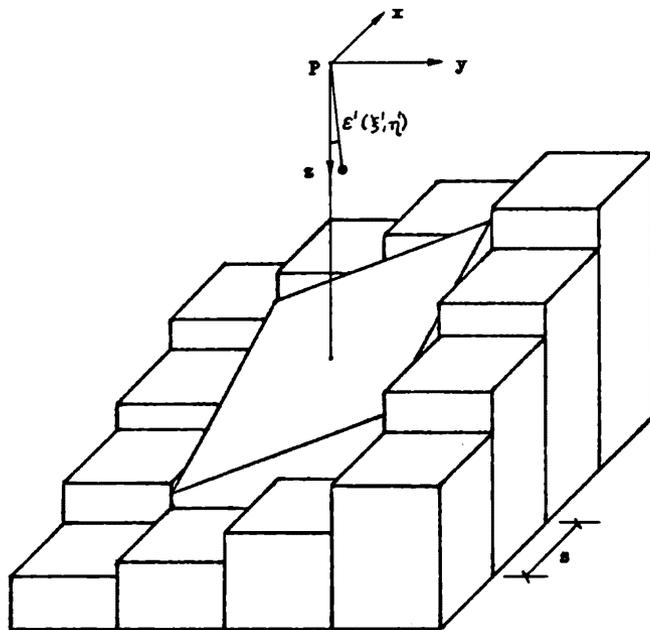


fig.8: Calculation of vertical deflections ξ', η' in a depth model:

central part according to "slope formula" [Ge.1979]

$$\begin{aligned} \xi' &= c \cdot \Delta z_x \cdot \tau & c &= 0''002436 \cdot g \\ \eta' &= c \cdot \Delta z_y \cdot \tau & \tau &= e^{-3,7 \frac{z_0}{s}} \end{aligned} \quad (7)$$

environs by differences of opposite rectangular prisms

$$\begin{aligned} \xi' &= \left[\varepsilon \frac{x}{r_0} \right] & \varepsilon' &= 0''001403 \cdot g \cdot (z_1 - z_2) \cdot s^2 r_0^{-2} \\ \eta' &= \left[\varepsilon \frac{y}{r_0} \right] & r_0^2 &= x^2 + y^2 + \left(\frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 + h \end{aligned} \quad (8)$$

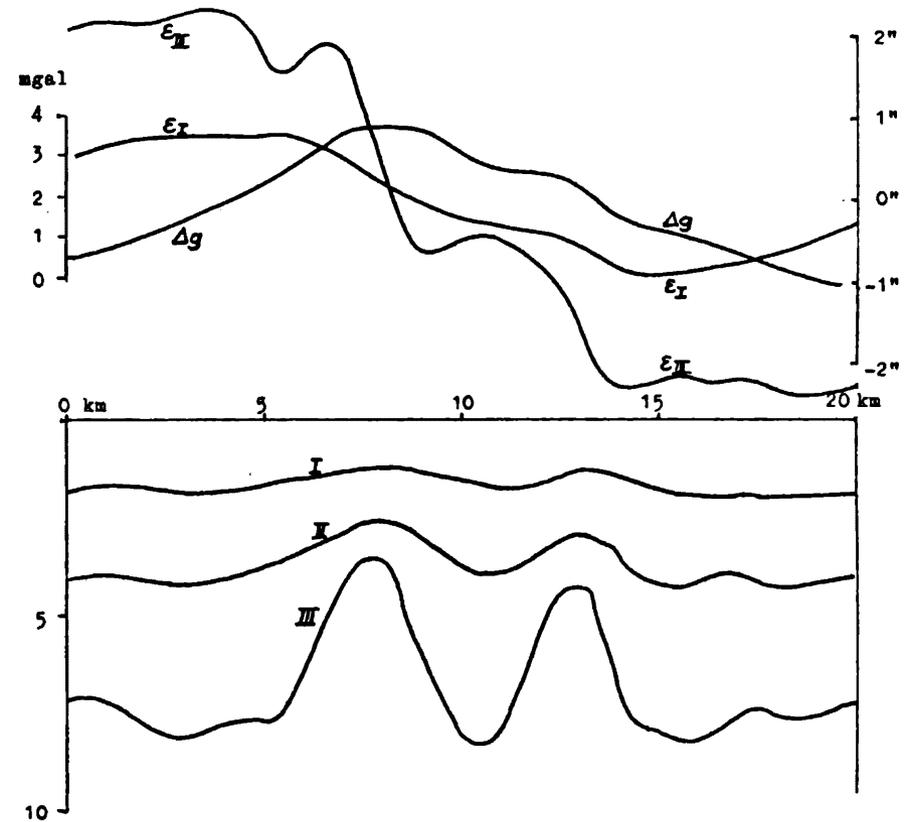


Abb.9: Mehrdeutige Interpretation eines Schwereprofils.

Die Dichtentrennflächen I, II, III ($\Delta \rho = 0,2 \text{ g cm}^{-3}$) führen auf dieselben relativen Schwereanomalien Δg , aber auf unterschiedliche Lotstörungen ε . (frei nach Skeels, ergänzt um die Lotstörung)