

Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie
Band: 48 (1968)
Heft: 1: Symposium "Zone Ivrea-Verbano"

Artikel: Topographie des "Ivrea-Körpers" abgeleitet aus seismischen und gravimetrischen Daten
Autor: Berckhemer, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-37767>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Topographie des „Ivrea-Körpers“ abgeleitet aus seismischen und gravimetrischen Daten

Von *German Research Group for Explosion Seismology*

vorgelegt durch

H. Berckhemer (Frankfurt a. M.)*)

Mit 11 Textfiguren

Diese Untersuchungen stellen das Ergebnis gemeinsamer seismischer Feldmessungen der geophysikalischen Hochschulinstitute in Frankfurt, Stuttgart, Clausthal und Kiel dar. Die Planungs- und Auswertearbeiten wurden im wesentlichen von R. Meissner, H. Berckhemer und I. Krauss, Frankfurt, durchgeführt. An der Bearbeitung des Datenmaterials waren weiterhin beteiligt: D. Emter, Stuttgart, W. Jacoby und H. P. Tiedemann, Kiel, R. Veas und H. Burkardt, Clausthal. Die Organisation der Feldarbeiten 1966 lag in den Händen von K. Jacob, Frankfurt.

Erste geophysikalische Hinweise auf die Existenz einer grossräumigen Einlagerung von Material mit besonderen physikalischen Eigenschaften am Südoststrand des Alpenbogens gab das Bild der Schwerewerte (S. CORON 1963). Bouguer Anomalien bis ca. +150 mgal liessen auf Material hoher Dichte in geringer Tiefe schliessen. Im Rahmen der sprengseismischen Untersuchungen der Westalpen 1958 wurde erstmals dieser sog. „Ivreakörper“ seismisch erfasst. Organisation, Messdaten und Auswertungsergebnisse dieses internationalen Forschungsunternehmens sind in der von H. CLOSS und Y. LABROUSTE 1963 herausgegebenen Monographie dargestellt. Dort sind von K. Fuchs, S. Müller, E. Peterschmitt, J. P. Rothé und K. Strobach ein Bild der Oberfläche des Ivreakörpers (Fig. 1) und zwei Querschnitte der Struktur des Alpenkörpers längs der in Fig. 1 eingetragenen Linien AB und CD gegeben (Fig. 2), das „Strassburger Modell“. Der Konstruktion der Mohorovičić-Fläche liegt dabei die Annahme einer Wechselwelle vom Typ SPP zugrunde. Diese Vorstellung

*) Prof. Dr. H. Berckhemer, Institut für Meteorologie und Geophysik, D-6 Frankfurt a. M. 1, Feldbergstr. 47.

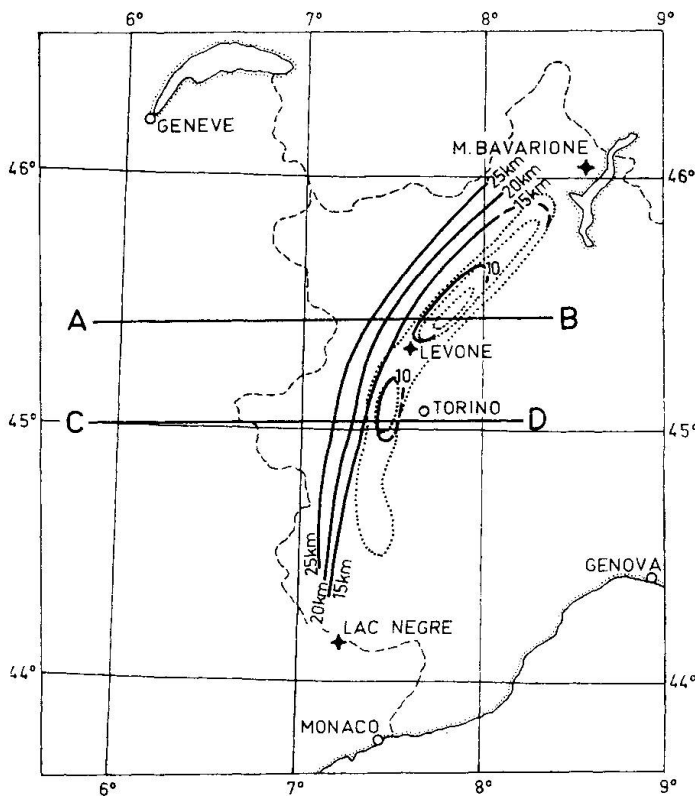


Fig. 1. Tiefenlinienplan des Ivrea-Körpers mit Bouguer-Anomalien nach FUCHS, MÜLLER, PETERSCHMITT, ROTHÉ, STROBACH, 1963.

war mit den Ergebnissen späterer Untersuchungen nicht mehr verträglich. Zwar war auch unter dem Ivreakörper eine M-Fläche erkennbar, jedoch konnte deren Verbindung mit der M-Fläche unter dem Zentralteil der Alpen wegen ungenügender Stationsdichte nicht als gesichert angesehen werden. Aussagen über die untere Begrenzung des Ivreakörpers sowie über seinen Verlauf in Richtung auf die Po-Ebene waren aus den damaligen Daten nicht zu erhalten.

Die Arbeitsgruppe der geophysikalischen Institute Frankfurt, Stuttgart, Clausthal und Kiel hat die von der Association Française de Séismologie Expérimentale 1966 durchgeführten Sprengungen im Lac Nègre zu ergänzenden Messungen benutzt, um die noch offenen Fragen über die physikalische Struktur des Ivreakörpers einer Beantwortung näher zu bringen.

Der Auswertung liegen die in Fig. 3 eingezeichneten seismischen Beobachtungsprofile und Fächer sowie die erwähnte Karte der Schwereanomalien zugrunde. Im folgenden werden die einzelnen Profile und Fächer behandelt und Strukturmodelle abgeleitet. Dabei werden diskontinuierliche Änderungen der Wellenausbreitungsgeschwindigkeiten angenommen. Einflüsse des lebhaften Reliefs des Ivreakörpers dürften stärker sein als Abweichungen, die sich durch verfeinerte Annahmen über die Geschwindigkeitsverteilung ergeben. Bei tatsächlich vorhandenen stetigen Übergängen stellen die Modelle eine gute Näherung dar.

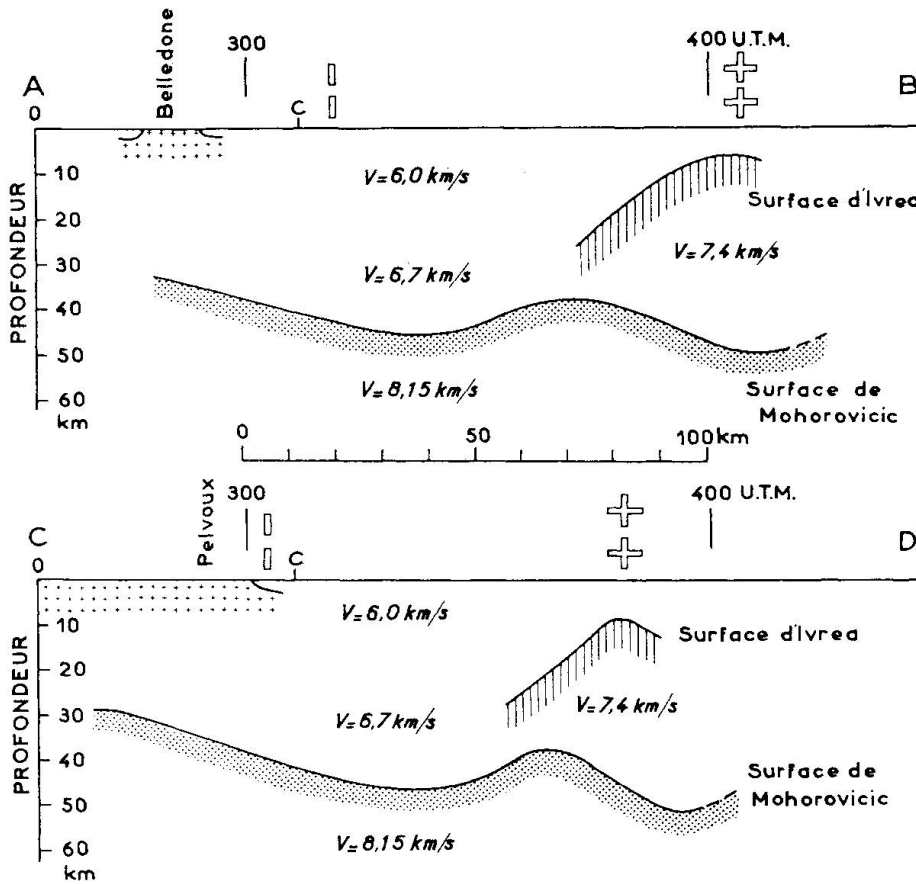


Fig. 2. Schnitte durch die Westalpen längs AB und BC der Fig. 1 (Strassburger Modell 1963).

1. Ivrea-Längsprofil (Fig. 4)

In der Seismogramm-Montage sind wie in den folgenden Darstellungen die Laufzeiten zur besseren Zeitauflösung mit $v_p = 6,0 \text{ km/s}$ reduziert. Die mit „g“ gekennzeichneten Einsätze haben eine Geschwindigkeit von wenig mehr als $6,0 \text{ km/s}$. Sie werden in allen Teilen der Alpen beobachtet und Wellen im kristallinen Deckgebirge zugeordnet. Charakteristisch und ganz ungewöhnlich sind dagegen die mit „i“ bezeichneten Einsätze mit einer (Schein)-Geschwindigkeit von $7,2\text{—}7,4 \text{ km/s}$. Diese Wellen sind einen wesentlichen Teil ihres Weges im Ivreakörper gelaufen. Unter Annahme eines sprunghaften Geschwindigkeitsübergangs von $6,0$ auf $7,4 \text{ km/s}$ lassen sich Angaben über die Tiefenlage seiner Oberfläche machen (Fig. 4 unten). Wegen Fehlens eines Gegenschusses ergibt sich ein gewisser Interpretationsspielraum, der aber durch gravimetrische Daten sowie durch ein seismisches Profil von Monte Bavarione nach Levone aus dem Jahre 1960 und durch die Beobachtung reflektierter Refraktionen eingeschränkt ist. Die Tiefenlage der Oberfläche des Ivreakörpers variiert demnach längs des Profils zwischen 3 und 8 km . Die starke Quer-

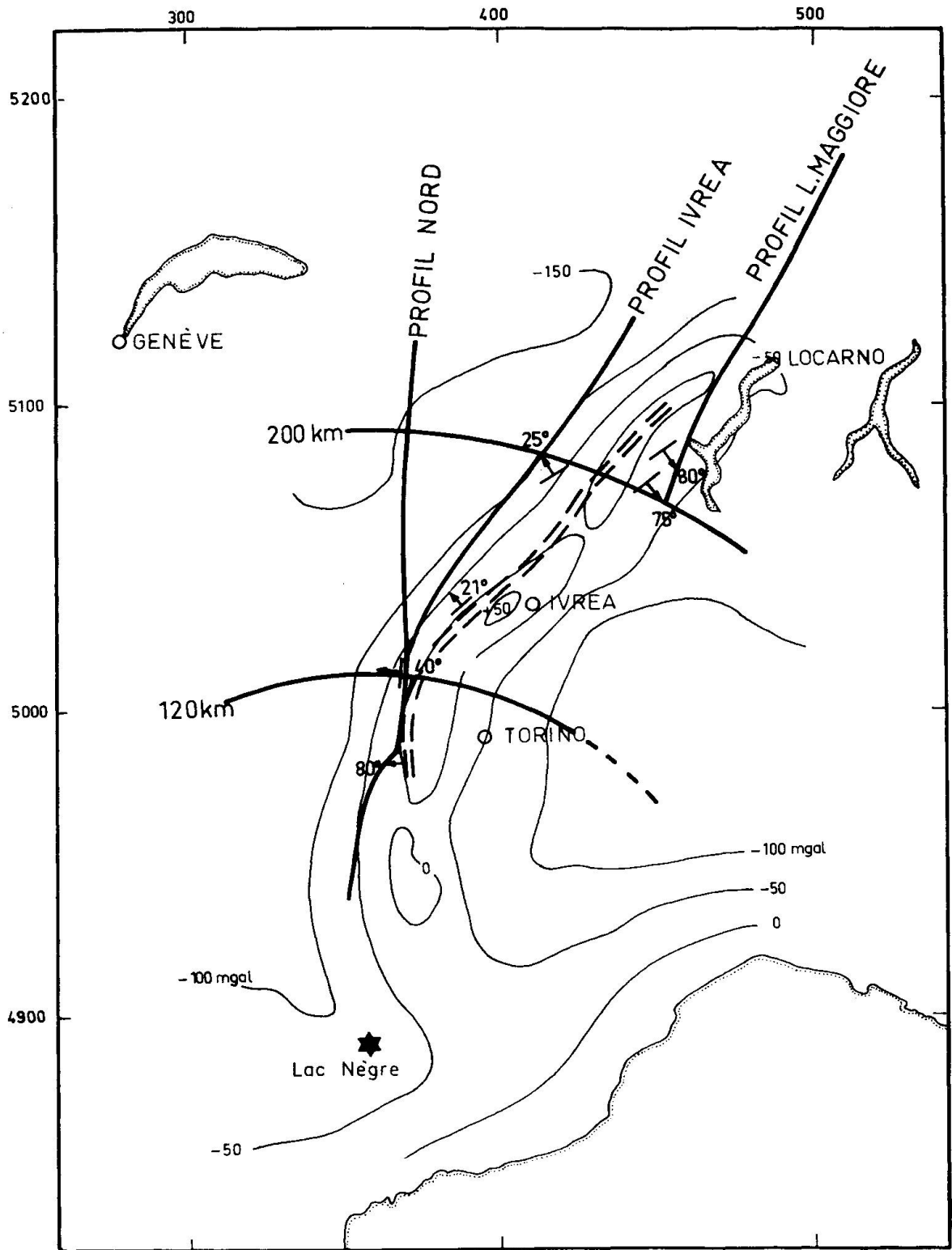


Fig. 3. Lageplan der 1966 beobachteten bzw. neu bearbeiteten Profile und Fächer im Bereich des Ivrea-Körpers.

- === Rücken des seismisch erfassten Ivrea-Körpers
- ↗ = Streichen und Fallen der Oberfläche des Ivrea-Körpers
- = Bouguer Isanomalien

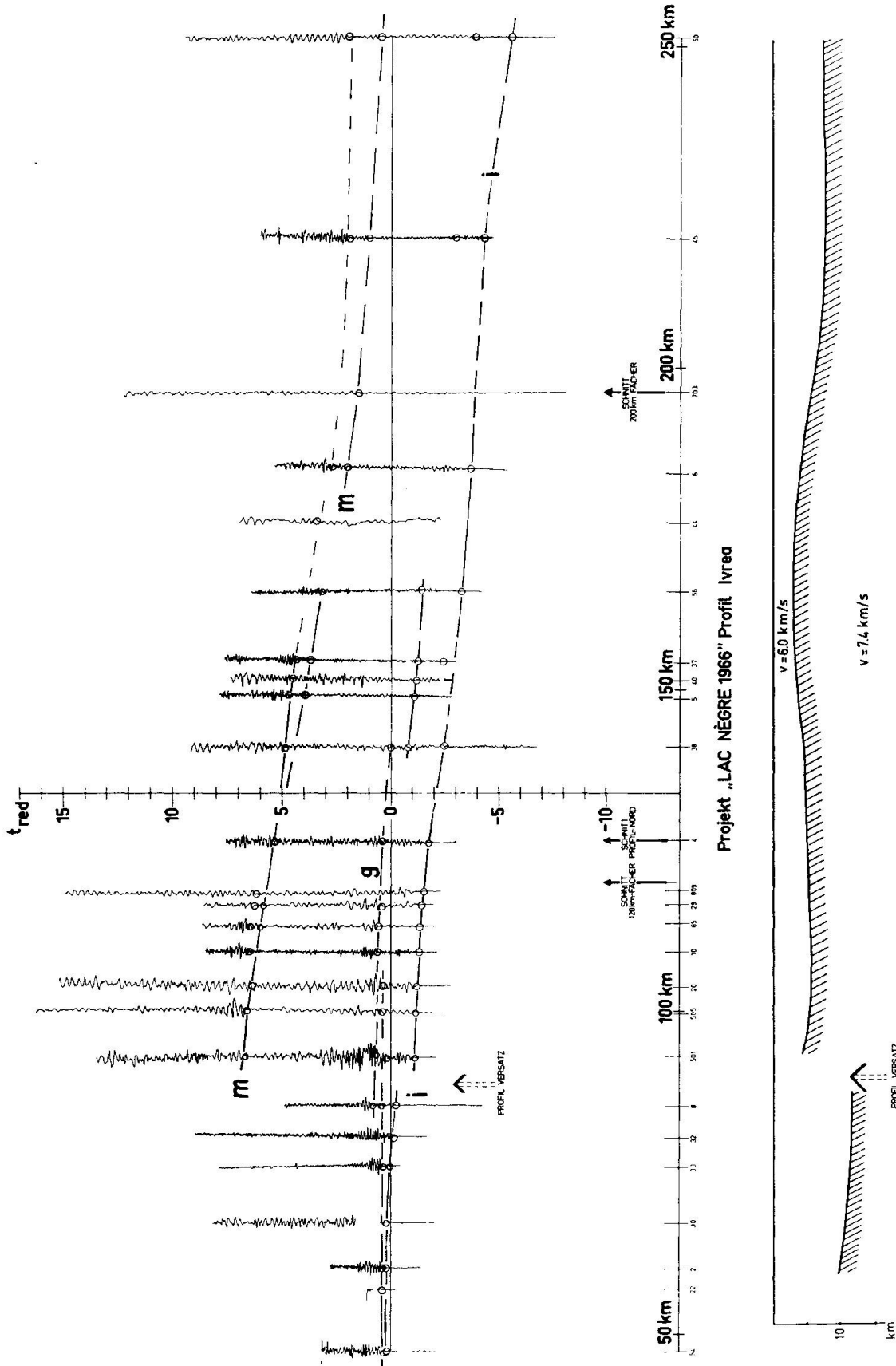


Fig. 4. Profil Ivrea; Seismogramm-Montage und Profildarstellung der Ivrea-Oberfläche.

i = Einsätze vom Ivrea-Körper g = Einsätze aus dem kristallinen Grundgebirge m = Einsätze von der Mohorovičić Diskontinuität

wölbung kommt in der Tiefenänderung an dem Profilversatz bei 90 km Entfernung zum Ausdruck. Die mit „m“ bezeichneten Einsätze sind Weitwinkelreflexionen oder Tauchwellen aus der Kruste-Mantel-Übergangszone (M-Fläche). Das Auftreten der grossen Amplituden bei ca. 100 km legt die kritische Reflexionsentfernung auf 100 ± 10 km fest. Fast unabhängig von der Annahme der Mächtigkeit des Ivreakörpers ergibt sich die Tiefenlage der M-Fläche zu 48 km.

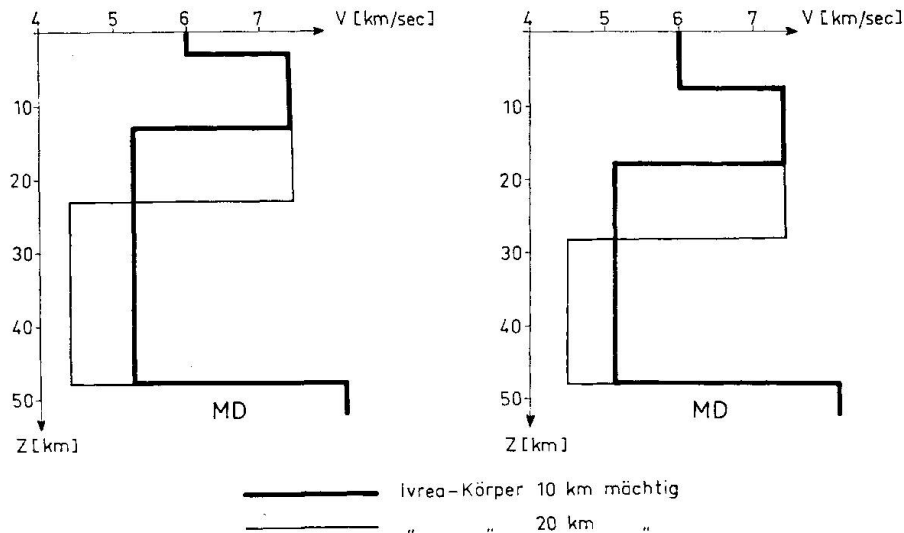


Fig. 5. Mögliche Geschwindigkeitsverteilung im Zentralgebiet des Ivrea-Körpers.

Nach Abzug der Laufzeiten für die kristalline Deckschicht und den Ivreakörper ergeben sich unterhalb desselben, wie auch schon GIESE 1967 feststellte, erstaunlich niedrige Geschwindigkeiten. Hierauf deutet auch die grosse Zeitverzögerung der m-Welle gegenüber der i-Welle bei grossen Entfernungen hin. Es lassen sich zwar keine eindeutigen Aussagen über diese Zone abnormal niedriger Geschwindigkeit machen. Da der Ivreakörper aber wegen seiner Schwerewirkung wohl mindestens 10 km mächtig sein muss, führen die einfachen Strukturmodelle von Fig. 5 auf eine mittlere Geschwindigkeit $< 5,2$ km/s. In Wirklichkeit werden örtlich noch wesentlich niedrigere Werte auftreten. Diese Aussage wurde auf einem von Gieses Verfahren unabhängigen Weg gewonnen. Wenn nicht eine sehr ausgeprägte gravitative Instabilität vorhanden ist, so müsste relativ dichtes Material in mindestens teilweise geschmolzenem Zustand vorliegen. Der Einfluss des Schmelzens auf die Kompressionswellengeschwindigkeit lässt sich bei gleichbleibender Dichte ρ und gleichbleibender Lamé-Konstante λ abschätzen. Es gilt $v_p = [(\lambda + 2\mu)/\rho]^{\frac{1}{2}}$. Für ideal festen Zustand ist $\lambda = \mu$. Für ideal flüssigen Zustand ist $\mu = 0$ zu setzen, also $V_p(\text{fest})/V_p(\text{flüssig}) = \sqrt{3} \approx 1,7$. Petrologische Konsequenzen sollen an dieser Stelle nicht gezogen werden.

2. 120-km-Fächer (Fig. 6)

In der Laufzeitdarstellung finden sich die Einsatzgruppen g, i und m wieder. Die Einsätze sind durch Qualitätssymbole gekennzeichnet, die in Fig. 6 erläutert sind. Die Verzögerung der g-Einsätze auf der östlichen Seite des Fächers ist bereits durch die Sedimentfüllung am Rande der Po-Ebene verursacht. Die i-Einsätze weisen maximale Verfrühung und beste Qualität etwa beim Schnitt mit dem Ivrea-Längsprofil auf. Dort liegt demnach die Rückenachse des Ivreakörpers. Nach Westen und Osten fortschreitend nimmt die Qualität der Einsätze ab und die Laufzeit zu. Bemerkenswert ist, dass sich die m-Einsätze kontinuierlich vom Bereich der Alpenachse bis unter den Ivreakörper verfolgen lassen, im Osten allerdings schwach werden und sich verlieren. Unter der Voraussetzung, dass sich die i-Wellen im Streichen des Ivreakörpers ausbreiten, erhält man mit Unterstützung zweidimensionaler Schweremodelle den in Fig. 7 dargestellten Modellschnitt durch den Ivreakörper. Unter Berücksichtigung der Strahlzurückziehung bezieht sich der Schnitt auf eine Entfernung von etwa 100—110 km vom Lac Nègre. Die stark gezeichneten Linien sind seismisch ermittelt. Das Aufsteigen des Ivreakörpers aus der Po-Ebene und seine Schräglage sind teils durch das Schwerebild, teils durch die Betrachtungen im Zusammenhang mit dem 200-km-Fächer und dem Lago-Maggiore-

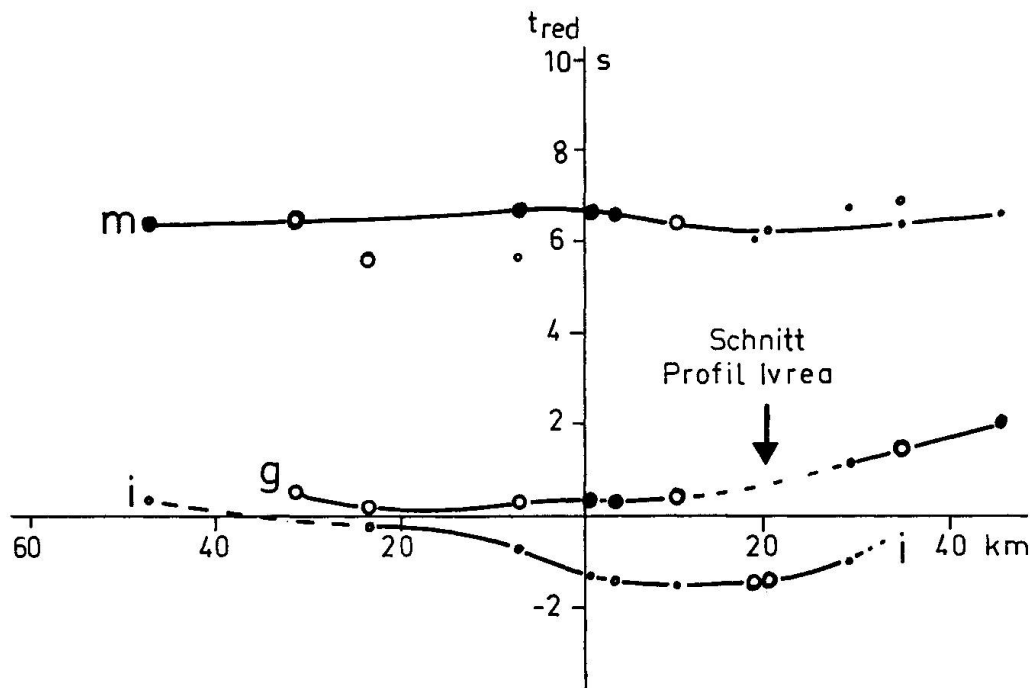


Fig. 6. 120-km-Fächer- Laufzeitplan mit Qualitätsangaben der Einsätze.

- = Sehr schwache Einsätze
- = Schwache Einsätze
- = Einsätze mittlerer Amplituden
- = Einsätze grosser Amplituden

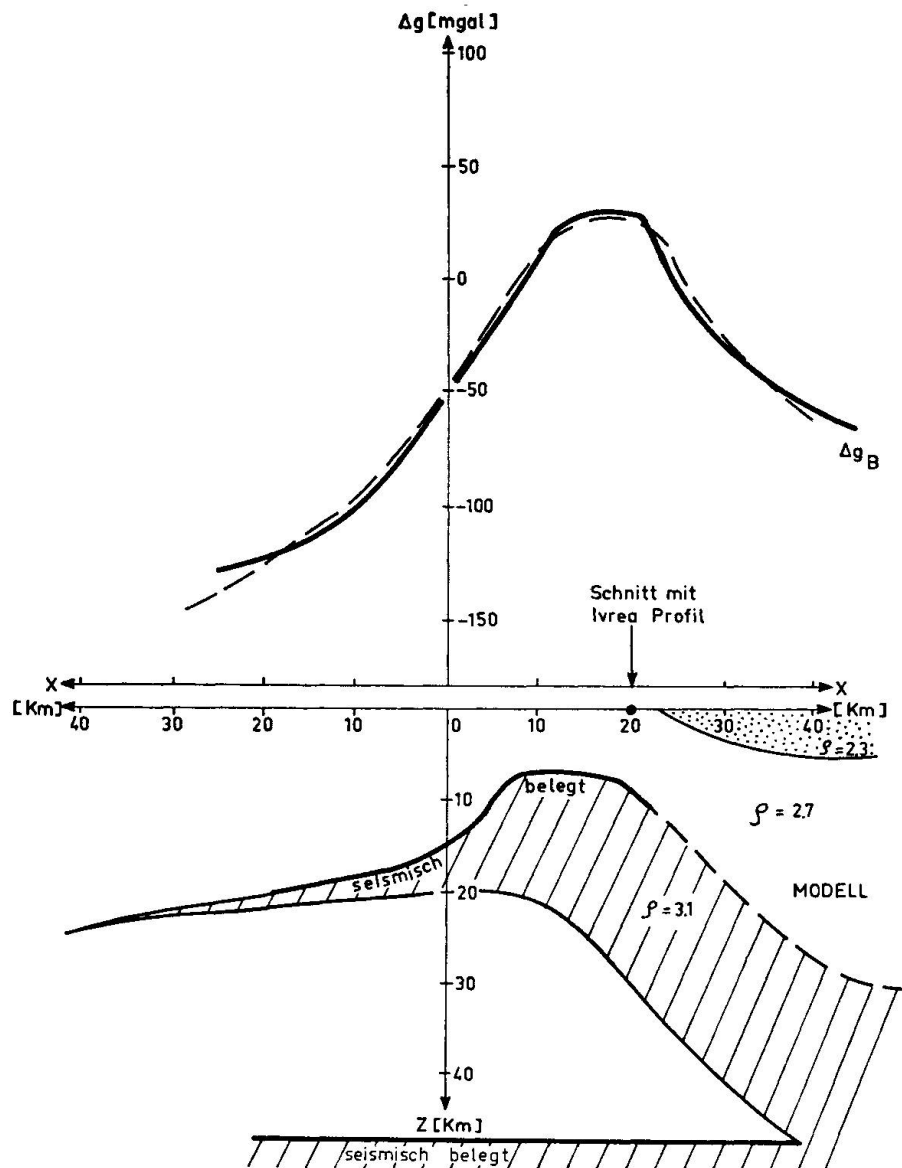


Fig. 7. Strukturmodell längs des 120-km-Fächers.

- = Gemessene Bouguer-Schwerewerte
 - - - - - = Berechnete Schwerewerte (+ 198 mgal)
 ρ = Angenommen Dichtewerte

Profil gerechtfertigt. Die Übereinstimmung der berechneten Schwerestörung (gestrichelt) mit den gemessenen Werten (ausgezogene Linie) ist gut.

3. Profil Nord (Fig. 8)

Hier dominieren die g-Einsätze. Die schnabelförmige Fortsetzung des Ivreakörpers nach Westen (Fig. 7 und 11) gründet sich auf die zwar schwachen und sporadischen, aber immerhin erkennbaren i-Einsätze im Profil Nord sowie

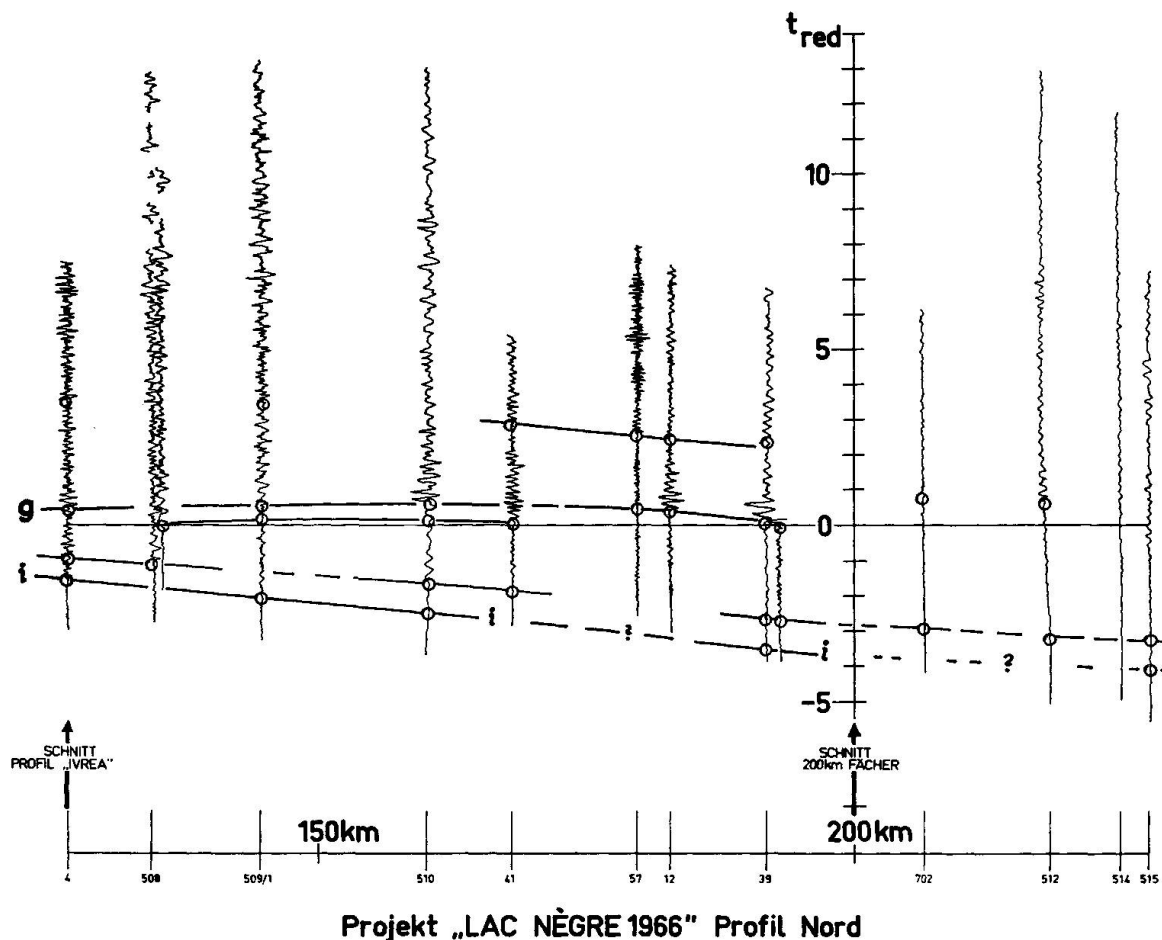


Fig. 8. Profil Nord; Seismogramm-Montage.

auf den westlichen Teil der beiden Fächer. Die Mächtigkeit des Ivreakörpers kann hier entsprechend der abnehmenden Schwereanomalie nur gering sein.

4. 200-km-Fächer (Fig. 9)

Die Identifizierung der korrelierten Einsätze in der Seismogramm-Montage erfolgte an den Schnittpunkten mit den Profilen. Nach Westen hin werden die *i*-Einsätze unregelmässig und schwach. Besondere Bedeutung erhalten die *i*-Einsätze auf dem östlichen Teil des Fächers. Sie dienen einerseits zur Konstruktion der Ostflanke des Ivreakörpers. Die zugehörigen Strahlen müssen wegen der Krümmung der Achse des Ivreakörpers bereits unter dem Nordrand der Po-Ebene durch die Gegend von Torino gelaufen sein. Damit ist andererseits der Beweis erbracht, dass sich auch dort, wenn auch in etwas grösserer Tiefe, Material derselben Geschwindigkeit befindet. Die *m*-Einsätze beweisen, dass auch hier unter dem Ivreakörper eine *M*-Fläche existiert, die nach Osten hin undeutlicher wird.

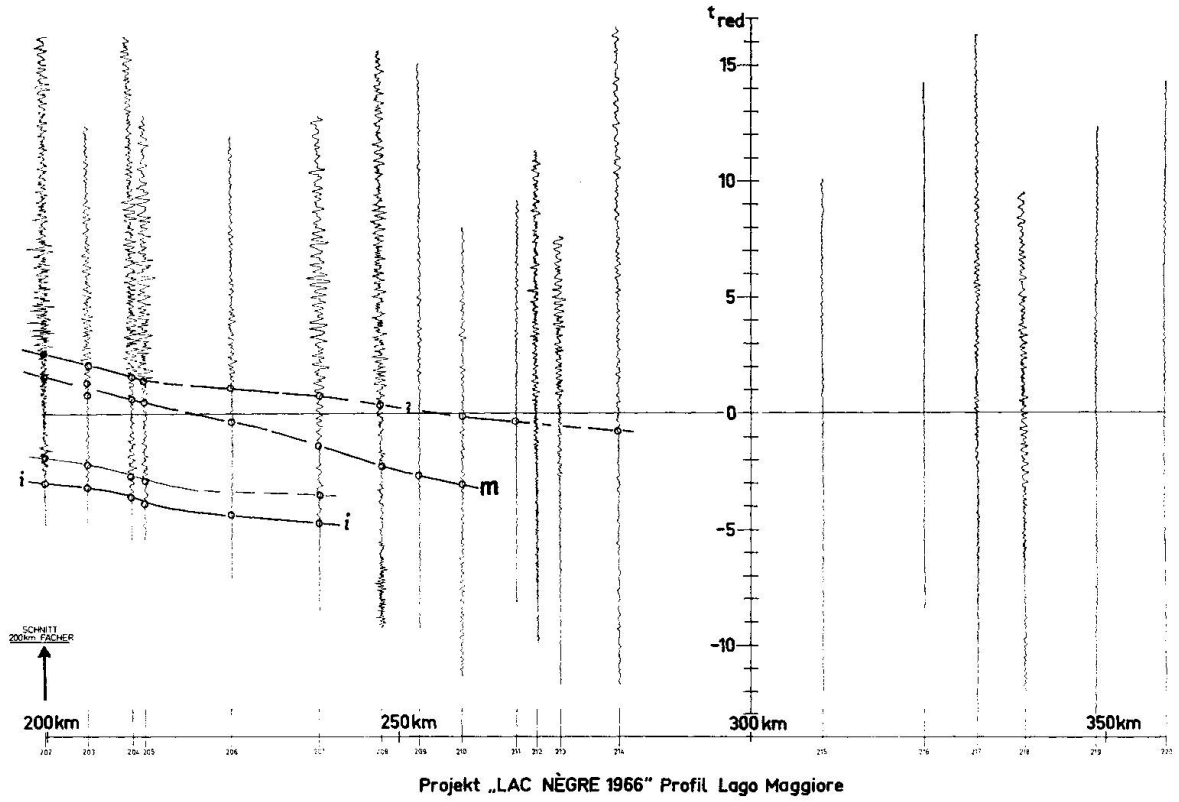


Fig. 9. 200-km-Fächer; Seismogramm-Montage.

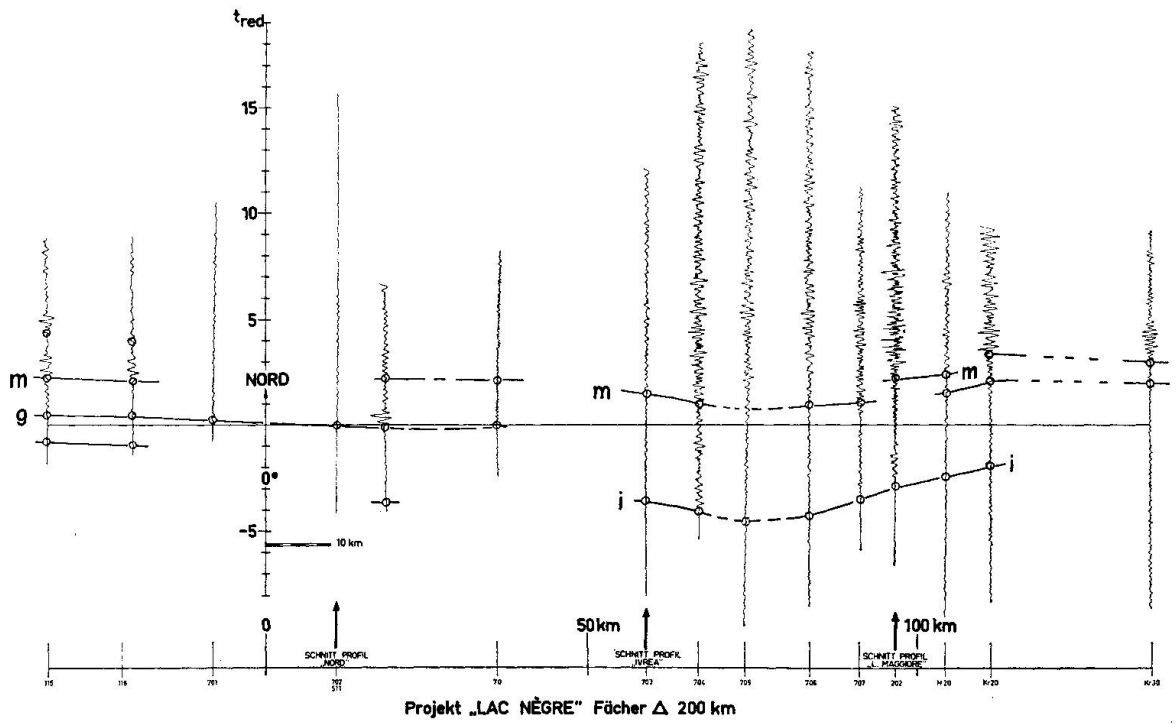


Fig. 10. Profil Lago Maggiore; Seismogramm-Montage.

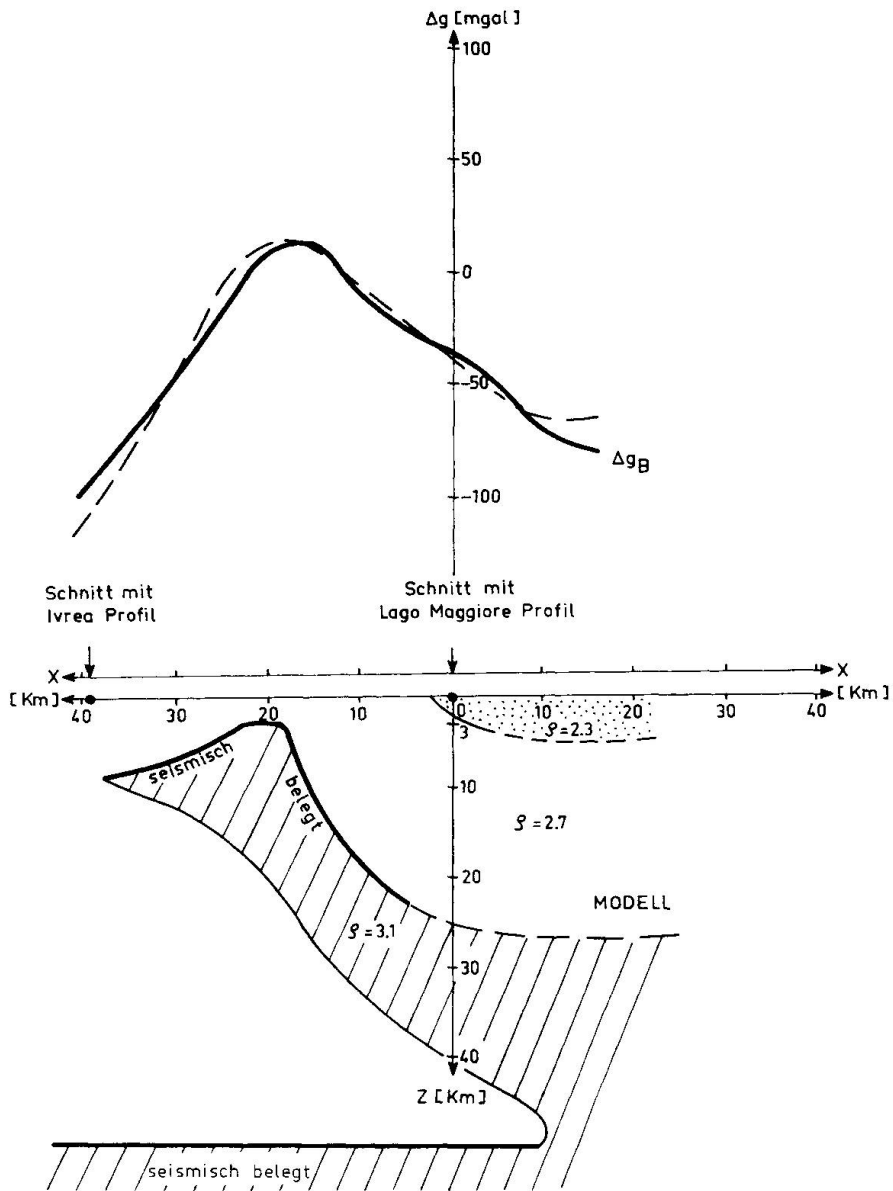


Fig. 11. Strukturmodell längs des 200-km-Fächers.

- ~ = Beobachtete Schwerewerte
- = Berechnete Schwerewerte (+ 223 mgal)
- ρ = Angenommene Dichtewerte

5. Lago-Maggiore-Profil (Fig. 10)

Das Profil setzt am Ostende des 200-km-Fächers an und liefert insbesondere den Nachweis, dass auch östlich des eigentlichen Ivreakörpers Wellen mit einer Geschwindigkeit um 7,2—7,4 km/s und gleichzeitig Weitwinkelreflexionen von der M-Fläche existieren. Die Vorziehung der i-Einsätze zwischen 210 und 220 km zeigt an, dass das Profil die Ostflanke des Ivreakörpers anschneidet (siehe Fig. 3).

Aus dem 200-km-Fächer wurde unter Berücksichtigung des Schwerebildes der Profilschnitt Fig. 11 konstruiert. Er zeigt ähnlich wie Fig. 7 das Aufsteigen des Ivreakörpers aus der Tiefe der Unterkruste im Bereich der Po-Ebene bis nahe an die Oberfläche. Bemerkenswert ist das steile Einfallen des Oberteils der Ostflanke. Wegen der Strahlzurückziehung bezieht sich das Strukturmodell auf eine Entfernung von ca. 180—190 km vom Lac Nègre.

Schliesslich sind in Fig. 3 der Verlauf der Rückenachse des Ivreakörpers sowie das Streichen und Fallen der Flanken an allen Schnittpunkten von Fächer und Profilen sowie an Profilversatzstellen eingezeichnet. Ein weiterer hier nicht näher beschriebener Fächer in 130 km Abstand vom Schusspunkt Lago Bianco (Gotthard-Massiv) wurde mit verwertet. Die Bestimmung von Streichen und Fallen erfolgte nach einer von R. Meissner ausgearbeiteten Methode. Alle drei Fächer zeigen, dass das Schwere-Maximum einige Kilometer östlich des seismisch erfassten Rückens liegt. Hierin kommt die Schräglage des Ivreakörpers deutlich zum Ausdruck.

Schlussbemerkung

Die geophysikalischen Beobachtungen lassen erkennen, dass der Ivreakörper eine Aufschiebung von Material der Kruste-Mantel-Grenzzone bis dicht an die Oberfläche darstellt. Die Gesteinsserien der geologischen Zone von Ivrea-Verbano scheinen den Durchstoss des Ivreakörpers zur Oberfläche zu dokumentieren. Es dürfte hier der seltene Fall vorliegen, dass die normalerweise vertikale Gesteinsabfolge der unteren Kruste in der Zone von Ivrea-Verbano von Osten nach Westen fortschreitend an der Erdoberfläche abgeschlossen ist.

Literatur

- CLOSS, H. et LABROUSTE, Y.: Recherches Séismologiques dans les Alpes Occidentales au moyen de grandes Explosions en 1956, 1958 et 1960. Centre National de la Recherche Scientifique 1963.
- CORON, S.: Aperçu Gravimétrique sur les Alpes Occidentales, in „Recherches...“ siehe oben Seite 2/31—37.
- FUCHS, K., MÜLLER, S., PETERSCHMITT, E., ROTHÉ, J. P., STEIN, A. et STROBACH, K.: Essais d'Interprétation Séismique, in „Recherches...“ siehe oben, Seiten 2/118—176.
- GIESE, P., PRODEHL, C. und BEHNKE, C.: Ergebnisse refraktions-seismischer Messungen 1965 zwischen dem französischen Zentralmassiv und den Westalpen. Z. Geophysik 33 (1967), 215—261.