

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

Artikel: Die Struktur der Erdkruste an der Westflanke der Zone von Ivrea
Autor: Ansorge, Jörg
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-37768>

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: 25.01.2026

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

Die Struktur der Erdkruste an der Westflanke der Zone von Ivrea *)

Von Jörg Ansorge (Karlsruhe) **)

Mit 6 Textfiguren

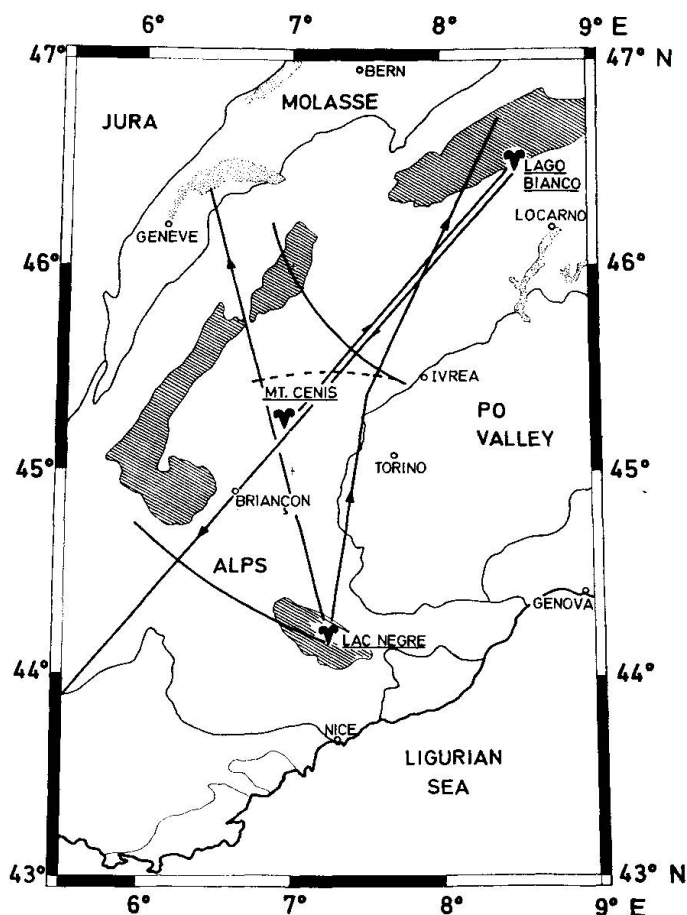
Zusammenfassung. Sprengungen im Mercantour- und Gotthard-Massiv wurden zu refraktionsseismischen Messungen entlang Profilen vom Lac Nègre in NNW-Richtung zum Genfer See, in Nordrichtung über die Zone von Ivrea hinweg und vom Lago Bianco nach SW in Richtung Marseille benutzt. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen zeigen, dass eine bis zu 60 km mächtige Wurzelzone unter den Westalpen vorhanden ist. In Tiefen von 10—15 km und 25—50 km existieren Bereiche erniedrigter Geschwindigkeit mit Werten um 5,5—5,8 bzw. 6,0 km/sec. Dieser Typ von Krustenstruktur geht nach Osten mit starken horizontalen Geschwindigkeitsgradienten in die Zone von Ivrea über. Der dort in geringer Tiefe liegende 12—14 km mächtige Ivreakörper (7,83 km/sec) fällt nach Westen hin gegen die Zentralachse der Westalpen sehr steil ab. Unter dieser Schicht hoher Geschwindigkeit wird eine ausgeprägte Geschwindigkeitsumkehr mit einer Minimalgeschwindigkeit um etwa 5,0 km/sec beobachtet. Dieser Kanal geringer Geschwindigkeit scheint in Verbindung zu stehen mit der oben erwähnten Zone erniedrigter Geschwindigkeit von 6,0 km/sec.

Summary. Explosions in the Mercantour- and Gotthardmassif were used for seismic refraction measurements along profiles from the Lac Nègre NNW towards Geneva, to the north across the Zone of Ivrea, and from the Lago Bianco to the southwest towards Marseille. The results of these observations show that there exists a thick crustal root beneath the Western Alps with two low-velocity zones at depths from 10 to 15 km and from 25 to 50 km, with velocities of 5.5—5.8 km/sec and 6.0 km/sec, respectively. This type of crustal structure changes rapidly towards the Zone of Ivrea accompanied by strong horizontal velocity gradients. There is found, at shallow depths, a high velocity layer of 7.38 km/sec with a thickness of 12—14 km. Its western flank dips steeply towards the central axis of the Western Alps. Beneath this layer a pronounced velocity inversion is observed with a minimum velocity of about 5.0 km/sec. This low-velocity channel seems to link up with the above-mentioned low-velocity zone of 6.0 km/sec.

*) Gemeinschaftsarbeiten der deutschen geophysikalischen Institute im Rahmen des Schwerpunktprogrammes der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Geophysikalische Erforschung des tieferen Untergrundes in Mitteleuropa“, Beitrag Nr. 70.

**) Anschrift des Autors: Dipl.-Phys. Jörg Ansorge, Geophysikalisches Institut der Universität Fridericiana, 75 Karlsruhe-West, Hertzstrasse 16, Deutschland.

In diesem Beitrag zu den geophysikalischen Untersuchungen über den Aufbau der Erdkruste im Bereich der Zone von Ivrea wird über den Krustenbau der Westalpen und den Übergang in die Struktur des Körpers von Ivrea berichtet, so wie sie sich aus refraktionsseismischen Beobachtungen darstellt. Grundlage der vorliegenden Untersuchung sind umfangreiche Messungen aus den Jahren 1958, 1964, 1965 und 1966 auf den in Fig. 1 eingezeichneten Profilen und Fächern. Aus den flächenhaft verteilten Messpunkten der Sprengungen im Lac Nègre, einem See im Mercantour-Massiv, wurden zwei Profile für die Beobachtungen von 1958 zusammengestellt. Eines läuft durch das Zentrum der Westalpen in NNW-Richtung zum Genfer-See. Das andere zieht vom Lac Nègre in nördlicher Richtung bis in die Gegend von Ivrea und biegt dann nach NNE um. Frühere Bearbeitungen dieser Messungen sind schon an anderer Stelle erschienen [2, 6]. Auf dem Profil zum Genfer-See wurden 1966 zahlreiche Ergänzungsmessungen vorgenommen [8]. Im Jahr 1964 konnten Sprengungen im Lago Bianco im Gotthard-Massiv auf einem Profil in südwestlicher Richtung entlang der Westflanke der Zone von Ivrea bis in eine Entfernung von 370 km beobachtet werden. Gleichzeitig wurden damit zwei Fächer in 130 und 275 km Entfernung vom Schusspunkt angelegt. 1965 bot sich die Gelegenheit, mit Hilfe von Sprengungen am Mt. Cenis das Lago Bianco-SW-Profil mit einem Gegenschuss in nordöstlicher Richtung zu ergänzen, allerdings nur bis zu einer Entfernung von 180 Kilometern [3, 4].



Bianco-SW-Profil mit einem Gegenschuss in nordöstlicher Richtung zu ergänzen, allerdings nur bis zu einer Entfernung von 180 Kilometern [3, 4].

In den Fig. 2, 3 und 5 sind die wesentlichen Ergebnisse dieser Messungen in Form von Seismogramm-Montagen wiedergegeben. Auf den Montagen des Lac Nègre-NNW-Profiles und des Lago Bianco-SW-Profiles (Fig. 2, 3) lassen sich nach Anfangsgeschwindigkeiten um 5,8 km/sec klare Einsätze mit

Fig. 1. Lageplan der Sprengpunkte und Profile.

Geschwindigkeiten von 6,44 und 6,48 km/sec, bzw. 6,26 und 6,54 km/sec korrelieren, die sich über einen Entfernungsbereich von etwa 60—140 km überlappen. Dieser grosse Überlappungsbereich und der zeitliche Abstand der beiden Laufzeitkurven von etwa einer Sekunde deuten auf eine Geschwindigkeitsumkehr in der oberen Kruste hin [7]. Ab etwa 150 km Entfernung treten starke Einsätze auf, die sich als überkritische Reflexionen an der Mohorovičić-Diskontinuität erklären lassen. In dieser Entfernung beginnen auch die mit hohen Scheingeschwindigkeiten von 9,79 und 8,77 km/sec auftretenden Laufzeitäste der an der Mohorovičić-Diskontinuität refraktierten Einsätze. Der noch grössere zeitliche Abstand zu den Einsätzen mit 6,5 km/sec und die starke Zurückziehung lassen sich wiederum nur durch eine oder mehrere ausgeprägte Zonen geringerer Geschwindigkeit in der unteren Kruste erklären. Zwischen diesen klar zu korrelierenden Einsätzen sind noch weitere Laufzeitäste zu erkennen. Diese sind in Fig. 2 durch eine gestrichelte Linie angedeutet. In Fig. 3 lassen sie sich mit 6,94 km/sec deutlich korrelieren. Die Beobachtungen von 1966 auf dem Lac Nègre-NNW-Profil ergänzten und bestätigten die Messungen von 1958. In Fig. 3 ist ausserdem die Lage der Fächer senkrecht zum Profil in 130 und 275 km Entfernung angedeutet.

Im Vergleich zu den Beobachtungen Lac Nègre-NNW und Lago Bianco-SW zeigen sich auf dem Profil Lac Nègre-Zone von Ivrea wesentliche Unterschiede (Fig. 5). Nach Ersteinsätzen mit einer Geschwindigkeit von 5,93 km/sec folgen schon in der sehr kurzen Entfernung von 30 km starke Einsätze, die sich bis zu einer Entfernung von 200 km mit einer Geschwindigkeit von 7,38 km/sec verfolgen lassen, um dann mit etwas geringerer Geschwindigkeit

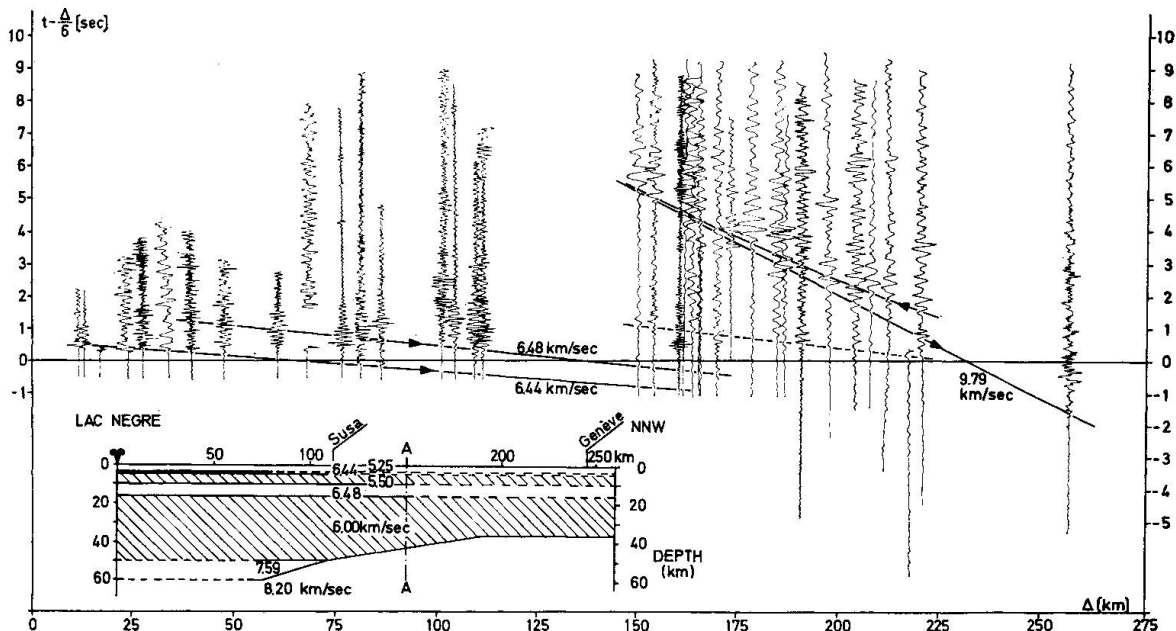


Fig. 2. Seismogramm-Montage und daraus abgeleiteter Krustenschnitt für das Lac Nègre-NNW-Profil (1958).

auszulaufen. Das Profil überstreicht hier das nordwestliche Randgebiet der Zone von Ivrea. Einsätze dieser hohen Geschwindigkeit lassen sich in diesem Entfernungsbereich auf dem Lago Bianco-SW-Profil, das sehr dicht an der Zone von Ivrea verläuft, *nicht* erkennen. In einer Entfernung von etwa 100 km vom Lac Nègre erhält man die markanten Einsätze der überkritischen Reflexionen von der Mohorovičić-Diskontinuität, die von einer P_n -Laufzeitkurve mit 8,72 km/sec tangiert werden. In dieser Entfernung beträgt der zeitliche Abstand zwischen Ersteinsatz und P_n -Linie 7,2 Sekunden, gegenüber 6 Sekunden in 140 km Entfernung auf dem Lago Bianco-SW-Profil.

Aus diesen Laufzeitkurven wurden die in den Fig. 2, 4 und 5 abgebildeten Krustenschnitte berechnet. In den schematischen Darstellungen wurde die nur einige 100 m dicke Schicht geringer Geschwindigkeit an der Oberfläche weggelassen. Bei allen Lac Nègre-Profilen wurden für den oberen Krustenbereich die beobachteten Geschwindigkeiten als wahre Geschwindigkeiten angenommen. Nur beim Lago Bianco-SW-Profil konnte das Mt. Cenis-NE-Profil als Gegenschuss verwendet werden. Den hohen P_n -Geschwindigkeiten von 8,77, 9,79 und 8,72 km/sec wurden wahre Geschwindigkeiten von 8,2 bis 8,25 km/sec zugeordnet, was ein starkes Ansteigen der Mohorovičić-Diskontinuität in Profilrichtung zur Folge hat. Dies ist beim Verlassen der Alpenwurzelzone auf dem Lac Nègre-NNW-Profil in Richtung Genfer-See und auf dem Lago Bianco-SW-Profil in Richtung Mittelmeer naheliegend. Unter der Zone von Ivrea scheint die Mohorovičić-Diskontinuität ebenfalls anzusteigen und demnach in geringerer Tiefe zu liegen als unter dem Zentrum der Westalpen. Die beiden ausserhalb der Zone von Ivrea liegenden Profile zeigen in der oberen Kruste in Tiefen zwischen 10 und 15 km eine etwa 5 km mächtige Zone geringerer Geschwindigkeit mit Werten zwischen 5,5 und 5,8 km/sec. Darunter folgt ein Anstieg der Geschwindigkeit auf etwa 6,5 km/sec beim Lac Nègre-NNW-Profil, bzw. bis 6,8 km/sec beim Lago Bianco-SW-Profil. Für die untere Kruste müssen wieder Bereiche mit einer starken Geschwindigkeitsumkehr angenommen werden, die allerdings örtlich von Zwischenschichten höherer Geschwindigkeit überlagert sein können, so wie sie durch den gestrichelten Laufzeitast in Fig. 2 oder die in Fig. 4 gezeichnete Schicht von 6,82 km/sec angedeutet sind. Die Ergänzungsmessungen von 1966 auf dem Lac Nègre-NNW-Profil führten dazu, dass über der Mohorovičić-Diskontinuität eine Übergangsschicht mit 7,59 km/sec eingeführt werden musste.

Unter der Zone von Ivrea erhält man eine wesentlich andere Struktur (Fig. 5). Schon in einer Tiefe von 11 km erfolgt ein scharfer Sprung in der Geschwindigkeit von 5,93 auf 7,38 km/sec [2, 6]. Der hier an seiner Oberfläche erfasste Ivreakörper hat eine Mächtigkeit von 12 bis 14 km. Darunter folgt ein Tiefenbereich mit einer erheblich geringeren Geschwindigkeit. In Anlehnung an Erdbebenbeobachtungen [7] wurde eine Minimalgeschwindigkeit von 5,0 km/sec angenommen. GIESE, PRODEHL und BEHNKE [5] leiten in ihrer

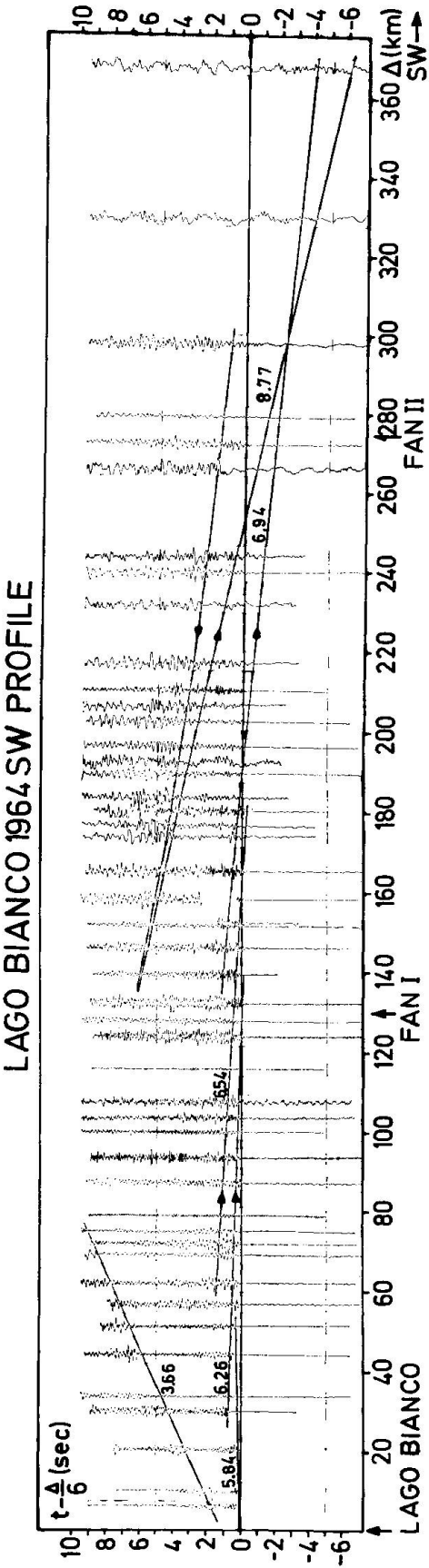


Fig. 3. Seismogramm-Montage des Lago-Bianco-SW-Profils (1964). FAN I, II bezeichnet die Lage der senkrecht zum Profil beobachteten Fächer [3].

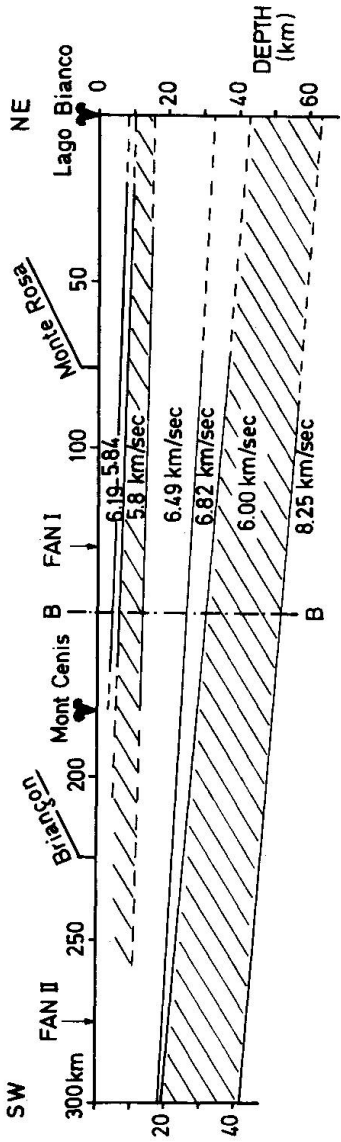


Fig. 4. Krustenschnitt entlang des Lago-Bianco-SW-Profils.

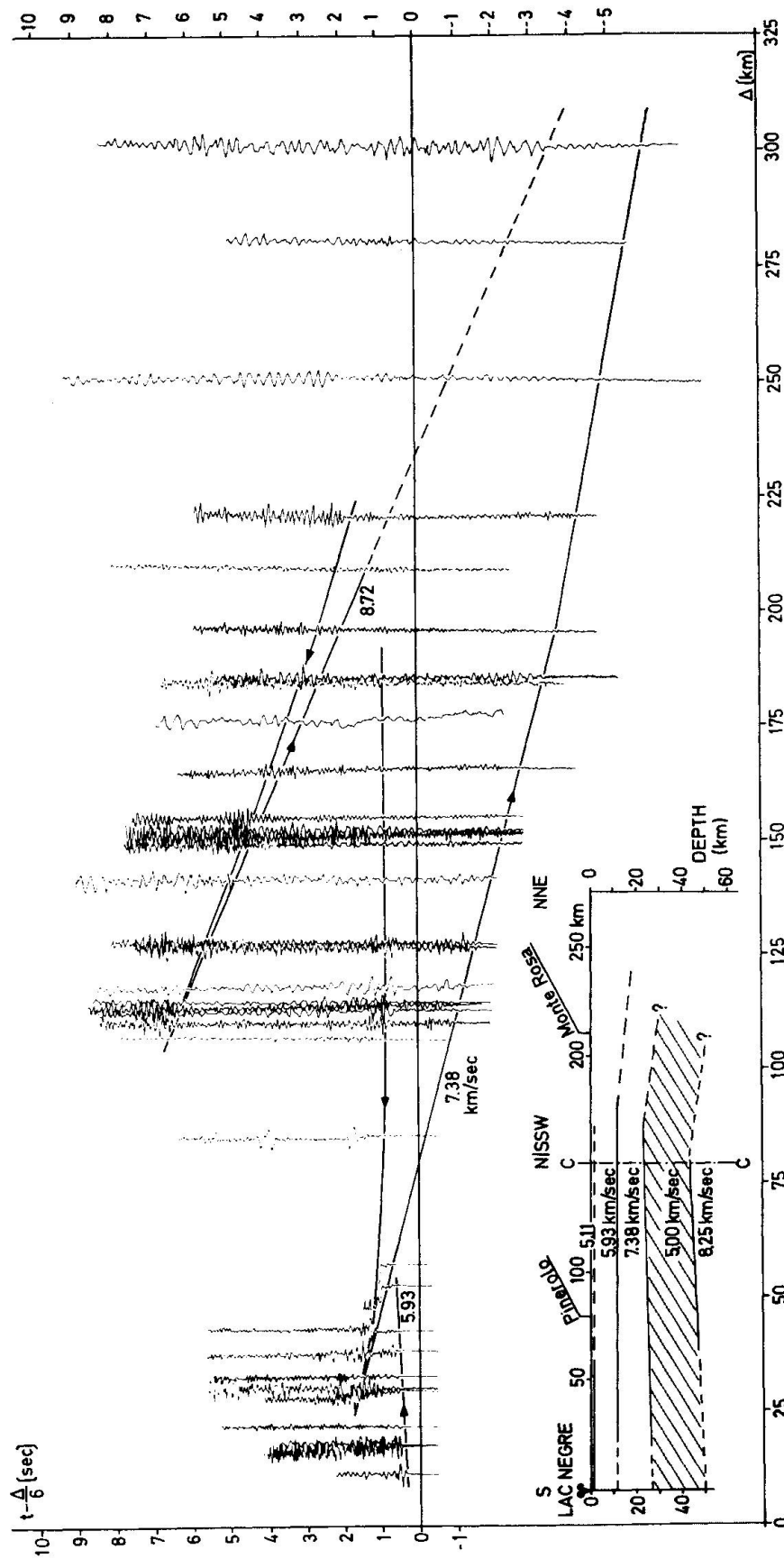


Fig. 5. Seismogramm-Montage und daraus abgeleiteter Krustenschnitt für das Profil Lac-Nègre-Zone von Ivrea (1958).

Geschwindigkeits-Tiefen-Funktion eine noch extremere Geschwindigkeitsabnahme auf 4,0 km/sec ab. Wegen der sehr scharfen seitlichen Begrenzung des Ivreakörpers, so wie sie sich aus den Fächerbeobachtungen senkrecht zum Lago Bianco-SW-Profil und auf anderen Fächern (GERMAN RESEARCH GROUP FOR EXPLOSION SEISMOLOGY in diesem Heft) ergibt, erlaubt das Profil exakte Aussagen nur bis zu einer Entfernung von 150 bis 160 km, also lediglich bis in die Gegend von Ivrea. Von dort ab wird die nach Nordwesten abfallende Flanke des Ivreakörpers von dem abknickenden Profil nur in schiefer Lage erfasst. In der gleichen Richtung muss die Mohorovičić-Diskontinuität vom höchsten Punkt unter Ivrea bei etwa 43 km ausgehend absinken, um unter dem Lago Bianco eine Tiefe von etwa 60 km zu erreichen, so wie es auf dem Lago Bianco-SW-Profil beobachtet und auch von BEHNKE [1] für das Lago Bianco-Lago Lagorai-Profil angegeben wird.

Um einen Eindruck von der Geschwindigkeitsverteilung in der Kruste des betrachteten Gebietes zu geben, ist in Fig. 6 die Krustenstruktur dargestellt, so wie sie sich beim Schnitt eines Kreisbogens von 150 km Radius um den Lac Nègre auf den drei Profilen ergibt. Die Lage des Kreisbogens ist in Fig. 1 gestrichelt eingetragen und die der Schnitte AA (Grande Casse), BB (Gran Paradiso), CC (Cuorné) in den Fig. 2, 4 und 5 angedeutet. Man erkennt deutlich die ähnliche Struktur der beiden westlichen Profile mit Zonen geringerer Geschwindigkeit in der oberen und unteren Kruste mit Mächtigkeiten von 5—6 und 20—25 km. Die Kanalgeschwindigkeiten betragen 5,5—5,8 bzw.

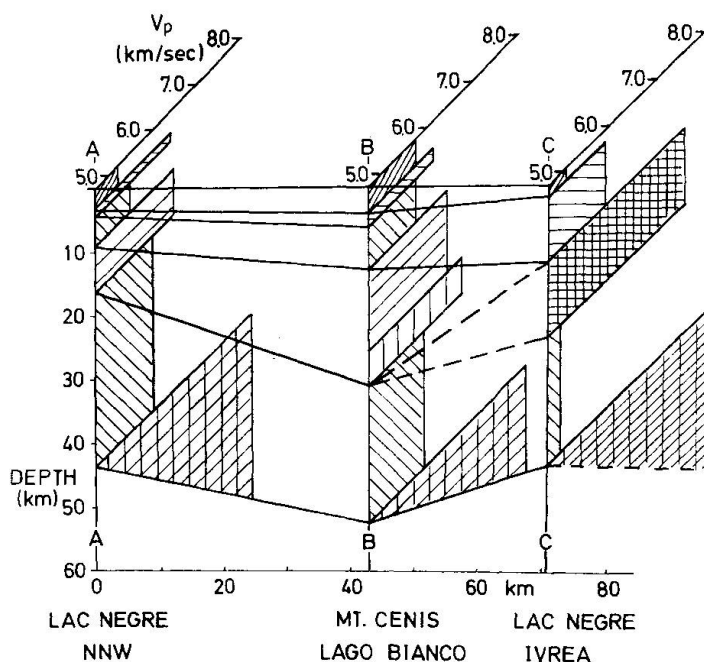


Fig. 6. Geschwindigkeits-Tiefen-Verteilungen auf einem Kreis um den Schusspunkt Lac Nègre mit 150 km Radius. Lage der Schnitte des Kreisbogens mit den Profilen:

AA: Grande Casse, BB: Gran Paradiso, CC: Cuorné.

6,0 km/sec. Die Tiefe der Mohorovičić-Diskontinuität nimmt von Westen nach Osten von 43 auf 55 km unter dem Gran Paradiso zu. Der weitere Übergang nach Osten erfolgt unter starken Struktur- und Geschwindigkeitsänderungen. Unter einer vermutlich ähnlichen oberen Kruste von 10 km bestehen darunter auch in horizontaler Richtung sicher starke Geschwindigkeitsgradienten. Die Zuordnung von Diskontinuitäten im mittleren Bereich der Kruste ist kaum möglich. Die Schicht hoher Geschwindigkeit (7,38 km/sec) des Ivreakörpers bricht nach Westen sehr steil ab. Die Fächerbeobachtungen deuten einen noch steileren Abfall an, als er in der Abbildung skizziert ist. Die starke Geschwindigkeitsumkehr erfolgt vermutlich auch von Westen her mit einem starken Gradienten. Unter der Zone von Ivrea steigt die Mohorovičić-Diskontinuität nach Osten bis zum Zentrum der Anomalie hin an. Der weitere Verlauf der Krusten-Mantel-Grenze wird an anderer Stelle untersucht (GIESE; STEIN in diesem Heft). Es muss nicht besonders betont werden, dass die in den Geschwindigkeits-Tiefen-Verteilungen gezeichneten scharfen Diskontinuitäten nur eine Modellvorstellung sind. In Wirklichkeit handelt es sich dabei sicherlich um Übergangszonen mit einer Mächtigkeit von mehreren hundert Metern bis zu einigen Kilometern, die den Signalcharakter wesentlich beeinflussen.

Literaturverzeichnis

- [1] BEHNKE, C. (1967): Über Geschwindigkeiten seismischer Wellen im zentralen Teil der Ostalpen. Proc. 9th Assembly European Seismological Commission (Copenhagen), 97—101.
- [2] FUCHS, K., ST. MÜLLER, E. PETERSCHMITT, J.-P. ROTHÉ, A. STEIN, K. STROBACH (1963): Krustenstruktur der Westalpen nach refraktionsseismischen Messungen. Gerlands Beitr. z. Geophys. 72, 149—169.
- [3] GERMAN RESEARCH GROUP FOR EXPLOSION SEISMOLOGY (1968): Auswertung refraktionsseismischer Messungen in den Westalpen 1964/65. Z. Geophys. (im Druck).
- [4] GIESE, P. (1965): Ergebnisse der bisherigen seismischen Messungen in den Alpen und Erörterung einiger damit zusammenhängender Probleme. Max-Richter-Festschrift, Clausthal-Zellerfeld, 271—290.
- [5] GIESE, P., C. PRODEHL, C. BEHNKE (1967): Ergebnisse refraktionsseismischer Messungen 1965 zwischen dem französischen Zentralmassiv und den Westalpen. Z. Geophys. 33, 215—261.
- [6] GROUPE D'ETUDES DES EXPLOSIONS ALPINES (1963): Recherches séismologiques dans les Alpes occidentales au moyen de grandes explosions en 1956, 1958 et 1960. Mémoire Collectif, Année Géophysique Internationale, C.N.R.S., Série XII, Fasc. 2.
- [7] MUELLER, ST., M. LANDISMAN (1966): Seismic Studies of the earth's crust in continents; Part I: Evidence for a low-velocity zone in the upper part of the lithosphere. Geophys. J. 10, 525—538.
- [8] RESEARCH GROUP OF THE GEOPHYSICAL INSTITUTIONS in Hamburg (IPE), Karlsruhe (GI), Paris (ENS+CEA), Strasbourg (IPG) (1967): Structure of the crust and upper mantle in the eastern part of France. Proc. 14th IUGG General Assembly Zürich, IASPEI 168.