

# Gravimetrie, Sprengseismik und Krustenmächtigkeit entlang der Schweizer Geotraverse

Autor(en): **Kahle, Hans-Gert / Klingelé, Emile / Müller, Stephan**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen  
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **56 (1976)**

Heft 3

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-43714>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## **Gravimetrie, Sprengseismik und Krustenmächtigkeit entlang der Schweizer Geotraverse \*)**

Von *Hans-Gert Kahle, Emile Klingelé, Stephan Müller und René Egloff\*\*)*

### **Abstract**

Explosion-seismic data and detailed gravity measurements were used to determine the variation of crustal thickness through the Swiss Alps along the Swiss Geotraverse. The relief of the crust-mantle boundary is clearly asymmetric: It dips gently from a depth of about 30 km south of Basel to a maximum depth of about 56 km near Biasca. From there to the south the crust-mantle boundary rises quite steeply. The isostatic anomalies between Luzern and Biasca are negative ( $\sim -20$  mgal) coinciding with the region of recent crustal uplift thus suggesting a similar cause for both sets of data.

### **Zusammenfassung**

Es wird ein detailliertes Schwereprofil entlang der schweizerischen Geotraverse von Basel nach Bellinzona kombiniert mit sprengseismischen Daten ausgewertet, um die Krustenmächtigkeit in diesem Gebiet zu bestimmen. Unter Berücksichtigung der Schwerewirkungen von bekannten Störkörpern entlang und seitlich der Geotraverse werden Bouguer- und isostatische Schwereanomalien berechnet. Es wird gezeigt, dass die Krusten-Mantelgrenze unter diesem Gebiet asymmetrisch verläuft und unter einem flachen Winkel von Nordwesten einfällt, während sie nach Südosten steiler ansteigt. Die grösste Krustenmächtigkeit (58 km) wird unter dem Lepontin beobachtet. Die isostatischen Anomalien ( $\pm 20$  mgal) sind relativ klein, zeigen aber doch eine Korrelation mit den rezenten vertikalen Krustenbewegungen: Negative isostatische Anomalien südlich von Luzern, wo rezente Hebungen beobachtet werden.

Fig. 1 zeigt eine Kompilation der gegenwärtig verfügbaren Schwereanomalien in der Schweiz und der angrenzenden Gebiete. Zu den auffallendsten Strukturen dieser Schwerekarte gehört der systematische Abfall der Bouguer-Anomalien gegen die Alpen hin. Diese Abnahme hat ihre Ursache zum Teil in den mächtiger werdenden Sedimenten des Molasse-Beckens und zum Teil in der zunehmenden Mächtigkeit der Erdkruste. Die Isolinien der Schwere streichen

---

\*) Institut für Geophysik, Mitteilung Nr. 147.

\*\*\*) Institut für Geophysik, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich.

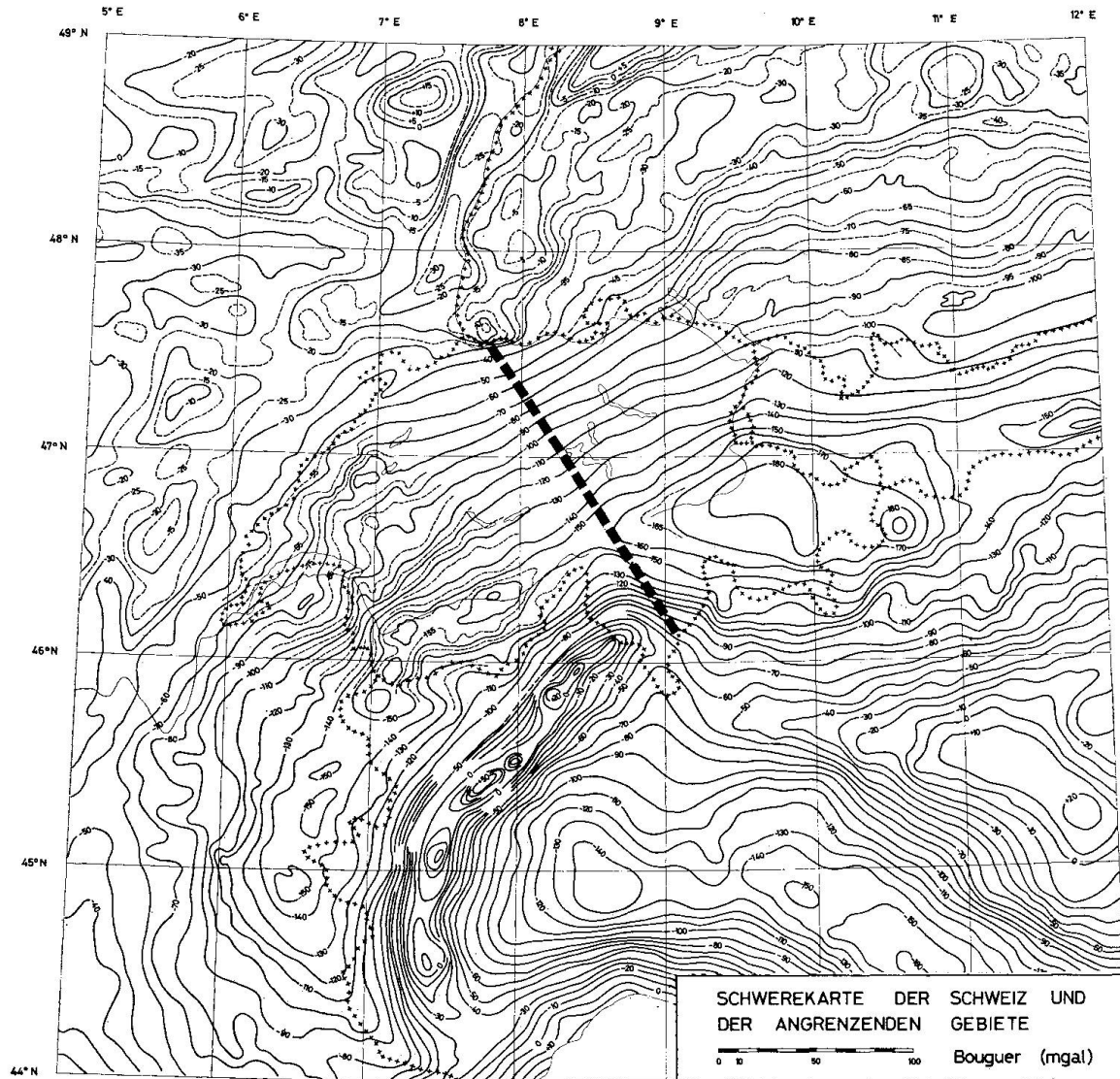


Fig. 1. Bouguer Schwereanomalien in der Schweiz und den angrenzenden Gebieten. Werte der Isolinien in mgal. Die NW-SE verlaufende unterbrochene Linie kennzeichnet die Lage der «schweizerischen Geotraverse». Grundlage der Karte sind die von folgenden Autoren veröffentlichten Schwereanomalien: BALLARIN, 1963; CORON, 1959; GERKE, 1957; KLINGELÉ, 1972; LECOLAZET, 1970; MUELLER und RYBACH, 1974; NIETHAMMER, 1921; SENFTL, 1965; VECCHIA, 1963.

in der Schweiz im grossen und ganzen von WSW nach ENE. Die Abnahme der Bouguer-Anomalien gegen die Alpen hin beträgt durchschnittlich etwa 1 mgal pro Kilometer. In dem Streifen mit den negativsten Anomalien betragen die Bouguer-Werte  $-150$  bis  $-180$  mgal. Im Rahmen des Projektes «Schweizerische Geotraverse» wurde zwischen Basel und Bellinzona ein detaillierteres Schwereprofil mit einem Punktabstand von etwa 5 km vermessen (KLINGELÉ, 1974). Diese Schwerewerte wurden topographisch, h henm ssig und isostatisch reduziert, um Bouguer- und isostatische Anomalien zu erhalten.

Ausserdem wurden die Sedimente des Molasse-Beckens (BÜCHI et al., 1965; LOHR, 1967; LEMCKE et al., 1968) und der Ivreakörper (KAMINSKI und MENZEL, 1968; FUCHS et al., 1963; BERCKHEMER, 1968) als geologische Störkörper in Form einer geologischen Reduktion berücksichtigt (KAHLE, KLINGELÉ, MÜLLER und EGLOFF, 1976). Die resultierenden Profile der Bouguer- und isostatischen Anomalien sind in Fig. 2 dargestellt. Um die Krustenmächtigkeit aus den Bouguer-Anomalien zu bestimmen, wurden zunächst sprengseismische Daten aus den verfügbaren seismischen Profilen ausgewertet, die die Geotraverse schneiden. Unter Benutzung der ( $T^2$ ,  $\Delta^2$ )-Methode wurden durchschnittliche Krustengeschwindigkeiten und Tiefen der Mohorovičić (M)-Diskontinuität ermittelt und auf die Geotraverse projiziert. Die resultierenden Tiefen der M-Diskontinuität sind in Fig. 2 mit breiten Balken gekennzeichnet. Anschliessend wurde diese Tiefenverteilung mit gravimetrischen Modellrechnungen so angepasst, dass die theoretischen Schwerewirkungen des Modells mit den beobachteten Bouguer-Anomalien regional übereinstimmten. Als mittlerer Dichteunterschied zwischen Unterkruste, das heisst in unserem Fall für Tiefen grösser als 30 km, und oberem Mantel ergab sich ein Wert von  $-0,33 \text{ gcm}^{-3}$ . Nimmt man für den oberen Mantel eine Dichte von  $3,3 \text{ gcm}^{-3}$  an, so ergibt sich damit für die Unterkruste der Dichtewert  $2,97 \text{ gcm}^{-3}$ . Vergleicht man diese Dichte mit den entsprechenden seismischen Kompressionswellengeschwindigkeiten, so ergibt sich zum Beispiel aus der von WOOLLARD (1975) angegebenen Geschwindigkeits-Dichterelation ein Geschwindigkeitskontrast von  $8,1 \text{ km s}^{-1}$  im oberen Mantel gegen  $6,7 \text{ km s}^{-1}$  in der Unterkruste\*).

Nach unseren vorläufigen Ergebnissen zeigt der Verlauf der M-Diskontinuität einen asymmetrischen Verlauf: Von Basel bis zum Gotthard und weiter nach Biasca fällt die Krusten-Mantelgrenze flach ein, während sie von Biasca gegen Süden wieder steil ansteigt. Auffallend ist die grosse Krustenmächtigkeit unter dem Lepontin, wo die Erdkruste die doppelte Mächtigkeit (58 km) derjenigen südlich von Basel erreicht. Dadurch wird die Vermutung nahegelegt, dass die Verdopplung der Tiefe zur Krusten-Mantelgrenze mit einer möglichen teilweisen Überschiebung der «Südkruste» über die «Nordkruste» zu erklären ist. Die Geschwindigkeitsverteilungen in diesem Gebiet scheinen auch auf diesen Sachverhalt hinzudeuten. Für eine weitere Überprüfung der Asymmetrie beabsichtigen wir, den Verlauf der M-Diskontinuität südlich vom Profilende zu ermitteln.

Die isostatischen Anomalien in Fig. 2 sind negativ nach oben und positiv nach unten aufgetragen, um den Zusammenhang mit den rezenten vertikalen

---

\*) Während der Drucklegung angefügte Bemerkung: Bei dieser Abschätzung wurde von der vereinfachten Annahme ausgegangen, dass die Ober- und Unterkruste keine lateralen Dichteänderungen enthält. Es wird gegenwärtig daran gearbeitet, dieses Modell aufgrund neuer seismischer Ergebnisse zu modifizieren, die eine Zone erniedrigter Geschwindigkeit in der Unterkruste ergeben haben (MÜLLER, ST. et al., dieses Heft).

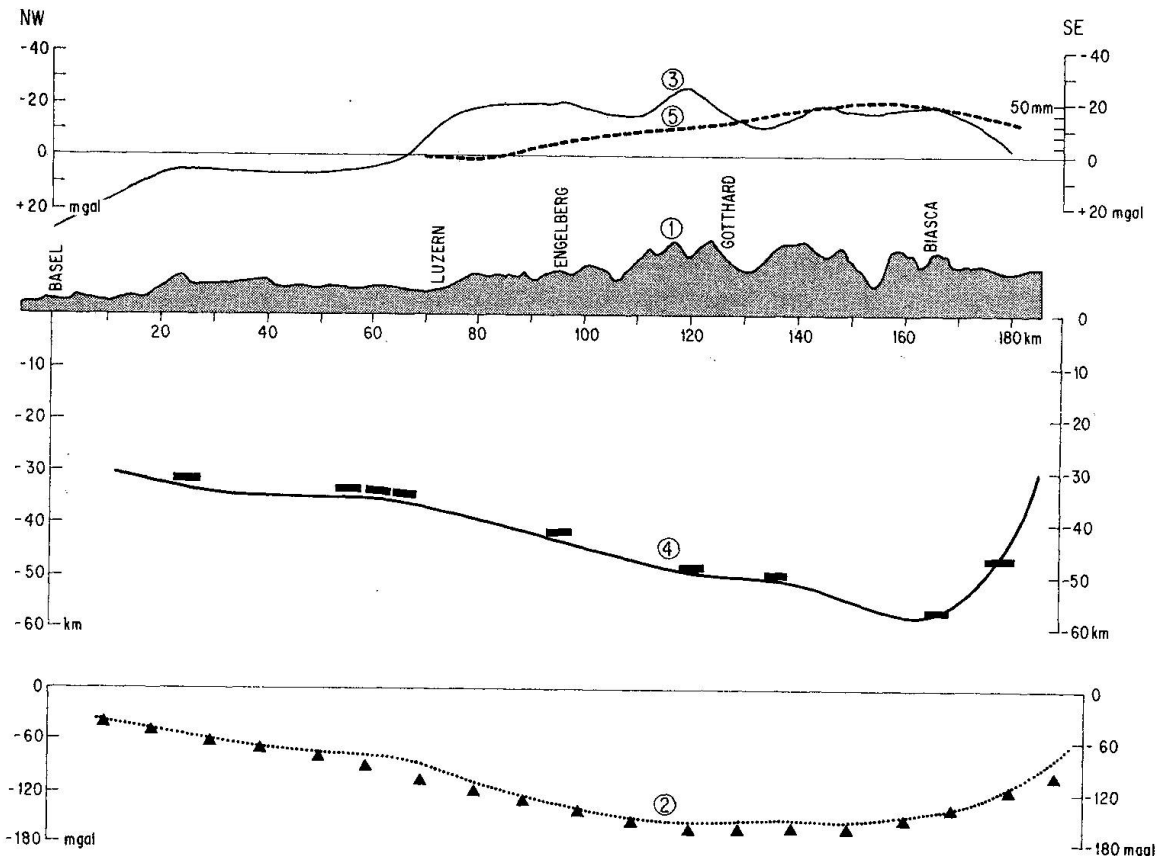


Fig. 2. Topographie (1), Bouguer- (2), isostatische (3) Anomalien, Verlauf der Mohorovičić-Discontinuität (4) und rezente Krustenbewegungen (5) (SCHAER und JEANRICHARD, 1974) in den letzten 60 Jahren entlang der schweizerischen Geotransverse. Die aus seismischen Profilen abgeleiteten Tiefenlagen der Krusten-Mantelgrenze sind mit breiten Balken gekennzeichnet. Schwarze Dreiecke geben die Schwerewirkungen des Krustenmodells unterhalb 30 km wieder.

Krustenbewegungen besser zu verdeutlichen. Die isostatischen Anomalien überschreiten  $\pm 20$  mgal nicht, liegen aber durchaus in der Grössenordnung, bei der man isostatische Ausgleichsbewegungen erwarten kann. Beispielsweise sind die postglazialen Hebungen in der Hudson Bai mit mittleren Freiluft-Anomalien von  $-35$  mgal verbunden (WALCOTT, 1972).

Südlich von Luzern sind die isostatischen Anomalien negativ und nördlich davon positiv. Die negativen Werte südlich von Luzern korrelieren mit den beobachteten rezenten Hebungen (SCHAER und JEANRICHARD, 1974). Sie deuten auf ein Massendefizit hin, das möglicherweise Anlass zu isostatischen Ausgleichsbewegungen geben kann. Die Beziehungen zwischen isostatischen Anomalien und rezenten vertikalen Bewegungen der Erdkruste sind hydrostatisch qualitativ erklärbar, bedürfen aber im einzelnen noch weiterer Untersuchungen, um den Zusammenhang auch quantitativ erfassen zu können. Vergleichende Präzisions-Schweremessungen entlang ausgewählter Eichlinien sind für diese Fragestellung sehr nützlich, da sie direkt Auskunft über die mit den

Hebungen und Massenverschiebungen verbundenen zeitlichen Schwereänderungen geben können. Zum Beispiel werden gegenwärtig wiederholte präzise Schweremessungen entlang den fennoskandischen Eichlinien durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen zeitlichen Schwereänderungen und den Hebungen Skandinaviens zu studieren (KIVINIEMI, 1974).

Herrn Dr. H. Hareke danken wir für seine Mithilfe bei der Kompilation der Schwerekarte der Schweiz und der angrenzenden Gebiete (Fig. 1). Ausserdem möchten wir unseren Dank dem Schweizerischen Nationalfonds aussprechen, der diese Arbeit finanziell unterstützt hat (Projekte Nr. 2.211-0.74 und 2.401-0.75).

#### Literaturverzeichnis

- BALLARIN, S. (1963): The gravity field of Italy: topographic isostatic anomaly maps. *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, 12, 17-26.
- BERCKHEMER, H. (1968): (German Research Group for Explosion Seismology) Topographie des «Ivrea-Körpers» abgeleitet aus seismischen und gravimetrischen Daten. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.*, 48, Nr. 1, 235-246.
- BÜCHI, U. P., LEMCKE, K., WIENER, G. und ZIMDARS, J. (1965): Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens. *Bull. Verh. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing.*, 32, Nr. 82, 7-38.
- CORON, S. (1959): Grandes variations de pesanteur dans la région des Alpes occidentales. *Comptes Rendus Acad. Sc. Paris*, 248, 3193-3195.
- FUCHS, K., MUELLER, ST., PETERSCHMITT, E., ROTHE, J.-P., STEIN, A. und STROBACH, K. (1963): Krustenstruktur der Westalpen nach refraktionsseismischen Messungen. *Gerlands Beitr. z. Geophys.*, 72, 149-169.
- GERKE, K. (1957): Die Karte der Bouguer-Isanomalien 1 : 1 000 000 von Westdeutschland. *Angew. Geod.*, Reihe B, 46, Teil I, Frankfurt a. M.
- KAHLE, H.-G., KLINGELÉ, E., MUELLER, ST. und EGLOFF, R. (1976): The variation of crustal thickness across the Swiss Alps based on gravity and explosion seismic data. *Pure and Appl. Geophys. (PAGEOPH)*, 114, 479-494.
- KAMINSKI, W. und MENZEL, H. (1968): Zur Deutung der Schwereanomalie des Ivrea-Körpers. *Schweiz. Mineral. u. Petrogr. Mitt.*, 48, Nr. 1, 255-260.
- KIVINIEMI, A. (1974): High precision measurements for studying the secular variation in gravity in Finland. *Veröff. d. finnischen Geod. Inst.*, Nr. 78, Helsinki, 68 Seiten.
- KLINGELÉ, E. (1972): Contribution à l'étude gravimétrique de la Suisse Romande et des régions avoisinantes. *Beitr. zur Geol. der Schweiz, Ser. Geophys.*, Nr. 15, Kümmerly & Frey, Bern, 94 Seiten.
- KLINGELÉ, E. (1974): Bericht an den Schweiz. Nationalfonds über das Projekt «Schwerekarte der Schweiz». Zürich, 23 Seiten (unveröff.).
- LECOLAZET, R. (1970): La carte gravimétrique de l'Alsace. In: ILLIES und MUELLER (Ed.), *Graben problems*, 233-234, Schweizerbart, Stuttgart.
- LEMCKE, K., BÜCHI, U. P. und WIENER, G. (1968): Einige Ergebnisse der Erdölexploration auf die mittelländische Molasse der Zentralschweiz. *Bull. Verh. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing.*, 35, Nr. 87, 15-34.
- LOHR, J. (1967): Die seismischen Geschwindigkeiten in der Ostschweiz. *Bull. Verh. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing.*, 34, Nr. 85, 29-38.

- MUELLER, St. und RYBACH, L. (1974): Crustal dynamics in the central part of the Rhinegraben. In: ILLIES und FUCHS (Ed.), Approaches to taphrogenesis, 379–388, Schweizerbart, Stuttgart.
- NIETHAMMER, Th. (1921): Die Schwerebestimmung der Schweizerischen Geodätischen Kommission und ihre Ergebnisse. Verh. Schweiz. Natf. Ges., Schaffhausen, 15 Seiten.
- SCHAER, J. P. und Jeanrichard, F. (1974): Mouvements verticaux anciens et actuels dans les Alpes suisses. Eclogae Geol. Helv., 67, Nr. 1, 101–119.
- SENFEL, E. (1965): Schwerekarte von Österreich. Bouguer-Isanomalien. Hrsg. vom Bundesamt f. Eich- u. Vermessungswesen (Landesaufnahme), Wien.
- VECCHIA, O. (1963): The gravity field of Italy: a geotectonic interpretation. Bolletino di Geodesia e Affini, 22, 361–379.
- WALCOTT, R. I. (1972): Late Quaternary vertical movements in eastern North America: Quantitative evidence of glacio-isostatic rebound. Rev. Geophys. Space Phys., Band 10, Nr. 4, 849–884.
- WOOLLARD, G. P. (1975): Regional changes in gravity and their relation to crustal parameters. Paper presented at the 7th meeting of the Int. Gravity Comm., Paris, 2–6 Sept. 1974, Bureau Gravimétr. Int., Bull. d'Inform., 36, Sect. I, 106–110.