

Herdmechanismen von Erdbeben und regionaltektonisches Spannungsfeld im Bereich der Geotraverse Basel-Chiasso

Autor(en): **Pavoni, N.**

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-43717>

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.

Herdmechanismen von Erdbeben und regionaltektonisches Spannungsfeld im Bereich der Geotraverse Basel–Chiasso *)

Von *N. Pavoni* (Zürich)**)

Abstract

Based on the orientations of P-axes from focal mechanisms of 15 earthquakes from in and around Switzerland (Table I, Fig. 1) trajectories of maximum horizontal compressive stress (MHP) have been drawn (Fig. 2). Along the Basel–Chiasso Geotraverse the mean orientation of maximum horizontal compressive stress in the upper crust is $N 150^\circ \pm 20^\circ E$.

Untersuchungen der Ersteinträge von P- und S-Wellen von Erdbeben erlauben es, Rückschlüsse über die Bewegungsvorgänge im Erdbebenherd und damit über den Spannungszustand der Kruste im Bereich des Bebenherdes zu ziehen. Im Verlaufe der letzten Jahre sind eine ganze Reihe von Beben im Gebiet der Schweiz und in nächster Umgebung in bezug auf ihren Herdmechanismus untersucht worden. Es sind dies drei Beben im Gebiet des Faltenjura (PAVONI und PETERSCHMITT, 1974; PAVONI, 1977), mehrere Beben im Süd-Schwarzwald (AHORNER und SCHNEIDER, 1974), im bernischen Mittelland, im Simmental, im Mittelwallis (MAYER-ROSA und PAVONI, 1977, PAVONI et al., 1977), im Gebiet von Sarnen (AHORNER et al., 1972), im Kanton Glarus, im Bodenseegebiet und im Gebiet von Arosa (MAYER-ROSA und PAVONI, 1977), ferner in den Südalpen im Gebiet von Varese–Bergamo (PAVONI et al., 1977). Tab. I gibt eine Übersicht über die in Frage stehenden Beben. Fig. 1 zeigt die Lage der Epizentren sowie die Orientierung der P-Achsen abgeleitet aus den Herdlösungen.

Obwohl die Mehrzahl der Beben nicht direkt im Bereich der Geotraverse Basel–Chiasso liegt, erlauben es die vorliegenden Untersuchungsergebnisse, eine Aussage über den gegenwärtigen Spannungszustand der oberen Kruste im Gebiet der Geotraverse zu machen. Vier Beben, nämlich das Beben bei Schopfheim im Süd-Schwarzwald 1961, das Beben im bernischen Mittelland 1974, das Beben von Sarnen 1964 und das Beben bei Varese 1975 liegen im Gebiet

*) Mitteilung Nr. 159 aus dem Institut für Geophysik der ETH, 8093 Zürich.

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

Tabelle I: Liste der Erdbeben

| Nr. | Datum (GMT) | h m s | Lat. / Long. | Mag. | Region | P | T |
|-----|----------------|--------------|----------------|------|-------------------|--------|--------|
| 1 | 28. April 1961 | 20 : 48 : 49 | 47.7 N / 7.9 E | 4,9 | Schopfheim | 134/18 | 38/18 |
| 2 | 14. März 1964 | 20 : 44 : 44 | 46.9 N / 8.3 E | 5,2 | Sarnen | 139/11 | 37/44 |
| 3 | 5. Febr. 1968 | 02 : 28 : 49 | 46.6 N / 5.8 E | 3,5 | Clairvaux | 134/7 | 314/83 |
| 4 | 21. Juni 1971 | 07 : 25 : 29 | 46.4 N / 5.8 E | 4,4 | Jeurre | 315/32 | 54/14 |
| 5 | 29. Sept. 1971 | 07 : 18 : 52 | 47.1 N / 9.0 E | 4,8 | Glarus | 158/0 | 68/6 |
| 6 | 8. Mai 1973 | 19 : 08 : 24 | 45.6 N / 9.7 E | 3,9 | Bergamo | 297/22 | 43/35 |
| 7 | 9. Juli 1973 | 00 : 27 : 06 | 46.8 N / 9.7 E | 3,8 | Arosa | 156/3 | 66/3 |
| 8 | 19. Jan. 1974 | 02 : 49 : 52 | 46.7 N / 7,5 E | 3,8 | Berner Alpen | 124/5 | 214/5 |
| 9 | 26. April 1974 | 07 : 21 : 07 | 47.2 N / 7.9 E | 3,0 | Berner Mittelland | 354/18 | 240/51 |
| 10 | 21. Mai 1975 | 04 : 10 : 47 | 45.8 N / 8.9 E | 4,0 | Varese | 351/4 | 82/19 |
| 11 | 29. Dez. 1975 | 05 : 25 : 17 | 47.1 N / 9.2 E | 3,1 | Glarus | 311/14 | 41/1 |
| 12 | 29. Jan. 1976 | 11 : 39 : 08 | 46.3 N / 7.5 E | 3,6 | Valais | 111/58 | 8/10 |
| 13 | 2. März 1976 | 08 : 27 : 57 | 47.6 N / 9.4 E | 3,7 | Bodensee I | 346/0 | 76/0 |
| 14 | 22. März 1976 | 14 : 44 : 23 | 47.0 N / 7.0 E | 2,7 | St-Blaise | 148/0 | 58/0 |
| 15 | 26. März 1976 | 22 : 28 : 31 | 47.6 N / 9.5 E | 4,1 | Bodensee II | 348/0 | 78/0 |

Autoren

| Nr. | Nr. |
|-----|-----|
| 1 | 8 |
| 2 | 9 |
| 3 | 10 |
| 4 | 11 |
| 5 | 12 |
| 6 | 13 |
| 7 | 14 |
| | 8 |
| | 9 |
| | 10 |
| | 11 |
| | 12 |
| | 13 |
| | 14 |

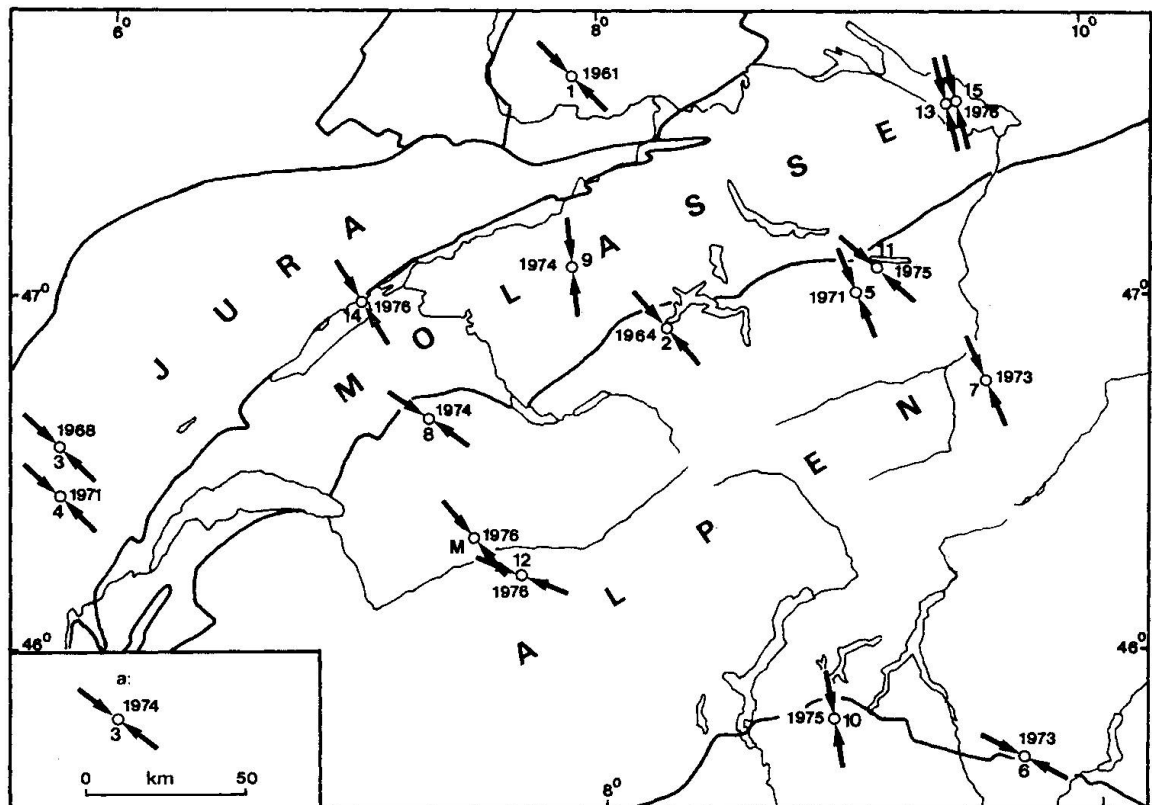


Fig. 1. Orientierung der P-Achsen der in Tabelle I aufgeführten Erdbeben. Legende: a: P-Achse, Nummer und Jahr des Bebens. M: P-Achse ermittelt aufgrund einer zusammengesetzten Herdlösung von 9 Mikroerdbeben im Gebiet N Montana VS.

der Geotransverse. Sie zeigen übereinstimmend eine flachliegende NW-SE bis NNW-SSE orientierte P-Achse, das heisst eine NW-SE- bis NNW-SSE-Orientierung der grössten horizontalen Hauptspannung. Für die Beben östlich der Geotransverse (Glarus 1971, 1975, Bodensee 1976 und Arosa 1973) ergeben die Herdlösungen ebenfalls eine bemerkenswerte, gute Übereinstimmung der Orientierung der P-Achsen: Die P-Achsen liegen annähernd horizontal und sind NNW-SSE-orientiert. Der Herdvorgang entspricht bei allen vier Beben demjenigen einer Horizontalverschiebung. Für die Beben westlich der Geotransverse ergibt sich eine NW-SE-Orientierung der P-Achsen. Im Falle des Bebens vom 29. Januar 1976 im südlichen Mittel-Wallis ist die P-Achse WNW-ESE-orientiert.

In Fig. 2 wurde versucht, aufgrund der Orientierung der P-Achsen Linien maximaler horizontaler Hauptspannung (MHP) zu zeichnen. Für das Gebiet der Schweiz ergibt sich zwanglos ein recht einheitliches Bild NW-SE- bis NNW-SSE-verlaufender MHP-Linien. Von E nach W fortschreitend zeichnet sich eine Rotation der MHP-Orientierungen um 20–30 Grad im Gegenuhrzeigersinn, von NNW-SSE in der E-Schweiz nach NW-SE in der W-Schweiz bis WNW-ESE im südlichen Mittelwallis, ab. Diese Rotation und das damit verbundene leichte Auffächern der MHP-Linien ist nicht zufällig. Die

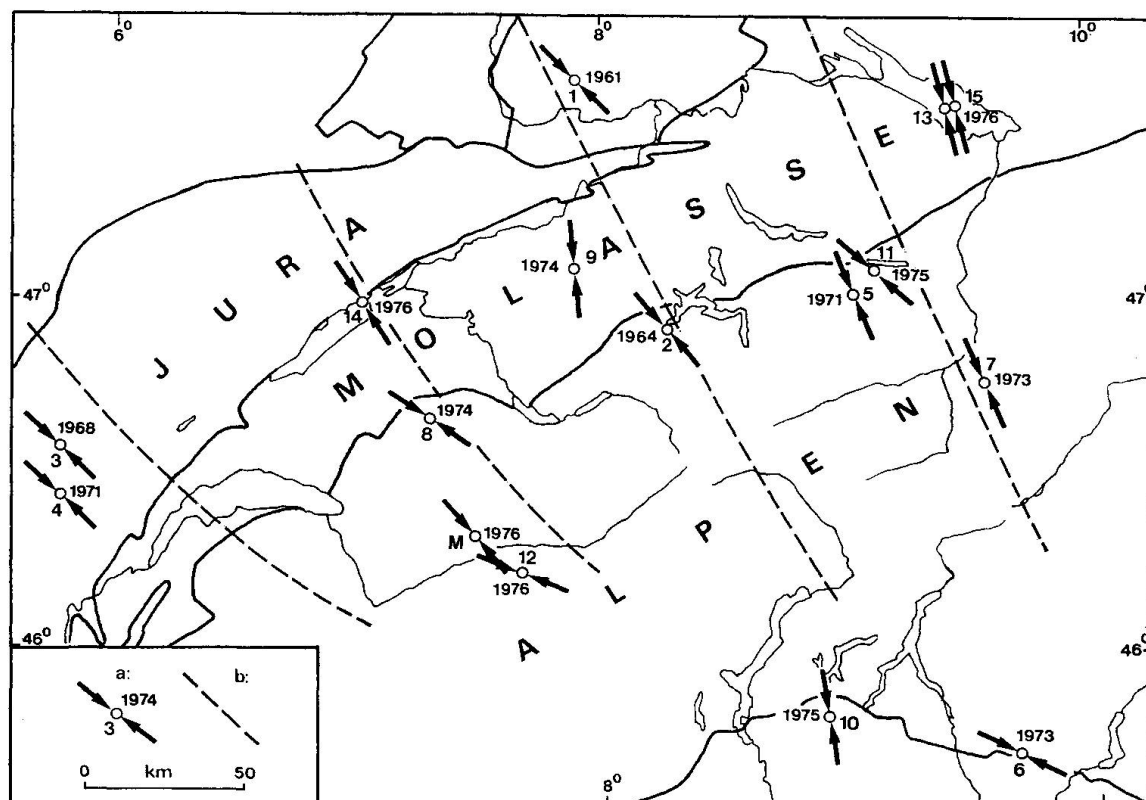


Fig. 2. Linien der maximalen horizontalen Hauptspannung (MHP) in der oberen Kruste im Gebiet der Schweiz, gezeichnet aufgrund der P-Achsenorientierungen. Legende: a: P-Achse, Nummer und Jahr des Bebens. b: MHP-Linien.

MHP-Linien verlaufen annähernd senkrecht zum Streichen der alpidischen Strukturen. Von der E-Schweiz bis ins SW-Wallis lässt sich im Übergang zum W-Alpenbogen ebenfalls eine Rotation des Streichens im gleichen Sinn und von vergleichbarem Betrag erkennen. Die angedeutete Auffächerung der MHP-Linien dürfte mit der Bogenstruktur der W-Alpen im Zusammenhang stehen (PAVONI, 1975b). Auf die NNW-SSE-Orientierung der grössten horizontalen Druckspannung in Mittel-Europa wurde bereits in früheren seismologischen Arbeiten hingewiesen (RANALLI und SCHEIDEGGER, 1967; AHORNER, 1967; SCHNEIDER, 1968; AHORNER et al., 1972; AHORNER und SCHNEIDER, 1974). Damit übereinstimmende Hauptspannungsrichtungen ergeben sich aufgrund von In-situ-Spannungsmessungen (GREINER, 1975; GYSEL, 1975).

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen darf geschlossen werden, dass im Bereich der Geotraverse Basel–Chiasso in der oberen Kruste, das heisst in den obersten 10–15 km, die maximale horizontale Hauptspannung im Mittel $N 150^\circ \pm 20^\circ E$ orientiert ist. Das Überwiegen der Horizontalverschiebungen bei den Herdmechanismen weist ganz eindeutig auf eine NNW-SSE-Einengung der Kruste im Bereich der Geotraverse unter gleichzeitiger WSW-ENE-Streckung hin. Die Herdlösungen der Beben vom Horizontalverschiebungstypus lassen ein System N- bis NNE-streichender Horizontalverschiebungen mit sinistraler Verschiebungssinn sowie ein System W- bis WNW-streichender dextraler Horizontalverschiebungen erkennen. In diesem Zusammenhang sei auf die Befunde kleintektonischer Untersuchungen im zentralen Aarmassiv hingewiesen. Als jüngste der alpidischen Deformationen im zentralen Aarmassiv erwähnt LABHART (1966) Nord-Süd-Brüche mit flach N-fallender Gleitstriemung und sinistraler Verschiebungssinn. STECK (1968) beschreibt als jüngste, postkristalline Verschiebungen im westlichen Aarmassiv E-streichende Blattverschiebungen mit horizontaler Striemung parallel L_3 und dextraler Verschiebungssinn. Diese Befunde stehen in bester Übereinstimmung mit den herdmechanischen Untersuchungsergebnissen.

Inwieweit die gegenwärtige Hebung der Alpen (JEANRICHARD, 1972, 1975; SCHAER und JEANRICHARD, 1974; GUBLER, 1977) in direkten Zusammenhang mit dem NNW-SSE-Zusammenschub zu bringen ist, steht zur Diskussion. Die Alpen sind im Bereich der Geotraverse mit einer leichten negativen isostatischen Anomalie in der Grössenordnung von -20 mgal verbunden (KAHLE et al., 1976). Sie sind somit isostatisch leicht unterkompensiert. Eine sehr ausgeprägte negative Bougueranomalie (bis -180 mgal) ist mit den Alpen assoziiert. Versucht man die Hebungsbeträge (JEANRICHARD, 1975) in Hebungsgeschwindigkeiten bezogen auf Aarburg (PAVONI, 1975a; GUBLER, 1977) umzurechnen, so ergibt sich eine gute Korrelation zwischen Hebungsgeschwindigkeit und negativer Bougueranomalie der Alpen. Im Gebiet der NE-Schweiz verlaufen die Linien gleicher Hebungsgeschwindigkeit weitgehend parallel und konform zu den Linien gleicher negativer Bougueranomalie (PAVONI, 1975a).

Diese Konformität zwischen Hebungsgeschwindigkeit und negativer Bouguer-anomalie ist nach den Ergebnissen von GUBLER (1977) in den westlichen Schweizer Alpen ebenfalls sehr eindrücklich angedeutet. Die aus den Herdlösungen abgeleiteten MHP-Linien verlaufen annähernd senkrecht zu den Bouguer-Isanomalien und ebenso zu den Linien gleicher Hebungsgeschwindigkeit. In dieser Feststellung manifestiert sich der sehr enge Zusammenhang zwischen der NNW-SSE-Kompression, Schwereanomalie und Vertikalbewegung der Zentralalpen. Der heutige Spannungszustand im Bereich der obersten 10–15 km der Erdkruste entspricht in sehr weitgehendem Masse demjenigen Spannungsfeld, welches die jüngste alpidische Deformation im Bereich der nördlichen Zentralalpen, insbesondere die jüngste Zerschering im Aarmassiv, bedingt hat.

Literatur

- AHORNER, L. (1967): Herdmechanismen rheinischer Erdbeben und der seismotektonische Beanspruchungsplan im nordwestlichen Mitteleuropa. Sonderveröffentlichung Geol. Inst. Univ. Köln, 13, 109–130.
- AHORNER, L., MURAWSKI, H. und SCHNEIDER, G. (1972): Seismotektonische Traverse von der Nordsee bis zum Apennin: Geol. Rdsch., 61, 915–942.
- AHORNER, L. und SCHNEIDER, G. (1974): Herdmechanismen von Erdbeben im Oberrhein-Graben und in seinen Randgebieten. In: J. H. ILLIES and K. FUCHS (Editors): Approaches to Taphrogenesis, 104–117. Schweizerbart, Stuttgart.
- GREINER, G. (1975): In-situ stress measurements in southwest Germany. In: N. PAVONI and R. GREEN (Editors): Recent Crustal Movements. Tectonophysics, 29 (1–4): 265–274.
- GUBLER, E. (1977): Beitrag des Landesnivellements zur Bestimmung vertikaler Krustenbewegungen in der Gotthard-Region. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. (im Druck).
- GYSEL, M. (1975): In-situ stress measurements of the primary stress state in the Sonnenberg tunnel in Lucerne, Switzerland. In: N. PAVONI and R. GREEN (Editors), Recent Crustal Movements. Tectonophysics, 29 (1–4): 251–264.
- JEANRICHARD, F. (1972): Contribution à l'étude du mouvement vertical des Alpes, Boll. di Geodesia e Scienze Affini XXXI, No 1.
- JEANRICHARD, F. (1975): Summary of geodetic studies of recent crustal movements in Switzerland, Proceed. V. Intern. Symp. Recent Crustal Movements Zurich, 1974, Tectonophysics, 29 (1–4): 289–292.
- KAHLE, H.-G., KLINGELÉ, E., MUELLER, St. and EGLOFF, R. (1976): The variation of crustal thickness across the Swiss Alps based on gravity and explosion seismic data. Pure and Applied Geophysics (Pageoph), 114, 479–494.
- LABHART, T. P. (1966): Mehrphasige Tektonik am Nordrand des Aarmassivs. Eclogae geol. Helv., 59/2, 803–830.
- MAYER-ROSA, D. and PAVONI, N. (1977): Fault plane solutions of earthquakes (1971–1976) in Switzerland. Proceed. 15th E.S.C. General Assembly, Karkow 1976 (in press).
- PAVONI, N. (1975a): Recent crustal movements in Switzerland. In: E. NIGGLI (ed.): International Geodynamics Project. First report of Switzerland, July 1975, 3–17.
- (1975b): Zur Seismotektonik des Westalpenbogens. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Fachbl. III/IV-75, 185–187.
- (1977): Erdbeben im Gebiet der Schweiz. Eclogae geol. Helv., 70 (in press).

- PAVONI, N. und PETERSCHMITT, E. (1974): Das Erdbeben von Jeurre vom 21. Juni 1971 und seine Beziehungen zur Tektonik des Faltenjura, in: J. H. ILLIES and K. FUCHS (eds.): Approaches to Taphrogenesis, 322-329, Stuttgart.
- PAVONI, N., LOSITO, G. and MAYER-ROSA, D. (1977): A study of focal mechanism of 1971-1976 earthquakes in Switzerland and Northern Italy. Pure and Applied Geophysics (Pageoph), (in prep.).
- RANALLI, G. und SCHEIDEGGER, A. E. (1967): Tectonic stress field in Central Europe. Zschr. f. Geoph., 33, 193-201.
- SCHAER, J.-P. et JEANRICHARD, F. (1974): Mouvements verticaux anciens et actuels dans les Alpes suisses. Eclogae geol. Helv., 67/1, 101-119.
- SCHNEIDER, G. (1968): Erdbeben und Tektonik in Südwestdeutschland. Tectonophysics, 5, 459-511.
- STECK, A. (1968): Die alpidischen Strukturen in den Zentralen Aaregraniten des westlichen Aarmassivs. Eclogae geol. Helv., 61/1, 19-48.