

Zur Seismotektonik der Nordschweiz

Autor(en): **Pavoni, Nazario**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **80 (1987)**

Heft 2: **Beiträge zur Geologie der Nordschweiz : Symposium "Geologie der Nordschweiz"**

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-166007>

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.

Zur Seismotektonik der Nordschweiz

Von NAZARIO PAVONI¹⁾

ZUSAMMENFASSUNG

Der Vergleich der Herdmechanismen mit den lokalen neotektonischen Strukturen im Gebiet der Nordschweiz lässt in vielen Fällen eine gute Übereinstimmung zwischen seismologischem Befund und geologischer Beobachtung erkennen. Orientierung und Verschiebungssinn der Knotenebenen im Herd entsprechen oft sehr genau der Orientierung und dem Typus der im betreffenden Gebiet beobachteten Bruchsysteme. Aus der Tiefenlage der Bebenherde kann geschlossen werden, dass gewisse dieser Bruchsysteme bis 30 km tief in den kristallinen Untergrund hineinreichen und praktisch die ganze Kruste durchschneiden. Im Gebiet der Nordschweiz sind die P-Achsen generell NNW–SSE, die T-Achsen ENE–WSW orientiert. Herdmechanismen vom Horizontalverschiebungstypus, das heisst Verschiebungen im Herd mit überwiegend horizontaler, lateraler Bewegungskomponente, werden am häufigsten beobachtet. Im Gebiet Zürichsee–Zürcher Oberland–Winterthur–Klettgau–Stein am Rhein treten auch Abschiebungsmechanismen mit ENE–WSW orientierter T-Achse relativ häufig auf. Im Felsuntergrund der Nordschweiz ist somit generell eine Tendenz zu NNW–SSE orientierter maximaler horizontaler Krustenverkürzung und ENE–WSW orientierter maximaler horizontaler Extension zu erwarten. Das tektonische Spannungsfeld, welches die heutige Seismizität im Gebiet der Nordschweiz verursacht, ist in seiner Orientierung sehr ähnlich dem Spannungsfeld, welches im Laufe der letzten 5–8 Millionen Jahre die neotektonischen Strukturen erzeugte.

ABSTRACT

Comparison of focal mechanisms with local neotectonic structures in northern Switzerland shows, in many cases, a good correlation between the orientation of nodal planes of the fault-plane solutions and the orientation of fault systems observed at the surface. Focal depths of 10–30 km indicate that some of these fault systems cut deep into the crystalline basement and even through the whole crust. From the orientation of P-axes and T-axes it is concluded that the crust of northern Switzerland is undergoing a NNW–SSE maximum horizontal shortening and a WSW–ENE maximum horizontal extension. The orientation of the stress field which causes the present seismicity in northern Switzerland is very similar to that of the stress field of the last 5 to 8 million years which produced the neotectonic deformation.

1. Einführung

Aufgabe der Seismotektonik ist es, die Zusammenhänge zwischen Seismizität und Tektonik eines bestimmten Gebietes zu untersuchen. Unter der Seismizität eines Gebietes wird das Auftreten der Erdbeben im betreffenden Gebiet, ihre räumliche Verteilung und zeitliche Abfolge, verstanden. Die Verteilung der Hypozentren lässt erkennen, wo im betreffenden Krustensegment sich gegenwärtig aktive tektonische Bewegungen abspielen. Zusätzlich ist es heute möglich, aufgrund der Registrierungen eines Bebens an mehreren Erdbebenstationen eine Aussage über den Herdmechanismus, das heisst über den Verschiebungsvorgang, welcher das Beben verursachte, zu machen. Dadurch kann

¹⁾ Institut für Geophysik, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich. Mitteilung Nr. 543.

die Frage nach den Zusammenhängen zwischen dem Auftreten der Beben und dem tektonischen Bau eines Gebietes wesentlich präziser angegangen werden.

Für die seismotektonische Analyse eines Gebietes muss eine möglichst genaue Kenntnis der lokalen und regionalen Tektonik, insbesondere der Bruchstrukturen, vorausgesetzt werden. Dabei ist der neotektonischen Deformation besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Man versteht darunter die jüngste, massgebliche tektonische Deformation. Der Begriff Neotektonik beinhaltet keine einheitliche zeitliche Festlegung. In einem tektonisch sehr aktiven Gebiet sind die neotektonischen Bewegungen quartären Alters, in weniger aktiven Gebieten pliozänen, neogenen oder noch höheren Alters.

Im Gebiet der Nordschweiz wurden als neotektonische Bewegungen alle post-molasischen Bewegungen, das heisst diejenigen Bewegungen, welche die Deformation der Oberen Süsswassermolasse und jüngerer Ablagerungen verursacht haben, zusammengefasst. Diese Bewegungen sind pliozänen und quartären Alters.

Die Aussagen zur Seismotektonik der Nordschweiz stützen sich im wesentlichen auf folgende Teiluntersuchungen:

1. Detaillierte Kartierung und Beschreibung der lokalen Bruch- und Klüftstrukturen unter besonderer Berücksichtigung der neotektonischen Strukturen.
2. Möglichst vollständige Erfassung und genaue Lokalisierung der lokalen Beben mit Hilfe eines verlässlichen, lokalen Geschwindigkeitsmodells: Mikroerdbebenuntersuchungen.
3. Herdmechanische Untersuchung der lokalen Beben.
4. Erstellung von Stationsdiagrammen für Erdbebenstationen im Untersuchungsgebiet oder angrenzenden Gebieten.

Im vorliegenden Beitrag soll über die Ergebnisse herdmechanischer Untersuchungen und daraus ableitbare Aussagen über den heutigen tektonischen Spannungszustand der Erdkruste im Gebiet der Nordschweiz berichtet werden.

2. Herdmechanismen und Tektonik im Gebiet der Nordschweiz

Im folgenden wird der Versuch unternommen, die untersuchten Herdflächenlösungen (Tabelle) gebietsweise mit den beobachteten, lokalen Bruchsystemen in Beziehung zu bringen. In der Tabelle sind 28 Beben aus den Jahren 1961–1984 aufgeführt. Die Tabelle liefert Auskunft über das Datum und die Herdzeit (GMT) des Bebens, die berechnete geographische Breite und Länge des Epizentrums auf 10^{-1} oder 10^{-2} Grad genau, ferner Angaben über die Herdtiefe in Kilometern (soweit untersucht), die Lokalmagnitude M_L sowie Fallazimut und Fallen der P- und T-Achsen. Die Daten beruhen zur Hauptsache auf Untersuchungen des Berichterstatters, die in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Erdbebendienst und Frau M. J. Jimenez-Garcia durchgeführt wurden, sowie auf Angaben der im Literaturverzeichnis aufgeführten Arbeiten. Im besonderen sei auf die Arbeit von JIMENEZ-GARCIA & PAVONI (1984) hingewiesen. Die Untersuchungsergebnisse wurden zuhanden der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle Nagra in einem Bericht NTB 84-45 (PAVONI 1984) zusammengestellt. Die Abgrenzung des bearbeiteten Gebietes liegt bei 46.8°N im Süden und 47.8°N im Norden, bei 6.9°E im Westen und 9.7°E im Osten.

Tabelle: *Untersuchte Erdbeben.*

Nr.	Region	Datum	Herdzeit (GMT)			Geogr. Breite Grad	Geogr. Länge Grad	Herd- tiefe km	Magni- tude M _L	P-Achse Azimut/Fallen	T-Achse
			h	m	s						
1	Zell	28.04.1961	20:48:49	47.7N	7.9E	-	4.9	134/18	38/18		
2	Sarnen	14.03.1964	20:44:44	46.9N	8.3E	-	5.2	139/11	37/44		
3	Glarus	29.09.1971	07:18:52	47.1N	9.0E	-	4.8	158/0	68/6		
4	Arosa	09.07.1973	00:27:06	46.8N	9.7E	-	3.8	156/3	66/3		
5	Langenthal	26.04.1974	07:21:07	47.2N	7.9E	-	3.0	354/18	240/51		
6	Murgtal	29.12.1975	05:25:17	47.1N	9.2E	-	3.1	311/14	41/1		
7	Bodensee	02.03.1976	08:27:57	47.6N	9.4E	-	3.7	346/0	76/0		
8	St. Blaise	22.03.1976	14:44:23	47.0N	7.0E	-	2.7	148/0	58/0		
9	Bodensee	26.03.1976	22:28:31	47.6N	9.4E	-	4.1	348/0	78/0		
10	Horgen	21.11.1977	19:27:40	47.28N	8.58E	24.7	3.5	348/11	259/4		
11	Val de Ruz	07.04.1978	14:48:34	47.06N	6.95E	8.2	2.9	128/18	219/2		
12	Oensingen	13.08.1978	04:02:26	47.29N	7.69E	23.6	3.4	340/24	76/8		
13	Bäretswil	28.08.1978	14:44:40	47.35N	8.92E	22.3	2.8	1/60	249/12		
14	Chur	27.09.1978	00:23:49	46.81N	9.56E	7.1	3.2	313/10	53/43		
15	Murten	03.07.1979	21:13:11	46.92N	7.06E	30.0	3.8	149/2	240/4		
16	Albis	30.11.1979	00:44:53	47.27N	8.51E	26.7	3.1	160/3	70/2		
17	Sierentz	28.01.1980	03:36:37	47.66N	7.51E	12.8	2.9	326/18	60/4		
18	Sierentz	15.07.1980	12:17:21	47.68N	7.48E	11.6	4.8	170/0	80/0		
19	Sierentz	05.09.1980	01:45:59	47.65N	7.50E	12.7	2.8	324/16	58/4		
20	Sierentz	23.03.1981	21:29:04	47.65N	7.50E	12.5	2.9	334/46	115/36		
21	Hauenstein	03.09.1982	19:12:14	47.42N	7.90E	11.4	2.5	319/18	53/10		
22	Hauenstein	05.09.1982	05:21:50	47.41N	7.91E	12.2	2.3	319/18	53/10		
23	Hauenstein	05.09.1982	05:22:32	47.41N	7.90E	11.9	2.5	319/18	53/10		
24	Hauenstein	06.09.1982	14:34:58	47.41N	7.89E	11.1	2.4	319/18	53/10		
25	Schopfheim	04.10.1982	04:06:30	47.63N	7.85E	26.3	2.8	346/28	256/0		
26	Wutach Süd	13.07.1983	20:54:54	47.69N	8.40E	18.5	2.8	348/54	87/5		
27	Wetzikon	11.01.1984	14:11:56	47.32N	8.80E	11.0	3.0	166/0	76/0		
28	Süd-Albis	05.09.1984	05:16:49	47.24N	8.56E	14.0	4.0	327/49	235/2		

Auf die Methodik der Untersuchungen soll hier nicht eingegangen werden. Nähere Ausführungen dazu finden sich im erwähnten Bericht. Die tektonische Karte (Tafel) vermittelt einen Überblick über die Lage der untersuchten Beben, deren Herdmechanismus und den lokalen und regionalen tektonischen Rahmen. Die tektonische Darstellung wurde der seismotektonischen Karte der Schweiz (PAVONI & MAYER-ROSA 1978) entnommen. Auf der Karte sind die Herdmechanismen in vereinfachter Weise dargestellt (untere Halbkugel, Kompressionsquadranten schwarz). Die vollständigen Darstellungen der einzelnen Herdlösungen sind in PAVONI (1984, Anhang A) enthalten. Es sei auch auf die in Figur 1 und Figur 2 dargestellten Herdlösungen hingewiesen.

2.1 Herdmechanismen von Beben im südlichen Rheingraben

Die gut dokumentierte Herdflächenlösung des Hauptstosses der Bebenserie von Sierentz nördlich von Basel vom 15. Juli 1980 (Tabelle, Nr. 18) ist vom Horizontalverschiebungstypus, ebenso diejenige des Vorstosses. Die P-Achse ist NNW, die T-Achse ENE orientiert. Die N 34°E streichende Verschiebungsfläche zeigt sinistralen Verschiebungssinn. Sie stimmt überein mit sehr ähnlich streichenden Brüchen bei Blotzheim und Istein sowie mit dem generellen Verlauf des Oberrheingrabens. Die Lösung bestätigt die Feststellung, dass die parallel zu den Grabenrändern des Oberrheingrabens streichenden Brüche durch das heutige tektonische Spannungsfeld als sinistrale Horizontalverschiebungen bewegt werden (AHORNER 1975; AHORNER & SCHNEIDER 1974). Die Beben Nr. 17 und Nr. 19 zeigen dieselben Herdmechanismen. Im Gefolge des Bebens vom 15. Juli 1980 (Magnitude $M_L = 4.8$) traten im Gebiet von Sierentz eine grössere Anzahl von Nachstössen auf, deren genaue Herdlage und Herdmechanismen mit Hilfe eines ad hoc installierten Netzes von transportablen Seismographenstationen untersucht wurden (ROULAND et al. 1982). Die Herdflächenlösungen von 13 Nachstössen in der Zeit vom 15. bis 22. Juli 1980 sind in PAVONI (1984, Anhang B) zusammengestellt. Offenbar wurden verschiedene, lokale Brüche bewegt. Mechanismen mit lateralen horizontalen Verschiebungen ähnlich dem Hauptstoss überwiegen, doch treten auch Nachstösse mit Abschiebungs- und Aufschiebungstendenz auf. Die P-Achsen der Nachstösse zeigen generell NW- bis NNW-, die T-Achsen NE- bis ENE-Orientierung.

2.2 Herdmechanismen von Beben im Gebiet Dinkelberg–Südschwarzwald–Wutachtal

Die Epizentren der Beben Nr. 1 vom 28. April 1961 (AHORNER & SCHNEIDER 1974) und Nr. 25 vom 4. Oktober 1982 liegen im Gebiet von Schopfheim–Zell. Die Mechanismen sind vom Horizontalverschiebungstypus mit NNW und NW orientierten P-Achsen. Bemerkenswert ist die grosse Herdtiefe von 26 km des Bebens vom 4. Oktober 1982 (Nr. 25; MAYER-ROSA & GARCIA 1984). Herdtiefen von 16–20 km und Herdmechanismen vom Horizontalverschiebungstypus aus demselben Gebiet (Beben vom 21. Mai 1974; Beben vom 15. August 1977) werden auch durch BONJER et al. (1983) beschrieben. Der Mechanismus des Bebens vom 13. Juli 1983 (Nr. 26) im unteren Wutachtal ist nach vorläufigen, eigenen Untersuchungen und K. P. Bonjer (mündl. Mitt.) vom Abschiebungstypus mit E–W orientierter T-Achse.

2.3 Herdmechanismen von Erdbeben im Gebiet Hauenstein–Oensingen

Die Epizentren liegen im Gebiet des östlichen Faltenjura. Die Herdmechanismen der Bebenserie im Gebiet Hauenstein (Fig. 1, Nr. 21, Nr. 22, Nr. 23, Nr. 24) sind alle vom Horizontalverschiebungstypus (JIMENEZ-GARCIA & PAVONI 1984): N–S streichende Horizontalverschiebungen mit sinistralen Verschiebungssinn; E–W streichende Horizontalverschiebungen mit dextralem Verschiebungssinn; P-Achsen Orientierung NW–SE (N 319°E), T-Achsen NE–SW (N 53°E). Mit 11–12 km Herdtiefe (MAYER-ROSA & GARCIA 1984) liegen die Beben alle im kristallinen Sockel unter dem Faltenjura.

Das Beben von Oensingen vom 13. August 1978 (Fig. 1) ist ebenfalls vom Horizontalverschiebungstypus mit leichter Abschiebungstendenz: Eine N 24°E streichende, annä-

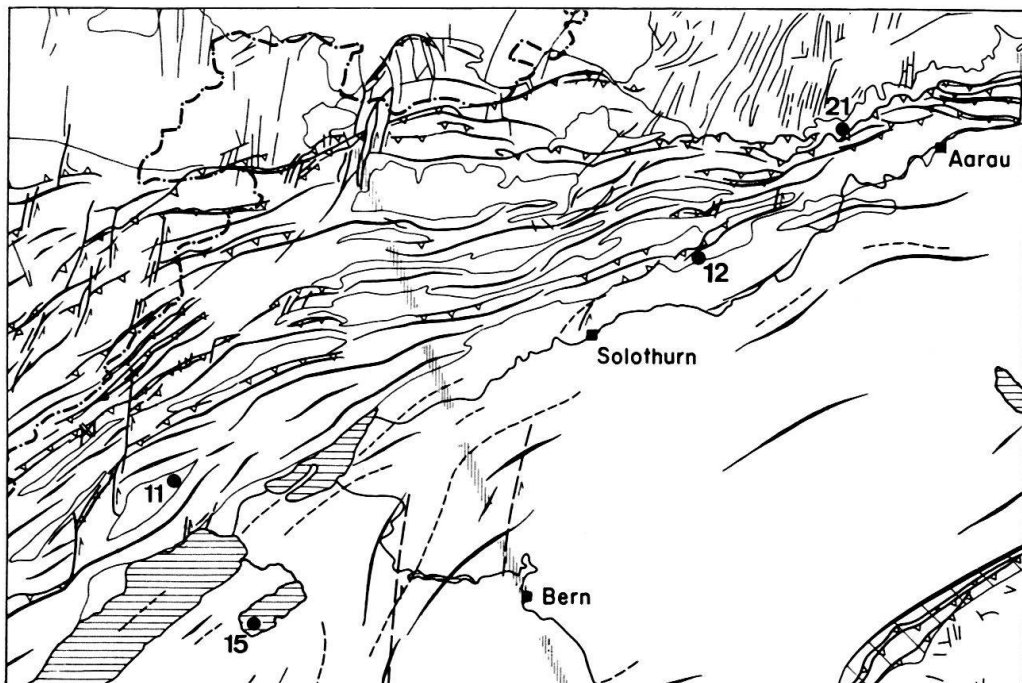
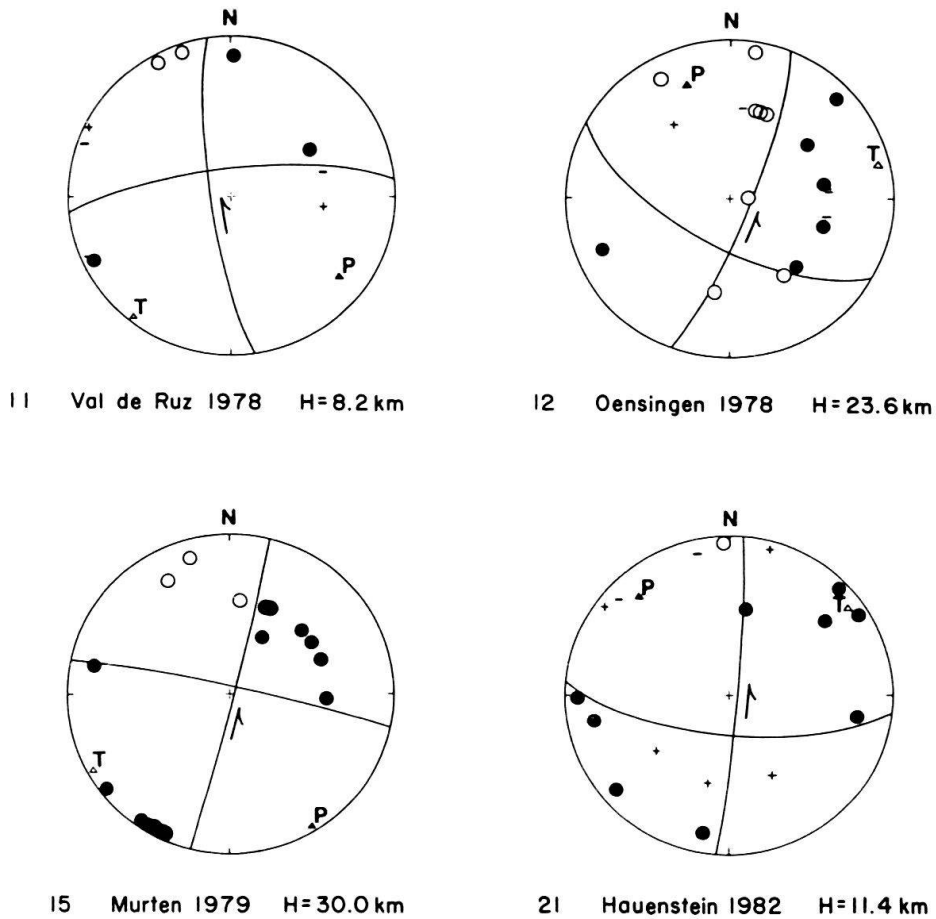


Fig. 1. Herdmechanismen von Erdbeben im nördlichen Faltenjura 1978–1982. Nummer des Bebens: siehe Tabelle. Herdflächenlösungen: Untere Halbkugel in flächentreuer Projektion. Ausgefüllte Kreise und + Zeichen: Kompression (Erstbewegung der P-Wellen vom Herd weg). Leere Kreise und - Zeichen: Dilatation (Erstbewegung der P-Wellen zum Herd hin). P: P-Achse. T: T-Achse. H: Herdtiefe. Tektonik: Vergleiche Tafel.

hernd vertikale, 80° gegen ESE fallende Bruchfläche mit sinistraler Verschiebungssinn und/oder, als zweite Möglichkeit, eine $N 120^\circ E$ streichende, 66° nach SSW fallende Bruchfläche mit dextraler horizontaler Verschiebung. Die P-Achse ist NNW orientiert ($N 340^\circ E$) und fällt mit 24° gegen NNW, die T-Achse liegt flach mit E-W Orientierung ($N 76^\circ E$). Bemerkenswert ist auch bei diesem Beben die relativ grosse Herdtiefe von 23.6 km.

Die Orientierung der P-Achsen dieser Beben stimmt gut mit der aus dem neotektonischen Deformationsbild des Faltenjura abgeleiteten Orientierung der maximalen horizontalen Krustenverkürzung überein. Die N-S bis NNE-SSW streichenden Knotenebenen mit sinistraler Verschiebungssinn passen sehr gut mit dem im zentralen und östlichen Faltenjura beobachteten N-S streichenden Bruchsystem zusammen. Aus der Tiefenlage der Herde ist abzuleiten, dass dieses Bruchsystem tief in den kristallinen Sockel hineinreicht (PAVONI 1966).

2.4 Herdmechanismen von Erdbeben im Gebiet Murten-St. Blaise-Val de Ruz

Die Herdflächenlösungen des Bebens von St. Blaise (Nr. 8) vom 22. März 1976, des Bebens im Val de Ruz (Nr. 11, Fig. 1) vom 7. April 1978 und des Bebens bei Murten (Nr. 15, Fig. 1) vom 3. Juli 1979 sind alle vom Horizontalverschiebungstypus. Die P- und T-Achsen liegen annähernd horizontal. Die P-Achsen sind NW-SE ($N 128^\circ - 149^\circ E$), die T-Achsen NE-SW ($N 219^\circ - 240^\circ E$) orientiert. Das Beben von Murten ist bemerkenswert durch die relativ grosse Herdtiefe. Auch der Herd des Bebens im Val de Ruz lag im Sockel unter dem Faltenjura, während der Herd des Bebens von St. Blaise, aufgrund der Intensitätsverteilung zu schliessen, in der Sedimentdecke lag (PAVONI 1977).

Der Verleich mit der lokalen Tektonik lässt auch in diesem Gebiet einen bemerkenswerten Zusammenhang zwischen heutiger Seismizität und Neotektonik erkennen. Die Orientierung der P-Achsen stimmt gut mit der neotektonischen, maximalen horizontalen Krustenverkürzung überein (Fig. 1). Ebenso kommt das im Gebiet beobachtete N-S System sinistraler Brüche in den $\pm N-S$ streichenden Knotenflächen der Herdflächenlösungen klar zum Ausdruck.

2.5 Der Herdmechanismus des Erdbebens im Gebiet von Langenthal

Die Herdflächenlösung des Bebens Nr. 5 vom 26. April 1974 lässt einen schiefen Aufschiebungsmechanismus mit annähernd N-S ($N 354^\circ E$) orientierter, 18° nach N abtauchender P-Achse erkennen. Der Herd des Bebens lag relativ tief im kristallinen Untergrund (MAYER-ROSA & PAVONI 1977). Die N-S orientierte P-Achse fügt sich zwanglos in das Bild NNW-SSE bis N-S orientierter, maximaler horizontaler Krustenverkürzung, wie sie durch den Verlauf der neotektonischen Faltenstrukturen im Gebiet Langenthal-Zofingen angedeutet ist. Die relativ flach nach SE fallende Herdfläche und die Tiefe des Herdes könnten vermuten lassen, dass das Beben im Bereich einer mit $25^\circ - 40^\circ$ nach SE fallenden Aufschiebungszone im kristallinen Sockel entstand, die während der Auffaltung des Faltenjura als Aufschiebung bewegt wurde (PAVONI 1961, ZIEGLER 1982).

2.6 *Der Herdmechanismus des Sarner Bebens vom 14. März 1964*

Die Herdflächenlösung des Sarner Bebens vom 14. März 1964 (Nr. 2, umgezeichnet und ergänzt nach AHORNER et al. 1972) zeigt eine klare Aufschiebungskomponente kombiniert mit einer sinistralen, lateralen Verschiebung an einer NNE streichenden, steil nach W fallenden Bruchfläche. Die P-Achse ist NW–SE (N 139°E) orientiert. Sie fällt flach mit 11° gegen SE ein.

Im Gebiet von Unterwalden sind in der Zone der helvetischen Decken NNE streichende, steilstehende Brüche zu beobachten, welche die Deckenstrukturen zerschneiden, also relativ jung sind, und ebenfalls sinistralen Verschiebungssinn aufweisen. Der Herdmechanismus des Sarnerbebens steht damit in guter Übereinstimmung.

2.7 *Herdmechanismen von Erdbeben im Gebiet Albis–Zürichsee–Zürcher Oberland*

Die Herdflächenlösungen der Beben vom 21. November 1977 am Zürichsee bei Horgen (Nr. 10), vom 30. November 1979 im Albisgebiet (Nr. 16) und vom 11. Januar 1984 bei Wetzikon (Nr. 27) sind alle vom Horizontalverschiebungstypus und zeigen sehr ähnlich orientierte Mechanismen. Die P-Achsen liegen annähernd horizontal und sind NNW–SSE orientiert. Sie stehen somit senkrecht zum Achsenverlauf der neotektonisch bewegten Käpfnach-Grünigen Antiklinale und zum Streichen der Molasseschichten im Südschenkel des mittelländischen Molassetroges S des Zürichsees (Fig. 2).

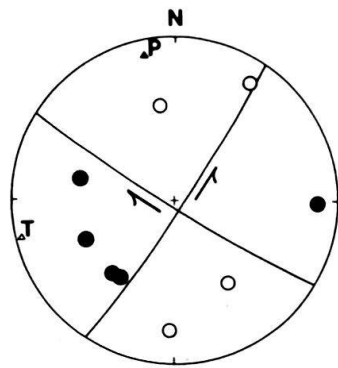
Neben einer NNW–SSE orientierten Einengung lassen die drei beschriebenen Herdmechanismen eine ENE–WSW orientierte Extension im Untergrund des Molassebeckens erkennen. Dieselbe ENE–WSW orientierte Extension ist durch die Herdflächenlösungen des Bebens vom 28. August 1978 bei Bäretswil (Nr. 13, Fig. 2) und des Bebens vom 5. September 1984 im Gebiet des Süd-Albis (Nr. 28) angedeutet (DEICHMANN & RENGGLI 1984). Diese Lösungen sind vom Abschiebungstypus oder zeigen doch eine bedeutende Abschiebungskomponente. Offenbar wird in diesem Gebiet das Vorland der Alpen parallel zum alpinen Streichen gestreckt. Wiederum bemerkenswert sind die relativ grossen Herdtiefen von 20–30 km der Beben Nr. 10, Nr. 13 und Nr. 16. Vom Abschiebungstypus mit ENE–WSW Extension sind auch die Beben im Gebiet von Winterthur und Stein am Rhein (DEICHMANN 1987, 1987a).

2.8 *Die Herdmechanismen von Beben im Gebiet des Bodensees*

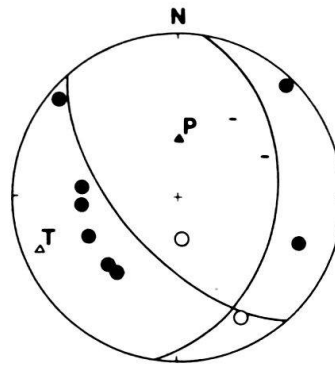
Die beiden Bodenseebeben vom 2. und 26. März 1976 (Nr. 7 und Nr. 9) zeigen einen klaren Horizontalverschiebungsmechanismus mit NNW–SSE Einengung und ENE–WSW Extension (PAVONI 1977; KUNZE 1982). Ihre Herde dürften in 8–10 km Tiefe gelegen haben. Die N 122°E streichende Knotenebene mit dextralem Verschiebungssinn entspricht in ihrer Orientierung genau der Achse des Bodensees (Bodensee-Bruchsystem).

2.9 *Die Herdmechanismen der Erdbeben bei Glarus und im Gebiet Chur–Arosa*

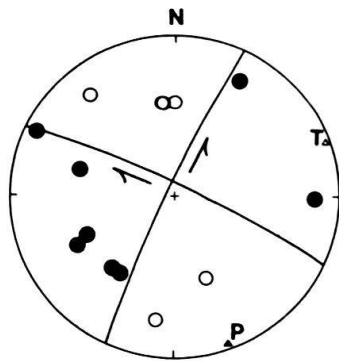
Die Epizentren der Beben vom 29. September 1971 (Nr. 3) und vom 29. Dezember 1975 (Nr. 6) liegen in der helvetischen Zone, diejenigen der Beben vom 9. Juli 1973 (Nr. 4) und vom 27. September 1978 (Nr. 14) in der penninischen Zone der Alpen. Die Herdme-



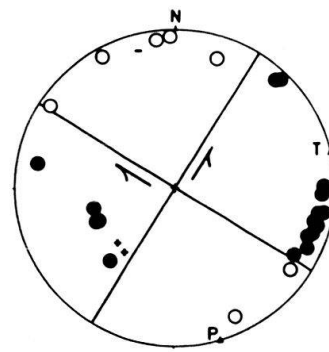
10 Horgen 1977 H=24.7 km



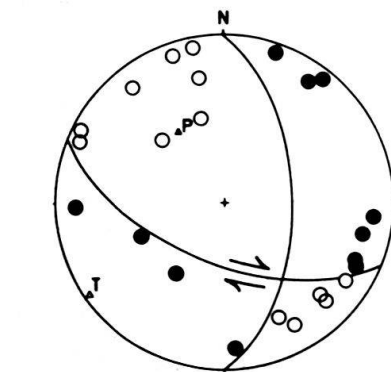
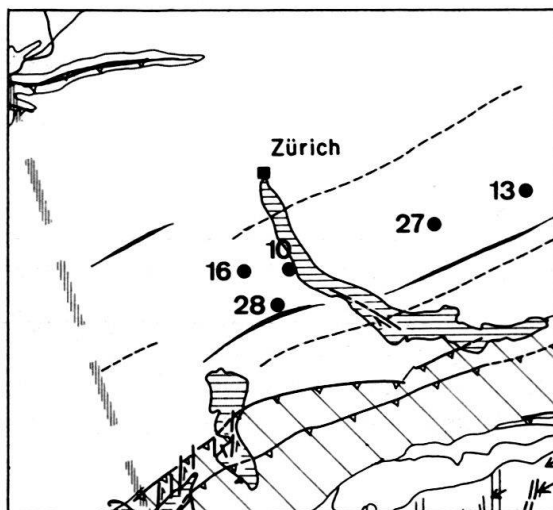
13 Bütetswil 1978 H=22.3 km



16 Albis 1979 H=26.7 km



27 Wetzikon 1984 H=11.0 km



28 Süd-Albis 1984 H=14.0 km

Fig.2. Herdmechanismen von Erdbeben im Zürichseegebiet und Umgebung 1977-1984. Erläuterungen wie Figur 1.

chanismen der Beben bei Glarus (Nr. 3) und bei Arosa (Nr. 4) sind vom Horizontalverschiebungstypus (PAVONI 1980). Die P-Achsen sind NNW–SSE und NW–SE orientiert.

Im Gebiet des Glarnerlandes, des Murgtales, der Churfürsten und des Alpsteins werden steilstehende, NNE bis N streichende, junge Brüche beobachtet, deren E-Flügel relativ nach N verschoben erscheint, womit eine Tendenz zu sinistraler horizontaler Verschiebung zum Ausdruck kommt. Die \pm N–S streichenden Knotenflächen mit sinistraler Verschiebungssinn der Herdmechanismen der Beben Nr. 3 und Nr. 6 stehen mit diesen Bruchsystemen in guter Übereinstimmung. Die Herdflächenlösung des Bebens Nr. 14 (JIMENEZ-GARCIA & PAVONI 1984) zeigt neben der lateralen Verschiebungskomponente eine beträchtliche Aufschiebungskomponente. Die P-Achse ist NW orientiert. Zusammengesetzte Herdlösungen von Mikroerdbeben im St. Galler Rheintal, die als Aufschiebungsmechanismen mit NNW orientierte P-Achsen interpretiert werden können, beschreibt RENGGLI (1982).

3. Untersuchung des gegenwärtigen, regionalen tektonischen Deformations- und Spannungszustandes mit Hilfe von Stationsdiagrammen

Tektonische Analysen und seismotektonische Untersuchungen zeigen, dass in vielen Gebieten das tektonische Spannungsfeld in der Erdkruste über grössere Erstreckungen hinweg eine einheitliche Orientierung aufweist. Die Orientierung der Hauptspannungsachsen bleibt sowohl räumlich wie auch zeitlich bemerkenswert konstant. Das Vorhandensein regionaler, homogener tektonischer Spannungsfelder in der näheren und weiteren Umgebung einer seismischen Station sollte in azimutabhängigen Variationen der eintreffenden seismischen Signale von Nahbeben zum Ausdruck kommen. Diese Überlegungen haben zu einer neuartigen Untersuchungsmethodik (PAVONI 1984) geführt: An einer Station werden innerhalb eines bestimmten Zeitraumes die Polaritäten der Ersteinträge der P-Wellen möglichst vieler Nahbeben aus verschiedenen Azimuten (Distanzen bis 200 km) erfasst und in einem sogenannten Stationsdiagramm dargestellt und ausgewertet.

Im Rahmen seiner Diplomarbeit an der ETH Zürich hat Ph. ROTH (1986) für die Stationen des Schweizerischen Erdbebendienstes Stationsdiagramme erstellt und analysiert. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen wird an anderer Stelle berichtet werden. Für die Nordschweiz ergibt sich daraus eine klare, zusätzliche Bestätigung der Ergebnisse herdmechanischer Untersuchungen.

4. Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden seismotektonischen Untersuchungen ergeben sich folgende Aussagen über den gegenwärtigen Deformations- und Spannungszustand der Erdkruste im Gebiet der Nordschweiz:

- Die Herdmechanismen sind grossenteils vom Horizontalverschiebungstypus, das heisst bei den Verschiebungsvorgängen im Erdbebenherd überwiegt die horizontale, laterale Komponente gegenüber den vertikalen Komponenten: Die P- und T-Achsen liegen flach, die B-Achsen stehen steil. Herdmechanismen mit Aufschiebungstendenz wurden im Gebiet von Langenthal und im Gebiet von Sarnen festgestellt. Mechanis-

- men mit Abschiebungstendenz und eigentliche Abschiebungen werden besonders im Gebiet Zürichsee–Zürcher Oberland–Winterthur–Klettgau–Stein am Rhein beobachtet.
- Die P-Achsen sind generell NNW–SSE, die T-Achsen ENE–WSW orientiert. Daraus ist zu schliessen, dass die grösste tektonische Druckspannung σ_1 im allgemeinen annähernd horizontal liegt und NNW–SSE orientiert ist. Die kleinste tektonische Druckspannung σ_3 ist ENE–WSW orientiert.
 - Ein Vergleich der Herdmechanismen mit den lokalen neotektonischen Strukturen zeigt gute Übereinstimmungen. Gebietsweise lassen sich die Orientierungen der Knotenflächen der Herdflächenlösungen gut mit der Orientierung lokaler Bruchstrukturen, einschliesslich Verschiebungssinn, vergleichen. Dasselbe gilt für den Vergleich der Orientierung der P-Achsen mit der stärksten horizontalen Krustenverkürzung.
 - Aufgrund der Tiefenlage der Bebenherde kann geschlossen werden, dass gewisse Bruchsysteme bis 30 km tief in den kristallinen Untergrund hineinreichen und praktisch die ganze Kruste zerschneiden.
 - Das tektonische Spannungsfeld, welches die heutige Seismizität im Gebiet der Nordschweiz verursacht, ist in seiner Orientierung sehr ähnlich dem Spannungsfeld, welches im Laufe der letzten 5–8 Millionen Jahre die neotektonischen Strukturen erzeugte.
 - Im Felsuntergrund der Nordschweiz ist heute generell eine Tendenz zu ENE–WSW orientierter maximaler horizontaler Extension und NNW–SSE orientierter maximaler horizontaler Verkürzung zu erwarten.

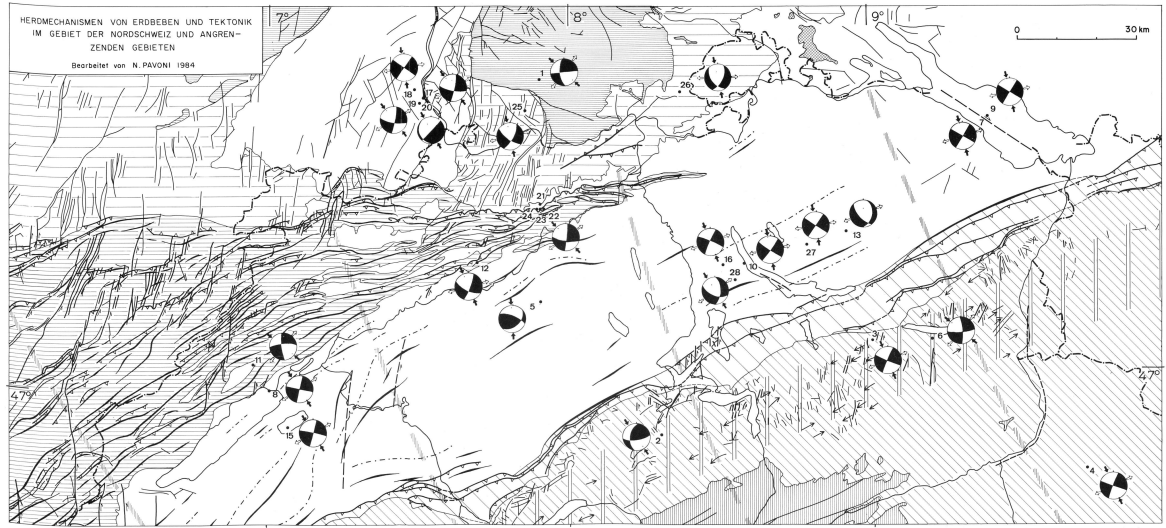
LITERATURVERZEICHNIS

- AHORNER, L. (1975): Present-day stress field and seismotectonic block movements along major fault zones in Central Europe. – *Tectonophysics* 29, 233–249.
- AHORNER, L., MURAWSKI, H., & SCHNEIDER, G. (1972): Seismotektonische Traverse von der Nordsee bis zum Apennin. – *Geol. Rdsch.* 61, 915–942.
- AHORNER, L., & SCHNEIDER, G. (1974): Herdmechanismen von Erdbeben im Oberrheingraben und in seinen Randgebirgen. In: ILLIES, H.J., & FUCHS, K. (Ed.): *Approaches to Taphrogenesis* (S. 104–117). – Schweizerbart, Stuttgart.
- BONJER, K.-P., GELBKE, C., GILG, B., ROULAND, D., MAYER-ROSA, D., & MASSINON, B. (1983): Seismicity and dynamics of the Upper Rhinegraben. In: *Spannung und Spannungsumwandlung in der Lithosphäre, Sonderforschungsbereich 108, Berichtband für die Jahre 1981–1983*, S. 125–158.
- DEICHMANN, N. (1987): Focal depths of earthquakes in northern Switzerland. – *Ann. Geophys.* (in press).
- (1987a): Seismizität der Nordschweiz, 1983–1986. – *Nagra NTB 87-05*, Baden.
- DEICHMANN, N., & RENGGLI, K. (1984): Mikrobeben-Untersuchung Nordschweiz, Jan. 1983–Sept. 1984. – *Nagra NTB 84-12*, Baden.
- JIMENEZ-GARCIA, M.J., & PAVONI, N. (1984): Focal mechanisms of recent earthquakes 1976–1982 and seismotectonics in Switzerland. In: STILLER, H., & RITSEMA, A. (Ed.): *Proc. Sess. 12, IASPEI XVIII. Gen. Ass., Hamburg 1983*. – Veröff. Zentralinst. Phys. Erde, Potsdam, 1984, S. 77–84.
- KUNZE, TH. (1982): Seismotektonische Bewegung im Alpenbereich. – *Diss. Univ. Stuttgart*.
- MAYER-ROSA, D., & GARCIA, M. (1984): A study of seismicity and earthquake hazard in Switzerland. In: STILLER, H., & RITSEMA, A. (Ed.): *Proc. Sess. 12, IASPEI XVIII. Gen. Ass., Hamburg 1983*. – Veröff. Zentralinst. Phys. Erde, Potsdam, 1984, S. 124–133.
- MAYER-ROSA, D., & PAVONI, N. (1977): Fault-plane solutions of earthquakes in Switzerland from 1971 to 1976. – *Publ. Inst. Geophys., Pol. Acad. Sci., A-5* (16), S. 321–326.
- PAVONI, N. (1961): Faltung durch Horizontalverschiebung. – *Eclogae geol. Helv.* 54, 515–534.

- (1966): Kriterien zur Beurteilung der Rolle des Sockels bei der Faltung des Faltenjura. In: SCHAER, J.-P. (Ed.): *Etages tectoniques* (S. 307–314). – La Baconnière, Neuchâtel.
 - (1977): Erdbeben im Gebiet der Schweiz. – *Eclogae geol. Helv.* 70, 351–370.
 - (1980). Crustal stresses inferred from fault-plane solutions of earthquakes and neotectonic deformation in Switzerland. – *Rock Mechanics, Suppl.* 9, 63–68.
 - (1984): Seismotektonik Nordschweiz. – Nagra NTB 84-45, Baden.
- PAVONI, N., & MAYER-ROSA, D. (1978): Seismotektonische Karte der Schweiz, 1:750 000. – *Eclogae geol. Helv.* 71, 293–295.
- PAVONI, N., & PETERSCHMITT, E. (1974): Das Erdbeben von Jeurre vom 21. Juni 1971 und seine Beziehung zur Tektonik des Faltenjura. In: ILLIES, H. J., & FUCHS, K. (Ed.): *Approaches to Taphrogenesis* (S. 322–329). – Stuttgart.
- RENGGLI, K. G. (1982): Seismizität, Seismotektonik und Erdbebengefährdung des St. Galler Rheintals. – Diplomarb. Inst. Geophysik, ETH Zürich.
- ROTH, PH. (1986): Untersuchungen über den gegenwärtigen Deformations- und Spannungszustand der Erdkruste im Gebiet der Schweiz mit Hilfe von Nahbeben-Stationsdiagrammen. – Diplomarb. Inst. Geophysik, ETH Zürich.
- ROULAND, D., HAESSLER, H., BONJER, K. P., GILG, B., MAYER-ROSA, D., & PAVONI, N. (1983): The Sierentz Southern Rhinegraben earthquake of July 15, 1980. Preliminary Results. – *Proc. 17th Gen. Ass. ESC, Budapest 1980. Developments in Solid Earth Geophysics* 15, 441–446.
- ZIEGLER, P. A. (1982): Geological atlas of Western and Central Europe. – Shell I.M.P., The Hague.

Manuskript eingegangen am 30. März 1987

angenommen am 10. April 1987



**HERDMCHANISMEN VON ERDBEBEN UND TEKTONIK
IM GEBIET DER NORDSCHWEIZ UND ANGREN-
ZENDEN GEBIETEN**
Bearbeitet von N. PAVONI 1984

0 30 km

LEGENDE

Alpidische Strukturen

- Brüche mit sinistrier Horizontalverschiebung
- Brüche mit dextraler Horizontalverschiebung
- Auf- und Überschiebungen (Jura, Molasse)
- Brüche, nicht spezifiziert (nachgewiesen, vermutet)
- Antiklinalachsen (Jura, Molasse)
- - - - - Spaltenbrüche (Molasse)
- Fallstochsen (Helvetikum) 1°-20°

Signaturen

- Feldlinien der maximalen horizontalen Krümmungsverkürzung, abgeleitet aus dem neotektonischen Deformationsbild
- Scherlinie zwischen Alpen und Molassevorflde
- Herdtflächenlösung, Epizentrum und Nummer des Bebens (Tab.)
- Schwarz: Kompressionsachse
- Pfeilspitze: Orientierung der P-Achse und der T-Achse

Ausgeschiedene Einheiten

- | | |
|--|---|
| — Auserrovin | — Alpen |
| — Tertiäre Engpässe | — Subalpine Molasse |
| — Kristallines Grundgebirge (Vogesen, Schwarzwald) | — Aufschobene Molasse, inkl. Gotthard Massiv |
| — Tefeljura / Faltenjura | — Helvetikum, oäotone Molassikum, Penninikum und Ostalpin |