

# Einige Ergebnisse der seismischen Untersuchungen auf dem Bodensee

Autor(en): **Schoop, R.W. / Wegener, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **50 (1984)**

Heft 118

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-208320>

## **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.

## Einige Ergebnisse der seismischen Untersuchungen auf dem Bodensee<sup>1)</sup>

mit 6 Figuren

von R. W. SCHOOP und H. WEGENER<sup>2)</sup>

### *Abstract*

Some results of a seismic survey on Lake Constance

In 1980/81 a seismic survey of 494 km length was undertaken on Lake Constance. The results show a narrow deep quaternary trough extending along the entire length of the broader quaternary basin. While the basin is of obviously fluvio-glacial origin, the orientation of the trough may well follow along tectonic lines whose prolongations are seen on the surface in the Black Forest.

It is suggested that the lake was connected to the Danube until the stronger erosion from the west caused the diversion of the Rhine to its present-day course.

### *Résumé*

Quelques résultats d'une campagne sismique sur le lac de Constance

En 1980/81 une campagne sismique de 494 km de longueur a été exécutée sur le lac de Constance. Selon les résultats sismiques, le relief des sédiments quaternaires démontre une dépression étroite de 200 à 300 m de profondeur tout le long du lac dans le centre du bassin quaternaire. La sédimentation est d'origine fluvio-glaciaire, mais la direction NO-SE de l'axe du lac suggère une orientation tectonique bien que l'évidence des failles à la profondeur sur les sections sismiques soit très faible.

Der Bodensee gab schon früh in der geologischen Erforschung des Alpenvorlandes zu verschiedenen Theorien über seine Entstehung Anlass. Zur Lösung der Frage, ob tektonische oder glaziale Faktoren für Gestalt und Richtung des Bodenseebeckens entscheidend waren, fehlten bisher die nötigen Aufschlüsse oder Untergrunduntersuchungen. Da diese Fragen auch von Bedeutung für eine mögliche Ansammlung von Kohlenwasserstoffen an störungsbedingten Fallen sind, entschlossen sich die Inhaber der an den See angrenzenden Erdölkonzessionen der Schweiz, Deutschlands und Österreichs, seismische Messungen auf dem Bodensee durchzuführen. Dabei stand von vornherein fest, dass Bohrungen im Wasser oder in Ufernähe aus Umweltschutzgründen (Trinkwasser, Fauna) ausgeschlossen sein würden. Die Verlockung, eine grosse Kenntnislücke für die Geologie in kurzer Zeit und mit, im Vergleich zu Landmessungen, geringen Kosten zu schliessen, war gross genug, um 1979 mit den Vorbereitungen zu beginnen. Dank dem Entgegenkommen aller Behörden der drei Länder konnten die Messungen von Dezember 1980 bis Februar 1981 durchgeführt werden. Als zuverlässigste und genaueste Messmethode wurde die Reflexionsseismik gewählt, welche auf dem Prinzip der Schallwellenausbreitung und Rückstrahlung an Gesteinsgrenzflächen beruht.

<sup>1)</sup> Nach dem Vortrag von Herrn R. W. Schoop an der Jahresversammlung VSP vom 25. 6. 1983 in Bad Ragaz.

<sup>2)</sup> R. W. SCHOOP und Dr. H. WEGENER, BEB Gewerkschaften Brigitta und Elwerath Betriebsführungsgesellschaft m. b. H., Riethorst 12, D - Hannover 51

<sup>3)</sup> Manuskript eingegangen: November 1983.

Diese Methode war bereits 1967 angewandt worden, als auf dem mittleren und nordwestlichen Teil des Bodensees der direkte Seeuntergrund auf seine Zusammensetzung untersucht werden sollte (MÜLLER u. GEES). Dabei war ein wesentlich höherer Frequenzbereich benutzt worden, während bei den hier beschriebenen Messungen wegen der anderen Aufgabenstellung nur der Frequenzbereich zwischen 20 und 100 Hz verwendet wurde. Als Schallquelle diente ebenfalls komprimierte Luft, die in regelmässigen Abständen – alle 50 m – als Puls im Wasser ausgelöst wurde. Die an den Gesteinsgrenzen zurückgestrahlten (reflektierten) Wellen wurden mittels eines 1,5 km langen Kabels, welches mit Hydrophonen bestückt war, aufgenommen und an Bord des Mess-Schiffes, der Eisenbahnfähre Rorschach, auf Digitalband registriert. Die Laufzeiten der Schallwellen zu den verschiedenen Grenzflächen im Untergrund wurden längs einer Messlinie aufgezeichnet und in Tiefenwerte umgerechnet. Durch die Verknüpfung vieler Messlinien wurde ein Gebiet – der Bodensee – netzartig überdeckt, was die flächenhafte Kartierung der Gesteinsgrenzflächen erlaubte (Fig. 1). Das gesamte Messnetz hatte eine Länge von 494 km mit 52 Einzelprofilen und wurde in 39 Tagen aufgenommen. Die Anordnung der Messlinien, diagonal zur Längsachse des Bodensees, wurde hauptsächlich durch das Bestreben, möglichst lange Messprofile, jedoch nicht parallel zu postulierten Lineamenten zu erhalten, bestimmt. Die so registrierten Daten mussten, bis zu ihrer endgültigen, geologisch auswertbaren Form, eine Reihe von Verarbeitungsschritten durchlaufen.

Die Einzelaufnahmen mussten ihrem Standort auf dem See zugeordnet werden, für die wachsenden Abstände vom Aufnahmeschiff korrigiert und dann aufsummiert (gestapelt) werden, um die sehr schwachen Reflexe der Gesteinsgrenzflächen zu verstärken. Die so gestapelten Messpunkte wurden zu Messlinien (Profilen) zusammengefasst, die Aufschluss über die Schallaufzeiten zu den Gesteinsgrenzen geben.

Die Auswertbarkeit der Profile ist, mit Ausnahme des südöstlichen Teils, nahe der Rheinmündung, wohl bedingt durch die besonders mächtigen und schlecht sortierten Glazial- und Rheinsedimente, im allgemeinen gut.

Die Profile lassen als ersten Reflex unterhalb der Wasseroberfläche, die der zeitlichen Null-Linie entspricht, den Seeboden sehr deutlich erkennen (Fig. 2). Darunter folgen in wechselnder Deutlichkeit die Reflexionen der Quartärbasis als Grenze zur anstehenden Molasse, intratertiäre Reflexe der Molasse sowie Kopf und Basis des Mesozoikums.

Eine Umrechnung der Reflexionszeiten auf Schichttiefen setzt neben der eindeutigen Kartierung der Reflexe eine gute Kenntnis der Gesteinsgeschwindigkeiten der einzelnen Schichten voraus. Diese Daten werden zum Teil aus benachbarten Bohrungen, zum Teil aus den seismischen Aufnahmen selbst gewonnen. Da sich jeder Fehler in der Berechnung der oberflächennahen Schichten auf alle tieferen Berechnungen auswirkt, wurde der Festlegung der Grenze Quartär/Molasse besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Zu diesem Zwecke wurden systematisch Refraktionen aus Einzelfilmen ausgewertet (Fig. 4). Für die Tiefenberechnung wurden so die folgenden Geschwindigkeiten ermittelt – das Bodenseewasser mit 1440 m/sec, das Quartär, schwankend je nach Zusammensetzung, zwischen 1700 – 2100 m/sec und die Molasseoberfläche mit einer deutlichen Zunahme von etwa 2600 – 4000 m/sec in Alpenrichtung (LOHR, 1967). Bei diesen Korrekturarbeiten ergaben sich als Nebenprodukte Karten der Wassertiefen, Zeitdifferenzpläne zwischen Seeboden und Quartärbasis (Quartärmächtigkeit in Laufzeit) (Fig. 5), Teufenkarten der Quartärbasis (Fig. 6) und Pläne der Verteilung der Gesteinsgeschwindigkeiten.

Nach gedanklichem «Ausräumen» der langsamen Schichten Wasser und Quartär aus den Profilen und Wiederauffüllen mit den jeweiligen Schallgeschwindigkeiten der Molasse, erhalten wir zeitkorrigierte Profile, in welchen die Molasse und die mesozoischen Reflexionen etwa lagerichtig erscheinen (Fig. 3). Die so korrigierten Profile sind die Grundlage für die Kartierung des tieferen Untergrundes. Die Verteilung von Wasser und Quartär kann in ihnen natürlich nicht mehr abgelesen werden.

Die Ergebnisse der Quartärkartierung sind für die Klärung der Bodenseefragen so interessant, dass versucht wurde, die Auswertung auch skizzenhaft auf die anliegenden Ufer auszuweiten (Fig. 6). Hierzu wurde im wesentlichen auf die Erläuterungen zu den geologischen Blättern und z. T. auf seismische Messungen zurückgegriffen. Bereiche ohne Messdaten wurden unter der Annahme von ca. 30 m Diluvialmächtigkeit ausserhalb der Flusstäler ergänzt bzw. generalisiert.

Ähnlich wie die Schnitte aus der hydrologischen Karte der Schweiz (Bl. 1 und 2) für Thur- und Tösstal schmale Rinnen mit lokal mächtiger Diluvialfüllung zeigen, so präsentiert sich in entsprechend grösserer Dimension auch das Quartär des Bodensees als tiefe Rinne unter dem zentralen bzw. nordöstlichen Teil des heutigen Sees mit Fortsetzung zum Überlinger See, wo sich die Basis des Quartärs noch 300 – 400 m unter dem heutigen Seespiegel befindet. Zwischen Konstanz und Meersburg dürfte sich eine Schwelle befinden. Südöstlich folgt eine ständige Tiefenzunahme der Quartärbasis nach SE bis ins Vorderrheintal, wo Refraktionsmessungen bei Diepoldsau in der Rheinschleife 600 m Quartär (also bis 200 m unter heutigem Meeresspiegel!) den tiefsten bekannten Wert für das Quartär im Bodenseebereich ergaben.

Nimmt man an, dass die Gletscher das aus dem jüngsten Tertiär überkommene Flusssystem nur ausgestaltet, nicht aber um mehrere hundert Meter tiefer auszufräsen vermochten, so ergibt sich die Notwendigkeit, eine tektonische quartäre Verstellung anzunehmen, derart, dass die Gegend von Konstanz gegenüber der Umgebung von Diepoldsau um ca. 300 m relativ herausgehoben wurde. Eine solche Vorstellung liegt in der gleichen Grössenordnung wie die Heraushebung des Alpenvorlandes seit dem Pliozän um 300 m, die SCHREINER 1970 (S. 176) für den Hegau annimmt. Man könnte auch wie VOLLMAYR 1983 (S. 15 und 18) annehmen, dass die Auflast des alpenwärts zunehmenden Eises ein Absinken des vergletscherten Gebietes bedingte, was durch das seit dem Abschmelzen anzunehmende Aufsteigen des Eises noch nicht wieder kompensiert ist. Auch in diesem Falle müsste für eine von KELLER und KRAUSS 1980 (S. 831) angenommene Eismächtigkeit von ca. 700 m südlich des Bodensees eine Zusatzbelastung und entsprechende Senkung angenommen werden, wie sie etwa 300 m Gesteinsauflast entspricht.

Die Bodenseerinne hat nach N über Ludwigshafen hinaus keine Fortsetzung. Hier erscheinen sehr viel flachere Abflussrinnen nur nach S über Gnaden- und Zellersee. Eine ähnliche, flachere und jüngere Rinne – die dem heutigen Abfluss bei Konstanz entspricht – ist durch eine von BÜCHI 1976 (S. 25 – 33) publizierte Bohrung nachgewiesen. Somit ergibt sich die Frage, wohin der Alpenrhein vor und während des Quartärs abgeflossen ist. Als solcher Abfluss des Ur-Rheins zum Donausystem bietet sich das Schussental an, wo neben der Ausbuchtung der Tiefenlinien auch die Moränenwälle des Schussenlappens eine besonders gute Wegsamkeit für den Gletschervorstoss andeuten. Auf Profil 26 (Fig. 2) wird eine quartäre «Nebenrinne» sichtbar, die man als Ansatzstelle eines so gedeuteten Schussental-Abflusses deuten könnte.

Auf Schweizer Seite des Bodensees lässt die Ausbuchtung zwischen den Tiefenlinien + 500 m zwischen Amriswil und Bürglen an eine weitere ehemalige Verbindung zwischen Rhein- und Thursystem denken (vgl. MÜLLER 1982).

Auch das Thursystem selbst scheint – ähnlich wie oben für den Bodensee und das südlich anschliessende Alpenrheintal aufgezeigt – eine Übertiefung, wenn auch in geringerem Umfang, bei Weinfelden zu besitzen.

Bezüglich der Problematik der geologischen Landschaftsgeschichte im Grenzgebiet des Rhein- und Donausystems sei auf die Arbeiten von Alb. HEIM (1919), G. WAGNER (1962) und A. SCHREINER (1975) verwiesen.

Für Literaturhinweise möchten wir den Herren Dr. SCHREINER und Dr. WERNER aus Freiburg i. Br. sowie den Herren Dr. BÜCHI, Forch und MÜLLER, Frauenfeld danken, für

entscheidende Hilfen bei der Auswertung und Erstellung der Karten den Herren BADTKE und PERSCHON von Prakla-Seismos, Hannover.

Nachfolgenden Firmen sei für die Freigabe der Daten besonders gedankt: BEB Gewerkschaften Brigitta und Elwerath GmbH, Hannover; Preussag AG, Hannover; Dt. Schachtbau- und Tiefbohr GmbH, Lingen; Gelsenberg AG, Hamburg; SEAG Aktiengesellschaft für schweizerisches Erdöl, St. Gallen.

## Literaturverzeichnis

- BÜCHI, U. P., SCHLANKE, S., MÜLLER, E. (1976): Zur Geologie der Thermalwasserbohrung Konstanz und ihre sedimentpetrographische Korrelation mit der Erdölbohrung Kreuzlingen. — Bull. Ver. Schweiz. Petrol-Geol. u. -Ing., **42**, Nr. 103.
- FREIMOSER, R. und LOCHERT, T. (1980): Gedanken zur Pleistozänen Landschaftsgeschichte im nördlichen Teil des Kantons Zürich aufgrund hydrogeolog. Untersuchungen. — *Eclogae geol. Helv.*, Vol. **73/1**, S. 251 – 270.
- HANTKE, R. (1967): Geol. Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete, 1 : 50 000.
- HEIM, Alb., (1919): Geologie d. Schweiz, Bd. I, S. 216 ff., S. 389 ff.
- JÄCKLI, H. und KEMPF, Th. et al. (1980): Hydrogeolog. Karte d. Schweiz. Bl. Bodensee und Bl. Beromünster.
- KELLER, O. und KRAYSS, E. (1980): Die letzte Vorlandvereisung in der Nordostschweiz und im Bodenseeraum. — *Eclogae geol. Helv.*, **73/3**.
- LOHR, J. (1967): Die seism. Geschw. in der Ostschweiz. — Bull. Ver. Schweiz. Petrol-Geol. u. -Ing., **34**.
- MÜLLER, E. R. (1982): Eisaufbauprozess des Würmeiszeitl. Rheingletschers in der Ostschweiz. — *Physische Geographie* Vol. 1, S. 221 ff., Zürich, Juni 1982.
- MÜLLER, G., GEES, A. (1968): Erste Ergebnisse reflexionsseismischer Untersuchungen d. Bodensee-Untergrundes. — N. Jb. f. Geologie und Paläontol.
- SCHREINER, A. (1975): Zur Frage der tektonischen oder glazigen-fluviatilen Entstehung des Bodensees. — *Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver.* **NF 57**, S. 61 – 75.
- (1979): Zur Entstehung des Bodenseebeckens. — *Eiszeitalter und Gegenwart*, **29**, S. 71 – 76.
- (1970): Erl. zur Geol. Karte d. Ldkr. Konstanz 1:50 000.
- (1978): Erl. zur Geol. Karte zu Blatt Tettnang 1:25 000.
- STARK, P. (1970): Über die Grundwasserverhältnisse im Vorarlberger Bodenseerheintal, unter besonderer Berücksichtigung d. Flusswasserinfiltration. — Festband d. Geol. Inst., 300-Jahr-Feier Univ. Innsbruck.
- VOLLMAYR, Th. (1983): Temperaturmessungen in Erdölbohrungen der Schweiz. — Bull. Ver. Schweiz. Petrol-Geol. u. -Ing., **49**, Nr. 116, S. 15 – 27.
- WAGNER, G. (1962): Zur Geschichte des Bodensees. — *Jb. des Vereins z. Schutze der Alpenfl. und -tiere*, **27**, S. 98 – 115.

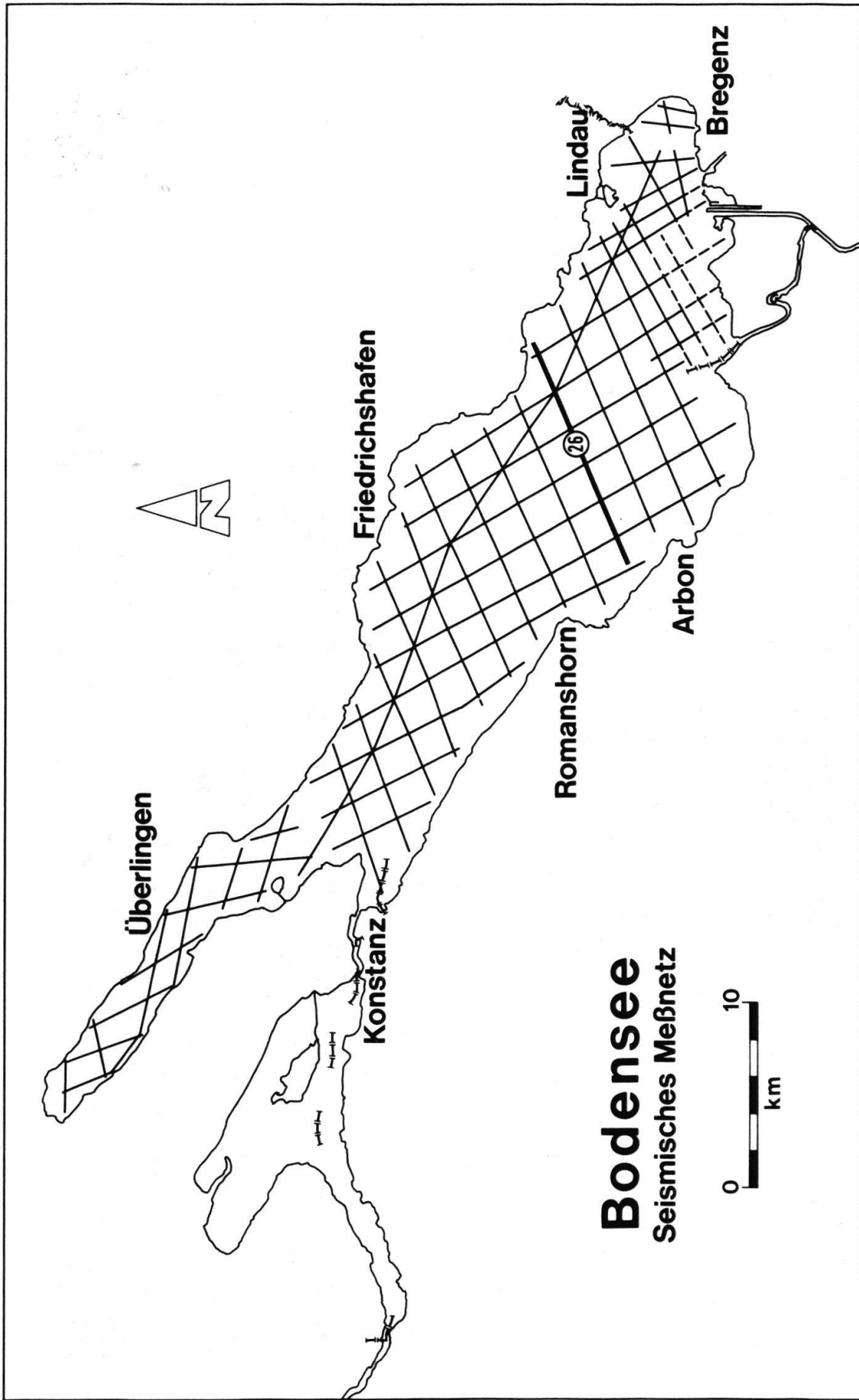


Fig. 1

# Profil 26

(ohne statische Korrektur)

WSW

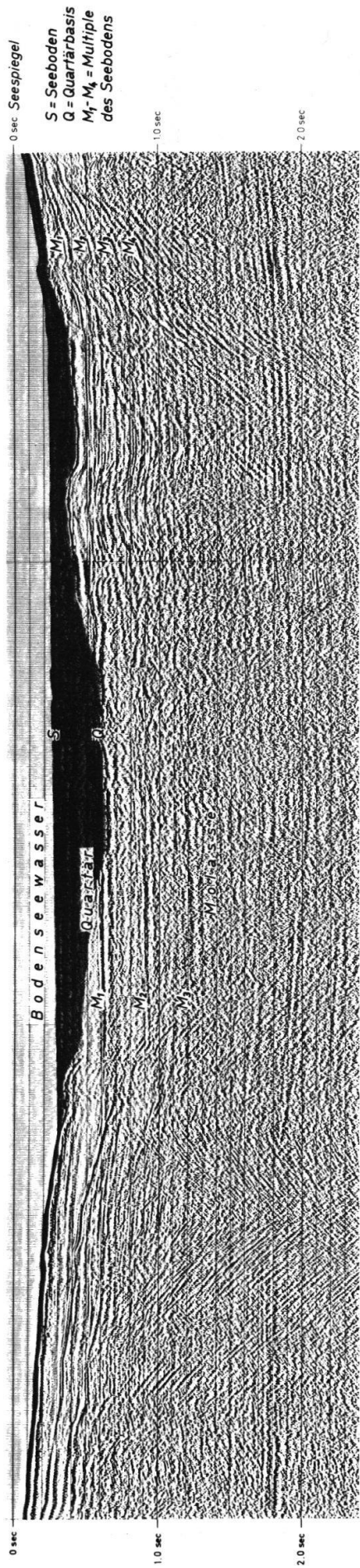


Fig. 2

BEB EPI-5 1983 83 OR 29 DA

# Profil 26

(mit statischer Korrektur)

WSW

ONO

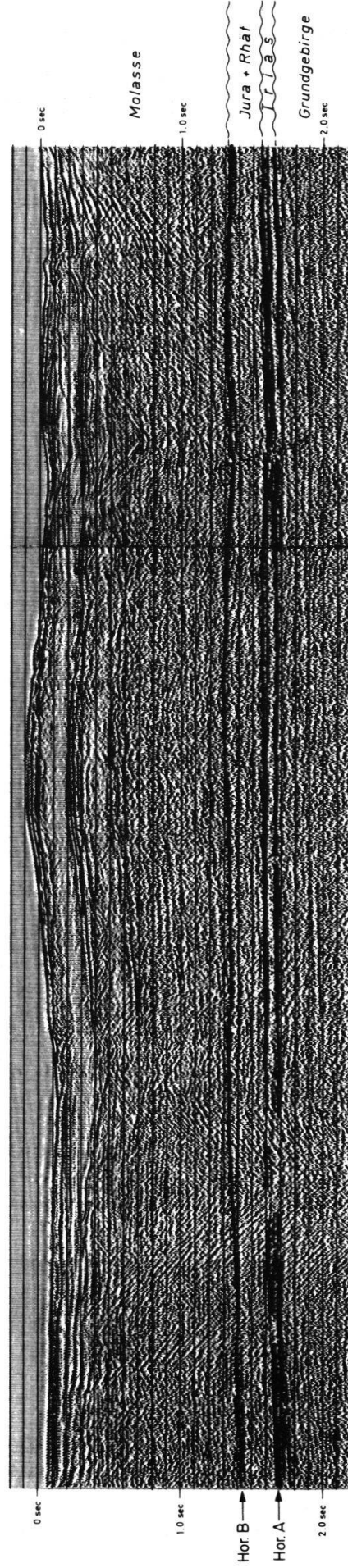
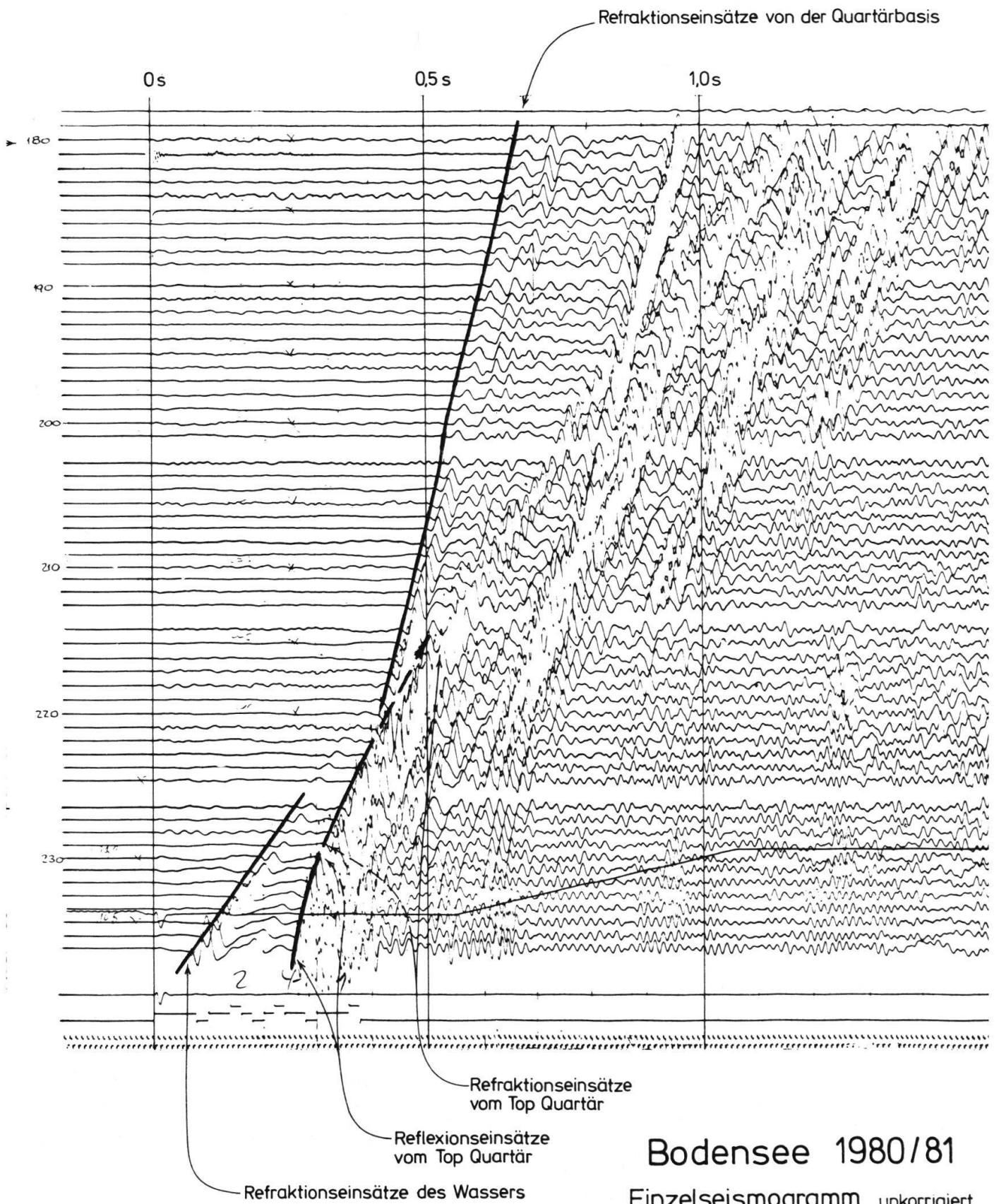


Fig. 3

BEB EPI-5 1983 83 OR 29 / 03  
Dr. Weyner / Schoop



**Bodensee 1980/81**  
 Einzelseismogramm, unkorrigiert  
 Profil 31, SP(Airgun) 241, dec. Nr. 241  
 (Beispiel zur Refraktionsauswertung)

Fig. 4





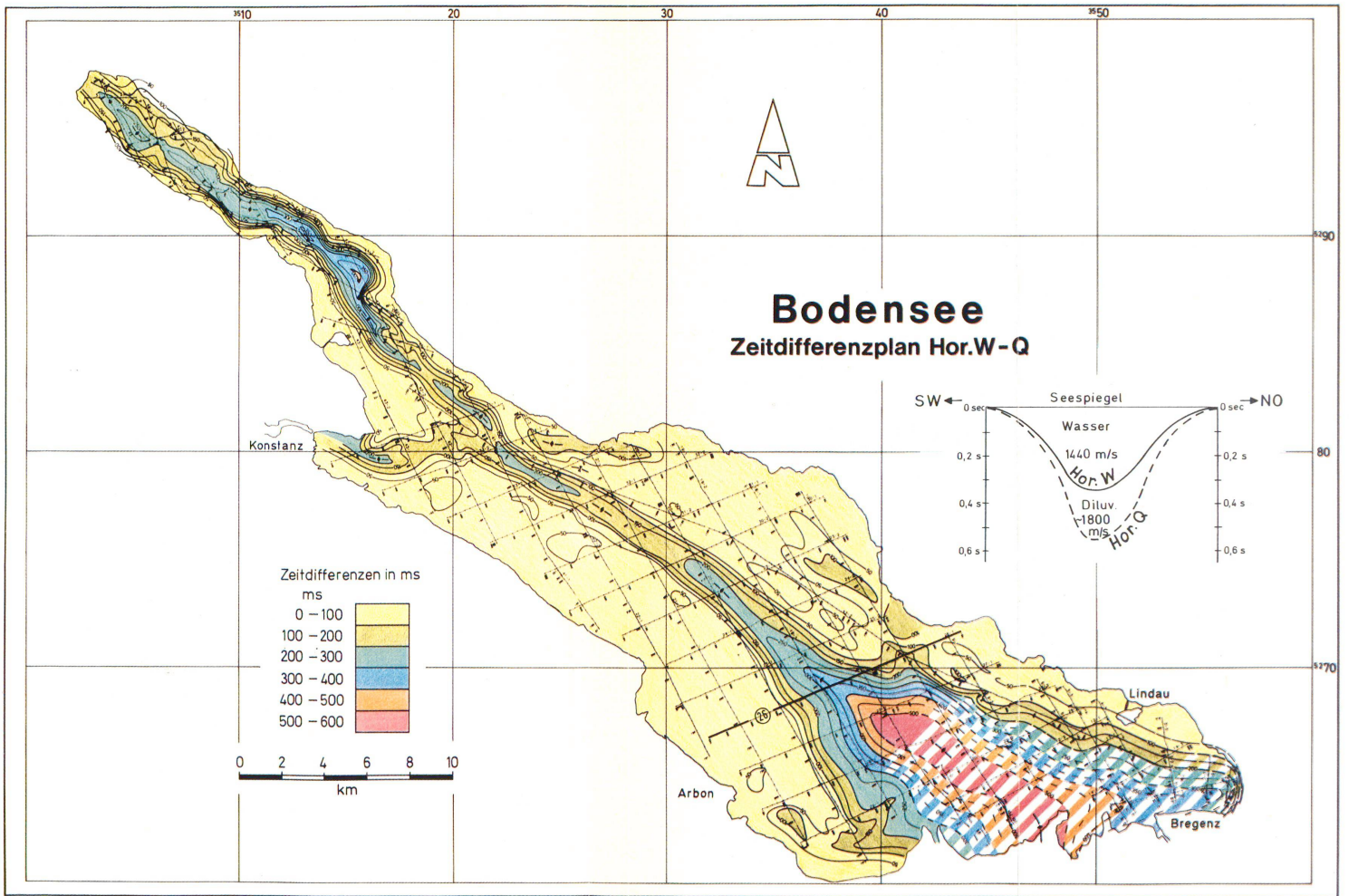


Fig. 5

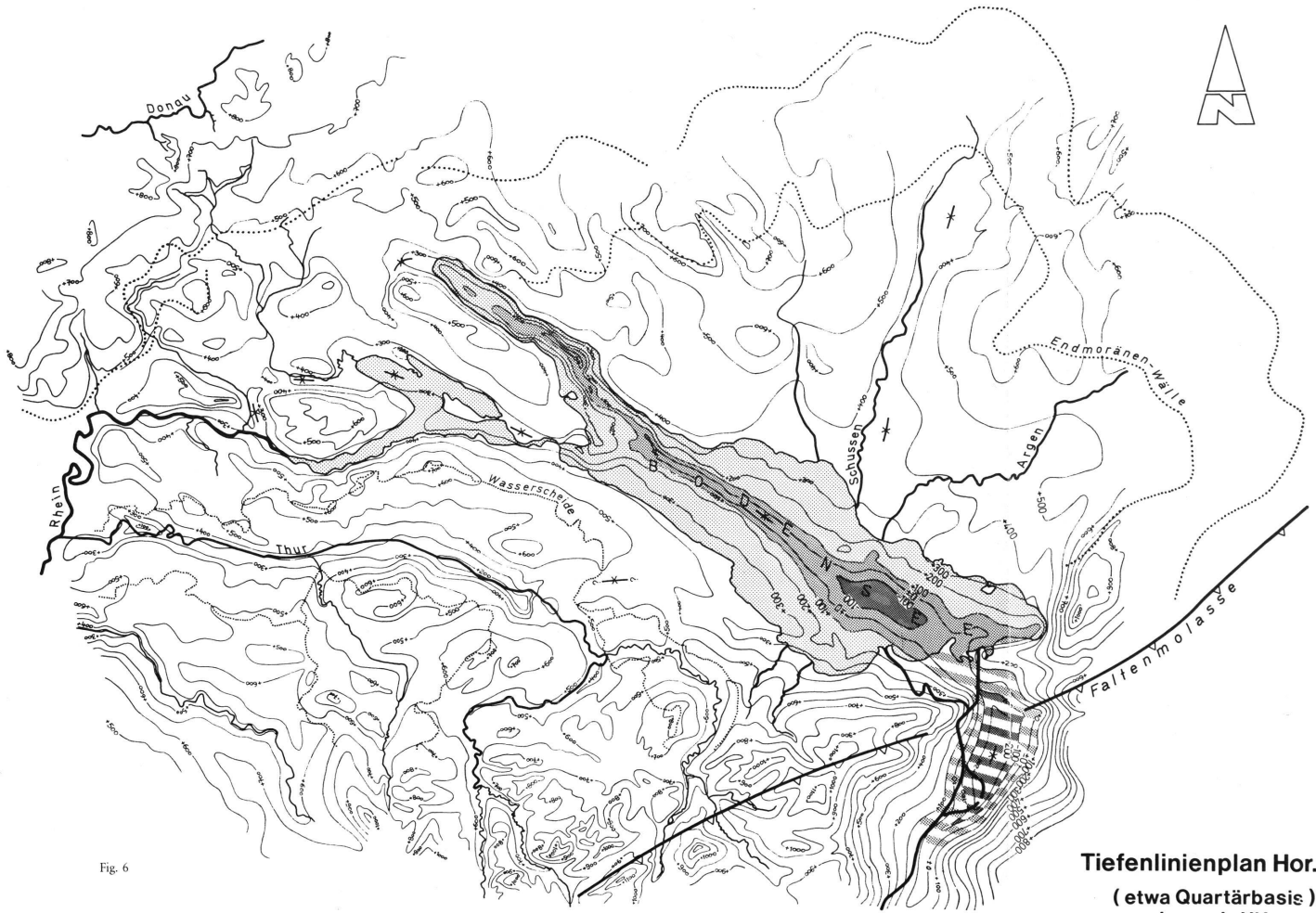


Fig. 6

**Tiefenlinienplan Hor. Q**  
 (etwa Quartärbasis)  
 in m ab NN