

Werk

Jahr: 1957

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:23

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0023

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0023

LOG Id: LOG_0039

LOG Titel: Reflexionen aus dem kristallinen Untergrund im Gebiet des Pfälzer Berglandes

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Reflexionen aus dem kristallinen Untergrund im Gebiet des Pfälzer Berglandes

Von G. Schulz, Hannover ¹⁾

Zusammenfassung: Es wird über Tiefenreflexionen, die im Gebiet des Pfälzer Berglandes beobachtet wurden, berichtet. Die Tiefe des Reflektionshorizontes wird zu ca. 13 000 m bestimmt. Es dürfte sich um die *Conrad*-Diskontinuität handeln.

Abstract: Informations on reflections with great travel-times (t_R 5,3 sec.) which are observed in the territories of the Pfälzer Bergland are given in this report. The depth of the horizon of reflections is ascertained to be about 13 000 m. It is to be expected that this effect is caused by the *Conrad*-Discontinuity.

Einzelreflexionen

Bei reflexionsseismischen Messungen im Gebiet des Pfälzer Berglandes, etwa zwischen den Städten Kaiserslautern, Bad Kreuznach und Kirn traten an vielen Schußpunkten Reflexionen mit ungewöhnlich großer Laufzeit auf. ²⁾ (Siehe Abb. 1). Insgesamt wurden über 230 solche Reflexionen beobachtet. Wegen ihrer großen Laufzeit wurden sie als Reflexionen aus dem kristallinen Untergrund gedeutet und da sie mit großer Amplitude auftreten, muß es sich um eine bedeutende Inhomogenität handeln ³⁾. Bemerkenswert erscheint, daß es sich bei den Sprengungen nur um Ladungsmengen von 25 bis 50 kg handelt, die aus 3 bis 8 Löchern mit 6 bis 15 m Tiefe abgetan wurden. Ferner wurden Tiefenreflexionen durchweg in den Tälern beobachtet, einigemale sogar bei mehreren im Profil aufeinanderfolgenden Schußpunkten, wobei die Tiefenreflexionen gut korrelierten.

Es gibt eine Anzahl von Umständen, die die Echtheit der Reflexionen belegen. Vergleicht man die Einsatzzeiten der letzten Reflexion aus dem Sedimentgebirge, in Abb. (1) 1,667 sec, mit der Einsatzzeit der Tiefenreflexion von 5,365 sec, so folgt aus dem zeitlichen Abstand beider, daß

1) Stud. Ass. G. Schulz, in Fa. Seismos G.m.b.H. Hannover.

2) Diese Messungen wurden 1954 im Auftrage der Wintershall-AG. von einem Meßtrupp der Seismos G.m.b.H. unter Leitung des Verfassers durchgeführt.

3) Reflexionen aus dem Grundgebirge gelegentlich reflexionsseismischer Messungen wurden auch beobachtet von Arne Junger [1].

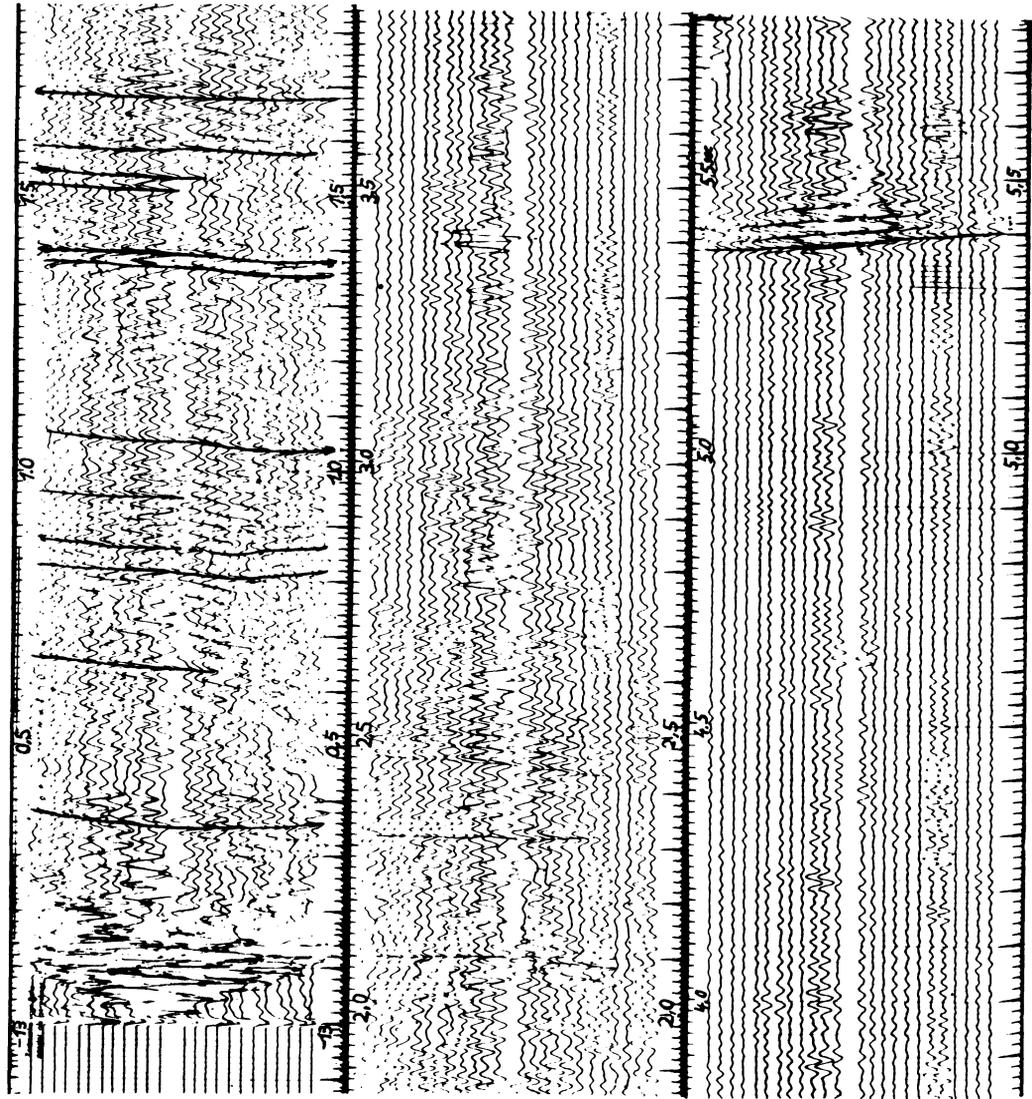


Abb. 1: Tiefenreflexion der Conrad-Diskontinuität

letztere keine multiple Reflexion sein kann, weil sonst mindestens bei halber Laufzeit der Tiefenreflexion, also bei 2,682 sec (oder auch später) eine echte Reflexion liegen müßte.

Außerdem besitzt die Tiefenreflexion eine bedeutend größere Energie und entgegengesetzte Schräglage als die früheren Reflexionen. Ferner gibt

es auch Seismogramme, die am gleichen Schußpunkt mit verschiedenen Richtungen der Geophonaufstellung aufgenommen wurden, wobei die Reproduzierbarkeit und der gleiche Charakter der Tiefenreflexionen ersichtlich wurden (s. Abb. 2). Die wahre Neigung der Reflexionen ist sicherlich jeweils durch die geologischen Bedingungen des Sedimentgebirges verfälscht. Vielfach reflektieren auch mehrere dicht beieinander liegende Flächen, die zueinander parallel zu sein scheinen (s. Abb. 2). Es könnte sich hierbei um Differenzierungsflächen handeln.

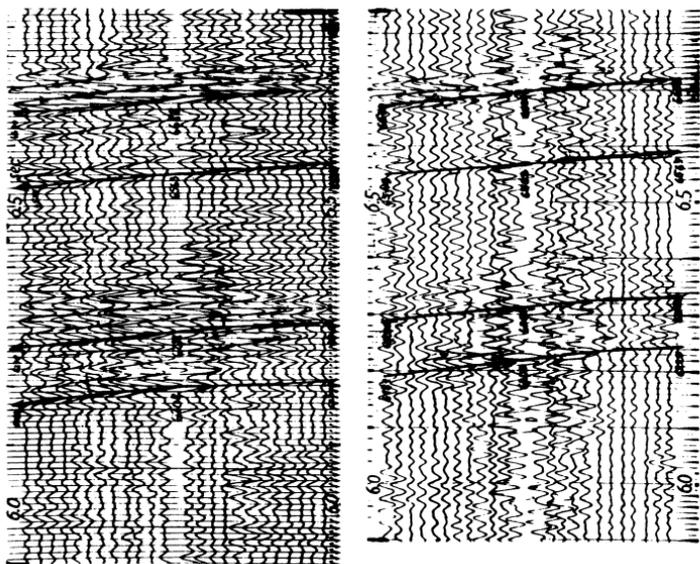


Abb. 2: Tiefenreflexionen der Conrad-Diskontinuität in zwei sich kreuzenden Aufstellungen

An zwei Stellen konnte eine direkte Bestimmung des wahren Einfallens vorgenommen werden, weil dort, wie in Abb. 2 gezeigt, jeweils 2 Messungen an der gleichen Stelle ausgeführt wurden, die sich durch die verschiedene Himmelsrichtung ihrer Geophonaufstellungen unterscheiden. Hierbei ergaben sich Neigungswerte von 5 bzw. 6 ms auf 100 m Geophonaufstellung. Die Richtung des Einfallens war im ersten Fall Süd und im zweiten Südost.

Laufzeitgradient

Abgesehen von den ebenerwähnten 2 Sonderfällen können die erhaltenen Tiefenreflexionen nicht direkt miteinander verknüpft werden, weil sie an immer verschiedenen Stellen des Gebietes erhalten wurden, während ja gerade eine Messung am gleichen Ort für die direkte Neigungsbestimmung

erforderlich ist. Für einen Überblick kann man aber nach statistischen Methoden das mittlere Einfallen bestimmen.

In Abbildung 3 ist eine Darstellung des Einfallens der einzelnen Tiefenreflexionen wiedergegeben. Jedem Punkt entspricht eine Reflexion. Die

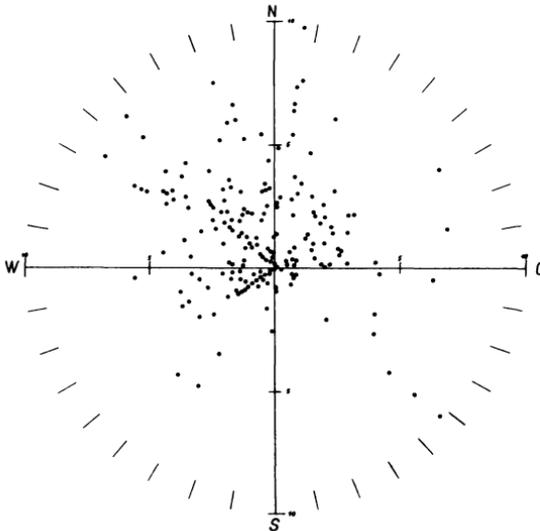


Abb. 3: Anstiegskomponenten der Einzelreflexionen

Lage eines Punktes ergibt sich aus der Himmelsrichtung der Geophonaufstellung und der Neigung der Reflexion, d.h. der zeitlichen Einsatzdifferenz des ersten und letzten Geophons, reduziert auf 100 m Aufstellungslänge. Man sieht schon, daß im wesentlichen ein Anstieg nach Nord-Nordwest zu erwarten ist. Es ist aber zu bedenken, daß jede Himmelsrichtung nur eine Komponente des wahren Einfallens enthält. Eine Anhäufung von Punkten in obiger Darstellung bedeutet also nur, daß in dieser Himmelsrichtung öfter Tiefenreflexionen aufgetreten sind als in anderen Richtungen.

Für die statistische Behandlung wurden die Himmelsrichtungen in 18 Sektoren von jeweils 10° Breite eingeteilt. Alle Reflexionen, deren Aufstellungsrichtungen in einen Sektor fallen, werden zu einer Gruppe zusammengefaßt und deren Mittelwert des Einfallens bestimmt. Aus der Verteilung um den Mittelwert wird mit Hilfe des quadratischen Fehlers der mittlere Fehler des Mittelwertes gebildet.

In Abbildung 4 bedeuten die eingetragenen Punkte in jedem Sektor den Mittelwert und die schraffierten Flächen geben die Größe des mittleren Fehlers des Mittelwertes an.

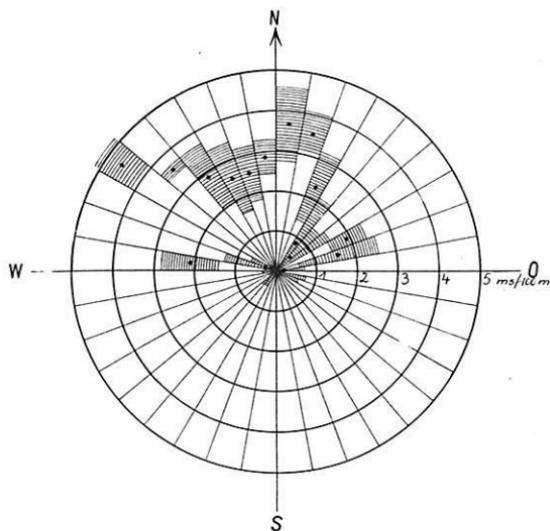


Abb. 4: Mittelwerte der Komponenten des Anstiegs

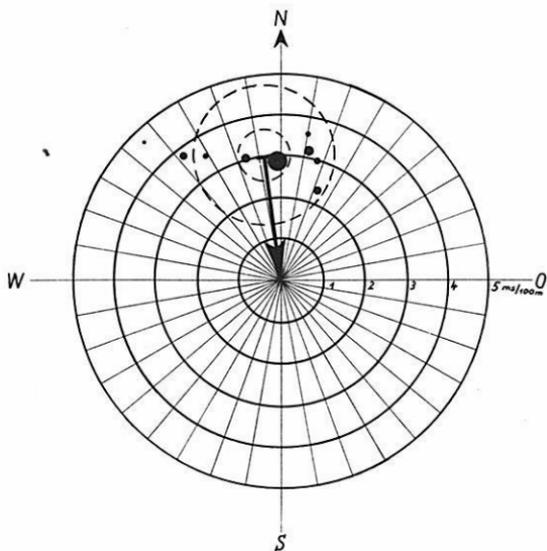


Abb. 5: Mittelwert des Laufzeitgradienten

Nun wird jedem Mittelwert ein Gewicht zugeordnet, das umgekehrt proportional dem Quadrat des mittleren Fehlers ist. Aus je zwei aufeinander stehenden Sektoren wird dann das wahre Einfallen bestimmt.

Somit erhält man neun Werte für das wahre Einfallen, die um einen Bestwert streuen. Die zugehörigen Gewichte sind mit Hilfe des Fehlerfortpflanzungsgesetzes aus den mittleren Fehlern des Mittelwertes des Einfallens in den 18 Sektoren berechnet worden und sind in der Abbildung 5 durch die Größe der Kreisdurchmesser versinnbildlicht. Aus diesen neun Werten wird der gewogene Mittelwert gebildet, dessen Lage durch den Fußpunkt des Pfeiles gegeben ist. Der eingetragene Pfeil gibt demnach die Größe und Richtung des aus allen Reflexionen statistisch gebildeten Mittelwertes des wahren Einfallens an. Der um den Fußpunkt des Pfeiles geschlagene kleinere Kreis bedeutet den mittleren absoluten Fehler im Sinne der Fehlerrechnung und der größere Kreis die Streuung innerhalb welcher bei einer Gaußverteilung ca. 67% der statistischen Maße liegen. In diesem Falle sind es 83%, was darauf hindeutet, daß keine Gaußverteilung vorliegt. Die Fehler sind also nicht zufälliger und meßtechnisch bedingter Art, sondern es liegen andere Ursachen für die Streuungen vor, nämlich wahrscheinlich der geologische Aufbau des Deckgebirges. Das Ergebnis ist ein Einfallen in Richtung S $7,5^\circ$ O mit einer Neigung von 2,95 ms für 100 m Aufstellungslänge.

Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß der absolute mittlere Fehler ca. 10 mal größer ist, wenn das wahre Einfallen aus nur zwei örtlich getrennten voneinander unabhängigen Einzelmessungen berechnet wird.

Isochronenplan

Mit Hilfe des mittleren Ansteigens kann ein Isochronenplan konstruiert werden. Zur Deutung des Laufzeitgradienten liegen zwei extreme Möglichkeiten vor.

1. Bei Annahme einer konstanten Durchschnittsgeschwindigkeit unter Vernachlässigung der Geschwindigkeitsverhältnisse im Deckgebirge liegt ein Anstieg der reflektierenden Flächen nach Norden vor.
2. Man kann auch eine söhlige Fläche annehmen und die Durchschnittsgeschwindigkeit dazu passend bestimmen, wobei sich eine Zunahme nach Norden bis etwa 12% ergeben würde, was für die relativ kurze Ausdehnung des Gebietes sehr hoch wäre.

Man kommt wahrscheinlich der Wahrheit am nächsten, wenn man nur einen Teil des Anstieges nach Norden als reell ansieht und den verbleibenden Teil des Laufzeitgradienten auf Zunahme der Durchschnittsgeschwindigkeit nach Norden zurückführt.

Nun können die Abweichungen der beobachteten Reflexions-Einsatzzeiten vom Isochronenplan ermittelt werden. Die Normierung des Isochronenplanes ist so erfolgt, daß etwa in der Mitte des Gebietes die Abwei-

chungen Null sind. Tritt in einem Seismogramm nur eine einzige Tiefenreflexion auf, dann ist die Abweichung vom Isochronenplan ganz einfach zu berechnen. Treten dagegen mehrere Tiefenreflexionen auf (Differenzierungsflächen), dann wurde die Reflexion mit der kleinsten Abweichung vom Isochronenplan benutzt. Die nach dieser Rechenvorschrift sich ergebenden Abweichungen lassen sich geographisch in mehrere Bereiche einteilen.

In Abbildung 6 sind die Stellen an denen Tiefenreflexionen beobachtet wurden, durch einen Punkt markiert. Die Abweichungen vom Isochro-

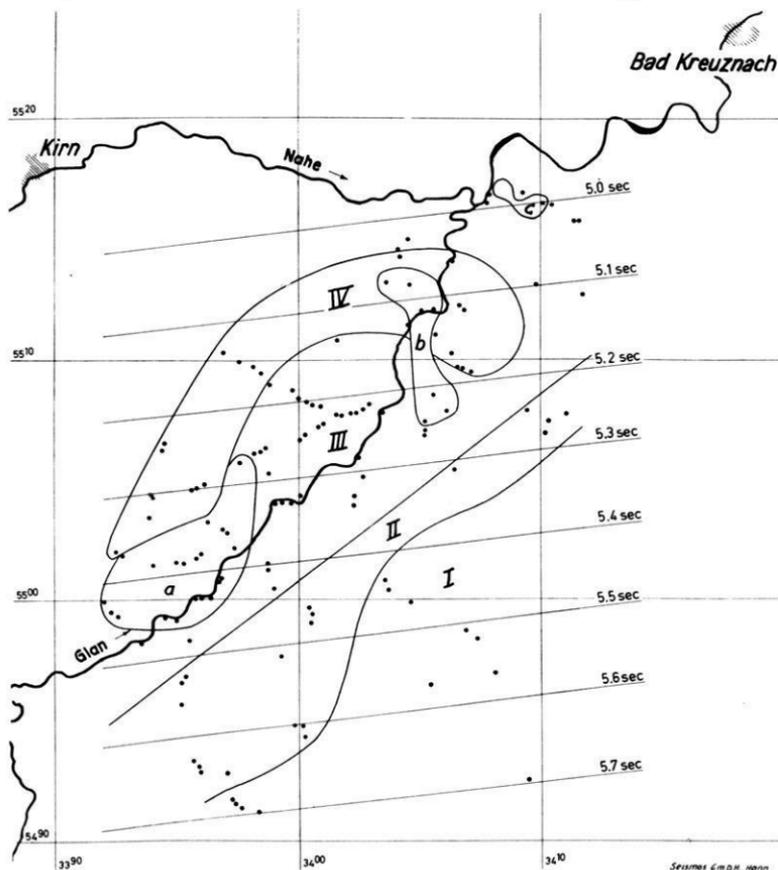


Abb. 6: Isochronenplan für die Conrad-Diskontinuität
nenplan, der zusätzlich eingezeichnet ist, liegen in den gekennzeichneten Zonen innerhalb folgender Grenzen:

- | | | |
|---------|----------------------|------------|
| + 50 ms | < Abweichung Zone I | < + 101 ms |
| 0 ms | < Abweichung Zone II | < + 50 ms |

- 15 ms < Abweichung Zone III < 0 ms
- 63 ms < Abweichung Zone IV < - 15 ms
- 0 ms < Abweichung Zone a, b, c < + 36 ms

Die Zonen I-IV zeigen einen systematischen Gang, indem im Süden die Abweichungen alle positiv sind und nach Norden hin negativ werden. Andererseits gehen die Abweichungen nicht direkt proportional der Entfernung in Richtung des Laufzeitgradienten, so daß eine Korrektur des Isochronenplanes keine Vorteile bringt. Von den Bereichen a, b und c kann man nur sagen, daß sie sich geographisch längs des Pfälzer Sattels anordnen.

Tiefenreflexionen im Raume von Rastatt

In diesem Zusammenhang erscheint es bemerkenswert, daß in der Umgebung von Rastatt ebenfalls bei reflexions-seismischen Messungen Tiefenreflexionen beobachtet wurden⁴⁾.

Auf zwei Profilen wurden Reflexionen mit langer Laufzeit beobachtet, und zwar auf einem Nordsüdprofil mit Laufzeiten von 7,5-8 Sek. und einem Ostwestprofil mit Laufzeiten von 6,5-7 Sek. Während auf dem Nordsüdprofil die Tiefenreflexionen eine söhliche Lagerung aufweisen, zeigen die Reflexionen des Ostwestprofils ein starkes Einfallen nach Westen. Das starke Einfallen ist sicherlich durch Brechung an den östlichen Hauptstörungen des Rheintalgrabens entstanden, so daß bei Anbringung von Brechungskorrekturen der starke Einfall weitgehendst beseitigt werden kann.

Nach mündlicher Mitteilung hält *Dohr* es aber für möglich, daß ein geringes Einfallen zum Rheintalgraben als echt anzusehen ist. Das würde möglicherweise bedeuten, daß in diesen Tiefen der Rheintalgraben schon im kristallinen Untergrund vorgebildet ist. Die kürzeren Laufzeiten der Tiefenreflexionen des Ostwestprofils können durch die höheren Geschwindigkeiten des Schwarzwaldsockels erklärt werden.

Auch in der gefalteten Molasse Oberbayerns wurden bei Murnau mehrfach Tiefenreflexionen beobachtet und von den gleichen Herren bearbeitet wie die von Rastatt. Eine Häufung dieser Reflektionen tritt bei einer Zeit von etwa 6,5 Sek. auf. Ebenso sind im Raume von Lippstadt wiederholt Tiefenreflexionen mit starker Energie beobachtet worden⁵⁾.

4) Diese Arbeiten wurden im Auftrage der Preußischen Bergwerks- und Hütten-AG. und der Mobilöl-AG. in Deutschland von einem Meßtrupp der Seismos G.m.b.H. durchgeführt und von den Herren Dipl.-Ing. Holste und Dr. Dohr bearbeitet.

5) Diese Arbeiten wurden im Auftrage der Mobilöl-AG. von einem Seismos-Meßtrupp unter Leitung von Dr. Hellmers ausgeführt.

Förtsch Diskontinuität

Bevor nun die mögliche Tiefe der reflektierenden Fläche diskutiert wird, muß noch auf eine besondere Reflexionsgruppe eingegangen werden.

In einer Anzahl von Seismogrammen nämlich wurden zusätzlich Reflexionen gefunden, deren Laufzeiten etwa in der Größenordnung von 4 sec liegen und deutlich nicht mit den gezeigten Differenzierungsflächen in Zusammenhang stehen. (Siehe Abb. 7).

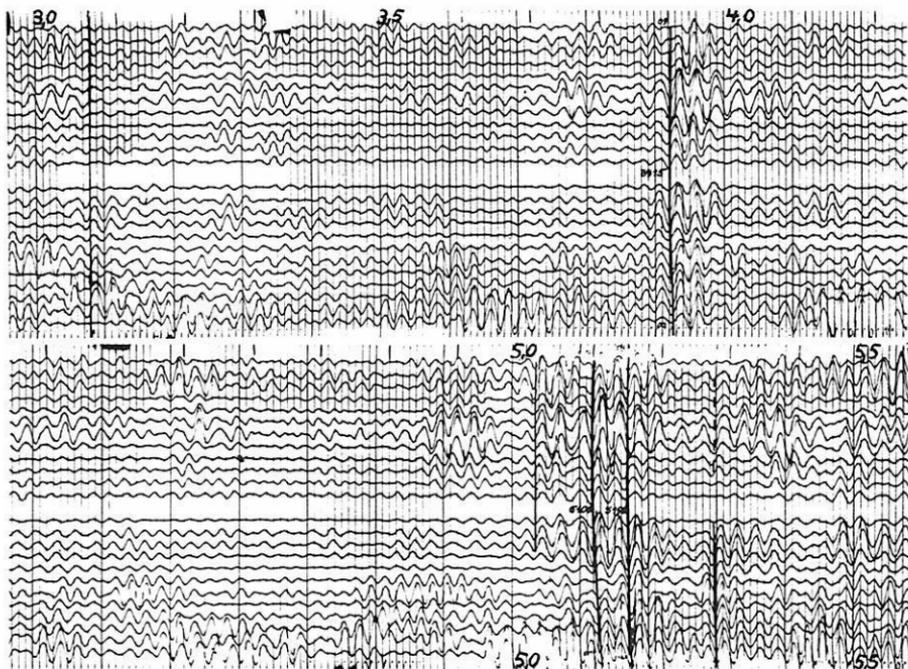


Abb. 7: Tiefenreflexionen der Förtsch- und der Conrad - Diskontinuität

Nach einer Veröffentlichung von Förtsch [2] ist bei der Haßlachsprennung eine weitere Grenzfläche gefunden worden, die eine Trennung zwischen Granit und Diorit darstellt. Es liegt nahe, die ebenerwähnten Reflexionen dieser von Förtsch beschriebenen Grenzfläche zuzuordnen. Nach Förtsch besitzt Diorit eine Geschwindigkeit von 6 km/sec bzw. ist auf Grund dieser Geschwindigkeit das liegende Material von Reich als Diorit angesprochen worden. Übrigens wurden ähnliche Reflexionen auch bei den oben erwähnten Messungen bei Murnau gefunden.

Tiefenbestimmung

Diese Beobachtungen sollen nun für eine Tiefenbestimmung verwertet werden. Bei diesen großen Laufzeiten ist die Krümmung der Tiefenreflexion dermaßen gering, daß eine Geschwindigkeitsbestimmung nach reflexionsseismischen Methoden nicht mehr möglich ist. Man ist daher darauf angewiesen, mit den aus refraktionsseismischen Messungen bekannten Geschwindigkeiten eine Schätzung zu versuchen. Dagegen ist in der Tiefbohrung Meisenheim, die im Nordostteil des gemessenen Gebietes liegt, eine Geschwindigkeitsmessung durchgeführt worden.

Danach werden für die ersten 1700 m eine Laufzeit von 0,42 sec bzw. eine Reflexionszeit von 0,84 sec benötigt. Die Oberflächengeschwindigkeit betrug dabei rund 3100 m/sec und die örtliche Endgeschwindigkeit, also in 1700 m Tiefe, war dabei 5100 m/sec. Die Geschwindigkeiten im tieferen Sediment sind nicht bekannt. Man darf aber wohl sicherlich mit über 5100 m/sec rechnen. Im Granit bis zur *Förtsch*-Diskontinuität ist nach der Haßlachsprengrung eine Geschwindigkeit von 5,8 km/sec zu erwarten. Nach Erdbebenmessungen sind Werte von 5,5 bis 5,6 km/sec und aus Norddeutschland von 5,4 bis 5,8 km/sec mitgeteilt.

Überschlagsmäßig soll daher für das tiefere Sediment und die Granitzone eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 5,5 km/sec angenommen werden. Damit würde die *Förtsch*-Diskontinuität mit einer Laufzeit von 4 sec eine Tiefe von 10,4 km besitzen. Für Diorit ist nun die Geschwindigkeit 6 km/sec anzusetzen, so daß einer Reflexionslaufzeit von 5 sec eine Tiefe von 13,4 km entsprechen würde, wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich: ⁶⁾

Zeitintervall sec	Zeit sec	v km/sec.	Tiefenzuwachs m	Gesamttiefe m	Fläche
0,84	0,84		1,700	1,700	Endteufe Meisenheim
3,16	4,00	5,5	8,700	10,400	<i>Förtsch</i> -Diskontinuität
1,00	5,00	6,0	3,000	13,400	<i>Conrad</i> -Diskontinuität

Wegen der negativen Abweichungen vom Isochronenplan im Norden des gemessenen Gebietes können möglicherweise geringere Tiefen vorhanden sein, so daß sich etwa für die geringste Tiefe 12 km schätzen lassen.

Bei einer örtlichen Geschwindigkeit von 6 km/sec bedeuten 2,95 ms

⁶⁾ Zur Frage der Schichtgeschwindigkeiten und Tiefen vergl. [3].

auf 100 m Aufstellungslänge einen Neigungswinkel von 10° . Der systematische Gang der Abweichungen vom Isochronenplan läßt ein noch stärkeres Einfallen erwarten. Wegen der Unsicherheit aber, inwiefern dieser Laufzeitgradient auf Änderung der Durchschnittsgeschwindigkeit beruht, darf man doch immerhin mit einem Einfallen von etwa 5° rechnen. Die Abweichungen vom Isochronenplan zeigen aber auch als weiteres Resultat, daß die Richtung des wahren Einfallens wahrscheinlich eine stärkere Komponente nach Osten besitzt, als der berechnete Laufzeitgradient, schätzungsweise dreimal so stark. Somit würde insgesamt sich ein Einfallen von 5° in Richtung Süd-Südost ergeben. Auf Grund der Überlegung der Tiefenbestimmung geht man wohl mit der Annahme nicht fehl, daß die Tiefenreflexionen von der Grenzfläche Diorit gegen Gabbro, d. h. also der *Conrad*-Diskontinuität stammen.

Für die Genehmigung zur Veröffentlichung dieser Arbeit bin ich der Firma Wintershall-AG und Firma Seismos G.m.b.H. zu Dank verpflichtet.

Literatur

- [1] *Junger, Arne*: Deep basement reflections in Big Horn County, Montana.-*Geophysica* 16, H. 3, S. 499-505 Houston/Texas 1951.
- [2] *Förtsch, O.*: Analyse der seismischen Registrierungen der Großsprengung bei Haßlach im Schwarzwald am 28. 4. 1948. *Geologisches Jahrbuch* 1950 S. 65-80.
- [3] *Brockamp, B.*: "Zum Werdegang der Vertiefen", *Geologie*, 1955. Bd. 4, Nr. 4, S. 382.