

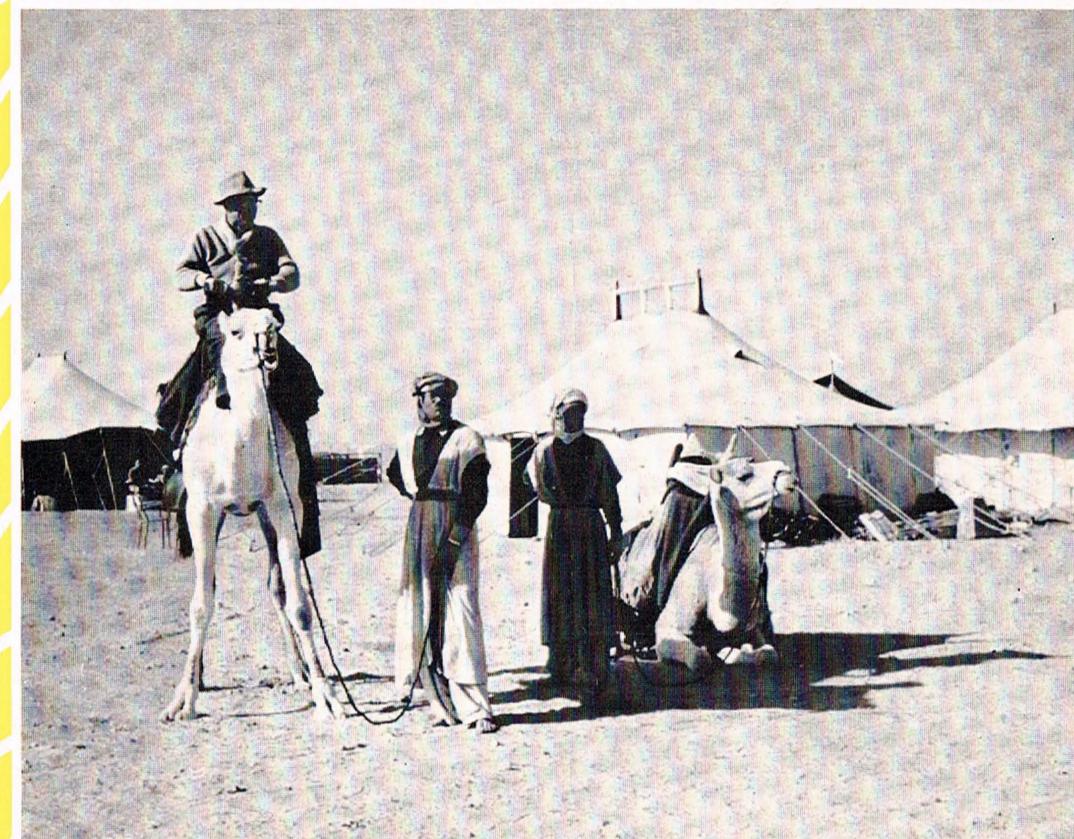
HAUSMITTEILUNGEN

Seismos

ECHO

DEZEMBER
1959

5





SEISMOS

ECHO

**Das Titelbild zeigt
Teilansicht eines seismischen Camps in der Sahara**

Hier wurden in Zusammenarbeit mit unserer Schwestefirma, der CATG, Compagnie pour l'Application des Techniques Géophysiques, Paris, Refraktionsmessungen erfolgreich durchgeführt. Mit den von uns entwickelten Refraktionsgeophonen niedriger Eigenfrequenz und Verstärkern konnten gegenüber anderen Messungen erhebliche Sprengstoffeinsparungen erzielt werden.

**The frontispiece gives
a partial view of a seismic camp in the Sahara**

Here, in co-operation with our associated company, CATG, Compagnie pour l'Application des Techniques Géophysiques, Paris, seismic refraction work has been successfully carried out. Using refraction geophones with low natural frequency and amplifiers developed by us considerable savings in explosives could be reached.

**Le photo de titre donne
une vue partielle d'un camp sismique dans le Sahara**

C'est ici que nous avons exécuté avec succès des mesurages par sismique-réfraction en collaboration avec notre société-sœur CATG, Compagnie pour l'Application des Techniques Géophysiques, Paris. En utilisant des géophones de réfraction à basse fréquence et des amplificateurs développés par nous, on avait réussi à réduire considérablement les quantités nécessaires d'explosifs en vue d'autres mesurages.

Seismische Messungen in Bohrlöchern

Seismic measurements in boreholes

Des Mesurages sismiques dans des Sondages

Geschwindigkeitsmessungen

Messungen in Bohrlöchern

Der ursprüngliche Zweck seismischer Messungen in Tiefbohrungen bestand darin, für die Tiefendarstellung von Reflexionshorizonten den richtigen Maßstab zur Verfügung zu haben. Denn die Methode der Reflexionsseismik liefert zunächst nur reine Zeitwerte, sie mißt die Zeiten, die die seismischen Wellen vom Ursprungsort, dem Schußpunkt, bis zur reflektierenden Grenzfläche und zurück zum Schallempfänger, dem Geophon, benötigen. Bei der seismischen Bohrlochmessung werden ebenfalls Laufzeiten gemessen, und zwar wiederum von einem Schußpunkt nahe der Erdoberfläche, jedoch bis zu einem Geophon, das auf verschiedene, genau angebbare Teufenwerte an einem Kabel in das Bohrloch eingebracht wird. Auf diese Weise lassen sich für die einzelnen Teufenintervalle die Laufwege pro Zeiteinheit, d. h. die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten errechnen. Mit den so gewonnenen Geschwindigkeitstabellen oder -kurven kann man

1. die Reflexionen mit den richtigen Tiefen und Neigungen darstellen,
2. die Reflexionen in das Bohrprofil richtig einordnen und evtl. die Haupthorizonte stratigraphischen Grenzen zuordnen.

In der Praxis werden die Schußpunkte in einiger Entfernung vom Bohrloch angeordnet. Man verwendet im allgemeinen zwei verschiedene Entfernnungen, etwa 60 bis 100 m und 250 bis 400 m. Auf diese Weise wird es ermöglicht, Vorläufer im Meßkabel oder der Verrohrung von echten Einsätzen zu unterscheiden. Die Schußpunktesollen möglichst so angelegt werden, daß die Strahlenwege senkrecht zu den brechenden Flächen verlaufen. Unter Vernachlässigung der Brechung, d. h. unter Annahme gradlinigen Strahlenverlaufes, werden die gemessenen Laufzeiten rechnerisch auf den vertikalen Laufweg reduziert.

Bewährte Hilfsmittel zur Steigerung der Meßgenauigkeit sind die Registrierung der Einsätze des Versenkgeophones mit verschiedenen Verstärkungsgraden sowie das An-

Velocity measurements

Measurements in boreholes

The original purpose of seismic measurements in deep wells was to determine the appropriate velocity-depth scale for the representation of reflecting horizons in depth. The reflection seismic method yields directly only time-values, i.e. the time elapsed, when a seismic wave travels from its origin, the shotpoint, to a reflecting interface and back to the sound-wave-receiver, the geophone. In seismic well-velocity-surveys also travel-times of sound waves are measured, originating from a shotpoint near the surface, but to one geophone, which is lowered on a cable into a borehole to well defined depths. In this way, travel paths per time-unit, i.e. propagation-velocities for each single depth-interval can be calculated.

The velocity-tables or graphs, obtained by this method, can be used

1. to plot reflections at their true depth and with their true dip,
2. to assign reflections to their right place in the geologic section, or, if possible, to identify main horizons with stratigraphic contacts.

In practice shotpoints are located at some distance from the well. Usually two different distances are used, one of about 60–100 m, the other of 250–400 m. By this procedure it is possible to discriminate "forerunners" in the cable or in the casing from the desired first arrivals. Shotpoints should be arranged in such a manner that the seismic ray-paths intersect the refracting interfaces at right angles. The measured traveltimes are reduced calculatory to a vertical travel-path under neglect of refraction effects, i.e. assuming linear rays.

Approved procedures to increase the accuracy of the measurements are to record the onsets of the well-velocity-geophone, applying different grades of amplification,

Des mesurages de vitesse

Des mesurages dans des sondages

Le but original des mesurages sismiques dans des sondages était d'obtenir l'échelle exacte pour la détermination des horizons en coupes – profondeur. En effet, la méthode sismique-réflexion ne donne que de pures valeurs de temps; elle mesure les temps que les ondes sismiques parcourent à partir de l'origine – du point de tir jusqu'à l'horizon réfléchissant et retour au récepteur de son – au géophone. Un sismosondage mesure également des parcours de temps à partir d'un point de tir à proximité de la surface terrestre mais dans ce cas jusqu'à un géophone descendu dans le sondage le long d'un câble à des profondeurs diverses pouvant être enregistrées avec précision. De cette manière, on peut calculer les chemins parcourus par unité de temps pour les intervalles de profondeur, c'est à dire, les vitesses de propagation des ondes. Les tables ou courbes de vitesse ainsi obtenues permettent

1. de représenter les réflexions par les profondeurs et pendages corrects,
2. de ranger de façon précise les réflexions dans la coupe de sondage et de coordonner éventuellement les principaux horizons avec les limites stratigraphiques.

En pratique, les points de tir sont établis à une certaine distance du sondage, en général à deux distances différentes, env. 60 à 100 m et env. 250 à 400 m. De cette manière, il devient possible de distinguer les pré-arrivées dans le câble ou dans les tubes des premières arrivées réelles. Il est recommandable d'établir les points de tir de manière à ce que les chemins des ondes soient perpendiculaires aux couches réfractantes. En négligeant la réfraction, c'est à dire en supposant le parcours des ondes rectiligne, les temps mesurés sont réduits numériquement à un parcours vertical.

Des moyens éprouvés pour augmenter la précision de mesurage sont: l'enregistrement des premières arrivées du géophone descendu avec des degrés d'amplification différents, ainsi que l'utilisation d'un géophone de con-

bringen eines Kontrollgeophones am Bohrlochmund oder unterhalb des Schusses (Unterschußgeophon). Außerdem verwendet SEISMOS in vielen Fällen drei Geophone gleichzeitig, die in einem konstanten Abstand in das Bohrloch eingefahren und jeweils mit einem Schuß gemeinsam registriert wurden.

In Deutschland wurde die erste seismische Bohrlochmessung vor 25 Jahren von SEISMOS ausgeführt; inzwischen sind es viele hundert Messungen geworden.

In Gebieten mit erheblichen Niveauunterschieden und häufig wechselndem Charakter der oberflächennahen Schichten sind Geschwindigkeitsmessungen in Schußbohrlöchern und Flachbohrungen bis evtl. 100 m Tiefe gelegentlich von großem Nutzen für eine Kontrolle der Oberflächenkorrekturen. Für derartige Messungen verwendet SEISMOS ein Kabel mit einer Serie von 12 fest eingebauten Geophonen im Abstand von 2 m unter der Bezeichnung „Schußpunktprüfkabel“. Da nur kleine Sprengladungen erforderlich sind und das Auftreten von Kabelvorläufern wenig störend ist, legt man bei diesen Messungen die Schußpunkte nur wenige Meter vom Bohrloch entfernt an, jedoch so weit, daß Mehrfachreflexionen in der Bohrlochflüssigkeit nicht mehr auftreten können.

Schachtmessungen

Im Bergbau, wo häufig nur ältere Bohrungen existieren, die bereits verfüllt sind, oder Flachbohrungen von unter Tage nur bis zur Basis des Deckgebirges ausgeführt werden, lassen sich die beschriebenen Bohrlochmessungen bis zu einem gewissen Grade durch Messungen im Schacht ersetzen, indem man im Schacht in verschiedenen Teufen Geophone anbringt und über Tage und evtl. auch unter Tage Schußpunkte anlegt. Jedoch ist es selten möglich, letztere in Schachtnähe anzubringen.

Die Schwierigkeiten der technischen Durchführung sowie mögliche Unstimmigkeiten in den Laufzeitmessungen, hervorgerufen durch den Schachtsicherheitspfeiler, veranlaßten K. H. Seelis, Messungen etwas veränderter Anordnung abseits vom Schacht in folgender Weise vorzuschlagen* (siehe Bild 1):

Man stellt in Richtung einer Untertagestrecke Geophone an der Erdoberfläche auf. Lotrecht unter den Geophonen bzw. senkrecht zur Schichtneigung werden – möglichst auf mehreren Sohlen – Schußpunkte eingemessen. Die

as well as the employment of a controlgeophone at the mouth of the borehole or below the shot. Moreover SEISMOS uses in many cases 3 geophones simultaneously, which, spaced at constant intervals, are brought into the hole and recorded simultaneously from one shot.

The first seismic well velocity survey in Germany was carried out by SEISMOS 25 years ago. By now it will be several hundreds.

In regions with considerable elevation differences and quickly variable character of the material near to the surface, velocity surveys in shallow bore-holes (shot-point-holes) down to about 100 m eventually are very useful in order to control surface-corrections. For this type of velocity measurements SEISMOS uses a cable with 12 built-in geophones at intervals of 2 m, called "shot-point-testing-cable". Since only small dynamite charges are necessary and the occurrence of cable fore-runners is not so much disturbing, the shotpoints are placed only a few meters from the borehole, care being, however, taken that the distances are far enough to avoid the generation of multiple reflections in the drilling mud.

Measurements in shafts

In mining, where frequently only old wells exist, which are already filled in or plugged, or shallow bores from underground are drilled only up to the base of the overburden, the above described well surveys may be substituted to a certain extent by measurements in the shaft. This is done by placing geophones at different depths in the shaft and locating shotpoints on the surface and sometimes also underground. It is however seldom possible to place the latter near the shaft.

The difficulties in the technical execution of such measurements, as well as possible discrepancies in the travel-time measurements, caused by the pit-eye, induced K. H. Seelis* to propose a survey method with a somewhat different arrangement away from the shaft (see fig. 1).

In the direction of a gallery underground, geophones are placed at the earth surface. Vertically below the geophones, resp. perpendicular to the layers – preferably at different galleries – shotpoints are located and surveyed.

trôle près de la table de forage ou dans un trou aménagé en-dessous de l'explosif (Unterschußgeophon). De plus, SEISMOS utilise souvent simultanément trois géophones, qui sont descendus dans le sondage à distance constante, et enregistrés simultanément à chaque tir.

Il y a 25 ans, que le premier sismosondage en Allemagne fut exécuté par SEISMOS; depuis lors plusieurs centaines de mesurages ont été effectués de cette façon.

Dans des régions où les niveaux diffèrent sensiblement et où le caractère des couches proches de la surface change constamment, des mesurages de vitesse, dans des trous de tir et forages peu profonds (jusqu'à env. 100 m) sont très indiqués en vue d'un contrôle des corrections de surface. Pour de tels mesurages SEISMOS utilise un câble avec une série de 12 géophones solidement incorporés à des distances de 2 m sous la mention «Schußpunktprüfkabel». Comme de petites charges suffisent et que la présence de pré-arrivées dans le câble dérange peu, on place, pour ces mesurages les points de tir à quelques mètres seulement du forage, mais suffisamment éloignés pour que des réflexions multiples dans le liquide de forage ne se présentent plus.

Des mesurages de puits

Dans les mines, où souvent il n'existe que des sondages anciens déjà comblés, ou des forages souterrains exécutés seulement jusqu'à la base des morts-terrains, on peut remplacer les mesurages décrits jusqu'à un certain degré, par des mesurages dans le puits et ce en installant des géophones dans le puits à différentes profondeurs et des points de tir à la surface et éventuellement dans le fond. Il est cependant rarement possible de placer les points de tir à proximité du puits.

Les difficultés techniques ainsi que discordances dans les mesurages des parcours de temps, provoquées par le pilier de protection, ont mené M. K. H. Seelis* à proposer des mesurages disposés autrement à l'écart du puits, de la manière suivante (fig. 1):

Des géophones sont placés à la surface en direction d'une galerie de mine. Verticalement en-dessous des géophones, c. à. d. perpendiculairement à la pente des couches, des points de tir sont établis, si possible à plusieurs étages.

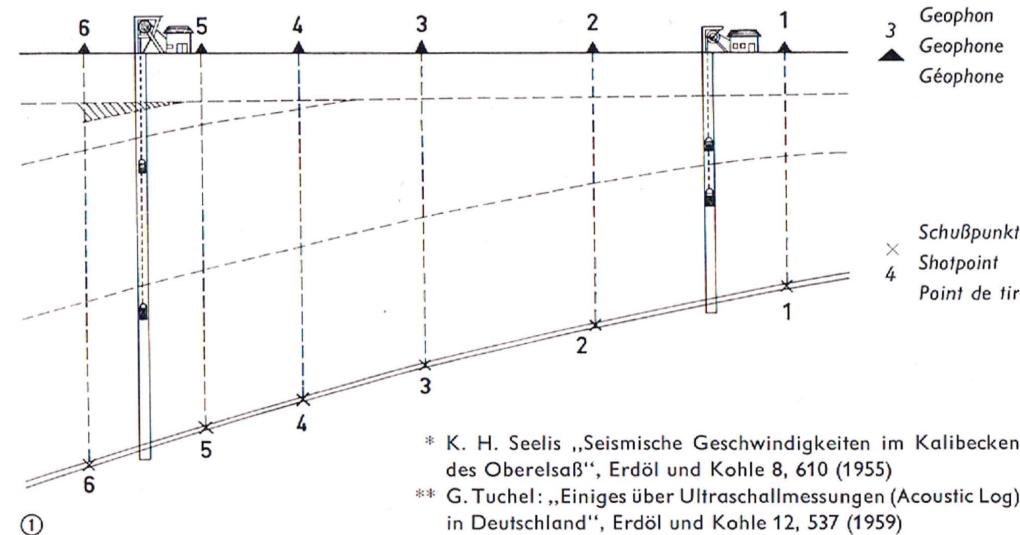
Schüsse werden jeweils von sämtlichen Geophonen registriert, um aus geometrischen Beziehungen Kontrollwerte zu gewinnen.

Ultraschallmessungen

Ultraschallmessungen in Tiefbohrungen sind keine seismischen Messungen im eigentlichen Sinne. Sie müssen jedoch in diesem Zusammenhang ebenfalls erwähnt werden, da sie bedeutsame Ergänzungen zu den seismischen Messungen darstellen.

Als erste Firma in Deutschland hat SEISMOS im März 1957 mit Ultraschallmessungen kommerziell begonnen und seitdem über 130 Sondierungen ausgeführt. Über die Arbeitsweise des Gerätes und einige Ergebnisse der SEISMOS hat kürzlich G. Tuchel in Erdöl und Kohle berichtet**. In dieser Veröffentlichung finden sich auch weitere Literaturhinweise.

Die SEISMOS arbeitet mit einem Acoustic Log-Gerät der Magnolia Petroleum Co., dessen Sender und Empfänger in dem Meßwagen (Bild 2) zu sehen sind (Eigenfrequenz etwa 20 kHz, 15 Impulse pro sec.). Die beiden Teile werden durch ein flexibles Isolierstück verbunden, so daß Sender und Empfänger im Bohrloch einen Abstand von 1,78 m haben.



The shots are recorded by all geophones, in order to obtain control-values from geometrical configuration.

Continuous Velocity Logging (CVL)

Continuous velocity log-measurements in deep-wells are not seismic measurements in its proper sense. They are, however, to be referred to in this connexion, since they represent important supplements to seismic measurements.

SEISMOS began as the first company in Germany commercially to conduct acoustic logs in March 1957, and since has made 130 sondages of this kind.

About the working principle and some results of SEISMOS, G. Tuchel reported recently in "Erdöl und Kohle"**. In this paper also additional literature on this subject can be found.

SEISMOS is working with an acoustic log-apparatus of Magnolia-Petroleum Co., transmitter and receiver of which are to be seen inside the recording truck (fig. 2) (natural frequency ca. 20 kHz, 15 impulses/sec.). Both parts are connected by a flexible isolation piece, so that transmitter and receiver maintain a distance of 1.78 m.

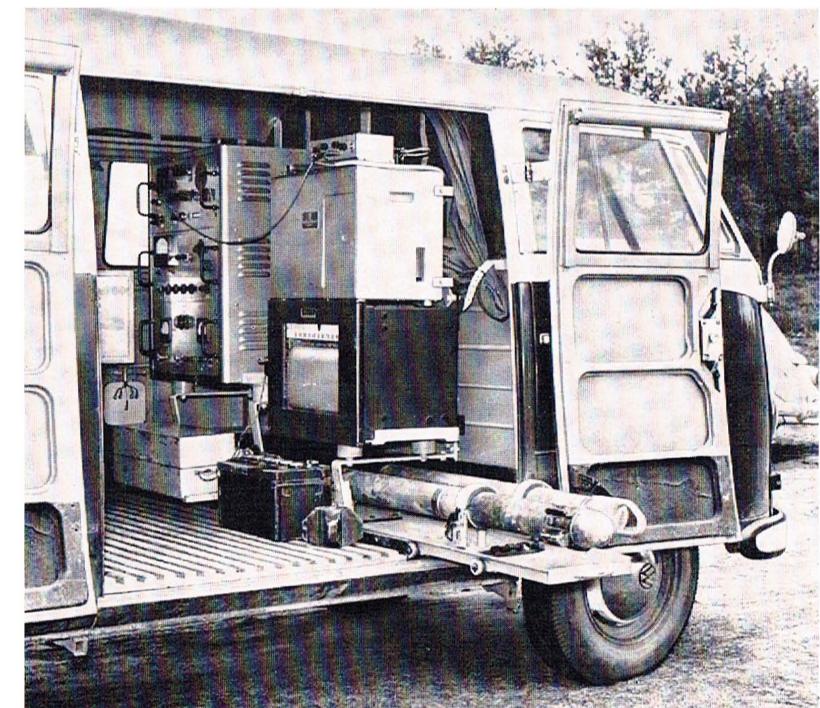
Les tirs sont enregistrés chaque fois par tous les géophones, afin d'obtenir des valeurs de contrôle par des relations géométriques.

Des mesurages par ultra-son (CVL)

Les mesurages par ultra-son dans des sondages ne sont pas à proprement dire des mesurages sismiques. Il faut toutefois les mentionner ici parce qu'ils représentent des compléments importants pour les mesurages sismiques.

C'est en mars 1957 que SEISMOS comme première firme en Allemagne appliquait commercialement les sismosondages par l'ultra-son. Depuis lors elle a exécuté plus de 130 mesurages. Les principes de l'appareil et quelques résultats de la SEISMOS ont été décrits récemment par G. Tuchel dans Erdöl u. Kohle**. Cette publication contient également d'autres renvois bibliographiques.

SEISMOS travaille avec un appareil par l'ultra-son de la Magnolia Petroleum Co., dont l'émetteur et le récepteur sont visibles dans le camion de mesure (fig. 2) (fréquence propre env. 20 kHz, 15 impulsions par sec). Une pièce d'isolation flexible réunit les deux parties, de sorte que l'émetteur et le récepteur sont à une distance de 1,78 m dans le sondage.





③

An den Empfänger (Bild 3, Vordergrund) ist noch ein Versenkgeophon angesetzt, das zur Aufnahme von seismischen Kontrollschüssen dient. Diese werden auf einem gesonderten Schreibgerät mit quarzgesteuerter Zeitmarke registriert. An beiden Enden sitzen Distanzstücke, die zur zentralen Führung in der Bohrung dienen und daher dem Bohrlochdurchmesser angepaßt werden. Bild 4 zeigt, wie das zusammengesetzte Acoustic Log-Gerät am Meßkabel in eine Tiefbohrung eingelassen wird.

Im Meßwagen (Bild 2) befinden sich auf der linken Seite die Energieversorgung und der Verstärker mit einem Braun'schen Rohr für die visuelle Beobachtung der Meßimpulse. Rechts steht das mechanische Schreibgerät, das im Tiefenmaßstab 1:1000 registriert und wahlweise auch für Detailmessungen im Maßstab 1:200 verwendet werden kann.

Die Aufzeichnung geschieht im Aufwärtsfahren des Acoustic Log-Gerätes, von der Bohrlochsohle beginnend, mit einer Fahrgeschwindigkeit von im allgemeinen 25 m/min. Auf diese Weise werden bei 15 Impulsen pro Sekunde quasi kontinuierlich die Laufzeiten für jeweils ein Schichtpaket von etwa 1,8 m Mächtigkeit im Abstand von 2,8 cm gemessen. Durch automatische Integration der Zeitintervalle liefert das Schreibgerät direkte Tiefenzeitzkurven, wie sie für die Auswertung reflexionsseismischer Untersuchungen benötigt werden. Über die Fehlermöglichkeiten und Vorschläge zu ihrer Reduzierung sind inzwischen zahlreiche Veröffentlichungen erschienen. Die Entwicklungsarbeiten auf diesem Gebiet können jedoch noch keineswegs als abgeschlossen betrachtet werden. Es soll darum in diesem Zusammenhang nicht weiter darauf eingegangen werden.

Es sei jedoch bemerkt, daß Acoustic Log-Geräte für seismische Zwecke mit einem relativ großen Abstand zwischen Sender und Empfänger arbeiten sollten, um die schwankenden Einflüsse der Spülung und des Drucks möglichst klein zu halten.

Für petrographische Interpretationen werden jedoch gern Geräte mit zwei, nur wenig voneinander entfernten Empfängern verwendet, die mit Hilfe der Differenzmessung faciale Änderungen auch in dünnen Schichten anzeigen. Für stratigraphische Korrelationen sind teils geringe und teils große Abstände zwischen den Empfängern bzw. zwischen Sender und Empfänger angebracht.

Attached to the receiver is a well velocity geophone (fig. 3, foreground) which serves for receiving seismic control-shots. These are recorded separately with a quartz-controlled time-marker. On both ends of the transmitter-receiver, bumpers or spacers are attached, which ensure a central guidance in the bore and therefore are fitted to the bore diameter. Fig. 4 shows how the composed acoustic log-apparatus pending on the measuring cable is lowered down into a deep-well.

Inside the measuring-car there is on the left hand side the power-supply, the amplifier with a Braun-tube-oscilloscop for the visual observation of the impulses. On the right there is the mechanical recorder, which records at a depth scale of 1:1000 or optional 1:200 for detail measurements.

The record is taken during the ascend of the acoustic log-apparatus, beginning at the bottom of the bore-hole. Usually an ascending velocity of 25 m/min. is employed. In this manner (with 15 impulses/sec.) the travel-times for a package of layers of about 1.8 m thickness is measured quasi continuously at distances of 2.8 cm. By automatic integration of time intervals the recorder produce directly a time-depth graph, as it is needed for the interpretation of reflection seismic investigations. Many papers about the possibilities of errors and proposals for their reduction or elimination have been published meanwhile. The developments on this subject have, however, not yet come to an end. Hence it shall not be referred to it further in this paper.

It may be noted, however, that acoustic log instruments for seismic purposes should work with a relatively large distance between transmitter and receiver, in order to minimize the influences of drilling fluid and of pressure.

For petrographic purposes, however, instruments are used with 2 receivers at only a small distance from each other. With the help of such differential measurements variations in facies may be indicated also in thin layers. For stratigraphical correlations sometimes small, sometimes large distances between receivers, resp. between transmitter and receiver are convenient.

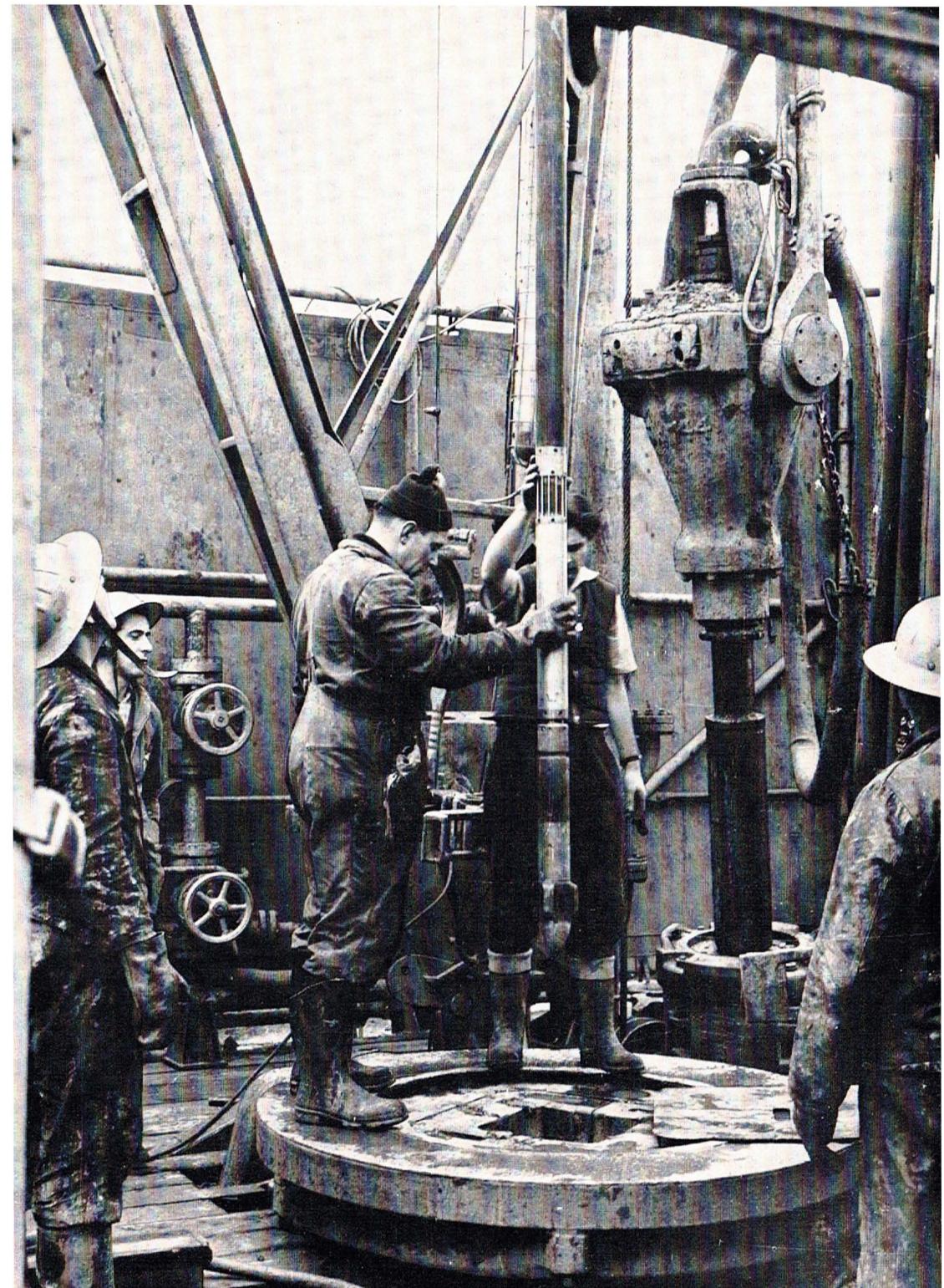
On a joint le récepteur (fig. 3, en vedette) à un géophone servant à l'enregistrement de tirs sismiques de contrôle, qui sont enregistrés par un appareillage d'enregistrement spécial, muni d'un signal de temps, réglé par un quart. Aux deux extrémités se trouvent des pièces de distance servant à centrer l'appareil dans le sondage et qui sont donc adaptées au diamètre de sondage. Fig. 4 montre comment l'appareil de carottage continu (CVL) composé est descendu par le câble de mesurage dans un sondage. Dans la camionnette (fig. 2), à gauche, se trouve la source d'énergie et l'amplificateur muni d'un tube électronique pour l'observation visuelle des impulsions de mesure. A droite, l'enregistrateur mécanique qui enregistre à l'échelle de profondeur de 1:1000 et qui si l'on veut peut également servir à des mesurages de détail à l'échelle de 1:200.

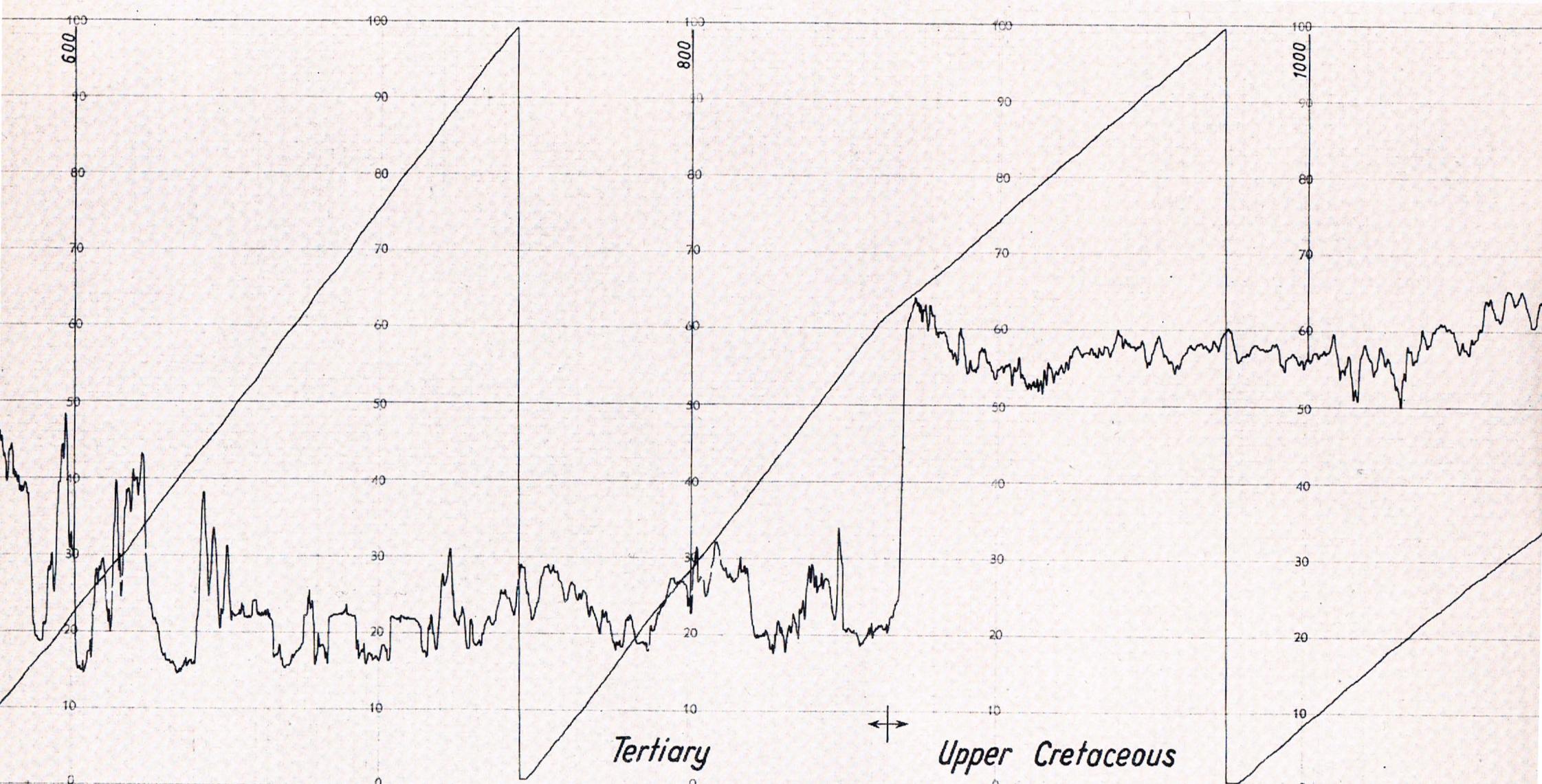
L'enregistrement se fait pendant la course montante du CVL à commencer du fond du sondage, à une vitesse de marche de généralement 25 m/min. De cette manière et moyennant 15 impulsions par sec., on peut mesurer les parcours de temps pour ainsi dire continuellement par couches d'env. 1,8 m d'épaisseur, à 2,8 cm de distance. Par intégration automatique des intervalles de temps, l'enregistreur donne directement des courbes de temps-profondeur, telles qu'elles sont nécessaires pour l'évaluation des recherches par la sismique-reflexion. De nombreuses publications ont paru dans l'entretemps sur les erreurs possibles et sur les propositions pour les réduire. Mais les recherches dans ce domaine ne peuvent point encore être considérées comme étant terminées. C'est pour cela qu'il ne faut pas s'y attarder.

A remarquer cependant que les CVL pour des buts sismiques devraient fonctionner avec une distance relativement grande entre l'émetteur et le récepteur, afin de limiter les influences changeantes de la boue de forage et de la pression.

D'autre part, pour des interprétations pétrographiques, on préfère de se servir d'appareils avec deux récepteurs assez reprochés l'un de l'autre, qui moyennant le mesurage de différence indiquent des changements faciels même en couches minces. Pour les corrélations stratigraphiques, il est indiqué de prévoir en partie de petites, en partie de grandes distances entre les récepteurs resp. entre l'émetteur et le récepteur.

(4)





Die untere Grenze für die Anwendung des Acoustic Log-Gerätes liegt bei 120 mm Bohrlochdurchmesser. Es kann nur im unverrohrten Teil des Bohrlochs gemessen werden. Die Bedeutung des Acoustic Logs für seismische Untersuchungen liegt darin, daß es viel detailliertere Tiefenzeitkurven liefert, als es die seismische Bohrlochmessung vermag. Bild 5 gibt einen Ausschnitt aus einem in Nordwestdeutschland registrierten Log wieder.

Das Acoustic Log ist aus diesem Grunde sehr nützlich für die Identifizierung von reflektierenden Schichtgrenzen und Trägern der Refraktionsenergie.

The lower limit for the application of the acoustic log is at 120 mm. borehole-diameter. It can be measured only in bore-holes without casing.

The significance of the acoustic log for seismic investigations lies in the possibility to yield more details in the time – depth relationship as does the seismic velocity survey. Fig. 5 shows a part of an acoustic log recorded in north-western Germany.

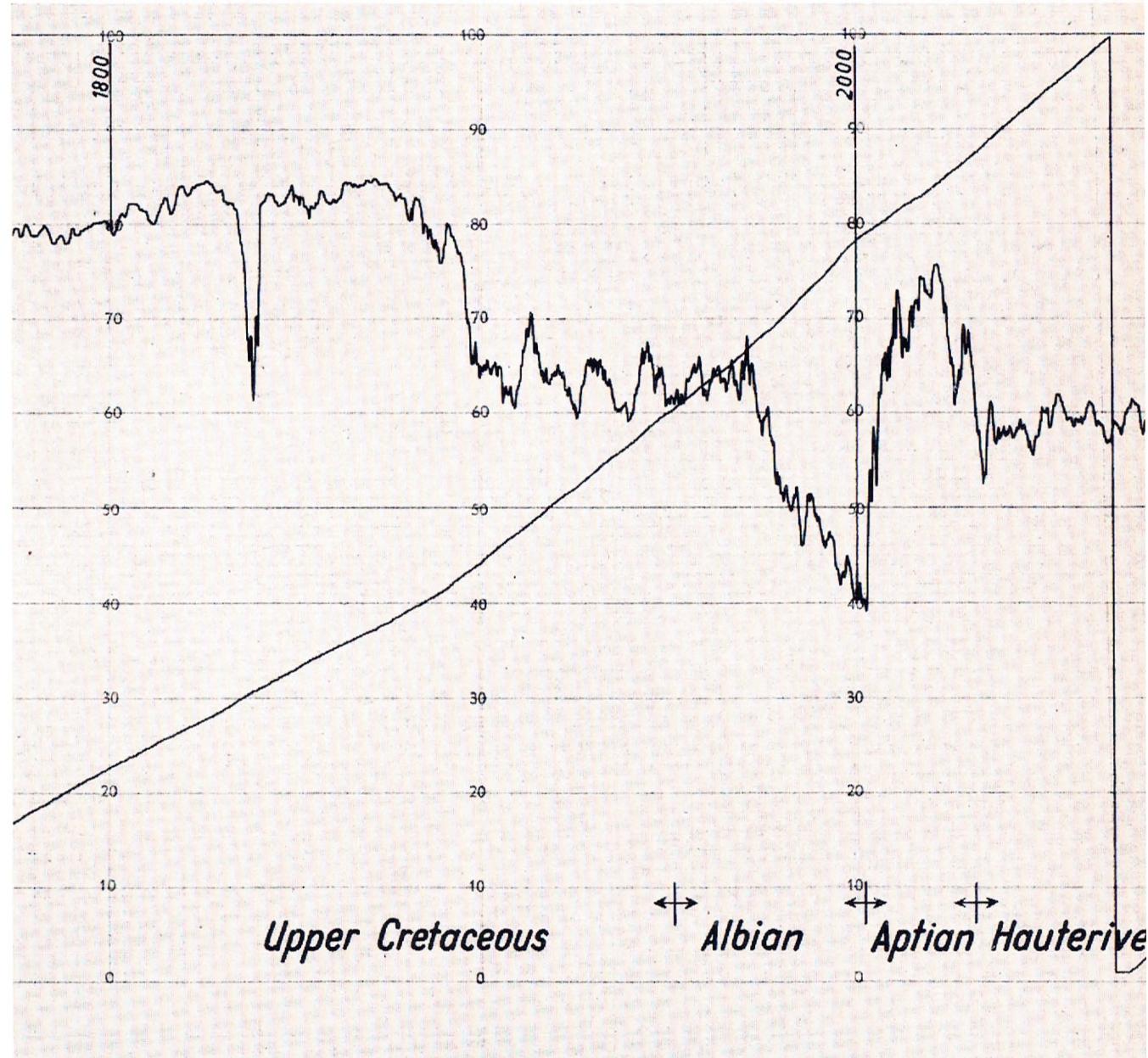
For that reason the acoustic log is very useful for the identification of reflecting interfaces and carriers of refracted energy.

La limite inférieure du diamètre de sondage pour l'application du CVL est de 120 mm. On ne peut mesurer que dans la partie non tubée du sondage.

L'importance du CVL pour la prospection sismique réside dans le fait que les courbes de temps-profondeur qu'il donne sont beaucoup plus détaillées que celles obtenues au moyen du carottage sismique. La fig. 5 montre une coupe d'un log enregistré dans le nord-ouest de l'Allemagne.

Pour cette raison, le CVL est très utile pour identifier les couches à réflexion et les porteurs d'énergie de réfraction.

⑤



Für die Möglichkeit stratigraphischer Zuordnungen auch über größere Entfernungen hinweg hat G. Tuchel in seinem Aufsatz anschauliche Beispiele aus der bayrischen Molasse gebracht. In Verbindung mit Dichtebestimmungen kann man auch aus Acoustic Logs Reflexionskoeffizienten für Schichtgrenzen berechnen und künstliche Seismogramme herstellen.

Von besonderer Wichtigkeit sind Geschwindigkeitsbestimmungen aus Acoustic Logs in denjenigen Fällen, in denen die tektonischen Verhältnisse in der Umgebung einer Tiefbohrung eine normale seismische Geschwindigkeitsmessung unmöglich machen. Dies ist z. B. der Fall, wenn die zuerst am Geophon eintreffenden Wellen durch die nahe Steilflanke eines Salzstockes laufen würden.

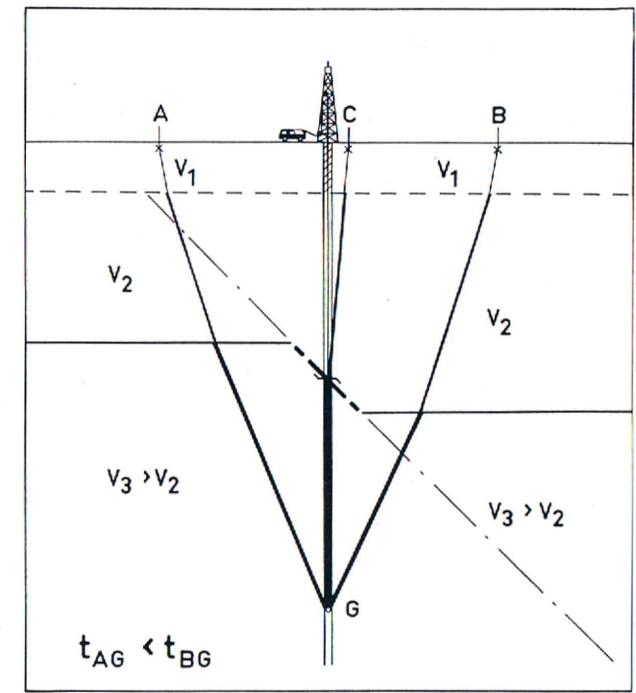
G. Tuchel gives in his paper some clear examples from the Bavarian Molasse for the possibility of stratigraphic coordination also over longer distances.

It is also possible to compute reflection-coefficients from acoustic logs in conjunction with density-determinations and consequently to produce synthetic (or artificial seismograms).

Velocity-determinations from acoustic logs are of special importance in such cases, where the tectonic conditions in the environment of a well makes a normal seismic well velocity survey impossible. This may be the case, e.g. if the waves arriving first at the geophone should have travelled through the steeply dipping flank of an adjacent salt-dome.

Dans le but de permettre des corrélations stratigraphiques aussi à de plus grandes distances, M. G. Tuchel a cité dans son article des exemples frappants de la molasse de Bavière. En combinaison avec des mesurages de densité on peut également, au moyen du CVL, calculer des coefficients de réflexion pour des limites de couches et établir des sismogrammes artificiels.

Les mesurages de vitesse obtenues par l'ultra-son ont une importance spéciale lorsque les conditions tectoniques dans les environs d'un sondage rendent impossible un mesurage sismique de vitesse normale. C'est le cas, par ex., si les ondes arrivant les premières au géophone, devaient passer tout près du flanc fortement incliné d'un dôme de sel.



(6)

Unterschiede der Laufzeiten t auf den beiden Seiten einer Störung

Differences of the traveltimes t on both sides of a fault

La différence des parcours de temps t aux deux côtés d'une faille

* H. A. Rühmkorf: „Laufzeitanomalien im Bereich einer Störung“. Geophysical Prospecting 1, 272 (1953)

** L. W. Gardner: „Seismograph determination of salt dome boundary, using well detector deep on dome flank“, Geophysics 14, 29 (1949)

*** G. Clasen: „Salzstockrandbestimmungen mit Hilfe gravimetrischer und seismischer Methoden“, Erdöl und Kohle 11, 2 (1958)

W. Holste: „Problems and results with refraction seismics in boreholes“, Geophysical Prospecting 7, 231 (1959)

Anwendungen auf tektonische Probleme

Über ihren ursprünglichen Zweck hinaus, nämlich Werte für die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten seismischer Wellen zu liefern, sind seismische Bohrlochmessungen für die Behandlung spezieller seismischer Probleme bedeutend geworden.

Störungen

Hat eine Tiefbohrung eine Störung durchtört, deren Verwurfssinn und Streichrichtung noch nicht bekannt sind, so lassen sich diese auch ohne reflexionsseismische Profile ermitteln, sofern die zu erwartenden Geschwindigkeitstufen in den verschiedenen Formationen und der Verwurfbetrag nicht zu klein sind. Ordnet man nämlich mehrere Schußpunkte – am besten kreisförmig – auf verschiedenen Seiten der Tiefbohrung an, so sind auf der Seite der Hochscholle kürzere Laufzeiten zum Geophon zu erwarten als auf der Seite der Tiefscholle, wie Bild 6 ohne weiteres veranschaulicht.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß der Verfasser jedoch auch auf Beobachtungen hingewiesen hat, die im Gegensatz zur Erwartung standen*. Als Ursache für die beobachteten anomalen Laufzeitverlängerungen mußte die Herabsetzung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Störung angesehen werden, die keine glatte Bruchfläche, sondern eine breite, seismisch wirksame Zerstüttungszone war.

Salzrandbestimmungen

Wohl die wichtigste Anwendung seismischer Bohrlochmessungen ist die Bestimmung von geologisch interessanten, stark geneigten Grenzflächen geworden. Diese Methode, die von Gardner** zur Lagebestimmung der Flanken von Salzdomen entwickelt wurde, ist inzwischen für SEISMOS zu einem besonderen Zweig ihrer Tätigkeit geworden und auf andere Grenzflächenbestimmungen ausgedehnt worden***.

Application to tectonic problems

Beyond their original purpose, namely to give values of the propagation-velocities of seismic waves, seismic well velocity-surveys have gained importance for the treatment of special seismic problems.

Faults

If a deep well has drilled through a fault, the direction of throw and the trend of which are unknown, these may be found out also without reflection seismic cross-sections, if the velocity difference to be expected in the different formations and the amount of throw are not too small. If, namely, several shotpoints – preferably on a circle – are arranged around a well, shorter travel-times to the geophone are to be expected on the upthrown side of the fault and longer traveltimes on the downthrown block, as is clearly illustrated on fig. 6.

In this connection it may, however, be mentioned that the author had pointed to observations which were contradictory to the expectations*. As the cause of these anomalous retardations of the travel-times must be regarded a reduction of the velocity of propagation inside the fault, which latter was not an even surface of fracture, but a broad shattered zone affecting seismic wave propagation.

Determinations of salt-dome boundaries

Perhaps the most important application of seismic well-surveys has become the determination of steeply dipping boundary planes of particular geologic interest. This method developed by Gardner** for the determination of deposition of salt-dome flanks (sides) has become in the meantime a special branch of SEISMOS activities and has been extended to other boundary-plane-determinations***.

Applications à des problèmes tectoniques

En dépassant dehors de leur but original, qui est d'établir des valeurs pour les vitesses de propagation des ondes sismiques, les sismosondages sont devenus importants pour la solution de problèmes sismiques spéciaux.

Failles

Quand un sondage a rencontré une faille dont les sens de rejet et de stratification ne sont pas encore connus, ceux-ci peuvent être déterminés sans profils sismiques, pour autant que les intervalles de vitesse attendus dans les différentes formations et l'indice de rejet ne soient pas trop petits. Si l'on a plusieurs points de tir – de préférence disposés de façon circulaire – sur différents côtés du sondage, on peut s'attendre à des parcours de temps jusqu'au géophone plus courts sur le côté du massif supérieur que sur le côté du massif inférieur ainsi que la fig. 6 l'illustre nettement.

Il est à signaler ici que l'auteur a également attiré l'attention sur des constatations contraires aux attentes*. Les prolongations anomalies du temps de parcours constatées étaient dues à la réduction de la vitesse de propagation dans la faille, qui n'était qu'une large zone de dérangement sismiquement active et non pas un simple plan de la faille.

Déterminations de bords de dômes de sel

La plus importante application des mesurages sismiques dans des sondages, est la détermination de contacts de couches géologiquement intéressants et fortement inclinés. Cette méthode développée par Gardner** pour la détermination de la position des flancs des dômes de sel, est devenue une branche spéciale de l'activité de SEISMOS et a été étendue à d'autres méthodes de détermination des contacts de couches***.

SEISMOS geht im allgemeinen folgendermaßen vor:

Man mißt von mehreren Schußpunkten aus, die über dem Salzstock liegen, die Laufzeiten bis zu einem Bohrlochgeophon, das in einer Tiefbohrung an der Flanke des Domes eingebbracht ist. Für jede Tiefe des Bohrlochgeophons ergibt sich alsdann ein geometrischer Ort für den Salzrand in Form einer Rotationsfläche. Jeder Punkt dieser Fläche kann also ein Punkt des Salzrandes sein. Den Salzrand selbst erhält man als Einhüllende all dieser Rotationsflächen.

Die Genauigkeit des Ergebnisses hängt von verschiedenen Voraussetzungen ab. Insbesondere müssen die in die Berechnung eingehenden Geschwindigkeiten gut bekannt sein. Diese sind die Geschwindigkeiten im Deckgebirge des Salzstocks, im Salzstock selbst und im Nebengebirge des Salzstocks.

Man muß auch die Lage der Salzstockoberfläche recht genau kennen. Zu ihrer Bestimmung lassen sich zusätzliche seismische Profile heranziehen.

Eine wesentliche Steigerung der Genauigkeit läßt sich erreichen, wenn eine Bohrung zur Verfügung steht, in der das Salz in einem Überhang angetroffen wurde. Nach der Tiefe sind die Aussagen immer durch die Tiefe der benutzten Bohrungen begrenzt.

Auf zusätzliche Messungen mit dem Acoustic Log sollte keinesfalls verzichtet werden!

Das im Vorstehenden erläuterte Prinzip der seismischen Salzstockrandbestimmungen wird an einem praktischen Beispiel einer solchen Messung dargestellt, siehe Bild 7! Die Tiefbohrung 1 hatte einen Salzüberhang durchfahren. Sie wurde im Dogger beta ölfündig. In dieser Bohrung wurden mit einem Versenkgeophon in verschiedenen Tiefen die Laufzeiten von den Schußpunkten I bis V gemessen. Zur Festlegung der Oberkante des Salzdomes wurden Refraktionslinien aufgenommen. Das Ergebnis der Auswertung für die Salzflanke zeigt die ausgezogene Linie. Die später abgeteufte Bohrung 2 erreichte den unteren Salzrand auf wenige Meter genau an der vorausberechneten Stelle. Da jedoch der Dogger beta bereits ausgefallen war, wurde die Bohrung 2a mit geringerer Ablenkung zwischen 1 und 2 niedergebracht. Sie traf den Anhydritmantel unterhalb des Salzüberhanges in wesentlich höherer Position an, so daß der wahre Verlauf der Flanke der punktierten Linie entspricht.

SEISMOS proceeds usually in the following manner:

Travel-times are measured from several shotpoints, situated above the salt-dome, to a borehole geophone introduced into a deep well at the flank of the dome. For each depth of the borehole geophone results a common geometric point for the salt boundary in form of a rotation-surface. Every point of this surface may be a point of the salt-dome boundary. The boundary itself is obtained as the envelope of all these rotation-surfaces.

The accuracy of the result depends on several presumptions. First of all the velocities, entering into the calculation, have to be known rather accurately. These are the velocities in the overburden of the salt-dome, in the salt-dome itself and in the neighbouring layers.

It is also necessary to know rather well the position of the surface of the salt-dome. For the determination of this, additional seismic profiles may be used.

A substantial rise of accuracy can be obtained, when a well is at our disposal, in which the salt has been encountered as an overhang.

With regard to the depths our findings are always limited by the depth of the well used. In any case it should not be refrained from applying additional measurements with acoustic log.

The principle of seismic determinations of salt-dome-boundaries – as explained in the foregoing – is illustrated in a practical example of such measurements in fig. 7. The well No. 1 had drilled through a salt-overlap. It became productive in the dogger beta. In this well the traveltimes from the shotpoints I to V have been measured at different depths by use of a bore-hole-geophone. For the delineation of the top of the salt-dome refraction lines had been recorded. The result of the evaluation for the flank of the salt-dome is shown by the heavy-line. Well No. 2, drilled lateron, encountered the lower boundary of the salt only some meters off the calculated spot. Since the dogger beta, however, had already pinched out, well No. 2a was drilled with a smaller deflection between 1 and 2. This drill encountered the anhydrite below the salt-diaper in a considerable higher position, hence the dotted line corresponds to the true course of the salt flank.

SEISMOS procède en général comme suit: On mesure en partant de plusieurs points de tir situés au-dessus du dôme de sel, les parcours de temps jusqu'à un géophone descendu dans un sondage au flanc d'un dôme. Pour chaque profondeur du géophone on obtient alors un lieu géométrique pour le flanc de sel sous forme d'un plan rotatif. Chaque point de ce plan peut donc être un point du bord du sel. On obtient le bord du sel même comme enveloppe de ces différents plans rotatifs.

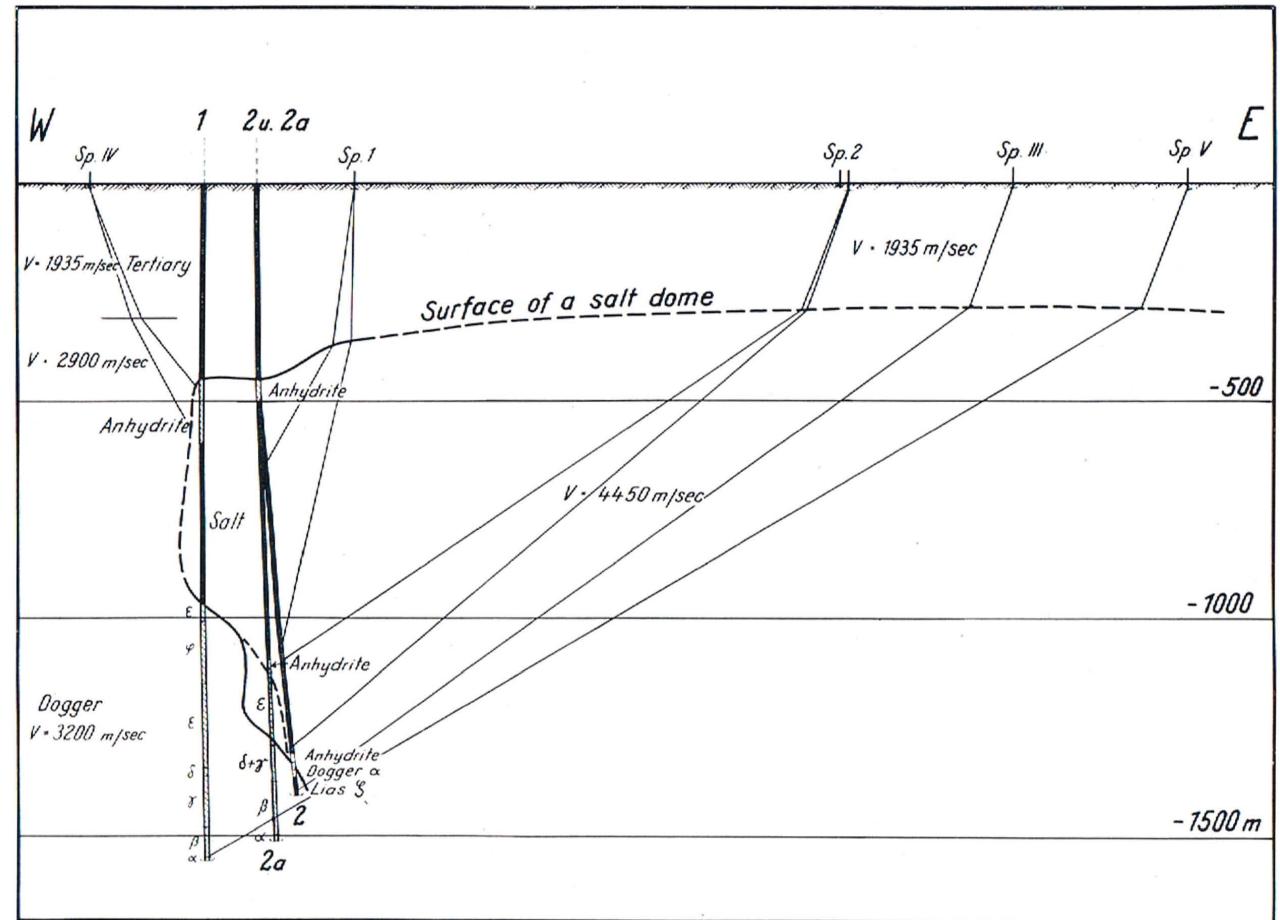
L'exactitude du résultat dépend de différentes conditions. Les vitesses entrant dans le calcul doivent surtout être bien connues. Ce sont les vitesses dans la couverture du dôme de sel, dans le dôme de sel même et dans la formation voisine du dôme de sel.

Il faut également connaître très exactement la position de la surface du dôme de sel. Pour la fixer, on peut se servir de profils sismiques supplémentaires.

On peut atteindre une augmentation importante de l'exactitude lorsqu'on dispose d'un sondage, dans lequel le sel fut rencontré sous forme d'une langue de sel. Vers la profondeur les résultats sont toujours limités par la profondeur du sondage utilisé.

En aucun cas on ne devrait renoncer à des mesurages supplémentaires avec le CVL!

Le principe des déterminations des bords de dômes de sel, exposé ci-devant est démontré par un exemple pratique d'un tel mesurage (voir fig. 7). Le sondage 1 pénétra dans une langue de sel. Il révéla du pétrole dans le dogger béta. Dans ce sondage, on mesura au géophone à différentes profondeurs, les parcours de temps à partir des points de tir I à V. Pour fixer la surface du dôme de sel, on enregistra des lignes de réfraction. La ligne continue indique le résultat de l'évaluation pour le flanc de sel. Le sondage 2, foré plus tard, atteignit le bord inférieur du sel à l'endroit précalculé à quelques mètres près. Cependant, le dogger béta ayant été éliminé le sondage 2 a fut foré moyennant une déviation moindre entre 1 et 2. Elle rencontra le manteau de l'anhydrite en-dessous de la langue de sel dans une position sensiblement plus élevée, de sorte que le cours réel du flanc correspond à la ligne ponctuée.



(7)

Beispiel einer Salzflankenbestimmung

Example of the determination of a salt-dome flank

Un exemple d'une détermination d'un flanc d'un dôme de sel

Die Ursache für diese Abweichung stellte sich durch spätere Untersuchungen heraus; die für den Dogger benutzte Durchschnittsgeschwindigkeit von 3200 m/sec. ist für Teile dieser Formation in Wahrheit zu gering. Es hat sich bei späteren Acoustic Log-Messungen immer wieder gezeigt, daß die harten Schichten des Dogger epsilon wesentlich höhere Geschwindigkeiten besitzen. Ihre Berücksichtigung bringt die erneute Berechnung mit dem Ergebnis der Bohrung 2a ebenfalls in gute Übereinstimmung. Die Wichtigkeit, Salzstockrandbestimmungen stets mit Acoustic Log-Messungen zu verbinden, wird somit eindrucksvoll demonstriert.

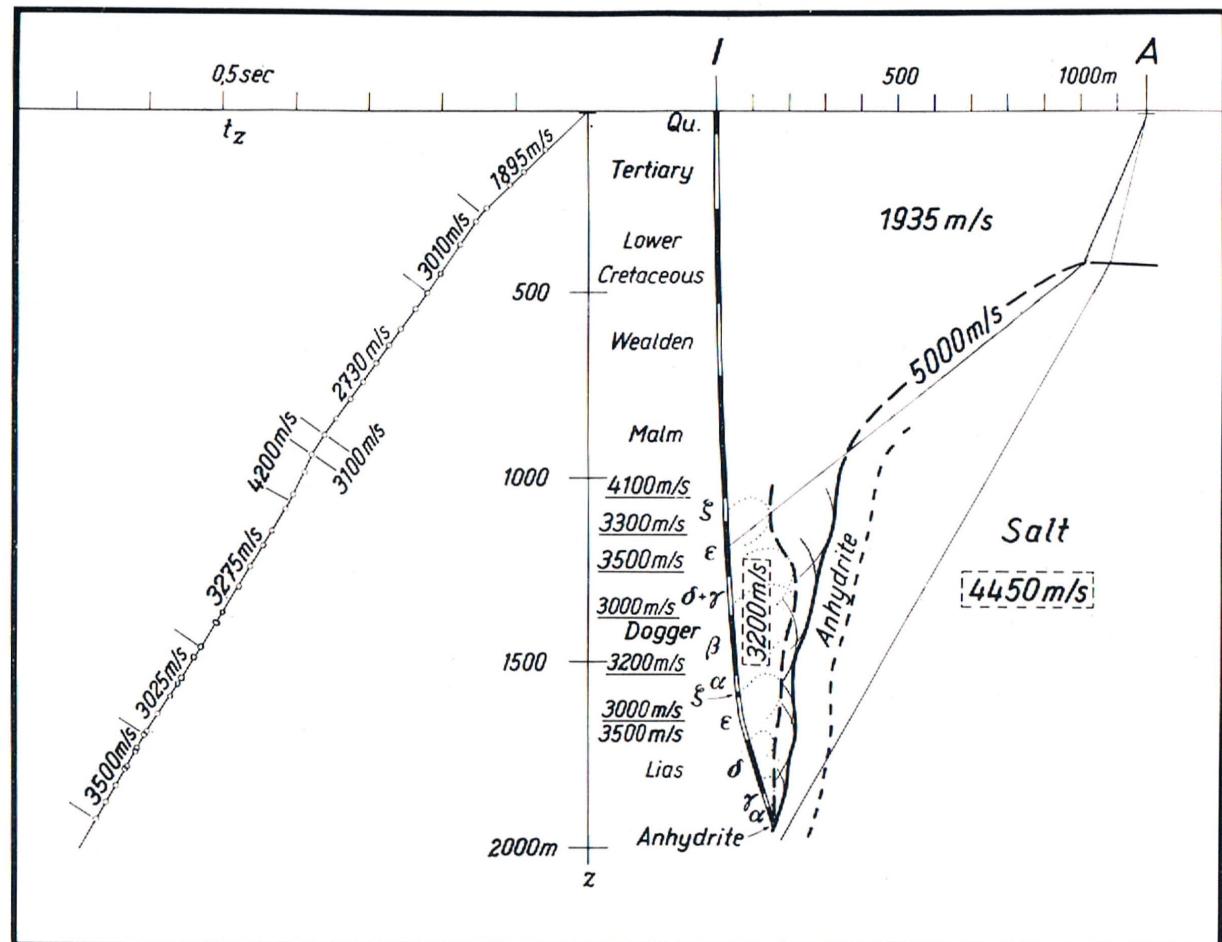
Häufig zeigt es sich, daß bei entsprechender Salzstockform und genügender Mächtigkeit des Anhydrits die

The cause of this deviation turned out in later investigations. The average velocity assumed for the dogger of 3200 m/sec. in reality was too small for parts of this formation. It turned out in later acoustic logs, that the hard layers of the dogger epsilon always exhibit a considerably higher velocity. Taking this fact into account in a new calculation of the salt flank good agreement is obtained with the data of well 2 a. The importance of combining seismic determinations of salt-dome-boundaries with acoustic logs is vividly demonstrated by this example.

At certain forms of salt-domes with a sufficient thickness of the anhydrite, it frequently appears, that waves,

La raison de cette déviation fut prouvée plus tard par des recherches: la vitesse moyenne de 3200 m/sec utilisée pour le dogger, est en vérité trop réduite. Les carottages continus, effectués par la suite, ont toujours prouvé que les couches dures du dogger epsilon possèdent des vitesses beaucoup plus grandes. En tenant compte, le nouveau calcul correspond parfaitement au résultat du sondage 2a. L'importance de toujours combiner les mesurages aux bords de dômes de sel avec des carottages continues par l'ultra-son, est ainsi mise en évidence de façon saisissante.

On peut souvent constater lorsque le dôme de sel a une forme appropriée et que l'épaisseur de l'anhydrite est



⑧

Salzflankenbestimmung, Einfluß des Anhydrits
Determination of a salt-dome flank, influence of anhydrite
Détermination d'un flanc d'un dôme de sel, l'influence de l'anhydrite

Wellen, die durch den Anhydritmantel laufen, infolge der höheren Geschwindigkeit im Anhydrit vor denjenigen Wellen ankommen, die den direkten Weg durch das Salz genommen haben. In solchen Fällen ergeben sich merkliche Unterschiede für die Bestimmungen der Domflanke, je nachdem, ob der Anhydriteinfluß berücksichtigt wird oder nicht. Dies wird in Bild 8 demonstriert.

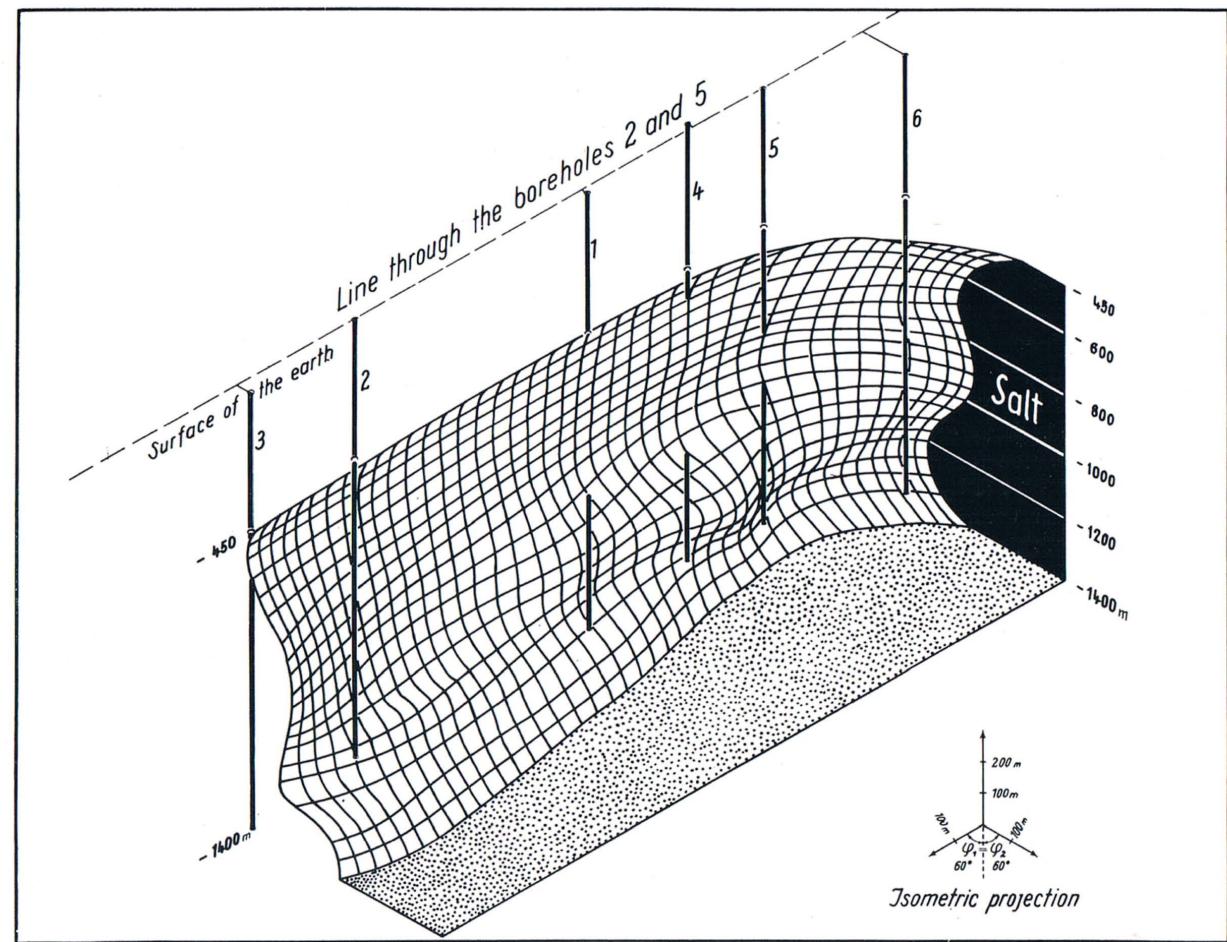
Ein gutes räumliches Bild von der Form eines Salzstockes und seiner Flanken erhält man, wenn man die Messungen von mehreren benachbarten Bohrungen kombinieren kann. Es ist dann möglich, einen Tiefenlinienplan des Salzstockrandes zu entwerfen. Sehr anschaulich ist auch ein Raumbild, wie es Bild 9 von einem Salzstock in Nordwestdeutschland mit den benutzten Bohrungen wiedergibt.

travelled through the cover of anhydrite arrive – because of the higher velocity – earlier than those travelled directly through the salt. In such cases noticeable differences in the determination of the domes flank result, whether the influence of the anhydrite is taken into account or not. This is demonstrated in fig. 8.

A fair threedimensional picture of the form of a salt-dome and its boundaries is obtained, if the measurements of several neighbouring wells can be combined. In such cases it is possible to construct a contour-map of the salt-dome-boundaries. Very illustrative is also a perspective picture, as it is given in fig. 9 of a salt-dome in Northwest Germany (showing also the deep wells used).

suffisante qu'à cause de la vitesse plus grande dans l'anhydrite, les ondes traversant le manteau de l'anhydrite, arrivent avant celles ayant pris le chemin direct à travers le sel. Dans ces cas on constate de sensibles différences pour déterminer le flanc de dôme, suivant que l'on a tenu compte de l'influence de l'anhydrite ou pas. Voir la fig. 8.

En combinant les mesurages de plusieurs sondages voisins on peut obtenir une image d'espace nette de la forme d'un dôme de sel et de ses flancs. Il est alors possible d'élaborer un plan des isobathes du bord du dôme de sel. Une image telle qu'elle est donnée par la fig. 9 d'un dôme de sel dans le nord-ouest de l'Allemagne avec les sondages utilisés, est également très expressive.



⑨

Form eines Salzstockes als Ergebnis seismischer Bohrlochmessungen
Form of a salt-dome as a result of seismic well surveys
La forme d'un dôme de sel comme résultat de sismosondages

Andere Grenzflächenmessungen

Nachdem die Gardnersche Methode in zahlreichen Fällen gute Ergebnisse für die Bestimmung von Salzflanken gebracht hatte, war es naheliegend, sie auch auf die Bestimmung anderer Grenzflächen, die stark geneigt sind, anzuwenden.

Ein interessantes Beispiel dazu zeigt Bild 10. Es handelt sich hier um die Verfolgung der Grenzfläche zwischen Chatt und Rupel im Bereich einer Bohrung, die in der gefalteten Molasse der Bayrischen Voralpen niedergebracht worden war. Die Bohrung I steht etwa auf der Grenze zwischen zwei durch Oberflächengeologie und Seismik bekannten Mulden, die wahrscheinlich durch eine Überschiebung voneinander getrennt sind.

Zunächst hatten in der Tiefbohrung sowohl eine Acoustic Log-Messung als auch eine Geophonversenkungsmessung stattgefunden, wobei die Unterschiede in den gemessenen Laufzeiten bereits verschiedenartige Laufwege infolge stark geneigter Schichtgrenzen nahe der Bohrung vermuten ließen. Aus der Acoustic Log-Messung wurde für das Chatt eine Geschwindigkeit von 4920 m/sec., für das darunterliegende Rupel von 3200 m/sec. festgestellt.

Die spätere Grenzflächenmessung wurde mit fünf in Nordsüdrichtung und zwei in Ostwestrichtung angeordneten Schußpunkten durchgeführt. Davon gibt Bild 10 das Ergebnis in Nordsüdrichtung wieder. Es zeigt sehr anschaulich die Kombination der verschiedenen Gardnerschen Flächen, die von den verschiedenen Schußpunkten erhalten wurden. Die Berechnungen erfuhren dadurch eine gewisse Komplizierung, daß die Geschwindigkeiten der Deckschichten in der Mulde berücksichtigt werden mußten. Dies gelang jedoch, indem auf Grund der aus den Ersteinsätzen der Reflexionsmessungen beobachteten Geschwindigkeiten die Oberkante der Unteren Bunten Molasse in geeigneter Weise als Gleithorizont eingeführt wurde*.

Other measurements of boundary-surfaces

As Gardner's method has yielded good results in the determination of salt flanks in numerous cases, it suggested itself to apply it also to the determination of other boundary planes of great inclination.

An interesting example of that is shown in fig. 10. The problem is here to trace a boundary-plane between Chatt and Rupel in the environment of a well, drilled in the folded Molasse of the Bavarian fore-alps (lower alps). The well No. 1 is situated approximately on the boundary between 2 troughs which are known from surface-geology and seismics and which are probably separated by an overthrust.

First an acoustic log as well as a seismic well survey had been carried out in the well. Therein already the differences in the measured travel-time suggested different ray paths in consequence of steeply inclined stratification-interfaces near the well. From the acoustic log a velocity of 4920 m./sec. for the Chatt and of 3200 m./sec. for the underlaying Rupel had been fixed.

The subsequent determination of the boundary plane was carried out with the aid of 5 shotpoints in northsouth direction and 2 shotpoints in eastwest direction. Fig. 10 gives the result in northsouth direction. It shows very well the combination of the different planes after Gardner, which have been obtained from the respective shotpoints. The calculation was complicated to a certain extent by the necessity of taking the overlying cover of the troughs into consideration. This was successfully done by introducing the top of the Lower-Coloured Molasse – the velocities of which were known from the first breaks of reflection-seismics – in appropriate form as a key-horizon*.

D'autres déterminations de couches de contact

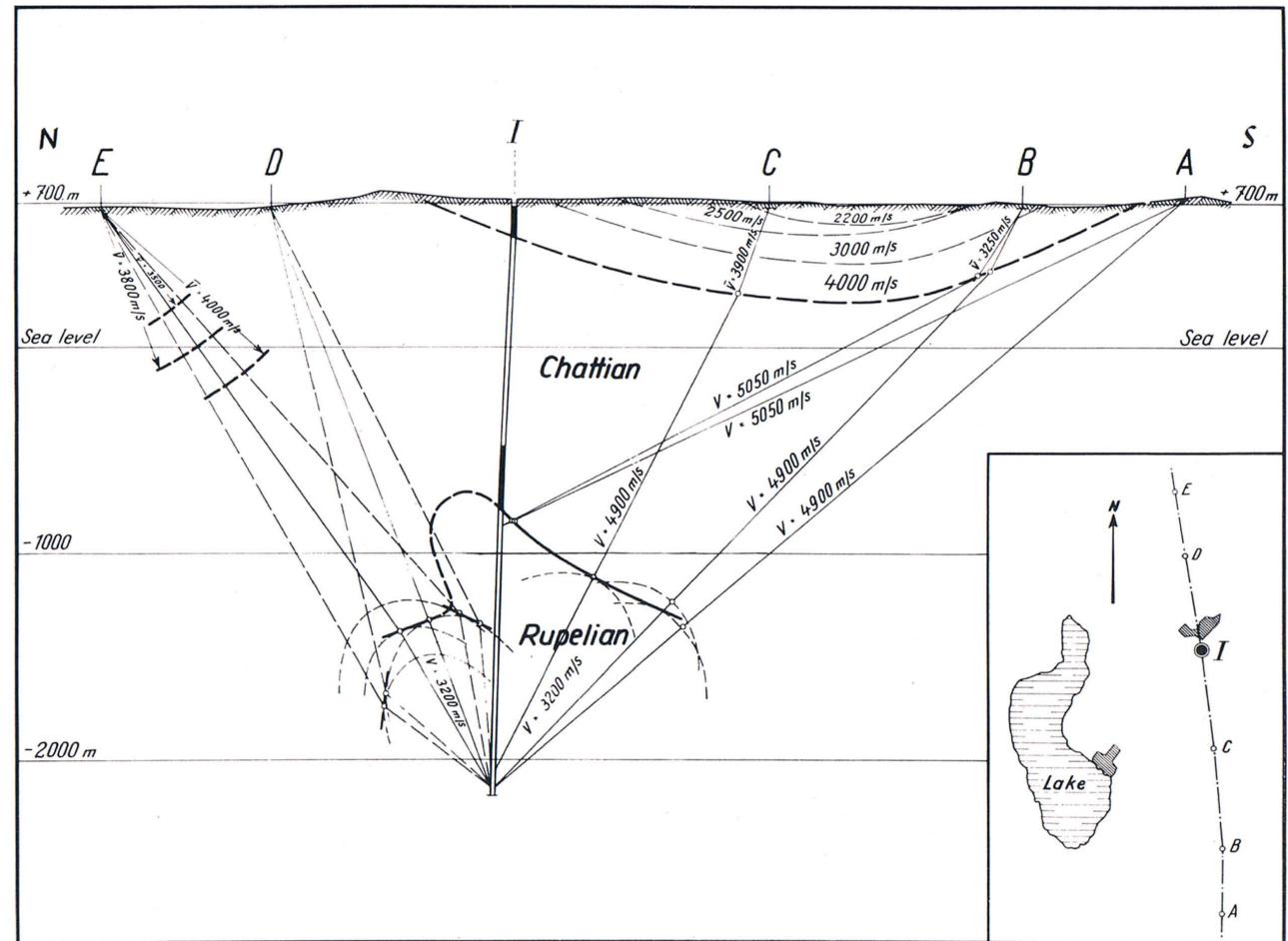
La méthode de Gardner ayant donné en de nombreux cas de bons résultats pour la détermination des flancs de sel, il était indiqué de l'appliquer également à la détermination d'autres couches de contacts fortement inclinées.

La fig. 10 en représente un exemple intéressant. Il s'agit ici de poursuivre la limite entre le chattien et le rupélien dans le domaine d'un sondage foré dans la molasse plissée des alpes de Bavière. Le sondage I se trouve à peu près à la limite entre deux synclinaux connus par la géologie de surface et par la sismique, probablement séparés l'un de l'autre par une faille inverse.

On avait d'abord exécuté dans le sondage, un carottage continu par ultra-son et un sismosondage, dont les différences des parcours de temps observées faisaient déjà présumer des parcours de chemin d'une nature différente par suite de contacts de couches fortement inclinés près du sondage. Le CVL enregistra une vitesse de 4920 m/sec pour le chattien et de 3200 m/sec pour le rupélien se trouvant en-dessous.

Le mesurage de couches de contact suivant fut exécuté moyennant 5 points de tir disposés en direction nord-sud et 2 en direction est-ouest. La fig. 10 illustre le résultat en direction nord-sud. On voit nettement la combinaison des différentes couches aplanatiques à partir des différents points de tir. Les calculs ont été compliqués dans une certaine direction parce qu'on devait tenir compte des vitesses de couverture dans le synclinal. Mais on réussit, en introduisant le sommet de la «untere bunte molasse» d'une manière appropriée comme horizon glissant et en se basant sur les vitesses observées aux premières arrivées des mesurages par sismique-réflexion*.

* W. Holste und W. Steinmann: „Eine Grenzflächenbestimmung in der Gefalteten Molasse Oberbayerns“, Erdöl-Zeitschrift 75, 311 (1959).



(10)

Grenzflächenbestimmung in der Gefalteten Molasse
Determination of boundary planes in the folded molasse
Détermination de contacts de couches dans la molasse plissée

„Bohrlochseismik“, die dritte Methode der angewandten Seismik

Im Vorangehenden sollte gezeigt werden, wie durch Anwendung seismischer Messungen in Bohrlöchern, die ursprünglich nur zur Bestimmung von Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Formationen gedacht waren, tektonische Fragen gelöst werden können. Die Nützlichkeit und Genauigkeit dieser Methode wurde inzwischen in so zahlreichen Beispielen erprobt, daß das Vertrauen unserer Auftraggeber ständig wächst und immer neue Probleme an uns herangetragen und von uns gelöst werden. Salzstockrandbestimmungen sind inzwischen ausgesprochene Routinemessungen geworden.

Mit Recht kann man daher heute schon davon sprechen, daß neben den bekannten seismischen Methoden der Reflexion und Refraktion nunmehr eine weitere dritte Methode existiert, die wir „Bohrlochseismik“ nennen wollen.

Dr. H. A. Rühmkorf

La »sismique-sondage«, la 3^{ème} méthode de la sismique appliquée

Par ce qui précède, on a voulu démontrer comment des questions tectoniques peuvent être résolues en appliquant des mesurages sismiques dans des sondages, application qui'était prévue à l'origine que pour constater les vitesses de propagation des formations. Depuis lors l'utilité et la précision de cette méthode ont été vérifiées dans de si nombreux cas que la confiance de nos commettants augmente toujours et que nous sommes constamment chargés de nouveaux problèmes auxquels nous trouvons la solution. Les déterminations de bords de dômes de sel sont devenues désormais de véritables mesurages de routine.

De juste, on peut dès aujourd'hui dire qu'à côté des méthodes connues de la sismique-réflexion et sismique-refraction il existe une troisième méthode que nous voulons appeler la «sismique-sondage».

“Borehole seismics“ as the third method of applied seismics

The intention of the foregoing was to show, how tectonic problems can be solved by the application of seismic measurements in boreholes, which originally have been thought of only as a method for the determination of propagation velocities in formations. The usefulness and accuracy of this method has been proved in the meantime in such a number of cases, that the confidence of our customers is rapidly growing and more and more new problems are presented to us and are being solved. The determination of salt-dome boundaries has already become routine.

One may speak today with full right already of the existence of a third method of applied seismics besides the well known methods reflection – and refraction-seismics which third method we will call “bore-hole- or well-seismics”.

**Liste der Veröffentlichungen 1955–1958 über
Arbeiten der SEISMOS**

List of Publications 1955–1958 about the activity of SEISMOS

Liste des Publications 1955–1958 concernant les travaux de SEISMOS

1955

- Linsser, H.: Verfahren zur Auswertung von Unter-
tage-Seismogrammen
Geofisica Pura e Applicata, 30, 33 (1955)
- Linsser, H.: Anwendungsmöglichkeiten transversaler Wellen in der Untertage-Seismik
Zeitschrift f. Geophysik 20, 150 (1955)
- Seelis, K. H.: Entwicklung einer Neigungs- und Tiefen-
korrektur für die Lagebestimmung von
Reflexionselementen in einem ebenen
Zwei-Schichten-Problem
Erdöl u. Kohle 8, 697 (1955)
- Seelis, K. H.: Seismische Geschwindigkeiten im Kalib-
cken des Oberelsäß
Erdöl u. Kohle 8, 610 (1955)

1956

- Celmins, A.: Theoretische Fragen über Bündelung von
Geophonen bei Untertage-Messungen
Geophys. Prospecting IV, 365 (1956)
- Helbig, K.: Bemerkungen zum Spektrum seismischer
Schüsse unter Tage
Geol. Jahrbuch 71, 671 (1956)
- Helbig, K.: Die Ausbreitung elastischer Wellen in
anisotropen Medien
Geophys. Prospecting IV, 70 (1956)
- Kortmann, H. J.: Bemerkungen zur Methode der iterierten
Geschwindigkeiten
Geofisica Pura e Applicata 35, 33 (1956)

Krey, Th., und
Helbig, K.:

A Theorem concerning Anisotropy of
Stratified Media and its Significance for
Reflection Seismics
Geophys. Prospecting IV, 294 (1956)

Rühmkorf, H. A.:

Apparative Neuerungen in der ange-
wandten Seismik
Erdöl Zeitschrift 72, 479 (1956)

Wagner, W.:

Geologe, Geophysiker und Wünschel-
rute beim Aufsuchen von Bodenschätzten
Der Naturstein im Straßenbau, Heft 5
(1956)

1957

Celmins, A.:

Direkte Verfahren zur Auswertung von
Schweremessungen bei zweidimensio-
naler Massenverteilung
Geofisica Pura e Applicata 38, 81 (1957)

Clasen, G., und
Dohr, G.:

Reflexionsseismische Messungen in der
gefalteten Molasse Oberbayerns
Ztschr. d. Dt. Geol. Ges. 109, 612 (1957)

Closs, H., Hahn, A.,
u. Schleusener, A.:

Bemerkungen zur Karte der Schwere-
störungen des deutschen Alpenvorlandes
Geol. Jahrbuch 72, 503 (1957)

Deist, H. J., und
Dohr, G.:

Untersuchungen über Perioden von Erd-
bebenwellen in Abhängigkeit von Herd-
gebiet und Herdentfernung
Ztschr. f. Geophysik 23, 34 (1957)

Dohr, G.:

Ein Beitrag der Reflexionsseismik zur Er-
forschung des tieferen Untergrundes
Geol. Rundschau 46, 17 (1957)

Dohr, G.:

Zur reflexionsseismischen Erfassung sehr
tiefer Unstetigkeitsflächen
Erdöl und Kohle 10, 278 (1957)

Gerke, K.:

Die Karte der Bouguer-Isanomalien
1:1000000 von Westdeutschland
Deutsche Geodätische Kommission bei
der Bayrischen Akademie der Wissen-
schaften, Reihe B: Angew. Geodäsie
Heft Nr. 46, Teil 1, Mittlg. Nr. 25 des
Institutes für Angew. Geodäsie (1957)

Krey, Th.:

Erweiterte Möglichkeiten für die Refrak-
tionsseismik durch die Verwendung von
Geophonen mit niedriger Eigenfrequenz
Geol. Jahrbuch 74, 523 (1957)

Schleusener, A.:

Mittlere Geländehöhen von Zentral-
europa
herausgegeben von der Deutschen Geo-
dätischen Kommission 1957

Schulz, G.:

Reflexionen aus dem kristallinen Unter-
grund im Gebiet des Pfälzer Berglandes
Ztschr. f. Geophysik 23, 225 (1957)

1958

Andres, J.:

Geologische und geophysikalische Un-
tersuchungen im Saar-Nahe-Trog
Erdöl und Kohle 11, 441 (1958)

Clasen, G.:

Salzstockrandbestimmungen mit Hilfe
gravimetrischer u. seismischer Methoden
Erdöl und Kohle 11, 2 (1958)

Helbig, K.:

Elastische Wellen in anisotropen Medien
Gerlands Beiträge z. Geophysik 67, 177
(1958), 67, 256 (1958)

Schillemann, J., und
Celmins, A.:

Richtcharakteristiken von Geophongrup-
pen mit Berücksichtigung der Einzel-
charakteristiken
Geophys. Prospecting VI, 35 (1958)

Schleusener, A.:

Bemerkungen zur Freiluftschwerekarte
von Zentraleuropa
Deutsche Geodätische Kommission bei
der Bayrischen Akademie der Wissen-
schaften, Reihe A, Heft 10, S. 37–48

Schleusener, A.:

Tafeln der Internationalen Normal-
schwere
Deutsche Geodätische Kommission bei
der Bayrischen Akademie der Wissen-
schaften, Reihe D, Tafelwerke, Heft 10
(1958)

Tasch, K. H.:

Geophysik im Steinkohlenbergbau –
Verfahren und Möglichkeiten
Bergbau Rundschau 10, 3 (1958)

Herausgeber: SEISMOS G. m. b. H., Hannover, Wilhelm-Busch-Straße 4 · Fernruf 7 08 31 · Fernschreiber: 09-22419

Schriftleitung und Gestaltung: Dr. H. A. Rühmkorf, Dipl.-Ing. H. Voigtländer, E. Warweg

Druck: H. Osterwald, Hannover · Klischees: Graphische Kunstanstalten Hermann Friedrichs, Hannover

Vervielfältigungen aller Art, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet