

ZEITSCHRIFT
FÜR
G E O P H Y S I K

Herausgegeben im Auftrage der

Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

von

W. Dieminger, Lindau über Northeim

unter Mitwirkung von *B. Brockamp*, Münster i. W. — *A. Defant*, Innsbruck — *W. Hiller*, Stuttgart
K. Jung, Kiel — *O. Meyer*, Hamburg — *F. Möller*, München — *H. Reich*, Göttingen

Jahrgang 30

1964

Heft 5



P H Y S I C A - V E R L A G · W Ü R Z B U R G

INHALTSVERZEICHNIS

Crustal Structure in Western Germany	209
BOSE, K.: A Wave Theory for the Generation of T-Waves	235
MÄLZER, H.: Eine Tintenregistrierung für Seismographen	245
STROBACH, K.: Kolloquium der Deutschen Forschungsgemeinschaft zum Schwerpunktprogramm: Geophysikalische Erforschung des tieferen Untergrundes Mitteleuropas	249
Verzeichnis der geophysikalischen Vorlesungen an den deutschsprachigen Universitäten und Hochschulen	254
Briefe an den Herausgeber	258
Buchbesprechung	260

DIE ZEITSCHRIFT FÜR GEOPHYSIK

erscheint zweimonatlich. Der Bezugspreis beträgt je Jahrgang 48,— DM, Einzelhefte je nach Umfang. Abonnements verlängern sich jeweils um einen Jahrgang, falls keine ausdrückliche Abbestellung zum Ende eines Jahrgangs vorliegt.

In der Zeitschrift werden Originalarbeiten, die weder im In- noch im Ausland veröffentlicht wurden und die der Autor auch anderweitig nicht zu veröffentlichen sich verpflichtet, aus dem Gebiet der reinen und angewandten Geophysik sowie aus den Grenzgebieten aufgenommen. Mit der Annahme des Manuskriptes geht das ausschließliche Verlagsrecht an den Verlag über.

Die Autoren werden gebeten, die Manuskripte in Maschinenschrift mit handschriftlich eingetragenen Formeln druckfertig einzureichen und gesondert eine „Anweisung für den Setzer“ beizufügen, aus der zu ersehen ist, wie kursiver, gesperrter oder fetter Satz und griechische, gotische oder einander ähnliche Typen und Zeichen kenntlich gemacht sind (z. B. durch farbige Unterstreichung). Die Vorlagen für die Abbildungen sollen reproduktionsfertig (Tuschzeichnung) möglichst im Maßstab 2:1 eingesandt werden. Die Beschriftung der Abbildungen soll auf einem lose vorgeklebten, durchsichtigen Papier erfolgen. Fußnoten sind fortlaufend zu nummerieren und am Ende des Manuskriptes zusammenzustellen; bei Zitaten sind neben Autornamen, Titel und Zeitschriftentitel auch Bandnummer, Erscheinungsjahr und Seitenzahl anzugeben.

Jeder Arbeit ist eine „Zusammenfassung“ in deutscher und englischer oder französischer Sprache beizufügen.

Der Verfasser liest von der Arbeit in der Regel nur eine Korrektur; etwaige Autorenkorrekturen können nur als Fußnoten bzw. am Schluß des Artikels gebracht werden. Umfangreiche Änderungen bedürfen der Zustimmung des Herausgebers und können nur gebracht werden, wenn sich der Autor bereit erklärt, die Korrekturkosten zumindest teilweise zu tragen.

Von seiner Arbeit erhält der Verfasser 50 Sonderdrucke ohne Umschlag kostenlos. Weitere Sonderdrucke liefert der Verlag gegen Berechnung. Eine Honorierung der Beiträge erfolgt nicht.

Für die *Zeitschrift für Geophysik* bestimmte Manuskripte und redaktionelle Anfragen bitten wir an den Herausgeber zu richten:

Prof. Dr. WALTER DIEMINGER, Max-Planck-Institut für Aeronomie, 3411 Lindau über Northeim (Hann.)

Anschrift der *Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft*:

2 Hamburg 13, Von-Melle-Park 6, 14. Stockwerk, Postscheck: Hamburg Nr. 559 83

Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrofotos u. ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Bekanntmachung lt. Bayer Pressegesetz: Verlag: PHYSICA-VERLAG Rudolf Liebing K.-G., Würzburg, Münzstr. 12. Pers. haft. Ges.: Rudolf Liebing, Arnulf Liebing und Hildegund Holler, sämtlich Buchhändler in Würzburg. Kommanditisten: Friedr. Göbler, Buchhändler, und Gertrud Liebing, beide Würzburg.

Druckerei: R. Oldenbourg, Graph. Betriebe GmbH, München

Printed in Germany



PHYSICA-VERLAG, Würzburg 1964

Crustal Structure in Western Germany¹⁾

by

The German Research Group for Explosion Seismology²⁾

Eingegangen am 7. März 1964

Summary: Since 1958 the earth's crust in Western Germany has been investigated systematically by explosion studies in close cooperation of German geophysical institutions. 37 explosions with charge weights between 2 and 19.5 metric tons were recorded. About 700 locations were occupied by seismic refraction stations at distances up to 330 km. The favourable location of some quarries made it possible to reverse 5 profiles permitting the determination of true velocities. During routine commercial reflection surveys deep reflections have been recorded in some regions by extending the recording time as long as 15 seconds. This paper is a first attempt to synthesize the interpretation of the various refraction profiles, of deep reflections, and of gravity and magnetic observations. The results are presented as provisional depth contour maps of the surface of the Variscan Mountain System, of the CONRAD discontinuity, and of the MOHORoviČIĆ discontinuity, and in a crustal cross-section from north to south. The most prominent features are the dip of the MOHORoviČIĆ discontinuity towards the center of the Alps, and the rather rough topography of the CONRAD discontinuity in the region of the Mediterranean-Mjösen zone („Mittelmeer-Mjösen-Zone“).

Zusammenfassung: Seit 1958 wird die Erdkruste in Westdeutschland systematisch in enger Zusammenarbeit von deutschen geophysikalischen Institutionen untersucht. 37 Sprengungen mit Ladungen zwischen 2 und 19,5 t wurden beobachtet. Dabei wurden ungefähr 700 Meßpunkte von seismischen Refraktionsstationen bis in Entfernungen von 330 km besetzt. Die günstige Lage einiger Steinbrüche ermöglichte auf 5 Profilen Beobachtungen in entgegengesetzten Richtungen zur Bestimmung der wahren Geschwindigkeiten. In einigen Gebieten konnten Tiefenreflexionen bei kommerziellen Routine-Messungen durch Verlängerung der Registrierzeit bis zu 15 Sekunden aufgezeichnet werden. Diese Veröffentlichung ist ein erster Versuch, die verschiedenen Ergebnisse der Refraktions- und Tiefenreflexionsseismik sowie der gravimetrischen und magnetischen Beobachtungen zusammen darzustellen. Die Ergebnisse werden als provisorische Tiefenlinienpläne der Oberfläche des variskischen Grundgebirges, der CONRAD- und der MOHORoviČIĆ-Diskontinuität und als Tiefenschnitt längs eines Nord-Süd-Profiles durch die Kruste Westdeutschlands vorgelegt. Besonders hervorzuheben ist das Einfallen der MOHORoviČIĆ-Diskontinuität in Richtung auf die Zentralalpen und die recht bewegte Topographie der CONRAD-Diskontinuität im Bereich der Mittelmeer-Mjösen-Zone.

¹⁾ Paper presented at the 13th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Berkeley, California (USA), August 19—31, 1963.

²⁾ Member institutions and working groups are listed in the APPENDIX.

Résumé: Depuis l'année 1958 plusieurs organismes étudient en étroite collaboration systématiquement l'écorce terrestre en Allemagne occidentale. 37 explosions comportant des charges comprises entre 2 et 19,5 tonnes ont été observées en environ 700 stations de réfractions, à des distances allant jusqu' à 330 kilomètres. Par suite des positions favorables des carrières, 5 profils directs et inverses permettant la détermination des vitesses vraies ont été relevés. Dans un certain nombre de régions des réflexions profondes ont pu être obtenues en augmentant jusqu'à 15 secondes la durée d'enregistrement de prospections sismiques industrielles. Le présent travail constitue un premier essai de présentation simultanée des divers résultats de réfraction et de réflexion et des anomalies gravimétriques et magnétiques sous la forme d'isolignes de la surface supérieure du socle varisque, de la surface du CONRAD et de celle de MOHOROVIČIĆ et d'un profil nord-sud à travers l'écorce de l'Allemagne occidentale. Il faut noter particulièrement l'enfoncement de la surface de MOHOROVIČIĆ aux abords des Alpes centrales et la topographie mouvementée de la surface de CONRAD dans le domaine de la zone Méditerranée-Lac Mjosa.

1. Introduction

This paper is a report on the present state of investigation of the crustal structure in Western Germany by seismic methods as compiled in the spring of 1963. Its purpose is not to give a complete record of the various steps involved in collecting and interpreting the numerous field data. It is also not intended to present a detailed description of the instruments and recording methods, but rather to summarize from a synoptic point of view the results of various authors in interpreting single seismic refraction profiles and areas of deep reflections. For more specific information on field techniques [4] and on the interpretation of refraction profiles [8, 9, 33, 35, 38, 39, 41, 44, 46, 54, 57, 59, 60, 61, 62, 73, 85, 88, 89] as well as on data of deep reflections [26, 27, 28, 29, 30, 31, 45, 48, 49, 50, 74, 76, 82] the reader is referred to separate publications.

2. History

In 1848 the Irish engineer MALLET [51] suggested to measure the velocities of seismic waves generated by explosive blasts in order to determine the elastic properties of rock strata at greater depth. The use of travel time curves for a detailed study of the velocity distribution within the earth's crust was recommended by SCHMIDT [80] in 1888. At the beginning of this century BELAR [13] put forth the idea of using mobile instruments for field measurements.

In 1920 the seismic refraction method was discovered by MINTROP [52]. This discovery initiated an extended program of field observations with portable seismographs. A systematic study of travel time curves from quarry blasts was taken up by WIECHERT [91, 92, 93] in 1923. ANGENHEISTER [1, 2], SCHWEYDAR and REICH [84], BROCKAMP and WÖLCKEN [18, 19] continued this fundamental explosion work.

After World War II primarily the two large explosions of Heligoland (in the North Sea, ref. Fig. 1) and Haslach (in the Black Forest, about 48 km SE of Strasbourg) with 4000 and 78 metric tons of TNT, respectively, were called to the attention of the scientific community by various authors: WILLMORE [94], SCHULZE and FÖRTSCH

[83], REICH [65], REICH, FOERTSCH and SCHULZE [66]; REICH, SCHULZE and FÖRTSCH [64], ROTHÉ and PETERSCHMITT [77] and FÖRTSCH [32].

A number of seismic experiments has been performed since then in connection with commercial and special explosions: REICH [67, 68, 69, 70, 71, 72, 73], REINHARDT [75], VON ZUR MÜHLEN [53] and ROTHÉ [78]. Subsequently it became obvious that this early explosion work had to be continued on a much wider scale (ref. BEDERKE [6] and CLOSS [23]) and that it had to be supplemented by basic geophysical research as in other parts of the world (see e.g. STEINHART and MEYER [87]).

Since 1958 all geophysical institutes, state geological surveys and geophysical prospecting companies in Western Germany cooperate closely within the priority program "Determination of Crustal Structure in Central Europe" sponsored by the DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT (German Research Association). In this paper recent interpretation results of various authors have been compiled incorporating also results of earlier measurements in Western Germany between 1947 and 1958.

Since 1958 a total of 37 explosions has been recorded at about 700 field locations which were occupied by mobile refraction stations. The charge weights in these experiments varied between 2 and 19.5 metric tons.

3. Description of the Area under Investigation

The area under investigation is shown in Fig. 1. Continuous lines indicate the position of the refraction profiles. Wherever possible observations were carried out in reverse directions and along overlapping profiles. These are marked by double lines and dashed lines, respectively. The Heligoland profiles [65, 66, 83, 94] and the Haslach profiles [32, 64, 77] as well as some earlier refraction profiles [53, 71, 72, 73] have been included in the map. The locations of the shotpoints are denoted by blacked circles at the end of each line.

From the Eschenlohe shotpoint, about 65 km SSW of München (Munich), a system of profiles radiates into southern Germany. Another system originates in the Rhön mountains. Its center is the Gersfeld shotpoint located about 100 km SSE of Kassel. Both systems are connected directly by the reverse profile Hilders \rightleftharpoons Eschenlohe [33, 35] (ref. Fig. 3), and indirectly by a number of other refraction lines [41, 54, 85, 88, 89]. Two other refraction profiles are referred to in detail later on: the reverse profile from Hilders (Rhön) to a shotpoint near Birkenau in the Odenwald [88, 89], about 18 km north of Heidelberg, and the profile from Gersfeld (Rhön) to the Hunsrück mountains [44] which crosses the southern margin of the "Rheinisches Schiefergebirge" and passes about 6 km north of Frankfurt/Main. It is overlapped by a profile from a shotpoint near Romsthal (Vogelsberg, SW of Gersfeld).

The areas of deep seismic reflection measurements are cross-hatched in Fig. 1. The dashed line running almost north-south indicates the position of a detailed crustal section which will be discussed later on (ref. Sect. 7, Fig. 11).

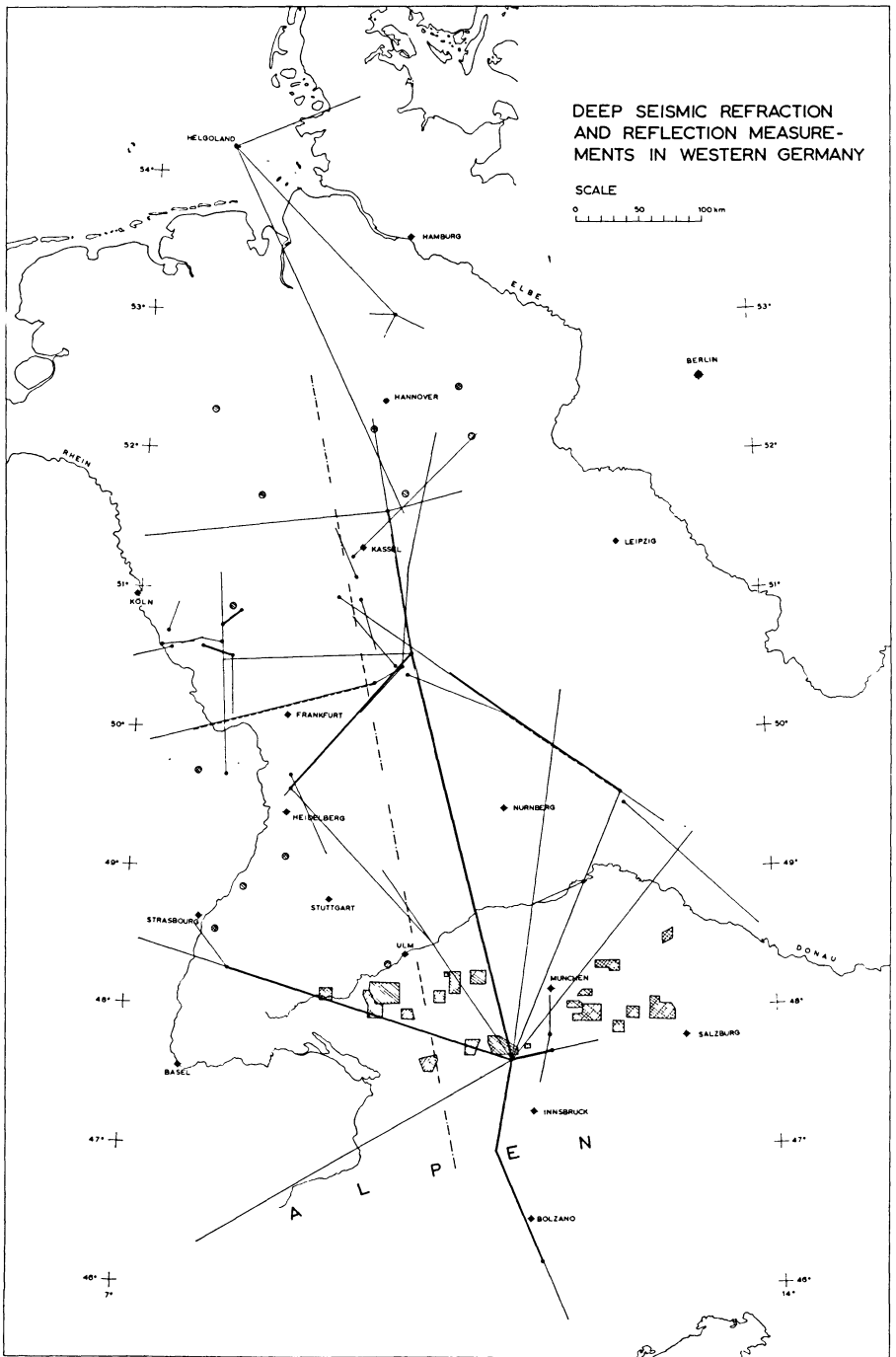


Fig. 1: Schematic map of the area under investigation. The symbols used are explained in the text.

4. Examples of Refraction Records and Interpretation Methods

Fig. 2 presents three seismograms obtained in various experiments and recorded by differing instruments. The first one is a recording of a seismometer-galvanometer combination without amplifiers at a distance of 307 km from a quarry blast of 7 metric tons. The clear signal onset is the P_n refraction arrival from the MOHORoviČić discontinuity (subsequently abbreviated: \underline{M}). — The second seismogram is a recording at a distance of 247 km. In this case the charge size was 11 metric tons. The P_n and P_g arrivals are remarkably clear and well separated. — The third example is a seismogram of a six-trace commercial recording system obtained at a distance of 143 km from an explosion of 6 metric tons. The strong second event, marked P_b , corresponds to a refraction arrival from the CONRAD discontinuity (subsequently abbreviated: \underline{C}).

Fig. 3 shows the time-distance graph of the reverse refraction profile between Eschenlohe and Hilders [33, 35] mentioned before. This line extends from the northern margin of the Alps (near Garmisch-Partenkirchen) northward over a distance of 330 km into the Rhön mountains which are located in the central portion of Germany. The observed velocity branches of 5.90 km/sec and 6.04 km/sec from north to south and in the opposite direction, respectively, correspond to a down-dip of the crystalline basement towards the Alps. On the reverse profile from Hilders (Rhön) to the south later arrivals refracted at the \underline{C} correlate quite well. Noteworthy is the high apparent P_n velocity of 9.1 km/sec measured near the southern shotpoint. It must be an up-dip velocity associated with a pronounced northward rise of the \underline{M} or a down-dip of this discontinuity towards the center of the Alps. The existence of a root below the Alps has recently been confirmed by seismic refraction measurements [10, 11, 24, 25, 34, 36, 40, 42, 43, 47, 56, 58, 63, 86].

The seismograms of the reverse profile from Hilders (Rhön) to Birkenau (Odenwald) in the central part of Western Germany [88, 89] were brought to the same time scale photographically. Fig. 4 presents a section of the seismogram assembly. It covers the distance interval between 70 and 150 km of the profile from Hilders to Birkenau. In this display the travel times t at each station were reduced by using a velocity of 6.0 km/sec; i.e. the ordinate represents the reduced travel time $\delta t = t - \Delta/6$ in seconds, where Δ is the distance between the shotpoint and the observing station in kilometers.

The normalization of seismograms just described has proved to be an important tool in correlating later arrivals. Although recording instruments of widely differing characteristics and with different paper speeds have contributed to this section, the correlation given in Fig. 4 is quite certain. The P_n and P_b phases can clearly be distinguished. Beyond a distance of 85 km the P_g signal gradually vanishes due to lack of energy. This phenomenon was observed on many other refraction profiles as well and was discussed by GIESE and his co-workers [38, 39, 41]. Its explanation may well be a low-velocity channel within the upper part of the crust. The large amplitude of P_n near 78 km corresponds to the critical PP reflection off the \underline{M} .

SAMPLE SEISMOGRAMS

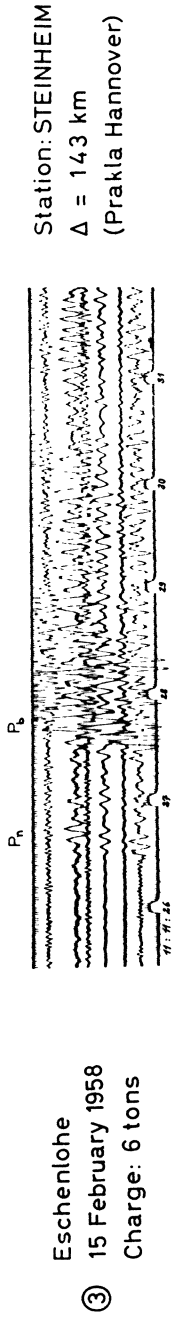
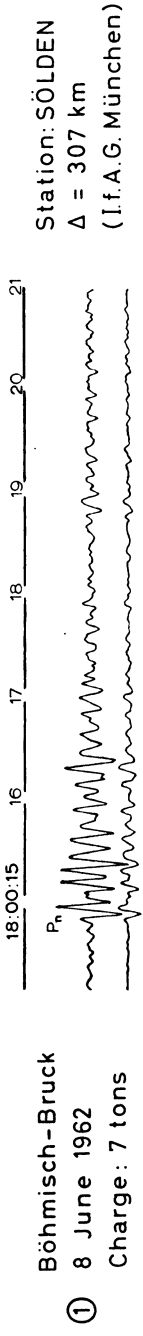
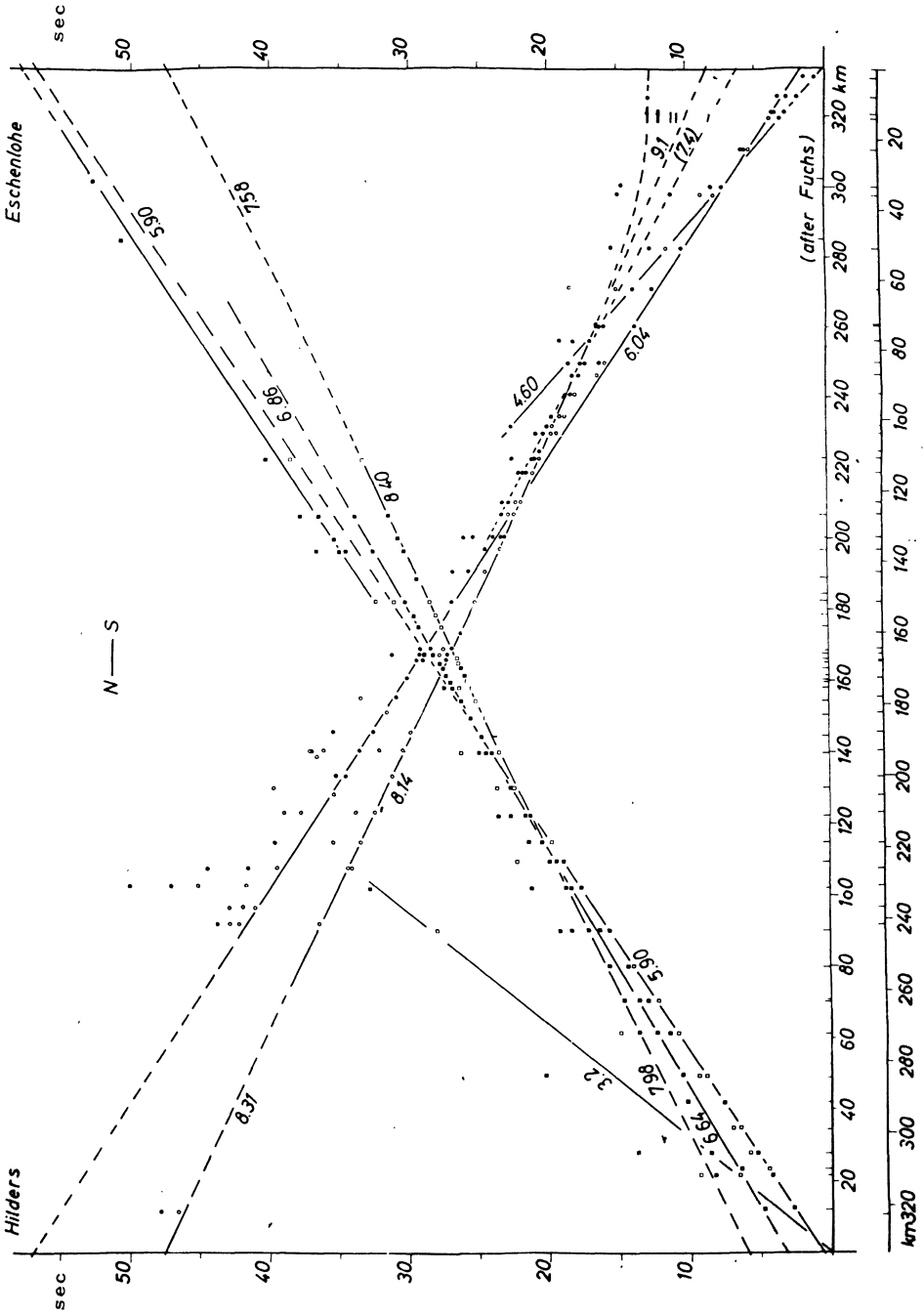


Fig. 2: Examples of refraction records.



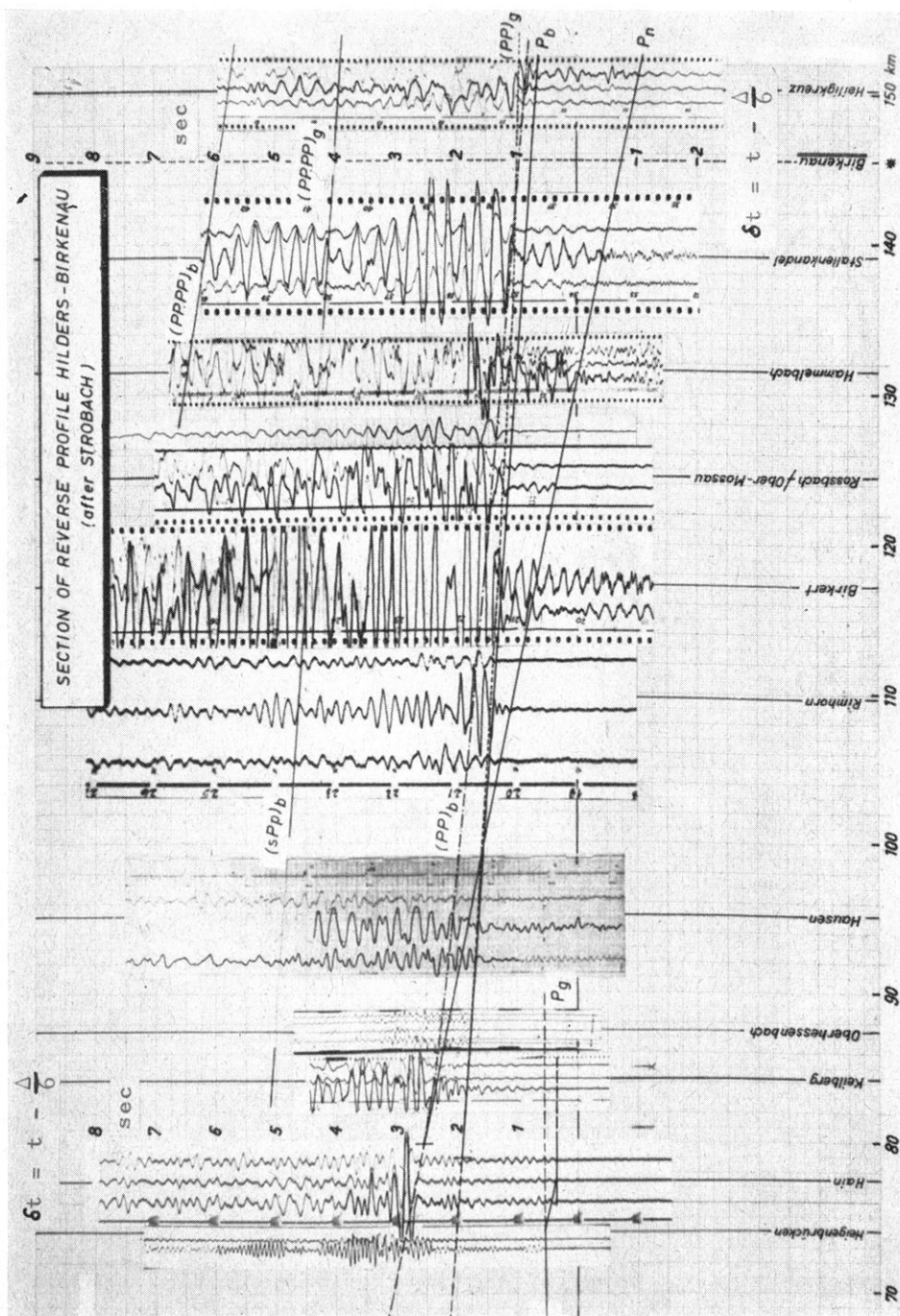


Fig. 4: Assembly of normalized seismograms for a section of the reverse profile Hilders \rightleftharpoons Birkenau (after STROBACH [89]).

The correlation of arrivals along the profile from the Rhön mountains to the Hunsrück [44] was facilitated greatly by a normalization not only of the paper speed but also of the amplitudes on the seismograms. For this process only one representative trace from each original record was selected. They were brought to the same time scale and to about equal amplitudes by means of a modified affinograph of the "Institut de Physique du Globe" at Strasbourg [57]. As was mentioned before this profile was doubly covered by overlapping observations of explosions which took place at two different locations, 45 km apart from each other. The first shotpoint was a quarry near Gersfeld (Rhön), while the second one was located near Romsthal (Vogelsberg). In Fig. 5 tracings of the normalized seismograms for the Romsthal explosion are shown on the reduced time scale $\delta t = t - \Delta/6$. The P_n phase with a velocity of 8.22 km/sec can be clearly recognized. A rather remarkable feature of this profile is the very distinct P_b phase (with a velocity of 6.62 km/sec) which has been recorded as the first arrival in the distance range between 85 and 135 km. The corresponding depth to the \underline{C} has been calculated to be only 10 km. On other refraction lines where the P_b phase appears only as a later arrival the correlation is sometimes rather difficult. A

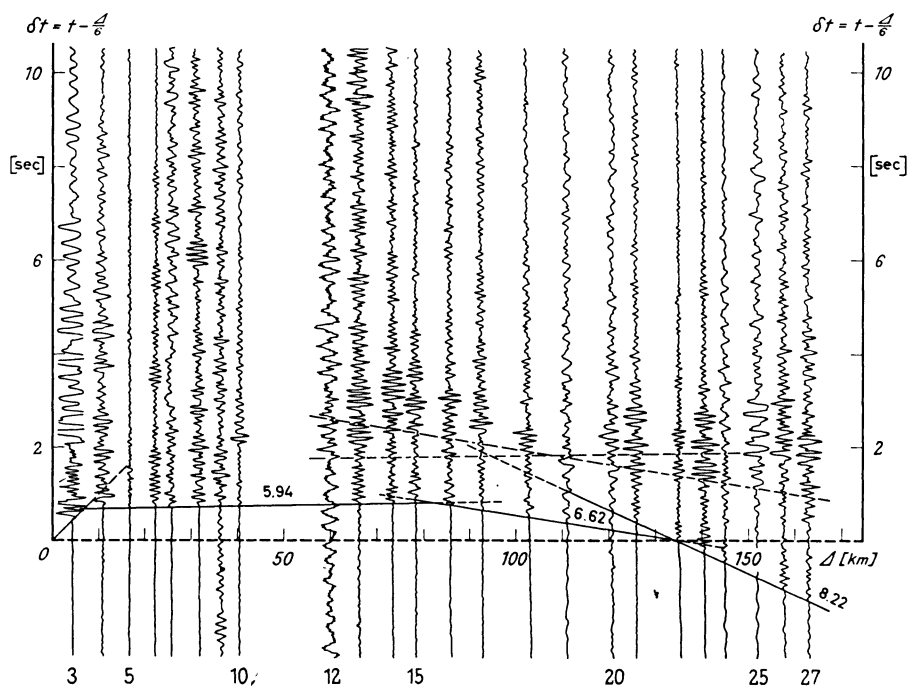


Fig. 5: Tracings of normalized seismograms for the Romsthal (Vogelsberg) explosion. Observations are along the profile from the Rhön mountains to the Hunsrück (after HÄNEL [44] and STEIN).

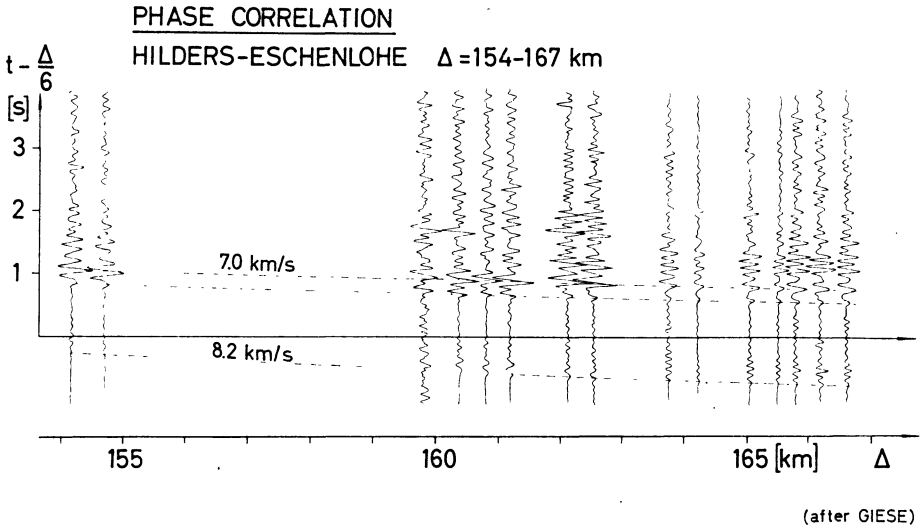


Fig. 6: Phase correlation for a section of the profile Hilders → Eschenlohe in the distance interval from 154 to 167 km (after GIESE).

few profiles did not show the P_b phase at all. In Western Germany the apparent velocity of the P_b wave varies between 6.4 km/sec and 7.0 km/sec.

The certainty of identifying and correlating phases poor in energy or disturbed by interference with other signals has been increased considerably by reducing the distance between stations. Along some profiles or line sections the geophones were spaced only 300 to 500 meters apart. This technique of phase correlation requires, of course, recording equipment of identical frequency response characteristics. The example in Fig. 6 is taken from the north-south profile Hilders → Eschenlohe whose travel time curves were shown in Fig. 3. In this instance the recording stations were placed in a region where signals from the \underline{M} (8.2 km/sec) arrive with especially poor energy. The later arrivals with an apparent velocity of 7.0 km/sec are due to a head wave guided along the \underline{C} . This phase (P_b) propagates with a velocity of about 6.8 km/sec if traced over larger distances.

5. Examples of Deep Reflection Interpretations

Deep reflections have been recorded during routine seismic exploration surveys of various oil companies. To this end the recording time was extended to about 15 sec. The systematic interpretation of deep reflections is an essential contribution to the investigation of crustal structure [26, 27, 28, 29, 30, 31, 45, 48, 49, 50, 68, 74, 76, 82].

Following DOHR [27, 28, 29, 30, 31] and SCHULZ [82], LIEBSCHER [49, 50], DEMNATI [26] and HEHN [45] used statistical methods of interpretation. In many cases a profiling of deep reflections was possible. Fig. 7 shows such a profile of deep reflections in the Bavarian Molasse Basin which extends over a horizontal distance of 15 kilometers. The spacing between adjacent shotpoints was 300 meters. Reflection events in the time interval between 0 and 4 seconds have not been plotted. The figure permits a clear insight into the statistical nature of deep reflections. Although the single reflection elements can rarely be correlated continuously, as is usually the case in exploration surveys, it is seen that reflections accumulate at certain levels. Under these circumstances a statistical correlation does make sense if the scatter is small enough. Three interface zones are indicated in Fig. 7: the FÖRTSCH (F) [32], CONRAD (C) and MOHOROVIČIĆ (M) discontinuities. In the Bavarian Molasse Basin the results of deep seismic reflection measurements are in good agreement with seismic refraction and gravity data (ref. LIEBSCHER [50]).

Deep reflections have been evaluated in northern Germany as well (ref. HEHN [45]). They display a comparatively wide scatter which probably has its cause in the salt tectonics of the North German Plain. In this connection it must also be said that there are some regions in which the application of statistical methods is defeated completely by the rather large scatter of deep reflection events.

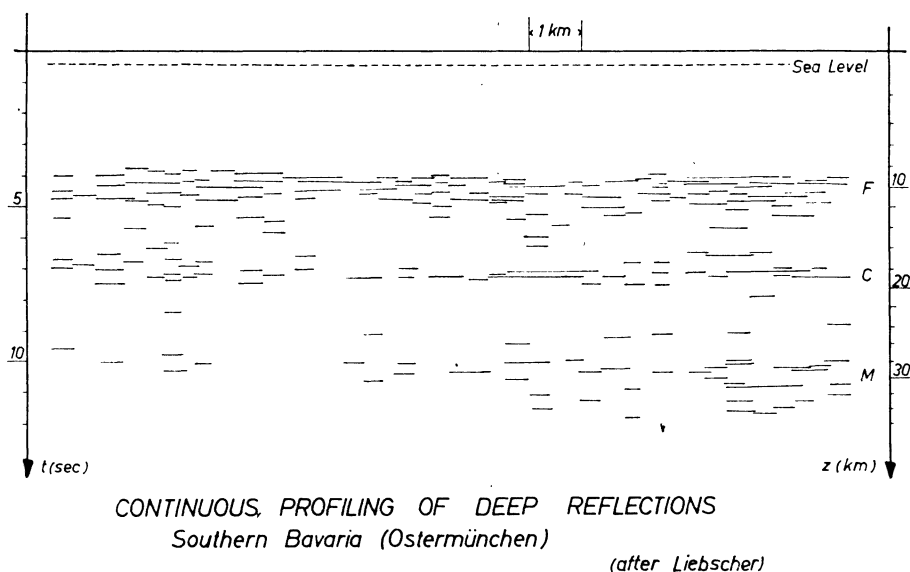


Fig. 7: Profile of deep reflections in the Bavarian Molasse Basin (after LIEBSCHER [49, 50]).

6. Contour Maps of the Deep Discontinuities in Western Germany

An attempt has been made to draw contour maps of the prominent discontinuities within the earth's crust in Western Germany. In constructing the maps of Figs. 8, 9 and 10, i. e. particularly in drawing contour lines between the seismically determined depths, not only seismic information was used. Gravity maps of Western Germany [22, 37, 79], several papers on gravity interpretations [7, 90] and magnetic surveys [3, 16, 20, 55] as well as the tectonic map of southwestern Germany [21] supplemented the available seismic data.

6.1 Contour Map of the Variscan Mountain System

Fig. 8 presents the contour map of the surface of the Variscan Mountain System in Western Germany. This system consists of pre-Permian sediments, gneisses and granites. Accordingly the velocity of compressional (P) waves varies between 4.5 km/sec and 6.2 km/sec. In some regions it might be possible that a bed of limestone within the "Muschelkalk" associated with a rather high velocity has been mapped [62]. The part of the map covering the Bavarian Molasse Basin is based upon the interpretation of all available refraction profiles by PRODEHL [61, 62]. Depth contours in the adjoining zone to the north were drawn following data of BREYER [17], but including results of seismic refraction work as well. All useful deep drilling information was also taken into account. The dotted areas indicate outcropping Variscan basement rocks. SCHNEIDER [81] determined the thickness of the sedimentary layer between the Rhön mountains and the Bodensee (Lake of Constance) from group velocity measurements of dispersive Rayleigh waves. The results of the different methods agree quite well.

6.2 Contour Map of the CONRAD Discontinuity

The depth contour map of the \underline{C} is given in Fig. 9. In regions where no seismic data of the \underline{C} were available estimated depth values have been used. Thus the map is to be considered partly provisional. It mainly serves as a working hypothesis for future measurements. Yet the map also contains a number of quite certain features. The steep down-dip of the \underline{C} towards south-east at the southern margin of the "Rheinisches Schiefergebirge" from about 12 to 23 km is based upon a reliable correlation of P_b phases on two neighbouring refraction profiles. Even if the absolute value of depth can be disputed, there should be no doubt about the steep gradient of the CONRAD discontinuity in this region. It will be investigated more thoroughly in the near future by fan observations.

The deepening of the \underline{C} continues towards the south-west following the axis of the Rhine graben. It is rather remarkable that this low coincides with the Mediterranean-Mjøsen zone ("Mittelmeer-Mjøsen-Zone" = fault system between the Mediterranean Sea and Norway [47]). In general one is inclined to assume that there is a connection between the relief of the \underline{C} and the location of recent tectonic and magmatic activity.

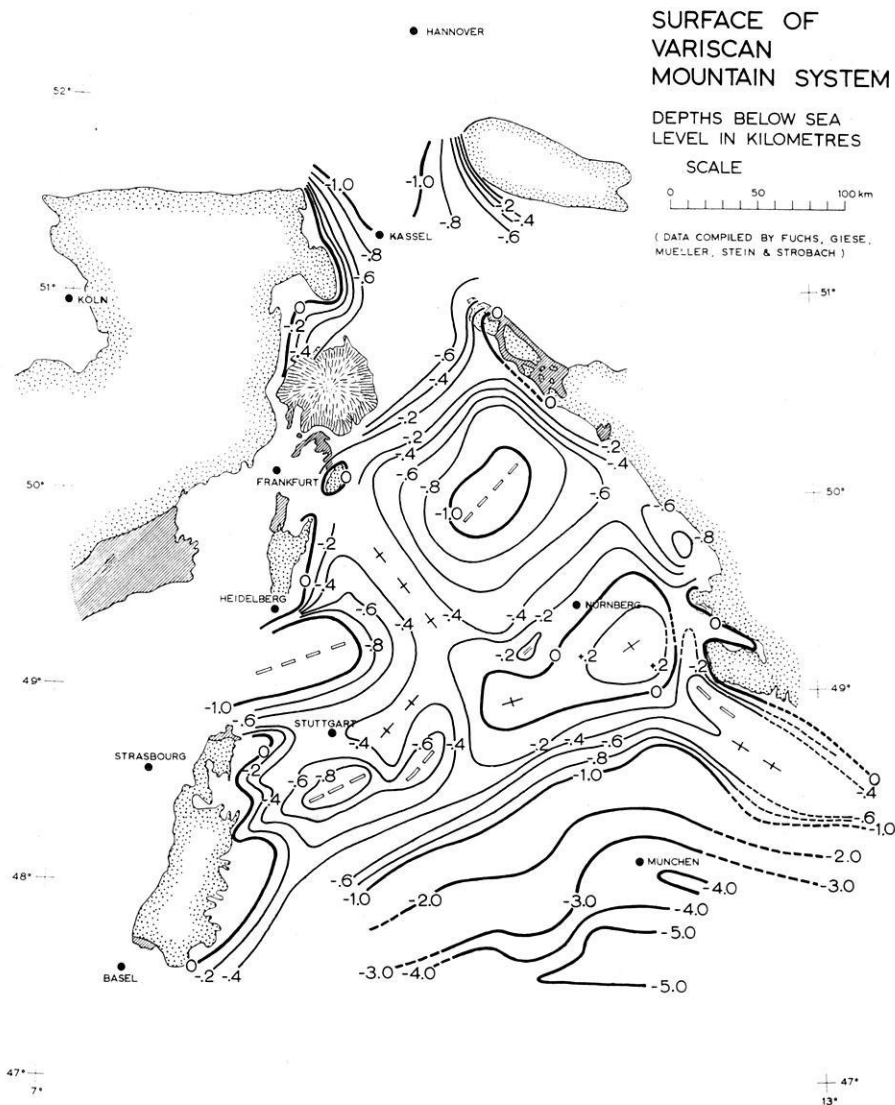


Fig. 8: Contour map of the surface of the Variscan Mountain System (data compiled by FUCHS, GIESE, MÜLLER, STEIN and STROBACH).

The basaltic rocks of the Vogelsberg are situated near the discussed down-dip of the C at the southern margin of the "Rheinisches Schiefergebirge".

The local rise (—15 km) of the C east of Stuttgart was deduced from seismic data obtained along the refraction line from Eschenlohe to the Odenwald (ref. MÜLLER,

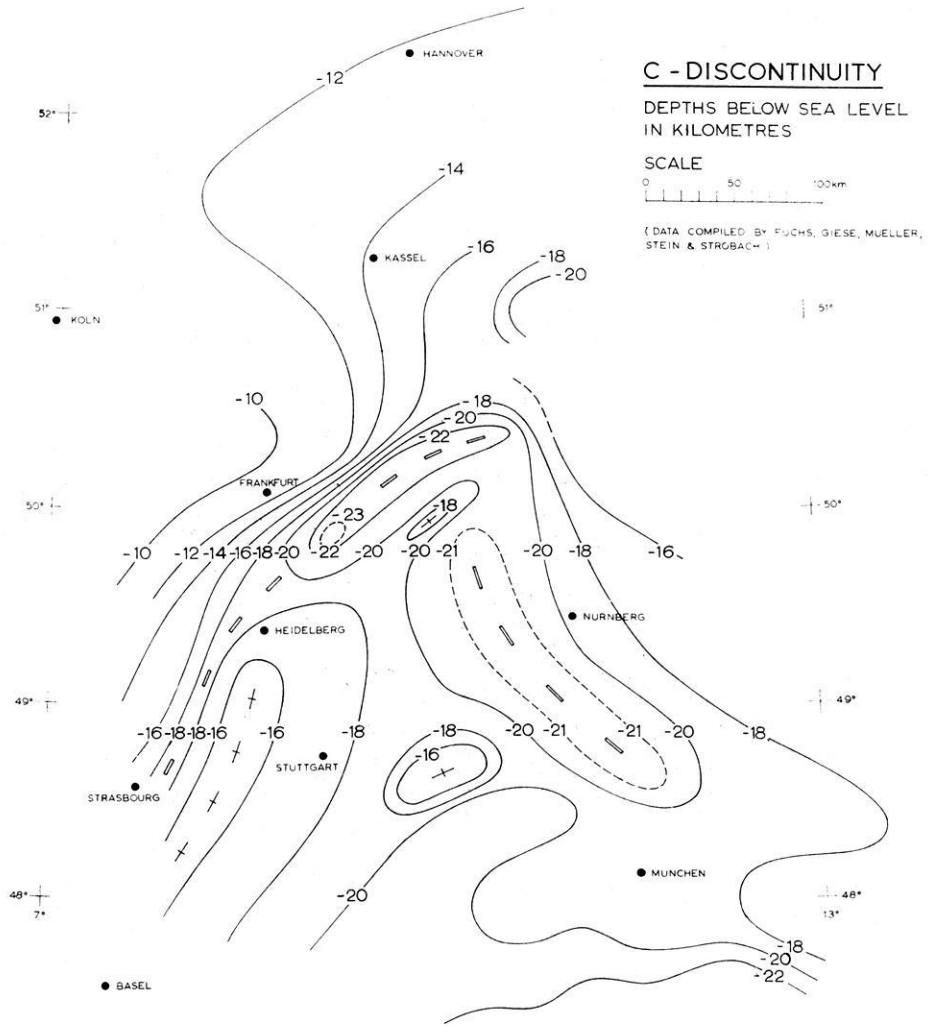


Fig. 9: Depth contour map of the CONRAD (C) discontinuity (data compiled by FUCHS, GIESE, MÜLLER, STEIN and STROBACH).

SCHICK and JENSCH [54]). These measurements were supplemented by detailed fan observations in the vicinity of the Steinheim Basin [54]. The high in the relief of the C coincides with a large magnetic ΔZ -anomaly of +200 γ (ref. NEUMANN [55]). On its western flank well-known ancient volcanos are located in the region around Urach, while on its eastern side the famous Ries Basin is found. This relation might be a new argument in the discussion about the origin of the Ries Basin.

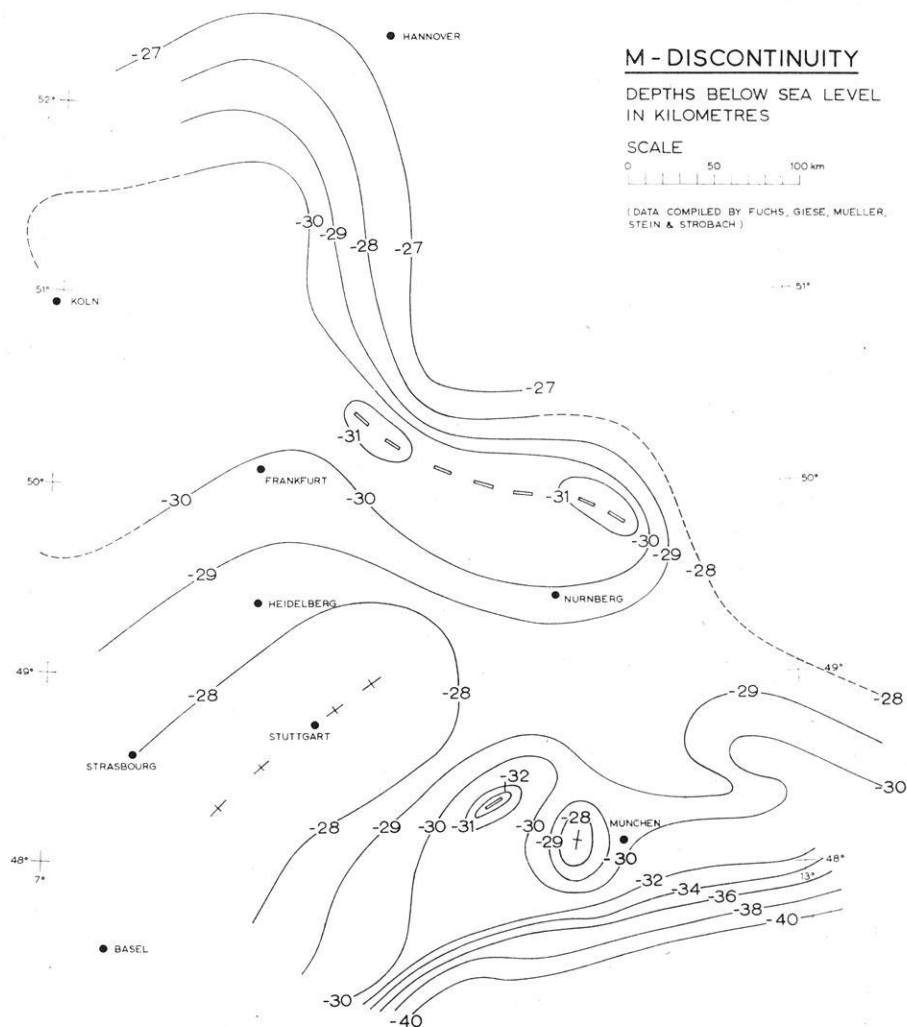


Fig. 10: Depth contour map of the MOHOROVIČIĆ (M) discontinuity (data compiled by FUCHS, GIESE, MÜLLER, STEIN and STROBACH).

6.3 Contour Map of the MOHOROVIČIĆ Discontinuity

In Fig. 10 the depth contour map of the M is shown. The most prominent feature is the distinct down-dip of the M towards the center of the Alps. The error in the depth determination of the M is estimated at about 1 to 2 km. Details of the contour lines are, therefore, still subject to changes. But the location of the lows and highs in the relief of the M is not expected to be altered very much in later stages of investigation.

Apart from the Bavarian Molasse Basin the depth values fluctuate around 28 to 30 kilometers. In southwestern Germany the crustal thickness of 28 km is in excellent agreement with results of Rayleigh wave phase velocity measurements by BERCKHEMER, MÜLLER and SELLEVOLL [14].

7. Crustal Cross-Section of Western Germany

A provisional cross-section of the earth's crust in Western Germany was deduced from the contour maps in Figs. 8, 9 and 10 for a north-south profile indicated by the dashed line in Fig. 1. The crustal section is shown in the lower portion of Fig. 11. V denotes the surface of the Variscan Mountain System, C is the CONRAD discontinuity and M is the MOHORovičić discontinuity. In Fig. 11 the corresponding Bouguer anomalies and the magnetic ΔZ -anomalies are also given for comparison. There is a qualitative agreement between the depth variations of the M and the Bouguer anomalies. The same is true in part for the depth relief of the C and the magnetic ΔZ -anomalies. Some discrepancies still remain, particularly in regions where extrapolations were necessary. Special attention is drawn to the remarkable correlation between the

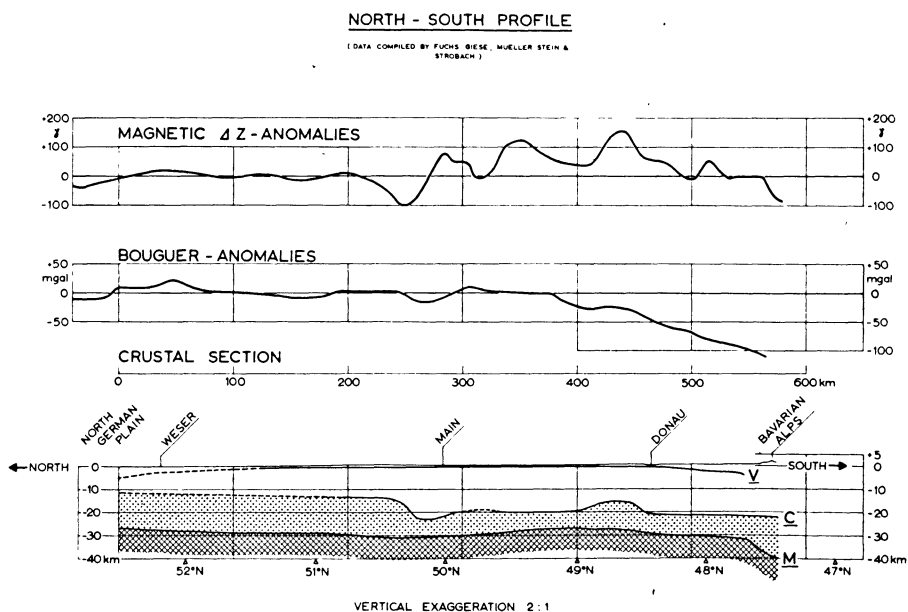


Fig. 11: Crustal section, Bouguer anomalies and magnetic ΔZ -anomalies along a north-south profile in Western Germany. V denotes the surface of the Variscan Mountain System, C is the CONRAD discontinuity and M is the MOHORovičić discontinuity (data compiled by FUCHS, GIESE, MÜLLER, STEIN and STROBACH).

steep down-dip of the \underline{C} near the Main valley and the strong variations of the magnetic ΔZ -anomaly in this region.

In conclusion it should be stressed that some of the results presented are tentative in nature. They will be modified and revised as work progresses. It is planned to record all seismic data on magnetic tape in future field investigations. Preparatory work in this direction is under way [5, 12, 15].

8. Acknowledgements

The German Research Group for Explosion Seismology is greatly indebted to the DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT (German Research Association), Bad Godesberg, for generous financial support.

This work would not have been possible without the courtesy and cooperation of several radio stations, quarry companies and a number of other institutions. Valuable assistance in the field operations was given by the following quarry companies:

Steinbruchbetrieb Gebr. Heckmann oHG, Birkenau/Odenwald
 Basalt- u. Betonwerke Victor Hoesch, Bischofsheim/Rhön
 Hartsteinwerk Werdenfels, Eschenlohe/Oberbayern
 Basaltwerke Heinrich Küllmer, Fulda, Marquardstr. 6
 Basaltwerke F. C. Nüdling, Fulda, Ruprechtstr. 24
 Basaltwerk Gersfeld, Oscar von Waldthausen, Gersfeld/Rhön
 Firma Hermann Wegener, Hannover, Am Schiffgraben 53
 Firma H. Sieke & Co., Kassel-Wilhelmshöhe, Brabanter Str. 33
 Nordpfälzische Hartsteinwerke GmbH, Kirchheimbolanden/Pfalz
 Firma Westerwaldbrüche, Marienberg/Westerwald
 Firma Ing. Hermann Utz, Bauunternehmung, Schönsee/Oberpfalz, Haus Nr. 250
 Kreisverwaltung Vohenstrauß, Vohenstrauß/Oberpfalz

In addition the following institutions provided important information and advice:
 Sprengtechnischer Dienst, Essen, Kopstadtplatz 10
 Sprengstoff-und Kunststoffvertrieb Hessen, Marburg, Ockershäuser Allee 38

The following radio stations contributed to the research program by transmitting special time signals:

Bayerischer Rundfunk, München, Rundfunkplatz 1
 Hessischer Rundfunk, Frankfurt/Main, Bertramstr. 8
 Süddeutscher Rundfunk, Stuttgart, Neckarstr. 145

This paper is Contribution No. 30 to the research program "Determination of Crustal Structure in Central Europe" of the DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT.

References

- [1] ANGENHEISTER, G. sen.: Beobachtungen bei Sprengungen. *Ztschr. f. Geophys.*, 3 (1927), pp. 28—33.
- [2] —, Ausbreitung der Bodenschwingungen bei großen Sprengungen und oberflächennahem Erdstoß. *Göttingische Gelehrte Anzeigen*, 206 (1942), pp. 303—304.
- [3] ANGENHEISTER, G. jun.: Vermessung des erdmagnetischen Feldes längs Profilen im nördlichen Alpenvorland und in den Alpen (ΔZ , ΔT), 1958—1962 (Teil 1). *Geophys. Observ. Fürstenfeldbruck, Ser. B*, 3 (1963), 45 p.
- [4] BAULE, H.: Die Entwicklung seismischer Meßgeräte seit 1947. 1. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 4 V 2 (1962), 5 p.
- [5] —, Seismische Registrierungen auf Magnetband mit Impulslängenmodulation. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 24 N 30 (1963), 5 p.
- [6] BEDERKE, E.: Zur Geologie und Geophysik der Tiefen. *Geolog. Rundschau*, 46 (1957), pp. 229—245.
- [7] —, Altersgliederung und Dichteverteilung im kristallinen Grundgebirge. *Geolog. Rundschau*, 52 (1963), pp. 1—12.
- [8] BEHNKE, CL.: Bericht über die Auswertung refraktionsseismischer Messungen „Westprofil Thaiden“. *Frankfurter DFG-Kolloquium*, 5/1 (1961), 13 p.
- [9] —, Bericht über die Auswertung refraktionsseismischer Messungen „Profil Grossenritte“. *Frankfurter DFG-Kolloquium*, 5/1 (1961), 8 p.
- [10] —, P. GIESE, CL. PRODEHL, and G. DE VISINTINI: Seismic Refraction Investigations in the Dolomites for the Exploration of the Earth's Crust in the Eastern Alpine Area 1961. *Boll. di Geofisica Teor. ed Appl.*, 4 (1962), pp. 110—132.
- [11] —, und M. A. CHOUDHURY: Das Westprofil Lago Lagorai. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 23 V 17 (1963), 6 p.
- [12] BEHRENS, J.: Die Magnetbandapparatur des Instituts für Geophysik der Bergakademie Clausthal. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 24 N 31 (1963), 4 p.
- [13] BELAR, A.: Die Erdbebenwarte, Laibach, 1 (1901/1902). p. 60.
- [14] BERCKHEMER, H., ST. MÜLLER und M. A. SELLEVOLL: Die Krustenstruktur in Südwestdeutschland aus Phasengeschwindigkeitsmessungen an Rayleigh-Wellen. *Ztschr. f. Geophys.*, 27 (1961), pp. 151—163.
- [15] —, Aufzeichnung seismischer Signale auf Magnetband. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 24 N 32 (1963), 3 p.
- [16] BOCK, R., F. BURMEISTER und F. ERRULAT: Magnetische Reichsvermessung 1935.0, Teil II (Karten). *Ergänzungsheft, Reihe B (4^o)*, Nr. 2 zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift, Hamburg (1956), 15 p.
- [17] BREYER, F.: Ergebnisse seismischer Messungen auf der süddeutschen Großscholle besonders im Hinblick auf die Oberfläche des Varistikums. *Ztschr. d. Dt. Geolog. Ges.*, 108 (1956), pp. 21—36.

- [18] BROCKAMP, B. und K. WÖLCKEN: Bemerkungen zu den Beobachtungen bei Steinbruchsprengungen. *Ztschr. f. Geophys.*, 5 (1929), pp. 163—171.
- [19] —, Seismische Beobachtungen bei Steinbruchsprengungen. *Ztschr. f. Geophys.*, 7 (1931), pp. 295—317.
- [20] BURMEISTER, F.: Magnetische Vermessungen II. Ordnung in Bayern 1955.0. *Geophys. Observ. Fürstenfeldbruck, Ser. B*, 2 (1962), 36 p.
- [21] CARLÉ, W.: Geotektonische Übersichtskarte der Südwestdeutschen Großscholle 1:1 Mill. (mit Erläuterungen). *Geolog. Abt. d. Württ. Statist. Landesamtes*, Stuttgart (1950).
- [22] CLOSS, H., A. HAHN und A. SCHLEUSENER: Bemerkungen zur Karte der Schwerestörungen des deutschen Alpenvorlandes. *Geolog. Jahrbuch*, 72 (1957), pp. 503—528.
- [23] —, Über Erfahrungen mit Sprengungen zur Untersuchung der höheren Teile der Erdkruste in Deutschland. *Annali di Geofisica*, 12 (1959), pp. 257—271.
- [24] —, and C. MORELLI: Seismic Experiments in the Dolomites (Lago Lagorai) to Investigate the Earth's Crust in the Eastern Alpine Area. *Boll. di Geofisica Teor. ed Appl.*, 4 (1962), pp. 99—109, und *Ztschr. f. Geophys.*, 28 (1962), pp. 249—257.
- [25] —, und CL. BEHNKE: Fortschritte der Anwendung seismischer Methoden in der Erforschung der Erdkruste. *Geolog. Rundschau*, 51 (1961), pp. 315—330.
- [26] DEMNATI, A.: Eigene reflexionsseismische Messungen im Gebiet Kraichgau und Vergleich der Ergebnisse mit den Tiefenreflexionen aus dem prospektionsseismischen Material im Gebiet des Rheintalgrabens. Diplomarbeit, Institut für Geophysik der Bergakademie Clausthal (1963), 25 p.
- [27] DOHR, G.: Ein Beitrag der Reflexionsseismik zur Erforschung des tieferen Untergrundes. *Geolog. Rundschau*, 46 (1957), pp. 17—26.
- [28] —, Zur reflexionsseismischen Erfassung sehr tiefer Unstetigkeitsflächen. *Erdöl und Kohle*, 10 (1957), pp. 278—281.
- [29] —, Über die Beobachtungen von Reflexionen aus dem tieferen Untergrunde im Rahmen routinemäßiger reflexionsseismischer Messungen. *Ztschr. f. Geophys.*, 25 (1959), pp. 280—300.
- [30] —, Untersuchungen über den Bau der Erdkruste in Westdeutschland durch reflexionsseismische Messungen. *Boll. di Geofisica Teor. ed Appl.*, 4 (1962), pp. 142—154.
- [31] —, Ergebnisse reflexionsseismischer Messungen zur Untersuchung des Baues der Erdkruste in der Bundesrepublik. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 22 N 8 (1963), 11 p.
- [32] FÖRTSCH, O.: Analyse der seismischen Registrierungen der Großsprengung bei Haslach im Schwarzwald am 28. April 1948. *Geolog. Jahrbuch*, 66 (1951), pp. 65—80.
- [33] FUCHS, K.: Ein Refraktionsprofil vom Harz bis zum Alpenrand. 1. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 4 V 5 (1962), 10 p.
- [34] —, and O. KAPPELMEYER: Report on Reflection Measurements in the Dolomites — September 1961. *Boll. di Geofisica Teor. ed Appl.*, 4 (1962), pp. 133—141.
- [35] —, Die Gegenschußprofile Hilders—Eschenlohe und Hilders—Adelebsen. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 22 V 2 und 22 V 3 (1963), 5 p.
- [36] —, ST. MÜLLER, E. PETERSCHMITT, J.-P. ROTHÉ, A. STEIN, und K. STROBACH: Krustenstruktur der Westalpen nach refraktionsseismischen Messungen. *Gerl. Beitr. z. Geophys.*, 72 (1963), pp. 149—169.

- [37] GERKE, K.: Die Karte der Bouguer-Isanomalien 1:1000000 von Westdeutschland. Dt. Geod. Kommission, Reihe B, Heft 46, Teil I, Frankfurt a. M. (1957), 13 p.
- [38] GIESE, P.: Profil Böhmischnbruck—Eschenlohe. Frankfurter DFG-Kolloquium, 4/1—13 (1961), 2 p.
- [39] —, und CL. PRODEHL: Die Kristallinoberfläche im nördlichen Alpenvorland. 1. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 4 N 7 (1962), 3 p.
- [40] —, und G. DE VISINTINI: Vorläufige Auswertung des Lago Lagorai-Ostprofils. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 23 V 16 (1963), 6 p.
- [41] —, Die Geschwindigkeitsverteilung im obersten Bereich des Kristallins, abgeleitet aus Refraktionsbeobachtungen auf dem Profil Böhmischnbruck—Eschenlohe. Ztschr. f. Geophys., 29 (1963), pp. 197—214.
- [42] GROUPE D'ÉTUDES DES EXPLOSIONS ALPINES: Recherches séismologiques dans les Alpes occidentales au moyen de grandes explosions en 1956, 1958 et 1960. Mémoire Collectif, Année Géophysique Internationale, C.N.R.S. Sér. XII, Fasc. 2 (1963), 241 p.
- [43] GUHA, S.: Reflexionsseismische Messungen in den Dolomiten (Lago Lagorai 1962). 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 23 N 18 (1963), 10 p.
- [44] HÄNEL, R.: Ergänzungsmessungen auf einem Profil zwischen Rhön und Hunsrück. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 22 V 5 (1963), 6 p.
- [45] HEHN, KL.: Die statistische Auswertung von Reflexionen mit langen Laufzeiten aus dem nordwestdeutschen Raum und ihre Zuordnung zu den bekannten Unstetigkeitsflächen in der Erdkruste. Diplomarbeit, Institut für Geophysik der Bergakademie Clausthal (1964), 60 p.
- [46] KAPPELMEYER, O.: Vorläufiger Bericht über die Auswertung refraktionsseismischer Messungen am NE-Profil Eschenlohe. Frankfurter DFG-Kolloquium, 4/1—11 (1961), 13 p.
- [47] KNETSCH, G.: Geologie von Deutschland mit einigen Randgebieten. Ferd. Enke-Verlag, Stuttgart (1963) 386 p.
- [48] KREY, TH., G. SCHMIDT und K. H. SEELIS: Über die Möglichkeit, den reflexionsseismisch erfaßbaren Tiefenbereich zu erweitern. Erdöl und Kohle, 14 (1961), pp. 521—526.
- [49] LIEBSCHER, H.-J.: Reflexionshorizonte der tieferen Erdkruste im Bayerischen Alpenvorland, abgeleitet aus Ergebnissen der Reflexionsseismik. Ztschr. f. Geophys. 28 (1962), pp. 162—184.
- [50] —, Deutungsversuche für die Struktur der tieferen Erdkruste nach reflexionsseismischen und gravimetrischen Messungen im deutschen Alpenvorland. Dissertation, Universität München (1963); Ztschr. f. Geophysik, 30 (1964), pp. 51—96, 115—126.
- [51] MALLET, R.: On the Dynamics of Earthquakes. Trans. Irish Acad., Vol. 21, Part I (1848), pp. 51 ff.
- [52] MINTROP, L.: Ermittlung des Aufbaues von Gebirgsschichten aus seismischen Beobachtungen. Ztschr. d. Dt. Geolog. Ges., 72 (1920).
- [53] MÜHLEN, W. VON ZUR: Ergebnisse der „Steinbruch-Seismik“ im Siegerland, Kraichgau und in Hessen/Unterfranken. Geolog. Jahrbuch, 71 (1956), pp. 569—594.
- [54] MÜLLER, ST., R. SCHICK und A. JENSCH: Beobachtungen auf dem Refraktionsprofil Eschenlohe-Birkenau und Untersuchungen im Steinheimer Becken. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 22 N 7 (1963), 10 p.

- [55] NEUMANN, G.: Regionale magnetische Variometermessungen in Südwestdeutschland. Beitr. z. Angew. Geophys., 8 (1939), pp. 18—44.
- [56] O'BRIEN, P. N. S.: Cross-Correlation as an Aid in Identifying Seismic Arrivals. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 24 V 25 (1963), 1 p.
- [57] PETERSCHMITT, E.: Flächenhafte Darstellung von Laufzeitkurven mittels normierter Seismogramme: Anwendung bei den Registrierungen der Alpensprengungen 1958. Frankfurter DFG-Kolloquium, 4/1—2 (1961), 3 p.
- [58] —, K. FUCHS und H. MENZEL: Refraktionsseismische Auswertung des Lago-Lagoraine-Profiles. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 23 V 15 (1963), 5 p.
- [59] PLAUMANN, S.: Bericht über die Auswertung des refraktionsseismischen Profils Adelebsen (Steinbruchsprengung vom 12. 6. 1959). Frankfurter DFG-Kolloquium, 5/1—21 (1961), 7 p.
- [60] —, Bericht über die Auswertung des seismischen Profils Kirchheimbolanden (Steinbruchsprengung vom 13. 4. 1960). Frankfurter DFG-Kolloquium, 5/1—18 (1961), 9 p.
- [61] PRODEHL, CL.: Isochronenplan der ersten Einsätze. Frankfurter DFG-Kolloquium, 4/1—9 (1961), 2 p.
- [62] —, Die Kristallinoberfläche zwischen Donau und Inn, abgeleitet aus refraktionsseismischen Messungen. Diplomarbeit, Institut für Angewandte Geophysik der Universität München (1962), 67 p.
- [63] —, Ein Alpenquerprofil (Gegenschußprofil Eschenlohe—Lago Lagorai). 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 23 V 14 (1963), 5 p.
- [64] REICH, H., G. A. SCHULZE und O. FÖRTSCH: Das geophysikalische Ergebnis der Sprengung von Haslach im südlichen Schwarzwald. Geolog. Rundschau, 36 (1948), pp. 85—96.
- [65] —, Geologische Ergebnisse der seismischen Beobachtungen der Sprengung auf Helgoland. Geolog. Jahrbuch, 64 (1950), pp. 243—266.
- [66] —, O. FOERTSCH and G. A. SCHULZE: Results of seismic observations in Germany on the Heligoland explosion of April 18, 1947. Journ. Geophys. Res., 56 (1951), pp. 147—156.
- [67] —, Seismische Beobachtungen bei großen Steinbruchsprengungen und deren geologische Ergebnisse. Ztschr. d. Dt. Geolog. Ges., 104 (1953), pp. 174—175.
- [68] —, Über seismische Beobachtungen der PRAKLA von Reflexionen aus großen Tiefen bei den großen Steinbruch-Sprengungen in Blaubeuren am 4. März und 10. Mai 1952. Geolog. Jahrbuch, 68 (1953), pp. 225—240.
- [69] —, Seismische Untersuchungen im nördlichen Grenzbereich der Bayerischen Alpen und ihre geologische Deutung. Ztschr. d. Dt. Geolog. Ges., 105 (1955), 566 p.
- [70] —, In Süddeutschland seismisch ermittelte tiefe Grenzflächen und ihre geologische Bedeutung. Geolog. Rundschau, 46 (1957), pp. 1—17.
- [71] —, Seismische und geologische Ergebnisse der 2-to-Sprengung im Tiefbohrloch Tölz I am 11. XII. 1954. Geolog. Jahrbuch, 75 (1958), pp. 1—46.
- [72] —, Die geologischen Ergebnisse seismischer Registrierungen großer Sprengungen in Deutschland. Geofisica Pura e Applicata, 40 (1958), pp. 41—48.
- [73] —, Seismische Untersuchung des Flyschtroges bei Lenggries, westlich und östlich der Isar. Nachr. d. Akad. Göttingen, II. Math-Phys. Klasse, Nr. 11 (1960) pp. 205—255.

- [74] REICHENBACH, R., and G. SCHMIDT: Results of Surface Reflection Seismic Measurements in the Siderite District of the Siegerland. *Geophys. Prospecting*, 7 (1959), pp. 291—299.
- [75] REINHARDT, H.-G.: Steinbruchsprengungen zur Erforschung des tieferen Untergrundes. *Freiberger Forschungshefte*, C 15 (1954), 91 p.
- [76] RISCHÉ, H.: Zur Erfassung und Deutung tiefer Reflexionen im Thüringer Becken. *Ztschr. f. Angew. Geologie*, 7 (1961), pp. 105—108.
- [77] ROTHÉ, J.-P., et E. PETERSCHMITT: Etude séismique des explosions d'Haslach. *Ann. Inst. de Phys. Globe de Strasbourg*, Tome V, 3è partie: Géophysique, 5 (1950), pp. 13—38.
- [78] —, Quelques expériences sur la structure de la croute terrestre en Europe occidentale. *Contributions in Geophysics: In Honor of Beno Gutenberg*. Pergamon Press, London (1958), pp. 135—151.
- [79] SCHLEUSENER, A., and H. CLOSS: Schwerekarten von Zentraleuropa nach Gravimetermessungen. *Congr. Géolog. Int. Alger*, C. R. 19è Session, Fasc. 9 (1952), pp. 86—108.
- [80] SCHMIDT, A.: Wellenbewegung und Erdbeben. *Jahreshefte d. Ver. f. Vaterl. Naturk. in Württ.*, 44 (1888), pp. 248 ff.
- [81] SCHNEIDER, G.: Der Einfluß der Sedimentmächtigkeit auf die Dispersion von Rayleighwellen. *Hermann-Aldinger-Festschrift*, Stuttgart (1962), pp. 159—162.
- [82] SCHULZ, G.: Reflexionen aus dem kristallinen Untergrund des Pfälzer Berglandes. *Ztschr. f. Geophys.*, 23 (1957), pp. 225—235.
- [83] SCHULZE, G. A., and O. FÖRTSCH: Die seismischen Beobachtungen bei der Sprengung auf Helgoland am 18. April 1947 zur Erforschung des tieferen Untergrundes. *Geolog. Jahrbuch*, 64 (1950), pp. 202—242.
- [84] SCHWEYDAR, W., and H. REICH: Künstliche elastische Bodenwellen als Hilfsmittel geologischer Forschung. *Gerl. Beitr. z. Geophys.*, 17 (1927), pp. 121—147.
- [85] STEIN, A.: Ein Gegenschußprofil Kellerwald—Bayerischer Wald. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 22 V 4 (1963), 8 p.
- [86] —, and H. REPSOLD: Ein Refraktionsprofil von Eschenlohe/Obb. zum Gotthard-Massiv. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 23 V 13 (1963), 5 p.
- [87] STEINHART, J. S., and R. P. MEYER: Explosion Studies of Continental Structure. *Carnegie Institution of Washington*, Publ. No. 622 (1961), 409 p.
- [88] STROBACH, K.: Auswertung des Profils Birkenau (Odenwald)—Hilders (Rhön). *Frankfurter DFG-Kolloquium*, 5/1—17 (1961), 5 p.
- [89] —, Ein Gegenschußprofil von der Rhön zum Odenwald. 2. Stuttgarter DFG-Kolloquium, 22 V 6 (1963), 4 p.
- [90] ULRICH, H. J.: Bericht über gravimetrische Untersuchungen im Gebiet Spessart—Vogelsberg. *Frankfurter DFG-Kolloquium*, 6/1—22 (1961), 8 p.
- [91] WIECHERT, E.: Untersuchungen der Erdrinde mit dem Seismometer unter Benutzung künstlicher Erdbeben. *Nachr. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Math.-Phys. Klasse* (1923), pp. 57—70.
- [92] —, Untersuchung der Erdrinde mit Hilfe von Sprengungen. *Geolog. Rundschau*, 17 (1926), pp. 339—346.

- [93] —, Seismische Beobachtungen von Steinbruchsprengungen. *Ztschr. f. Geophys.*, 5 (1929), pp. 159—162.
- [94] WILLMORE, P. L.: Seismic Experiments on the North German Explosions, 1946 to 1947. *Phil. Trans. Roy. Soc. London, Ser. A, No. 843, 242* (1949), pp. 123—151.

APPENDIX

The German Research Group for Explosion Seismology

I. Cooperating Institutions

- 1 Geologisches Institut der Universität Köln, Abteilung für Erdbebengeologie
506 BENSBERG, Erdbebenstation
- 2 Westfälische Berggewerkschaftskasse, Abt. Geophysik
463 BOCHUM, Herner Straße 45
- 3 Institut für Geophysik der Technischen Hochschule
3392 CLAUSTHAL-ZELLERFELD 1, Adolf-Römer-Straße 2A
- 4 Universitätsinstitut für Meteorologie und Geophysik
6 FRANKFURT/MAIN, Feldbergstraße 47
- 5 Geophysikalisches Observatorium der Universität München
808 FÜRSTENFELDBRUCK, Ludwigshöhe 8
- 6 Geophysikalisches Institut der Universität
34 GÖTTINGEN, Herzberger Landstraße 180
- 7 Geophysikalisches Institut der Universität
2 HAMBURG 13, Von-Melle-Park 6
- 8 Bundesanstalt für Bodenforschung
3 HANNOVER, Wiesenstraße 1
- 9 Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
3 HANNOVER, Wiesenstraße 1
- 10 Prakla, Gesellschaft für Praktische Lagerstättenforschung mbH
3 HANNOVER, Haarstraße 5
- 11 Preußische Bergwerks- und Hütten-AG
3 HANNOVER, Leibnizufer 9
- 12 Seismos GmbH
3 HANNOVER, Wilhelm-Busch-Straße 4
- 13 Geophysikalisches Observatorium der Universität Hamburg
21 HARBURG, An der Schießbahn 30f
- 14 Institut für Geophysik der Universität
23 KIEL, Neue Universität, Haus 34

- 15** Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen
415 KREFELD, Westwall 124
- 16** Meteorologisch-Geophysikalisches Institut der Universität
65 MAINZ, Joh.-Joachim-Becher-Weg 14
- 17** Institut für Angewandte Geophysik der Universität
8 MÜNCHEN 2, Richard-Wagner-Straße 10
- 18** Institut für Reine und Angewandte Geophysik der Universität
44 MÜNSTER, Steinfurter Straße 107
- 19** Geophysikalisches Institut der Technischen Hochschule
7 STUTTGART-O, Richard-Wagner-Straße 44
- 20** Landeserdbebendienst Baden-Württemberg
7 STUTTGART-O, Richard-Wagner-Straße 44

Associated Member:

- 21** Institut de Physique du Globe de l'Université,
38, Boulevard d'Anvers
STRASBOURG, France

Note: The numbering in this list will be used subsequently for reference of individual member addresses.

II. Planning Group

- Prof. Dr. G. ANGENHEISTER (München, **17**)
- Prof. Dr. B. BROCKAMP (Münster, **18**)
- Prof. Dr. H. CLOSS (Hannover, **8**)
- Prof. Dr. O. ROSENBACH (Mainz, **16**)

III. Working Group on Radio Communication Problems

- Dr. H. BAULE (Bochum, **2**)
- Prof. Dr. H. BERCKHEMER (Frankfurt, **4**)
- Dr. J. BEHRENS (Clausthal, **3**)
- Dr. ST. MÜLLER (Stuttgart, **19**)
- Dr. G. STILKE (Hamburg, **7**)

IV. Central Archives and Data Distribution

Scientific data and information may be obtained from the following address:

DFG-Zentralarchiv
Geophysikalisches Institut
Richard-Wagner-Straße 44
7 STUTTGART-O, Germany

Staff of Record Office (19, 20):

Prof. Dr. W. HILLER
 Dr. St. MÜLLER
 Dipl.-Phys. R. SCHICK
 Herr K. BINDER
 FrI. I. REICHENBECHER

V. Data Interpretation Groups**A. Seismic Refraction Profiles:**

Profile	Data Interpreter
a) Grossenritte → Harz	Dr. A. STEIN (Hannover, 9) Dipl.-Geophys. CL. BEHNKE (Hannover, 9)
b) Adelebsen-East + West	Dipl.-Geophys. R. HÄNEL (Hannover, 9) Dipl.-Geophys. S. PLAUMANN (Hannover, 8)
c) Gersfeld → Harz	Dr. K. FUCHS (Clausthal, 3)
d) Hilders ⇌ Adelebsen	Dr. K. FUCHS (Clausthal, 3)
e) Hilders-West	Dipl.-Geophys. CL. BEHNKE (Hannover, 9) Dipl.-Geophys. R. HÄNEL (Hannover, 9)
f) Wilsenroth-South	Prof. Dr. O. ROSENBACH (Mainz, 16) Dipl.-Phys. R. VEES (Mainz, 16)
g) Kirchheimbolanden-North	Dipl.-Geophys. S. PLAUMANN (Hannover, 8)
h) Rhön ⇒ Hunsrück	Dipl.-Geophys. R. HÄNEL (Hannover, 9)
i) Hilders ⇌ Birkenau	Dr. K. STROBACH (Hamburg, 7)
j) Kellerwald ⇒ Bayrischer Wald	Dr. A. STEIN (Hannover, 9)
k) Hilders ⇌ Eschenlohe	Dr. K. FUCHS (Clausthal, 3)
l) Eschenlohe → Odenwald	Dr. St. MÜLLER (Stuttgart, 19)
m) Eschenlohe ⇌ Haslach	Dr. O. FÖRTSCH (Fürstentfeldbruck, 5) Ing. E. PETERSCHMITT (Strasbourg, 21)
n) Eschenlohe-North	Dr. K. FUCHS (Clausthal, 3)
o) Eschenlohe-Northeast	Dr. O. KAPPELMEYER (Hannover, 9)
p) Böhmischbruck → Eschenlohe	Dr. P. GIESE (München, 17)
q) Lenggries-East + West	Prof. Dr. H. REICH (Göttingen, 6)
r) Bavarian Molasse Basin	Dipl.-Geophys. CL. PRODEHL (München, 17)

B. Deep Seismic Reflections:

Dr. G. DOHR (Hannover, 11)
 Dr. H.-J. LIEBSCHER (München, 17)
 cand. geophys. A. DEMNATI (Clausthal, 3)
 cand. geophys. K. HEHN (Clausthal, 3)

C. Supplementary Research

- a) Seismic Surface Wave Studies:
 Prof. Dr. H. BERCKHEMER (Frankfurt, 4)
 Dr. St. MÜLLER (Stuttgart, 19)
 Dr. M. A. SELLEVOLL (Bergen, Norway)
 Dr. G. SCHNEIDER (Stuttgart, 20)

- b) Gravimetric Data Interpretation:
 - Prof. Dr. K. JUNG (Kiel, **14**)
 - Prof. Dr. H. MENZEL (Clausthal, **3**)
 - Prof. Dr. O. ROSENBACH (Mainz, **16**)
 - Dr. H.-J. LIEBSCHER (München, **17**)
 - Dipl.-Phys. H.-J. ULRICH (Hannover, **8**)
- c) Magnetometric Data Interpretation:
 - Prof. Dr. G. ANGENHEISTER (München, **17**)
 - Dr. K. HELBIG (München, **17**)
 - Dr. K. WIENERT (Fürstenfeldbruck, **5**)
- d) Seismic Vibration Measurements near the Shotpoints:
 - Dr. H. BAULE (Bochum, **2**)

VI. Data Compilation Group

- Dr. K. FUCHS (Clausthal, **3**)
- Dr. P. GIESE (München, **17**)
- Dr. ST. MÜLLER (Stuttgart, **19**)
- Dr. A. STEIN (Hannover, **9**)
- Dr. K. STROBACH (Hamburg, **7**)

A Wave Theory for the Generation of T -Waves

By S. K. BOSE, Calcutta¹⁾

Eingegangen am 23. 10. 1963.

Zusammenfassung: Die T -Phase von Seismogrammen von Küstenstationen besteht aus Wellen kurzer Periode (< 1 s), die sich mit Schallgeschwindigkeit im Ozean ausbreiten. Man nimmt an, daß die T -Wellen im „Schallkanal“ der Ozeane laufen. In dieser Arbeit wird diskutiert, wie sich Wellen in einem nichtviscosen Ozean mit Schallkanal ausbreiten; die veränderliche Schallgeschwindigkeit wird dazu in Harmonische zerlegt, aber nur die beiden ersten Harmonischen berücksichtigt; der Boden wird als gleichförmig angenommen. Es wird gezeigt, daß nur Wellen, die wie T -Wellen im Schallkanal laufen, sich auf große Entfernungen ausbreiten können.

Summary: The T -phase of seismograms of coastal observatories consists of short period waves (period < 1 s) propagating with the velocity of sound in the oceans. It is believed that the T -waves propagate through the sound channel of the oceans. In this paper, the propagation of waves in an inviscid ocean with a sound channel in which the variable sound velocity has been harmonic analysed, the first two harmonics being retained only for simplicity, with a uniform bottom, has been discussed. It has been shown that waves propagating through the sound channel similar to the T -waves can only propagate through long distances, substantiating the hypothesis that the T -waves propagate through the sound channel.

1. Introduction

Coastal and island observatories have often found, on seismograms, phases which have short periods (less than 1 sec and as small as 0.01 sec) and phase velocity equal to the sound velocity in the oceans, from earthquakes in which the path of propagation is mostly oceanic. This phase of seismograms is called the T -phase and was first observed by LINEHAN [10]. These phases begin and end gradually (SHURBET [12]), and the maximum amplitude is near the middle point of the signal. Waves of period 0.5 sec. occur most frequently and are observed throughout the T -phase (BYERLY and HERRICK [3]). The phase velocities in the land segment of path, from Hawaiian earthquake are according to BYERLY and HERRICK [3], 6—7 km/sec.

The earlier theories of T -waves have been summarised by EWING, PRESS, and WORZEL [4]. It is now believed that these waves cross the deep ocean in the SOFAR channel. The velocity distribution in the Atlantic Ocean has been given by EWING and WORZEL [5] and reproduced in EWING, JARDEZKY, and PRESS [6] and those in

¹⁾ S. K. BOSE, Presidency College, Calcutta.

the Pacific ocean has been given by ANDERSON [1]. The observations of BYERLY and HERRICK [3] and BÄTH [2] for Pacific and Atlantic Oceans, showed that, compressional, shear and possibly surface waves might be involved in propagation across the land segment of paths.

Here in this investigation, it is intended to study mathematically the mechanism of *T*-wave propagation and to demonstrate that these travel in the ocean through the SOFAR channel. In an ocean, the sound velocity first decreases slowly, then, after some depth is reached its rate of decrement becomes rapid until its velocity becomes the lowest. To some depth the lowest velocity remains nearly stationary and then begins to increase gradually till the bottom is reached, attaining a slightly higher velocity at the bottom than at the surface. The ocean can be supposed to be composed of two layers, the upper one called the "sound channel" of such thickness that the sound velocity at its lower surface returns to its value at its upper free surface, and the bottom in which the sound velocity increases at a uniform rate. If the waves are not to penetrate deep into the ocean the bottom portion can be replaced by a homogeneous liquid with a constant sound velocity higher than that in the upper liquid. For simplicity, the SOFAR channel is assumed to be due to variations of compressibility only and not due to variations of density. Consequently, a semi infinite homogeneous, inviscid liquid, consisting of the upper layer or the SOFAR channel and a bottom can be taken as an idealised ocean. The layer has been assumed for simplicity to be of uniform thickness H , such that the sound velocity at its lower surface again becomes equal to the velocity at the upper free surface.

The sound velocity distribution in the sound channel can be roughly represented by

$$\alpha = \alpha_0 \left(1 + \frac{\epsilon_1}{2} \cos az - \frac{\epsilon_2}{2} \sin 2az \right)$$

where the coefficients ϵ_1 and ϵ_2 are positive and small, α_0 is the mean sound velocity (mean with respect to the depth) in the layer, which takes place near the sound channel axis, and the origin is taken on the interface with the z -axis drawn vertically upwards. Such an α , with suitable ϵ_1 and ϵ_2 can agree approximately with the actual velocity-depth curve. Certainly, for a close agreement higher order harmonic terms should be incorporated in the Fourier expression for α . In what follows, squares, products and higher order quantities of ϵ_1 and ϵ_2 will be neglected owing to their smallness.

The analysis shows that, for the waves, generated from an earthquake not necessarily strong, to overcome, long ranges of transmission and the viscosity of water and land, the periods should be small, much less than the maximum period corresponding to the cut-off frequency of the first mode of the dispersive waves, which is 1.96 sec. for the Atlantic ocean and the phase velocities should be slightly greater than α_0 . These waves are largely confound to the sound channel. It is concluded that the *T*-waves showing similar characteristics as regards phase velocities and periods, propagate through the sound channel.

2. The problem and the basic equations

Consider a semi-infinite inviscid ocean comprised of two parts (i) a semi-infinite homogeneous bottom with uniform density ρ_1 and sound velocity α_1 and (ii) a homogeneous layer over the homogeneous bottom, of thickness H , with uniform density ρ and variable sound velocity α . Let the axis of x be along the interface in the direction of sound wave propagation and the z -axis vertically upwards, with any point O taken on the interface as the origin. Let the periodic line source S of disturbance be situated in the bottom at a depth h below the interface on the z -axis.

For sound propagation in the x -direction, we have for the bottom and the layer, the field equations

$$\alpha_1^2 \left(\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial z^2} \right) = \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial t^2}, \quad z < 0 \text{ except at } S \tag{1}$$

and

$$\alpha^2 \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right) = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}, \quad 0 < z < H \tag{2}$$

with

$$\alpha^2 = \alpha_0^2 (1 + \varepsilon_1 \cos az - \varepsilon_2 \sin zaz) \tag{3}$$

where φ_1 and φ are displacement potentials (cf. EWING, JARDETZKY, and PRESS [7]) and the thickness H of the layer is such that the sound velocity takes up, the value at the free surface, at the interface again, i. e.

$$H = 2\pi/a. \tag{4}$$

The boundary conditions are

$$\left. \begin{aligned} \text{on } z = H, \quad \varphi &= 0 \\ \text{on } z = 0, \quad \rho\varphi = \rho_1\varphi_1 \quad \text{and} \quad \frac{\partial\varphi}{\partial z} &= \frac{\partial\varphi_1}{\partial z} \\ \text{as } z \rightarrow -\infty, \quad \varphi_1 &\rightarrow 0 \end{aligned} \right\} \tag{5}$$

the last condition being necessary if the waves are to remain confined largely in the layer. We shall in the following, seek such waves.

3. The solution of the field equations

If the waves produced have a period $2\pi/\omega$, the solution of (1) appropriate to the last of the boundary conditions (5) is

$$\varphi_1 = -\frac{e^{-i\omega t}}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-r_1 |z+h|}}{r_1} e^{ikx} dk + e^{-i\omega t} \int_{-\infty}^{\infty} C(k) e^{r_1 z} e^{ikx} dk, \quad z < 0 \tag{6}$$

where the first term arises due to the source and

$$r_1^2 = k^2 - \frac{\omega^2}{\alpha_1^2}.$$

For the solution of (2), let

$$\varphi = e^{-i\omega t} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(z, k) e^{ikx} dk, \quad 0 < z < H. \quad (8)$$

Making the substitution in (2), Φ satisfies the equation

$$(1 + \varepsilon_1 \cos az - \varepsilon_2 \sin 2az) \frac{d^2\Phi}{dz^2} + [r_0^2 - k^2 (\varepsilon_1 \cos az - \varepsilon_2 \sin 2az)] \Phi = 0, \quad 0 < z < H, \quad (9)$$

where

$$r_0^2 = \frac{\omega^2}{\alpha_0^2} - k^2. \quad (10)$$

Equation (9) is a second order linear differential equation with periodic coefficients. The theory of such differential equations and the various classical methods of determination of their fundamental integrals is discussed in FORSYTH [9]. We shall, however, use the more recent method of VALEEV [13] to construct, the integrals.

Assuming that $\Phi(z)$ with its derivative is bounded at infinity, we introduce the LAPLACE transform

$$\bar{\Phi}(p) = \int_0^{\infty} e^{-pz} \Phi(z) dz.$$

Equation (8) will then reduce to the following difference equation:

$$\begin{aligned} & -\frac{\varepsilon_2}{2i} [(p-2ia)^2 - k^2] \bar{\Phi}(p-2ia) + \frac{\varepsilon_1}{2} [(p-ia)^2 - k^2] \bar{\Phi}(p-ia) + (p^2 + r_0^2) \bar{\Phi}(p) \\ & + \frac{\varepsilon_1}{2} [(p+ia)^2 - k^2] \bar{\Phi}(p+ia) + \frac{\varepsilon_2}{2i} [(p+2ia)^2 - k^2] \bar{\Phi}(p+2ia) \\ & = (1 + \varepsilon_1) [\Phi'(0) + p\Phi(0)] + 2\varepsilon_2 a \Phi(0), \end{aligned} \quad (11)$$

where $\Phi'(0)$ and $\Phi(0)$ are respectively the values of $d\Phi/dz$ and Φ at $z = 0$. Writing

$$\left. \begin{aligned} f(p, a) &= \frac{1}{2} \frac{(p+ia)^2 - k^2}{p^2 + r_0^2}, \\ \lambda &= (1 + \varepsilon_1) \Phi'(0) + 2\varepsilon_2 a \Phi(0) \\ \mu &= (1 + \varepsilon_1) \Phi(0) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

equation (11) can be written in the form

$$-\frac{\epsilon_2}{i} f(p, -2a) \bar{\Phi}(p-2ia) + \epsilon_1 f(p, -a) \bar{\Phi}(p-ia) + \bar{\Phi}(p) + \epsilon_1 f(p, a) \bar{\Phi}(p+ia) + \frac{\epsilon_2}{i} f(p, 2a) \bar{\Phi}(p+2ia) = \frac{\lambda + \mu p}{p^2 + r_0^2}.$$

The method of solving such a difference equation has been discussed by VALEEV [13]. According to the method, an infinite set of difference equations is obtained by replacing *p* by $\dots, p - 2ia, p - ia, p, p + ia, p + 2ia, \dots$. The value of $\bar{\Phi}(p)$ can then be expressed by CRAMER'S rule in the form

$$\bar{\Phi}(p) = \delta(p) / \Delta(p) \tag{13}$$

where the infinite determinant $\Delta(p)$ is given by

$$\Delta(p) = \begin{vmatrix} 1, \epsilon_1 f(p-2ia, a), \frac{\epsilon_2}{i} f(p-2ia, a), 0, 0 \\ \epsilon_1 f(p-ia, -a), 1, \epsilon_1 f(p-ia, a), \frac{\epsilon_2}{i} f(p-ia, a), 0 \\ -\frac{\epsilon_2}{i} f(p, -2a), \epsilon_1 f(p, -a), 1, \epsilon_1 f(p, a), \frac{\epsilon_2}{i} f(p, 2a) \\ 0, -\frac{\epsilon_2}{i} f(p+ia, -2a), \epsilon_1 f(p+ia, -a), 1, \epsilon_1 f(p+ia, a) \\ 0, 0, -\frac{\epsilon_2}{i} f(p+2ia, -2a), \epsilon_1 f(p+2ia, -a), 1 \end{vmatrix}$$

and $\delta(p)$ is the infinite determinant $\Delta(p)$ with the central column replaced by

$$\dots, \frac{\lambda + \mu(p-2ia)}{(p-2ia)^2 + r_0^2}, \frac{\lambda + \mu(p-ia)}{(p-ia)^2 + r_0^2}, \frac{\lambda + \mu p}{p^2 + r_0^2}, \frac{\lambda + \mu(p+ia)}{(p+ia)^2 + r_0^2}, \frac{\lambda + \mu(p+2ia)}{(p+2ia)^2 + r_0^2} \dots$$

The infinite determinants can be made convergent by multiplying them by certain common convergence factors (cf. VALEEV [13]). $\Delta(p)$ is in normal form and if the squares, products and higher order quantities of ϵ_1 and ϵ_2 are neglected,

$$\Delta(p) = 1.$$

Writing $\delta(p)$ also in normal form and neglecting squares, products and higher order quantities of ϵ_1 and ϵ_2 , we have

$$\delta(p) = \frac{\lambda + \mu p}{p^2 + r_0^2} - \varepsilon_1 \frac{f(p, -a)[\lambda + \mu(p - ia)]}{(p - ia)^2 + r_0^2} - \varepsilon_1 \frac{f(p, a)[\lambda + \mu(p + ia)]}{(p + ia)^2 + r_0^2} \\ + \frac{\varepsilon_2}{i} \frac{f(p, -2a)[\lambda + \mu(p - 2ia)]}{(p - 2ia)^2 + r_0^2} - \frac{\varepsilon_2}{i} \frac{f(p, 2a)[\lambda + \mu(p + 2ia)]}{(p + 2ia)^2 + r_0^2}.$$

Thus to a first order, (13) gives after restoring f from (12),

$$\bar{\Phi}(p) = \frac{\lambda + \mu p}{p^2 + r_0^2} \\ - \frac{\varepsilon_1}{2} \frac{[(p - ia)^2 - k^2][\lambda + \mu(p - ia)]}{(p^2 + r_0^2)[(p - ia)^2 + r_0^2]} - \frac{\varepsilon_1}{2} \frac{[(p + ia)^2 - k^2][\lambda + \mu(p + ia)]}{(p^2 + r_0^2)[(p + ia)^2 + r_0^2]} \\ + \frac{\varepsilon_2}{2i} \frac{[(p - 2ia)^2 - k^2][\lambda + \mu(p - 2ia)]}{(p^2 + r_0^2)[(p - 2ia)^2 + r_0^2]} - \frac{\varepsilon_2}{2i} \frac{[(p + 2ia)^2 - k^2][\lambda + \mu(p + 2ia)]}{(p^2 + r_0^2)[(p + 2ia)^2 + r_0^2]}$$

Taking the inverse transform, $\Phi(z)$ to a first order can be written in the form

$$\Phi(z) = A e^{i r_0 z} \left[1 - \frac{\varepsilon_1}{2} \frac{r_0^2 + k^2}{(r_0 - a)^2 - r_0^2} e^{-iaz} - \frac{\varepsilon_1}{2} \frac{r_0^2 + k^2}{(r_0 + a)^2 - r_0^2} e^{iaz} \right. \\ \left. - \frac{\varepsilon_2}{2i} \frac{r_0^2 + k^2}{(r_0 - 2a)^2 - r_0^2} e^{-2iaz} + \frac{\varepsilon_2}{2i} \frac{r_0^2 + k^2}{(r_0 + 2a)^2 - r_0^2} e^{2iaz} \right] \\ + B e^{-i r_0 z} \left[1 - \frac{\varepsilon_1}{2} \frac{r_0^2 + k^2}{(r_0 - a)^2 - r_0^2} e^{iaz} - \frac{\varepsilon_1}{2} \frac{r_0^2 + k^2}{(r_0 + a)^2 - r_0^2} e^{-iaz} \right. \\ \left. + \frac{\varepsilon_2}{2i} \frac{r_0^2 + k^2}{(r_0 - 2a)^2 - r_0^2} e^{2iaz} - \frac{\varepsilon_2}{2i} \frac{r_0^2 + k^2}{(r_0 + 2a)^2 - r_0^2} e^{-2iaz} \right], \quad (14)$$

where A and B are independent of z . This expression is not valid for $r_0 = a/2$ or a . The corresponding expressions can be obtained by breaking the terms in (13) into appropriate partial fractions. The expression for φ , to a first order, can now be written from (8).

4. Determination of $A(k)$ and $B(k)$

The integrals (6) and (8) with (14) will now be fitted into the boundary conditions (5) to obtain $A(k)$ and $B(k)$ when r_0 does not take up either of the values $a/2$ and a . The second and the third boundary conditions of (5) give

$$A \left[1 - \varepsilon_1 \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - 4r_0^2} - \frac{\varepsilon_2}{4i} \frac{r_0}{a} \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - r_0^2} \right] \\ + B \left[1 - \varepsilon_1 \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - 4r_0^2} + \frac{\varepsilon_2}{4i} \frac{r_0}{a} \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - r_0^2} \right] = \frac{\varrho_1}{\varrho} \left[C - \frac{e^{-r_1 h}}{2r_1} \right], \quad (15)$$

$$A \left[r_0 + \varepsilon_1 \frac{r_0(r_0^2 + k^2)}{a^2 - 4r_0^2} - \frac{\varepsilon_2}{4i} \frac{(r_0^2 - 2a^2)(r_0^2 + k^2)}{a(a^2 - r_0^2)} \right] - B \left[r_0 + \varepsilon_1 \frac{r_0(r_0^2 + k^2)}{a^2 - 4r_0^2} + \frac{\varepsilon_2}{4i} \frac{(r_0^2 - 2a^2)(r_0^2 + k^2)}{a(a^2 - r_0^2)} \right] = -i \left[r_1 C + \frac{e^{-r_1 h}}{2} \right]. \quad (16)$$

The first of the boundary conditions (5) with equation (4) gives

$$Ae^{i r_0 H} \left[1 - \varepsilon_1 \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - 4r_0^2} - \frac{\varepsilon_2}{4i} \frac{r_0}{a} \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - r_0^2} \right] + Be^{-i r_0 H} \left[1 - \varepsilon_1 \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - 4r_0^2} + \frac{\varepsilon_2}{4i} \frac{r_0}{a} \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - r_0^2} \right] = 0. \quad (17)$$

The solution of (15), (16) and (17) yield

$$\left. \begin{aligned} 2A(k)\Delta &= -e^{-i r_1 h} \frac{e^{-r_1 h}}{r_1 \cos r_0 H} \left[1 + \varepsilon_1 \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - 4r_0^2} + \frac{\varepsilon_2}{4i} \frac{r_0}{a} \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - r_0^2} \right] \\ &\times \left[1 - \frac{1}{\Delta} \left(2\varepsilon_1 \frac{r_0}{r_1} \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - 4r_0^2} - \frac{\varepsilon_2}{2} \frac{a}{r_1} \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - r_0^2} \tan r_0 H \right) \right], \\ 2B(k)\Delta &= e^{i r_0 H} \frac{e^{-r_1 h}}{r_1 \cos r_0 H} \left[1 + \varepsilon_1 \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - 4r_0^2} - \frac{\varepsilon_2}{4i} \frac{r_0}{a} \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - r_0^2} \right] \\ &\times \left[1 - \frac{1}{\Delta} \left(2\varepsilon_1 \frac{r_0}{r_1} \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - 4r_0^2} - \frac{\varepsilon_2}{2} \frac{a}{r_1} \frac{r_0^2 + k^2}{a^2 - r_0^2} \tan r_0 H \right) \right], \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

where

$$\Delta = \frac{\varrho}{\varrho_1} \tan r_0 H + \frac{r_0}{r_1}. \quad (19)$$

when $A(k)$ and $B(k)$ are substituted in (14), then according to the approximations already made only first order powers in ε_1 and ε_2 are to be retained.

5. The predominant phases

The first order expression for φ is given by (8) with (14) and (18) in an integral form. If the integral is evaluated by the usual methods of contour integration, φ will come out to be the superposition of several phases, those corresponding to the poles of the integrand, i. e. $\Delta = 0$ and those corresponding to branch points at $r_0 = 0$ and $r_1 = 0$ (the integrand being odd in both r_0 and r_1). It is to be noticed that due to the presence of the first order terms, $r_0 = 0$ is a branch point, unlike the case when they are neglected. In the following the predominant phases will be discussed in some details:

It was shown by PEKERIS (11) and reproduced in EWING, JARDETZKY and PRESS [8] that in long range transmission the dispersive phases corresponding to $\Delta = 0$ are more prominent than those corresponding to the branch point at $r_1 = 0$. In the present case these will also be prominent than those corresponding to $r_0 = 0$. The predominant phases satisfy the dispersion equation

$$\Delta = \frac{\rho}{\rho_1} \tan r_0 H + \frac{r_0}{r_1} = 0, \quad (20)$$

where from (7) and (10) we have for the phase velocity c and period $2\pi/\omega$,

$$\left. \begin{aligned} c^2 &= \alpha_0^2 \alpha_1^2 \frac{r_0^2 + r_1^2}{\alpha_0^2 r_0^2 + \alpha_1^2 r_1^2} \\ \omega^2 &= \alpha_0^2 \alpha_1^2 \frac{r_0^2 + r_1^2}{\alpha_1^2 - \alpha_0^2} \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Equation (20) has infinitely many solutions corresponding to modes of vibration. The solutions are such that

$$(2n-1) \frac{\pi}{2} < r_0 H \leq n\pi, \quad n=1, 2, 3, \dots$$

In the n -th mode, as $r_0 H$ increases from $(2n-1)\pi/2$ to $n\pi$, r_1 increases from 0 to ∞ , c diminishes from α_1 to α_0 and the period diminishes from its cut-off value

$$\frac{\sqrt{\alpha_1^2 - \alpha_0^2}}{\alpha_0 \alpha_1} \frac{4H}{2n-1} \text{ to } 0.$$

Taking the model of the Atlantic Ocean as given in EWING, JARDETZKY, and PRESS [6], $H = 12000$ ft., $\alpha_0 = 4950$ ft/sec. and $\alpha_1 = 5000$ ft/sec., we have for the first mode, the greatest period = 1.96 sec. The greatest period for the higher modes are lesser than this value.

From the expression for φ , it appears that the dispersive phases for which $r_0 \rightarrow (a/2)^-$ or a^- i. e. for which $r_0 H \rightarrow \pi^-$ or $2\pi^-$, the first order terms become comparatively large. As a consequence, if the waves are produced by a weak to moderate earthquake, which naturally produces short period waves, those phases for which these conditions are satisfied will be able to travel to considerable distances, overcoming the long ranges of transmission and the viscosity of Ocean and land segments of path, the effect of the latter becoming greater on short period waves. Thus we can assume that the phases for which $r_0 H$ nearly equals, but less than, π and 2π will

carry greater energy and only they will appear on seismograms of distant earthquakes with large oceanic paths. From the discussions of the previous paragraph, it is evident that the phase velocity of these observable phases will be very nearly but slightly greater than α_0 — the mean sound velocity in the upper layer or the sound channel. Their periods will be very small, much less than the maximum admissible period of all the dispersive phases viz. 1.96 sec. But the phases with extremely small periods will not be observable because of the viscous ocean. The bounds within which the periods of the observable phases will lie will depend on the focal depth, the range of transmission, the viscosity of the ocean and the land segments of the path. The amplitudes of these will not be large due to considerable dissipative effect of the viscous ocean and focal depth.

For the observable phases, the terms containing the ϵ_s become large in comparison to the first term in both (14) and (19), making necessary the retention of their higher powers. If this is done then it can be seen that the dispersive phases with periods slightly greater than the upper bound of the periods of the observable phases spoken off in the previous paragraph may also be observed. For, if we retain the higher powers in the calculations after equation (14) we will get a series of terms which are multiples of $\epsilon^n/(a - 2r_0)^n$ and $\epsilon^n/(a - r_0)^n$, $n \geq 2$, which remain large for comparatively greater $a - 2r_0$ and $a - r_0$, and therefore the phases for which r_0 is not so near to $a/2$ or a as the observable phases of the last paragraph, will also be observed on seismograms; their phase velocities and periods being consequently more than those of the last paragraph. These considerations show the necessity of retaining higher powers of the ϵ_s , for understanding the observable phases in a better way. However, the analysis carried out here brings out, atleast qualitatively, their nature. For a complete quantitative study of them, not only the higher powers should be retained but also the viscosity of the ocean be taken into account.

It appears that the observable phases spoken off in the last two paragraphs are associated with the first two modes of the infinitely many modes of the dispersion equation (20). However, if we take into consideration the higher order harmonic terms in the Fourier expression for α and obtain the expression for $\Phi(z)$, neglecting the squares, products and higher order quantities of the different ϵ_s , we shall see that predominant phases can also appear for $r_0 \rightarrow 3/2 a^-, 2 a^-, 5/2 a^-, 3 a^-, \dots$. All these phases will have extremely low periods and phase velocities lying near α_0 and travel through the sound channel. But the ϵ_s of high degree harmonic terms being very small, the phases corresponding to high modes of (20) are unlikely to make in an appearance, specially in view of viscosity.

The observable phases discussed here most probably appear on the seismograms and underwater hydrophones as what are known as the *T*-waves, for the latter have similar characteristics. If this is true then we have established that the *T*-waves propagate through the sound-channel.

The author expresses thanks to Dr. S. C. DAS GUPTA, D. Sc. for going through the manuscript and making some very illuminating suggestions.

References

- [1] ANDERSON, E. R.: *Trans. Am. Geophys. Union* 31 (1950).
- [2] BÅTH, M.: *Arkiv Geofysik* 2 (1954).
- [3] BYERLY, P., and C. HERRICK: *Bull. Seism. Soc. Amer.* 44 (1954).
- [4] EWING, M., F. PRESS, and J. L. WORZEL: *Bull. Seism. Soc. Amer.* 42 (1952).
- [5] EWING, M., and J. L. WORZEL: *Geol. Soc. Amer. Mem.* 27 (1948).
- [6] EWING, M., W. S. JARDETZKY, and F. PRESS: *Elastic Waves in Layered Media* (1952), McGraw-Hill, 335—337.
- [7] Ders.: 328—330.
- [8] Ders.: 126—151.
- [9] FORSYTH, A. R.: *Theory of Differential Equations* 4, Dover, 348—441.
- [10] LINEHAN, D.: *Trans. Am. Geophys. Union* (1940).
- [11] PEKERIS, C. L.: *Geol. Soc. Amer. Mem.* 27 (1948).
- [12] SHURBET, D. H.: *Bull. Seis. Soc. Amer.* 45 (1955).
- [13] VALEEV, K. G.: *J. App. Math. Mech.* 24 (1960).

Eine Tintenregistrierung für Seismographen

Von H. MÄLZER, Karlsruhe¹⁾)

Eingegangen am 26. 2. 1964

Zusammenfassung: Es wird über eine Tintenregistrierung für Seismographen berichtet, die von dem Technischen Oberinspektor F. SCHMITT, Geodätisches Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe, entwickelt wurde. Die Registrierung wurde an den kurzperiodischen Seismographen mit Differentialdrehpulschreiber der Bauart „Stuttgart“ erprobt und hat sich für eine Dauerregistrierung sehr gut bewährt. Die Strichstärke ist nicht breiter als 0,2 mm.

Summary: This paper reports on an ink-registration for seismographs constructed by the Technischen Oberinspektor F. SCHMITT, Geodätisches Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe. The registration, which is continuously working very well, was tested by short period seismographs of the type "Stuttgart" with a pen motor of differential moving coil type recording on paper. The line is not wider than 0,2 mm.

Dauerregistrierungen, wie sie in Erdbebenstationen zum Aufzeichnen von Seismogrammen erforderlich sind, müssen betriebssicher und in ihrer Unterhaltung möglichst wirtschaftlich sein. Dabei sollen die Aufzeichnungen durch besondere Feinheit in der Strichstärke gekennzeichnet sein, um auch schwächere Einsätze noch klar und deutlich erkennen zu lassen. Obwohl sich die Rußregistrierung und photographische Registrierung, die man als die üblichen Registrierarten an den Erdbebenstationen antrifft, in ihrem jahrzehntelangen Gebrauch voll und ganz bewährt haben, sind sie mit nicht unerheblichen Nebenarbeiten, wie Berußen, Entwickeln und Fixieren, verbunden. Um einwandfreie Aufzeichnungen zu erhalten, erfordert die Berußung eine gleichmäßige und dünne Beschichtung des Papiers, was nur durch besondere Vorkehrungen erreicht wird. Bei der photographischen Registrierung benötigt man einen verdunkelten Registrierraum, außerdem sind die Aufzeichnungen nicht direkt, sondern erst nach dem Fixieren zugänglich. Die in neuerer Zeit erfolgreich durchgeführten Magnetbandregistrierungen gestatten wohl eine vielseitige Analyse der seismischen Aufzeichnungen, man benötigt dazu aber eine umfangreiche elektronische Apparatur.

Die einfachste und billigste Art einer Dauerregistrierung für Seismographen ist ein direkter Aufschrieb mit Tinte, wie man ihn bereits in ähnlicher Weise bei Barographen usw. und allgemein bei Linienschreibern schon längst kennt. Ebenso wie bei der Rußregistrierung kann die Aufzeichnung laufend beobachtet werden, und außerdem steht der Registrierbogen nach der Abnahme vom Registrierwerk ohne irgendwelche Zwischenarbeiten der Auswertung sofort zur Verfügung. Durch Verwendung verschiedener

¹⁾ Dr.-Ing. Hermann MÄLZER, Geodätisches Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe.

Farben können die einzelnen Komponenten äußerlich sofort unterschieden werden. Schon lange wurden mannigfaltige Bemühungen unternommen, die Tintenregistrierung für die Aufnahme von Seismogrammen zu verwenden (z. B. C. ZEISSIG in [1]). So wurden u. a. auch in früheren Jahren an der Erdbebenwarte des Geodätischen Instituts der Technischen Hochschule Karlsruhe auf Anregung von Professor Dr. H. MERKEL Versuche mit Tintenregistrierung durchgeführt, die jedoch wegen der technischen Schwierigkeiten, wie Tintenfluß, zu breiter Strichstärke und vor allem zu großer Reibung bei Seismographen mit mechanischer Vergrößerung wieder eingestellt wurden. Die Entwicklung des Instrumentenbaues und die Anwendung moderner Methoden der elektronischen Meß- und Verstärkertechnik unter Beibehaltung der wirtschaftlichen mechanischen Registrierung mit Drehspulschreibern [2] brachten auch neue Möglichkeiten für eine Tintenregistrierung. Die Richtkraft der Drehspulinstrumente kann so bemessen werden, daß die Papierreibung der mit dem Instrument verbundenen Registrierfeder überwunden wird und völlig vernachlässigt werden kann.

Von dem Technischen Oberinspektor F. SCHMITT, Leiter der Werkstatt des Geodätischen Instituts der Technischen Hochschule Karlsruhe, dem die Erdbebenstation angeschlossen ist, wurde in den letzten 2 bis 3 Jahren eine Tintenregistrierung entwickelt, die sich für die drei kurzperiodischen Induktionsseismographen der Bauart „Stuttgart“ sehr gut bewährt und als betriebssicher erwiesen hat. Sie besteht im wesentlichen aus zwei Teilen, einem Kapillarrohr und dem Tintenbehälter.

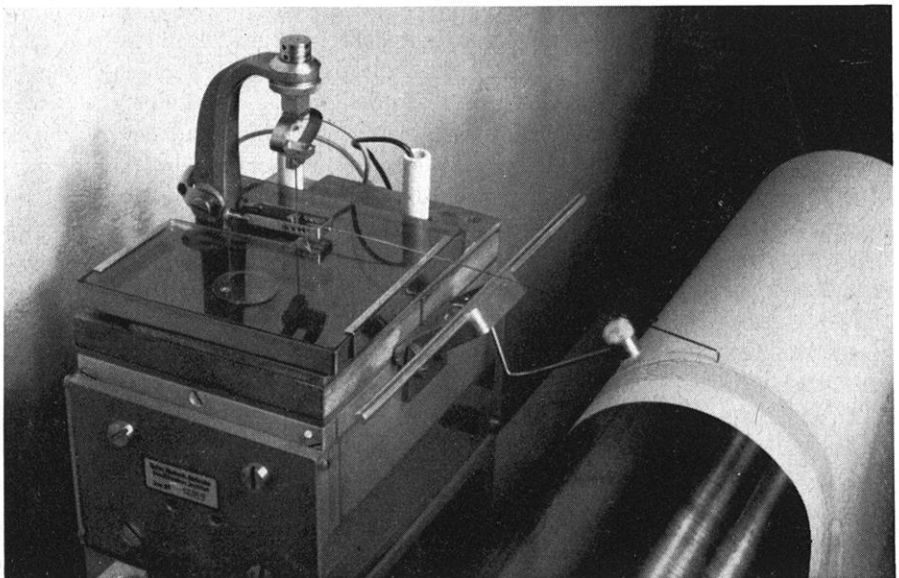


Abb. 1: Anordnung der Tintenregistrierung am Drehspulinstrument eines kurzperiodischen Induktionsseismographen der Bauart „Stuttgart“.

Das etwa 185 mm lange Kapillarrohr ist aus Nickel gefertigt und hat einen äußeren Durchmesser von 0,6 mm und einen inneren Durchmesser von 0,4 mm. An dem einen Ende des Rohres sind etwa 3 mm um 90° gebogen, und die äußerste Spitze ist trichterförmig auf 0,15 bis 0,20 mm Außendurchmesser und 0,1 mm Innendurchmesser zur Schreibspitze (Trichterhals) zusammengezogen. Schreibspitze und Kapillarrohr bestehen also aus einem Stück. Der kurze Trichterhals von 0,2 bis 0,3 mm Länge bewirkt, daß bei Reibungsabnutzung die Strichstärke immer gleichbleibt. Am anderen Ende sind 12 mm des Kapillarrohres in der gleichen Richtung um 90° gebogen. Dieser Teil, der sogenannte Rüssel, taucht in die Schreibflüssigkeit ein und befindet sich 3 mm vor dem Spannband des Drehspulinstruments, also unmittelbar in Nähe der Drehachse, wodurch zusätzliche Reibungswiderstände vermieden werden. Das Kapillarrohr ist, ebenso wie eine auf Ruß schreibende Registriernadel, an einem U-förmigen Bügel befestigt, der wiederum durch eine horizontale Spitzenlagerung mit dem Spannband verbunden ist. Am hinteren Ende des Bügels befinden sich die Schraubchen zum Ausbalancieren des Schreibarmes. Um unerwünschte elastische Effekte auszuschalten, ist eine Versteifung der Kapillare durch eine Aluminiumfolie vorgesehen.

Die Versuche mit sehr fein gezogenen Glasfedern, die auf das Kapillarrohr aufgesteckt wurden, lieferten wohl eine dünne und gute Strichzeichnung; die Federn sind jedoch gegen jeden leichten Druck und Stoß sehr bruchempfindlich und zum ungestörten Betrieb einer Dauerregistrierung nicht sehr geeignet.

Der flache Tintenbehälter ist aus Plexiglas gefertigt, hat eine innere Höhe von 8 mm und faßt knapp 80 cm^3 Registriertinte. Er ist auf dem Gehäuse des Drehspulinstruments aufgesetzt und hat an der Stelle des Spannbandhalters und des Spannbandes eine entsprechend breite Ausfräsung. Durch eine kleine, halbrunde Öffnung im Deckel des Behälters taucht der Rüssel in die Flüssigkeit ein. Die untere Fläche des Tintenbehälters liegt 2 mm höher als die Schreibspitze auf der Registrierwalze, und das Kapillarrohr ist um etwa 6° geneigt.

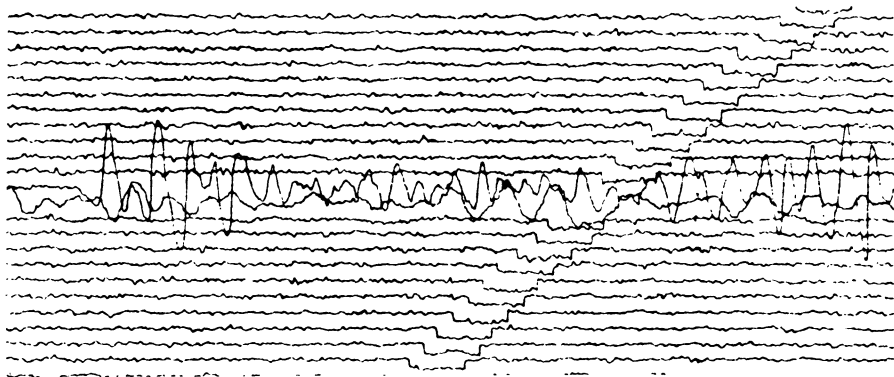


Abb. 2: Aufzeichnung der ersten Einsätze eines Fernbebens mit Tintenregistrierung im Verhältnis 1:1; Registriergeschwindigkeit 120 mm/min.

Als Tinte haben sich die Farben Rot, Grün und Schwarz der normal trocknenden Dianorm-Registriertinte der Firma E. HOLTZMANN, Speyer, gut bewährt und werden unverdünnt verwendet. Bei einer Laufgeschwindigkeit von 120 mm/min reicht der Inhalt des Behälters für etwa vier Monate. Nach 3 bis 4 min ist die Zeichnung völlig getrocknet. Die Strichstärke ist nicht breiter als 0,2 mm. Um Staubablagerungen auf dem Papier zu beseitigen, die sich an der Schreibfeder festsetzen und ein Breitlaufen der Tinte verursachen können, befindet sich vor der Schreibspitze ein Wattebausch. Zur Registrierung wird ein glattes, weißes und faserfreies Papier ohne Saugfähigkeit verwendet. Der Tintenfluß ist so gut, daß die lückenlose Wiedergabe der Seismogramme, selbst bei größeren Amplituden kurzperiodischer Schwingungen, gewährleistet ist. Einmal wöchentlich wird das Kapillarrohr mit Wasser durchgespült und gereinigt.

Literatur

- [1] SIEBERG, A.: Geologische, physikalische und angewandte Erdbebenkunde. Jena 1923.
- [2] BERCKHEMER, H., und W. HILLER: Kurzperiodische Stationsseismographen mit Trägerfrequenzverstärker und mechanischer Registrierung. Zeitschrift für Geophysik 26 (1960).

Kolloquium der Deutschen Forschungsgemeinschaft zum Schwerpunktprogramm: Geophysikalische Erforschung des tieferen Untergrundes Mitteleuropas

Bad Kreuznach 1964

Von K. STROBACH, Hamburg¹⁾

Eingegangen 21. Mai 1964

Das diesjährige Kolloquium, zu dem die Deutsche Forschungsgemeinschaft die am Schwerpunktprogramm beteiligten Forscher eingeladen hatte, fand vom 9. bis 12. März 1964 in Bad Kreuznach statt und stand unter der Leitung von Herrn Prof. HILLER, Stuttgart. Die örtliche Vorbereitung und Organisation wurde von Herrn Prof. ROSENBACH und Mitarbeitern in hervorragender Weise durchgeführt. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft war durch die Herren Dipl.-Ing. HEITZ und Dr.-Ing. GOERLICH vertreten.

Mit diesen Kolloquien — es war das fünfte des Schwerpunktprogramms — wird angestrebt, die an den Gemeinschaftsarbeiten beteiligten Forscher zusammenzuführen, über den Fortgang der Arbeiten berichten zu lassen und die Möglichkeit zu eingehender Diskussion der Arbeitsmethoden und Forschungsergebnisse zu bieten. Nach sechsjähriger Dauer des Schwerpunktprogramms ergab sich aus den 42 Vorträgen wohl jedem Teilnehmer der starke Eindruck, daß dank der großzügigen Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und der intensiven Arbeit aller Forscher ein weiter Schritt nach vorn erzielt werden konnte. Dieses Schwerpunktprogramm hat einen entscheidenden Anteil daran, daß die geophysikalische Forschung in Westdeutschland von der beklemmenden Situation noch im Jahre 1957 nunmehr, jedenfalls teilweise, zum Anschluß an den internationalen Stand aufsteigen konnte. Der Geist, von dem das Kolloquium getragen war, berechtigt aber auch zur Überzeugung, daß auf der Grundlage des Erreichten weitergearbeitet werden wird. Dies kam schon in der Eröffnungsansprache von Herrn Prof. HILLER zum Ausdruck, und am Ende der Veranstaltung konnte kein Zweifel daran bleiben, daß die größtenteils noch nicht abgeschlossenen Arbeiten und die zahlreichen neu aufgetauchten Probleme eine Weiterarbeit in der eingeschlagenen Richtung fordern.

Die Vorträge fügten sich verschiedenen Rahmenthemen ein. Als erstes wurden zusammenfassende Berichte über wichtige Forschungsprogramme gegeben. K. FUCHS hielt ein Referat über die Struktur der Erdkruste in Westdeutschland. Dabei handelt es sich um die erste, noch als vorläufig anzusehende Zusammenfassung der vor-

¹⁾ Dr. K. STROBACH, Universität Hamburg, Geophysikalisches Institut, 2 Hamburg 13, Von-Melle-Park 6.

wiegend seismischen Ergebnisse des Schwerpunktprogramms (1958—1963). Die wesentliche Materie dieser Zusammenfassung sind Karten mit Linien gleicher Tiefe für die Oberkante des variskischen Grundgebirges, der CONRAD- und der MOHOROVIČIĆ-Diskontinuität, konstruiert von einer Koordinierungsgruppe (FUCHS, MÜLLER, GIESE, STEIN, STROBACH) nach den bisher vorliegenden Auswertergebnissen seismischer Profile verschiedener Bearbeiter und anderen Unterlagen. Ein wichtiges und überraschendes Teilergebnis ist der sehr unruhige Verlauf der CONRAD-Diskontinuität, was bei den anwesenden Geologen auf großes Interesse stieß. In der Diskussion wurde besonders über die starke Vertiefung der CONRAD-Fläche auf der Linie Rhön—Spessart—Odenwald gesprochen.²⁾ — G. ANGENHEISTER gab anschließend einen Bericht über die bisherigen Untersuchungen und Ergebnisse der Arbeitsgemeinschaft Nördlinger Ries. Die gravimetrische Vermessung könnte nach ihrem Abschluß und nach verbesserter Kenntnis der Gesteinsdichten zu Aussagen über das Massendefizit im Ries führen. Aus der Vermessung des Magnetfeldes folgt, daß im inneren Rieskessel, unter den Ries-See-Sedimenten, eine vermutlich mit Sueviten durchsetzte Schicht mit inverser, remanenter, natürlicher Magnetisierung und mit schwankender Mächtigkeit liegt. Zur Entscheidung der Alternative: Meteor-einschlag oder vulkanische Explosion wäre ferner eine Weiterführung der älteren refraktionsseismischen Untersuchungen (REICH) und der Einsatz der Reflexionsseismik notwendig, da eine Kenntnis insbesondere der Grenzfläche zwischen dem zerrütteten und dem unverletzten Kristallinmaterial eine wesentliche Information darstellen würde. — H. G. SCHEUBE erstattete dann einen Bericht über ein Kolloquium, das zum Thema: „Erdmagnetische Tiefensondierung“ in Salzgitter-Lebenstedt stattgefunden hatte.

Das Rahmenthema: „Struktur der Erdkruste in Westdeutschland“ faßte einige Vorträge zusammen, deren wesentlicher Inhalt in einer Vorführung verfeinerter Meß- und Auswertergebnisse auf seismischen Profilen zu sehen ist, über die schon auf früheren Kolloquien berichtet wurde. Der Fortschritt konnte erzielt werden durch die systematische Eingliederung weiterer Meßpunkte auf Grund bereits gerechneter Modelle der Krustenstruktur und durch die Nutzbarmachung neuerer Erkenntnisse der Theorie seismischer Wellen für die Auswertung. K. FUCHS konnte den sicheren Beweis für die Existenz der CONRAD-Diskontinuität auf dem Gegenschußprofil Rhön—Eschenlohe erbringen und diskutierte Vorstellungen über mögliche Geschwindigkeitsgradienten in den Schichten. HÄNEL brachte eine Ergänzung zur Bearbeitung des von Hilders/Rhön ausgehenden seismischen Westprofils unter Benutzung von Stationen auf einem Fächer, der zum Ziel der näheren Untersuchung des steilen Abfalls der CONRAD-Diskontinuität von ihrer Hochlage im Norden zur Mulde unter dem Spessart angelegt worden war. Es zeigt sich, daß die Fächerseismogramme auf einen deutlichen Effekt hinweisen; zur sicheren Deutung wären aber noch seismische Messungen an einigen Stationen notwendig. — P. GIESE behandelte Spezialunter-

²⁾ Ein ausführlicher Bericht über diese Arbeiten steht am Anfang dieses Heftes.

suchungen auf refraktionsseismischen Profilen mittels Engaufstellung homogener Geräte. Ziel und Ergebnis sind Geschwindigkeitsgradienten in den ersten fünf Kilometern des Grundgebirges, die mit gesteinsphysikalischen Untersuchungen anderer Autoren in gutem Einklang sind.

Die Vorträge von K. FUCHS und P. GIESE zeigen, daß einfache Krustenmodelle mit homogenen Schichten verlassen werden. Die Berücksichtigung der empfangenen seismischen Energie als zusätzliche Information dürfte das Problem der Geschwindigkeitsgradienten lösen helfen und eröffnet damit die Möglichkeit zur Diskussion gesteinsphysikalischer Fragen.

Über einen Isochronenplan der Moho-Einsätze im Alpenvorland und in den Alpen berichtete C. PRODEHL. Ferner gab A. GULZAR einen Überblick über seine Untersuchungen der Dispersion von Oberflächenwellen bei Steinbruchsprengungen.

Das Rahmenthema: „Geophysik und Geologie im Alpenraum“ fand naturgemäß besonders großes Interesse. Nach den Vorträgen von C. BEHNKE über die Bearbeitung des Refraktionsprofils Lago Bianco—Lago Lagorai und von G. WILLINSKY über Messungen auf dem SE-Profil von Lago Bianco trug E. BEDERKE seine Vorstellungen über den Unterbau der jungen Faltengebirge vor. Gewaltige Massen von Grundgebirge, die die Unterlage der jetzt übereinandergestapelten Decken gebildet haben, sind in die Tiefe gesaugt worden und bilden die Gebirgsurzeln. Durch eine partielle Aufschmelzung des Grundgebirges hat eine Entmischung stattgefunden und der sich bildende Granit ist nach oben ausgewandert. Die Rückstände bestehen vorwiegend aus feldspat- und quarzarmen kinzigitartigen Cordierit-, Granat- und Silimanitgneisen und besitzen hohe Schallgeschwindigkeiten. Es ist anzunehmen, daß der obere Teil der Zwischenschichten (intermediate layers) der Erdkruste aus derartigen Gneisen besteht.

Nach diesen Vorträgen entstand eine lebhafte Diskussion, die insbesondere an dem offenbar unsymmetrischen Verlauf der MOHOROVIČIĆ-Diskontinuität senkrecht zur Alpenachse anknüpfte. Die seismischen Messungen deuten auf eine Verschiebung der größten Mohotiefen zur Poebene hin, was besonders auch am „Straßburger Modell“ der Westalpen deutlich wird. Von geologischer Seite wird hier u.U. ein Anlaß zum Umdenken bisheriger Vorstellungen gesehen. — Weiter berichtete A. BEHLE über gravimetrische Messungen auf einem Alpen-Querprofil Mittenwald—Brenner—Verona. Diese Arbeiten sind wegen der umfangreichen Reduktionsarbeiten noch nicht abgeschlossen. Ferner gab L. STEGENA (Budapest) einen Überblick über seismische, gravimetrische und geothermische Arbeiten in Ungarn und über zukünftige Pläne.

Unter dem Rahmenthema: „Gravimetrie und Magnetik“ berichtete K. HELBIG über gravimetrische Untersuchungen am SE-Rand der Münchberger Gneismasse. G. ANGENHEISTER sprach über die magnetische Vermessung im Nördlinger Ries, während HORST eine Isogonenkarte des Harzes vorlegte, die mit Hilfe des an der Bergakademie Clausthal entwickelten Vermessungskreisels gewonnen worden war. — Zur Frage des Zeitbedarfs bei der Interpretation zweidimensionaler Störfelder in der angewandten Magnetik trug K. HELBIG seine Überlegungen vor.

Das Thema: „Reflexionsseismik für große Tiefen“ war in einen Teil, in dem Meßergebnisse mitgeteilt wurden, und in einen theoretischen Teil gegliedert. G. DOHR, H. DÜRBAUM und W. KAMINSKY berichteten über Ergebnisse der Auswertung von Tiefenreflexionen aus verschiedenen Räumen. Dabei zeigte es sich, daß die Qualität der Ergebnisse je nach Meßgebiet recht unterschiedlich sein kann. Fragen der Fokussierung reflexionsseismischer Wellen durch Inhomogenitäten der Schichten oder Krümmungen der reflektierenden Horizonte wurden im Zusammenhang mit dem Fehlen durchgehender Reflexionseinsätze und ihrer zeitlichen Streuung vor allem in der Diskussion behandelt. Eine Literaturzusammenstellung über Reflexionen aus dem oberen Erdmantel wurde von M. KÖNIG gegeben, während J. FRITSCH und R. MEISSNER über Literaturarbeiten der Thematik „Reflexionen im Bereich des kritischen Winkels“ berichteten. Wesentlich ist, daß neuere theoretische Arbeiten die größten Amplituden der reflektierten Wellen nicht in der kritischen Entfernung, sondern etwas später erwarten lassen. K. FUCHS und R. GUTDEUTSCH konnten an den Ergebnissen des seismischen Profils Eschenlohe—Rhön sehr schön den Wert der Benutzung kritischer Reflexionen demonstrieren. Es zeigte sich aber auch, daß aus den Amplituden allein noch nicht auf ein Strukturmodell geschlossen werden kann, da Geschwindigkeitsgradienten der Schichten im Spiele sind.

Eine theoretische Untersuchung von R. BORTFELD über synthetische Mintrop-Wellen und Weitwinkelseinsätze fand ein besonders lebhaftes Interesse. An Hand von eindrucksvollen Bildern der Partikelbewegung in der Schichtgrenze und der Deckschicht konnte die Ausbildung der Mintrop-Welle und der reflektierten Welle in verschiedenen Entfernungen vom Schußpunkt verfolgt werden. Derartige, für die Interpretation von Seismogrammen sehr wichtige Untersuchungen sind erst mit dem Einsatz elektronischer Rechner möglich geworden.

Im Rahmenthema: „Aufnahmetechnik“ wurden die Abschnitte „Wellenerzeugung und Datenverarbeitung“ und „Magnetbandregistrierung“ behandelt. F. H. KELLER führte ein Verfahren zur Umwandlung von Filmregistrierungen in elektrische Signale mittels Abtastung durch einen Kathodenstrahloszillographen vor. Dieses Verfahren eignet sich zur elektrischen Frequenzanalyse mit Bandpaßfiltern. — A. STEIN trug seine theoretischen Untersuchungen von Störschwingungen an Vertikalseismographen vor, die von Eigenschwingungen der Schraubenfeder stammen. — Über Messungen der Bodenerschütterungen in Schußpunktnähe bei den Sprengungen im Lago Bianco (1963) berichtete H. BAULE. Die Messungen sollten Anhaltspunkte für Fragen der Schadensbeurteilung liefern. — Zum Thema der Abhängigkeit der registrierten seismischen Signale von der Ladungsmenge und der Entfernung vom Schußpunkt gab R. VEES Einblick in eine Gemeinschaftsarbeit anlässlich der Experimente Lago Lagorai 1962 und Lago Bianco 1963. Danach trug er Ergebnisse über Spezialuntersuchungen der Abstrahlung der seismischen Energie für einfache und mehrfache Ladungen vor. Es gelang dabei, die seismischen Wellen im Gestein unterhalb eines kleinen künstlichen Teiches zu registrieren. Es zeigte sich, daß geteilte Ladungen wirksamer sind als einfache gleicher Ladungsmenge.

G. WINKLER, Tübingen, trug Überlegungen über die von seiten der Informationstheorie sich anbietenden Möglichkeiten zur Verbesserung des Signal-Störverhältnisses vor. Die Diskussion ergab, daß diese Möglichkeiten bereits weitgehend ausgeschöpft werden. — E. DAVID sprach über die Störwellenausbreitung in Festkörpern und Flüssigkeiten, wobei ein sehr eindrucksvoller Modellversuch zur Demonstration der Stoßwelle großen Beifall fand.

Zum Thema: „Magnetbandregistrierung“ gab H. BERCKHEMER zunächst einen Tätigkeitsbericht der Arbeitsgruppe „Magnetbandgerät“. Es wurden Vorschläge über geeignete Langzeitgeräte für Dauerregistrierungen mitgeteilt und ferner über den Fortgang der Arbeiten zur Entwicklung eines Feld-Magnetbandgerätes für refraktionsseismische Registrierungen berichtet. H. BAULE, J. BEHRENS, I. PETÖFALVI und R. SCHICK teilten anschließend ihre Erfahrungen mit Magnetbandregistrierungen mit. Hervorzuheben sind die guten Ergebnisse mit dem Multiplex-Verfahren und der hierfür besonders geeigneten Kompensation der Laufunregelmäßigkeiten mittels eines aufgespielten Frequenznormals (BEHRENS und PETÖFALVI).

W. KERTZ berichtete über ein die Magnetbandtechnik ausnutzendes Verfahren zur statistischen Frequenzanalyse. Die zu analysierenden geophysikalischen Zeitfunktionen werden in Analogform auf Magnetband übertragen, wobei zur Herstellung eines weißen Spektrums ein Hochpaßfilter benutzt wird. Die Abtastung mit zwei Magnetköpfen und eine mechanisch gesteuerte Verzögerungseinrichtung (variable Bandschleife) gestattet mittels nachgeschalteter Multiplizierer und Integrierer die Berechnung von Kovarianz- und Kreuzkovarianzfunktionen, die ausgedruckt werden. Die Weiterverarbeitung zu quadratischen Spektren oder zur Kohärenzfunktion erfolgt auf einer normalen elektronischen Rechenanlage.

Die letzte Nachmittagssitzung war den seismischen Untersuchungen an Modellen und Bohrkernen vorbehalten. S. GUHA gab einen Bericht über modellseismische Arbeiten (R. GUTDEUTSCH und S. GUHA), bei denen es sich um eine experimentelle Darstellung der Wellenfronten an zweidimensionalen Modellen mit Hilfe von Laufzeitmessungen und Bestimmungen der Hauptschwingungsrichtungen handelt. — K. STROBACH berichtete vom Fortgang der modellseismischen Untersuchungen über die Partikelbewegung bei Rayleighwellen an geschichteten Modellen mit geneigter Schichtgrenze. — F. THYSSEN zeigte Ergebnisse von Geschwindigkeitsmessungen an Bohrkernen aus dem unteren Teufenbereich der Bohrung Münsterland 1, wobei deutliche Anisotropieeffekte gefunden wurden. Der Vergleich mit in situ gemessenen Geschwindigkeiten (aus Bohrlochmessungen und refraktionsseismischen Messungen) ergab etwa das gleiche Verhältnis zwischen den Geschwindigkeiten in vertikaler und horizontaler Richtung. — Zum Schluß berichtete J. WOHLBERG über eine Resonanzmethode zur Bestimmung der Elastizitätskonstanten an Bohrkernen.

**Verzeichnis der geophysikalischen Vorlesungen
an den deutschsprachigen Universitäten und Hochschulen**

Wintersemester 1964/65

F. U. Berlin

Wettervorhersage II (2)	SCHERHAG
Einführung in die Klimatologie II (2)	SCHERHAG
Einführung in die Meereskunde I (1)	STROBACH
Gezeitentheorie (2)	STROBACH
Seismische Erforschung der Erdkruste (1)	STROBACH
Meteorologische Instrumentenkunde I (1)	BURGER
Einführung in die Methoden der Witterungsvorhersage II (1)	CLAUSS
Einführung in die Geophysik IV (2)	FEUSSNER
Meteorologisch-geophysikalische Methoden u. Ergebnisse der Weltraumforschung II (1)	HAUPT
Meteorologie und Technik (1)	STELIANU
Meteorologie der Stratosphäre u. d. Mesosphäre (1)	WARNECKE
Physik der Atmosphäre II (1½)	FORTACK
Hydrodynamik (1½)	FORTACK

Humboldt-Universität Berlin

Einführung in die Geophysik (2)	OLBERG
Einführung in die Meteorologie (2)	BÖHME
Einführung in die Klimatologie (1)	BÖER
Praktische Mathematik für Geophysiker, Meteorologen und Hydrologen (4)	MAUERSBERGER
Theoretische Physik für Geophys. u. Met. (4)	LUCKE u. KAUTZLEBEN
Allgemeine u. theoretische Geophysik (2)	MAUERSBERGER
Geophysik I (Geomagnetismus) (2)	FANSELAU
Geophysikalische Gerätekunde (2)	FANSELAU
Elektronische Meßmethoden in der Geophysik (2)	SCHMIDT
Statistische Methoden der Met. u. Geoph. (2)	TAUBENHEIM
Ausgewählte Kapitel a. d. theoret. Geoph. (2)	LUCKE
Einführung in die techn. Klimatologie (1)	BÖER
Einführung in die Hydrologie (2)	KÖBE
Atmosphärische Elektrizität (2)	FOITZIK
Theoretische Meteorologie (2)	HÄUSER
Numerische Wettervorhersage (1)	HÄUSER
Ausgewählte Kapitel aus der Physik der Atmosphäre (Atmosphärische Turbulenz) (1)	BÖHME
Synoptische Meteorologie (2)	WEHNER
Human-Bioklimatologie (1)	HENTSCHEL
Klimakunde von Australien u. d. Südseeinseln (1)	HENDL
Elektrische u. elektronische Meßmethoden in der Meteorologie (1)	HÖHNE

Universität Bonn

Physik der Atmosphäre (3)	FLOHN
Einführung in die synoptische Meteorologie (2)	LINGELBACH
Wechselwirkungen zwischen Ozean u. Atmosphäre (1)	SCHMITZ
Mikroklimatologie Teil I (1)	SEEMANN

Bergakademie Clausthal-Zellerfeld

Einführung in die Physik der festen Erde I (2)	N. N.
Einführung in die angewandte Geophysik (2)	N. N.
Grundlagen der Modellseismik (1)	BEHRENS
Meteorologie (2)	FISCHER

T. H. Darmstadt

Klimatologie: Langfristige Witterungsvorhersage (1)	WIPPERMANN
Numerische Wettervorhersage (2)	WIPPERMANN
Wetteranalyse u. -vorhersage (2)	KLUG
Optik u. kurzweilige Strahlung in der Atmosphäre (2)	KASTEN

Universität Frankfurt

Ausgewählte Kapitel aus der Geophysik (2)	BERCKHEMER
Allgemeine Meteorologie (3)	MÜGGE
Wetterbesprechungen (3)	MÜGGE
Wolkenphysik u. Niederschlagsbildung (2)	GEORGI
Theoretische Meteorologie I (2)	N. N.

Universität Freiburg

Einführung in die Geophysik I: Seismik (2)	RAWER
--	-------

Universität Göttingen

Grundbegriffe der Statistik mit geophysikalischen Anwendungen (2)	SIEBERT
Atmosphäre u. Ausbreitung ultrakurzer Wellen (1)	DIEMINGER
Die Magnetosphäre der Erde und kosmische Strahlung (1)	EHMERT
Einführung in die Meteorologie (1)	KLEINSCHMIDT

Universität Hamburg

Statistik u. Thermodynamik der Atmosphäre (2)	BROCKS
Allgemeine Zirkulation u. Zyklogenesis (1)	RAETHJEN
Numerische Methoden in der dynamischen Meteorologie Teil II (1)	FISCHER
Meteorologische Instrumente II (1)	STILKE
Statistische Analyse von Beobachtungsreihen I (1)	HASSE
Allgemeine dynamische Ozeanographie (2)	HANSEN
Der physikalische und chemische Aufbau des Weltmeeres (1)	KALLE
Theorie des irdischen Schwerfeldes (2)	MENZEL
Einführung in die Geophysik II (2)	GUTDEUTSCH

T. H. Hannover

Einführung in die Meteorologie (2)	DAMMANN
Agrarmeteorologie (2)	DAMMANN
Synoptische Meteorologie (2)	DAMMANN
Klimate der Erde (2)	DAMMANN

Universität Kiel

Einführung in die Geophysik: Bewegung und Figur der Erde, Schwere u. Massenverteilung (2)	JUNG
Einführung in die angewandte Geophysik: Magnetische, elektrische, radioaktive u. thermische Methoden (2)	JUNG
Deformationen und Erdbeben (3)	JUNG

Universität Mainz

Theoretische Meteorologie II (Dynamik und Kinematik) (4)	JUNGE
Hohe Atmosphäre (1)	JUNGE
Wetterbesprechung (1)	JUNGE
Langwellige Strahlung (2)	BULLRICH
Einführung in die numerische Vorhersage IV (1—14tgl.)	HINKELMANN
Theorie der Seismik und Erdbebenkunde (3)	ROSENBACH
Angewandte Seismik (2)	ROSENBACH

Universität München

Methoden der angewandten Geophysik (2) (ohne Seismik)	ANGENHEISTER
Einführung in die Vorlesungen der Geophysik (2)	ANGENHEISTER mit HELBIG
Gesteinsmagnetismus (2)	ANGENHEISTER
Physik der festen Erde (2)	HARDTWIG
Geodynamik (2)	HARDTWIG
Probleme der physik. u. geolog. Erdbebenkunde II. Teil (1)	FÖRTSCH
Einführung in das geoph. Praktikum I (Seismik) (2)	FÖRTSCH mit GIESE
Meteorologie I (3)	MÖLLER
Einführung in die dynamische Meteorologie (3)	HOLLMANN
Luftelektrizität (2)	MÜLLER
Mikroklimatologie (2)	HOFMANN
Techn. Klimabeeinflussung (2)	VAN EIMERN
Synoptische Meteorologie u. Wettervorhersage II (2)	CHRISTIANS

T. H. München

Einführung in die Meteorologie II	KRAUS
Agrarmeteorologie I (2)	VAN EIMERN

Universität Münster

Physik der festen Erde II (Gravimetrie-Magnetik) (2)	BROCKAMP
Praktische Seismometrie (2—14tgl.)	BAULE
Einführung in die Meteorologie (1)	GEORGH

T. H. Stuttgart

Einführung in die allgem. Geophysik (2)	HILLER
Grundlagen der Seismik (2)	HILLER

Universität Tübingen

Grundlagen der allgemeinen und angewandten Geophysik 3. Teil (Seismik) (2)	HILLER
Physik der Atmosphäre I (Grundlagen) (1)	MÜHLEISEN

Universität Graz

Meteorologie (5)	BURKARD
------------------	---------

Universität Wien

Einführung in die Meteorologie (4)	STEINHAUSER
Atmosphärische Turbulenz (2)	REUTER
Theorie und Praxis der Wettervorhersage (2)	REUTER mit PICHLER
Allgemeine Geophysik I (4)	TOPERCZER
Geophysik des Wassers I (1)	LAUSCHER
Angewandte Meteorologie (1)	LAUSCHER
Numerische Wettervorhersage (2)	PICHLER

T. H. Zürich

Allgemeine Geophysik (Gravimetrik, Magnetik, Erdinneres, Hydrosphäre) (2)	GASSMANN
Geophysikalische Prospektion (Geoelektrik, Gravimetrik, Magnetik) (3)	GASSMANN
Allgemeine Gravitation (2)	M. WEBER
Strömungslehre II (3)	ACKERET
Aerosole (Rauch, Nebel, Staub) (1)	GESSNER
Wetter- und Klimalehre (2)	GUTERSOHN
Einführung in die synoptische Meteorologie (2)	KUHN
Allgemeine Meteorologie mit Rücksicht auf das Flugwesen (2)	LUGEON
Physik der Atmosphäre I (2)	M. DE QUERVAIN

The Remanent Magnetization of the Suevite from the Ries Area (Southern Germany)

Since K. HAUSSMANN (1904) the existence of an extended negative magnetic anomaly in the Ries basin (120 km north-west of Munich) is known. In 1955 W. HORRIX investigated this anomaly by measuring the vertical component of the magnetic field. His isanomaly map of the central part of the Ries crater confirmed the generally negative anomaly, with values up to -300γ . In 1962 we began to expand these investigations by measuring the total field on profiles extending about 20 km over the rim of the Ries basin. These measurements will be continued.

Horrix also found a reverse magnetization of some Suevite samples, strongly heated explosion products of the Ries catastrophe, which are found in the surroundings of the Ries basin. The Suevite is the only appreciably magnetized rock in this region. More knowledge about the magnetization of the Suevite seemed to be interesting, as well for palaeo magnetic questions as for a possible explanation of the negative anomalies and thus for a contribution to the discussion about the origin of the Ries crater.

For this purpose we collected oriented samples in 9 Suevite quarries where fresh material was available. The remanent magnetization was measured with a millioerstedmeter. The results from 6 sampling sites are shown in the following table:

Table 1.

Site	Number of samples	\bar{J}_r $10^{-5} \Gamma$	Incl. i of the remanent magnetization	Decl. δ	Θ (FISHER)	\bar{Q}
Aufhausen	18	59	-55°	192°	2.9°	3.9
Fronhofen	5	122	-61°	194°	1.5°	40
Otting	14	56	-58°	191°	3.8°	4.9
Amerdingen. . . .	18	92	-58°	194°	0.8°	4.9
Bollstadt	19	137	-60°	190°	2.3°	5.7
Pflaumloch	3	59	-51°	190°	—	2.7

\bar{J}_r mean remanent magnetization
 Θ 95% circle of confidence radius
 \bar{Q} mean Königsberger ratio
 δ increasing from N to E

The experimental error on the intensity of magnetization is about 10⁰/₀, the maximum error on the inclination and declination is 4⁰ for the different specimens. The standard deviation of intensity of remanent magnetization of the individual samples within each quarry is of the same order of magnitude as the deviations between different quarries (column 2, Table 1). AC-demagnetization yielded practically no change in the direction of the magnetization, the intensity of which was generally stable up to 200 Oe (sometimes with a slight increase) and then decreased to about 60⁰/₀ of the original value at 430 Oe.

All the samples show reverse magnetization. The mean values are: $\bar{i} = -57^{\circ}$, $\bar{\delta} = 192^{\circ}$. The explosion which formed the Ries crater occurred during the Miocene, on the transition between Tortonian and Sarmatian. A remarkable fact is the close coincidence of the directions of magnetization for the different sampling sites which are separated by a maximum distance of 35 km. This coincidence confirms a simultaneous origin of the different Suevite sites. The intensity and the direction of the magnetization also show that Suevite may be the cause of the negative anomalies in the Ries basin. More details will be published later.

The K-A-age of the Suevite is 14.8 ± 0.7 m.y. [3].

Institut für Angewandte Geophysik
Richard-Wagner-Str. 10
8 München 2

G. ANGENHEISTER, J. POHL

References

- [1] HAUSSMANN, K.: Magnetische Messungen im Ries und dessen Umgebung. Anhang zu den Abh. d. preuß. Akad. d. Wissensch., 1904.
- [2] REICH, H., und W. HORRIG: Geophysikalische Untersuchungen im Ries und Vorries und deren geologische Deutung. Beih. Geol. Jahrb. **19**, 1955.
- [3] GENTNER, W., H. J. LIPPOLT u. O. A. SCHÄFFER: Das Kalium-Argon-Alter der Gläser des Nördlinger Rieses und der böhmisch-mährischen Tektite. Geochim. Cosmochim. Acta **27**, 1963.

Buchbesprechung

B. A. ТКОСТОВ: *Original-Lagerstättendrucke in Öl- und Gaslagerstätten* (Initial Rock Pressures in Oil and Gas Deposits). Pergamon Press, Oxford 1963. 118 S., 16 Abb., 14 Tab., Preis 50 s.

Dies kleine Buch enthält eine sehr interessante und ins einzelne gehende Diskussion des Problemkreises um die in Öl- und Gaslagerstätten angetroffenen Drucke. Die verschiedenen Hypothesen und Erklärungsmöglichkeiten werden in allen Einzelheiten an Daten aus verschiedenen Ölprovinzen diskutiert. Besonders ausführlich werden die Verhältnisse in den Ölfeldern im Paläozoikum der russischen Plattform, im Mesozoikum des Cis-Kaukasus und im Känozoikum des Cis- und Transkaukasus besprochen und das Für und Wider in bezug auf die verschiedenen Theorien erörtert. Es wird festgestellt, daß nur in seltenen Fällen ein aktiver hydrodynamischer Zusammenhang in den Schichten über größere Entfernungen besteht, d. h., daß eine Erklärung mit Hilfe der Begriffe „Einzugsbereich“, „Durchflußgebiet“ und „Ausflußbereich“ nur selten mit den beobachteten Tatsachen in Einklang zu bringen ist. Viel eher können die Beobachtungsdaten im Zusammenhang mit der geologischen und tektonischen Geschichte eines Gebietes und den Variationen der faziellen Ausbildung, der Durchlässigkeit usw. der Gesteinspakete verstanden werden. Z. B. legen die bekannten Daten aus dem Gebiet der Tscheleken-Halbinsel nahe, daß die in den oberen „Redbeds“ angetroffenen Kohlenwasserstoffe entlang von Wegen, die durch tektonische Vorgänge und Schlammvulkantätigkeit geschaffen wurden, migriert sind und eigentlich aus den unteren Partien der „Redbeds“ stammen, worauf der sehr hohe Lagerstättendruck zurückgeführt wird. Etliche andere Ölregionen werden weniger im Detail besprochen.

Es ist für das Verständnis nicht gerade fördernd, daß dem Buch nur wenige Profile und keine Karten beigegeben sind, so daß die vielen im Text zitierten Namen von Gegenden und Erdölfeldern sich häufig nur mit Schwierigkeiten lokalisieren lassen. Es muß aber betont werden, daß trotz dieses Mangels das Buch eine sehr interessante und zu empfehlende Studie dieses außerordentlich komplexen Problems darstellt.

H. J. DÜRBAUM

Über 40 Jahre weltweite Erfahrung **SEISMOS**

Ältester geophysikalischer Contractor mit modernster Ausrüstung

**Führend in vielseitiger Abspieldtechnik: Geeignetes Stapeln Δ „Continuous Integrating“
Anwendung des Time-Domain Filters Δ Verschiedene Möglichkeiten zur Beseitigung
multipler Reflexionen Δ Geeignete Kombination von Frequenz- und Wellen-
längen-Filterung**

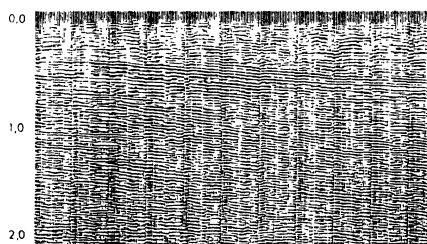
in „Very Low Frequency“ Refraktionsseismik zur Erforschung tiefer Becken

in genauester und wirtschaftlicher Arbeit mit dem Worden Gravimeter

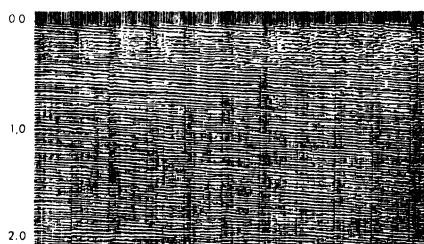
Geoelektrik - Geomagnetik - Scintillometrie

**Regionale und Detail-Untersuchungen in Europa und Übersee mit wirtschaftlichen
Kosten pro Quadratkilometer**

**SEISMOS ist bekannt für sorgfältige Interpretationen und auch für Reinterpre-
tationen**



Seismogramm-Sektion mit statischen Korrekturen,
Filterung 26/85 Hz



Dieselbe Sektion, verbessert durch überschlagende Mischung
und „Continuous Integrating“

**SEISMOS GmbH, Hannover
Wilhelm-Busch-Straße 4**

Telegramm-Adresse: Seismos Hannover Δ Tel.: 71 08 31 Δ Fernschreiber: 092 2419

Die Welt der Sterne

von W. BRUNNER. 2., unveränderte Auflage. Mit 152 Abbildungen. 288 Seiten,
Leinen DM 16,-

Traité des sections coniques,

faisant suite au traité de géométrie supérieure

von M. CHASLES. Teil 1 (Alles Erschienenene). Mit 5 Tafeln. 1865. Neudruck 1962.
XII, 368 Seiten, Leinen DM 56,-

Triumph der Mathematik

Hundert berühmte Probleme aus zwei Jahrtausenden mathematischer Kultur
von H. DÖRRIE. 5. Auflage. Mit 122 Abbildungen. 391 Seiten, Leinen DM 18,50

Introduction to Boolean Algebras

von PH. DWINGER. VI, 61 Seiten, Leinen DM 12,-, broschiert DM 10,-

Handbuch der Kugelfunktionen

Theorie und Anwendungen

von E. HEINE. 2., umgearbeitete und erweiterte Auflage. 2 in 1 Band. 1878-1881.
Neudruck 1961. XVI, 484 und XII, 380 Seiten. Leinen DM 78,-

Lebendige Mathematik

von W. LIETZMANN. 2. Auflage. 343 Abbildungen und 10 Tafeln. 435 Seiten,
Leinen DM 16,80

Diophantische Approximationen

Eine Einführung in die Zahlentheorie

von H. MINKOWSKI. Mit 82 Abbildungen. 1907. Neudruck 1961. 235 Seiten,
Leinen DM 27,-

Vorlesungen über die Theorie der Integralgleichungen

von I. G. PETROVSKIJ. Übersetzt von R. HERSCHEL. 100 Seiten, Halbleinen DM 7,80

Theorie der endlich erzeugbaren kommutativen Halbgruppen

von L. RÉDEI. 226 Seiten, Leinen DM 35,-

Formeln und Lehrsätze zum Gebrauch der elliptischen Funktionen

von K. WEIERSTRASS. Herausgegeben von H. A. Schwarz. 2. Ausgabe 1893.
Neudruck 1962. 96 Seiten, Leinen DM 22,-

Tafeln zur harmonischen Analyse und Synthese periodischer Funktionen

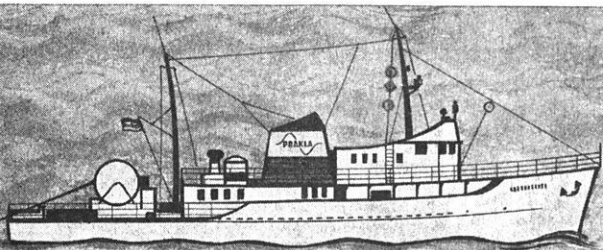
Tables for the Harmonic Analysis and Synthesis of Periodic Functions

von L. ZIPPERER. In englischer und deutscher Sprache. 1961. 8 Seiten, 24 Tafeln,
20 Grundtafeln und 20 Berechnungsblätter. In Mappe DM 9,75.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

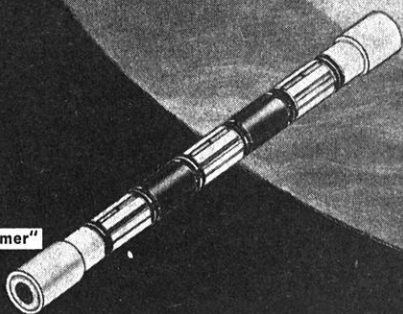


PHYSICA - VERLAG · WÜRZBURG



Watt und Hochsee

mit „Streamer“



1964
11 Meßgruppen
59450 Schüsse



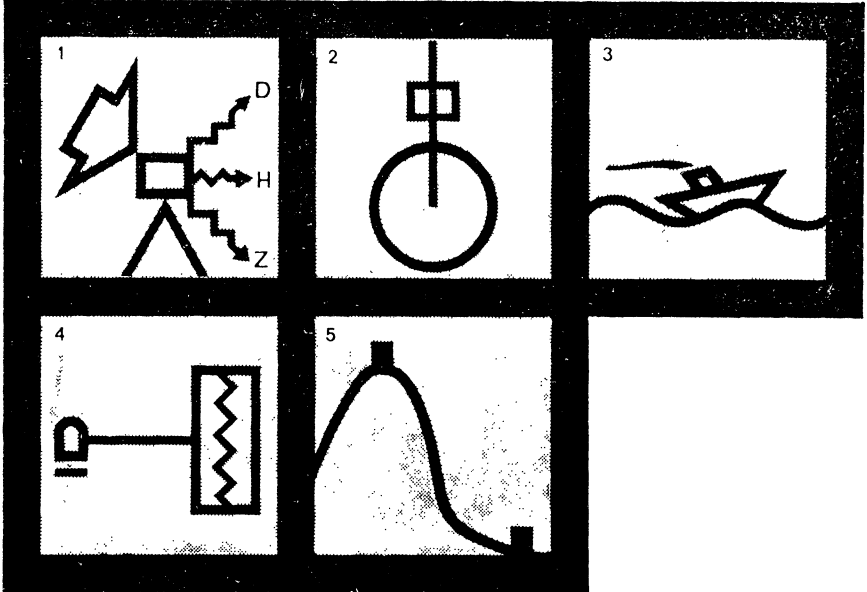
- | | |
|------------|---|
| ALGERIEN | SOCIÉTÉ NORD AFRICAINE DE GÉOPHYSIQUE
6, Boulevard Mohamed V – ALGIER |
| AUSTRALIEN | PRAKLA (AUSTRALIA) PTY. LTD.
Box 320 E, G.P.O. – BRISBANE/QUEENSLAND |
| BRASILIEN | PRAKLA S.A.
Av. Franklin Roosevelt 23 12° andar – RIO DE JANEIRO |
| FRANKREICH | COMPAGNIE POUR L'APPLICATION DES
TECHNIQUES GÉOPHYSIQUES "C.A.T.G."
79, Champs Elysées – PARIS – VIII e |
| LIBYEN | PRAKLA LIBYA
P.O. Box 679 – TRIPOLIS |
| MAROKKO | PRAKLA MAROC
2, Rue Ivoislter – RABAT |
| ÖSTERREICH | PRAKLA GMBH
WIEN 19 – Kreinlgasse 15/10 |
| SPANIEN | PRAKLA SEIGNOS ESPAÑOLA S.L.
Calle Maritima 4 – MADRID (2) |
| SYRIEN | PRAKLA SYRIA
BP 1074 – ALEPPO |
| TURKEI | PRAKLA ANKARA
P.K. 41 – ÇANKAYA-ANKARA |

HANNOVER · HAARSTRASSE 5 · RUF: 80721 · FERNSCHREIBER: 092 2847 · DRAHT: PRAKLA



CONTI ELEKTRO
ASKANIA-WERKE
BERLIN-MARIENDORF

ASKANIA INSTRUMENTE VON WELTRUF



1 Registrierung der Variationen der erdmagnetischen Komponenten D, H und Z - **Askania-Variograph Gv 3**

2 Magnet - Faden - Torsionskreis, die klassisch einfache Meßmethode - **Askania-Torsionsmagnetometer Gfz, Gfz/M und Gfh**

3 Zuverlässig auch bei Vertikalbeschleunigungen von 200000 mgal und mehr - **Askania-Seegravimeter nach Graf**

4 Getrennte Aufstellung von Magnetometer und Schreiber - **Askania-Magnetograph Gm 1**

5 Schnelle Höhenmessungen auf ± 10 bis 30 cm genau - **Askania-Mikrobarometer Gb 5**

4-319

Nähere Informationen durch **CONTI ELEKTRO ASKANIA-WERKE** Berlin 42
CONTINENTAL ELEKTROINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT · DUSSELDORF

CONTI ELEKTRO



SCHORCH



VOIGT & HAEFFNER · SCHORCH-WERKE · ASKANIA-WERKE · KABELWERK VOHWINKEL