

ZEITSCHRIFT
FÜR
GEOPHYSIK

Herausgegeben im Auftrage der

Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

von

B. Brockamp, Münster i. W.

unter Mitwirkung von **A. Defant**, Innsbruck — **W. Dieminger**, Lindau b. Northeim
W. Hiller, Stuttgart — **K. Jung**, Kiel — **O. Meyer**, Hamburg
F. Möller, Mainz — **H. Reich**, Göttingen.

Jahrgang 25

1959

Heft 6



PHYSICA - VERLAG · WURZBURG

Niedersächsische Staats- u.
Universitätsbibliothek
Göttingen

INHALTSVERZEICHNIS

<i>Mattern, G.:</i> Über die Wistler-Beobachtungen des Taunus-Observatoriums	265
<i>Teupser, Ch. und Ullmann, W.:</i> Ein neuer Horizontalseismograph mit galvanometrischer Registrierung	272
<i>Dohr, G.:</i> Über die Beobachtungen von Reflexionen aus dem tieferen Untergrunde im Rahmen routinemäßiger reflexionsseismischer Messungen	280

Die ZEITSCHRIFT FÜR GEOPHYSIK

erscheint in Jahrgängen zu je 6 Heften. Der Bezugspreis beträgt je Jahrgang 34,— DM, Einzelhefte je nach Umfang. Abonnements verlängern sich jeweils um einen Jahrgang, falls keine ausdrückliche Abbestellung zum Ende eines Jahrganges 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 Autorennamen, 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 Erstattung der Selbstkosten. 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. Bernhard Brockamp, Institut für reine und angewandte Geophysik,
Münster (Westfalen), Steinfurter Straße 107

Anschrift der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft:

Hamburg 13, Rothenbaumchaussee 80, Postscheck: Hamburg Nr. 55983

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, Münzstrasse 12. Pers. haft. Ges.: Rudolf Liebing, Arnulf Liebing und Hildegund Holler, sämtl. Buchhändler in Würzburg
Kommanditisten: Friedr. Gäbler, Buchhändler, u. Charl. Kuhnert, beide Würzburg.

Typoskript: Physica-Verlag, Würzburg; Offsetdruck: fotokop, Darmstadt.

Printed in Germany



PHYSICA-VERLAG, Würzburg 1959

Über die Whistler-Beobachtungen des Taunus-Observatoriums ¹⁾

Von G. Mattern, Kleiner Feldberg / Ts. ²⁾

Zusammenfassung: Es werden die Registrierergebnisse einer zweieinhalb jährigen Reihe von Whistler- und Dawn Chorus-Beobachtungen anhand einer Reihe von graphischen Darstellungen erläutert.

Abstract: The present paper gives the results of whistlings and dawn chorus observations during a two year period.

Unter den Whistlern versteht man bekanntlich jene Form der atmosphärischen Störungen, bei welcher ein pfeifender Ton, dessen Höhe mit der Zeit abnimmt, hörbar ist.

Im Rahmen der Untersuchungen des Taunus-Observatoriums über tonfrequente Sferics werden seit April 1957 regelmäßig Whistlerbeobachtungen angestellt.

Zum Empfang wird hierbei eine 170 m lange L-Antenne benutzt, die mit einem Verstärker, der einen Frequenzbereich von 200-8000 Hz überdeckt, verbunden ist. Jede volle Stunde wird durch eine Uhr ein Magnetbandgerät zugeschaltet, das 1,5 Min. lang läuft und die empfangenen Whistler speichert.

Zweimal täglich werden die Bänder abgehört, die Zahl der empfangenen Whistler festgestellt und ihre Lautstärke nach einer 5-teiligen Skala geschätzt, die in erster Näherung eine Aussage über die Feldstärke der Whistler erlaubt.

¹⁾ Vortrag gehalten auf der Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft in Bad Soden im Oktober 1959.

²⁾ Dr. G. Mattern, Kleiner Feldberg / Ts., Taunus-Observatorium.

Die starken aus dem Lichtnetz herrührenden Störungen (Brumm) lassen nur Whistler, die mehr als 0,1 mV Spannung am Verstärkereingang liefern, hörbar werden. Wie aus den bisherigen Ergebnissen noch laufender Versuche gefolgert werden kann, ist die Empfindlichkeit des Empfängers für die Zahl der beobachtbaren Whistler von erheblicher Bedeutung. Gleichzeitige Beobachtungen am Taunus-Observatorium und an einer etwa 50 km entfernt liegenden durch technische Ströme ungestörten Stelle, an welcher mit einem zweiten Gerät noch Whistler mit einer Eingangsspannung von nur $1 \mu\text{V}$ noch erkennbar waren, ergaben oft 5-10 mal mehr Whistler an der ungestörten Registrierstelle. In einigen Fällen wurde sogar nur in der empfindlichen Apparatur zahlreiche Whistler gehört.

Zur Frage der Registrierzeit wäre zu bemerken, daß nach unseren Beobachtungen eine Beobachtungsdauer von 1,5 Min. während der Nachtzeit hinreichend ist. Eine Verlängerung der Registrierzeit auf 15 Minuten veränderte die auf die Minute bezogenen Werte nur unwesentlich. Anders liegen die Verhältnisse bei Tage. Hier werden, wie durch eine 14 Tage andauernde Dauerbeobachtung festgestellt werden mußte, die oft vereinzelt hörbaren Whistler durch eine 1,5 oder auch 15 Minuten lange Beobachtungsdauer nur ungenügend erfaßt. Nur durch eine Dauerbeobachtung wäre eine Verbesserung möglich.

Nachfolgend sollen anhand einiger Bilder die bisherigen Registrierergebnisse erläutert werden.

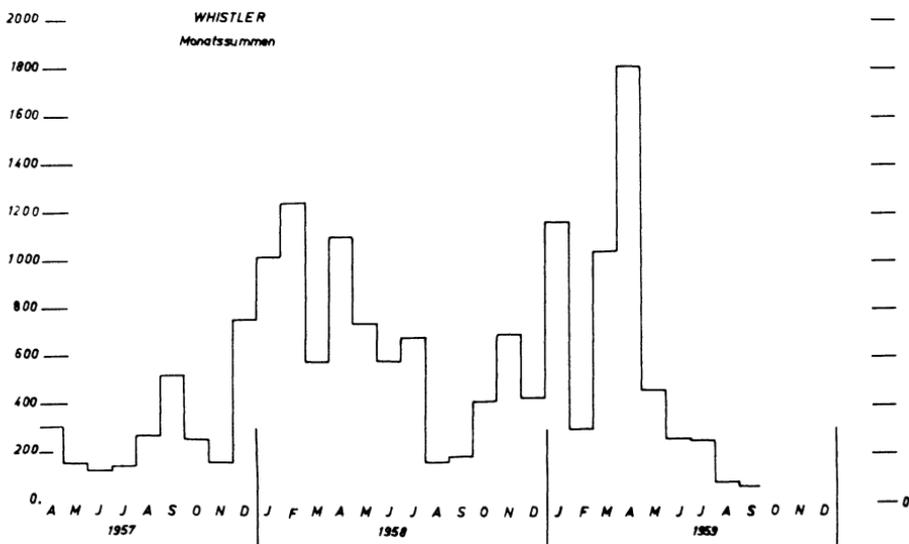


Abb. 1: Anzahl der pro Monat beobachteten Whistler

Einen ersten Überblick über die Zahl der beobachteten Whistler geben die in Abb. 1 dargestellten Monatssummen. Aus ihnen ist zu ersehen, daß nach einem mit Ausnahme des Monats September whistlerarmen Sommer 1957, im Dezember 1957 ein starker Anstieg erfolgte, dessen hohe Werte bis Juli 1958 andauerten. Anschließend sanken die Whistlersummen im August und September stark ab. Im Oktober 1958 erfolgte dann erneut ein starker Anstieg, der mit unregelmäßigem Verlauf im April 1959 das bisherige absolute Maximum mit 1800 Whistlern pro Monat erreichte. In den nachfolgenden Monaten erfolgte dann ein rasches Absinken der Monatssummen auf Werte die unter den entsprechenden der Vorjahre liegen.

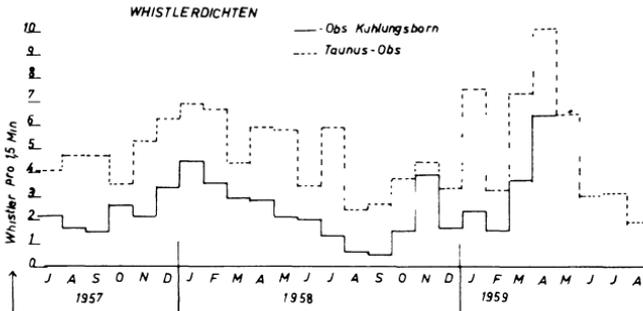


Abb. 2: Mittlere Anzahl der zu jedem positiven Termin beobachteten Whistlerzahl. (Werte des Obs. Kühlungsborn auf 1,5 Min. umgerechnet)

Einen ähnlich unruhigen Verlauf zeigen die in Abb. 2 wiedergegebenen mittleren Whistlerdichten der einzelnen Monate (gestrichelte Werte). In der gleichen Abb. sind auch die auf 1,5 Min. reduzierten mittleren Whistlerdichten der Beobachtungen des Observatoriums Kühlungsborn aufgetragen (ausgezogene Kurve), auf die wir später noch einmal zurückkommen.

Errechnet man aus den 10506 während der Jahre 1957 und 1958 beobachteten Whistlern die tageszeitliche Verteilung, so erhält man das in Abb. 3 aufgeführte Ergebnis. Hier-nach erfolgt im Mittel in den späten Nachmittagsstunden ein erst langsamer dann steiler werdender Anstieg, der gegen 01 GMT sein Maximum erreicht. Anschließend erfolgt ein stetiges Absinken auf die ab etwa 09 Uhr GMT beobachtbaren niedrigen Tagwerte. Diese Bevorzugung der Nachtstunden ist vermutlich

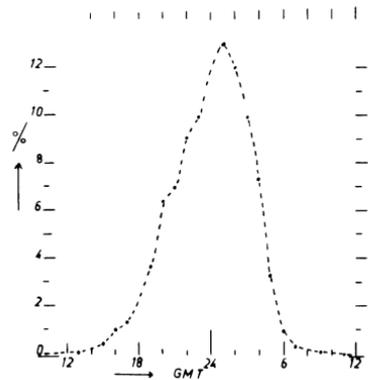


Abb. 3: Der mittlere tageszeitliche Gang der registrierten Whistler

ein Effekt der starken Bedämpfung tonfrequenter Sferics durch die während der Tagzeit gut ausgebildete tiefe Ionosphäre. Für die Möglichkeit, daß die Blitzentladungen der Nachtgewitter in ihrem Spektrum oder ihrer Energie wesentlich andere, für die Whistlerentstehung günstigere, Verteilungen besitzen, liegen jedenfalls keine Beobachtungen vor.

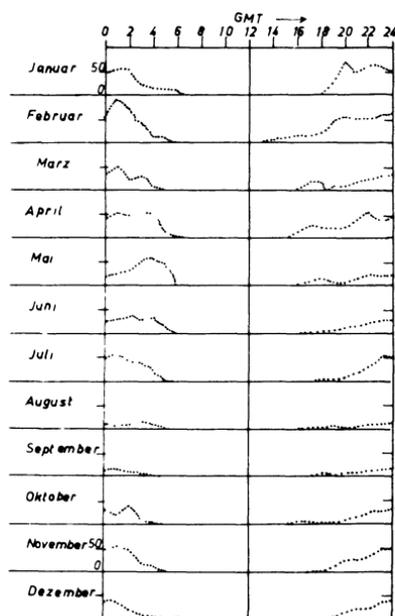


Abb. 5: Gang des in der zweiten Nachthälfte beobachteten Anteiles der einzelnen Monatssummen

Abb. 4: Die Verteilung der Monatssummen über die Tageszeit während des Jahres 1958

Einen Überblick über den tageszeitlichen Verlauf der Whistlersummen während der einzelnen Monate des Jahres 1958 gibt die nachstehende Abb. 4. Auch aus ihr erkennt man die starke Bevorzugung der Nachtstunden. Eine genauere Betrachtung der während der Nachtstunden registrierten Whistlersummen zeigt, daß die Verteilung auf die beiden Nachthälften (18-24 und 00-06 GMT) an den einzelnen Monaten verschieden ist und vermutlich einen jahreszeitlichen Gang aufweist. In Abb. 5 ist hierzu der Verlauf des Anteiles der in der zweiten Nachthälfte registrierten Whistlersummen an der Gesamtsumme des betreffenden Monats während der Jahre 1957-59 aufgetragen. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, werden während der Sommermonate vorwiegend in der zweiten Nachthälfte Whistler beobachtet. Umgekehrt in den Wintermonaten, in welchen während der ersten Nachthälfte die Mehrzahl der registrierten Whistler festgestellt wird. Eine Erklärung aus dem Wettergeschehen heraus ist nur schwer möglich, da das zweite neben dem Nachmittagsmaximum der Gewittertätigkeit noch beobachtbare schwache nächtliche Maximum in Mitteleuropa in die erste Nachthälfte fällt. Entsprechend kann während der Sommermonate unseres Gegenpunktes auf der Südhalbkü-

gel, der im Gebiet der Prinz Edwards Inseln gesucht werden darf, wegen des rein maritimen Wetterablaufes mit einer Bevorzugung der zweiten Nachthälfte im täglichen Gang der Gewitterhäufigkeit gerechnet werden.

Der Versuch einer Korrelation der Zahl der in einem Umkreis bis zu 500 km um das Taunus-Observatorium festgestellten Gewitter und den gleichzeitigen Whistlersummen zeigte keinerlei Zusammenhänge.

Ein schwacher Zusammenhang kann vielleicht vermutet werden, wenn man, wie in Abb. 6 geschehen, die Niederschlagssummen der einzelnen Monate unseres Gegenpunktes, die stets weit über den bei uns gemessenen Werten liegen, über den Monatssummen der Whistlerbeobachtungen aufträgt. Die große Streuung der Werte ist unverkennbar.

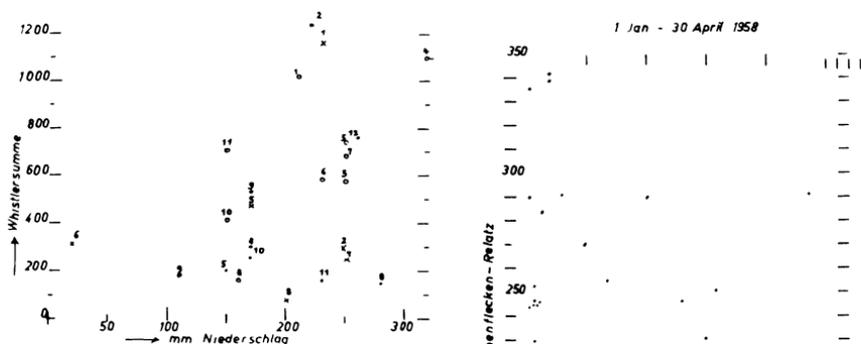


Abb. 6: Die Monatssummen der Whistler in Abhängigkeit von den Monatssummen des Niederschlages auf den Prinz Edwards Inseln. Die Ziffern bezeichnen die Nr. des betr. Monats

Abb. 7: Der Zusammenhang der Tagessummen der Whistler mit der jeweiligen Sonnenflecken Relativzahl für die Zeit vom 1. 1. - 30. 4. 1958

Ähnliche große Streuungen ergeben sich, wenn man die Tagessummen der Whistler mit dem solaren und erdmagnetischen Geschehen zu korrelieren versucht. Als Beispiel sind in der nachstehenden Abb. 7 die Tagessummen der Whistler, die in der Zeit zwischen dem 1. Januar und dem 30. April 1958 registriert wurden, zusammen mit der jeweiligen Sonnenflecken-Relativzahl aufgetragen. Auch bei einem größeren Kollektiv, wozu alle Werte des Jahres 1958 verwandt wurden, läßt sich kein Zusammenhang erkennen.

Das Gleiche gilt für einen Korrelationsversuch zwischen den Whistlersummen und den gleichzeitigen erdmagnetischen Kennziffern.

Ein Vergleich der Mittelwerte der an den Observatorien in Kühlungsborn und auf dem kleinen Feldberg (Abstand rund 500 km) beobachteten Whistlertätigkeit zeigt, außer einem systematischen Unterschied, der durch die unterschiedliche Empfindlichkeit der verwandten Empfänger bedingt sein dürfte, beträchtliche Abweichungen im Verlauf der Kurven beider Meßstellen. Hierzu geben die in Abb. 2 aufgetragenen Whistlerdichten der beiden Stationen ein Beispiel. Auch bei gleichzeitigen, durch ein Zeitsignal synchronisierten Beobachtungen zeigten sich erhebliche Unterschiede, über die an anderer Stelle berichtet werden soll.

Zum Schluß seien noch die bisherigen Ergebnisse der gleichzeitig laufenden Dawn Chorus Beobachtungen angefügt. Diese Erscheinung ist wesentlich seltener als die Whistler zu beobachten und wurde im Verlauf von 26 Monaten an 81 Tagen registriert. Die Erscheinung konnte zwischen 1 und 6 Stunden lang beobachtet werden und verteilt sich wie in Abb. 8 dargestellt über die Tagstunden. Hiernach wurden bisher nur in der zweiten Nachthälfte und zwar vorzugsweise um die Zeit des Sonnenaufganges positive Beobachtungen angestellt.

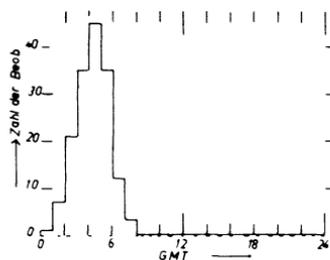


Abb. 8: Anzahl der zu den einzelnen Tagesstunden beobachteten Dawn Chorus Erscheinungen

In Abb. 9 ist die in den einzelnen Monaten beobachtete Anzahl von Tagen mit Dawn Chorus aufgetragen. Man erkennt an ihr die statistische Verteilung der Erscheinung; ein systematischer jahreszeitlicher Gang läßt sich an dem bisher vorliegenden Material nicht erkennen.

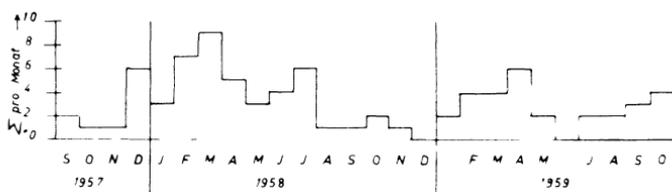
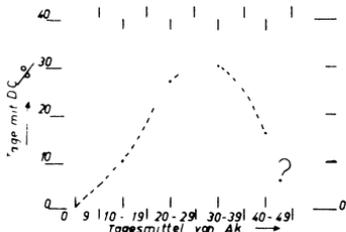


Abb. 9: Monatssummen der Dawn Chorus Beobachtungen

Im Gegensatz zu den Whistlern ist beim Dawn Chorus ein merklicher Zusammenhang mit der Unruhe des erdmagnetischen Feldes zu beobachten. Zur Erläuterung sind in Abb. 10 die Tage des gesamten Beobachtungszeitraumes entsprechend ihrem mittleren Ak-Wert in Gruppen aufgeteilt. Die eingetragene Kurve zeigt dann, wie häufig in den einzelnen Gruppen ein Dawn Chorus beobachtet wurde. Hiernach wurde an 30% aller Tage mit einem mittleren Ak von

30-39 am häufigsten ein Dawn Chorus beobachtet. Nach kleineren aber auch nach größeren Ak - Werten hin wird die Häufigkeit kleiner, wobei bemerkt werden muß, daß bei einem mittleren Ak größer als 50 bisher erst zweimal ein Dawn Chorus beobachtet wurde. Die Tage mit extrem hohen Ak - Werten waren bisher frei von Dawn Chorus.

Abb. 10: Anzahl der Tage mit einem Dawn Chorus (angegeben in %) bei verschiedener erdmagnetischer Aktivität



Trägt man die Tage an welchen ein Dawn Chorus beobachtet wurde im Rythmus der 27-tägigen Sonnenrotation auf, so kann man, wie Abb. 11 zeigt, eine Wiederholungstendenz im Abstand von etwa 27 Tagen erkennen.

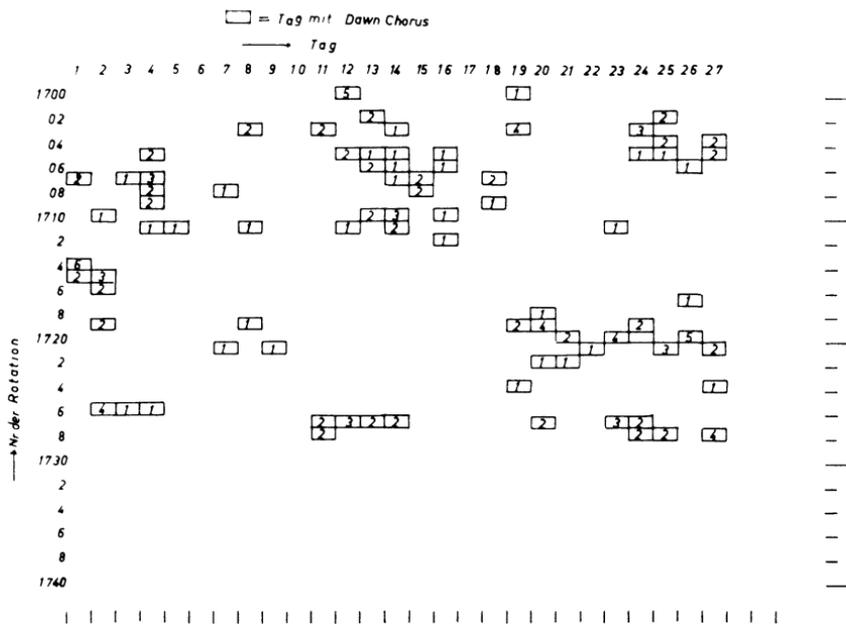


Abb. 11: Die Tage mit einem Dawn Chorus aufgetragen im 27-tägigen Rythmus der Sonnenrotation. Die Ziffern geben die Dauer des Dawn Chorus in Stunden an

Ein neuer Horizontalseismograph mit galvanometrischer Registrierung ¹⁾

Von Ch. Teupser und W. Ullmann, Jena ²⁾

Zusammenfassung: Langperiodische Horizontalseismographen, welche die Bodenperioden in einem großen Intervall mit starker Vergrößerung getreu aufzeichnen, erfordern die Anwendung des elektrodynamischen Prinzips. Die direkte Registrierung ist wegen der zu hohen Neigungsempfindlichkeit unbrauchbar. Der hier beschriebene Horizontalseismograph zeichnet die Bodenbewegungen in einem Periodenintervall von 0,1 bis 15 s amplitudengetreu 1000-fach vergrößert auf. Die Arbeitsperiode des seismischen Empfängers beträgt 20 s, die Eigenperiode des stark gedämpften Galvanometers ist 1 s.

Abstract: Long-period horizontal-component seismographs which give a true response of the ground-displacement over a wide band of periods with a high magnification must be electromagnetic seismographs. The magnification of tilts have such an effect that the use of the methods with direct registration is impossible. The horizontal-component seismograph described in this paper gives an accurate record of the amplitudes of the ground-motion over a band of periods from 0,1 till 15 seconds. This instrument has a magnification of 1000. The period of the pendulum is 20 seconds and the overdamped galvanometer has a free period of 1 second.

Der Wunsch der Seismologen, Seismographen zu besitzen, womit sich die interessierenden Bodenverrückungen getreu aufzeichnen lassen, ist so alt wie die wissenschaftliche Seismometrie. Er erhebt sich erst neuerdings wieder beim Studium der Erdbebenenergien. Die Konstruktion derart idealer Instrumente stößt jedoch auf erhebliche, vermutlich sogar unüberwindbare Schwierigkeiten.

¹⁾ Vorgetragen von Ch. Teupser auf der Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft in Bad Soden 1959.

²⁾ Dr. Ch. Teupser und Dr. W. Ullmann, Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung in Jena der Forschungsgemeinschaft der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

Im Rahmen der seismometrischen Forschung am Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung in Jena wurde vorerst ein Horizontalseismograph entwickelt, der eine Komponente der Bodenbewegung in dem Periodenintervall von etwa 0,1 s - 15 s wenigstens amplitudengetreu zu registrieren gestattet, und zwar mit einer Vergrößerung bis 1000-fach. Damit ein Seismograph diese hohen Ansprüche befriedigt, muß die Registrierung unter Verwendung eines Galvanometers erfolgen. Diese notwendige Bedingung ist im Fall eines Vertikalseismographen mit langer Eigenperiode schon wegen der durch Temperaturschwankungen verursachten Nullpunktverlagerung evident. Aber auch beim Horizontalseismographen ist die direkte Registrieremethode unzureichend. Für einen derartigen mechanischen Empfänger mit einem Freiheitsgrad ergibt sich aus seiner allgemeinen Bewegungsgleichung [7, 8] die Vergrößerung V_N langsamer Neigungsschwingungen, die um eine zur Vertikalen und zur registrierten Bewegungskomponente orthogonalen Achse erfolgt, in erster Näherung zu

$$V_N = \frac{g}{4\pi^2} VT_s^2.$$

V ist die Indikatorvergrößerung, T_s die Eigenperiode des Seismographen und g die Schwerebeschleunigung. Wenn z. B. $T_s = 20$ [s] und $V = 1000$ beträgt, bekommt man $V_N = 482$ [mm/Winkelsek.]. Demnach würden allein schon die Erdzeiten mit einer Doppelamplitude von etwa 0,03'' bei direkter Registrierung eine Nullpunktverlagerung um ungefähr 15 mm bewirken. Die störenden Neigungseffekte sind in praxi aber oft bedeutend größer. An der Jenaer Station erreichen sie mit 24-stündiger Periode fast 2'', wie aus Messungen von G. Genschel hervorgeht. Die direkte Registrierung erweist sich also in dem angeführten wichtigen Beispiel als ungeeignet. Man muß daher die galvanometrische Registrieremethode bevorzugen, die gegen langperiodische Nullpunktschwankungen unempfindlich ist.

Hier bieten sich bekanntlich zwei Verfahren an, nämlich das elektromagnetische und das elektrodynamische. Im ersten Fall macht sich die Änderung der Eigenperiode des mechanischen Empfängers mit seiner Gleichgewichtslage störend bemerkbar. Außerdem erschweren die starken magnetischen Direktionskräfte die Konstruktion von langperiodischen Seismographen. Es ist deshalb allgemein üblich geworden, das elektrodynamische Verfahren anzuwenden.

Die Bewegungsgleichungen eines elektrodynamischen Seismographen vereinfachen sich in erster Näherung zu dem Differentialgleichungssystem [4]

$$\ddot{\Theta} + 2\alpha_s \omega_s \dot{\Theta} + \omega_s^2 \Theta = -\frac{\ddot{X}}{l} + \frac{4\alpha_s \alpha_g \omega_s \omega_g \sigma^2}{\kappa} \dot{\Psi},$$

$$\ddot{\Psi} + 2\alpha_g \omega_g \dot{\Psi} + \omega_g^2 \Psi = \kappa \dot{\Theta}.$$

Darin stellen die Funktionen $\Theta(t)$ und $\Psi(t)$ die (Winkel-) Auslenkungen des mechanischen Empfängers und des Galvanometers dar. Die Parameter α_s bzw. α_g und ω_s bzw. ω_g bezeichnen die Dämpfung und Eigenfrequenz des Empfängers bzw. Galvanometers. l ist die reduzierte Pendellänge, κ der Übertragungsfaktor und σ der Rückwirkungsfaktor. $X(t)$ beschreibt jene Komponente der Bodentranslation, die der Seismograph aufzeichnen soll. Coulomb und Grenet [1] haben gezeigt, daß ein solcher Seismograph bei geeignet gewählten Parametern in einem weiten Periodenintervall die Bodenverrückungen liefert. An die Übertragungsspule des mäßig gedämpften langperiodischen seismischen Empfängers wird ein kurzperiodisches weit überkritisch gedämpftes Galvanometer geschaltet. Die optimale Abstimmung dieses Systems lautet

$$\alpha_s = 0,5, \quad \alpha_g = \frac{1}{2} \frac{T_s}{T_g} \gg 1,$$

was in einer späteren Arbeit [6] ausführlich erörtert werden soll. Damit unser Horizontalseismograph den eingangs erwähnten Bedingungen genügt, wurden seiner Konstruktion die folgenden Daten zugrunde gelegt:

$$T_s = 20 \text{ [s]}, \quad T_g = 1 \text{ [s]},$$

$$\alpha_s = 0,5, \quad \alpha_g = 10.$$

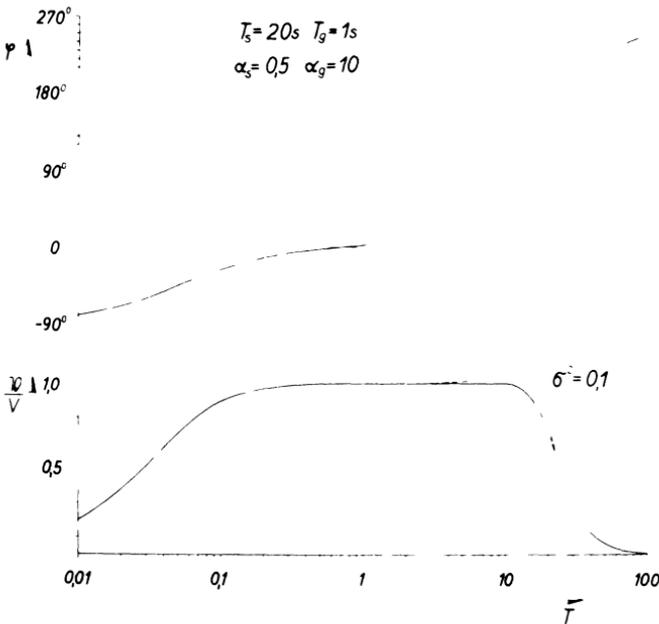


Abb. 1

Abb. 1 zeigt die zugehörige Amplituden- und Phasencharakteristik. Man erkennt, daß die Vergrößerung an den Stellen 0,1 s und 15 s nur um 10% des maximalen Zwischenwertes abgenommen hat. Die gestrichelte Kurve beschreibt den Verlauf der Amplitudencharakteristik für $\sigma^2 = 0,1$. Die Phasencharakteristik ändert sich für diesen Wert nicht merklich. Im Bereich der kurzperiodischen Vorläuferwellen und der Mikroseismik finden nur geringe Phasenverschiebungen statt.

Die Vergrößerung langsamer Neigungsschwingungen ergibt sich bei galvanometrischer Registrierung für die optimale Abstimmung zu

$$\mathfrak{B}_N = \frac{g}{4\pi^2} VT_s^2 \cdot \frac{T_s}{T} = V_N \frac{T_s}{T}.$$

Z.B. erhält man für 12-stündige Bodenperioden (mit $T_s = 20$ [s], $V = 1000$) $\mathfrak{B}_N = 0,223$ [mm/Winkelsek.]. Die Erdzeiten und andere langperiodische Neigungseffekte treten bei dieser Registrierung kaum in Erscheinung. Die maximale Neigungsempfindlichkeit liegt bei $T \approx 22$ [s] und beträgt etwa nur 3/4 des entsprechenden Maximalwerts bei der Direktregistrierung.

Die Amplituden- und Phasencharakteristiken bleiben unverändert, wenn man die Eigenperioden und Dämpfungen des mechanischen Empfängers und des Galvanometers vertauscht [1, 3, 4]. Man kann demnach prinzipiell das betrachtete System durch ein gleichwertiges mit den Daten $T_s = 1$ [s], $T_g = 20$ [s] und $\alpha_s = 10$, $\alpha_g = 0,5$ ersetzen. In diesem Fall wird also ein kurzperiodischer, stark gedämpfter seismischer Empfänger mit einem langperiodischen Galvanometer zusammenschaltet. Für welche Abstimmung man sich in praxi zu entscheiden hat, geht aus folgender Diskussion des Rückwirkungs-faktors hervor.

Die Abstimmungsdaten unseres Instruments ergeben zusammen mit der Lichtzeigerlänge A , die hier wie üblich 1 m beträgt, die Beziehung

$$K_s \geq 10^5 l^2 K_g$$

zwischen den Trägheitsmomenten K_s und K_g von Pendel und Galvanometer, die bestehen muß, damit die Bedingung $\sigma^2 \leq 0,1$ erfüllt ist. Daraus folgt für die Pendelmasse

$$M_s \geq 10^5 K_g.$$

Bei dem verwendeten Galvanometer Typ H 01 vom VEB Geophysikalischer Gerätebau Brieselang ist $K_g \approx 0,04$ [$g\text{ cm}^2$], so daß M_s nicht größer als 4 kg zu sein braucht. Dagegen bewirkt die nach der Vertauschungsregel definierte äquivalente Abstimmung einen bedeutend höheren Minimalwert für die Pendelmasse. Denn Galvanometer mit $T_g = 20$ [s] besitzen ein viel größeres Trägheitsmoment als kurzperiodische Galvanometer. Da die Dämpfung eines mechanischen

Empfängers proportional seiner Eigenperiode T_s und umgekehrt proportional seinem Trägheitsmoment K_s ist, wird möglicherweise der Aufwand, den die notwendig überkritische Dämpfung erfordert, so erheblich, daß das elektromagnetische Dämpfungsverfahren versagt und zur Öldämpfung mit ihren bekannten Nachteilen übergegangen werden müßte. Für jeden gut funktionierenden Seismographen ist die einwandfreie Dämpfung aber eine unerläßliche Voraussetzung. Diese Überlegungen lassen erkennen, weshalb bei der Konstruktion unseres Horizontalseismographen jenes System bevorzugt worden ist, bei dem ein langperiodischer mechanischer Empfänger mit einem kurzperiodischen Galvanometer elektrodynamisch gekoppelt wird.

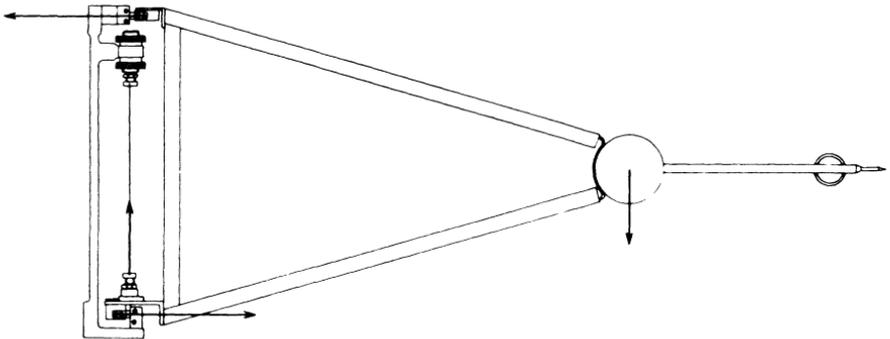


Abb. 2

Abb. 2 zeigt die schematische Darstellung des Pendels, dessen Drehachse gegen die Vertikale nur wenig geneigt ist. Die Hauptmasse des Gehänges bildet ein 4 kg schwerer Messingzylinder. Seine Achse liegt in der Schwingungsrichtung des Pendels. Dadurch gelingt es, die Hauptträgheitsmomente des Gehänges bezüglich den zur Drehachse orthogonalen Achsen soweit anzugleichen, daß ein Einfluß der möglicherweise vorhandenen Drehgeschwindigkeiten des Gestells auf die Gehängebewegung vermindert wird. Der Abstand des Zylindermittelpunkts von der Pendelachse beträgt 50 cm. Diese Länge gestattet, die Pendelperiode zwischen 8 s und 60 s zu variieren, und verleiht dem Gehänge auch noch für $T_s = 20$ [s] eine relativ hohe Stabilität.

Das Pendel hängt an zwei Blattfedern und einer Stahlsaite, deren Spannung mittels einer Spezialschraube geregelt wird. Die Saite nimmt die in Richtung der Drehachse weisende Komponente der am Gehänge wirkenden Führungskräfte auf. Die entsprechende Spannung der dünnen Stahlsaite kann man nach der Tonhöhe ihrer Grundschwingung einstellen. Deren Frequenz beträgt unter den gegebenen Bedingungen 600 Hz. Die übrige, zur Drehachse orthogonale Kraftkomponente verteilt sich als Zugkräfte auf die beiden Blattfedern. Diese Anordnung er-

möglichst eine einwandfreie Aufhängung des Pendels am Gestell. Man findet sie auch bei den Seismographen von Kirnos [3]. Die Drehachse wird durch die Stahlsaiten repräsentiert und ist von den beiden gestellfesten Klemmbacken für die Blattfedern gleich weit entfernt. In Abb. 3 sind die vier Federklemmbacken

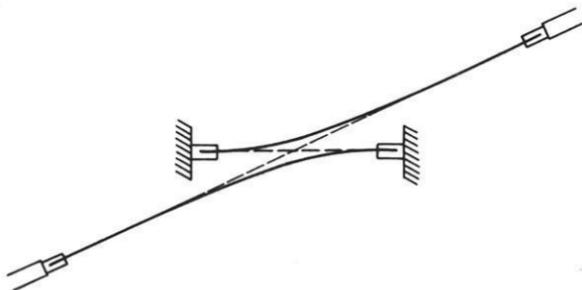


Abb. 3

in eine zur Drehachse orthogonale Ebene projiziert. Die Achse erscheint dabei als Schnittpunkt der beiden geradlinigen Verbindungen zwischen den gestell- und gehängefesten Backen. Die mechanischen Eigenschaften dieser Aufhängung haben wir sowohl experimentell als auch theoretisch eingehend untersucht.

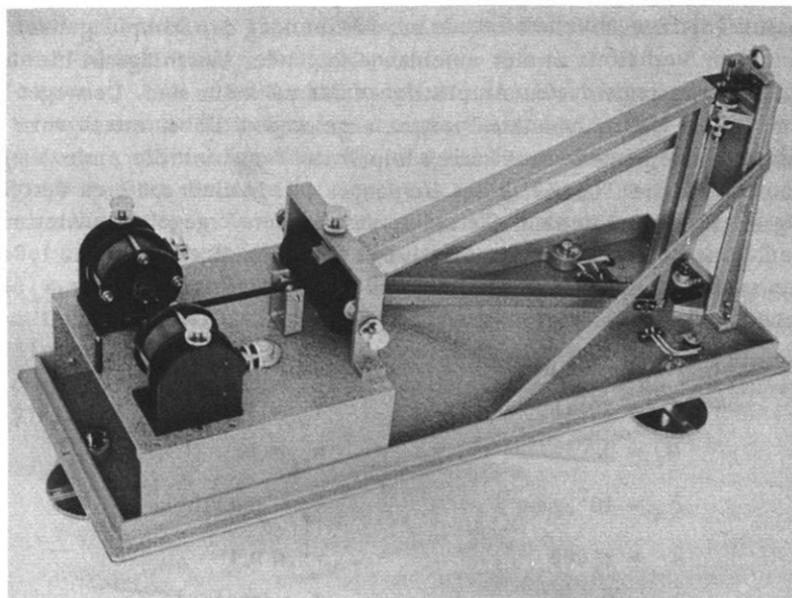


Abb. 4

Abb. 4 zeigt den mechanischen Empfänger. Während des Betriebs wird das Gehänge mit einer auf dem Gestellrahmen aufsitzenden, dicht abschließenden Schutzhaube aus durchsichtigem Kunststoff überdeckt. Der elektromechanische Wandler besteht aus einem gestellfesten Ringspaltmagneten und der gehängefesten Tauchspule. Dementsprechend ist die Dämpfungsvorrichtung konstruiert. Die Dämpfungsspule wird über einen regelbaren Außenwiderstand geschlossen. Dadurch kann man dem Pendel bei der Eichung durch Stromstöße Impulse erteilen, ohne zugleich störende Luftbewegungen zu verursachen. Außerdem läßt sich die ungedämpfte Schwingungsdauer des Pendels bestimmen, ohne zuvor die Magneten in Abseitsstellung bringen zu müssen. Diese werden mittels zweier zueinander senkrechten Schlittenführungen justiert. Der achsennahe Planspiegel und die Linse sind ein nützliches Hilfsmittel für die Eichung des Seismographen.

Die Eigenperiode von Pendel und Galvanometer bestimmt man mit der Stoppuhr bei offener Dämpfung. Aus den Schwingungsdauern des Pendels für verschiedene Neigungen der Drehachse berechnet sich die reduzierte Pendellänge. Die Fußschrauben des Gestells sind zu diesem Zweck mit einer geeichten Skala versehen. Um den Übertragungsfaktor festzustellen, wurde das Pendel um einen vorgegebenen Winkel ausgelenkt und der Galvanometerausschlag gemessen. Die hierbei notwendige Herabsetzung der Empfindlichkeit erfolgt über ein Widerstand- T -Glied. Mit einer zweiten entsprechenden Anordnung von Widerständen regelt man die Vergrößerung sowie die Anpassung des Galvanometers an die Tauchspule [5]. Die übliche Methode zur Bestimmung der Dämpfung eines Pendels aus dem Verhältnis zweier aufeinanderfolgender Ausschläge ist hier ungeeignet, weil die registrierten Amplituden dafür zu klein sind. Deswegen wird der von Galizin [2] benutzte Stoßtest angewendet. Dabei erteilt man dem mechanischen Empfänger einen kurzen Impuls und registriert die Auslenkung des Galvanometers. Die Theorie dieses Vorganges soll in einer späteren Veröffentlichung [6] ausgetührt werden. Sie zeigt, daß bei der vorgegebenen Abstimmung das Verhältnis der ersten beiden Ausschläge des Lichtzeigers den Wert 1,64 annehmen muß. Hierfür ist im wesentlichen nur der Dämpfungsfaktor $\alpha_s = 0,5$ maßgebend.

Die Richtwerte für den neuen Horizontalseismographen sind:

$T_s = 20[\text{s}]$	$T_g = 1[\text{s}]$
$\alpha_s = 0,5$	$\alpha_g = 10$
$K_s = 10^7[\text{g cm}^2]$	$K_g = 0,038[\text{g cm}^2]$
$\kappa = 25\,000$	$\sigma^2 < 0,1$
$l = 50[\text{cm}]$	$l = 100[\text{cm}]$

$$V = 1000.$$

Die ausführliche Theorie und experimentelle Untersuchung des Instruments, wozu auch die noch ausstehende Prüfung auf dem Schütteltisch gehört, wird in einer Institutsveröffentlichung mitgeteilt.

Herrn M. Schumann, Konstrukteur beim VEB Geophysikalischer Gerätebau Brieselang, und den Mitarbeitern aus der feinmechanischen Werkstatt unseres Instituts danken wir für ihre wertvolle Hilfe.

Literatur

- [1] Coulomb, J. et Grenet, G.: Nouveaux principes de construction des séismographes électromagnétiques. Annales de Physique, 11. série, t. 3, (April 1935).
- [2] Galitzin, B. B.: Vorlesungen über Seismometrie. Berlin u. Leipzig, 1914.
- [3] Sawarenskij, E. F. i Kirnos, D. P.: Elementy sejsmologii i sejsmometrii. Moskwa, 1955. (Erscheint demnächst in deutscher Übersetzung im Akademie-Verlag, Berlin).
- [4] Teupser, Ch.: Der Rückwirkungsfaktor bei elektrodynamischen Erschütterungsmessern. Freiburger Forschungshefte, C 51, Berlin, 1958.
- [5] Teupser, Ch.: Empfindlichkeitsregler für elektrodynamische Seismographen. Gerl. Beiträge zur Geophysik, 68 (1959) S. 90-103.
- [6] Teupser, Ch.: Zur Abstimmung und Eichung von elektrodynamischen Verrückungsmessern (erscheint demnächst).
- [7] Ullmann, W.: Zur allgemeinen Bewegungsgleichung von Seismographen mit einem Freiheitsgrad. Gerl. Beiträge zur Geophysik, 65 (1956), S. 56-63.
- [8] Ullmann, W.: Zur Klassifikation der Seismographen, Schwingungs- oder Erschütterungsmesser. Gerl. Beiträge zur Geophysik, 65 (1956), S. 91-108.

Über die Beobachtungen von Reflexionen aus dem tieferen Untergrunde im Rahmen routinemäßiger reflexionsseismischer Messungen

Von G. Dohr, Hannover ¹⁾

Zusammenfassung: Seit Anfang des Jahres 1958 wird bei einer Anzahl von seismischen Meßtrupps in Deutschland versucht, in routinemäßigen reflexionsseismischen Messungen Reflexionen mit großen Laufzeiten zu registrieren. Diese Arbeiten werden im Rahmen eines Schwerpunktprogrammes zur Erforschung des tieferen Untergrundes in Mitteleuropa im Auftrage der deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

Das vorliegende Referat gibt einen Überblick über die bisherigen Ergebnisse dieses Programms. Die in vielen Arbeitsgebieten beobachteten Reflexe aus dem tieferen Untergrund werden besprochen und an Hand von Seismogrammbeispielen und statistischen Darstellungen diskutiert. Mit sehr großer Wahrscheinlichkeit kann angenommen werden, daß die Conrad-Diskontinuität in zahlreichen Registrierungen erfaßt wurde. Dies macht die Existenz dieser zusammenhängenden Unstetigkeitsfläche unter Mitteleuropa wahrscheinlich. Ihre Tiefenlage scheint jedoch entgegen herkömmlichen Vorstellungen starken Schwankungen unterworfen zu sein. Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, daß der Verlauf der Conrad-Diskontinuität der bekannten Tektonik oberflächennaher Schichten in manchen Gebieten weitgehend korrespondiert.

In einigen Fällen sind auch Reflexionen aus dem Bereich der Mohorovicic-Diskontinuität beobachtet worden.

Abstract: Since the beginning of the year 1958 a number of seismic crews in Germany have tried to record reflections with long travel time by routine reflection seismograph surveys. This work is done in the scope of a program for the exploration of the deeper underground in Middle Europe by order of the German Research Association.

¹⁾ Dr. G. Dohr, Preußische Bergwerks- und Hütten-Aktiengesellschaft, Hannover, Leibnizufer 9.

The following review gives a survey over the hitherto existing results of this program. The reflections of the deeper underground, observed in numerous areas are discussed by examples of seismic records and statistical statements. The recorded reflections can be assigned to the Conrad-Discontinuity with great probability. Due to this fact the existence of this uninterrupted discontinuity level in Middle Europe is probable. Its depth seems however being subjected to strong variations against the usual conception. The possibility is indicated that the structure of the Conrad-Discontinuity corresponds widely with the well known tectonic strata near the surface in some areas.

Sometimes also reflections from the region of the Mohorovicic-Discontinuity have been observed.

Die Erforschung der Struktur der Erdkruste durch seismische Verfahren basierte in der Vergangenheit zunächst im wesentlichen auf der Analyse der Nahbebenregistrierungen. Sie wurde erstmalig erheblich durch die Arbeiten des Göttinger Geophysikalischen Instituts erweitert, als bei großen Sprengungen die Möglichkeit bestand, gewissermaßen künstliche Erdbeben zu erzeugen, deren Reflexions- und Refraktionswellen an günstigen Punkten registriert werden konnten. Hierdurch war man von der Zufälligkeit der Stationslage zum Herd und der Unsicherheit in der Herdzeit der Nahbeben befreit. So haben eine Reihe von großen Steinbruchsprengungen – z.B. in Eschenlohe, Blaubeuren, Tölz und Lengries in Oberbayern – insbesondere jedoch die großen Sprengungen in Helgoland und Haslach kurz nach dem Kriege einen wesentlichen Fortschritt in der Erforschung des tieferen Untergrundes in Mitteleuropa bedeutet.

Die Mehrzahl der Seismiker rechnete nach den bisherigen Ergebnissen der großräumigen Refraktionsseismik mit einem leichten Einfall der im tieferen Untergrund erkannten Grenzflächen von Norden nach Süden, das heißt in Richtung auf den Alpenkörper. So soll die Conrad-Diskontinuität als mutmaßliche Grenzfläche zwischen Diorit und Gabbro Zonen von etwa 11 km in Norddeutschland (nach der Helgoland-Sprengung) auf etwa 18-20 km in Süddeutschland abfallen. Wir glauben heute, daß wir diese Auffassung eines allgemeinen, gleichmäßigen Absenkens von Nord nach Süd nur als erste Näherung der wirklichen Verhältnisse ansehen dürfen, die wir zumindest in Bezug auf die Conrad-Diskontinuität vermutlich weitgehend revidieren müssen.

In den letzten Jahren ist ein weiteres Verfahren zur Tiefensondierung in den Vordergrund getreten. Erstmals ist von Schulz [21] und Dohr [4] über die Beobachtung von Reflexionen bei ungewöhnlich großen Laufzeiten in Rahmen routinemäßiger reflexionsseismischer Messungen im Gebiet der Pfalz und des

Rheintalgrabens berichtet worden. Dabei wurde vermerkt, daß es sich um reelle Reflexe – nicht etwa um Zufallsschwingungen in den Seismogrammen oder multiple Reflexionen handeln müsse. In der Folgezeit wurden auch an anderen Stellen, besonders wiederum im Oberrheintalgraben und in Oberbayern, mehr oder minder gute Reflexionen bei Laufzeiten von mehr als 5 Sekunden – entsprechend Teufen von mindestens 12 km – beobachtet. Dank der durch die deutsche Forschungsgemeinschaft bereitgestellten Mittel und der dankenswerten Unterstützung aller beteiligten Firmen ist es zur Zeit möglich, diese Beobachtungen über einen längeren Zeitraum bei einer Anzahl von seismischen Meßtrupps in Deutschland durchzuführen, um so systematisch ein größeres Beobachtungsmaterial zu erhalten.

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die bisherigen Ergebnisse dieses Programms gegeben werden.

Die Abbildung 1 soll eine Übersicht über alle Gebiete vermitteln, in welchen bislang im Rahmen reflexionsseismischer Untersuchungen Reflexionen aus großen Tiefen beobachtet wurden. In den durch starke Kreuze gekennzeichneten Gebieten wurden gute und sichere Reflexe aus dem tieferen Untergrund registriert, während die Deutung der in den durch schwache Kreuze markierten Gebieten erzielten Ergebnisse vorerst noch als unsicher und unbefriedigend gelten muß. Wir wissen heute noch nicht, warum wir in manchen Gebieten ganz ausgezeichnete Tiefenreflexionen verzeichnen können, während in anderen Meßgebieten auch bei starken Ladungen und guter Energieabgabe an der Oberfläche jegliche Andeutungen von tiefen Reflexen fehlen.

Die besprochenen Beobachtungen wurden sämtlich im routinemäßigen Feldbetrieb durchgeführt. Registriert wurde mit modernen reflexionsseismischen Apparaturen der Firmen Prakla und Seismos, wobei im allgemeinen eine normale mittlere Filterstellung mit einem ungefähren Frequenzbereich von 20 bis 70 Hz benutzt wurde. Auf der Schußseite wurden Bohrtiefen zwischen 8 m (Norddeutschland) und 60 m (Bayern) und Schußladungen zwischen etwa 15 und maximal 75 kg verwendet. Zum Einsatz kamen die handelsüblichen Sprengstoffe Ammon-Gelit und Seismo-Gelit, in einigen Fällen auch feste Sprengstoffe (Triamin).

Für die Tiefenberechnung der Horizonte wurden allgemein für die tertiären und mesozoischen Schichten die meist verhältnismäßig gut bekannten örtlichen Geschwindigkeiten zugrunde gelegt. Darunter wurde für das Paläozoikum und das Kristallin eine mittlere Geschwindigkeit von 5500 m/s bis zum Bereich der vermuteten Förtsch-Diskontinuität (Grenze Diorit-Gabbro) und eine solche von 6000 m/s für den tieferen Bereich bis zur Conrad-Diskontinuität angenommen. Schließlich wurde für die Zone zwischen der Conrad- und Mohorovicic-Diskontinuität eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 6500 m/s verwendet. Diese vereinfachten Werte dürften bei Kenntnis der Geschwindig-

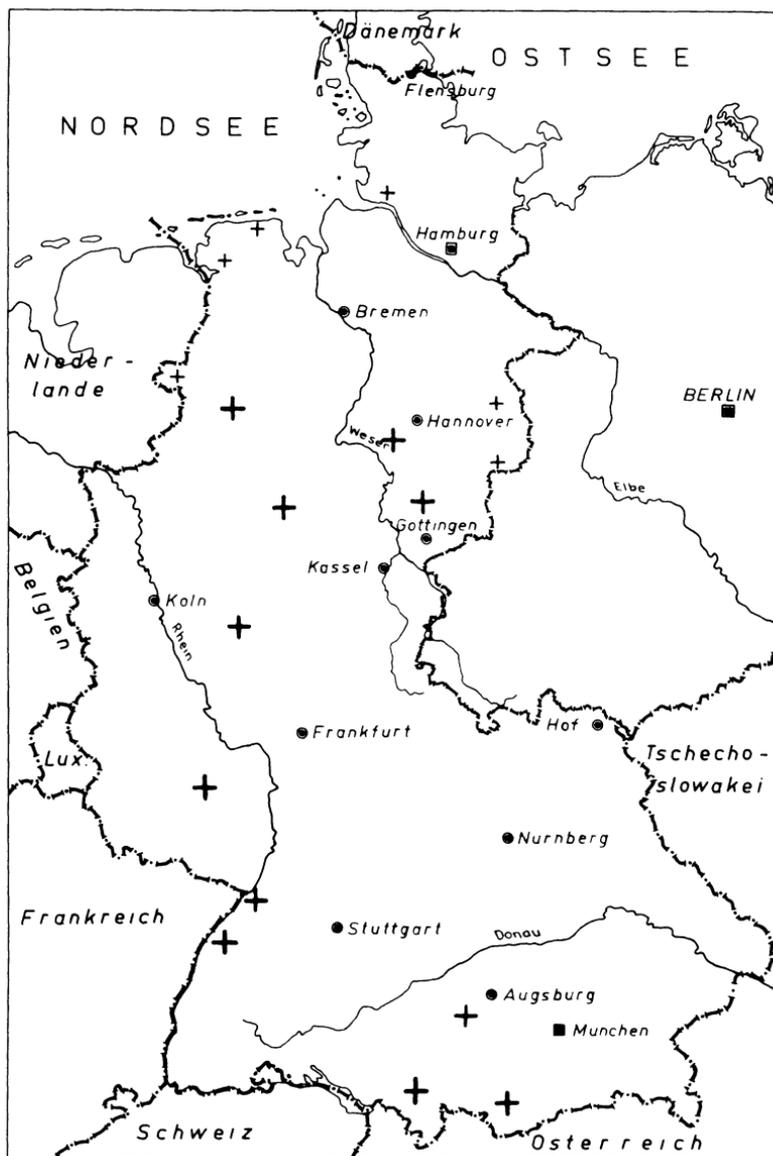


Abb. 1: Übersichtskarte über die Arbeitsgebiete in Westdeutschland, in welchen bislang Tiefenreflexionen beobachtet wurden. Die in den durch starke Kreuze gekennzeichneten Gebieten beobachteten Reflexe sind qualitativ allgemein gut oder sehr gut. In den durch schwache Kreuze bezeichneten Arbeitsgebieten ist die Zuordnung von Reflexionsandeutungen zu tiefen Unstetigkeitsflächen unsicher

keiten in den oberen Sedimenten indessen gute Näherungswerte liefern, und wir können annehmen, daß der Teufenfehler 5% kaum übersteigen dürfte.

Bei der Bearbeitung des angefallenen Seismogramm-Materials mußten etwa 2500 Filme durchgesehen werden. Die Sichtung dieses sehr großen Materials war nur durch Verfahren möglich, welche einen schnellen Überblick über die Bewertung der einzelnen Meßgebiete geben und in kurzer Zeit die Aussonderung des wirklich wichtigen Materials gestatten.

Dort, wo sichere und durchlaufende Reflexionen fehlen und eine profilmäßige Darstellung von tiefen Horizonten nicht möglich ist, erlaubt eine statistische Bearbeitung des Materials noch Aussagen über die wahrscheinliche Lage der tiefen Grenzflächen. Hierzu wurden – wie bereits früher beschrieben – in allen Gebieten "Häufigkeitsverteilungen" tiefer Reflexionen und guter Andeutungen von Reflexen aufgestellt. In diesen Verteilungskurven ist die in einem größeren Seismogrammmaterial beobachtete Häufigkeit von Reflexionen bei großen Laufzeiten über der Reflexionszeit aufgetragen, wobei als Intervallbreite 0,2 Sekunden gewählt wurden. Während man den "statistischen Hintergrund" in diesen Kurven wohl multiplen Reflexionen, Refraktionswellen und Störschwingungen zuordnen muß, heben sich die mit großer Wahrscheinlichkeit reellen Impulse – welche in einem begrenzten Gebiet innerhalb der erwähnten Intervallbreite immer im selben Bereich auftreten – als mehr oder minder kräftige Maxima aus den Kurven heraus.

Über die Registrierung von Tiefenreflexionen im Gebiet des Rheintalgrabens und der Pfalz ist bereits früher berichtet worden [5], [21]. Auch bei neueren Messungen im Raum von Rastatt und Kehl wurden gute Reflexe bei Laufzeiten von 6-8 Sekunden registriert. Die große Zahl von Beobachtungen erlaubt in diesem Raum, erstmalig einen Isochronenplan für die Reflexionen aus dem Bereich der Conrad-Diskontinuität darzustellen, welcher in Abbildung 2 dargestellt ist. Dieser wurde so gewonnen, daß aus einzelnen Teilgebieten Häufigkeitsverteilungen gezeichnet wurden. Dabei zeigte sich eine eindeutige Verschiebung der Maxima mit der Lage des Beobachtungsgebietes dergestalt, daß sich die Maxima mit Annäherung an den Grabenrand nach kürzeren Laufzeiten verschoben. Hierin kommt zunächst der Einfluß der sedimentären Grabenfüllung zum Ausdruck, welcher im Sinne einer Laufzeitverlängerung wirkt. Zum andern jedoch zeigen die auf den West-Ost-Profilen beobachteten Reflexionen allgemein einen steilen Anstieg nach Osten. Bereits früher wurde darauf hingewiesen, daß auch bei Berücksichtigung der relativ großen und schwer zu erfassenden Brechungskorrekturen an den Grabenrändern mit großer Wahrscheinlichkeit noch ein gewisser, reeller Anstieg nach Osten übrigbleibt. Für diese hieraus zu folgernde Einsenkung der Conrad-Diskontinuität unter dem Rheintalgraben spricht auch die sehr unterschiedliche Tiefenlage gegen die Pfalz. Ferner ist dar-

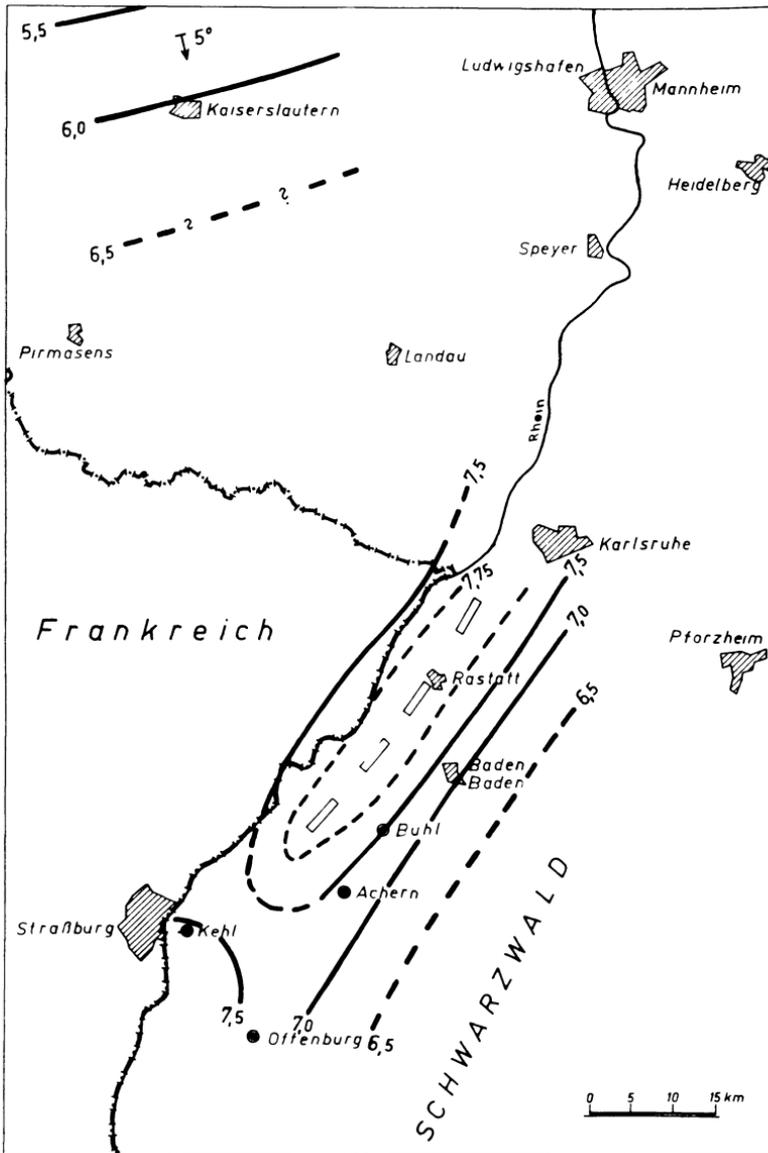


Abb. 2: Versuch eines Isochronenplanes für die Reflexionsgruppen aus dem Bereich der Conrad-Diskontinuität im Bereich des Rheintalgrabens und der Pfalz. Die angegebenen Zahlen geben die Laufzeiten der aus der Conrad-Diskontinuität stammenden Reflexe in Sekunden an

auf hinzuweisen, daß wir die gleiche Teufe etwa unmittelbar am Alpenrand erwarten, so daß wir in diesem wesentlich weiter nördlich gelegenen Gebiet im Sinne der gewohnten Vorstellungen eine erhebliche geringere Teufe erwarten dürften. Der hier versuchte Isochronenplan soll zunächst das Problem der Tektonik des Rheintalgrabens in dieser Sicht nur aufwerfen, und es wird noch umfangreicher Untersuchungen bedürfen, um dieses Problem zu klären. Der nächste Schritt wäre die Umkonstruktion eines solchen Isochronenplanes in einen Tiefenlinienplan, auf welchen hier noch verzichtet wurde, solange das Beobachtungsnetz noch nicht dicht genug ist.

Erstaunlicherweise sind im süddeutschen Raum gerade in der Alpenrandzone, d.h. im Bereich der gefalteten Molasse, die Ergebnisse der Suche nach Reflexen aus dem tieferen Untergrunde am besten, während bislang im Gebiet der ungefalteten Molasse erst an einer Stelle Tiefenreflexionen beobachtet wurden. Nachdem bereits im Jahre 1956 im Gebiet von Murnau Reflexionen aus der Zone der Conrad- und sogar aus dem Bereich der Mohorovicic-Diskontinuität beobachtet worden waren, konnten die neueren Messungen im Raum von Immenstadt die Teufenlage der vermutlichen Conrad-Diskontinuität bestätigen. In Abbildung 3 sind die Kurven der Häufigkeitsverteilungen für die Gebiete Murnau und Immenstadt gegenübergestellt. Man erkennt sehr gut die Übereinstimmung in der Lage der Maxima zwischen 6,5 und 8 Sekunden. Die breitere Ausbildung in der Kurve nach den Immenstädter

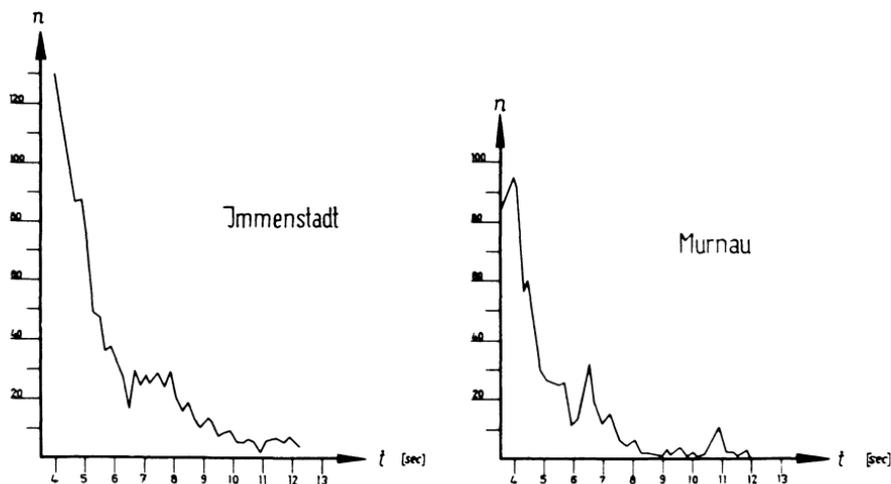
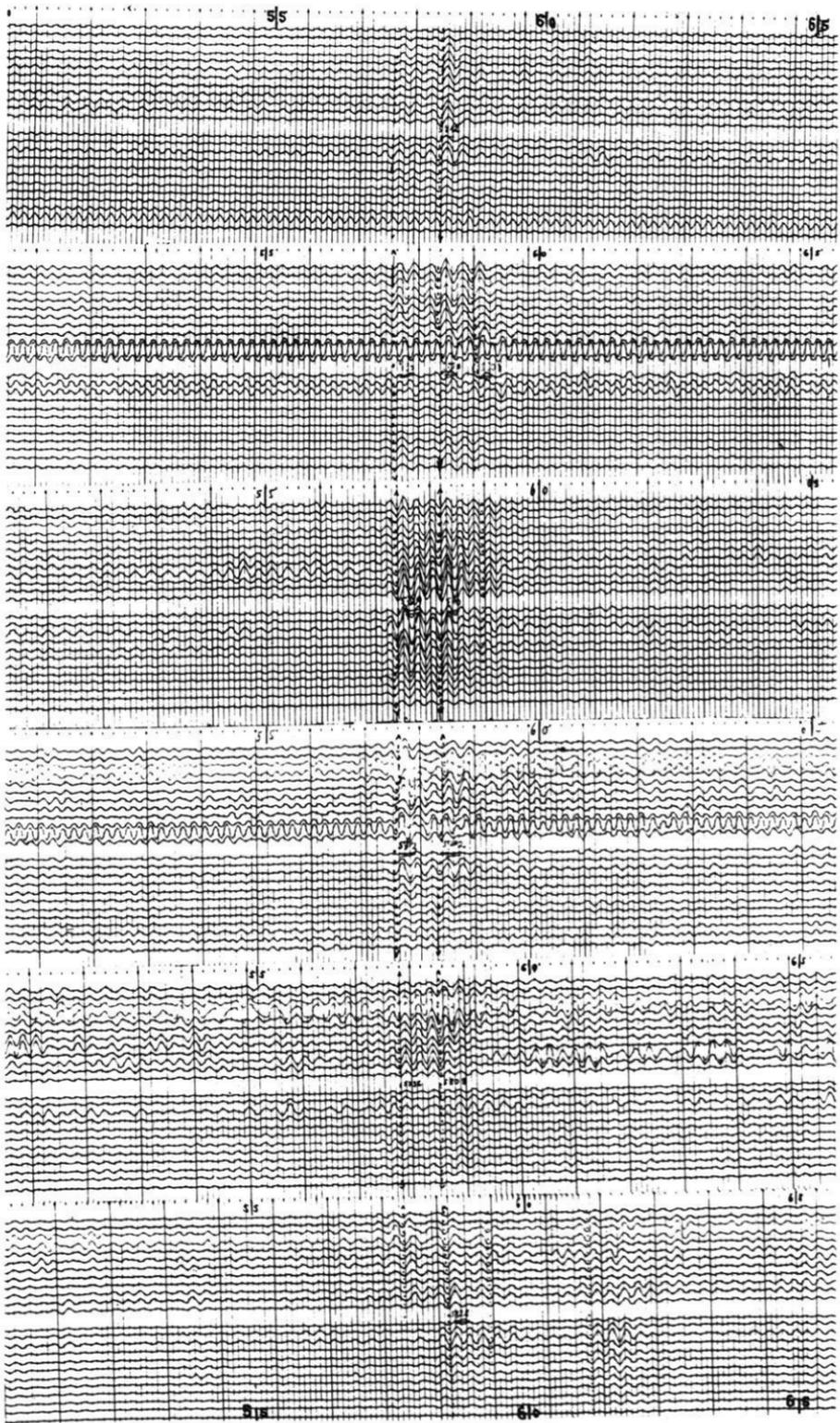


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung für tiefe Reflexionen aus den Arbeitsgebieten Immenstadt und Murnau. Aufgetragen ist die beobachtete Häufigkeit der Reflexe bei langen Laufzeiten über der Reflexionslaufzeit, Intervallbreite 0,2 Sekunden

Messungen dürfte ohne Schwierigkeiten auf die sehr verschiedenen Verhältnisse in den oberflächennahen Schichten im Immenstädter Raum zurückzuführen sein, wo wir mit dem Ausheben mehrerer Molassemulden und einem großen Störungssystem im Bereich des Iller-Tales zu rechnen haben. Wir beobachten offenbar allgemein etwas kürzere Laufzeiten in den Meßgebietsstreifen im Bereich des Illertales. Dagegen tritt das Maximum im Ostteil des Arbeitsgebietes, dort, wo wir wieder relativ ungestörte Molassemulden vorfinden, recht scharf hervor und scheint zu etwas längeren Laufzeiten verschoben zu sein. Diese Erscheinung würde der geologischen Vorstellung korrespondieren, daß der tiefere Untergrund etwa im Bereich des Illertales emporgewölbt ist und das Liegende der Molasse verhältnismäßig dicht unter der Erdoberfläche liegen könnte. Im Hinblick auf die Murnauer Verteilungskurve gewinnt auch das kleine Maximum der Immenstädter Verteilungskurve bei 11-12 Sekunden an Interesse. Aus den Murnauer Messungen wissen wir, daß diesem Zacken eine reelle Bedeutung zukommt, denn dort war es gelungen, bei 10,8 Sekunden Reflexionszeit über mehrere Seismogramme korrelierende, gute Reflexionen zu registrieren. Es erscheint also durchaus möglich, daß auch bei den Immenstädter Messungen die Mohorovicic-Diskontinuität bei etwa 11 Sekunden erneut erfaßt wurde, wenngleich die Ausprägung der Reflexe hier wesentlich schlechter ist als im Murnauer Gebiet. Infolge der recht hohen Geschwindigkeiten in den Molasseschichten können wir die Reflexionen bei etwa 11 Sekunden einer Tiefe von 30-31 km zuordnen, während wir für die der Conrad-Diskontinuität zugerechneten Reflexe bei 6,5 Sekunden (als obere Begrenzung) etwa 17-18 km annehmen können. Das wäre — wie gesagt — etwa die gleiche Teufe, wie wir sie aus den Messungen im Rheintalgraben kennen.

In jüngster Zeit konnten erstmalig im Gebiet der ungefalteten Molasse im Raum von Marktwald (westlich Augsburg) Tiefenreflexionen beobachtet werden. Da diese Arbeiten noch andauern, kann das bisherige Material nur eine vorläufige Mitteilung erlauben. Erkennbar sind Reflexe von guter Qualität etwa ab 7,1 Sekunden Reflexionslaufzeit. Die Teufenermittlung führt auf eine Mindestteufe von etwa 19 km. Es sei vermerkt, daß sich weitere kräftige Reflexe bei 8,5 Sekunden Reflexionszeit finden, entsprechend einer Teufe von rund 23 km.

Das Arbeitsgebiet liegt nicht sehr weit entfernt von dem Raum Blaubeuren, in welchem gute Tiefenreflexionen anlässlich einer Kammersprengung verzeichnet werden konnten (Reich 1954 [15]). Die hierbei erhaltenen Reflexionsgruppen bei Laufzeiten von 7,08 und 9,20 Sekunden wurden bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 5750 m/s Reflexionsflächen bis 20,3 und 27,6 km Teufe zugeordnet. Die geringere Teufe der bei Marktwald gleichfalls bei 7,1 Sekunden erfaßten Grenzfläche ergibt sich aus der geringeren Durch-



schnittsgeschwindigkeit (5350 m/s) infolge einer rund 1000 m mächtigen Molassebedeckung.

Bemerkenswert ist jedoch die verhältnismäßig große Teufe der wahrscheinlich der Conrad-Diskontinuität zuzuordnenden Reflexionspiegel und ihre gute Annäherung an die von Reich für den Blaubeurener Raum angegebenen Werte.

In Norddeutschland liegen bereits gute Registrierungen von Tiefenreflexionen aus dem Lippstadter Raum vor. Besonders schöne Ergebnisse konnten bei neuen Messungen im Raum von Springe, Eldagsen und Schulenburg (südwestlich von Hannover) erzielt werden. Hier zeigen eine große Anzahl von Seismogrammen im Bereich zwischen 5,5 und 7 Sekunden gute und vielfach über mehrere Seismogramme korrelierende Reflexionen. Als Beispiel für diese Registrierungen ist in der Abbildung 4 ein Ausschnitt aus 6 Seismogrammen aus dem Raum von Springe wiedergegeben. Nach fast völliger Ruhe im Seismogramm treten bei etwa 5,8 Sekunden Reflexionszeit nahezu sölilig liegende Reflexionen auf, die über alle 6 Seismogramme korrelierbar sind. Wir dürfen wohl auch diese Gruppen dem Bereich der Conrad-Diskontinuität zuordnen. Auch in diesem Gebiet zeigen die Häufigkeitsverteilungen für kleinere Teilgebiete eine deutliche Verschiebung der Maxima. Die Häufigkeitsverteilung für dieses Arbeitsgebiet ist in Abbildung 5 wiedergegeben, und zwar sind hier zwei Teilgebiete unterschieden. Man erkennt, daß sich beide Kurven sehr wesentlich unterscheiden. In dem Gebiet Eldagsen sind die in obiger Abbildung gezeigten gut korrelierenden Reflexionen bei etwa 6,8 Sekunden Reflexionszeit beobachtet worden. Wir können dieser Kurve also ein gewisses Vertrauen entgegenbringen. Dagegen zeigt die Verteilungskurve für das Gebiet Springe bereits einen wesentlich anderen Bau. Dies dürfte im wesentlichen wohl auf der Nähe des Salzstockes Brünninghausen beruhen, während wir im Raum Eldagsen bis zum Zechstein eine weniger komplizierte Tektonik kennen. Dieses Beispiel zeigt, wie vorsichtig wir zunächst in der Auswahl und Beurteilung der Teilgebiete sein müssen. Es ist aus diesem Grunde auch noch zu früh, in solchen Räumen aus der Verschiebung der Maxima bereits etwas über die Lage der tiefen reflektierenden Grenzflächen aussagen zu wollen. Im Mittel ergibt sich für diesen Beobachtungsraum eine Tiefenlage der Conrad-Diskontinuität von etwa 13 km, ein Wert, der den Lippstadter Beobachtungen recht gut entspricht. Dort hatten wir für die gleiche Zone eine Taufe von 13-14 km errechnet. Bemerkenswert ist noch das weniger ausgeprägte Maximum bei 10,2 Sekunden Reflexionszeit, welches wir einer Teufe von rund 27 km zuordnen müßten.

Abb. 4: Ausschnitt aus 6 Seismogrammen mit korrelierenden Reflexionen bei etwa 5,6 Sekunden aus dem Gebiet Springe-Eldagsen. Diese Reflexe dürften in den Bereich der Conrad-Diskontinuität zu stellen sein

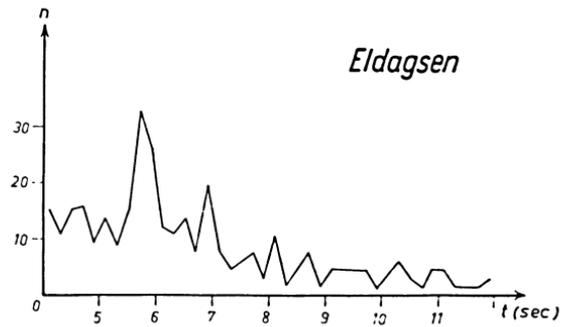
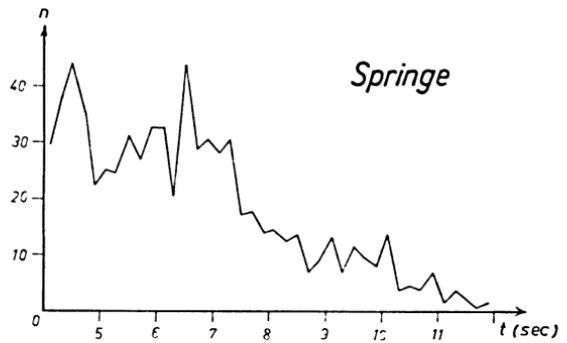


Abb. 5: Häufigkeitsverteilung tiefer Reflexionen aus den Gebieten Springe und Eldagsen. Das Maximum in der Verteilung aus dem Gebiet Eldagsen entspricht der in Abb. 4 gezeigten Reflexionsgruppe

Wir müssen zumindest die Möglichkeit in Betracht ziehen, daß auch diese Gruppe von der Moho-Diskontinuität herrührt, wenngleich es noch zu früh ist, hierüber etwas Sicheres auszusagen. Immerhin stimmt die hier ermittelte Teufenlage mit den bisherigen Kenntnissen über die Teufenlage dieser Grenzfläche gut überein.

Hier ist noch auf die bei etwa 4,5-5 Sekunden liegenden Maxima hinzuweisen. Ähnliche Erscheinungen – welche gleichfalls nicht auf multiplen Reflexen beruhen dürften – etwa nach Art des einfach multiplen Zechsteinreflexes – finden wir auch in anderen Gebieten, so in der Pfalz, im Rheintalgraben und in Lippstadt. Die Vermutung, es könne sich hierbei um die Förttsch-Diskontinuität handeln, läßt sich vorerst nicht beweisen. Von Bederke [1] ist darauf hingewiesen worden, daß die großräumige Verfolgung dieser Reflexionsgruppen und der Vergleich mit den Reflexen aus den Bereichen der Conrad- und Moho-Diskontinuität den Gedanken an eine Verknüpfung mit der sogenannten Förttsch-Diskontinuität ablehnen läßt. Immerhin müssen wir als Faktum festhalten, daß auch über der mutmaßlichen Conrad-Schicht gebietsweise kräftige Reflexe von zumindest einer Unstetigkeitsfläche auftreten, deren Abstand – sofern es sich um eine durchlaufende Schicht handeln sollte – von der Conrad-Diskontinuität stark wechselt.

Im Raum südwestlich von Ibbenbüren sind auf einer Vielzahl von Seismogrammen gute Reflexionen bei sehr langen Laufzeiten registriert worden, die jedoch nur in wenigen Fällen über mehrere Seismogramme korrelierbar waren und insgesamt in ihrer Qualität auch nicht an die der Beobachtungen im Raum Springe-Eldagsen heranreichen. Wir haben es auch in diesem Gebiet mit recht komplizierten tektonischen Verhältnissen zu tun. Sowohl die auf engem Raum ungewöhnlich stark wechselnde Mächtigkeit des Mesozoikums als auch starke Bewegungen im Zechstein und sehr wahrscheinlich auch im Prä-Zechstein machen es erklärlich, daß wir nicht mit lang durchlaufenden Horizonten aus großen Tiefen rechnen dürfen. Dennoch ergibt die Aufsummierung der Einzelreflexionen in der Kurve der Häufigkeitsverteilung zwei überraschend kräftige Maxima bei 7,2 und 9,4 Sekunden Reflexionszeit. Diese Maxima lassen sich weder durch multiple Reflexionen noch durch reflektierte Refraktion deuten. Die Teufenermittlung führt für das erste Maximum auf einen Wert von etwa 19000 m und für das Maximum bei 9,4 Sekunden Reflexionszeit auf eine Teufe von rund 26-27 km. Würde man das erste Maximum den Reflexionen aus dem Bereich der Conrad-Diskontinuität zuordnen, so würde der sich hierfür ergebende Teufenwert von etwa 19 km gänzlich aus dem Rahmen fallen. Wir können zunächst nichts darüber aussagen, ob diese Grenzzone in dem Ibbenbürener Raum tatsächlich so tief versenkt liegt, oder ob mit dieser Reflexionsgruppe eine andere Unstetigkeitsfläche erfaßt wurde. Im Hinblick auf die Bewegungen, welche wir an anderen Stellen in der Conrad-Diskontinuität glauben erkennen zu können, scheint es jedoch nicht unmöglich, daß wir in diesem Raum, in welchem wir in den oberen Stockwerken eine sehr bewegte Tektonik erkennen, mit einer abnormen Lage der Tiefengrenzflächen rechnen können. Der für die Moho-Diskontinuität angenommene Wert stimmt jedoch auffällig gut mit der Teufenangabe von 27 km für die Reflexionsgruppe bei 10,2 Sekunden im Gebiet Springe-Eldagsen überein. Die Ergebnisse der Helgolandsprengung [19] führten auf eine Teufe der Mohorovicic-Diskontinuität von 26-30 km in Norddeutschland. Als bester Wert ist 27,4 km angegeben.

In der Abbildung 7 sind zwei Ausschnitte aus einem Seismogramm aus dem Raum Ibbenbüren wiedergegeben, welche ein Beispiel für die Qualität der tiefen Reflexionen geben sollen.

Aus dem Raum von Northeim liegt eine einzelne, aber qualitativ recht gute Reflexionsbeobachtung vor. Einer Reflexionszeit von etwa 5,5 Sekunden dürfte eine Teufe von 13-14 km entsprechen. Die Zuordnung dieser Reflexionspiegel zur Conrad-Diskontinuität ist naheliegend.

Die Registrierungen im norddeutschen Raum brachten dagegen allgemein weniger befriedigende Ergebnisse. So gut hier meist die Reflexionsverhältnisse in

den die Erdölexploration interessierenden mesozoischen und paläozoischen Schichten sind, so wenig ergiebig ist die Suche nach Tiefenreflexionen geblieben. Hierfür sind wohl mehrere Gründe anzuführen. Zunächst lassen gerade die besonders gut reflektierenden Schichten der ersten 3-4000 m weniger Energie bei

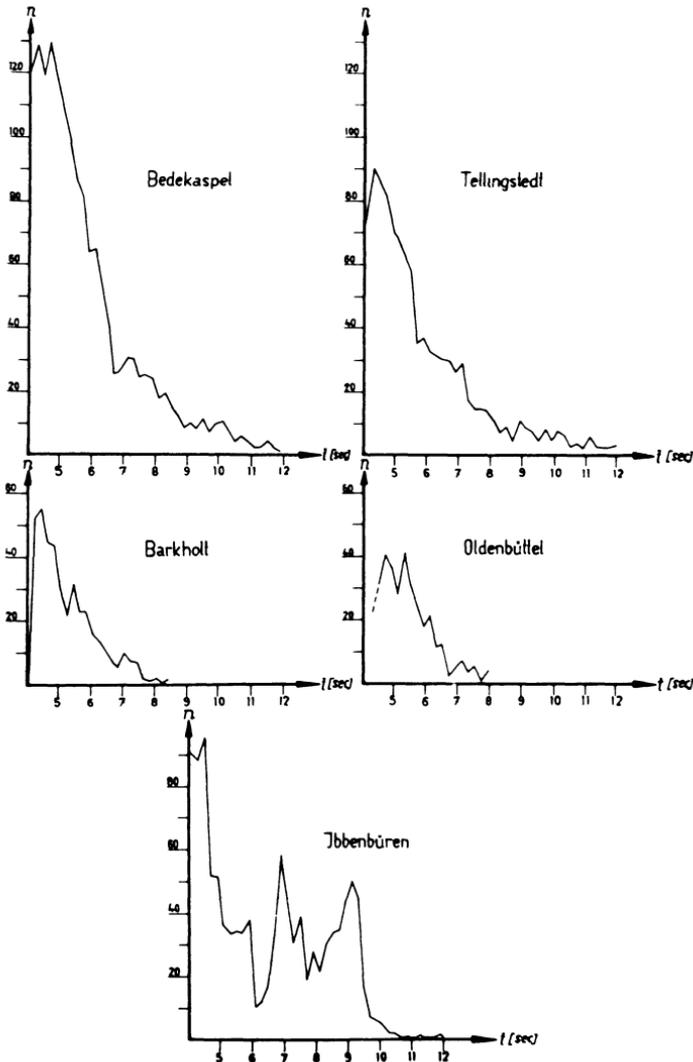


Abb. 6: Häufigkeitsverteilungen aus norddeutschen Arbeitsgebieten. Mit Ausnahme des Gebietes Ibbenbüren treten keine markanten Maxima bei längeren Laufzeiten auf. Die bei etwa 7 Sekunden angedeuteten Zacken müssen vorerst noch als sehr problematisch angesehen werden

der oftmals ruhigen Lage des Sedimentes sehr verbreitet multiple Reflexionen auf, die in den Seismogrammen bis zu sehr langen Laufzeiten Reflexionen erscheinen lassen, so daß ein Erkennen reeller Reflexe aus dem tiefen Untergrund zumeist außerordentlich schwierig – oftmals unmöglich wird. Und drittens haben uns in manchen Gebieten die Erscheinungen der reflektierten Refraktion die Seismogramme schwer deutbar gemacht. Letztere Erscheinung tritt zum Beispiel in dem Gebiet Fallstein auf, in welchem wir bei guten Energieverhältnissen und hoher Lage des Zechsteins gute Reflexe aus dem tiefen Untergrunde erhofften. Leider sind hier die Seismogramme durch außerordentlich starke Refraktionsgruppen bei längeren Laufzeiten durchsetzt, so daß sich zunächst noch nichts Sicheres über eventuelle Tiefenreflexionen aussagen läßt. Wir müssen hier die weiteren Messungen und größeres Material abwarten. Es scheint, daß reelle Reflexe bei etwa 4,8 und 6,5 Sekunden liegen könnten. Dies würde Teufen von etwa 11-12 und 16-17 km entsprechen. Ein ähnliches Problem tritt in Emsland auf, wo möglicherweise reelle Reflexe in unmittelbarer Nähe der multiplen Zechsteinreflexe liegen, so daß eine Entscheidung, ob hier tatsächlich eine tiefe Grenzfläche erfaßt wurde, zur Zeit noch nicht möglich ist.

In der Abbildung 6 sind einige Verteilungskurven aus dem norddeutschen Raum wiedergegeben. Man erkennt, daß sie im allgemeinen keine ausgesprochenen Maxima zeigen. Lediglich die in den Kurven aus den Gebieten Bedekaspele (Ostfriesland) und Tellingstedt (Holstein) erkennbaren möglichen kleinen Maxima bei 9-10 Sekunden erwecken die Hoffnung, hier vielleicht noch einmal mit reichhaltigerem Material bessere Ergebnisse zu erzielen. Das Gleiche kann man auch nur von den kleinen Maxima bei 7 Sekunden (entsprechend Teufen von rund 15-16 km) in den Gebieten Barkholt (Ostfriesland) und Oldenbüttel (Südholstein) sagen. Diese Beispiele sollen indessen zeigen, daß die Anwendung des Reflexionsverfahrens gerade im norddeutschen Raum auf besondere Schwierigkeiten stößt und wir hier zunächst noch auf die verlässlichen Daten der Helgolandsprengung angewiesen sind.

Bei der Diskussion von Reflexionen aus dem tieferen Untergrund wurde bereits früher darauf hingewiesen, daß wir sicherlich von der Vorstellung markanter Grenzflächen abgehen müssen und statt dessen von Grenzzonen sprechen müssen. In fast allen Gebieten, in denen wir gute Reflexe bei langen Laufzeiten gefunden haben, treten dieselben auch über einen verhältnismäßig breiten Bereich auf. Wir müssen es daher auch als fraglich ansehen, ob wir immer die gleichen Reflexionsspiegel innerhalb dieser Zonen beobachten und ob dieselben tatsächlich auch den in den Refraktionsbeobachtungen erfaßten Horizonten entsprechen.

Reichenbach und Schmidt [17] haben auf der Tagung der EAEG in München im Mai vorigen Jahres Reflexionsprofile aus dem Siegerland vorge-

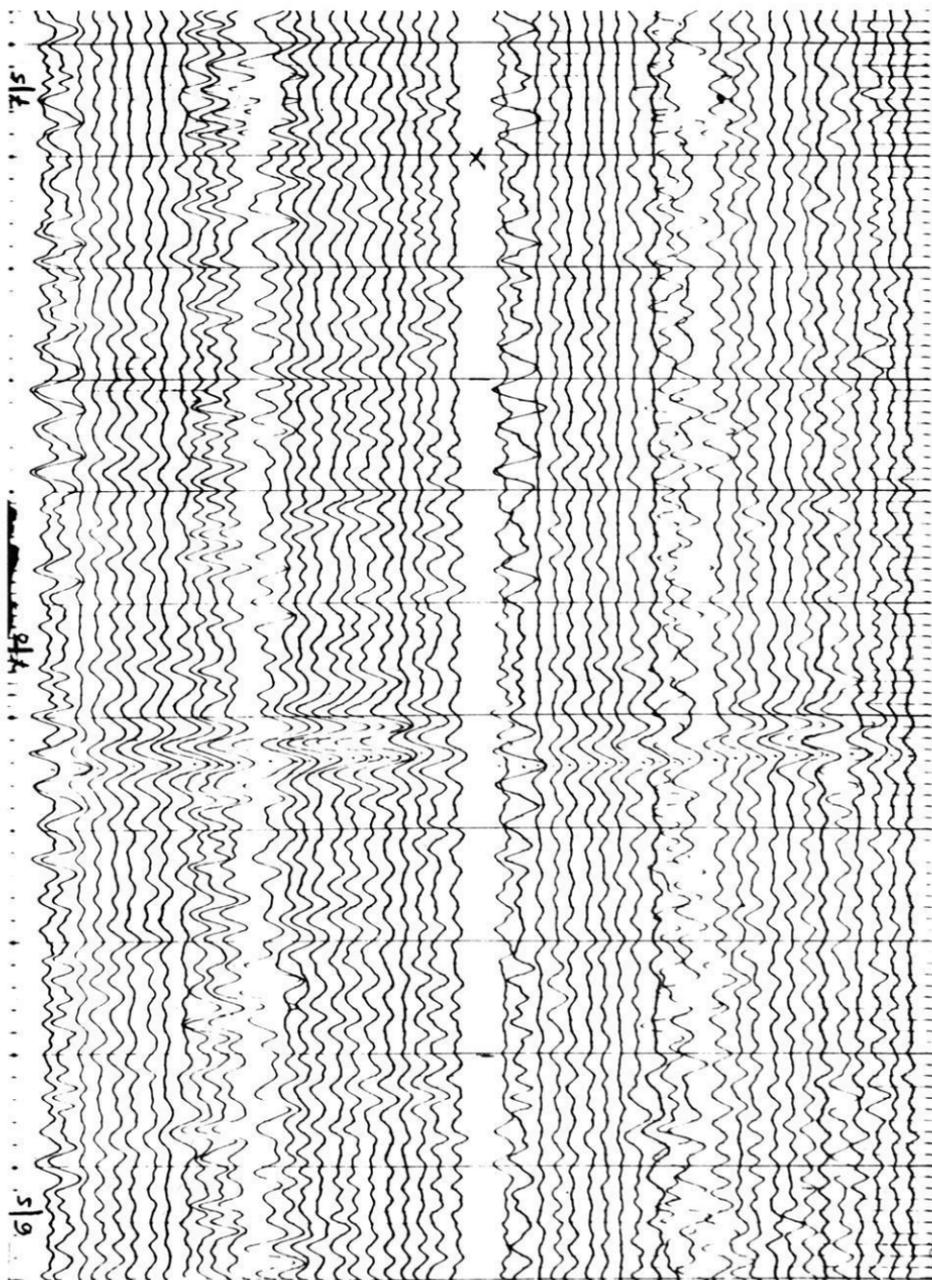


Abb. 7 a: Ausschnitt aus einem Reflexionsseismogramm aus dem Arbeitsgebiet Ibbenbüren. Dargestellt ist eine möglicherweise in den Bereich der Conrad-Diskontinuität zu stellende Reflexion bei etwa 7 Sekunden. Der untere Teil des Seismogrammes stellt die ungemischte, der obere Teil die dreifach gemischte Registrierung dar

führt, welche Tiefenreflexionen über eine Profillänge von vielen Kilometern zeigten. Hierbei war folgendes besonders bemerkenswert: Erstens nahmen diese Reflexe, die weitgehend zu Horizonten korreliert werden konnten, einen Teufenbereich von etwa 10-22 km ein, und zweitens zeigten diese sehr tiefen Horizonte eine ungewöhnlich starke Bewegung. Beide Erscheinungen vervollständigen insofern das bisherige Bild, als wir vielleicht nicht nur von einer Grenzfläche – wie z.B. der C-Diskontinuität – Reflexionen erwarten dürfen, sondern auch aus dem gesamten Bereich dieser "Zone", und zum anderen deuten ja auch die vergleichenden Beobachtungen aus verschiedenen, oft benachbarten Gebieten darauf hin, daß die erfaßten Zonen in wesentlich verschiedener Teufe liegen können. Um dies zu entscheiden, sind sehr viel mehr Beobachtungen nötig, aber ich glaube, daß wir mit dem laufenden Programm hier durchaus noch zu konkreteren Aussagen kommen können. Die Beispiele aus den Räumen mit dichteren Beobachtungspunkten lassen uns hoffen, daß wir auch in anderen Gebieten noch zu ähnlichen, vollständigeren Vorstellungen kommen werden.

In nachfolgender Tabelle sind die bislang erzielten Beobachtungen zusammengestellt. In den mit einem Fragezeichen versehenen Tiefenangaben ist entweder die Ausbildung der Reflexion allgemein schwach, oder ihre Zuordnung zu den genannten Unstetigkeitsflächen zunächst noch unsicher.

Teufen der reflexionsseismisch erfaßten Grenzflächen

Gebiet	Förtsch - Diskontinuität (?) (km)	Conrad - Diskontinuität (km)	Mohorovicic - Diskontinuität (km)
Gifhorn-Wittingen	–	12 (?)	–
Springe-Eldagsen	9 - 10	13	27
Ibbenbüren	–	19 (?)	27
Fallstein	11 - 12 (?)	16 - 17 (?)	–
Lippstadt	8 - 9	13 - 14	–
Northeim	–	13 - 14	–
Siegerland	–	10 (und tiefer)	–
Pfalz (Nahe-Senke)	10,5	13,5	–
Rastatt-Kehl	–	17 - 18	–
Marktwald	–	18 - 19	–
Murnau	10,5 - 11	17 - 18	30 - 31
Immenstadt	–	17 - 18	30 - 31

Es scheint nach dem bisherigen Material wahrscheinlich, daß wir für den tieferen Untergrund keinesfalls eine ruhige Lagerung und einen gleichmäßigen Abfall

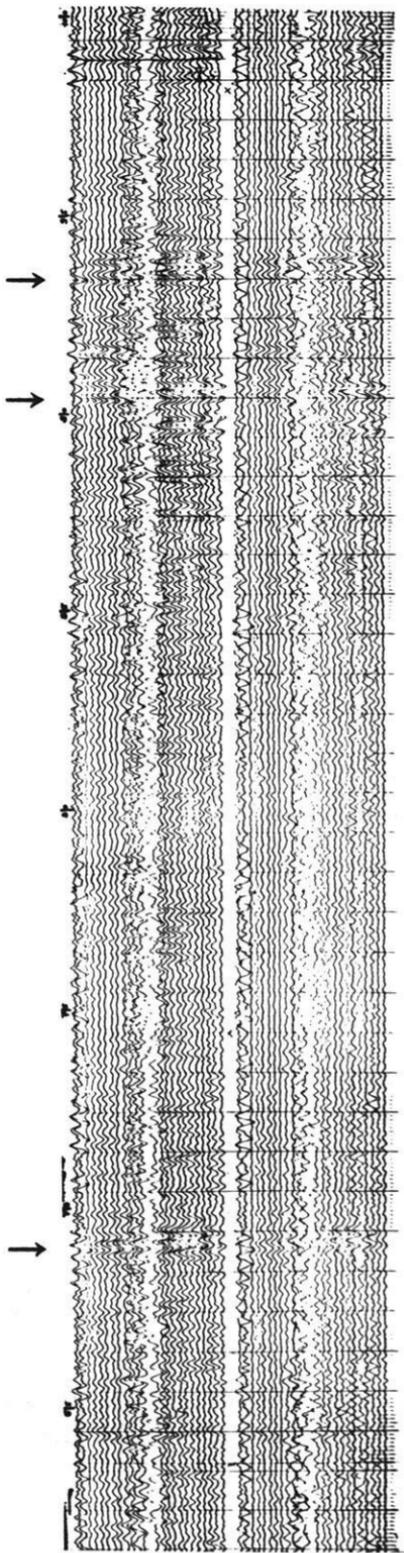


Abb. 7 b: Dieselbe Registrierung, dargestellt im Ausschnitt von etwa 6 - 10 Sekunden. Man erkennt die in Abb. 7 a gezeigte Reflexion bei 7,1 Sekunden und eine weitere starke Reflexionsgruppe bei etwa 9,3 Sekunden. Diese Reflexe sind möglicherweise schon der Mohorovicic-Diskontinuität zuzuordnen

der Schichten von Norden nach Süden annehmen dürfen. Es scheint – und erst ein sehr dichtes Netz von Beobachtungspunkten wird diese Frage klären können – als ob wir stellenweise mit einem recht bewegten Bau des Untergrundes rechnen müssen, der vielleicht zum Teil die Tektonik der oberen Stockwerke wieder spiegelt. Dies könnte z.B. im Rheintalgraben der Fall sein. Vielleicht dürfen wir auch hoffen, durch den Vergleich der Laufzeiten tiefer Grenzflächen gewisse Aussagen über den Bau höherer Stockwerke zu erhalten. Dies wurde bei der Diskussion der Immenstädter Messungen angedeutet, und auch in der Arbeit von Reichenbach und Schmidt wurde auf die mögliche wirtschaftliche Bedeutung der Verfolgung der sehr tiefen Reflexionsgruppen hingewiesen.

In allen Betrachtungen wurde wiederholt bemerkt, daß sich die sogenannten Unstetigkeitsflächen nicht durch einzelne kräftige Reflexionen, sondern durch einen ganzen Bereich von Reflexionsgruppen abzeichnet. Es erhebt sich somit auch die Frage, ob die Bezeichnung "Diskontinuität" nicht irreführend ist und ob man anstelle von Grenzflächen nicht von Grenzzonen sprechen sollte.

In diesem Zusammenhang ist schließlich noch auf die Versuche hinzuweisen, die in anderen Ländern zur Erforschung des tieferen Untergrundes durch reflexionsseismische Verfahren gemacht worden sind. Von Junger ist bereits im Jahre 1951 über Reflexionen aus Teufen von 18-21 km Tiefe berichtet worden [12]. Neuerdings ist es – einer freundlichen persönlichen Mitteilung zufolge – Junger gelungen, über viele Kilometer hinweg durchgehende, korrelierende Reflexionen aus dem tieferen Untergrund Kanadas zu erhalten.

In Ungarn sind Versuche zur Registrierung von Tiefenreflexionen gemacht worden, die an Ladungsstärke und Technik unseren Routinemessungen am Alpenrand sehr ähnlich sind. Galfi und Stegena [7] berichten über eine Teufe der C-Diskontinuität im Gebiet von Pécs von 19,6 km und im Raum von Debrecin von 19,4 (?) km sowie über eine Teufe der Mohorovicic-Diskontinuität bei Debrecin von 23,6 und bei Pécs von 25,2 km. Während die für die C-Diskontinuität angegebenen Teufen recht gut zu den Werten unserer Beobachtungen in Süddeutschland (18 km) passen, liegt nach diesen Angaben die Moho-Diskontinuität erheblich höher (23-25 km gegen etwa 30 km). Ähnliche Versuche sind in Sowjetrußland unternommen worden. Es würde aber an dieser Stelle zu weit führen, alle Arbeiten im Einzelnen zu diskutieren.

Wesentlich reicher ist die Literatur über die Reflexionsbeobachtungen bei Großsprengungen. Im Rahmen dieser Arbeit soll auf die sehr umfangreiche Literatur über Reflexions- und Refraktionsbeobachtungen bei Großsprengungen nicht eingegangen werden. Im großen und ganzen fügen sich diese Ergebnisse, soweit sie den mitteleuropäischen Raum betreffen, in die oben skizzierten Resultate der Reflexionsbeobachtungen gut ein. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen,

sichtigen, daß diese Linien zum größten Teil nicht gegengeschlossen werden konnten. So verbleibt auch in diesen Messungen ein gewisser Unsicherheitsfaktor, zu dem noch der allgemein nicht berücksichtigte Einfluß einer eventuellen Anisotropie kommt [13].

Die bisherigen Ergebnisse der Registrierung von Tiefenreflexionen im Rahmen routinemäßiger seismischer Untersuchungen berechtigen zu der Hoffnung, daß wir bei weiterer Vervollständigung des Materials im Laufe der Zeit einen Überblick über den Verlauf der tiefen Unstetigkeitsflächen in Mitteleuropa erhalten. Das Ziel wäre, gewissermaßen einen Tiefenlinienplan für die Conrad-Discontinuität in Mitteleuropa zu zeichnen.

Die in dem vorliegenden Referat gezeigten Darstellungen, insbesondere die Kurven der Häufigkeitsverteilungen, bedeuten eine sehr vorsichtige Sichtung des Materials. Die Ergebnisse würden allgemein noch günstiger, wenn eine Bewertung der Qualität der Reflexionen vorgenommen würde. In diesem Falle würden sich die heraustretenden Maxima noch wesentlich verschärfen. Bei einer weiteren Bearbeitung der einzelnen Meßgebiete, welche vorerst aus Zeitgründen noch nicht möglich war, wird zweifellos in manchen Fällen auch eine profilmäßige Darstellung der tiefen Reflexionshorizonte möglich sein. Vermutlich würde eine solche Bearbeitung noch weitere Aussagen über den Verlauf der tiefen Grenzflächen erlauben.

Es ist mir ein Bedürfnis, allen in Deutschland tätigen Erdölgesellschaften für die freundliche Unterstützung und die Erlaubnis für die Bearbeitung und Veröffentlichung des Seismogramm-Materials über Tiefenreflexionen herzlich zu danken. Mein besonderer Dank gilt jedoch den Firmen PRAKLA und SEISMOS, welche das Arbeitsprogramm in großzügiger Weise unterstützt und seine Durchführung erst technisch ermöglicht haben.

Schließlich möchte ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft für ihre großzügige Bereitstellung von Mitteln zur Durchführung dieses Untersuchungsprogramms meinen herzlichen Dank sagen.

Literatur

- [1] Bederke, E.: Zur Geologie und Geophysik der Tiefen. Geol. Rundschau 46/1 (1957) S. 229-245.
- [2] Brockamp, B.: Zum Werdegang der Vortiefen. "Geologie" Band 4, Nr. 4, S. 363-396 (Berlin 1955).
- [3] Closs und Hahn: Bemerkungen zur Karte der Schwerstörungen des deutschen Alpenvorlandes. Geol. Jahrbuch Band 72, S. 503-528 (1957).
- [4] Dohr, G.: Zur reflexionsseismischen Erfassung sehr tiefer Unstetigkeitsflächen. Erdöl und Kohle, 10, 1957, Heft 4.
- [5] Dohr, G.: Ein Beitrag der Reflexionsseismik zur Erforschung des tieferen Untergrundes. Geol. Rundschau 46/1 (1957) S. 17-26.
- [6] Förtsch, O.: Analyse seismischer Registrierungen der Großsprengung in Haslach im Schwarzwald am 28. April 1948. Geol. Jahrbuch 66, S. 65-80 (1951).
- [7] Galfi, J. und Stegena, L.: Tiefenreflexionsversuche in Ungarn zum Studium des kontinentalen Aufbaues. Geol. Rundschau 46/1 (1957) S. 26-29.
- [8] Gutenberg, B.: Zur Frage der Gebirgswurzeln. Geol. Rundschau 46/1 (1957) S. 30-38.
- [9] Haalck, H.: Physik des Erdinnern. Akad. Verlags-Anstalt Leipzig 1954.
- [10] Hiersemann, L.: Geologisch-geophysikalische Theorien über den Aufbau und die Dynamik der Erdkruste. Freiburger Forschungshefte, C 24, Berlin 1956.
- [11] Hiller, W.: Der Aufbau der Erdkruste im nördlichen Alpenvorland nach Beobachtungen von Nahbeben und Sprengungen. Vortrag auf der Tagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Hamburg, Oktober 1950.
- [12] Junger, A.: Deep Basement Reflections in Big Horn Country, Montana. Geophysics XVI (1951), 3, S. 499-505.
- [13] Krey, Th.: Erweiterte Möglichkeiten für die Refraktionsseismik durch die Verwendung von Geophonen mit niedriger Eigenfrequenz. Geol. Jahrbuch Band 74, S. 523-530 (1957).
- [14] Reich, H.: Geologische Ergebnisse der seismischen Beobachtung der Sprengung auf Helgoland. Geol. Jahrbuch 64, S. 243-266.
- [15] Reich, H.: Über seismische Beobachtungen der Prakla an Reflexionen aus großen Tiefen bei den großen Steinbruchsprengungen in Blaubeuren am 4. März und am 10. Mai 1952. Geol. Jahrbuch 68, S. 225-240.
- [16] Reich, H.: In Süddeutschland seismisch ermittelte tiefe Grenzflächen und ihre geologische Bedeutung. Geol. Rundschau 46/1 (1957) S. 1-17.

- [17] Reichenbach, R. und Schmidt, G.: Results of Surface Reflection Seismic Measurements in the Siderite District of the Siegerland. Geophys. Prospecting VII, 3 (1959) S. 291-299.
- [18] Reinhardt, H. G.: Steinbruchsprengungen zur Erforschung des tieferen Untergrundes. Freiburger Forschungshefte, C 15, Berlin 1954.
- [19] Schulze, G. A. und Förtsch, O.: Die seismische Beobachtung der Sprengung auf Helgoland am 18. April 1947 zur Erforschung des tiefen Untergrundes. Geol. Jahrbuch 64, S. 204-242 (1950).
- [20] Shor, G. C.: Deep Reflections from Southern California Blasts. Trans. Amer. Geophys. Un., Vol. 36, Nr. 1, S. 133-138 (1955).
- [21] Schulz, G.: Reflexionen aus dem kristallinen Untergrund des Pfälzer Berglandes. Zeitschr. f. Geophysik 23 (1957), S. 225-235.
- [22] Crust of the Earth. Geol. Soc. of America, Special Paper 62, July 15, 1955.
- [23] Wiechert, E.: Untersuchung der Erdrinde mit Hilfe von Sprengungen. Geol. Rundschau 1926.



Feldwaage

Bauart Gf 6

nach Schmidt

Seit Jahrzehnten bewährt,
auf der ganzen Welt im Einsatz;

Ablesegenauigkeit: bis 1 γ

Besondere Vorzüge:

Auch für H-Messung und
zum Registrieren geeignet.

Präzisions-Magnetometer

Torsionsmagnetometer

Bauart Gfz

Rationell und zeitsparend
nur 40 s Meßdauer pro Station;

Meßbereich: 65000 γ

Ablesegenauigkeit: besser als 2 γ



Fordern Sie bitte ausführliche Prospekte an.

CONTINENTAL ELEKTROINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
ASKANIA-WERKE · BERLIN-MARIENDORF



Fordern Sie unsere TECHNISCHEN MITTEILUNGEN Nr. 3 an:
DIE MAGNETBANDTECHNIK UND IHRE ANWENDUNG



HANNOVER · HAARSTRASSE 5 · RUF: 86661 · FERNSCHREIBER: 922847 · DRAHT: PRAKLA