DEUTSCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN Veröffentlichungen des Institutes für Bodendynamik und Erdbebenforschung in Jena Herausgegeben vom Direktor Prof. Dr. H. Martin Heft 66

Die Ausrichtung der Transversaleinsätze von Erdbeben in Herddistanzen > 83°

von

Gertraud Richter

Mit 44 Abbildungen





Erschienen im Akademie-Verlag GmbH, Berlin W 1, Leipziger Straße 3-4 Copyright 1960 by Akademie-Verlag GmbH, Berlin

> Alle Rechte vorbehalten Lizenz-Nr. 202 • 100/740/60

Kartengenehmigung: MdI der DDR Nr. 5648

Gesamtherstellung: VEB Druckerei "Thomas Müntzer" Bad Langensalza

Bestellnummer: 2004/66 Preis: DM 14,— Printed in Germany

ES 18 E 2

Z MG1.3853 7

Vorwort

Die in der Fachliteratur erwähnte Polarisation der SKS-Wellen wurde an einem weltweiten umfangreichen Material untersucht. Dabei ergab sich ebenso wie für die SKKS-Wellen eine strenge azimutale Polarisation. Dadurch ist in einem Wellenbilb eine Unterscheidung von S-Einsätzen möglich, da die S-Wellen rechtwinkelig zum Azimut polarisiert sind. In der Arbeit wird weiter auf eine neue Möglichkeit der Untersuchung des Herdmechanismus sowie auf das Vorkommen von S-Einsätzen bis zu Herdentfernungen von 120° hingewiesen.

H. MARTIN

Inhaltsverzeichnis

| Zusa | mmentassung |
|-------|--|
| 1. | Gegenwärtiger Stand des Problems |
| 2. | Auswahl des Beobachtungsmaterials |
| 3. | Bearbeitung des Materials |
| 4. | Zusammenfassung des Materials nach Herdgebieten 19 |
| 5. | Ergebnis der Richtungsuntersuchung 62 |
| 6. | Erklärung der Polarisation von SKS 67 |
| Liter | atur |

Zusammenfassung

Nach einer empirischen Regel ist für die Unterscheidung von SKS- und S-Einsätzen die Richtung der Bodenbewegung bei dem betreffenden Einsatz maßgebend. In dieser Untersuchung wird die Regel an einem größeren Material überprüft und ihre theoretische Grundlage entwickelt. Dazu sind die Seismogramme der Württembergischen Hauptstation für Erdbebenforschung, Stuttgart, von 1949 bis 1955 untersucht worden. Von 96 Beben wurden die Schwingungsfiguren von SKS- und SKKS-Einsätzen sowie auch von S-Einsätzen und gegebenenfalls von herdnahen Reflektionen gezeichnet. Die Ausrichtung dieser Figuren liegt entweder im Herdazimut oder rechtwinklig zu diesem. Die strengste Polarisation halten die SKS-Einsätze ein, von denen 78% höchstens + 9° vom Herdazimut abweichen. Auch die anderen SV-Einsätze sind streng azimutal polarisiert. Die Ursache der Polarisation wird aus der Refraktion der Kernwelle in den Mantel und dem dabei eintretenden Wechsel des longitudinalen in einen transversalen Schwingungscharakter hergeleitet. Von den S-Einsatzschwingungen und ihren herdnahen Reflektionen halten etwa 40% eine strenge Polarisation (±9°) ein. Die Polarisationsrichtung ist rechtwinklig zum Herdazimut. Damit ist die empirische Regel eindeutig bestätigt.

Die Untersuchung zeigt außerdem, daß bei manchen Beben in der Transversalgruppe des Seismogramms ein deutliches Vorwiegen der SV- oder der SH-Richtung festzustellen ist. Ob sich damit Zusammenhänge mit der Richtung des Herdvorganges ergeben und sich daraus ein neuer Weg zur Untersuchung des Herdmechanismus ergibt, soll in einer weiteren Bearbeitung untersucht werden. Desgleichen wird auch das Vorkommen von S-Einsätzen bis in Herdentfernungen von 121° und der Weg dieser Welle durch das Erdinnere in Zusammenhang mit ihrer Polarisation Gegenstand einer weiteren Untersuchung sein.

1. Gegenwärtiger Stand des Problems

Infolge der Elastizitätsverhältnisse in der Erde bis zu einer Tiefe von etwa 2900 km kann sich ein mechanischer Impuls als Longitudinal- und als Transversalwelle fortpflanzen. Während die Schwingungsrichtung der Bodenteilchen beim Durchgang einer Longitudinalwelle eindeutig durch die Richtung des Laufweges der Welle festgelegt ist, kann die Schwingungsrichtung bei der Transversalwelle alle Richtungen in einer Ebene senkrecht zum Laufstrahl einnehmen. Die mit dem Laufweg zusammenfallende Schwingungsrichtung der Longitudinalwelle liegt in einer Ebene, die durch den Bebenherd, den Erdmittelpunkt und die betreffende Station geht, in der das Beben registriert worden ist. Sie stellt für jedes Niveau der Erde, also auch für die Erdoberfläche, die Einfallsebene des Strahles dar, und in ihr wird der Einfallswinkel des Strahles gemessen. Die Transversalwelle schwingt in der zum Laufstrahl jeweils senkrechten Ebene. Die Schnittlinie dieser mit der Einfallsebene bildet mit dem Lot auf jeder erreichten Horizontalfläche, also auch auf der Erdoberfläche, einen Winkel, der um 90° vom Einfallswinkel i verschieden ist, während die zu dieser Schnittlinie senkrechte Richtung in der Transversalschwingungsebene stets in die Horizontale selbst fällt. Die Schwingungsrichtung von S liegt im allgemeinen zwischen diesen beiden zueinander senkrechten Richtungen.

Schon E. Wiechert löste 1907 [17] die Bodenbewegung beim S-Einsatz für die Untersuchung des Amplitudenverhältnisses von reflektierter und refraktierter zur einfallenden Welle auf in eine in die Einfallsebene des Strahles fallende und in eine dazu senkrechte Komponente. Diese beiden Komponenten wurden 1926 von H. Jeffreys [12] mit SV und SH bezeichnet. Darin drückt sich auch hinsichtlich des Seismogrammbildes aus, daß im allgemeinen die SV-Komponente einen gewissen Vertikalanteil besitzt, während SH nur in der Horizontalkomponente erscheint.

1952 beschäftigte sich Gutenberg [6] eingehend mit der Energieaufteilung der S-Welle bei der Reflektion an der Erdoberfläche. Eine Polarisation dieser Welle in der SV- oder SH-Richtung konnte er in den von ihm untersuchten Registrierungen von Beben bis zu 80° (= 8900 km) Herddistanz nicht finden. Die Richtung von S bis zu dieser Herdentfernung kann vielmehr jeden Winkel mit der SV-Richtung bilden, und es besteht keine Abhängigkeit von Azimut oder Herddistanz. Es scheint für die Schwingungsrichtung von S der mechanische Vorgang im Herd bestimmend zu sein, was der genannte Verfasser in einer späteren Untersuchung [7] 1955 über die Beziehung zwischen der Bewegungsrichtung beim S-Einsatz und der Richtung der Herdbewegung quantitativ darlegt und bereits für die Berechnung der Bewegungsrichtung im Herd eines bestimmten Bebens anwendet.

Während die Ausrichtung der direkten S-Welle danach durch den Herdvorgang bestimmt ist, deuten gelegentliche Beobachtungen darauf, daß — ganz unabhängig von dieser Ausrichtung — ab 84° (9350 km) Herdentfernung sowohl SKS als auch S in der SV- bzw. in der SH-Richtung polarisiert sind.

Gelegentlich einer Laufzeituntersuchung erwähnte I. Lehmann 1932 [15, S. 66] die Beobachtung, daß SKS-Einsätze in der SV-Richtung ausgerichtet sind. Bei einem der untersuchten Beben, dessen Herd rein westliches Azimut hat, erscheinen die tabellarisch erfaßten SKS-Einsätze fast aller europäischen Stationen in der E-Komponente als große, neue, z. T. scharfe Phasen, während sie in der N-Komponente sehr schwach sind oder ganz fehlen. Außerdem geht aus der beigegebenen Laufzeittabelle für S hervor, daß auch dieser Ein-

satz polarisiert ist, aber nicht wie SKS in der Einfallsebene, sondern senkrecht dazu. Die Herddistanzen, auf die sich ihre Untersuchung erstreckt, liegen zwischen 84° (9350 km) und 99° (11000 km).

Einige Jahre später weist auch B. Gutenberg [5, S. 330] darauf hin, daß SKS regulär in der Einfallsebene polarisiert ist, während die Polarisation von S in Herddistanzen ab 84° (9350 km) senkrecht zu der von SKS sein kann. Hier wird auch die Polarisation weiterer Transversaleinsätze, so vor allem die SV-Richtung von PS erwähnt.

2. Auswahl des Beobachtungsmaterials

Für eine systematische Überprüfung der Polarisation von SKS muß die Bodenbewegung zur Zeit des Eintreffens dieser Welle an einer Station aus den beiden Seismogrammen der Horizontalkomponenten N-S und E-W rekonstruiert werden. Hierzu sind die Aufzeichnungen von solchen Seismographensätzen, deren Komponenten die gleichen Apparatekonstanten (statische Vergrößerung, Eigenperiode, Dämpfung und damit dieselbe dynamische Vergrößerung) aufweisen, am günstigsten. Diese Voraussetzungen bietet der Satz Galitzin-Wilip-Seismographen der Württembergischen Hauptstation für Erdbebenforschung in Stuttgart. Die Eigenperiode von Seismographen und Galvanometer beträgt 12 Sek., die Dämpfung von Seismographen und Galvanometern liegt an der Grenze der Aperiodizität, induktive Koppelung und Lichtweg vom Galvanometerspiegel bis zur Registriertrommel sind entsprechend der verschiedenen reduzierten Pendellänge des Vertikalseismographen gegenüber den beiden Horizontalseismographen so gewählt, daß alle 3 Komponenten denselben sog. Übertragungsfaktor und damit dieselbe Resonanzkurve haben. Das Maximum der Resonanzkurve liegt bei 7 Sek. Bodenperiode und beträgt 1300.

Es wurden alle Registrierungen dieses Seismographensatzes von 1949 bis einschließlich 1955 auf Beben mit erkennbaren SKS-Einsätzen durchgesehen. Aus den Seismogrammen von 130 Beben wurden die Teile mit Transversaleinsätzen durchgezeichnet. Bei einigen Beben war die Bewegung zu schwach oder von Bodenunruhe überlagert oder aber auch zu kräftig, so daß die Spur der eine halbe Stunde später aufgezeichneten

Oberflächenwellen die der Transversalwellen überschnitt und damit unkenntlich machte. Von diesen Beben konnten keine Ergebnisse für die vorliegende Arbeit gewonnen werden. Eine kleine Anzahl von Beben mußte auch deshalb unbearbeitet bleiben, weil die Aufzeichnungen zurzeit nicht greifbar oder

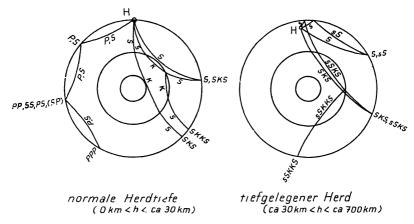


Abb. 1. Wege der untersuchten Wellenarten bei oberflächlichen und bei tiefen Herden

wegen technischer Störungen ausgefallen waren. Von diesen abgesehen wurden aber alle in Frage kommenden Seismogramme, und zwar von 96 Beben, ausgewertet.

Dieses Untersuchungsmaterial lieferte für die Zeichnung der horizontalen Schwingungsfiguren ausreichend deutliche Einsätze von SKS, S, SKKS und bei Beben mit tieferen Herden auch solche von herdnahen Reflektionen und von PS. Abb. 1 zeigt den Verlauf und die Bezeichnung der in dieser Arbeit erwähnten, durch das Erdinnere verlaufenden Wellen.

Die Herdangaben wurden im allgemeinen den vorläufigen Berichten des Bureau Central International de Séismologie, Straßburg, oder des U. S. Coast and Geodetic Survey, Washington, entnommen, da das International Seismological Summary bei Beginn der Untersuchung erst bis zum Jahre 1948 vorlag. In einigen Fällen konnten diese vorläufigen Angaben ergänzt

bzw. berichtigt werden, wenn Spezialarbeiten vorlagen. So sind vor allem die Herdangaben von Gutenberg und Richter [8] 1954 aber auch kürzere Reihen in einschlägigen Spezialarbeiten [6, 10 u. a.) herangezogen worden. Im übrigen ist auch die Genauigkeit der vorläufigen Herdangaben für den vorliegenden Zweck im großen und ganzen vollkommen ausreichend.

Für die Deutung der Einsätze in den Seismogrammen wurden die Laufzeittafeln von Jeffreys und Bullen [13] 1948 zugrunde gelegt. Herddistanz und Azimut wurden graphisch mit Hilfe einer stereographischen Karte nach Willmore und Hodgson 1955 [18] ermittelt. Von dem Untersuchungsmaterial sind einige Beispiele in Verbindung mit den Schwingungsfiguren wiedergegeben. Die Beben sind durch ihr Datum und die volle Stunde der Herdzeit (GMT) kenntlich. An der ersten Minutenlücke jedes Teilseismogramms ist die betreffende Minute vermerkt. Die Minutenlücken haben einen Abstand von 3 cm. Zu jedem Beben sind 3 Seismogramme durchgezeichnet: Vertikalseismogramm Z, Horizontalseismogramm N, Horizontalseismogramm E. Ein Ausschlag nach oben bedeutet bei Z Bewegung nach oben, bei N Bewegung nach Nord, bei S Bewegung nach Ost. Außerdem sind die Transversaleinsätze vermerkt.

3. Bearbeitung des Materials

Die Seismogramme, die einen erkennbaren SKS-bzw. SKKS-Einsatz zeigten, wurden zur weiteren Untersuchung zu Horizontalschwingungsbildern zusammengesetzt. Dafür wurden die Ordinaten der NS- und EW-Seismogramme in Zehntel Millimeter für jede Sekunde abgelesen, was der Zeitvorschub der verwendeten Registrierstreifen von 3 cm/Min. (1 Sek. = ½ mm) gestattete. Aus diesen beiden Komponenten konnte die Horizontalprojektion der Bodenbewegung in dem durch die seismische Vergrößerung gegebenen Maßstab auf Millimeterpapier gezeichnet werden. Dabei ist die Nordrichtung nach oben, Süd nach unten, Ost nach rechts und West nach links aufgetragen worden. Das Größenverhältnis der Figuren zu den Seismogrammen ist normalerweise 20:1. Ein Auswertungsbeispiel zeigt Abb. 2.

Es ergaben sich daraus mehr oder weniger gestreckte Figuren, deren nach Augenmaß bestimmte Hauptrichtung gegen die Nordrichtung gemessen wurde. Die Einsatzzeit der betreffenden Welle, die zunächst auf Grund der Seismogramme bestimmt worden war, mußte nach dieser Zeichnung manchmal etwas abgeändert werden entsprechend dem Beginn der deutlich gerichteten Bewegung. Daher kann die an den Figuren vermerkte Zeit etwas von der nach der Laufzeittabelle zu erwartenden Einsatzzeit abweichen, besonders wenn es sich um einen allmählichen Einsatz handelt, der anfangs noch von einer vorausgehenden Bewegung beeinflußt ist. Eine genaue Übereinstimmung mit den Jeffreys-Bullenschen Laufzeiten ist schon deswegen nicht in jedem Falle zu erwarten, da diese mittlere Werte darstellen. Wie H. Haalck [9, S. 175] 1957

bemerkt, ist eine Beeinflussung der Laufzeit durch den Bau der Kruste und der obersten Mantelschichten bis 650 km Tiefe in Herdnähe als auch in Stationsnähe nicht von der Hand zu weisen, so daß je nach der Lage des Erdbebenstrahles azimutal

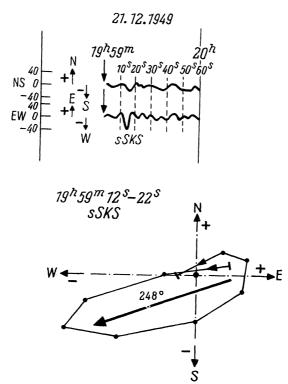


Abb. 2. Auswertungsbeispiel

etwas verschiedene Laufzeitkurven zu gelten haben. Wegen der oben bemerkten Besonderheit in der Definition der Einsatzzeit konnte in dieser Untersuchung eine eventuelle azimutale Abhängigkeit der Abweichungen von der mittleren Laufzeit nicht festgestellt werden.

Zur Unterscheidung von Transversaleinsätzen und gleichzeitig erscheinenden Longitudinaleinsätzen mußte die Be-

wegung im Vertikalseismogramm geprüft werden. Fand sich dort eine Bewegung nach unten (oben), wenn gleichzeitig die horizontale Bewegung auf den Herd zu (vom Herd weg) gerichtet war, so wurde der Einsatz als verdächtig für einen Longitudinaleinsatz, z. B. einer PPP- oder PPPP-Welle ausgeschieden. Die Bestimmung der horizontalen Schwingungsrichtung kann manchmal, besonders wenn die Figuren kompliziert sind, unsicher sein. Die Ungenauigkeit liegt in den meisten Fällen innerhalb \pm 5°, kann aber gelegentlich auch auf \pm 10° oder in wenigen Einzelfällen noch stärker anwachsen. Diese Unklarheiten sind im allgemeinen von Überlagerungen durch andere Wellen oder Störungen verursacht.

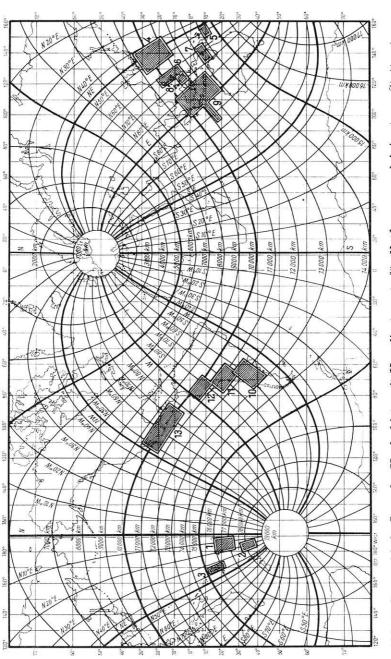


Abb. 3. Geographische Lage der Herdgebiete mit Koordinatennetz für Entfernung und Azimut von Stuttgart aus

4. Zusammenfassung des Materials nach Herdgebieten

Zur weiteren Untersuchung wurden die Beben zu Herdgebieten zusammengefaßt, wobei lediglich die Ähnlichkeit von Azimut und Entfernung ausschlaggebend war. Es ergaben sich 13 Gruppen, wie die Karte, Abb. 3, zeigt.

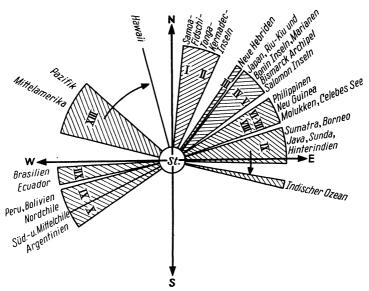


Abb. 4. Herdrichtungen von Stuttgart aus

Die stärker gezeichneten Linien sind Linien gleicher Entfernung und gleichen Azimuts von Stuttgart aus. Die Herdgebiete sind als schwarze Flächen dargestellt und lassen die ungleichmäßige Besetzung der verschiedenen Richtungen von Stuttgart aus deutlich erkennen. Im wesentlichen liegen die Herde in 2 Azimutbereichen: der eine vorzugsweise im NE-

Quadranten zwischen 5° und 103° und der andere um die W-Richtung zwischen 236° und 303°. Die südlichen Richtungen und der NW-Sektor sind von Beben sehr schwach oder garnicht besetzt, weil in dem für SKS charakteristischen Entfernungsbereich um Stuttgart die Häufigkeit von energiereichen Beben sehr gering ist. Eine schematische Darstellung der von Beben besetzten Richtungen zeigt Abb. 4.

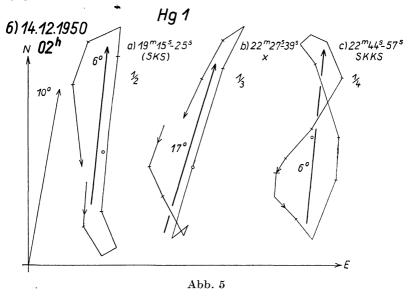
Im Folgenden sind die Beben der einzelnen Herdgebiete angeführt und die interessierenden Schwingungsrichtungen dem jeweiligen Herdazimut gegenübergestellt. Die beigefügten Zeichnungen stellen eine Auswahl der horizontalen Schwingungsbilder dar, sodaß im allgemeinen für jedes Herdgebiet ein Beispiel mit der besten und eines mit der schlechtesten Übereinstimmung der Schwingungsrichtungen mit dem Azimut

Herdgebiet 1

| Nr. | Datum | Herdzeit | Herd | koord. E | Ierdtiefe km | e Ort | Entfe | ernung km |
|-----|----------|---|----------------|-----------------|-----------------|---------|-----------------|--------------|
| 1. | 10. 4.51 | 10 ^h 55 ^m 41 ^s | 15° S | 8 173,5°V | V — | Samoa | 145° | 16100 |
| 2. | 18. 8.54 | 04 42 20 | $21,5^{\circ}$ | 176° | 150 | Tonga | 152° | 16850 |
| 3. | 21.10.50 | 04 12 59 | $18,5^{\circ}$ | 174° | 100 | Tonga | 149° | 16550 |
| 4. | 10.11.55 | 01 44 04 | 15° | 174° | 100 | Samoa | 145° | 16100 |
| 5. | 13. 2.51 | 11 55 50 | 15° | 175° | 250 | Samoa | $145,5^{\circ}$ | 16200 |
| 6. | 14.12.50 | 01 52 49 | 19,2° | $175,7^{\circ}$ | 115 | Fidschi | 150° | 16650 |
| 7. | 22. 9.50 | $23 \ 53 \ 29$ | 19° | 177° | 450 | Fidschi | 150° | 16650 |
| 8. | 4. 5.52 | 14 15 16 | $24,5^{\circ}$ | 177,5° | | Tonga | 154° | 17100 |
| 9. | 14. 9.53 | 00 26 36 | 18,5° | 178,5° | 60 | Fidschi | 148,5° | 16500 |
| Nr. | Azimut | sks sk | KS s | sSKS | sSKKS | SKK | KS PS | X |
| 1. | 5° | 1 | 7° | | | | | |
| 2. | 11° | (359°) | 8° (| (20°) | 22° | | | |
| 3. | 6° | (1°) 35 | 5° | (8°) | | 129 |) | |
| 4. | 6° | 2 | 0° | | | | 10° | 6° |
| 5. | 8° | 1 | 6° | | | | | |
| 6. | 10° | (6°) | 6° | | | | | 17° |
| 7. | 12° | 2 | 6° (| (14°) | | | | |
| 8. | 16° | | 5° | | | | | |
| 9. | 20° | 2 | 3° | | | | | |

zur Darstellung kommt. Maßstab der Zeichnungen ist im Verhältnis zu den Seismogrammen 20:1, falls nichts Besonderes bemerkt ist.

Auch von den Seismogrammen sind einige Beispiele wiedergegeben.

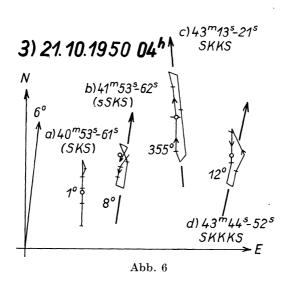


Das 1. Herdgebiet ist nahezu im Norden von Stuttgart gelegen. Der deutlichste Einsatz in der Transversalgruppe dieser weit entfernten Herde ist SKKS. Dieser Einsatz tritt daher hier bei der Deutung an die Stelle von S, d. h. er bildet den sog. zweiten Einsatz. Seine Schwingungsfiguren sind durchweg azimutal polarisiert mit Abweichungen zwischen —11° und +14°. Auch alle übrigen Transversaleinsätze sind in dieser Entfernung azimutal polarisiert.

Der großen Entfernung wegen treten hier weder S- noch einwandfreie SKS-Einsätze auf. Die in der Aufstellung aufgeführten SKS- und sSKS-Einsätze haben meistens nicht eindeutig die Neigung einer SV-Schwingung oder sind aus

anderen Gründen nicht sicher deutbar, obwohl sie zeitlich an den entsprechenden Stellen im Seismogramm erscheinen. Da der Laufstrahl fast senkrecht einfällt, ist allerdings die Neigung von SV sehr klein.

Hg 1



Von den wiedergegebenen Beispielen zeigt Nr. 6 in Abb. 5 gute Übereinstimmung der Schwingungsrichtungen mit dem Azimut, während in Nr. 3 (Abb. 6) die Figuren an und für sich klein sind. Die SKKS-Schwingung hat hier eine relativ große Abweichung von 11° gegenüber dem Azimut.

Die Kermadec-Inseln haben in Stuttgart nordöstliches Azimut. Da ihre Entfernung noch größer ist als die des 1. Herdgebietes fehlen auch hier S-Einsätze und eindeutige SKS-Einsätze. Im zweiten Beben tritt zwar an der Stelle, wo dem Laufzeitplan nach SKS erscheinen müßte, eine kräftige Schwingung auf, die jedoch longitudinales Einfallen zeigt, so daß der Einsatz auch von einer unbekannten Longitudinalwelle herrühren kann.

Herdgebiet 2

| Nr. | Datum | He | erdz | eit | Herdk | coord. He | erdtie km | fe Ort | Entfe | ernung km |
|-----|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------|--------------|--|--------|--------------|
| 1. | 22.11.49 | $00^{\rm h}$ | 51 ^m | 49 ^s | 28,5°S | 178,5°W | 180 | Kerma- dec | 158,7° | 17 600 |
| 2. | 10.12.50 | 13 | 23 | 04 | 28° | 178,5° | 250 | $\begin{array}{c} \textbf{Kerma-} \\ \textbf{dec} \end{array}$ | 157,7° | 17 500 |
| 3. | 20. 9.55 | 13 | 20 | 19 | 32° | 178° | | $\frac{\text{Kerma-}}{\text{dec}}$ | 161,7° | 18000 |
| 4. | 13. 2.49 | 18 | 24 | 24 | 33,5° | 178° | | Kerma- dec | 163° | 18100 |
| Nr. | Nr. Azimut SKS SK | | KS | | \mathbf{s} | KKKS | | X | | |
| 1. | 19° | | | 1 | 8° | | | | | |
| 2. | 19° | (19 | °) | 1 | 9° | | | | | 20° |
| 3. | 21° | | | 35 | 6° | | | | | |
| 4. | 23° | | | 2 | 5° | | | 21° | | 31° |

Hg 2

2)10.12.1950 13^h

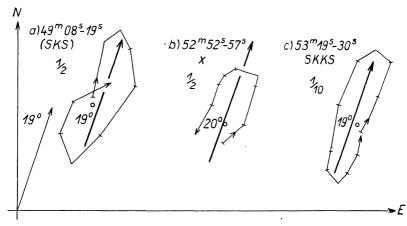
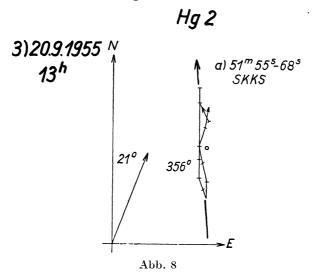


Abb. 7

SKKS ist immer deutlich ausgebildet und streng azimutal polarisiert. Nur beim dritten Beben hat dieser Einsatz eine auffallend große Abweichung von der Herdrichtung, was durch den Einfluß der in diesem Seismogramm kräftigen Bodenunruhe verursacht sein mag.



Die besonders gute Übereinstimmung von Beben 2 (Abb. 7) ist durch markante Einsätze und große Amplituden gesichert. Dagegen weicht SKKS im 3. Beispiel (Abb. 7) um 25° vom Azimut ab. Der Einsatz ist der einzige transversale Einsatz in einem sonst flauen Seismogramm.

Wie schon bei den beiden ersten Herdgebieten treten S-Einsätze und eindeutige SKS-Einsätze der großen Entfernung wegen auch in den Seismogrammen von Beben der Neuen Hebriden nicht auf. SKKS ist daher auch hier wieder Hauptgegenstand der Untersuchung. Seine Schwingungsrichtung weicht hier meist stärker vom Herdazimut ab. Bei Nr. 1 beeinträchtigt die Kleinheit der Amplitude die Genauigkeit der Ablesung und damit der Schwingungsrichtung. In Nr. 3, 4 und 5 mag die dem gesamten Seismogramm überlagerte,

Herdgebiet 3

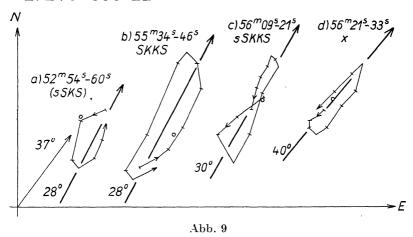
| Nr. | Datum | Herdzeit | Herdk | | rdtief km | e Ort | Entfe | ernung km |
|-----|--------------|------------------------------------|--------|---------|--------------|-----------------------|--------|--------------|
| 1. | 21. 7.50 | 20 ^h 31 ^m 06 | s 16°S | 168,4°E | | Neue Hebri- den | 143,5° | 16050 |
| 2. | 24. 6.50 | 22 25 34 | 20,5° | 169,5° | 60 | Neue Hebri- den | 148° | 16450 |
| 3. | 13.11.53 | 3 19 15 37 | 13° | 166° | | Neue Hebri- den | 140° | 15 550 |
| 4. | 15. 1.51 | 04 12 14 | 15° | 167° | 150 | Neue Hebri- den | 142° | 15750 |
| 5. | 13. 8.53 | 3 09 23 23 | 21,5° | 170° | 100 | Neue Hebri- den | 149° | 16550 |
| 6. | 17. 5.50 | 0 18 13 13 | 21° | 169° | 40 | Neue Hebri- den | 148,3° | 16450 |
| Nr. | Azimut | SK | KS | sSKS | _ | sSKKS | | X |
| 1. | 36° | 4 | 8° | | | | | |
| 2. | 37° | 2 | 8° | (28°) | | 30° | | 40° |
| 3. | 37° | | 0° | | | | | |
| 4. | 36° | | 2° | , | | | | |
| 5. | 37° | | 6° | | | | | |
| 6. | 39° | 3 | 2° | | | | | |

im Verhältnis zur Intensität des Einsatzes kräftige Bodenunruhe die Richtung in der Horizontalebene beeinflußt haben. Während die Figuren von Nr. 2 (Abb. 9) alle gut ausgerichtet sind, zeigt Nr. 3 (Abb. 10) die stärkste Abweichung mit 23°.

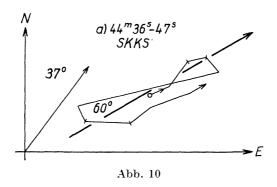
Das Herdgebiet liegt nordöstlich von Stuttgart und ist nahe genug, daß in der Regel in den Aufzeichnungen sowohl der SKS- als auch der S-Einsatz auftreten kann. Während die Richtung der Schwingungsfiguren von SKS, SKKS und den herdnahen Reflektionen in den meisten Fällen nur wenig vom

Hg 3

2) 24.6.1950 22^h



Hg 3 3) 13.11.1953 19^h

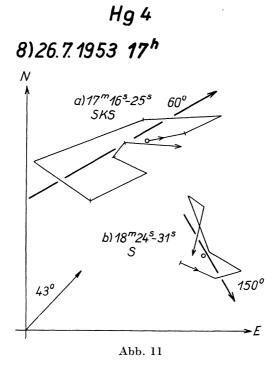


Herdgebiet 4

| Nr. | Datu | m : | Her | dze | it | Herdl | xoord. | Herdtiefe km | e Ort | Entfe | ernung km |
|-----|--------------|------|-----|-----------------|-----------------|--------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------|
| 1. | 26.11. | . 53 | 08h | 14 ⁿ | 12 ^s | 34° | N 141° | E | östl. Honshu | 87,3° | 9700 |
| 2. | 2. 7. | . 49 | 19 | 57 | 13 | 16° | 148° | | Mari- anen | 105° | 11650 |
| 3. | 27. 8. | . 54 | 10 | 55 | 02 | 24,5 | 143° | 80 | südl. Bonin | 96,5° | 10700 |
| 4. | 7.12 | . 55 | 15 | 03 | 11 | 26,5 | 142° | | Bonin | 94.5° | 10500 |
| 5. | 17. 7 | . 52 | 16 | 09 | 52 | 34,5 | 136° | 70 | Honshu | 84,5° | 9400 |
| 6. | 30. 5. | . 55 | 12 | 31 | 41 | 24,5 | | | südl. | | 10550 |
| | | | | | | | | | Bonin | | |
| 7. | 11. 7 | . 51 | 18 | 21 | 52 | 27,29 | 139, | 5° 480 | Bonin | 91,2° | 10100 |
| 8. | 26. 7 | . 53 | 16 | 53 | 16 | 17,5 | 145° | 180 | Mari- anen | 102,5° | 11400 |
| 9. | 25. 5 | . 50 | 18 | 35 | 07 | 13° | 143, | 5° 90 | Mari- anen | 105,7° | 11750 |
| 10. | 5. 3 | . 51 | 20 | 11 | 45 | 29° | 1280 | 150 | Riu-Kiu | 85,5° | 9500 |
| 11. | 25.10 | . 50 | 07 | 03 | 17 | 26° | 125, | 5° 100 | Riu-Kiu | . 87° | 9650 |
| Nr. | Azim | ut i | SKS | 8 | S | KKS | s | sSKS | sS | PS N | ζ |
| 1. | 39° | | 37 | 0 | | | 115° | | | | |
| 2. | 41° | | 46 | 0 | | | 143° | | | | |
| 3. | 41° | | 60 | 0 | Ę | 52° | 140° | | | | |
| 4. | 41° | | 47 | 0 | | | 125° | | | | |
| 5. | 42° | | | | | | 128° | | 142° | | |
| 6. | 42° | | 50 | 0 | | | 140° | 45° | | | |
| 7. | 43° | | | | | | 141° | | | 35° | |
| 8. | | | 60 | | | | 150° | | | | |
| 9. | 47° | | 55 | | | | 140° | 50° | 145° | | |
| 10. | | | 43 | | | 29° | 134° | | | 40° | |
| 11. | 54° | | 64 | .0 | { | 56° | | | | 40 |)° |

Herdazimut abweicht, bilden die S-Einsatzschwingungen wie auch ihre herdnahen Reflektionen einen Winkel von durchschnittlich 90° damit. Beide Richtungen stehen also senkrecht aufeinander und erlauben eine deutliche Unterscheidung der beiden Wellenarten. Sie charakterisieren zugleich unter Beachtung der Bewegung im Vertikalseismogramm den Einsatz

einer SV- bzw. einer SH-Bewegung. Größere Abweichungen von diesen beiden Richtungen lassen sich durch Besonderheiten in den betreffenden Seismogrammen erklären. So kann die am Anfang der Transversalgruppe einsetzende SKS-Schwingung durch die allgemeine Bodenunruhe je nach dem Amplituden-,

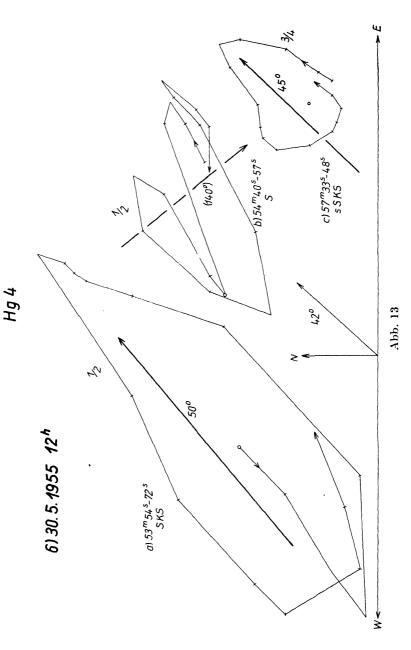


Perioden- und Phasenverhältnis mehr oder weniger abgelenkt werden (Nr. 3 u. Nr. 8), und S kann durch die vorangehende SKS-Bewegung beeinflußt werden (Nr. 1). Die ungünstigsten Verhältnisse hinsichtlich der Ausrichtung soll für dieses Gebiet Nr. 8 in Abb. 11 zeigen.

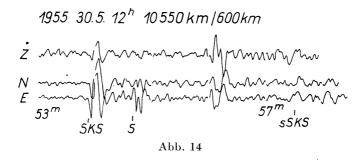
Auch auf andere Formen der gegenseitigen Beeinflussung zweier gleichzeitig wirksamer Schwingungen sei hier hingewiesen. Selbst bei rascher Aufeinanderfolge von SV- und SH-Einsätzen können beide Richtungen deutlich und mit

Hg 4 10) 5.3.1951 20^h a) 34^m15^s-<u>28</u>^s SKS 134° c)34^m33^s-52^s 1 SKKS 40° d) 35^m45^s-56^s PS 51º

Abb. 12



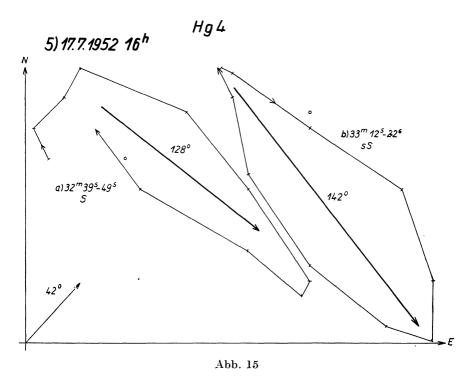
scharfem Knick in der Bewegung voneinander abgesetzt sein z. B. in Nr. 10 (Abb. 12). Die einzelne Schwingung ist dann meist unvollständig. Sind die Perioden wesentlich voneinänder verschieden, so lassen sich u. U. beide Richtungen in ein und

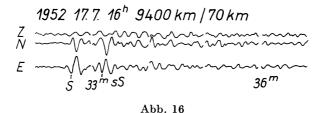


derselben Schwingungsfigur erkennen, wie es die Einsatzschwingung von S in dem Beispiel Nr. 6 in Abb. 13 zeigt. Solche Überlagerungen sind jedoch sehr selten. Von Nr. 6 sind auch in Abb. 14 die Seismogramme wiedergegeben, die gut ausgeprägte Einsätze erkennen lassen.

Bei der Überlagerung kann auch der Spezialfall eintreten, daß sich beide Wellenvorgänge gegenseitig aufheben, so daß der betreffende Welleneinsatz ausfällt.

In einigen Beben fehlen alle Einsätze, die in der SH-Richtung schwingen, in anderen ist die SV-Richtung nur in den aus P entstandenen reflektierten Wechselwellen, wie PS, zu erkennen. So fehlt eine eindeutige SV-Schwingung z. B. in Nr. 5 (Abb. 15 und 16) und Nr. 7 (außer PS). Andererseits tritt z. B. in Nr. 6 u. Nr. 10 die SH-Richtung sehr zurück, so daß S kaum zu erkennen ist. In Nr. 11 fehlen S und seine herdnahen Reflektionen völlig. Das alleinige Hervortreten von einer einzigen Polarisationsrichtung ist unabhängig von der Herdlage. Die oben erwähnte Auslöschung einer Einsatzschwingung durch eine geeignete Überlagerung kann hier nicht vorliegen, weil dadurch in der Regel nicht sämtliche Einsätze





einer bestimmten Polarisationsrichtung ausfallen werden. Dagegen scheint die Bevorzugung der einen oder der anderen Polarisationsrichtung durch die Ausrichtung der Transversalwelle beim Herdvorgang bestimmt zu sein (siehe Kapitel 5). Als Beispiel für eine gute Übereinstimmung der Herdrichtung mit dem Azimut ist Nr. 2 (Abb. 17) wiedergegeben.

Hg 4

2) 2.7.1949 20^h

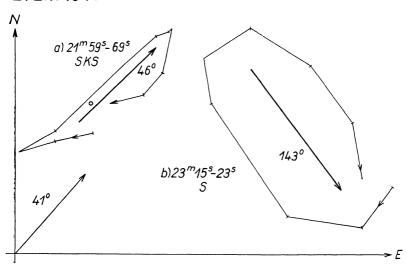


Abb. 17

Herdgebiet 5

| Nr. | Datum | Herdze | it | Herdk | coord. H | erdtie km | fe Ort | Entfe | ernung km |
|-----|----------|---------------------------------|-------|-------|----------|--------------|-------------------------|--------|--------------|
| 1. | 4.12.50 | 16 ^h 28 ⁿ | 1 03s | 5° S | 153,5°E | 75 | Neu- Britan- nien | 127° | 14100 |
| 2. | 7. 6.54 | 10 15 | 33 | 4,5° | 153° | 450 | Neu- Irland | 126° | 14 000 |
| 3. | 10.10.55 | 08 57 | 44 | 5° | 153° | | Salo- mon | 126° | 14 000 |
| 4. | 16. 3.49 | 22 15 | 13 | 5,5° | 151° | 60 | Neu- Britan- nien | 126,2° | 14000 |
| 5. | 20.10.49 | 12 45 | 02 | 7° | 152° | 65 | Neu- Britan- nien | 128° | 14 200 |

| | Azimut | SKS | SKKS | sSKS | sSKKS |
|--------|--------|----------------|--------------|------|-------|
| 1. | 46° | (85°) | 48° | 45° | |
| 2 . | 46° | (50°) | 60° | | |
| 3. | 47° | (37°) | 62° | | |
| 4. | 50° | | 48° | | 55° |
| 5. | 51° | | 61° | | |

Das Gebiet des Bismarck-Archipel ist nordöstlich von Stuttgart gelegen. Für SKS-Einsätze aus diesen Entfernungen ist nahezu die Grenze der Schattenzone durch den inneren Erdkern erreicht (R. D. Forester, [2]). Die angeführten SKS-Einsätze sind daher auch in Klammern gesetzt. Da der Laufstrahl fast senkrecht am Beobachtungsort ankommt, hat die SV-Einsatzschwingung, wie auch in den Herdgebieten 1, 2 u. 3, kaum noch eine Neigung gegen die Horizontale, weswegen die Bewegung der Z-Komponente für die Beurteilung von SV-Schwingungen kaum charakteristisch ist. S-Einsätze sind aus diesem Entfernungsbereich nicht mehr zu erwarten und auch nicht gefunden worden. Die aufgezeichneten Transversaleinsätze schwingen daher alle mit geringen Abweichungen um das jeweilige Herdazimut.

Am besten ist die Übereinstimmung in den wiedergegebenen Schwingungsfiguren von Nr. 4 (Abb. 18) zu sehen, während Nr. 3 (Abb. 19) die relativ schlechteste Ausrichtung zeigt.

Die Entfernung der Beben aus dem Gebiet der Philippinen, das ostnordöstliches Azimut von Stuttgart hat, gestattet, daß alle Arten von Transversaleinsätzen in den Seismogrammen erscheinen können. Die SV-Richtung wird in jedem Beben durch SKS und in vielen auch durch SKKS sowie durch deren herdnahe Reflektionen belegt. Ebenso ist auch in nahezu allen Beben durch S und sS die SH-Richtung vorhanden. Während die Abweichungen von der SV-Richtung, von zwei Ausnahmen abgesehen, unter $\pm 10^{\circ}$ bleiben, liegen die Schwankungen um die SH-Richtung gelegentlich darüber. Die Abweichungen werden jedoch in fast allen Fällen durch benachbarte Einsätze anderer Richtung hervorgerufen. Auch

Hg 5

3) 10.10.1955 09^h

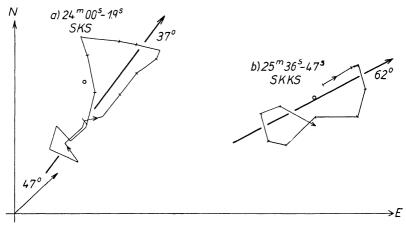
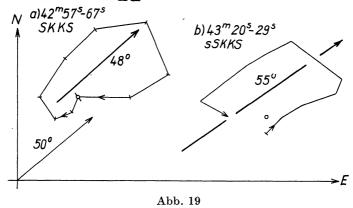


Abb. 18

Hg 5

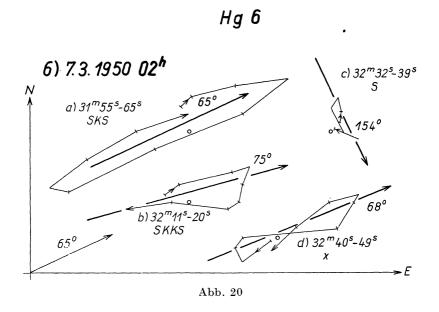
4) 16.3.1949 22h



Herdgebiet 6

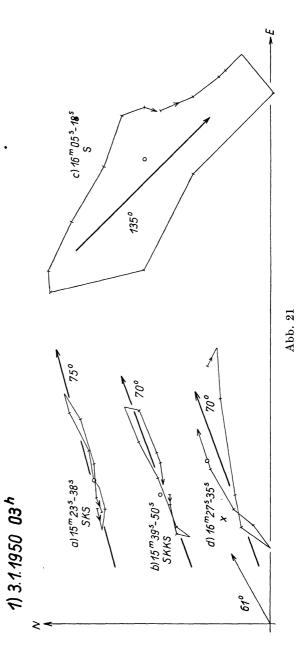
| Nr. | Datum | Herdz | eit | Herdk | oord. | Herdtie km | efe Ort | En | tfer | nung km |
|-----|----------|--------------|--------------------|---------------|-----------------|---------------|------------------|------|--------|--------------|
| 1. | 3. 1.50 | 02h 51n | $^{ m a}50^{ m s}$ | 18°N | 121°E | | Luzon | 91 | و د | 10100 |
| | 31. 5.51 | | | 19° | 121° | 50 | Luzon | |) | 9900 |
| 3. | 19.12.55 | 03 13 | 56 | 8,5° | 127° | | Min- | 101 | ٦ [| 11200 |
| | | | | | | | danao | | | |
| 4. | 2. 7.54 | 02 45 | 09 | 13,5° | 123,5 | · | Philip- pinen | 96, | 7°] | 10750 |
| 5. | 25. 6.50 | 11 05 | 51 | 5° | 127° | | Min- | 103, | 5° I | 1 500 |
| | | | | | | | danao | | | |
| 6. | 7. 3.50 | 02 07 | 46 | 11° | 123° | | Philip- | 969 |)] | 10650 |
| | | | | | | | pinen | | | |
| 7. | 31. 8.50 | 07 05 | 35 | 6.5° | 125° | | Min- | 101, | 5°] | 11250 |
| | | | | | | | danao | | | |
| 8. | 27. 3.49 | 06 34 | 05 | 3.5° | $127,5^{\circ}$ | · | südl. | 105 | [۲ | 11650 |
| | | | | | | | \mathbf{Min} - | | | |
| | | | | | | | danao | | | |
| 9. | 30. 4.49 | 01 23 | 32 | $6,5^{\circ}$ | 125° | 130 | Min- | 101, | 5°] | 11250 |
| | | | | | | | danao | | | |
| 10. | 8. 7.51 | 05 44 | 20 | 11° | 122° | | Philip. | 96 |)] | 10650 |
| | | | | | | | pinen | | | |
| 11. | 7. 8.50 | 02 44 | 44 | 6° | 126° | 100 | Min- | 102 | ,] | 11300 |
| 1.0 | | 10.00 | 0.1 | 0.50 | 1000 | | danao | 0.5 | ٠, | |
| 12. | 6. 3.55 | 13 33 | 31 | 9.5° | 122° | _ | Philip- | 97 | ا ر | 10750 |
| | | | | | | | pinen | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Nr. | Azimut | sks | SKI | ΧS | \mathbf{s} | sSKS s | sSKKS | sS : | X | \mathbf{x} |
| 1. | 61° | 75° | 70 | 0 16 | 35° | | | | 0° | |
| 2. | | 70° | 70 | 16 | 99 | 85° | | • | U - | |
| 3. | | 63° | | 16 | 60° | 00 | | | | |
| 4. | | 64° | 59 | | 6 4 ° | | | | | |
| 5. | | 60° | 72 | | 72° | | | | | |
| 6. | | 65° | 75 | | 54° | | | 6 | 8° | |
| 7. | | 67° | _ | | 95° | | | · · | | • |
| 8. | | 70° | | | 66° | | | | | |
| 9. | | 70° | | | 10° | | | 8 | 80° | 148° |
| 10. | | 70° | | | 58° | | | | | |
| 11. | 65° | 61° | | 18 | 53° | 63° | 65° | 153° | | |
| 12. | 67° | 65° | | 14 | 47° | | | | | |

in diesem Gebiet fällt die Bevorzugung der einen oder anderen Polarisationsrichtung in einigen Beben auf. Sie ist auch hier unabhängig vom Azimut und von der Entfernung und drückt sich in der Verschiedenheit des Amplitudenverhältnisses von SKS und S aus. Die Schwingungsfiguren von Nr. 6 (Abb. 20)



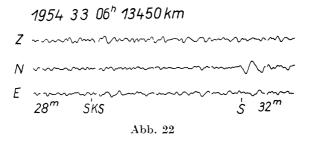
sind Beispiele für gute Ausrichtung. Die SV-Schwingungen sind deutlich, während die SH-Richtung nur in einem Torso zum Ausdruck kommt. Nr. 1 (Abb. 21) zeigt nur wenig gestörte Schwingungen sowohl in SV als auch in SH, aber die Schwingungsrichtungen weichen hier etwas ab.

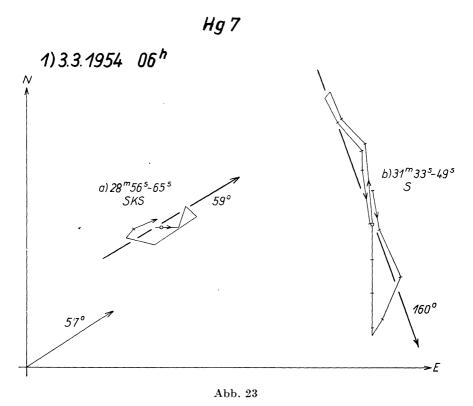
In den drei bearbeiteten Beben dieses Gebietes, dessen Entfernung so groß ist, daß nach der bisherigen Erfahrung eine S-Welle wegen der Schattenwirkung des Erdkerns nicht mehr ankommen könnte, finden sich an der Stelle, wo eine völlig ungestört verlaufende S-Welle ankommen müßte, deutliche SH-Einsätze. In Nr. 1 ist dieser Einsatz die kräftigste Erscheinung in diesem Teil des Seismogramms. Das zeigen die



8

*6*H





Herdgebiet 7

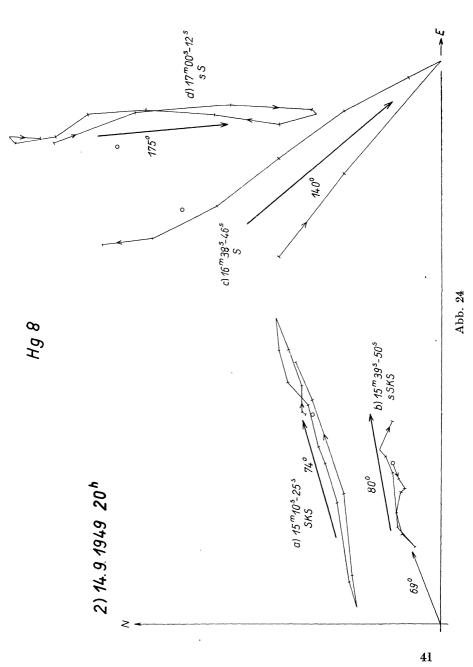
| Nr. | Da | atum | H | erdz | eit I | Herdko | oord. | He | erdtie km | fe Ort | Entfernung km |
|-----|-----|-------|-----|-----------------|--------------|------------|-------|----|--------------|----------------|------------------|
| 1. | 3. | 3.54 | 06h | 02 ^m | $55^{\rm s}$ | 5,5°S | 142,5 | °Ε | | Neu- Guinea | 121,2° 13450 |
| 2. | 19. | 9.50 | 20 | 29 | 48 | 2° | 138,5 | 0 | _ | Neu- Guinea | 117,7° 13050 |
| 3. | 6. | 4.53 | 00 | 36 | 12 | 7 ° | 132° | | _ | Kei- Inseln | 116,2° 12900 |
| Nr. | Azi | mut 8 | SKS | ; | SKK | s | s | | | | |
| 1. | 57 | 0 | 59° | | | 16 | 60° | | | | |
| 2. | 61 | 0 | 67° | | 66° | 16 | 39° | | | | |
| 3. | 69 |)° | 76° | | | 17 | 70° | | | | |

wiedergegebenen Seismogramme und Figuren (Abb. 22 und 23). Wenn die Abweichungen dieser S-Einsätze auch zwischen 9 und 18° liegen, ist die Wellenart doch eindeutig durch diese Polarisationsrichtung und auch ungefähr durch die Laufzeit charakterisiert. Der Weg dieser Wellen muß jedoch in einer späteren Arbeit untersucht werden (siehe Kapitel 5).

Die Abweichungen der SV-Schwingungen vom Herdazimut sind unbedeutend.

Herdgebiet 8

| Nr. | Dat | tum | Hei | rdze | it | Her | dk | oord. | He | erdtiet km | fe Ort | Entfe | ernung km |
|-----|-----|------|-----|-------------|-----|---------------|----|-------|--------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------|
| 1. | 31. | 3.55 | 18h | $17^{ m m}$ | 00s | 8° | N | 124° | \mathbf{E} | | Celebes- See | 100° | 11100 |
| 2. | 14. | 9.49 | 19 | 50 | 20 | 0,7 | 0 | 126° | • | 50 | Moluk- ken | 107° | 11900 |
| 3. | 29. | 7.50 | 16 | 45 | 56 | 2,5 | 0 | 127° | | 70 | Moluk- ken | 106° | 11750 |
| 4. | 8. | 5.52 | 21 | 10 | 40 | $2,5^{\circ}$ | 0 | 127° | | | Moluk- ken | 105,5° | 11700 |
| 5. | 14. | 2.55 | 16 | 53 | 09 | 2° | | 126,5 |) | | Moluk- ken | 106° | 11750 |
| 6. | 3. | 9.55 | 16 | 22 | 52 | 1° | | 123° | | 125 | Celebes | $104,5^{\circ}$ | 11600 |



Hg 8

3) 29.7.1950 17h

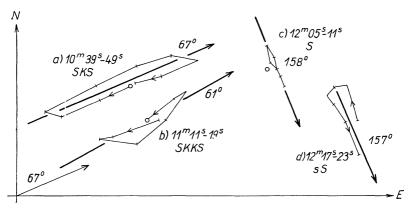
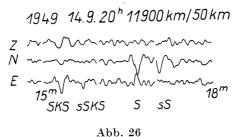


Abb. 25



1950 29.7. 17^h 11 750 km | 70 km

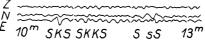


Abb. 27

| Nr. | Azimu | t SKS | SKKS | S | sSKS | sS |
|-----|-------|--------------|------|---------------|------|---------------|
| 1. | 66° | 76° | 75° | 153° | | |
| 2. | 69° | 7 4 ° | | 140° | 80° | 175° |
| 3. | 67° | 67° | 61° | 158° | | 157° |
| 4. | 67° | 82° | 83° | 155° | | |
| 5. | 68° | 59° | | 186° | | |
| 6. | 71° | 67° | | 170° | | |

In den Seismogrammen der Molukken- und Celebes-Beben sind, wie zu erwarten, sowohl SKS- als auch S-Einsätze ausgebildet. Ihre Schwingungsrichtungen weichen im allgemeinen nur wenig von den Polarisationsrichtungen ab. Die etwas größeren Abweichungen der S-Einsätze in Nr. 2 (Abb. 24) und Nr. 5 sind durch Überlagerung von Bodenruhe verursacht.

Die Figuren Nr. 3 (Abb. 25) sind Beispiele für nahezu ideale Polarisation in beiden Richtungen. Die Seismogramme der beiden Beben 2 und 3 sind in Abb. 26 und 27 wiedergegeben.

Herdgebiet 9

| Nr. | Da | tum | Не | $rdz\epsilon$ | eit | Here | łk | oord. | Herdtief km | fe Ort | Ent | fernung km |
|-----|-----|-------|--------------|-------------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| 1. | 14. | 8.52 | $16^{\rm h}$ | 01^{m} | 07 ^s | 2° | N | 99,5°E | | Suma- tra | 88° | 9750 |
| 2. | 20. | 2.54 | 18 | 35 | 05 | 7° | \mathbf{s} | $124,5^{\circ}$ | 540 | Sunda | 112° | 12450 |
| 3. | 26. | 6.53 | 05 | 42 | 50 | 8° | \mathbf{S} | 124° | | Sunda | $112,2^{\circ}$ | 12450 |
| 4. | 31. | 10.51 | 06 | 56 | 21 | 3° | N | 101° | | Suma- tra | 89° | 9900 |
| 5. | 7. | 7.53 | 04 | 07 | 23 | 0° | | 102° | 160 | Suma- tra | 93° | 10300 |
| 6. | 29. | 5.55 | 15 | 34 | 00 | 11° | S | 111,7° | | südl. Java | 107° | 11900 |
| 7. | 3. | 7.54 | 22 | 31 | 28 | $6,5^{\circ}$ | $^{\circ}$ S | 106° | 80 | Java | 99,7° | 11050 |
| 8. | 24. | 6.49 | 22 | 38 | 47 | 7,69 | S | 104,4° | | südl. Suma- tra | 99,5° | 11050 |
| 9. | 23. | 1.49 | 06 | 31 | 12 | 9,5 | $^{\circ}$ S | 94° | 100 | Ind. Ozean | 94,5° | 10500 |
| 10. | 22. | 3.55 | 14 | 05 | 04 | 8,5 | $^{\circ}$ S | 92° | | Ind. Ozean | 92° | 10200 |

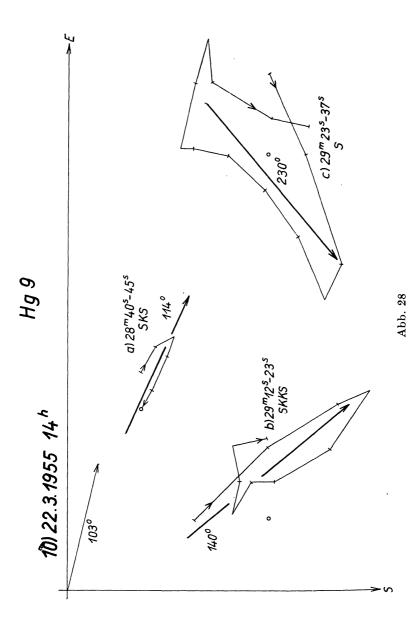
| Nr. | Azimut | SKS | SKKS | \mathbf{S} | sSKKS | sS |
|-----|--------------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1. | 89° | | | 174° | | |
| 2. | 75° | 70° | 68° | 159° | | |
| 3. | 76° | 83° | | 180° | | |
| 4. | 87° | | | 182° | | |
| 5. | 88° | 58° | 92° | 191° | | |
| 6. | 88° | 88° | 90° | 180° | | |
| 7. | 89° | | 90° | 200° | | 193° |
| 8. | 91° | 87° | | 196° | | |
| 9. | 100° | | 115° | | 125° | |
| 10. | 103° | 114° | 140° | 230° | | |

Die in diesem Gebiet zusammengefaßten äquatornahen Herde streuen über einen verhältnismäßig großen Raum. Sie liegen beiderseits um die Ortsrichtung verteilt. Der Herd von Nr. 10 hat mit 103° das südlichste Azimut aller untersuchten Beben der östlichen Gruppe. Die Bebenwahrscheinlichkeit in südlichen Richtungen von Stuttgart ist — jedenfalls für den Entfernungsbereich, der für SKS in Frage kommt — sehr gering. Unter dem hier ausgewählten Material fehlen daher diese Richtungen.

Auch in diesem Gebiet kommen sowohl SKS- als auch S-Wellen an. Im allgemeinen zeigen die horizontalen Schwingungsbilder die SV- bzw. die SH-Richtung. Einige Einsätze haben jedoch verhältnismäßig große Abweichungen von der jeweiligen Polarisationsrichtung. Während in Nr. 7 und Nr. 8 die mikroseismische Unruhe eine Abweichung der S-Richtungen verursacht haben kann, läßt sich für die z. T. erheblichen Abweichungen in Nr. 9 und Nr. 10 (Abb. 28) wahrscheinlich auch eine gewisse Ungenauigkeit der zugrunde gelegten Herdkoordinaten vermuten. Dazu sind die Figuren von Nr. 10 hier wiedergegeben. Die Richtungen von SKKS und S stehen senkrecht aufeinander. Gegen das Azimut scheint hier die Polarisation um 37° nach Süden gedreht zu sein.

In den anderen Beben ist die Übereinstimmung dagegen weit besser, wie die Figuren von Nr. 6 (Abb. 29) zeigen.

Die eindeutigen S-Einsätze in den Sunda-Beben Nr. 2 u. 3 sind bemerkenswert, weil die Herddistanz von 112° (12450 km)



Hg 9

6) 29.5.1955 15^h

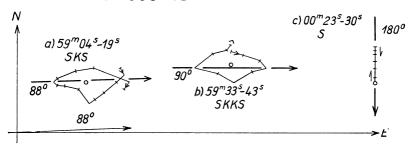
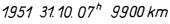
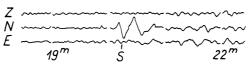


Abb. 29





1949 23.1. 06^h 10500 km/100 km

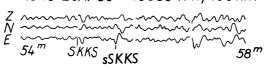
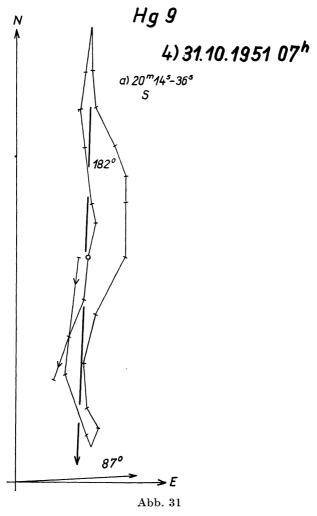


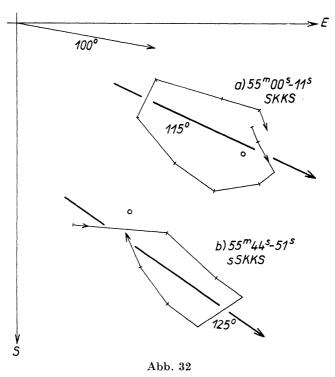
Abb. 30



nach den Laufzeittabellen von Jeffreys-Bullen [13], Bullen [1] und von Forester [2] bereits wie bei den Neu-Guinea-Beben zu groß ist für das Eintreffen einer direkten S-Welle (siehe Kapitel 5).

Wie ebenfalls schon in anderen Herdgebieten beobachtet wurde, kommen auch hier Seismogramme vor, in denen alle

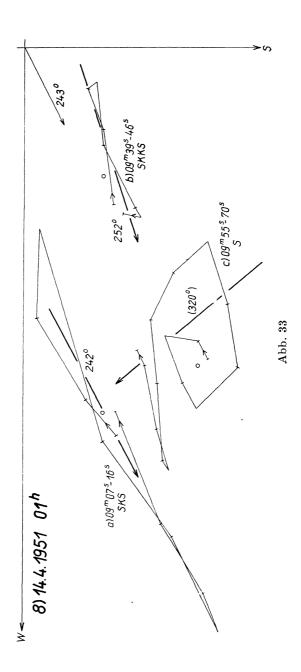
Hg 9 9) 23.1.1949 06^h

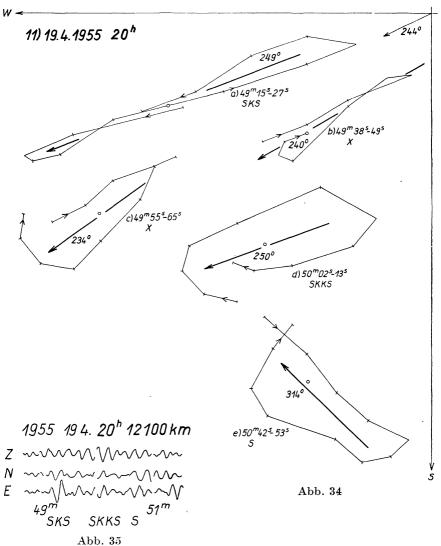


SV-Einsätze (Nr. 1 und Nr. 4) bzw. die SH-Einsätze (Nr. 5 u. Nr. 9) fehlen oder nur schwach ausgebildet sind. Die Ursache auch dieser Erscheinung muß in einer besonderen Untersuchung geklärt werden. Zu den Beben 4 und 9 sind die Seismogramme (Abb. 30) und die Schwingungsfiguren (Abb. 31 und 32) wiedergegeben. Das Sumatra-Beben kommt aus Ost, so daß S meridional ausgerichtet ist. Die EW-Komponente ist nicht beteiligt. Die SV-Richtung fehlt völlig. Alle Einsätze in Nr. 9 sind dagegen eindeutig SV-Einsätze, obwohl die Abweichung der Richtung vom Azimut relativ groß ist.

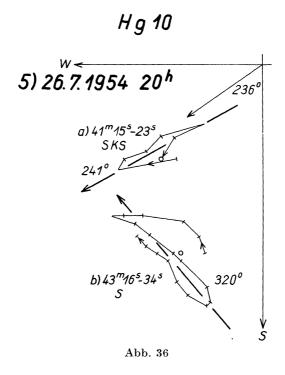
Herdgebiet 10

| Nr. Datum Herdzeit Herdkoord. Herdtiefe Ort km Entfernung km 1. 6.10.55 11h03m16* 36° 8 70° W 150 Mittel-chile 2. 11. 6.52 00 31 36 31,5° 67,5° — Argentinien 3. 20. 4.49 03 29 07 38° 73,5° 45 Mittel-chile 4. 28. 5.55 06 20 40 30,5° 65° 200 Argentinien 5. 26. 7.54 20 15 39 41° 73° — Südchile 6. 23. 7.54 04 33 26 31° 70,5° 60 Mittel-chile 7. 17.11.55 06 53 27 26,5° 69° 60 Mittel-chile 8. 14. 4.51 00 45 28 24° 66° 200 Nordagrentinien 9. 20. 4.55 02 12 26 30,5° 72,5° — Mittel-chile 10. 20. 4.55 05 48 27 30,5° 72,5° — Mittel-chile 11. 19. 4.55 20 24 05 30° 72° — Mittel-chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS SKKS X 1. 238° 242° 242° — Mittel-chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS SKKS X 1. 238° 242° 242° — Mittel-chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS SKKS X 1. 238° 242° 242° — 244° 330° 250° 245° 4. 240° 248° 248° 311° 5. 236° 241° 320° 6. 242° — 250° 7. 243° 241° 320° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 244° 245° 10. 244° 248° 312° 11. 244° 249° 310° 314° 20. 245° 11. 244° 249° 310° 314° 20. 245° 20. 245° 20. 245° 20. 246° 245° 20. 246° 314° 20. 246° 245° 20. 246° 314° 20. 246° 245° 20. 246° 314° 20. 246° 245° 20. 246° 314° 20. 246° 248° 311° 20. 244° 245° 20. 244° 245° 20. 245° 20. 244° 246° 20. 244° 246° 20. 245° 20. 245° 20. 246° 20. 246° 20. 246° 20. 246° 20. 246° 20. 246° 20. 246° 20. 246° 20. 246° 20. 246° 20. 246° 20. 246° 20. 246° | | | | | | ugebie | | | | |
|---|-----|----------|----------------------|--------------|------------|---------------|------|-----------------|---|-------|
| Chile | Nr. | Datum | Herdz | eit | Herdk | oord. I | | | | 4,5 |
| 3. 20. 4.49 03 29 07 38° 73,5° 45 Mittel-chile 114,3° 12700 chile 4. 28. 5.55 06 20 40 30,5° 65° 200 Argentinen 104° 11550 tinien 5. 26. 7.54 20 15 39 41° 73° — Süd-chile 116° 12900 chile 6. 23. 7.54 04 33 26 31° 70,5° 60 Mittel-chile 108° 12000 chile 7. 17.11.55 06 53 27 26,5° 69° 60° Mittel-chile 105° 11650 chile 8. 14. 4.51 00 45 28 24° 66° 200 Nord-100° 11100 argentinien 100° 11100 argentinien 9. 20. 4.55 02 12 26 30,5° 72,5° — Mittel-chile 108,5° 12050 chile 10. 20. 4.55 05 48 27 30,5° 72,5° — Mittel-chile 108,5° 12050 chile 11. 19. 4.55 20 24 05 30° 72° — Mittel-chile 109° 12100 chile Nr. Azimut SKS SKKS S sSKS sSKKS 1. 238° 242° 242° 239° 241° 242° 250° 245° 250° 245° 2. 239° 241° 248° 311° 5 236° 241° 320° 6 242° 252° 320° 245° 8. 243° 242° 252° 320° 9 244° 245° 10 244° 245° 10 244° 245° 245° 252° 320° 320° 9. 244° 245° 10 244° 245° 10 244° 245° 10 244° 245° 10 245° 245° | 1. | 6.10.55 | $11^{ m h}03^{ m m}$ | $16^{\rm s}$ | 36° 8 | 8 70° W | 150 | | 111° | 12300 |
| Chile | 2. | 11. 6.52 | 00 31 | 36 | 31,5° | 67,5° | | | 106° | 11750 |
| tinien 5. 26. 7.54 20 15 39 41° 73° — Süd-chile 6. 23. 7.54 04 33 26 31° 70,5° 60 Mittel-los° 12 900 chile 7. 17.11.55 06 53 27 26,5° 69° 60 Mittel-los° 11 650 chile 8. 14. 4.51 00 45 28 24° 66° 200 Nord-los° 11 100° 11 100 argentinien 9. 20. 4.55 02 12 26 30,5° 72,5° — Mittel-los° 12 950 chile 10. 20. 4.55 05 48 27 30,5° 72,5° — Mittel-los° 12 950 chile 11. 19. 4.55 20 24 05 30° 72° — Mittel-los° 12 100 chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS SKKS X 1. 238° 242° 242° — Mittel-los° 12 100 chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS SKKS X 1. 238° 241° 320° 241° 320° 245° 245° 4. 240° 248° 248° 311° 320° 6. 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° | 3. | 20. 4.49 | 03 29 | 07 | 38° | 73 ,5° | 45 | | 114,3° | 12700 |
| chile 6. 23. 7.54 04 33 26 31° 70,5° 60 Mittel- 108° 12000 chile 7. 17. 11. 55 06 53 27 26,5° 69° 60 Mittel- 105° 11 650 chile 8. 14. 4. 51 00 45 28 24° 66° 200 Nord- 100° 11 100 argentinien 9. 20. 4. 55 02 12 26 30,5° 72,5° — Mittel- 108,5° 12050 chile 10. 20. 4. 55 05 48 27 30,5° 72,5° — Mittel- 108,5° 12050 chile 11. 19. 4. 55 20 24 05 30° 72° — Mittel- 109° 12 100 chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS SKKS X 1. 238° 242° 242° 2. 239° 241° 3. 239° 247° 244° 330° 250° 245° 4. 240° 248° 248° 311° 5. 236° 241° 320° 6. 242° 250° 7. 243° 241° 245° 10. 244° 3) 252° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° 10. 245° | 4. | 28. 5.55 | 06 20 | 40 | 30,5° | 65° | 200 | - | 104° | 11550 |
| Chile 7. 17. 11. 55 06 53 27 26,5° 69° 60° Mittel- 105° 11 650 chile 8. 14. 4. 51 00 45 28 24° 66° 200 Nord- 100° 11 100 argentinien 9. 20. 4. 55 02 12 26 30,5° 72,5° — Mittel- 108,5° 12 050 chile 10. 20. 4. 55 05 48 27 30,5° 72,5° — Mittel- 108,5° 12 050 chile 11. 19. 4. 55 20 24 05 30° 72° — Mittel- 109° 12 100 chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS SKKS X 1. 238° 242° 242° — Mittel- 109° 12 100 chile 3. 239° 241° 3. 239° 241° 3. 239° 241° 3. 239° 241° 3. 239° 241° 320° 6. 242° 252° 320° 7. 243° 241° 320° 6. 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° 10. 244° a) 252° b) 245° 11. 244° a) 252° b) 245° 12. 245° | 5. | 26. 7.54 | 20 15 | 39 | 41° | 73° | | | 116° | 12900 |
| 8. 14. 4.51 00 45 28 24° 66° 200 Nord- argentinien 9. 20. 4.55 02 12 26 30,5° 72,5° — Mittel- 10. 20. 4.55 05 48 27 30,5° 72,5° — Mittel- 11. 19. 4.55 20 24 05 30° 72° — Mittel- chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS X 1. 238° 242° 242° 2. 239° 241° 3. 239° 247° 244° 330° 250° 245° 4. 240° 248° 248° 311° 5. 236° 241° 320° 6. 242° 252° 320° 7. 243° 241° 250° 7. 243° 241° 320° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° 1. 234° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° | 6. | 23. 7.54 | 04 33 | 26 | 31° | 70,5° | 60 | | 108° | 12000 |
| argentinien 9. 20. 4.55 02 12 26 30,5° 72,5° — Mittel- 108,5° 12050 chile 10. 20. 4.55 05 48 27 30,5° 72,5° — Mittel- 108,5° 12050 chile 11. 19. 4.55 20 24 05 30° 72° — Mittel- 109° 12100 chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS X 1. 238° 242° 242° 242° 239° 241° 3. 239° 247° 244° 330° 250° 245° 4. 240° 248° 248° 311° 5. 236° 241° 320° 6. 242° 250° 7. 243° 241° 245° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° 10. 244° a) 252° b) 245° 11. 245° c) 245° | 7. | 17.11.55 | 06 53 | 27 | 26,5° | 69° | 60 | | 105° | 11650 |
| 9. 20. 4.55 02 12 26 30,5° 72,5° — Mittel-chile 10. 20. 4.55 05 48 27 30,5° 72,5° — Mittel-chile 11. 19. 4.55 20 24 05 30° 72° — Mittel-chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS X 1. 238° 242° 242° 242° 239° 241° 3. 239° 247° 244° 330° 250° 245° 4. 240° 248° 248° 311° 5. 236° 241° 320° 6. 242° 250° 7. 243° 241° 320° 6. 242° 250° 7. 243° 241° 320° 6. 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° c) 245° c) 245° | 8. | 14. 4.51 | 00 45 | 28 | 24° | 66° | 200 | Nord- argen- | 100° | 11100 |
| 11. 19. 4.55 20 24 05 30° 72° — Chile Mittel-chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS SKKS X 1. 238° 242° 242° 242° 239° 241° 3. 239° 241° 330° 250° 245° 4. 240° 248° 248° 311° 5. 236° 241° 320° 6. 242° 250° 7. 243° 241° 245° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° | 9. | 20. 4.55 | 02 12 | 26 | 30,5° | 72,5° | | Mittel- | 108,5° | 12050 |
| Chile Nr. Azimut SKS SKKS S SSKS SKKS X 1. 238° 242° 242° 239° 241° 3. 239° 247° 244° 330° 250° 245° 4. 240° 248° 248° 311° 5. 236° 241° 320° 6. 242° 250° 7. 243° 241° 245° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° | 10. | 20. 4.55 | 05 48 | 27 | 30,5° | 72,5° | | | 108,5° | 12050 |
| 1. 238° 242° 242° 236° 2. 239° 241° 3. 239° 247° 244° 330° 250° 245° 4. 240° 248° 248° 311° 5. 236° 241° 320° 6. 242° 250° 7. 243° 241° 245° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° | 11. | 19. 4.55 | 20 24 | 05 | 30° | 72° | | | 109° | 12100 |
| 2. 239° 241° 3. 239° 247° 244° 330° 250° 245° 4. 240° 248° 248° 311° 5. 236° 241° 320° 6. 242° 250° 7. 243° 241° 245° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° | Nr. | Azimut | sks | SK | KS | S | sSKS | sSKKS | X | |
| 3. 239° 247° 244° 330° 250° 245° 4. 240° 248° 248° 311° 5. 236° 241° 320° 6. 242° 250° 7. 243° 241° 245° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° | | | | 2 | 42° | | | | 236° | |
| 4. 240° 248° 248° 311° 5. 236° 241° 320° 6. 242° 250° 7. 243° 241° 245° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° | | | | 9 | 440 | 2200 | 2500 | 9450 | | |
| 5. 236° 241° 320° 6. 242° 250° 7. 243° 241° 245° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° | | | | | | | 200 | 240 | | |
| 6. 242° 250° 7. 243° 241° 245° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° | | | | 2 | 4 0 | | | | | |
| 7. 243° 241° 245° 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° | | | 241 | 9 | 500 | 320 | | | | |
| 8. 243° 242° 252° 320° 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° . c) 245° | | | 9410 | | 50 | | 9450 | | | |
| 9. 244° 245° 10. 244° a) 252° b) 245° . c) 245° | | | | 9 | 52° | 320° | m XU | | | |
| 10. 244° a) 252° b) 245° c) 245° | | | | | ~ | | | | | |
| b) 245° c) 245° | | | | a) 2 | 52° | | | | | |
| . c) 245° | • | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| b) 234° | 11. | 244° | 249° | | 50° | 314° | | | a) 240°b) 234° | |





Von der westlichen Gruppe hat das Herdgebiet 10 die südlichsten Azimute (Nr. 5:236°). Da die meisten Herde eine größere Entfernung haben, ist auch für Nr. 3, 5 u. 11 das Einsetzen von direkten Transversalwellen bemerkenswert.



Während die S-Einsätze Abweichungen bis zu 20° von ihrer Polarisationsrichtung zeigen, sind die SKS- und SKKS-Einsatzschwingungen ebenso wie die ihrer herdnahen Reflektionen streng polarisiert. Wenn Nr. 8 hier als Beispiel (Abb. 33) für die schlechteste Ausrichtung angeführt wird, so bleibt die Abweichung der SV-Schwingungen doch unter 10°, während S etwas mehr abweicht. Allerdings ist die Richtung der S-Welle nur an der Verzerrung zweier aufeinanderfolgenden SV-Schwingungen kürzerer Periode kenntlich, denen die SH-Richtung überlagert ist. Als ein Beispiel für gute Ausrichtung

mit einem überweiten S-Einsatz ist Nr. 11 (Abb. 34 und 35) ausgewählt worden.

Auch in den Seismogrammen der südamerikanischen Beben gibt es einige, die die Einsätze mit SV-Ausrichtung hervortreten lassen, und eines (Nr. 5), in dem der S-Einsatz wesentlich kräftiger als der SKS-Einsatz (Abb. 36) erscheint. Das ist um so auffälliger, als direkte Transversalwellen in einer Herddistanz von 116° nicht mehr zu erwarten sind. Die hier abgebildeten Figuren von Nr. 5 verdeutlichen diese Besonderheiten.

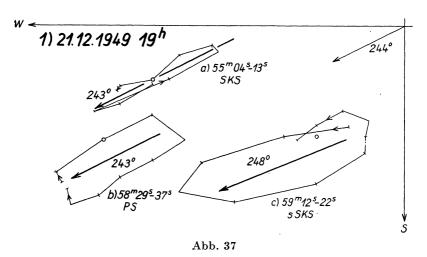
Auch im Entfernungsbereich vom Herdgebiet 11 können außer SKS- und SKKS- auch S-Einsätze registriert werden.

Herdgebiet 11

| Nr. | Datum | \mathbf{Herd} | \mathbf{z} eit \mathbf{H} erd | koord. | Herdtie | ${f fe}$ Ort | Ent | fernung |
|-----|---------------|----------------------|-----------------------------------|--------|---------------|----------------|---------------|---------|
| | | | | | km | | | km |
| 1. | 21.12.49 | $19^{ m h}33^{ m m}$ | 10s 18,7° | S 63°W | 600 | Bolivien | 94° | 10450 |
| 2. | 21. 6.54 | 01 48 | 44 23° | 68,5° | 120 | Nord- chile | 101° | 11 200 |
| 3. | 7.12.53 | 02 05 | 37 22° | 68,5° | 100 | Nord- chile | 100° | 11100 |
| 4. | 8. 5.49 | 21 24 | 38 20° | 68,5° | 120 | Nord- chile | 98° | 10900 |
| 5. | 25. 4.49 | 13 54 | 59 19,7° | 69° | 100 | Nord- chile | 99° | 11000 |
| 6. | 30. 5.49 | 01 32 | 58 20° | 69,5° | 100 | Nord- chile | 99° | 11000 |
| 7. | 26. 2.52 | 11 31 | 00 14° | 70,5° | 260 | Peru | 96° | 10650 |
| 8. | 10.12.50 | 02 50 | 42 14,2° | 75,7° | 80 | Peru | 100° | 11100 |
| Nr. | Azimut | SKS | skks | s | sSKS | sSKKS | sS | PS |
| 1. | 244° | 243° | | | 248° | | | 243° |
| 2. | 245° | 251° | | | 244° | | | |
| 3. | 246° | 247° | 252° | 308° | 238° | | | |
| 4. | 247° | 250° | | | 243° | | | |
| 5. | 248° | 253° | | 342° | 260° | | 315° | |
| 6. | 248° | 255° | | | 243° | | | |
| 7. | 253° | 253° | 252° | 327° | | | | |
| 8. | 257° | 259° | 263° | 317° | 260° | 257° | | |

Die letzteren fehlen allerdings in vier Beben (Nr. 1, 2, 4 u. 6). Auch SKKS ist nicht überall zu erkennen. Dagegen konnten, da es sich durchweg um Beben mit Herden unterhalb der Erdkruste handelt, auch überall herdnahe Reflektionen in die Untersuchung einbezogen werden. Auch PS konnte einmal

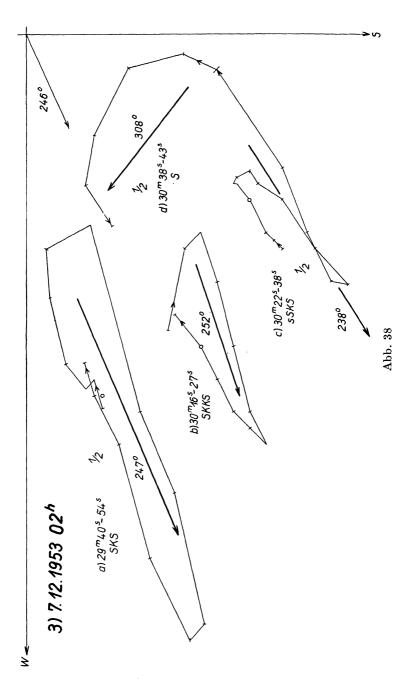
Hg 11



(Nr. 1) eindeutig bestimmt werden. Es ist streng azimutal ausgerichtet. In den meisten Fällen konnte nur die etwas früher ankommende longitudinale SP-Welle festgestellt werden.

Die SV-Schwingungen sind streng polarisiert. Ein gutes Beispiel dafür ist Nr. 1 (Abb. 37). Die etwas größere Abweichung der Richtung von sSKS in Nr. 5 ist durch den dicht darauf folgenden S-Einsatz verursacht. Die S-Einsatzschwingungen haben auch in diesem Gebiet wieder eine größere Abweichung, sogar bis 30°. Sie haben also, wie auch in Gebiet 10 eine zu große EW-Tendenz.

Die Figuren von Nr. 3 (Abb. 38) sind deswegen wiedergegeben, weil hier das energische Umschwenken der Bodenbewegung aus der azimutal polarisierten Richtung (sSKS) in



die dazu senkrechte Richtung (S) deutlich wird. In den Seismogrammen kann hier der S-Einsatz leicht übersehen werden, während er aus der Figur sicher zu bestimmen ist.

Herdgebiet 12

| Nr. | Da | tum | He | rdze | it | Herdk | oord. | Herdtiefe km | e Ort | Ent | fernung km |
|-----|-----|--------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------|---------------|-----------------|----------------|-------|---------------|
| 1. | 14. | 4.53 | 13^{h} | 29 ^m | 26 ^s | 7,5°S | 71,5°W | 650 | Brasi- lien | 90,5° | 10050 |
| 2. | 7. | 6.50 | 16 | 52 | 34 | 4 ° | 77° | 110 | Brasi- lien | 91,5° | 10150 |
| 3. | 11. | 5.55 | 11 | 04 | 00 | 0° | 78° | | Ecua- dor | 89° | 9 900 |
| 4. | 12. | 12.53 | 17 | 31 | 22 | 3,5° | 81° | | Ecua- dor | 93,5° | 10400 |
| Nr. | Az | imut | SK | S | SK | KS | S | sSKS | sSKKS | X | |
| 1. | 25 | 8° | 264 | 0 | | | | | | 270° | |
| 2. | 26 | 3 4 ° | 276 | 0 | 25 | 58° | | 270° | 259° | | |
| 3. | 26 | 38° | 249 | 0 | 25 | 52° | 340° | | | | |
| 4. | 26 | 88° | 275 | 0 | 27 | ′6° | 353° | | | | |

Das Herdgebiet liegt fast westlich von Stuttgart. Obwohl in den vorkommenden Entfernungen die Transversaleinsätze dicht aufeinander folgen, lassen sich die einzelnen Einsätze meist gut unterscheiden. In Nr. 1 und 2 fehlen allerdings die S-Einsätze, weil sie offensichtlich von SKKS überdeckt werden.

Die Ausrichtung der Kernwellen ist azimutal zum Herd. Wo S eine eigene Einsatzschwingung bildet, hat diese wieder deutlich SH-Charakter. Die Abweichungen von den Polarisationsrichtungen sind unwesentlich bis auf Nr. 3, wo die an sich kleinen Einsatzschwingungen von relativ kräftiger allgemeiner Unruhe überlagert werden.

Die Einsätze des 4. Bebens (Abb. 39) in diesem Gebiet zeigen in ihrer Gestrecktheit sehr klar die beiden senkrecht aufeinanderstehenden Polarisationsrichtungen. Da S dicht auf SKKS folgt, vollzieht sich der Übergang von der einen zur anderen Polarisationsrichtung innerhalb von 3 bis 4 Sekunden.

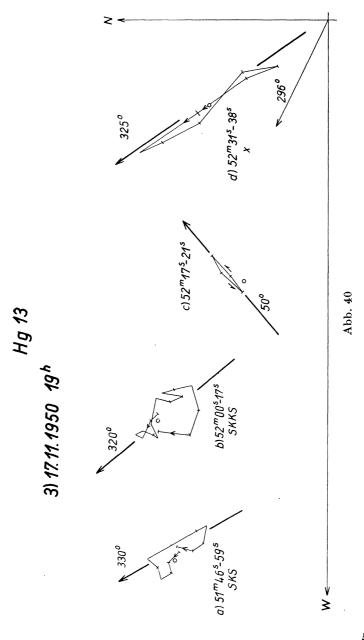
4) 12.12.1953 Hg 12 17h 268° 275° a) 55^m14^s-28^s SKS 353° 1/2 1/2 b) 55^m36^s-<u>51</u>s SKKS c)55^m<u>51</u>^s-74^s S

Abb. 39

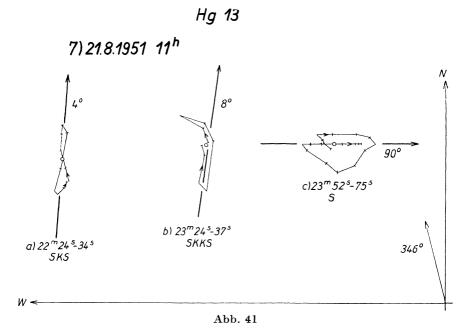
Herdgebiet 13

| Nr. | Datum | Herd | zeit | Herdk | oord. | Herdtie km | efe Ort | Entf | ernung km |
|---------|---------------|------------|------------------------------|------------|--------|---------------|---|------|--------------|
| 1. | 19. 2.54 | 00h 40 | ^m 25 ^s | 11,5°N | 88,5° | W — | Pazifik westl. Mittel- amerika | 88° | 9750 |
| 2. | 3. 9.55 | 12 36 | 20 | 14° | 91° | 50 | Pazifik westl. Mittel- amerika | | 9 600 |
| 3. | 17.11.50 | 19 28 | 18 | 17° | 100,5° | | Pazifik westl. Mexiko | 90° | 10000 |
| 4. | 29. 9.50 | 05 32 | 20 | 19° | 107° | | Pazifik westl. Mexiko | 93° | 10300 |
| 5. | 14. 6.55 | 06 11 | 18 | 20° | 109° | | Pazifik westl. | 94° | 10450 |
| 6. | 20.11.49 | 07 09 | 45 | 28,5° | 112° | | Mexiko Golf von Cali- fornien | 88° | 9750 |
| 7. | 21. 8.51 | 10 56 | 57 | 20° | 156° | | Hawaii | 110° | 12200 |
| Nr. | Azimut | sks | SKE | S | s | sSKS | PPS | X | |
| 1. | 284° | | | | 8° | | | | |
| 2. | 287° | 288° | | | - | 299° | 297° | | |
| 3. | 296° | 330° | 32 | 0° | 50° | | | 325° | |
| 4. | 302° | 314° | 31 | 4 ° | 42° | | | | |
| 5. | 305° | 312° | _ | | 41° | | | | |
| 6. - | 312° | 324° | | 2° | 69° | | | 330° | |
| 7. | 346° | 4 ° | | 8° . | 90° | | | | |

Die Epizentren des 13. Herdgebietes liegen alle von Stuttgart aus im Nordwest-Sektor. Ihrer Entfernung nach können alle Arten von Transversaleinsätzen in den Seismogrammen vorkommen. In Nr. 1 fehlt SKS, weil seine Amplitude die der allgemeinen Unruhe nicht übertrifft und seine Einsatzzeit und



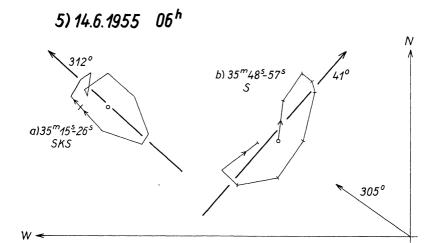
Richtung daher nicht eindeutig sind. In Nr. 2 fehlt der S-Einsatz völlig. In den anderen Beispielen sind aber beide Transversaleinsätze zu erkennen. Ihre Schwingungen bilden in der Horizontalebene einen rechten Winkel zueinander.



Die Abweichungen der Schwingungsrichtungen vom Herdazimut sind in Nr. 3, 6 u. 7 erheblich. Bei jedem der fraglichen Beben haben alle Einsätze fast die gleiche Abweichung. Die sich aus den Abweichungen ergebenden Herdkoordinaten weichen beträchtlich von dem durch USCGS angegebenen Herd ab. Da diese Herdangaben nur aus den vorläufigen, noch nicht endgültig bestätigten Werten von USCGS entnommen werden konnten, könnte es möglich sein, daß die angegebenen Herdkoordinaten noch einer Korrektur bedürfen. Das sollen die Figuren von Nr. 3 und Nr. 7 (Abb. 40 und 41) verdeutlichen. Im ersten Fall sind die beiden Richtungen gegen das Azimut um ca 28° nach rechts gedreht. Danach

würde das Epizentrum etwas weiter nordwestlich gelegen sein. Auch bei dem Hawaii-Beben erscheinen beide Polarisationsrichtungen um ca 18° nach rechts gedreht. Außerdem sind alle Einsatzzeiten um ca eine Viertelminute später, als man sie

Hg 13



den vorläufigen Herdangaben nach erwarten sollte. Das sich nach den Richtungen ergebende Epizentrum liegt einige Grade weiter westlich als Hawaii. Ähnliches gilt von den Richtungen bzw. Herdkoordinaten von Nr. 6, dessen Figuren hier jedoch nicht beigefügt sind. Die Abweichungen in den übrigen Beben sind nicht bedeutend. So mögen die Figuren von Nr. 5 (Abb. 42) als Beispiele guter Ausrichtung dienen.

Abb. 42

Was die Eindeutigkeit der Einsätze anbetrifft, so entstehen bei den meisten Beben dieses Gebietes Schwierigkeiten wegen der zeitlichen Verschiedenheit vieler Einsätze in den einzelnen Komponenten. Auch erscheint noch bemerkenswert, daß vor den SKS-Einsätzen von Nr. 2, 4 und 5 eine kleine deutliche Schwingung allein in der Ost-Komponente erfolgt, für die noch keine Deutung gefunden werden konnte.

5. Ergebnis der Richtungsuntersuchung

Von den Aufzeichnungen von 96 Beben konnten insgesamt 232 Transversaleinsätze auf ihre Schwingungsrichtung hin untersucht werden. Die meisten Herdgebiete dieser Beben liegen in solchen Entfernungen von Stuttgart, das man mit dem Erscheinen von SKS, SKKS- und S-Einsätzen rechnen kann. Nur die Herdgebiete 1-3 (Samoa, Fidschi, Tonga, Kermadec-Inseln und Neue Hebriden) und Herdgebiet 5 (Bismarck-Archipel und Salomon-Inseln) sind zu weit entfernt für SKSund S-Einsätze. Hier ist SKKS repräsentativ für die als Transversalwelle ankommende Kernwelle. Die größte Herddistanz, in der SKS noch ankommen kann, wird von R. D. Forester [2, S. 193] 1955 zu 136° (15100 km) angegeben. In dieser Entfernung kommt der Strahl an, der den inneren Kern tangiert. In dem vorliegenden Material konnten SKS-Einsätze einwandfrei nur bis 126° (14000 km) Herdentfernung nachgewiesen werden. Die wenigen in größeren Entfernungen registrierten SKS-Einsätze (Herdgebiet 1, Nr. 2, 3, 6 u. 7; Herdgebiet 5, Nr. 1) sind ihrer Neigung wegen nicht sicher als SKS zu bezeichnen.

S fehlt dagegen in den Herdgebieten, deren Entfernung mehr als 121° (13450 km) beträgt. Nach K. E. Bullen [1, S. 94] 1956 können direkte S-Wellen, die den Kern nicht berührt haben, in Herdentfernungen bis zu etwa 105° (11700 km) ankommen. Auch nach den derzeit als beste anerkannten Laufzeiten nach Jeffreys-Bullen [13, S. 20] 1948 ist der S-Einsatz nur bis zu 107° (11900 km) Herddistanz zu erwarten. Dem gegenüber sind aber in dem vorliegenden Material einwandfrei, sowohl der Laufzeit als auch der Schwingungsrichtung in der SH-Richtung nach, wohldefinierte S-Einsätze

bis in Herddistanzen von 121° (13450 km) nachgewiesen worden, so in den Beben der Herdgebiete 7, \(\triangle 116^\circ -121^\circ (12900 km-13450 km), in zwei Beben von Herdgebiet 9, \wedge 112° (12450 km), in einigen von Herdgebiet 10, \triangle 109° (12100 km), 114° (12700 km) u. 116° (12900 km) und in einem Beben von Herdgebiet 13, A 110° (12200 km). Die Laufzeiten dieser S-Einsätze liegen auf einer plausiblen Verlängerung der Laufzeitkurve der direkten S-Welle oder wenig später. Die an den Figuren angegebenen Einsatzzeiten geben dabei nicht den Zeitpunkt der ersten Auslenkung in den Seismogrammen an, sondern bezeichnen den Anfang einer deutlichen, gerichteten Einsatzschwingung in der Horizontalprojektion. Dieser kann mehrere Sekunden später liegen als die erste Auslenkung. Aber selbst die mit den hier angegebenen Einsatzzeiten mögliche, ungefähre Abschätzung der Laufzeiten von S für so große Herddistanzen führt zu dem Ergebnis, daß die Welle keine bedeutende Beschleunigungsänderung erkennen läßt. Nach B. Gutenberg [6, S. 100] 1952 rühren S-Einsätze in größeren Entfernungen von um den Erdkern gebeugten Transversalwellen her. Ob es sich allerdings auch hier noch um derartige gebeugte Wellen oder um eine andere Übertragung handelt oder ob auch ein Zusammenhang mit den von A. Vogel [16] 1957 seismisch nachgewiesenen Schwellenund Muldengebieten der Kernoberfläche besteht, kann mit den hier anfallenden wenigen Beispielen, bei denen die Herdgebiete in ostnordöstlichen bzw. westsüdwestlichen Azimuten liegen, noch nicht geklärt werden. Die Übertragungsmöglichkeiten der in großen Herddistanzen auftauchenden S-Wellen ist daher einer späteren eingehenden Untersuchung vorbehalten.

Die Richtungen der verschiedenen Einsatzschwingungen lassen sich zwanglos in zwei Gruppen teilen: in azimutal polarisierte und dazu rechtwinklig stehende. Der Winkel, den die Bewegung beim SKS-Einsatz mit der Richtung zum Herd, also mit der SV-Ebene, bildet, ist fast in allen Fällen (mit nur einer einzigen Ausnahme) kleiner als $\pm 25^{\circ}$. 78% aller

Beben weisen SKS-Schwingungen auf, die sogar weniger als $\pm 10^{\circ}$ vom Herdazimut abweichen. Auch SKKS und die herdnahen Reflektionen sind mit nur wenigen Ausnahmen sehr gut in der SV-Ebene ausgerichtet. Die zu einem S-Einsatz gehörenden Schwingungen zeigen dagegen in den meisten Fällen eine Richtung, die rechtwinklig zu den azimutal polarisierten SKS-Schwingungen steht. Allerdings ist diese Polarisation der S-Welle nicht so streng wie die von SKS. Eine Ausrichtung von $\pm 9^{\circ}$ um die Polarisationsrichtung erreichen hier nur 42% aller Einsatzschwingungen.

In Abb. 43 ist für jede Einsatzart der Prozentsatz der verschieden guten Polarisation dargestellt. Sie läßt deutlich die strengere Ausrichtung der SV-Einsätze gegenüber den SH-Einsätzen erkennen. Sehr selten ist die Abweichung größer als 25° von der jeweiligen Polarisationsrichtung. Dabei läßt auch diese stärkste Abweichung die Polarisationsrichtung noch eindeutig erkennen, denn erst bei 45° würde die Richtung zwischen den beiden rechtwinklig aufeinander stehenden Polarisationsrichtungen indifferent sein. Eine Abhängigkeit von der Richtung oder Entfernung des Herdgebietes läßt sich an den Abweichungen nicht erkennen.

Damit ist die azimutale Polarisation von SKS, SKKS und ihren herdnahen Reflektionen eindeutig nachgewiesen und ebenfalls die dazu rechtwinklige Ausrichtung der S-Einsätze und deren herdnahen Reflektionen in Herdentfernungen über 83°.

Einige Seismogramme lassen eine Bevorzugung der einen oder anderen Polarisationsrichtung erkennen. Dabei fällt auf, daß SV-Einsätze seltener ausfallen als SH-Einsätze. In Herddistanzen zwischen 84° und 108° (9300 km—12000 km) gibt es nur wenig Seismogramme, in denen SKS nicht erscheint (5 mal), dagegen fehlt der S-Einsatz öfter (16 mal), besonders in den Beben von Süd- und Mittelamerika. In einigen dieser Beben ist der fehlende Einsatz nur an einer kurzen meist sehr abweichend gerichteten Bewegung vor einer anderen

Schwingung oder an der Richtungsablenkung eines dicht benachbarten Einsatzes noch etwas zu erkennen. Noch öfter fehlt jedoch jede Spur des betreffenden Einsatzes. Meistens fehlt dann auch jeder andere Transversaleinsatz mit der für

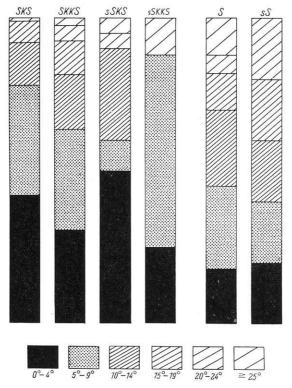


Abb. 43. Prozentuale Verteilung der Polarisationswerte

ihn typischen Polarisationsrichtung, während die dazu senkrechte Richtung das Seismogramm der Transversaleinsätze beherrscht. So ist für folgende Beben die SV-Richtung charakteristisch: Herdgebiet 4 Nr. 11, Herdgebiet 6 Nr. 3, Herdgebiet 9 Nr. 9, Herdgebiet 10 Nr. 1 u. 2, Nr. 6 u. 7, Nr. 9 u. 10, Herdgebiet 11 Nr. 1, 2, 4 u. 6, Herdgebiet 12 Nr. 1 u. 2 und Herdgebiet 13 Nr. 2. Dagegen ist bei Herdgebiet 4 Nr. 5 u. 7,

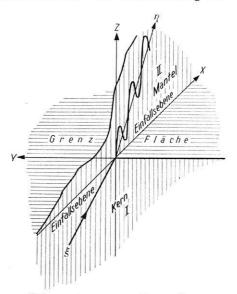
Herdgebiet 9 Nr. 1 u. 4 und Herdgebiet 13 Nr. 1 SH bestimmend. Der Ausfall der SV-Richtung bezieht sich hierbei auf alle SKS- und SKKS-Einsätze sowie ihre herdnahen Reflektionen, wogegen aber PS, wie Herdgebiet 4 Nr. 7 zeigt, ausgesprochen azimutale Polarisation besitzt. Das Vorwiegen der SV- oder der SH-Richtung in Seismogrammen der angegebenen Herdentfernung dürfte auf Zusammenhänge mit der Bewegungsrichtung im Herd selbst verweisen, so daß sich möglicherweise hieraus ein neuer Weg zur Untersuchung des Herdmechanismus ergibt.

6. Erklärung der Polarisation von SKS

Die Polarisation der SKS-Welle in der Einfallsebene, d. h. im Azimut des Herdes, erklärt sich aus der Umwandlung der

der Longitudinalwelle des Kerns in eine Transversalwelle beim Austritt aus dem Kern in den Mantel.

Bezieht sich, wie Abb. 44 zeigt, der Index 1 auf Bestimmungsgrößen der Welle im Kern und der Index 2 auf diejenigen im Mantel und wählt man für die charakteristischen Größen der Longitudinalwelle lateinische, für die der Transversalwellen aber deutsche Buchstaben, so läßt sich die aus dem Kern (Index 1) auf die Grenzfläche auffallende (Index e) Longitudinalwelle wie folgt ansetzen:



Äbb. 44. Räumliche Darstellung des Überganges der longitudinalen Kernwelle in die transversale Mantelwelle

$$\xi_e = A_e \, e^{\, j \, \omega \left(t - \frac{x \sin i_1 + z \cos i_1}{V_1}\right)}, \label{eq:xi}$$

mit $j = \sqrt{-1}$, wobei x und z die Koordinaten eines in der Unstetigkeitsfläche orientierten, rechtwinkligen Bezugssystems sind, so daß z die vertikale und x die in die Einfallsebene fallende horizontale Achse darstellen. Der Einfalls-

winkel der Welle auf die Grenzfläche wird mit i und ihre Geschwindigkeit mit V bezeichnet. A ist ihre Maximalamplitude. Die auf die Koordinatenachsen projezierten Verrückungskomponenten seien u, v und w.

Die Abbildung der durch diese Welle verursachten Verrückung läßt sich durch die Koordinaten der Grenzfläche beschreiben:

$$u_{\mathbf{1}} = \xi_{\mathbf{e}} \sin i_{\mathbf{1}} \,, \quad v_{\mathbf{1}} = 0 \;, \quad w_{\mathbf{1}} = \xi_{\mathbf{e}} \cos i_{\mathbf{1}} \;. \label{eq:u1}$$

Die Longitudinalwelle verursacht also an der Grenzfläche des Kerns sowohl eine Vertikalverrückung w_1 als auch eine Horizontalverrückung u_1 längs des Schnitts mit der Einfallsebene. Eine auf die y-Achse projezierte Verrückung v_1 wird durch die Longitudinalwelle nicht verursacht.

Durch Reflektion an der Grenzfläche entsteht im Kern eine reflektierte longitudinale Welle und im Mantel (Index 2) sowohl eine gebrochene Longitudinal- als auch eine gebrochene Transversalwelle. Von allen diesen an der Kerngrenze entstehenden Wellenarten interessiert für SKS nur die letztere. Sie läßt sich folgendermaßen darstellen:

$$\eta_t = \mathfrak{A}_t \, e^{j\,\omega \left(t - \frac{x\sin\mathfrak{i}_z + z\cos\mathfrak{i}_z}{\mathfrak{B}_z}\right)} \, .$$

Die Fortpflanzungsrichtung dieser Welle liegt also auch in der xz- d. h. in der Einfallsebene. Sie schwingt jedoch in einer Ebene senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung.

Nimmt man zunächst an, daß die Richtung, in der sie innerhalb dieser Normalebene zum Strahl schwingt, einen noch näher zu bestimmenden Winkel α mit der Einfallsebene bilde, so stellen sich die Verrückungskomponenten der gebrochenen Transversalwelle im Mantel in der folgenden Form dar:

$$u_2 = -\eta_t \cos i_2 \cos \alpha$$
, $v_2 = \eta_t \sin \alpha$, $w_2 = \sin i_2 \cos \alpha$.

Beim Übergang der Welle vom Kern in den Mantel sind gewisse Grenzbedingungen zu beachten. Würde es sich um zwei feste Medien handeln, dann gilt, daß sowohl die Spannungen als auch die Verrückungen zu beiden Seiten der Grenzfläche einander gleich sind. Da der bisherigen Erfahrung

nach der Erdkern wie eine Flüssigkeit reagiert, kann an der Kerngrenze Gleiten auftreten. Außerdem existieren in einer Flüssigkeit keine Tangentialspannungen, so daß die Grenzbedingungen lauten:

Die Summation bezieht sich auf die Anteile der verschiedenen am Grenzflächenvorgang beteiligten Wellenarten.

Für die Untersuchung des Winkels, den die Schwingungsrichtung der Transversalwellen mit der Einfallsrichtung bildet, interessiert hier nur die Tangentialspannung T_{2y} senkrecht zur Einfallsebene. In den durch diese verursachten Verrückungskomponenten läßt sie sich im Koordinatensystem der Grenzfläche, wo sie nach der obigen Bedingung verschwindet, wie folgt darstellen:

$$\Sigma T_{2y} = \Sigma \varrho_2 \, \Re_2^2 \left(\frac{\partial w_2}{\partial y} + \frac{\partial v_2}{\partial z} \right) = 0 \,,$$

wobei ϱ_2 die Dichte im Mantel ist. Die außer der Transversalwelle η_I am Grenzflächenvorgang und damit an der Summation beteiligten Wellen sind sämtlich Longitudinalwellen, deren Verrückung sich nur in der Einfallsebene $(x\,z)$ abbilden läßt und bei denen v stets Null ist, so daß sie keinen Anteil zu T_{2y} liefern. Die obige Gleichung wird bereits befriedigt, wenn die durch die gebrochene Transversalwelle verursachten Verrückungen eingesetzt werden. Die Differentiation der Gleichung für T_{2y} ergibt:

$$T_{2y} = -\mathfrak{A}_{\!f}\, j\;\omega\;\varrho_2\;\mathfrak{B}_2\;\cos\,\mathfrak{i}_2\sin\,\alpha = 0\;.$$

Da in dieser Gleichung weder $j \omega$, noch im allgemeinen \mathfrak{A}_j und cos \mathfrak{i}_2 gleich Null sind und $\varrho_2 \mathfrak{B}_2$ einen festen, von der Differentiation unabhängigen Wert haben, muß sin $\alpha = 0$ sein, d. h. insbesondere $\alpha = 0$, wenn sie der Grenzbedingungsgleichung genügen soll.

Die Verrückungskomponenten der gebrochenen Transversalwelle η_t sind also:

$$u_2 = - \; \eta_{\it f} \cos \mathfrak{i}_2 \,, \quad v_2 = 0 \;, \quad w_2 = \eta_{\it f} \sin \mathfrak{i}_2 \,. \label{eq:u2}$$

d. h. die aus einer Longitudinalwelle hervorgegangene Transversalwelle schwingt ganz in der Einfallsebene, womit die Polarisation von SKS erklärt ist.

Eine andere Möglichkeit zur Erklärung der Polarisation von SKS gestattet die Betrachtung der fortschreitenden Frontalfläche der Longitudinalwelle bei ihrem Einfall auf die Grenzfläche des Kerns. Die Frontalfläche vereint alle Punkte, die zu einer bestimmten Zeit vom Anfang der fortschreitenden Bewegung erfaßt sind. Man kann im allgemeinen dabei sowohl die Grenzfläche des Erdkerns als auch die Frontalfläche als eben auffassen, wenn man sich auf den kleinen, durch die Größenordnung der Amplituden seismischer Raumwellen bestimmten Bereich beschränkt. Der Schnitt der beiden Flächen ist dann eine Gerade, die sich in Abhängigkeit von der Zeit auf der Grenzfläche parallel zu sich selbst verschiebt. Jede ihre Fortpflanzungsrichtung enthaltende Vertikalebene ist die Einfallsebene einer seismischen Welle. Da überall auf der Frontalfläche der durch die nämliche Phase der Longitudinalbewegung bestimmte gleiche Spannungszustand herrscht, wirkt in jedem Punkte der Schnittgeraden die gleiche Kraft auf die Grenzfläche. Es tritt daher längs dieser Geraden keine Spannung und keine Verrückung auf, d. h. die durch diese "Linienkraft" hervorgerufenen Scherspannungen können nur in der zu ihr senkrechten Einfallsebene liegen.

Die Durchführung der Untersuchung ist nur möglich gewesen durch das großzügige Entgegenkommen von Herrn Prof. Dr. W. Hiller, Stuttgart, der mir die Seismogramme der Württembergischen Hauptstation für Erdbebenforschung in Stuttgart zur Verfügung stellte und deren Bearbeitung in seinem Institut ermöglichte, wofür ich ihm an dieser Stelle herzlich danke.

Literatur

- [1] Bullen, K. E., Seismic Wave Transmission. Handbuch der Physik, Hsgg. von Flügge, 17 (1956), 75—117.
- [2] FORESTER, R. D., Calculated travel-times of seismic core-waves. Bull. Seism. Soc. Am., Berkeley 45 (1955), 187—195.
- [3] GUTENBERG, B., Beobachtungen von Erdbebenwellen. Handbuch der Geophysik, 4 (1932), 151—263.
- [4] GUTENBERG, B. u. RICHTER, C. F., On seismic waves I. Gerl. Beitr. Geophys. 43 (1934), 56—133.
- [5] On seismic waves II. Gerl. Beitr. Geophys. 45 (1935), 280—360.
- [6] GUTENBERG, B., SV and SH. Trans. Amer. Geophys. Union, Vol. 33, No. 4, (1952).
- [7] The first motion in longitudinal and transverse waves of the main shock and the direction of slip. State of California, Dep. Natural Resources, Div. of Mines. Bull. 117, San Francisco (1955), 165—170.
- [8] GUTENBERG, B. and RICHTER, C. F., Seismicity of the Earth, 2. Ed., Princeton University Press 1954.
- [9] HAALCK, H., Zur Frage der inneren Gliederung des Gesteinsmantels der Erde. Forschungen und Fortschritte, 31, (1957), 168—175.
- [10] Hodson, J. H. u. Storey, R. S., Direction of faulting in some of the larger earthquakes of 1949. Seismol. Soc. Amer. Bull. Vol. 44, 1 (1954), 57—83.
- [11] Hodgson, J. H., Direction of faulting in Pacific earthquakes. Geofisica Pura e Applicata, Vol. 32 (1955), 30—42.
- [12] JEFFREYS, H., The reflection and refraction of elastic waves. Mon. Not. R. Acad. Science, Geophys. Suppl. Vol. 1, 7 (1926), 321—334.
- [13] JEFFREYS, H. and BULLEN, K. E., Seismological Tables. Brit. Ass., Gray-Milne Trust 1948.
- [14] LEHMANN, I., Seismic Time-curves for epicentral distances around 80°. Bur. Centr. Séism. Internat. A 12 (1935), 1—24.
- [15] LEHMANN, I. u. PLETT, G., Untersuchung der europäischen Registrierungen der Erdbeben vom 18. VII. 1928, 24. X. 1930 und 13. XI. 1925. Gerl. Beitr. Geophys. 36 (1932), 38—77.

- [16] Vogel, A., Über Unregelmäßigkeiten der äußeren Begrenzung des Erdkerns. Diss., Techn. Hochschule Stuttgart, Nat.-Fak. 1957.
- [17] WIECHERT, E., Über Erdbebenwellen I. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl. (1907), 415—529.
- [18] WILLMORE, P. L. and Hodgson, J. H., Charts for measuring azimuth and distance and for tracing seismic rays through the earth. Publ. Dom. Obs. Ottawa, Vol. XVI, 14 (1955) 405—414.

Veröffentlichungen des Instituts für Bodendynamik und Erdbebenforschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin in Jena,

| | del Delitschen Andreine del Wissenschaften zu Zeitm in genag |
|------------|---|
| Heft 47—49 | FRIEDRICH CERECKE Seismische Registrierungen in Jena, 1. Januar 1944 bis 31. Dezember 1946 1947. 90 Seiten — 8° — DM 10,— |
| Heft 50 | FRIEDRICH GERECKE Seismische Registrierungen in Jena, 1. Januar bis 31. Dezember 1947 1948. 44 Seiten — 8° — DM 7,50 |
| Heft 51 | GERHARD KRUMBACH Seismische Arbeiten 1947/48 1949. 146 Seiten — 8° — DM 13,75 |
| Heft 52 | FRIEDRICH GERECKE Seismische Registrierungen in Jena, 1. Januar 1948 bis 31. Dezember 1948 1949. 56 Seiten — 8° — DM 10,50 |
| Heft 53 | GERHARD KRUMBACH 50-Jahr-Feier des Zentralinstituts für Erdbebenforschung 25.—29. Juli 1949 1950. 50 Seiten — 8° — DM 6,50 |
| Heft 54 | FRIEDRICH GERECKE seismische Registrierungen in Jena, 1. Januar 1949 bis 31. Dezember 1949 1950. 56 Seiten — 8° DM 9,50 |
| Heft 55 | FRIEDRICH GERECKE Seismische Registrierungen in Jena, 1. Januar 1950 bis 31. Dezember 1950 1951. 98 Seiten — 8° — DM 10,— |
| Heft 56 | FRIEDRICH GERECKE Seismische Registrierungen in Jena, 1. Januar 1951 bis 31. Dezember 1951 1953. 124 Seiten — 8° — DM 22,— |
| Heft 57 | HANS MARTIN Laufzeitkurven auf mathematisch-physikalischer Grundlage 1953. 70 Seiten — 22 Abbildungen — 36 Tabellen — 8° — DM 14,— |
| Heft 58 | FRIEDRICH GERECKE Seismische Registrierungen in Jena, 1. Januar 1952 bis 31. Dezember 1952 1954. 154 Seiten — 8° — DM 21,— |
| Heft 59 | FRIEDRICH GERECKE Seismische Registrierungen in Jena, 1. Januar 1953 bis 31. Dezember 1953 1958. 134 Seiten — 8° — DM 19,50 |
| Heft 60 | FRIEDRICH GERECKE Seismische Registrierungen in Jena, 1. Januar 1954 bis 31. Dezember 1954 1958. 119 Seiten — 8° — DM 19,50 |
| Heft 61 | WOLFGANG ULLMANN Das Problem der konstanten Übertragungsfaktoren eines mechanischen Empfängers 1958. 33 Seiten — 8° — DM 6,— |
| Heft 62 | WOLFGANG ULLMANN / RICHARD MAAZ Theoretische Untersuchungen über die Ortung seismischer Herde in Bergbaugebieten 1960. 76 Seiten — 33 Abbildungen — 8° — DM 15,50 |
| Heft 63 | FRIEDRICH GERECKE Seismische Registrierungen in Jena, 1. Januar bis 31. Dezember 1955 1960. 112 Seiten — 8° — DM 21,— |
| Heft 64 | Noch nicht erschienen |
| Heft 65 | FRIEDRICH GERECKE Seismische Registrierungen in Jena, 1. Januar 1957 bis 31. Dezember 1957 In Vorbereitung. Etwa 176 Seiten — 8° — etwa DM 28,— |
| Heft 66 | Vorliegendes Heft |
| Heft 67 | FRIEDRICH GERECKE / DOROTHEA GÜTH Seismische Registrierungen der Nebenstationen von Jena: Potsdam, Halle, Plauen und |

Bestellungen durch eine Buchhandlung erbeten

In Vorbereitung. Etwa 88 Seiten — 8° — etwa DM 17,50

Sonneberg 1957

AKADEMIE-VERLAG.BERLIN

In Vorbereitung

E. F. SAWARENSKI / D. P. KIRNOS

Elemente der Seismologie und Seismometrie

Übersetzung aus dem Russischen

Etwa 560 Seiten — 241 Abbildungen — 64 Kartenvorlagen — 28 Tabellen — gr. 8° — etwa DM 56,—

Seit der Herausgabe des Lehrbuches "Vorlesungen über Seismometrie" von dem russischen Gelehrten B. Galitzin (deutsche Bearbeitung von O. Hecker) im Jahre 1914 sind außer Beiträgen in Lehr- und Handbüchern nur sehr wenig deutschsprachige Darstellungen auf dem Fachgebiet der Erdbebenforschung erschienen.

Umsomehr wird das Erscheinen dieses Lehrbuches in deutscher Bearbeitung begrüßt werden. Die umfassende mathematisch-physikalische Behandlung der zwei Hauptprobleme, "Ausbreitung elastischer Wellen" und "Theorie der seismischen Instrumente", wird auch erfahrenen Wissenschaftlern manche Anregung vermitteln. Einen wesentlichen Teil nimmt die Beschreibung der auf Grund der theoretischen Überlegungen neu entwickelten Instrumente ein. Ein ausführliches Literaturverzeichnis über Einzelarbeiten sowjetischer Fachwissenschaftler bildet eine wertvolle Ergänzung zu der umfassenden Darstellung.

Bestellungen durch eine Buchhandlung erbeten



AKADEMIE-VERLAG.BERLIN