

Werk

Jahr: 1953

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:19

Werk Id: PPN101433392X_0019

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0019|LOG_0019

Terms and Conditions

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

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

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

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

Contact

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

Die Richtung der ersten Bodenbewegung (Kompression oder Dilatation) in Stuttgart für die Hauptbebengebiete der Erde, als Grundlage für großtektonische Betrachtungen

Von S. Mühlhäuser, Stuttgart¹⁾

Mit 10 Abbildungen

Einleitung

Im allgemeinen Fall weist die erste Bodenbewegung der Longitudinalwellen von Erdbeben eine azimutale Verteilung von Kompression und Dilatation auf, die gewisse Regelmäßigkeiten erkennen läßt. Jedem räumlichen Scherungsbruch kommt an der Erdoberfläche eine bestimmte Art der Kompressions- und Dilatationsverteilung zu. Umgekehrt kann man auf diese Weise aus der Verteilung von Kompression und Dilatation auf die räumliche Orientierung des Scherungsbruches schließen.

Bei dem stetigen Übergang von Kompression zu Dilatation bzw. bei jedem Vorzeichenwechsel des Impulses muß der Wert Null durchlaufen werden. Dies ist in den Knotenebenen der Fall. Nach der allgemein herrschenden Vorstellung liegt die Scherungsbruchfläche in einer Knotenebene. Die Schnittlinien der Knotenebenen mit der Erdoberfläche trennen hier als sogenannte Knotenlinien Bereiche mit Kompression von solchen mit Dilatation. Wenn in einem bestimmten Herdgebiet immer derselbe mechanische Vorgang stattfindet und die Herdtiefen der einzelnen Beben keinen großen Schwankungen unterliegen, so ist zu erwarten, daß an ein und derselben Station der erste Einsatz immer die gleiche Impulsrichtung aufweist. Umgekehrt ist bei gleichbleibender Ausprägung des ersten Einsatzes auf einen sich ständig in der gleichen Weise vollziehenden mechanischen Vorgang in diesem Herdgebiet zu schließen.

M. Båth [1] hat an Hand umfangreichen, in Pasadena und Huancayo vorliegenden Beobachtungsmaterials Untersuchungen über die regionale Verteilung von Kompression und Dilatation angestellt. In ähnlicher Weise wurden die für Stuttgart vorliegenden Beobachtungen auf Regelmäßigkeiten in der regionalen Verteilung von Kompression und Dilatation untersucht.

Das Beobachtungsmaterial

Das Beobachtungsmaterial erstreckt sich über die Jahre 1930—1943 und 1947—1951. Die Auswertung der Seismogramme wurde einheitlich vom Leiter des Württembergischen Erdbebendienstes, Herrn Professor Dr. *W. Hiller*,

¹⁾ Auszug aus einer Diplom-Arbeit, ausgeführt an der Württembergischen Hauptstation für Erdbebenforschung in Stuttgart, Richard-Wagner-Str. 15.

nach den Registrierungen der Galitzin-Wilip-Seismographen vorgenommen. Diese Tatsache verbürgt die für Untersuchungen der vorliegenden Art notwendige Homogenität des Beobachtungsmaterials. In ihm fanden Erdbeben Aufnahme, die in den oben angeführten Jahren mit erkennbarem Richtungssinn des ersten Einsatzes der longitudinalen Raumwelle (P und PKP) in Stuttgart registriert wurden. Die zuverlässigsten Grundlagen für Untersuchungen der vorliegenden Art bieten die i -Einsätze mit meßbarer Amplitude. Daneben verdienen aber auch deutliche e -Einsätze Beachtung, bei denen die Auslenkung nicht stoßartig erfolgt, sondern langsam, wodurch eine entsprechend gekrümmte Kurve aufgezeichnet wird. Zwischen i - und e -Einsätzen vermitteln die ei -Einsätze, welche die Eigenschaften beider in sich vereinen.

Es gibt Herdgebiete, die fast ausschließlich mit i -Einsätzen in Erscheinung treten. Hierher gehören z. B. die Gebiete von Vrancea und Hindukusch. Es sind dies solche Herdgebiete, bei denen, wie später gezeigt wird, über Jahrzehnte hinweg Konstanz im Herdmechanismus zu beobachten ist. Herdgebiete, die in Stuttgart fast nur e -Einsätze aufweisen, sind seltener. Man könnte hier als Beispiel die Westküste Nordamerikas anführen oder den Bereich zwischen Philippinen und Celebes-Banda-Becken. In diesen Fällen weisen die e -Einsätze in ihrer überwiegenden Mehrheit eine dem Bewegungssinn der i -Einsätze des betreffenden Gebietes entgegengesetzte Impulsrichtung auf. Die diesen Erscheinungen zugrunde liegenden Vorgänge sind, was für die Deutung von e -Einsätzen allgemein zutrifft, zu unübersichtlich, als daß hier eine Erklärung hierfür gegeben werden könnte. Andererseits gibt es aber erwartungsgemäß auch Gebiete, in denen i - und e -Einsätze sehr häufig übereinstimmen, wobei das Verhältnis von Kompression zu Dilatation, von wenigen Ausnahmen abgesehen, wie z. B. im Bereich der Neuen Hebriden, ähnlich ist. In den nachstehenden Kartenskizzen fanden nur i -Einsätze Aufnahme, da diese die zuverlässigsten sind und da die Übersichtlichkeit durch Einführung weiterer Symbole für e - bzw. ei -Einsätze nicht beeinträchtigt werden sollte.

Die Herdgebiete

Der Abgrenzung der Herdgebiete liegt die von *Gutenberg* und *Richter* [2] aufgestellte Einteilung zugrunde, wie sie auch von *M. Bath* [1] gebraucht wurde. Die dem Text beigegebenen Kartenskizzen in Mercatorprojektion dienen der Aufgabe, jedes Herdgebiet mit der ihm eigenen Verteilung von Kompression und Dilatation darzustellen. Hierbei bedeutet ein Dreieck Kompression (c), ein Kreis Dilatation (d). Die Einsätze sind in drei Gruppen von Herdtiefen aufgeteilt. Die erste umfaßt sämtliche Einsätze bis zu einer Herdtiefe von 80 km; die Einsatzsymbole dieser Gruppe sind mit normaler Strichstärke gezeichnet. Hieran schließen sich die Herdtiefen von 80 bis 300 km, welche durch Aufteilung des Einsatzsymbols in eine schwarze und in eine weiße Hälfte charakterisiert sind. Beben mit Herdtiefen > 300 km sind durch vollflächige schwarze Einsatzsymbole gekennzeichnet. Um eine Orientierung der Herdgebiete in bezug auf Stuttgart zu ermöglichen, sind die Großkreise durch Stuttgart in den Kartenskizzen als gestrichelte Pfeile dargestellt.

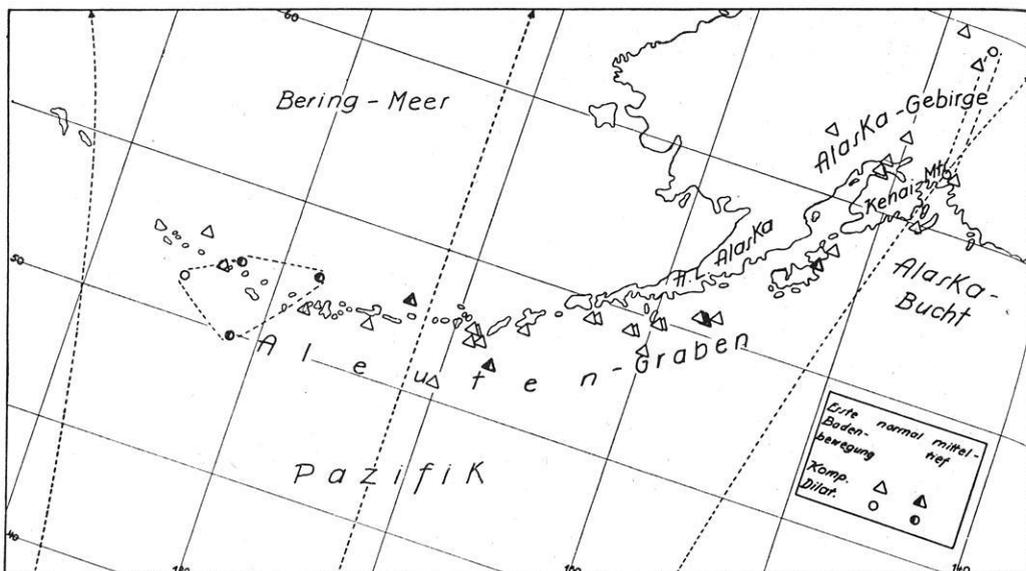


Abb. 1.

I. Der zirkumpazifische Gürtel

1. Aläutenbogen und Alaska (Abb. 1)

Der Aläutenbogen bildet die natürliche Grenze des Pazifiks gegen Norden. In der Verteilung und Anordnung der einzelnen Einsatzsymbole zeigt er die typischen Eigenschaften einer pazifischen Randzone, wie sie besonders im Nordwesten und Norden des pazifischen Raumes auftreten. Fast im ganzen Bereich ist ein Überwiegen von *c* über *d* festzustellen. Diese treten im Westteil des Aläutenbogens auf, zwischen 177° W und 175° E. Ein weiteres Gebiet mit *d* liegt zwischen $61\frac{1}{4}^{\circ}$ N und $64\frac{1}{2}^{\circ}$ N, süd- und nordöstlich vom Alaskagebirge.

Die Verteilung von *c* weist mehr Regelmäßigkeit auf als die von *d*. Vom Alaskagebirge bis 175° E erstreckt sich eine Folge von *c*-Einsätzen, die von den oben erwähnten Gebieten mit *d* im Osten und Westen begrenzt wird. Besonders häufig tritt *c* im Bereich des Aläutengrabens auf, wie überhaupt die pazifische Seite des Aläutengrabens weit mehr Einsätze aufweist als die dem Beringmeer zugewandte. Stuttgart hat hier nur Einsätze, die westlicher als 173° W liegen, aufgezeichnet. Auf der pazifischen Seite herrschen Einsätze aus normalen Herdtiefen vor. Die Ausnahmen, so bei 58° N, $152\frac{1}{2}^{\circ}$ W; 52° N, $167\frac{1}{2}^{\circ}$ W und $49\frac{3}{4}^{\circ}$ N, $178\frac{1}{2}^{\circ}$ E gehören mittleren Herdtiefen an. Bis auf den zuletzt erwähnten Einsatz handelt es sich auch hier um *c*.

Auf der Nordseite des Aläutenbogens überwiegen die Einsätze aus größerer Tiefe über solche normaler Tiefenlage.

Ähnliche Beobachtungen machte *M. Bath* [1] für Pasadena $34^{\circ} 08'9''$ N, $118^{\circ} 10'3''$ W und Huancayo $12^{\circ} 02'8''$ S, $75^{\circ} 20'4''$ W. Hier liegen die Verhältnisse

jedoch gerade umgekehrt. Im Bereich des Aläutengrabens treten ausschließlich *d* aus normalen Herdtiefen auf, während die dem Beringmeer zugewandte Seite *c* aus Herdtiefen bis zu 300 km aufweist. Von dieser Regel sind jene Gebiete ausgenommen, für die der Verlauf der tektonischen Störungszone mit der Richtung auf Pasadena zusammenfällt. Es treten dann ähnliche Unregelmäßigkeiten auf, wie sie analog für Stuttgart vorliegen.

2. *Östliches Alaska, Kalifornien*

Aus diesen Gebieten liegen in Stuttgart wenige Beobachtungen vor. Bemerkenswert ist das Zurücktreten der *i*-Einsätze zugunsten der *e*-Einsätze an der Nordostumrandung des Pazifiks. Bei $66\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 133° W liegt *c* aus normaler Herdtiefe vor. Im Süden des Thlinkithen-Archipels ist bei $52\frac{1}{2}^{\circ}$ N, $132\frac{1}{2}^{\circ}$ W ebenfalls *c* verzeichnet.

Etwa 800 km von der Pazifikküste entfernt treten nordöstlich vom „Großen Becken“ bei 42° N, $113\frac{1}{4}^{\circ}$ W und $43\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 113° W zwei Einsätze in Erscheinung, die beide als *c* gedeutet wurden. Ein weiterer Einsatz, hier jedoch als *d* ausgebildet, liegt bei $30\frac{3}{4}^{\circ}$ N, 104° W vor.

Sämtliche im Nordostraum des Pazifiks auftretenden Einsätze entstammen normaltiefen Herden.

3. *Mexiko und Zentralamerika* (Abb. 2)

In diesem Gebiet der pazifischen Umrandung treten vor allem zahlreiche *c* aus normalen und mittleren Herdtiefen auf, *d*-Einsätze treten dagegen stark zurück. Es zeigt sich, daß Herde normaler Tiefenlage bevorzugt im ozeanischen Bereich liegen, solche größerer Tiefe dagegen häufiger kontinenteinwärts auftreten. Wie später gezeigt wird, trifft diese Tatsache auf die nordwestliche und nördliche Randzone des Pazifiks in noch stärkerem Maße zu als hier auf die zentralamerikanische.

Pasadena hat für einige Bezirke des zentralamerikanischen Raumes gegensätzliche Impulse verzeichnet. So weist das Gebiet zwischen $16\frac{1}{4}^{\circ}$ N, 93° W und $18\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 96° W für Stuttgart *c* aus Herden, die etwas tiefer als normal liegen, auf; Pasadena hat hier jedoch *d* aus gleichen Herdtiefen verzeichnet. Der Grund hierfür ist wohl darin zu suchen, daß die Richtung auf Pasadena nahezu senkrecht auf dem entsprechenden Großkreis durch Stuttgart steht.

4. *Karibisches Meer und Antillen* (Abb. 2)

Die wenigen und nur vereinzelt auftretenden Einsätze aus diesem Bereich zeigen ebenfalls ein Überwiegen von *c*, zumeist normalen Herdtiefen entstammend. Eine Ausnahme bildet der Einsatz für 12° N, 64° W, der etwas tiefer als normal liegt. Zwischen 15° N, 61° W und $18\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 67° W treten *d* auf. Sie sind zwar in Abb. 2 durch eine gemeinsame Grenzlinie gegen den Bereich mit *c* abgegrenzt; ob sie jedoch tektonisch zusammengehören, ist fraglich, da die Herdtiefen keine Übereinstimmung zeigen.

5. *Südamerika* (Abb. 3)

Dieser Teil der pazifischen Umrandung weicht in seinem seismischen Verhalten hinsichtlich der Verteilung der Einsatzsymbole von den nord- und nordwestpazifischen Herdgebieten ab. Die überwiegende Mehrzahl der Einsätze weist eine großflächige Anordnung im kontinentalen Bereich auf, solche

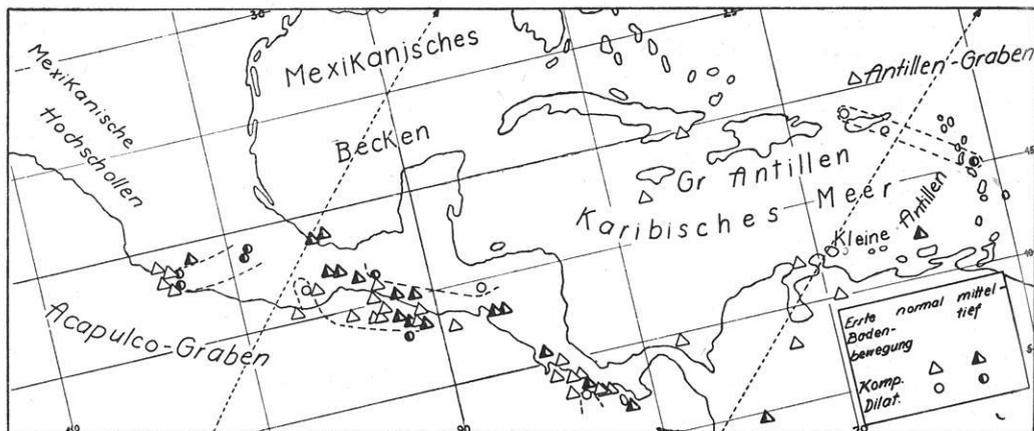


Abb. 2.

aus ozeanischen Herden treten dagegen sehr stark zurück. Das Vorherrschen von *c* aus normalen Herdtiefen im ozeanischen Bereich tritt nicht mehr so deutlich in Erscheinung, wie dies im zentralamerikanischen Raum und im Aläutenbogen der Fall ist. Es treten zwar noch *c* aus normaler Herdtiefe im Küstenbereich auf, fast ebenso häufig kommen jedoch *c* aus größeren Tiefen vor. Demgegenüber tritt im ganzen Küstenbereich nur bei 15° S, 75° W *d* aus normaler Herdtiefe auf.

An diese Zone, deren Verlauf ungefähr durch die Küstenlinie gegeben ist und die durch das Vorherrschen von *c* ausgezeichnet ist, schließt sich gegen Osten eine solche, in der ausschließlich *d* vorkommen. Diese Einsätze gehören ohne Ausnahme Herdtiefen von 80 bis 200 km an.

Die östlichste der drei, in Abb. 3 durch gestrichelte Linien gegeneinander abgegrenzten Zonen weist zwei besonders charakteristische Herdgebiete auf, die sich durch Einsätze aus sehr großen Tiefen (> 400 km) auszeichnen. Die südliche Gruppe von Tiefherdbeben zeigt, ähnlich wie das nördliche Gebiet,

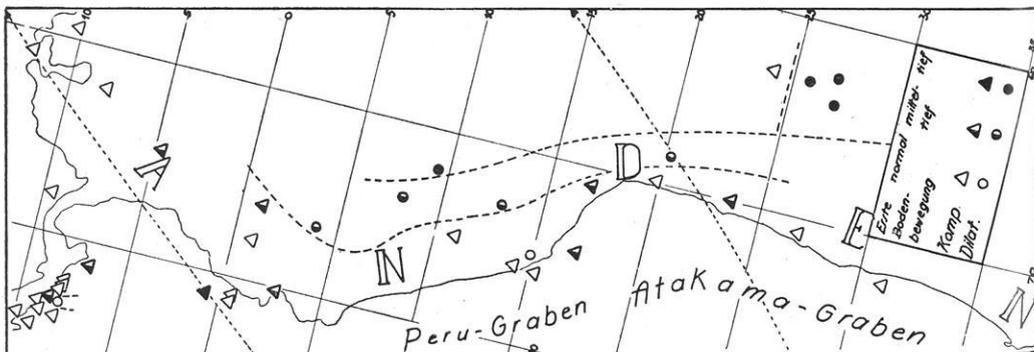


Abb. 3

ein regelmäßiges Auftreten von d , schließt sich jedoch im Norden einem Gebiet mit c aus geringen Herdtiefen an. So ist ein Einsatz dieser Art bei 24° S, 63° W verzeichnet. In den Breiten der beiden Tiefherdgebiete ist eine Zunahme der Herdtiefen von Westen nach Osten festzustellen. Eine Sonderstellung nehmen die c -Einsätze zwischen 1° N, 81° W und $2\frac{1}{2}^{\circ}$ S, $80\frac{1}{2}^{\circ}$ W ein, deren gegenseitiger Zusammenhang, der großen Unterschiede in der Tiefenlage wegen, schwer deutbar ist.

6. Neu-Seeland (Abb. 4)

Westlich der Neu-Seeland-Schwelle treten vereinzelt c -Einsätze aus normalen Tiefen auf, so bei $53\frac{1}{2}^{\circ}$ S, 159° E und 49° S, $164\frac{1}{2}^{\circ}$ E. Ihre Verbindungslinie entspricht mit guter Näherung der Orientierung der beiden Inseln.

Die Südspitze der Nordinsel weist bei 41° S, $175\frac{1}{2}^{\circ}$ E einen d -Einsatz auf, der ebenso wie der c -Einsatz im ozeanischen Bereich nördlich der Nordostspitze normaler Herdtiefe zugeordnet wurde.

7. Kermadek-, Tonga-, Samoa- und Fidschi-Inseln (Abb. 4)

Der Verlauf des Kermadekgrabens entspricht der Richtung, in der sich die tektonische Störungszone nach Nordnordost fortsetzt. Bis 29° S, $177\frac{1}{2}^{\circ}$ W weisen die Stuttgarter Beobachtungen nur c -Einsätze auf. Dabei schwanken die Herdtiefen von normal bis 250 km. Der tiefste Herd dieses Gebietes liegt bei 36° S, 179° W.

Im Norden grenzt an das Gebiet der Kermadek-Inseln ein Bereich, der durch sehr große Herdtiefen charakterisiert ist. In unmittelbarer Nachbarschaft der östlich und nordöstlich der Kermadek-Inseln liegenden Gruppen von c -Einsätzen liegen bei 29° S, 178° W und bei $28\frac{1}{2}^{\circ}$ S, $179\frac{1}{4}^{\circ}$ W zwei d , der erste mittlerer, der zweite etwas tieferer Lage angehörend. Diese beiden Herde sind wohl als Übergang zu der im Norden sich anschließenden Zone anzusehen, in welcher fast ausschließlich d -Einsätze aus Tiefen über 400 km auftreten. Sie erstreckt sich von $25\frac{1}{2}^{\circ}$ S bis 15° S und besitzt ihre größte Ausdehnung ungefähr in Nord-Süd-Richtung.

Im Nordosten ist diesem Bereich inselartig ein Gebiet mit c eingelagert, mit Tiefenlagen in allen drei Gruppen von Herdtiefen. Einzelne c bei 23° S, $179\frac{1}{4}^{\circ}$ W und $19\frac{1}{4}^{\circ}$ S, $178\frac{3}{4}^{\circ}$ W, die besonders tiefen Herden entstammen, nehmen ihrer isolierten Lage wegen eine Sonderstellung ein.

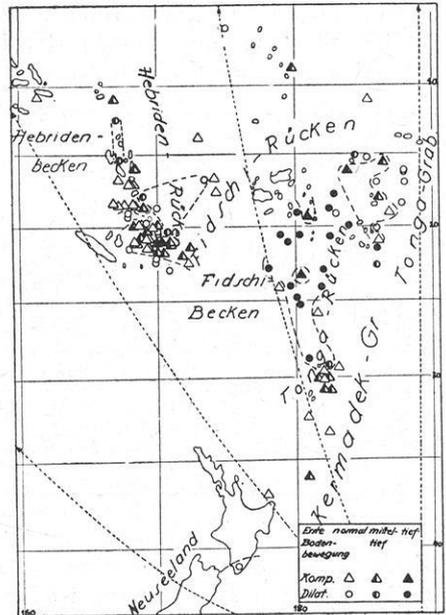


Abb. 4.

Die Aufzeichnungen an anderen Stationen, so z. B. in Pasadena, lassen teilweise wenig Regelmäßigkeit in der Verteilung von *c* und *d* erkennen. Übereinstimmung mit den hier vorliegenden Beobachtungen zeigen, wie nicht anders zu erwarten, die Angaben über die Herdtiefen. Aus der Tatsache, daß Pasadena eine starke Mischung von *c* und *d* zeigt, ist zu schließen, daß die tektonische Hauptrichtung des Gebietes, sofern bei einer derartig flächenhaften Anordnung der Einsatzsymbole überhaupt von einer solchen gesprochen werden kann, ungefähr in nordöstlicher Richtung verläuft. Diese Annahme verträgt sich gut mit der weit regelmäßigeren Verteilung, wie sie Stuttgart aufzuweisen hat. Beide Azimute stehen ungefähr senkrecht aufeinander.

8. Neue Hebriden (Abb. 4)

Fidschi- und Hebriden-Rücken stoßen in einem Gebiet zusammen, das durch *d*-Einsätze aus normaler Herdtiefe ausgezeichnet ist und den ganzen Bereich der Neuen Hebriden nach Süden abschließt. Das im Norden an-

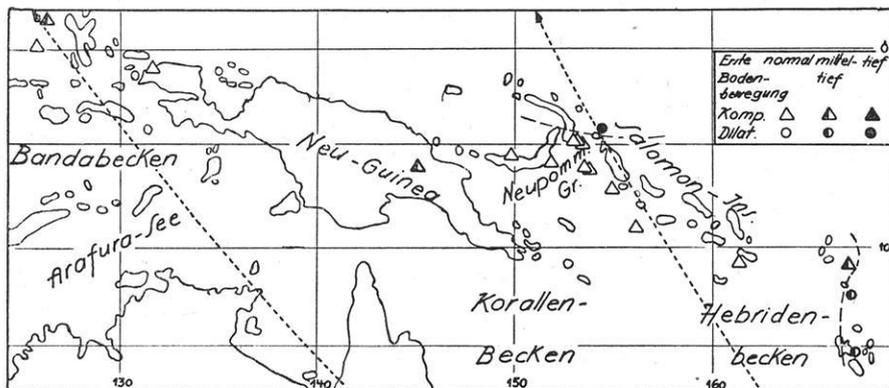


Abb. 5.

grenzende Gebiet weist hingegen *c*-Einsätze aus allen Herdtiefengruppen auf. Ein einheitlicher Herdvorgang ist hier, trotz der Gleichsinnigkeit der ersten Bodenbewegungen in Stuttgart, schwer vorstellbar, da die großen Unterschiede in den Tiefenlagen bei der bestehenden Verteilung der Einsatzsymbole die Annahme einer gemeinsamen Bewegungsfläche ausschließen.

Zwischen $20\frac{3}{4}^{\circ}$ S und $17\frac{3}{4}^{\circ}$ S ist das erwähnte Gebiet mit *c* von vereinzelt auftretenden *d*-Einsätzen durchsetzt. Eine weitere Zone mit *d*-Einsätzen tritt zwischen 12° S, 167° E und $15\frac{1}{2}^{\circ}$ S, $167\frac{1}{2}^{\circ}$ E in Erscheinung. Ihr Verlauf weicht von der Hauptrichtung nur wenig nach Nordosten ab.

Zwischen Samoa- und Lagunen-Inseln treten zwei *c*-Einsätze auf, von denen der bei 11° S, 175° W gelegene der ersten, der bei $8\frac{3}{4}^{\circ}$ S, $179\frac{3}{4}^{\circ}$ E auftretende der zweiten Herdtiefengruppe angehört. Im Nordwesten der Lagunen-Inseln ist eine einzelne *d* bei 6° S, 175° E verzeichnet, die eine normale Tiefenlage aufweist.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß im Ostbereich des vom Kermadek-Tonga-Graben einerseits und vom Hebridenbecken andererseits begrenzten

Gebietes, also im Gebiet zwischen Kermadek-, Tonga-, Samoa- und Fidschi-Inseln eindeutig die *d*-Einsätze aus großer Herdtiefe überwiegen, während im Westteil ein ebenso klares Vorherrschen von *c* festzustellen ist. Beide Gebiete sind durch eine verhältnismäßig ruhige Zone voneinander geschieden. Sie wird im wesentlichen durch den südwestlichen Teil des Fidschi-Rückens gebildet, der um 17° S, 173° E wenige *c* und *d* aus normalen Herdtiefen aufweist.

9. Salomon-Inseln, Neu-Pommern und Neu-Guinea (Abb. 5)

Sowohl die Richtung, die nur unbedeutend von der im Hebridenbereich vorherrschenden nach Westen abweicht, als auch der Charakter der Einsätze lassen das Gebiet der Salomon-Inseln als Fortsetzung der Hebridenzone nach Nordwesten erkennen.

Es treten hier ausschließlich *c*-Einsätze aus normaler Herdtiefe auf, die ihrer Lage nach die dem Korallenbecken zugewandte Seite der Inselgruppe bevorzugen. Die Stelle, an welcher die tektonische Störungszone nach Westen abbiegt, kennzeichnet ein *d*-Einsatz aus großer Tiefe (> 400 km) bei $4\frac{1}{4}^{\circ}$ S, $154\frac{1}{2}^{\circ}$ E.

Die Folge von *c* findet gegen Westen mit einem Einsatz mittlerer Herdtiefe bei 6° S, 145° E ihren Abschluß. Weiter westlich treten bis zum Bandabecken keine Einsätze mehr in Erscheinung, was aber seismische Vorgänge in diesem Teil Neu-Guineas nicht ausschließt.

10. Karolinen-, Marianen- und Bonin-Inseln (Abb. 6)

Die wenigen Beobachtungen ergeben Einsätze, die hauptsächlich zwischen Marianen- und Bonin-Rücken liegen. Eine Grenze zwischen *c* und *d*, die jedoch der geringen Zahl der Beobachtungen wegen wenig stichhaltig ist, verläuft ungefähr in derselben Richtung wie der Großkreis durch das Gebiet und Stuttgart. Östlich dieser Linie treten *d*-Einsätze verschiedener Herdtiefen auf, während westlich davon auch im weiteren Bereich nur *c*-Einsätze auftreten, die normal- und mitteltiefen Herden entstammen.

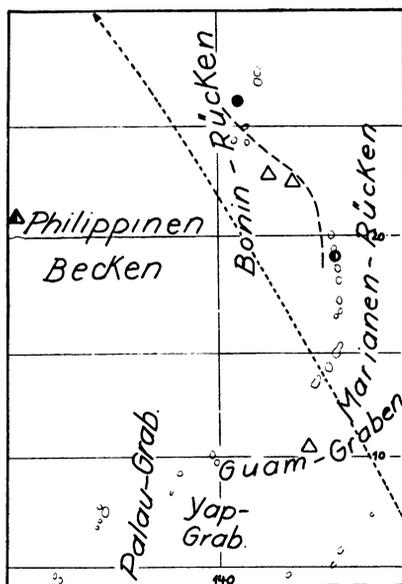


Abb. 6.

11. Kamtschatka, Ochotskisches Meer, Kurilen, Japan, Riu-Kiu-Inseln, Formosa, Philippinen, Molukken, Celebes (Abb. 7)

Der Nordwesten und Westen der pazifischen Umrandung zeichnen sich durch eine besondere Regelmäßigkeit der Verteilung der Einsatzsymbole über einen sehr großen Bereich hinweg aus.

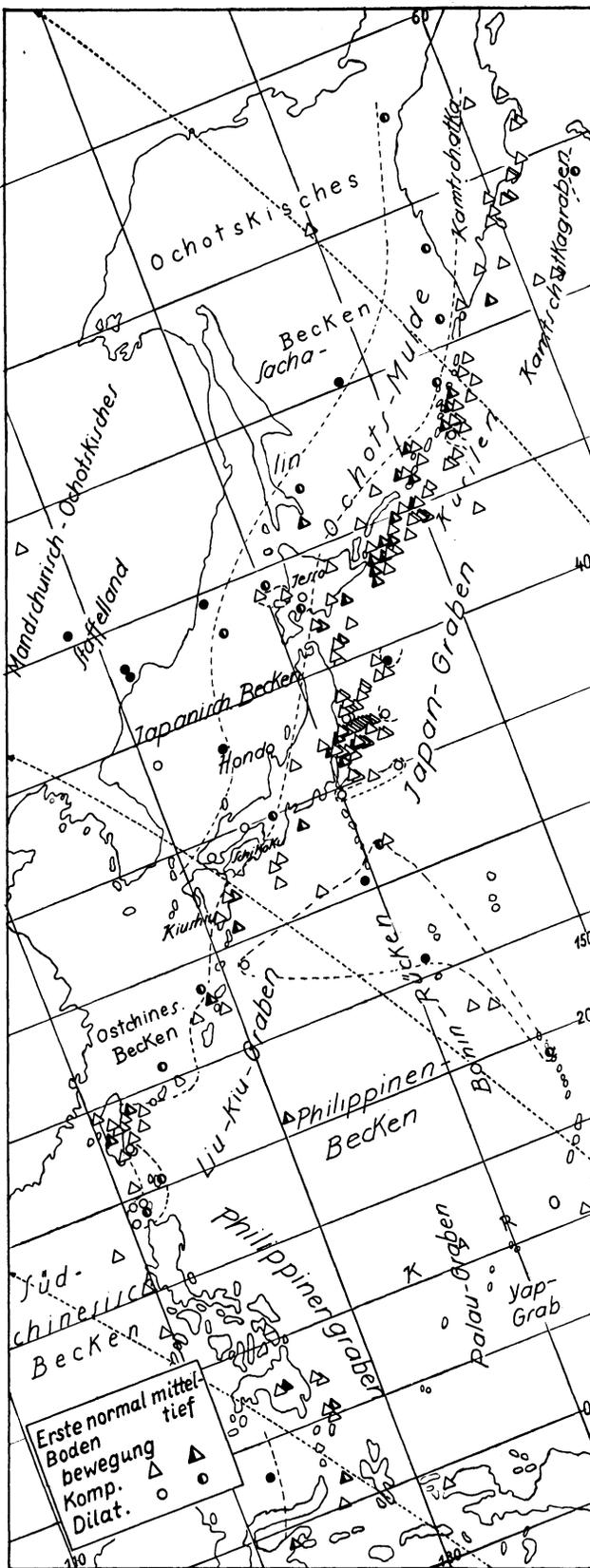


Abb. 7.

Von Kamtschatka bis zum Bandabecken erstreckt sich eine nur unbedeutend unterbrochene Folge von *c* aus normaler Herdtiefe. Besonders gehäuft treten sie an der Ostküste der japanischen Hauptinsel Hondo und in etwas geringerem Maße an der pazifischen Seite der Kurilen und an der Ostküste Formosas auf. Es zeigt sich hier ganz allgemein, daß Einsätze aus normalen Herdtiefen bevorzugt an der dem Pazifik zugewandten Seite der Inselkette auftreten, während gegen Westen sowohl eine Abnahme der Häufigkeit der Einsätze allgemein, als auch im besonderen von *c* zugunsten von *d* festzustellen ist. Damit verbunden ist eine Zunahme der Herdtiefe von Osten nach Westen, so daß bei Tiefen über 400 km fast ausschließlich *d* vorliegt. Wenn auch vereinzelt Ausnahmen von dieser Regel auftreten, so erscheint die Annahme einer von Osten gegen Westen einfallenden Bewegungsfläche doch berechtigt.

Das Grenzgebiet zwischen Pazifik und Eurasischer Masse läßt sich in mehrere, ungefähr parallel der Küste verlaufende Zonen gliedern, in denen jeweils ein bestimmtes Einsatzsymbol vorherrscht. Diese Zonen lassen sich vom Norden Kamtschatkas bis in das Gebiet der Riu-Kiu-Inseln verfolgen. Sie beginnen im pazifischen Bereich mit Einsätzen aus überwiegend normaler Herdtiefe, welche, wie oben erwähnt, hauptsächlich als *c* ausgebildet sind. In dieser Zone treten häufig bereits *c* aus mittleren Tiefen auf, welche aber im allgemeinen schon eine etwas westlichere Lage als die Einsätze aus normaler Tiefe aufweisen. Hieran schließt sich gegen Nordwesten eine streifenförmige Region, in welcher vorwiegend *d* aus mittleren Herdtiefen auftreten. Als weitere Zone folgt dann der Bereich, in dem fast nur noch *d* aus Tiefen über 400 km verzeichnet sind.

Vereinzelt treten im ozeanischen Bereich Gebiete mit *d*-Einsätzen aus verschiedenen Herdtiefen auf. So ist im Nordosten des Kamtschatkagrabens bei 54° N, $164\frac{1}{2}^{\circ}$ E ein *d*-Einsatz aus mittlerer Herdtiefe sowie bei 47° N, 153° E ein solcher aus normaler Tiefe verzeichnet. Weitere Gebiete mit *d* liegen zwischen Japangraben und der japanischen Hauptinsel Hondo, bei 39° N, $145\frac{1}{2}^{\circ}$ E; $37\frac{3}{4}^{\circ}$ N, 142° E; $37\frac{1}{4}^{\circ}$ N, 144° E und zwischen $34\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 140° E und 35° N, $143\frac{1}{4}^{\circ}$ E. Bis auf den zuerst genannten Einsatz, welcher der tiefsten Herdgruppe angehört, handelt es sich hierbei um Einsätze aus normaler Tiefe. Vielleicht steht dieser Einsatz in Zusammenhang mit den im mittleren und nördlichen Teil des Bonin-Rückens bei $30\frac{1}{2}^{\circ}$ N, $139\frac{1}{2}^{\circ}$ E und 26° N, 141° E auftretenden *d*-Einsätzen großer Tiefe.

Zwischen der Südostspitze Formosas und Luzon dehnt sich ein weiteres Gebiet mit *d*-Einsätzen. Sie gehören normalen und mittleren Herdtiefen an. Die dem Kamtschatka-Kurilen-Japan-Riu-Kiu-Formosa-Bogen entlang ziehende Folge von *c*-Einsätzen aus geringer Tiefe zieht westlich an diesem Gebiet vorbei nach Süden, entlang der Westküste der Philippinen. Aber im weiteren Verlauf nach Süden nehmen die *c*-Einsätze schon bei $11\frac{1}{2}^{\circ}$ N ihre bevorzugte Lage in der ozeanischen Randzone wieder ein. Die hierbei auftretende Versetzung der Störungszone in Ost-West-Richtung beträgt ungefähr 7° . Auch südlich dieser Versetzungszone ist eine gewisse Zunahme der Herdtiefen in vom Pazifik abgewandter Richtung festzustellen; die Horizontalentfernungen

zwischen Einsätzen aus normaler und solchen größerer Herdtiefe sind stellenweise jedoch geringer als im Nordwestraum des Pazifiks.

12. Sundabogen (Abb. 8)

In diesem Bereich ist ebenfalls ein Vorherrschen von *c* festzustellen, teils normalen, teils mitteltiefen Herden entstammend. Ein *d*-Einsatz aus großer Herdtiefe (> 400 km) tritt einzeln bei 7° S, 117° E auf. Wahrscheinlich gehört er zum Herdmechanismus der von Norden in das Bandabecken sich herein-

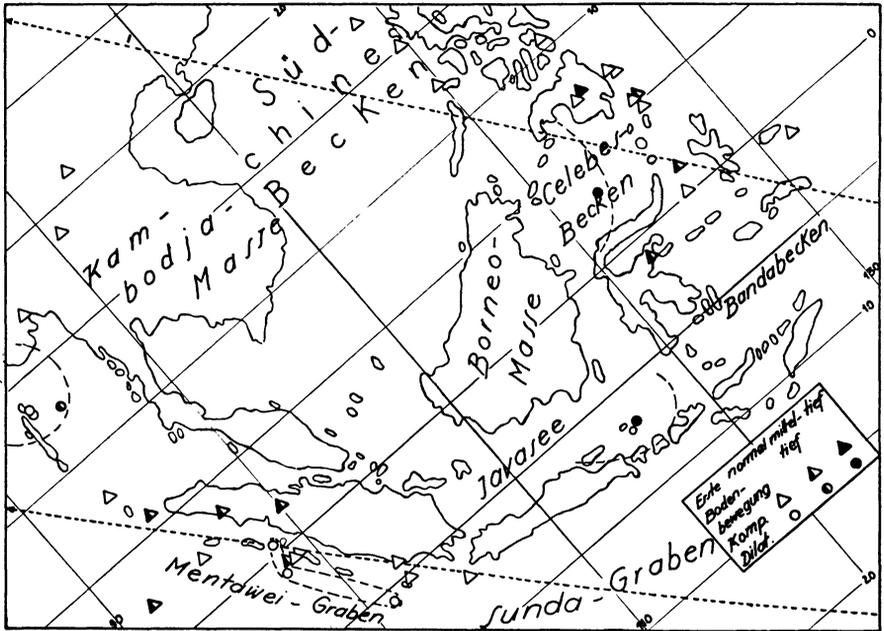


Abb. 8.

ziehenden pazifischen Randstörung. Im Gebiet des Mentawai-Grabens treten zwischen $1\frac{1}{2}^{\circ}$ N, $98\frac{1}{2}^{\circ}$ E und $5\frac{1}{2}^{\circ}$ S, $101\frac{1}{2}^{\circ}$ E ebenfalls *d*-Einsätze auf, welche hier ausschließlich normalen Herdtiefen zugeordnet wurden.

II. Der alpidische Gürtel

Das besondere Merkmal des alpidischen Gürtels ist das inselartige Auftreten von Gebieten mit *d* innerhalb sehr großflächig angeordneter *c*-Einsätze. Die häufig zu beobachtende zonare Anordnung der verschiedenen Einsatzsymbole im Bereich der pazifischen Umrandung bietet ungleich bessere Möglichkeiten, über den Herdvorgang Aussagen zu machen, als dies die wenig Regelmäßigkeit zeigende flächenhafte Anordnung der Einsätze im alpidischen Bereich gestattet. Es gibt jedoch auch hier Herdgebiete, in denen weitgehend Konstanz des Herdvorgangs festzustellen ist.

13. Andamanen und Burma (Abb. 8)

Hier treten zwischen 13° N, 95° E und 14° N, $93\frac{1}{2}^{\circ}$ E einige d auf, von denen die beiden westlichen, wohl vom gleichen Herd herrührend, aus normaler Tiefe kommen, während ein dritter Einsatz der mittleren Herdtiefengruppe angehört.

Eine Folge von c aus normaler Herdtiefe erstreckt sich von $17\frac{1}{2}^{\circ}$ N, $96\frac{1}{2}^{\circ}$ E in nordöstlicher Richtung.

14. Assam, Himalaya, Kuen-lun-Gebirge (Abb. 9)

Eine Zone mit c im Jünlingsbereich, die von 28° N, 103° E bis 33° N in Nord-Süd-Richtung verläuft, stellt wahrscheinlich die Fortsetzung der c -Folge im Burmabereich dar, welche von $17\frac{1}{2}^{\circ}$ N, $96\frac{1}{2}^{\circ}$ E nach Nordosten zieht.

Das Gebiet von Assam und der östliche Teil des Himalaya zeichnen sich durch eine sehr regelmäßige Verteilung von c aus, welche vorwiegend normaltiefen Herden entstammen. Hieran schließt sich ostwärts eine Zone, die von $25\frac{1}{2}^{\circ}$ N bis 38° N reicht und mit derselben Regelmäßigkeit d aufweist, wobei bis auf einen

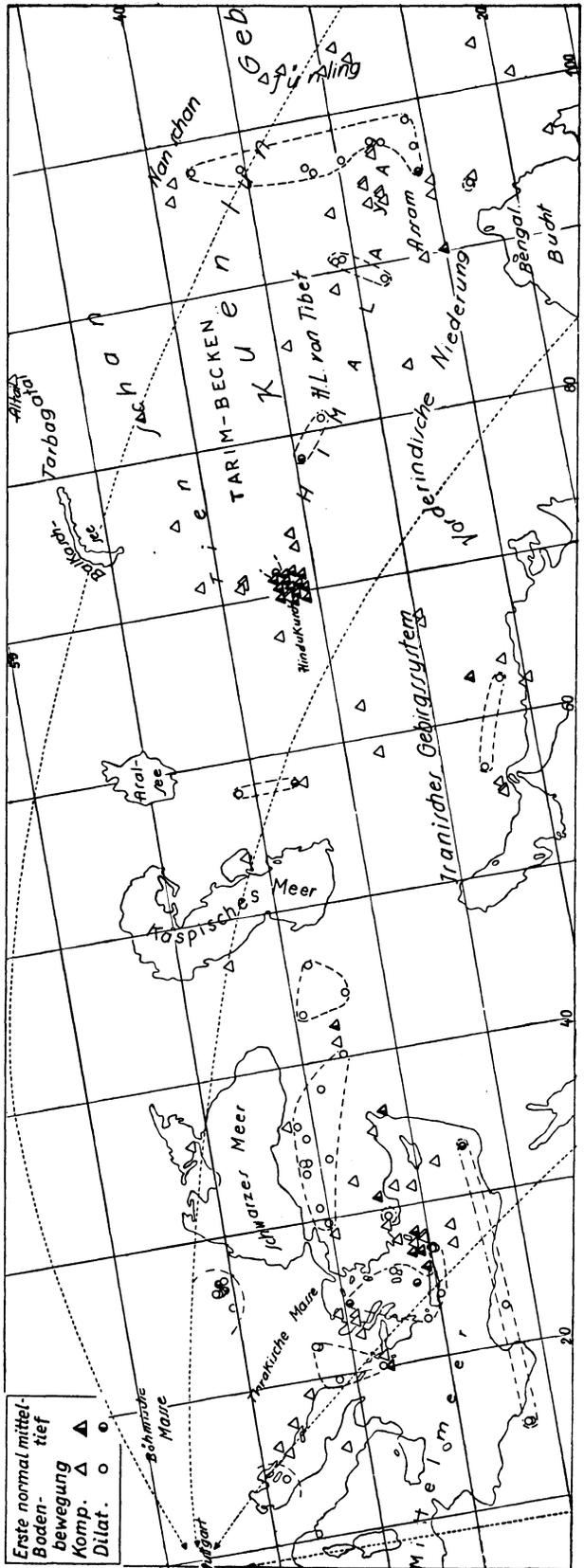
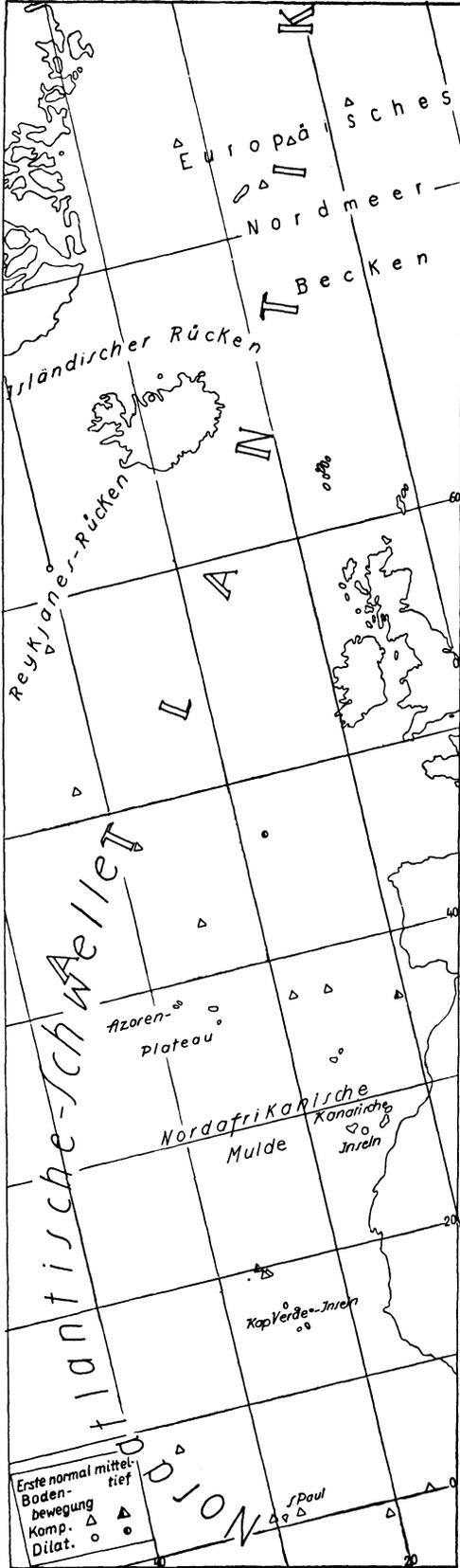


Abb. 9.



Einsatz aus der mittleren Herdtiefengruppe bei $25\frac{1}{2}^{\circ}$ N, $95\frac{1}{2}^{\circ}$ E ebenfalls nur normale Tiefen vorliegen. Nördlich dieses Gebietes treten im Bereich des Nan-schan c aus normaler Herdtiefe auf. Bemerkenswert ist das Vorhandensein inselartiger Teilgebiete mit d im Himalaya.

15. Hindukusch, Tien-Schan, Altai (Abb. 9)

Eine sehr ausgeprägte Konstanz im Herdvorgang besitzt das Gebiet von Hindukusch. Mit einer einzigen Ausnahme wurden sämtliche ersten Einsätze als c-Impulse gedeutet. Die Herdtiefen betragen dabei durchschnittlich 220 km.

Nördlich des Herdgebietes von Hindukusch und im Bereich des Tien-Schan treten c aus überwiegend normalen Herdtiefen auf. Sie bilden eine Folge von Einsätzen, die in nordwestlicher Richtung zum Altai-gebiet zieht.

16. Iranisches Gebirgssystem (Abb. 9)

Großflächige Verteilung weisen wieder die c, mit einer einzigen Ausnahme normalen Herdtiefen angehörend, auf. Diese bildet ein Einsatz aus mittlerer Herdtiefe bei $27\frac{3}{4}^{\circ}$ N, $62\frac{1}{2}^{\circ}$ E. Vereinzelt treten auch d auf, die in einer schmalen Zone das c-Gebiet in Ost-West-Richtung durchziehen. Ihr Verlauf entspricht ungefähr der Streichrichtung der Faltungsketten.

Vom Norden des iranischen Gebirgssystems liegen weniger Beobachtungen vor als südlich davon. Bemerkenswert ist jedoch auch hier im Norden eine kleine Insel mit d zwischen 38° N, 58° E und 41° N. Es handelt sich hier um zwei Einsätze, von denen der nördlich ver-

Abb. 10.

zeichnete normaler Tiefe zugeordnet wurde, der südliche jedoch der mittleren Herdtiefengruppe angehört.

17. *Kaukasus, Kleinasien, Mittelmeerbereich, Rumänien* (Abb. 9)

In diesem Bereich wechseln, ähnlich wie im Osten des alpidischen Gürtels, Gebiete mit *c* und solche mit *d* mehrmals miteinander ab. Dabei kommt die Häufigkeit der *d*-Einsätze derjenigen von *c* fast gleich, was in der großflächigen Anordnung der *d*-Symbole zum Ausdruck kommt.

Südwestlich vom Kaspischen Meer bilden drei Einsätze bei $38\frac{1}{2}^{\circ}$ N, $46\frac{1}{2}^{\circ}$ E; 37° N, 44° E und $39\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 43° E, die im Bereich der vorderasiatischen Faltenketten liegen, ein *d*-Gebiet, das wenige *c* um 41° bis 42° E, 38° N von einem weiteren, gegen Westen sich erstreckenden *d*-Bereich trennen. Dieser dehnt sich von $40\frac{1}{2}^{\circ}$ E bis $29\frac{1}{2}^{\circ}$ E aus und umfaßt nahezu die ganze nördliche Hälfte Kleinasiens. Die Richtung der größten Ausdehnung dieses Gebietes entspricht ungefähr der Streichrichtung der vorderasiatischen Faltengebirge. Sämtliche Herde liegen hier normal tief.

Diese Zone mit *d* ist zwar lückenhaft, doch nahezu allseitig von *c*-Einsatzsymbolen umgeben, die besonders im Südwesten im östlichen Mittelmeerbereich sehr zahlreich sind. Sie wurden häufig normalen Herdtiefen zugeordnet, rühren jedoch teilweise auch von tieferliegenden Herden her. Einsätze dieser Art treten bei $36\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 36° E; $37\frac{1}{2}^{\circ}$ N, $30\frac{1}{2}^{\circ}$ E und in größerer Anzahl nordöstlich von Kreta, zwischen 26° E und $28\frac{1}{2}^{\circ}$ E, auf. Eine Ausnahme in diesem Gebiet stellt die *d* aus normaler Herdtiefe bei 37° N, $29\frac{1}{2}^{\circ}$ E dar.

Bemerkenswert ist der zonare Wechsel von *d* und *c* von Süden gegen Norden im Südosten des Mittelmeergebietes. So grenzt an die eben erwähnte Zone mit *d* im afrikanischen Küstenbereich im Norden ein Gebiet mit *c* aus normaler Herdtiefe, welches parallel zum vorgenannten verläuft. Hieran schließt sich im Nordwesten bei $29\frac{1}{2}^{\circ}$ N ein solches, in dem wieder *d* vorliegt. Östlich und nordöstlich verzahnt sich dieser Bereich mit den *c*-Einsätzen an der Südwestküste Kleinasiens.

Der *d*-Bereich der Ägäis grenzt im Nordwesten an ein durch *c* vorwiegend normaler Tiefe charakterisiertes Gebiet. Entlang der Südostküste der Adria bzw. der Ostküste des Ionischen Meeres dehnt sich ein Bereich, der ungefähr durch die Punkte $38\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 20° E; 42° N, 22° E und 41° N, $19\frac{1}{2}^{\circ}$ E gegeben ist, in welchem wieder *d* auftritt. Der weitere Verlauf der adriatischen Ostküste ist wiederum durch *c*, ebenfalls aus normalen Herdtiefen, ausgezeichnet. Abweichend hiervon wurde der einzige aus dem eigentlichen Bereich der Adria vorliegende Einsatz bei 44° N, 14° E als *d* gedeutet. Ähnlich liegen die Verhältnisse auch gegen Südwesten, wo ein bei $41\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 16° E verzeichneter Einsatz ebenfalls als *c* verzeichnet ist.

Eine sehr ausgeprägte Konstanz des Herdvorgangs weist das Gebiet von Vrancea in Rumänien um 46° N, 27° E auf. In diesem Bereich stoßen Süd- und Ostkarpathen zusammen. Die hier vorliegenden acht Beobachtungen weisen sämtlich *d*-Impulse auf. Die Tiefenlagen schwanken dabei nur unerheblich um die Grenze zwischen normal- und mitteltiefen Herden.

18. Atlantik (Abb. 10)

Der alpidische Gürtel findet in der Atlantischen Schwelle seinen Abschluß gegen Westen. Aus dem westlichen Teil des Atlantiks liegen keine Beobachtungen vor.

Vom Mittelmeerbereich zieht eine Folge von *c*-Einsätzen westwärts, biegt nordöstlich des Azorenplateaus nach Nordwesten um, quert die nordatlantische Schwelle und endet im Südwesten des Reykjanes-Rückens. Die auftretenden Herdtiefen sind normal bis auf eine Ausnahme bei 36° N, $10\frac{1}{2}^{\circ}$ W, wo ein Herd mittlerer Tiefe vorliegt. Bei 47° N, 18° W tritt vereinzelt *d* aus derselben Herdtiefengruppe auf, ein Zusammenhang mit anderen Herdlagen ist jedoch nicht zu erkennen.

Im Mittelteil des Reykjanes-Rückens, bei 61° N, 30° W, und im Norden Islands, bei $65\frac{1}{2}^{\circ}$ N, $18\frac{3}{4}^{\circ}$ W, tritt vereinzelt *d* aus normalen Herdtiefen auf. Im europäischen Nordmeer-Becken sind mehrere *c*-Einsätze aus normaler Herdtiefe verzeichnet, in einem Gebiet, das durch die Punkte 71° N, $6\frac{1}{4}^{\circ}$ W; $72\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 2° E und $72\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 12° W gegeben ist.

Aus dem nördlichen Eismeer liegt bei 80° N, 7° E ein Einsatz vor, der als *d* gedeutet wurde.

Der Verlauf der Atlantischen Schwelle nach Süden ist durch das Auftreten von *c* aus normalen Tiefen gekennzeichnet. Dies trifft vor allem auf den Bereich zwischen Nord- und Südatlantischer Schwelle zu. Aus dem Gebiet der Südatlantischen Schwelle selbst liegen keine Beobachtungen vor.

Im Bereich der Nordafrikanischen Mulde ist nordwestlich der Kap-Verde-Inseln der einzige Einsatz aus größerer Herdtiefe als normal im Atlantik verzeichnet. Es handelt sich hierbei um einen *c*-Einsatz bei 20° N, $26\frac{1}{2}^{\circ}$ W in unmittelbarer Nähe von zwei weiteren *c*-Einsätzen, die jedoch normalen Herdtiefen zugeordnet wurden.

19. Baffin-Bai

Der Grenzzone zwischen Kanadischer und Grönländischer Masse entstammt ein *c*-Einsatz bei $73\frac{1}{2}^{\circ}$ N, 71° W.

20. Afrika und Indik

Nur in den afrikanischen Randzonen sind einige Einsätze, ausschließlich *d*, verzeichnet, die meist normalen Herdtiefen angehören.

Der Indik weist ebenfalls nur wenige *d*-Einsätze auf, die normalen Tiefen entstammen, so bei $33\frac{1}{2}^{\circ}$ S, 57° E und bei 55° S, $114\frac{3}{4}^{\circ}$ E. Dieser Einsatz ist deshalb bemerkenswert, weil er in der Grenzzone zwischen Kerguelen-Schwelle und Indisch-Antarktischem Becken liegt.

21. Südlicher Pazifik

Im südlichen Pazifik liegt bei 56° S, 147° W *c* aus normaler, und bei $56\frac{1}{2}^{\circ}$ S, 161° W *c* aus etwas größerer Herdtiefe vor.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit dient der Aufgabe, an Hand zahlreicher Aufzeichnungen erster Bodenbewegungen von Erdbeben aus verschiedenen Herdgebieten in Stuttgart festzustellen, in welchem Maße die Verteilung von Kompression (*c*) und Dilatation (*d*) Regelmäßigkeiten aufweist. Zu diesem

Zweck wurden Symbole für die ersten Impulse der direkten longitudinalen Raumwellen in die Kartenskizzen der betreffenden Herdgebiete eingetragen. Die Herdtiefen wurden in drei Gruppen unterteilt und durch eine entsprechende Symbolisierung dargestellt. Um die Verteilung von *c* und *d* übersichtlicher werden zu lassen, wurden Gebiete verschiedener Impulsrichtung durch gestrichelte Linien gegeneinander abgegrenzt. Die Ausbildung der ersten Impulse läßt eine Abhängigkeit von der geographischen Lage erkennen. So gibt es Herdgebiete, die über den ganzen Zeitraum hinweg, über den Beobachtungsergebnisse vorliegen, Konstanz im Herdvorgang aufweisen, wie dies besonders bei den Gebieten von Hindukusch (*c* aus Tiefen von etwa 220 km) und Vrancea (*d* aus Tiefen von etwa 130 km) der Fall ist. Im Gegensatz zu diesen beiden auf einen verhältnismäßig kleinen Raum beschränkten Herdgebieten mit Konstanz im Herdvorgang gibt es aber auch solche, die sehr großflächig sind. Dies trifft z. B. auf das Gebiet zwischen Tonga- und Fidschirücken zu, wo zumeist *d* aus Tiefen über 400 km vorliegen. Ein Herdgebiet kontinentaler Ausdehnung stellt die Umrandung des Pazifiks dar. Den vorliegenden Beobachtungsergebnissen zufolge ist hier die Ursache des seismischen Geschehens wahrscheinlich in der Unterfahrung der umgebenden Kontinentränder durch die pazifische Masse zu suchen. Das bis jetzt vorliegende Beobachtungsmaterial reicht jedoch noch nicht aus, um die sich hier vollziehenden tektonischen Vorgänge zweifelsfrei erklären zu können. Hierzu wäre vor allem eine Studie der vorliegenden Art von Neu-Seeland oder von Hawaii aus erforderlich. Für die Beurteilung der komplexen Verteilung von *c* und *d* im Bereich des alpidischen Gürtels wäre die Bearbeitung der Beobachtungen in Kiruna (Nordschweden) und in den nordafrikanischen Stationen Helwan (Kairo), Algier und im Hoggar-Massiv von größtem Wert, da das Beobachtungsmaterial einer Station allein nicht ausreicht, um einen Herdvorgang vollständig zu erfassen.

Literatur

- [1] *Bâth, M.*: „Initial motion of the first longitudinal earthquake wave recorded at Pasadena and Huancayo.“ Bull. of the Seismological Society of America, Vol. 42, Number 2 (1952), S. 174—195.
- [2] *Gutenberg, B. and Richter, C. F.*: „Seismicity of the earth and associated phenomena.“ Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1949.
- [3] *Somville, O.*: „Sur la nature de l'onde initiale des télé-sismes enregistrés à Uccle de 1910 à 1924.“ Publ. Bur. Centr. Séism. Int. Série A, Fasc. No. 2, 1925, 65—76.
- [4] *Gherzi, E.*: „Régions séismiques donnant à Zi-Ka-Wei des i P initiaux de dilatation ou de compression.“ Publ. Bur. Centr. Séism. Int. Série A, Fasc. No. 15, 1937, 133—136.
- [5] *Rothé, E. et Peterschmitt, E.*: „Nature des secousses séismiques, compressions et dilatations.“ 71. Congrès des sociétés savantes, 1938, 113—117.