

Werk

Jahr: 1929

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:5

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0005

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0005

LOG Id: LOG_0008

LOG Titel: Zur Deutung der Transversalbeben in den nordöstlichen Alpen

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

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 there 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

Zur Deutung der Transversalbeben in den nordöstlichen Alpen.

Von **Robert Schwinner**, Graz. — (Mit zwei Abbildungen.)

Die Erdbeben, welche aus den inneren — tektonisch noch aktiven — Zonen der nordöstlichen Alpen angeregt werden, verbreiten sich paradoxerweise ohne merkliche Beziehung zu den sichtbaren Bauelementen, meist quer zum Streichen und auch sonst scheinbar launenhaft. Erklärung: der Hauptteil der Bebenenergie läuft als „geführte Welle“ (im Sinne Ullers) an der Grenzfläche Sial—Sima. Stufen und Kanten der Führungsfläche begrenzen die Verbreitung und bewirken stellenweise überraschendes Ansteigen der Stärke des Bebens (quasi Durchtauchen der obersteierischen Beben unter den Kalkalpen). Solche Stufen — Reste variskischer und älterer Gebirgszüge, welche seinerzeit Zentralalpenkerne und Böhmisches Masse verbanden — ziehen unter den Kalkalpen submeridional durch und bilden, von den Hauptbewegungszone der heutigen Alpen (Alpenrand und Grauwackenzone) quer abgeschnitten, transversal gestreckte Felder (= Schüttergebiete). Sie sind im Bilde der Schweremessungen entsprechend ausgeprägt.

Das paradoxe Verhalten der nordöstlichen Alpen in seismischer Beziehung ist bereits mehrfach von geologischer Seite erörtert worden*).

Die geologische Karte der Alpen zeigt zwischen dem Rande des Inneralpinen Beckens, Wien—Wr.—Neustadt, und dem Salzkammergut einfache einheitliche Zonengliederung: Im Norden liegt das Kristallin der Böhmisches Masse, das auch unter dem Jungtertiär der Ebene südlich davon (Donau zum Teil, Westbahn) in nicht all zu großer Tiefe ansteht; daran stößt mit starker Störung („Alpenrand“) die Flyschzone, Kreide und Alttertiär, und auf diese wieder mit anomalem Kontakt die ausschließlich aus älterem Mesozoikum bestehende Decke der Kalkalpen, deren Detailtektonik hier nicht weiter in Betracht kommt, im übrigen aber auch ungefähr parallel den Hauptzonen streicht. Den Südrand der Kalkalpen begleitet, etwa längs Schwarza—Mürz—Mur—Liesing—Palten—Enns, die „Grauwackenzone“, die Kalkalpen von dem südlich folgenden Block der Muralpen trennt. Dieser Streifen von Paläozoikum, Phylliten usw. zerfällt in zwei Teile: der nördliche ist — auch heute noch ungefähr im normalen Verband — das ursprünglich Liegende der Kalkalpentrias, der südliche Streifen in gleicher Art das stratigraphisch Hangende des Altkristallin der Muralpen; zwischen beiden liegt eine Störungszone von verwickeltem Bau, die auch kristalline Schollen aufschürft und emporschleppt, also ziemlich tief greift („Norische Linie“). Als Unregelmäßigkeit und Abweichung vom glatten Zonenbau er-

*) E. Suess: Das Antlitz der Erde **1**, 106, 228, 1885; R. Hoernes: Erdbebenkunde 1893, S. 384; F. Heritsch: Transversalbeben in den nordöstlichen Alpen. Mitt. d. Erdbebenkomm. d. Akad. d. Wiss., N. F. 53, Wien 1918; Derselbe: Analogien im seismischen Verhalten der nordöstlichen Alpen und der West-Karpathen. Geol. Rundsch. **10**, 118—125, 1920; F. Kautsky: Die Erdbeben des östlichen Teiles der Ostalpen, ihre Beziehungen zur Tektonik und zu den Schwereanomalien. Mitt. d. Erdbebenkomm. d. Akad. d. Wiss., N. F. 58, Wien 1924. (Diese nützliche Zusammenstellung wird im folgenden öfters zitiert werden, einfach unter: „K., S. —.“)

scheint nur, daß die Grauwackenzone bei Bruck a. M. statt eines stumpfen Winkels ein sigmoidales Störungssystem zeigt („Trofaiaclinie“).

Die Korrelation dieses an der Oberfläche sichtbaren Baues mit den seismischen Vorgängen ist insofern sehr eng, als Epizentren größerer Beben (das ist solcher mit Verbreitung über weitere Flächen) sich nur auf den beiden Hauptdislokationen finden: am Alpenrand (Scheibbs, Neulengbach) und in der Grauwackenzone (an die man einerseits Wr.-Neustadt, andererseits Admont und Hieflau unbedenklich anschließen kann); es fehlen solche in der Böhmisches Masse und im Innern der Kalkalpen. (Auf die Seismizität der Zentralalpen einzugehen, liegt nicht im Plan dieser Betrachtung.) Lokalbeben sind nicht so eng an die Großtektonik gebunden, sie sind aber ebenfalls häufig längs der Grauwackenzone (und in der anschließenden Zentralzone); in den Kalkalpen sind sie seltener und finden sich hauptsächlich am Rande gegen Süd (Grauwackenzone) und gegen Ost (Thermenlinie), die Nordzone der Kalkalpen und die Flyschzone sind außerordentlich arm auch an kleinen Lokalbeben, dagegen kommen solche in gewisser Häufigkeit wieder im Bereich der Randsenke und des Südrandes der Böhmisches Masse vor (K., S. 20, 24 ff.). Bestimmungen von Herdtiefen liegen meines Wissens nur vor von dem Mürrzuschlagbeben 1926 mit 40 km, doch kann man aus der nächsten Nachbarschaft anschließen das von Judenburg 1916 mit 38 km, das von Tamsweg 1923 mit 26 ± 6 km (nach anderer Berechnungsweise allerdings 55 km) und Schwadorf 1927 mit 28 km*).

Weil also die Epizentren stärkerer Beben ausschließlich, und die von Lokalbeben zu einem großen Teil, an bestimmte jungalpidische Störungszonen gebunden sind, können diese nur als tektonische Beben aufgefaßt werden, als „posthume“ Nachzügler jener Dislokationen. Man muß sich vorstellen, daß die dort zusammenstoßenden Krustenstücke seit den letzten orogenetischen Bewegungen in den Alpen ihr Gleichgewicht noch nicht gefunden haben. Daraus folgen Ausgleichsbewegungen, die im großen allmählich, stetig ablaufen. Aber die Zwischen- und Verbindungszonen werden beim Fortschreiten dieser Bewegungen einer fortwährend zunehmenden Spannung unterworfen (Zug- oder öfter wohl Scherspannung). Schließlich reißt der Zusammenhang, die frei gewordenen Schollenränder schnellen elastisch zurück, stoßen dabei wieder zusammen, rücken auf sekundären Bewegungsbahnen stückweis nach, usf., wodurch eine Menge der verschiedensten Stöße und damit Impulse zu elastischen Wellen zustande kommt. Als Herd erscheint bei der gebräuchlichen Bestimmungsweise offenbar der Ort, wo der erste Abriß erfolgt ist. Und die Tiefe von etwa 30 bis 40 km, die sich nach den neueren — hoffentlich nunmehr endgültig verbesserten —

*) N. Stücker: Das Judenburger Erdbeben vom 1. Mai 1916. Mitt. d. Erdbebenkomm. d. Akad. d. Wiss., N. F. 54, Wien 1918; F. Heritsch und N. Stücker: Das Mürrzuschlagbeben vom 6. Juli 1926, ebenda 64; V. Conrad: Laufzeitkurven des Tauernbebens vom 28. November 1923, ebenda 59; Derselbe: Das Schwadorfer Beben vom 8. Oktober 1927. Zeitsch. f. Geophys. 4, 286—289 (1928); Gerlands Beitr. z. Geophys. 20, 240—277 (1928).

Berechnungsweisen ergibt, entspricht wohl dem Umstand, daß gerade hier (wohl durch die Erdwärme) die Festigkeit genügend, aber nicht allzu sehr geschwächt ist. Weiter oberhalb hält das Gestein noch (reißt, wenn überhaupt, später nach), weiter unten gibt es zu schnell plastisch nach, ohne Ruck. Das gilt natürlich nur für die größeren Beben, das ist die mit größerem Schüttergebiet (vgl. K., S. 4), daß die ganze Erdkruste derart von unten her durch-, oder doch an- und einreißt; aber es sind auch einzig diese bis jetzt Gegenstand instrumenteller und rechnerischer Fürsorge gewesen. Bei den — viel zahlreicheren — Lokalbeben, kleinen Rucken und Sackungen im Oberbau, ist der Herd seichter gelegen, der Impuls, wenn auch stellenweise nicht unbedeutend, erschöpft sich im kleinen Umkreis (K., S. 27) offenbar wie unten (S. 20) beschrieben an der Lokaltektunik.

Im Gegensatz zu der klaren Abhängigkeit der Epizentren von tektonischen Zonen zeigt das Bild der Ausbreitung der Bebenenergie, die Isoseisten (die Linien gleicher Bebenintensität, wie sie aus der hier fast allein zur Verfügung stehenden makroseismischen Beobachtung abgeleitet werden, merkwürdigerweise fast keine Korrelation mit dem an der Oberfläche erkennbaren Gebirgsbau! Der so scharf ausgesprochene Zonenbau, der doch auch für die Verteilung der physikalischen Eigenschaften der Gesteine gilt, kommt nur in seltenen Fällen bestimmend oder auch nur als Nebenzug in den Bildern der Isoseisten zum Ausdruck, die Erschütterung pflanzt sich viel lieber quer zum tektonischen Streichen fort (daher der Ausdruck „Transversalbeben“), und zwar irgendwie quer, nicht etwa regelmäßig normal zum Streichen, die Isoseisten sind auch keine ordentlichen Ovale, sind verzogen, verdrückt, das Epizentrum liegt meist exzentrisch, oft ganz am Rande des Bebengebietes, die Bebenstärke nimmt an bestimmten Querzonen plötzlich ab, andererseits aber erscheinen an bestimmten Stellen abnorm hohe Erschütterungsintensitäten, die durch viel weniger bewegte Strecken vom Epizentrum getrennt sind. Insbesondere tauchen die obersteierischen Beben auf bestimmten Zugstraßen unter den Kalkalpen durch und erscheinen wieder am Südrand der Böhmisches Masse. Diese Erscheinung ist so paradox, daß man vielfach an Zwillings- oder Relaisbeben gedacht hat, eine Annahme, für die vorläufig positive Anhaltspunkte auch nicht vorliegen.

Daß sich die Isoseisten nicht in konzentrischen Kreisen um das Epizentrum herumlegen, kann nicht verwundern, denn der Bebenherd ist bei einem tektonischen Beben aller Vermutung nach nicht punktförmig und das Medium, in dem sich die Wellenbewegung ausbreitet, ist in den Alpen nicht isotrop. Gehen die Bebenimpulse von einer einigermaßen ausgedehnten Fläche (einem wiederbewegten Teile einer der alten tektonischen Bewegungsbahnen, oder einer neu aufgerissenen Störung) aus, so müssen die Isoseisten Ovale werden, deren längere Achse ungefähr im Streichen jener Dislokation liegt. Die im Bereich der nordöstlichen Alpen bekannten größeren Störungen streichen nun alle alpidisch (etwa W-O), von Querstörungen sind nur kleinere aufgefunden worden, die verhältnismäßig geringe Längen haben, gewiß nicht von der Grau-

wackenzone durch Kalkalpen und Flysch bis in die Böhmisches Masse sich erstrecken. Auf diesem Wege können unsere Transversalbeben nicht erklärt werden. Was ferner die Anisotropie des Mediums betrifft, so spielt die erste Rolle der Umstand, daß jeder Gesteinswechsel, jede materielle Trennungsfläche der Energieausbreitung sehr abträglich ist, Energieerzstreuung verursacht, demgegenüber verschwinden alle anderen Einflüsse, und von allen anderen individuellen Konstanten und besonderen Verhältnissen abgesehen, müßten schon deswegen allein die Isoseisten im Streichen des Alpenbaues in die Länge gezogen erscheinen.

Allerdings, wenn der Bebenherd eine lange „Stoßlinie“ wäre, der Ausstrich eines „Blattes“, einer Querstörung, von den Zentralalpen bis zur Böhmisches Masse durchschneidend, an der die angrenzenden Schollen aneinander vorbeigeschoben wurden und so durch ihre Reibung auf der ganzen Strecke Bebenimpulse erzeugt haben, dann würde trotz der besseren Energieleitung im Streichen eine transversal gestreckte Schütterellipse zustande kommen können. Ungünstig für diese Stoßlinienhypothese ist, daß diese Blätter im Bilde der Oberflächentektonik so gar nicht nachweisbar sind*), und daß auch kein Grund gegeben wird, warum die Tektonik des Untergrundes so grundverschieden von der der Oberfläche sein soll, verschieden nicht nur im Streichen, sondern auch im ganzen Charakter. Für gewisse Besonderheiten, wie exzentrische Lage des Epizentrums, daß die Bebenintensität an den „seismischen Schwellen“ plötzlich absinkt oder anderswo unvermittelt und isoliert anschwillt, gibt die Stoßlinienhypothese an und für sich noch keine Erklärung, da wäre Ergänzung durch eine Hilfhypothese nötig. Besonders schwer ist mit der Vorstellung der Stoßlinien zu vereinen, daß makro- und mikroseismische Beobachtung bei unseren Transversalbeben fast immer ein wohl abgegrenztes, kleines Epizentralgebiet erkennen lassen. Da müßte man sich die Bewegungsform längs dem Blatte doch komplizierter vorstellen, als mit diesem tektonischen Begriff eigentlich verträglich ist. Bei einem zweifellosen Blattbeben, bei dem die Blattverschiebung offen zu sehen ist, wie San Franzisko, sieht die Intensitätsverteilung jedenfalls ganz anders aus (dieses Beispiel legt ferner die Frage nahe, ob bei einheitlicher Bewegung so großer Schollen die Bebenstärke nicht wesentlich über das bei uns landesübliche Maß hinaufgehen müßte?).

Durch eine Hypothese über den Herd allein ist die Ausbreitungsart unserer Transversalbeben also nicht restlos zu erklären, auf jeden Fall muß genauer diskutiert werden, wie die Bebenenergie transportiert wird. Dabei sind zwei

*) I. Knett (Das Erdbeben am Böhmisches Pfahl am 26. November 1902, Mitt. d. Erdbebenkomm. d. Akad. d. Wiss., N. F. Nr. 18, Wien 1903) beschreibt einen Fall, in dem eines jener Blätter im Grundgebirge, wie sie E. Suess auch für den Untergrund der Alpen postuliert, frei aufgeschlossen daliegt. Da ist es für Suess' Anschauungsweise nicht gerade günstig, daß dieses Blatt keineswegs die Rolle spielt, die solchen Blättern zugeschrieben wird, nämlich die einer Stoßzone, sondern, daß sich dieses Beben eigensinnigerweise wieder transversal zur Pfahlzone ausbreitet.

Vorgänge grundsätzlich zu unterscheiden: Ein Teil der Bebenenergie läuft als Raumwelle aus; diese ist, unabhängig von der speziellen Bewegungsform, charakterisiert durch das Gesetz der quadratischen Abnahme mit der Entfernung. Kapriziöse Intensitätsschwankungen, wie sie die Beobachtungen hier kennenlernen lassen, liegen nicht im Wesen der Raumwelle, solche können nur durch ziemlich komplizierte Annahmen über die Natur des Mediums plausibel gemacht werden, und manches, wie z. B. das Wiederauftauchen, wird da auf alle Fälle schwer zu erklären sein. Anders steht es mit „geführten Wellen“, welche längs einer materiellen Unstetigkeitsfläche laufen, da nimmt die Intensität langsamer mit der Entfernung ab, es kann bloß durch die Gestalt der Führungsfläche stellenweise wieder zu Energiekonzentrationen kommen, und eventuell auch zu anderen Unregelmäßigkeiten. Das entspricht so gut dem Bilde, das die Beobachtungen gegeben haben, daß man diesem Transportmittel wohl die Hauptrolle zuschreiben muß.

Welche Führungsflächen kommen in Betracht? Fast allgemein glaubt man heute, daß das Hauptbeben — und damit wohl auch die Hauptmasse der Energie? — sich an der Erdoberfläche ausbreite. Wie das nun sonst sein mag, im Gebirge kann das nicht richtig sein. Eine geführte Welle kann — wie ihr Schwingungsvorgang immer sein mag — nicht „ums Eck“ laufen; an der Kante eines Grates, an der Rinne einer V-Schlucht muß sie anbränden, sich in andere Bewegungsformen umwandeln und jedenfalls jedesmal durch Zerstreuung viel Energie verlieren. Im Flachland kann man vielleicht sagen, daß die Oberfläche des gewachsenen Fels die Führungsfläche ist, nicht das unruhige Relief der lockeren Aufschüttungen, im Gebirge ist gerade Grat und Klamm Fels. Noch eins: die Unebenheiten in Flach- und Hügelland sind wohl im Maßstab der Wellenlängen unbedeutende Rauigkeiten, im Hochrelief eines Gebirges, wie die Alpen, ist aber die Größenordnung der Einzelformen eine ganz andere: von Kamm zu Kamm, von einem Haupttal zum anderen sind 20, 30 km und mehr, und dasselbe gilt von den tektonischen Elementen, Granit- und andere Massive, einheitliche Schicht- und Deckenpakete, Schubschollen, Becken mit jüngeren Ablagerungen usf., alles kommt mit seinen Abmessungen in die Zehner von Kilometern. Wenn aber derart die störenden und „trübenden“ Teilchen die Größenordnung der Wellenlängen erreichen, so treten Komplikationen auf, die im einzelnen nicht zu übersehen sind; aber das Endresultat all dieser Beugungen, Brechungen, Reflexionen, Dispersionen, Interferenzen usw. ist unzweifelhaft eine gründliche Zerstreuung der Energie. Oberflächenwellen nach der Theorie mögen durch ein ebenes Schichttafelland laufen können, durch ein einigermaßen breites Ketten- und Faltengebirge können sie quer nicht durchkommen. Es muß also die Bebenenergie hauptsächlich an Diskontinuitätsflächen im Erdinnern fortgeleitet werden. Von diesen ist der Unterrand der Kontinentalschollen besonders ausgezeichnet durch starken stofflichen Unterschied („Sial-Sima“) und dementsprechend sprungweise Änderung der physikalischen Verhältnisse. Die Tiefe dieser Trennungsfläche wird auf 40

bis 60 km geschätzt, so daß die Bebenherde nach den neueren Berechnungen — siehe oben, Mürzzuschlag — sehr nahe daran liegen, was die Entwicklung geführter Wellen dortselbst befördert.

Die untersten Teile der Kontinentalscholle dürften in Stoff und Struktur recht einförmig sein, sind doch die zu tiefst im Grundgebirge aufgeschlossenen (katarchäischen) Schichten eintönige Granitgneise, zu allermeist in ruhiger Lagerung. Gilt dies schon für jene Schollen, die uns doch nur durch beträchtliche Störungsvorgänge zu Gesicht gekommen sind, so muß der ungestört in der Tiefe lieengebliebene Fundamentalgneis noch viel näher dem Ideal eines homogenen Mediums kommen (das aber — nebenbei bemerkt — anisotrop ist). Die Trennungsfläche, an der die Sialkruste seit ihrer ersten Erstarrung mehrfach auf dem Sima verflößt worden, dürfte ursprünglich deswegen auch recht schlicht gewesen sein. Heute muß diese unterste Verebnung der Kontinente allerdings zerstückelt sein: denn seitdem sind die oberflächlichen Schichten zu Gebirgen emporgestaut worden, und dabei konnte das isostatische Gleichgewicht nur dann gewahrt bleiben, wenn im gleichen Schritte und entsprechenden Ausmaß (wahrscheinlich 9- bis 10-fach) wie das Gebirge sich oben hob, seine „Wurzel“ unten tiefer in das Sima tauchte. Auf welche Art die Bewegungsbahnen der Oberflächentektonik bis an die Sial-Simagrenze hinabgeführt werden, wissen wir nicht, nur daß einfaches Verlängern von oben her wahrscheinlich zu falschen Ergebnissen führen würde. So zeichnet man die Alpenstörungen meist nicht allzu steil südlich — die Bewegungsbahnen der Grauwackenzone nördlich — fallend. Aber denkt man z. B. an eine bei Mürzzuschlag mit 60° nach Nord fallende Dislokation in 40 km Tiefe einen Bebenherd gelegt, so wäre das Epizentrum nicht in Mürzzuschlag, sondern darüber Mürzsteg, etwa in der Frein*); Ähnliches gälte für Neulengbach, das ganz am Nordrand der Flyschzone liegt, und wohl auch für einige andere Punkte mehr. Jene Hauptbewegungsbahnen des Gebirges müssen also aus der geneigten Lage, die wir oben beobachten, bald ins Lotrechte umbiegen. Wir werden nicht allzusehr fehlen, wenn wir in erster Annäherung lotrecht unter dem Faltenbau des Gebirges, diesem in Breite entsprechend, in der Sial-Simagrenzfläche eine Vertiefung oder Rinne annehmen**), seitlich begrenzt von ziemlich scharf ausgeprägten Kanten, welche den zur Oberfläche aufsteigenden Bewegungsflächen entsprechen und daher in unserem Falle unter dem nördlichen Alpenrand und unter der Norischen Linie liegen würden.

Nun sind die nordöstlichen Alpen in der alpidischen Gebirgsbildungsära (Kreide-Tertiär, Streichen W-O) nicht zum erstenmal gefaltet worden; sowohl

*) Die Mürzzuschlager Beben könnte man vielleicht derart von einer Paralleldislokation im Süden (Waldheimatlinie Stinys) ausgehen lassen, ebenfalls unter der Voraussetzung, daß diese sehr steil (bis 80°) Nord fällt, aber Mürz talabwärts liegt eine Reihe weiterer Bebenorte, und da würde (besonders bei Kindberg) diese Erklärung gar nicht mehr passen.

**) Vgl. R. Schwinner, Zeitschr. f. Geophys. 2, 129 ff. (1926).

in der algommanischen als in der variskischen Ära zogen Faltenzüge aus den Zentralalpen nordwärts, quer in den Streifen hinein, aus dem später die Kalkalpen aufgefaltet worden sind, wahrscheinlich auch durch bis zum Anschluß an entsprechende tektonische Elemente der Böhmisches Masse. Nach dem Grundsatz der Aktualität muß der Geologe annehmen, daß sie seiner Zeit ebenso wie die heutigen Alpenketten ihre Wurzeln isostatisch ins Sima hineingedrückt hatten. Dafür, daß diese Furchen auch heute noch merklich erhalten sind, kann man die Schweremessungen anführen, und ferner, daß jene alten Dislokationen oftmals posthum durch die jüngeren Oberflächenbauten durchschlagen; denn diese hartnäckige Behauptung alter und ältester Bewegungstendenzen läßt sich am besten durch derart vererbte Störungen des Gleichgewichtes im tiefsten Untergrund erklären.

Unter dieser Annahme hätten wir uns vorzustellen, daß die Sial-Simagrenzfläche unter den nordöstlichen Alpen durch mehrere submeridionale durchziehende Stufen und Absätze zerteilt würde in etwa rechteckige Streifen von verschiedener Höhenlage (den Spuren der älteren Gebirge), welche sämtlich von den zwei jüngeren alpidischen Stufen, entsprechend dem Alpenrand und der Grauwackenzone, in einheitlichen Fluchten abgeschnitten werden. Wird von einem tiefliegenden Herde eine längs dieser Fläche fortschreitende Welle erzeugt, so steht ihrer unbehinderten Ausbreitung jeweils nur ein derartiges transversal zum Alpenstreichen ausgedehntes Rechteck zur Verfügung (bzw. wenn der Impuls von einer der trennenden Dislokationen kommen sollte, werden zwei benachbarte Rechtecke zusammengeköpelt). Die begrenzenden Verwerfungsstufen kann eine geführte Welle nicht überwinden, sie wandelt sich dort in andere Bewegungsformen um, mit starker Energiezerstreuung, die Bebenstärke an der Oberfläche nimmt an diesen Linien plötzlich und stark ab*); die Isoseisten wiederholen in erster Linie Form und Lage des bezüglichen Streifens einheitlicher Sial-Simaflur, die Lage des Epizentrums ist dagegen von geringerer Bedeutung, so daß es oft recht exzentrisch zu liegen kommt. So pflanzen die von der Mürzlinie usw. ausgehenden Beben auf schmalen Transversalzonen sich durchs Kalkalpengebiet fort**), und dort, wo sie in die außer-alpine Ebene treten, branden sie an der Alpenrandstörung auf und verbreiten sich in der Böhmisches Masse so weiter, als wenn dort am Alpenrand ein eigenes sekundäres Epizentrum gelegen wäre (K., S. 28, 42). Für die Er-

*) Bei sehr großer Stärke der anlaufenden Welle kann natürlich eine Stufe überwunden werden, an der schwächere erlöschen, auch ist zu bedenken, daß sich über die Wirkungen der geführten Welle immer auch die der primären Raumwelle legen, die besonders in Herdnähe recht merklich sein werden. Vielleicht sind auch die Stufen nicht überall kantig usw. Hier bei der ersten vorläufigen Darstellung kann nur in groben Linien gezeichnet werden.

**) Daß manchmal die Kalkalpendecken von dem unter ihnen durchziehenden Beben wenig oder gar nicht erschüttert werden (vgl. Heritsch, Geol. Rundsch. 10, 122) erklärt sich dadurch, daß diese Decke vom Untergrund abgesichert und durch Werfener Schiefer bzw. Haselgebirge isoliert ist.

kennung jener „seismischen Schwellen“, wie sie die Schüttergebiete zu umgrenzen scheinen, können mit großem Nutzen die Schweremessungen herangezogen werden (K., S. 28). Eine derartige Stufe in der Sial-Simagrenzfläche muß an der Erdoberfläche als eine ganz bestimmte Schwerestörung in Erscheinung treten, und zwar am auffälligsten in dem Bilde, das die Reduktion nach Bouguer*) gibt. Auch die genauere Analyse der Tektonik liefert wenigstens die Ansätze für jene alten Gebirgszüge, deren Überreste in jenen seismischen und gravimetrischen Schwellen zu sehen sind. Mit Ausnutzung aller dieser Quellen läßt sich bereits ein ziemlich detailliertes Bild geben.

Als östlichster jener alten Gebirgsstriche ist eine Verbindung vom Wechsel zur Moravischen Zone (Rand des Böhmisches Kristallin, von Krems NNO streichend) anzunehmen, wofür Ähnlichkeit in Gestein und Bau dieser beiden Gebiete spricht, die auch im Streichen ganz gut gegeneinander zielen. Im Schwerebild kann man eine „Rinne“ interpolieren, die von der Bucht von Messern längs der Moravischen Zone gegen Krems zieht, dann im Bogen SO durch den Wienerwald (hier markiert durch das Minus von Gaaden), an der Thermenlinie nach S, und in den Ostrand der Wechselgruppe. Diese Rinne leitet die Beben von Wr.-Neustadt (K., S. 43) und Neulengbach oft gerade bis

*) Das noch nicht völlig abgeschlossene Studium der Schwereverhältnisse der NO-Alpen scheint auf die Vorstellung zu führen, daß in die Trennungsfugen zwischen die Sialschollen beträchtliche Apophysen des Sima von unten her bis hoch hinauf emporgedrungen sind. (Ausläufer davon lassen sich im Oberbau gerade an solchen Hauptdislokationen mit ziemlicher Regelmäßigkeit finden.) Wie leicht einzusehen, erzeugen solche Simaapophysen die nötige Schwerestörung (hoher Gradient) nur dann, wenn sie sehr steil stehen. (Sind daher in den Profilen schematisch lotrecht gezeichnet, da für Individualisierung kein Anhalt vorliegt.) Es braucht nicht weiter erörtert zu werden, daß dies die oben entwickelte Vorstellung von der Bebenverbreitung noch besonders begünstigt würde. Weiteres soll andernorts gegeben werden. Hier nur ein Wort darüber, wie und warum die in Fig. 2 gegebene Skizze der Schwereanomalien nach Bouguer'scher Reduktion von der Karte abweicht, die Kautsky gezeichnet hat. Die vorliegenden Schweremessungen sind dünn gesät, so daß die Interpolation stellenweise überhaupt nicht eindeutig bestimmt ist, und sind, besonders die älteren, unleugbar mit nicht unbedeutlicher Unsicherheit behaftet. Interpoliert man nach dem Schimmel, indem man die Intervalle genau nach der Proportion aufteilt, so schleppt man einfach diese Fehler weiter und erhält zum Dank eigenartig verschwommene und verbeulte Umrisse, die allerdings dem Geologen völlig rätselhaft scheinen müssen. Man kann jedoch, ohne die gegebenen Ziffern anzutasten, die alle in den zugehörigen ($0.010 \text{ cm sec}^{-2}$)-Feldern gegeben sind, durch mäßiges Zurechtrücken der Isogamen, wie es vielleicht einem Spielraum von $\pm 0.005 \text{ cm sec}^{-2}$ entspricht, ein Bild erzielen, das zum Teil auf bekannte geologische Züge zu beziehen ist (moravische Zone!), und im übrigen wenigstens geologisch möglich aussieht. Sollte jemand mit dieser Art zu kombinieren nicht einverstanden sein, so braucht er nur die entsprechende — auf jeden Fall höchst wünschenswerte — Ergänzung des Netzes der Schweremessungen veranlassen. Bis dahin muß das geologisch ausgeflickte Netz für besser als das rein mechanisch interpolierte gelten. Im folgenden soll — der Einfachheit halber — das Bild der Anomalien nach Bouguer so beschrieben werden, wie es etwa nach der Airyschen Auffassung im Relief der Sial-Simagrenzfläche begründet sein würde: „Rinne“, „Schwelle“ usw.

in den innersten Winkel des Thayafensters (Messern, Hoernes, a. a. O. S. 359; K., S. 43, 44). Die Ostkante dieser Rinne scheint, wenigstens im Südteil, abgeflacht, denn die Beben des Leithagebirges dringen ein, aber sie überschreiten den Westrand der Rinne nicht gegen SW, welcher umgekehrt auch die Semmeringbeben am Fortschreiten in der Richtung nach NO abhält (K., S. 5, 7, 31). Die nördliche Fortsetzung dieser Kante ist im raschen Erlöschen der Beben unmittelbar westlich von Neulengbach zu spüren (K., S. 33).

Recht kompliziert müssen die Verhältnisse im oberen Mürztal liegen; denn die Beben von Gloggnitz-Schottwien gehen nicht über den Semmering, wohl aber umgekehrt die von Mürzzuschlag ins Schwarzagebiet, vermutlich liegen da sekundäre Abstufungen vor, vielleicht macht es auch einen Unterschied, ob die Fortpflanzung des Bebens die Treppe hinauf- oder herabgeht, Einzelheiten, die heute noch nicht aufzuklären sind. Obwohl von hier ab die Schweremessungen bereits große Lücken haben, kann man doch mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit eine zweite Hauptstufe, den SW-abfall jener Schwelle, welche die Fortsetzung der moldanubischen Frontantiklinale zu sein scheint, etwa von Ybbs gegen die obere Mürz ziehen, diese erscheint in den „seismischen Schwellen“, die knapp westlich von Scheibbs und knapp westlich von Mürzzuschlag festgestellt worden sind (K., S. 11, 28). Nachdem der Wechsel mit Semmering und Mürzzuschlag mitgeht, nicht aber mit dem unteren Mürztal (Heritsch, S. 12; K., S. 29), die Beben des unteren Mürztales sich jedoch ins Grazer Becken verbreiten, muß diese Schwelle von Mürzzuschlag gegen S weiterstreichen. Dafür, daß es sich um eine zusammenhängende Schwelle handelt, spricht auch, daß die Beben des unteren Mürztales sich im Gegensatz zu denen des Semmering schlecht nach Niederösterreich fortpflanzen. Geologisch ist dieser Zug einigermaßen überraschend. Die Gesteinsstriche, welche von Nordmähren bis in die Wachau gekennzeichnet sind durch Marmor, Graphit, Amphibolit, und die als

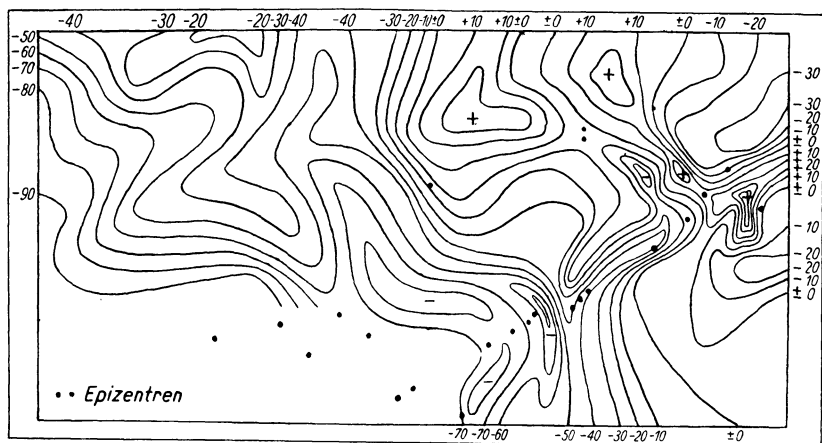


Fig. 1.

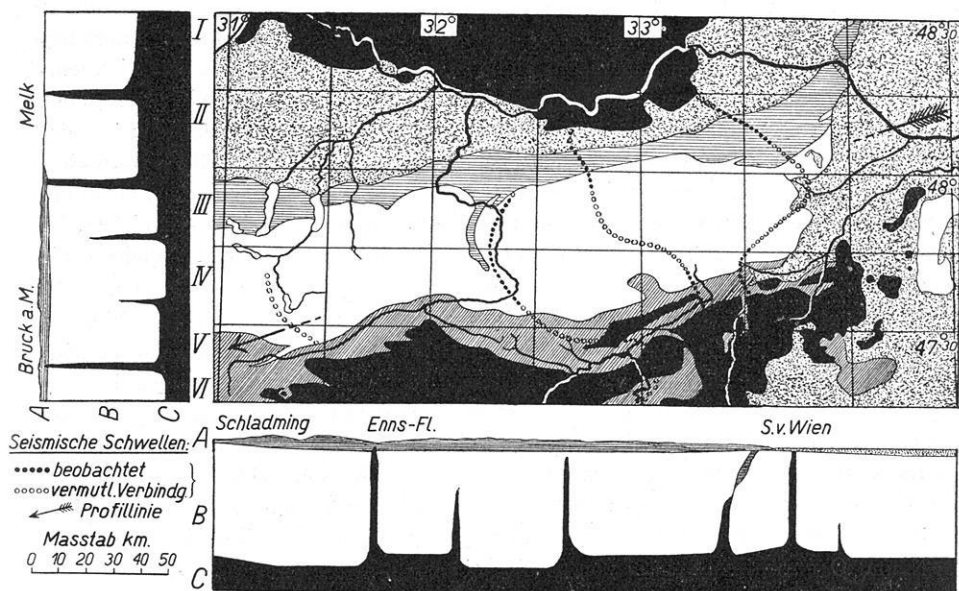


Fig. 2.

Erläuterung zu den Figuren.

In der **tektonischen Skizze der NO-Alpen** wird unterschieden:

- I. (schwarz) Kristallin der Böhmisches Masse;
- II. (punktiert) Jungtertiär (Randsenke, Wiener Becken; die kleinen Vorkommen im Alpeninnern längs Mürz—Mur und Enns sind nicht ausgeschieden, nur das kleine Becken von Gaaden, westl. von Mödling, ist eingetragen, wegen Entsprechung mit Schwerebild und Profil);
- III. (horizontal schraffiert) Flyschzone (Kreide—Alttertiär);
- IV. (weiß) Kalkalpen (Mesozoikum);
- V. (schief schraffiert) Grauwackenzone (Paläozoikum und Phyllit; dieselben Schichten bei Graz und im Burgenland sind ebenso bezeichnet);
- VI. (schwarz) Grundgebirge der Zentralalpen.

Zur Orientierung ist das Gradnetz der österreichischen Spezialkarte eingetragen.

Profile dazu:

Längsprofil ONO—WSW, etwa Mödling (südl. von Wien)—Schladming, in der Karte durch unterbrochenen Pfeil eingetragen;

Querprofil Melk—Bruck a. M. (33° östl. Ferro);

Unterschieden: A. Deckgebirge, B. Grundgebirge (Sial), C. Sima.

Weitgehend vereinfacht und schematisiert wegen kleinen Maßstabes und weil die bezüglichen Untersuchungen nicht abgeschlossen. Ausnahme die Einzeichnung einer Einfaltung von Deckgebirge an der Moravischen Linie (im Längsprofil), weil die Schwerestation Gaaden sonst nicht erklärlich wäre. Die Simaapophysen zwischen den Sialschollen sind nötig zur Erklärung der Schweregradienten, ihre Ausläufer übrigens vielfach direkt beobachtet (im Querprofil angedeutet der Serpentin von Kilb am Rande der Flyschzone aufgeschleppt).

Oleate: Schwerebild.

Anomalien nach Bouguerscher Reduktion ($g''_0 - \gamma_0$); γ_0 nach Heiskanen 1927; Isogammen im Abstand von $0.010 \text{ cm sec}^{-2}$, am Rande beziffert, isolierte Maxima und Minima mit + oder — bezeichnet.

Außerdem eingetragen die Epizentren größerer Beben, und zwar: am nördlichen Alpenrand Scheibbs, (Doppelpunkt) Alt- und Neulengbach; in der Grauwackenzone (vom W her) an der Enns: Aigen, Admont, Hieflau—Tregelwang und Eisenerz im Staffei etwas südlich davon; und nun wieder in einer fast geraden Linie: St. Michael, Leoben (von hier ein wenig gegen SO, Frohnleiten, am Rande des Grazer Paläozoikums), Kindberg, Krieglach, Langenwang, Mürzzuschlag, Semmering, Schottwien, Gloggnitz, und gerade weiter ins Wiener Becken: Wiener-Neustadt, Pottenbrunn, Mitterndorf, Schwadorf; und schließlich Breitenbrunn am Neusiedlersee.

Einfaltung einer jüngeren Serie ins ältere moldanubische Kristallin angesehen werden können, möchte man am liebsten unmittelbar mit den stofflich entsprechenden „Brettsteinzügen“ am Westrand des Seckauer Massivs verbinden. Aber auch die Verbindung nach Mürzzuschlag ist ganz gut möglich: da der Troiseckzug der Gesteinsgesellschaft nach mit den Seckauern (Hülle) verglichen werden kann, und etwas weiter südlich bei Anger auch die typische Brettsteinserie auftaucht, und zwar mit dem hier vorauszusetzenden N–S-Streichen, ist die Situation im Grundgebirge an der oberen Mürz ungefähr die gleiche wie an der Enns um Irdning.

Für jene Linienführung spricht auch ihr Parallelismus mit der Biegung der im Westen folgenden Schwelle von Bruck a. d. Mur. Während nämlich die Mürztaler Beben sich nach und über Bruck schlecht fortpflanzen, ist ihre Verbreitung nördlich davon über Aflenz–Thörl viel besser (K., S. 12, 15). Auf der anderen Seite nehmen die Beben von Leoben gegen Bruck schnell an Intensität ab, Leoben und Murgebiet unter Bruck gehören wieder zusammen (K., S. 17), die Beben von Pernegg und Frohnleiten pflanzen sich aber nicht ins Gebiet der Mürz fort. Also dürfte die „seismische Schwelle“ Bruck im N und O umwallend etwa von St. Marein sich gegen S drehen. Geologisch ist es sehr plausibel, daß die Komplikationen des sichtbaren Baues an der Umbiegung der Grauwackenzone (Transversalstörung von Trofajach) ihre Ursache haben in einer Sigmoide, welche bereits im Bau des Grundgebirges angelegt war. Auch die Art, wie der Serpentin von Kraubat in eine gegen O sich heraushebende, löffelförmige Mulde eingeschoben ist, paßt dazu*).

Nach dem vom Prebichl bekannten Streichen der variskischen Falten scheint die Brucker Schwelle etwa von Vordernberg gegen N abzuschwenken, das ist auch eine Grenze für die Ennstaler Beben (K., S. 18). Weiterhin ist die Linie Hieflau–Altenmarkt–Gaflenz eine seismische Grenze, und zwar für Beben von beiden Seiten (K., S. 31, 32), und eben diese Linie tritt aus dem Schwerebild sehr deutlich als Rücken mit starkem Plus heraus. Es gibt hier aber auch seismische Grenzen zwischen Leoben und Judenburg, zwischen Leoben und dem Paltental, zwischen Admont und Hieflau, wenn auch zum Teil von geringerer Bedeutung (K., S. 33). Schweremessungen fehlen hier leider ganz. Vielleicht kann man die Vermutung aussprechen, daß sich hier die algommanische und die variskische Faltung in sehr spitzem Winkel überkreuzt hätten, so daß der noch an der mittleren Enns einheitliche Sprung in der Sial–Simafläche hier in mehrere kleine Absätze aufgelöst wäre. Für die algommanischen Falten würde ich ein Zuscharen gegen die Wachau für wahrscheinlich halten, also Umbiegen über SN in NO, während die variskischen, soweit aufgeschlossen, ein Streichen gegen WNW (Steinach) bis NNW (Eisenerz) beibehalten. Nimmt man an, daß die Hauptstufen variskisch sind, nur an einzelnen Stellen mit Kerben, die aus der älteren Orogenese stammen, wie sie eben in den erwähnten

*) Vgl. E. Clar in Mitt. d. Naturw. Ver. f. Steiermark, Bd. 64/65, im Druck.

sekundären seismischen Grenzen zu spüren sind, so würde dem östlichen (Eisenerzer-)Ast des variskischen Faltenfächers im Schwerebild der Abfall vom Rücken Altenmarkt–Losenstein zur Mulde von Waidhofen entsprechen, dem westlichen (Steinacher-)Ast ein Abfall vom selben Rücken mit starkem Gradienten SW zur oberen Enns. Vielleicht findet diese Falte Fortsetzung als seismische Grenze im Salzkammergut. Wahrscheinlich aber ist die seismische Grenze Schladming–Salzkammergut, die bei Ennstaler und anderen Beben fühlbar geworden (K., S. 30/31), eher Fortsetzung der analogen Scheidelinie zwischen Admont und Judenburg (K., S. 33) und liegt nicht auf variskischen, sondern auf älteren (algotomanischen) Falten, etwa auf dem sogenannten Brettsteinzug, in der Linie Oberzeyring–Donnersbachwald–Gr. Sölk.

Die recht weitgehende Übereinstimmung, die wir zwischen den Schwereanomalien und den Eigenheiten der Bebenausbreitung finden, führt als gemeinsame Ursache auf ein Relief in der Sial–Simagrenzfläche, eingeprägt durch die Wurzeln von Faltengebirgen, und zwar in erster Linie die der jungen alpidischen Falten; aber auch die älteren Faltungen (mindestens die variskische) sind in jenem Relief noch recht merklich; denn es handelt sich (im Sinne Airys) um stofflich verschiedene Hervorragungen, die nicht so leicht verwischt werden können. Derart haben älteste tektonische Züge alle folgenden Umwälzungen überdauert und sind selbst vielfach bestimmend für die spätere Tektonik geworden. Der besprochene NO-Teil der Alpen ist betreffs „Reneganz“ ein Ausnahmefall, sonst geht in den Alpen die jüngere Tektonik der älteren viel regelmäßiger parallel. Insofern jene Unebenheiten am unteren Rande der Kontinentalschollen Störungen des Gleichgewichtszustandes (mechanisch und thermisch) vorstellen, sind sie von sich allein aus Ursache und Quelle von (epirogenetischen) Ausgleichsbewegungen, und diese sind es hauptsächlich, die im Verein mit dem Ausklingen der Orogenese die Formung der Landoberfläche bestimmen. Augenfälliges Beispiel: die jüngsten in ihrer fortdauernden Aktivität durch Epizentren größerer Beben gekennzeichneten Dislokationen in den östlichen Alpen sind alle in der geologischen Karte markiert durch Reste junger Ablagerungen (z. B. Braunkohlentertiär). — Teilen von der einstigen Landoberfläche, zerstückt und durch Einsenkung konserviert. Es ist nun nicht gut möglich, daß die jungen Gebirgsbewegungen einzig auf jene kleinen „Kohlenbecken“ usw. sich beschränkt hätten, es sind auch unzweifelhafte Anzeichen vorhanden, daß sie ein viel weiter verbreitetes Dislokationssystem vorstellen und viel jüngere Oberflächenformen als die miozänen noch weitgehend umgestellt haben; und zwar erscheinen diese jüngsten Bewegungen, ebenso wie bei den älteren beobachtet, vielfältig verknüpft mit den von ihnen bereits angetroffenen alten tektonischen Leitlinien. In unserem Gebiete, in dem sich ältere und jüngere Faltung überkreuzen, ist die Abwechslung im „posthumen“ Bewegungsbild groß und interessant, aber nicht leicht zu deuten. Genauer es Eingehen verschieben wir besser, bis die Vorstellungen über die Oberflächenformung in den Alpen, ein Wissensgebiet auf dem heute alles im Fluß zu sein scheint, zu

gesicherteren abschließenden Ergebnissen gekommen sein wird*); dann erst wird es Zeit sein, die offensichtlichen Korrelationen im einzelnen auszuwerten.

Was bisher über den Einfluß der Tektonik auf die seismischen Vorgänge geäußert worden, ist — besonders für den Geologen — nicht sehr befriedigend; und zwar deswegen, wie wir jetzt erkennen, weil es nicht gelungen war, die im Resultat zusammenwirkenden, recht heterogenen Komponenten — trotz grundsätzlich richtiger Erkenntnis**) — voneinander zu trennen. Neben den Verhältnissen im Herd — ein Faktor, der anscheinend wenig ins Gewicht fällt — spielen mit die „Erschütterbarkeit“ des Beobachtungsortes, die passive Reaktion — hauptsächlich im obersten Stockwerk und in der unmittelbaren Umgebung („Ortsfaktor“ s. str.); andererseits aber die „Wegsamkeit“ in den durchlaufenen Teilen der Erdkruste, was, wie wir gesehen haben, sich hauptsächlich auf das tiefere Stockwerk bezieht. Als Beispiel, wie diese im Begriff klar auseinander zu haltenden Einflüsse sich sogar in den Einzelzügen verknäueln können, diene die merkwürdig zwiespältige Rolle, welche die Verwerfungen zu spielen scheinen. Einmal wirken sie bebenverstärkend — wahrscheinlich als Lockerstellen („Ortsfaktor s. str.“ —, ein Effekt, der in erster Linie den vielen kleinen oberflächlichen Verwerfungen eigen ist***); andernorts aber hemmen sie die Bewegung, begrenzen die Schütterfläche†). Daß diese „Randbrüche“ örtlich verstärkend wirken, daß ebenso ältere Faltung als Grenze fühlbar wird††), zeigt, daß es sich da um das Aufbranden der geführten Welle aus dem tieferen Stockwerk handelt. Mit der in der Oberflächentektonik kenntlichen Verwerfung hat das nur mittelbar zu tun, insofern, als die Stufe in der unterirdischen Führungsfläche, welche dies letzte Ansteigen und endgiltige Zerstreuen der Energie erzwingt, eine Spur derselben Bewegungsfläche ist, wie die oben austreichende Verwerfung; was daher besonders gilt von „solchen, die Gebiete mit stark ausgeprägten Unter-

*) Kautsky (l. c. S. 46 und in seiner zweiten Arbeit: „Die jüngeren Verbiegungen in den Ostalpen und ihr Ausdruck im Schwerebild“. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I, **133**, 411 ff., 1924) hat sich von der Schwierigkeit dieser Aufgabe nicht genügend Rechenschaft gegeben. Ohne umfangreiche eigene Feldarbeit kann man heute aus der recht inhomogenen Literatur kein richtiges Bild zusammenstellen, sondern man gerät dabei in Gefahr, Lehrmeinungen und Hypothesen mit Beobachtungstatsachen zu verwechseln und vermengen. Das gilt gleich von den „Verbiegungen“, die zwar viel genannt, aber meines Wissens noch nirgends unmittelbar demonstriert worden sind. Da andererseits (z. B. in den Kohlenbecken) Flexuren, Verwerfungen, Überschiebungen, das ist die Formen der Orogenese, vielfach direkt beobachtet sind, kann die Rolle jener epirogenetischen „Verbiegungen“ kaum so groß sein, wie man manchmal meinte.

**) Vgl. H. Reich: Über die Intensität der Hauptphase eines Bebens in ihrer Beziehung zur Tektonik. Göttinger Nachr. 1921, S. 93 ff.

***) Vgl. A. Sieberg und R. Lais: Das Mitteleuropäische Erdbeben vom 16. Nov. 1911 . . ., S. 80. Jena 1925.

†) Ebenda S. 35, 81/82.

††) Ebenda S. 56, 72.

schieden in Tektonik und Gesteinsbeschaffenheit gegeneinander abgrenzen*)“. Dem entspricht die auch sonst gemachte Beobachtung, daß Gebiete, die selber öfters aktiv sind, die Aushreitung fremder Beben hemmen und abschirmen**). Hier in den NO-Alpen war eine Trennung dieser verschiedenen Komponenten möglich, weil schwächere junge Faltung im Deckgebirge und starke alte Faltung im Grundgebirge zusammentreffen und sich fast rechtwinklig überkreuzen („Vergitterung“), so daß am Streichen die Einwirkung jedes Stockwerkes abgelesen werden kann. Außerdem wird die Deutlichkeit dadurch erhöht, daß der von der Oberflächentektonik abhängige Ortsfaktor im Bereich der Alpen wenig variiert und daher aus der Vergleichung meist herausfällt. In der angrenzenden böhmischen Masse scheint dieser Faktor viel mehr zu variieren (K., S. 42) und die Verhältnisse viel ähnlicher denen zu sein, die Sieberg und Lais aus dem variskischen Deutschland beschrieben haben.

Das untere Stockwerk erwies sich dagegen auch in Faltengebirgszonen viel weniger unruhig, immerhin zerfällt auch dieses in scharf voneinander abgegrenzte Zellen von 50 bis 70 km im Geviert, daher werden die Aufzeichnungen von Erdbebenstationen in den meisten Fällen Wellenzüge betreffen, die derart mehrere Felder und die sie trennenden Schwellen überquert haben, so daß sich — besonders bei längerer Laufstrecke — aus diesen verschiedenen Einflüssen in jeder Beziehung uncharakteristische Mittelwerte ergeben werden. Darum hatten diesbezügliche Untersuchungen nur dann klare Ergebnisse, wenn ein Einfluß alle anderen weit überwog, wie im Stillen Ozean (Angenheister, Gutenberg); im übrigen war wohl eine gewisse Abhängigkeit der Bebenintensitäten von dem zwischen Herd und Station durchlaufenen Weg zu erkennen***) (Tornquist, Reich) eine wirkliche geologische Deutung, nämlich eine klare Beziehung auf bestimmte Bauelemente, war nicht möglich.

Neuestens hat Gutenberg diese Untersuchungen zu verfeinern und zu vertiefen versucht†), aber auch seinen Ergebnissen dürften die Geologen meistens mit großer Zurückhaltung gegenüberstehen. Überdies scheint die Begründung nicht ganz so strikt und schlüssig, daß Bedenken geologischer Art dagegen unbedingt zurückgestellt werden mußten. Gesetzt, die vielen neuestens entdeckten verschiedenen Einsätze in den Seismogrammen sind reell, das ist direkt und voraussetzungslos zu finden und zu identifizieren, was der Ferner-

*) Vgl. A. Sieberg und R. Lais: Das Mitteleuropäische Erdbeben vom 16. Nov. 1911 ..., S. 81. Jena 1925.

**) Vgl. I. Schorn: Bericht über das Erdbeben in den Alpen vom 13. Juli 1910. Mitt. d. Erdbebenkomm. d. Akad. d. Wiss., N. F. 42, S. 61 ff., Wien 1911.

***) So ergab sich eine gewisse Schirmwirkung des jungen Faltengebirges der Karpathen, aber merkwürdigerweise nur eines Teiles derselben, die W-Karpathen dagegen leiten gut. Nach unseren Vorstellungen erklärt sich das leicht dadurch, daß, wie die häufigen Transversalbeben erkennen lassen, eben unter den W-Karpathen im Untergrund die Führungsfelder ebenso wie in den NO-Alpen glatt quer durchlaufen.

†) B. Gutenberg: Der Aufbau der Erdkruste in Europa. Geolog. Rundsch. 19, 433—439.

stehende wohl akzeptieren muß; die Theorie, nach der sie gedeutet werden, kann man kaum gelten lassen. So sympathisch dem Laien eine verhältnismäßige leicht verständliche Theorie an und für sich immer sein wird, so wird man doch auf die Vereinfachung verzichten müssen, wenn nicht gewährleistet ist, daß die Ergebnisse wenigstens angenähert richtig sind. Unter den vorliegenden Umständen, wo der Ausgangspunkt der Wellen knapp an einer Diskontinuitätsfläche liegt, die physikalisch stark verschiedene Medien trennt und selbst ein nicht unbeträchtliches Relief hat, wo ferner der jeweils einheitliche (wenn auch nicht isotrope) Ausbreitungsraum immer nur ein paar Wellenlängen mißt, unter solchen Umständen kann die jetzt übliche Deutungsweise zu von Grund auf irrigen Schlüssen führen: die Einsätze, die man Wellen gleicher Art, aber verschiedenen Weges zuschreibt, können ebensogut von Wellen verschiedener Bewegungsart, von gleichem oder von verschiedenem Wege, stammen oder gar von solchen, welche ihre Bewegungsart gewechselt haben, wie z. B. eine geführte Welle, die an einer Kante der Führungsfläche anbrandet, von dort aus unter anderem Raumwellen erregt, oder aber umgekehrt eine Raumwelle bei günstigem Anlauf an eine Diskontinuitätsfläche in eine geführte Welle übergeht. Demnach wäre zu untersuchen, ob die neue „seismische Mainlinie“, welche Gutenberg zwischen Nord- und Süddeutschland legt, nicht etwa in ähnlicher Art vorgetäuscht wird. Geologisch ist ein solcher Schnitt schief über den variskischen Bogen schwer zu begründen. Vor allem sind es nicht zwei und nur zwei geschlossene Einheiten, die so getrennt werden würden. Hüben und drüben von einer solchen Linie — Gutenberg gibt an: zwischen Karlsruhe und Frankfurt W—O durchstreichend und dann gegen SO abbiegend — finden sich die gleichen Bauelemente; Grundgebirgsmassive mit archaischer Tektonik, variskische Falten, alpidische Brüche; gäbe jemand für einen der Einheitsblöcke, die im variskischen Mitteldeutschland vermutlich die gleiche Größenordnung haben, wie wir sie in den Alpen kennen gelernt haben, eine besondere Wellengeschwindigkeit an, so wäre das gewiß diskutierbar, aber für „Norddeutschland“ oder gar „Südeuropa“ als ganzes? Da scheint es sich doch um die schon von Reich bemängelte Neigung der Geophysiker zu handeln, „mit Mittelwerten von grundverschiedenen Zahlen zu arbeiten“ (a. a. O. S. 719). Dafür, daß das Grundgebirge am Main nicht anders reagiert als an der Donau, daß es sich auch dort hauptsächlich um die Wirkung alter Gebirgsstrukturen handelt, dafür lassen sich bei Gutenberg, a. a. O., selbst Andeutungen finden: in Fig. 3 c (S. 436) entspricht der Hauptzug der Isoseisten dem variskischen Bogen, an einigen Häkchen ist darunter die herzynische Haupthebungsachse zu spüren, über den Böhmerwald und Thüringerwald bis Holland hinaus; in Fig. 3 a scheint dieselbe Leitlinie durchzuschlagen; Fig. 3 b wage ich nicht zu deuten, eine Linie München—Jena aufzustellen, auf eine einzige Ziffer hin ist zu riskant. Allzuviel darf man auf solche Interpolationen zwischen so schütterstehenden Koten überhaupt nicht vertrauen. Solange sich die Seismologie mit Weltbeben und dem ganzen Erdball befaßt, ist der „Megametermaß-

stab“ gut, soll aber Anschluß an geologische Probleme gefunden werden, so muß der Maßstab dem angepaßt werden, da kann man nicht mehr sprechen von der Granitschicht und ähnlichen Verallgemeinerungen, da gibt es nur bestimmte einzelne Schollen und Gebirgsglieder, Individuen, die auch individuell ausgemessen werden müssen.

Ziehen wir nun die allgemeinen Folgerungen als Hinweis auf Gegenstand und Methode künftiger Forschung: Die makroseismische Beobachtung hat hier das mögliche geleistet. Eine Fortsetzung der sorgfältigen und gut organisierten Arbeit ist gewiß zu wünschen; man wird vielleicht das Netz etwas ergänzen, im Laufe der Zeit neue Kombinationen der Bebenausbreitung kennenlernen, kurz, das Bild weiter ausgestalten können; neue, im Wesen neue Ergebnisse sind hier in den NO-Alpen auf diesem Wege vermutlich nicht zu erzielen. Sehr wünschenswert wäre — eben im Sinne möglichster Individualisierung — ähnliche Beobachtung in anderen Gebieten, in denen ebenfalls „Transversalbeben“ vorkommen, oder wo man sonstwie die Wirkung der verschiedenen Stockwerke unterscheiden zu können glaubt. Qualitativ neues könnte aber nur der Übergang zur instrumentellen Beobachtung bringen, in diesem Punkte ist unser Ergebnis nicht gerade erfreulich, das Beispiel der NO-Alpen läßt erkennen, daß hier eine Stationsdichte nötig wäre, die kaum je gehofft werden kann. Es wäre zu diskutieren, ob nicht mit billigerer Apparatur manche der hier aufgeworfenen Probleme gefördert werden könnten? Abgesehen von diesem „praktisch-ökonomischen“ Gesichtspunkt wäre eine Durcharbeitung im Sinne der neuen Ullerschen Wellentheorie dringend zu wünschen. Die ältere Theorie hatte zu den Problemen, welche die makroseismische Methode hier herausgearbeitet hat, überhaupt wenig zu sagen; die neue Theorie läßt dagegen ihre Inangriffnahme nicht aussichtslos erscheinen; es könnte nur günstig sein, wenn die theoretische Weiterentwicklung durch Naturbeobachtung begleitet, gefördert und kontrolliert werden würde. Auf der anderen Seite würde auch die Geologie aus einer derartigen „seismischen Beschürfung“ eines günstig beschaffenen Stückes Erde sicherlich Erkenntnisse von allgemeinerer Bedeutung gewinnen.
