

Analogien im seismischen Verhalten der nordöstlichen Alpen und der Westkarpathen.

Von F. Heritsch.

Mit 1 Textfigur.

In einer vor kurzem erschienenen Studie über die Erderschütterungen der nordöstlichen Alpen¹⁾ habe ich aufmerksam gemacht auf die Bedeutung der transversal das Alpenstreichen querenden Stoßzonen bei jenen Erdbeben, welche im nordöstlichen Teil der Zentralzone ihr Epizentrum haben. Der erste, der das Vorhandensein von Transversalbeben erkannt und solche dargestellt hat, war E. SUESS, der auch die karpathischen Erdbeben in den Kreis seiner Erörterungen gezogen hat. Auf Grund des seit 20 Jahren gesammelten Materiales von Beobachtungen über die sich jährlich ereignenden Erdbeben habe ich erkannt, daß Erdbeben mit transversalen Stoßzonen weitaus die größere Bedeutung haben als jene, welche dem Streichen parallele Stoßzonen haben. Bei einer Übersicht der Erdbeben des Mürztalles sieht man, daß nur schwache Erdbeben an der dem Tale folgenden hypothetischen Stoßlinie, der Mürzlinie SUESS-HOERNES', auftreten. Die sogenannte Mürzlinie gilt nach E. SUESS und R. HOERNES als eine Fortsetzung der Thermenlinie. Wenn von der Thermenlinie, die seismisch sehr aktiv ist, eine Fortsetzung in das Mürztal verläuft, dann ist der tektonische Charakter dieser Erdbebenstoßlinie vom Semmering an ein ganz anderer; denn im Mürztal könnte die Stoßlinie nur den Charakter einer Längsstörung haben, während die Thermenlinie mit dem Ostabbruch der Nördlichen Kalkalpen zusammenhängt und daher eine Querstörung ist.

Die stärkeren Erderschütterungen, die vom Mürztal ihren Ausgang nehmen, sind ausnahmslos Querbeben. Es lassen sich sehr wohl mehrere transversale Stoßzonen unterscheiden²⁾:

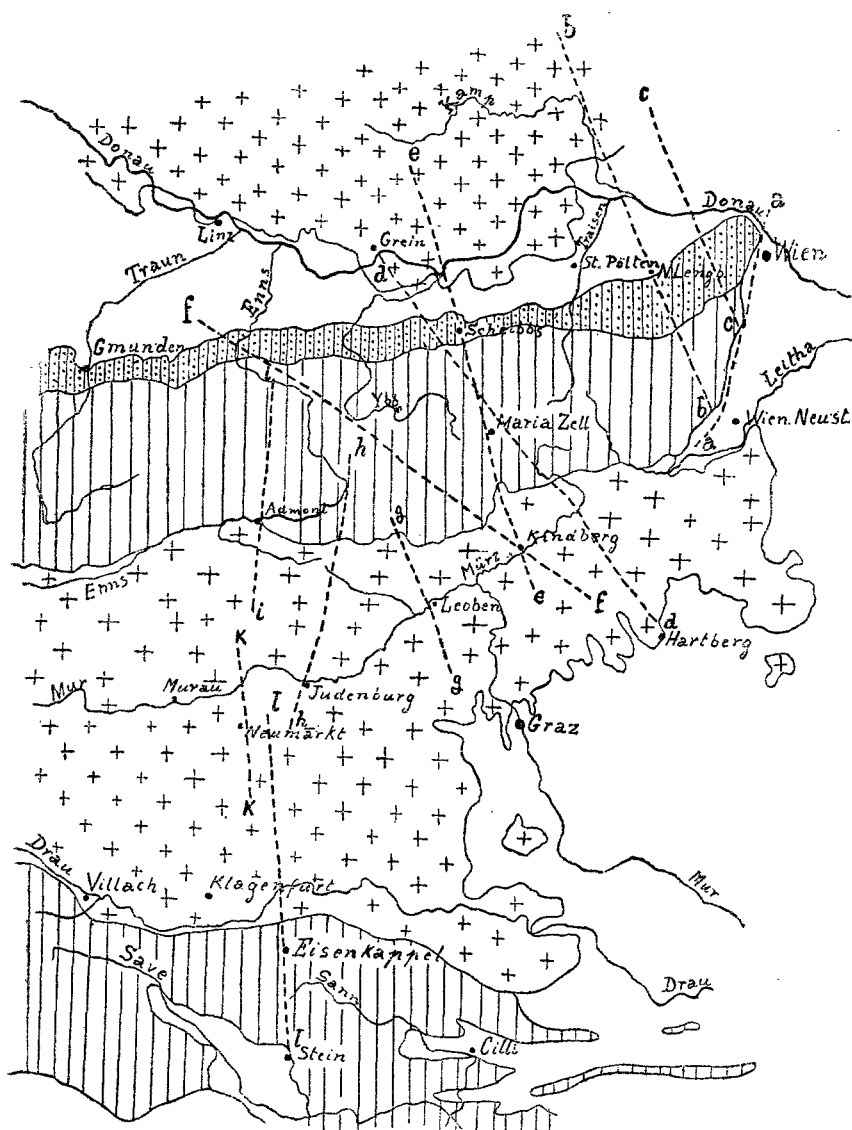
a) Eine Stoßzone quert das Mürztal bei Langenwang-Mürzzuschlag und hat eine deutliche Erstreckung in den Richtungen nach Hartberg und Grein. Diese Linie hat bereits R. HOERNES erkannt und als Hartberg-Greiner-Linie bezeichnet.

b) Eine zweite Stoßzone ist durch die Orte Kindberg-Scheibbs markiert; an ihr vollzog sich das bedeutende Erdbeben vom 17. Juli 1876 (Kindberg-Scheibbs-Linie).

c) Eine dritte Stoßzone trat beim großen Kindberger Erdbeben vom 1. Mai 1885 hervor; sie zieht von Kindberg im Mürztal gegen Nord-

¹⁾ Mitteilungen der Erdbebenkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien, Neue Folge, Nr. 53. Wien 1918.

²⁾ Siehe dazu die Kartenskizze.



Kreuze +: Böhmisches Masse und ostalpine Zentralzone; senkrechte Schraffen ||||: Nördliche und südliche Kalkalpen; senkrechte Schraffen mit Punkten ||||: Flyschzone; Weiß: Tertiär des Alpenvorlandes, des Ostrandes der Alpen und der Saveniederung.

Erdbebenstoßlinien: *a-a* Thermenlinie; *b-b* Kamplinie, *c-c* Schmiedalinie; *d-d* Hartberg-Greiner-Linie; *e-e* Kindberg-Scheibbs-Linie; *f-f* Stoßzone des Bebens vom 1. Mai 1885; *g-g* Stoßzone der Leobener Beben; *h-h* Stoßzone des Bebens vom 1. Mai 1916; *i-i* Stoßzone des Bebens vom 22. März 1907; *k-k* Stoßzone des Neumarkter Sattels; *l-l* Stoßzone des Bebens v. 5. Aug. 1899.

westen. Auffallend ist ihre Parallelität mit dem Abbruch des Bayrischen Waldes; diese letztere Tatsache gewinnt Bedeutung dadurch, daß das Beben vom 1. Mai 1885 und auch andere Mürztaler Erdbeben sich bis in das böhmische Massiv fortsetzen.

Es ist klar, daß Erderschütterungen von rein transversalem Charakter noch viel weniger als Longitudinalbeben auf das System des uns direkt sichtbaren oder durch Analogieschlüsse in größerer Tiefe vorstellbaren tektonischen Bauplanes zurückgeführt werden können. Transversalbeben werden wohl mit Störungen in Zusammenhang gebracht werden müssen, die den Blättern analog sind¹⁾.

Es reduziert sich also die Bedeutung der Mürzlinie als Erdbebenstoßlinie in sehr erheblichem Maße. Und die von R. HOERNES vorgenommene Aufstellung einer mit dem Palten-Liesingtal zusammenhängenden Stoßzone ist ebensowenig aufrecht zu erhalten wie die von E. SUSS angenommene Verbindung der Villacher Erdbeben mit dem Mürztal²⁾.

Ein zweites Gebiet mit wohl ausgeprägten Transversalbeben quert das Murtal bei Leoben und bereits R. HOERNES hat auf die auffallende Erscheinung dieser queren Erdbeben hingewiesen³⁾. Gerade bei schwachen Erschütterungen ist der transversale Charakter der Beben oft in vorzüglicher Weise ausgeprägt.

Viel stärkere Erdbeben als im Leobener Gebiete ereigneten sich in neuerer Zeit in der Umgebung von Judenburg im oberen Murtales. Bei allen Beben, welche dort ihr Epizentrum haben, ist die Region der großen Intensitäten immer quer zum Streichen gerichtet, das dort, durch die Marmorzüge von Pusterwald-Oberzeiring-Judenburg-Obdach scharf markiert, in NW-SO Richtung verläuft. Die Judenburger Erdbeben erstrecken sich quer auf das Streichen oft in die Gneis-Granitmasse der Seckauer Tauern; und starke Erschütterungen verqueren sogar noch diese letzteren und dringen noch in die Kalkalpen ein. Ich bemerke, daß im tektonischen Bau der von den Judenburger Beben in Mitleidenschaft gezogenen Gebiete keine Störung bekannt ist, welche mit dieser transversalen Verbreitung der Judenburger Beben in einen Kausalnexus gebracht werden könnte. Daraus muß man den Schluß ziehen, daß in diesen Fällen nicht die Oberflächentektonik zur Erklärung herangezogen werden kann, sondern daß es sich um tief liegende Störungen handeln muß, an welchen jene Spannungen ausgelöst werden, welche unsere Bodenbewegungen bedingen.

Bei der Erörterung des Judenburger Erdbebens vom 1. Mai 1916

¹⁾ HERITSCH, Mitteilungen der Erdbebenkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien, N. F. Nr. 32, S. 54.

²⁾ HERITSCH, Mitteilungen der Erdbebenkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien N. F. Nr. 53, S. 38.

³⁾ Mitteilungen der Erdbebenkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien Nr. 14, S. 65.

habe ich aus der Verbreitung und anderen Erscheinungen die Meinung ausgesprochen¹⁾, daß es sich um eine tiefliegende Störungslinie handelt. Die schöne Bestätigung, welche diese Ansicht in der Berechnung N. STÜCKERS fand²⁾, ist wohl geeignet, zwischen den Erdbebenphysikern und den Geologen eine bessere Übereinstimmung hervorzubringen; denn solange die Erdbebengeologen die Erdbeben mit weitem Schütterbezirk mit der Oberflächentektonik in Zusammenhang brachten, während die Erdbebenphysiker Herde in größerer Tiefe berechneten, klappte zwischen beiden Richtungen der Erdbebenkunde ein unüberbrückbarer Gegensatz.

Ein weiteres Gebiet mit Transversalbeben in den nördlichen Alpen ist die häufig erschütterte Region des Neumarkter Sattels. Allerdings sind dort diese Verhältnisse nicht so klar als wie in den bisher besprochenen Gebieten, was direkt mit den ungünstigen Berichterstattungsverhältnissen in Kärnten zusammenhängt. In der beiläufigen Fortsetzung des Stoßgebietes des Neumarkter Sattels gegen Süden liegt die Stoßzone des mittelkärntnerischen Erdbebens vom 5. August 1899³⁾. Dieses Beben hat eine sehr deutlich transversale, mehrere Gesteinszonen der Alpen durchschneidende Verbreitung; denn es wurden im Süden noch das Bergland nördlich der Save im Gebiete von Laibach-Littai und die beiden genannten Orte, im Norden noch Murau und Judenburg erschüttet. Das Epizentralgebiet, in dem die Intensität VII der FORELL-MERCALLISCHEN Skala überschritten wurde, hat bereits eine Längserstreckung in S-N; viel deutlicher tritt aber noch der transversale Charakter des Bebens durch den Verlauf der Isoseisten VI und V hervor. Es durchschneidet das Erdbeben die tektonischen Zonen der Zentralalpen südlich der Mur (Gurktaler Alpen, Seetaler Alpen, Saualpe, Phyllitzonen von Mittelkärnten), ferner die Zonen der Karawanken und der Steiner Alpen. Keine oberflächliche Störung ist vorhanden, auf welche dieses ausgezeichnete Transversalbeben bezogen werden könnte.

Um nun diese Darstellung der zentralalpinen transversalen Stoßzonen des östlichen Alpineiles zu ergänzen, möge auf die in den nordöstlichen Kalkalpen liegenden Stoßlinien hingewiesen werden. Die Thermenlinie schaltet als Randabbruch der Kalkalpen gegen das inneralpine Wiener Becken aus, aber es möge doch erwähnt sein, daß auch sie einen transversalen, die Züge der Kalkalpen schief schneidenden Charakter hat. Die von SUESS gefundene Kamplinie quert das Streichen der Kalkalpen beiläufig unter einem rechten Winkel. Sie

¹⁾ Mitteilungen der Erdbebenkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien N. F. Nr. 49, S. 15.

²⁾ Mitteilungen der Erdbebenkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien, N. F. Nr. 54. STÜCKER berechnete eine Herdtiefe von 38 km.

³⁾ HERITSCH, Mitteilungen der Erdbebenkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien, N. F. Nr. 53, S. 29, S. 39.

reicht weit in das böhmische Massiv hinein. Parallel mit der Kamplinie geht die von KNETT aufgestellte Schmiedalinie¹⁾.

Ich habe nun noch der merkwürdigen Tatsache zu gedenken, daß viele Erdbeben der nordöstlichen Alpen in die böhmische Masse fortsetzen. E. SUSS war der Erste, der von niederösterreichischen Beben nachwies, daß sie über das Alpenvorland sich in das böhmische Massiv fortsetzen²⁾. Ich nenne da nur das Erdbeben von Neu-Lengbach vom 3. Januar 1876, das vom Nordrande der Alpen ausging und zur Kamplinie gehört, dann die ebenfalls vom Alpenrandgebiete ausgehende Erschütterung von Scheibbs vom 17. Juli 1876, welche an der Scheibbs-Kindberg-Linie besonders heftig war, dann noch das Beben vom 1. Mai 1885, dessen Epizentrum Kindberg war und das sich weit in die böhmische Masse fortsetzte. Von neueren Erderschütterungen sei hier nochmals auf das Judenburger Erdbeben vom 1. Mai 1916 verwiesen³⁾. Diese Erschütterung, deren stärkere Intensitäten quer durch das Gneis-Granitmassiv der Seekauer Tauern und quer durch die Grauwackenzone des Paltentales hinziehen, erlischt gegen den Alpenrand zu, denn in den Kalkalpen und in der Flyschzone mischen sich die positiven und negativen Nachrichten. Aber weit nördlich davon, im Alpenvorland und im böhmischen Massiv wurde das Beben wieder stark wahrgenommen. Diese Erscheinung anders als durch eine tiefliegende, den östlichen Zentralalpen und der böhmischen Masse gemeinsamen Stoßzone zu erklären, ist wohl nicht möglich. Die Stoßlinie des genannten Judenburger Bebens muß eine Zone in der Tiefe sein, welche gleichmäßig den Untergrund der Alpen und der böhmischen Masse betrifft. Es besteht sehr wohl die Möglichkeit, daß sie ein Sprung in einen tieferen Teil der unter die Alpen wohl recht weit hineinreichenden böhmischen Masse ist; denn eine Beziehung zwischen der böhmischen Masse und einzelnen Teilen der östlichen Zentralalpen ist vorhanden. Es würde mich in diesem Zusammenhang zu weit führen, wenn ich mich über die direkten Beziehungen der böhmischen Masse zum sogenannten »ostalpinen« Kristallin verbreiten würde. Ich möchte nur betonen, daß sich die Anzeichen immer mehr verdichten, daß das Kristallin der östlichen Zentralalpen ein variszischer, später nur mehr in geringem Maße bewegter Horst ist. — Es möge nur noch angefügt werden, daß bei den Erdbeben der östlichen Zentralalpen nie die Oberflächentektonik in einen direkten Kausalnexus zu den Beben gebracht werden kann.

Ein Erdbeben mit klarer Fortsetzung in den Körper der böhmischen

¹⁾ KOWATSCHE, Mitteilungen der Erdbebenkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien, N. F. Nr. 40, S. 45.

²⁾ Eine kurze Übersicht darüber findet sich in R. HOERNES' Erdbebenkunde, S. 384ff.

³⁾ HERITSCHE, Mitteilungen der Erdbebenkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien, N. F. Nr. 49.

Masse ist die Admonter Erschütterung vom 22. März 1907¹⁾. Die Schütterellipse hat in den Alpen eine längere N-S- und eine kürzere O-W-Achse. Im oberösterreichischen Alpenvorlande wurde das Beben nur dort gespürt, wo das Tertiär nur eine leichte Decke über dem Grundgebirge bildet. Wo die jungtertiäre Beleckung des Grundgebirges mächtig entwickelt ist, wurde das Beben nur an ganz wenigen Stellen wahrgenommen. Dagegen wurde das Erdbeben in dem der böhmischen Masse angehörenden Teil Oberösterreichs in weiten Gebieten und auch relativ kräftig verspürt; und sogar in Südböhmen wurde es noch wahrgenommen.

Es kann daher als Regel aufgestellt werden, daß die stärkeren Erdbeben der nordöstlichen Alpen in das böhmische Massiv fortsetzen und daß es sich dabei ausnahmslos um deutliche Transversalbeben handelt.

Ich möchte auf den im Druck befindlichen allgemeinen Bericht und Chronik der in Österreich im Jahre 1918 stattgefundenen Erdbeben hinweisen, in dem ein Ennstaler Erdbeben vom September 1918 bearbeitet ist, das nicht nur in die böhmische Masse eindrang, sondern bei dem sich in der böhmischen Masse mehrere Zentren höherer Intensitäten ausbildeten; dies ist ein Beweis, daß die alpinen Beben sozusagen ein lebhaftes Echo in der alten Masse nördlich der Alpen hervorzurufen imstande sind.

Nachdem nun im allgemeinen die seismischen Verhältnisse der nordöstlichen Alpen klargestellt sind, möge kurz auf die westlichen Karpathen eingegangen werden, deren Stellung hinsichtlich der Erdbeben kürzlich von LOZINSKI besprochen wurde²⁾. Aus LOZINSKIS Darstellung, der die folgenden Angaben über das seismische Verhalten der Westkarpathen entnommen sind, geht hervor, daß die Erdbeben in diesem Gebirge in derselben Form auftreten wie in den nordöstlichen Alpen. Auch in den Westkarpathen treten gegenüber den Longitudinalbeben jene in transversaler Richtung³⁾ stark hervor; das ist dieselbe Sache wie an der Mürzlinie. Longitudinal- und Transversalbeben gehen von den Kerngebirgen aus, während die innerkarpathischen Senkungsfelder sich in seismischer Beziehung passiv verhalten; und auch die Klippenzone und die Flyschzone haben nur eine geringe seismische Erregbarkeit. Die westkarpathischen Transversalbeben zeigen in der Hinsicht sehr bedeutende Analogien zu den früher besprochenen alpinen Erderschütterungen, daß auch bei ihnen größere Teile des sudetischen Vorlandes in Mitleidenschaft gezogen werden. Nach LOZINSKI deutet diese Tatsache auf einen Zusammenhang mit den variszischen Faltungsgebieten. Zwischen den karpathischen Kerngebirgen und dem sudetischen Vor-

¹⁾ HERITSCH, Mitteilungen der Erdbebenkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien, N. F. Nr. 53, S. 31.

²⁾ GERLANDS Beiträge zur Geophysik, XII. Bd. S. 16ff.

³⁾ Ich erinnere hier nur an das von E. SUSS erörterte Beben von Sillein vom Jahre 1858.

land geht ein variszischer Untergrund durch, welcher bewirkt, daß die Transversalbeben ungehindert in das Vorland hinaustreten können. Die Verbreitung der seismischen Erregungen der Westkarpathen hängt direkt mit der Ausdehnung der Kerngebirge zusammen und endet mit diesen gegen Osten zu.

Meiner Meinung nach kann aber nicht das Vorhandensein des Kerngebirges allein die Transversalbeben erklären, sondern man muß wohl auf die Anwesenheit von transversalen, tief liegenden Störungszonen schließen, denn sonst könnten die Beben nicht einen so ausgesprochen transversalen Charakter haben. LOZINSKI hat selbst vor kurzem seine Auffassung dadurch schärfer präzisiert, daß er auf den Zusammenhang der Querbeben (z. B. Erdbeben von Sillein vom Jahre 1858) mit transversalen Elevationen hingewiesen hat; so folgte das eben genannte Erdbeben einer Elevationszone¹⁾. Ganz im allgemeinen hat LOZINSKI seiner Feststellung Ausdruck gegeben, indem er sagte: »Die stärkeren seismischen Herde finden wir an transversalen Elevationen, aber nur in den inneren Karpathen.«

Es wäre vergeblich, in den Ostalpen einen solchen Zusammenhang von Transversalbeben und Elevationszonen derzeit herauszufinden, da Elevationen bisher nicht nachgewiesen oder vielleicht auch gar nicht vorhanden sind. Eine Untersuchung in dieser Richtung wäre eine neue Aufgabe für das Studium der Erdbeben der Alpen.

Wenn wir von den Elevationen absehen, die ja vielleicht ein für Transversalbeben nicht in der Form, wie es LOZINSKI meint, wichtiger Faktor sind, so können wir feststellen, daß in dem seismischen Verhalten der nordöstlichen Alpen und der Westkarpathen eine vollständige Analogie herrscht. Das verlangt eine gemeinsame Erklärung; und diese liegt in dem gemeinsamen Untergrund, in der Annahme, daß das Hypozentrum und die böhmische Masse in direktem Zusammenhang stehen, daß in dem Untergrund transversale Störungszonen die Begründung der streifenartigen Stoßgebiete sind.

So sehr ich LOZINSKIS Auseinandersetzungen als einen wesentlichen Fortschritt hochschätze, so wenig kann mich seine Ansicht über den kryptovulkanischen Ursprung der westkarpathischen Beben befriedigen²⁾. Ich vermissе jede solche Beziehung bei den alpinen Beben; denn es kann keinem Zweifel unterliegen, daß den Beben der nordöstlichen Alpen jederlei Beziehung zu sichtbaren magmatischen Vorgängen abgeht; und das müßte doch der Fall sein, wenn für die den Erschütterungen der nordöstlichen Alpen vollkommen analogen Erdbeben der Westkarpathen eine Beziehung zu magmatischen Vorgängen zukommen würde.

Vor kurzem hat sich BRANCA, der schon früher gegen die tekto-

¹⁾ Geolog. Rundschau, Bd. IX, S. 89—91.

²⁾ Geolog. Rundschau, IX. Bd. S. 90.

nischen Beben heftige Einwendungen gemacht hat ¹⁾, dafür eingesetzt, die den tektonischen Beben zuerkannte Bedeutung erheblich einzuschränken ²⁾. Er meint, daß Beben von sicher magmatischer Natur dann vorlägen, wenn ihr Hypozentrum tiefer als 30—40 km läge, denn dort sei schon die Zone der Plastizität erreicht ³⁾. Es müßte daher das früher angeführte Erdbeben vom 1. Mai 1916, das eine von N. STÜCKER berechnete Herdtiefe von 38 km hat, ein magmatisches Beben sein. Ich halte das für zum mindesten sehr fraglich, denn ich wüßte nicht, wie man den transversalen Charakter dieses Bebens und dessen auffallende Fortsetzung nach Norden erklären soll — man müßte denn zu der unwahrscheinlichen Annahme von magmatischen Vorgängen auf einer langen, bis in das böhmische Massiv reichenden Zone greifen. Ich kann daher keinen stichhaltigen Grund finden, der gegen die tektonische Natur dieses Bebens und der anderen transversalen Erdbeben der nordöstlichen Alpen sprechen würde. Und diese Sache spricht wieder für die Auffassung der westkarpathischen Beben als tektonisch verursachte seismische Erschütterungen.

Es würde mich zu weit von dem hier zu erörternden Thema abführen, wenn ich BRANCAS sonstigen, im oben zitierten Aufsatz vorgebrachte Meinungen erörtern wollte. Ich möchte nur mit dem Hinweis schließen, daß es eine lockende Aufgabe wäre, die Erdbeben der Alpen mit Rücksicht auf die Fortsetzung der Bodenbewegungen auf die Natur ihres Vorlandes und besonders in Rücksicht auf das Verhalten der verschieden gebauten Teile der mitteldeutschen Gebirgsschwelle bei alpinen Beben zu untersuchen. — Ich möchte endlich noch anführen, daß auch in anderen Teilen des Alpengebirges Erdbeben mit einer deutlich transversalen Stoßzone auftreten. So zeigen z. B. viele (oder alle?) Agramer Erdbeben ein gegen Norden gestrecktes Schüttergebiet. Und ganz dieselbe bemerkenswerte Tatsache trat auch bei dem großen Erdbeben von Rann vom 29. Januar 1917 ein. Vielleicht ist das Auftreten der transversalen Stoßzonen ein allgemein für größere Teile unseres Kettengebirges gültiges Gesetz?

¹⁾ Siehe dazu R. HOERNES, Geolog. Rundschau, Bd. II, S. 382ff.

²⁾ Sitzungsberichte d. preuß. Akademie d. Wissenschaften, phys. math. Kl. 1917, S. 380ff.

³⁾ Nach BENNDORF, Mitteilungen d. Geolog. Gesellschaft in Wien, I. Bd., 1908, S. 341 liegt erst in 100—200 km Tiefe eine plastische Schicht. — Siehe auch den schematischen Durchschnitt in WOLFF, Der Vulkanismus, S. 31.