

Ueber den gegenwärtigen Stand
der
E r d b e b e n f r a g e .

Von

FRANZ TOULA.

Vortrag, gehalten am 23. März 1881.

In den letzten Jahren hatte ich wiederholt die Ehre vor dieser hochverehrten Versammlung über den Stand unseres Wissens zu berichten, in Bezug auf die Zustände und Vorgänge in und auf der Erde. Ich versuchte es zuerst, die über die Beschaffenheit des Erdinneren bestehenden verschiedenen Ansichten klar zu machen und kritisch zu beleuchten (1876), präcisirte sodann unsere Vorstellungen über den Bau und die Entstehung der Gebirge (1877), suchte das Wesen des Vulkanismus darzulegen (1878) und besprach endlich die Erscheinungen und Vorgänge, welche wir unter der Bezeichnung „die säcularen Hebungen und Senkungen“ zusammenfassen (1880). Als Schlussglied dieses Vortrags-Cyclus gedachte ich einen Blick zu werfen auf den Stand unserer Erkenntniss in Bezug auf die Erdbebenfrage, und schon im October vorigen Jahres wurde ein Vortrag über dieses Thema in das Programm unserer Vorträge aufgenommen.

Dies geschah also vor dem Eintritte der verhängnissvollen Katastrophe vom 9. November 1880, durch welche eine der blühenden Provinz-Hauptstädte unseres weiten Vaterlandes so arg geschädigt

wurde. Durch dieses Ereigniss ward eine Hochfluth der Discussion der Erdbebenfrage hervorgerufen, so dass ich mir allen Ernstes die Erwägung vorhielt, ob es nicht besser wäre, meinen Vortrag zu unterlassen. Die entgegengesetzte aufmunternde Meinung verehrter Freunde liess mich jedoch den Muth finden, meinen nun einmal angekündigten Vortrag zu halten, selbst auf die Gefahr hin, dass mir die vorwurfsvollen Worte zugerufen werden sollten: „Erdbeben, nichts als Erdbeben.“

Ganz unbedeutend war die Erschütterung die in Wien, am 9. November vorigen Jahres, um 7 Uhr 36 Minuten 11 Secunden verspürt wurde*): Uhren blieben stehen und ein Gepolter schreckte uns etwas auf, ohne dass wir etwas Aergeres ahnten oder fürchteten. Doch kamen bald Hiobsnachrichten aus den südlichen und südöstlichen Provinzen unseres Vaterlandes und vor Allem aus Agram kam eine Schreckenskunde. Dort hatte um 7 Uhr 34 Minuten 15 Secunden — der Zeitpunkt lässt sich mit gleicher Sicherheit wie für Wien kaum fixiren — ein heftiges Erdbeben stattgefunden **). Die Stadt hüllte sich

*) Nach der vom Herrn Ministerialrathe Herr an Hofrath v. Hochstetter gemachten Mittheilung (Vortrag v. Hochstetter's „Ueber Erdbeben“, „Monatsberichte des wissenschaftlichen Club“, Beilage zu Nr. 3) = 7 Uhr 34 Minuten 42 Secunden Agramer Zeit.

***) Als richtiggestellte Zeitangabe für den Eintritt des ersten heftigsten Stosses in Agram wird 7 Uhr 33 Minuten 53 Secunden angegeben, woraus ein Zeitunterschied von

nach dem ersten Stosse, der von einem donnerähnlichen Getöse begleitet war, in eine Staubwolke, zahlreiche Häuser stürzten zum Theil ein oder wurden dem Einsturze nahe gebracht. Vor Allem waren es die Giebelmauern und Schornsteine, welche zerstört wurden; nahezu 2000 Häuser wurden so mehr oder weniger beschädigt. Panischer Schrecken bemächtigte sich der Bewohner der schönen Hauptstadt Kroatiens. Tausende von Menschen verliessen die Stadt.

Sehr arg, ja im Verhältniss noch viel ärger als in der Stadt, sah es in den Dörfern und Märkten, sowie in den zahlreichen Edelsitzen und Schlössern im Agramer Gebirge aus.

Jeder neue Tag brachte neue, bald leichtere bald stärkere, freilich aber immer nur schwächere Erschütterungen im Vergleiche mit dem ersten Stosse, so dass die armen Menschen gar nicht zur Ruhe kommen konnten. Eine nicht zu beschreibende Angst hatte sich der Agramer Bevölkerung bemächtigt, die noch vermehrt wurde, als es hiess, nahe bei der Stadt, bei Resnik an der Save, habe sich auf einer langen Spalte ein Vulkan zu bilden begonnen.

Man verwechselte mechanisch hervorgepressten Schlamm mit vulkanischen Erscheinungen — ja, um 49 Secunden für die Fortpflanzung von Agram nach Wien sich ergäbe. Daraus würde eine mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Betrage von circa 5500 Meter pro Secunde resultiren, welche noch immer die bisher experimentel gefundenen Werthe (s. weiter unten) um das Zwei- bis Dreifache übertreffen würde.

zu beruhigen, wurde die Parole ausgegeben, das sei eben das Gute, damit sei ja das bekannte Sicherheitsventil geöffnet und somit die Gefahr beendet. Ein anderer vielgenannter Publicist verkündete mit voller Sicherheit, der Schlot von Agram habe sich bereits geöffnet und aus diesem Grunde könne von einem stärkeren Stosse keine Rede mehr sein. Nichtsdestoweniger war auch 10 Tage nach dem Ereignisse die ganze Stadt noch in grösster Aufregung.

Als wir (Herr Prof. Ržiha und ich) am 19. November in die Stadt fuhren, wunderten wir uns nicht wenig, über das langsame Imschrittfahren unseres Kutschers; er durfte nicht anders, jedes Wagenrasseln erschreckte die Menschen, und sie sollten ja endlich Ruhe finden. Die Stadt machte auf den ersten Blick keinen allzu auffallenden Eindruck. Die Schornsteine waren überall neu gebaut oder im Bau begriffen, die Schuttmassen hinweggeräumt, Alles wieder äusserlich thunlichst nett und sauber. Aber innen in den Häusern und Kirchen sah es wohl allenthalben recht gruselig aus. Als eine bemerkenswerthe Thatsache sei übrigens angeführt, dass in der Miesnicka Ulica (Fleischhauergasse), die sich in nordsüdlicher Richtung den Bergabhang hinaufzieht, die hohen aber solid gebauten Häuser wenig oder fast gar nicht gelitten haben.

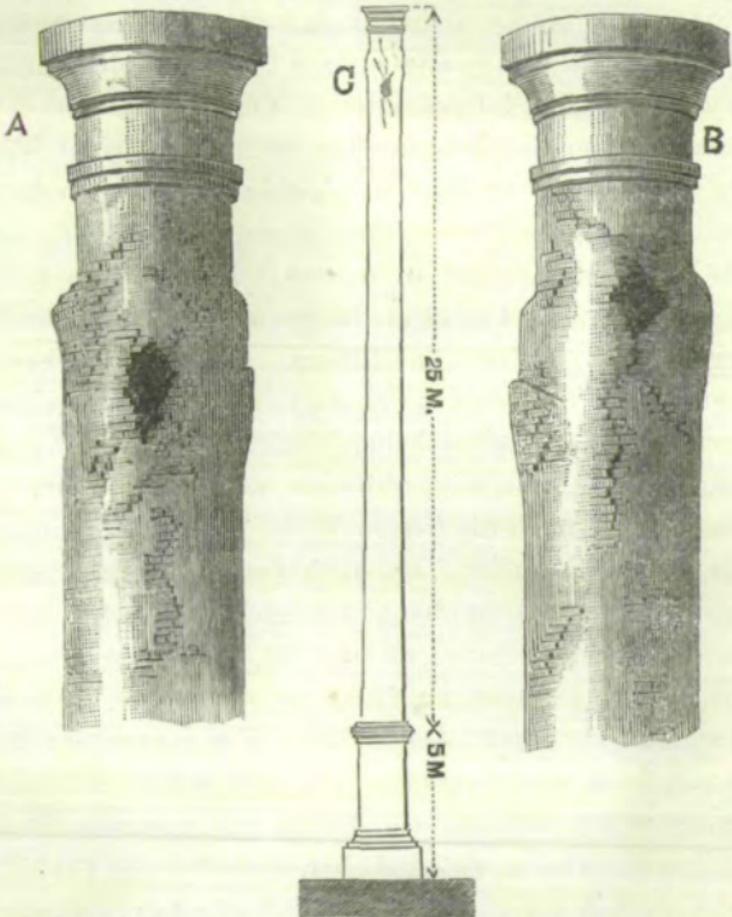
Aus dem Wirrsal von Rissen, die nach allen Richtungen hin die Mauern durchzogen, aus den herausgeschleuderten Giebelfeldern, die in nebenein-

ander stehenden Häusern einmal nach Nord, beim zweiten nach Süden gefallen waren, und nach all' den Zerrüttungen, wird es uns schwer möglich werden, zu einem sicheren Resultat in Bezug auf die Richtung zu gelangen, aus welcher der Stoss kam. Eines der interessantesten Objecte auf das ich Ihre Aufmerksamkeit lenken möchte, bringt das umstehende getreue Bild zur Anschauung: den hohen, vollkommen frei stehenden Dampfschornstein der Grahov'schen Ziegelei in Agram. Ich liess es nach den von Herrn Professor Ržiha an Ort und Stelle angefertigten Skizzen ausführen. Die vier hochaufragenden, freistehenden Schornsteine, die sich an der Peripherie der Stadt erheben, lockten uns vor Allem zum Besuche, da wir schlossen, an diesen Objecten müssten sich noch die besten Wahrnehmungen machen lassen. Wir besuchten sie auch der Reihe nach alle. Der Schlot der Dampfmühle neigte etwas (etwa 18'') gegen Süd und hatte an der Südseite, im oberen Drittel, einen tüchtigen Riss, so als wäre versucht worden, ein Stück des Cylinders herauszubrechen.

Aus dieser Neigung nach Süd würde man auf einen im Allgemeinen von Süden gekommenen Stoss schliessen. Viel eigenthümlicher sind aber die Verhältnisse an dem zuerst angeführten Schornsteine. Derselbe ist circa 30^m hoch, hat kreisförmigen Querschnitt und ist im unteren Theile vollkommen intact. Erst ganz oben ist er, u. zw. etwas unter dem ganz wohl erhaltenen obersten Stücke, in der sonderbarsten Weise zerstört;

zahlreiche Risse durchziehen, besonders an der süd-
östlichen und nordwestlichen Seite, das Gemäuer und

Fig. 1. Schornstein der Grahov'schen Ziegelei in Agram.



A Ansicht von NW. B Ansicht von SO. C Der Schornstein im Ganzen.

weite Spaltenlöcher klaffen, so dass man von unten
durch den Schlot hindurchblicken kann, dabei sind
Theile des Mauerwerkes hervorgetrieben. Das ganze

Verhalten ist so, als wenn man versucht hätte, den oberen Theil des Schornsteines zu drehen, wie man denn in der That, nach Vergleich mit den von Daubrée studirten Torsions-Erscheinungen versuchen könnte, diese eigenartige Bildung durch Torsionsspannung zu erklären; eine solche könnte ganz wohl durch einen Stoss, etwa aus Südwest, der eine Drehung des über einem quadratischen Unterbau sich erhebenden Schlotcs auszuführen suchte, hervorgerufen worden sein.

Zu den gewiss merkwürdigsten Beobachtungen gehören in dieser Beziehung die von Kramberger und Pexidr auf den Friedhöfen nachgewiesenen Verschiebungen der Grabsteinplatten, welche um $10-25^{\circ}$ von Nord nach West gedreht erscheinen, was man gleichfalls auf einen aus Südwest kommenden, schräg von unten nach oben wirkenden Stoss zurückführen kann (was durch analytische Behandlung des Falles durch Herrn Professor Finger auch bestätigt wurde). Derartige Drehungs-Vorgänge haben, wie gleich an dieser Stelle angeführt sein mag, in früherer Zeit die Meinung aufkommen lassen, dass es in der That „rotatorische oder drehende“ Erdbeben gebe. In allen Fällen kann man aber drehende Bewegungs-Erscheinungen auch durch geradlinige Stösse ganz ähnlich so erklären, wie es im Vorstehenden versucht wurde.

Es würde mich viel zu weit führen, wollte ich noch länger bei Agram verweilen; wir dürfen über dieses Erdbeben ausführliche Darlegungen erwarten, da ja von Seite der kaiserl. Akademie Dr. Wähler

mit dem eingehenden Studium an Ort und Stelle be-
traut wurde und sein Bericht wohl in naher Aussicht
steht. Für uns handelt es sich um allgemeinere Dar-
legungen.

Dass unsere so starr und unbeweglich erschei-
nende Erdoberfläche, die wir mit Vorliebe die Erd-
feste nennen, durchaus den Anforderungen, die wir
in dieser Beziehung an sie stellen möchten, nicht
entspricht, sondern sogar überaus häufig Bewegungs-
erscheinungen zeigt: Stösse und durch diese erzeugte
Wellenbewegungen, die wir als Erdbeben zu be-
zeichnen pflegen, ist eine allbekannte Sache. Die
Mannigfaltigkeit der dieselben begleitenden Erschei-
nungen ist eine überaus grosse und diese verlangen
immerhin eine eingehendere Betrachtung, um sie
richtig aufzufassen und ihre Ursachen zu erkennen.

Im Nachfolgenden werde ich zuerst versuchen,
in aphoristischer Weise, den Stand der Erdbebenfrage
in Bezug auf die Bestimmung und Deutung der
dabei in's Gewicht fallenden Thatsachen zu be-
sprechen. Es sollen in Kürze Betrachtungen über
die Ausdehnung des Schüttergebietes, über die Ueber-
tragung der Folgen von Erdbeben durch Meeresfluth-
wellen, über die Dauer der Erschütterung und über
die, die Erdbeben begleitenden Schallphänomene an-
gestellt werden.

Sodann werden wir die Ergebnisse der Erdbeben-
statistik etwas eingehender in Betracht ziehen, weil

uns dieselbe Thatsachen von hoher Wichtigkeit erkennen lässt. — Hierauf mögen die Mittel besprochen werden, welche uns die Erdbeben-Elemente: Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Richtung des Stosses, Ausgangsort des Bebens, finden lassen sollen, und schliesslich soll die geographische Vertheilung der Erdbeben in's Auge gefasst werden. Im zweiten Theile meines Vortrages sollen sodann verschiedene Meinungen über die Ursachen der Erdbeben kritisch erörtert werden. —

Wie weit sich die Erschütterung eines Krustentheiles unserer Erde durch Fortpflanzung in den benachbarten Krustentheilen fühlbar macht, das ist bei verschiedenen Beben überaus verschieden, und wir kommen damit sofort auf eine der wichtigsten Unterscheidungen zu sprechen. In dem einen Falle können weite Flächenräume in Mitleidenschaft gezogen werden, wie zum Beispiel bei dem verheerenden Beben von Lissabon am 1. November 1755, wo sich das Schüttergebiet bis weit über Wien und Prag hin erstreckte und die Erschütterung auch in Schottland, Dänemark und Norwegen fühlbar wurde. Als ein Beben mit grösserem Umfange des Schüttergebietes kann aber auch das Agramer Erdbeben angeführt werden. Als äusserste Punkte der Erschütterung wurden angegeben: im Norden Wien und Krems (Budweis?), im Osten Pest und Essegg (jenseits der Donau wurde auch Szegedin genannt) im Süden Serajevo und Pola, im Westen Görz und Klagenfurt, ja sogar noch Padua,

und auch in Rom verzeichnete der Seismograph diese Erschütterung, woraus sich ein Erschütterungsgebiet von unregelmässig elliptischem Umriss und 60—80, ja mit Einschluss von Rom, von mehr als 100 deutschen Meilen Durchmesser ergeben würde, wobei die grössere Achse von Südsüdwest nach Nordnordost gerichtet ist.

In anderen Fällen hingegen sind die Erschütterungen ganz local, wie bei dem jüngsten Beben, durch das am 4. Februar 1881 Casa micciola, dieser früher so reizende Ort, in einen Trümmerhaufen verwandelt wurde.

Eine der merkwürdigsten und unter Umständen auch verheerendsten Erscheinungen, die in Folge von Erdbeben eintreten, sind auf jeden Fall die dadurch erregten Fluthbewegungen des Meeres, durch deren weite Verbreitung die Wirkung des Bebens der Kruste, weit über den in Bewegung versetzten Krustentheil hinausgreifend, auf die fernsten Küstenpunkte übertragen wird. Solche Flutherscheinungen wurden von Hofrath v. Hochstetter in einer Reihe von Publicationen — („Das Erdbeben vom 13. August 1868 und die Erdbebenfluth im pacifischen Ocean“ in den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften, LVIII. und LX. Band) — ausführlichster Betrachtung unterzogen, und gefunden, dass die Geschwindigkeit der durch Erdbeben erzeugten Fluthwellen übereinstimmt mit jener der lunaren Fluthwelle.

Neuerlich (Petermann, Geograph. Mittheil. 1877, S. 454) hat auch Herr Dr. E. Geinitz eine ähnliche Arbeit über die durch das Erdbeben von Iquique vom 9. Mai 1877 erzeugte Fluthwelle im pacifischen Ocean veröffentlicht. Auch bei dieser Gelegenheit waren die, durch das, wenige Minuten nach dem ersten Erdbebenstosse eintretende, bis zu 20 Meter Höhe ansteigende mächtige Anschwellen des Meeres erzeugten Zerstörungen und Verwüstungen fürchterlicher, als die durch das Erdbeben selbst angestifteten. Die von Hochstetter gefundene Geschwindigkeits-Uebereinstimmung in Bezug auf die entstehende Fluthwelle wurde bestätigt. Die Geschwindigkeit ist von der Meerestiefe abhängig und variirt zwischen 514 und 680 Fuss engl. pro Secunde. Auch 1868 war zuerst eine mächtig ansteigende Fluthwelle, die gegen das Land eindrang, beobachtet worden. Andererseits hat man aber auch ein vorhergehendes Zurückziehen des Meeres von den Küsten und ein nachheriges Anstürmen und Ueberfluthen zu beobachten und zu erleiden Gelegenheit gehabt. Diese durch Erdstösse erzeugten Meeresfluthwellen tragen wie gesagt die Wirkungen der Stösse in die weitesten Fernen. Beim Beben von Lissabon ward das ganze Tiefbecken des nördlichen atlantischen Oceans in Mitleidenschaft gezogen und wenn auch auf hoher See verhältnissmässig wenig davon wahrzunehmen war, an den Ufern waren die Folgen in den verheerenden Ueberfluthungen nur zu deutlich erkennbar, sowohl an den westindischen

Inseln und an den Küsten der Vereinigten Staaten und Labradors, als auch an jenen von Britannien, Norwegen und Dänemark.

Das anfängliche Zurückziehen des Meeres von den Ufern möchten sich Manche durch plötzliche Senkungen im Bereiche eines untermeerischen Senkungsfeldes erklären. Dabei wird aber dann wieder die Erklärung der so überaus mächtig ansteigenden Welle erschwert. Durch eine einfache Senkung des Bodens wird man da wohl nicht zum Ziele kommen können. Die Frage, so einfach sie zu sein scheint, ist noch lange nicht entschieden gelöst.

Was die Dauer der Erderschütterung an den einzelnen Orten anbelangt, so ist dieselbe trotz der oft so entsetzlichen Wirkung eine ungemein kurze, d. h. das ganze Ereigniss des Hauptstosses spielt sich in wenigen Secunden ab. Freilich wiederholen sich in vielen Fällen die Stösse oft noch monatelang nach dem Eintritte der durch den ersten, heftigsten Stoss hervorgerufenen Katastrophe. Ein Beispiel dieser Art liefert uns auch das Agramer Beben, welches auch heute noch nicht vollkommen abgeschlossen zu sein scheint, haben uns doch die Zeitungen vom 22. März von neuerlichen Erschütterungen gemeldet. Die Gesamt-Anzahl der Stösse ist in diesem Falle eine schon sehr beträchtliche. Es ist dies aber durchaus nichts Aussergewöhnliches, denn es ist ja, um ein anderes Beispiel anzuführen,

bekannt, dass das Beben von Visp im Wallis, am 25. Juli 1855, mit dem Hauptstosse, der sich bis Paris fühlbar machte, eingeleitet, erst im Jahre 1857 vollkommen zur Ruhe kam. Hier könnte auch das Karst-Erdbeben von Klana (1870) erwähnt werden, wobei schon am 27. Februar 1870 die ersten leichten Erschütterungen wahrgenommen wurden. Die Haupterschütterung aber, welche die vielen erhobenen Schäden und Verwüstungen, fast ohne Ausnahme, verursacht hat, erfolgte in diesem Falle erst am 1. März um 8 Uhr 57. Minuten Abends. Der letzte schwache Erdstoss wurde in Klana aber am 8. Juli 1870 Nachmittags beobachtet. Wir haben also auch hier ein Beben von längerer Dauer, bei welchem, was besonders hervorgehoben zu werden verdient, der Hauptstoss nicht der erste war*).

Die Anzahl der Stösse war bei manchen Beben eine ganz besonders grosse; als Beispiele seien in dieser Beziehung weiters erwähnt: Das Erdbeben von Cumana (21. October 1766), wo nach Alexander v. Humboldt's Angaben nach dem Hauptstosse noch 14 Monate lang ein Erzittern der Erde erfolgte; nach der Hauptkatastrophe von Lissabon (1. November 1755) folgten noch bis zum 18. November 22 mehr oder minder starke Stösse und am 9. December folgte ein Beben, das dem ersten Stosse nur wenig nachgab; in Messina zitterte (nach Spa-

*) D. Stur, Das Erdbeben von Klana im Jahre 1870. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1871. S. 231—264.

anzani) der Boden vom 5. bis zum 7. Februar (1783) fast ununterbrochen, dann folgte wieder ein heftiger Stoss und in der folgenden Zeit wiederholten sich Erschütterungen fast täglich, bis am 28. März ein abermaliger heftiger Stoss auftrat, der sehr vielen Schaden angerichtet haben würde, „wenn nicht schon Alles in Trümmern darnieder gelegen hätte“, erst nach einem Jahrzehnt verloren sie sich gänzlich. Zu Montelone in Calabrien fanden im Jahre 1783 (nach Pignataro) 949 Stösse statt, wovon 98 von ernster Bedeutung waren; auf Jamaica (Hauptstoss am 7. Juni 1692) hielten die heftigen Erschütterungen noch 13 Tage an und wiederholten sich täglich fünf- bis sechsmal; auch zu Caracas (zerstört am 26. März 1812) zählte man anfänglich bis 15 Stösse am Tage, bis zum 5. April. Zwei volle Jahre währten endlich die Stösse — (December 1811 bis December 1813) — im unteren Theile der Thäler des Mississippi, Arkansas und Ohio, welche besonders an der Westseite des Alleghani-Zuges ausnehmende Stärke hatten. An einigen Punkten traten sie fast regelmässig von Stunde zu Stunde ein, und wanderte der Hauptschauplatz regelmässig das Mississippithal hinauf, allmählich von Süd nach Nord weiter.

Friedrich Hoffmann hat sich in dieser Beziehung ganz zutreffend ausgesprochen, indem er sagt (Hinterlassene Schriften. II, 332): „Es gehört unstreitig zur Charakteristik der Erdbeben, dass, so vorübergehend

auch das Auftreten ihrer Wirkungen ist, sie dennoch da, wo sie einmal begonnen haben, gewöhnlich nicht sobald aufhören. Wir haben kein Beispiel irgend eines bedeutenden Erdbebens, auf welches dieser Ausspruch sich nicht im vollsten Sinne anwenden liesse; bei allen wiederholten sich die Stösse nach dem ersten Erscheinen mehr oder minder häufig, entweder successive abnehmend mit der Zeit, oder sich wechselweise verstärkend oder schwächend, in mehrfacher Wiederkehr."

Erwähnt seien hier auch die viele Beben begleitenden Schallphänomene. Sie werden recht verschieden angegeben, zumeist aber ist es ein donnerähnliches Rasseln und Poltern, das aus der Tiefe empordringt. Auch während des Agramer Bebens wurde es wahrgenommen und zwar in recht auffallender Weise. Auffallend darum, weil die Orte, aus welchen Schallwahrnehmungen gemeldet wurden, bezeichnend genug, auf der sehr schmalen, elliptischen Längszone gelegen sind, welche sich von Klagenfurt über Hrastnigg und Cilli, durch das Agramer Gebirge einerseits nach Kreuz, andererseits aber bis Berbir an der bosnischen Grenze verfolgen lässt. Die Achse dieser ungemein langgestreckten Ellipse verläuft normal auf der als vorherrschend angegebenen Stossrichtung und auf der grossen Achse des Schüttergebietes, und folgt nahezu parallel der Längenerstreckung des Savethales.

In Bezug auf die Schallwahrnehmungen sei auch auf die von A. v. Lasaulx (Erdbeben von Herzogen-

rath am 24. Juni 1877) gefundenen Ergebnisse hingewiesen. Er sagt, dass der die Erschütterung begleitende Schall in der Nähe des Oberflächenmittelpunktes der Erschütterung vorausging, in grösserer Entfernung davon aber nachfolgte, woraus sich für den Schall ein grösseres Mass der Dämpfung oder Verzögerung ergibt, als für die Bewegung. In derselben Schrift wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erschütterung zu 474.83^m in der Secunde, jene des Schalles aber zu 485.96^m per Secunde angegeben. (Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft = 332.15^m in der Secunde).

In Bezug auf die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erderschütterungen verdanken wir in neuerer Zeit eine ausführlichere Arbeit Herrn General H. L. Abbot (Amer. Journal of Sciences, Ser. 3, Vol. XV., Nr. 87, S. 178). Derselbe nahm bei Hallet's Point, in der Nähe von New-York (im Jahre 1876), Felsensprengungen mittelst etwa 50.000 Pfund Dynamit vor.

Er fand damals in verschiedenen Richtungen Geschwindigkeiten zwischen 3873 (1181 M.) und 8300 Fuss engl. (2531.5^m) pro Secunde und kam bei späteren Versuchen mit kleineren Dynamitmengen im Allgemeinen auf ähnliche Ergebnisse. Immerhin ist eine sehr auffallende Beobachtung jene, wonach mit 70 Pfund Dynamit, in derselben Entfernung, einmal eine Geschwindigkeit von nur 1240 Fuss, in zwei anderen Fällen aber 5559 und 8415 Fuss pro

Secunde sich ergab; dabei war das erstemal die betreffende Ladung nur 5 Fuss tief versenkt und betrug die Dauer der Erschütterung nur einen Moment, im zweiten und dritten Falle war die Ladung 30 Fuss tief versenkt und währte die Erschütterung in dem zweiten Falle 4·8 Secunden, im dritten Falle aber 15·1 Secunden.

Die Ergebnisse lassen sich nach Abbot in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Je heftiger der erste Stoss ist, desto grösser ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

2. Die Geschwindigkeit nimmt ab, je weiter die Welle vorrückt.

3. Die Bewegungen der Oberfläche der Erdkruste sind complicirt und bestehen aus vielen kurzen Wellen, die an Schwingungsweite (Amplitude) erst zu- und dann abnehmen.

Es sind dies Gesetze, welche ähnlich so auch für vollkommen elastische Körper gelten.

Es weichen diese Angaben wesentlich ab von jenen, welche Rob. Mallet viel früher gefunden hatte. Dessen Angaben lauten:

In Sand beträgt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erderschütterung 825 engl. Fuss (251·5 m.), in sehr zertrümmertem

Granit 1306 engl. Fuss (398 m.),
in festem Granit . . 1665 engl. Fuss (507·5 m.).

Julius Schmidt hatte für das rheinische Erdbeben vom 29. Juli 1846 1376 Pariser Fuss pro

Secunde gefunden, für jenes von Lissabon (1. November 1755) aber, nach freilich etwas weniger genauen Angaben, auf eine mehr denn fünfmal grössere Fortpflanzungsgeschwindigkeit geschlossen, u. zw. auf 7464 Pariser Fuss. Mitchell hat für dieses letztere Beben dagegen nur 4170 Pariser Fuss berechnet. (Humboldt, Kosmos IV. S. 227 und S. 494). Auf jeden Fall kommen diese beiden letzteren Angaben den von Abbot beobachteten Geschwindigkeiten näher.

Dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von der Beschaffenheit der den Stoss fortpflanzenden Masse abhängt, das geht schon aus den Mallet'schen Zahlen hervor. Aber auch die Ergebnisse der Erdbeben-Monographien zeigen dies recht klar. So kann es uns auch beispielsweise das Beben auf der „galizischen Masse“, d. h. auf dem tafelartigen Untergrunde, der oberflächlich aus jüngeren Ablagerungen bestehenden Ebenen Galiziens beweisen, welches von Herrn Professor Dr. Felix Kreuz in Karte gebracht, bei Kamionka, nordöstlich von Lemberg, seinen Oberflächen-Mittelpunkt hatte und sich von dort aus, mit ziemlicher Gleichförmigkeit in der Abnahme, über die Ebene hin verbreitete, bis es am Fusse der Karpathen zur Ruhe kam. (M. Vergl. Nr. II auf Tafel II). Prof. Suess hat solche einfach verlaufende Erschütterungen „diffuse Beben“ genannt.

Wäre das die Erdbebenwelle fortpflanzende Medium vollkommen elastisch, so müsste die Abnahme der Stärke der Erschütterungen nach dem

Quadrate der Entfernung vom Erdbebenherde erfolgen. In Wirklichkeit verhält es sich damit aber recht verschieden: in manchen Fällen geht diese Abnahme viel rascher vor sich, in anderen dagegen, in Folge der die Elasticitätsgrenze weit übersteigenden Kraftäusserung sogar langsamer als in elastischen Medien.

Wir haben uns den Vorgang etwa so vorzustellen: In Folge der Erschütterung entsteht eine flache, breite Welle, welche sich vom Ausgangspunkte nach allen Seiten hin fortpflanzt, mit Geschwindigkeiten, die verschieden sein werden je nach der Beschaffenheit des fortpflanzenden Mediums. Dass diese Erdbebenwellen der Reflexion und Brechung, ja sogar der Interferenz unterworfen sind, ähnlich so wie die Schallwellen, das wurde schon von Alexander v. Humboldt erwähnt und als zu Recht bestehend erkannt. Diese Erwägung lässt es zum Theil erklärlich finden, dass in gar vielen Fällen die Angaben über Stossrichtungen in demselben Schüttergebiete überaus verschiedenartig lauten können.

Die Bewegungserscheinungen geben sich hauptsächlich an der Oberfläche kund. — Wir haben also eine zweifache Bewegung zu unterscheiden: erstlich die der grossen fortschreitenden Haupt-Welle, und zweitens jene der Oberflächen-Wellen, welche in den verschiedensten Abstufungen beobachtet worden sind, von leichten Erzitterungen des Bodens bis zu den fürchterlichsten Paroxysmen.

Einmal klirren nur die Fenster und bewegen sich Hängelampen, das anderemal fallen alle Schornsteine zum Opfer, oder es hebt und senkt sich der Boden, so das die Mauern Risse und Sprünge bekommen, Spalten weit aufklaffen und sich wieder schliessen, oder der Erdboden emporgedrängt wird, Quellen versiegen (d. h. abgelenkt werden) und Flussläufe abgesperrt und zu Seen aufgestaut werden.

Zuweilen wird auch Wasser oder Schlamm hervorgepresst, so dass, wie am Babakai-Felsen bei Moldawa im Banate, vorübergehende Wassersprudel entstehen oder, wie bei Resnik im Save-Inundationsgebiete, der aus Spalten aufsteigende Schlamm förmliche kleine Kegel, niedere Schlammvulkane, bildet. (Diese Sandschlamm-Auswürfe hat Herr Gustav Pexidr nachträglich beschrieben und abgebildet. Agram 1880.) Dass die erregte Phantasie mit Entsetzen darin Vulkane in Entstehung begriffen sah, oder Andere wohl gar von geöffneten Sicherheits-Ventilen faselten, braucht uns dabei nicht Wunder zu nehmen.

Die leisen wellenförmigen Schwankungen („moto undulatorio“) steigerten sich bei manchen Beben, wie beispielsweise bei jenen verheerenden Vorgängen in Calabrien, so weit, dass die Bäume Bewegungen vollführten wie schwanke Halme im Sturme.

Ganz anders ist es dagegen an jenem Punkte, wo der Stoss zuerst die Oberfläche erreicht, „dem Epicentrum“, vertical über dem „Erdbebenherde“. Hier vollzieht sich eine von unten nach oben ge-

richtete „aufstossende Bewegung“ („moto succusorio“), die die Gegenstände: Häuser und Berge, Menschen und Vieh, in die Luft fliegen macht. Wie wir uns die Drehungserscheinungen zu erklären haben, dessen wurde schon gedacht. —

Eines der wenigen Hilfsmittel, die wir besitzen, um wirklich mit Aussicht auf einigen Erfolg an die Erdbeben-Frage heranzutreten, ist die Erdbeben-statistik; das wurde schon gar frühzeitig erkannt.

Es seien in dieser Beziehung erwähnt; die zwei-bändige Chronik der Erdbeben und Vulkanausbrüche von K. v. Hoff (1840 und 1841), sodann der Erdbeben-Katalog von J. W. und Rob. Mallet (Earthquake Catalogue. London 1858), welcher die Erdbeben von 1606—1858 umfasst, und die Publicationen von A. Perrey über die Erdbeben, welche in der Zeit von 1844—1874 erschienen sind.

Lassen Sie uns, um diese hochwichtige Frage etwas eingehender zu erörtern, vorerst einen Blick werfen auf die Erdbebenstatistik einer fünfjährigen Periode aus den letzten Jahren, wobei wir uns als Quelle an die Darstellungen halten wollen, welche Herr Dr. C. W. C. Fuchs uns alljährlich in Tschermak's mineral. Mitth. bietet.

1872 (1873, S. 107 ff.):

Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni
16	4	10	12	7	1
Juli	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
7	4	3	4	7	1
Summa 76.					
35					

Keines der Erdbeben von 1872 war von längerer Dauer. Am heftigsten waren in diesem Jahre die Erdbeben in Californien (Ende März) und in Kleinasien (3. April); bei letzterem traten die ersten Stöße um 7 Uhr Früh ein, allein so lange die Bewegung wellenförmig war, schadeten sie nichts, erst als die senkrechten Stöße begannen, wurden die Folgen verheerend. Das Beben von Südost-Californien (Lone Pine District) war von Senkungen des Bodens und der Bildung von meilenlangen Bodenrissen begleitet. Es währte (mit mehreren hundert Stößen) bis Mitte April. „Die Arbeiter unter der Erde (in den Erzgruben) merkten von den heftigen Stößen nichts.“

In diesem Jahre erfolgte auch ein Beben in Mitteldeutschland, wovon auch Berlin noch mit berührt wurde. Dresden, Leipzig, Prag, Breslau, Hannover, Giessen, Stuttgart, München, Regensburg wurden mit betroffen. Es war ein wellenförmiges Beben mit zwei oder drei stossartigen Erscheinungen.

1873 (l. c. 1874, S. 67 ff.):

Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni
20	8	12	6	3	5
Juli	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
16	8	8	22	14	5

Summa 127.

Von 113, deren Zeitangabe präciser ist, entfallen:

79 auf die Dauer der Nacht,
34 auf den Tag;

unter den ersteren sind viele schwache Beben, unter den letzteren fast nur stärkere Stöße.

Fuchs sagt daher wohl mit vollem Rechte, dass es keinem Zweifel unterliege, „dass die Erderschütterungen nur deshalb Nachts häufiger vorzukommen scheinen, weil in dem Geräusch und Lärm des Tages die leisen Schwankungen des Bodens der Beobachtung entgehen“.

Es würden von den einzelnen Beben vielleicht jene von Arequiba (am 10. Juni) und von Belluno am 29. Juni als besonders verheerend hervorzuheben sein. Im Juni und Juli erfolgten Senkungen des Bodens zwischen Chiese und Inrighe, welche sich mit wechselnder Intensität vollzogen.

1874 (l. c. 1875, S. 57 ff.):

Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni
12	15	12	11	9	7
Juli	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
5	13	9	9	11	10

Summa 123.

Darunter wird unter anderen eines in der Kohlenmulde von Aachen registriert. Von sicher vulkanischen Beben führt Fuchs an: die Erschütterungen am Aetna, am Vesuv, am Ruwang u. a. Erdsenkungen im Betrage von drei Klaftern, verbunden mit unterirdischem Getöse, wurden in Rumänien (Dorf Dezoin im Bezirke Romnico-Volca) beobachtet.

Erderschütterungen von ganz geringer Verbreitung wurden beobachtet auf der Höhe der Diablerets am

Genfer See (10. August) und auf dem Gipfel des Pic du Midi in den Pyrenäen, wo starke Erschütterungen wahrgenommen wurden, ohne dass in den benachbarten Thälern die geringste Erdbewegung verspürt worden wäre.

Belluno wurde auch in diesem Jahre an vier verschiedenen Tagen (31. Januar, 26. März, 9. April, 10. Juni) erschüttert.

1875 (l. c. 1876, S. 76 ff.):

Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni
15	7	12	7	9	10
Juli	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
6	5	3	2	9	12

Summa 97.

Interessant ist dabei der Zusammenhang der unteritalienischen Beben mit der vulkanischen Thätigkeit des Vesuv, indem sie immer an solchen Tagen eintraten, an welchen auch die Thätigkeit des Vesuv an Energie zunahm. Aehnlich so verhielten sich auch Beben am Aetna, auf Hawai, Neu-Seeland, auf Island und in Mexico.

Auf sicher nicht vulkanische Ursachen sind dagegen gleichfalls viele zurückzuführen, z. B. ein Beben bei Ronsdorf (Rheinprovinz), welches auf ganz kleine Räume sich beschränkte und von Spaltenbildungen begleitet war.

Auch das voigtländische Erdbeben am 23. November 1875 ist sicherlich kein vulkanisches Beben.

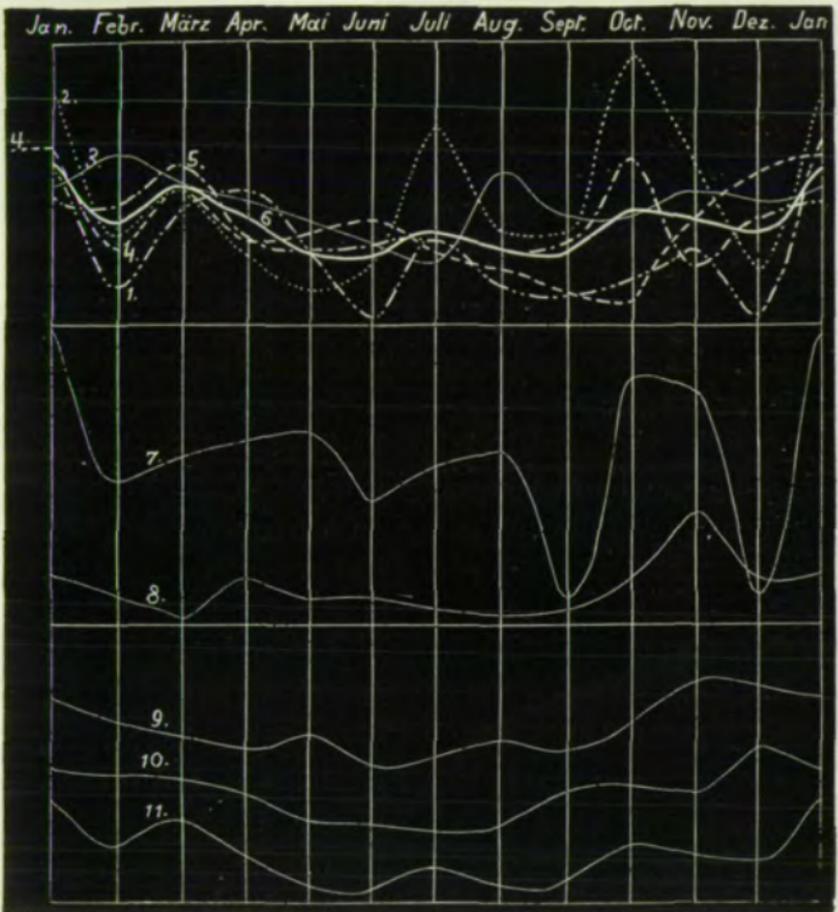
1876 (l. c. 1877, S. 83 ff.):

Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni
10	10	14	8	7	7
Juli	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
8	5	7	14	5	9

Summa 104.

Hervorzuheben sind nach Fuchs die leichten Bodenbewegungen bei Essen a. d. Ruhr, welche sich auch schon in einer Reihe von vorhergehenden Jahren vollzogen hatten (1867, 1868). Sie werden auf Vorgänge in dem Kohlenfelde zurückgeführt; ob nun gerade wie Fuchs meint chemische Veränderungen in den Kohlen die mechanischen Veränderungen (Verwerfungen, Senkungen oder Knickungen) veranlassten, mag dahin gestellt bleiben. In dieses Jahr fällt auch eine neuerliche Erschütterung von Wien. (Wurde früher erheblich erschüttert in den Jahren 1201, 1267, 1348, 1443, 1590, 1690, 1763, 1766, 1774, 1794, 1838, 1873. Ein ausführliches Verzeichniss gibt Suess in seiner Arbeit über die niederöstr. Beben.)

In beistehender genauen graphischen Darstellung (Curve 1—6) habe ich für diesen beliebig gewählten Zeitabschnitt die gegebenen Daten in ein Bild gebracht, um in Bezug auf die Erdbebenstatistik eine kleine Probe vorzunehmen. Vergleicht man dieselbe mit der von Perrey gegebenen Curve für die 3249 Erdbeben Europas in der Zeit bis 1849, sowie mit der Curve, welche Volger für 1230 Erdbeben der Schweiz erhielt (Curve 9, 10, 11), so findet man — obwohl



Curve 1—5 für die Erdbeben auf der ganzen Erde in den Jahren 1872—1876 nach den Angaben von C. W. Fuchs.

Curve 6. Mittelwerth für die Zeit von 1872—1876.

Curve 7. Falb's Angaben für Copiapo im nördlichen Chile (27°6' südl. Br.)

Curve 8. Nach Mallet's Angaben, für 120 Beben auf der südlichen Hemisphäre.

Curve 9. Nach Perrey, für 3249 Beben in Europa.

Curve 10. Nach Volger, für 1230 Beben in der Schweiz.

Curve 11. Für 1872—1876. Nach C. W. Fuchs' Angaben für die ganze Erde.

dabei die für unsere fünfjährige Periode gefundene Curve nun im Vergleich mit den beiden anderen zehnfach übertrieben in ihren Krümmungen erscheint, — dass immerhin einige in die Augen fallende Unterschiede sich ergeben: das Januar-Maximum des Perrey'schen Verzeichnisses stimmt wohl mit unserem überein; für die Schweiz liegt das erste Maximum jedoch schon im December, das absolute Minimum der ersteren Curve dagegen liegt im Juni, in der zweiten erst im Juli; das bedeutet eine Verschiebung der beiden Grenzwerte um zwei Monate. Maximum und Minimum unserer Curve aber fallen mit den Zeiten der Perrey'schen Curve zusammen.

Nach den von Falb gemachten Percentual-Angaben, betreffend die 5500 Erdbebenstage vom Jahre 800 vor Christi bis 1842, wenn dieselben in zwei Hälften:

A 2750 für die Zeit von 800—1794 und

B 2750 für die Zeit von 1794—1842

getrennt werden, ergeben sich Curven, bei welchen nur auffällt, dass die erstere einen viel gleichmässigeren Verlauf hat, mit dem Maximum im Januar und dem Minimum im August, die letztere aber deutlichere Schwankungen erkennen lässt, mit einem allmäligen Niedergange in der Zeit bis an den Juni, und einer Zunahme im August und October, in welche Zeit das absolute Maximum (10·3) fällt, während auf den Januar ein etwas geringerer Betrag entfällt (9·5).

Bringen wir weiters die für die südliche Hemisphäre nach Falb's Angaben construirten Curven

(Curve 7 und 8) mit den für die nördliche Hemisphäre gefundenen in Vergleich, so finden wir wohl auf den ersten Blick der Unterschiede gar manche, die Uebereinstimmung des Hauptverlaufes der Curve für Copiapo, mit den Curven für die Zeit von 1872—1876 (für die ganze Erde), ist jedoch überraschend genug.

Diese gegebenen Darstellungen dürften nun genugsam illustriren, welch interessante Thatsachen die Erdbebenstatistik liefert. Es sind dies Ergebnisse, welche nicht mehr ausser Acht gelassen werden dürfen, da sie in der That ein Mittel an die Hand geben, um den Einfluss, der aus der Stellung der Erde zur Sonne für die Erdbebenhäufigkeit erwächst, in's rechte Licht zu stellen.

Als ein weiteres Beispiel, dass sich diese Periodicität auch für einzelne Ländergebiete nachweisen lässt, sei noch das Folgende angeführt.

So hat auch Milne die 255 Erdbeben, welche Grossbritannien betroffen haben, gruppirt und gefunden:

Allgemeines monatliches Mittel	21·2
Mittel der Monate März bis August . .	16·1
Mittel der Monate September bis Februar	26·3

Wie gross die Anzahl der auf der Erde auftretenden Erschütterungen überhaupt ist, geht schon aus der einzigen Angabe hervor, dass in der Zeit von 1850—1857 (nach Dr. K. E. Kluge's Zusammenstellung) nicht weniger als 4620 Erderschütterungen registrirt werden konnten. Davon entfallen 3818 auf die nördliche, 802 auf die südliche Halb-

kugel, unter ersteren 1005 auf die Alpen westlich vom Rhein und nur 81 auf die Ostalpen (Tirol, Kärnten, Steiermark, Krain). Die Zahlen werden, bei zunehmender Verallgemeinerung der Erleichterung des Verkehrs, gewiss immer grössere werden und den Ausspruch Humboldt's (Kosmos I, S. 218) rechtfertigen, „dass fast immerdar an irgend einem Punkte die Oberfläche erbebt“.

Ueber die Erdbebenstatistik hat Dr. Karl E. Kluge in seiner schon 1861 erschienenen Schrift (über die Ursachen der in den Jahren 1850—1857 stattgefundenen Erderschütterungen) seine Meinung abgegeben. Derselbe weist (S. 75) nach, dass für die angegebene Zeit

	vom April bis September	vom October bis März
auf der nördlichen Halbkugel der Erde	862	948
auf der südlichen Halbkugel der Erde	300	337

Erdbebentage entfallen. Kluge hat also dieses eine Hauptergebniss der Erdbebenstatistik, das sich übrigens schon aus den Mallet'schen Aufzeichnungen ergab, bestätigt, legt ihm aber kein sonderliches Gewicht bei.

Als Hauptsatz, welcher sich aus der vorstehenden Zusammenstellung ergibt, kann der folgende hingestellt werden:

Im Herbst und Winter, als in der Zeit der Sonnennähe, ist die Zahl der Erderschütterungen um

etwas grösser als im Frühling und Sommer oder in der Zeit der Sonnenferne.

Ausserdem können wir den von Perrey aufgestellten Satz, dass auch die Stellung des Mondes auf die Erdbebenhäufigkeit Einfluss hat, als zu Recht bestehend annehmen. Er hat nachgewiesen, dass von 6596 Beben (in der Zeit von 1751—1800) 3435 auf die Zeit der Syzygien (Vollmond und Neumond) und nur 3161 auf die Zeit der Quadraturen (erstes und letztes Viertel) entfallen.

Julius Schmidt in Athen hat überdies berechnet, dass die Erdbeben in der Erdnähe des Mondes häufiger sind als in der Erdferne; er fand aber auch als nähere Angabe, dass die Häufigkeit der Erdbeben zur Zeit des Neumondes das eine, und zwei Tage nach dem ersten Viertel das zweite Maximum zeigt. Unter der vollinhaltlichen Annahme der vorstehenden Sätze ergibt sich auch ganz logisch die weitere Nothwendigkeit, dass nämlich aus dem entsprechenden Zusammentreffen mehrerer Factoren selbstverständlich eine Verstärkung der Gründe und daher eine weitere Zunahme der Häufigkeit anzunehmen ist.

Prophezeiungen darauf zu gründen, ist gewagt und unwissenschaftlich. Wer gedenkt dabei nicht der Schwierigkeit der Wetterprognosen und der Vorsicht, mit welcher dieselben von den berufensten Fachmännern ausgesprochen werden.

Auf jeden Fall wäre es wünschenswerth, dass in Zukunft die aus der bisherigen Erdbebenstatistik sich

ergebenden Resultate etwas intensiver in Berücksichtigung gezogen würden. Es wäre auch gewiss nicht müssig, wenn die Constellationen von Sonne und Mond und ihr Einfluss auf die Häufigkeit der Erdbeben durch eine Reihe von Jahren eingehend fort und fort in Betracht gezogen würden.

Hier sei einstweilen nur angeführt, dass wir durch die Annahme der Richtigkeit dieser Thatsachen durchaus nicht genöthigt werden, eine eigene Erdbebentheorie auf Grund dieser Thatsachen zu construiren. Mit nichten! Wir haben vorerst nur zu prüfen, ob die Thatsachen mit den bestehenden Ansichten im Widerspruche stehen oder nicht und erst wenn wir uns sagen müssten: sie stehen im Widerspruche, dann müssten wir nach neuen Erklärungen weiter forschen. Dass sie aber durchaus nicht im Widerspruche stehen, das soll gleich hier vorgreifend, um diesen Abschnitt zum beruhigenden Abschluss zu bringen, gezeigt werden.

Die Erdbebenstatistik beweist uns in erster Linie die Existenz eines die Erdbeben begünstigenden Einflusses von ausserhalb der Erde. Diesen Einfluss hat aber schon John Herschel, der berühmte Mathematiker und Astronom (*About volcanos and earthquakes* §. 57), erkannt, indem er den Satz aussprach:

„Die Zugkräfte von Sonne und Mond, obgleich sie nicht Ebbe und Fluth in der starren Erdrinde bewirken können, erzeugen doch das Bestreben

zu solchen Bewegungen und würden sie bei einem flüssigen Zustande wirklich hervorrufen." Damit ist eigentlich schon Alles gesagt, was in dieser Beziehung zu sagen ist. Wie ein Tropfen mehr das volle Glas überfließen macht, ähnlich so ist es auch mit den Spannungen im Innern: diese bestehen, sind weitgediehen bis zum Bruche, und nun kommt noch das Bestreben der Anziehung von Sonne oder Mond oder beider hinzu und die Auslösung erfolgt, „das Erdbeben wird reif“, wie sich P eschel ausdrückt. Ja selbst zu der Annahme ist nur ein kurzer Schritt, dass die Krustentheile der auf sie einwirkenden Anziehung direct bis zu einem gewissen Grade Folge leisten, dass sie einem Heben und Senken ausgesetzt sind, dass sie, wie Reyer etwas grell, aber im Grunde doch zutreffend sagt: „wandernde Wellen werfen“.

So finden wir den Weg aus dem scheinbaren Dilemma und finden sogar darin eine Bestätigung der Zulässigkeit der noch ausführlicher zu entwickelnden Vorstellungen, über das Wesen und die Ursache der Erdbeben.

Das Wichtigste, was auf dem Gebiete der Erdbebenkunde zu geschehen hätte, wäre die Errichtung eines möglichst vielgliedrigen Netzes von Erdbebenstationen mit guten Uhren, um die Zeit des Eintrittes einer Erschütterung genau angeben zu können, da auf diese schliesslich das Hauptgewicht zu liegen kommt, denn alle anderen Angaben sind der einen gegenüber: wann das Ereigniss eingetreten, von mehr

untergeordneter Bedeutung. Am empfehlenswerthesten wäre dabei wohl die Anwendung von auf 0 gestellten Secunden-Uhren, an welchen also die Zeit des Eintrittes, nach dem Beginne des Ganges der Uhr, auf das genaueste bestimmt werden könnte (v. Seebach's Vorschlag). Stehen gute und wirklich verlässliche gewöhnliche Uhren zu Gebote, so müssen sie mit Vorrichtungen versehen sein, um beim Eintritte eines Bebens von gewisser Intensität zum Stillstande gebracht werden zu können. Eine sehr einfache derartige Arretirungsvorrichtung hat zum Beispiel Dr. v. La-saulx construiert: Eine Kugel fällt beim Eintritte des Stosses auf eine Unterlage, — (die Richtung des Falles zeigt die Richtung, aus welcher der Stoss kam), — dadurch wird eine früher niedergedrückte Feder frei, setzt ein Gestänge in Bewegung und ein Hebelarm verhindert das Pendel am weiteren Schwingen.

Nach der verlässlichen Zeitangabe, an einer geringen Anzahl von Orten, ist man in der Lage, den Ort der ersten Erschütterung an der Oberfläche, das sogenannte Epicentrum, sowie auch die Tiefe des eigentlichen Erschütterungsherdens mit grösserer oder geringerer Genauigkeit zu berechnen. Bis jetzt liefern uns in erster Linie die Eisenbahn- und Telegraphen-Uhren unsere verlässlichsten Angaben, wie viel diese aber für so exacte Zeitbestimmungen noch zu wünschen übrig lassen, das zeigt als einziges Beispiel das Agramer Beben auf das beste.

Verbindet man Punkte, welche gleichzeitig erschüttert wurden, so erhält man den Stossherd umziehende Linien gleichzeitiger Erschütterung: Homoseisten, welche auf die Auffindung des Epicentrums hinführen können. Das sieht sehr einfach und selbstverständlich aus, ist aber in Wirklichkeit oft recht schwer auszuführen.

Prof. R. Hörnes spricht sich aus dem Grunde, weil die sogenannten tektonischen Erdbeben zumeist nicht von einem Punkte, sondern von einer Spalte, also von einer Linie ausgehen, und somit eine lineare Erstreckung erkennen lassen, gegen die Versuche aus, aus den Linien gleichzeitiger Erschütterungen auf die Herdtiefe zu schliessen (Erdbebenstudien 1878). Doch, wären nur die Zeitangaben genauere, sie würden immer die besten Elemente für das Studium der Erdbeben liefern und sind sogar in ihrer Mangelhaftigkeit immer noch die brauchbarsten Mittel zum Zwecke des Erdbebenstudiums.

Auch durch Berücksichtigung der Stossstärken suchte man, und in einzelnen Fällen nicht ohne Erfolg, die Lage und die Form des Epicentrums, respective des Erdbebenherdes zu bestimmen. Rob. Mallet hat zu diesem Behufe ein Seismometer vorgeschlagen. Dasselbe besteht aus einer Anzahl kleiner cylindrischer Säulchen von verschiedenen Dimensionen und verschiedener Dichtigkeit des Materiales. Diese würden nach ihrem Umstürzen in Folge des Stosses eine Angabe über die Intensität des Stosses zulassen,

und nach der Richtung des Falles, (sie fallen auf feinen, trockenen Sand), auch die Richtung des Stosses anzeigen. Sicherlich ist diese Methode weit complicirter. Auch nach der Stossrichtung hat man die erwähnten Ortsbestimmungen auszuführen gesucht und viele Erdbebenmesser, Seismometer, wurden construirt, um genauere Stossrichtungsbestimmungen zu ermöglichen. Unter allen bekannten Vorrichtungen dieser Art ist aber noch keine, welche wirklich allen gerechten Anforderungen entsprechen würde. Die empfindlichsten Instrumente dieser Art sind diejenigen, welche auf Schwankungen von Quecksilber-Horizonten oder, wie neuerlichst auch gefunden wurde, von Libellen in Wasserwagen beruhen. Ein überaus sinnreich erdachtes Instrument erster Art wurde, um nur ein Beispiel zu erwähnen, von Professor E. Stahlberger in Pola construirt: es ist ein geradezu selbstregistrirendes Instrument, da es, durch zweckmässige Verbindung mit einem Morse-Schreibapparat und einer elektrischen Uhr, bei Erschütterungen des Quecksilbers Notirungen, macht (Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt, 1871, S. 265).

Ohne allen Zweifel wird die v. Seebach'sche Methode, auf Grund der Fortpflanzungsgeschwindigkeit die Elemente zu finden, bei weiterer Ausbreitung des Beobachtungsnetzes die schönsten Ergebnisse liefern, trotzdem, dass ihr immerhin recht ersichtliche Mängel, in Bezug auf die dabei gemachten Voraussetzungen, anhaften.

Auf Grund seiner Methode wurde für verschiedene Erdbeben die Tiefenlage des Erdbeben-Ausgangspunktes (des Erdbebenherdes) mit 10—40 Kilometern, das ist $1\frac{1}{2}$ bis gegen 6 geographischen Meilen, berechnet.

So soll der Erdbebenherd für das Erdbeben in Mitteldeutschland (6. März 1872) nach Seebach circa 18 Kilometer, für jenes von Herzogenrath bei Aachen (1873) etwas über 11 Kilometer tief gelegen haben.

Mallet berechnete die Herdtiefe für das Erdbeben in Calabrien nach einer anderen Methode, auf Grund der an Bauwerken wahrgenommenen Risse, als zwischen 5 und 15 Kilometer liegend, oder im Mittel mit etwas weniger als 11 Kilometer. Da nach den kritischen Betrachtungen, die Herr Professor Franz Ržihá über die Mallet'sche Methode der Berechnung angestellt hat, an der Berechtigung der letzteren, wenigstens theilweise, zu zweifeln ist, so muss jene Angabe mit Reserve aufgenommen werden.

Dass überall dort, wo sich Erdbeben auf Störungen im Schichtengebäude der Erde zurückführen lassen, die Deutung wesentlich erleichtert wird, ist klar; dass man bei eingehendem Studium eines Bebens — (bei der „monographischen Methode“ der Erdbebenuntersuchung) — trachten wird, die Erscheinungen mit dem anatomischen Bau der Erde in Zusammenhang zu bringen und in diesem Sinne zu erklären, ist ebenso selbstverständlich. —

Was nun die geographische Vertheilung der Erdbeben auf der Erde anbelangt, so ist dieselbe von der allergrössten Wichtigkeit.

Schon die Thatsache, dass weite Gebiete nie oder nur äusserst selten von Erderschütterungen betroffen wurden, ist gewiss schon aus dem einem Grunde von eminenter Bedeutung, weil daraus auf die Zustände der Festigkeit und Ungestörtheit im Krustenbaue unserer Erde zu schliessen erlaubt ist. Die weiten Ebenen des nördlichen Europa, aus Norddeutschland durch Russland bis in die Gegend des Baikalsees, stellen z. B. solch eine an Erdbeben arme Länderzone dar. In diesen Gebieten herrschen aber die einfachsten geologisch-stratigraphischen Verhältnisse: weithin dehnen sich tafelartig eben und ungestört die meist älteren Schichtengebilde aus.

Ueberall dort jedoch, wo Störungen im Schichtenbaue vorkommen und zwar um so mehr, je tiefer gehend diese Störungen sind, überall dort sind Erdbeben eine ganz alltägliche Erscheinung. Nirgends sind aber die Störungen tiefer gehend, als in unseren Kettengebirgen und an den Bruchrändern der aus dem Meere aufragenden Festlandsmassen. Ein Blick auf die, die Schüttergebiete der Erde darstellende Karte (Tafel I) lehrt sofort, dass gerade Kettengebirgs-Regionen und die Ränder von Senkungsgebieten auch am häufigsten von Erderschütterungen

heimgesucht werden. Aber auch die Vulkane sind, wie wir bei einer anderen Gelegenheit gesehen haben, an Störungszonen in erster Linie gebunden, doch ist für sie auch die Nähe des Meeres eine Hauptbedingung. Diese Thatsache ist wohl die weitaus wichtigste von allen, welche in Bezug auf die Erdbeben und ihre Deutung angeführt werden können.

Dass der Ost- und Südrand der Alpen und dass auch die das pannonische Tiefland im Osten umrandenden Bergzüge Bruchränder bezeichnen, das beweisen z. B. auch die zahlreichen Beben, die das zuletzt so arg heimgesuchte Agram in den letzten Jahrzehnten betroffen haben, das beweisen die Erderschütterungen im Banate, das beweisen jene am südlichen Alpen- und südlichen Karpathen-Rande.

Die Erdbeben erscheinen sonach förmlich an die Regionen mit gestörtem Schichtenbau gebunden, also, um es zusammenzufassen, an die Kettengebirge und an Linien, längs welcher in jüngster Zeit bedeutende Niveau-Veränderungen vor sich gegangen sind. Als Beispiele für den letzteren Umstand seien erwähnt: Sicilien und die Westküste von Südamerika.

Aber auch umgekehrt ist durch die Erfahrung sichergestellt, dass viele Erdbeben von tiefgehenden Störungen im Schichtenbaue begleitet waren.

Hebungen sowohl als Senkungen von Küstenstrichen sind wiederholt beobachtet worden, — man gedenke beispielsweise nur der von Darwin und Fitzroi nachgewiesenen Veränderungen an der West-

küste von Südamerika. Spaltungen des Bodens sind nicht selten, Verschiebungen sowohl in horizontaler Richtung (Calabrien 1783), als auch in verticaler, sind wiederholt beobachtet worden; ja selbst für die Aufwölbung von Hügelketten gibt es einige ausgezeichnete Beispiele.

Es ist hier nicht der Ort, alle über die Frage nach den Ursachen der Erdbeben im Laufe der Zeit aufgestellten Meinungen zu erörtern, nur Einiges sei in Kürze erwähnt, um die Verschiedenartigkeit der Vorstellungen zu zeigen.

Man könnte versuchen, dieselben in zwei Gruppen zu bringen, und von vulkanischen und neptunistischen Erklärungsversuchen sprechen. Auf die zwei Hauptrichtungen, auf die vulkanischen Beben und auf die Einsturzbeben, komme ich noch ausführlicher zurück. Ich werde hier nur einige der älteren Hypothesen in chronologischer Reihenfolge anführen. Wiederholt wurde die Meinung laut, Gasspannungen könnten die Ursache sein, und es wurde mit Begierde nach den Quellen von Gasentwicklungen gefahndet. Parrot (1815) meinte, dass durch Zersetzen von grossen Quantitäten von Schwefeleisen so viele Gase entbunden werden könnten, dass diese endlich die Decke sprengen müssten. Auch v. Hoff und v. Humboldt dachten an „elastische Flüssigkeiten“.

Kries sprach in einer Preisschrift (1820) die Meinung aus, „Knallluft“-Explosionen hätten Erdbeben

zur Folge, und auch Partsch und Rüppel — (1826: Detonations-Phänomene auf Meleda) — dachten an die „Knallluft“. —

Schon viel früher wurde die Ansicht ausgesprochen, Erdbeben könnten durch Entladungen von unterirdisch angehäufter Elektrizität entstehen. So hat Stuckeley (schon 1750) sich geradezu eine unterirdische Atmosphäre vorhanden gedacht, während Strombeck (1821) an unterirdische, in Folge von galvanischen Processen entstehende Gewitter dachte.

Lambert wieder (1829) brachte Erdbeben direct mit oberirdischen Elektrizitätsspannungen in Zusammenhang.

Pöppig (1831) dagegen betonte den innigen Zusammenhang, der zwischen den atmosphärischen Veränderungen (der Regenzeit in Chili) und den Erdbeben bestehen müsse. Fast jede neue physikalische Erkenntniss wurde sofort auf die Erdbeben anzuwenden versucht. Als Leidenfrost's hochinteressanter Versuch bekannt wurde, wobei Wasser, durch eine dünne Dampfschicht getragen, eine zeitlang in einer glühenden Platinschale, im sphäroidalen Zustande verharret, versuchte R. Mallet, den Andeutungen Angelot's und Bischof's folgend, die Erdbeben auf ähnliche, als im Innern der Erde vorgehend angenommene Vorgänge zurückzuführen; die plötzliche, in analoger Weise vor sich gehende Umwandlung grosser Wassermengen in Dampf sollte die Erdbeben verursachen. In neuerer Zeit hat Pfaff die Ansicht vertreten, dass die im

Schmelzflüsse befindlichen Massen aus dem Erd-Innern in unterirdische, verhältnissmässig der Oberfläche nahe, mit Wasser gefüllte Hohlräume emporgepresst, daselbst äusserst rapid soviel Dämpfe entwickeln müssten, dass dadurch Erdbeben leicht erklärlich würden.

Die Zahl der Erklärungsversuche ist, wie Sie schon aus diesen wenigen Beispielen ersehen können, förmlich Legion.

Es sei nur noch der Ansicht gedacht, dass die Erdbeben Folgen der im feurig-flüssigen Erd-Innern entstehenden Fluthwellen seien, — welche Ansicht auch der — um die Erdbebenstatistik so hochverdiente französische Forscher Perrey vertreten hat, — sowie der von Herrn Rud. Falb aufgestellten, später noch ausführlicher zu erwähnenden Anschauungsweise, dass die Erdbeben als Folgen unterirdischer Vulkanausbrüche aufzufassen seien. Der Umstand, dass über die Ursache der Erdbeben so verschiedenartige und einander zum Theil auf das directeste widersprechende Meinungen und Hypothesen aufgestellt und, ohne vollkommene thatsächliche Berichtigung, beziehungsweise ohne sichere Widerlegung zu finden, fort und fort immer wieder auf's Neue ausgesprochen werden, und Anhänger finden konnten, dieser Umstand allein zeigt schon auf das bestimmteste, wie überaus schwierig die Lösung der Erdbebenfrage ist. Die Erklärung dieser Thatsache liegt darin, dass „der Erdbebenherd“, in der Tiefe verborgen liegt, und dass nur aus den Erscheinungen und Vorgängen, wie wir sie an der

Erdoberfläche studiren können, auf die in der Tiefe liegende Ursache geschlossen werden kann.

Gerade so, wie wir uns ein Erbeben der Erde im Kleinen durch verschiedene Ursachen erzeugen können, sei es durch das wuchtige Niederfallen eines Dampfhammers, sei es durch einfaches Stampfen mit den Füßen auf den Boden, sei es durch das Hinrollen eines Wagens, oder durch das Losbrennen eines schweren Geschützes, oder durch das Auffliegen einer Mine, oder das Abgeben eines Sprengschusses im Steinbruche oder im Bergwerke, — gerade so können nicht nur, nein, müssen wir auch für die Erdbeben-Erscheinungen, wie sie sich ohne unser Zuthun im Riesenbaue unseres Planeten abspielen, die Möglichkeit annehmen, dass sie durch verschiedene Ursachen veranlasst werden können. Dass die Erscheinungen schliesslich im Grossen und Ganzen dieselben sind, darf uns dabei nicht wundern, sie werden ja — seien sie nun hervorgerufen durch Berstung, nach Art etwa, wie bei der Bildung von Spalten im Gletschereise die Eismasse erzittert, oder durch Verwerfungs-Vorgänge, den Absturz einer Felsmasse, den Einsturz eines Falten-Gewölbes, oder durch Explosions-Vorgänge bei vulkanischen Processen — immer Wellenbewegungen in der Gesteins- oder der Erdmasse erzeugen, die sich schliesslich nur durch ihre grössere oder kleinere Intensität von einander unterscheiden werden.

Eine auf Grundlage der neueren Ansichten ausgeführte Schrift über die Erdbeben verdanken wir

Herrn Professor Rudolf Hörnes in Graz (Jahrbuch der k. k. geol. Reichs-Anstalt 1878, S. 387 ff).

Er unterscheidet, die Ergebnisse der neueren Forschungen zusammenfassend, drei Kategorien von Erdbeben: 1. Einsturz-Beben; 2. vulkanische Erdbeben und 3. „tektonische“ Beben.

1. Die durch das Einstürzen von gewölbten Decken, in Höhlen, entstehenden Erschütterungen, können sicherlich zu localisirten, d. h. weniger grosse Verbreitungsgebiete einnehmenden Beben Veranlassung geben; heftigere, weite Gebiete in Mitleidenschaft ziehende Erderschütterungen werden jedoch gewiss darauf nicht zurückgeführt werden können. Von einer „Einsturz-Hypothese“, wie sie wiederholt, als für alle Erderschütterungen gültig, aufgestellt worden ist, kann sicherlich nicht gesprochen werden.

Aehnlich so, wie in neuerer Weise Falb alle Beben auf Vulkan-Ausbrüche, seien es nun über- oder unterirdische, zurückführen will, und in seinen Schriften überdies von allen Denjenigen, welche auf seine Ausführungen nicht eingehen können, als von nicht denkenden Naturforschern spricht, ja sich sogar bis zu dem gewiss allen Tadel herausfordernden, durch nichts zu rechtfertigenden Ausspruche hinreissen lässt, seine Theorie werde gewaltsam zurückgehalten und unterdrückt, ähnlich so, mit viel dialektischem Aufwande, mit überaus entwickelter Schärfe und Entschiedenheit, verfocht z. B. Dr. Otto Volger (Untersuchungen über das Phänomen der Erdbeben in der Schweiz, 3. Bd.

Gotha 1856/57) die Ansicht, alle Erdbeben seien Folgen unterirdischer Einstürze. Er stellt sich der Ansicht, die Erdbeben seien Folgen der Wirkung von Dampfspannungen ähnlich so entgegen, als gäbe es keine andere plausibler scheinende Meinung, wie Falb wieder der „Einsturz-Theorie“ gegenübertritt, als hätte diese, als dem dermaligen Stande unseres Wissens entsprechend, etwa allgemeine Anerkennung gefunden.

Immerhin ist es nicht uninteressant, den Ausführungen in Kürze zu folgen, welche Volger in populärer Form in einem Werke „Erde und Ewigkeit“ (1857, S. 244—267) gegeben hat. „Bilden sich durch Auszehrung löslicher Schichten Hohlräume unter dem Grunde der Thäler, so wird das überlagernde Gebirge durch die Spannung, mit welcher es auf die zur Seite des unterhöhlten Bezirkes liegenden Massen sich aufstützt, getragen, bis dass endlich die Spannung der Ausdehnung des Hohlraumes nicht mehr gewachsen ist. Nunmehr erfolgt eine plötzliche Senkung, entweder ein Zusammenrutschen, bei muldenförmiger Lagerung, oder ein stossweises Niederrücken der unterhöhlten Decke. Diese Bewegung bildet an der Oberfläche der Erde das Erdbeben.“ — Erscheint dies etwa nicht plausibel? Dass solche Auswaschungen in der That stattfinden, kann nicht geaugnet werden und ist niemals bestritten worden. Volger hat übrigens die überzeugendsten Beweise in Zahlen erbracht. Er hat berechnet, dass die einzige Lorenz-Quelle des Leuker

Bades, in der Zeit von 600 Jahren einen Hohlraum von etwa einem Fuss Höhe, auf einer Fläche von $\frac{1}{16}$ Quadratmeilen auslauge, eine Fläche, auf welcher eine Last von nicht weniger als 184 Billionen Pfund niederdrückend wirke. „Es ist daher begreiflich, wenn in Wallis von Zeit zu Zeit Erdbeben sich ereignen, bald geringere, bald mächtigere.“ Neben der einen Quelle laugen daselbst aber noch 19 andere unterirdische Gypslager aus.

Für die Solen des Lüneburger Steinsalzgebirges rechnet er aus, — um noch eines der Beispiele anzuführen, — dass diese pro Jahr etwa eine Million Centner Kochsalz dem Boden entführen, dass es also nicht Wunder nehmen könne, dass dort Erdfälle, Senkungen von Gebäuden nichts Seltenes sind. Diese Auslaugung geht nun aber schon seit Jahrtausenden vor sich, welche ungeheure Höhlungen müssen sich da nicht gebildet haben!

Auch für die Quellen von Nauheim, Homburg und anderen Orten wurden die Mengen der der Erde entführten festen Bestandtheile berechnet, und haben sich für die Zeit von Jahrhunderten und Jahrtausenden Hohlräume von ganz imposanter Grösse ergeben. Wer wollte dies leugnen? Es sind That-sachen! Wir können ja hinabsteigen in solche Hohlräume und sie anstaunen, in ihrer Grossartigkeit und verhältnissmässig wunderbaren — Beständigkeit. Und doch: wer könnte trotzdem alle die Erdbeben heute noch auf Einstürze zurückführen und die Meinung mit Aussicht auf Erfolg zu beweisen versuchen?

Ebensowenig aber ist die Möglichkeit zu leugnen, dass gewisse Beben auf Einstürze zurückgeführt werden können. — Dass die „Einsturz-Theorie“ als die am leichtesten erklärbare auch die zuerst aufgestellt ist und schon von den Philosophen des Alterthums und des Mittelalters gehegt wurde, wen sollte dies Wunder nehmen?

2. Die vulkanischen Erdbeben. Es ist eine Thatsache, dass gerade vulkanische Gegenden von Erdbeben sehr häufig heimgesucht wurden. Es entspricht dies eigentlich ganz und gar nicht der einst so überaus populär gewordenen, von Alexander v. Humboldt ausgesprochenen Ansicht, dass die Vulkane als die Sicherheitsventile der Erde zu betrachten seien — und doch — für die vulkanischen Gegenden selbst scheinen sie in der That unter Umständen manchmal eine ähnliche Rolle zu spielen, denn die verheerendsten Beben in vulkanischen Gebieten treten vor dem Vollzuge der Eruption ein, wenn auch während der Eruption selbst die Berghänge fast unablässig erzittern und auch nach Vollzug der Eruption noch eine Zeit lang schwächere Stösse folgen, um endlich wieder zeitweilige Ruhe eintreten zu lassen.

Dass dabei die aus der Lava frei werdenden und entweichenden Dampfballen die Ursachen, sind, daran kann gar nicht gezweifelt werden, man hat ja häufig den Process verfolgen können: Aus der brodelnden Lavamasse hebt sich eine Blase, sie platzt mit einem dumpfen Schalle, eine Wasserdampfwolke

hebt sich und fast gleichzeitig erzittert der Boden unter den Füßen des kühnen Zuschauers.

Humboldt erzählt, dass er 1805 während einer Eruption je alle 20 oder 25 Secunden, vor jedem Auswurf glühender Schlacken, eine Erschütterung des Kraterbodens gefühlt habe. Dieses vor: darf nicht beirren; die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der bei der Gas-Explosion erfolgenden Erschütterung ist grösser als die der emporfliegenden Auswürflinge.

Solche Erschütterungen tragen wieder ganz und gar den Charakter localer Erscheinungen an sich. Der Seismometer am Vesuv zeigt Tausende von Erschütterungen an, die Niemand fühlt; nur der am Berge befindliche Beobachter empfindet die stärkeren derselben. Aber auch die stärksten und fürchterlichsten Erschütterungen dieser Art sind in vielen Fällen streng localisirt und erstrecken sich nicht weit über den Umkreis des Berges hinaus.

Die betreffenden Vorgänge (Explosionen) vollziehen sich in geringer Tiefe, im Innern des vulkanischen Berges und daraus ergibt sich schon allein die geringe Erschütterungsweite solcher Beben. Die geringe Verbreitung der Erschütterung bei Gelegenheit des jüngsten Bebens auf Ischia, dem Casamicciola zum Opfer fiel, könnte ganz wohl auf ein vulkanisches, localisirtes Beben schliessen lassen. Palmieri freilich soll geneigt sein, dasselbe für ein Einsturzbeben zu halten. Darüber wird vielleicht eingehendes Studium der Vorgänge Aufklärung bringen, und müssen wir

daher genauere Darstellungen und sichere Deutungen abwarten.

Die fern von Vulkanen und von vulkanischen Gebieten überhaupt auftretenden Erschütterungen hat man lange Zeit als plutonische Beben bezeichnet und von den vulkanischen unterschieden, gegen welche Unterscheidung sich übrigens schon Humboldt aussprach, der im Jahre 1858 hervorhob, es müsse eine allgemeine Ursache, welche in der thermischen Beschaffenheit des Inneren unseres Planeten liege, angenommen werden. Wenn er gleichzeitig alle Beben als Manifestation derselben Thätigkeit, welche er als die Reaction des Inneren der Erde gegen die Oberfläche und, diese zusammenfassend, als vulkanisch bezeichnet, so ist dies wohl nichts Anderes, als eine übermässige Erweiterung des Begriffes der vulkanischen Thätigkeit.

Die weitgehendste Verallgemeinerung hat in neuester Zeit Herr Rudolf Falb in seinen, diesen Gegenstand behandelnden, mehr oder minder polemischen Schriften angenommen. (1869: Grundzüge zu einer Theorie der Erdbeben und Vulkan-Ausbrüche; 1875: Gedanken und Studien über den Vulkanismus; 1881: Von den Umwälzungen im Weltall.) — Da derselbe seine Ansichten aber auch in unserem Vereine vertreten hat (m. vergl.: Die Erdbeben und ihre Ursachen, XV. Band der Vereinsschriften, S. 127 bis 175), so kann ich mich in dieser Beziehung ganz kurz fassen. Für ihn sind Erdbeben nichts Anderes

als „unterirdische vulkanische Ausbrüche, hervorgerufen durch die Abkühlungsthätigkeit des Erd-Inneren und befördert durch die Anziehung von Sonne und Mond“.

Mit grosser Kühnheit und mit viel Geschick über Fragliches und Hypothetisches, über gänzlich Unbekanntes hinweggehend, oder es wohl gar als feststehend, für „jeden denkenden Naturforscher“ als erkannt und bewiesen, mit als Grundlage für die Ausführungen benützend, wird der Gedankengang ausgebaut und mit einer Sicherheit hingestellt, welche geradezu verblüffend wirken könnte.

Die flüssige Innenmasse der Erde dringt, so heisst es, durch schon vorhandene Spalten und Canäle („Schlote, Kamine“), aus einem unterirdischen tiefer liegenden Lavasee, in andere „unterirdische vulkanische Hohlräume“, „ebenso wie ein bis zur Oberfläche reichender Schlot mit dem Hohlraume unter dem oberirdischen Vulkane endet“. „Durch den Druck, welchen die erkaltende Erdrinde auf den flüssigen Kern ausübt, wird Lava in die Canäle eingepresst und gehoben und man hat sich vorzustellen, dass wegen dieses wechselnden Druckes und der gleichfalls hebenden Thätigkeit der Gase, die sich durch den Erkaltungsprocess aus der Lava ausscheiden und nach oben drängen, die Lavasäule in einem Schlote, gleich dem Quecksilber in der Barometer-röhre, in beständiger, entweder steigender oder fallender Bewegung ist.“ Weiter nach oben trifft dann

die steigende Lava auf eingesickertes Wasser, dessen Dämpfe mithelfen, den oben lastenden Druck der den Ausgangsweg versperrenden Gesteinsmassen („Blöcke, Schlacken, Schutt“), zu überwinden und die Eruption zu ermöglichen. Ob diese nun oberirdisch oder unterirdisch sei, hänge nur von den Umständen ab.

Auf diese Weise wird ein ganzes Gebäude von Hypothesen aufgeführt, eine willkürliche Annahme auf die andere gesetzt und Alle, die dies für ein kühnes, in der exacten Naturforschung unerlaubtes Walten der entfesselten Phantasie erklären, einfach als in die Kategorie der „nicht denkenden Naturforscher“ gehörig bezeichnet.

Die Art und Weise, wie die Thätigkeit der Schlammvulkane, die Kohlensäure-Bildung, die Bildung von Erdöl und Naphtha erklärt wird, ist wohl nicht discutirbar, es werden eben wieder einfach nur Behauptungen hingestellt. Erwähnt sei nur noch die Vorstellung, welche Falb über die Aschenausbrüche aufstellt. Nach Entleerung des Schlot'es durch Hinausbeförderung der Lava nimmt die Luft Besitz davon; ein heftiger aufsteigender Luftstrom entsteht. Dieser, in Verbindung mit entweichenden anderen Gasen, putzt die Wände des Schlot'es vollständig aus und schleudert die „vulkanischen Verbrennungsproducte“, die vulkanische Asche, hinaus. (S. 202 des letztgenannten Werkes.)

In Bezug auf die Entstehung der Spalten wird auf S. 196 der Satz ausgesprochen, dass die vul-

kanischen Kräfte keine Schichten von beträchtlicher Dicke zu zerreißen vermögen, sondern dass jene Spalten sich in den ersten Zeiten des Abkühlungsprocesses gebildet haben, wobei wieder ganz ausser Acht gelassen wird, dass derartige Spalten auch geologisch ganz junge Bildungen durchsetzen.

Hier sei nun offen erklärt, dass man auf ähnliche Weise, Mögliches und Unmögliches, Erkanntes und willkürlich Angenommenes verquickend, wohl schwer zu verantwortende „naturhistorische Romane“ geschrieben hat, dass aber die ernste Wissenschaft ein solches Vorgehen ablehnt und ablehnen muss. Von einem „Unterdrücken der Wahrheit“ aber — (Umwälzungen im Weltall, Seite 276) — kann auch in diesem Falle wohl nicht die Rede sein.

Ich fürchte nicht, dass man mir das Eingehen auf diese Ausführungen verübeln wird. Zu meiner Vertheidigung führe ich übrigens nur noch an, dass ich der Meinung war, die in den Schriften unseres Vereines aufgenommene „Theorie“, müsse auch in unseren Vereinsschriften von einem anderen Standpunkte aus betrachtet, respective ihre Schwächen bezeichnet werden, um der hohen Aufgabe, die sich unser Verein gesetzt hat, gerecht zu werden.

An dieser Stelle sei noch auf eine andere, den Anforderungen, die man an eine streng wissenschaftliche Arbeit zu stellen berechtigt ist: entsprechendere Schrift (von W. Siemens) hingewiesen: Ueber den Mechanismus der Vulkan-Ausbrüche. Monats-

bericht der Berliner Akademie der Wissenschaften 1878, September und October). Siemens nimmt gleichfalls den flüssigen Zustand des Erd-Innern an und sucht unter Anderem auch auszuführen, wie man sich die Wiedereröffnung eines geschlossenen Schlotes etwa vorstellen könne. In Bezug auf den Zusammenhang der Erdbeben und der Vulkane kommt Herr Siemens übrigens zu ganz anderen und überzeugenderen Schlüssen, indem er sagt, es sei anzunehmen, dass Gegenden, welche häufigen Erdbeben ausgesetzt sind, die vulkanische Thätigkeit begünstigen, indem dadurch Störungen des Zusammenhanges hervorgerufen werden, welche den Vollzug vulkanischer Prozesse erleichtern müssen. Damit kommen wir aber auf jene Beben zu sprechen, welche neuerlichst Herr Dr. Rud. Hörnes überaus glücklich als die tektonischen Beben bezeichnet hat.

3. Die tektonischen Erdbeben können auch ganz entsprechend als Dislocations- oder Structurbeben bezeichnet werden.

Es ist höchst eigenthümlich, wenn man sieht, wie naheliegend die Erklärung vieler Beben durch Störungsvorgänge im Schichtenbaue der Erdkruste ist, und wie kurz es trotzdem her ist, dass auf diese Weise Erdbeben überhaupt erklärt werden. Naumann stand der Lösung des Räthsels schon 1858 nahe (Lehrbuch I, S. 268), als er von der „ersten Ursache der Erdbeben und den säcularen Dislocationen“ sprach, und dann die Unterscheidung der vulkanischen und

plutonischen Beben vornahm; warum kam es ihm nicht in den Sinn, gleich zu sagen, dass sich doch nicht leicht eine Dislocation ohne Erschütterung vollziehen könne. Schon Boussingault (1835) sprach übrigens die Meinung aus, dass die südamerikanischen Erdbeben unabhängig von den Vulkanen seien; freilich wusste er sich wieder nur mit der Annahme von grossen Höhlenzügen zu helfen, welche unter den Cordilleren hinziehen sollen und ein Einstürzen der Decken oder ein allmähliges Niedersinken des Gebirges veranlassen sollen.

Auch v. Seebach sprach sich in seiner als bahnbrechend zu bezeichnenden Arbeit über das miteldeutsche Erdbeben nur dahin aus, dass man für die Erkennung der Erderschütterungen bis jetzt mit Bestimmtheit nur zwei Ursachen angeben könne: einmal den Vulkanismus und das anderemal direct die Schwerkraft der Erde. Ob es noch eine oder mehrere andere Erdbeben-Ursachen gibt, müsse jedenfalls unentschieden bleiben, es mag wahrscheinlich erscheinen, sei aber noch immer unbewiesen.

Professor Suess war es nun, welcher durch seine Untersuchungen der Erdbeben von Niederösterreich (Denkschriften 1873) und jener im südlichen Italien (Denkschriften 1874) eine neue Auffassung festen Fuss fassen liess. In der erstgenannten Arbeit wird darauf hingewiesen, dass die Erdbeben, wovon Niederösterreich wiederholt heimgesucht worden ist, mit grosser Vorliebe gewissen Richtungen folgen,

welche Suess die Erdbebenlinien nennt. Dieselben verlaufen entweder quer durch die Alpen resp. ihre Ausläufer, das heisst, sie stehen normal auf der Längsrichtung des Gebirges und es werden daher die betreffenden Beben (nach Roger's Bezeichnungsweise) als transversale zu bezeichnen sein.

Eine solche Richtung wird durch eine Linie bestimmt, die, etwa von Wiener-Neustadt, oder genauer, von Brunn am Steinfeld ausgehend, über Altlenzbach³ nach Horn verläuft, der Furche des Kamp folgt und tief hineinreicht in die grosse „Scholle“, die wir als das böhmisch-mährische Massiv zu bezeichnen pflegen. (M. vergl. Karte I.) Von dieser Linie gingen nicht nur die Beben vom 3. Januar 1873 und vom 12. Juni 1875 aus, sondern auch die Erschütterung von 1590, sowie jene von 1768, welche über Leitmeritz bis nach Dresden verspürt wurden.

Suess bezeichnet diese Richtung als die Kamp-Linie und es kann nicht scharf genug hervorgehoben werden, dass sie, obwohl die Ausläufer der Alpen durchquerend, bis in die böhmische Masse und darüber hinaus verläuft.

Die Achse der Erschütterung von 1876 (17. Juli) verläuft ganz nahe der Kamp-Linie, über Scheibbs in Niederösterreich, eine Thatsache, die sich ähnlich so auch in den Südalpen constatiren liess. Einen ähnlichen Verlauf hat auch die Transversale, welche von Sillein an der oberen Waag, quer durch die westlichen Karpathen, bis Breslau gezogen werden

kann. („Transversales karpatisches Erdbeben“ von Sillein am 15. Juli 1858.)

Einen ganz anderen Verlauf — fast genau normal auf den beiden genannten Erdbebenlinien stehend — zeigt die, einer ausgezeichneten Längenfurche der Alpen — der Mürz und der oberen Mur — folgende Linie, welche vom Semmering bis nach Judenburg gezogen und von Suess als die Mürzlinie bezeichnet wurde. Ausser diesen beiden Linien wird noch die am östlichen Bruchrande der Ostalpen von Gloggnitz bis Wien verlaufende Thermenlinie durch eine grössere Anzahl von Erderschütterungen charakterisirt. Sie scheint durch die Mürzlinie mit dem seismischen Gebiete von Villach verbunden zu werden. Im Laufe der letzten Jahrhunderte ist Wiener-Neustadt, nahe an der Kreuzungsstelle der Kamp- und der Thermenlinie gelegen, ein Hauptcentrum für Erderschütterungen gewesen.

Im Jahre 1874 erschien die Arbeit Bittner's über das verheerende südalpine Erdbeben von Belluno (29. Juni 1873), durch welches mehr als ein Viertheil dieses Städtchens, mehr als 100 von 400 Häusern, zerstört und viele Menschen unter den Trümmern begraben und getödtet wurden. (29. Band der Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften.) Bittner wurde nach eingehendstem Studium zu dem Ergebnisse geführt, dass eine Erdbebenlinie oder geradezu eine Spalte bei Belluno in nordöstlicher Richtung verlaufen müsse und eine zweite

damit parallel etwas weiter östlich am See von St. Croce, auf welcher letzterer die Erschütterungen im Jahre 1859 stattgefunden hatten. Das Beben von 1873 verbreitete sich besonders nach Nord und nach Süd; so wurden auch, zu Mittersill und Zell am See, in den Nordalpen Erschütterungen verspürt.

Gewiss interessant ist, dass dasselbe Beben noch an zwei Punkten im Osten: in Karpfenberg (auf der Mürzlinie) und in Wien (also auf der Thermenlinie) verspürt wurde, woraus sich ergibt, dass bei heftigeren tektonischen Beben gerade die Linien der Störung in Mitleidenschaft gezogen werden, was freilich schon von vornherein als selbstverständlich angenommen werden muss. Das Beben von Belluno werden wir gleichfalls als ein transversales Alpenbeben zu bezeichnen haben.

In seiner Arbeit über das voigtländisch-erzgebirgische Erdbeben am 23. November 1875 schliesst sich Professor Hermann Credner den Suess'schen Anschauungen an und erklärt es für „eine Aeusserung der noch fortwährend thätigen gebirgsbildenden Kraft“. Das Erzgebirge ist nur der südlichste und höchste Theil eines ausgedehnten Faltensystems. Diese südlichste Falte ist nun im Süden geborsten und der südliche Flügel in die Tiefe gebrochen. Unzählige Risse und Sprünge — nun zum Theil ausgefüllt mit Erzen — durchziehen die, die Falten zusammensetzenden Gesteinsmassen und sind dort am häufigsten, wo, allen Erscheinungen nach zu schliessen, die

Fig. 3.



Zeichen-Erklärung:

- | | |
|---|---------------------------|
|  | 1. Granit. |
|  | 2. Glimmerschiefer. |
|  | 3. Thonschiefer. |
|  | 4. Grünstein. |
| | |
|  | 1. Zinnerz-Gänge. |
|  | 2. Eisenerz-Züge. |
|  | 3. Kobalterz-Gänge. |
|  | 4. Kiesige Bleierz-Gänge. |
|  | 5. Baryt führende Gänge |
|  | 6. Taube Quarz-Gänge. |

Die Gangzüge in der Umgebung von Schneeberg.

(Nach H. Müller: Gangstudien III, Taf. 1.)

pressenden Kräfte mit der grössten Intensität in Wirkung waren und wohl noch immer in Thätigkeit sind. (Im eigentlichen Erzgebirge sind allein mehr als 1000 Erzgänge in Karte gebracht.) (Man vergl. Fig. 3.) Dort aber, wo das Erzgebirge mit seinem Steilhange gegen Böhmen abfällt, am grossen alten Bruchrande, dort finden sich die grossartigsten Verwerfungen und Verschiebungen der Gebirgsgesteine.

In den schon in ältester Zeit entstandenen Faltenmulden (Synclinalen) lagern jüngere, zum Beispiel silurische und devonische Bildungen, die ebenso wie die noch jüngeren Ablagerungen der Steinkohlenformation, der Jura-, Kreide- und Tertiärformation deutliche Anzeichen von nach ihrer Ablagerung erfolgter seitlicher Pressung erkennen lassen. Zu allen Zeiten haben sich Risse und Spalten gebildet, die zum Theil von verschiedenen Eruptivgesteinen erfüllt sind. Ja auch die Erzgänge zeigen sich durch deutliche Verwerfungsklüfte gestört; „es liegt,“ sagt Credner, „kaum ein Grund vor, anzunehmen, dass dieser ursächliche Zustand nicht auch noch in der Jetztzeit fort dauere und sich bethätige“.

Auf solche, zu allen Zeiten vor sich gegangene Störungen führt nun Credner das besagte Erdbeben zurück.

Professor Suess bezeichnet dieses Beben als ein longitudinales Erzgebirgsbeben, weil seine Erschütterungsachse nach Nordnordost verläuft, also im Streichen des Erzgebirges liegt.

Auch am 5. October 1877 fand am Nordhange des Erzgebirges eine weniger weit fühlbare Erschütterung statt: das Erdbeben von Dippoldiswalde, welches gleichfalls in Herrn Hermann Credner seinen Bearbeiter gefunden hat. Dieses Erdbebengebiet liegt an dem Winkel zwischen der Elbethal-Spaltenfurche und der grossen böhmischen Bruchspalte.

Die beiden Erdbeben zu Herzogenrath (am 22. October 1873 und am 24. Juni 1877) werden von A. v. Lasaulx auf eine grosse Verwerfungskluft zurückgeführt, welche die Steinkohlenformation des Wurmgebietes fast normal zu ihrem Streichen durchsetzt. Die wiederholten, genau im Gebiete der Spalte auftretenden Erschütterungen lassen auf einen innigen, ursächlichen Zusammenhang der Spaltenbildung, respective der Fortsetzung derselben, und der Erderschütterungen schliessen. Höfer (Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1878, S. 467) hat im Gegensatze mit Lasaulx's Annahmen die Meinung verfochten, dass die Herde des Erdbebens von Herzogenrath in drei bei Aachen nachgewiesenen Spalten gelegen seien. Die von Lasaulx gefundenen Werthe über die Herdtiefe wurden von Höfer, als auf die unrichtige Voraussetzung, basirt, dass das Beben ein centrales sei, verworfen.

Es verdient übrigens hervorgehoben zu werden, dass man auch anderen Ortes auf die Annahme von Spalten hingewiesen hat. So hat Wynne in einem

Berichte über das Erdbeben im Pendschab am 2. März 1878, durch die Gleichzeitigkeit des Auftretens der Erschütterung auf weite Strecken hin, den Ausspruch gethan, das Centrum des Stosses müsse entweder sehr tief gelegen haben, oder aber es müssten die Störungen ihren Anfang genommen haben längs einer ausgedehnten Linie.

Was den Unterschied zwischen den longitudinalen und transversalen Erdbeben oder den Längs- und Querbeben anbelangt, so wurde derselbe von Suess dahin präcisirt, dass bei den ersteren der Stosspunkt wandert, das heisst, dass das einmal hier, das anderemal dort längs der Longitudinalen eine Erschütterung eintritt, bis etwa wieder der erste Punkt von einer solchen getroffen wird, was lange Zeit, ein Jahr und darüber, andauern kann.

Bei den transversalen Beben hingegen haben wir in den weitaus meisten Fällen einen ersten starken, höchstens von leichten Vibrationen eingeleiteten Hauptstoss zu verzeichnen, auf welchen dann — oft bleibt dieser wohl auch ganz vereinzelt — noch eine kleinere oder grössere Anzahl schwächerer Stösse folgt. Nur das Beben von 1590 macht, wie Suess gezeigt hat, eine Ausnahme, indem dieses am 29. Juni durch einen heftigen Stoss eingeleitet wurde, während der stärkste Stoss erst Mitte September desselben Jahres erfolgte.

Ein Hauptvertreter der Ansicht, dass die Erdbeben nichts Anderes als Aeusserungen der durch

Zusammenziehung der Kruste erzeugten Druckkräfte seien, in Folge deren Wirkens Quetschungen und Verdrückungen innerhalb der Erdrinde entstehen müssten, ist unter Anderen auch der Amerikaner Dana (Manuel of Geol., 2. Ed., S. 743).

Eine ausführliche Arbeit über das Auftreten von Erdbeben in einem beschränkten Gebiete verdanken wir Herrn Professor H. Höfer, der die Erdbeben Kärntens einer Untersuchung unterzogen hat (Denkschriften d. K. Akad. 1880). Er hat darin den Versuch gemacht, ein ganzes System von Erdbebenlinien zu verzeichnen, welche alle auf Bruchlinien im Gebirgsbaue zurückgeführt werden. Als Schlussresultat seiner Untersuchungen führt er „den Nachweis einer stauenden Kraft“ an, welche innerhalb der östlichen Alpen im Allgemeinen von Süd nach Nord gerichtet und jetzt noch thätig sei. Er gibt in seiner ausführlichen Arbeit, gestützt auf die verzeichneten Beben, eine ganze Reihe von Stosslinien ganz im Suess'schen Sinne an; unter diesen fallen zuerst die westöstlich verlaufenden in die Augen. (M. vergl. Taf. II.)

1*). Die erste derselben wird als die westliche Mur-Linie bezeichnet. Sie bildet die Fortsetzung der oben erwähnten Mürz-Linie, bis an die Quellen der Mur. Die östliche Verlängerung der Mürz-Linie könnte nördlich vom Leithagebirge über Pressburg und wohl auch bis südlich von den kleinen Kar-

*) Die mit fett gedruckten Zahlen bezeichneten Linien konnten auf Tafel II zur Darstellung gebracht werden.

pathen fortgesetzt werden, wodurch eine Verbindung mit den Erdbebenpunkten im Neutraer Comitae hergestellt würde; man könnte sie durch das Waagthal verlängern und träfe dann nahezu den Stosspunkt Sillein, von dem oben die Rede war.

2. Eine zweite, die Wörther (-See) Linie, verläuft von Villach über Klagenfurt bis St. Paul im unteren Lavantthale.

3. Eine dritte, die Dobratsch-Linie, lässt sich einerseits nach Westen, die Gailfurche aufwärts, durch das östliche Pusterthal und über das Toblacherfeld bis über Brunnecken hinaus, andererseits nach Osten hin, längs des Nordfusses der Karawanken und vielleicht bis an die untere Drau verfolgen.

Es ist dies eine der ausgezeichnetsten Längslinien, die überhaupt im Bereiche der östlichen Alpen verfolgt werden können, und sie zeigt auch das für die Longitudinalen so bezeichnende Wandern der Stosspunkte. Auf dieser Linie erfolgte das fürchterliche Beben, bei dem der Südtheil der Villacher Alpe (Dobratsch) abstürzte und Villach zerstört wurde. (Am 25. Januar 1348.)

Folgt diese Linie in der ausgeprägtesten Art sowohl tektonischen als auch geologisch-stratigraphischen Formationsgrenzen, so scheint dagegen die vierte, die Koschutta-Linie enger an den Karawankenamm geknüpft zu sein. Vielleicht ist die fünfte, die Canalthal-Linie, eine westliche Fortsetzung derselben.

6. Schon ausserhalb Kärntens verläuft die Laaker Linie („Laibacher Spalte“), welche die Karstgrenze bezeichnet, und von Triglav über Laak gegen die Save, an der Grenze von Steiermark und Krain verläuft. Ein eigenthümliches Zusammentreffen ergibt sich, wenn man diese Linie gegen Osten hin verfolgt: sie trifft nämlich im Szleme-Gebirge nördlich von Agram Hauptstosspunkte (das Epicentrum?) des verheerenden Bebens vom 9. November 1880.

Ausser diesen alpinen Longitudinalen sind noch die „nordwestlichen“ Stosslinien anzuführen, die man vielleicht als die longitudinalen Stosslinien des dinarischen Systems bezeichnen könnte. In Bezug auf diese gehen die Meinungen und Annahmen der Autoren (Bittner, Hörnes und Höfer) weit auseinander, so dass man dieselben wohl mit einiger Vorsicht betrachten muss, obgleich wohl Jeder, der die geologisch-tektonischen Verhältnisse mit den Erdbebenpunkten und Erdbebenverbreitungen in's Auge zu fassen vermag, das Bestehen solcher Erdbebenlinien begreiflich finden wird. Die Kühnheit, mit welcher Höfer die von ihm angenommenen Nordwest - Erdbebenlinien der südlichen Kalkalpen, quer durch die ganzen Alpen zieht und mit den Erdbebenstosspunkten in Nordwest-Deutschland verbindet, ist überraschend. Das Zusammentreffen von Erschütterungen hier und dort ist gewiss interessant und erwähnenswerth, wenn es auch ebenso gewiss noch nicht spruchreif ist. Die wichtigsten unter den transversalen und nordwestlichen

Stösslinien würden in der Gegend des Odenwaldes ihren Knotenpunkt haben und noch weiter nach Nordwest wieder divergiren. So wird die Laibacher Nordweststösslinie, welche in schönster Weise den dinarischen Gebirgsfaltenzügen entspricht, ohneweiters mit Cöln verbunden (mit Vermittlung eines kurzen schwäbischen Gliedes bei Bonfingen und Nördlingen), und als die Laibach-Cöln-Linie bezeichnet.

Die von Höfer für die Ostalpen angenommenen, (leicht gegen Nordwest convergirenden) Stösslinien sind:

Von Nordost nach Südwest:

(1.) Die Linie Glina-Kappel.

2. Laibach-Gmünd (Cöln-Laibach).

(3.) Greifenburg-Adelsberg.

Zwischen beiden liegt das Stössgebiet des von Stur studirten Bebens von Klana (vom 1. März 1870), für welches eine eigene Linie, „die Klana-Linie“ angenommen wird. Suess bezeichnet es als ein ausgezeichnetes longitudinales dinarisches Beben.

4. Die Tschitschen-Linie.

5. Die Adria-Linie. (8)

(6.) Die Linie Bozen-Primiero.

Die ersten fünf Linien könnten alle den apenninisch-dinarischen Faltenzügen entsprechen. Ihre Convergenz wird erst durch weitere Darlegungen sicherzustellen sein. Die Anzahl der Erdbeben, auf welche 1, 3, 4 und 6 dieser Linien gegründet werden, erscheint noch etwas gering; was die fünfte, die Adria-Linie, anbelangt, so wurde die Berechtigung

ihrer Annahme von Hörnes angefochten, der die von Bittner früher ausgesprochenen Angaben bestätigte.

Ein drittes System von Stosslinien bezeichnet Höfer als „die Nord- und Nordost-Querlinien“. Dies wären transversale alpine Stosslinien im rechten Sinne des Wortes.

Die wichtigsten derselben sind:

- (1.) Die Linie des oberen Lavant-Thales.
2. Die St. Veiter Linie (über Klagenfurt).
3. Die Rosegger Linie.
4. Die Tagliamento-Linie.
5. Die Ober-Vellacher Linie.

Von diesen werden die 1., 3. und 4., als in der Gegend von Gmünd im Viertel ober Manhartsberg zusammentreffend in Karte gebracht, sie würden also gegen dasselbe Gebiet hinziehen, durch welches auch die von Suess angenommene Kamp-Linie verläuft.

Vergleichen wir nun nur noch die Höfer'schen Darlegungen und Annahmen mit jenen von Bittner und Hörnes. Nach den letztgenannten Autoren hätten wir einen Kranz von radialen, resp. transversalen Stosslinien anzunehmen, deren einige mit grosser Schärfe nachgewiesen und mit tektonischen Störungen in Zusammenhang gebracht werden konnten. Es sei dabei nur auf die, mit einer grossen Verwerfungs- und Verschiebungskluft zusammenfallende Stosslinie von St. Croce hingewiesen, auf welcher der Lago

di Croce liegt und längs welcher ein ganzer, wohl ausgeprägter Faltenzug — Schichten von der oberen Kreide bis zum mittleren Tertiär — in ansehnlichem Betrage aus dem Zusammenhange gebracht und schräg auf das Schichtenstreichen verschoben erscheint.

Es ergeben sich eine grosse Anzahl von mehr weniger auffallenden Gegensätzen in den Auffassungen der genannten Autoren, welche eben nur zeigen, wie schwierig die sicheren Nachweise in vielen Fällen zu erbringen sind.

Einen auffallenden Beleg für die Verschiedenheit der Auffassungen kann jene Linie bilden, welche Hörnes von Villach nach Venedig gezogen hat und welche Suess quer durch die Alpen mit der Mur-Linie in Zusammenhang gebracht hat, während Höfer von einer derartigen Stosslinie eigentlich ganz absieht und das Villacher Erdbeben (von 1348) als auf der Dobratsch-Linie gelegen ansieht. Wohl wird von ihm nahe bei Villach eine Querlinie angenommen (die Rosegger Linie), welche aber, wie wir angeführt haben, einen ganz anderen Verlauf nimmt (und Görz mit Gmünd, nördlich von der Donau verbindet). Es sind dies, wie gesagt, gar auffallende Gegensätze.

In Bezug auf die Ursachen sind die drei Autoren aber einig, sie vertreten die neuere Richtung und bringen die Erdbeben mit den Gebirge bildenden Kräften in unmittelbaren Zusammenhang.

Die nach verschiedenen Richtungen sich durchkreuzenden, von dem Parallelismus etwas abweichenden,

den Erdbebenlinien, welche Höfer für Kärnten angenommen hat, erinnern übrigens lebhaft an gewisse Erscheinungen, welche Daubrée und Tresca an Glasplatten hervorriefen, indem diese durch entsprechende Biegung, der Einwirkung von Torsions-Spannungen bis zum Zerbrechen ausgesetzt wurden. (Man vergleiche die Daubrée'schen Bilder auf Tafel II der Experimental-Geologie von Daubrée.)

Es ist ein Verdienst Daubrée's auf die wahrscheinliche Häufigkeit von Torsionswirkungen in der Natur hingewiesen zu haben, was Lamé übrigens auch mathematisch dargelegt hat. Torsion muss ja überall dort bis zu einem gewissen Grade auftreten, wo Krustentheile, unter der Mitwirkung der Schwere, von seitlich wirkenden Druckkräften, die etwa in Folge von Contractionen geweckt werden, bei verschiedenen gradigen Widerstandskräften andererseits, gepresst werden.

Schlussbetrachtungen.

Fassen wir nun das im Vorhergehenden Erörterte zusammen, so kommen wir zu den nachfolgenden zwingenden Schlüssen: Die Erde, als ein in Abkühlung begriffener Körper, ist fortdauernden, unausgesetzt wirkenden Contractionen unterworfen, welche sich vollziehen werden, mag nun das Erd-Innere was immer für eine Beschaffenheit haben; mag es nun „feurig-flüssig“ sein, wie die Einen annehmen, oder „durch Druck verfestigt“, wie die Anderen wollen, oder endlich völlig starr, denn auch diese Meinung

hat ja ihre Vertreter. Ein sein Volumen vermin-
dernder Körper also wäre unsere Erde! Dabei ist jedoch
festzuhalten — es wird nur zu oft ausser Acht ge-
lassen und ist doch von höchster Bedeutung — dass
diese Contraction in Folge der Abkühlung ganz be-
sonders in den tieferen Regionen der Kruste auf-
treten wird, so dass in Folge dessen in dieser ganz
bedeutende örtliche Spannungen auftreten müssen,
durch deren endliche Auslösung Risse, Sprünge, und
Spalten entstehen müssen, ganz analog jenen, wie
sie Bischof bei seinen, bis zur Stunde unüber-
troffenen Experimenten über das Erkalten geschmol-
zener Basalkugeln, begleitet von einem Knacken
und Krachen, förmlich hat entstehen sehen. Mit jeder
solchen Unterbrechung des Zusammenhanges muss
eine Erschütterung Hand in Hand gehen, jede der,
von den Anhängern der Innen-Eruptions-Erdbeben-
Theorie als präexistirend angenommenen Spalten wird
bei ihrer Bildung von Erdbeben-Erscheinungen be-
gleitet gewesen sein — das kann ja gar nicht anders sein.

Dass solche Spalten seit den ersten Zeiten der
Krustenbildung sich gebildet haben müssen, wer wollte
dies bezweifeln? Dass sie aber auch heute noch zur
Ausbildung kommen — nicht nur können, sondern —
müssen, wer wollte dies bestreiten? Sollte es aber
doch Jemanden geben, der ausser den früher erwähn-
ten Erzgebirgsspalten noch ein weiteres Beispiel
bedürfen sollte, so könnte man ihn auf die, bei
Gelegenheit der Durchbohrung des St. Gotthard an-

getroffenen zahlreichen Risse und Klüfte hinweisen, welche von dem so überaus verdienstvollen Geologen des St. Gotthard-Bahnbaues, Herrn Stapff, auf das sorgfältigste, vollständigste und gewissenhafteste in den genau gearbeiteten Profilen und Grundrissen jenes epochemachenden Baues verzeichnet wurden. Wer sich für diese Frage intensiver interessiren sollte, dem seien die überaus lehrreichen Capitel in der schon citirten Daubrée'schen Experimental-Geologie (Synthetische Studien zur Exp.-Geol., deutsch von Dr. Adolf Guolt. Braunschweig 1880, S. 222—342) zum Studium empfohlen. Hier sei nur noch die Aufmerksamkeit auf die Thatsache gelenkt, dass die Spalten, die man in der Erdkruste nachweisen konnte, sich zu Spaltensystemen gruppiren, Systemen, für welche wenigstens annähernd Parallelismus der einzelnen Spalten angenommen werden kann.

Was die Entstehung dieser Risse anbelangt, so müssen sie nicht etwa alle so entstehen, wie jene in einem austrocknenden Brette oder Holzklotze. Die Vorgänge in der Erdrinde sind ja viel mannigfaltiger. Ganz ähnlich so wie bei den von Daubrée, Alph. Favre und manchen Anderen angestellten Contractions-Experimenten*) im Kleinen, so entstehen

*) Besonders instructiv sind die von Favre, mittelst starken, ausgespannten, mit plastischem Thone überzogenen und dann der langsamen Zusammenziehung überlassenen Kautschukplatten, erzeugten Reliefbildungen, bei welchen man nicht nur Vertiefungen und Erhöhungen, Runzeln und

derartige Vorgänge auch im Grossen. Langsam sich vollziehende Processe führen zu plötzlichen, localen Katastrophen im Schichtenbaue. Dabei muss noch darauf hingewiesen werden, dass solche Vorgänge durchaus nicht bis zur Oberfläche hin ihre Spuren in der Form etwa von Einsenkungen der Oberfläche, von oberflächlichen Rissen und Spalten, zur Erscheinung bringen müssen, wenn sich dies gleich in vielen Fällen thatsächlich ereignete. Mit nichten! Solche Auslösungs-Vorgänge können ganz wohl in Bezug auf die Aufhebung des Zusammenhanges, auf die Innen-Regionen beschränkt bleiben; was aber die Oberfläche gewiss und meist gerade die Oberfläche in ganz eminenter Weise zu erleiden haben wird, das sind eben diejenigen Erscheinungen, welche wir als Erdbeben zu bezeichnen pflegen. Jeder, auch der kleinste Störungsvollzug im Innern, wird sich in der festen Kruste und zwar nach den Gesetzen der Wellenbewegung fortpflanzen, — die freilich gerade für den so wechselvollen Aufbau des ganzen Krustengebäudes im höchsten Grade complicirt ausfallen wird — und gerade die Theile der Oberfläche werden dabei in besonders hohem Grade zu leiden haben, da ja die im festen Zusammenhange befindlichen Innentheile nur die Leiter oder Uebertrager der Bewegung sind und als solche in Ruhe bleiben. Geden-

Falten, sondern auch Ueberschiebungen und Brüche, Verwerfungen und Spaltenbildungen beobachten konnte, ganz ähnlich wie am Relief der Erde.

ken Sie dabei der so oft angeführten Versuche über die Fortpflanzung des Stosses, etwa der Reihe von aneinander liegenden Kugeln, bei welchen beim Anprallen der ersten der Kugeln die letzte, äusserste, keinen weiteren Widerstand findende, hinweggetrieben wird. Aber auch des mehrfach erwähnten Versuches mit Sand sei gedacht, der auf eine elastische, etwa durch Anstreichen mit einem Violinbogen in Schwingung gesetzte Platte gestreut ist und bei den kaum wahrnehmbaren Schwingungen der Platte doch wirr durcheinander geschleudert wird.

Solche Experimente können immerhin die Vorstellung des Vollzuges der Erdbeben-Erscheinungen wesentlich erleichtern.

Also Entstehung von plötzlichen Auslösungen im Innern, seien sie auch noch so mannigfaltig, haben mit Hilfe der Fortpflanzung durch die Krustentheile die Entstehung von Erschütterungen zur Folge, Erschütterungen, welche im Grossen und Ganzen den für die Wellenbewegung geltenden Gesetzen, mit den aus der gegebenen Verschiedenartigkeit des Mediums entspringenden Modificationen, folgen. Wir können also den Begriff tektonisches Erdbeben etwa folgendermassen geben: Tektonische Erdbeben sind nichts Anderes als Erschütterungen grösserer oder kleinerer Theile der Erdrinde, und entstehen in Folge eines Stosses oder Ruckes, in den meisten Fällen in Folge einer Auslösung des Zusammenhanges der Krustentheile, fast immer in Folge

einer von innen nach aussen wirkenden Kraftäusserung, deren Ursprung in grösserer oder geringerer Tiefe (meist nicht allzu gross: 10—70 Kilometer) zu suchen ist, und deren Wirkungen sich vom Orte der Entstehung sowohl nach der Oberfläche, als auch nach den Seiten durch die Gesteinsmassen fortpflanzen, wobei die Geschwindigkeit und Regelmässigkeit des Fortschreitens der „Erdbebenwelle“ und der Werth des in Mitleidenschaft gezogenen Oberflächentheiles, abhängig ist von der Stärke des Stosses und von der Beschaffenheit des den Stoss fortpflanzenden Gesteines.

Damit ist die moderne Erdbebentheorie, wie ich glaube, in kurzen Zügen charakterisirt und was noch angeführt werden soll, ist Beiwerk, welches aber immerhin verdient, in dieser Ueberschau mit betrachtet zu werden.

Was den Zusammenhang der Erdbeben mit den vulkanischen Gewalten unseres Planeten anbelangt, so ist dieser ein immerhin sehr inniger, aber ein ganz anderer als von dem Vertreter der Hypothese: „Erdbeben sind unterirdische Vulkanausbrüche“, angenommen wird.

Erdbeben sind auf jeden Fall das, bei der Bildung der Spalte, der Eruption Vorangehende; diese werden erst durch Entstehung der Störung möglich gemacht. Niemandem fällt es ein, die Möglichkeit zu leugnen, dass unter Umständen in die unterirdischen Risse und Spalten, bei deren Entstehung und Weiter-

ausbildung es, wie wir sahen, nicht ohne Rüttelungen abgeht, geschmolzene Gesteinsmassen eindringen können. Solche Tiefen-Ergüsse werden sich ohne Zweifel vollziehen; wir könnten uns sonst das Auftreten der vollkrystallinischen Massengesteine, etwa des Granit und seiner Verwandten, aber auch vieler anderer Ganggesteine, kaum erklären. Ja, diese werden eindringen, wo es ihnen möglich gemacht wird; sie werden hineindringen, theils getrieben durch mächtige Druckkräfte von oben, denen sie ausweichen wollen, theils getrieben durch die, bei gegebener Möglichkeit, also bei Entlastung einer Stelle frei werdenden Dampfmassen verschiedener Art. — (Immer wird Wasserdampf dabei die Hauptrolle spielen.) Ja es mag dabei sogar in manchen Fällen nicht ohne neue Rüttelungen abgehen. In dieser Beziehung darf vielleicht auch auf die schon an anderer Stelle citirte Arbeit des Herrn Werner Siemens hingewiesen werden, der über diese Vorgänge berichtet hat. In erster Linie muss aber der von Dr. Reyer angestellten Studien gedacht werden, die ich schon an anderer Stelle („die vulkanischen Berge“) ausführlich in Berücksichtigung gezogen habe.

An vielen Stellen werden aber nur Dämpfe, Exhalationen verschiedenartiger, gasförmiger Stoffe einzudringen vermögen — und gar manche Erzgänge werden auf diese Weise ihre Füllung aus der Tiefe erhalten haben, „so dass mancher Erzgang gleichsam als die versteinerte oder vererzte Quelle eines Erd-

bebens bezeichnet werden mag." (Suess: Zukunft des Goldes, S. 95.)

Erdbeben und Vulkane sind auf Zonen geringsten Zusammenhanges der Krustentheile ganz besonders häufig. Während jedoch die letzteren auch noch die Nähe des Oceans aufsuchen und mit dem Rückzuge des Meeres, in Folge von Niveau-Veränderungen der Kruste, auf landeinwärts rückenden Krustentheilen erlöschen, wie uns viele jetzt eruptionslose Vulkan-Districte im Binnenlande auf das sprechendste beweisen — sind Erdbeben vom Meere eigentlich ganz und gar unabhängig und treten gerade in den dem Meere entrückten Hochgebirgsgegenden mit ganz besonderer Intensität und Häufigkeit auf.

Der Versuch, alle, auch die sicher auf Dislocationen zurückführbaren Beben durch Vulkanausbrüche, die letzteren noch dazu durch innere Vulkanausbrüche erklären zu wollen, bildet ein Analogon zu der so lange herrschend gewesenen Ansicht: die Gebirge seien durch Ausbrüche eruptiver Gesteine emporgepresst worden d. h. aus Spalten emporgestiegen.

Einen Gegenstand grosser Aufmerksamkeit wird endlich, nach wie vor, die gewiss hochwichtige Frage nach der Erklärung der auffallenden Thatsachen bilden müssen, welche sich aus der Erdbebenstatistik schon ergeben haben und in Hinkunft etwa noch ergeben werden. Ich glaube nicht, dass es irgend einem Manne der Wissenschaft einfallen wird, ihnen aus dem Wege zu gehen oder sie zu „unterdrücken“; die Fragen

wurden oft und viel discutirt, sie waren aber bislang noch nicht spruchreif und sind es vielleicht auch jetzt noch nicht ganz. Für mich liegt in der Thatsache, dass die Erdbeben durch ausserirdische Kräfte beeinflusst werden, durchaus nichts Unerklärliches, aber auch nichts, was ein Abgehen von den auf Grund anderer sicher erkannter Thatsachen ausgesprochenen Vorstellungen zur Folge haben müsste, oder eine zwingende Ursache abgäbe, zu den unterirdischen Vulkanausbrüchen greifen zu müssen, um die Ursachen der Erdbeben zu erklären. Der Einfluss von Sonne und Mond auf die Erde und alle ihre Theile besteht zu recht und ist wahrlich eingehend studirt worden. Aehnlich so wie die Atmosphäre und die Hydrosphäre diesen rein mechanischen Einwirkungen folgen müssen, wird auch die Kruste sowohl, als auch im Grunde die ganze Erdmasse, derselben unterworfen sein, und wie es überhaupt schwer ist, etwas zu denken, worüber nicht schon gedacht worden wäre, so auch hier. Schon Sir John Herschel hat, wie an anderer Stelle gezeigt wurde, die Sache ganz richtig erkannt und gedeutet.

Und damit komme ich zum Schlusse.

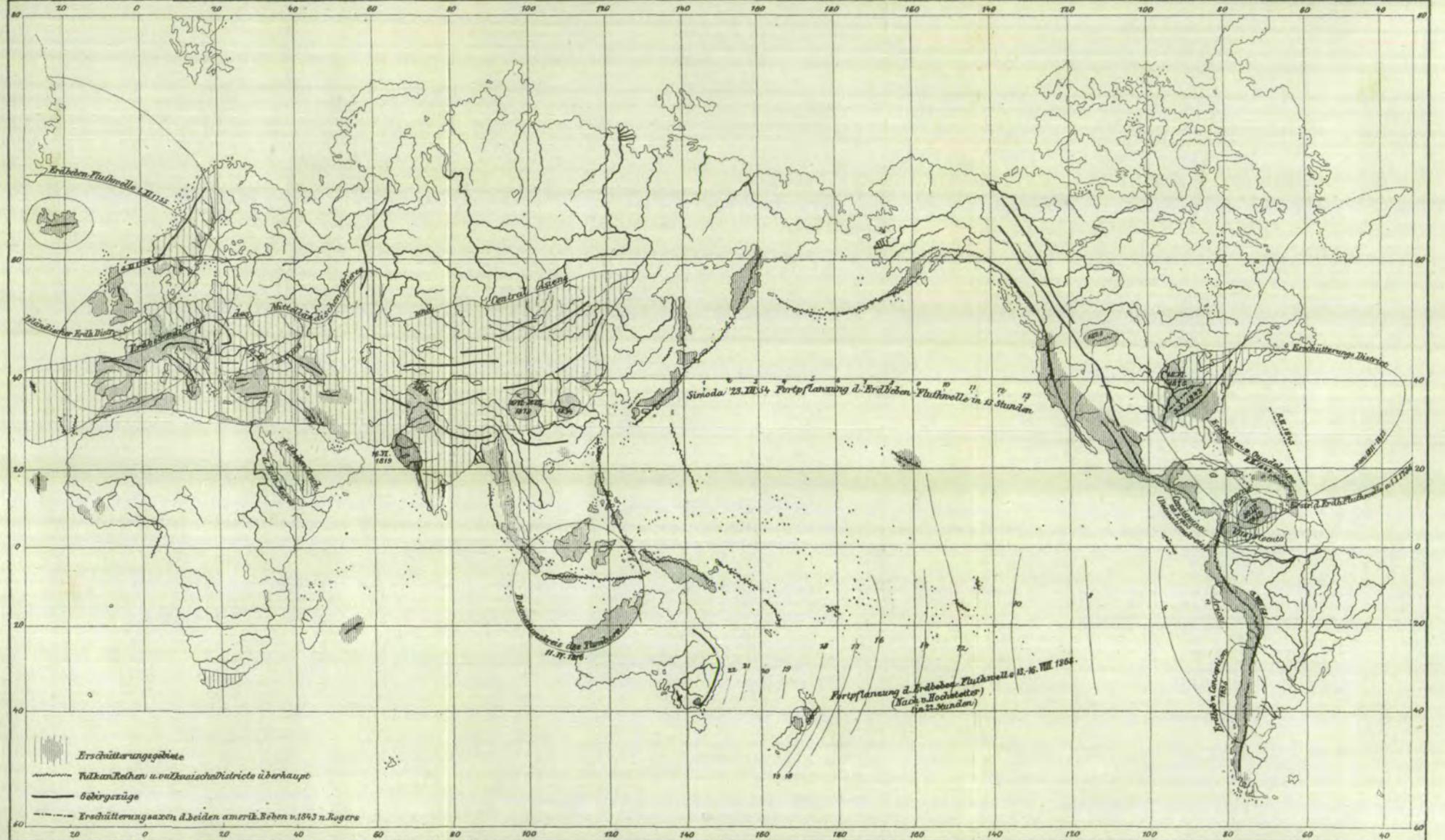
Die Erdbeben sind nur eine Aeusserung derselben Kräfte, durch deren Walten die Reliefverhältnisse der Erdoberfläche in ihren Hauptzügen bedingt werden, Kräfte, welche die Ursache sind, dass uns die Erde meerbedeckte Mulden und über das Niveau der ausgleichenden Oceanbedeckung aufragende

Festlandsmassen zeigt, welche aber auch die Vertheilung von Fest und Flüssig, von Land und Meer einem fortdauernden Wechsel unterwerfen, indem sie hier eine Emporschiebung, dort ein langsames Niedersinken hervorrufen, welches Schwanken wir noch immer als die säcularen Hebungen und Senkungen bezeichnen wollen*); Kräfte, welche aber auch und

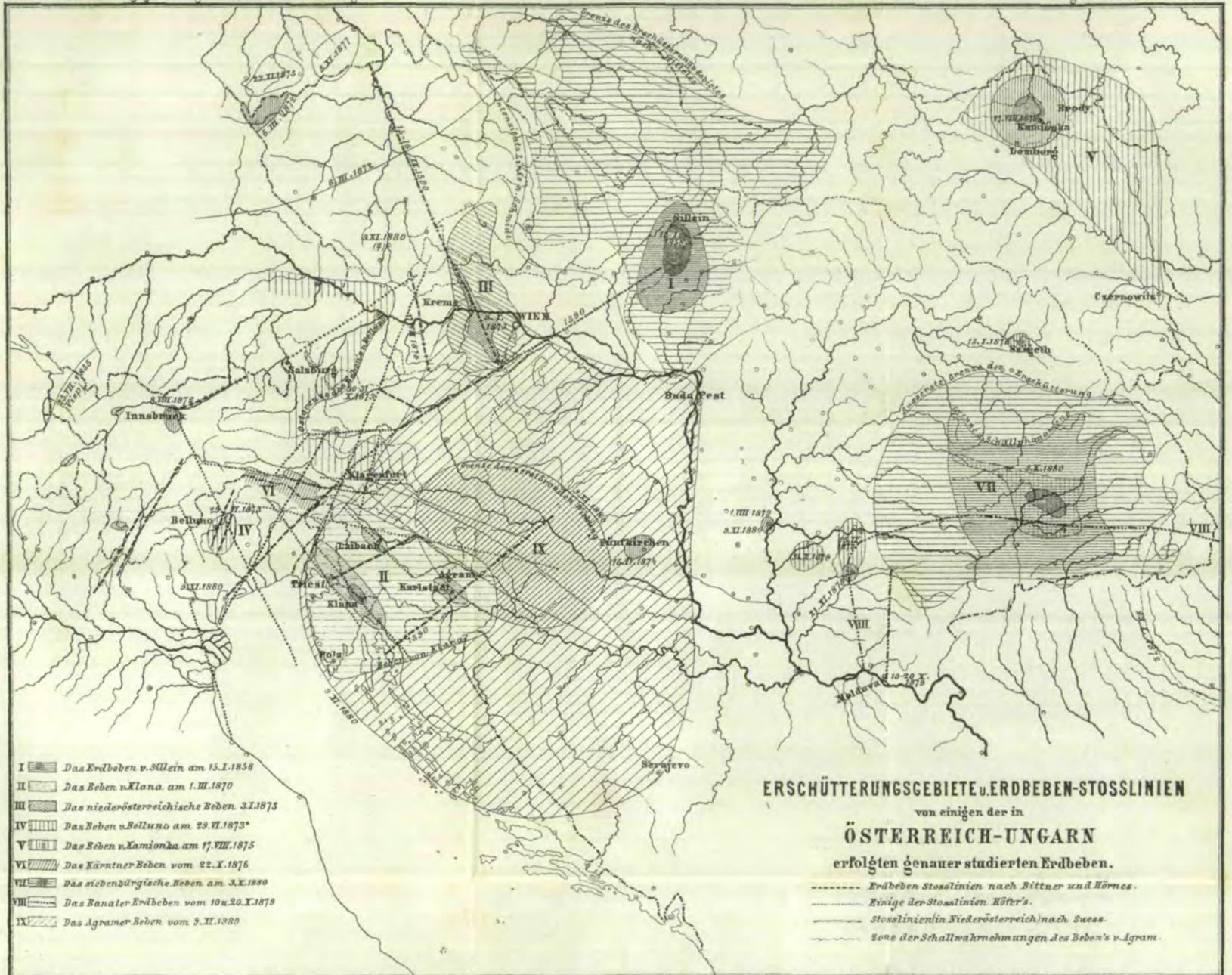
*) In Bezug auf die säcularen Hebungen und Senkungen steht eine gewiss von uns Allen mit Spannung zu erwartende Publication des Herrn Professor Suess in näher Aussicht, durch welche, wie aus den vorläufigen Andeutungen (Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt 1880, S. 171—180) zu entnehmen ist, ein neues Licht auf diese grossen Vorgänge geworfen, ihnen eine neue Seite abgewonnen werden wird. Ausserdem möchte ich hier nebenbei auf eine Erwiderung aufmerksam machen, die von Seite des Herrn Prof. Dr. Trautschold in Moskau (im Bulletin Soc. Imp. des Naturalistes de Moscou 1880, Nr. 1, S. 174—182), auf die in meinem vorjährigen Vortrage ausgeführten kritischen Erörterungen seiner Anschauungen über das Sinken des Meeresspiegels, veröffentlicht wurde. Ich kann hier nicht auf die Widerlegung der von seiner Seite angeführten Gründe eingehen, ich müsste mich sonst wiederholen. Ich erkläre nur, dass ich mich durch die erwähnte Schrift, die der Frage übrigens keine neuen Seiten abgewinnt, durchaus nicht zu einer Aenderung meiner Aussprüche veranlasst fühle und die betreffs der Trautschold'schen Vorstellungen ausgesprochenen Sätze dermalen vollinhaltlich aufrecht halten muss. Auch auf Richtigstellungen gewisser Sätze will ich hier nicht eingehen, der kritische Leser meiner und der Trautschold'schen Schrift wird selbst dazu kommen, die in der citirten Entgegnungsschrift gelegentlich vorkommenden Missverständnisse zu erkennen und richtig zu stellen.

Zur Erdbebenkarte von Oesterreich-Ungarn.

1. **Ueber das Erdbeben von Sillein** (15. Januar 1858) besitzen wir Abhandlungen von Prof. Dr. Andreas Kornhuber (Verhandl. d. Vereins für Naturkunde zu Pressburg, Vortrag am 12. April 1858), von J. F. Julius Schmidt (Mittheilungen der k. k. geogr. Gesellschaft 1858, II. Heft) und von L. H. Jeitteles (Sitz.-Ber. der kais. Akad. d. W., Wien 1859, vorgelegt 14. Oct. 1858).
 2. **Das Beben von Klana** (1. März 1870) wurde von Oberberggrath D. Stur behandelt (Jahrb. der k. k. geol. Reichs-Anst. 1871, S. 231—265).
 3. **Das niederösterreichische Beben** vom 3. Januar 1873 brachte Prof. Suess in Karte (Denkschr. d. kais. Akad. d. W., 33. Bd., S. 61—98). Dasselbe Gebiet wurde auch am 12. Juni 1875 erschüttert.
 4. **Ueber das Beben von Belluno** vom 29. Juni 1873 besitzen wir Arbeiten von Bittner (Sitz.-Ber. d. kais. Akad. d. W. 1874, 24. Bd.), R. Falb (Gedanken u. Studien, Graz 1875), H. Höfer (Sitz.-Ber. d. kais. Akad., 74. Bd., S. 819—856) und R. Hörnes (Erdbebenstudien, Jahrb. d. k. k. geol. Reichs-Anst. 1878, 3. Heft).
 5. **Das Beben von Kamionka** vom 17. Aug. 1875 wurde von Prof. Felix Kreutz in Karte gebracht und in einer (in polnischer Sprache geschriebenen) Abhandlung besprochen (Lemberg 1876).
 6. **Ueber das Kärntner Beben** vom 22. Oct. 1876 vergl. man die umfangreiche Arbeit v. Prof. H. Höfer (Denkschrift d. kais. Akad. d. W., 42. Bd., II. Abth., 1—90).
 7. **Das siebenbürgische Erdbeben** vom 3. Oct. 1880 hat Dr. A. Koch ausführlich bearbeitet (in ungarischer Sprache) und in Karte gebracht (Földtáni közlöny 1881).
 8. **Ueber das Banater Beben** vom 10. und 20. Oct. 1879 hat Zsigmondy berichtet (vergl. Verhandl. der k. k. geol. Reichs-Anst. 1879, S. 326).
 9. **Ueber das Agramer Beben** vom 9. Nov. 1880 liegen bis nun nur kürzere Mittheilungen vor, eine ausführliche Bearbeitung (durch Herrn Assist. Wähler) steht in Aussicht.
-









zwar, wie es uns scheint, beim Vollzuge oder geradezu in Folge des Vollzuges solcher Oberflächenschwankungen die grossartigsten Veränderungen erzeugen, indem sie an gewissen Stellen die Erdrinde, durch das Walten der „seitlich wirkenden Druckkräfte“, gewaltsam zusammenschieben und zu Gebirgen emporthürmen, was wieder dadurch an Begreiflichkeit und Leichtfasslichkeit gewinnt, wenn man an die Ungleichförmigkeit des Zusammenhanges erinnert, durch welche Stauungsprocesse und Torsions-Spannungen hervorgerufen werden: Gebirgsbildung und Dislocationsbeben sind aber nur verschiedengradige Aeusserungen derselben Kraft.
