

DER

KAIS. KÖN. GEOLOGISCHEN REICHSANSTALT.

Erdbeben-Studien.

Von R. Hoernes.

Mit einer Karte (Taf. XI) und 5 Holzschnitten.

Vorbemerkung.

Seit jeher hat die furchtbare Erscheinung der Erdbeben die Aufmerksamkeit des Menschen auf sich gezogen, und es war derselbe in Folge dessen stets bemüht, eine Erklärung für das Phänomen zu finden — unzählige Hypothesen über die Ursachen der Erderschütterungen wurden aufgestellt und fanden mehr oder minder Beifall (nicht immer entsprechend der sachlichen Begründung, sondern häufiger in Folge der überraschenden und bestechenden Herbeiziehung eines Agens, an dessen Zuhülfenahme zur Erklärung man bisher nicht gedacht hatte). Auch heute noch gehen unsere Ansichten über die Erdbeben und ihre Ursachen weit auseinander, und während man in einer Richtung sich mit der Untersuchung des Einflusses anderer Himmelskörper auf die Erdbeben beschäftigt, sehen wir in einer anderen das Streben, die Ursachen der seismischen Erscheinungen durch das Studium der Gebirgsbildung kennen zu lernen.

Sehen wir in der letzteren das ernste Bemühen, durch genaue Detailuntersuchung einzelner Erdbeben und Vergleichung der gewonnenen Resultate mit dem geologischen Bau der betreffenden Gegenden Stein um Stein zu einem Gebäude zusammenzutragen, dessen Grundfesten bereits sicher errichtet sind, und dessen Schlussstein wir heute schon in klaren Formen voraussehen, so nehmen wir unter den Anhängern der anderen vor Allem einen von einer Hypothese begeisterten Propheten wahr, der mehr durch Popularisirung seiner Idee, als durch ihre wahrlich noch sehr nothwendige Begründung unsere Kenntniss von den Erdbeben erweitern will, indem er jeden, der es wagt, an dem von ihm angenommenen, feurig flüssigen Erdkern und an dessen Erdbeben erzeugende Ebbe und Fluth zu zweifeln, in markt-schreierischen Pamphleten mit dem Fanatismus des Begründers einer Religionssecte angreift.

Erschütterungen des Erdbodens können wohl durch verschiedene natürliche Ursachen hervorgebracht werden, und meiner individuellen Ueberzeugung zufolge könnte man der Hauptsache nach mit Vortheil folgende drei Categorien von Erdbeben unterscheiden.

1. Einsturz-Erdbeben. Dass die Bildung grosser unterirdischer Höhlen und das Einstürzen ihrer Decke, wie wir beides in grossartigem Massstabe in den Höhlen des Karstes und seinen Dollinen wahrnehmen, zu local ziemlich bedeutenden Erderschütterungen Anlass geben kann, wird wohl von Niemandem geleugnet. Es ist aber keineswegs gerechtfertigt, die gewiss selten und local auftretende Thatsache zur Erklärung häufiger und weitverbreiteter Erscheinungen in Anspruch zu nehmen. Die beliebte „Einsturz-Hypothese“ entbehrt jedes Haltes, sobald man von einzelnen Detonations- und Erschütterungs-Phänomenen in Höhlen-Districten absieht. Bemerkenswerth unter den wahrscheinlich durch unterirdische Erdhülle verursachten seismischen Erscheinungen sind jene Detonationen, die in der Regel mit geringen Erschütterungen verbunden, an ein und derselben Stelle durch verhältnissmässig lange Zeit wiederkehren. Es gehören hieher die bekannten Detonations-Erscheinungen auf der Insel Meleda 1822–24 und das Schallphänomen des Mte. Tomatico bei Feltre im November und December 1851.

2. Vulkanische Erdbeben. Diejenigen seismischen Erscheinungen, die ich zu dieser Kategorie stellen möchte, werden lediglich durch die Stösse erzeugt, welche durch die entweichenden Gase (vorwiegend überhitzter Wasserdampf) in der Nähe vulkanischer Essen entstehen. Es tragen dieselben in ausgezeichneter Weise den Explosionscharakter, und sie sind trotz ihrer furchtbaren Grossartigkeit nur local. Man hat früher, als man noch sehr unklare Begriffe vom Vulkanismus besass, unter demselben häufig „die Reaction des Erdinneren gegen die Erdoberfläche“ sich vorgestellt, und als Aeusserungen derselben neben den Vulkanen mit ihren Eruptionen von feurig flüssigem Gestein und heissem Wasserdampf auch die Erdbeben betrachtet. Vielfach begegnen wir der Meinung, es seien sämtliche Erdbeben nichts als versuchte Eruptionen. Dass diese Ansicht nicht stichhältig ist, zeigt schon die genaue Beachtung der vulkanischen Phänomene selbst. Die Erderschütterungen, welche in der Nähe eines Vulkans einem jener Ausbrüche voranzugehen pflegen, welche Scrope als Paroxysmen zu bezeichnen pflegt, sind auf die Umgebung des Schlundes beschränkt, und müssen trotz ihrer Furchtbarkeit als local bezeichnet werden.

Das Centrum ist hier immer der Krater, von welchem die Stösse in radialer Richtung erfolgen, und sobald die Obstruction des Kraters herausgeschleudert ist, der Paroxysmus seinen Höhepunkt erreicht hat und der Austritt der Lava beginnt, haben auch die Erschütterungen des Bodens ihr Ende erreicht. Diese Erdbeben aber sind viel geringer an Zahl und Bedeutung als jene, welche wir der letzten Kategorie zutheilen wollen, und verhalten sich zu ihnen gerade so wie die localen durch die vulkanische Kraft plötzlich entstandenen Niveauveränderungen zu jenen secularen, die ganze Continente umfassen.

3. Die letzte Kategorie umfasst jene Erdbeben, welche durch ihre Häufigkeit, durch ihre weite Verbreitung und ihr Gebundensein an gewisse Linien, auf welchen sie wiederholt beobachtet werden können, die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Ich möchte sie, da sie in unmittelbarem Zusammenhang mit der gebirgsbildenden Thätigkeit zu stehen scheinen (auch die vulkanischen Erdbeben sind, wie alle vul-

kanischen Erscheinungen, eine indirecte Folge derselben), unter dem Namen der „tektonischen Erdbeben“ zusammenfassen, weil sie in der Entstehung und dem Aufbau der grossen Kettengebirge ihren Grund haben. Die bis vor Kurzem herrschende und am weitesten verbreitete Meinung über Gebirgsentstehung war jene, nach welcher das Auftauchen einer starren oder flüssigen Gesteinsmasse längs einer Linie, der Gebirgsaxe, die Schichten der Erde nach rechts und links auseinandergetrieben und als Kettengebirge aufgerichtet hätte. Dieser Ansicht liegt im Wesentlichen die Hypothese Al. v. Humboldt's und L. v. Buch's zu Grunde, welche die grossen Krater durch blasenförmige Emportreibungen — durch Elevation entstehen liess, und es ist nur eine weitere Consequenz der Lehre von den Erhebungs-Kratern, wenn L. v. Buch alle Gebirge durch Porphyry gehoben erklärt. Élie de Beaumont's Ansichten über Gebirgsbildung haben lange allgemeine Anerkennung gefunden, obwohl C. Prevost schon mit Bestimmtheit sich gegen das Vorhandensein irgend einer radialen, erhebenden Kraft äusserte. Prevost (und vor ihm schon Deluc) lehrte, dass die Erhebungen nur eine secundäre Folge benachbarter Senkungen wären, und wir sehen diesen Gedanken noch in den letzten Jahren, allerdings in etwas veränderter Form, in den amerikanischen Erörterungen der Gebirgsentstehung, in den Veröffentlichungen von Leconte und Dana wiederkehren. Heute kann es als feststehend angenommen werden, dass die krystallinischen Felsarten nicht als die active Quelle der Gebirgsbildung angesehen werden dürfen, dass sie vielmehr dieselbe passive Rolle wie die jüngeren und älteren Schichtgesteine bei der Faltung der Erdoberfläche gespielt haben. Sind wir heute auch nicht so weit, die Dynamik der Gebirgsbildung in ihrer Ursache und Wirkung vollständig zu kennen, so wissen wir doch, dass die grossen Kettengebirge nicht symmetrisch, sondern einseitig gebaut sind, und dass der kleine Theil der Alpen, in welchem symmetrische Nebenzonen sich finden, nur eine scheinbare Ausnahme von der Regel bildet. Ungleiche Contraction und daraus resultirende horizontale Verschiebung der Erdoberfläche sind die Ursache des Faltenwerfens, wozu noch die durch Suess betonten Stauungs-Erscheinungen kommen.

Suess' „Entstehung der Alpen“ zeigt am besten, wie schwierig die Behandlung der Frage nach der Ursache und dem Vorgange der Gebirgsbildung ist — und wie weit wir noch von der Lösung aller Räthsel entfernt sind. Alle unsere Kettengebirge haben einseitigen Bau, und die naheliegendste Erklärung desselben scheint wohl die Annahme, dass sie am Rande von Depressions-Gebieten entstanden sind, die einen seitlichen Druck ausübten. An dem inneren concaven Rand, welchen die Kettengebirge den Depressionen zukehren, mussten sich grosse Störungen und Brüche einstellen, welche, wie wir später kurz erwähnen wollen, als secundäre Wirkung vulkanische Eruption herbeiführten. Die grossen Erdbeben aber haben wir als unmittelbare Folgewirkungen des Faltenwerfens und der Verschiebung der Erdrinde zu betrachten. Es sind in neuerer Zeit mehrere Autoren zu der Ansicht gekommen, dass die Erdbeben nichts anderes seien als die Erschütterungen des Bodens, die nothwendig durch das Spaltenwerfen und die Verschiebungen der Gebirgtheile entstehen müssen.

Ich nenne in dieser Hinsicht namentlich Hermann Credner, welcher hinsichtlich der voigtländisch-erzgebirgischen Erdbeben anknüpfend an die Suess'sche Darlegung der Bildung der Kettengebirge, nach welcher die Entstehung der Gebirgssysteme nicht durch Erhebung in Folge einer radial aus dem Erdinnern wirkenden Kraft zu erklären, sondern auf erdperipherische, also seitliche Verschiebung grosser Massen der Erdoberfläche zurückzuführen sei, zu folgendem Resultate gelangte:

„Das Erzgebirge ist nur ein Theil eines ausgedehnten Falten-systemes, welchem jede centrale, sog. Hebungsaxe fehlt, es bietet vielmehr das Bild einer durch einseitigen Druck verursachten Gruppe von Falten. In Folge der seitlichen Pressung mussten zahlreiche Sprünge und Spalten entstehen, durch welches Spaltenwerfen Erschütterungen hervorgerufen werden mussten. Da aber die gebirgsbildenden Ursachen durch enorme Zeiträume hindurch von den ältesten bis zu den jüngsten Perioden sich bethätigt haben, so ist die Möglichkeit gegeben, dass die ziemlich zahlreichen erzgebirgisch-voigtländischen Erdbeben auch dieses Jahrhunderts sich ebenfalls auf eine derartige Ursache zurückführen lassen, also zu erklären sein dürften als Aeusserungen der Gebirgsentstehung und unterirdischen Spaltenbildung in Folge seitlichen Drucks.“¹⁾

A. Bittner spricht sich am Schlusse seiner höchst interessanten Arbeit über das Erdbeben von Belluno vom Jahre 1873²⁾, auf deren Resultaten die von mir unten versuchte Erklärung der belunesischen Erdbeben-Erscheinungen beruht, indem er der haltlosen und überflüssigen Hypothese Falb's die verdiente Abfertigung zu Theil werden lässt, mit folgenden Worten aus:

„Der gewaltige gegenseitige Druck und die Spannung der sich verschiebenden Gebirgsmassen, das Entstehen neuer und die Erweiterung schon bestehender Klüfte und Spalten bilden hinreichende Ursachen, die sowohl einzeln als zusammenwirkend die meisten unserer Erdbeben zu erzeugen im Stande sein mögen.“ — Wenn irgendwo die Verhältnisse, wie sie G. Poulett Scrope in so überzeugender Weise als die bedingenden Ursachen der Erdbeben und Vulkanausbrüche schildert, thatsächlich zusammengewirkt haben mögen, so ist dies an den concaven Seiten der grossen mitteleuropäischen Gebirge, der Alpen, der Karpathen und des Apennin der Fall gewesen. Die weitgehendsten Störungen, die furchtbarsten Erdbeben und die gewaltigsten Vulkan-Ausbrüche haben hier in enger Vereinigung stattgefunden und finden

¹⁾ H. Credner: Das voigtländisch-erzgebirgische Erdbeben vom 23. Nov. 1875. Aus d. Zeitschr. f. d. gesammten Naturwissenschaften, 48. Bd. 1876.

Nach Vollendung der vorliegenden Arbeit ging mir eine Mittheilung von Hrn. Prof. Dr. H. Credner: „Das Dippoldiswalder Erdbeben vom 5. Oct. 1877“, Separatabdruck aus dem L. Bande der Zeitschrift f. d. gesammte Naturwissensch. für Sachsen und Thüringen zu, in welcher der Verfasser ebenfalls zu dem Resultate kommt, die Erdbeben der Gebirgsbildung zuzuschreiben. Credner schliesst mit den Worten: „so liegt es nahe, auch das neueste erzgebirgische Erdbeben als Aeusserung einer Berstung in Spannung begriffener Gesteinsmassen, oder der Verschiebung eines von Spalten umgrenzten Gebirgskeiles aufzufassen.“

²⁾ A. Bittner: Beiträge zur Kenntniss des Erdbebens von Belluno vom 29. Juni 1873. Aus d. Sitzber. d. k. Akad. d. Wissensch., 69. Bd., 1874.

noch statt, und darum erscheint es mir denn zum mindesten überflüssig, auf ferner liegende Hypothesen zurückzugreifen, um eine einzelne dieser Erscheinungen zu erklären, die sich viel besser im Zusammenhange mit anderen, nicht anzufechtenden Erscheinungen als das begreift, was sie wohl ist, als eine in ihrem Auftreten zwar furchtbare, aber doch nur secundäre Wirkung untergeordneter Art der gebirgsbildenden Kräfte selbst.“

Auf die Folgerungen, welche sich aus den Suess'schen Untersuchungen der Erdbeben-Erscheinungen in bestimmten Schüttergebieten ¹⁾ ableiten lassen, werde ich unten zu sprechen kommen; namentlich wichtig erscheint das von Suess unwiderleglich nachgewiesene Wandern der Stosspunkte auf peripherischen Linien, welches, wie ich nachzuweisen versuchen werde, in den ersten an die Ebene grenzenden Ketten der Südalpen sich nicht weniger klar manifestirt als in Calabrien.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass durch solche Special-Untersuchungen unsere Kenntniss der seismischen Erscheinungen weit mehr gefördert wird als durch Abstractionen, denen heute noch verhältnissmässig geringes Beobachtungs-Material zu Grunde liegt. Wie überall im Gebiete der Naturwissenschaften, wird uns nur die deductive Methode zur Klarheit verhelfen, und es ist gewiss nothwendig, die einzelnen seismischen Erscheinungen in Bezug auf ihren Zusammenhang mit dem geologischen Bau des Schüttergebietes genauer zu studiren, als es bisher mit wenigen Ausnahmen der Fall war. Ich werde Gelegenheit haben, auch gegen die einseitig angewendete, geometrische Methode, Ursprung und Ursache der Erdbeben aufzusuchen, wie sie von Mallet und Seebach angewendet wird, Einsprache zu erheben, und die falschen Schlüsse, zu denen man auf diesem Wege gelangen kann, an einem Beispiele zu erörtern versuchen, indem ich die Resultate, zu welchen A. Bittner (a. o. a. O.) und H. Höfer ²⁾ hinsichtlich des Erdbebens von Belluno vom 29. Juni 1873 gelangten, einander gegenüberstelle.

Ich möchte mir nun erlauben, der sächlichen Erörterung einiger grosser seismischen Erscheinungen noch eine kurze theoretische Betrachtung voranzuschicken, um die Verschiedenheit der seismischen und vulkanischen Erscheinungen ersichtlich zu machen. Ueber das Wesen des Vulkanismus erhielten wir vor Kurzem eine äusserst wichtige Arbeit von E. Reyer ³⁾, die alle bisherigen Erfahrungen über die Physik der Vulkane zu einem äusserst instructiven Gesamtbild vereinigt. Es ist demselben zu entnehmen, dass das Magma im Inneren der Erde zwar sehr heiss, mit Gasen, namentlich mit Wasserdampf überladen (treffend wird von Reyer die Analogie mit der Absorption

¹⁾ E. Suess: Die Erdbeben Niederösterreichs. Denkschr. der k. Akad. der Wissensch., 33. Bd., 1873.

— Die Erdbeben des südlichen Italien. Denkschr. der k. Akad. der Wissensch., 34. Bd., 1874.

²⁾ H. Höfer: Das Erdbeben von Belluno am 29. Juni 1873. Sitzber. der k. Akad. der Wissensch., 74. Bd., 1876.

³⁾ E. Reyer: Beitrag zur Physik der Eruptionen und der Eruptivgesteine. Wien 1877.

der Gase durch glühend flüssige Metalle hervorgehoben); aber trotz der Hitze durch den gewaltigen Druck der lastenden Erdschichten verfestigt erscheint. Das starre Magma ist jedoch ausbruchsfähig, wenn local eine Druckerleichterung stattfindet, wie sie durch die Faltung und das Spaltenwerfen der Erdrinde herbeigeführt wird. Durch die Spalten, welche am concaven Rande der grossen Kettengebirge entstehen, tritt locale Entlastung des Magma ein, die Gase bethätigen ihre Spannkraft, die Gesteinsmasse wird flüssig, vermehrt ihr Volumen, und unter dem von Scrope so trefflich geschilderten „Aufkochen“ der Lava treten die bekannten Eruptions-Erscheinungen ein, die je nach der Durchtränkung des Magma mit überhitztem Wasser verschiedenen Habitus und verschiedene Intensität besitzen.

Es scheint mir nun, als dürften wir unter den grossen, auf unterbrochenen Linien sich fühlbar machenden Erdbeben keineswegs versuchte Eruptionen sehen, sondern als bestünde ein Zusammenhang zwischen diesen seismischen Erscheinungen und der Gebirgsbildung in der Weise, dass die bei der seitlichen Verschiebung und Faltung der Erdrinde sich bildenden Falten und Sprünge sich unmittelbar als Erschütterungen des Bodens fühlbar machen.

Die Brüche, welche sich im Gebirgsbau als Verwerfungen manifestiren, sind doppelter Art, wir haben es erstlich zu thun mit aufgetriebenen Falten — mit Brüchen, die in dem Streichen des Kettengebirges liegen, und sodann mit Brüchen, deren Richtung senkrecht auf der Faltung und dem Streichen des Gebirges steht. Auf diesen Querbrüchen begegnen wir häufig der Erscheinung der horizontalen Verschiebung anstossender Gebirgtheile, so dass die Synklinalen und Antiklinalen nicht zusammenpassen, sondern mehr oder weniger verschoben sind. Suess hat bei Erörterung der Gebirgsbildung durch horizontale Verschiebung mehrere unmittelbar zu beobachtende Beispiele für dieselbe angeführt¹⁾. Ich entnehme denselben zunächst den Ausspruch Studer's, dass viele Querthäler nicht blosse Spalten oder Erosionen seien, sondern dass ihnen viel tiefere Bedeutung zugeschrieben werden müsse. Der Thunersee trennt zwei sehr verschiedene Gebirge . .

„Es müsste in der Gegend des oberen Thunersees eine Verschiebung senkrecht auf das Streichen von beinahe zwei Schweizer-Stunden vorausgesetzt werden, wenn man die Formationen der beiden Ufer in Verbindung setzen wollte, eine Annahme, die sich vielleicht durch die starke Faltung der Gebirge des rechten Ufers unterstützen liesse.“ — Als weitere Belege dieser weit verbreiteten Erscheinung mögen noch die wiederholten seitlichen Verschiebungen der Kreidebildung im Echo Canon und anderen Einrissen bei Coalville, Utah angeführt werden, welche Meek beschrieben hat, sowie der sonderbare Fall, in welchem nach Arnaud an der Eisenbahn nach Agen im südwestlichen Frankreich, ein Stück der Kreideformation abgerissen und um nicht weniger als 20 Kilometer nach Nord verschoben sein soll.

Grösseren und kleineren Querbrüchen begegnen wir in den Alpen ausserordentlich häufig. Sie besitzen in Folge des bogenförmigen Verlaufes des Kettengebirges eine radiale Stellung und treten uns zumeist

¹⁾ E. Suess: Die Entstehung der Alpen, p. 61—63.

mit Seen erfüllt entgegen, welche den grössten Reiz der oberitalienischen Alpenlandschaften bilden. Die Bildung dieser so häufig von tiefen Seen erfüllten Querthäler ist eines der interessantesten Probleme der Geologie — die Entstehung der Spalten selbst hängt gewiss unmittelbar mit der Faltung der Erdoberfläche und der Aufrichtung des Kettengebirges zusammen, während die heutige Erfüllung der Spaltenthäler, die oft unter den Meeresspiegel hinabreichen, mit Seen wohl der Wirkung der diluvialen Gletscher zuzuschreiben ist, nicht in dem Sinne, als hätten dieselben die Vertiefungen geschaffen, sondern als hätten sie dieselben vor der Bedeckung mit Schutt bewahrt, indem sie ihre Moränenmassen weiter hinaus gegen die Ebene schoben. Häufig genug sehen wir die oberitalienischen Seen geradezu durch Moränenwälle von der Ebene getrennt. Den Zusammenhang dieser häufig mit Seen erfüllten Querthäler und der oberitalienischen Erdbeben hat Bittner bereits angedeutet, ja den Parallelismus zwischen den gewaltigen Querschluichten, welche den Südabhang der Alpen durchsetzen, und vom Lago maggiore, Lago di Lugano, Lago di Como, Lago d'Iseo, Lago d'Idro, Lago di Garda erfüllt werden, und dem Thal und See von Santa Croce bei Belluno als Nachweis für das Vorhandensein eines Querbruches bei Santa Croce benützt. Ich werde unten zu zeigen haben, dass der von Bittner angenommene Bruch wirklich vorhanden und durch eine bedeutende horizontale Verschiebung gekennzeichnet ist, und dass Bittner mit vollem Recht das Erdbeben von Belluno vom 23. Juni den bedeutenden und zahlreichen Erschütterungen in den Jahren 1866 und 1868 am Gardasee, den nördlich vom Lago d'Idro zu Tione in den 50er Jahren mehrfach beobachteten Erdbeben, und den Erdstössen vom Jahre 1867 am Lago maggiore parallelisirt.

Es ist meine Ueberzeugung, dass diese seismischen Erscheinungen in den Seethälern der Südalpen nur den fortwirkenden, gebirgsbildenden Kräften zuzuschreiben sind, welchen diese Querthäler ihre erste Bildung verdanken. Wir haben keine Ursache, anzunehmen, dass die Erdrinde, von deren Zerreißen in einzelne Schollen, deren Zusammenschiebung und Faltung wir unwiderlegliche Beweise in den Kettengebirgen kennen, heute einen Grad von Starrheit erlangt habe, der seitliche Bewegungen, wie sie durch die ungleiche Contraction herbeigeführt werden, nicht mehr gestattet. Im Gegentheil, es sind gerade die Erderschütterungen Beweise für die fortdauernde Bewegung und das durch sie hervorgerufene Spaltenwerfen. Eine Erwägung ist es, welche bei der Discussion dieser Frage vor Allem zu erörtern kommt. Sind die einzelnen Quer- und Erdbebenspalten, welche sich so zahlreich an der concaven Seite eines grossen Kettengebirges einstellen, in ihren seismischen Erscheinungen von einander abhängig oder nicht? — Die Beantwortung dieser Frage lässt sich, wenigstens hinsichtlich der oberitalienischen Erdbeben, die am Rande der Südalpen gegen die lombardisch-venetianische Ebene auftreten, dahin geben, dass auf einer Zone, die den ersten Faltenzügen (oder richtiger: Bruchlinien) entspricht, ein Wandern der Stosspunkte in ganz analoger Weise beobachtet werden kann, wie es von Suess bei den calabrischen Erdbeben constatirt werden konnte. Die einzelnen Stosspunkte liegen entweder

auf peripherischen Bruchlinien, nicht selten entsprechen sie auch Querbrüchen, an welchen wieder und wieder die Erschütterungen mit Intensität auftreten. Einzelne der Querbruchlinien lassen sich auch auf sehr weite Strecken verfolgen, so zwar, dass sie in Verbindung zu treten scheinen mit anderen alpinen Schütterlinien, die theilweise, wie jene der Mur und Mürz, mit Brüchen im Streichen des Gebirges zusammenfallen.

Wir besitzen in Stur's Untersuchungen über das Erdbeben von Klana im Jahre 1870 eine äusserst interessante Arbeit über seismische Erscheinungen, welche, wie ich unten zu zeigen versuchen werde, geeignet sind, zu unseren Ansichten über die tektonischen Erdbeben in vieler Beziehung Erläuterungen zu liefern¹⁾. Stur hat in dem Abschnitt: Chronik des Erdbebens von Klana, ein Verzeichniss sämtlicher ihm bekannt gewordener Daten über alle Erschütterungen im gesammten Erschütterungsgebiete von Klana vom 21. December 1869 bis inclusive 8. Juli 1871 gegeben. Stur hat bei dem damaligen Stande unserer Kenntnisse über die seismischen Erscheinungen im Allgemeinen darauf verzichtet, die Consequenzen aus seiner mühevollen Zusammenstellung zu ziehen; die heute aus seiner Untersuchung abzuleitenden Resultate aber ergeben eine vollständige Analogie der seismischen Erscheinungen am concaven Rande der Alpen und ihrer südöstlichen Fortsetzung, und jener der calabrischen Halbinsel hinsichtlich des Wanderns der Stosspunkte. Ich werde in einer dem Erdbeben von Klana gewidmeten Erörterung versuchen, diese Ansicht eingehend zu begründen.

Aus all dem, was wir heute schon über diejenige Gruppe der Erderschütterungen wissen, für welche ich oben die Bezeichnung der „tektonischen Erdbeben“ vorgeschlagen habe, erhellt wohl zur Genüge, dass wir zwischen denselben und den eigentlichen vulkanischen Erscheinungen einen gewaltigen Unterschied machen müssen. Die angeführten seismischen Erscheinungen treten überall auf, wo verticale Senkung und horizontale Verschiebung der Erdrinde, Faltung und Spaltenwerfen eintreten, sie sind unmittelbare Folgen des Reissens der festen Straten, des Entstehens neuer und der Erweiterung schon bestandener Spalten. Die vulkanischen Erscheinungen stehen nicht so unmittelbar im Zusammenhang mit dem Spaltenwerfen. Wohl verursacht dieses die locale Entlastung des Erdmagma, und dadurch auf dem von Reyer geschilderten Wege vulkanische Ausbrüche. Diese entstehen aber nur dort, wo die Spalten sehr weit auseinander treten, und namentlich nach unten weit klaffen. Bei engen Spalten, namentlich bei unten engen Rissen, wird es nicht zu vulkanischen Erscheinungen, sondern höchstens zu gasförmigen Exhalationen kommen, namentlich werden die grösseren Verwerfungen und Brüche in unseren Kettengebirgen vielfach zur Bildung von Mineral-Lagerstätten auf dem Wege der Sublimation Anlass geben. Es sind vorzugsweise Schwefel-Metalle: Bleiglanz, Kupferkies, Schwefelkies, Zinnober, die oft in grösseren Massen sich in der Nähe grosser Bruchlinien einstellen — ich möchte

¹⁾ D. Stur: Das Erdbeben von Klana im Jahre 1870. Jahrbuch der k. k. geolog. R.-A. 1871, 21. Bd., 2. Heft.

in dieser Richtung nur an die Erzvorkommen auf der Bruchlinie Val Sugana -- Agordo -- Cadore erinnern, denen sich zahllose Beispiele anschliessen lassen. In vielen Fällen aber wird sich auf den Bruchlinien keine weitere Folge geltend machen, als eben die unmittelbare der Erschütterung, die jedesmal, auch bei der unbedeutendsten Bewegung des aneinanderstossenden Terrains eintreten muss.

Sehr lehrreich in dieser Hinsicht sind unsere Erfahrungen über die Tiefe des „Erdbebenherdes“, die nach den geometrischen Constructionen Mallet's und v. Seebach's als sehr gering anzusehen ist. Diese geringe Tiefe des „Herdes“ steht in geradem Widerspruch mit den Grössenverhältnissen des Zerstörungs- und Schütter-Gebietes, sowie mit der Annahme versuchter vulkanischer Eruptionen, oder der Injection glühend flüssigen Gesteins durch eine Fluthwelle in die nach unten sich öffnende Spalte. Es scheint bei der geringen Tiefe des Herdes sehr schwierig, zu erklären, warum denn die Zertrümmerung der noch restirenden, wenig mächtigen Straten einen so grossen Widerstand entgegensetzen soll, dass es nicht zur wirklichen Eruption kömmt. Es erscheint dies namentlich dann unbegreiflich, wenn die Erschütterungen eine lange Zeit hindurch sich mit furchtbarer Gewalt wiederholen, und stets wieder auf derselben Linie sich einstellen.

Für die oben aufgestellte Behauptung, dass die Gebirgsbildung mit den seismischen Erscheinungen direct zusammenhängt (während dies hinsichtlich der vulkanischen Phänomene erst indirect der Fall ist), lassen sich am besten erst aus der Beobachtung einzelner Erdbeben und aus der Erörterung ihres Zusammenhanges mit dem Gebirgsbau Nachweise ableiten — ich werde daher, um meinerseits einen kleinen Beitrag zur „Erdbebenfrage“ zu leisten, zunächst das Erdbeben von Belluno vom 29. Juni 1873 an der Hand der Arbeiten Bittner's und Gerh. v. Rath's in seiner Erscheinung und in seinem Zusammenhang mit dem Querbruch von St. Croce und dessen überspringender Fortsetzung in der Spalte des Piavethales von Perarolo bis Capo di Ponte erörtern. Ich werde hiebei das Resultat, zu welchem Bittner gelangte, mit jenem der Untersuchung Höfer's vergleichen, und hoffe, den Nachweis führen zu können, dass die Seebach'sche Untersuchungs-Methode, den Erdbebenherd (Epicentrum) durch Construction pleistoseister Kreise und homoseister Linien zu ermitteln, schon wegen der gewöhnlich geradlinigen Anordnung der Stosspunkte zu ungenauen Resultaten führen müsse, ja dass gerade bei dem Erdbeben von Belluno die theoretische Construction zur Annahme von Erschütterungscentren führte, welche der thatsächlichen Erfahrung widersprechen und dass namentlich die von Höfer angenommenen Bruch- und Stosslinien (die Laibacher- und die Adria-Spalte) weder durch die seismischen Erscheinungen abzuleiten, noch thatsächlich vorhanden sind. — Die wahre Stosslinie des Erdbebens vom 29. Juni 1873 ist der Querbruch von St. Croce, der sich zugleich als deutliche Verschiebungslinie der angrenzenden Gehirgstheile manifestirt.

In einem weiteren, der Besprechung des Erdbebens von Klana 1870 gewidmeten Aufsatz werde ich mit Hülfe der ausführlichen Chronik der vorangegangenen und nachfolgenden Erschütterungen,

welche wir Stur verdanken, es versuchen, zu zeigen, dass auch in den Südalpen ein ähnliches Wandern der Stosspunkte sich bemerkbar macht, wie dies bei den calabrischen Erdbeben in so ausgezeichneter Weise vorkommt. Es scheint mir bedeutsam, dass anscheinend die Querbrüche innerhalb der ersten, an die oberitalienische Ebene und ans Meer angrenzenden Faltenzüge, sowie Brüche im Streichen des Gebirges so häufig als Schauplatz der wandernden Stösse auftreten — es stimmt dies sehr gut mit den neueren Ansichten über Gebirgsbildung, nach welchen die Bruchlinien der concaven Seite in Folge der fortdauernden Störungen zu Erderschütterungen und vulkanischen Eruptionen Anlass geben sollten. — In diesem Sinne würden detailirte Untersuchungen der tektonischen Erdbeben-Erscheinungen auch im Stande sein, in der definitiven Lösung der Frage nach der Gebirgsbildung beizutragen.

Eine dritte Erörterung wird endlich der Stosslinie des Erdbebens vom Jahre 1348, und ihrem Zusammenhange mit anderen seismischen Linien gewidmet sein.

I. Das Erdbeben von Belluno am 29. Juni 1873.

Ueber dieses Erdbeben besitzen wir eine so umfangreiche Literatur, dass es fast überflüssig scheinen könnte, nochmals auf diese in grösseren und kleineren Abhandlungen besprochene seismische Erscheinung zurückzukommen. Als besonders wichtig wären die Arbeiten von Pirona-Taramelli¹⁾ und G. v. Rath²⁾ neben den bereits citirten von Bittner und Höfer zu nennen. In einem Vortrage, gehalten in der Sitzung des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark am 27. October 1877 habe ich in Kurzem die thatsächlichen Verhältnisse der seismischen Erscheinung vom 29. Juni 1873 besprochen³⁾, das Zusammenfallen der von Bittner nachgewiesenen Stosslinien mit wirklichen Querbrüchen betont, und es versucht, der zwar sehr geistreichen, aber jedes positiven Haltes entbehrenden Hypothese Falb's über die Ursache der Erdbeben gerade hinsichtlich jener seismischen Erscheinung entgegenzutreten, welche den Anstoss zum Erscheinen seiner Vulkanstudien⁴⁾ gab, die meines Erachtens wegen der willkürlichen und ungerechtfertigten Annahme eines glühend flüssigen Erdkernes mit Ebbe und Fluth, sowie wegen der unrichtigen Vermengung der seismischen und vulkanischen Erscheinungen nicht geeignet sind, unsere Kenntnisse von den Ursachen der ersteren zu vermehren. Ich

¹⁾ Sul Terremoto del Bellunese del 29 giugno 1873. Relazione del Professore Pirona e Taramelli.

²⁾ G. v. Rath: Das Erdbeben von Belluno am 29. Juni 1873. Neues Jahrbuch für Mineralogie 1873. p. 70.

³⁾ R. Hoernes: Das Erdbeben vom 29. Juni 1873 und die Falb'sche Erdbebenhypothese. Zeitschr. d. naturwiss. Ver. für Steiermark 1877.

⁴⁾ R. Falb: Gedanken und Studien über den Vulkanismus, mit besonderer Beziehung auf das Erdbeben von Belluno und die Eruption des Aetna am 29. Aug. 1874.

sehe mich daher gegenwärtig der Mühe einer unfruchtbaren Polemik überhoben und kann ohne weitere Rücksichtnahme auf die Falb'schen Erörterungen die Erdbeben-Erscheinungen von Belluno und die daraus abzuleitenden Folgerungen besprechen.

Ich will es nunmehr versuchen, zunächst an der Hand von Bittner's Arbeit die thatsächlichen Verhältnisse der Erschütterung vom 29. Juni 1873 zu erörtern. Wir sehen zunächst, dass sich 3 Districte unterscheiden lassen, die vom Erdbeben besonders hart betroffen wurden, nämlich erstens die Orte im Piavethale von jener Stelle an, wo der Fluss durch das Thor zwischen dem Mte. Dolada und Mte. Serva aus der engen Felsschlucht tritt, die seinen Oberlauf bildet, bis in die Umgebung von Belluno; zweitens die Ortschaften im Becken von Alpagò, östlich von Belluno, und endlich drittens die Umgebung von Ceneda im Süden. Die Intensität der Erschütterung war in diesem kleinen, so eigenthümlich umgrenzten Gebiet eine sehr bedeutende und kann, wie Bittner bemerkt, jener der grössten Erdbeben an die Seite gestellt werden. Bittner zählt als am stärksten betroffene Orte auf: Belluno mit seinen „frazioni aggregate“ Visome, Cavessago, Cusighe und Nogarè, Sargnan, Campago, Castion, Pedicastello; Capo di Ponte mit den zugehörigen Polpet, Cadola, Socchèr, Arsiè, Raveane und Casan; Pieve d'Alpagò mit Torres, Curago, Plois, Villa, Quers, Tignes, Garna, Schiucaz; Chiès d'Alpagò mit Lamosano, Montanes und Irrighe; Tambre mit Valdinogher, Borsoi; Farra d'Alpagò mit Santa Croce, Puòs mit Condanzan und Bastia; Fadalto; Ceneda und die umliegenden Ortschaften Capella, Sarmede, Fregona, Cordignano und San Pietro di Feletto.

Bittner erörtert nun zunächst die Beschädigungen, welche Belluno selbst und seine nächste Umgebung erlitten haben. Die eigentliche Stadt, auf einer ziemlich hohen, aus präglacialem, geschichteten Diluvialschotter bestehenden Terrasse, auf drei Seiten vom Piave und Torrente Ardo umflossen, hat bedeutend mehr gelitten, als ihre Sobborghi, welche auf den modernen Alluvionen der genannten Gewässer liegen. In der eigentlichen Stadt sind von 508 Häusern 8 zerstört, 110 derartig beschädigt worden, dass sie zum Niederreißen bestimmt werden mussten, weitere 139 haben starken Schaden erlitten, waren indessen noch wiederherzustellen, und alle übrigen hatten leichtere Beschädigungen davongetragen.

Bei Weitem günstiger gestalteten sich die Verhältnisse in den Sobborghi, von deren 242 Häusern nur zwei zum Niederreißen bestimmt wurden, während sich unter den übrigen noch 21 stärker beschädigte finden. Es ist dies ein Beispiel der stärkeren Wirkung der Erschütterung in unmittelbar benachbarter, aber ungünstiger Lage. Ob die stärkere Einwirkung in der Stadt selbst durch deren höhere Lage oder durch den weniger elastischen Untergrund bewirkt wurde, wollen wir dahingestellt sein lassen, da sich kaum eine sichere Erklärung hierfür wird geben lassen.

Bittner leitet aus den mannigfachen Zerstörungen grösserer und kleinerer Bauten in der Stadt eine Stossrichtung von NO nach SW ab, obwohl er erwähnt, dass einzelne Beschädigungen in der Stadt durchaus nicht mit einem von NO wirkenden Stosse in Einklang zu

bringen sind. Er erinnert dies bezüglich daran, dass abgesehen davon, dass Brechungen und Ablenkungen der Kraft zu den sehr wahrscheinlichen Dingen gehören, es ja auch gewiss möglich sei, besonders unter der Voraussetzung, dass der Sitz des Erdbebens eine Spalte ist, dass thatsächlich Stösse von verschiedenen Punkten derselben ausgegangen seien, und sich in mannigfachen Richtungen durchkreuzt haben mögen. — Er beurtheilt auch aus der Lage der Risse und Spalten an den Gebäuden den Emergenzwinkel, unter welchem die Stossrichtung die Erdoberfläche schneidet, und findet, dass bei der Mehrzahl der zu beherrschenden, ziemlich steilen Risse und Spalten dieser Winkel als ein nicht sehr bedeutender anzunehmen sei, woraus sich bei der Erwägung, dass Belluno dem Erdbebenzentrum unzweifelhaft sehr nahe liegt, die weitere Folgerung ergibt, es müsse dieses Erdbebenzentrum in nur geringer Tiefe seinen Sitz haben. Genau denselben Schluss zieht aber Prof. v. Rath aus der Vergleichung des äusserst eng umgrenzten Zerstörungsgebietes mit der ungemein grossen Erschütterungsfläche dieses Erdbebens. In den in der Umgebung Belluno's gelegenen Ortschaften war die Zerstörung theilweise sehr bedeutend, namentlich in Visome, doch war es schwierig, sichere Schlüsse über Stossrichtung etc. abzuleiten. Immerhin liess sich für Visome gleichfalls die Nordost-Richtung des Stosses constatiren.

Capo die Ponte (Ponte nell' Alpi) und das nahe gelegene Polpet sind nach Bittner nicht besonders stark betroffen worden — besonders auffallend aber sei es, dass die Orte, welche auf dem flachen Höhenrücken liegen, der die Mulde von Belluno und das Thal von Alpagò trennt, fast gar nicht beschädigt worden.

Bei der Bedeutung, welche dieser Umstand für unsere weiteren Erörterungen besitzt, sehe ich mich veranlasst, die betreffende Stelle aus Bittner's Arbeit wörtlich zu citiren:

„Eine Viertelstunde von Capo die Ponte entfernt, da wo der Fluss Rai in die Piave mündet, liegt Cadola, eine ganz unbedeutende Häusergruppe, die aber eine schöne, neugebaute Kirche, die Hauptpfarrkirche der zur Gemeinde Capo di Ponte zuständigen Ortschaften und einen imposanten Campanile besitzt. Der Untergrund ist hier festes Gestein, wohl der eocänen Thalausfüllung angehörend, der letzte Ausläufer des Nummulitenkalkrückens, der von den hohen Kreidebergen des Monte Faverghera und Monte Pascolet im Westen des Sees von Santa Croce gegen Norden ziehend, sich als trennender Wall zwischen das Gebiet von Belluno und das Thal von Alpagò legt. Es ist, wenn auch nicht unerklärlich, so doch gewiss höchst überraschend, dass die sämtlichen, auf diesem flachen, Col die Pera genannten Rücken liegenden Ortschaften, man kann wohl sagen, gar nichts gelitten haben. Das gilt für Quantin, Sossai, Roncan, Lastreghe, Cugnan, Vich, und auch noch für das auf der äussersten Spitze dieses Rückens gelegene Cadola. Die Bewohner sind hier auch ziemlich sorglos im Gefühle ihrer Sicherheit, wie ich mich bei Gelegenheit des sehr starken Stosses vom 8. August selbst zu überzeugen Gelegenheit hatte, da ich mich damals gerade in Cadola befand. Die Bewohner stürzten zwar, sobald die Bewegung erfolgte, in grösster Eile, aber mit lachenden Gesichtern ins Freie, während im schärfsten Gegensatze hiezu in dem höchstens

eine Viertelstunde entfernten Soccher von neuem eine so furchtbare Bestürzung platzgegriffen hatte, dass man sich eines höchst unheimlichen Gefühles nicht erwehren konnte.“ — Soweit Bittner, wir werden später sehen, aus welchem Grunde die Ortschaften auf dem Col di Pera, der fast gänzlich aus den rothen Mergeln der Scaglia besteht, vom Erdbeben fast gar nicht betroffen worden, während die Orte zu beiden Seiten theilweise der Zerstörung anheimfielen. — Das Terrain westlich vom Col di Pera wird eingenommen von dem Zerstörungsgebiet der Umgebung Belluno's — jenes östlich von dem genannten Höhenzug von dem hart betroffenen Alpagobacken.

Die Zerstörungen in dem Letzteren waren sehr gross und allgemein, doch haben einzelne, einander nahe gelegene Ortschaften, ja selbst Theile eines und desselben Ortes in sehr verschiedenem Grade gelitten. Ohne in das Detail einzugehen, hinsichtlich dessen ich auf Bittners Darstellung verweisen muss, gebe ich hier nach derselben einen kurzen Ueberblick der Zerstörungen im Alpagogebiete: „Soccher bildet das Anfangsglied einer Reihe aufs schrecklichste verwüsteter Ortschaften, die in dem Alpagothale grösstentheils an den Abhängen der hohen Randgebirge, zum geringeren Theile am flachen Seeufer liegen. Dies gilt besonders für Arsiè mit Raveane, Pieve d'Alpago mit Torres, Plois und Curago, Puos, Condanzan, Borsoi mit Lavina und Farra. Unter diesen sind wieder Arsiè, Torres, Plois und Curago, ferner Puos und Condanzan wirklich nur noch Trümmerhaufen.“ — In der Umgebung von Pieve d'Alpago, dem Vorort der fünf Gemeinden dieses Thales, haben Sitran, Tignes, Villa, Torch, Garna verhältnissmässig sehr wenig, Pieve selbst, Torres, Plois und Curago, die höher am Fusse des Gebirges liegen, ungemein stark gelitten. — Torres zählt zu den auf das allerschrecklichste heimgesuchten Plätzen; Bittner berichtet: „Zur Zeit meiner Anwesenheit war Torres von den Einwohnern verlassen und nur einige Soldaten beschäftigten sich damit, die noch stehen gebliebenen Trümmer vollends niederzureissen.“ — In dem Theil des Alpagothales, welches von dem Gebiete der Gemeinde Chiès eingenommen wird, sind die Zerstörungen bei weitem nicht so arg, als in Pieve und Torres, aber grösser als zu Garna, Sitran und Tignes. In Chiès selbst tritt wieder einmal die Ungleichheit in der Wirkung des Erdbebens recht auffallend hervor, indem der nördliche Theil des Dorfes ziemlich stark, der südliche fast gar nicht gelitten hat. Bei Chiès haben auch ziemlich bedeutende Erdabrutschungen stattgefunden. Lamosano, nördlich von Chiès gelegen, hat etwa in gleichem Grade gelitten, wie der ihm zunächst liegende Theil jenes Ortes. Condanzan, am Wege von Lamosano nach Tambre, besteht nur aus wenigen Häusern, welche zum grössten Theile niedergeworfen wurden. Borsoi erscheint ebenfalls hart mitgenommen, während in Tambre keine grössere Beschädigung vorgekommen ist. In dem benachbarten Valdinogher sind dieselben sehr beträchtlich, und in Farra befindet man sich wieder in einer Region der grössten Zerstörung. Zahlreiche Häuser sind hier sogleich niedergeworfen worden, noch zahlreichere mussten in Folge der erlittenen Beschädigungen demolirt werden. In Puos kann die Zerstörung, wie Bittner berichtet, riesengross genannt werden: Der Campanile ist total zusammengestürzt, die Kirche selbst hat die unmerklich

gegen W. abweichende S.-Wand nebst Theilen der beiden angrenzenden Mauern verloren“ — u. s. f. Von Puos gegen S.-W. an der Strasse, die die Hauptverkehrs- oder des Alpagogebietes ist und welche bei La Secca in die Belluneser-Strasse mündet, liegt die unbedeutende Häusergruppe Bastia, die sich ganz ähnlich zu Puos verhält, wie etwa Cadola zu dem gegenüberliegenden Soccher, d. h. so viel wie gar nicht gelitten hat; auch die Häusergruppe La Secca ist ganz verschont geblieben. Man steht hier wieder am Fusse des Bergrückens von Quantin-Cadola, der bei diesem Erdbeben in ganz vorzüglicher Weise die Rolle einer „Brücke“ gespielt zu haben scheint. Erst gegen den See von Santa Croce tritt man wieder in die Region der Zerstörung ein“. An längeren Strecken wurden hier die Deckplatten der Mauer herabgeworfen, welche die Strasse gegen das Seeufer abgränzt, auch haben hier gewaltige Felsabstürze von den Gehängen des Mte. Pascolet herab stattgefunden. Santa Croce hat viel weniger gelitten, als man seiner Lage nach erwarten sollte, bei weitem grösser, ja sogar sehr bedeutend aber ist die Zerstörung in Fadalto, obwohl dessen Entfernung von Santa Croce kaum mehr als eine Viertelstunde beträgt. Auch in Cima nove finden sich noch Beschädigungen, von da hinab aber nach Serravalle verschwinden dieselben gänzlich und wir haben es somit abermals mit einer jener merkwürdigen Unterbrechungen der Erdbebenwirkungen zu thun, an denen dieses Erschütterungsgebiet so reich ist. Zu San Floriano bemerkt man kaum hie und da einen ganz unbedeutenden Sprung und genau dasselbe gilt für Serravalle; — sowie man sich aber aus Serravalle heraustretend gegen Ceneda wendet, zeigen sich abermals Spuren der zerstörenden Kraft. In Ceneda selbst finden sich Beschädigungen und sehr gewaltig sind dieselben südwestlich von diesem Orte, wo in dem unbedeutenden Dorfe San Pietro die Feletto das Erdbeben die grösste Anzahl an Menschenleben gefordert hat, indem aus den Trümmern der zusammengestürzten Kirche allein 36 Tode hervorgezogen wurden. „Man hat diesen Einsturz vielleicht nicht ohne Grund der Baufälligkeit dieser Kirche zugeschrieben.¹⁾ Wenn man jedoch bemerkt, dass auch die wenigen Häuser, die man auf den vielverschlungenen Wegen der Umgebung zu Gesichte bekommt, ebenfalls nicht unerhebliche Beschädigungen an sich tragen, so dürfte auch die entgegengesetzte Vermuthung, die nämlich, dass hier das Erdbeben mit noch sehr ursprünglicher Kraft gewüthet habe, nicht so ganz zurückzuweisen sein, insbesondere da dafür noch andere Gründe sprechen.“ Weiter gegen Conegliano hinab verlieren sich alle Spuren der Erschütterung und auch in dieser Stadt selbst ist ausser einer Beschädigung des Thurmes alles glücklich vorübergegangen, wenn auch die Bewegung selbst als eine ungemein heftige übereinstimmend bezeichnet wird. Beschädigungen sind endlich noch im Osten der Doppelstadt Vittoria (zu der sich Ceneda und Serravalle in neuerer Zeit vereinigt haben), im Gebiete der Gemeinden

¹⁾ Dieser Ursache muss wohl der theilweise Einsturz der Kathedrale von Belluno zugeschrieben werden, die schon baufällig und zum Theile abgesperrt war. Der Einsturz ist übrigens auch nicht am 29. Juni, sondern genau eine Woche später, am 6. Juli um 5 Uhr Morgens erfolgt.

Capella, Sarmede, Cordignano und Fregona vorgekommen, welche der Vollständigkeit halber erwähnt werden müssen.

Aus der durch Bittner gegebenen Uebersicht der Erdbeben im Venetianischen möchte ich folgende Daten als für die Erörterung der Erdbeben von Belluno wichtig hervorheben, und an dieselben einige Bemerkungen knüpfen.

365. „In dieses Jahr fällt (nach Herrn Falb, Sirius 1873. Heft XI) das Erdbeben, welches die Bergstücke im Fadaltothale und die Bildung der Seen veranlasste.“ Hiezu möchte ich bemerken, dass die von Falb als Bergstürze betrachteten Schuttanhäufungen ausgezeichnete Endmoränen sind, die von einem Arm des alten Piavegletschers bei seinem allmählichen Rückzuge nach dem Maximum der Ausdehnung der diluvialen Gletscher gebildet wurden. Die äussersten Moränenwälle liegen bei Colle Umberto, weit in die Ebene vorgeschoben, die späteren haben das Querthal von Santa Croce abgedämmt. Allerdings geht, wie G. vom Rath berichtet, in der Gegend von Belluno die Sage, dass der Piave einst seinen Lauf ehemals durch das Thal von Santa Croce, der natürlichen Fortsetzung des oberen Piavethales genommen habe, bis gewaltige Bergstürze die Thalsole bei Cima Fadalto erhöht und den Fluss genöthigt haben sollen, seinen Lauf zu ändern. Der Local-Augenschein erweist, dass diese Sage, der Falb Relief verleihen will, grundlos ist.

Ganz dasselbe gilt von dem angeblichen Bergsturz, der im Jahre 1114 am Spizzo die Vedana N.-W. von Belluno durch ein Erdbeben verursacht worden sein soll. Th. Trautwein¹⁾ berichtet über denselben: „Ein Erdbeben im Jahre 1114 wurde bisher als Ursache des riesenhaften Bergbruches genannt, der hier vom Spizzo di Vedana abging, und die Stadt Cornia verschüttet haben soll, deren Name sich im ältesten Verzeichniss der Pfarreien Belluno's findet; noch heute bedecken die Trümmernmassen einen Raum, der 1½ Stunden lang und 1 Stunde breit sein mag. Der Cordevole aber sowohl, als der weiter westlich aus dem Gebirge tretende Mis wurden nach beiden Seiten abgedrängt und vereinigen sich jetzt erst weiter aussen. Nach Fuchs (die Venetianer Alpen s. 8) gehört der Bergbruch einer vorgeschichtlichen Zeit an; ein erst jüngst in Agordo erschienener Bericht versucht den Beweis, dass er die Wirkung eines Gletschers der Eiszeit sei.“ An anderer Stelle habe ich erörtert, dass die letztere Ansicht die richtige ist, und dass wir es in der That, wie bereits Mazzuoli²⁾ gezeigt hat, in der „Rovine di Vedana“ mit einer gewaltigen und ausserordentlich schönen Endmoräne zu thun haben. Es beweist dies, wie vorsichtig, anscheinend gut verbürgte Nachrichten über ältere seismische Erscheinungen aufgenommen und auf ihre Stichhaltigkeit geprüft werden müssen.

1771. „In der Nacht vom 12—13. Jänner ist im Distrikt von Belluno der Berg de Piz eingestürzt und ein Theil desselben in die

¹⁾ Th. Trautwein: Aus den Cadorischen Alpen. Mittheilungen des deutschen und österreichischen Alpenvereins, 1876.

²⁾ Lucio Mazzuoli: Sull' Origine delle rovine di Vedana, in dem Berichte über die ausserordentliche Sitzung des Club alpino italiano 22. August 1875 in Vedana.

Erde versunken. Zur selben Zeit Erdstöße in Livorno. (Ein Monte Pizzoc liegt an der östlichen Seite des Fadaltothales über Cima Nove, ein anderer dieses Namens über Santa Giustina am rechten Ufer des Piave; ein Monte Piz ist mir ¹⁾ nicht bekannt).“

1812, 25. Oktober. Professor v. Rath erfuhr zu Puos, dass an diesem Tage zwischen 5 und 6^h M. ein sehr heftiger Erdstoss erfolgt sei, der Kamine herabwarf und Mauern spaltete.

1851 „im November und December. In diese Monate fällt das sogenannte Schallphänomen von Feltre“. — (Wurde bereits in der Vorbemerkung als wahrscheinlich durch unterirdische Einstürze hervorgerufen, erörtert).

1856. „Im September ein ziemlich starker Stoss zu Puos (Prof. G. vom Rath)“.

1859, 20. Jänner, 8^h 56 M. „Beginn des merkwürdigen und lang andauernden Erdbebens von Collalto bei Barbisano am Soligo. Ausser auf Schloss Collalto, in dessen unmittelbarer Nähe das Centrum gewesen zu sein scheint, ward die Bewegung noch sehr stark in Falze, Pieve di Soligo, Sernaglia, Moriago, Col San Martino, Guja, Combair, Miane, San Pietro und bei Valdobbiadene und Vidor an der Piave wahrgenommen. Ebenso gegen O. zu Serravalle, Ceneda und Conegliano. Zu Collalto waren die meisten Stöße vertical“.

Die Stöße von Collalto haben für uns besonderes Interesse, weil dieser Ort auf der Verlängerung der, wie wir gleich sehen werden, durch Bittner für die bellunesischen Erdbeben als Hauptstosslinie erkannten Linie des Querthales von Santa Croce liegt.

1859, 23. August. „An diesem Tage ein Erdstoss in Belluno.“

Der durch Bittner veröffentlichten Uebersicht der Erdstöße, welche vom 29. Juni bis Ende December 1873 in der Provinz Belluno und ihrer Umgebung beobachtet worden sind, entnehmen wir, dass einzelne Stöße sich im Alpagothal besonders stark erwiesen, die in Belluno kaum gefühlt wurden.

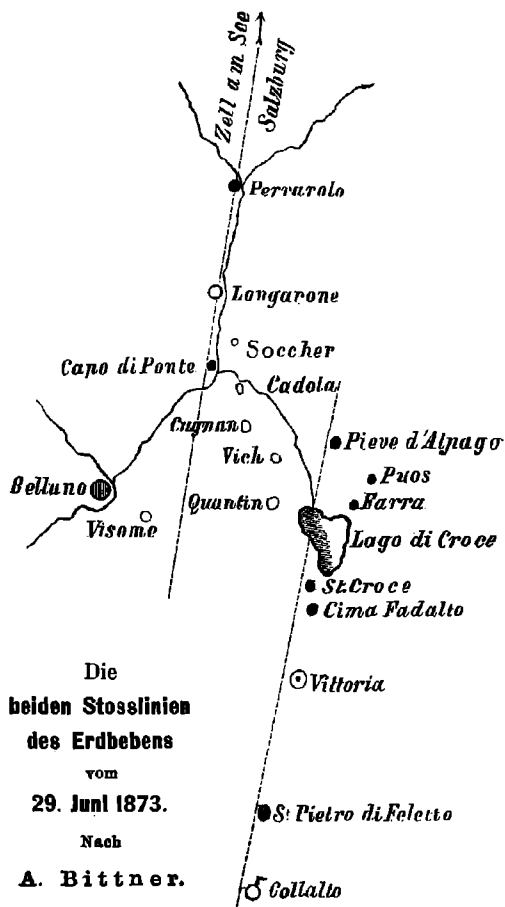
Bittner fasst das Resultat seiner Untersuchungen, welches namentlich auf den Beobachtungen der Stossrichtungen beruht, etwa in folgender Weise zusammen:

„Als ein Hauptstosspunkt ist die Gegend im Osten vom Lago di Santa Croce, im Südosten von Farra, kaum in Zweifel zu ziehen, und diesem Focus würden sich auch die im Gebiete von Ceneda gemachten Beobachtungen unterordnen lassen, wenn man nicht vielleicht für San Pietro di Feletto die Annahme vorzieht, hier unmittelbar auf der Spalte selbst hätte sich die Kraft in selbstständiger Weise geäußert.

Aber es bleibt noch Belluno mit seinem Nordoststosse und da scheint es mir, falls man nicht eine ganz sonderbare Brechung der Stossrichtung voraussetzen will, wohl am einfachsten, ein zweites Centrum der Erschütterung anzunehmen, welches etwa da liegen würde, wo die Thalspalte des oberen Piave beginnt, also zwischen den Bergen Serva und Dolada. Es ist bereits oben bemerkt worden, dass der Oberlauf der Piave einer tiefen, steilwandigen, fast schnurgeraden Schlucht folgt, welche genau parallel zu der angenommenen Erdbebenspalte

¹⁾ (Bittner).

Collalto Santa Croce verläuft. Die Auffassung derselben als Fortsetzung dieser (in etwas überspringender Richtung) scheint mir daher nicht im geringsten gewagt zu sein, um so mehr, als ein Umstand von ziemlich grossem Gewichte diese Auffassung noch unterstützt. Der Erdstoss vom 18. December, „einige Minuten vor 8 Uhr M., wurde nämlich in Belluno sehr schwach, in Perrarolo dagegen in viel bedeutenderer Kraft wahrgenommen. Es würde somit als Sitz des Erdbebens vom 29. Juni 1873 eine Spalte zu gelten haben, die von NNO—SSW verläuft; oder, um genauer zu sein, müsste man zwei Spalten annehmen, die einander sehr nahe liegen, parallel sind und von denen die eine gewissermassen nur als die Fortsetzung der anderen zu betrachten wäre. Die Kraft der Erschütterung würde dann an dem nördlichen Ende der östlichen und an dem südlichen Ende der westlichen gleichzeitig gewirkt haben, das Erdbeben von Collalto aber hätte sodann das südliche Ende der ersteren zum Ausgangspunkte, während der am 19. December zu Perrarolo empfundene Stoss auf die nördliche Fortsetzung der letzteren hinweisen würde.“



Bemerkenswerth erscheint, wie ich den Ausführungen Bittner's hinzufügen will, dass die geradlinige Fortsetzung der Stosslinie Capo di Ponte—Perrarolo genau Zell am See trifft, wo die Erschütterung vom 29. Juni 1873 so stark war, dass man nach Bittner hier wohl ein secundäres Erschütterungsgebiet anzunehmen berechtigt wäre. Ebenso liegt die Umgebung von Salzburg in der Fortsetzung unserer Stosslinie — von hier ab scheint die Richtung des Stosses nach Nord-Ost, gegen Wels, Linz und Freystadt abgelenkt worden zu sein. — Bittner macht ferner darauf aufmerksam, dass einzelne Stösse, wie jener vom 31. Juli, 5 Uhr 32 Min. A. und jene vom Morgen des 1. August 1873 wohl in dem einen, aber nicht in dem anderen Gebiete wahrgenommen wurden, was die obige Annahme getrennter Stosscentren wesentlich unterstützt.

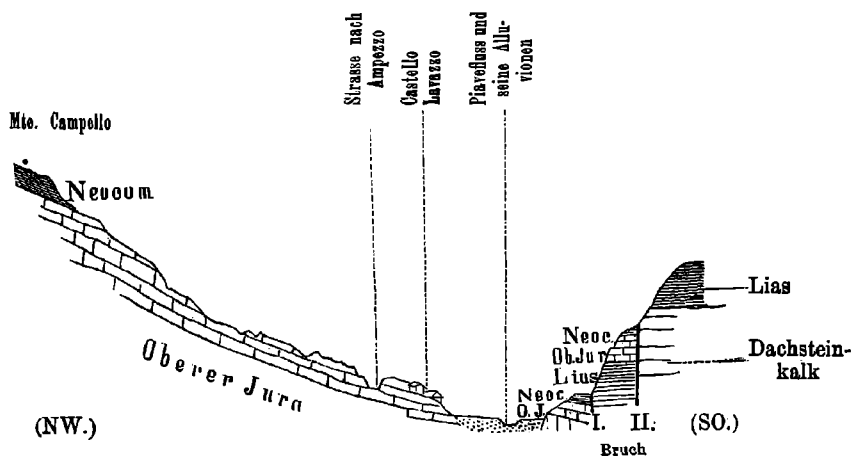
Bittner sagt ferner von seiner Erdbebenspalte, dass man darüber, dass sie keine hypothetische sei, sondern wirklich existire, die grösstmögliche Wahrscheinlichkeit durch eine kleine Umschau gegen Westen erhalten könne: „Denn da zeigt sich, dass das Seethal von Fadalto gar nichts anderes ist, als das östlichste Glied jener Reihe von gewaltigen Querschluhten, die den Südabhang der Alpen durchsetzen und vom Lago Maggiore, Lago di Lugano, Lago di Como, Lago d'Iseo, Lago d'Idro, Lago di Garda und vom Lago di Santa croce (nebst dessen südlicheren kleineren Nachbarn) erfüllt werden. Es kann gar keinen auffallenderen Parallelismus geben, als ihn diese Seethäler darbieten. Aber auch Erdbeben gehören in dem einen, wie in dem anderen zu den durchaus nicht ungewöhnlichen Erscheinungen. Ich erinnere hier nur an die sehr bedeutenden und überaus zahlreichen Erschütterungen in den Jahren 1866 und 1868 am Gardasee, an die nördlich vom Lago d'Idro zu Tione in den Fünfziger Jahren mehrfach beobachteten Erdbeben und an die von verderblichen Wirkungen begleiteten Erdstösse vom Jahre 1867 am Lago Maggiore. In Beziehung auf den Gardasee könnte man die Analogie sogar noch weiter treiben, und Castiglione, im Süden davon gelegen (Erdbeben vom 13. August 1771) mit Collalto vergleichen, wenn sich nachweisen liesse, dass das erwähnte Erdbeben wirklich hier seinen Sitz gehabt habe.“

Dass die Bittner'schen Stosslinien wirklich der seismischen Erscheinung vom 29. Juni 1873 zu Grunde liegen, konnte ich bei der, im Sommer 1876 ausgeführten geologischen Detailaufnahme der Gegend klar ersehen, und zwar aus dem Umstande, dass nicht nur die beiden, von Bittner angenommenen Stosslinien, wie ich gleich zu zeigen haben werde, mit thatsächlichen grossen Bruchlinien zusammenfallen, sondern auch auf der einen dieser beiden Linien eine sehr beträchtliche Verschiebung der angrenzenden Gebirgtheile stattfand.

Betrachten wir zunächst die Thalschlucht des Piave von Perrarolo bis Capo di Ponte (Ponte nell' Alpi), so sehen wir sie von einem tiefen, steilwandigen Einriss gebildet, der grösstentheils im Dachsteinkalk liegt. Die vorwaltend horizontal gelagerten Dachsteinkalkmassen, die zu beiden Seiten der Thalschlucht sich oft in bei 1000 Meter hohen Wänden stundenlang hinziehen, würden uns das Vorhandensein eines Bruches wohl kaum verrathen — wohl aber ist dies der Fall bei den aufgelagerten Lias- und Juraablagerungen, welche in der Umgebung von Longarone und Castello Lavazzo auf der rechten Seite des Thaies in mässiger Neigung bis in dasselbe hinabsehen, während am linken Ufer des Piave in dreifacher Wiederholung eben dieselben Schichten anstehen.

Das beigegebene Profil zeigt diese Verhältnisse und die Brüche, welche sie verursachen. Vom Monte Campello, auf dessen Höhe rothe Neocommergel die Jurakalke überlagern, ziehen die letzteren nach Castello Lavazzo hinab, wo sie in dem Hohlweg der Ampezzanerstrasse und in zahlreichen Steinbrüchen gut aufgeschlossen sind und zahlreiche, aber schlecht erhaltene Ammoniten enthalten.

Die rothen, Ammoniten führenden Knollenkalke des oberen Jura setzen auch über den Piave und seine Alluvionen hinüber und stehen an der Ostseite im Thalgrunde an, überlagert von rothen Neocom-

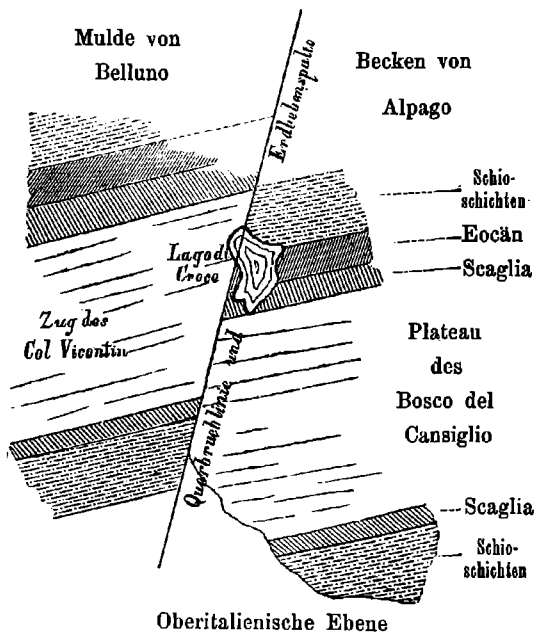


Brüche auf der Perrarolo-Spalte bei Longarone.

mergeln. Zuzufolge der im nebenstehenden Profil mit I bezeichneten Verwerfung, welche fast genau Nord-Süd streicht, kommt über den Neocommergeln Lias heraus; der mittlere Jura entzieht sich entweder durch sehr geringe Mächtigkeit der Beobachtung oder fehlt gänzlich — es folgen die oberjurassischen Knollenkalke und darüber die gleichfarbigen Neocommergel. Eine zweite, parallele Verwerfung vermittelt das Sichtbarwerden des Dachsteinkalkes, überlagert von Lias — und in höheren Theilen des Gebirges, die nicht mehr auf dem von mir aufgenommenen Kartenblatte enthalten sind, von Jura und Neocom. Kurz wir sehen in Folge der parallelen Brücke eine dreifache Wiederholung derselben Schichten. Jura und Neocom verrathen uns hier unzweifelhaft das Vorhandensein einer grossen Querspalte, welche mit dem Laufe des Piave von Perrarolo bis Ponte nell' Alpi zusammenfällt, und wie wir oben gesehen haben, zugleich eine der von Bittner nachgewiesenen Stosslinien des Erdbebens von Belluno darstellt.

Noch deutlicher tritt der von Bittner angenommene Querbruch von St. Croce hervor. Er fällt, wie schon in der Einleitung erwähnt, mit einer sehr auffallenden und interessanten Erscheinung zusammen, die häufiger in den Kettengebirgen aufzutreten scheint, als dies im Allgemeinen angenommen wird. Es ist dies die horizontale Verschiebung zweier angrenzender Gebirgtheile auf einem Querbruche, eine Erscheinung, die sich in klarer Weise an der Spalte von St. Croce zeigt, welche, wie Bittner bemerkt, die überspringende Fortsetzung der Piavethal-Spalte und zugleich die Hauptstosslinie des Erdbebens vom 29. Juni 1873 ist. — Die Mulde von Belluno erscheint von der oberitalienischen Ebene durch einen Höhenzug getrennt, der vorzugsweise aus Kreideformation besteht. Biancone und Scaglia spielen die Hauptrolle, doch erscheint fast unmittelbar unter den rothen Mergeln der letzteren, nur durch eine wenig mächtige Lage von weissen Hornsteinführenden Kalk getrennt, in bedeutendem Masse Hippuritenkalk. Zu beiden Seiten des antiklinalen Höhenzuges der Kreideformation, dessen

Schichten sehr steil gegen die Ebene, sehr flach gegen die Mulde von Belluno geneigt sind, folgen Tertiärablagerungen. In der Mulde von Belluno liegt auf der Scaglia eine mächtige Flyschmasse, durch zwei eingelagerte Züge von Nummulitenkalk als eocän charakterisirt — erst nördlich vom Piave, der die Mulde der Länge nach durchströmt, folgen die grünen Sandsteine und Mergel der Schioschichten, wie ich das bereits bei anderer Gelegenheit erörtert habe.¹⁾ Am Rande der Ebene folgen unmittelbar auf die rothen Mergel der Scaglia petrefactenreiche Straten der Schioschichten — das Eocän scheint hier zu fehlen. Es ist nun höchst bemerkenswerth, dass dieser Zug des Col Vicentin am Lago di Croce wie abgeschnitten erscheint. Steil stürzen hier die Gehänge des Mte. Faverghera und die weissen Hippuritenkalkfelsen des Mte. Pascolet zum Lago di Croce ab — auf der anderen Seite desselben aber findet der antiklinale Höhenzug, welcher die Mulde von Belluno von der oberitalienischen Ebene trennt, keine unmittelbare Fortsetzung. Das Plateau des Bosco del Cansiglio, welches



Der Verschiebungsbruch von St. Croce
(schematisch).

aus fast horizontal gelagerten Schichten der Kreideformation bestehend, dem Zuge des Col Vicentin entsprechen würde, liegt um ein gutes Stück südlicher, und tritt wie eine Bastion aus der ersten Walllinie am Südfusse der Alpen in die oberitalienische Ebene hinaus. Die Mulde von Belluno würde ihre unmittelbare Fortsetzung im Becken von Alpago finden, wenn nicht diese Verschiebung stattgehabt hätte. Ganz dieselbe Entwicklung der Tertiärformation findet sich in beiden Vertiefungen, welche wir wohl als eine zusammengehörige Synklinale betrachten müssen, die allerdings, wie das für die südalpine Entwicklung charakteristisch ist, nicht durch eine steile Falte, sondern durch eine grosse,

wahre Verwerfung entstanden ist. Es spielen diese langen Brüche, auf welchen stets ein Absitzen der südlichen Scholle stattgefunden hat, eine höchst bedeutsame Rolle am Rande des alten Depressionsgebietes, das heute von der oberitalienischen Ebene eingenommen wird.

¹⁾ Vergleiche: Beiträge zur Kenntniss der Tertiärablagerungen in den Südalpen. — Jahrbuch d. geol. R.-A. 1878, 1. Heft.

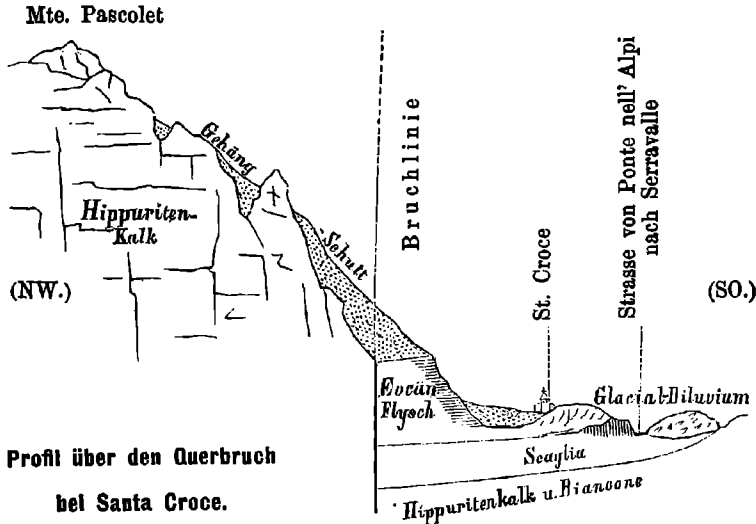
Diese Brüche sind wohl zu unterscheiden von den aufgebrochenen und überschobenen Antiklinalen, denen wir in den Nordalpen so häufig begegnen und meines Erachtens ein vollgiltiger Beweis für die Richtigkeit der Suess'schen Erklärung der Entstehung der Alpen aus einseitigen aneinander gepressten Ketten. Abnormale Ueberkip্পungen, wie sie sich im Val Sugana finden, sind erstlich bedingt durch eine noch viel zu wenig gewürdigte Erscheinung, die häufig im Grossen an Brüchen eintritt: das Schleppen der Schichten, auch mag da schon die beginnende Horizontal-Verschiebung mitgewirkt haben. — Die Mulde von Belluno und das Becken von Alpago würden eine kontinuierliche Synklinale darstellen, wenn nicht auf dem Querbruche von Santa Croce eine Bewegung der angrenzenden Gebirgsteile in horizontalem Sinne sich geltend gemacht hätte. So aber zieht sich ein niedriger, aus Kreidebildungen bestehender Rücken, der Col di Pera vom Monte Pascolet bis gegen Capo di Ponte und trennt die beiderseitigen tertiären Bildungen, eocänen Flysch und die grünen Sandsteine und Mergel der Schioschichten, welche in beiden Gebieten in gleicher Weise auftreten.

Es ist nun gewiss kein Zufall, dass dieser Verschiebungsbruch auf das genaueste zusammenfällt mit der von Bittner nachgewiesenen Hauptstosslinie des Erdbebens vom 29. Juni 1873, und dass genau in seiner Verlängerung Collalto liegt, jenes Schloss, das im Jahre 1859 Centrum eines lange andauernden Erdbebens war. (Vergl. oben pag. 402 [16]). Offenbar ist die Erdbebenerscheinung von Belluno hervorgerufen durch die Quer-Verschiebung zweier anstossender Gebirgsteile, die sich auch heute noch durch Erschütterungen des Bodens bemerkbar macht. Der Stosspunkt von Collalto lässt uns nun darauf schliessen, dass der Verschiebungsbruch auch in jenen, unseren Augen heute entzogenen Gebirgsteilen fortsetzt, die gegenwärtig von den postglacialen Alluvionen der lombardisch-venetianischen Ebene bedeckt sind. Ein Umstand gestattet uns ferner noch, annähernd das junge Alter dieses Verschiebungsbruches festzustellen. Wie in der vorstehenden schematischen Skizze ersichtlich, erscheinen die untermiocänen Ablagerungen der Schioschichten noch mitverschoben, es kann daher die Verschiebung nicht vor der Bildung derselben begonnen haben, sie muss aber andererseits in der Diluvialperiode bereits existirt haben, da durch das so gebildete Querthal von Santa Croce ein gewaltiger Arm des Piavegletschers hinabstieg gegen Serravalle und Conegliano, wo wir heute seine Stirnmoränen bei Colle Umberto finden. Bei dem allmählichen Rückzug des Gletschers am Ende der Glacialperiode entstanden die schönen Endmoränen auf der Strecke von Serravalle bis Santa Croce, welche Falb für durch Erdbeben entstandene Bergstürze erklärt hat.

Nur auf diese Weise lässt sich ein Profil erklären, welches wir vom Mte. Pascolet über die Bruchlinie und Santa Croce, also von NW. nach SO. ziehen können.

Auf der einen Seite nehmen wir hier die gewaltigen Massen von weissem Hippuritenkalk wahr, welche steil nach Ost abstürzen. Unter ihren, theilweise von Gehängschutt verdeckten Wänden bemerken wir am Westrande des Lago di Croce eocänen Flysch, so dass wir wohl an dieser Stelle das Durchsetzen des Querbruches oder der Verschiebungsspalte voraussetzen dürfen. In der Nähe von Santa Croce bemer-

ken wir massenhaften Glacialschutt, gewaltige Blöcke liegen oft wirr übereinander, zumeist scharfkantig und in ihrem Ansehen allerdings der Vermuthung Raum gebend, dass ein Bergsturz von den Wänden des Mte. Pascolet herab, sie hätte entstehen lassen. Sieht man aber schärfer zu, so bemerkt man Blöcke, die ziemlich weit hergetragen worden sein müssen, namentlich charakteristische Lias-Dolomite, die



aus der Umgebung von Longarone stammen dürften, kurz, es stellt sich die Schuttmasse als alte Stirnmoräne eines Armes des alten Piavegletschers heraus, die bei dessen Rückzug auf der Höhe von Fadalto deponirt wurde, und den See von Santa Croce entstehen liess. Unter dem Glacialschutt ist im Hohlweg der Strasse nächst Santa Croce auch die Scaglia aufgeschlossen, so dass über dem Zusammenhang des eocänen Flysches an der Südwestseite des Lago di Croce mit der Ausfüllungsmasse des Beckens von Alpiago kein Zweifel mehr bestehen kann. Die Bruchlinie zeigt in der That jene Lage, welche auf der Skizze pag. 406 (20) schematisch angedeutet ist, sie wurde gebildet nach der Ablagerungsperiode der Schioschichten durch Verschiebung angrenzender Theile eines antiklinalen Höhenzuges und zur Glacialzeit war die Bewegung bereits so weit vollzogen, dass durch das entstandene Querthal ein mächtiger Gletscherarm zur oberitalienischen Ebene hinabsteigen konnte. Dass die Bewegung in geringem Masse heute noch fortdauert, das lehrt uns das Erdbeben von Schloss Collalto im Jahre 1850, sowie das Erdbeben von 1873, welches richtiger das Erdbeben von Alpiago als jenes von Belluno genannt werden sollte, denn die Stosslinie von St. Croce war in viel höherem Grade an der seismischen Erscheinung vom 29. Juni theilhaftig, als ihre überspringende Fortsetzung im Piavethal von Ponte nell' Alpi bis Perrarolo. Es wird uns nun auch klar, warum der niedrige Kreiderücken, der vom Monte Pascolet gegen Ponte nell' Alpi sich hinzieht, fast gar nicht von der

Erschütterung betroffen wurde und warum die Ortschaften Sossai, Quantin, Cugnon, Cadola von der argen Zerstörung befreit blieben, welche rechts und links in der Umgebung Bellunos und im Becken Alpagos stattfand. Nach der obigen Darstellung liegt ja der Col di Pera mitten zwischen den beiden Bruch- und Stosslinien, und wir können wohl aus diesem Umstande erklären, warum er die Rolle einer „Erdbebenbrücke“ spielen musste.

Während aus diesen Ausführungen die Richtigkeit der Bittner'schen Ansichten über das Erdbeben von Belluno wohl mit genügender Klarheit hervorgeht, zeigt sich im Gegensatze die Unzulässigkeit der Höfer'schen Erklärung dieser seismischen Erscheinung. Es mag jedoch gestattet sein, die letztere einer näheren Erörterung zu unterziehen, um den negativen Beweis zu vervollständigen; namentlich um einerseits die Schwierigkeit zu erörtern, welche in dem Beginnen liegt, durch geometrische Constructionen den Herd eines Erdbebens, das „Epicentrum“ zu finden, andererseits auch die Abgeschmacktheit der Hypothesen zu zeigen, zu welchen sich selbst ein so ausgezeichnete Forscher in Folge der absoluten Unkenntnis des Gebirgsbaues im fraglichen Terrain verleiten liess. Die folgenden Ausführungen werden darthun, wie berechtigt dieses herbe Urtheil ist.

Höfer betont zunächst, dass die genaue Ermittlung der Lage des Oberflächen-Mittelpunktes eines Erdbebens ebenso schwierig, als für weitere seismologische Untersuchungen wichtig sei. Ich will es hier dahingestellt sein lassen, ob es nicht überhaupt ein grosser Irrthum ist, bei einem Erdbeben (es stehe denn dasselbe in nachweisbarem Zusammenhange mit einem Vulcan oder mit Höhleneinstürzen) nach einem imaginären „Mittelpunkt“ zu fragen, wo wir es nach unserer gegenwärtigen Kenntniss immer mit „Stosslinien“ mit einer Reihe von Punkten der stärkeren Erschütterung zu thun haben. Gerne gebe ich Höfer zu, dass die bisher angewandten Methoden den Focus aufzufinden, sehr ungenaue Resultate liefern mussten. Zunächst gibt es eine Methode, aus den Angaben über die Stossrichtung das Epicentrum zu finden, — einfach durch Verlängerung dieser Linien bis zu jenem Punkte, wo sie sich schneiden. Doch dieser Vorgang ist in der Praxis gewöhnlich nicht durchführbar, da die Angaben über die Stossrichtung von ein und demselben Punkte vor allen häufig ganz bedeutend differiren. „So lange wir nicht entsprechende Seismometer und zwar möglichst verbreitet, functioniren haben, so lange werden uns die angegebenen Stossrichtungen für wissenschaftliche Zwecke nutzlos bleiben.“ Ich bin mit diesem Satze Höfer's ganz einverstanden, was die Schwierigkeit der Beobachtung der Stossrichtungen und den geringen Werth derselben anlangt, glaube aber aus dem oben angeführten Grunde nicht, dass zahllose aufgestellte Seismometer uns wesentlich helfen könnten. Erstlich werden überall Zerlegungen des Stosses in Componenten auftreten, und die Seismometer können diese verschiedenen Richtungen, welchen die Erschütterungen zu folgen scheinen, nur mit noch grösserer Sicherheit registriren, als dies ohnedies bei genauerer Beobachtung geschieht. Fast stets werden nur sehr verschiedene Stossrichtungen von einem und demselben Orte gemeldet. Dann entstehen auch vielfache Kreuzungen der Stösse, weil wir es ja

nicht mit einem Punkte zu thun haben, von welchem die Erschütterung ausgeht, wie die Wellenbewegung von einem Stein, der in das Wasser fällt, sondern von einer Linie.

Ich bin ferner mit Höfer vollkommen einverstanden, wenn er die Schwierigkeit des von Mallet angewendeten Verfahrens hervorhebt, aus der räumlichen Lage von Mauerspalten das „Epicentrum“ zu ermitteln, glaube aber doch, dass die Bittner'schen Ausführungen sowohl was die Stossrichtungen, als was die Beschädigungen an Gebäuden anlangt, zu gut mit den oben nachgewiesenen Bruch- und Erdbebenlinien übereinstimmen, als dass es nothwendig erachtet werden könnte, andere Kriterien zur Erforschung des „Epicentrums“ herbeizuziehen.

Doch prüfen wir die bezüglichen Versuche Höfer's. Er sagt: „Eine in neuerer Zeit von Seebach vorgeschlagene Methode ist überaus einfach; er verbindet drei Punkte gleicher Stossreihen mit zwei Geraden, errichtet in deren Halbierungspunkten Normalen und hat in ihrem Schnittpunkte das Epicentrum gegeben. Doch bei ihrer Anwendung, selbst unter der Voraussetzung, dass die Zeitangaben sehr genau sind, können leicht die gröbsten Irrungen unterlaufen. So z. B. liegen uns von Laibach, Görz und Pola sehr genaue Stosszeitangaben vor; doch schon ein roher Versuch, hieraus das Epicentrum zu finden, verweist nach Seebach's Methode auf die Umgebung von Fiume, was doch von Niemandem als der Oberflächenmittelpunkt eines Erdbebens angesehen werden kann, welches in der viele Meilen hievon entfernten Gegend von Belluno ganz grossartig zerstörend wirkte.“

Jeder Unbefangene würde nun hieraus ganz richtig ableiten, dass die Seebach'sche Methode, geometrisch das Centrum eines Erdbebens zu finden, ad absurdum geführt wurde, doch Höfer fährt also fort: „Und doch kann dieser Vorgang Seebach's benützt werden, sobald man sich bemüht, richtige, der Wirklichkeit entsprechende Homoseisten (Curven gleicher Zeiten) auszumitteln. Wir werden dies später versuchen und wollen hier blos bemerken, dass das auf diese Weise gefundene Epicentrum mit jenem, welches wir in den nächstfolgenden Zeilen constatiren werden, übereinstimmt.“ Höfer geht nun von der Beobachtung der grössten Zerstörung an Gebäuden u. s. f. in Belluno und dessen Umgebung aus, und versucht es dort den Oberflächenmittelpunkt zu suchen, indem er einen pleistoseisten Gürtel (Zone grösster Erschütterung) verzeichnet. Er sagt: „Die Orte ärgster Zerstörung sind: Farra, Puos, Codenzano, Borsoi, Arsiè, Belluno und die Alpenhütten am Südabhange unter der Spitze des Berges Faverghera. Diesen folgen: Socher ¹⁾, Capo di Ponte (auch Ponti delle Alpi ²⁾ genannt), der Monte Dolado, Visomo ³⁾ und St. Croce. Die übrigen Ortschaften zwischen Farra südseits und Soccher nordseits sind alle mehr oder weniger stark erschüttelt worden. — Das von dieser Zone der ärgsten Zerstörung südlich gelegene Gebiet von Vittoria (Serravalle und Ceneda) mit den Ortschaften Cima-Nove, Frecona, Sarmede, Capella, St. Pietro, St. Maria, Conegliano zeugt von mehr oder minder heftigen

¹⁾ recte: Soccher.

²⁾ Soll Ponte nell' Alpi heissen.

³⁾ Visome.

Erschütterungen, doch die Wirkungen sind unvergleichbar kleiner als jene in der Umgebung von Belluno-Farra, so dass wir zu dieser als dem wahrscheinlicheren Sitz des Epicentrums zurückkehren.“ Indem ich auf die bezüglichen, oben angeführten Angaben Bittner's über die Zerstörungen in der Umgebung von St. Pietro di Fioletto verweise, kann ich nicht umhin, hier der Darstellung Höfer's den Vorwurf zu machen, dass sie den bekannten Thatsachen nicht entspreche. Der Einsturz der Kirche von St. Pietro, der 38 Menschen am 29. Juni 1873 das Leben gekostet hat, ist wohl kein zufälliges Ereigniss, das lediglich der Bauälligkeit der Kirche zuzuschreiben wäre. Die starken Beschädigungen der Gebäude in der Umgebung, noch mehr aber der Umstand, dass dieser Punkt auf jener Linie liegt, welche Collalto, den Focus von 1859 mit Farra verbindet, spricht sehr gegen die Höfer'sche Anschauung.

Höfer nimmt nun auf dieses südliche Erschütterungsterrain gar keine Rücksicht, wir müssen aus diesem Grunde schon seine pleistoseisten Kreise als willkürlich angenommen zurückweisen.

Ich darf es wohl für irrig erklären, wenn aus dem willkürlich angenommenen pleistoseisten Kreis: Farra, Puos, Arsiè, Belluno das Epicentrum als ein $\frac{3}{4}$ Kilometer nordwestlich von Quantin gelegener Punkt unter $46^{\circ} 7' 4''$ nördl. Breite und $9^{\circ} 57' 4''$ östlicher Länge von Paris abgeleitet wird. Höfer hebt hervor, dass dieser pleistoseiste Gürtel in Form eines Kreises den Col di Pera umschliesse und dass der Umstand der geringen Beschädigung der auf diesem Höhenzuge gelegenen Ortschaften sehr gut mit der Ansicht Mallet's und Seebach's übereinstimme, nach welcher die horizontale Componente der Stosskraft, welche die grösste verheerende Wirkung ausübt, ihr Maximum nicht im Epicentrum, sondern in einem Kreise um dasselbe erreiche. Diese theoretische Erwägung stimmt nicht gut mit der Erfahrung, dass bei allen Erderschütterungen gerade jene Punkte, an welchen die Emergenz der Stösse besonders steil war, in höherem Grade Zerstörungen aufweisen. Sussultorische Stösse dürften im allgemeinen zerstörender wirken als undulirende, nahezu horizontale, wenn auch unter besonderen Umständen gerade die letzteren weitgehende Zerstörungen bedingen. Höfer spricht sich über das Epicentrum von Quantin folgendermassen aus: „Ganz eigenthümlich ist es, dass wir in dem vorliegenden Falle ein ausgedehntes Gebiet inmitten der Zone der grössten Verwüstung bar an jeder nennenswerthen Zerstörung finden. Alle Berichterstatter heben diese Thatsache hervor, und nennen die Orte: Sossai, Quantin, la Secca, Bastia, Vich, Cugnan, Roncan, Lastreghe und Cadola, welche am Gehänge des flachen, Col di Pera genannten und aus Nummulitenkalk bestehenden Rückens liegen. Um so interessanter wird diese Thatsache, indem für das Beben von Belluno nachgewiesen wurde, dass die Intensität des Stosses nirgends im Zusammenhange mit dem petrographischen Charakter des Untergrundes steht.“ Aus den weiter oben nach Bittner angeführten Angaben erhellt wohl zu Genüge, wie unrichtig gerade der letzte Theil des citirten Satzes ist. Meiner Ueberzeugung nach sind die Ortschaften auf dem Col di Pera deshalb fast gänzlich von der Zerstörung verschont geblieben, weil sie auf festem Terrain der Kreideformation

(Biancone und Scaglia — nicht aber Nummulitenkalk) liegen, während die unmittelbar benachbarten, auf tertiärem und diluvialen Boden gelegenen Orte in der grässlichsten Weise mitgenommen wurden. Die beiden von Bittner nachgewiesenen Stosslinien, welche, wie ich zu zeigen versuchte, mit zwei grossen Querbrüchen zusammenfallen, liegen rechts und links vom Col di Pera. Dass nur der Untergrund an der oben angeführten auffallenden Erscheinung Schuld trägt, zeigen am besten die benachbarten Orte Cadola und Soccher, letztere Ortschaft, auf praeglacialen Diluvialbildungen gelegen, wurde fast gänzlich zerstört, während Cadola, welches am äussersten Rande des Col di Pera, aber noch auf Scaglia liegt, von der Verwüstung verschont blieb.

Ein zweiter, kleinerer pleistoseister Kreis mit dem wenig erschütterten Cornei in der Mitte als Epicentrum wird von Höfer in ebenso willkürlicher Weise angenommen, als der erste, eben besprochene.

Wir wollen nunmehr auch die zweite Methode näher betrachten, mittelst welcher Höfer vorgibt, zur Annahme des Epicentrums von Quantin gekommen zu sein. Es ist das die Construction einer Homoseiste — einer Linie gleichzeitiger Erschütterung. Höfer gibt zu, dass ihm zur Einzeichnung innerer Homoseisten zuverlässiges Materiale fehle. Nach eingehender Erörterung des Beobachtungsmateriales, welches meines Erachtens zeigt, wie unzulässig die ganze vage Speculation überhaupt ist, versucht Höfer die Einreichung der Homoseiste von 5^h 0^m Morgens auf Grund von 13 Fundamentalseiten. Er erhält eine sehr unregelmässig gelappte Linie, welche die Punkte verbindet, die zu dieser Zeit vom Stosse getroffen worden — sie zeigt Ausbuchtungen nach Nordwest, Südost und Ost. Zur Erklärung dieser unregelmässigen Linie, fühlt sich Höfer genöthigt, zwei in Wirklichkeit nicht existirende Spalten anzunehmen, die Adria-Spalte und die Laibacher-Spalte. Ich halte es für überflüssig, auf die Berechnung Höfer's der 5^h 0^m Homoseiste auf Grund der Annahme der genannten Spalten weiter einzugehen, ich werde mich darauf beschränken zu zeigen, dass diese Spalten in der That nicht existiren. Wenden wir uns zuerst zu Höfer's Adria-Spalte, zu deren Annahme Höfer, wie er angibt, durch die Ausbauchung der oben angeführten Homoseiste gegen NW und SO gebracht wurde. „Es ist ganz naturgemäss, dass wir die Spalte gegen Innsbruck und jene nach Pola als eine und dieselbe annehmen; wir heissen sie die Adria-Spalte, indem sie, wie es der erste Blick auf die Karte lehrt, in ihrer südöstlichen Fortsetzung mit jener Depression der Erdoberfläche zusammenfällt, welche vom adriatischen Meere erfüllt ist. Andererseits finden wir im NW dieser Linie, in der Gegend des Brenner, jene ganz auffallende Erniedrigung in der Centralalpenkette, welche die gletscherbedeckten Gebirgsriesen des Ortler und Oetzthaler Stockes von jenen der Zillerthaler, Antholzer, Venediger und Glockner-Gruppe trennt. Diese beiden Depressionen der Erdoberfläche sind verbunden durch nachweisbare, gewaltige Dislocationen, so dass es nicht mehr gewagt erscheint, wenn wir die Einsenkung des Brenners als die Fortsetzung jener betrachten, welche jetzt die Wellen der Adria bedecken. In Nachstehendem wollen wir alle jene Aufzeichnungen zusammenstellen, welche die bedeutenden Dislocationen

zwischen Belluno und dem Brenner, also längs der SO-NW-Spalte, besprechen.“ Ich will nun dieser Aufzählung Höfer's folgen, um in jedem der Fälle zu zeigen, dass er sich nicht als Beweismittel für das Vorhandensein der angenommenen Spalte geltend machen lässt.

„Wenn wir hiebei nicht mit dem Gestade der Adria beginnen, so entschuldigt dies der Umstand, dass die venetianische Ebene zwischen Ceneda (nun zu Vittoria gehörig) und dem Meere von Diluvialgebilden und Alluvionen erfüllt ist.“ — Wir haben oben gesehen, dass demungeachtet die Lage von Collalto, dem Stosspunkt des Erdbebens von 1859, in der Verlängerung der von Bittner nachgewiesenen Stosslinie, für die Auffassung des letzteren spricht.

„Doch sofort, wo die älteren Schichten an die Oberfläche empor-tauchen, finden wir zwischen Ceneda und Aviano die Eocän- und Kreideschichten in ihrem SW-NO Hauptstreichen plötzlich um 90° verstellt, das Eocän erreicht hier gegen Osten auf grössere Entfernung hin sein Ende.“ Höfer verweist zur Unterstützung seiner Angabe auf die geologische Uebersichtskarte der Monarchie von Hauer — hätte er die Dislocation an Ort und Stelle genauer studirt, so würde er wohl erkannt haben, dass man es nicht mit einem von NW nach SO gerichteten Bruch, sondern mit einer von NNO nach SSW gerichteten Verschiebungslinie zu thun habe, welche überdies aufs genaueste zusammenfällt mit der von Bittner nachgewiesenen Stosslinie St. Pietro di Feletto-Farra.

„Von Belluno weiter nordwestlich, im Agordothale treten ebenfalls bedeutende Schichtstörungen auf, von welchen Klipstein (Mittheilungen aus dem Gebiete der Geologie und Paläontologie (Bd. I. pag. 94) sagt: „Schon oberhalb Vedana wird man auf eigenthümliche Schichtenbiegungen aufmerksam. Bemerkenswerth ist es, wie aus diesen, an mehreren Stellen anscheinend massiv abgetheilte Massen hervorgehen, welche jedoch, beobachtet man sie genauer, eine Ueberbiegung der horizontalen Schichten, oder vielmehr eine plötzliche Veränderung derselben in senkrechter Stellung nicht verkennen lassen.“ „Diese Schichtenstörungen wiederholen sich unterhalb Vedana öfter und in grösserer Ausdehnung.“ „Die Berge, welche zunächst dem Rande dieses Beckens in der Nähe von Piron¹⁾ bis zu 4000—5000' sich erheben, haben alle steile oder senkrechte Schichtenstellung aufzuweisen.“

Diese von Höfer angeführten Stellen beziehen sich nun durchaus nicht auf Störungen nach der Richtung des Canales von Agordo, sondern auf die Schleppung der Schichten am Nordrand der Mulde von Belluno. Es zieht sich dort eine lange und grosse Bruchlinie hin, von welcher bereits früher die Rede war, es ist eine wahre Verwerfung, deren Südflügel in bedeutende Tiefe hinabgesunken ist. Auf dem von WSW nach OSO, parallel der grossen Bruchlinie Val Sugana-Agordo-Cadore, streichendem Bruche blieb ein langer Zug von mesozoischen Kalken (vorwiegend Lias, stellenweise auch Jura und Kreide) in hängender, theilweise senkrechter Stellung erhalten, und auf ihn beziehen sich die Auslassungen Klipsteins, während Höfer sie fälschlich auf einen Bruch in der Richtung des Cordevoethales deutet.

¹⁾ Soll Peron heissen.

Ganz dasselbe gilt von der weiteren von Höfer angezogenen Stelle pag. 93 Klipsteins; wo es sich um Störungen auf der grossen Bruchlinie von Agordo handelt.

„Auf Seite 91 in Klipstein's genanntem Werke finden wir einige Nachrichten über das Erdbeben und den Bergsturz vom 29. Jänner 1771, welcher bei Villa d'Alleghe drei Ortschaften den Untergang bereitete und nach Fuchs (die Venetianer Alpen, p. 12) „den Strom zum See aufstaute.“ Sowohl dieser als auch Klipstein geben von der Umgebung von Alleghe vielfache Beispiele und Skizzen von den häufigen Schichtstörungen aller Art. Wir verweisen ferner, gleichsam vor Erhärtung der Klipstein'schen Angaben, auf die einschlägigen Mittheilungen von Fuchs über das Gebiet Belluno-Alleghe.“

Hier handelt es sich um Dislocationen, welche lediglich entstanden sind durch die Erosionsthätigkeit der Gebirgswasser. Allenthalben beobachten wir an tiefeingerissenen Flussläufen, wie an den Gehängen grössere oder kleinere Schollen abgesessen sind, es entstehen dadurch oft mehrfache Schichtwiederholungen in einem Terrain, welches keine eigentlichen Verwerfungen aufweist. In jenem Gebiete aber, welches hier in Rede steht, und welches in den drei Jahren 1874, 75 und 76 von der II. Section der geologischen Reichsanstalt aufgenommen wurde, gibt es allerdings grosse Brüche, doch streichen sie fast alle senkrecht auf die von Höfer angenommene Adria-Spalte. Mojsisovics hat gezeigt, dass viele der bereits von Klipstein und Fuchs beobachteten, und neuerdings von Loretz¹⁾ missdeuteten Störungen sich auf ganz locale und secundäre Absetzungen an den Thalgehängen zurückführen lassen²⁾. Loretz aber hat überall Falten und Aufbrüche angenommen, die sich in Wahrheit fast nirgends finden, am wenigsten aber an der Stelle, wo Höfer sie für seine hypothetische Adria-Spalte braucht.

„Klipstein bespricht (auf Seite 65 und 68) ausführlich die Störungen, welche im Baue des Gebirges Scisser-Alp, des Zinsenberges³⁾ und des Monte Caprile⁴⁾ stattgefunden haben, und nimmt für die Wasserscheide zwischen dem Cordevole- und Abteithale einen eigenen Aufspaltungskessel an, um sich die vielfachen Schichtenstörungen erklären zu können.“ Es kann nun Klipstein heute gewiss nicht zum Vorwurf gemacht werden, dass er vor Jahrzehnten, da Humboldt's und L. v. Buch's Erhebungskrater noch die Ansichten der Geologen beherrschten, im Melaphyrterrain Südtirols jedes Stromende als einen Gang oder Durchbruch deutete, und die in der Nähe befindlichen Gehängabsetzungen als „Aufbrüche“ ansah, hervorgerufen durch die dislocirende Gewalt der erumpirenden vulkanischen Gesteine. Wohl

¹⁾ H. Loretz: Das Tirol-Venetianische Grenzgebirge. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1874.

²⁾ E. v. Mojsisovics: Notizen zur Geologie des südtirolischen, triadischen Tuffgebietes. Verhandlungen d. geol. R.-A. 1874, Nr. 12, pag. 290.

³⁾ Ungebräuchliche Bezeichnung.

⁴⁾ Einen „Monte Caprile“ gibt es nicht, er scheint durch ein Missverständniss in die Literatur gekommen zu sein, indem der Name einer Ortschaft auf einen Berg übertragen wurde. Klipstein versteht unter Monte Caprile die Höhen von Stuores bei St. Cassian — jenen Rücken, welcher als Fundort der Cassianer Versteinerungen bekannt ist.

aber sollte man etwas vorsichtiger in der Benützung älterer Werke sein, um nicht wieder und wieder in alte Fehler zu verfallen.

„Auch Freiherr v. Richthofen beschreibt von Set Sass, welcher an diesem Passe liegt, bedeutende Schichten-Ueberschiebungen (sog. Wechsel).“

Ich halte es für nöthig, dieses Citat einer eingehenderen Kritik zu unterziehen, weil es einen Fall betrifft, der ziemlich oft in der Literatur erwähnt und nicht immer mit Glück gedeutet wurde, so einfach auch die Verhältnisse an Ort und Stelle sind — es stellt sich derselbe als einer jener ausserordentlich seltenen Fälle heraus, in welchem jenem Geologen, dem wir die erste genauere Kenntniss des in Rede stehenden Gebietes verdanken, ein Beobachtungsfehler vorgeworfen werden darf. v. Richthofen¹⁾ gibt am Set Sass eine Wiederholung der Raibler-Schichten an und zeichnet dieselbe auch in seine Karte ein. Stur hat den Punkt 1868 besucht und eine Skizze davon gegeben²⁾.

Stur hebt auch bereits den grossen Unterschied hervor, welcher das von Laube gefundene Corallriff gegenüber den Schlernplateau-Schichten am Westfusse des Set Sass auszeichnet: — „nach der Ansicht des Berges war es als ausgemacht zu betrachten, dass das Corallriff nur durch eine Senkung in die jetzige Lage gelangen konnte, und dasselbe als eine Fortsetzung der rothen Raiblerschichten des Set-Sass-Gehänges in Süd zu betrachten, sowie auch der unterlagernde Dolomit ein herabgesunkener Theil des die Set Sass-Spitze bildenden, geschichteten Dolomites sei. Es lag die Möglichkeit vor, dass nebst den rothen sandigen Tuffen hier eine Schichte reich an Corallen entwickelt sei, die wir im Westgehänge des Schlern nicht bemerkt hatten. Doch fand ich an Ort und Stelle eine wohlgeschichtete Schichtenreihe entwickelt, die, den geschichteten Dolomitbänken conform aufgelagert, Kalkbänke enthält, in denen grosse und kleine Bruchstücke von Corallen-Arten nebst Bruchstücken von Muschelresten eingebacken erscheinen, und in Allem, namentlich aber im Reichthum an Cidariten-Resten im Vorkommen der *Gervillia angulata* M., *Avicula Gea d'Orb.*, der *Myophoria* *Chenopus* *Laube* und anderen Arten sehr lebhaft an die im Thörl- und Torer-Sattel bei Raibl anstehenden Schichten erinnern. Ich bemerkte überdies keine Spur von den rothen Gesteinen, die ich eben im Gehänge verlassen hatte, an dieser Stelle.“ — Die kritische Stelle am Set Sass war eine der ersten, welche ich 1874 als Mitglied der II. Aufnahmssection unter Führung v. Mojsisovics' besuchte, um allmählig mit den Schwierigkeiten der alpinen Geologie vertraut zu werden. — Der kleine, dem Set Sass vorgelagerte Fels (Anti Set Sass), auf dessen Rücken sich jene reiche, von Laube zuerst ausgebeutete Fundstätte befindet, ist eines der lehrreichsten Beispiele des Facieswechsels in den Cassianer-Schichten, denn diesen gehört er an³⁾. Es

¹⁾ Ferd. Frhr. v. Richthofen: Geognostische Beschreibung der Umgebung von Predazzo, St. Cassian und der Seisseralpe in Südtirol. Gotha 1860.

²⁾ D. Stur: Eine Excursion in die Umgebung von St. Cassian. Jahrb. der k. k. geolog. R.-A. 1868.

³⁾ E. v. Mojsisovics: Ueber die Ausdehnung und Structur der südost-tirolischen Dolomitstöcke. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss., 71, Bd. 1875.

ist eine kleine, den Cassianer-Mergeln eingelagerte Dolomitmasse, die nach beiden Seiten zwischen wohlgeschichtete Mergel eingreift und sich in ihnen auskeilt, wie das namentlich nach Osten gut sichtbar wird. Darüber lagern dann in vollkommen ungestörter Weise die höheren Theile der Cassianer-Schichten, die hier durch Dolomit vertreten sind, und die Masse des Set Sass bilden. Erst auf dem Plateau desselben treten die Raibler-Schichten auf, die auch an dem Westgehänge sichtbar werden. v. Richthofen hat eben die versteinungsreichen Mergel auf dem Set Saas für Raibler-Schichten genommen, wohl nur wegen der Terrain-Abstufung, die durch sie hervorgebracht wird. Da er aber die rothen Sandsteine in höherer Lage kannte, wurde er zur Annahme einer Verwerfung gebracht, die sich in der Natur nicht findet.

Mit Unrecht führt daher Höfer den gar nicht vorhandenen Bruch am Set Sass als Beleg für seine Adria-Spalte an. Mit ebenso grossem Unrecht verweist er weiter auf die vielen bedeutenden Bergstürze, welche Klipstein erwähnt, als im Abteithale insbesondere seit dem Jahre 1828 häufiger auftretend. Gerade die Schilderungen Klipstein's¹⁾, sowie jene Stur's sind es, aus welchen unzweifelhaft hervorgeht, welchen Charakter diese Terrainbewegungen in den Cassianer- und Wengener-Mergeln im Enneberg besitzen. Es sind Murbüche und Abrutschungen, hervorgerufen durch die Erosionsthätigkeit, welche tiefe Thalrisse in das leicht denudirbare Terrain einnagte, und durch die Wasseraufnahme des Bodens, die oft zur Bildung wahrer Schlammströme führte. Dies hat besonders Stur in seiner Excursion in die Umgebung von St. Cassian sehr anschaulich geschildert.

Nach all dem dürfen wir wohl behaupten, dass keine einzige der von Höfer angezogenen Stellen sich als Nachweis für die von ihm angenommene Adria-Spalte benützen lässt. — Ganz Aehnliches gilt von seiner Laibacher-Spalte.

„Selbst ein flüchtiger Blick auf Hauer's geologische Karte von Oesterreich-Ungarn zeigt sofort die Eigenthümlichkeit, — dass die rhätische Formation (Dachsteinkalk) mit Belluno plötzlich gegen Süd hin abgeschnitten ist; diese Grenze zieht sich ostwärts in einer Geraden über Maniago, nördlich von Udine, vorbei über Caporetto nach Tolmein, gegen Laak, woselbst das Carbon an die Oberfläche tritt; diese Linie lässt sich, durch das Hervortreten der Steinkohlen-Formation gekennzeichnet, einerseits gegen Hrastrnigg hin verfolgen, und ist von den Thermen in Römerbad (30° R.) und Tüffer (28—30° R.) begleitet, andererseits von Laak nach Montpreis im südlichen Steiermark fortsetzen; in die weitere Verlängerung dieser Linie fällt Krapina-Töplitz mit seiner 34° R. warmen Heilquelle.“ — Es muss ein sehr flüchtiger Blick auf die Karte gewesen sein, welcher Höfer veranlasst hat, von der Linie Belluno-Laak-Montpreis oder seiner Laibacher-Spalte, als einer vollkommen geraden Bruchlinie zu sprechen.

Was zuvörderst die nächste Umgebung von Belluno anlangt, so sehen wir allerdings am Nordrande der Mulde von Belluno eine grosse

¹⁾ A. v. Klipstein: Beiträge zur geologischen und topographischen Kenntniss der östlichen Alpen, II. Bd., 1. Abth.

Bruchlinie, welche parallel dem Bruche: Val Sugana-Agordo-Cadore, d. h. von WSW nach ONO streicht. Diese thatsächlich vorhandene Bruchlinie stimmt nun in ihrer Richtung durchaus nicht mit der angenommenen Laibacher-Spalte — auch stand sie mit der Erschütterung vom 29. Juni 1873 nicht in Zusammenhang. Eine Bruchlinie von rein WO-Streichen gibt es in der Nähe von Belluno gar nicht — es tritt auch das mesozoische Kalkgebirge östlich von Belluno etwas weiter gegen die Ebene vor, als es der Laibacher-Spalte zufolge geschehen könnte. Dass am Nordrande der Ebene von Udine grosse Brüche vor auszusetzen sind, ist seit jeher klar, und Stur hat uns auch mit denselben bekannt gemacht, sie sind aber nicht so geradlinig, wie Höfer voraussetzt, und schwenken auch nach SO. — Höfer's Behauptung: „Die Laibacher-Spalte scheidet die westöstlich streichende südliche Kalkalpenzone von den julischen Alpen, welche letzteren sich bekanntlich nach SO hinziehen, wie denn überhaupt das Hauptstreichen der Gebirgsschichten südwärts von der Linie Belluno, Laak-Montpreis plötzlich NW-SO wird und ungestört in dieser Richtung bis an den tiefsten Punkt von Dalmatien verfolgt werden kann — wir haben in der Laibacher-Spalte die Grenze der eigentlichen Alpen gegeben“ — wird wohl durch die geologischen Detail-Aufnahmen ihre Widerlegung finden. Mindestens lässt sich heute schon bei genauer Betrachtung der Hauer'schen Uebersichtskarte behaupten, dass jene gerade (?) Linie, welche Höfer von Belluno über Maniago, Laak und Montpreis zieht, keineswegs durch eine Spalte oder Erdbebenlinie gebildet wird. Auf den wahren Zusammenhang der Einsturzlinien am Südrande der Ostalpen und des Karstes mit den Erdbeben will ich erst am Schlusse der zweiten, dem Erdbeben von Klana 1870 gewidmeten Betrachtung eingehen.

Höfer äussert über die Folgerungen, die Bittner über das Erdbeben von Belluno ableitet: „er vermuthet aus der Vertheilung der ärgst zerstörten Orte und mit Rücksicht auf nachbarliche habituelle Stossgebiete die Existenz einer Spalte Collalto, Farra, Lamosano, welche von SSW nach NNO längs des Ostufers des Lago di St. Croce verläuft, und die sich mit einer kleinen Ueberspringung nach dem oberen Piavethale gegen Perrarolo nordwärts fortsetzt. Die hiefür angeführten Gründe scheinen uns nicht genügend, noch gewagter ist es, aus dem Vorhandensein der Stossgebiete: Bassano-Possagno und Villach, welche circa 20 geographische Meilen auseinander liegen, auf das Vorhandensein einer diese beiden Orte verbindenden Spalte schliessen zu wollen; selbst die Verbindung zweier ausgesprochen habituellen Stossgebiete, welche in der Nähe liegen, verlangt stets noch andere Beweismittel, welche die Existenz der angenommenen Spalte wahrscheinlich oder doch gewiss erscheinen lassen.“ — Ich glaube nun oben zunächst gezeigt zu haben, dass die Bittner'schen Stosslinien mit thatsächlichen Quer- und Verschiebungsbrüchen zusammenfallen, während die Adria- und Laibacher-Spalte nur in den Höfer'schen Ausführungen existiren — die obige Kritik wäre daher besser auf die letzteren angewandt worden.

Bittner spricht sich (p. 94 seiner Arbeit über das Erdbeben von Belluno); nachdem er das Zusammenfallen der Stosslinie von Col-

lalto-Farra mit dem Querbruche von St. Croce discutirt hat, über das Vorhandensein einer anderen Erdbebenlinie, welche im Streichen der Südalpen, und zwar am südlichen Rande derselben liegt, folgendermassen aus: „Eine andere Erdbebenlinie scheint den äussersten Rand der Alpen gegen die venetianische Ebene zu begleiten, wenigstens sprechen dafür die wiederholten Erdbeben im Districte von Asolo und um Bassano, speciell jenes vom 20. Juli 1836 in der Linie Borsopossagno, ferner die Stösse von Valdobiaddene und Guja, und endlich die Erschütterung, die man am 20. Juli 1873. zu Maniago und Cavasso nuovo (Prov. Udine) wahrgenommen hat. (Zur selben Zeit wurde übrigens auch ein schwacher Stoss in Belluno verspürt.) Alle die genannten Orte liegen in einer geraden Linie genau am Fusse des Gebirges. Wohin sich diese Linie fortsetzt, kann mit Sicherheit nicht behauptet werden, ihre nordöstliche Verlängerung würde sehr genau auf Tarvis (wiederholte Stösse) und Villach treffen. Es bleibt aber hier ein viel zu grosser Zwischenraum, als dass man auf dieses Zusammentreffen vorläufig allzu viel Gewicht legen könnte. Allerdings liegt nicht weit ausserhalb dieser Linie auf der fraglichen Strecke Tolmezzo mit seinem zerstörenden Erdbeben vom 20. October 1788. Gegen Südwesten über Bassano hinaus treten endlich auf dieser Linie die äussersten Ausläufer der vicentinischen Basalte auf.

Bittner ist hier an einer wichtigen Thatsache vorübergegangen, — er war auf dem Wege, dem Nachweise der Bedeutung, welche Querbrüche in den Südalpen für die Erdbeben-Erscheinungen besitzen, die Erörterung der im Streichen des Gebirges gelegenen Erdbebenlinien folgen zu lassen. Sein Bestreben, gerade Stosslinien aufzufinden, lässt ihn an der Wahrheit vorübergehen: der Thatsache, dass an der concaven Innenseite der Südalpen und des istro-dalmatinischen Karstes lange Curven sich finden, die von Bruchlinien gebildet werden, auf denen immer ein Absitzen des inneren Flügels stattfand. Diese langen Bruchlinien sind, wie ich in einer zweiten Studie, welche der Betrachtung des Erdbebens von Klana gewidmet sein soll, zeigen werde, in ebenso ausgezeichneter Weise Erdbebenzonen wie die peripherischen Linien, welche Suess auf Sicilien und Unter-Italien nachgewiesen hat. Es findet sogar auf ihnen ein Wandern der Stosspunkte statt, gerade so, wie in Unter-Italien — in unserem Falle repräsentirt durch den Stoss vom 20. Juli 1873, der zu Maniago bei Udine am stärksten war. Es lässt sich in der That eine Zone stärkerer und zahlreicherer Erschütterungen aus dem District von Asolo und Bassano am Südrande der Alpen in's Gebiet von Udine verfolgen, wo im Jahre 1348 eines der furchtbarsten Erdbeben sein Centrum hatte, auf welches wir an anderer Stelle eingehend zu sprechen kommen. Unsere Erdbebenzone aber folgt nicht der radialen Linie über Raibl oder Tarvis nach Villach und dem Ossiacher See, sie behält vielmehr ihre peripherische Rolle, und wir werden sie über Cormons und Gradisca in den Triestiner Karst verfolgen können. — sie hält sich dann an den Längsbruch, den Stache als die Spalte von Buccari bezeichnet hat, auf welcher, wie wir sehen werden, der Herd des Erdbebens von Klana liegt. Analog dem Streichen der Störungslinien verfolgt auch unsere Erdbebenzone fortan ein Streichen NW-SO — wir werden an anderer

Stelle uns ausführlicher mit ihr beschäftigen, und die Linien Venedig-Raibl-Villach (Stosslinie von 1348, die sich in der Mürzlinie fortzusetzen scheint), die Linie Triest-Adelsberg-Laibach-Cilli, die Linie Klana-Gottschee-Landstrass als radiale Stosslinien kennen lernen, auf welchen die Erschütterungen oft weit hinein in's Innere der Alpen und über das Kettengebirge hinaus gewirkt haben.

Auch die Stosslinie von Belluno zeigt eine gerade Verlängerung gegen NNO. — Bei Zell am See war die Erschütterung so stark, dass Bittner geneigt war, dort ein zweites secundäres Schüttergebiet anzunehmen. Die auffallendsten Erscheinungen aber treten im salzburgischen und oberösterreichischen Terrain ein. Salzburg liegt, wie Zell am See, fast genau in der Verlängerung der Stosslinie Belluno-Perrarolo. Wir sehen hier einen Zusammenhang, der sich auch in der Thatsache auszusprechen scheint, dass die Gegend von Salzburg auch sonst zu gleicher Zeit erschüttert wird, wenn in Mittel-Italien Erdbeben stattfinden. „Am 12. März 1873: Erdbeben in Mittel-Italien, speciell in der Gegend von Urbino, Zeit 9^h 5'. Zu fast derselben Zeit wurde auch zu Grubhof in Salzburg eine mittelstarke Erschütterung beobachtet. (Grubhof ist ein Landgut, $\frac{3}{4}$ Stunde von Lofer entfernt.)“

Bittner meint, dass eine am Nordrande der Alpen wieder auflebende Stärke der Erschütterung ein sehr auffallender Umstand sei, und weist auf einige Fälle hin, in welchen gleichzeitig Bodenbewegungen am nördlichen Abhange der Alpen und in Ober-Italien beobachtet worden sind. Zwei von diesen Fällen seien allerdings zweifelhaft, es sind die Erdbeben vom Jahre 1785 und 1869 (17. Februar), zwei andere aber und zwar die Erschütterungen vom 16. October 1841 und vom 12. März 1873 würden kaum als unrichtige Angaben betrachtet werden können.

Höfer hat den Erdbeben-Erscheinungen, welche sich in Oberösterreich am 29. Juni 1873 geltend machten, besonderes Augenmerk zugewendet. Bittner hat bereits für die Orte Vöcklabruck, Wels, Kletzenmarkt, Scharn die Stossrichtung SW-NO (oder umgekehrt) festgestellt — und bei dem Umstand, als in der Richtung nach NO das Schüttergebiet eine auffallende Ausbauchung bis Freystadt erfuhr, kann man schon aus dem Anblick der Bittner'schen Karte des Erdbebens von Belluno die Wahrscheinlichkeit einer Ablenkung des Stosses von Salzburg an gegen NO ableiten. Höfer schliesst aus den genauen Zeitangaben für den Stoss von Salzburg und Sommerau bei Freystadt, dass das oberösterreichische Beben selbstständig gewesen sei und sein Centrum in der Nähe von Wels gehabt habe. (Bittner berichtet, Schloss Dietach bei Wels: Frl. Herma Gross durch einen sehr kräftigen Stoss aus dem Schläfe geweckt, die Thür war aufgesprungen, eine Hängelampe schwankte heftig, Bilder und Spiegel waren in Bewegung.)

Der Unterschied in der Zeit dünkt mir nun nicht so wesentlich, zumal ja die sogenannten Normalzeiten der Bahnuhren (auf welche Höfer zumeist seine Berechnungen stützt) zwar für gewöhnliche Bedürfnisse als sehr genau bezeichnet werden können; bei einer derartigen Speculation aber doch nicht das erforderliche Mass von Genauigkeit besitzen. Die Abweichung von der astronomischen Zeit, die

Beobachtungsfehler, selbst die ungenügende Längenbestimmung mögen hinreichen, alle Berechnungen unmöglich zu machen. — Es erscheint daher auch von vorneherein sehr schwierig, die Geschwindigkeit der Erdbebenwelle festzustellen.

Höfer hat in dieser Beziehung Recht, wenn er dem Irrthum Falb's entgegentritt, welcher nachzuweisen glaubt, dass die gewaltigen Bergmassive die Stösse rascher fortpflanzen als die Ebene, was den Erfahrungen von Chile und Peru und von Calabrien (1783) entgegenstehen würde. Uebrigens muss noch ein Moment in Betracht gezogen werden: Nehmen wir auf Grund unserer heutigen Kenntnisse über Gebirgsbildung an, dass Erderschütterungen durch Spaltenwerfen oder auch durch Verschiebung eines Gebirgstheiles an einem anderen entstehen, so müssen offenbar an einer Anzahl verschiedener Punkte dieser Stosslinie Erschütterungen entstehen; es ist nun keineswegs nothwendig, dass dieselben ganz zur selben Zeit stattfinden, im Gegentheil, es kann, wenn z. B. eine alte Kluft von Neuem aufbricht, an dem Ende ein Stoss stattfinden, hierauf die Verschiebung oder der Bruch sich nach der Mitte fortsetzen, und sich nach einem längeren oder kürzeren Zwischenraum am anderen Ende fühlbar machen. Die Zwischenzeit zwischen den einzelnen Erschütterungen kann dabei Secunden oder Minuten, sie kann aber auch Tage betragen. So schwierig es daher sein wird, die Beobachtung der angerichteten Zerstörungen zur Erforschung der Stosslinie zu verwenden, so schwierig wird auch die Folgerung aus den Stosszeiten sein — es wäre denn, man würde astronomische Uhren und Seismometer zur Controle verwenden. Die Anschaffung der letzteren aber in der nöthigen Zahl erscheint bei dem zweifelhaften Nutzen der kostspieligen Instrumente, die überdiess, wie die neuesten Erfahrungen lehren, häufig den Dienst versagen, kaum zu empfehlen.

Fassen wir die Resultate, zu welchen wir hinsichtlich der Erdbeben-Erscheinung vom 29. Juni 1873 kommen können, zusammen, so ergibt sich:

1. Die Bittner'schen Stosslinien St. Croce-Farra und Capo di Ponte-Perrarolo fallen zusammen mit grossen Querbruchlinien, von welchen jene des Lago di Croce sich überdies als eine Verschiebungsspalte herausstellt, auf welcher eine horizontale Verschiebung der angrenzenden Gebirgstheile stattgefunden hat — in der Verlängerung der Linie Farra-St. Croce liegt der Stosspunkt von 1859 —: Collalto.

2. Die Höfer'sche Construction des Epicentrum bei Quantin aus einem willkürlich angenommenen pleistocänen Kreise erscheint unzulässig, die Einzeichnung einer Homoseiste hat keinen Belang auf die Erklärung eines Erdbebens, die von Höfer angenommenen Spalten, Adria-Spalte und Laibacher-Spalte, existiren nicht und stehen nicht in Zusammenhang mit der Erdbeben-Erscheinung.

3. Auf der radialen Stosslinie des Erdbebens vom 29. Juni 1873, welche ein Analogon bildet zu den zahl-

reichen radialen, zumeist von Seen erfüllten Thälern in den Südalpen, welche zugleich als Erdbebenherde auftraten, hat sich die Erschütterung nach NNO. bis in die Gegend von Salzburg fortgesetzt, Oberösterreich bis Summerau bei Freystadt wurde durch ein von SW. nach NO. gerichtetes Beben betroffen—ein bemerkenswerthes Beispiel von der Fortsetzung der radialen, im concaven Innentheile der Südalpen entspringenden Stösse jenseits des grossen Kettengebirges.

II. Das Erdbeben von Klana 1870.

Herr Bergrath D. Stur wurde im Mai 1870 von Seite des Ministeriums des Innern beauftragt, „eine eingehende Untersuchung des im Küstenlande, insbesondere im Bezirke Volosca stattgehabten Erdbebens und dessen Folgen vorzunehmen, im eventuellen Falle einen Platz auszumitteln, auf welchem die Bewohner der beinahe ganz zerstörten Ortschaft Klana eine neue Ansiedlung errichten sollten.“ Stur bereiste Ende Mai 1870 die am heftigsten betroffene Gegend, sammelte sodann im Wege der Behörden und von zahlreichen Privatpersonen eine grosse Anzahl von Daten und veröffentlichte die gewonnenen Resultate im Jahrbuche der k. k. geologischen Reichsanstalt. Diese Arbeit Stur's¹⁾ liegt den nachstehenden Erörterungen fast ausschliesslich zu Grunde — ich glaubte eben, dass sich nach den heutigen Kenntnissen, welche wir über Ursache und Verlauf der seismischen Erscheinungen besitzen, eine Anzahl von Schlüssen aus dem von Stur gesammelten Beobachtungsmateriale ableiten lässt, die zur Zeit von ihm noch nicht gezogen werden konnten.

Der von Stur gegebenen Uebersicht der Ereignisse des Erdbebens von Klana entnehme ich folgende Daten:

„Das Erdbeben von Klana wurde zuerst am 27. Februar 1870 sehr schwach, deutlicher am 28. Februar verspürt. Von diesem Tage an wurden fast täglich Erdstösse von verschiedener Stärke in der engeren Umgebung wahrgenommen bis zu meiner Ankunft an Ort und Stelle.

Nach den vorliegenden Nachrichten wurde der letzte schwache Erdstoss in Klana am 8. Juli 1870 Nachmittags beobachtet.

Die HAUPTerschütterung, welche alle die erhöhenen Schäden und Verwüstungen fast ohne Ausnahme veranlasst hat, erfolgte am 1. März (Fasching-Dienstag), circa um 8 Uhr 57 Min. Abends.

Sehr starke Erschütterungen, die in ihrer Stärke dem Hauptstoss vom 1. März am nächsten zu stehen kommen, erfolgten:

1) am 10. Mai, 5 Uhr 56 Min. Abends,

2) am 11. Mai, 2 Uhr 50 Min. Morgens.

Die anderen beobachteten und wahrgenommenen Erschütterungen waren alle verhältnissmässig viel schwächer und von sehr verschiedener relativer Stärke.

¹⁾ D. Stur: Das Erdbeben von Klana im Jahre 1870. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1871, 21. Bd. 2. Heft.

Von der Hauptschütterung am 1. März wurde entschieden am stärksten und folgenschwersten der Ort Klana betroffen. Der erste Eintritt in den Ort machte allerdings den Eindruck, als sei die Zerstörung keine so gewaltige, da man Kirche und Häuser aufrecht stehend und bereits wieder theilweise bewohnt sehen konnte; die Detail-Untersuchung zeigte jedoch, dass kein Haus vollständig verschont geblieben, vielmehr alle (140) durch die Zerstörung baufällig geworden sind.“

Allerdings hat die Zerstörung der Häuser der Umstand der landesüblichen schlechten Bauart sehr begünstigt, und erscheint es bei dem hohen Grade von Zerstörung ebenso wunderbar als erfreulich, dass kein Menschenleben zu beklagen war.

„Viel geringer waren die Verwüstungen in den nächsten Ortschaften, die fast in einem Halbkreise in S, W und N an Klana gelegen sind, die in der angegebenen Richtung nahestehend aufeinander folgen: Studena, Skalnica, Lippa, Lissac, Sučak, Novokračina, Zabiče und Podgraje.

In den genannten Orten haben nur einzelne Häuser stärkere Beschädigungen erlitten. Immerhin findet man auch hier eingestürzte Mauern und Rauchfänge, sehr bedeutende Sprünge und Risse in den Wohngebäuden, die die betroffenen Objecte baufällig machten. — In dem weiter entfernten Umkreise der Umgegend von Klana ist das Erdbeben noch sehr stark wahrgenommen worden, doch sind die in Folge davon erfolgten Beschädigungen viel unbedeutender, meist auf vereinzelte Risse in einzelnen Gebäuden und auf einige Beschädigungen an Rauchfängen beschränkt, so im Amtsgebäude von Volosca (Risse), in der Kirche zu Veprinaz (Risse), im Posthause Permani (Risse und Rauchfangsturz), am Ruppauer-Schranken (Verschiebung von Kochgeschirren), zu Dornegg und Illyr. Feistritz (Risse in Gebäuden und Rauchfang-Beschädigungen), und in Prem und Bitinje (Risse im Plafond).

Wenn man die Verwüstungen und Beschädigungen in's Auge fasst und die mündlichen Mittheilungen über die Gewalt der Katastrophe erwägt, scheint es keinem Zweifel zu unterliegen, dass Klana in jenem Theil des Erschütterungsgebietes gelegen ist, in welchem das Erdbeben am schrecklichsten gewüthet hat.“

Bemerkenswerth erscheint die durch Stur angeführte Thatsache, dass die starke Verwüstung der Häuser von Klana auch ihrer Lage auf jüngeren Alluvionen zuzuschreiben ist — während einzelne Fälle beobachtet werden konnten, in welchen auf Kalk gebaute Häuser sehr wenig gelitten haben.

Die ausführliche Erörterung Stur's der Frage, ob eine Verlegung der Ansiedlung gerathen erscheine, und an welchem Orte dieselbe mit Vortheil stattfinden könne, interessirt uns hier nicht weiter. (Stur kömmt übrigens zu dem Resultate, dass eine Verlegung der Ortschaft aus mehreren Gründen unvortheilhaft erscheine.) Weit mehr ist jener Abschnitt wichtig, den Stur Chronik des Erdbebens von Klana nennt. Stur gibt in demselben ein chronologisches Verzeichniss sämmtlicher ihm vorliegenden Daten über beobachtete oder wahrgenommene Erschütterungen im genannten Erschütterungs-Gebiete von Klana, vom 21. December 1869 angefangen bis inclusive 8. Juli 1871 — und be-

merkt hiebei: „Ob alle diese verzeichneten Erschütterungen als Vorläufer und Nachfolger der Katastrophe von Klana aufzufassen, ob namentlich diejenigen Erschütterungen, die in Klana nicht beobachtet wurden, daselbst wegen Mangel an Aufmerksamkeit überhört wurden, oder als selbstständige, von dem Ereignisse in Klana unabhängige Erscheinungen zu betrachten seien, ist unmöglich festzustellen. Ich verzeichne diese anscheinend selbstständigen Erschütterungen, ohne damit andeuten zu wollen, dass ich sie als zusammenhängend mit der Katastrophe zu Klana betrachte.“ — Wie schon in der Vorbemerkung erwähnt, schien es mir, als ob die in dieser Chronik von Stur angeführten Stöße mit wenigen Ausnahmen eine gewisse Zusammengehörigkeit errathen liessen. Ich verzeichnete desshalb diejenigen Orte, die mit einiger Wahrscheinlichkeit als selbstständige Stosspunkte betrachtet werden konnten, auf der Karte (vergleiche dieselbe!), und fand, dass in der That eine höchst merkwürdige Zone von häufigeren Erschütterungen sich zeigte, welche aus der Gegend von Ottocac und St. Georgen bei Zeng über Fiume und Klana in die Gegend von Triest läuft, ihre Fortsetzung in der Umgebung von Görz und Gradisca findet, die so oft und auch in der seismischen Periode, von welcher wir sprechen, Schauplatz von Erderschütterungen war. Wirklich würde sich unsere Zone dann in das Gebiet von Udine — einen bekannten Erdbebenherd! — fortsetzen, und weiterhin mit jener schon von Berti angenommenen, neuerlich auch von Bittner erwähnten Linie zusammenfallen, die am Südrande der Alpen über Asolo und Possagno zu dem vicentinischen Vulkandistricte verläuft.

Wie ich gleich zu zeigen versuchen werde, findet auf dieser Zone, die den concaven Innenrand der Ostalpen und des istro-dalmatinischen Karstes begleitet, ein ganz ähnliches Wandern der Stosspunkte statt, wie es Suess für die peripherischen Erdbebenlinien Siciliens und Unter-Italiens nachgewiesen hat. Bisweilen aber dringen die seismischen Bewegungen auch auf Radiallinien weit bis ins Innere des Gebirges vor, ja sie kreuzen dasselbe und machen sich am Nordrande der Alpen fühlbar, wie wir das bereits bei dem Erdbeben von Belluno am 29. Juni 1873 kennen gelernt haben, und wie es noch in weitaus merkwürdigerer Weise auf der Stosslinie des Erdbebens von 1848, der Linie Venedig-Villach, der Fall ist.

Doch zunächst wollen wir uns auf die Erörterungen jener Erscheinungen beschränken, die in der Periode des Erdbebens von Klana zu beobachten waren — ich folge hiebei der bereits erwähnten, von Herrn Bergrath D. Stur veröffentlichten Chronik, indem ich nicht umhin kann, demselben meinen wärmsten Dank für die mühevollen und genaue Arbeit auszusprechen, welche ich als Basis meiner Folgerungen benützen konnte.

1869.

2. October: 6^h 30^m p. m. Cormons und Rubia im Görzer Gebiet. Leises Beben.

Diese schwache Erschütterung auf der oben erwähnten Zone leitet eine lange Phase von Bewegungen auf derselben ein.

21. December: 6^h 15^m. a. m. Gmünd. Stoss von N nach S wurde gleichzeitig in Malta, Dornbach, Hilpersdorf, Kotschach und Eisentratten in der Umgebung von Gmünd beobachtet.

Wir haben es hier mit einer Erderschütterung zu thun, die ziemlich weit im Inneren der Alpen — wahrscheinlich auf einer Radiallinie stattfand, deren weitere Fortsetzung wir heute noch nicht kennen.

21. December: 11^h 40^m p. m. Görz und Umgebung: erster Stoss heftig, zweiter, unmittelbar vor Mitternacht, schwächer.

Am selben Tage, wie in der Umgebung von Malta, jedoch um 16¹/₂ Stunden später, macht sich eine seismische Bewegung auf unserer Erdbebenzone geltend — es erscheint bemerkenswerth, dass sich der Stosspunkt um ein wenig nach Ost verschoben hat, gegenüber dem Beben vom 2. October.

1870.

2. Jänner, Nachts. Fiume ein leichter Stoss.

3. Jänner, Nachts. Fiume: Erdstoss als leichte Schwingung.

Vom 3. Jänner an wurden in Fiume häufiger leichte Erderschütterungen wahrgenommen, ohne verzeichnet worden zu sein.

Es erscheint bei diesen Stössen auch fraglich, ob sie ihren Stosspunkt bei Fiume selbst hatten, oder ob nicht vielmehr die Stösse zu Klana stattfanden. — Jedenfalls sehen wir, dass mit Beginn 1870 die seismischen Bewegungen, welche Ende 1869 in der Gegend von Cormons und Görz fühlbar waren, ziemlich weit nach SO. gerückt sind, und in der Umgebung Fiume's auftreten.

3. Jänner: 2^h a. m. Ottocac, Svica und St. Georgen bei Zeng: heftige Erschütterung von 2—3 Secunden Dauer.

4. Jänner: 4^h a. m. Ottocac, Svica und St. Georgen bei Zeng: minder heftig.

5. Jänner: 2^h a. m. Ottocac, Svica und St. Georgen bei Zeng: leichte Erschütterung.

6. Jänner: 2^h a. m. Ottocac, Svica und St. Georgen bei Zeng: sehr leichte Erschütterung.

Wir sehen hier vom 3. bis 6. Jänner Erschütterungen auf jener oben erwähnten Zone, und zwar ziemlich weit in Südost stattfinden, der erste Stoss am 3. Jänner war der stärkste in dieser Gegend, die folgenden schwächer.

Es folgt nun eine siebenwöchentliche Zeit der Ruhe in dem in Rede stehenden Gebiete (es sei denn, dass Erderschütterungen der Beobachtung entgingen, wie das bei schwachen nächtlichen Stössen oft genug der Fall sein mag, oder dass dieselben nicht aufgezeichnet wurden).

27. Februar: 11^h 45^m a. m. Idria: leichte Erschütterung. 1^h p. m. Laas (nach anderer Mittheilung um 12 Uhr Mittags, also vielleicht derselbe Stoss, wie in Idria): erstes Erdbeben.

27. Februar: 8^h p. m. Laas: Erderschütterung von 5 Min. Dauer.

Wir bemerken sonach Ende Februar das Wiederaufleben der seismischen Erscheinung und zwar etwas landeinwärts, nordöstlich von unserer Schütterzone.

28. Februar: 0^h 22^m p. m. (12 Uhr Mittags in mehreren Berichten): ziemlich verbreitete Erschütterung, scheint den Stosspunkt in der Nähe von Dornegg und Illyrisch Feistritz, NW von Klana, gehabt zu haben.

28. Februar: 8^h 45^m p. m.: Veglia, rotatorische Erdbeben.

Am Abend desselben Tages, zu dessen Mittag die Umgebung von Dornegg getroffen wird, haben wir einen Stoss zu verzeichnen, der jedenfalls selbstständig auf einem in SO gelegenen Punkt stattfand.

1. März: 6^h 0^m p. m. Fiume: eine vom Postconductor in seiner Wohnung beobachtete leichte Erschütterung.

Ob wir es hier mit einem selbstständigen Stoss zu thun haben, der seinen Angriffspunkt in Fiume hatte, erscheint unsicher (aus Klana werden überhaupt nur die stärksten Stösse gemeldet) — jedenfalls sehen wir ein Rückkehren der seismischen Bewegung, die am 28. Febr. zu Veglia bemerkbar war.

1. März: 8^h 57^m p. m. (in den meisten Berichten als 9 Uhr Abends bezeichnet): HAUPTerschütterung mit dem Centrum Klana, wo starke Verwüstungen stattfanden.

Aus Stur's Angaben scheint eine starke Verbreitung nach der Richtung NW und SO stattgefunden zu haben, entsprechend dem Verlauf der oben angedeuteten Schütterzone — auch die Axe der Ellipse, mit welcher Stur die stärkst erschütterten Orte umschreibt, entspricht ihrer Richtung. Bemerkenswerth erscheint auch die starke Wirkung des Stosses in Gottschee, die vielleicht eine Radialstosslinie andeutet.

1. März: 9^h 15^m p. m. Fiume: ein sehr leichter Stoss von NO in SW.

9^h 30^m p. m. Fiume: ein etwas heftigerer Stoss von NO in SW.

9^m 40^m p. m. Dornegg: ein kleiner Stoss von einer halben Secunde Dauer, von SSW in NNO.

Nach diesem folgten eine Anzahl kleinerer Erschütterungen, die nicht genau wahrgenommen wurden.

9^h 48^m p. m. Fiume: leichter Stoss.

Ob diese Stösse ihren Ursprung bei Klana nahmen oder selbstständig (mit dem Stosspunkt Fiume) anzunehmen sind, erscheint fraglich, jedenfalls ist ihre Verbreitung (die letzten Stösse von Fiume und Dornegg sind wohl zusammengehörig) der angenommenen Schütterzone entsprechend.

Bemerkenswerth erscheint, dass die Stossrichtung in Fiume stets NO-SW, in Dornegg SSW-NNO angegeben wird, also senkrecht auf die angegebene Stosslinie.

2. März: 1^h 5^m a. m. Fiume: Postconductor hat in seiner Wohnung fünf aufeinanderfolgende Stösse beobachtet.

1^h 15^m a. m. Fiume: leichter Stoss von NO in SW.

3^h a. m. Im unteren Savethal wurden zwei Erdstösse beobachtet, welche innerhalb 7—8 Minuten aufeinander folgten. Zerstörungen in der Panovitscher Fabrik (Station Littay-Sava).

NB. Die Stösse im Savethal bei Littay scheinen mit jenen von Adelsberg und Triest zusammenzuhängen — wir hätten hier eine Radiallinie, die sich in die Gegend von Cilli und Tüffer fortzusetzen scheint. (Diese Radiallinie liegt vielleicht auch den häufigen Erdbeben von Laibach zu Grunde?)

1^h 48^m a. m. Stoss in Sessana.

3. März: 2^h a. m. Veglia: eine schwache Erschütterung. Hier macht sich abermals ein Abweichen des Stosspunktes nach SO geltend.

4. März: 1^h 45^m a. m. Dornegg und Illyr. Feistritz eine kleine Erschütterung

2^h 45^m a. m. Dornegg u. Illyr. Feistritz: Nachts (3 Uhr) eine kleine Erschütterung mit Getöse, Dauer 1 Secunde, Richtung SSW-NNO. Fiume: leichte Erschütterung mit vorangehendem Dröhnen. Eine Uhr blieb stehen, Dauer 3 Sekunden, Richtung NW-SO.

Die einzige Nachricht von einem Erdbeben in Fiume mit der Richtung NW-SO, d. h. dem Streichen der Erschütterungszone entsprechend.

4^h a. m. Fiume: leichter Stoss von NO in SW, Dauer 3 Sekunden.

5. März: 1^h 44^m a. m. Dornegg: mässig stark, eine halbe Secunde lang, Richtung SSW-NNO.

2^h 17^m a. m. Dornegg: sehr schwach, eine halbe Secunde lang, Richtung SSW-NN-O.

6^h 30^m a. m. Fiume: sehr leichter Stoss NO-SW.

11^h 15^m p. m. Fiume: leichter Stoss NO-SW.

Ob die Erschütterungen in Klana fühlbar waren, wird nicht berichtet, ist aber wohl, wie bei allen Erschütterungen von Dornegg und Fiume, vor auszusetzen.

Bemerkenswerth erscheint, wie schon einmal erwähnt, dass zu Dornegg die Stösse immer die Richtung SSW-NNO — in Fiume SW-NO aufweisen, Dies gilt auch für alle folgenden Angaben, die diese beiden Orte betreffen.

6. März: 2^h 45^m a. m. Dornegg—Illyr. Feistritz; Mässige Erschütterung von 2 Sekunden Länge und SSW-NNO-Richtung.

Fiume: Nachts zwei sehr leichte Stösse.

3^h 41^m a. m. Dornegg: mässiger Stoss, Dauer 1 Secunde, Richtung SSW-NNO.

April: Dornegg: Im April wurden mehrere kleine Erdbeben wahrgenommen, die aber nicht genauer verzeichnet sind.

10. April: 4^h a. m. Radmannsdorf: zwei Stösse. wovon der erstere stärker als der zweite war. Der zweite folgte in 2—3 Sekunden dem ersten nach. Der erste Stoss verursachte eine Erschütterung der Gebäude, ohne einen Schaden anzurichten.

Wir sehen hier wieder ein Beispiel von seismischen Erscheinungen weiter im Inneren des Landes, wie wir das schon mehrmals in der Periode des Klaner Erdbebens gesehen haben (Gmünd und Malta 21 December 1869, Idria 27. Februar 1870, Laas 27. Februar 1870, Littay 2. März 1870).

28. April: 3^h 25^m a. m. Fiume: ein undulatorischer, sehr fühlbarer Stoss mit heftigem Dröhnen in der Dauer von 4 Secunden und einer NO-SW-Richtung. Derselbe bestand aus zwei Stössen, die etwa 2—3 Secunden nach einander folgten. Scheint vertical gewesen zu sein, wie aus der geringen Amplitude der Schwingungen eines zu diesem Zwecke aufgestellten Pendels hervorging.

Jedenfalls scheint dieser Stoss bei Fiume selbst sein Centrum gehabt zu haben, was wir nicht bei allen, nur von diesem Punkt gemeldeten Erschütterungen behaupten können, da eben von Klana nur die stärksten Erschütterungen gemeldet wurden.

29. April: 7^h 30^m a. m. — Fiume: leichtes Erzittern des Erdbodens.

— 2^h 28^m a. m. — Fiume: schwaches Zittern des Bodens.

4. Mai: 2^h 30^m a. m. — Fiume: schwacher Stoss.

9. Mai: 4^h 16^m a. m. — Fiume: ein deutlich bemerkter Stoss.

10. Mai: 2^h 51^m a. m. — Fiume: kaum bemerkbares Erzittern.

— 9^h 19^m a. m. — Fiume: kaum bemerkbares Erzittern.

— 4^h 5^m p. m. — Fiume: wohl bemerkbarer Stoss mit Dröhnen begleitet. — Adelsberg: ziemlich starker Erdstoss. — Dornegg—Illyr. Feistritz: ein schwacher Stoss, der im Freien nicht wahrgenommen war. Dieser Stoss hat möglicherweise seinen Angriffspunkt in Adelsberg gehabt.

10. Mai: 5^h 4^m p. m. — Bittinje: Erschütterung. — Volosca: ein starker Erdstoss.

— 5^h 56^m p. m. (in den meisten Berichten 6 Uhr Nachmittags) zweite schwächere HAUPTerschütterung von Klana — scheint auch zu Volosca sehr stark gewesen zu sein. Vom Dletvoberg wird die Richtung des Getöses und der Erchütterung als von ONO gegen WSW fortstreichend geschildert.

Von Fiume wird berichtet, dass dieser Stoss, dessen Intensität jener der Erschütterung vom 1. März vergleichbar war, ein heftiges Dröhnen und Rollen von Klana her vorausging. Die Richtung des undulatorischen, 5 Secunden dauernden Stosses aber war NO—SW. „Im physikalischen Institut, das wie eine Festung stark gebaut ist, beobachtete Herr Prof. Bacotic während der Dauer der Erschütterung, wie erst die gegen NO liegende Mauer sich erhob (Wellenberg von unten nach oben), dann senkte sie sich, während sich die gegenüber stehende Mauer erhob, um sich bald wieder zu senken, mit jenem eigenthümlichen Geräusch, welches diese Erscheinung stets begleitet.“ — Auch die oben erwähnte Beobachtung der Stossrichtung am Dletvoberg von ONO gen WSW, unterliegt keinem Zweifel; der Beobachter, Forstverwalter Braunitzer, befand sich im Freien, in den Waldungen des Dletvoberges, und berichtet Folgendes: Von Tröstnik her (ONO) ein langsames unterirdisches Dröhnen, gegen WSW fortschreitend, näherte sich, das plötzlich in ein gewaltiges Schütteln überging, von dem Aeste und Blätter der Waldbäume ergriffen wurden und

daran theilnahmen. Nachdem dieses Schütteln die Aufenthaltsstelle Braunitzer's erreicht hatte, verspürte er einen Stoss und dann ging das Getöse weiter rollend in WSW vorüber.

10. Mai: Gegen 9 Uhr Abends — Gottschee: Kleiner Stoss. Da andere Nachrichten über eine Erschütterung in dieser Zeit fehlen, so darf wohl Gottschee für dieselbe als Stosspunkt angesehen werden — es illustriert dies die starke Einwirkung der Erschütterung vom 1. März und die oben angenommene Stosslinie: Klana-Gottschee.

11. Mai. 1^h 30^m a. m. — Fiume: schwacher Stoss — Gottschee: schwacher Stoss.

— 2^h 15^m a. m. — Fiume: leichter Stoss.

— 2^h 50^m a. m. — Dritte schwächere Haupterschütterung: stark in Klana, Dornegg und Illyr. Feistritz, Fiume und Volosca. Am letzteren Orte scheint die Bewegung am stärksten gewesen zu sein. Der Bericht bei Stur lautet: „Volosca: bis 3 Uhr Früh folgten mehrere heftige Erdstösse, aber Punkt drei Uhr erschütterte abermals ein sehr heftiger, bei 5 Secunden dauernder, Alles erschreckender Stoss. Demselben folgte nach kaum einer Minute ein zweiter, beinahe gleich grosser Stoss. Von da an vergingen bis 5 Uhr Früh, nie 5 Minuten ohne wenigstens eine Erschütterung.“

— Der 11. Mai ist durch sehr zahlreiche Stösse ausgezeichnet, die ich der Vollständigkeit halber nach der Stur'schen Chronik hier anführe:

11. Mai: 4^h 15^m a. m. — Fiume: leichter Stoss. — Gottschee: schwächere Stösse.

— 4^h 30^m a. m. — Fiume: leichter Stoss.

— 5^h 0^m a. m. — Fiume: leichter Stoss.

— 8^h 0^m a. m. — Volosca: kurzer Stoss.

— 9^h 15^m a. m. — Fiume: kleine Erschütterung.

— 9^h 30^m a. m. — Fiume: leichter Stoss. — Volosca: kurzer, heftiger Stoss.

— 9^h 50^m a. m. — Fiume: leichte Erschütterung.

— 11^h 38^m a. m. — Fiume: leichter Stoss.

— 1^h 0^m p. m. — Fiume: kleine Erschütterung.

— 2^h 18^m p. m. — Fiume: leichter Stoss.

— 2^h 45^m p. m. — Triest: Erdbeben.

Vom darauffolgenden Tag (12. Mai) wird keine Erschütterung gemeldet, doch am 13.—14. machten sich wieder solche bemerkbar.

13. Mai: 9^h 5^m a. m. — Fiume: mittelmässig starker Stoss.

— 11^h 19^m p. m. — Fiume: mittelmässig starker Stoss.

14. Mai: 0^h 50^m a. m. — Fiume: mittelmässig starker Stoss. Bis Ende Mai dauern die Erschütterungen in der Gegend von Fiume an, einzelne Tage verstreichen ohne Stoss, an andern finden 1—3 Erschütterungen statt.

16. Mai: 10^h 0^m p. m. — Fiume: dumpfes Dröhnen.

— 10^h 25^m p. m. — Fiume: eine ziemlich starke Schwingung, die vier Secunden dauerte. Ihr ging ein Getöse voran.

18. Mai. 10^h 57^m p. m. — Fiume: leichte Schwingungen mit vorhergehendem Getöse.

19. Mai: 9^h 26^m a. m. — Fiume: schwaches Erdbeben.
 21. Mai. 1^h 5^m a. m. — Fiume: langgedehntes Rollen und schwache Erschütterung.
 — 1^h 45^m a. m. — Fiume: schwache Erschütterung.
 — 2^h 5^m a. m. — Fiume: ziemlich bemerkbarer Stoss.
 23. Mai: 8^h 25^m p. m. — Fiume: schwacher Stoss.
 — 10^h 45^m p. m. — Fiume: schwache Erschütterung.
 26. Mai: 4^h a. m. — Klana: schwacher Stoss.
 — (Nach 5 Uhr Nachmittags). Volosca: schwaches, in horizontaler Richtung schwingendes Erdbeben.
 27. Mai (11¹/₂ Uhr Vormittags) in Volosca und Castua: eine schwache Erschütterung beobachtet.
 30. Mai: 3^h a. m. — In Klana und Studena: eine schwache Erschütterung beobachtet.
 Nach Ablauf des Monates Mai wurden die Stösse, wie es scheint, selten, schwache Erschütterungen äussern sich noch auf dem Schauplatz der seismischen Erscheinung, die am 1. März, 10. und 11. Mai so heftig aufgetreten war; bemerkenswerth erscheint, dass noch gegen Ende der Periode ein kleiner Stoss in Veglia vorkam; jener vom 9. Juni.
 4. Juni: 10^h p. m. — Volosca: schwaches Beben.
 9. Juni: 8^h 30^m a. m. — Veglia: kurzer Stoss.
 13. Juni: 4^h—6^h a. m. — Volosca: sechs verschiedene schwache Erschütterungen.
 8. Juli: Nachmittags in Klana ein schwaches Beben.

Aus dieser Chronik lässt sich nun allerdings eine ziemlich Reihe von Thatsachen entnehmen, die für uns von höchstem Interesse sind. Der erste, bereits Eingangs erwähnte Umstand betrifft die Wanderung des jeweiligen Stosspunktes auf einer Zone, welche die Halbinsel Istrien vom Hinterlande abtrennt — nördlich vom Golf von Triest einen Bogen nach Görz beschreibt, und von da, wie wir sehen werden, über Udine bis zur Verbindung mit der schon von Berti und Bittner vorausgesetzten Schütterzone am Südrande der Alpen verfolgt werden kann. Andererseits setzt sich unsere Schütterzone aus der Gegend von Fiume nach SO, entsprechend dem Streichen des dalmatinischen Karstes fort. — Ausserdem haben wir weniger zahlreiche Erschütterungen zu verzeichnen, die auf weiter landeinwärts gelegenen Stosspunkten stattfanden, — grösstentheils haben wir es hier wohl mit Radialstössen zu thun — vielleicht auch theilweise mit einer peripherischen Linie, die der Hauptschütterzone parallel läuft.

Stur spricht sich bei Zusammenfassung der gewonnenen Resultate, in den Schlussbemerkungen seiner Arbeit folgendermassen aus:

„Die Umgegend von Klana, d. h. das vom Erdbeben am meisten hergenommene Gebiet, lässt sich in eine Ellipse einschliessen, deren Längendurchmesser von NW in SO streicht und etwa 4 Meilen lang ist. Klana liegt nahezu im südöstlichen Brennpunkte dieser Ellipse.

Doch scheint es, als sei Klana nicht der einzige Centralpunkt des Erschütterungsgebietes. Denn die betreffenden Berichte melden, dass sowohl in Laibach, als auch insbesondere bei Karlstadt (in Turn und Mostanje) ganze Wohnungen oder sehr namhafte Theile derselben in Folge der Erschütterung eingestürzt sind. Diese Angaben sind um so beachtenswerther, als die Gegenden zwischen diesen beiden stärker erschütterten Oertlichkeiten und Klana die Erschütterung verhältnissmässig viel schwächer empfunden haben. Hiernach sollte man, wenn Zerstörungen von Gebäuden den höchsten Grad der Erschütterung bedeuten, für das Erschütterungsgebiet von Klana eigentlich drei Brennpunkte bezeichnen, in welchen das Ereigniss mit grösserer Gewalt auftrat. Es sind dies Klana, Karlstadt und Laibach, wovon Klana am stärksten, Karlstadt minder gewaltig, Laibach am schwächsten erschüttert worden war. Leider ist es unmöglich, nach den gegebenen Daten zu bestimmen, ob die Erschütterung in diesen drei Punkten zu gleicher Zeit auftrat, oder zwischen dem Eintritte des Ereignisses an jedem dieser drei Punkte ein Unterschied in der Zeit stattfand.“

Nachdem Stur noch erörtert hat, dass in den am stärksten betroffenen Orten, die Angaben über Stossrichtung vielfach controvers sind, und auch aus den Beschädigungen, den Spalten der Gebäude und den Bewegungsrichtungen lose gewordener Körper sich für einen und denselben Ort verschiedene Stossrichtungen ableiten lassen, kommt er zu dem Schlusse:

„Nach diesen Thatsachen scheint das Erdbeben von Klana in jeder Hinsicht keine Gesetzmässigkeit, sondern nur Unregelmässigkeiten aufzuweisen. Es ist kein sogenanntes centrales Erdbeben, da es drei vorzüglich erschütterte Gebiete hat; es ist kein lineares Erdbeben aus derselben Ursache; es ist endlich auch kein transversales Erdbeben, sondern ein Erdbeben mit einem mässig grossen Verbreitungsgebiete, in welchem vorzüglich drei Stellen, aber ungleich stark erschüttert werden und die zwischenliegenden Gegenden diese Erschütterung minder stark, mässig oder gar nicht wahrgenommen haben.“

„Die geologische Beschaffenheit des Landes hat, im Allgemeinen genommen, auf das locale stärkere Auftreten der Erderschütterungen in den drei Centren keinen Einfluss nehmen können, da alle drei Centren andere geologische Verhältnisse aufzuweisen haben.“

Klana selbst liegt mitten im Karstgebiet. Die Gegend von Klana ist dadurch ausgezeichnet, dass hier zwischen zwei ausgedehnten Kalkgebieten ein schmaler Zug von Tasello-Sandstein vorkommt, welcher einerseits sich verengend in Südost nach Fiume und weiter hinaus, andererseits sich erweiternd nach NW fortstreicht und theils mit dem Sandsteingebiet von Triest, theils mit dem von Wippach und Görz zusammenhängt. Eine ähnliche Stellung, wie Klana, haben hundert andere bewohnte Orte im Gebiete dieses Sandsteinzuges, ohne von der Katastrophe mehr als irgend ein anders situirter Ort empfunden zu haben.“

Stur scheint sonach geneigt, den geologischen Verhältnissen der Umgebung von Klana keine entscheidende Bedeutung hinsichtlich der

in Rede stehenden Erderschütterung zuzuschreiben. Wir werden aber gleich sehen, dass dies in eminenter Weise der Fall ist.

Stache hat in seinen Mittheilungen über die tectonischen Verhältnisse des Gebietes der Küstenländer auch das Terrain, auf welchem sich die seismische Erscheinung des Jahres 1870 abspielte, näher geschildert; er hat gezeigt, dass Istrien durch eine eigenthümliche Linie vom übrigen Karstlande getrennt wird. Uns interessirt hier namentlich die von ihm 1864 beschriebene „Spalte von Buccari“ — die südöstliche Fortsetzung des Reccagebietes, welche von diesem durch eine eigenthümliche Wasserscheide getrennt wird. Stache sagt über die Gebirgsspalte von Buccari¹⁾: „Südlich von dem das Reccagebiet geographisch abschliessenden Dletvorücken und seinen Querriegeln treten die beiden grossen Kreidegebirgskörper des Schneeberger Waldes und der Tschitscherei noch näher aneinander. Sie streichen von da ab fortdauernd durch eine bald mehr, bald minder tief eingerissene Spalte getrennt, in parallelen Linien gegen Fiume zu und setzen weiterhin der croatischen Küste entlang bis über Novi hinaus gegen das dalmatinische Küstengebiet zu fort. Der nördliche, unmittelbar an die Recca-Mulde stossende Theil der Spalte hat ein steiles, von Nord nach Süd gerichtetes Streichen. Der längere, südliche Theil jedoch biegt wiederum in eine der des südwestlichen Muldenrandes des Recca-Gebietes sehr nahe kommende Nordwest-Südost-Richtung um.

Die Länge der ganzen Gebirgsspalte, soweit dieselbe dem zu besprechenden Gebiete zwischen dem Dletvoberg und Novi angehört, beträgt etwas mehr als 12 Stunden. Die Breite derselben übersteigt selten eine halbe Stunde; ja sie ist auf längere Strecken auf eine Viertelstunde und bei S. Cosmo auf kaum 100 Schritt beschränkt.

Ogleich die einfache Form einer langen Gebirgsspalte im Allgemeinen nicht auf eine Mannigfaltigkeit in der Ausbildung geographischer und landschaftlicher Verhältnisse schliessen lässt, so ist doch der Charakter dieser Spalte ein so wechselnder, dass eine Absonderung derselben in sechs durch besondere geographische und landschaftliche Formen gekennzeichnete Einzelgebiete naturgemäss erscheint.

Der kürzere nördliche Haupttheil zwischen dem Dletvoberg und Fiume zerfällt in zwei, der längere, südliche Haupttheil der Spalte bis Novi in vier solcher Sondergebiete. In jenem ersteren scheiden wir das Gebiet zwischen dem Dletvorücken und den Quellen der Reczina oder das Klanathal von dem Thalgebiet der Reczina. In dem zweiten erscheinen das Draguthal, der Hafen von Buccari, das Vinodol und das Thal von Novi als besondere Landschaftsgebiete.“

Stache hat nun zwar eine Anzahl von Profilen aus den verschiedenen Theilen des Spaltengebietes von Buccari gegeben — ich muss gestehen, dass ich mir aus demselben nur dann ein einheitliches Bild zu machen im Stande war, wenn ich von der angenommenen Faltenbildung gänzlich absehend, die Linie Dletvo-Berg, Buccari, Novi

¹⁾ G. Stache: Die Eocäengebiete in Inner-Krain und Istrien. II. Folge: IV. Die Gebirgsspalte von Buccari, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. XIV. Bd. 1864.

als einen Längenbruch auffasste, auf welchem ein Absitzen des südwestlichen Flügels und theilweise eine Schleppung der Schichten des nordöstlichen, stehengebliebenen Randes eintrat. Ich wäre aber geneigt, obwohl ich die Gewagtheit eines solchen Ausspruches über ein, mir persönlich unbekanntes Gebiet vollkommen einsehe, und die Unzukömmlichkeit einer solchen „Geologie a priori“ zugeben muss, zu glauben, dass die sämtlichen Störungen im Istrianer Karst und in einem guten Theil des gesamten Küstenlandes analogen Vorgängen ihr Entstehen verdanken, d. h. dass die langgezogenen, regelmässigen Linien, in welchen wir die Straten von Kreide und Eocän im Karst und auf den dalmatinischen Inseln auf einander folgen sehen, nicht durch Falten, sondern durch eben so viele parallele Brüche verursacht seien. Ich berühre hier eine der schwierigsten Fragen der Geotektonik und bin mir bewusst, dass dieselbe nicht mit Vortheil in einem anderen Untersuchungen gewidmeten Capitel gewissermassen als Anmerkung behandelt werden kann.

Suess hat in seiner „Entstehung der Alpen“ gezeigt, dass weit- aus die grösste Masse aller Falten, welche wir in den Kettengebirgen Europa's kennen, deutlich eine Ueberschiebung nach Nordwest, Nord oder Nordost erkennen lassen. In einem eigenen Abschnitte, dem fünften seines Buches, hat er jene Ausnahmen von der allgemeinen Regel besprochen: Faltungen gegen Süd und Südwest, welche verhältnissmässig selten auftreten. Suess sagt daselbst (p. 91): „Die umfangreichen und mühevollen Arbeiten Stache's über den Karst, Istrien und die dalmatinischen Inseln haben das System von Faltungen klargelegt, welches dieses Gebirgsland von NW gegen SO durchzieht. Die Synklinale sind viele Meilen lang; gegen NW sind sie der Hauptsache nach nur zwei an der Zahl, gegen SO treten Spaltungen derselben ein, und ist ihre Zahl etwas grösser. In diesen Synklinalen liegt die Eocänformation des Karstes, und die nordöstlichen Ränder derselben sind, entgegen unseren Voraussetzungen, in den meisten Fällen stärker aufgerichtet als die südwestlichen, ja die ersteren sind nicht selten gänzlich überschoben, so namentlich am westlichen Abhänge des Schneeberges, und in der Tschitscherei südöstlich von Triest. Der nordöstliche Rand der grossen südlicheren Synklinale, welche über Triest gegen SO quer durch die istrische Halbinsel zu den Inseln des Quarnero herabzieht, wird als eine von übereinandergeschobenen, gegen SW abgebrochenen Hauptfalten gebildete Terrassenlandschaft beschrieben, welche in der Richtung der Hauptabdachung in Stufen gegen SW abfällt.

Es ist dies vielleicht das bedeutendste Beispiel einer durch lange Strecken sich hinziehenden und in Parallelfalten sich wiederholenden Ueberschiebung gegen SW, welches wir in Europa besitzen.

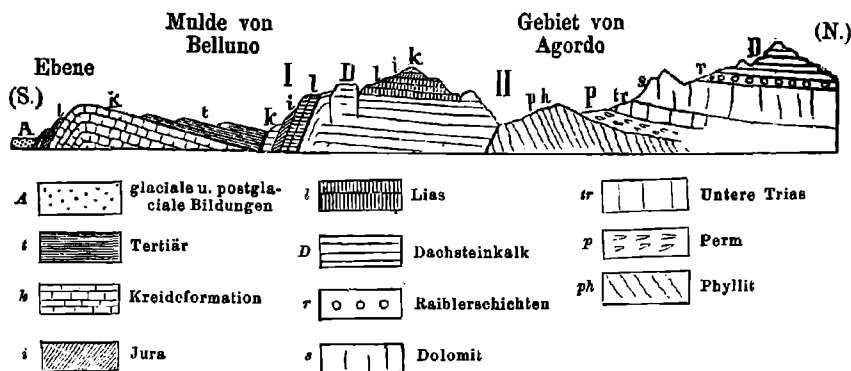
Die Lage dieses ganzen Gebirgstheiles ist nun eine sehr ausnahmsweise. Die Breite des gesamten, in so grosse Falten gelegten Gebirgstheiles, aus Kreide und Tertiärschichten bestehend, misst von Parenzo gegen NO, quer auf das Streichen gemessen, nicht weniger als 10 geographische Meilen. Nach der entgegengesetzten Richtung, d. h. nach SW von Parenzo, sieht man in nicht viel mehr als der doppelten Entfernung dieselben Gebilde aus der Tiefe wieder hervor-

kommen, um die Vorketten und weiterhin auch einen grossen Theil der inneren Höhen der Apenninen zu bilden. Das Streichen der Synklinalen des Karstes und Dalmatiens ist zugleich das Streichen des Apennin. Man hat ein gewisses Recht, den dalmatinischen Küstenstrich als den Rand einer grossen Mulde, — einer Geosynklinale in dem Sinne des Hrn. Dana anzusehen, deren Gegenflügel im Apennin sichtbar ist. Unsere Küstenlinien aber sind Bruchränder; das Netz von engen Canälen, welches die dalmatinischen Inseln trennt, gleicht ganz und gar dem langmaschigen Geflecht von Sprüngen, welches entsteht, so oft ein halbstarrer Körper gebogen wird. Die Tiefe der adriatischen Mulde ist also nachgesunken. Hängt das stufenweise Absitzen des Gebirges in der Tschitscherei mit diesem Nachsinken zusammen? Sind die Ueberschiebungen durch einen vom Apennin her ausgeübten, hier mehr von unten her wirkenden Schub veranlasst? Oder hat wirklich von NO her eine Bewegung des Gebirges stattgefunden? Ich kann es nicht unternehmen, irgend eine dieser Voraussetzungen weiter zu begründen, und zwar um so weniger, als der Bau der dinarischen Alpen und der Kette des Dormitor kaum noch in seinen allgemeinen Umrissen bekannt ist. — So weit Suess; — es erscheint uns von grossem Interesse, hervorzuheben, dass grosse Falten und Ueberschiebungen, wie wir sie in den Nordalpen an so vielen Stellen sehen können, in den Südalpen nicht aufzutreten pflegen. Was wir in den Südalpen an Störungen wahrnehmen, trägt einen ganz anderen Charakter. Die Brüche in den Nordalpen sind in der Regel auf übertriebene gesprengte Falten zurückzuführen, welche in der Ebene der grössten Spannung gerissen sind. Die Ebenen der Brüche neigen sich daher gegen das Innere des Gebirges, und die Erscheinung trägt einen ganz anderen Charakter als die gewöhnlichen Verwerfungen. Anders in den Südalpen. Hier treffen wir grosse Züge von horizontal oder nahezu horizontal gelagerten Massen, die alle durch parallele Brüche in Streifen zerschnitten werden. Die Brüche sind wahre Verwerfungen, deren Ebenen vom Gebirge abfallen, und auf welchen immer ein mehr oder weniger bedeutendes Absitzen der südlichen Scholle stattgefunden hat. In Folge der weitgehenden Schleppungs-Erscheinungen, die manchmal meilenlange Züge von Schichtgesteinen in hängender, oft senkrechter, bisweilen auch überkippter Schichtstellung erkennen lassen, wird das ursprünglich einfache Bild complicirt, so dass es leicht verkannt werden kann, und man glaubt, wirkliche Falten zu sehen. Besonders wird die Täuschung dadurch erleichtert, dass durch die später abgessenen Terrassen horizontale Verschiebung der angrenzenden Gebirgstreifen bedingt wurde — eine Erscheinung, welche Suess bereits zur Erklärung der Ueberschiebung der Cima d'Asta im Val Sugana in Anspruch nimmt.

Für jenen Theil der Südalpen, welchen ich in den Jahren 1874, 1875 und 1876 als Mitglied der II. Section der k. k. geolog. Reichsanstalt bei den Aufnahmen kennen zu lernen Gelegenheit hatte, für Südost-Tirol und das angrenzende venetianische Terrain scheint es mir in der That, als ob sämtliche Störungen sich nicht auf Falten, sondern auf wahre Verwerfungen mit Absitzen der südlichen Scholle zurückführen liessen.

Ein grossartiges Beispiel derselben ist die gewaltige Bruchlinie Val Sugana-Agordo-Cadore, deren Bedeutung Mojsisovics zuerst nachgewiesen hat.¹⁾

Eine parallele Bruchlinie, auf welcher eine Schleppung der Schichten in einem langen Zuge von Lias- und Jura-Gesteinen stattgefunden hat, ist jene, welche die Mulde von Belluno im Norden begrenzt, und auch der jähe Absturz der Schichten, den der Scheiderücken zwischen Belluno und der Ebene der letzteren zukehrt, scheint darauf zu beruhen, dass der Untergrund der letzteren in die Tiefe gesunken ist. Ich gebe hier als Beispiel ein Profil von der oberitalienischen Ebene über die Mulde von Belluno in die Gegend von Agordo, um zu zeigen, auf welche Weise in diesem Gebiete das Absitzen der Gebirgstreifen stattgefunden hat.



Solche, mit Schleppung der Schichten verbundene Absitzungen, wie wir sie an dem Bruchrande von Belluno wahrnehmen, bedürfen nur einer geringen Horizontal-Bewegung, welche durch die nächste absitzende Scholle erzeugt werden muss, um in jene überkippte Stellung zu gerathen, welche anscheinend einem Drucke vom Gebirge her entsprechen würde, während sie in der That doch von dem Senkungsfeld verursacht wurde.

Ich bemerke noch, dass die bedeutungsvolle tektonische Linie, welche die paläozoischen Bildungen des Gailthaler-Gebirges von dem südlich anstossenden mesozoischen Terrain trennt, eine ganz analoge Bruchlinie zu sein scheint, auf welcher ein gewaltiges Absitzen der südlichen Scholle stattfand. Ich konnte dieses Verhältniss wenigstens in der Gegend von Forni Avoltri constatiren, und verweise diesbezüglich auf ein von mir in den Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt veröffentlichtes Profil vom Monte Avanza zum Monte Cadino.²⁾

¹⁾ v. Mojsisovics: Das Gebiet von Zoldo und Agordo in den venetianischen Alpen. Verhandl. der k. k. geol. R.-A. 1875, Nr. 12, p. 220.

²⁾ R. Hoernes: Das Erzvorkommen am Monte Avanza bei Forni Avoltri. Verhandl. d. k. k. geolog. R.-A. 1876, Nr. 3, p. 60.

Ich zweifle nicht daran, dass dieser Bruch weit nach Osten hin fortsetzt, wie dies übrigens schon die geologischen Uebersichts-Aufnahmen hier vermuthen lassen. Im Allgemeinen sehen wir in den Südalpen den Gebirgsbau beherrscht durch das Absitzen der südlichen Schollen — ein Absitzen, das mehr oder weniger tief in die Alpen einschneidet. In den Westalpen ist seit lange die concave Innenseite von Studer als ein das Senkungsfeld der piemontesischen Ebene begrenzender Bruch erkannt worden. Es reicht dort das Senkungsgebiet bis in die ehemals sog. krystallinische Centralmasse, und diese wird von der Ebene berührt. In der Gegend von Udine findet gleichfalls ein bedeutendes Einsinken bis weit hinein in's Innere der Alpen statt, das seinen Ausdruck findet in dem plötzlichen Abschneiden des Karst-Terrains bei Görz. „Noch bei Este und Monselice, am Südrande der euganeischen Berge, ragen die Kalksteine der Kreideformation hervor, an einer Stelle dieser kleinen Berggruppe wird sogar eine Scholle von tithonischem Alter sichtbar. Im Osten brechen bei Gradisca und Triest die grossen Falten von Kreide und Tertiärgebirge ab, welche nicht mehr im Streichen der Alpen, sondern in jenem des dalmatinisch-bosnischen Gebietes liegen. Auf welcher Unterlage die weite Ebene zwischen Padua und Udine ruht, ist uns ein Räthsel.“ (Suess: Entstehung der Alpen p. 54.)

Nach der Entwicklung der Kreideformation und der eocänen Bildungen, welche ich in der Gegend von Belluno kennen zu lernen Gelegenheit hatte, und welche sich enge anschliesst an jene, welche wir in den Karstländern finden, möchte ich glauben, dass nur dem Eingreifen des Senkungsfeldes bei Udine es zuzuschreiben ist, dass uns heute die Verbindung beider Gebiete fehlt — sie ist untergesunken und durch jüngere Bildungen verdeckt worden. — Ich sehe mich hier gezwungen, meine Ansicht über das Verhältniss der Senkungsfelder zur Gebirgsbildung etwas näher zu präcisiren, ein Thema, das ich an anderer Stelle ausführlicher zu erörtern beabsichtige.

Suess hat sich in der Entstehung der Alpen gegen die Prevost'sche Senkungs-Hypothese und gegen die verwandte Theorie Dana's ausgesprochen. Er meint, dass schon der gewundene, den Hindernissen bis zu einem gewissen Grade sich fügende Lauf der einzelnen Zweige des Alpensystems uns verbiete, zuzugeben, dass diese Ketten lediglich durch die Senkung eines erweiterten Mittelmeerbeckens und durch das Heraufdrücken des sinkenden Randes erzeugt worden seien. Suess ist der Ansicht, dass die an der concaven Innenseite unserer Ketten auftretenden Brüche, Senkungen und Einstürze untergeordneter Natur seien, dass dort, wo diese Erscheinung am deutlichsten beobachtet werden kann, im südlichen und mittleren Italien, man eine grössere Anzahl einzelner, auf einer Hauptpalte gereihter, kesselförmiger Einstürze zu sehen glaubt, welche in das Gebirge eingreifen.

Nach der Darstellung Dana's sollten die innersten Ketten eines Gebirgssystems die jüngsten sein. Ich glaube mit Suess, dass in unseren Alpen eine Chronologie der einzelnen Faltenbildungen diese Dana'sche Ansicht illusorisch machen würde, und verweise diesbezüglich nur auf die Molasse-Ueberschiebungen am Nordrande der Alpen,

muss aber gestehen, dass jene Erklärung, welche Suess am Schlusse der Entstehung der Alpen für die Gebirgsbildung gibt, mich nicht vollkommen befriedigt hat. Es wird in derselben die einzige Voraussetzung gemacht: dass eine ungleichförmige Contraction der Oberfläche des Planeten stattfindet. Mir scheint nun, als ob diese Prämisse schon mit der Erwägung, dass die Rinde des Planeten sich schneller kühlt, schneller contrahirt als das Erdinnere, im Widerspruch stehe. Die Oberfläche ist längst starr und bedeutend abgekühlt geworden, können noch wesentliche Contractionen auf ihr stattfinden? Die Gebirgsbildung, die Faltung und Runzelung der Erdrinde dauert heute noch fort, wie das namentlich die Erderstütterungen beweisen, sie kann also nicht wohl mit einer horizontalen Contraction zusammengebracht werden. Gerade so, wie die Haut einer eintrocknenden, zusammenschrumpfenden Frucht sich in Runzeln und Falten legt, scheint es mit der Oberfläche unseres Planeten geschehen sein. Die Rinde wurde früher gebildet, sie wurde mit der Zeit zu weit für den sich kühlenden und zusammenziehenden Kern; — da sie nun nicht vollkommen elastisch ist und der Zusammenziehung desselben folgen konnte, mussten zahlreiche Brüche eintreten, die horizontale Verschiebung der angrenzenden Theile zur Folge hatten. Nach der Suess'schen Ansicht hätten die Falten unserer Gebirge nicht einem Seitendruck, sondern einem Zuge nachgegeben, der von einer Fläche grösserer horizontaler Contraction ausging. Würden wir das zugeben, so müssten wir uns in Widerspruch setzen mit der von Suess ausführlich dargelegten Erklärung der Stauungs-Erscheinungen, ein Widerspruch zwischen Zug und Gegendruck, der durch die Voraussetzung, beide Erscheinungen seien an verschiedene Tiefenzonen gebunden, nicht aufgehoben wird.

Ich werde, wie schon bemerkt, diese Erörterung an anderer Stelle weiter ausführen, und erwähne nur, dass meiner Ansicht nach die schon von Prevost aufgestellte Erklärung der Gebirgsbildung durch Senkungsfelder der Schlüssel zur Lösung des Räthfels ist, nur muss man sich darüber klar sein, dass ein solches Senkungsfeld, wie wir es uns im Süden von Europa, im Norden von Asien vorzustellen haben, keine scharfe Begrenzung besitzt, dass es von zahlreichen, mehr oder weniger parallelen peripherischen Brüchen umschrieben, von zahlreichen radialen Spalten durchsetzt ist. Diejenigen Theile der Erdoberfläche, welche der radialen Contraction des Erdinnern folgen, während andere stationär bleiben, sind nicht immer dieselben. Bald tritt dieser, bald jener peripherische Bruch; bald diese, bald jene Radialspalte als Grenze einer Scholle auf, die sich stossweise um einen sehr geringen Betrag senkt. Dabei tritt jedesmal eine horizontale, verschiebende Wirkung auf die äusseren Theile ein, und äussert sich zugleich die Senkung in der Nähe der Bruchlinien bald als peripherische Erschütterungs-Erscheinung, bald als Radialstoss.

Solche peripherische Brüche des Alpensystems wären jene am Innenrande des Apennin und in den Alpen selbst, am Südrande der Karpathen, am Innenrande der nordböhmischen Gebirge u. s. f. — Diese Voraussetzung würde uns auch erklären, warum bisweilen in den äussern Gegenden eines grossern Gebirgssystems spätere Bewegungen

vorkommen als in den inneren, ein Factum, welches wohl am meisten gegen die Dana'sche Theorie spricht. Nach der obigen Ansicht hätte jede Zone von peripherischen Brüchen gegen aussen eine solche von Faltungen, welche durch die horizontale Verschiebung verursacht werden, die wohl stets Folge des Absitzens der inneren Theile sein muss. So würde z. B. das stark gefaltete Lienzer Gebirge seine Störungen den peripherischen Brüchen verdanken, welche nördlich der Ebene von Udine auftreten, und hier weiter in's Innere der Alpen einschneiden, als dies sonst der Fall ist.

Ich begnüge mich damit, dies hier angedeutet zu haben, und kehre zu dem Ausgangspunkt unserer etwas allgemeinen Excursion, zu der Spalte von Buccari zurück. — Stache fasst die Resultate seiner Erörterungen über das Spaltengebiet von Buccari, auf welches ich bereits oben verwiesen habe, in folgenden Sätzen zusammen:

„Das langgezogene Spaltengebiet von Buccari ist eine directe, nur durch die geographische Form einer eigenthümlichen Wasserscheide getrennte, stark verengte, kluftartige Fortsetzung des zu einer breiteren, faltenförmig überkippten Mulde auseinander gespreizten Eocingebietes der Recca. Es stellt trotz mannigfacher localer Abweichungen im Schichtenbau eine lange, im Grossen und Ganzen gegen NO geneigte und zugleich mit der Richtung ihrer nordwest-südöstlichen Streichungsrichtung zum Meeresniveau mehr und mehr sich senkende Falte dar. Diese Falte zerfällt durch quer auf ihre Hauptrichtung streichende Einsenkungen in einzelne kleinere thalförmige Wassergebiete, deren Hauptbäche durch parallele kluftartige Einsenkungen entweder direct in das Meer münden, wo der westliche Gebirgskörper nur eine schmale Strandzone bildet, oder in Klüften und in Sauglöchern desselben verschwinden und erst nach Umwegen in Form von Quellen am Meeresufer hervorbrechen, wo derselbe sich zum Innenlanggebiet erweitert.“

Ich habe schon oben bemerkt, dass ich glaube, es sei diese Spalte nicht sowohl durch eine Falte, als durch einen Bruch verursacht, auf welchem ein Absitzen des SW-Flügels stattgefunden hat.

Die Ansicht, welche Suess nur hypothetisch ausgesprochen hat, dass das stufenweise Absitzen des Gebirges in der Tschitscherei mit einem Nachsinken des Terrains zusammenhänge, hat, wie ich glaube, ihre volle Berechtigung, und wir haben im Istrianer Karst dieselbe Erscheinung, die in weitaus grösserem Massstabe sich im tirolisch-venetianischen Grenzgebirge bemerkbar macht, wo die Absitzungen auf den Bruchlinien oft weit über 1000 Meter betragen. — Der Bruch von Buccari setzt sich nach NW fort in dem NO-Rande des Reccathales — er läuft in die Gegend von Görz, die so oft Schauplatz seismischer Erscheinungen war. Nach SO setzt die Spalte Buccari-Novì parallel dem Streichen der dinarischen Alpen ebenfalls fort. — Das Auftreten älterer Gesteine östlich von Zeng in einem Streichen, welches gerade auf Ottocac hinführt, scheint mir durch diese Verwerfungsspalte bedingt zu sein. — Es ist nun gewiss sehr auffallend, dass auf dieser Linie Görz-Klana-Fiume-Ottocac in den seismischen Erscheinungen Ende 1869 und Anfang 1870 ein ganz analoges Wandern der Stosspunkte beobachtet werden konnte, wie es Suess für die unter-italienischen

Erdbeben nachgewiesen hat. Die peripherische Linie Reggio-Opido-Polistina-Polia-Girifalco-Rogliano-Cosenza zeigt wohl die grössten Analogien mit unserer istrischer Schütterzone. Suess hat ausführlich die Erscheinungen erörtert, welche bei dem grossen Erdbeben von 1783 so klar sprechen, dass sie wohl keine abweichende Deutung zulassen.

Die Meinung, dass die Erderschütterungen auf der calabrischen Linie durch ein Absinken des concaven Innenrandes bewerkstelligt werden, möchte ich nicht sowohl durch den Hinweis auf die Absitzungen, die thatsächlich auf der Westseite des Aspromonte 1783 stattfanden, unterstützen, als vielmehr durch Erwähnung des Umstandes, dass der Aspromonte von dem Schlage am 5. Februar 1783 fast gar nicht oder nur wenig erschüttert wurde, während nach West, Nord und Süd die gewaltigsten Verheerungen stattfanden.

Bei den wandernden Stössen auf der peripherischen Spalte Calabriens zeigte sich 1783 stets die grösste Intensität und Ausdehnung der Zerstörung in der Richtung des Streichens der Schütterzone. Auch die Erstreckung des durch das Erdbeben von Klana am 1. März 1870 am stärksten erschütterten Gebietes entsprach noch der von Stur eingezeichneten Ellipse, deren grosse Axe der Spalte von Buccari parallel läuft, der peripherischen Schütterzone. Die Richtung des Stosses war in Fiume NNW-SSO, während für die späteren Stösse ganz allgemein die Richtung NO-SW angegeben wird, mit Ausnahme des Stosses vom 4. März 2^h 45^m a. m., der als in der Richtung NW-SO stattgefunden bezeichnet wird und in der That seinen Angriffspunkt bei Dornegg und Illyr. Feistritz gehabt zu haben scheint. Ich möchte aus den etwas controversen Angaben über die Stossrichtungen der von Stur angeführten Beben keine Folgerungen ableiten, obwohl die obigen Angaben ebenfalls auf ein Wandern der Stosspunkte hindeuten; es ist dasselbe ja auch durch die oben ausführlich gegebene Chronik hinlänglich nachgewiesen.

Eine auffallende Erscheinung aber muss ich eingehender erörtern, es ist das die allgemeine Angabe der NO-SW-Stösse für Fiume, und die Angabe der Stossrichtung ONO-WSW für die zweite schwächere Hauptschütterung vom 10. Mai 5^h 56^m p. m. am Dletvo-Berg. Die letztere, vom Forstverwalter Braunitzer herrührend, ist so klar, dass an ihrer Richtigkeit nicht gezweifelt werden kann, und es scheint mir, als ob auf diese Nachricht, sowie auf die wiederholten Angaben der NO-SW-Richtung der Stösse von Fiume einiges Gewicht gelegt werden müsse. Es dürfte diess als ein Beleg für die Ansicht geltend gemacht werden können, dass die in Rede stehenden seismischen Erscheinungen durch ein Absitzen des südwestlichen Flügels an einem NW-SO streichenden Bruche verursacht wurden. Dann musste der Stoss seinen Ursprung an der Bruchspalte nehmen und sich senkrecht auf dieselbe fortpflanzen auf der sinkenden Scholle — es muss aber zugleich auf der Spalte selbst eine Fortpflanzung im Streichen selbst angenommen werden. Das würde vielleicht auch die „vorticosen“ Stösse erklären, welche Pignataro bei dem calabrischen Erdbeben von 1783 am 1. März zu Monteleone beobachtet hatte. — „Vorticos“, sagt Pignataro, „nenne ich den Schlag von 11 Uhr Vormittags nur

darum, weil mir schien, dass sich zwei horizontale Erscheinungen, die eine von S gegen N, die andere von W gegen O kreuzten.“

Das Zusammentreffen der peripherischen Schütterzone mit nachweisbaren Störungslinien im Gebirgsbau ist gewiss keine zufällige Erscheinung — sondern es sind die seismischen Vorgänge durch die letzteren bedingt, die wahrscheinlich in einem Absitzen der inneren Gebirgstreifen bestehen. Dies dürfte für die peripherische Linie von Calabrien und Sicilien gerade so gut gelten, wie für die Schütterzone am Nordostrand der Adria, welche wir eben besprochen haben. Die Fortsetzung dieser Schütterzone macht in der Umgebung von Udine einen grossen Bogen, entsprechend den Bruchlinien, welche dort die Ebene vom Gebirge trennen, und schwenkt dann in das alpine Streichen über, indem sie sich am Nordrande der venetianischen Ebene und in den ersten Höhenzügen, welche dieselbe begrenzen, nach West erstreckt. Auf dieser Fortsetzung, welche auf der beigegebenen Karte schematisch angedeutet ist, liegen der Reihe nach die Schüttergebiete von Görz, Gradisca und Cormons, jenes von Udine, welches im Jahre 1348 der Schauplatz eines der grössten Erdbeben war, das die Geschichte kennt, und auf welches wir im dritten Abschnitte noch eingehend zu sprechen kommen werden — es folgt Maniago mit seinem Stoss am 20. Juli 1873, die Spalte von St. Croce, welche am 29. Juni 1873 der Haupt-Angriffspunkt des Erdbebens von Belluno war, welches wir im ersten Capitel dieser Studien näher kennen lernten, Collalto in der Verlängerung dieser Spalte mit seinen Stössen vom Jahre 1859, dann der Schütterdistrict von Asolo, Bassano und Schio, der uns bis in die Gegend des Etschthales führt, in welcher zahlreiche Erschütterungen auf der Linie Ala-Roveredo-Trient-Brixen stattfinden, während der Lago maggiore ein analoges seismisches Terrain darstellt, wie die Erscheinungen 1866 und 1868, sowie jene vom 13. August 1771 lehren, welche letztere ihren Angriffspunkt zu Castiglione, südlich vom Gardasee hatte. Auch der Lago d'Idro schliesst sich an mit seinen Erdbeben, die in den 50er Jahren zu Tione stattfanden. — So sehen wir eine Schütterzone den inneren Rand der Ostalpen und des Karstes begleiten, auf welcher ein peripheres Wandern der Stosspunkte gerade so stattfindet, wie auf den peripherischen Erdbebenlinien Unter-Italiens.

Wir sehen aber auch, dass sich zahlreiche Linien als vorzugsweise Herde der seismischen Thätigkeit geltend machen, welche diese Schütterzone kreuzen. Wir können dieselben als Radiallinien bezeichnen. Suess hat die Rolle, welche solche Radiallinien für Unteritalien und Sicilien spielen, bereits erörtert. Nach Suess sind es für die Gebiete am Tyrrhener Meere vor allem die Liparen, welche Radialstösse nach bestimmten Richtungen aussenden. Solche Linien weist Suess für die Stösse von Palermo und Alcamo, für jene von Patti an der Nordküste von Sicilien, für den Stoss vom 4. Mai 1781, der von Nord nach Süd in die Masse des Aetna hineinging, für die Stösse von Catanzaro und für jene von Amantea—Cozenza—Rossana nach. An der radialen Stellung dieser Linien ist nun nicht zu zweifeln, wohl aber an ihrem ursächlichen Zusammenhang mit den liparischen Vul-

canen. Namentlich bei den calabrischen Radiallinien möchte ich dies in Abrede stellen und die Linie Amantea, Cosenza, Rossano z. B. lieber als einen Querbruch betrachten, als sie für bedingt durch die Thätigkeit der Liparen ansehen. Gewiss findet in der Nähe vulcanischer Essen eine radiale Zerklüftung des Bodens statt, gerade so wie beim Explodiren einer zu tief gelegten Pulvermine. Wir sind auch im Stande in denudirten Vulcanen diese radialen Klüfte zu erkennen, weil sie mit Lava injicirt werden, und jeder Vulcan wird entsprechend abgetragen das Radialsystem seiner Klüfte als Gangstern aufweisen.

Es scheint mir aber unmöglich, dass die vulcanische Kraft hinreichen sollte, um radiale Klüfte auf beträchtlichere Entfernungen hin zu entsenden, wissen wir ja doch im Allgemeinen, dass der irdische Vulcanismus nicht im Stande ist, selbstständig Spalten zu erzeugen, sondern die vorhandenen benützen muss, um sich bemerkbar zu machen. Dass aber die Radiallinien, auf welchen so häufig seismische Erscheinungen sich geltend machen, nicht im Zusammenhang stehen mit dem Vulcanismus, geht wohl am besten aus der Betrachtung jener Erdbebenlinien hervor, die in radialer, wenn auch etwas unregelmässiger Stellung unsere Schütterzone am Innenrande der Alpen kreuzen. Von den Radiallinien im Westen war bereits wiederholt die Rede. Es können übrigens die Stosslinien von Tione, vom Gardasee und vom Etschthal mit eben so gutem Rechte als Längslinien betrachtet werden, wie als Querlinien. Unsere Begriffe: Längs- und Querbrüche lassen sich in der Natur nicht streng auseinander halten und für das Gebirge westlich von der Etsch können wir ebenso gut oder richtiger von Längsbrüchen reden als von Querspalten. Die Begrenzung der Senkungsfelder ist eben eine sehr unregelmässige, und periphere und radiale Spalten gehen an vielen Stellen in einander über, so dass eine richtige Unterscheidung nicht zu machen ist. — Jedenfalls aber haben wir, wie im ersten Abschnitt ausführlich erörtert, die Stosslinien der Erdbeben von Belluno als Querbrüche aufzufassen. Eine der bedeutendsten radialen Stosslinien ist es sodann, welche durch das Erdbeben von 1348 angedeutet wird, ihrer Besprechung will ich einen eigenen Abschnitt widmen, da der Zusammenhang der Stosslinie Villach-Venedig mit der Mürzlinie, welchen Suess bereits vorausgesetzt hat, von grossem Interesse ist. Eine weitere Radiallinie, welche wie jene vom See von St. Croce auch tektonisch bedingt zu sein scheint, ist jene auf welcher die oft gleichzeitigen Erschütterungen von Laibach und Triest erfolgen. Es scheint mir diese Linie aber nicht geradezu Triest und Laibach zu verbinden, sondern vielmehr südöstlich von dem letztgenannten Punkte zu verlaufen. Ich möchte diese Linie über Triest, Adelsberg, Littay einzeichnen, ihre Fortsetzung würde dann das Gebiet von Cilli und Tüffer treffen, das so oft Schauplatz von Erdschütterungen war. In der Periode des Erdbebens von Klana möchte ich auf den Stoss vom Abend des 10. Mai 1870 verweisen, der seinen Angriffspunkt bei Adelsberg gehabt zu haben scheint, sowie auf die Stösse vom 2. März 1870, welche in der Panovit'schen Fabrik im unteren Savethal (Station Littay-Sava) geringen Schaden anrichteten. — Ob endlich eine Radialstossrichtung Klana-Gottschee vorausgesetzt werden darf, muss wohl vorläufig unentschieden bleiben.

Nach all' dem müssen wir wohl zugeben, dass die Analogie der seismischen Erscheinungen, die sich am concaven Innenrande der Alpen geltend machen, mit jenen, die am Innenrande des Appennin beobachtet werden können, eine sehr weitgehende ist und wohl auf dieselben Ursachen zurückzuführende sein wird. Dieselben aber sind gegeben durch die Bewegungen der Erdrinde, die mit der Gebirgsbildung in Zusammenhang stehen. Auf peripherischen Brüchen macht sich das Absitzen der inneren Theile, auf radialen die horizontale Verschiebung geltend, wie uns das wohl die beiden näher betrachteten seismischen Erscheinungen: das Querbruch-Erdbeben von Belluno und das peripherische von Klana gezeigt haben.

Die seismischen Erscheinungen sind aber oft sehr complicirt, und jene Radialstöße, die weit ins Innere des Gebirges eindringen oder dasselbe gar durchkreuzen, wie jener von Belluno am 29. Juni 1873, zeigen Wirkungen, die uns noch nicht ganz klar sind, an der Nordseite des Kettengebirges. — Eine höchst eigenthümliche Verkettung können wir in der Fortsetzung der Stosslinie des Erdbebens von 1348 sehen, — es scheint dieselbe mit der oft erschütterten Mürzlinie einerseits, mit einem Schüttergebiet westlich von derselben gegen Admont andererseits zusammenzuhängen. Durch die Mürzlinie tritt dann eine Verbindung mit den Erdbebenerscheinungen von Niederösterreich ein, die sogar mittelst der Kamplinie nach Böhmen und Sachsen sich fortzusetzen scheint. Wir werden dieses verwickelte Verhältniss in dem folgenden Abschnitte näher erörtern.

III. Die Stosslinie des Villacher Erdbebens 1348 und ihre Fortsetzungen.

In der Chronik Giorgio Piloni's (Venezia, 1607) heisst es: „Am 25. Jänner, 5 Uhr (italienische Zeit, also kurz vor Mitternacht) des Jahres 1348 war ein fürchterliches Erdbeben, wie ein solches seit Menschengedenken nicht vorgekommen. Kirchen, Thürme, Häuser stürzten ein, viele Personen wurden getödtet. Besonders schrecklich waren die Verwüstungen in Friaul; es stürzte unter andern ein der Palast des Patriarchen zu Udine. Es wurden die Castelle S. Daniele, Tolmezzo, Vensone und andere zerstört. In Venedig wurde der Canal grande trocken gelegt und viele Paläste umgestürzt. In Kärnten fanden mehr als tausend Personen ihren Tod.“¹⁾

Es ist dieses dasselbe Erdbeben, welches den verhängnissvollen Bergsturz auf der steilen südlichen Seite des Dobratsch oder der Villacher Alp veranlasste. „Dieser Bergsturz gehört, so unbekannt er ist, zu den fürchterlichsten Erscheinungen dieser Art und der grosse Bergsturz am Rossberge erscheint unbedeutend gegen diesen. Zwei

¹⁾ Aus G. v. Rath: Das Erdbeben von Belluno, am 29. Juni 1873. — Neues Jahrb. f. Mineralogie 1873.

Märkte und siebzehn Dörfer wurden begraben, das Gailthal in einem See gedämmt und nur mit Mühe konnte sich der Fluss eine Bahn durch die Trümmer brechen, noch jetzt sumpft das Thal aus dieser Ursache. Noch oft stösst man auf Häuser und in ihnen auf Gerippe.“¹⁾

Wir dürfen wohl als Stosslinie dieses Erdbebens von 1348 eine von Venedig nach Villach gezogene Gerade betrachten. Die Erscheinungen, die von beiden Orten gemeldet werden, erlauben wohl nur den Schluss, dass Villach und Venedig beide dieser Linie sehr nahe liegen. Diese Linie würde dann das hauptsächlichste Zerstörungsgebiet in der Gegend von Udine zwischen diesem Punkte selbst und S. Daniele durchschneiden, und es scheint auch bemerkenswerth, dass sie die Höhe der Südalpen in jener Gegend verquert, welche so oft das Schauspiel kleiner seismischen Erscheinungen war. Die Stosslinie Venedig-Villach schneidet auch den See von Raibl. Von Raibl selbst, dann von dem nahegelegenen Flitsch sowie von Tarvis sind nun zahlreiche kleine Erdbeben bekannt, welche mit dafür sprechen, in der Linie Venedig-Villach eine grosse Radialstosslinie zu sehen, die in wiederholten Malen, am fürchterlichsten aber im Jahre 1348 der Ausgangspunkt von Erschütterungen war. Ganz Aehnliches gilt für Villach. Dass der Stoss im Jahre 1348, welcher eine gewaltige Schichtauslösung am Dobratsch bewerkstelligte, in Villach auf der Radiallinie selbst mit grosser Gewalt sich bemerkbar machte, findet seine weitere Erläuterung in den zahlreichen Erdbeben, die seither in der Umgebung von Villach aufgetreten sind. — Wir können die Stosslinie von 1348 auch wohl über Villach hinaus in derselben Richtung verlängern, und kommen dann zunächst zum Ossiacher See, an dessen Ufern gleichfalls nicht selten seismische Erscheinungen stattfanden. (Erdbeben v. 1857.) — Weiterhin scheint sich unsere Stosslinie nach NO. mit der Mürzlinie zu verbinden, welche so oft Schauplatz bedeutender Erdschütterungen war. — Suess hat bereits die hinsichtlich der Mürzlinie geltenden Verhältnisse so eingehend erörtert, dass ich als Beleg der weiteren Ausführungen nur auf die Angaben in der Suess'schen Arbeit über die Erdbeben Niederösterreichs zu verweisen brauche. Suess hat daselbst bereits die grosse Wahrscheinlichkeit des Zusammenhanges der seismischen Erscheinungen von Villach und der Mürzlinie sowie der Linien der Thermen bei Wien ausgesprochen:

„Die grossen Stösse von Villach oder Leoben pflanzen sich über den Semmering und Schottwien, und weiter, wie es scheint, längs der Thermenlinie fort, sie langen oft mit merkbarer Stärke in Wien an²⁾. Wir werden sogleich diesen eigenthümlichen Zusammenhang etwas näher erörtern, und dann auch sehen, wie die Mürzlinie nach den Zusammenstellungen Suess auch mit dem Schütterterrain von Lietzen-Admont, sowie mit der Kamplinie zusammenhängt, welche letztere vom Neustädter Steinfeld bei Brunn am Gebirge ausgeht und in nord-nordwestlicher Richtung über Neulengbach und am nördlichen Donauufer in-der Richtung des Kampfflusses verläuft, weit hinauf ins böh-

¹⁾ Schaubach: Die deutschen Alpen. V. S. 70 (citirt a. G. v. Rath).

²⁾ E. Suess: Die Erdbeben Niederösterreichs. Denkschriften d. k. Akademie d. Wissensch. 33. Bd. 1873.

mische Massiv zu verfolgen ist — ja mit sächsischen Erdbeben im Zusammenhang zu stehen scheint.

Zuvor noch einige Worte über die Natur der Stosslinie von 1348: Venedig-Villach. Sie ist in ausgezeichnete Weise eine Radiallinie, wie sie etwa noch durch die Linien: Triest-Adelsberg-Littay-Tüffer-Cilly — oder Collalto-St. Croce, Capo di Ponte-Perrarolo angedeutet werden. Ich kann es nicht unternehmen zu untersuchen, in wie weit in den beiden anderen Fällen die Stosslinien sich als Querbruchlinien herausstellen, dass dies bei dem Erdbeben von Belluno in ausgezeichnete Weise der Fall war, haben wir im ersten Abschnitt dieser Studien gesehen.

Wenn wir nun von Ossiach über Friesach in Kärnten uns eine Verbindung der Villacher mit der Mürzlinie bei Judenburg (Erdbeben im Mai und Juni 1812, 8. Juni 1813, 3. Mai 1843, 19. Juni 1857) und Knittelfeld (Stösse am 26. und 27. October 1864) hergestellt denken, und wir werden gleich sehen, dass die seismischen Erscheinungen diese Verbindung als nothwendig voraussetzen lassen, so erhalten wir einen sehr eigenthümlichen Zusammenhang einer Querbruchlinie mit einem ausgesprochenen Längsbruch. Denn als einen solchen dürfen wir wohl das Murthal aus der Gegend von Judenburg bis Bruck und seine Fortsetzung von Bruck bis Mürzzuschlag im Mürzthal bezeichnen. Ein Bruch, der vollständig im Streichen des Gebirges liegt, und parallel verläuft dem Südostrande des böhmischen Massivs, wie ja diese Streichungsrichtung die östlichen Ausläufer der Ostalpen ganz allgemein an jener Stelle beherrscht, an welcher sie von dem West-Oestlichen alpinen in das Südwest-Nordöstliche der Karpathen übergehen. — Wir sehen sonach, dass zweierlei Brüche in einem seismischen Gebiet verbunden sein können, — es stellt übrigens die Mürzlinie nicht genau die Verlängerung der Radiallinie: Venedig-Villach dar, sondern beide Linien bilden einen, wenn auch sehr stumpfen Winkel. — Dass aber die seismischen Erscheinungen, welche auf beiden Linien beobachtet werden können, unverkennbaren Zusammenhang zeigen, mag aus folgenden Fällen erkannt werden, die ich hier nach der Suess'schen Zusammenstellung anführe.

1. Erdbeben vom 4. December 1690. „Eine grosse Erschütterung verwüstete Villach und seine Umgebung, pflanzte sich nach der Mürzlinie fort und beschädigte den Stephansturm in Wien. Gleichzeitig trat ein zweites Maximum, wenn auch nicht mit so verheerender Gewalt, in grosser Entfernung bei Meissen in Sachsen hervor. Vereinigt man jene Orte dieser Gegend, in welchen die Glocken zum Anschlag gebracht wurden, durch Linien, so ergibt sich ein Dreieck, dessen Ecken Dresden, Wittenberg und Naumburg sind, dessen Spitze gegen Südost gerichtet ist, und in welchem Meissen excentrisch und näher der Spitze liegt. Insoweit nun diese Angaben vollständig sind, scheint der Stoss sich daher von Meissen hauptsächlich gegen Nordwest ausgebreitet zu haben.

Wenn man nun bedenkt, dass am 15. September 1590 bei der grossen Erschütterung an der Kamplinie die Bewegung in der geraden Richtung dieser Linie über Prag hin so weit reichte, dass noch in Leitmeritz die grosse Thurmglöcke bewegt wurde, so entsteht die

Frage, ob nicht etwa wirklich die Stösse der Kamplinie als bis nach Sachsen reichend anzusehen sind. — Zugleich traf zwischen diesen Punkten, Villach und Meissen, welche gleichsam die Endpunkte der verlängerten Mürz- und Kamplinie andeuten würden, im schwäbischen Jaxtkreise eine Erschütterung auf Schloss Rechberg ein.“

Jedenfalls entnehmen wir dieser Ausführung Suess, dass ein enger Zusammenhang des Stossgebietes von Villach mit der Mürzlinie stattfindet. Der Stoss vom 4. December 1690 pflanzte sich auf der Mürzlinie nach Neustadt, und von hier auf der Thermalspalte nach Wien fort, wo er den Stephansturm beschädigte. Die Stösse der Mürzlinie scheinen in directem Zusammenhang mit jener der Thermallinie zu stehen; — diese Stösse sind es, die in Wien bisweilen sussultorisch auftreten und Zerstörungen hervorbringen.

Der unzweifelhafte Zusammenhang des Stossgebietes von Villach und der Mürzlinie, welcher sich in der Erscheinung vom 4. December 1690 ausspricht, hat möglicherweise auch bei dem grossen Erdbeben vom Jahre 1348 eine Rolle gespielt. Suess stellt im 1. Abschnitt seiner Arbeit über die Erdbeben Niederösterreichs, welcher betitelt ist: Verzeichniss von Erdbeben in Nieder-Oesterreich und einigen zunächst angrenzenden Landestheilen, folgende Daten für die grosse Erschütterung des Jahres 1348 zusammen:

„1348. 25. Jänner, um die Vesperzeit. In conversione S. Pauli factus est terrae motus ita magnus quem quis hominum meminerit. Nam in Karinthia, Stiria, Carniolia usque ad mare plusquam XL firmissima castra et civitates subvertit, et mirum in modum mons magnus super montem cecidit et aquam quamdam fluentem obstruxit quae etiam post se villas plures subvestit et subversit (Chron. Zvetl. ap. Rauch, Script. II. 5. 324). Es ist dies das grosse Erdbeben von Villach, bei welchem ein Theil des Dobracz in das Gailthal herabstürzte. — Der Sage nach soll das alte Babenberg'sche Schloss in Neustadt versunken sein, man hat diese Ueberlieferung mit dem Erdbeben von Villach von 1348 oder mit jenem von Basel von 1356 in Verbindung gebracht (Boeheim, Chron. v. Wiener-Neustadt, II, S. 117).“

2. Eine weitere sehr auffallende Erscheinung an der Stosslinie von 1348 und der Mürzlinie ist ihr eigenthümlicher Zusammenhang mit Erderschütterungen in der Gegend von Admont und Lietzen. Ich reproducire hier die betreffenden Stellen aus Suess, Erdbeben von Niederösterreich:

„Als am 6. Februar 1794 Leoben von einem starken Erdbeben heimgesucht wurde, schien sich die Erschütterung nach zwei Linien fortzupflanzen, nämlich auf der Mürzlinie gegen Nordost über Mürzhofen und Kindberg und auf einer zweiten gegen Nordwest gerichteten Linie über Mautern und Kalwang, welche zu der später zu erwähnenden Schütterregion der Umgebung von Admont führt.

Man findet in den vortrefflichen Katalogen des Herrn Perrey für 1857 eine Reihe von Angaben, welche eine merkwürdige Uebereinstimmung von Stössen in Rosegg bei Villach mit solchen aus der Umgebung von Admont zeigen, und mehrere grösstentheils von den Herren Boué und J. Schmidt herrühren. Sie beginnen zu Weih-

nachten 1857. Ich weiss nicht, ob die Zeiten reducirt sind, auch widersprechen sich hieüber die Angaben, und begnüge mich daher mit der Wiederholung folgender Beispiele von Tagen:

Kärnten.	Nörtl. Steiermark und Oberösterreich.
24. December zu Rosegg.	Wiederholte Stösse zu Spital, Windischgarsten, Lietzen u. Admont.
25. December Morgens wiederholte Stösse zu Rosegg, St. Veit bis Klagenfurt, Tigring, Ossiach.	Morgens zu Lietzen und Windischgarsten. Abends zu Windischgarsten.
26. December.	Morgens ebendasselbst.
28. December, Nacht zum 29., in Rosegg.	
29. December in Rosegg.	

Die Berichte der k. k. meteorologischen Central-Anstalt erwähnen ausdrücklich, dass die Stösse vom 24. wohl in Spital, Windischgarsten, Lietzen und Rottenmann verspürt wurden, aber weder in Aussee noch in Leoben.

Es scheint nun sehr bemerkenswerth, dass von der Mürzlinie in der Gegend von Leoben sich die Erdbeben-Erscheinungen auf zwei Linien nach NW fortpflanzen. Die eine dieser Linien wird angedeutet durch die obenerwähnte Erschütterung vom 6. Februar 1794, welche nicht blos auf der Mürzlinie, sondern auch auf einer Linie über Mautern und Kalwang sich äusserte. Eine weitere Schütterlinie scheint, wie die Erschütterung vom 19. Juni 1863 lehrt, von der Mürzlinie bei Leoben gegen Trafayach, Eisenerz und Hieflau zu verlaufen. — Namentlich die ersterwähnte Linie Kalwang-Mautern ist bemerkenswerth, weil sie sich in die oft erschütterten Gebiete von Alt-Aussee und Ischl fortzusetzen scheint. — Ursache dieser Schütterlinien dürften wohl Brüche sein, welche parallel dem SW-Rande des böhmischen Massivs streichen.

Suess hat in seinem im Laufe dieser Erörterungen zu wiederholten Malen citirten Werke über die Entstehung der Alpen am Ende des ersten Abschnittes jene Erscheinungen aufgezählt, welche als Stauungen der horizontal bewegten Kettengebirge an den älteren Massivs aufzufassen sind. Indem Suess die Ansichten des Herrn Jourdy über den Jura von Dôle würdigt, bemerkt er, dass ähnliche Vorkommen seit lange in den Ostalpen bekannt seien. Ebenso wie im Grossen die Abhängigkeit des Verlaufes des nördlichen Saumes der Alpen, des Jura-Gebirges und der Karpathen von der Lage der westlich und nördlich vorliegenden Gebirge leicht erkennbar sei, äussert sich diese Abhängigkeit auch im innern Baue der Kette — eine Thatsache, die in Oesterreich seit lange gelehrt wurde und mit den Jahren mehr und mehr Anhänger gefunden habe.

Die Stauungen, welche die Südspitze des böhmischen Massivs in der Entwicklung des alpinen Kettengebirges bewirkt hat, schildert Suess folgendermassen:

„Die Alpen folgen in ihren nördlichen Hauptlinien der inneren Curve des Jura. In Vorarlberg und Baiern, wo keine älteren Gebirgs-

massen ihnen gegen Nord entgegenstehen, ist die Anordnung der Falten in den äusseren Zonen eine sehr regelmässige, in der Masse aber, in welchem die Alpen sich dem Böhmerwalde nähern, geht diese Regelmässigkeit verloren.

Der Verlauf des äusseren Randes des Gebirges wird allerdings noch lange nicht verändert und die Flyschzone streicht von W gegen O am Südfusse der böhmischen Masse anfangs unbeeinträchtigt weiter, aber weiterhin treten in den Kalkalpen Brüche auf, deren Richtung in unverkennbarer Uebereinstimmung mit dem Verlaufe des Umrisses der böhmischen Gebirgsmasse ist. Die Linien, auf welchen die tiefsten Glieder der Kalkzone hervortreten, wenden sich mehr und mehr gegen SO, gegen die Umgegend von Lietzen im Ennsthale und Windischgarsten, und von hier an nehmen sie den entgegengesetzten nordöstlichen Verlauf, welcher sich mehr und mehr dem Streichen der Karpathen nähert. Insbesondere ist es die grosse Bruchlinie, welche durch die Punkte Gmunden, Windischgarsten, Mödling bezeichnet wird, deren Parallelismus mit dem Südrande der böhmischen Masse von den besten Kennern unserer Alpen anerkannt wird.“

Es erscheint nun der Parallelismus der Bruchlinien Gmunden-Windischgarsten-Mödling und Alt-Aussee-Leoben-Mürzzuschlag um so auffallender, als diese Richtungen annähernd auch mit dem SW- und NO-Rande des böhmischen Massivs übereinstimmen. Sind diese Bruchlinien wirklich als Stauungsbrüche aufzufassen? — Ich kann es nicht unternehmen, die Frage hier zu erörtern, da sich heute wohl kaum eine endgültige Beantwortung geben lässt — ebenso wenig wie für die Frage nach der Art des Zusammenhanges der Villacher Stosslinie und der seismischen Erscheinungen, die sich in den Nordalpen auf jenen Brüchen beobachten lassen, die anscheinend parallel dem Rande des böhmischen Massivs verlaufen.

Jedenfalls sehen wir, dass die Stosslinie des Erdbebens von 1348, die Linie Venedig-Villach, welche die Rolle einer Radiallinie für den concaven Innenrand des Alpengebirges spielt, weiter hin mit seismischen Linien in Zusammenhang tritt, welche ganz andere tektonische Bedeutung haben. Die Linie Judenburg-Leoben-Mürzzuschlag kann geradezu als Fortsetzung der Villacher Linie betrachtet werden, wenigstens stösst sie unter einem sehr stumpfen Winkel an diese. Die Mur-Mürz-Linie folgt einem Längsbruche. Von Neustadt nach Wien pflanzen sich die von Villach kommenden Stösse auf der Thermallinie fort, die offenbar mit einem Querbruche in Zusammenhang steht. Die Kamplinie, welche (wenigstens in einem Falle) einen Zusammenhang in der gleichzeitigen Erschütterung von Meissen und Villach vermuthen lässt, — ist uns heute noch unklar, — diese Linie verläuft von Brunn am Steinfeld bei Wiener Neustadt quer durch die nördlichen Nebenzonen der Alpen, kreuzt die Donauebene und hierauf das böhmische Massiv, so dass wir wohl zugeben müssen, dass sie in keiner Weise mit dem an der Oberfläche sichtbaren geologischen Bau zusammenhänge. Fraglich erscheint ferner die Natur der von der Mürzlinie nach WNW abzweigenden Brüche, die parallel dem Südwestrande des böhmischen Massivs verlaufen und vielleicht als Stauungs-Erscheinungen aufzufassen sind. Mit so heterogenen Linien scheint unsere

Villacher Spalte in Zusammenhang zu stehen — wir müssen da wohl zugeben, dass es späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben muss, die Art und Weise desselben aufzuklären.

Ich muss jedoch noch auf die auffallende Aehnlichkeit hinweisen, welche die Verknüpfung anderer Erdbebenspalten mit der Radiallinie von Villach einerseits, und die Fortpflanzung des Erdbebens von Belluno in Oberösterreich andererseits zeigen.

Wir haben bei der Besprechung der seismischen Erscheinungen von Belluno 1873 gesehen, dass die Stosslinie Capo di Ponte-Perrarolo in ihrer Verlängerung Zell am See trifft, wo Bittner ein zweites secundäres Schüttergebiet anzunehmen geneigt wäre, und weiterhin Salzburg, einen Ort, der nicht selten zugleich mit Punkten in Italien von Erdbeben betroffen wird. Wir haben aber dann eine merkwürdige Ablenkung des Stosses gegen NO. Mit dieser Richtung stimmen die Erscheinungen in Linz und Summerau bei Freystadt überein. Besonders heftig war die Erscheinung in Wels, und Höfer spricht die Meinung aus, dass zufolge des (geringen) Zeit-Unterschiedes wahrscheinlich für Oberösterreich ein selbstständiges Beben angenommen werden müsse, dessen Centrum in der Nähe von Wels zu vermuthen sei.

Ich habe oben erörtert, wie unzuverlässig die Zeitangaben, die uns hinsichtlich der Erdbeben zu Gebote stehen, sind, sobald es sich um geringe Zeitdifferenzen handelt, auf diese kann daher hier wohl kein Werth gelegt werden. Wohl aber scheint es bemerkenswerth, dass auf der Linie Wels-Linz-Freystadt und ihrer Fortsetzung nicht selten selbstständige Erderschütterungen eingetreten sind. Ich erinnere diesbezüglich an die Erdbeben von Gallneukirchen und Steieregg, nord-östlich von Linz, und an die Erschütterungen des Eulenberges bei Litschau in Niederösterreich, welche alle auf dieser Linie liegen, die am 29. Juni 1873 durch die Erschütterung von Belluno bis Summerau in Bewegung kam.

Alles dies zeigt nur den Zusammenhang verschiedener Stosslinien, welche durch Bewegungen, die auf der einen stattfinden, ebenfalls beunruhigt werden können; eine Thatsache, die gar nichts Auffallendes hat, wenn wir annehmen, dass ein Theil der Oberfläche unseres Planeten — eine von Bruchrändern umgrenzte Scholle eine Bewegung erleidet. Dieselbe theilt sich dann den anstossenden Schollen mit und uns wird der Vorgang nur durch Erschütterungen, die in der Nähe der Bruchränder natürlich am stärksten sind, fühlbar.

Schlussbemerkungen.

Ich habe beabsichtigt, durch die vorliegenden Erdbebenstudien den Zusammenhang der meisten seismischen Erscheinungen und der Gebirgsbildung an einzelnen Beispielen zu erörtern. Da wir heute noch nicht im Stande sind, die Frage nach der Ursache der Gebirgsbildung sicher zu beantworten, können wir unmöglich die Art und Weise des Zusammenhangs der Erdbeben und der Gebirgsbildung in ihren Details klar erkennen und feststellen.

Vor Allem müssen wir bei der Frage nach der Ursache der Erdbeben jene Unterschiede machen, die bereits Eingangs erwähnt wurden. Die wenigen Einsturz-Erdbeben und die localen vulkanischen Erdbeben haben mit den häufigeren und verbreiteteren „tektonischen Erdbeben“ nichts zu schaffen. Wir können daher wohl folgende Sätze als das Resultat unserer Betrachtungen aufstellen.

I. Erderschütterungen werden durch verschiedene Ursachen erzeugt, sowohl (obgleich selten) durch Einsturz unterirdischer Höhlen, als auch (obschon nur local) durch vulkanische Kraft. Die häufigsten und grossartigsten Erdbeben aber sind unmittelbare Folgewirkung der Gebirgsbildung.

II. An der Innenseite grosser Kettengebirge ereignen sich Erderschütterungen auf peripherischen Bruchlinien, die durch das Wandern der Stosspunkte verrathen werden. Diese Erschütterungen scheinen durch das Absitzen der inneren Zonen auf wahren Verwerfungsspalten hervorgerufen zu werden.

III. Neben den peripherischen Schütterzonen am Innenrande der Kettengebirge existiren mit Querbrüchen zusammenfallende Radiallinien, die häufig von starken Erdbeben betroffen werden. Mit grosser Wahrscheinlichkeit können diese Radiallinien theils als Quer-Abgrenzungen jeweilig in Senkung begriffener Schollen, theils als Scheidelinien zweier in horizontaler Verschiebung begriffener Gebiete betrachtet werden.

IV. Zwischen peripherischen und Radiallinien lässt sich keine scharfe Grenze ziehen, weil die Begrenzung der Depressionsgebiete eine sehr unregelmässige ist, auch fallen die Fortsetzungen von Querbrüchen nicht selten mit Längsbrüchen zusammen und umgekehrt.

V. Der Zusammenhang von seismischen Linien verschiedener tektonischer Bedeutung findet die einfachste Erklärung durch die Annahme, dass eine bewegte Scholle der Erdrinde ihre Bewegung anderen mittheilt, und dieselbe sich durch Erschütterung auf den Bruchrändern kundgibt.
