

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

Von Prof. **H. Höfer** in Klagenfurt.

(Mit 1 Karte.)

Vorgelegt in der Sitzung am 7. December 1876.)

Über das Erdbeben von Belluno vom 29. Juni 1873 liegen grössere und kleinere Abhandlungen von Pirona-Taramelli<sup>1</sup>, Bittner<sup>2</sup>, Dr. Dom. Lovisato<sup>3</sup>, G. v. Rath<sup>4</sup> und Falb<sup>5</sup> vor. Vorwiegend dieses von den genannten Beobachtern gesammelte Materiale im Vereine mit einigen Ergänzungen — theils nach eigenen Aufschreibungen, theils nach brieflichen Mittheilungen — bildet die Basis dieser vorliegenden Studie, welche nicht so sehr alle Elemente dieses Bebens, sondern vorzüglich nur einige bisher nicht gezogene Schlussfolgerungen entwickeln soll.

### Epicentrum.

Die möglichst genaue Ermittlung der Lage des Oberflächenmittelpunktes (Epicentrum) ist ebenso schwierig, als für weitere seismologische Untersuchungen wichtig.

Die hiefür bisher angewendeten Methoden leiden theils an Unsicherheit, theils an Schwierigkeiten anderer Art, welche nur

<sup>1</sup> Sul Terremoto del Bellunese del 29. Giugno 1873. Relazione de Prof. Pirona e Taramelli.

<sup>2</sup> Sitzungsab. d. k. Akademie d. Wiss. in Wien, LXIX. Bd., 4. Heft Jahrg. 1874, p. 541.

<sup>3</sup> Briefliche Mittheilung in Dr. Heis' Wochenschr. f. Astron., Meteor. u. Geogr. 1874, p. 17.

<sup>4</sup> Briefliche Mittheilung im Neuen Jahrb. f. Min., Geol. u. Paläont. 1873, p. 70.

<sup>5</sup> Gedanken und Studien über den Vulcanismus, mit besonderer Beziehung auf das Erdbeben von Belluno etc. von R. Falb.

durch eingehende kritische Sichtung des Beobachtungsmaterials einigermassen behoben werden können.

Aus den Angaben über die Stossrichtung ergibt sich das Epicentrum 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 nur all zu häufig ganz bedeutend differiren. — Von Belluno, jenem Orte, welchem sich alle Beobachter eingehend widmeten, liegen uns vier Angaben über die Richtung des Hauptstosses, n. zw. von NO. O, SO und SSO vor. — Doch derartige Differenzen sind nicht blos im Gebiete stärkster Erschütterung, sondern auch in vom Epicentrum fernegelegenen Beobachtungspunkten.

So lange wir nicht entsprechende Seismometer, und zwar möglichst verbreitet, functioniren haben, so lange werden uns die angegebenen Stossrichtungen für wissenschaftliche Zwecke nutzlos bleiben.

Eben so schwierig ist es nach dem Vorgange Mallet's aus der räumlichen Lage von Mauerspalten das Epicentrum, respective Centrum des Stoffes zu ermitteln. Gewöhnlich sind die hierzu tauglichen Beobachtungen in einen Wust von unbrauchbaren gehüllt; die Sichtung verlangt eine vollständig unbefangene Kritik.

Für dieses Hilfsmittel zur Bestimmung der Lage des Oberflächenmittelpunktes fehlen uns im vorliegenden Falle in der Literatur die genügenden Angaben.

Eine in neuerer Zeit von Seebach vorgeschlagene Methode ist überaus einfach; er verbindet drei Punkte gleicher Stosszeiten 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 größten 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. Und doch kann dieser Vorgang Seebach's benützt werden, sobald man sich bemüht, richtige, der Wirklichkeit entsprechende Homoseisten (Curven gleicher Zeit) 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.

Nachdem in Belluno und dessen Umgebung<sup>1</sup> die grössten Zerstörungen an Gebäuden u. s. f. auftraten, nachdem daselbst am längsten und am häufigsten die Erderschütterungen und die Schallphänomene vernommen wurden, so werden wir naturgemäss gezwungen, dort den Oberflächenmittelpunkt zu suchen.

Verzeichnen wir uns nach den Angaben der Eingangs genannten Autoren den pleistoseisten Gürtel (Zone grösster Erschütterung).

Die Orte ärgster Zerstörung sind: Farra, Puos, Codenzano, Borsoi, Arsié, Belluno und die Alpenhütten am Südbahange unter der Spitze des Berges Faverghera. Diesen folgen: Socher, Capo di Ponte (auch Ponti delle Alpi genannt), der Monte Dolado, Visomo und St. Croce. Die übrigen Ortschaften zwischen Farra südseits und Socher nordseits sind alle mehr oder weniger stark erschüttert worden.

Das von dieser Zone der ärgsten Zerstörung südlich gelegene Gebiet von Vittoria (Serravalle und Ceneda) mit den Ortschaften Cima-Nove, Frecona, Sarnede, Capella, St. Pietro, St. Maria, Conegliano zeugt von mehr oder minder heftigen Erschütterungen, doch die Wirkungen sind unvergleichbar kleiner als jene in der Umgebung von Belluno—Farra, so dass wir zu dieser als den wahrscheinlicheren Sitz des Epicentrums zurückkehren.

Eine Eigentümlichkeit, die bei den meisten Erdbeben auffällt, ist die, dass inmitten der Zone starker Zerstörung sowohl,

<sup>1</sup> Zur besseren Orientirung verweisen wir auf das beigelegte Detailkärtchen (links oben Taf. I) vom pleistoseisten Gebiete, welches nach Schuchardt's Generalkarte (1:200,000) angefertigt wurde.

als auch hievon entfernter, Punkte zu finden sind, welche von den Wirkungen einer Erderschütterung verschont blieben; sie führen bekanntlich den Namen Erdbebenbrücken.

Ganz eigenthümlich ist es, dass wir in dem vorliegenden Falle ein ausgedehntes Gebiet inmitten der Zone der grössten Verwüstung bar an jedweder nennenswerthen Zerstörung finden. Alle Berichterstatter heben diese Thatsachen hervor, und nennen die Orte: Sossai, Quantin, la Secca, Bastia, Vich, Cugnan, Roncon, Lastreghe und Cadola, welche am Gehänge des flachen, Col di Pera genannten und aus Nummulithenkalk 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 petrografischen Charakter des Untergrundes steht.

Östlich von Col di Pera, und zwar in Nordosten von Farra, liegt Corni, ein Dorf, welches ebenfalls vollständig unversehrt blieb; doch ist hier nur der vereinzelte Fall, indem ringsherum alle Orte mehr oder weniger stark gelitten haben.

Zwischen diesen beiden Gebieten der Ruhe liegen Farra und Puos, welche der ärgsten Zerstörung anheim fielen und von welcher ersterem Fall, von letzterem G. v. Rath die interessantesten Beobachtungen über Wirkungen, die man den sogenannten rotatorischen Erdbewegungen zuschreibt, verzeichneten.

Bringt man alle diese Beobachtungen auf eine Karte, so ergibt sich unwillkürlich für den pleistocänen Gürtel die Form eines Ringes, welcher in der Mitte den Col di Pera einschliesst, und welcher ostwärts, entsprechend Corni, ausgebaucht ist.

Diese Eigenthümlichkeit ist vielleicht in keinem Erdbeben so eminent aufgetreten, als hier; die Erklärung hat uns Mallet und v. Seebach gegeben, indem sie nachwiesen, dass die horizontale Componente der Stosskraft, welche die grösste verheerende Wirkung ausübt, ihr Maximum nicht im Epicentrum, sondern in einem Kreise um dieses erreicht.

Wir werden also den Oberflächennittelpunkt als das Centrum eines Kreises annehmen, welcher durch die ärgst verwüsteten Orte Farra, Puos, Arsié und Belluno gegeben ist; es ergibt sich hiernach als Epicentrum ein Punkt, welcher  $\frac{3}{4}$  Kilometer nordwestlich von Quantin und nach Scheda's

Karte (1:300.000) 46° 7'4" nördlicher Breite und 9° 57'4" östlich von Paris gelegen ist.

Hiemit stimmen auch die meisten der bekannten Stossrichtungen aus dem pleistoseisten Gürtel überein, so z. B. gibt Bittner und Falb eine O-W-Bewegung für Belluno zu, in Arsié verzeichnet Bittner SW—NO, in Codenzano NO—SW, in Puos v. Rath O—W, in Farra Bittner SO—NW, in Valdenogher Bittner WNW—OSO.

Dass Corni ein secundäres Centrum sei, würde Mehreres beweisen; so z. B. erklärt sich hieraus ungezwungen das Aufleuchten der Intensität in den nachbarlichen Borsoi und Condenzano, ebenso die unleugbare Thatsache, dass Farra und Puos die stärkste Verwüstung und später die häufigsten Erzitierungen erlitten, sowie axiale Verdrehungen an Gedenksäulen etc. aufzuweisen haben.

Nachdem der Oberflächenmittelpunkt das vertical an die Erdoberfläche projectirte Centrum ist, so werden viele der später folgenden Bemerkungen über dieses auch mehr oder weniger für jenen Geltung haben; es sei hiemit auf das Spätere verwiesen.

Vergleichen wir die hier gefundenen Resultate mit jenen der vorangegangenen Autoren.

G. v. Rath enthält sich jeder Bestimmung des Epicentrums und bestätigt bloss:

„Im District Alpago<sup>1</sup> offenbarte das Erdbeben seine höchste Intensität“. Dasselbe sagt Dr. Lovisato: „dieses Beben, welches seinen Centralpunkt in Alpago hatte . . .“.

Falb und Bittner waren bemüht, die Lage des Epicentrums zu ermitteln, beide verlegen dasselbe in die nächste Nähe des See's von St. Croce, glauben jedoch mit Rücksicht auf die Punkte der grössten Intensität dasselbe mehr gegen Osten als gegen Westen rücken zu sollen, was, wie vorhergehend erläutert, durchaus nicht als genügender Grund gelten darf.

Falb sagt in seinem Werke: Grundzüge und Gedanken etc. Seite 35: „Für unseren Fall geht aus meinen Untersuchungen

<sup>1</sup> Alpago ist der Verband aller Gemeinden, welche nördlich und nordöstlich vom See St. Croce liegen.

mit Sicherheit hervor, dass dieses Centrum in der nächsten Umgebung des See's von St. Croce gelegen sei,“ wogegen unsere Bestimmung durchaus nicht verstosst. — Ferner, Seite 258: „dass die Umgebung von Farra sich schon durch Knallputsche, welche nirgends so zahlreich und deutlich gehört wurden wie hier, als Erdbebenzentrum (Oberflächennittelpunkt) verräth“.

Nachdem wir jedoch über die das Erdbeben begleitenden Schallphänomene noch gar nicht unterrichtet sind, will es uns scheinen, dass dieser Beweisgrund hier nicht stichhältig ist.

Bittner verlegt den Focus der Wirkung, womit er das Epicentrum gemeint haben dürfte, „unweit des See's von St. Croce“ (Seite 600) und spricht sich im Weiterem (Seite 631) eingehender wie folgt aus: „So ist denn wohl allerdings als Hauptstosspunkt die Gegend im Osten von Lago di St. 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 St. Pietro di Felletto die Annahme vorzieht, hier unmittelbar auf der Spalte selbst hätte sich die Kraft in selbstständiger Weise geäußert. Aber so bleibt noch Belluno mit seinem Nordost-Stosse<sup>1</sup> und erscheint es nur, 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.“

Bittner findet seine erst angeführte Annahme, welche den Focus in der Nähe des See's St. Croce verlegt, fast ausschliesslich nur aus den Stossrichtungen; — ebenso ist dies für Falb entscheidend gewesen.

Es ist überflüssig, nochmals von den Schwierigkeiten, hiermit genaue Resultate zu erreichen, zu sprechen.

Es sei jedoch wiederholt darauf hingewiesen, dass die Angaben über die Fortpflanzungsrichtungen, wie dieselben alle genannten Autoren für das pleistoseiste Gebiet angeben, entschieden mehr für Quantin als für Farra sprechen.

---

<sup>1</sup> Falb und Taramelli geben hierfür SSO. an; Falb schwankt in Quadranten von SSO. bis O.

Wir wollen dermalen mit Bittner diese Erschütterungen von Ceneda ausser Betrachtung lassen, indem sich dieselben aus den späteren Auseinandersetzungen von selbst erklären, ebenso wollen wir weiter unten auf die von ihm und G. von Rath angegebene Nordostrichtung in Belluno zurückkommen.

Wir müssen hier ferner ausdrücklich hervorheben, dass keine der bekannt gewordenen Thatsachen unserer Annahme von der Lage des Epicentrums in nächster Nähe von Quantin widerspricht.

### Homoseisten.

Ans dem Gebiete der stärksten Erschütterung liegen uns, ausgenommen Belluno, keine Zeitangaben vor; würden wir über solche, u. z. richtige, verfügen, so müsste das Epicentrum die früheste Stosszeit aufweisen.

Der Hauptstoss wurde in Belluno gefühlt  
nach Falb: 4<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>,

„ Lovisato: 4<sup>h</sup> 55<sup>m</sup>

„ Bittner: circa 5<sup>h</sup>,

„ v. Rath: einige Minuten vor oder nach 5<sup>h</sup> früh.

Es ist klar, dass diese Zeitbestimmungen, als zu differirend, keine weitere Verwendung finden können, insbesondere ist die starke Abweichung in Falb's Angabe auffallend.

Es fehlen uns aber alle Behelfe zur Construction der inneren Homoseisten; wir werden es versuchen, eine der äusseren einzuzeichnen.

Zu diesem Behufe lassen wir nachstehend alle jene Orte folgen, von welchen uns befriedigende Zeitangaben vorliegen; dieselben wurden entweder der Arbeit Bittner's oder Falb's entnommen, was durch (B.) oder (F.) im Texte ersichtlich gemacht werden wird.

Überdies haben wir vielorts Kritik an die Zeitangaben angelegt und sprechen unseren Dank allen jenen Beobachtern aus, welche die Güte hatten, die brieflichen Anfragen über den Werth der localen Zeitbestimmung zu beantworten.

### Italien.

Venedig. Um 5<sup>h</sup> heftige Stösse, Pendeluhrn blieben stehen. „(B.)“ Trotzdem der Totaleindruck des Berichtes, wie ihn Bittner veröffentlichte, eines geübteren Beobachter vermuthen lässt, so können wir auf vorstehende Angabe aus welcher nicht entnommen werden kann, in welcher Zeit dieselbe zu verstehen ist, kein besonderes Gewicht legen.

Padua. Um 4<sup>h</sup> 58<sup>m</sup> ein starkes Erdbeben; im Observatorium blieben 5 Pendeluhrn stehen. „(B.)“ Diese Angabe, welche selbstredend Ortszeit ist, verdient das grösste Vertrauen und ist für uns desshalb von ganz besonderem Werthe.

Verona. Um 5<sup>h</sup> zwei Erderschütterungen. „(B.)“

### Tirol und Vorarlberg.

Riva. Um 5<sup>h</sup> 2<sup>m</sup> ziemlich starker Erdstoss. „(B.)“ Alle jene Stosszeiten, welche nahe an 5<sup>h</sup> fallen und doch minutengenaue Zeit angeben, verdienen Beachtung, umso mehr im vorliegenden Falle, wo das nahe gelegene Roveredo eine gute Controle abgibt.

Roveredo. Um 5<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> erfolgte ein starker Stoss. „(B.)“

Einer gütigen Mittheilung des Herrn Prof. von Cobelli zufolge, ist vorstehende Angabe in Eisenbahn- (Mittelmer) Zeit gemeint, und kann nur höchstens 1–2 Minuten gefehlt sein. — Siehe ferner vorstehende Bemerkung.

Trient. Um 4<sup>h</sup> 54<sup>m</sup> die erste Erschütterung. „(B.)“ Ein zweiter Bericht sagt bestätigend: „Einige Minuten vor 5<sup>h</sup>.“ Es bleibt zweifelhaft, auf welchen Meridian diese Zeit zu beziehen ist.

Neumarkt. Um 4<sup>h</sup> 55<sup>m</sup>. „(B.)“ Kann sich mit Rücksicht auf die Angabe von Bozen nur auf Ortszeit beziehen.

Branzoll. Um 4<sup>h</sup> 58<sup>m</sup>. „(B.)“

Bozen. 4<sup>h</sup> 53<sup>m</sup>. „(B.)“ Die übrigen Mittheilungen dieses Berichtes zeigen auf einen wissenschaftlichen Beobachter, weshalb wir dieser Zeitangabe ein grösseres Vertrauen schenken können.

Übrigens erklärte, in Folge einer brieflichen Anfrage, Herr Director Pantke vorstehende Zeitangabe für richtig und als auf mittlere Ortszeit bezogen.

Klausen. Kurz vor 5<sup>h</sup>. „(B.)“

Wie wir später beim Einzeichnen der 5<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> Homoseiste sehen werden, stimmen alle vorstehenden Resultate aus Südtirol recht gut überein.

Vils. Genau 5<sup>h</sup>. „(B.)“ Da der Beobachter mittlerweile starb, war es nicht möglich, festzustellen, auf welchen Meridian diese Zeit zu beziehen sei.

Bregenz. Um 5<sup>h</sup>. „(B.)“ Die Anfragen dorthin blieben leider unbeantwortet.

Innsbruck. Kurz vor 5<sup>h</sup>; um 4<sup>h</sup> 56<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>. „(B.)“

Nach unseren mehrfachen Erkundigungen ist bei letzterer ganz genauer Angabe mittlere Ortszeit <sup>1</sup> gemeint.

Die beiden Notirungen von Innsbruck controliren sich in rohen Zügen unter einander, stimmen überdies noch recht gut mit jener vom nachbarlichen Hall überein.

Hall. Circa 4<sup>h</sup> 55<sup>m</sup> (k. k. Salinenverwaltung daselbst).

Wir werden in der weiter unten folgenden tabellarischen Zusammenstellung Hall nicht weiter berücksichtigen, indem wir von Innsbruck eine sehr genaue Zeitbestimmung besitzen und beide Städte zu nahe neben einander liegen, als dass eine für uns wesentliche Zeitdifferenz voraus gesetzt werden könnte.

Kufstein. Bald nach 5<sup>h</sup>. „(B.)“

Diese ganz beiläufige Angabe kann uns indirecte nur insoferne nützen, als sie eine ganz rohe Controle abgeben kann.

Toblach. Um 4<sup>h</sup> 55<sup>m</sup> (Münchener Zeit) „(F.)“; sehr genaue Beobachtung an der Bahnuhr vom dortigen Stationsbeamten.

Innichen. Etwa 8<sup>m</sup> vor 5<sup>h</sup>, Eisenbahn- (die Münchener) Zeit. „(B.)“ Ist ungenau.

---

<sup>1</sup> Bahnzeit, d. i. jene von München, würde für unsere aus dieser Beobachtung abgeleiteten Schlüsse noch günstiger sein; — Telegrafzeit, d. i. jene von Wien, kann nicht vorausgesetzt werden; — würde man dieselbe jedoch trotzdem anerkennen wollen, so würde hiervon das soeben über Bahnzeit Gesagte gelten.

Lienz. Um 5<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>. „(B. und F.)“ Fall hebt ganz ausdrücklich hervor, dass dies Prager Zeit sei und dass der Beobachtung ein besonderes Gewicht beizulegen ist.

Windisch-Matrey. Um 5<sup>h</sup> 8<sup>m</sup>. „(B.)“

Es ist nicht möglich gewesen zu eruiren, welche Zeit der Beobachter Herr Endlicher meint.

### Kärnten.

Paternion. Um 5<sup>h</sup> 8<sup>m</sup> Prager Zeit. „(F.)“

Die Beobachtung machte der amtierende Bahnbeamte, wir legen ihr einen besonderen Werth bei.

Rosegg. Um 5<sup>h</sup> 8<sup>m</sup>. „(B.)“ Unsere Anfragen blieben unbeantwortet.

Klagenfurt. Wir verdanken dem Umstande, dass eine Uhr am hiesigen Telegrafenamte durch den Stoss um 5<sup>h</sup> 20<sup>m</sup> (Wiener Zeit) stehen blieb, eine ganz genaue Zeitbestimmung, — mit dieser Angabe stimmen auch andere Beobachtungen überein. Herr Prettnner, welcher als Stosszeit 5<sup>h</sup> 21<sup>m</sup> publicirte, hat sich hierbei geirrt; ich habe persönlich am hiesigen Telegrafenamte sofort Erkundigungen eingezogen und hievon den Genannten unterrichtet.

Weitensfeld. Um 5<sup>h</sup> 18<sup>m</sup>. „(B.)“ Hierüber bekamen wir vom Berichterstatter keine aufklärende Auskunft.

### Krain-Küstenland.

Krainburg. Um 5<sup>h</sup> 6<sup>m</sup>. „(B.)“ Einer Mittheilung des Herrn Lehrer Cebin, welchen Herr Bittner als Berichterstatter angibt, entnehmen wir, dass obige Angabe in Prager Zeit gegeben ist.

Laibach. Um 5<sup>h</sup> 7<sup>m</sup>. „(B.)“ Der für die Erforschung Krains höchst verdiente Herr Deschmann hatte die Güte, mir hierüber Folgendes aus seinen meteorologischen Aufzeichnungen mitzutheilen.

„Um 5<sup>h</sup> 6<sup>m</sup> Morgens Erdbeben; 2 heftige Stösse aus West, Dauer 3 Secunden, Schwingungen horizontal, unterirdisches Geräusch, die Glocken in den Häusern kamen zum Klingen, der Maueranwurf fiel stellenweise ab. Einige wollen etliche Minuten

vorher, andere später noch einen schwachen Stoss verspürt haben“.

„Bezüglich der Zeitangabe bemerke ich Folgendes:

„Ich bin im Besitze einer nach mittlerer Laibacher Zeit gehenden, ziemlich guten Secunden-Pendeluhr; den Gang derselben controlire ich in entsprechenden Zeiträumen durch Sternbeobachtungen mit einem zwar kleinen, aber vorzüglichen Passagen-Instrumente (von Starke). Ich bin also bezüglich des Ganges der Uhr nach Laibacher Zeit fast auf die Secunde genau.“

Die übrigen in jenem Schreiben folgenden Mittheilungen beweisen weiter, dass Deschmann's Zeitangabe das grösste Gewicht beigelegt werden muss.

Es sei noch bemerkt, dass die vorstehende Zeitangabe von Krainburg durch jene von Laibach bedeutend an Werth gewinnt, da beide nahezu vollständig übereinstimmen.

Adelsberg. Um 5<sup>h</sup> 16<sup>m</sup>. „(B.)“ Als Mittheilung der dortigen meteorologischen Station.

Görz. Um 5<sup>h</sup> 5<sup>m</sup> ziemlich starke Erderschütterungen. „(B.)“ Einer gütigen brieflichen Mittheilung des Herrn Directors Schaffenhauer entnehme ich, dass diese Angabe vollständig verlässlich und in Ortszeit gemeint ist.

Triest. Es war genau 5<sup>h</sup> 5<sup>m</sup> mittlere Triester Zeit, berichtet Herr Dr. Paugger in der Zeitschrift der österr. Ges. für Meteorologie Nr. 14, 1873.

Pola. Um 5<sup>h</sup> 6<sup>m</sup> ziemlich starke Erderschütterung; in vorbenannter Literatur-Quelle. Die dortige vorzüglich ausgerüstete k. k. Marine-Sternwarte hat unzweifelhaft ihre Angabe in mittlerer Ortszeit gegeben.

### Croatien.

Krapina-Töplitz. Die hier beobachteten Beben, welche früher als in Belluno auftraten, verdienen eine ganz besondere Beachtung. Die Zeitangaben sind leider nicht sehr präcis und lauten nach Bittner für den ersten Stoss kurz vor Mitternacht, für den zweiten  $1\frac{1}{2}$  3<sup>h</sup> und für den dritten stärksten  $1\frac{1}{2}$  6<sup>h</sup>, welche letzterer mit dem Hauptstosse von Belluno zusammenzustellen wäre.

Karlstadt. Um  $5^h 26^m$  wurde ein heftiges Erdbeben verspürt. „(B.)“

Nach einer gütigen Mittheilung des Herrn Dir. Bartulič dürfte die Angabe in Ortszeit geschehen sein; doch darf dies angezweifelt werden.

### Salzburg.

Zell am See. Um  $5^h 5^m$  war eine zweifache Erderschütterung bemerkt. „(B.)“

Eine Anfrage an den Berichterstatter, Herrn Lehrer F e l s e r wurde dahin beantwortet, dass die Uhr, nach welcher diese Bestimmung gemacht wurde, mit Salzburg übereinstimmt; leider sind die gesammten Angaben derart, dass wir dieser Beobachtung, trotzdem die berechneten Werthe recht gut mit jenen von nachbarlichen Orten übereinstimmen, kein besonderes Gewicht beilegen dürfen.

Salzburg. Um  $5^h 18^m$  ein Erdbeben (Zeitschrift d. öst. Ges. f. Meteor.). Wie wir nachträglich durch gütige Mittheilung des Herrn Prof. J. H a n n erfahren, stammt diese Angabe vom Salzburger Telegrafenannte, ist somit verlässlich und auf Wiener Zeit bezogen.

Eine zweite Nachricht, u. z. in der Neuen freien Presse, gibt die Stosszeit mit  $5^h 20^m$  an, wie selbe nach gütiger Mittheilung des Vice-Directors Herrn K. F r i t s c h auch mehrfach in Salzburg notirt wurde; dabei ist die Salzburger Thurmzeit gemeint, welche nach den astronomischen Beobachtungen und nach directen Uhrvergleichen des soeben Genannten um  $15^m$  der mittleren Ortszeit voran ist; es ist somit letztere mit  $5^h 5^m$  einzusetzen.

Wie wir weiter unten sehen werden, stimmen diese beiden Angaben bis auf einige Secunden vollständig überein.

### Oberösterreich.

Kremsmünster. Um  $5^h 10^m$ , nach gütiger Mittheilung des Astronomen, Herrn P. Gabriel Strasser, an der dortigen Sternwarte, verdient somit vollstes Vertrauen.

Summerau bei Freystadt. Um  $5^h 10^m$ . „(B.)“

Diese Zeit ist laut Mittheilung der üblichen Stationsvorstellung daselbst in Prager Zeit angegeben; aus dieser freundlichen Zuschrift entnehmen wir ferner, dass diese Zeitangabe mit Rücksicht auf den Beobachter volles Gewicht verdient. Herr Tomasehek theilte uns mit, dass diese Zeitbestimmung nach Prager Uhr ganz genau ist.

In nachstehender Tabelle bringen wir alle vorher genannten Zeitangaben, wie sie in den Berichten aufgeführt sind, in der ersten Colonne; in der zweiten sind dieselben auf die Zeit des Epicentrums reducirt; die dritte Rubrik gibt die hiefür, benützten Längen, östlich von Paris an, wobei K = Kreil<sup>1</sup>, Sch = Scheda<sup>2</sup> und G = Generalstabskarte (2000 Klfr = 1'') zu lesen ist.

Die letzte Abtheilung gibt das Gewicht der Beobachtung, wobei 3 den höchsten und 1 den niedrigsten Werth bezeichnet; ein Strich (—) soll anzeigen, dass die betreffenden Zeitangaben, von welchen gewöhnlich nicht zu ermitteln war, auf welchen Meridian sie sich beziehen, für das Einzeichnen der Homoseiste keinen Werth besitzen können. Vielleicht ist es späterhin möglich, eine oder die andere dieser Lücken auszufüllen.

Station	Stosszeit						Länge östl. von Paris	Gewicht der Beobachtung
	laut Bericht			reducirt auf das Epicentrum				
	h	'	Uhr	h	'	"		
Epicentrum.....	.	.	.	.	.	.	9 57.4 Sch	—
Venedig .....	5	.	.	.	.	.	9 59 K	—
Padua .....	4	58	0 <sup>3</sup>	4	59	42	9 32 K	3
Verona .....	5	.	.	.	.	.	8 37 K	—
Riva.....	5	2	.	.	.	.	8 31 Sch	—

<sup>1</sup> K. Kreil u. K. Fritsch: Magnetische und geographische Ortsbestimmungen im österreichischen Kaiserstaate. 1843—1851.

<sup>2</sup> Scheda's Generalkarte von Central-Europa in Maasse 1:300.000.

<sup>3</sup> O = Orts-, M = Münchner, P = Prager, W = Wiener und S = Salzburger Zeit.

Station	Stosszeit				Länge östl. von Paris		Gewicht der Beobachtung		
	laut Bericht		reducirt auf das Epicentrum		0	Aut.			
	h	Uhr	h	"					
Roveredo .....	5	3 <sup>1</sup>	M	5	5	54 <sup>0</sup>	Sch	1	
Trient .....	4	54	.	.	.	.	K	—	
Neumarkt .....	4	55	O	4	59	6	Sch	—	
Branzoll .....	4	58	.	.	.	.	Sch	—	
Bozen .....	4	53	O	4	57	.	K	2	
Klausen .....	5	2	.	.	.	.	Sch	—	
Bregenz .....	5	0	.	.	.	.	K	—	
Vils .....	5	0	.	.	.	.	Sch	—	
Innsbruck .....	4	56.5	O	5	0	24	K	3	
Kufstein .....	5	3	.	.	.	.	Sch	—	
Toblach .....	4	55	M	4	57	54	.	3	
Innichen .....	4	52	M	4	54	54	.	—	
Lienz .....	5	10	P	5	1	30	.	3	
Paternion .....	5	8	P	4	59	30	.	3	
Rosegg .....	5	8	.	.	.	.	11 41	G	—
Klagenfurt .....	5	20	W	5	3	38	.	3	
Weitensfeld .....	5	18	.	.	.	.	11 51	G	—
Krainburg .....	5	6	P	4	57	30	.	2	
Laibach .....	5	6	O	4	57	2	12 12	K	3
Görz .....	5	5	O	4	59	38	11 18	K	3
Triest .....	5	5	O	4	59	6	11 26	K	3
Pola .....	5	6	O	5	0	2	11 27	K	3
Adelsberg .....	5	16	.	.	.	.	11 54	K	—
Krapina-Töplitz ..	5	30	.	.	.	.	13 30	Sch	—
Karlstadt .....	5	26	O?	5	12	50	13 15	K	—
Zell am See .....	5	5	S	5	2	14	10 27	Sch	—
Salzburg .....	5	18	W	5	1	38	.	3	
Kremsmünster .....	5	5	O	5	2	14	10 30	K	2
Kremsmünster .....	5	10	O	5	2	38	11 48	K	3
Summerau bei Freystadt .....	5	10	P	5	1	30	.	3	
München .....	5	0 <sup>4</sup>	M	5	3 <sup>4</sup>	.	9 14	Sch	—
Prag .....	.	.	.	.	.	.	12 5	Sch	—
Wien .....	.	.	.	.	.	.	14 3	K	—

<sup>1</sup> Fehlergrenze höchstens 1—2 Minuten.

<sup>2</sup> Minus einige Minuten.

<sup>3</sup> Plus einige Minuten.

<sup>4</sup> Die Angabe lautet: Circa.

Vergleichsweise müssen wir unser Materiale gegenüber jenem, welches Seebach und Lasaulx zur Verfügung hatten, sehr arm nennen; doch haben wir darunter relativ viele sehr sichere Bestimmungen, sogar 13 Fundamentalzeiten<sup>1</sup> (3).

Die soeben Genannten haben auf Basis der besten Angaben Homoseisten für jede Minute und zwar in Kreisform, deren Mittelpunkt das Epicentrum ist, eingezeichnet. Wir können dies vermöge des Mangels an genügendem Materiale nicht unternehmen.

Doch haben wir darunter eine genügende Anzahl ganz richtiger Angaben, um auf Basis dieser oder unter Berücksichtigung der minder gewichtigen Ziffern die Homoseiste von  $5^h 0^m$  (reducirte Zeit) genügend genau in das Kärtchen (Taf. I) einzeichnen zu können und wollen hiebei die theoretische Voraussetzung, die Homoseisten seien Kreise, vergessen, um ganz allein von den Beobachtungen geleitet zu sein.

Unterwerfen wir die so erhaltene Curve, für welche wir viele und sehr genaue Elemente gegeben haben, einer kurzen Analyse.

An ihr sind ganz besonders auffallend die centrifugalen Ausbauchungen der  $5^h 0^m$  Homoseiste in der Richtung gegen Pola sowohl, als auch derselben gegenüber liegend gegen Innsbruck, ferner jene nach Laibach.

Es sind hier nicht etwa zufällige Irrungen in den Zeitangaben, indem für alle genannten Punkte sehr genaue Beobachtungen vorliegen, ferner der Verlauf nach Pola durch Triest, bei Laibach durch Krainburg und bei Innsbruck durch Hall controlirt wird.

Ebenso wird die wichtige Einbauchung bei Lienz durch Toblach, Paternion und selbst Klagenfurt bestätigt, während Görz eine sehr genaue Zeitangabe lieferte und durch den naturgemässen Verlauf der Linie Pola—Triest eine Controle hat.

---

<sup>1</sup> v. Lasaulx verfügte in seiner Bearbeitung des Erdbebens von Herzogenrath nur über 7 Fundamentalzeiten, welchen er den Werth 5 beilegt; 4-werthige Zeiten sind 121, worunter manche angezweifelt werden dürfen.

Ferner sei darauf hingewiesen, dass mit dem Verlaufe der  $5^b 0^m$  Homoseiste jener des Erderschütterungsgebietes überhaupt, wenn wir von den ganz selbstständig dastehenden Beben in Oberösterreich absehen, ganz auffallend conform ist.

### Centrum (Erdbebenherd); Ursache des Bebens.

Wenn unterhalb der Erdoberfläche, in einem Punkte, durch irgend eine Kraft ein entsprechend starker Stoss ausgeübt wird, so werden wir darüber an der Oberfläche denselben als ein Beben verspüren. Würde die Fortleitung von dort bis da eine gleichförmige sein, so würden sich die Homoseisten in horizontalem Terrain als Kreise ergeben müssen. Wir finden dies, wie erwähnt, zum Theil in der  $5^b 0^m$ -Curve von Belluno deutlich ausgesprochen. Doch was kann die Ursache jener constatirten, ganz bedeutenden Auslenkungen sein?

Es ist bekannt, dass Gebirgsschichten den erhaltenen Stoss ungleich schnell weiter leiten, je nachdem derselbe in der Richtung der Schichten oder darauf senkrecht erfolgt. Doch, da sich die Kalkalpen, Belluno als Centrum habend, im grossen Bogen vom Gardasee über Bozen nach Toblach und in weiterer Fortsetzung von da als julische Alpen durch Krain ziehen, so traf der Stoss allüberall annähernd senkrecht auf das Streichen der Schichten, also auch auf analoge Verhältnisse.

Ebenso haben wir sowohl von Belluno nach West, als auch Nordwest und über Nord nach Nordost in grossen Zügen genau dieselben Gesteine und doch ganz auffällende Ablenkungen in den Homoseisten. Es können somit die genannten zwei Gründe zur Erklärung dieser Unregelmässigkeiten nicht herbei gezogen werden.

Schon v. Seebach gibt uns in dieser Frage eine nicht misszuverstehende Andeutung: „Die Form der Homoseisten wird angenähert die Form wieder geben, in der sich, vom Mittelpunkte der Erde aus gesehen, den Erdbebenherd projicirt <sup>14</sup>. Oder mit anderen Worten: „Die Homoseisten sind Figuren ähnlich (im

---

<sup>1</sup> K. v. Seebach: Das mitteldeutsche Erdbeben vom 6. März 1872, p. 113.

mathematischen Sinne) der Projection des Erdbebenherdes auf die Erdoberfläche“.

Diese Projection kann entweder eine nahezu kreisrunde Figur darstellen, wir sprechen dann von einem centralen Erdbeben, oder es ist eine Axe ganz anfallend vorwiegend, wodurch transversale <sup>1</sup> Erderschütterungen entstehen; eine dritte bisher nicht beachtete Art, welche wie es scheint am häufigsten auftritt, ist jenes Beben, wo die Projection des Herdes an der Oberfläche eine gelappte Figur darstellt, wir wollen ihr den Namen lateral beilegen.

Und zur letztern Abtheilung gehört das Erdbeben von Belluno; es ist also der Herd (das Centrum) sowohl in der Richtung SO—NW, als auch gegen O hin ganz bedeutend ausgedehnt, dem gegenüber die anderen Dimensionen unbedeutend erscheinen. Unwillkürlich werden wir gedrängt, nach diesen Richtungen verlaufende Spalten anzunehmen, um so mehr, als fast alle neueren Untersuchungen zu dem Schlusssatze kommen, dass der Sitz des jeweilig studirten Erdbebens in einer oder mehreren Spalten zu suchen ist; ich verweise diesbezüglich nur auf Mallet, Seebach, Lasaulx und Suess. Durch die Annahme von Spalten ist auch die naturgemässeste Erklärung gegeben, warum in europäischen Central-Russland sowohl, als auch in dem mittleren Theile der Vereinigten Staaten Nordamerika's — in beiden Gegenden liegen die Schichten ungestört in jungfräulicher Horizontalität — Erdbeben überaus selten auftreten.

Da füglich nicht angenommen werden kann, dass sich die Erdbebenwelle, von einem Punkte ausgehend, in Spalten rascher fortpflanzt als in anderer Richtung, so müssen wir voraussetzen, dass der dynamische Herd als ein neu entstandenes oder schon vorhandenes Spaltenkreuz aufzufassen ist, wovon ein Theil von SO—NW streicht, und zu welchem sich, etwa in der halben Länge, eine andere Spalte von Ost kommend, zuschart. Dort, wo in diesem Systeme die Wirkung der Kraft ihr Maximum erreicht, wird das theoretische Centrum, und in der verticalen Projection an der Oberfläche das Epicentrum liegen. Ersteres

---

<sup>1</sup> Wir hätten den Ausdruck „linear“ vorgezogen, wenn derselbe nicht bereits für fortschreitende centrale Beben in Anwendung wäre.

dürfte in den meisten Fällen innerhalb der Scharungslinie zu stehen sein; so kann überdies noch in einer oder der anderen Spalte die Kraft zu einer besonderen Wirkung gelangen, wodurch ein secundäres Centrum und Epicentrum entstehen kann. Als solches fassen wir im vorliegenden Falle jenes von Corni, als zum östlichen Spalt gehörig, auf.

Es sei hier ferner noch erwähnt, dass die NW-Spalte östlich von Belluno vorbeistreicht, woraus es gut erklärlich ist, dass man in Belluno auch Stösse aus dem Nordosten empfing; es ist also nicht nothwendig zur Erklärung dieser Erscheinung ein eigenes Centrum anzunehmen, wie dies Bittner anregte.

Es wäre noch die Möglichkeit, dass der Erdbebenherd ein von SO nach NW langgezogenes Höhlensystem sei, welches in der Richtung nach Ost eine bedeutende Verzweigung besitze. Doch soll eine Höhle ein Beben erzeugen, so müssten in den genannten Richtungen bedeutende Einstürze erfolgen, was nach allen Erfahrungen gewöhnlich entweder durch Erweiterung alter oder Entstehung neuer Spalten in der Decke stattfindet. Wir kommen somit auf eine ähnliche Ursache zurück und könnten nur in der Vermehrung der Wirkung, bedingt durch das Auffallen des hereinbrechenden Materiales, eine Veranlassung sehen, das Vorhandensein eines weitverzweigten Höhlensystems vorauszusetzen. Doch sind uns ausgedehntere Höhlen aus der Umgebung von Belluno nicht bekannt, und in der Tiefe, in welcher der Herd wahrscheinlich liegt, auch nicht vorauszusetzen; hingegen können wir in den verlangten Richtungen Dislocationen von der eminentesten Bedeutung für den Bau der Ostalpen nachweisen, welche in der Nähe des Epicentrums ihren Kreuzungspunkt haben. Dies ist auch der Anlass, wesshalb wir für die Entstehung des vorliegenden Erdbebens kein Aufreissen neuer Spalten, sondern dynamische Kraftäusserungen auf schon längst bestehenden annehmen.

Untersuchen wir nochmals den Verlauf der 5<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> Homoseiste. Es ergibt sich daraus, dass sich die beiden Hauptstreichen der Ausbauchungen in einem Winkel von nahezu 60° (oder 120°) schneiden, ferner dass sich die Breite der sich von SO nach NW ausdehnenden Fläche zu jener nach WO verhält, wie

10:6. Zeichnet man mit dem Radius  $\frac{10}{2} = 5$ , welcher eine Normale vom Epicentrum auf das Stück der Homoseiste Padua — Neumarkt ist, einen Kreis, so findet man auf beigegebener Karte, Taf. I, dass derselbe in der Nähe von Lienz nahezu an die  $5^h 0^m$ -Curve tangirt, während er bei Görz ziemlich weit entfernt bleibt. Dieses Resultat kann momentan befremden, ist jedoch bei genauerm Studium ein eclatanter Beweis für die Richtigkeit der eingezeichneten  $5^h 0^m$ -Homoseiste. Denn, wenn man sich unter besagten Verhältnissen berechnet<sup>1</sup>, wie gross bei dem Radius 5 des früher erwähnten Kreises die Entfernung: Epicentrum — Görz ausfällt, so ergibt sich hiefür die Grösse 8. Und geht man nun mit dem Cirkel zur Karte zurück, so wird man dieses Verhältniss vollständig bestätigt finden.

Die Rechnung ergibt ferner für die Entfernung vom Epicentrum zum nächsten nordöstlichen Punkte der  $5^h 0^m$  Homoseiste als Verhältnisszahl  $5.03$ , was mit der von der Beobachtung dictirten Linie ebenfalls recht gut übereinstimmt.

Nachstehende Skizze soll diese geometrischen Beziehungen besser veranschaulichen.

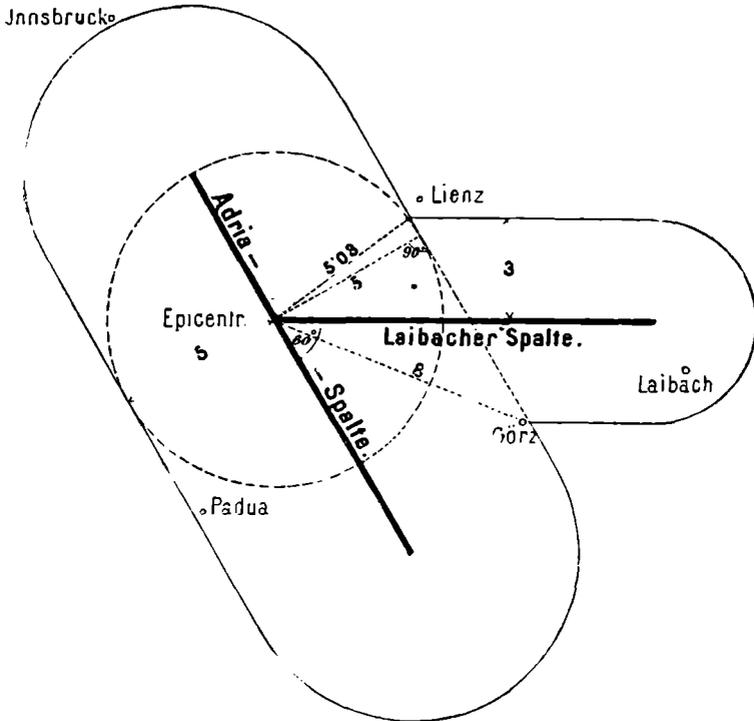
Aus diesen Betrachtungen geht ferner klar hervor, zu welcher fehlerhaften Resultaten man bei Berechnung von Herdtiefe u. s. f. nach den bisher gebräuchlichen Methoden, welche nur einen Punkt als Centrum voraussetzen, im vorliegenden Falle gelangen würde.

Es lässt sich noch die Frage stellen, ob hier ein vulkanisches oder centripetales Erdbeben vorliegt. Nachdem uns keine an der Oberfläche der Erde ersichtlich gewordene gleichzeitige vulkanische Erscheinung bekannt wurde und sich die in den Tagesblättern, ja auch wissenschaftlichen Zeitschriften verbreitete Nachricht von einer Eruption am See von St. Croce nur zu bald als müssige Erfindung herausstellte, so müssen wir das Erdbeben von Belluno als centripetales betrachten, wenn wir

---

<sup>1</sup> Der Calcül, eine mehrfache Auflösung von rechtwinkligen Dreiecken, wo die beiden spitzen Winkel  $30^\circ$  und  $60^\circ$  messen, ist zu einfach, als dass wir hiezu eine weitere Erörterung für nothwendig fänden.

nicht mit Fall jedes Erdbeben vulkanisch heissen wollen; doch über diese Auffassung in einer späteren Studie.



Wir glauben somit als die einfachste Erklärung der Entstehung der Erschütterung innerhalb eines Spaltes, in Übereinstimmung mit G. Poulett Scrope, die stetig wirkenden gebirgsbildenden Kräfte annehmen zu müssen, unter welchen in erster Linie die Schwere genannt werden muss, deren grosse Bedeutung für die dynamischen Vorgänge innerhalb der Erdkruste von Jedermann eben so unbedingt als deren Existenz zugestanden werden muss; sie kann in ihrer einfachsten Äusserung eine Einsenkung oder bei einer Spalte die Herabrutschung des hangenden Theiles, eine Verwerfung, hervorbringen, ebenso aber auch, in seitlichen Druck umgesetzt, Faltungen und Knickungen der Schichten oder längs einer Spalte sogenannte Wechsel oder Überschiebungen erzeugen, — durchwegs Anlässe zur Erschütterung des Erdbodens

Es sei hier erwähnt, dass auch Bittner zu einer gleichen allgemeinen Schlussfolgerung über die Ursache des Erdbebens gelangte; er vermuthet ferner aus der Vertheilung der ärgst zerstörten Orte und mit Rücksicht auf nachbarliche habituelle Stossgebiete die Existenz einer Spalte: Colalto, Farra, Lamosano, welche von SSW nach NNO längs des Ostufers des Lago de St. Croce verläuft und die sich, mit einer kleinen Überspringung nach dem oberen Piavethale, gegen Perazola nordwärts fortsetzt. Die hierfür angeführten und vorher erwähnten 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 gewiss erscheinen lassen.

## Die Adria- und die Laibacher Spalte <sup>1</sup>.

### 1. Die Adria-Spalte.

Die Ansbauungen der 5<sup>b</sup> O<sup>m</sup>-Homoseiste zwangen uns zu der Annahme von Spalten, wovon die eine vom Epicentrum in der Richtung nach Innsbruck, also nach NW, eine andere jener vollkommen entgegengesetzt, nach Pola, also gegen SO verläuft, und dass endlich eine dritte Spalte ostwärts, d. i. in der Richtung nach Laibach streicht.

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

---

<sup>1</sup> Um nicht missverstanden zu werden, wollen wir erwähnen, dass nur ein Theil, u. z. jener, welcher Belluno näher liegt, als Erdbebenherd gemeint sein kann.

Linie in der Gegend des Brenner, jene ganz auffallende Erniedrigung in der Centralalpenkette, welche die gletscherbedeckten Gebirgsriesen des Orteler und Ötztaler 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.

Im Nachstehenden wollen wir alle jene Anzeichnungen zusammenstellen, welche die bedeutenden Dislocationen zwischen Belluno und dem Brenner, also längs der SO—NW-Spalte, besprechen. Wenn wir hierbei 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. Doch sofort, wo die älteren Schichten an die Oberfläche emporstehen, finden wir zwischen Ceneda und Aviano die Eocän- und Kreideschichten in ihrem SW—NO-Hauptstreichen plötzlich um 90° verstellt<sup>1</sup>; das Eocän erreicht hier gegen Osten auf grössere Entfernung hin sein Ende.

Näher zu Belluno finden wir den grossen elliptischen Ring, den hier die Juraschichten bilden, durch die Kreideformation unterbrochen, und treffen davon NW-wärts die Eocängebilde südlich von Belluno.

Auf die Dislocationen in diesem Gebiete hat bereits schon Stüder aufmerksam gemacht und Klipstein<sup>2</sup> berichtet von hier, dass die verschiedenen Schichtenlagen zum Theil steil aufgerichtet, theils sehr flach fallend sind.

Von Belluno weiter nordwestlich, im Agordothale treten ebenfalls bedeutende Schichtenstörungen auf, von welchen Klipstein (Seite 94) sagt: „Schon oberhalb Vedana wird man auf eigenthümliche Schichtenbiegungen aufmerksam. Bemerkenswerth ist es, wie aus diesen an mehreren Stellen anscheinend

<sup>1</sup> Hauser's vorzügliche geologische Karte von Österreich-Ungarn.

<sup>2</sup> Klipstein: Mittheilungen aus dem Gebiete der Geologie und Paläontologie, Bd. I, p. 96.

massiv abgetheilte Massen hervorgehen, welche jedoch, beobachtet man sie genauer, eine Überbiegung 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 Piron bis zu 4000—5000' sich erheben, haben alle steile oder senkrechte Schichtenstellung aufzuweisen“.

Für den weiteren Verlauf des Agordothales nach aufwärts heisst es ferner auf Seite 93: „An verschiedenen Stellen sieht man sie (die Schichten) horizontal, dann plötzlich sich krümmend und steil oder senkrecht ansteigend. Eine ausgezeichnete Stelle der Art findet sich zunächst der kleinen, aus einer Felspalte auf der rechten Thalseite hervorsprudelnden und hoch über dieselbe herabfallende Quelle schon in der Enge von Agordo.

Hier sieht man durch eine starke Biegung der Schichten plötzlich aus horizontalen fast senkrecht aufgerichtete hervorgehen, und diese auch gleich in massiv abgetheilte Massen mit starker senkrechter Zerspaltung übergehen. Es wiederholen sich solche Erscheinungen noch mehrfach und überhaupt bietet dieses merkwürdige Thal vielfach Gelegenheit, durch Anschauung von Schichtenstörungen eine Überzeugung von Hebungen und Veränderungen zu erhalten, welche auf Kalkmassen einwirken und die durch Zerstörung grösserer Spalten solcher Thäler bewirken“.

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<sup>1</sup> „den Strom zum See anstauten“. Sowohl Dieser als auch Klipstein geben von der Umgebung von Alleghe vielfache Beispiele und Skizzen von den häufigen Schichtenstörungen aller Art. Wir verweisen ferner, gleichsam zur Erhärtung der Klipstein'schen Angaben, auf

---

<sup>1</sup> Die Venetianer Alpen, p. 12.

die einschlägigen Mittheilungen von Fuchs<sup>1</sup> über das Gebiet Belluno—Alleghe.

Er sagt von Letzterem: „Das Gebirge musste hier in sich selbst zusammengestürzt sein“.

Klipstein bespricht (auf Seite 65 und 68) ausführlich die Störungen, welche im Baue des Gebirges Seisser-Alp, des Zinsenberges und des Monte caprile stattgefunden haben und nimmt für die Wasserscheide zwischen dem Cordevole-<sup>2</sup> und Abteier-Thale einen eigenen Aufspaltungskessel an, um sich die vielfachen Schichtenstörungen erklären zu können. Auch Freiherr von Richthofen beschreibt von Set Sass. welcher an diesem Passe liegt, bedeutende Schichtenüberschiebungen (sogenannte Wechsel).

Klipstein erwähnt (auf Seite 62) ferner der vielen bedeutenden Bergstürze, welche im Abteier-Thale insbesondere seit dem Jahre 1828 häufiger auftreten. Auf Seite 21 seiner Beiträge<sup>3</sup> beschreibt er die Wirkungen der hier jetzt noch vor sich gehenden Abrutschungen etc.

Besonderen Werth haben für uns die von Klipstein mitgetheilten Beobachtungen über die Sprunghöhe des Verwurfes in diesem Gebiete, da wir hiedurch von der Grossartigkeit der Dislocation ein Bild bekommen; er sagt nämlich auf Seite 49 und 50 seiner „Mittheilungen“: „Ferner wird man durch dasselbe (Profil des Abteier-Thales) auch mit der nicht selten in diesem Theile der Alpen sich wiederholenden Thatsache der enormen Niveauverschiedenheiten ganzer Schichtenreihen vertraut, u. z. in so beträchtlichen Differenzen, dass ein und dieselben Schichten an einem Orte plötzlich 2000—3000' höher auftreten können, als an einem andern“. Wir müssen hervorheben, dass, obzwar wir in der besprochenen Richtung Belluno. Agordo, Cordevole- und Abteier-Thal ununterbrochen eine Linie grösster Störung nachweisen können, das nachbarliche Gebiet von Ampezzo verhältnissmässig nur unbedeutende Störungen zeigt, wie dies mehrfach

<sup>1</sup> Die Venetianer Alpen, p. 12 und 18.

<sup>2</sup> Damit ist das Thal von Alleghe bezeichnet.

<sup>3</sup> Klipstein: Beiträge zur geologischen und topographischen Kenntniss der östlichen Alpen. II. Bd., 1. Abth.

neuere Forschungen nachgewiesen haben. Die weitaus grössten Dislocationen sind, nach den sorgfältig gearbeiteten Profilen von Loretz<sup>1</sup>, stets im Cordevole-Thale (Alleghe) und dessen unmittelbarer Nähe; wir finden da gewaltige Faltungen und Überschiebungen eingezeichnet.

Von den vielen einschlägigen Beobachtungen in Loretz' vortrefflicher Abhandlung wollen wir blos die auf Seite 482 hervorheben: „der SO—NW-Richtung folgt auch die Bruchspalte des Cordevole-Thales“, und fügt dann in seiner Anmerkung bei: „es ist ersichtlich, dass in SO—NW-Richtung die Faltenwelle einen Bruch nebst starker Verschiebung erlitten haben muss“, — sicherlich durchwegs Beobachtungen und Schlussfolgerungen, welche nicht blos das Vorhandensein einer gewaltigen Spalte, selbstverständlich begleitet von Secundärklüften, beweisen, sondern sogar auch die SO—NW-Richtung derselben darthun. —

Die nordwestliche Fortsetzung der Linie Belluno—Abteier-Thal trifft die Störungen im Gebiete des Brenners.

Es liegen uns Berichte über das Erdbeben vom 29. Juni 1873 von mehreren Orten vor, welche entweder von der Adria-Spalte directe getroffen werden oder in deren Nähe liegen, so z. B. Agordo, Mühlbach, Brunneck und St. Martin im Ennsberg. Alle erzählen von heftigen Erschütterungen und starken Stössen; hingegen lauten die Berichte von Orten, welche westlich oder östlich von dieser Linie, u. z. in nahezu gleicher Entfernung vom Epicentrum liegen, z. B. Trient, Klausen, Innichen und Lienz bedeutend milder. Wir machen auf diese Thatsache aufmerksam, ohne ihr, mit Rücksicht auf die höchst subjectiven Intensitätsbestimmungen, einen besonderen Werth beizulegen; doch wollen wir diesen Anlass benützen, um hinzuweisen, dass es nicht immer richtig ist, senkrecht auf die Ausbauchung der Isoseisten (Curven gleicher Intensität) das Streichen des Spaltenherdes zu ziehen, sondern dass bei einem nach einer Richtung vorwaltend gestreckten Erdbebenherd auch die Isoseisten in dieser Linie Ausweitungen erfahren müssen.

<sup>1</sup> H. Loretz: Das Tirol-Venetianische Grenzgebiet. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1874.

Wir unterliessen es, die I. und II. Isoleisten einzuzichnen, da wir hiefür zu wenig Materiale besitzen; wir glauben, dass dieselben erst dann einen höheren wissenschaftlichen Werth beanspruchen können, wenn Mallet's Seismometer, der sich doch ebenso durch seine Einfachheit, als Billigkeit auszeichnet, zur allgemeinen Anwendung gelangen wird.

Wir werden später nochmals Gelegenheit finden, allgemeine Bemerkungen über Erdbebenintensität einzuschalten.

## 2. Die Laibacher Spalte.

Selbst ein flüchtiger Blick auf Hauer's geologische Karte von Österreich-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 <sup>1</sup>, 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 Steinkohlenformation gekennzeichnet, einerseits gegen Hrastnigg hin verfolgen und ist von den Thermen in Römerbad (30° R) und Tüffer (28—30° R) begleitet, anderseits von Laak nach Montpreis im südlichen Steiermark fortsetzen; in die weitere Verlängerung dieser Linie fällt Krapina—Töplitz mit seiner 34° R warmen Heilquelle <sup>2</sup>.

Inzwischen dieser sehr spitzwinklichen Gabelung liegt der südlichste Zug von Dachsteinkalk; noch südlicher hievon, bei dem durch seine häufigen Erderschütterungen bekannten Nassenfuss ist die südlichste isolirte Partie dieser Formation.

Die Linie Belluno-Laak-Montpreis, d. i. die Laibacher Spalte, also zum Theile als auffallende Grenze der rhätischen Formation, andererseits in ihrem östlichen Theile durch die Aufbrüche des Carbons charakterisirt, verräth sich schon durch die genannten Thatsachen als eine für den Bau der Alpen höchst wichtige

<sup>1</sup> Hier und in Cavosso (District Udine) fand am 20. Juli 1873 ein Erdbeben statt.

<sup>2</sup> Dieses Thermengebiet lässt sich weiter ostwärts bis Warasdin—Töplitz (45° R.) verfolgen.

Marke, welche uns das Streichen einer ganz gewaltigen Dislocation angibt. Wir verdanken ihre genaue Kenntniss Stur, welcher hierüber berichtet <sup>1</sup>:

„Ein flüchtiger Blick auf die beigegebenen Durchschnitte zeigt, dass längs der ganzen tiefen Einsenkung, die das Dachsteinkalkgebirge von Süden abtrennt, u. z. auf den südlichen Abfällen des Dachstein-Gebirges, grosse Schichtenstörungen herrschen.

Es ist nicht genug, dass hier der Dachsteinkalk die viel jüngeren Kreidegebilde überlagert, es sind die Kreidegebilde mit den Schichten der Kohlenformation und auch der Trias so vermengt und durcheinander geworfen, dass man es kaum ahnen kann, wie die ursprüngliche Lagerung dieser Gebilde beschaffen war“. Diese Schilderung gibt uns ein Bild von der Grossartigkeit der stattgehabten Dislocationen.

Wir müssen auch hier erwähnen, dass die Berichte über das Erdbeben vom 29. Juni 1873 von Krainburg, Laibach und Cilli stärkere Erschütterungen als die von benachbarten Orten in nahezu gleicher Entfernung vom Epicentrum constatiren.

Auch diese Dislocationslinie ist für die Tektonik der Alpen von hervorragender Bedeutung, indem sie von Belluno bis nördlich von Udine den unvermittelten Absturz der Kalkalpen angibt, und in ihrem weiteren Verlaufe durch tief eingeschnittene Pässe und bedeutende Terraineinsenkungen gekennzeichnet ist, wie dies jedwede hypsometrische Karte dieses Gebietes klar erkennen lässt. Wir werden aus derselben ferner entnehmen, dass die Laibacher Spalte die Terglou-Gruppe gegen Süden plötzlich abschneidet, ohne dass das Terrain südwärts nochmals zu einer auch nur annähernd ähnlichen Erhebung käme.

So haben wir im Terglou-Gebiete mehrfache Erhebungen über 8000 Par. Fuss und die Kammlinie liegt bei 6000'; südlich und südöstlich hiervon finden wir ganz vereinzelt Erhebungen bis zu 4000—5000' und nur der höchste Punkt des Uskokengebirges im SO Krains übersteigt etwas die Höhe von 5000' <sup>2</sup>.

<sup>1</sup> D. Stur: Das Isonzo-Thal etc. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1858, p. 364.

<sup>2</sup> Wir entnehmen diese Angaben der schönen hypsometrischen Übersichtskarte der Alpen von Steinhauser (Verlag Artaria).

Die Laibacher Spalte scheidet ferner die westöstlich streichende, südliche Kalkalpenzone von den julischen Alpen, welche letzteren sich bekanntlich nach SO hinziehen, wie denn überhaupt das Hauptstreich der Gebirgsschichten südwärts von der Linie Belluno, Laak—Montpreis plötzlich NW—SO wird und umgestört 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.

Eigenthümlich ist es, dass wir entgegen der Ausbauchung der  $\bar{5}^n$   $0^m$ -Homoseiste in der Richtung nach Laibach, nicht auch eine andere in entgegengesetzter Lage, also in Südtirol, zu constatiren vermochten, obzwar es gerade in diesem Gebiete nicht an Zeitangaben mangelt. Doch ein Blick auf eine geologische Karte zeigt uns, dass sich die Grenze der rhätischen Formation von Belluno westwärts nicht in gerader Linie fortsetzt, sondern sich in einem Bogen südwärts nach Verona wendet, um dort unter den quaternären Bildungen der Venetianer Ebene zu verschwinden<sup>1</sup>.

Wir bekommen demnach ungezwungen folgendes Bild.

Die Fortsetzung der Adria-Einsenkung gegen NW bildet die Hauptspalte, zu welcher die von Laibach sebart. In der Nähe der Scharung (Zusammenstoss) beider so gewaltiger Dislocationslinien oder in ihr selbst war der Sitz des Centrum des Erdbebens von Belluno (29. Juni 1873).

### Verbreitung. Secundäre Erdbeben.

Schon Bittner unternahm es, die Grenze des erschütterten Gebietes einzuzeichnen, wozu ihm nur Materiale im Norden, Nordosten und Osten vorlag.

Wir schliessen uns den grossen Zügen dieser Linie, welche mit Vorliebe nach Gebirgskämmen und Wasserscheiden gezogen wurde, an, sind jedoch für Kärnten, auf Basis eingezogener Erkundigungen, genöthigt, diese Grenzlinie zu corrigiren, wor-

---

<sup>1</sup> Es ist damit nicht etwa gesagt, dass nicht auch eine den Rhät durchsetzenden O.—W.-Spalte in der Richtung Belluno-Südtirol existire; doch liegt kein seismisches Anzeichen vom 29. Juni 1873 vor, welches eine solche Vermuthung bestätigen würde

aus auch klar hervorgeht, dass der sogenannte Erschütterungskreis ganz unbeirrt von tectonischen Verhältnissen verläuft.

Bezüglich des im Osten Kärntens sich ausbreitenden Lavantthales ist es sowohl aus Privatbriefen, die ich der Güte des Herrn Berg-Ingenieurs Hödl verdanke, als auch durch eine Zeitungs-correspondenz<sup>1</sup> von hier unzweifelhaft, dass St. Andræ „gegen 5 Uhr Früh 3 heftige Erderschütterungen“ wahrnahm, welche Schlafende erweckten, Mauerrisse und Herabfallen von Anwurf, sowie Klirren der an den Wänden hängenden Bilder bewirkten“.

Es ist eigenthümlich, dass dieses heftige Beben von St. Andræ, welches an demselben Tage sowohl in den hievon nördlich gelegenen Wolfsberg, als auch in dem südlicheren St. Paul allgemein besprochen wurde, in den letztgenannten beiden Städten nicht gefühlt wurde, wie dies unzweifelhaft aus mehreren vorliegenden Briefen hervorgeht.

Es muss also die Grenzlinie einen scharfen Winkel, nach St. Andræ ausspringend, machen, von wo sie, die Saualpe verquerend, südlich von Hüttenberg und Friesach, von welchen beiden Orten uns negative Berichte vorliegen, directe nach Tamsweg und in nahezu gleicher SO—NW-Richtung mit einer kleinen Einbuchtung bei St. Michael (Salzburg) nach Radstadt verläuft.

Vergleicht man auf der beigegebenen Karte diesen Theil der Grenze des Erschütterungsgebietes mit der 5<sup>h</sup> 0<sup>m</sup>-Homoseiste, so ergibt sich für diese beiden Curven ein übereinstimmender Verlauf.

Um so auffallender wird es nun erscheinen, dass diese Grenzlinie also die äusserste Isoseiste, von Radstadt plötzlich die Richtung nach NO und NNO einschlägt und so eine Ausbuchtung bis nach Freystadt an der böhmischen Grenze herstellt.

Wir können uns diese höchst auffallende Thatsache nicht anders erklären, als dass wir für dieses Gebiet, welches den grössten Theil von Salzburg und Oberösterreich umfasst, und nur untergeordnet nach Steiermark hineingreift, eine mit Belluno fast gleichzeitige Erschütterung annehmen, welche auch ihr eigenes Centrum besass.

---

<sup>1</sup> Kärntner Blatt, Nr. 29, 1873.

Untersuchen wir diese aus dem Verlaufe der äussersten Isoseiste abgeleitete Vermuthung genauer, so lassen sich hiefür weitere massgebende Thatsachen anführen, welche die Vermuthung zur Gewissheit erheben. Es sei hier zuerst auf die höchst genauen Zeitangaben von Salzburg, durch sich selbst controlirt, und auf Summerau bei Freystadt hingewiesen; ersteres verspürte den Stoss  $5^h 1^m 38^s$  und letzteres um  $5^h 1^m 30^s$ , also gleichzeitig mit dem weit südlicheren Lienz (Tirol), wovon wir gleichfalls mehrfache übereinstimmende und genaue Zeitangaben besitzen.

Wir müssen, wollen wir nicht total jedwede Zeitangabe bezweifeln, wozu wir gar nicht berechtigt sind, einen eigenen Erdbebenherd beiläufig zwischen Salzburg und Freystadt annehmen.

Hiefür haben wir weitere Belege in der vortrefflichen Arbeit Bittner's.

Es sei ganz übergangen, dass man in mehreren Orten dieses Erschütterungsgebietes bis 6 Stösse zählte, sondern blos auf den Bericht von Scharten bei Wels<sup>1</sup> hingewiesen, in welchem es unter Anderem heisst „das an die Kirche angebaute Haus schwankte sehr bedeutend, wie es schien NO—SW oder umgekehrt; die Dachbalken und das ganze Holzwerk kracchten, das Petroleum in der Lampe schwankte hin und her“. Vom Schlosse Dietach bei Wels wird berichtet<sup>2</sup>, dass „ein sehr kräftiger Stoss“ den Berichterstatter aus dem Schlafe weckte, ferner „die Thür war aufgesprungen, eine Hängelampe schwankte heftig, Bilder und Spiegel waren in Bewegung, u. s. f.“

Aus allen diesen uns durch Bittner's Bemühungen erhaltenen Nachrichten scheint hervorzugehen, dass dieses secundäre Erdbeben sein Centrum in der Nähe von Wels gehabt hat, dass es bezüglich der Intensität weitaus weniger bedeutend wie jenes primäre von Belluno war, und unter Berücksichtigung der Zeitangaben und Entfernung von Freystadt—Wels—Salzburg, dass es hier im Epicentrum wenige Minuten später als in der Umgebung von Belluno gefühlt wurde.

Es verdienen diese Thatsachen und Schlüsse eine weitere Beachtung. Während Belluno an der Südgrenze der südlichen

<sup>1</sup> Bittner, p. 545.

<sup>2</sup> Bittner, p. 546.

Kalkalpen, ist Wels in der nächsten Nähe der nördlichen Begrenzung der nördlichen Kalkalpenvorlagen gelegen.

Dies gewinnt erhöhtes Interesse, wenn wir uns der Erdbeben von Rosegg (1857—1858), welches an der Südgrenze der Centralalpenkette gegen die Kalkzone gelegen ist, und der gleichzeitigen in Lietzen (24. December) und Admont (25. December) an der Nordgrenze der Central- gegen die nördlichen Kalkalpen erinnern.

Mag dieses Zusammentreffen Zufall oder naturgemässer Zusammenhang sein. — jedenfalls verdient es bei den späteren seismischen Studien über die Ostalpen vollste Beachtung, indem wir hierdurch möglicher Weise Wechselbeziehungen in den dynamischen Vorgängen innerhalb dieses Gebirgsstriches constatiren könnten, welche für die Entstehungstheorie der Alpen von ganz besonderem Werthe sein können.

Dass ein ausgebreitetes Erdbeben nicht blos ein Centrum hat, wird bei dem vorliegenden Belluneser auch noch dadurch bewiesen, dass uns mehrfache Mittheilungen zugekommen sind, welche dahin lauten, dass an Orten, weit entfernt von Belluno, Stösse in der Nacht vom 28. zum 29. Juni früher als um 5<sup>h</sup> empfunden wurden, welche in dem Gebiete der ärgsten Zerstörung nicht bemerkt wurden. Wir wollen mit Übergang der Angaben aus dem Pusterthale, aus Malborghet und Laibach blos jene von Krapina—Töplitz hervorheben, von welcher gelegentlich der Zusammenstellung des Beobachtungsmaterials Erwähnung geschah. Leider sind alle diese Angaben nicht angethan, um hieraus weitere berechnete Folgerungen abzuleiten <sup>1</sup>.

### Geschwindigkeit der Erdbebenwelle.

Die Berechnung der Geschwindigkeit der Erdbebenwelle ist aus dem Grunde unmöglich, da sowohl in der Richtung Epicentrum-Padua, als auch Epicentrum-Lienz keine genauen Stosszeiten von entfernten Punkten vorliegen.

---

<sup>1</sup> Dass in der Nähe von Giessen ein secundäres Centrum während des Erdbebens von Herzogenrath (Lasaux) lag, ist nach unserer Auffassung mit grösster Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

Es ist absolut nothwendig, dass man bei der Berechnung dieses Elementes nur die vollständig, ja wo möglich bis Secunden genauen Angaben als Basis nimmt. Doch südwestlich von Padua fehlt uns leider jedwede Nachricht, und nordöstlich von Lienz wäre nur Salzburg; doch wir haben unmittelbar früher hervorgehoben, dass trotz der richtigen Zeitangaben von dort dieser Punkt nicht in die Berechnung eines Bebens eingeführt werden darf, dessen Epicentrum in der Nähe von Belluno liegt, und trotzdem die erhaltenen Resultate sogar recht gut mit verschiedenen Versuchsergebnissen übereinstimmen würden.

Wir haben somit leider nicht jene zwei vom Oberflächenmittelpunkte genügend weit entfernten, auf die Richtung der Adria-Spalte vom Epicentrum in Normalen gelegenen Punkte gegeben, mit deren Hilfe wir die Fortpflanzungsgeschwindigkeit constatiren könnten, welche letztere nach der überaus handsamen Methode v. Seebach's eigentlich gleichwerthig mit der Oberflächengeschwindigkeit des Bebens in entfernten Gebieten ist.

Es sei denn bei dieser Gelegenheit neuerdings hingewiesen, dass die bisherigen, durch Rechnung gefundenen Resultate über die Geschwindigkeit des Erdbebens zwischen 733 und 2284 Fuss per Secunde schwanken, — Differenzen, welche sich weder an und für sich, noch weniger jedoch mit Rücksicht auf directe Versuche aufklären lassen<sup>1</sup>. Es kann gar nicht mehr gezweifelt werden, dass diesbezüglich in die Wissenschaft einige Werthe eingeführt wurden, welche geradezu unrichtig genannt werden müssen.

Und da dieser Factor für die Berechnung der weiteren Elemente, als z. B. Tiefe des Centrums, Stosszeit daselbst u. s. f., geradezu entscheidend ist, so sind wir berechtigt, diesen Ziffern auch ein gewisses Misstrauen so lange entgegen bringen zu dürfen, bis der wahre Verlauf der Homocisten der Theorie geopfert, und diese nicht mehr als Kreise eingezeichnet werden.

Da wir hier einige kritische Bemerkungen über die Geschwindigkeit des Erdbebens einschalteten, so sei auch auf einen Irrthum hingewiesen, welchen Fallb<sup>2</sup> in die Wissenschaft

<sup>1</sup> Pfaff, Grundriss der Geologie, p. 128.

<sup>2</sup> Gedanken und Studien, 276.

einführen will; er versucht es, durch die Gruppierung der Oberflächengeschwindigkeiten des Belluneser Bebens nachzuweisen, dass die gewaltigen Bergmassive die Stösse rascher fortpflanzen, als die weniger bedeutenden Gebirgserhebungen, was bekanntlich den Erfahrungen von Chile und Peru und von Calabrien (1783) striete entgegenstehen würde.

Bei seinen Berechnungen nimmt Falb als Stosszeit von Belluno, von allen übrigen Angaben auffallend abweichend,  $4^h 45^m$  an.

Aus dieser zu niedrigen Zeitangabe, abgesehen von den diese Rechnungen beirrenden Unregelmässigkeiten der  $5^h 0^m$ -Homoseisten, ist es erklärlich, dass die Geschwindigkeit für Farra—Toblach und Farra—Lienz kleiner ausfallen muss, als für Toblach—Innsbruck und Lienz—Salzburg, von wo überall genaue Werthe vorliegen. Trotzdem kommt Falb selbst auf widersprechende Resultate bei der Berechnung der Linie Farra—Görz—Laibach, wobei sich für das flache Terrain Farra—Görz grössere Geschwindigkeiten als für die durch die julischen Alpen gehende Linie Görz—Laibach ergeben.

Über diese Widersprüche helfen uns auch keine „geologischen Differenzen“ hinweg.

Nimmt man entsprechend den übrigen Angaben, als Stosszeit im Epicentrum  $4^h 55^m$  an, so kommt man zu dem ganz naturgemässen Resultate, dass die Oberflächengeschwindigkeit in der Nähe des Epicentrums grösser als hiervon weiter entfernt ist. Es verdient somit der früher erwähnte Satz Falb's, als auf nicht entsprechender Basis gestellt, fernerhin keine Beachtung.

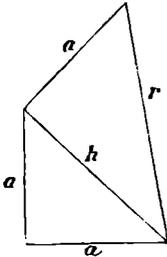
### Tiefe des Centrums.

Nachdem uns das wesentlichste Element, die Geschwindigkeit, zur Berechnung fehlt, so können wir auch nach dem gewohnten Wege keinen Calcül über die Tiefe des Erdbebenherdes durchführen. Nachdem wir ferner darauf hingewiesen haben, dass manche Werthziffern über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Bebens mit Grund angezweifelt werden dürfen, so bedürfen alle auf dieser unrichtigen Basis berechneten Tiefenwerthe jedenfalls einer eingehenden Revision.

Ohne auf die Resultate der nachfolgenden Rechnung ein besonderes Gewicht zu legen, da wir uns der Fehlerquellen bewusst sind, haben wir es versucht, mit Hilfe des Radius des pleistoseisten Gürtels, welcher sich bei dem Erdbeben von Belluno seltenerweise als Kreis<sup>1</sup> gestaltete, die Herdtiefe zu construiren.

Es hat schon Mallet (1858) und neuerdings v. Seebach (1873) darauf hingewiesen, dass  $a : h : r = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$ , wobei  $a$  den Axialabstand des pleistoseisten Gürtels vom Epicentrum,  $h$  die Herdtiefe und  $r$  den Radius von diesen zu jenen bedeutet.

Nun lässt sich dieses Verhältniss auf folgende Weise höchst einfach construiren. Man gibt in einem rechtwinkligen Dreieck den beiden Katheten den Werth von  $a$ , die Hypothenuse entspricht sodann dem Werthe von  $h$ ; errichtet man auf letzterem im rechten Winkel abermals  $a$ , so ist die neuerdings gefundene Hypothenuse der Werth von  $r$ . Der Beweis hiefür ist so einleuchtend, dass er keiner weiteren Worte bedarf.



Mit Hilfe dieser Construction, wobei  $a$  auf Scheda's Karte mit 5.6 Kilometer abgestochen wurde, fanden wir die Herdtiefe mit 7.91 Kilometer, ein Werth, welcher am nächsten mit jenem von Mallet aus der räumlichen Lage von Manerrissen für das neapolitanische Erdbeben (16. December 1857) mit 9.27 Kilometer berechneten übereinstimmt. Doch wir legen dieser von uns gefundenen Zahl keine andere Bedeutung bei, als dass sie beweist, in welcher verhältnissmässig geringer Tiefe der Erdbebenherd gelegen war.

Wollte man jedoch diesem Resultate der Rechnung eine grössere Genauigkeit zusprechen, so lässt sich aus den geologischen Verhältnissen im Norden von Belluno mit grosser Sicherheit vermuthen, dass in dieser Tiefe bereits die Gesteine der Centralalpenkette anstehen, welche bekanntlich zur Bildung ausgedehnter Höhlensysteme nicht geeignet sind.

Aus den gefundenen Ziffern lassen sich Werthe für Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Stosszeit im Epicentrum, abge-

<sup>1</sup> Derselbe ist durch die Punkte grösster Zerstörung: Belluno, Arsiè, Puos und Farra gegeben.

sehen von dem geringen Gewichte, welches wir unserer Zahl beilegen, darum nicht ableiten, da uns genaue Zeitangaben von fernen Punkten des Erschütterungsgebietes fehlen. Wohl jedoch können wir hiermit Zahlenwerthe berechnen, welche uns die relative Intensität veranschaulichen u. z. nach der Formel

$$i = h^2 + a_3^2 \text{ } ^1$$

wobei  $i$  die Intensität im Centrum,  $h$  die Herdtiefe und  $a_3$  den Radius des Erschütterungskreises (d. i. vom Epicentrum bis zu der äussersten Homoseiste bei St. Michael im Salzburg = 135 Kilometer) bedeutet.

Hieraus ergibt sich die relative Intensität mit 18.288.

Es ist zweifelsohne, dass bei den nächsten Studien grösserer Erdbeben mit Hilfe der geistreichen Methoden Mallet's und v. Seebach's für die wichtigsten Elemente derselben weitaus richtigere Ziffern gefunden werden können, sobald man die Homoseisten nicht mehr als Kreise, sondern, ganz unbeirrt von ihrem Verlaufe nach richtigen Zeitangaben als verschieden gestaltete Curven einzeichnet, welche, wie im vorliegenden Falle, ferner noch auf wesentliche tectonische Beziehungen und That-sachen hinweisen.

Wir halten es für eine sehr dankbare Aufgabe, die überaus werthvollen Angaben v. Seebach's über das mitteldeutsche Erdbeben (1872) und v. Lasaulx über jenes von Herzogenrath (1873) in dem gedachten Sinne zu bearbeiten.

Wir können dann nie mehr zu der vollständig unerklärlichen Annahme gelangen, dass das Epicentrum viele Meilen weit ausserhalb des pleistoseisten Kreises liegt und haben es fernerhin nicht mehr nothwendig Zeiten, welche volles Vertrauen verdienen, anzweifeln und fallen lassen zu müssen.

Fassen wir die Resultate der vorliegenden Studie über das Erdbeben von Belluno am 29. Juni 1873 nochmals zusammen, so ergibt sich:

---

<sup>1</sup> Nachdem bei ausgedehnten Erderschütterungen  $h^2$  gegen  $a_3^2$  sehr klein wird, und in diesen Fällen die Bestimmung des  $a_3$  gewöhnlich grössere Differenzen ergeben wird, als die Grösse  $h$  ist, so ist es für solche Fälle hinreichend genau,  $i = a_3^2$  zu setzen; mit anderen Worten: Die Grösse der erschütterten Erdoberfläche ist der Massstab für die Intensität.

1. Das Epicentrum liegt in nächster Nähe von Quantin, u. z.  $46^{\circ}7'4''$  n. Br. und  $9^{\circ}57'4''$  östlich von Paris.

2. Dasselbe ist der Mittelpunkt des pleistoseisten Kreises, dessen dem Centrum zunächst liegender Theil gar keine Zerstörung erlitt.

3. Ein untergeordnetes, zweites Epicentrum in dem Gebiete grösster Erschütterung ist Corni; letzterer Ort blieb frei von jedweder Zerstörung.

4. Die Orte zwischen diesen beiden Epicentren, als Farra und Puos, wurden am meisten verwüstet, und zeigen Wirkungen sogenannter rotatorischer Erdbeben.

5. Das Epicentrum mit Hilfe von Stossrichtungen zu bestimmen, wird, so lange nicht sehr sichere Angaben vorliegen, stets zu ungenügenden Resultaten führen; die Bestimmung desselben nach v. Seebaeh's Methode verlangt grössere Vorsichten, als bisher gehandhabt wurden; sie ist nur nach Einzeichnung genauer, der Wirklichkeit möglichst entsprechender Homoseisten durchführbar.

6. Als Centrum wurde jener Punkt angenommen, in welchem die das Beben erzeugende Stosskraft ihr Maximum erreichte.

7. Das Epicentrum von Quantin entspricht vollständig der  $5^{\text{h}} 0^{\text{m}}$ -Homoseiste.

8. Letztere wurde auf Basis von 13 Fundamentalzeiten eingezeichnet und zeigt eine bedeutende Auslobung nach NW, SO und O.

9. In den Axen dieser Ausbauchungen lassen sich gewaltige Dislocationsspalten unzweifelhaft nachweisen, welche tectonisch von hervorragender Bedeutung sind.

10. Diese beiden Spalten schneiden sich in der Nähe des Epicentrums; in der Scharungslinie derselben dürfte das Centrum des Bebens liegen.

11. Die Ostspalte setzt westwärts vom Epicentrum, also nach Südtirol, gar nicht oder mit total veränderten Charakter fort.

12. Die SO--NW oder Adria-Spalte ist die Fortsetzung der Depression des adriatischen Meeres und trifft in nordwestlicher

Verlängerung den Brennerpass, jene bedeutende Einsenkung in der Centralalpenkette.

13. Die Ost- oder Laibacher Spalte begrenzt die westöstlich streichenden südlichen Kalkalpen gegenüber den julischen Alpen, dem Karste, dem Uskokon-Gebirge, welche insgesamt sowohl in den Schichten als auch Kammlinien ein bis an die Südspitze von Dalmatien verfolgbares NW—SO Streichen besitzen.

14. Die Laibacher-Spalte ist die südliche Grenze der rhätischen Formation; sie ist in ihrem östlichen Theile durch die Thermen von Untersteiermark und Krapina—Töplitz bemerkbar, sie hat nördlich von ihr Erhebungen über 8000, südlich von kaum 4000 Fuss.

15. Der Erdbebenherd ist kein Punkt, sondern gestaltet sich als dem Centrum anliegende Theile der Adria- und Laibacher Spalte.

16. Das Erdbeben von Belluno (29. Juni 1873) ist somit ein laterales.

17. Die Form der Homoseisten ist ähnlich der des Erdbebenherdes.

18. Die Methoden Mallet's und v. Seebach's zur Berechnung der wesentlichsten Factoren eines Bebens verdienen die allergrösste Würdigung und bezeichnen einen ganz besonderen Fortschritt in der Seismologie. Sie werden jedoch erst dann entsprechende Werthe liefern, wenn man hierbei vor Allem die Homoseisten, unbeirrt von der Theorie, nach ihrem möglichst wirklichen Verlauf einzeichnet.

19. Die Begrenzung des Erschütterungsgebietes gegen NO ist concentrisch mit dem Verlaufe der 5<sup>h</sup> 0<sup>m</sup>-Homoseiste.

20. Fall's Behauptung: die Gebirge leiteten während des Belluneser Erdbebens die Stosswellen schneller als Ebenen, ist irrig.

21. Die Tiefe des Centrums berechnet sich aus dem Radius des pleistoseisten Kreises mit 7.91 Kilometer. Diese Zahl soll nur ein allgemeines Bild von der Herdtiefe geben.

22. Die relative Intensität, unter Zugrundelegung der Entfernungen in Kilometern, berechnet sich mit 18.288. Die Intensitätsformel ist in der Gestalt  $i = a^2_3$  genügend genau; die erschütterte Fläche ist das Mass der Intensität.

23. Das Beben war ein centripetales.

24. Die Entstehungsursachen dieser Erderschütterung waren die allgemeinen gebirgsbildenden Kräfte, eine Bewegung auf bereits vorhandenen Spalten.

25. Die Erschütterungen im nördlichen Theile des Verbreitungsgebietes, also zwischen Salzburg und Freystadt, gehören einem eigenen selbstständigen, kleineren, nahezu gleichzeitigen Erdbeben an.

26. Es scheinen alle, über grosse Flächen ausgedehnte Erderschütterungen meist nicht einem, sondern mehreren Centren zu entsprechen. Ob, und eventuel welcher Art, zwischen denselben geologische Beziehungen bestehen, ist späteren Forschungen vorbehalten.

