

Die Beziehung des Erdbebens von Sinj am 2. Juli 1898 zur Tektonik seines pleistoseisten Gebietes.

Von Dr. Fritz von Kerner.

Mit einer geologischen Karte (Taf. Nr. I).

Am Morgen des 2. Juli 1898 wurde die südliche Umrandung der grossen Cetinaebene bei Sinj von einem verheerenden Erdbeben heimgesucht. Das Auftreten einer heftigen, von zahllosen Nachbeben gefolgt Erschütterung am Rande eines der grossen innerdalmatischen Einbruchgebiete rief sofort den Gedanken wach, dass es sich hier um ein neues Glied in der langen Kette jener Vorgänge handle, die mit dem genannten Einbruche in genetischer Beziehung stehen und eine Theilerscheinung jener Krustenbewegungen bilden, die man in ihrer Gesamtheit als periadriatischen Senkungsprocess bezeichnet. Der Umstand, dass das Beben in ein Gebiet fiel, das sich zufolge seiner grossen Aufgeschlossenheit für tektonische Studien verhältnissmässig günstig erweist, liess die Hoffnung begründet erscheinen, dass sich bestimmte Beziehungen zwischen dem Gebirgsbaue und den seismischen Erscheinungen feststellen lassen. Es wurde mir die Aufgabe zutheil, eine diesbezügliche Untersuchung durchzuführen¹⁾, und ich habe die Ergebnisse derselben in einem vorläufigen Berichte über das Erdbeben von Sinj mitgetheilt. (Verh. d. k. k. geol. R.-A. 1898, Nr. 11/12.) Die folgenden Zeilen enthalten eine genauere Darstellung meiner im Schüttergebiete gemachten geologischen Beobachtungen und eine Erörterung der aus denselben abzuleitenden Schlüsse bezüglich der nächsten Ursachen des stattgehabten Bebens.

Geologische Beschreibung der südlichen Umrandung des Sinjsko Polje.

Die südliche Umrandung des Sinjsko Polje wird durch die Cetina in einen westlichen und östlichen Theil geschieden. Der westliche Theil ist ein ziemlich flacher, etwa 2 km breiter Gebietsstreifen, welcher sich längs der Nordostseite des Bergrückens Čemernica (Trapošnik 666 m) bis zum Südfusse des Berges Visoka (91 m) erstreckt. Der an diesen

¹⁾ Mit der physikalischen Untersuchung des Bebens wurde Herr Ingenieur A. Faidiga, Adjunct am astronomisch-meteorologischen Observatorium in Triest, betraut.

Berg zunächst anstossende nördliche Theil des Terrains, die Gegend Podovi, ist eine völlig horizontale, steinige Ebene, deren Ostrand gegen das Sinjsko Polje ziemlich steil abfällt. Weiter südwärts wölbt sich der Ostrand dieser Ebene zu einem Hügelzuge auf, welcher sich alsbald in zwei divergirende Züge spaltet. Der eine derselben (Gomila 434 m) verläuft in der Richtung des Ostrandes der Podoviebene gegen SO weiter und flacht sich schon 2 km westlich von der Cetina ab. Der andere Zug (Vojnički Brig 440 m) wendet sich zunächst gegen S und alsdann in flachem Bogen gegen OSO, um erst an der Cetina mit steilen Felsabhängen zu enden. Die zwischen diesen Höhenzügen gelegene Vertiefung wird durch einen bei Klapeza Staja die beiden Züge verbindenden Querriegel in eine längliche Mulde und in ein gegen SO sich öffnendes kurzes Thälchen geschieden. Die Ebene Podovi erfährt durch die südwestliche Ausbauchung des inneren Höhenzuges eine bedeutende Verschmälerung; gleichzeitig vollzieht sich eine geringe Senkung ihres Niveaus, so dass sich das in ihrer Fortsetzung gelegene Terrain von Vojnić zu einer flachen, zwischen dem Vojnički Brig und dem Rücken des Trapošnik gelegenen Mulde gestaltet, von welcher ein Graben zur Cetinaschlucht hinabführt.

Zwischen den Kuppen Kukušovac und Radašusa trifft man am steilen Westabhange des Sinjsko Polje vorzugsweise losen Schutt und recente Gehängebreccien, aus denen da und dort Felsen von Rudistenkalk aufragen. Oben am Plateau zeigen sich viele dem Plateaurande parallele Riffe dieses Kalkes, die als Schichtköpfe von steil aufgerichteten Bänken zu betrachten sind. Zwischen diesen Riffen liegt viel loses Trümmerwerk, vorwiegend Stücke von Kreidekalk, zum Theil auch Fragmente von alten Breccien aus eocänen Kalken. Jenseits der kleinen, auf der Südseite der Radašusa befindlichen Mulde, zu deren beiden Seiten die verticale Stellung der Schichten ziemlich deutlich erkennbar ist, trifft man unfern des Plateaurandes inmitten eines wüsten Kreidekalkterrains eine ziemlich ausgedehnte Linse von dunkelrothen bis braunen, zum Theil auch lichten Cosinaschichten in Verbindung mit kleinen Lagern von Eisenthon.

Nähere Aufschlüsse über die Art der Störung, mit der dieses Vorkommnis in Zusammenhang steht, lassen sich wegen der Undeutlichkeit der Lagerungsverhältnisse in dieser Region nicht gewinnen.

Nordostwärts von dieser Protocänlinse treten auch am Plateaurande und am steilen Abhange des Sinjsko Polje Gesteine auf, die in das tiefere Eocän zu stellen sind: sehr fossilarme, hellgraue Kalke, welche stellenweise Milioliten und vereinzelt Alveolinen enthalten. Weiter südostwärts trifft man am Abhange zunächst wieder Rudistenkalk; eine Strecke weit vor der Stelle, wo der von Turjake nach Vojnić hinaufführende Weg beginnt, tritt aber am Plateauabfalle Alveolinenkalk zu Tage. Die durch eine Zone von Breccien bezeichnete Grenze zwischen beiden Kalken zieht in südlicher Richtung schief über das Gehänge zum Plateau hinauf und durchquert alsdann die Kuppe des kleinen Felshügels, um dessen Ost- und Südseite sich der genannte Weg herumbiegt. An der Umbiegung dieses Weges gegen SSO stehen cretacische Breccienkalke und Netzkalke an; westwärts vom Anfangsstücke der gegen SO gerichteten Strecke des Weges

lagern fossilarme Kalke des Untereocäns, deren Schichtmasse gegen W längs einer NO—SW streichenden Querverwerfung scharf gegen den Rudistenkalk abbricht. Ostwärts vom Wege trifft man hier bis zur Ebene hinab ziemlich fossilreichen, blassröthlichen Alveolinenkalk. Weiter gegen SO nimmt derselbe nur die Kammregion des längs der Ebene verlaufenden Höhenzuges ein. Der dem Polje zugekehrte Abhang besteht von den südlichsten Hütten von Turjake an aus Rudistenkalk, das der Mulde von Pištetak zugewendete Westgehänge des Rückens aus Nummuliten führenden Schichten. Besonders deutlich lässt sich dieser Aufbau des Rückens aus drei verschiedenen Kalkzonen in der kleinen Schlucht erkennen, die ihn gegenüber von Zabljak durchbricht.

Die die innere Zone bildenden Nummulitenschichten beginnen schon am Ostrande der Podoviebene südostwärts von dem vorhin erwähnten untereocänen Kalken und ziehen von da schief über das Terrain, in welchem sich der die Einsenkung von Pištetak von West her umgreifende Höhenzug vom vorerwähnten Zuge abgliedert, in diese Senkung hinüber.

Am Westabhange derselben verlieren sie sich schon da, wo dieselbe aus einem flachen Graben in eine weite, mit Eluvien erfüllte Mulde übergeht. Am ziemlich steilen Ostabhange der Mulde lassen sie sich bis zu dem flachen Querriegel von Klapeza Staja verfolgen, welcher die Mulde gegen SO abschliesst.

Am Ostrande der Podoviebene und auf dem Rücken zwischen dieser Ebene und dem flachen Graben, welcher zur eben genannten Mulde hinabführt, erscheinen vorzugsweise rothgefärbte, zum Theil schiefrige Kalke mit kleinen Nummulinen. Am Westabhange des grabenförmigen Anfangsstückes der Mulde von Pištetak beobachtet man einige Riffe von typischem Hauptnummulitenkalk mit dem diesem Kalke eigenthümlichen Relief, dann Scherbenfelder von dichten bis körnigen, zum Theil plattig entwickelten blassen Kalken, die meist fossilleer sind, da und dort jedoch vereinzelt Nummuliten enthalten, ferner lose Stücke von Conglomeraten und Breccien aus grauen und weissen Fragmenten. Das Einfallen der stellenweise aus dem losen Trümmerwerk vortretenden anstehenden Kalkvorkommnisse ist, soweit es sich erkennen lässt, ein mässig steil nach Ost gerichtetes.

Die Nummulitenkalke auf der Ostseite der Mulde von Pištetak zeigen gleichfalls verschiedenen petrographischen Habitus; am oberen, sich abflachenden Theile des Gehänges sieht man lange Riffe von rothen, dünnplattigen bis schiefrigen und von weissen körnigen Kalken, dann Bänke von mehr mergeligem Aussehen. Die Schichten fallen hier steil gegen WSW. Es liegt somit in der Mulde von Pištetak synklinale Schichtstellung vor; doch handelt es sich nicht um zwei durch ein Bogenstück verbundene, sondern um zwei unter einem Winkel zusammentretende Schichtflügel.

Auf dem Rücken westwärts vom oberen Theile der Mulde von Pištetak trifft man ausgedehnte Scherbenfelder von blassröthlichem, nicht sehr fossilreichem Alveolinenkalk. In der Gegend von Punkt 424 der Spezialkarte bestehen auch noch die Felsen an dem der Podoviebene zugekehrten Westabhange des Bergrückens aus Alveolinenkalk. Nordwärts von da reicht der Rudistenkalk weiter gegen Ost bis in die

Nähe der vorerwähnten Nummuliten führenden Schichten. Der Alveolinenkalk schneidet hier längs einer SSW—NNO streichenden Störungslinie ab. Südwärts von Punkt 424 der Specialkarte bestehen die Felsen am Abhange auf der Ostseite der Podoviebene aus Rudistenkalk. Die Grenze zwischen Kreide und Tertiär verläuft hier in flachem, gegen SW convexem Bogen schief über die Rückenfläche des Höhenzuges in die Mulde von Pištetak hinüber. Sie erscheint durch einen Zug von protocänen Kalken bezeichnet, die ziemlich fossilarm sind, indess sich die Randzone des Kreidekalkes als reich an Rudisten erweist. Die Zone des Alveolinenkalkes auf der Westseite der Mulde von Pištetak nimmt dem eben erwähnten Verlaufe der Formationsgrenze entsprechend gegen SO hin rasch an Breite ab, um etwas südwärts vom Punkt 399 der Specialkarte auszukeilen, so dass am Südrande der Mulde (zwischen Punkt 399 und Klapeza Staja) schon Rudistenkalk ansteht.

Südostwärts von Klapeza Staja, woselbst der Nummulitenkalk endet, reicht dieser Rudistenkalk, welcher das Liegende des Eocäns auf der Westseite der Mulde von Pištetak bildet, bis an den Zug des Alveolinenkalkes auf der Ostseite der Mulde heran. In seinem östlichen Theile besteht demzufolge der Höhenzug von Gomila aus einer mittleren Zone von Alveolinenkalk und zweien seitlichen Rudistenkalkzonen. In der äusseren Rudistenkalkzone, welche den der Ebene zugekehrten Steilabfall des Höhenzuges bildet, treten oberhalb Doci wilde Felsriffe auf, welche auf Steilstellung der Schichten hinweisen. An der Grenze gegen den über die Rückenfläche des Höhenzuges verlaufenden Alveolinenkalk, welcher wahrscheinlich gleichfalls steil aufgerichtet ist, treten fossilere Kalkgesteine von unregelmässigem, zum Theile breccienartigem Gefüge auf. Cosinaschichten fehlen, ebenso obere Foraminiferenschichten von charakteristischem Habitus. Am ehesten könnte man nahe bei Košute von einer Vertretung des oberen Foraminiferenkalkes durch feinkörnige grauliche Kalke sprechen. Die Grenze des Alveolinenkalkes gegen den innern Rudistenkalkzug, welcher die Nordostabhänge des Thälchens bei Košute bildet, ist ziemlich scharf und jedenfalls einer Störungslinie entsprechend.

In dem eben genannten Thälchen sind mächtige Anhäufungen von Terra rossa vorhanden. Das Südostende des Rückens Gomila ist mit vielem Schutt und Trümmerwerk bedeckt. Längs des Nordostfusses des Rückens ziehen sich flach gelagerte neogene Mergel hin, welche in bald grösserer, bald geringerer Entfernung vom Gebirgsrande unter den quartären Bildungen des Sinjsko Polje verschwinden.

Bei Bučanj endet die steinige Ebene Podovi und es schliesst sich an dieselbe zunächst die Einsenkung von Pištak, welche weiterhin in die Mulde von Vojnić übergeht. Am Gehänge, welches die Einsenkung in Osten begleitet, trifft man viel Gehängeschutt, auch grössere Blöcke, Anhäufungen von Terra rossa und einzelne Felsen von Rudistenkalk, welcher mässig steil gegen NO bis NNO einfällt.

Auch an der zur Mulde von Vojnić abdachenden südöstlichen Fortsetzung dieses Gehänges ist neben anstehendem Fels sehr viel Gebirgsschutt vorhanden. Auf dem breiten Rücken, welcher die Einsenkung Pištak von der Mulde von Pištetak scheidet, trifft man vor-

zugsweise anstehenden Rudistenkalk; auf der zunächst anstossenden, gegen OSO umbiegenden, schmälere Fortsetzung des Rückens, dem Vojnički Brig, breiten sich dagegen grosse, durch Zerfall der Felsmassen gebildete Trümmerfelder aus. Auf der weiteren östlichen Fortsetzung des Rückens, dem Gardunski Brig, ist gleichfalls viel loses, mehr oder minder scharfkantiges Gesteinsmaterial vorhanden. Im nordöstlichen Theile dieses Terrains (nordwärts von Punkt 434 der Specialkarte) tritt dagegen in grösserer Ausdehnung Rudistenkalkfels zutage, welcher ein nordnordöstliches Einfallen zeigt. Am Nordrande des Vojnički Brig sind lockere und mehr oder minder festgefügte Gehängebreccien zu constatiren.

Das hügelige Terrain, welches sich zwischen dem Ostfusse des Bergrückens Gomila und der Cetina auf der Nordseite des Vojnički- und Gardunski Brig ausbreitet, besteht aus flach gelagerten neogenen Süsswasserschichten. Man beobachtet hier vorzugsweise Mergel mit vereinzelt Lignitschmitzen und Bänke von lockeren Sandsteinen und Conglomeraten. Es tritt dieses Terrain in auffälligen, durch die Verschiedenheit in Farbe und Relief bedingten landschaftlichen Contrast gegen seine felsige Umrandung. Das morphologische Charakteristikon dieser Mergelterrains, welches in der Durchfurchung von vielen tiefen und vielverzweigten Erosionsrinnen besteht, zeigt sich besonders schön an der Stasina Glavica (450 m) entwickelt, welche einem von zahlreichen Barancos durchschnittenen, oben abgeflachten Kegelberge gleicht. Auf der Nordseite des Vojnički Brig reichen diese Mergel nicht bis zur Höhe des Kalkrückens hinan; weiter ostwärts steigen sie jedoch bis in das Niveau desselben hinauf. Das Plateau von Gardun ist mit Maisfeldern bepflanzt und es ist hier, soweit nicht die Farbe der Ackererde einen Hinweis liefert, schwer entscheidbar, ob der unter derselben zunächst gelegene Boden aus Eluvien des Kreidekalkes oder aus Umschwemmungsproducten von neogenen Mergeln besteht.

In der westlichen Ausbuchtung der Mulde von Pištak, welche dem unteren Ende des Grabens entspricht, der von der Einsattlung zwischen den Kuppen Bračić und Trapošnik herabkommt, tritt inmitten grosser Anhäufungen von Terra rossa cretacischer Dolomit zutage. Das Muldengebiet selbst ist von vielen, weithin verfolgbaren, nord-südstreichenden Felsriffen durchzogen, welche den Schichtköpfen mässig steil ONO-fallender Bänke von Rudistenkalk entsprechen. Weiter gegen Südost sind längs des Nordostfusses des Trapošnik (666 m) mehr oder minder breite Züge von Dolomit verfolgbar. Gegenüber von Vojnić tritt am Nordostfusse des Jedinidrinak (544 m) Dolomit in grösserer Ausdehnung zutage, dessen Schichtmasse in nordöstlicher Richtung nach abwärts gekrümmt erscheint. Am Rande der Mulde sind die Dolomitbänke schwach gegen NO geneigt; an der Grenze gegen den das Gehänge aufbauenden Kreidekalk liegen sie ganz horizontal.

Der anstossende Rudistenkalk fällt steil gegen SW bis SSW ein und bildet die Basis einer mächtigen Folge von Kalkbänken, deren Schichtköpfe als langgestreckte, an den Abhängen des Trapošnik und Jedinidrinak sich hinziehende Felsbänder erscheinen. Es liegt somit auf der Südseite der Mulde von Vojnić antiklinale Schichtstellung vor, doch handelt es sich nicht um zwei einander correspondirende Falten-

flügel, sondern um zwei längs einer Störungslinie aneinandertretende Schollen, welche nach entgegengesetzten Richtungen geneigt sind. Weiter südostwärts ist am Fusse des südlichen Berghanges ein grösseres Lager von Terra rossa vorhanden. In sehr bedeutender Anhäufung findet sich die rothe Erde in der Einbuchtung des Gehänges hinter Ravicié. Die Kalke fallen am Ostfusse des Jedindrinak mässig steil gegen S bis SSW. Weiter hinauf am Gehänge sind die Lagerungsverhältnisse unklar. Bei Ravicié selbst beobachtet man mauerähnliche Felszüge, welche als Schichtköpfe sehr steil gegen SSW fallender Kalkbänke anzusehen sind; auch weiter südostwärts ist mehr oder minder steiles Einfallen gegen SSW deutlich erkennbar.

Der unterhalb der Kirche Sv. Jurai gelegene Theil der Mulde von Vojnić ist fast ganz mit Feldern und Weingärten bedeckt. An einigen Stellen tritt sandiger grauer und körniger weisser Dolomit zutage. Die kleine Terrainstufe südöstlich von der Kirche wird durch Breccienkalke gebildet, die östliche Fortsetzung dieser Stufe aus Felsmassen von Rudistenkalk, dessen Lagerung nicht erkennbar ist. In der Gegend, in welcher die Mulde von Vojnić in den zur Cetinaschlucht hinabführenden Graben übergeht, tritt ein ziemlich breiter Zug von Dolomit hervor, welcher weiterhin dem Graben bis zum Cetina hinab folgt.

Die den Zug im Südwesten begleitenden Rudistenkalke sind am Waldrande vor Ravicié $25-30^\circ$ gegen S bis SSW geneigt; die längs der Nordseite des Zuges verlaufenden Kalkbänke lassen ein 40° steiles Einfallen gegen NO erkennen. Die Lagerungsverhältnisse des Dolomites sind hier minder deutlich; in dem zur Cetina hinabführenden Graben fällt er unter den dort steil gegen SSW geneigten südlichen Flügel der Antiklinale ein. Ein Faltenaufbruch mit einander genau entsprechenden Schenkelstücken ist jedenfalls auch hier nicht vorhanden.

An der Ostwand der Cetinaschlucht ist das südliche Einfallen der Kalkmassen, welche sich südwärts von der Einmündung des vorerwähnten Grabens befinden, deutlich sichtbar; minder deutlich an den von einer kleinen Ruine gekrönten Felsen am westlichen Steilufer. Der erste, auf der Südseite des Grabens am westlichen Cetinaufer aufragende Felsriff fällt noch 55° NNO. Thalabwärts von der Ruine sind die Lagerungsverhältnisse an beiden Schluchtwänden ziemlich unklar, doch dürfte noch eine Strecke weit südliches Einfallen andauern. Weiter südwärts sind dann wieder östliche bis nordöstliche Fallrichtungen zu constatiren, welche zunächst local, auf der Südostseite des Konačnik (464 m) aber regional zu sein scheinen.

Die Cetina ist auf dieser Thalstrecke von circa 5 m hohen, aus Lehm, Sand und Schotter gebildeten Terrassen theils einseitig, theils beiderseitig begleitet.

Am steilen, felsigen Nordgehänge des zur Mulde von Vojnić hinaufziehenden Grabens fallen die zum Theile breccienartigen Kalke 40° N. Die Grenze gegen den in der Tiefe des Grabens zu Tage tretenden Dolomit ist durch Felschutt und Gehängebreccien verdeckt. In der Cetinaschlucht sind thalaufwärts von der Mündung dieses Grabens die Lagerungsverhältnisse nur theilweise feststellbar. Die steilen Felsen an der westlichen Schluchtwand unterhalb Punkt 407 der Specialkarte zeigen keine deutliche Schichtung. Die unter einem mit rother Erde

bedeckten Gehänge vortretenden Felsriffe schief gegenüber von der Mühle unter Svaline lassen ein mässig steiles Einfallen gegen NO erkennen. Minder bestimmt lässt sich diese Fallrichtung für die weiter nordwärts unter den neogenen Mergeln auf der Ostseite der Cetina anstehenden Kalkfelsen behaupten.

An den weiter thalaufwärts folgenden Westabhängen des Cetinathales ist die Lagerung sehr unklar; die aus umfangreichen Schuttmassen aufragenden Felsriffe unterhalb der Kirche Sv. Petar weisen auf Steilstellung der Schichten am Rande des Gebirges hin.

Nordwärts von diesen Riffen, welche auf der Ostseite der Cetina keine Fortsetzung finden, wird auch das Westgehänge des Cetinathales von jungtertiären Ablagerungen gebildet, deren Grenze gegen das cretacische Gebirgsgerüste durch recente Schuttmassen völlig verdeckt ist. Man beobachtet hier zunächst eine mächtige Folge von gelblichen Mergelschichten, darüber groben Sand mit eingelagerten Schotterbänken, dann eine dicke Bank von lockerem Conglomerat und über dieser wieder mergelige Schichten, sowie gröberes und feineres Geschiebe. Die Conglomeratbank lässt eine schwache Neigung gegen die Ebene hin erkennen.

Auf der Ostseite des Cetinathales unterhalb Trilj breitet sich eine umfangreiche Hügelmasse aus, welche gegen NO und SO durch Thalfurchen von den umgebenden Bergzügen getrennt ist und nur an ihrer SW-Seite mit dem Nachbarterrain zusammenhängt. Sie ist durch einen grösseren und mehrere kleinere Gräben in eine Anzahl von Rücken gegliedert, deren Abhänge von zahlreichen vielverzweigten Erosionsrinnen durchfurcht sind. Diese ganze, im Golo Brdo bis zu 463 m anschwellende Hügelmasse besteht aus flach gelagerten Mergeln und eingeschalteten Bänken von Sanden, Schottern und lockeren Conglomeraten. An der am Ostabhänge des Cetinathales von Trilj nach Caporice hinaufführenden Strasse stehen mächtige, ganz horizontal gelagerte Bänke von Conglomeraten an. Eine reiche Entwicklung von conglomeratischen Einschaltungen ist auch in dem Graben östlich von Caporice zu beobachten.

Südwestlich vom Golo Brdo liegt ein wüstes Rudistenkalkterrain, das in seiner Mitte von NW—SO streichendem Dolomit durchzogen ist, welcher sich als die jenseits der Cetina gelegene Fortsetzung des Dolomitzuges von Vojnić erweist. Auf der Nordseite der Runjik Glavica (431 m), woselbst OSO- bis SO-Fallen der Kalke zur Beobachtung kommt, ist ein grosses Terra rossa-Lager vorhanden. Auf dem schmalen Rücken, welcher nordostwärts von der Runjik Glavica verläuft, trifft man ein wüstes Felsgewirre von Rudistenkalk, in welchem sich die Lagerungsverhältnisse völlig der Beobachtung entziehen. Dasselbe ist auf dem nordostwärts benachbarten Rücken der Fall, welcher bei den Hütten von Briskilje endet. Die mehrfach zu beobachtenden steilen Felsriffe lassen mit einiger Wahrscheinlichkeit auf saigere Stellung der Kalkbänke schliessen.

Im unteren Theile und an der Mündung des zwischen diesen beiden Felsrücken gelegenen Grabens sind sehr umfangreiche Anhäufungen von rother Erde vorhanden. Auch ein kleines, vom gegenüberliegenden, der Masse des Golo Brdo zugehörigen Gehänge durch

Eluvien getrenntes Vorkommnis von neogenen Mergeln ist hier zu constatiren.

Ein grösseres Lager von solchen Mergeln breitet sich nordwärts von dem vorgenannten Kalkrücken zwischen Biskilje und Strmen Dolac aus. Die Felsen südwestlich von Strmen Dolac bestehen aus NW — SO streichenden, steil aufgerichteten Kalkbänken. Am Gehänge, längs dessen Fuss sich das eben genannte Dörfchen hinzieht, nimmt die Neigung der Schichten in der Richtung gegen N allmählig ab. Bei den gegen Süden zu gelegenen Hütten constatirt man 60°, weiterhin 40—45° und schief gegenüber von der Kirche Sv. Nicola 30° NO bis NNO fallenden Rudistenkalk.

Auf der Ostseite der nördlichen Ausbuchtung der Mulde von Strmen Dolac tritt 40—50° WSW fallender Alveolinenkalk zutage. Derselbe ist zum Theile rein weiss und in seinem petrographischen Habitus dem typischen Rudistenkalke sehr ähnlich, zum Theile blassröthlich bis rosenroth und stellenweise breccienartig entwickelt. Auch die bei meinen Detailaufnahmen in der Zagorje als ein ziemlich constanter Horizont des tieferen Eocäns erkannten, schiefrigen, gelbgrauen Kalke mit kleinen Nummulinen kamen hier zur Beobachtung. An der Grenze gegen den die höheren Theile des Thalgehanges bildenden Rudistenkalk erscheint ein schmaler Zug von kieseligen, graurothen bis lilafarbigem Kalken, welche vereinzelte Durchschnitte von Hydrobien enthalten. Eine Zone von oberem Foraminiferenkalk ist hier nicht zu constatiren.

Eine Strecke weit vor den Hütten von Krolina verschwindet dieser Zug von Alveolinenkalk unter einem Schuttkegel, dessen Material von den höher oben anstehenden Rudistenkalkfelsen stammt. Weiterhin treten unter diesem Kalkschutte neogene Mergel zutage, welche einen kleinen, in die Mulde von Strmen Dolac ausladenden Gehängevorsprung bilden. Bei den Hütten von Krolina erscheint wieder als Fortsetzung des vorerwähnten Zuges ein schmaler, zwischen Rudistenkalk eingekeilter Zug von Alveolinenkalk. Der Felsriff ober dem dort befindlichen gemauerten Punar (Brunnen) besteht aus einem Kalk, welcher vollkommen den Habitus gewisser Kreidekalke besitzt und auf Rudisten zu beziehende Schalensplitter enthält.

Die Felsen am Pfade unterhalb des Punars bestehen aus einem rein weissen Kalk mit schlecht erhaltenen, aber doch sicheren Längs- und Querschnitten von Rudisten. Die anstehenden Partien und losen Kalktrümmer in der schmalen, dazwischen liegenden Gehängezone enthalten dagegen Alveolinen. Die Lagerungsverhältnisse sind hier nicht zu erkennen. Bei dem grossen Eichenbaume vor den Hütten von Krolina trifft man unmittelbar unter einem Riff von Rudistenkalk einen mürben, schmutzig graugelben Kalk, welcher zahlreiche Nummuliten in sich schliesst. Dieser schmale Zug von eocänen Kalken lässt sich jenseits der vorerwähnten Hütten am Abhange eine Strecke weit südostwärts verfolgen. Man beobachtet da ausser Alveolinen führenden, mehr homogenen Kalken vorzugsweise Breccienkalke und fossilere röthliche Breccien. Das Einfallen dieser Schichten ist 40—50° NO. Cosinaschichten sind hier am Nordostrand des eocänen Kalkzuges fehlend; dagegen treten auf der Südwestseite des Zuges an der Grenze

gegen den Rudistenkalk Gesteine auf, welche in ihrem Habitus gewissen Kalken der Protocänstufe gleichen.

Der östlich von der Cetina gelegene Theil der südlichen Umrandung des Sinjsko Polje besteht aus vier einander parallelen, NW—SO streichenden Höhenzügen, welche ebensoviele Felssporne in die Ebene vorschieben und deren südöstliches, jenseits des Ruda Potok gelegenes Randstück in mehrere Buchten zertheilen. Der Südostrand des Sinjsko Polje beschreibt demzufolge eine Zickzacklinie und tritt so in scharfen morphologischen Gegensatz zu dem südwestlichen Rande, welcher geradlinig verläuft. Der südlichste und breiteste dieser Höhenzüge schiebt sich — sich allmählig gegen N hin verjüngend — aus der Gegend von Čačvina bis zu der Stelle vor, wo der Ruda Potok kurz vor seiner Einmündung in die Cetina aus seiner südsüdwestlichen Richtung nach W umbiegt.

Hinter den Hütten von Susnjara tritt dieser Rücken bis dicht an die Hügelmasse des Golo Brdo heran, so dass das von einem theilweise trocken liegenden Flussbette durchzogene Thal, welches diese Hügelmasse von O her umgreift, in zwei Theile zerfällt; in einen inneren, welcher eine von SW gegen NO in die Länge gezogene Mulde ist (Mulde von Strmen Dolac), und in einen äusseren, welcher die südlichste der vorerwähnten Ausbuchtungen des Sinjsko Polje darstellt (Bucht von Vedrine). In dem nordwärts vom Felssporne von Vedrine zur Linken des Ruda Potok gelegenen Randtheile des Sinjsko Polje schiebt sich der dritte der vorerwähnten Höhenrücken bis unmittelbar an den Fluss vor und theilt so jenes Randstück in zwei Buchten (Bucht von Jabuka und Grab), von denen die erstere durch das Ende des schmalen zweiten Rückens, die letztere durch das Endstück des vierten Rückens in zwei Zipfel zerfällt.

Der breite, aus der Gegend von Čačvina zum Ufer des Ruda Potok verlaufende Höhenzug setzt sich aus einer schmalen mittleren Zone von Dolomit und zweien seitlichen Rudistenkalkzonen zusammen. Westlich von Ković bildet der Dolomit eine Zone, welche sich im Relief als seichter Graben bemerkbar macht und durch die reichere Rasenbedeckung und den röthlichbraunen Ton der von Vegetation entblössten Stellen gegen die hellgrauen Felsgewirre des Rudistenkalkes lebhaft contrastirt. Bei den Dolomitbänken lässt sich ein mässig steiles (35—40°) Fallen gegen NNO bis NO mit ziemlicher Deutlichkeit erkennen; in den begleitenden Rudistenkalkterrains sind die Lagerungsverhältnisse sehr unklar. Die Rudistenkalke auf der SW-Seite des Dolomituges dürften gegen SW einfallen; für die an den Dolomit zunächst anstossenden Bänke dürfte saigere Stellung, eventuell sogar locale Ueberkipfung gegen SW (steiles NO-Fallen) anzunehmen sein. Die Grenze zwischen Dolomit und Kalk ist auf dieser Seite sehr scharf und jedenfalls einer Störungslinie entsprechend. Auf der NO-Seite treten auch noch in dem der Dolomitzone benachbarten Kalkterrain dolomitische Einschaltungen auf, welche gleich den Schichten in der dolomitischen Hauptzone gegen NO einzufallen scheinen. Es lässt sich darauf schliessen, dass der auf der NO-Seite an den Dolomit anstossende Kalkcomplex das Hangende des Dolomites ist. An den Kalken selbst ist nur stellenweise nordöstliches Einfallen zu constatiren und eine

deutliche concordante Auflagerung der untersten Kalkbänke auf den benachbarten Dolomit nicht erkennbar. Weiter gegen O hin ist dann mässig steiles bis steiles NNO- bis N-Fallen der an Rudistenresten ziemlich reichen Kalke zu beobachten. Bei der östlichen Hüttengruppe von Čačvina (südlich von der Kota Glavica, 584 m) trifft man mauerähnliche Felsriffe, welche den Schichtköpfen steil (60—65°) gegen SW fallender Kalkbänke entsprechen. Weiterhin folgen Einschaltungen von Dolomit und dann wieder bei Bilanić mässig steil NNO fallende Kalke. Der Felsgrat (703 m) zwischen Bandovo und Čačvina scheint aus steil aufgerichteten Kalkbänken zu bestehen.

Bei Sivalica ist die in der Mitte des Bergrückens verlaufende Zone von Dolomit ziemlich schmal. Die Kalkbänke fallen in dieser Region im südwestlichen Kalkzuge 30° SW bis SSW, im nordöstlichen Zuge ungefähr ebenso steil gegen ONO. In dem dolinenreichen Terrain nordöstlich von Sivalica trifft man ausser homogenen Kalken auch Breccien und Conglomerate aus weissen und grauen Fragmenten mit gelblicher Kittmasse, welche sich in ihrem Habitus von den klastischen Gesteinen der Prominaschichten einigermaßen unterscheiden.

Solche Breccien sind auch weiter westwärts, oberhalb Vedrine, in grösserer Verbreitung zu beobachten. Man trifft indessen an verschiedenen Stellen des in Rede stehenden Gebietes auch räumlich beschränkte Vorkommnisse von Gesteinen, welche das Aussehen der in den untersten Prominaschichten auftretenden Breccien und Conglomerate besitzen. In grösserer Ausdehnung finden sich solche Conglomerate am Nordabhange des Thälchens von Grab. Sie bestehen dort aus runden, durch spärliche Kittmasse verbundenen Stücken von weissem und grauem Kalk, von denen die ersteren zum Theile Rudistenreste enthalten, die letzteren das Aussehen des die südlich benachbarte Region aufbauenden Muschelkalkes haben. Aus ebensolchen Conglomeraten besteht auch der Felssporn nördlich von Vedrine, welcher das nordwestliche Endstück des Bergrückens von Čačvina bildet. Am Fusse des Abhanges bei Vedrine finden sich Breccien und Conglomerate, welche aus weissen und rosenrothen Kalkstücken bestehen, die durch reichliche rothe Kittmasse zusammengefügt sind.

Der kleine Hügel, welcher die mittlere der drei früher erwähnten südöstlichen Ausbuchtungen des Sinjsko Polje in zwei Theile scheidet, besteht aus Gesteinen der untersten Trias. Auf dem Südabhange des Hügels beobachtet man dunkelrothe Sandsteine, mehr gegen die Nordseite des Hügels zu dunkle Kalke, Rauhewacken und Dolomite. Auf dem Rücken, dessen Endstück die eben erwähnte Bodenerhebung bildet, trifft man südlich von Jabuka lose Stücke und aus dem Humus vortretende Trümmer von schmutzig-braunrothen sandigen und gelbgrauen kalkigen Werfener Schichten, jedoch keine Züge von anstehendem Gestein. Weiter südwärts sind am Nordabhange dieses Rückens 40° SSW fallende, dünnplattige grünliche Schiefer in Wechsellagerung mit Bänkchen von Kalkschiefern zu constatiren. Besonders mannigfaltig in petrographischer Beziehung erweist sich diese schmale Zone von Werfener Schichten am Ostfusse des von der Čačvina-Ruine gekrönten Felsgrates. Es finden sich dort schmutzig-braunrothe Sandsteine, typische graugelbe lochrige Rauhewacken, schwarze, weiss geäderte

Kalke und dunkelrothe Conglomerate. Das Einfallen dieses Zuges von Werfener Schichten ist 40° SW.

Das nordwärts von diesem Zuge zwischen den Buchten von Jabuka und Grab gelegene Terrain besteht aus Muschelkalk mit Einlagerungen von Dolomiten, welche sich durch gröberes Korn und eine mehr ins Silbergraue spielende und dunklere Farbe von den bräunlich-grauen cretacischen Dolomiten unterscheiden. Der Rücken (458 *m*), an dessen Südfuss die Hütten von Jabuka liegen, baut sich aus vertical gestellten, WNW—OSO streichenden grauen Kalken auf; bei den hinteren Hütten des eben genannten Dörfchens treten dolomitische Einschaltungen auf. Auf dem diesem Rücken benachbarten Höhenzuge (432 *m*), an dessen Nordfuss das Dorf Grab liegt, ist kein deutliches regionales Fallen zu constatiren. Die verschiedenorts messbaren Fallrichtungen und Fallwinkel machen den Eindruck localer Befunde.

In der Einsenkung zwischen beiden Rücken befinden sich die steil aufgerichteten Muschelkalkbänke in Wechsellagerung mit dolomitischen Schichten. Der Umstand, dass die letzteren weniger widerstandsfähig sind, bringt es mit sich, dass die Schichtköpfe der Kalkbänke als mauerähnliche Gesteinsriffe vorragen, eine Erscheinung, die, wo viele solcher Riffe in paralleler Anordnung und in grösserer Längserstreckung sich hinziehen, einen sehr eigenthümlichen Anblick gewährt.

In der Gegend zwischen der nordwestlichen Hüttengruppe von Velić und dem Felskessel, in welchem der Grab Potok hervorbricht, bedingt die Steilstellung der Muschelkalkbänke das Auftreten höchst pittoresker und bizarrer Felsformationen, als Mauern, Thürmchen, Zinnen und Ruinen. Weiter nordwärts ist das Felsterrain völlig eingeebnet; kurz vor Bugarin ragt aber nochmals ein breiter Felsriff auf, ein Zeichen, dass die steile Stellung der Schichten auch noch in dieser Gegend herrscht. Auf dem Felsgrat südlich von Velić stehen die Kalkbänke gleichfalls steil; weiter gegen die Mulde von Velić hinab trifft man ziemlich sanft gegen NO geneigte Felsflächen. Da hier eine regionale Abnahme der Fallwinkel unwahrscheinlich ist, dürfte es sich um Schichtflächen einer grösseren umgestürzten Felsmasse oder um Klüftungsflächen steil gegen SW geneigter Schichten handeln.

Der im Bereiche des Muschelkalkes auftretende Dolomit erscheint zum Theile auch in breiteren, nicht von Kalkbänken durchsetzten Zonen, so insbesondere in der Mulde von Velić und in der Gegend von Raduna am Nordostfusse des Berges Jelinak (824 *m*).

In den beiden Buchten, zwischen welchen das Endstück des Muschelkalkzuges gegen die Ebene vortritt, finden sich Denudationsreste von neogenen Schichten. In der Bucht von Jabuka bilden sie die kleine nordwärts vom Triashügel gelegene Bodenanschwellung und dringen noch eine Strecke weit in den in der östlichen Verlängerung dieser Bucht gelegenen Graben hinein. In der Bucht von Grab bilden sie einen grossen Theil des nordöstlichen Gehänges bei Čosić und reichen im Thale des Grab Potok bis zur Mündung des engen Thälchens, welches aus der Gegend von Bugarin herabkommt. In der

Bucht von Vedrine ist ein von der Masse des Golo Brdo durch Alluvien getrenntes kleines Vorkommnis von neogenen Mergeln am Fusse des östlichen Gehänges zu erwähnen.

Tektonische Uebersicht.

Aus den im vorigen beschriebenen geologischen Verhältnissen ergibt sich das Vorhandensein mehrerer Längs- und Querbrüche in der südlichen Umrandung des Beckens von Sinj. Ein Längsbruch verläuft in der Achse der Mulde von Pištetak und weiterhin über den südöstlichen Theil des Rückens Gomila. Eine zweite Dislocation begleitet den Nordostfuß des Trapošnik, eine dritte den Südwestfuß des Bergrückens von Čačvina bei Šušnjara. Zwei kurze Transversalbrüche sind — wie erwähnt — am Ostrande der Podoviebene zu constatiren. Eine weitere, quer zum Streichen verlaufende Störung kreuzt, dem an früherer Stelle Gesagten zufolge, bei Krolina den Längsbruch unterhalb Čačvina.

Der geologische Nachweis einer Anzahl von Längs- und Querbrüchen gestattet die Annahme, dass auch manche im Streichen liegende oder dasselbe verquerende Relieflinien als Bruchlinien aufzufassen sind. Es gilt dies zunächst bezüglich des geradlinigen Nordostabsturzes der Gomila und in Betreff des Steilgehänges auf der Ostseite der Mulde von Pištak, ferner hinsichtlich der beiden einander parallelen Steilränder des Vojnički Brig. Diese vier im Streichen verlaufenden Terrainstufen weisen auf Longitudinalbrüche hin. Die zum Streichen senkrechte Linie, längs welcher der Gomilarücken bei Unter-Košute abgeschnitten ist, bezeichnet allem Anscheine nach den Verlauf eines Querbruches. Die Annahme, dass die Spalte der Cetina unterhalb Trilj einer grossen Querverwerfung entspricht, wird besonders dadurch gestützt, dass die Felsmassen bei Sv. Petar am Ostufer des Flusses keine Fortsetzung finden. Des weiteren ist es zulässig, die Thalfurche von Briskilje als südwestliche Fortsetzung der bei Krolina vorhandenen transversalen Störung zu betrachten. In ähnlicher Weise könnte der Südostrand der Podoviebene (bei Bučanj) als eine Dislocationslinie gedeutet werden, welche in der südwestlichen Fortsetzung des südlichen der beiden an ihrem Ostrande constatirten Querbrüche läge.

Die im vorigen aufgezählten, theils aus Störungen im Schichtverbande, theils aus den Reliefverhältnissen erschlossenen Dislocationen combiniren sich zwar nicht zu einem vollständigen Sprungnetze, sie gestatten aber doch die theilweise Umgrenzung einer Anzahl von Schollen im Bereiche der südlichen Umrandung des Beckens von Sinj. Der Rücken des Vojnički Brig repräsentirt einen schmalen Horst zwischen zwei Schollen, von denen die an seinem Nordrande abgesunkene die tiefer gelegene ist. Die westliche Fortsetzung des Vojnički Brig ist als ein Schichtklotz zu betrachten, welcher in Bezug auf den Rücken Gomila und das Terrain von Pištak die Rolle eines Horstes spielt, gegen die nördlich sich anschliessende Podovi aber selbst ge-

senkt ist. Das vom Golo Brdo eingenommene Gebiet muss als eine Scholle angesehen werden, die gegen das westliche und östliche Nachbarland tief hinabgebrochen ist.

Dieses Gebiet stellt eine nischenartige Erweiterung des grossen Senkungsfeldes von Sinj dar und ist mit neogenen Süsswasserschichten erfüllt, welche mit jenen ganz übereinstimmen, die sich als Reste einer ehemaligen Ausfüllung des Hauptbeckens an den Rändern desselben erhalten haben und gleich diesen letzteren eine ursprüngliche Lagerung zeigen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass jene Nische schon in der Pliocänzeit bestand, und eine tiefe Bucht jenes Sees in sich aufnahm, welcher das Becken von Sinj erfüllte. Die Hügel, welche die in jener Nische abgesetzten und die weiter westlich abgelagerten Neogenschichten bilden (Golo Brdo 463 *m*, Stasina Glavica 450 *m*), erreichen eine etwas grössere Höhe als die Kuppen in dem westlich und südlich benachbarten Terrain des Rudistenkalkes (Vojnički Brig 440 *m*, Runjik Glavica 431 *m*). Es liegen jedoch keine Anzeichen (Uferlinien) vor, dass sich der jungtertiäre See des Sinjsko Polje über das letztgenannte Terrain ausgebreitet hat, und dass das Fehlen von Neogenschichten auf diesem Terrain durch Denudation zu erklären ist. (Eine Ablagerung von gelbem Lehm bei Ober-Košute ist das Product einer jüngeren Umschwemmung der Mergel in der Gegend der Stasina Glavica und nicht das Verwitterungsproduct einer an Ort und Stelle gebildeten Mergelmasse). Da man auch nicht annehmen kann, dass die Kalkterrains rascher abgetragen wurden als die benachbarten Sand- und Mergelhügel, so ergibt sich der Schluss, dass jene Terrains in der Pleistocänzeit in ein tieferes Niveau gekommen sind, wogegen die schon in der Pliocänzeit tief gelegenen Schollen keine nennenswerten weitere Senkung erfahren haben. Man gewinnt den Eindruck, dass sich der Senkungsprocess im Gebiete von Sinj während der Quaritärzeit zunächst mehr in einer Erweiterung als in einer Tieferlegung des jungtertiären Einbruchsfeldes zu äussern trachtet, und dass das Gebiet zwischen der Podoviebene und dem Cétinathale jener Theil der Beckenumrandung ist, in welchem sich diese Erweiterung vorbereitet.

Betrachtet man den Verlauf der Isoseismen des Bebens vom 2. Juli 1898, so ergibt sich, dass die pleistoseiste Region in den Bereich des eben genannten Gebietes fällt, und zwar in den südöstlichen Theil desselben. Man hat es darum bei diesem Beben mit einem tektonischen Vorgange zu thun, welcher mit der sich langsam vollziehenden Erweiterung des Einbruchsfeldes von Sinj zusammenhängt. Die stärkste Zerstörung wiesen die am Südabhänge und die am Nordfusse des Vojnički Brig und die auf dem Gardunski Brig befindlichen Hüttengruppen auf. Die Hütten von Bučani und Vudriga Stan, sowie jene von Jerković und Ravicić zeigten einen minder hohen Grad der Beschädigung. Der Uebergang zwischen diesem und dem maximalen Grade der Zerstörung wird durch jene Schäden repräsentirt, welche die westlichsten Hütten von Vojnić, die Hütten zwischen Ober-Košute und Jerković und jene westlich von Sv. Petar erlitten. Auf Grund dieser Verhältnisse ist anzunehmen, dass das Beben vom 2. Juli 1898 der Ausdruck von tektonischen Vorgängen war, welche sich an den

Bruchlinien zu beiden Seiten des Horstes des Vojnički Brig abgespielt haben.

Um des näheren festzustellen, von welcher Art die Vorgänge gewesen sind, welche sich an diesen Bruchlinien ereigneten, müssen die Schilderungen der seismischen Katastrophe durch Augenzüugen und die Beobachtungen über die Wirkungen des Bebens herangezogen werden.

Form und Richtung der Bodenbewegung im pleistoseisten Gebiete.

Ueber die Art und Weise, wie die Hupterschütterung am Morgen des 2. Juli im pleistoseisten Gebiete verspürt wurde, kam mir eine grosse Zahl von Angaben zu. Die Herren Bezirksingenieur Achille Savo und Bezirkcommissär Nicolo Giuppanovich hatten die grosse Liebenswürdigkeit, bei der commissionellen Erhebung der durch das Beben verursachten Schäden, bei welcher ich mich den genannten Herren anschliessen konnte, in allen Hüttengruppen der Gegend von Vojnić und Košute darüber Nachfrage zu halten, wie das seismische Phänomen verspürt wurde und mir die ihnen diesbezüglich gemachten Angaben zu verdolmetschen.

I. In Bučani, im nördlichsten Theile der Mulde von Vojnić, wurde Folgendes erzählt: 1. Ein Bauer vernahm das Getöse eines starken Windstosses und verspürte dann ein Erzittern des Bodens, das er durch sehr rasches horizontales Hin- und Herbewegen der Faust demonstirt; er konnte sich kaum aufrecht erhalten, fühlte sich gestossen und gerüttelt und es schien ihm, als ob die Erscheinung vorbeigezogen wäre. 2. Es wurde ein Geräusch gehört, dann eine Bewegung des Bodens wahrgenommen, welche durch Worte bezeichnet wird, die mit Hin- und Herwackeln oder mit Hin- und Herdrehen zu übersetzen sind. 3. Man vernahm ein Geräusch wie von einem Sturmwind, dann ein Zittern und Schütteln des Bodens, welches von Norden zu kommen schien; zwei Personen, welche am Boden sassen, wurden hin- und hergeworfen. 4. Ein Bauer von Vudriga Stan, welcher im Felde arbeitete, hatte den Eindruck, als wenn der Erdboden gebeutelt würde und er sah, dass Steine aufgelupft wurden. Ein Windstoss und ein Getöse gingen der Erscheinung unmittelbar voraus.

II. Aus der Gegend von Vojnić liegen folgende Daten vor: 1. Die Bodenerschütterung wird durch sehr schnelles Hin- und Herbewegen der Faust veranschaulicht; in den Hütten wurden die Einrichtungsgegenstände durcheinander geworfen. 2. Ein Bauer hatte das Gefühl, als wenn er sich im Wellenmeere befände; ein anderer bewegt zur Demonstration der stattgehabten Bodenbewegung die Fäuste auf und ab. 3. Man vernahm einen Borastoss und ein Getöse und verspürte dann eine Bewegung, die durch ein Wort charakterisirt wird, das mit „Umdrehen“ wiederzugeben ist. 4. In einem Stalle soll

sich der Boden 20 *cm* emporgehoben haben; ein Borastoss und ein Getöse gingen der Erscheinung voraus. 5. Man sah im Erdboden Risse und Klüfte entstehen, welche sich sofort mit Staub und Erde füllten, die gleichzeitig aufgewirbelt wurden. 6. Ein Bauer, welcher in einem Acker stand, hatte das Gefühl, als wenn er sich im wogenden Meere befände; er glaubte zu sehen, dass sich Risse und Klüfte bildeten und allsogleich wieder schlossen. 7. Ein Mann sagt, er hatte das Gefühl, dass eine Welle unter seinen Füßen durchzog; er konnte sich kaum aufrecht erhalten. Die Welle kam von NNO und zog gegen SSW weiter. 8. Ein Mann, welcher sich in den Aeckern südöstlich von der Vojničer Kirche befand, hörte ein Getöse und dann schien es ihm, dass der Boden der ganzen Umgebung in Wellenbewegung war; zugleich sah er eine Hütte in einer Staubwolke zusammenfallen. 9. In Ravicić fühlte sich ein Mann dreimal hin- und hergeschupft; die Bewohner der südöstlichen Hütten von Ravicić berichten dagegen von einer sussultorischen Bewegung.

III. In Košute wurden nachstehende Angaben gemacht: 1. Das Getöse kam von Nord; eine Frau wurde in ungefähr nordsüdlicher Richtung hin- und hergeworfen; mehrere Leute hatten das Gefühl, als wenn der Boden an verschiedenen Stellen aufbrechen wollte. 2. Man vernahm ein kanonenschussähnliches Geräusch und verspürte dann einen Stoss nach aufwärts; nach einer anderen Mittheilung war das Geräusch so, als wenn ein Eisenbahnzug nahe unter der Erde vorbeifahren würde. 3. Es wurde zuerst ein Stoss nach aufwärts, dann ein Ruck nach abwärts wahrgenommen. Das vorausgegangene Geräusch schien diesem Gewährsmann so, wie wenn eine Schlange durch dürres Laub raschelt.

IV. Aus der Gegend von Gardun liegen nachstehende Schilderungen vor: 1. Ein Bauer hatte das Gefühl, als wenn er zuerst gehoben, dann umgeworfen und dann in die Tiefe gezogen würde. 2. Man vernahm zuerst einen Windstoss und ein Geräusch wie von einem Eisenbahnzuge, dann ein Zittern und Beuteln und dann zog die Erscheinung gegen Süden weiter. 3. Man beobachtete eine in der Richtung von Nord nach Süd durch die Ortschaft gegangene Welle. Ein Bauer, welcher einem andern in einer zusammenstürzenden Hütte Befindlichen zu Hilfe eilen wollte, konnte dies nicht, da er auf dem hin- und herschwankenden Boden nicht zu gehen vermochte. 4. Ein Bauer spricht von einer von Nord gekommenen und gegen Süd durchgezogenen Welle; ein anderer verspürte dagegen drei Stösse von unten. 6. Es wurde eine Wellenbewegung des Bodens beobachtet, bei welcher sich derselbe scheinbar bis zur Gesichtslinie hob, so dass man im Wellenthale nicht über die Wellenberge hinaussehen konnte. 7. Es wird von einem Stoss und einem Schaukeln des Bodens berichtet. 8. Ein Bauer demonstriert die Erscheinung wieder so, dass auf eine wellenförmige Bewegung des Erdbodens zu schliessen ist. 9. Bei den Hütten in dem Graben, welcher zur Cetina hinabführt (unter Punkt 407 der Specialkarte), haben die Leute zuerst einen Stoss und dann eine Wellenbewegung wahrgenommen. In der Gegend

von Turjake, nordwestlich von der epicentralen Region, ist nach Erkundigungen, welche Bezirkscommissär Baron Sternbach einzuziehen die Güte hatte, gleichfalls zuerst ein Stoss von unten und dann eine Wellenbewegung verspürt worden.

Aus den vorstehenden Berichten ist zu ersehen, dass sich der Erdboden in der pleistoseisten Region in transversaler Schwingung befand. Die Heranziehung des wogenden Meeres zum Vergleiche lässt kaum einen Zweifel darüber bestehen. Die Angaben über succussorische Bewegung sind auf die südöstliche Randzone jener Region beschränkt und auch dort mit Beobachtungen von undulatorischer Bewegung vermischt. Bezüglich der Schwingungsrichtung stimmen die Angaben darin überein, dass dieselbe eine ungefähr meridionale war. Die Zahl der Berichte, welche der Oscillationsrichtung Erwähnung thun, ist jedoch sehr gering, so dass es wünschenswert erscheint, sich über diesen Punkt noch anderweitig Gewissheit zu verschaffen.

Eine Erscheinung, welche für eine meridionale oder genauer für eine NNO—SSW-Richtung der Wellenbewegung spricht, war das Auftreten von Rissen und kleinen Spalten entlang dem WNW—OSO streichenden Nordrande des Vojnički Brig. Ich verdanke die Mittheilung von der Bildung solcher Erdrisse Herrn Giuppanovich. Zur Zeit meiner Ankunft waren dieselben infolge der Durchweichung des Erdreiches, welche ein vorausgegangenes Regenwetter verursacht hatte, bereits verschwunden. Ein weiteres Anzeichen dafür, dass die Bodenbewegung in der vorhin genannten Richtung stattfand, ist in einer Erscheinung zu erblicken, welche zu den interessantesten der im ganzen Schüttergebiete zur Beobachtung gelangten Phänomene gezählt hat. Auf dem Rücken des Vojnički Brig, insbesondere in der Umgebung der flachen Mulde Rudanov Dolac, waren grosse Mengen von Steinen, welche in seichten Vertiefungen des rothbraunen Eluviums lagen, aus ihren Lagerstätten herausgeschleudert worden und in nächster Nähe wieder niedergefallen, und zwar meist mit nach aussen gekehrter Unterseite, so dass die Trümmerfelder auf weite Strecken hin nicht grau, sondern rostfarbig erschienen. Man konnte in den meisten Fällen aus den Formverhältnissen erkennen, welche Steine und Eluvialgrübchen zusammengehörten und da zeigte es sich nun, dass in der Gegend von Rudanov Dolac sehr viele Steine südwärts bis südwestwärts von ihren Betten lagen, und dass weiter im Westen, wo das Phänomen der Herausschleuderung weniger allgemein auftrat, die Steine entweder gegen S bis SW oder gegen N bis NO dislocirt waren. Ein Bericht eines Augenzeugen liegt mir über das am Vojnički Brig stattgehabte Phänomen nicht vor. Dagegen enthält der Bericht des Gewährsmannes von Vudriga Stan die Angabe, dass Steine aufgelupft wurden. Dortselbst wurde auch erzählt, dass auf der Weide befindliche Schafe emporgeschupft worden seien. Aus dem nördlichsten Theile von Vojnić liegt gleichfalls eine Angabe vor, dass etwa zwei Schotterfuhren Steine emporgeschupft wurden.

Was die Beschädigungen der Gebäude betrifft, so ist man zwar bekanntlich längst von der Ansicht abgekommen, dass dieselben zu näheren Schlüssen über die Art der stattgehabten Bewegung ver-

wertbar seien; einen Anhaltspunkt in Betreff der Hauptrichtung der Bewegung können sie aber möglicherweise doch bieten. Hoernes meint wenigstens (Erdbebenkunde, pag. 172): „Dem ungeachtet werden wir gewisse Beschädigungen, wie abgeschleuderte Mauerecken, nach bestimmten Richtungen umgeworfene Gebäudetheile etc. mit Vortheil benützen können, um die Richtung der heftigsten Oscillationen des Bodens bestimmen zu können.“ Es mögen deshalb im folgenden jene Beobachtungen mitgetheilt werden, die ich im pleistoseisten Gebiete über Beschädigungen von Baulichkeiten zu machen Gelegenheit hatte. Der Umstand, dass sich in diesem Gebiete nur Dörfer befinden, brachte es mit sich, dass die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen eine verhältnismässig geringe war.

I. Bučani. Bei den schlechter gebauten Hütten war das Mauerwerk gelockert, eine Hütte war stark zerstört, das Dach zusammengebrochen, die Seitenmauern eingestürzt, die Giebelwände dagegen noch erhalten. Die besser construirten Häuschen zeigten Sprünge und Risse in den Mauern. Die nördlichsten Hütten zeigten ausser einer starken Beschädigung der Steinplattendächer nur wenige Spuren der stattgehabten Erschütterung. In der unteren Hüttengruppe von Bučani war bei einer Hütte der grösste Theil der gegen NO gerichteten Giebelwand eingestürzt, bei einer andern die NO-Giebelwand ganz eingefallen; von einer Hütte waren die Giebelwände stehen geblieben, aber der Dachstuhl ganz zu Boden gebrochen. Bei den Häusern von Vudriga Stan waren Continuitätstrennungen in den Quadermauern zu beobachten, eine gegen SW gerichtete Giebelmauer war vom übrigen Gemäuer abgetrennt.

II. Vojnić, westlicher Theil. Bei der westlichsten Hütte war die NO-Giebelwand eingestürzt, bei der zweiten zeigte die gegen NO gerichtete Giebelwand einige Sprünge. Ein mässig gut gebautes Häuschen hatte einen grossen Riss nahe der Ostecke, bei einem andern war die Ostgiebelwand eingestürzt, bei einem dritten die Südecke herausgebrochen. Die Dächer waren überall sehr stark beschädigt. Das Schulhaus von Vojnić hatte viele diagonale Sprünge an den Wänden und N—S verlaufende Sprünge in der Decke der Hausflur; in den Zimmern des ersten Stockes waren der Mörtel der Decke und der Seitenwände zum grossen Theile abgelöst. Die Häuser in der Umgebung der Schule waren gleich dieser äusserlich nicht viel beschädigt. An einem Hause östlich von der Schule waren die Süd- und Ostecke stark herausgetrieben, die Quadern bis zu 8 *cm* voneinander getrennt. Ein anderes der Schule benachbartes Haus zeigte Trennungen der Quadern in der OSO-Wand. Bei einem Hause war die Südwand herausgebrochen, bei einem zweiten die Ostwand vorgebaucht.

Bei einer von den weiter ostwärts gelegenen Hütten war die NW-Ecke ganz herausgebrochen, neben der SW-Ecke ein grosser Sprung und die Ostwand um 8 *cm* hinausgedrückt. In der Nachbarhütte verlief ein grosser, schief aufsteigender Riss von der Süd- auf die Ostmauer hinüber; die Nordmauer war theilweise vorgewölbt. Bei einer weiteren Hütte waren die West- und Ostwand ganz zu-

sammengestürzt und die Südwand neben der SO-Ecke geborsten. Bei einer Hütte daneben war der Nordgiebel herausgebrochen, bei einer andern die Südwand und SW-Ecke vom übrigen Gemäuer losgetrennt. In einer etwas höher gelegenen Hüttengruppe war bei einer Hütte der Einsturz des Südgiebels und eines Stückes der Ostwand, bei zwei andern der Zusammenbruch der ganzen Südwand und bei einer weiteren eine Vorwölbung der Südmauer zu constatiren.

III. Vojnić, mittlerer Theil. Die Häusergruppe gleich westlich vom Pfarrhause war vielleicht die am stärksten zerstörte. Von einer Hütte standen nur mehr Reste der Mauern, der Dachstuhl war ganz zusammengebrochen. Bei einer Hütte daneben waren der Nordgiebel und die Südwand total eingestürzt, eine etwas tiefer gelegene Hütte war gleichfalls fast ganz zusammengefallen. Bei einer weiter ostwärts gelegenen Hütte war die Südwand theilweise, bei einem etwas oberhalb dieser Hütte gelegenen Häuschen die SSW-Wand total zusammengestürzt. In der nächsten Häusergruppe war bei einem besseren, aus Quadern ausgeführten Baue ein Theil der Südwand und die SW-Ecke eingefallen, bei einem andern Bau auch die gegen S gerichtete Wand zerstört. Bei einer kleinen, etwas tiefer gelegenen Hütte war die südliche Giebelwand fast ganz, die nördliche zum grossen Theile zusammengefallen: bei zwei folgenden Hütten war aus der Nordwand ein grosses Stück herausgebrochen. Bei einer westöstlich orientirten Hütte war die nördliche Längswand theilweise zerstört. Zwei massiver gebaute Häuser liessen Ausbauchungen der gegen Süd gekehrten Wände erkennen. Das Pfarrhaus von Vojnić zählte zu den am stärksten zerstörten Gebäuden des ganzen Schüttergebietes. Die steinernen Thür- und Fensterstöcke waren vom Mauerwerk losgelöst und zum Theile verschoben und nach aussen geneigt. Die Decken und Wände der Zimmer des ersten Stockes waren von vielen Sprüngen durchsetzt und durch breite, den Zimmerecken folgende Spalten voneinander getrennt.

IV. Vojnić, östlicher Theil. Bei zweien der zunächst östlich vom Pfarrhause gelegenen Hütten waren die oberen Theile der gegen Süd gekehrten Wände herausgebrochen. Von einer Hütte waren die südliche Längsmauer ganz zusammengestürzt, die Ostseite stark beschädigt. Einige weitere Hütten von mangelhafter Bauart hatten gleichfalls sehr gelitten. Bei einem Hause von soliderer Construction war die Südwand vom übrigen Gemäuer abgelöst und etwas vorgeneigt von der Hütte daneben war die Südgiebelwand zusammengefallen, von einer andern dagegen die West- und Ostmauer zerstört. Zwei weitere Hütten zeigten wieder eine partielle Zerstörung der gegen Süd gekehrten Wände. Die weiter ostwärts gelegene Hüttengruppe wies minder grosse Beschädigungen auf. Nur die Dächer waren auch hier zum grossen Theile zerstört. Eine kleine, zwischen Vojnić und Ober-Košute gelegene Hütte war bis auf die Ostmauer ganz zusammengefallen.

V. Košute. Die grosse Häusergruppe von Ober-Košute liess minder grosse Folgen der stattgehabten Erschütterung erkennen. Die

Schäden beschränkten sich hier auf das Auseinanderweichen der Mauerquadern, besonders an den SW-Ecken der Häuser. In Jerković waren zwei sehr elende Hütten ganz zusammengestürzt. Zwei andere, mehr gegen die Mulde von Vojnić zu gelegene, gleichfalls mangelhaft construirte Hütten zeigten dagegen keine bedeutenden Schäden.

Die aus Quadern solid aufgebauten Häuser von Ravicić zeigten geringe Beschädigung. Bei einem alleinstehenden Hause war die NW-Ecke eingestürzt, bei einem andern das Mauerwerk an verschiedenen Stellen ausgebaucht. Die südöstliche Häusergruppe von Ravicić hatte in den Mauern wenig gelitten, nur die Dächer waren auch hier stark beschädigt.

Von den Hütten in dem zur Cetina hinabführenden Graben zeigten die besser gebauten nur einige Sprünge, bei den untersten, schlecht gebauten war die Nord- und Südgiebelwand ganz eingestürzt, bei einer andern die Ostwand theilweise zusammengefallen.

VI. Gardun. Bei einer schlechter gebauten Hütte war der Südgiebel herausgefallen, die Nordseite eingestürzt und auch ein Theil der Westwand zerstört. Eine zweite Hütte hatte grosse Sprünge auf der Westseite und Ausbauchungen in der gegen N gekehrten Mauer. Ein grosser benachbarter Hüttenbau zeigte besonders in seinem östlichen Theile grosse Sprünge. Zwei aus Quadern solid construirte Häuschen hatten wenig gelitten; bei einer mangelhaft gebauten Hütte waren der SSW- und NNO-Giebel, bei einer andern die Ecken herausgebrochen. Von einer Kapelle war die NNO-Wand herausgebrochen, in der SSW-Wand beobachtete man Trennungen der Quadern. Bei einem grösseren Hause daneben waren die nördliche und südliche Längsmauer durch breite, die Randtheile der West- und Ostmauer durchsetzende Klüfte losgetrennt, die Deckenwände von weit klaffenden Sprüngen durchsetzt, die steinernen Fensterstöcke hinausgedrückt.

Von einem benachbarten Hüttchen waren die Nord- und Südgiebelseite stark zerstört, von einem andern die Südwand ganz herausgefallen, von einem dritten die gegen NNO und SSW gerichteten Giebelwände ganz zusammengefallen. Eine benachbarte Hütte zeigte eine theilweise Zerstörung der Ost- und Nordmauer, Risse in der Südwand und Ausbauchungen in der Westwand. Eine schlechter gebaute Hütte war bis auf die Grundmauern zusammengebrochen, der Dachstuhl eingestürzt. Bei einer andern Hütte war die Ostwand eingefallen. Bei zwei Häusern waren die Nordgiebel herabgestürzt, bei zwei weiteren die Nordgiebelwand ganz herausgebrochen, die Südgiebelwand bei der einen zerstört, bei der andern losgetrennt. Bei einer folgenden, westöstlich orientirten Hütte war die nördliche Längsmauer überhängend, die südliche losgetrennt. In der Hüttengruppe nahe der Kirche waren bei einer mit der Längsachse von N nach S gerichteten Hütte die beiden Giebelwände, bei einer westöstlich orientirten Hütte die nördliche und südliche Längswand durch breite Klüfte losgetrennt. Bei einer andern Hütte war die nördliche Längswand zum Theile weggebrochen, bei einer weiteren der Südgiebel herausgefallen.

Aus den vorstehenden Angaben lässt sich erkennen, dass die in westöstlicher Richtung sich erstreckenden Hüttenmauern viel häufiger zerstört wurden als die meridional verlaufenden Mauern. Es war dies zum Theile darin begründet, dass die ersteren in sehr vielen Fällen die Giebelmauern waren, deren oberer Theil mehr zum Einsturze neigt als das übrige Mauerwerk, eine Erscheinung, die F. E. Suess als eine beim Laibacher Beben sehr oft beobachtete erwähnt und hinsichtlich ihrer Ursache erörtert hat. Es kam aber, wie aus der vorigen Aufzählung erhellt, auch wiederholt vor, dass die gegen Nord und Süd gekehrten Wände auch dann die allein oder die stärker beschädigten waren, wenn sie die Längswände der betreffenden Hütte bildeten. Andererseits gab es freilich auch vereinzelte Fälle, in denen die westlichen und östlichen Mauern einstürzten, auch wenn sie die Längsmauern der Hütten waren. Das eine kann aber immerhin behauptet werden, dass die Beschädigungen der Baulichkeiten in Vojnić, Košute und Gardun eher für eine ungefähr meridionale Richtung als für eine von dieser sehr abweichende Richtung der stattgehabten Bodenschwingung sprechen. Es bedeutet diese Behauptung wohl nur ein sehr beschränktes Zugeständnis der Möglichkeit, dass die Beschädigungen der Gebäude und die Bodenbewegung in Beziehung zu einander stehen. Die absolute Negirung einer solchen Beziehung wird aber auch von modernen Erdbebenforschern nicht gefordert. F. E. Suess meint (Laibach, pag. 110): „Theoretisch würde nichts dagegen sprechen, dass in einzelnen Gegenden die Bewegung in einer oder der andern Richtung besonders überwiegt, und dass sich das in erkennbarer Weise an der Art der Gebäudebeschädigungen äussert.“

Eine merkliche regionale Terrainsenkung hat im Bereiche der pleistoseisten Region (und des Schüttergebietes überhaupt) nicht stattgefunden. Eine geringfügige partielle Absenkung des Terrains auf einer der beiden Seiten oder auf beiden Seiten des Vojnički Brig ist dessenungeachtet nicht ausgeschlossen. Der grösste Theil der beiden Abhänge des eben genannten Rückens ist mit jüngeren, mehr oder minder plastischen Bildungen, als Eluvien, lockeren Breccien, Mergeln und deren Umschwemmungsproducten, bedeckt. Es könnte darum eine im felsigen Untergrunde dieser Schichten entstandene Stufe von geringer Höhe gegen die Bodenoberfläche hin wieder ausgeglichen worden sein.

Ergebnisse.

Es liess sich bezüglich der tektonischen Beziehungen des Erdbebens von Sinj am Morgen des 2. Juli 1898 Folgendes feststellen:

1. Dass sich die pleistoseiste Region im Bereiche der südlichen Randzone des Senkungsfeldes von Sinj über einen schmalen Horst zweiter Ordnung, den Vojnički Brig, und die angrenzenden Theile der demselben benachbarten Schollen erstreckte.

2. Dass das seismische Phänomen im pleistoseisten Gebiete in einer quer zur Streichungsrichtung der Schichten erfolgten Oscillation des Bodens bestand.

3. Dass eine merkliche regionale Terrainsenkung nicht erfolgte.

Es ergibt sich hieraus, dass die seismische Katastrophe am Morgen des 2. Juli in der Auslösung einer tangentialen Spannung bestand, welche zwischen den Schollen am Südrande des Sinjsko Polje vorhanden war. Das Gebiet auf der Ostseite der Adria zählt nicht zu jenen Theilen der Erdkruste, von welchen man annehmen kann, dass in ihnen ausschliesslich nur die verticale Componente der tellurischen Spannungen in Wirksamkeit tritt. Es muss darum in diesem Gebiete jeder verticalen Verschiebung zweier Schollen eine Lostrennung dieser Schollen vorausgehen. Es wird sich ferner nach einer erfolgten Senkung im Laufe der Zeit wieder eine tangentiale Spannung einstellen, so dass das weitere Absinken einer Scholle entlang einer schon vorgezeichneten Linie wiederum die Auslösung einer solchen Spannung zur Voraussetzung hat. Man hat sich demnach vorzustellen, dass die Gebirgsmasse am Südrande der Cetinaebene längs einer der beiden dort verlaufenden alten Störungslinien einen neuen plötzlichen Riss bekam, und dass die in diesem Momente aus ihrer Ruhelage gebrachten Gebirgsthelle zu beiden Seiten des Risses in elastische Schwingung geriethen. An der freien Oberfläche gestaltete sich die Bewegung zu einer transversalen Undulation.

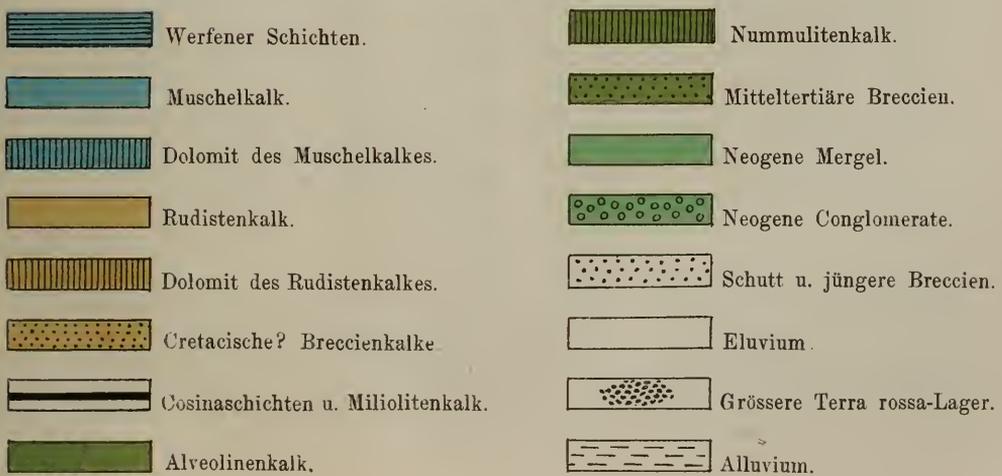
An welcher von den beiden Seiten des Vojnički Brig der Riss erfolgte, ist kaum zu entscheiden. Der Umstand, dass auf dem eben genannten Rücken die Steine gegen S und SW dislocirt waren, könnte dahin gedeutet werden, dass dort der erste und heftigste Ruck in der Richtung gegen NNO erfolgte und somit der Südrand des Vojnički Brig der Schauplatz der Katastrophe war. Jedenfalls hatte die in weitem Umfange erfolgte plötzliche Lostrennung zweier Schollen mehr oder minder grosse Störungen im gegenseitigen Verbands aller umgebenden Schollen zur Folge. Die starken Zerstörungen, welche die Hütten von Unter-Košute und die Häuser von Trilj erlitten, sind ein Beweis, dass die tiefgelegene Scholle im Norden des Vojnički Brig sehr heftig erbebte. Unterhalb Trilj sollen die gebildeten Erdspalten parallel zur Strasse, d. i. von NNO gegen SSW gerichtet gewesen sein, was dem Umstande entspricht, dass dort der Ostrand der eben genannten Scholle verläuft.

In hohem Masse wurden die nordwestlich benachbarten Schollen erregt, da das an der Grenze von zweien dieser Schollen sich hinziehende Dorf Turjake sehr stark gelitten hat. Die Schäden, welche das Dorf Caporice aufwies, lassen erkennen, dass auch die ostwärts der Cetina gelegenen Schollen in Bewegung geriethen.

Die zahllosen Nachbeben der HAUPTerschütterung sind als der Ausdruck jener Vorgänge anzusehen, welche nach der plötzlichen Veränderung der gegenseitigen Lagebeziehungen der Schollen zur Herstellung eines neuen Gleichgewichtszustandes der Gebirgsmassen erforderlich waren. Da sich diese Vorgänge nicht auf den Schauplatz der Hauptkatastrophe beschränkt haben können und sich zum Theile

an den Grenzen der benachbarten Schollen abspielen mussten, ist es begreiflich, dass manche der Nachbeben ausserhalb des Epicentrums der Hauptschütterung am stärksten verspürt wurden.

Es liegt die Vermuthung nahe, dass diese Vorgänge wenigstens zum Theile in Schollensenkungen bestanden haben. Die Möglichkeit, dass solche in sehr beschränktem Ausmasse stattfanden, ist, wie vorhin erwähnt wurde, nicht vollkommen ausgeschlossen. Ein merkbarer Fortschritt in der Erweiterung des grossen Senkungsfeldes von Sinj wurde jedoch durch jene Vorgänge nicht erzielt.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [050](#)

Autor(en)/Author(s): Kerner von Marilaun Fritz (Friedrich)

Artikel/Article: [Die Beziehung des Erdbebens von Sinj am 2. Juli 1898 zur Tektonik seines pleistoseisten Gebietes. 1-22](#)