

lieber Herr Schwäbzer

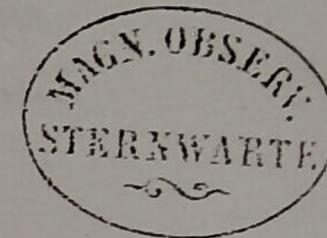
hier die Kopien der von  
mir gefundenen Artikel

Freundliche Grüße

Eberhard Schmedes

**Die Registrierungen  
der letzten grossen Erdbebenkatastrophen  
auf der Erdbebenstation in München**

(mit 2 Tafeln).



Von

**J. B. Messerschmitt.**

Sonderabdruck aus den Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft  
in München. Bd. II. 2. Heft. 1907.

München 1907.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

## Die Registrierungen der letzten grossen Erdbebenkatastrophen auf der Erdbebenstation in München.

Von Konservator Dr. J. B. Messerschmitt.

(Mit 2 Tafeln.)

Die Erforschung der seismischen Verhältnisse der Erde ist durch die Vereinigung der meisten zivilisierten Staaten zu einer „Internationalen Seismologischen Assoziation“ in ein neues Stadium getreten. Gleichzeitig damit entstand auch in Deutschland eine feste Organisation im Erdbebendienst, als dessen Zentralpunkt die Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg im Elsaß, mit welcher auch das Zentralbureau der internationalen Vereinigung verbunden, zu betrachten ist.

Deutschland selbst ist in eine Anzahl seismischer Bezirke eingeteilt, von welchen jeder eine mit registrierenden Instrumenten ausgestattete Hauptstation besitzt, deren Aufgabe in der Erforschung der Seismizität dieses Gebietes besteht. Nach dem Vorschlage des Kuratoriums der Straßburger Hauptstation sollen zehn solche Bezirke geschaffen werden, von denen bis jetzt die Mehrzahl im Westen, Süden und im Zentrum von Deutschland, teilweise sogar mit Unterstationen, organisiert sind, während der Osten noch der Einrichtungen harret. Dagegen ist der Erdbebendienst bereits auf unsere Kolonien ausgedehnt, indem nämlich in Apia auf Samoa eine gut eingerichtete Station schon seit längerer Zeit in Tätigkeit ist, die sowohl unser einheimisches wie auch das internationale Netz durch seine besonders günstige Lage ganz wesentlich ergänzt.

Bayern rechts des Rheins bildet einen Erdbebenbezirk mit der Hauptstation in München. Auch sind in Nördlingen, dem vulkanischen Riesgebiete, und in Passau Nebenstationen in Aussicht genommen.

Die Rheinpfalz soll ihrer Lage nach mit Hessen zusammen einen Kreis bilden. Übrigens beabsichtigt die pfälzische Regierung eine Erdbebenstation zweiter Ordnung in Kaiserslautern zum Studium der Nahbeben einzurichten.

Die Erdbebenstation in München, welche mit dem Erdmagnetischen Observatorium verbunden ist, wurde im Jahre 1905 errichtet. Sie ist in einem besonderen dafür neugebauten kleinen Hause im westlichen Teile des Terrains der Sternwarte, südlich von dem Variationshause der magnetischen Station, in möglichst ungestörter Lage untergebracht. Der umstehende Auf- und Grundriß zeigte die Einteilung des Baues.

Das Institut liegt in 530 m Meereshöhe in  $48^{\circ} 8' 8''$  nördl. Breite und  $11^{\circ} 36' 5''$  östl. Länge von Greenwich.

Die instrumentelle Ausrüstung besteht zur Zeit aus einem registrierenden Wiechertschen astatischen Pendelseismometer, einem Apparate, dessen hohe Empfindlichkeit nicht nur Nahbeben, die ja bei uns selten und dann nur schwach sind, sondern auch entfernte Beben aufzuzeichnen erlaubt. Bei diesem Apparat wird ein umgekehrtes Pendel, das im labilen Gleichgewicht aufgestellt ist, als stationäre Masse verwendet, die bei dem Eintritt eines Erdbebens nach den Gesetzen der Trägheit unbewegt bleibt, also den Ruhepunkt des Apparates während der Erschütterung bildet.

Das Pendel besteht aus einem zylindrischen Eisenkörper von 1000 kg Gewicht, der in einem kardanischen Federgehänge steht. Sein Schwerpunkt liegt 92,1 cm über der Biegungsebene der unteren Stützfedern. Eine entsprechende Hebelvorrichtung nimmt die Nord-Süd- und die Ost-West-Komponente der Bodenbewegungen auf und überträgt sie in starker Vergrößerung auf zwei durch ein Uhrwerk bewegte und mit Ruß geschwärzte Papierstreifen. Diese werden mit einer Geschwindigkeit von 12 mm in der Minute fortbewegt, so daß noch angenähert einzelne Zeitsekunden abgelesen werden können. Eine sinnreich eingerichtete Luftdämpfung läßt das Pendel selbst nicht in Eigenschwingungen geraten, so daß man also immer ein richtiges Bild der Bodenbewegungen erhält.

Die Empfindlichkeit der Seismometer hängt in erster Linie von der Schwingungsdauer ( $T$ ) der verwendeten Pendel ab. Bei der Aufstellung wurde diese bei ausgeschalteter Dämpfung auf  $14^s$  gebracht, so daß das Pendel einem gewöhnlichen Pendel von der Länge  $L=49$  m äquivalent wurde. Bezeichnet man mit  $J$  die äquivalente Länge des Indika-

tors, d. i. des aufschreibenden Zeigerarmes, und mit  $V$  die Indikatorvergrößerung, d. h. die Vergrößerung sehr schneller Erschütterungen, so bestehen die folgenden Beziehungen:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \equiv 2\sqrt{L} \text{ in Metern}$$

$$L = \frac{J}{V}$$

Danach berechnet sich noch der Ausschlag für eine Bogensekunde zu:

$$E = J : 206000 \text{ in Millimetern.}$$

Diese letzteren Größen werden in der folgenden Weise ermittelt. Man setzt ein kleines Gewicht  $p$  in der Entfernung  $s$  von der Pendelachse auf die Oberfläche des Pendelkörpers. Ist der erhaltene Ausschlag  $a$  und bezeichnet  $M$  die Pendelmasse und  $H$  die Höhe des Schwerpunktes des Pendels über die Biegeebene der unteren Stützfedern, so hat man:

$$a : J = \frac{p \cdot s}{H} : M.$$

Es entspricht nämlich dem Gewichte  $p$  ein horizontaler Zug  $\frac{p \cdot s}{H}$  im Schwerpunkt, also einer Neigung  $i = \frac{p \cdot s}{H} : M$  und  $a = i J$ .

Legt man das Gewicht  $p$  unter  $45^{\circ}$  zwischen die beiden Komponenten, so kann man gleichzeitig die Empfindlichkeit für sie bestimmen aus:

$$J = \sqrt{2} \cdot a \cdot \frac{M \cdot H}{p \cdot s}$$

In dem vorliegenden Falle gaben 20,0 g, 28,6 cm von der Achse aufgelegt, einen Ausschlag von 4,17 cm, so daß also  $J=9490$  m;  $E=46,1$  mm und  $V=194$  wird.

Das Dämpfungsverhältnis wurde bei der Aufstellung auf 1:10 gebracht, später aber reduziert auf 1:8 und zeitenweise sogar auf 1:3.

$V$  gibt die Vergrößerung nur für die sehr schnellen Erschütterungen an.<sup>1)</sup> Bei periodischen Schwingungen des Erdbodens ist die

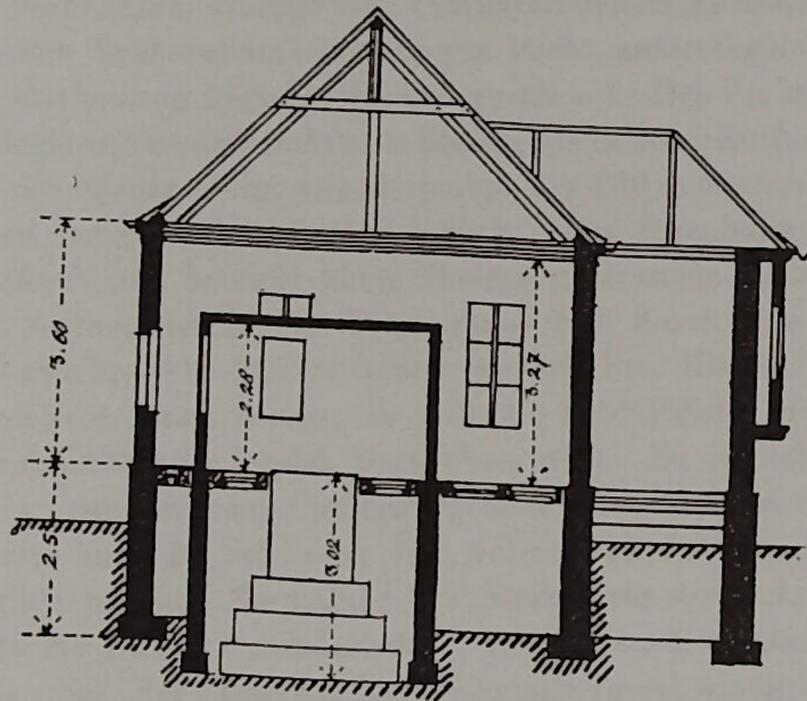
<sup>1)</sup> Vgl. E. Wiechert, Theorie der automatischen Seismographen, Abhandlungen d. Gött. Ges. d. W., math.-phys. Kl., N. F. Bd. II, Nr. 1, 1903, und E. Wiechert, Prinzipien für die Beurteilung der Wirksamkeit von Seismographen, Beiträge zur Geophysik, Erg. Bd. I, S. 276. Leipzig 1902.

Vergrößerung der Amplitude der Bodenbewegung im Diagramm nach der Formel:

$$\mathfrak{B} = V: \sqrt{\left(1 - \frac{\mathfrak{T}^2}{T^2}\right)^2 + 4 \left(\frac{T}{2\pi\tau}\right)^2 \left(\frac{\mathfrak{T}}{T}\right)^2}$$

zu berechnen. Darin bedeutet  $\mathfrak{T}$  die Störungsperiode und  $\tau$  die Relaxionszeit, welche mit dem Dämpfungsverhältnis  $\varepsilon:1$  durch die Gleichung:

$$\frac{T^*}{2\tau} = \log \text{nat } \varepsilon$$



verbunden ist.  $T^*$  bedeutet dabei die wirkliche Schwingungsperiode bei eingeschalteter Dämpfung. Diese steht mit der reduzierten Schwingungsdauer  $T$ , d. h. derjenigen bei ausgeschalteter Dämpfung, durch die Formel:

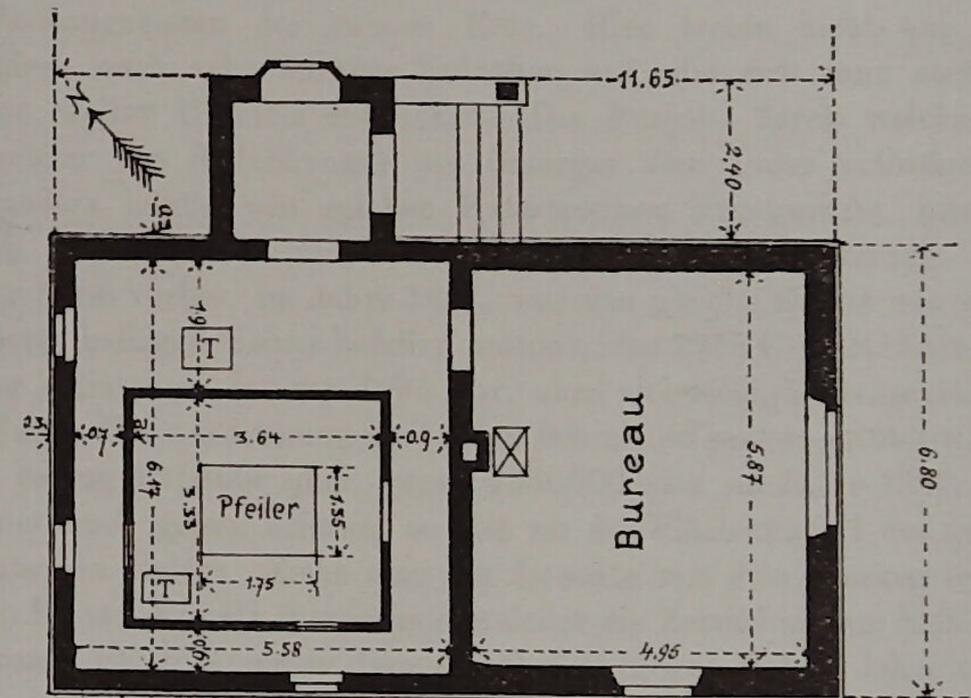
$$T = T^* : \sqrt{1 + \left(\frac{T^*}{2\pi\tau}\right)^2}$$

in Verbindung.

Die nachfolgenden Zahlenwerte geben ein Bild über den Einfluß der Dämpfung:

Dämpfungsverhältnis 1 : 10		Dämpfungsverhältnis 1 : 3
$\mathfrak{T} = 0^s$	$\mathfrak{B} = 200$	$\mathfrak{B} = 200$
5	210	229
10	200	316
12	175	300
20	77	96
30	34	37
40	19	20
50	12	12
60	8	9

Damit das Seismometer ungestört und richtig arbeiten kann, muß man es völlig isoliert aufstellen, so daß äußere Erschütterungen



möglichst unschädlich bleiben. Es wurde daher ein 3 m hoher Pfeiler aus einem Betonguß direkt auf die unter der oberflächlichen Lehm-schicht befindliche feste Nagelfluh, welche selbst auf dem Flinz auf-sitzt, hergestellt. In dieses Fundament wurde das Gestell des Erd-bebenapparates einzementiert. Das umgebende Haus und der Fuß-boden des Gebäudes berühren, wie der beistehende Aufriß zeigt, nirgends den Pfeiler. Dadurch ist die Isolierung so gut gelungen, daß der gewöhnliche Verkehr im Hause sich nicht bemerklich macht. Eine einzelne Person kann auch den eigentlichen Bebenraum betreten, ohne daß dadurch die Registrierung gestört wird. Eine größere Anzahl Personen verursacht hingegen, offenbar durch die stärkere

Belastung des Bodens, eine Nullpunktsverlegung, die sich auch manchmal im Hochsommer durch einseitige Bestrahlung der Außenmauern des Hauses bemerklich macht, obwohl das Mauerwerk des Bebenraumes völlig im Innern des Hauses liegt und daher vor direkter Bestrahlung geschützt ist. Es rührt dies von der Elastizität des Erdbodens her, eine Erscheinung, die auch schon bei anderen Gelegenheiten konstatiert wurde. Auf die Aufzeichnungen der Erdbeben ist diese langsame Nullpunktsverlegung ohne Einfluß. Ein starkes Zuschlagen der Türen gibt einen Ausschlag von 1 mm, der sich als senkrechter Strich zur Zeitachse im Diagramm bemerklich macht. Ein Wagen, der direkt am Gebäude, also in etwa 10—15 m vom Apparat vorbeifährt, erzeugt eine charakteristische Aufzeichnung, die sich von den Erdbebenaufschreibungen leicht unterscheiden läßt; in größerer Entfernung hört der Einfluß rasch auf. Der Verkehr auf der nächstgelegenen, wenig befahrenen Straße, die in 70 m Entfernung vorbeiführt, ist ebensowenig, wie derjenige der 200 m entfernten, stark befahrenen Ismaningerstraße bemerklich. Die Eisenbahn liegt fast 1 km entfernt und bewirkt keine Bodenerzitterungen mehr.

Die Zeitmarkierung der Diagramme wird durch eine Pendeluhr besorgt, welche jede Minute einen elektrischen Kontakt herstellt. Dieser schließt einen Strom, so daß die Schreibfeder durch einen Elektromagneten vom Papier abgehoben wird. Es entsteht dadurch eine kleine Unterbrechung im Seismogramm; diese beträgt 3 Sekunden jede Minute und 12 Sekunden zur vollen Stunde. Die Pendeluhr wird täglich mit der Normaluhr der Sternwarte verglichen, so daß man stets die Zeit auf mindestens  $\pm 0,5^s$  genau hat, eine Genauigkeit, die bei der angewandten Registriergeschwindigkeit völlig ausreicht.

Das Seismometer wurde in den letzten Tagen des Juli 1905 aufgestellt und funktioniert seit dieser Zeit mit nur geringen Unterbrechungen befriedigend. Da aber in den ersten Wochen die Zeitmarkierung fehlte, so beginnen die brauchbaren Registrierungen erst im September 1905.

Aber schon vor dieser Zeit wurden einige interessante Erdbebenbeobachtungen an den magnetischen Variationsinstrumenten gemacht. Von diesen ist das große indische Beben vom 4. April 1905 das stärkste gewesen. Es soll daher zunächst dieses nebst zwei weiteren asiatischen Erdbeben beschrieben werden. Von den späteren großen Beben sind besonders schöne Diagramme am 8. September 1905

(Calabrien), 31. Januar 1906 (Columbien), 18. April 1906 (San Francisco) und 17. August 1906 (Chile) erhalten worden, die daher einer etwas eingehenderen Betrachtung unterzogen werden sollen, so daß die wichtigsten Erdbebengebiete, mit Ausnahme von Japan und Südeuropa, hier behandelt werden. Am Schlusse soll noch kurz die Katastrophe vom 14. Januar 1907 auf Jamaika gestreift werden.

#### Das Kangra-Erdbeben vom 4. April und die beiden mongolischen Erdbeben vom 9. und 23. Juli 1905.

Die nördlichen Teile Vorderindiens, welche von dem mächtigen Himalayagebirge begrenzt werden, gehören mit zu den stärksten Erdbebengebieten der ganzen Erde. Hier treten nicht nur viele sondern auch sehr schwere Erdbeben auf, die sich dann auch auf einen weiten Umkreis erstrecken. Das Punjab, durch welches die Gewässer des Südabhanges des Gebirges dem Indus zufließen, ist besonders häufig von solchen Katastrophen heimgesucht, hier lag auch am 4. April 1905 das Epizentrum der Erschütterung. Erst acht Jahre vorher, im Jahre 1897, war das gleiche Gebiet von einem äußerst heftigen Beben befallen worden, das nach C. S. Middlemiss zwar stärker als das von 1905 war, aber viel weniger Menschenopfer forderte. Die Ausdehnung des letzten Bebens, so weit es gefühlt worden ist, betrug 4210000 qkm, gegen 4530000 qkm im Jahre 1897, d. h. immer noch gegen achtmal so viel als der Flächeninhalt des ganzen Deutschen Reichs. Zieht man die Isoseiste mit dem Stärkegrade 10 nach Rossi-Forell,<sup>1)</sup> innerhalb welcher die Zerstörung am heftigsten gewesen ist, so kommen darauf 520 qkm (gegen 780 im Jahre 1897). Die Isoseiste des Stärkegrades 8, d. h. desjenigen Gebietes, wo

<sup>1)</sup> Die Erdbebenskala nach de Rossi-Forell hat zehn Stufen. I. Erschütterungen von mikroseismischer Ordnung. II. Außerordentlich schwache Erschütterung, fast nur mit Instrumenten fühlbar. III. Sehr schwache Erschütterung, beobachtet von Personen in der Ruhe. IV. Schwache Erschütterung, beobachtet von Personen in Tätigkeit. Leichte Gegenstände erzittern oder krachen. V. Mittelstarke Erschütterung, Verschieben schwerer Gegenstände (Möbel). VI. Starke Erschütterung. Umwerfen von beweglichen Gegenständen. VII. Recht starke Erschütterung. Leichtere Beschädigung an Gebäuden. VIII. Sehr starke Erschütterung. Risse in Mauern und sonstige Beschädigungen. IX. Außerordentlich starke Erschütterung. Teilweise oder gänzliche Zerstörung an Häusern. X. Erschütterung von außerordentlicher Intensität. Störung der Erdschichten, Spalten in der Erdrinde. Bergstürze.

merkliche Beschädigungen noch auftraten, war 5560 qkm (1897: 375 000 qkm), was nahe der Ausdehnung der Rheinpfalz entspricht. Das Schüttergebiet lag noch im Gebirge und man konnte zwei Zentren der größten Heftigkeit unterscheiden. Das eine lag bei Kangra und Dharmasala, wo der Stärkegrad 10 nach Rossi-Forell überschritten wurde. Südöstlich davon, in fast 300 km Entfernung, war das zweite Zentrum bei Dehra Dun, wo jedoch nur der 9. Erschütterungsgrad erreicht wurde. Zwischen diesen beiden Zentren war die Zerstörung geringer. Die Erklärung dieser Anomalie gibt sofort die geologische Beschaffenheit des in Betracht kommenden Gebietes. Zunächst ist auf der östlichen Seite der alte Himalayafelsen, ihm schließt sich eine tertiäre Ablagerung im Westen an, während im Südwesten sich ein weites Alluvialgebiet angliedert. An der Trennungsstelle der beiden geologischen Gebiete befindet sich eine große Bruchfalte, die in den beiden Hauptschüttergebieten ein Knie bildet. Diese Unregelmäßigkeiten in dem Striche der Grenzlinien zwischen dem Tertiär und dem Sub-Himalaya, wo tertiäre und posttertiäre Schichten gefaltet und übereinandergeworfen sind, deren Spuren man dort bis an den Fuße des Gebirges verfolgen kann, müssen sich bei den Auslösungen der tektonischen Spannungen ganz besonders bemerklich machen. Diese vielfachen Verwerfungen und Verschiebungen, die noch nicht zur Ruhe gekommen sind, sind auch die Ursache der häufigen geotektonischen Erdbeben des Himalayagebirges. Oberirdisch wurden außer den Zerstörungen der menschlichen Wohnungen keine Spaltenbildungen oder Höhenänderungen bemerkt, so daß sich also dieses Mal der ganze Vorgang in der Tiefe abgespielt hat. In Kangra und Dehra Dun konnten drei bis vier Stöße unterschieden werden, während 1897 nur ein Stoßmaximum nachgewiesen wurde.

Nach Osten hin wurden die Erschütterungen noch bis zum Brahmaputra gespürt, weiter östlich in der Provinz Burma zeigten nur noch Libellen von Vermessungsinstrumenten einen Ausschlag bis 30'' an. Das nämliche wird aus der Provinz Sind in dem Mündungsgebiete des Indus berichtet, doch wurden auch an einigen Küstenorten schwächere Erdbebenflutwellen bemerkt.

An der meteorologischen Station in Colaba bei Bombay (1400 km von Kangra) zeigte der Seismograph den Anfang des Vorbebens um 5<sup>h</sup> 44,1<sup>m</sup> (Bombay-Zeit) an, dem das Maximum um 5<sup>h</sup> 49,4<sup>m</sup> = 0<sup>h</sup> 58,0<sup>m</sup> Gr.Z. folgte. Zur gleichen Zeit fingen dann auch die Magnetnadeln der Variationsapparate an zu schwingen. (Monthly

Weather Review, April 1905. Meteor. Dep. Gov. of India. Calcutta 1905.)

Der Seismograph des Alipore-Observatoriums bei Calcutta (2200 km von Kangra) zeigte den Beginn des Vorbebens um 0<sup>h</sup> 52,0<sup>m</sup>, des Bebens um 0<sup>h</sup> 56,1<sup>m</sup> Gr.Z. an. Das Maximum konnte nicht bestimmt werden, da die Amplituden des Pendels zu groß waren.

Ein sehr schönes Seismogramm wurde von dem Vicentini-Mikroseismographen am Manila-Observatorium (Philippine Weather Bureau, Bulletin, April 1905) gezeichnet, auf das hier hingewiesen werden soll, da die Ausschläge der magnetischen Deklination in München in ähnlicher Weise verliefen. Es ist dies schon aus dem Grunde bemerkenswert, da Manilla nur um etwa 1000 km näher bei Kangra liegt, als München. Für letzteres berechnet sich die Entfernung<sup>1)</sup> auf der Erdoberfläche  $d = 5668$  km und auf der Sehne  $d' = 5474$  km unter der Annahme der Lage des Epizentrums auf 32° N. B. und 77° E. Gr.

Middlemiss hat die Zeit des Stoßes an Ort und Stelle auf: 6<sup>h</sup> 9<sup>m</sup> 0<sup>s</sup> ± 2<sup>s</sup> (Madras-Zeit) = 0<sup>h</sup> 47<sup>m</sup> 49<sup>s</sup> Gr.Z. berechnet.

Von dem Unifilar (Deklinationenadel) des Münchener Erdmagnetischen Observatoriums wurden zwei getrennte Wellenzüge aufgezeichnet. Der erste begann um 1<sup>h</sup> 22<sup>m</sup> (Gr.Z.), erreichte das Maximum um 1<sup>h</sup> 22,5<sup>m</sup> und endete um 1<sup>h</sup> 25<sup>m</sup>, die zweite schwächere Bewegung war um 1<sup>h</sup> 28,5<sup>m</sup>; 1<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> und 1<sup>h</sup> 31<sup>m</sup> für die gleichen Momente.

Das Bifilar (Horizontalintensität) zeigte vier getrennte Phasen, nämlich: Beginn 1<sup>h</sup> 19<sup>m</sup>; Maximum (Hauptphase) 1<sup>h</sup> 21,5<sup>m</sup>; Ende 1<sup>h</sup> 23,5<sup>m</sup>; einzelne Ausschläge um 1<sup>h</sup> 25,5<sup>m</sup> und 1<sup>h</sup> 28,5<sup>m</sup>; dann neuer Beginn 1<sup>h</sup> 31<sup>m</sup>; Maximum 1<sup>h</sup> 32<sup>m</sup>; letzter Ausschlag 1<sup>h</sup> 34<sup>m</sup>; Ende 1<sup>h</sup> 34,5<sup>m</sup>.

Da die Bewegung des photographischen Papiers bei den Variometern 22 mm in der Stunde beträgt, so ist die Zeit auf etwa

<sup>1)</sup> Die Entfernung wurde nach der Formel

$$\cos \alpha = \sin \varphi \cdot \sin \varphi_0 + \cos \varphi \cdot \cos \varphi_0 \cdot \cos (\lambda - \lambda_0)$$

berechnet, worin  $\varphi_0$  und  $\lambda_0$  die geographische Breite und Länge des Epizentrums und  $\varphi$  und  $\lambda$  der Station und  $\alpha$  den Abstand beider auf dem größten Kreise bezeichnet. Die lineare Entfernung auf der Erdoberfläche erhält man dann in Kilometern aus  $d = 111,307 \times \alpha^0$  und die Entfernung in der Sehne aus  $d' = 12733 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$ .

$\frac{1}{4}$  Minute genau. Nimmt man nun im Mittel den Eintritt der Hauptphase um  $1^h 22^m$  an, so erhält man als Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Bebenwellen 2,78 km in der Sekunde, eine Zahl, die mit anderen recht gut übereinstimmt.

Der Umstand, daß Unifilar und Bifilar nicht genau gleiche Zeitangaben liefern, liegt zum Teil daran, daß die Empfindlichkeit des Bifilars gegen Erschütterungen größer ist, als die des Unifilars. Dann aber stehen auch in beiden Instrumenten die Magnetnadeln zueinander rechtwinklig, zeigen also zweierlei Koordinaten an. Es erscheint übrigens auch nicht ganz ausgeschlossen, daß das Bifilar teilweise noch die Vorläufer aufgezeichnet hat. Berechnet man für den ersten Zeitmoment  $1^h 19^m$  die Geschwindigkeit auf der Sehne, so erhält man 2,93 km in der Sekunde, eine Zahl, die dafür noch etwas zu klein erscheint; auf dem größten Kreise ist die entsprechende Geschwindigkeit 3,03 km, die auch noch innerhalb der sonst beobachteten Fortpflanzungsgeschwindigkeiten liegt. Aus den Aufzeichnungen der Seismographen in Indien folgt die Geschwindigkeit zu 3,2 km, also etwas schneller, was auch der Erfahrung entspricht, wonach die Geschwindigkeit in der Nähe des Epizentrums größer als weiter entfernt ist.

Am 9. und 23. Juli wurden von den magnetischen Apparaten zwei Erdbeben aufgezeichnet, die in Europa die registrierenden Seismometer in so heftige Bewegungen versetzten, daß die Ausschläge nicht mehr gemessen werden konnten; trotzdem erhielt man fast keine direkte Nachrichten von diesen Katastrophen, denn um solche mußte es sich handeln. E. Wiechert hat nun in seinen Wochenberichten des Geophysikalischen Instituts in Göttingen aus den Aufzeichnungen des Beginnes der Beben in Pola, Wien, Straßburg und Göttingen die Bebenherde berechnet und findet dafür:

am 9. Juli  $41^\circ$  N.B.  $102^\circ$  E.Gr.  
am 23. Juli  $47^\circ$  N.B.  $110^\circ$  E.Gr.

Hiernach lag der Bebenherd beide Male in dem Wüstengebiet der Mongolei und zwar am 9. Juli auf der Tschuschunschan-Kette, die die Gobische Wüste durchquert, und am 23. Juli näher dem Nordrande dieser Wüste. Diese Resultate lassen es verstehen, daß über gefühlte Wirkungen des Bebens vom 9. Juli keine Nachrichten bekannt geworden sind und warum das Beben vom 23. Juli nur als unschädliche, wellenförmige Schwankungen des Erdbodens südlich

vom Baikal-See verspürt wurde. Da die sibirische Grenze von letzterem Bebenherd noch etwa 400 km entfernt ist, so muß das Schüttergebiet mehrere Millionen Quadratkilometer groß gewesen sein, gehört also mit zu den größten jemals beobachteten Erdbeben.

Die Entfernung Münchens von den beiden Bebenherden beträgt:

	auf der Oberfläche	längs der Sehne
9. Juli	$d = 6790$ km	$d' = 6460$ km
23. Juli	$d = 6840$ km	$d' = 6500$ km.

Die magnetischen Kurven vom 9. Juli zeigen von  $5^h \frac{1}{2}$  bis  $10^h$ , also vor den Erschütterungen nur einige kleine Schwankungen, die in Wellengängen von 3 bis 6 Minuten erfolgten, sonst war die Kurve völlig ungestört. Am 23. Juli waren die Kurven ruhig. Eine magnetische Wirkung ist also an keinem der beiden Tage zu bemerken. Die mechanischen Erschütterungen setzten plötzlich ein, bewegten die Nadeln eine Zeit lang heftig hin und her, worauf sie wieder genau in ihre vorhergehende Ruhelage zurückkehrten.

Die Aufzeichnungen ergeben nun folgende Zeitmomente in Greenwicher Zeit:

1905 Juli 9.		
D	H	Bemerkungen
—	$10^h 8,7^m$	
—	10,7	$H = 4$ mm
$10^h 11,7^m$	11,7	$D$ Beginn, $H$ 6 mm Maximum
—	12,7	2 mm
14,7	—	Maximum 2 mm
16,2	—	Maximum 2 mm
16,7	—	$D$ Ende
—	17,7	$H$ Maximum 4 mm, dann bis 2 mm abnehmend
18,7	—	$D$ Maximum
19,7	—	$D$ neuer Einsatz
20,2	20,7	$D$ Maximum 2 mm, $H$ Maximum 3 mm, dann 2 mm
21,2	—	$D$ Ende
—	28,7	$H$ abnehmend bis
—	30,7	Ende.

Bei dem Unifilar ( $D$ ) sind die einzelnen Gruppen durch ungestörte Momente getrennt; bei dem Bifilar ( $H$ ) blieb die Nadel die ganze Zeit über in Schwankung, auch hielt diese länger an.

Der Beginn der Erschütterung fällt bei der Deklinationsnadel mit dem zweiten Maximum zusammen, welches von dem Seismometer in Göttingen registriert wurde, dessen Schwingungsdauer dabei  $40^s$  betrug. Bei der Horizontalintensität trat der Beginn nur wenig nach

dem ersten Maximum dort ein. Da die Differenzen der Laufzeiten zwischen München und Göttingen nur wenige Sekunden betragen, so ist diese Übereinstimmung sehr befriedigend. Die Zeit  $10^h 28,7^m$  entspricht einem sekundären Maximum in Göttingen.

Die Schwingungsdauer der Magnete ist  $3^s$ ; außerdem sind sie ungedämpft, so daß sie einmal angestoßen mehrere Schwingungen machen, ehe sie wieder ganz ruhig werden.

1905, Juli 23. Die Deklinationskurve zeigt bei der Störung vier Phasen. In der ersten beginnt die Schwankung mit kleinen Schwingungen  $3^h 14,7^m$ , die allmählich zu einem ersten Maximum um  $3^h 17,7^m$  mit 2 mm Amplitude anwachsen, dem ein sekundäres Maximum 2 Minuten später mit 1,5 mm Ausschlag nachfolgt. Dann trat fast plötzlich Ruhe ein. Ein neuer Einsatz, der rasch zum Maximum anwächst, beginnt  $3^h 20,7^m$ ; Hauptmaximum  $3^h 22,7^m$  (3,5 mm), dann gleichmäßige Schwingungen (2 mm) von  $3^h 23,7^m$  bis  $29,7^m$  und plötzliche Ruhe. Von  $3^h 31,7^m$  bis  $33,2^m$  Ausschläge von 1 mm. Von  $3^h 34,7^m$  bis  $36,7^m$  kleine Schwingungen von 0,4 mm Amplitude, die allmählich erlöschen.

Bei der Horizontalintensität  $H$  (Bifilar) setzten die Erschütterungen um  $3^h 13,7^m$  ein und wuchsen so rasch an, daß die Belichtungszeit zu kurz war, um noch einen Eindruck auf das photographische Papier zu hinterlassen. Wie groß die Ausschläge dabei waren, kann man nicht erkennen bis  $3^h 21,7^m$ , wo eine schwache Spur bei 3 mm Amplitude sichtbar ist. Um  $3^h 30,7^m$  ruhig;  $31,7^m$  neuer Stoß (1 mm),  $33,7^m$  ruhig,  $35,7^m$  Stoß von 1 mm, dann ruhiger; um  $3^h 45,7^m$  Stoß von 1 mm und Abnahme bis  $48,7^m$ , worauf die Kurve in der gleichen Richtung, wie vor der Erschütterung, ungestört wieder einsetzt.

Nach den Aufzeichnungen der Seismographen in Göttingen, Leipzig und Jena war um  $3^h 12^m$  bis  $13^m$  ein erstes Maximum, welches also nur wenig früher als der erste Impuls hier ist. Dann versagten nach 1 bis 2 Minuten die Aufzeichnungen jener Seismographen fast ganz. Dabei waren die Schwingungszeiten gegen  $40^s$ . Es sind also hauptsächlich die langen Wellen, welche die Variometer in Unruhe brachten.

Von diesen beiden Beben sind besonders in Indien am Colaba-Observatorium (Bombay), in Alipore (Calcutta) und in Simla gute Seismogramme erhalten worden (Monthly Weather Review. Gouv. of India. Meteorol. Dep. July 1905. Calcutta).

Das Philippine Weather Bureau veröffentlicht in seinem Bulletin for July 1905 (Manila 1905) die vollständigen Originalseismogramme eines Vicentinischen Seismographen ( $1,2^s = T$ ), bei welchen der Beginn am 9. Juli um  $9^h 48^m 13^s$  Gr.Z. und das Maximum um  $10^h 5^m$  war. Am 23. Juli begannen die Aufzeichnungen um  $2^h 53^m 58^s$ , das Maximum um  $3^h 11^m$ . Da Manila nur wenig näher beim Epizentrum, wie München liegt, so ist die Übereinstimmung der Zeiten recht gut zu nennen. Überdies lehrt eine Vergleichung der übrigen Phasen der Seismogramme mit den Störungen der magnetischen Kurven, daß auch dabei die einzelnen Phasen in den gleichen Zeitintervallen eintraten, so daß also die magnetischen Aufzeichnungen recht brauchbare Angaben liefern.

Sollen aber die magnetischen Apparate ansprechen, so müssen die Bebenwellen schon ziemlich groß sein; kleine Erschütterungen scheinen fast immer sofort wieder unterdrückt zu werden.

Was nun diese drei Beben noch besonders wichtig erscheinen läßt und worauf auch bereits Wiechert aufmerksam macht, ist der Umstand, daß sie auf einem größten Kreise liegen und wohl auch in einem ursächlichen Zusammenhang miteinander stehen. Es erfolgten hier auf einer 3000 bis 4000 km langen Linie quer durch den Kontinent Asiens nacheinander drei gewaltige Brüche, wobei jeder folgende Bruch weiter nordöstlich vor sich ging.

Auch von der deutschen Erdbebenstation auf Apia (Samoa) wurden diese drei Beben als große Beben aufgezeichnet und insbesondere das dritte hatte drei außerordentlich große und lange Wellen zur Zeit des Maximums ( $3^h 28,5^m$ ).

#### Das Erdbeben in Calabrien vom 8. September 1905

wurde in der Provinz Calabrien und in dem östlichen Teile Siziliens gefühlt. Die stärksten Erschütterungen traten an der Westküste Italiens am Tyrrhénischen Meere auf, längs einer Linie, die sich von Aiello ( $39,1^{\circ}$  N.B.,  $16,1^{\circ}$  E.Gr.) in der Provinz Cosenza nach Monteleone ( $38,7^{\circ}$  N.B.,  $16,1^{\circ}$  E.Gr.) in der Provinz Catanzaro (Calabrien) erstreckt, also den Golf von San Eufemia durchschneidet. Es ist dies eine der bekanntesten und gefürchtetsten Erdbeben-gegenden Italiens, in welcher auch das schreckliche Erdbeben vom 5. Februar 1783 fiel. Nach E. Sueß (Die Erdbeben Süditaliens. Denkschr. d. W. Ak. 34, 1875, auch: Das Antlitz der Erde. Bd. I,

1885) ist hier eine der bekanntesten Bruchlinien vorhanden, die im großen Bogen von dem Festlande nach Sizilien hinüberstreicht.

Das Epizentrum fällt nach der Untersuchung von G. B. Rizzo (Sulla velocità di propagazione delle onde sismiche nel terremoto della Calabria. Acad. R. Torino 1806) in  $38^{\circ}50'$  N.B. und  $16^{\circ}16'$  E.Gr., also gerade in den Busen von S. Eufemia, da, wo sich zwei Bruchlinien rechtwinklig kreuzen.

Der genaue Zeitpunkt des Eintrittes des Bebens konnte nach den Angaben an Ort und Stelle nicht genau festgestellt werden. Auf den beiden nächst gelegenen Observatorien in Messina in 84 km Entfernung und in Catanien (174 km) war der Beginn der Aufzeichnungen um  $1^h 43^m 17^s$  und  $1^h 43^m 30^s$ . Es pflanzten sich also die Wellen von Messina nach Catanien um 6,9 km in der Sekunde fort. Unter der Annahme der gleichen Geschwindigkeit bis zum Epizentrum würde dort der Stoß um  $1^h 43^m 5^s$  stattgefunden haben. Da aber erfahrungsgemäß die Wellen in der Nähe des Herdes rascher laufen, so darf man den Eintritt des Bebens auf  $1^h 43,2^m$  Gr. Z. ansetzen.

Die Erschütterung war so gewaltig, daß die ganze Erdoberfläche davon in Mitleidenschaft gezogen wurde. Rizzo konnte die Aufzeichnungen fast aller Erdbebenstationen sammeln und 79 Angaben mitteilen, von denen 16 aus Italien, 41 aus Europa, Nordafrika und Vorderasien und die übrigen aus den entfernteren Weltteilen stammen.

Die entferntesten Beobachtungen sind diejenigen der deutschen Erdbebenstation in Apia (Samoa), 17145 km entfernt und der Station in Christchurch auf Neuseeland (18013 km).

Merkwürdigerweise zeigten einige Stationen, die mit guten Seismometern ausgerüstet sind, trotzdem dieselben in Ordnung waren, keine Bewegungen an, obgleich andere, weiter entfernte Stationen gute Seismogramme lieferten. Es waren dies Bukarest (1100 km), ferner Quito, Rio de Janeiro, Mauritius und Zika-wai.

Die letzten vier Orte liegen von Calabrien aus angenähert um einen Quadranten entfernt, es könnte daher für dieselben die gleiche Ursache vorhanden sein, warum dort die Erde nicht erschüttert wurde. Ähnlich wie bei einer angestrichenen Saite die Knotenpunkte unbewegt bleiben, können ja auch bei einer Kugel eine Art Knotenlinien entstehen. Ob in Bukarest entweder die lokalen Verhältnisse oder Erdbebenimmunität insbesondere für eine gewisse Schwingungs-

dauer stattfindet, läßt sich so nicht entscheiden, wie überhaupt hierüber noch zu wenig Material vorhanden ist.

In München, das 1098 km vom Epizentrum entfernt liegt, wurde der erste Einsatz der Vorphase des Diagrammes von der Nord-Südkomponente um  $1^h 45^m 43^s$  (Gr. Z.) und von der E.-Westkomponente um  $1^h 45^m 57^s$  aufgezeichnet. Die Hauptausschläge traten resp. um  $1^h 48^m 34^s$  und  $1^h 48^m 50^s$  ein. Die Wellenlängen betragen dabei 3 bis  $5^s$ . Um  $1^h 50^m 2^s$  wurde ein Ausschlag von über  $1000 \mu^1$ ) gemessen; der zweitgrößte um  $1^h 53^m 2^s$  war noch  $990 \mu$ . Es trafen daher die ersten Wellen vom Hypozentrum, dessen Tiefe nach Rizzo<sup>2)</sup> 50 km beträgt, nach  $2,5^m$  ein, während die Hauptwellen vom Epizentrum  $5,4^m$  brauchten.

Auch dieses Beben wurde von den magnetischen Variationsinstrumenten als mechanische Störung aufgezeichnet und zwar wie folgt:

Phase	Deklination	Horizontalkomponente
8. Sept. 1905		
Anfang	$1^h 50,2^m$	$1^h 51^m$
1. Maximum	52,6 (1 mm)	54 (3 mm)
2. Maximum	53,2 (1,5 mm)	56 (2 mm)
Ende	54,2	
Neues Maximum	56,0 (0,6 mm)	
Endphase	58,1	2 2
Ende	2 11	

Die magnetischen Instrumente ergaben auch hier wieder die ersten Aufzeichnungen zur Zeit der Ankunft der Hauptwellen, ein Beweis, daß es sich nur um rein mechanische Erschütterungen handelt.

Solche Störungen der magnetischen Variationsinstrumente wurden auch von den meisten europäischen magnetischen Instituten bis auf etwa 1900 km Entfernung bemerkt. Auffällig erscheint es, daß dagegen in Pola, trotz der geringen Entfernung von 700 km vom Epizentrum, die Magnetometer nichts zeigten. Rizzo glaubt dieses Fehlen in dem Verhältnis der Schwingungsdauer der Nadeln zu derjenigen der Erdbebenwellen suchen zu müssen. Eine solche Unterdrückung der Schwingungen kann aber auch durch eine etwa vorhandene starke Dämpfung erklärt werden, die meines Wissens in

<sup>1)</sup>  $1 \mu = 0,001 \text{ mm}$ .

<sup>2)</sup> G. B. Rizzo, Sopra il calcolo della profondità degli ipocentri nei movimenti sismici. Acad. d. Sc. di Torino. 1905-06.

Pola angewendet wird. Welche Erklärung die richtigere ist, läßt sich ohne nähere Kenntnis der dortigen Einrichtungen nicht entscheiden.

Es scheint hier der Platz zu sein, auch kurz der Ereignisse zu gedenken, welche im April 1906 durch den großen Ausbruch des Vesuv eintraten. In diesem Fall handelte es sich nur um lokale Störungen, die sich in geringer Tiefe der Erdkruste abspielten. Das etwas stärkere Beben um Mitternacht des 7. zum 8. April 1906 war zu geringfügig, als daß es auf größere Entfernung die Erde hätte in Mitleidenschaft ziehen können. Auch konnten keine rein magnetischen Störungen, wie sie seinerzeit bei dem Ausbruch des Mont-Pelée<sup>1)</sup> bemerkt wurden, nachgewiesen werden; die magnetischen Kurven sind im Gegenteil gerade in der ersten Hälfte des April sehr ruhig und nur selten gering gestört und insbesondere vom 6. bis 8. April ganz ohne Störung.

Dagegen bemerkte am 7. September einige Stunden vor dem zuerst genannten Erdbeben ein Geometer bei Monteleone, also in der Nähe des Hauptsitzes der Erschütterung, eine solche Unruhe der Bussole, daß er die Messungen unterbrechen mußte. Es ist dies die gleiche Erscheinung, welche zuerst Zöbel 1828 bei einem Erdbeben in Mühlheim in einem Bergwerk hundert Meter unter der Erde gemacht hat, wobei die Nadel unruhig wurde, obwohl er keine direkten Erschütterungen wahrnahm, die aber an der Oberfläche recht beträchtlich waren. Auch in Japan hat man häufig die nämliche Wahrnehmung gemacht. Die Erklärung ist in dem Auftreten von Erdströmen zu suchen, die durch die Vorgänge beim und vor dem Erdbeben innerhalb der Erdkruste entstehen. Ihre Verbreitung reicht aber selten weit und kann daher meist nur in der Nähe des Bebenherdes erkannt werden.

Die erste Wahrnehmung auf größere Entfernung hat Pater Franz Eschinard<sup>2)</sup> im Oktober des Jahres 1680 gelegentlich einer Deklinationsbestimmung gemacht und führt die Unruhe auf ein gleichzeitiges Erdbeben, welches in Malaga in Spanien stattfand, zurück. Da das Jahr 1680 nach R. Wolf in die Zeit des Mini-

<sup>1)</sup> J. B. Messerschmitt, Magnetische Störungen infolge des Vulkanausbruches auf Martinique. Ann. d. Hydr. u. M. M. S. 150, April 1903.

<sup>2)</sup> Lettera del padre F. Echinardi al S. F. Redi, Roma 1681, besprochen von: G. Agamennone, Contributo alla storia de magnetismo terrestre ed allo studio della correlazioni fra di terremoti e le perturbazioni magnetiche. — Bollettino della società sismologica italiana. Vol. 8 1902—03, S. 258—276.

mums der Sonnenflecken-tätigkeit fällt und auch vom Oktober dieses Jahres keine stärkeren Nordlichter bekannt sind, kann man sich dieser Erklärung wohl anschließen, obwohl das Beobachtungsmaterial aus jener Zeit sehr dürftig ist. Die neueren Erfahrungen, insbesondere jene gelegentlich des Vulkanausbruches auf Martinique sprechen jedenfalls nicht gegen diese Annahme.

#### Das Erdbeben in Columbien vom 31. Januar 1906.

Am 31. Januar 1906 wurde das nordwestliche Südamerika von einem ungewöhnlich heftigen Erdbeben heimgesucht, wodurch Städte und Dörfer verschüttet wurden, Inseln versanken und Kabel zerrissen. Zugleich richtete eine starke Flutwelle längs einer Linie an der pazifischen Küste der Republik Columbien zwischen Buenaventura und Tumaco starke Verheerungen an. Daraus kann man unmittelbar schließen, daß das Beben submarinen Ursprungs ist. Nach Milne ist der Herd bei der Mündung des Esmaraldaflusses an der Küste von Ecuador in 1° N. B. und 80° W. Gr. zu suchen.

Damit berechnet sich die Entfernung von München  $d = 9900$  km auf der Oberfläche, und  $d' = 9150$  km längs der Sehne.

Das Erdbeben wurde auf allen Erdbebenwarten Europas aufgezeichnet. Der Münchener Seismograph gibt die folgenden Einzelwerte:

31. Jan. 1906	Nord-Südkomponente			Ost-Westkomponente		
	Gr. Z.	$T$	$A$	Zeit	$T$	$A$
Erste Vorphase	15 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup>	3 <sup>1/2</sup> <sup>s</sup>	bis 40 $\mu$	15 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup>	4—5 <sup>s</sup>	5—90 $\mu$
Auftauchen				49 10		
Deutlicher Einsatz	16 0 30	10—14	300	16 0 10	20	30—1800
Zweite Vorphase				1,0		
Maximum	1,8					
Dritte Vorphase	16 6,7	20—30	900	16 8 0	25	2500
Maximum				7,6		
Hauptbeben	16 13,7	> 20		16 16 0	60	} > 3000
Maximum	16,7			21,5	30	
"	19,0			22,5	30	
"	31,5			28,3		
Dann Schwebungen abnehmend						} Nadel abgestreift.
Wellen durch Antipodenpunkt	17 26,5					
Ende	nach 19 <sup>h</sup>					

Darin bedeuten  $T$  die Schwingungszeiten der Wellen und  $A$  die ganzen Amplituden der wirklichen Bodenbewegungen.

Während in der Nord-Südkomponente die Schwingungen des Vorbebens nahe gleich derjenigen des Hauptbebens erscheinen, also sich schwer voneinander unterscheiden lassen, treten in der Ost-Westkomponente die einzelnen Phasen gut getrennt voneinander auf. Auch sind in dieser Komponente die Bewegungen viel stärker als in der anderen, was auch ganz natürlich ist, da der Bebenherd fast genau in westlicher Richtung von München liegt. Die horizontalen Bodenbewegungen überschritten dabei 3 mm, gingen aber sehr langsam vor sich, wie die angegebenen Schwingungszeiten  $T$  ergeben.

Die magnetischen Kurven zeigen um die angegebene Zeit eine etwas stärkere Störung. Beim Unifilar (Deklination) begann diese um 15<sup>h</sup> 57<sup>m</sup>, indem zunächst die Deklination um 6' zunahm, dann wieder abnahm und besonders zwischen 21<sup>1/2</sup><sup>h</sup> und 23<sup>1/2</sup><sup>h</sup> drei größere Ausbuchtungen aufweist. Um 16<sup>h</sup> 33<sup>m</sup>—42<sup>m</sup> erscheint die Kurve schwach verwaschen, was von einer geringen mechanischen Erschütterung der Magnetnadel herzurühren scheint. Es würde auch diese Zeit nur wenig später wie die stärkste Erschütterung am Seismographen sein.

Beim Bifilar (Horizontalintensität) ist keine mechanische Wirkung zu erkennen. Dagegen ist die Kurve von 16<sup>h</sup> an gestört. Es nimmt  $H$  zunächst um etwa 50  $\gamma$  bis 17<sup>h</sup> ab, dann erfolgt in zwei Spitzen nach 22,7<sup>h</sup> wieder eine Zunahme bis 150  $\gamma$ . Nach Mitternacht sind die Kurven wieder normal.

Obwohl die magnetische Störung zeitlich mit dem Erdbeben zusammenfällt, kann ein Zusammenhang beider Erscheinungen doch nicht bestimmt behauptet werden. Störungen dieser Art, die aus lange dauernden Ausbuchtungen ohne Zacken bestehen, treten namentlich öfter in den Nachtstunden auf, wo sie wohl mit Nordlichtern und diesen zugehörigen Luft- und Erdströmen zusammenhängen. Ob also hier die Ursache in dem Beben zu suchen ist, kann mangels anderer Beobachtungen, insbesondere von Erdströmen, nicht entschieden werden. Es dürfte aber eher ein Zusammenhang allein mit den Sonnenflecken anzunehmen sein, um so mehr, als sich am 31. Januar eine größere Fleckengruppe nur wenig östlich vom Zentralmeridian der Sonne befand.

Am Colaba-Observatorium bei Bombay zeigte die Magnetnadel starke mechanische Erschütterungen bis 15,2 mm Ausschläge, auch war sonst die Kurve magnetisch gestört.

Auch in Indien (Alipore) und auf Manila wurde dieses Beben von den Seismographen registriert und zwar wurden besonders am ersteren Ort sehr große Ausschläge gemessen. Letzteres Seismogramm ist im April-Bulletin 1906 des Wetterbureaus in Manila reproduziert.

An das Columbische Beben möge gleich das etwas südlicher aufgetretene Erdbeben von Chile angeschlossen werden.

#### Das Erdbeben von Mittel-Chile am 16. (17.) August 1906.

Nach den Aufzeichnungen des Observatorio Nacional trat die erste Hauptbewegung dieses Erdbebens am 16. August abends 7<sup>h</sup> 58<sup>m</sup> 44<sup>s</sup> (Ortszeit) ohne vorhergehendes Geräusch ein.<sup>1)</sup> Um 8<sup>h</sup> 1<sup>m</sup> 4<sup>s</sup> begannen die Schwingungen, die eine außerordentliche Amplitude besaßen, welche im Freien als ein Auf- und Niederwallen des Bodens empfunden wurden, nachzulassen, bis sie um 8<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> 34<sup>s</sup>, also nach der ungewöhnlichen Dauer von 4<sup>m</sup> 50<sup>s</sup> ganz aufhörten. Es folgten um 8<sup>h</sup> 7<sup>m</sup> 30<sup>s</sup> noch eine Reihe sehr heftiger Schwingungen von 20<sup>s</sup> Dauer, denen dann eine große Zahl kleiner Nachstöße an dem gleichen und in den nächsten Tagen nachfolgte.

Die Richtung der beiden Hauptstöße wird vom Observatorium in Santiago Nord-Süd angegeben, es sind aber an anderen Orten auch andere Richtungen wahrgenommen worden. Ebenso wurde zum Unterschied von Santiago an fast allen Orten der Provinz Aconcagua ein donnerähnliches unterirdisches Geräusch vernommen.

Die Haupteerschütterungszone fällt in den Bereich der Küstenkordillere und der zentralen Längsebene von Mittel-Chile und es erstreckten sich die zerstörenden Wirkungen nördlich bis zum Choapa-Tal (31° 40' S. B.) und südlich bis zum Maule-Tal (35° 30' S. B.). Die Stärke der Erschütterung war nach der Skala von Rossi-Forell VIII—X. In westlicher Richtung, also auf dem pazifischen Ozean, wurde auf der Insel Juan Fernandez, 360 km westlich von Valparaiso, von einem Kriegsschiff keine Bebenwirkung beobachtet. Nach Osten zu in den Hochkordilleren und auf der argentinischen Seite nahm die Intensität der Erscheinung rasch ab, so daß die Eisenbahn dort nur geringen Schaden erlitt und es gehen die Zerstörungen nur wenig über eine Linie hinaus, welche der Küste in einem Abstand von etwa 75 km parallel läuft.

<sup>1)</sup> H. Steffen, Vorläufige Mitteilung über das Erdbeben in Mittel-Chile vom 16. August 1906. Zeitschr. f. Erdk. zu Berlin, Jahrg. 1906, S. 631.

Dagegen wurden die Erschütterungen also solche im Süden in der Stadt Osorno ( $40^{\circ} 35' S.B.$ ) und im Norden östlich von Lagunas in der Provinz in etwa  $21^{\circ} S.B.$  und nach Osten in ganz Argentinien bis nach Buenos Aires verspürt. Es nimmt daher dieses Beben eine solche Ausdehnung ein, daß es zu den allergrößten gerechnet werden muß.

Die Stadt Valparaiso liegt wohl nicht weit von dem Hauptschüttergebiete. Hier haben die auf lockerem oder aufgeschüttetem Boden befindlichen Teile am meisten gelitten, während die auf festem Gestein gebauten Häuser nur wenig Schaden nahmen. Ähnliche Wahrnehmungen wurden im ganzen Schüttergebiete gemacht. Auch traten Bodenrisse und Spalten, Senkungen, Abrutschungen infolge der Erderschütterungen sowohl in den lockeren Erdmassen der Täler als auch in den festen Gesteinsmassen der Gebirge auf.

Am Vulkan von Chillan in der Hochkordillere ( $36^{\circ} 45' S.B.$ ) ist unterhalb des alten Kraters eine neue Ausbruchstelle entstanden, aus der am 16. August Dampf und Asche ausgeworfen wurde.

Das Meer zeigte bei Valparaiso keine ungewöhnlichen Bewegungen, dagegen ist an anderen Küstengebieten, so besonders in der Bai von Slico und bei Constitucion, an der Mündung des Rio Maule und bei Concepcion ein Austreten des Meeres beobachtet worden. Diese Erdbebenflut wurde auch an den Mareographen in Honolulu und anderen pazifischen Stationen registriert.

Die wichtigste Tatsache ist jedoch eine geringe Hebung an einigen Stellen der Küste infolge des Erdbebens. In Zapallar, Departement de La Ligua, wird die Hebung auf 70—80 cm geschätzt. Andere tektonische Verschiebungen konnten bis jetzt nicht gefunden werden.

Man kann zwei ungefähr parallele und nahezu gleich lange Linien größter Zerstörung erkennen; die eine zieht sich 160 km lang an der Küste zwischen Zapallar und Matanza hin; die andere läuft dieser in 25—30 km östlich derselben parallel von La Ligua über Nogales, Quillota, Limacho und Casablanca nach Melipilla, d. h. sie verbindet im wesentlichen die ungefähren Mittelpunkte der Durchbruchstäler des unteren Rio Aconcagua und Rio Maipo, setzt sich aber noch nordwärts bis in das Talbecken von La Ligua fort.

Man muß daher wohl zwei Stoßzentren oder Stoßlinien unterscheiden, die auch zeitlich nicht ganz zusammenfallen. Dasselbe geht

auch aus dem Diagramme der Münchener Erdbebenstation hervor, in welchem ein Maximum der Bodenbewegungen kurz nach  $1^h$  eintrat, worauf diese abklangen. Aber um  $1^h 38^m$  setzte ein neues Maximum ein, dessen Vorläufer mit den früheren Bewegungen vermischt auch teilweise zu erkennen sind. Dieses ist nur wenig schwächer als das erste Maximum und hielt ebenfalls etwa eine Viertelstunde an, ehe es erheblich schwächer wurde. Um  $2^h 19^m$  kamen dann die Wellen an, die durch den Antipodenpunkt gegangen waren.

Da das Epizentrum in der Nähe von Santiago zu suchen ist, also nahe unter  $32^{\circ} S.B.$  und  $72^{\circ} W.Gr.$  liegt, so beträgt die Entfernung von München auf dem größten Kreise an der Erdoberfläche  $d = 12170$  km und auf der Sehne 10390 km.

Der Verlauf der Registrierung in München läßt sich aus dem beiliegenden Seismogramme, das eine genaue Kontaktkopie des Originals darstellt, also nicht weiter retuschiert ist, recht deutlich erkennen. Die wichtigsten Phasen sind in der beistehenden Tabelle aufgenommen.

17. Aug. 1906	Nordkomponente			Ostkomponente		
	M. Z. Gr.	<i>T</i>	<i>A</i>	M. Z. Gr.	<i>T</i>	<i>A</i>
1. Vorbeben	$0^h 23,0^m$	3—4 <sup>s</sup>	1—2 <sup>''</sup>	$0^h 23,00^s$	2—3 <sup>s</sup>	1—2 <sup>''</sup>
2. Vorbeben	29,6	10—20	2			
3. Vorbeben	33,0	10—30	30—40	33	12—40	30—40
Hauptbeben	45	30—40	60—70	44,4	35—45	80—100
Maximum	1 0,1	30	300	59	17	60
	4,8	15	300	1 3		
Schwabungen	—	15—20	—	4,8		
Neues Anschwellen	1 40	30	160	13,8	14	
	44	20	170	37,5	20—40	
	48	20	320	43,4	24	
	50,5	18	310	50,5	20	
Wellen vom Gegenpunkt	2 19,0	15	40	2 19	20	
Ende	nach 5 <sup>h</sup>	—	—			

Die Konstanten des Apparats waren: Eigenschwingung  $T = 12,1^s$ ; äquivalente Indikatorlänge  $J = 8040$ ; Ausschlag für eine Bogensekunde  $\varepsilon = 39$  mm; Dämpfungsverhältnis 1:8.

An den gleichen und den folgenden Tagen wurden täglich mehrere, wenn auch oft recht schwache Erschütterungen registriert, die wohl größtenteils von den in Chile beobachteten Nachbeben herrühren.

Magnetische Beobachtungen. Die Deklination (Unifilar) zeigt am 16. August 1906 gegen 8 Uhr abends zwei kleine Aus-

buchtungen mit geringen Pulsationen. Vorher und nachher ist die Kurve ungestört. Während der Zeit des Erdbebens in Chile ist auch keine mechanische Erschütterung des Instrumentes eingetreten, es sind also die Bodenbewegungen in München nicht der Art gewesen, um die Magnetnadeln in Bewegung setzen zu können.

Die Kurve der Horizontalintensität (Bifilar) zeigt eine ähnliche Ausbuchtung wie die Deklination zwischen 19,7<sup>h</sup> und 22<sup>h</sup>. Dann ist die Kurve wieder ungestört und auch ohne mechanische Störungen geblieben, welche um diese Nachtstunde um so leichter zu erkennen sind, weil da die kleinen Einwirkungen des elektrischen Trambahnbetriebes fortfallen.

Die Ausbuchtungen, welche sehr häufig in den Abendstunden auftreten, haben in elektrischen Strömungen der Atmosphäre ihren Ursprung. Es ist daher von dem Erdbeben keine magnetische Störungswirkung bei uns eingetreten.

Lichterscheinungen. Einem gütigst zur Verfügung gestellten Privatbriefe des Herrn Aug. Samhaber in Valparaiso entnehme ich, daß er sofort nach dem ersten Stoße ins Freie ging und dabei auf den nahen Anhöhen von Valparaiso eine Lichterscheinung in der Art des „Wetterleuchtens“ sah. Diese Erscheinung wurde von mehreren Personen beobachtet und wird mit Flächenblitzen verglichen. Eine Verwechslung mit Funkenspringen der elektrischen Straßenbahn ist nach der Lage des Beobachtungsortes ausgeschlossen. Dieses Leuchten wird von einem anderen Beobachter von bläulich-grüner Farbe beschrieben und fand nur im ersten Moment statt.

Obwohl solche elektrische Entladungen schon häufig bei Erdbeben beobachtet wurden, ist es doch stets von Interesse, sie in jedem einzelnen Falle wieder festzustellen. Auch scheinen sie nicht immer aufzutreten, so wurde z. B. kein Fall bei dem Beben von San Francisco erwähnt, während sie dagegen in Calabrien mehrfach gesehen wurden. Sie sind das untrügliche Zeichen von den starken elektrischen Strömen, die durch die Vorgänge im Erdinnern entstehen.

#### Das Erdbeben von San Francisco vom 18. April 1906.

Kalifornien gehört zu denjenigen Landstrichen, die häufig von Erdbeben heimgesucht werden. Längs der Küste zieht eine ziemlich hohe Gebirgskette, die Coast Ranges hin, welche nach Westen steil ins Meer abfallen. Hier haben die gebirgsbildenden Kräfte noch in

der Quartärzeit die mächtigsten Umwälzungen hervorgerufen, wie die vielfachen Hebungen, Faltungen, Verschiebungen und Überwerfungen dartun. Aber auch jetzt ist dieser Prozeß noch nicht ganz zum Stillstand gekommen, woher eben die häufigen Erdbeben rühren.

Eine der wichtigsten Züge dieser Küstenkette von Kalifornien ist nun eine Linie von spezifisch-geomorphischem Ausdruck, welche quer durch das ganze Gebirge sich vom Mendocino County bis zum Riverside County hindurchzieht. Die besondere Eigentümlichkeit derselben liegt in dem Umstande, daß sie nicht wie andere Bodenformen durch die atmosphärische Erosion u. dgl. mehr hervorgerufen ist, sondern durch eine Dislokation der Erdkruste oder vielmehr durch eine Reihe von Dislokationen in vergangener Zeit mit einer Differentialbewegung eines Teiles auf der einen Seite längs der Bruchfläche.

Im allgemeinen folgt diese Verwerfung den Tälern, aber manchmal geht sie auch über felsige Berge hinweg oder durchquert die Enden zweier Täler. Längs dieser Linie findet man gewöhnlich plötzliche Änderungen in der normalen Böschung des Talgehänges, die allgemein bekannt sind. Diese Unregelmäßigkeit kann nur durch einen Bruch in der Erde, verbunden mit einer relativen vertikalen Verschiebung längs der Bruchlinie erklärt werden. An manchen Stellen haben freilich die atmosphärischen Einflüsse ihr Ansehen so verändert, daß sie nur der Fachmann noch erkennt. Aber an anderen Stellen, besonders in dem wüsten Teile der Coast Ranges, z. B. in den Carina Plains, ist sie dem Volke wohl bekannt und wird allgemein als die „Erdbebenspalte“ bezeichnet.

Die Spalte beginnt bei Point Arena, südlich vom Kap Mendocino, durchquert teilweise den Meeresboden, kommt etwas südlich von Golden Gate auf die Halbinsel, etwa 2 km von der Stadt Kalifornien entfernt, vorbei und durchschneidet dann in gerader Linie das ganze Küstengebirge, bis sie bei dem Mount Pinos endet. Ihre Länge beträgt 375 Meilen (660 km).

Sie setzt sich dann noch weiter nach Süden fort, doch ist dieser Teil noch nicht genügend sicher gestellt. Wahrscheinlich handelt es sich hier um zwei Bruchlinien.

Eine Bewegung längs dieser Spalte und parallel zu ihr scheint nun die Ursache des Bebens vom 18. April gewesen zu sein, was einesteils daraus hervorgeht, daß diejenigen Orte am meisten gelitten haben, welche nahe der Verwerfung liegen, andererseits auch aus den horizontalen Verschiebungen, die längs der Linie beobachtet

wurden und zwischen 2 und 7 m betragen. In Sonoma und Mendocino ist auch eine vertikale Verschiebung bis zu 1 m zu erkennen, die aber rasch gegen Südosten abnimmt. Die Größe dieses Bruches deutet darauf hin, daß der Herd sehr tief liegt. Ob noch andere Verschiebungen stattgefunden haben, kann erst die spätere genaue Vermessung ergeben.

Die Fläche, innerhalb welcher das Erdbeben einen wirklichen Schaden verursacht, also einen Stärkegrad von mindestens VI bis VII nach Rossi-Forell erreichte, wird durch einen schmalen Streifen Landes gebildet, der sich von der Stadt Ukiah, am Russian River, bis zur Stadt Salinas, bei der Monterey Bay, in einer Länge von 205 Meilen (330 km) hinzieht. Jenseits dieser Grenzen ist das Land meist wenig besiedelt und es kann daher aus diesem Grunde die Fläche der größten Erschütterung auch wohl noch etwas weiter gehen. Gegen Osten, die Sierra Nevada, nahm die Intensität des Bebens rasch ab.

Aber auch innerhalb dieser Zone traten starke Verschiedenheiten auf. So wurden z. B. auf der Lick-Sternwarte, welche am Mount Hamilton ( $37^{\circ} 20' 25''$  N.B.,  $121^{\circ} 38' 42''$  W. Gr.) in 1283 m Meereshöhe liegt, nur mäßige Erschütterungen bemerkt, was auch durch die Aufzeichnungen eines Ewensschen Pendelseismometers dasselbst bestätigt wird. Die Telegraphen- und Telephonleitung nach San José wurde dagegen unterbrochen und eine Anzahl Bodenrisse in der Nähe des Observatoriums entstanden. Nach den astronomischen Kontrollbeobachtungen am Meridiankreis und am großen 36 Zoll-Refraktor sind jedoch weder dieses Mal noch auch früher, wie nach dem starken Stoß vom August 1903, nachweisbare Änderungen in der Lage dieser Instrumente vorgekommen.<sup>1)</sup> (The Observatory, Nr. 374, Sept. 1906.)

<sup>1)</sup> Solche Bodenverschiebungen sowohl in vertikaler als auch horizontaler Lage sind bis jetzt nur noch selten nachgewiesen worden, einerseits weil dieselben meist sehr klein sind und andererseits, weil es gewöhnlich an den nötigen feineren Messungen mangelt. Einen der genauesten Werte konnte J. J. A. Müller auf Sumatra ableiten: „Die Verschiebung einiger Triangulationspfeiler in der Residentschaft Tapanoeli durch das Erdbeben vom 17. Mai 1892“ (Verhandl. d. K. Ak. d. Wiss. zu Amsterdam. 1. Sekt., III. T., Nr. 2, 1895 und Referat in Zeitschrift für Vermessungswesen XXVI, S. 129, 1897) wobei horizontale Verschiebungen bis zu 1,24 m auftraten.

Aus den schweizerischen Vermessungen, für welche auch Verschiebungen wegen der häufigen, wenn auch schwachen Erdbeben, vermutet wurden, konnte

Diese geringe Wirkung ist um so überraschender, als in dem nur 20 km westlich, am Fuße des Berges gelegenen San José das Beben einen starken Schaden anrichtete, der, ähnlich wie in San Francisco, durch das ausbrechende Feuer noch vermehrt wurde.

Auf der internationalen Breitenstation in Ukiah, welche unter  $39^{\circ} 8' 12''$  N.B. liegt, wo die fortlaufenden Beobachtungen zur Feststellung der Variationen der Polhöhe ausgeführt werden, wurden genaue Untersuchungen über allfällige Bodenänderungen gemacht. Die Station liegt etwa 26 Meilen (42 km) ostnordöstlich von dem Orte, wo die obengenannte Bruchlinie in den Pazifischen Ozean bei Point Arena eintritt und 160 km nordwestlich von San Francisco. Sie befindet sich in einem 3—5 km breiten Tale, das sich von NNW. nach SSE. hinzieht, 2 km südlich von der Stadt Ukiah.

Es scheint nun zwar wenig wahrscheinlich, daß soweit von der Verwerfungsspalte entfernt noch eine meßbare Verschiebung stattgefunden habe, aber es war doch wichtig, sich davon zu überzeugen, um so mehr, als eine vorläufige Reduktion der Breitenbeobachtungen von den benachbarten Tagen vor und nach dem Beben eine kleine Abweichung anzudeuten schien. S. D. Townly,<sup>1)</sup> der Beobachter dieser Station, hatte überdies bei der astronomischen Uhr, welche mit dem Zifferblatte nach Süden steht, einen Verlust von  $6^s$  während dieser Erschütterung bemerkt, was also ein Anhalten bedeutet. Der Pfeiler, auf dem das Zenitteleskop steht, zeigte keine Änderungen oder Defekte, aber die Aufstellung des Instrumentes war im Azimut um  $15''$  geändert, in der Höhe war die Änderung nicht sicher nachzuweisen, da sie nicht stärker war, als sie auch sonst durch Temperaturschwankungen hervorgerufen wird.

ich für den Zeitraum von einem halben Jahrhundert, der zwischen den Vermessungen in den zwanziger und siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts liegt, nur das nachweisen, daß keine horizontalen Verschiebungen in der Erdkruste zwischen dem schweizerischen Jura und den Voralpen stattgefunden haben, die den Betrag von einem halben Meter wesentlich übersteigen. (Das schweiz. Dreiecknetz, 5. Band, S. 179, 1890 und 6. Jahresbericht der Physikalischen Gesellschaft in Zürich, S. 29 und 347, 1892.)

Dagegen zeigten nach Lehl und Weixler eine Anzahl Festpunkte in der Nähe von Agram nach dem Erdbeben vom 9. November 1880 Veränderungen in ihrem gegenseitigen Abstände und Höhe. (Mitt. Milit. Geogr. Inst., Wien, Bd. XV, 1895.)

<sup>1)</sup> Sidney D. Townley, The latitude of Ukiah before and after April 18, 1906. Publ. of the Astron. society of the Pacific, Vol. XVIII, Nr. 108 u. 109, 1906.

Bei dem Stoß um 10<sup>h</sup> 4<sup>m</sup> wurden die Libellen in ostwestlicher Richtung gerade beobachtet, wie sie sich zwei Skalateile hin und her bewegten, was einer Bodenbewegung von 0,005 mm entspricht.

Um zu entscheiden, ob durch den Hauptstoß weitere Änderungen hervorgebracht worden seien, wurden die sämtlichen Beobachtungen einer eingehenden Diskussion unterworfen. Es ergaben die Tage vor dem Beben, vom 11. April an, die Breite = 39° 8' 12,051" und nach dem Beben bis zum 26. April 39° 8' 12,068". Diese Werte sind nun noch wegen der Änderung der Polhöhe zwischen beiden Zeiten zu korrigieren. Das Erdbeben trat ungefähr sieben Wochen nach dem Minimum der Breite von Ukiah ein. Zu dieser Zeit beträgt die Polhöhenänderung nach der normalen Kurve in Ukiah 0,02" Abnahme in einem halben Monat. Berücksichtigt man diesen Wert, so bleibt als Unterschied zwischen den beiden Polhöhenreihen vor und nach dem Erdbeben nur noch ein Unterschied von — 0,005" übrig, was einer Verschiebung des Observatoriums von 15 cm nach Süden entsprechen würde. Da aber die Genauigkeit der Beobachtungen selbst nicht größer als der angegebene Unterschied ist, so kann derselbe nicht als verbürgt angesehen werden und man darf wohl sagen, daß eine meßbare Verschiebung überhaupt nicht stattgefunden habe.

Der erste Stoß wurde in der Stadt Ukiah um 5<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> 17<sup>s</sup> mit einer Stärke von VIII nach Rossi-Forell beobachtet und war heftig genug, daß manche Kamine umfielen und auch sonst noch leichter Schaden an den Gebäuden entstand. Es sind also diese Vorgänge nur auf die allgemeinen Wellenbewegungen des Bodens zurückzuführen.

In San Francisco setzte nach Prof. George Davison, der die Erscheinung mit der Uhr verfolgte, die Erschütterung um 5<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> 0<sup>s</sup> Pacific standard time, also um 13<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> 0<sup>s</sup> Gr.Z., am 18. April ein und bestand aus einem einzigen Stoße in nordsüdlicher Richtung, dem dann weitere Erschütterungen auch aus anderen Himmelsrichtungen folgten. Die ganze Bewegung dauerte 2<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>.

In Berkeley, östlich von San Francisco, wurde der erste Stoß um 5<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> 6<sup>s</sup> beobachtet, worauf die Erschütterungen 1<sup>m</sup> 5<sup>s</sup> anhielten.

Die Ausdehnung des Zerstörungsgebietes ist noch nicht genau bekannt, beträgt aber etwa 25—30 Meilen zu beiden Seiten der Verwerfungsspalte. Auch konnten zwei Linien größter Zerstörung fest-

gestellt werden. Über alle diese Fragen wird der definitive Report der für die Untersuchung des Bebens eingesetzten Kommission, der die ersten Fachleute Amerikas angehören, wohl in nicht zu langer Zeit Auskunft geben.

Das Erdbeben wurde von allen Erdbebenstationen als sehr heftige Erschütterung aufgezeichnet. In München begann das Beben, wie man aus der beiliegenden Kopie des Seismogrammes erkennen kann, um 13<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> und es bewirkte um 13<sup>h</sup> 58<sup>m</sup> solche Ausschläge in der Ost-Westkomponente, daß hier die Schreibnadel und das Gestänge herausgeschleudert wurde. Dadurch wurde einige Minuten später auch die andere Komponente gestört, so daß damit die Registrierungen eine Unterbrechung erlitten, die erst einige Zeit später bemerkt wurde, als schon die Bodenerschütterungen am Erlöschen waren. Für diese außergewöhnlichen Vorgänge wäre eine Allarmvorrichtung in Verbindung mit dem Seismographen sehr zweckdienlich. Freilich müßte dann auch der betreffende Beamte nahe dabei seine Dienstwohnung haben, was ja bis jetzt nicht der Fall ist.

Die wichtigsten Daten über Zeit, Schwingungsdauer ( $T$ ) und Amplituden ( $A$ ) der Bodenbewegungen sind in der beistehenden Tabelle enthalten.

18. April 1906	Nord-Südkomponente			Ost-Westkomponente		
	Gr.Z.	$T$	$A$	Gr.Z.	$T$	$A$
Beginn des						
1. Vorläufer	13 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup>	3—4 <sup>s</sup>	5—10 <sup>u</sup>	13 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup>		5—10 <sup>u</sup>
2. Vorläufer	35	15—20	100—200	35	15 <sup>s</sup>	150
Hauptbeben	51 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup>	40	1000	51 5		1400
Maximum	53		1000	52	30	1400
Maximum	58		1000	58	18	> 1500
	14 1		1400	—	—	—

Setzt man das Epizentrum der Bewegung in der Nähe von San Francisco auf etwa 38° N.B. und 123 W. Gr. an, so beträgt die Entfernung bis München  $d = 9445$  km, auf der Erdoberfläche im größten Kreise, während die Sehne  $d' = 8600$  m lang ist. Es würden danach die Hauptwellen mit einer Geschwindigkeit von 4,4 km in der Sekunde hierher gekommen sein, während die Vorläufer eine Geschwindigkeit von etwa 12,4 km in der Sekunde gehabt haben.

Die Konstanten des Apparates betragen für die Zeit des Erdbebens: Eigenschwingungen des Pendels  $T = 12,1^s$ ; äquivalente Indikatorlänge  $J = 9900$ ; äquivalente Pendellänge 45 m; Neigungsempfindlichkeit für  $1'' = 37$  mm; Vergrößerung schneller Bewegungen ca. 200 mal.

Von diesem Beben sind bis jetzt die Kurven des Omori-Horizontalpendels in Tokio<sup>1)</sup> veröffentlicht, das 8200 km von San Francisco entfernt liegt. Sie zeigt eine auffällige Übereinstimmung mit dem Münchener Seismogramme, was recht beachtenswert ist.

Weniger leicht ist die Vergleichung mit der Aufzeichnung des Vicentinischen Mikroseismographen in Manila. (Weather Bureau. Manila, Central Observatory, Bulletin for April 1906.)

Magnetische Beobachtungen am 18. April 1906. Sowohl die Registrierungen der Deklination, wie die der Horizontalintensität zeigen am 18. April völlig ungestörte Kurven. Ebenso wenig ist eine mechanische Erschütterung der Variometer eingetreten, die man nach den großen Ausschlägen des Seismometers wohl erwarten konnte. Auch von anderen magnetischen Observatorien sind keine Störungen bisher bekannt geworden, die als ein Einfluß dieses Erdbebens auf die Magnetnadeln könnten angesehen werden.

Nach einer unterdessen erschienenen Untersuchung von Bauer<sup>2)</sup> zeigten die Magnetographenkurven in Nordamerika zwar eine mechanische Erschütterung, aber ebenfalls keine magnetischen Wirkungen des Erdbebens an.

#### Das Erdbeben auf Jamaica vom 14. Januar 1907.

Das letzte Erdbeben, durch welches Kingston und Port-Royal auf Jamaica zerstört wurde, ist von dem Seismographen in München nur als eine recht schwache Erscheinung (Maximum  $5''$  Bodenbewegung gegen 1000—2000 der anderen Katastrophen) registriert worden, obwohl der Apparat nach einer sofort angestellten Untersuchung sich in Ordnung befand. Auch war vorher ein Nahbeben  $1^h 5,8^m$  bis  $1^h 20^m$  nachmittags und einige unregelmäßige Wellen unbestimmter

<sup>1)</sup> F. Omori, Note on the San Francisco earthquake of April 18, 1906. Publ. of the Earthquake Ins. Com., N. 21, Apperdix II.

<sup>2)</sup> L. A. Bauer, Magnetograph records of earthquakes with special reference to the San Francisco earthquake, April 18, 1906. Terrestrial Magnetism. Vol. XI, p. 135—144, 1906.

Herkunft von  $5^h 47^m$  bis  $52,2^m$  mit  $1-5''$  Amplitude noch deutlich aufgezeichnet worden. Überdies hat die regelmäßige tägliche Kontrolle des Pendels durch Auflegen eines kleinen Gewichtes auf das Pendel keine besondere Abweichung gegen sonst gezeigt. Diese Vorrichtung ergibt allerdings nicht immer den gleichen Ausschlag, obwohl doch das Gewicht und die Entfernung des Auflagepunktes von der Pendelachse gleich bleiben. Das Gewicht, 10,55 g, ist nämlich an einem dünnen Faden befestigt, der über eine am oberen Rahmen des Glaskastens eingeschraubte Rolle geführt wird, so daß es von außen stets, ohne den Apparat zu stören, herabgelassen und damit die Empfindlichkeit bestimmt werden kann. Doch bewegen sich diese Abweichungen nur in engen Grenzen. Es scheinen diese Änderungen, die sowohl ein Verkleinern als auch ein Vergrößern der Empfindlichkeit sein können, ihren Grund in den federnden Metallteilen zu haben.

Die erhaltenen Registrierungen erkennt man aus den nachstehenden Angaben über den Eintritt der einzelnen Phasen, die Wellenlängen und die Bodenbewegungen:

Nord-Südkomponente	Ost-Westkomponente
14. Jan. 1907	
20 <sup>h</sup> 50,2 <sup>m</sup>	20 <sup>h</sup> 50,6 <sup>m</sup> Beginn
21 11	21 12 Hauptbeben
21 12	19,5
18 } 20 <sup>s</sup> ; 3 <sup>''</sup>	29 } 20 <sup>s</sup> ; 5 <sup>''</sup> Maximum
24 }	
Ende ca. 22 <sup>h</sup> .	

Es handelte sich also dabei um ganz flache, langgezogene Wellen, die bereits während des Vorbebens einsetzten, so daß der Boden nur in ein langsames Wanken versetzt wurde. Da überdies die Amplituden der wirklichen Bodenbewegungen nur einige tausendstel Millimeter erreichten, so bietet das Seismogramm nur ein ganz unscheinbares Aussehen, aus welchem man nicht auf die damit verbundene örtliche Wirkung schließen konnte.

Auch an den anderen europäischen Erdbebenwarten waren die Bewegungen gering, ein Zeichen dafür, daß diese Katastrophe, so großes Unheil sie für die betroffenen Ortschaften brachte, doch nicht so allgemeiner Natur war, wie die vorher beschriebenen.

Die Kurven der erdmagnetischen Variationsinstrumente zeigen bei den drei Elementen am 14. Januar zunächst bis nach

$1\frac{1}{2}$  8 Uhr abends Gr.Z. nur geringe Abweichungen vom normalen Gang. Dann setzte eine plötzliche heftige Störung ein, bei welcher die Magnetnadeln in einem Ruck ihre Stellung änderten und dann mehrere Stunden unruhig blieben, ehe sie sich wieder ganz beruhigten. Die betreffenden Werte sind aus der folgenden Zusammenstellung und der beigefügten Kopie der magnetischen Kurven, die in Originalgröße reproduziert sind, zu ersehen:

Deklination.		
1907 14. Jan.		
M. Gr. Z.	West	
19 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>	9° 55'.6	
35	56.8	Beginn der Störung
36	54.7	erst wieder etwas zunehmend, dann langsame Abnahme
20 27	39.5	dann Zunahme, worauf zwei Ausbuchtungen folgen
54	49.4	Maximum
21 14	45.1	Minimum
22	46.7	Maximum
35	40.2	Minimum
56	56	von da ab wieder ziemlich ruhig und mehr normal.

Horizontalintensität.		
19 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>	0,20 648 C.G.S.	dann plötzliche Zunahme auf
35	682	dann Abnahme bis
20 14	659	langsame Zunahme
42	757	Maximum
21 31	593	Minimum, dann kleine Fluktuationen
22 54	561	Minimum
23 23	636	wieder ziemlich ruhig.

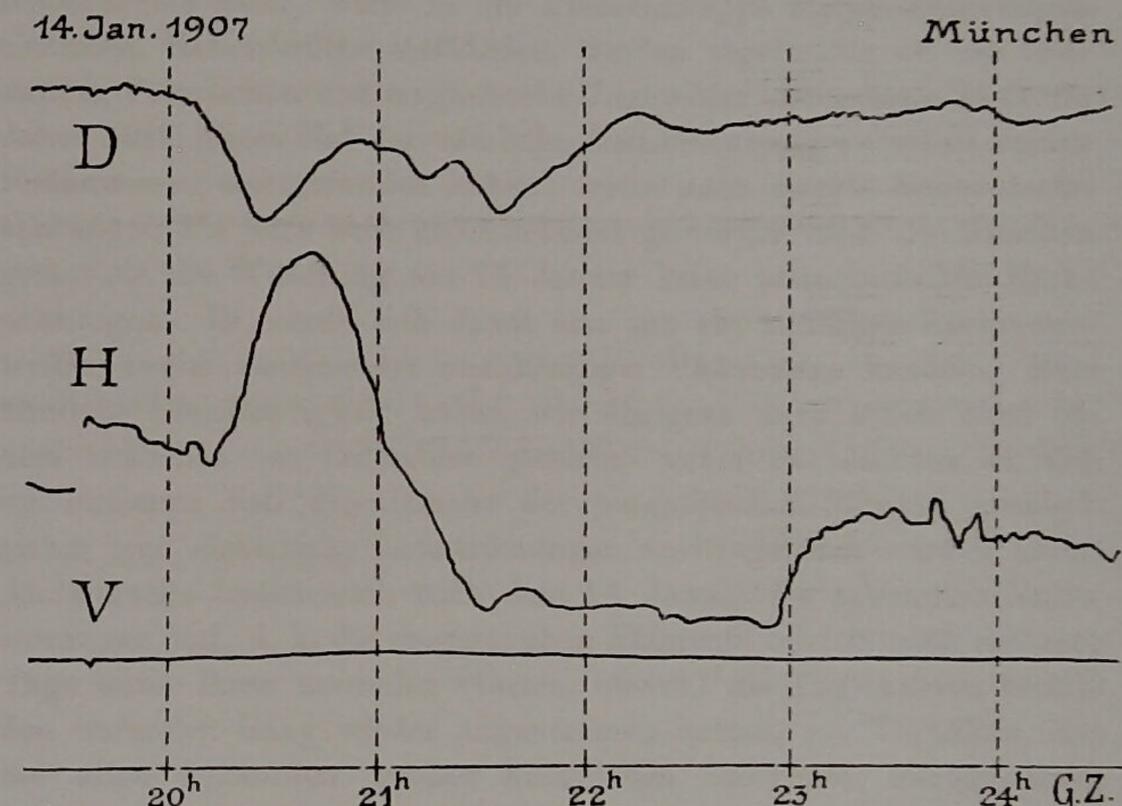
Die magnetische Deklination (Mißweisung) zeigt während der Störung der Hauptsache nach eine Abnahme der westlichen Deklination ( $D$ ), die um so beträchtlicher ist, als sie in die Zeit des normalen Tagesminimums fällt. Die Tagesamplitude ist am 14. Januar und für die Zeit der Störung allein 17', ein Betrag, der den doppelten Wert der normalen täglichen Amplitude erreicht.<sup>1)</sup>

Noch auffälliger ist die Störung in der Horizontalintensität ( $H$ ). Hierfür ist die normale Tagesschwankung 30—40  $\gamma$  (Einheiten der 5. Dezimale in absolutem Maß, C. G. S.), während sie bei der Störung allein auf 196  $\gamma$  stieg.

<sup>1)</sup> Messerschmitt, Veröffentlichungen des Erdmagnetischen Observatoriums in München. 1. Heft, S. 70. München 1904.

In Bezug auf das Jamaika-Erdbeben erscheint beachtenswert, daß das Hauptmaximum der magnetischen Störung nahe mit der Zeit des Eintritts des Bebens zusammenfällt.

Die größten bei solchen magnetischen Gewittern beobachteten Amplituden betragen in München bei der Deklination über 1° 40' und bei der Horizontalintensität über 500  $\gamma$ , welche Werte aber nur selten, d. h. kaum einmal alle zehn Jahre beobachtet werden.<sup>1)</sup>



Ordinatenwerte,  $D$ : 1 mm = 1'.24;  $H$ : 1 mm = 4,67  $\gamma$ ;  $V$ : 1 mm = 10  $\gamma$ .

Auch die Vertikalintensität ( $V$ ) zeigt zuerst eine plötzliche Abnahme, worauf sie langsam zunimmt und nach 2 $\frac{1}{2}$  Stunden etwa wieder auf ihren alten Wert zurückkehrt.

Nachdem bis jetzt keine genauere Zeitangabe über den Eintritt der Katastrophe selbst bekannt geworden ist, als nachmittags 3 $\frac{1}{2}$  Uhr, so kann man dieselbe zunächst nur aus den vorhandenen

<sup>1)</sup> Messerschmitt, Das magnetische Ungewitter vom 31. Oktober 1903. Sitz.-Ber. der Bayer. Akad., Bd. 34. S. 29, 1904. Für dieses Gewitter wurde seinerzeit die Ursache in einem Erdbeben in Andischan (Asien) gesucht, was aber sicher nicht der Fall ist, da dieses erst 11 Stunden später stattfand. Auch ist der Beweis des Zusammenhangs mit den Sonnenflecken wohl erbracht.

Erdbebenregistrierungen angenähert ermitteln. Der Beginn des Vorbebens ist nach den Aufzeichnungen der Straßburger Hauptstation für Erdbebenforschung, in naher Übereinstimmung mit den Münchener Aufzeichnungen, um 20<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> M. Gr. Z. und in Göttingen 20<sup>h</sup> 49<sup>m</sup> 51<sup>s</sup>, wobei jedoch bemerkt wird, daß wegen der gleichzeitigen seismischen Unruhe der erste Einsatz nicht ganz sicher festzustellen ist. Da nun diese Wellen etwa 8 bis 9 Minuten brauchen, bis sie von Jamaika zu uns gelangen, so muß der Beginn des Erdbebens in Kingston etwas nach 1/24 Uhr Nachmittag Ortszeit (20<sup>h</sup> 41<sup>m</sup> Gr. Z.) gewesen sein. Zu dieser Zeit waren nun die magnetischen Elemente bereits eine Stunde gestört und etwa das Maximum der Abweichungen von den ursprünglichen Werten erreicht.

Nun sind aber magnetische Störungen in der Nähe des Bebenherdes schon häufig vor dem Eintritt von Erdbeben beobachtet worden, wie dies neuerdings z. B. auch die oben bei dem Erdbeben in Calabrien angegebene Kompaßabweichung bestätigt. In Japan ist diese Erscheinung so bekannt, daß sie teilweise sogar zur kurzen Vorhersage von Erdbeben mit Erfolg benutzt wird.<sup>1)</sup> Ob nun hier, wo die Magnete so weit vom Epizentrum entfernt sind, ein solcher Fall vorliegt, läßt sich allerdings nicht so ohne weiteres entscheiden, um so mehr, als bis jetzt nur sehr dürftige Nachrichten aus Westindien vorliegen. Es sollten dann in den dortigen Gewässern auch von weniger feinen magnetischen Apparaten, wie insbesondere von

<sup>1)</sup> Es versteht sich von selbst, daß solche Vorhersagen keine besondere Zuverlässigkeit bieten, da ja auch starke magnetische Störungen aus anderen Ursachen entstehen können. Etwas anderes ist es mit den sog. Nachbeben nach einem großen Beben, die manchmal mit solcher Gesetzmäßigkeit auftreten, daß z. B. Omori für einige japanische Erdbebenherde ihre Zahl und Dauer recht sicher berechnen konnte. Im allgemeinen kann man aber sagen, daß auch die großen Beben nicht vorher bestimmt werden können, auch wenn vor solchen Katastrophen kleine Stöße, leichtes Zittern des Bodens oder unheilvolles unterirdisches Rollen beobachtet werden, da diese Erscheinungen noch häufiger auch sonst auftreten, ohne weiteren Schaden zu verursachen.

Sonstige Prognosen aber, wie diejenigen, welche zuerst Perrey und später Falb aus den Stellungen von Sonne und Mond ableiten wollten, haben hier ebensowenig Wert wie bei der Witterung.

Vollends solche Voraussagungen, wie aus dem dunkelblauen Aussehen des wolkenlosen Himmels oder aus besonders geformten Wolken und dergleichen Phantastereien mehr werden auch dann nicht besser, wenn man ihnen als Aufputz einige unverstandene wissenschaftliche Resultate als gelehrtes Mäntelchen umhängen will.

Schiffskompassen, eine starke magnetische Unruhe beobachtet worden sein, worüber wohl später aus den Schiffsjournalen Aufschluß erlangt werden kann.<sup>1)</sup>

Zur gleichen Zeit befand sich aber auch auf der Sonne, nahe der Mitte der Sonnenscheibe, eine größere Fleckengruppe, mit welchem Phänomen bekanntlich häufig solche magnetische Störungen in naher, wenn auch noch nicht völlig geklärten Beziehung stehen. Insbesondere dann, wenn in der Fleckengruppe starke Änderungen eintreten, Gasausbrüche stattfinden, werden regelmäßig bei uns Erdströme, Polarlichter und magnetische Ungewitter beobachtet. Es dürfte daher auch dieses Mal der nämliche Zusammenhang zwischen beiden Phänomenen stattgefunden haben, wenn auch direkte Sonnenbeobachtungen bis jetzt noch nicht bekannt geworden sind. In München gestattete die Witterung am 14. Januar keine astronomischen Beobachtungen. Es würde sich damit also um ein zufälliges Zusammentreffen zweier voneinander unabhängiger Phänomene handeln. Eine ähnliche Gleichzeitigkeit haben wir übrigens auch schon oben bei dem Erdbeben von Columbien gesehen, wobei zu beachten ist, daß im letzteren Fall die Ursache der magnetischen Störung ziemlich sicher auf elektrische Luftströmungen zurückgeführt werden kann. Andererseits treten auch nach dem 14. Januar die bekannten Nachstörungen auf, d. h. die magnetischen Elemente blieben noch mehrere Tage unter ihren normalen Werten, obwohl die Tageskurven bereits den normalen Gang wieder angenommen hatten, ein Verhalten, das bei allen bekannten großen kosmischen Störungen nachgewiesen werden kann.

Unter Umständen könnte aber doch noch ein Zusammenhang zwischen den magnetischen Störungen und dem Erdbeben bestehen, wobei die durch die Fleckentätigkeit entstehenden Erdströme die Rolle eines auslösenden Faktors der bereits unsicheren Bodenverhältnisse auf Jamaika gespielt haben müßten. Es wären dann die Erdströme nicht die Folge, sondern die unmittelbare Ursache des Erdbebens gewesen. Freilich müßte für diese Hypothese erst noch der Beweis erbracht werden, daß elektrische Erdströme

<sup>1)</sup> Vgl. auch J. E. Burbank, Earthquake disturbances recorded on the Magnetographs. Terr. Magnet. X, Nr. 3, 1905; ferner Messerschmitt, Beeinflussung der Magnetographen-Aufzeichnungen durch Erdbeben. Sitz.-Ber. der Münchener Akad., math. Kl., Bd. XXXV, Heft 2, 1905.

überhaupt solche mechanische Vorgänge wie Abrutschungen beeinflussen können. Die Erklärung könnte dann etwa darin gesucht werden, daß die Ströme einen elektrolytischen Prozeß einleiten, wodurch Gase in den bereits gelockerten Erdschichten entstehen und damit, ähnlich wie beim Zutritt von Wasser bei einem Bergschliff, das Abrutschen beschleunigt wird. Da ja die Erdströme bekanntlich sehr stark sein können, man beobachtete am 31. Oktober 1903 Ströme bis 675 Volt Spannung, so wäre ja auch ein solcher Prozeß nicht undenkbar. Dann aber mußte die magnetische Störung früher als das Erdbeben beginnen, wie dies ja auch der Fall war.

Es würden also hier die magnetischen Störungen eine völlig andere Rolle gespielt haben, wie es sonst und unter anderem bei dem Vulkanausbruch des Monte Pelée auf Martinique der Fall war.<sup>1)</sup> Dort waren sie nur eine Folge der vulkanischen Tätigkeit, weshalb auch die magnetische Störung auf der ganzen Erde zur gleichen Zeit auftrat, wie der Eintritt der Katastrophe am 8. Mai 1902 in Saint-Pierre. Die oft erwähnten Lichterscheinungen bei Erdbeben gehören auch in dieses Gebiet und können leicht durch die durch die Erdbebenvorgänge entstehende Elektrizität erklärt werden.

Nach den bisher bekannt gewordenen Beschreibungen der Katastrophe in Kingston muß es sich der Hauptsache nach um eine Abrutschung an der Küste von Jamaika gehandelt haben, die möglicherweise noch von Hebungserscheinungen begleitet war. Die Küsten dieser Insel fallen meist steil in das tiefe Meer hinab, so besonders nach Norden in den über 5000 m tiefen Bartlett-Graben; auch bei Kingston und Port Royal findet ein rascher Abfall bis 1000 m statt.

Jamaika selbst bildet aber einen Teil eines versunkenen Gebirgssystems, das eine Halbinsel bildete und man kann heute noch im Relief des Meeresbodens die Verbindung mit dem Festlande nachweisen. Hier im Westen erkennt man in dem Hondurischen Gebirge auf dem linken Ufer des Segovia oder Wanks oder Coco-Flusses die Wurzel dieser versunkenen Halbinsel. Vor dem Festlande liegt dann die große, wenig tiefe Mosquito-Bank mit ihren vielen Riffen, dann folgen noch eine Anzahl Untiefen und kleine Inseln als Verbindungsglieder bis nach Jamaika, wie die Quita-Sieña-

<sup>1)</sup> Messerschmitt, Magnetische Störungen infolge des Vulkanausbruches auf Martinique. *Annalen der Hydrographie und Mar. Met.*, Bd. 31, S. 150, April 1903.

Bank, die Rosalind-Bank, die Serranilla-Bank, die Pedro-Bank. Zwischen diesen Bodenerhebungen sinkt der Meeresboden nur in der Nähe der Pedro-Bank und bei Jamaika selbst zu etwas größeren Tiefen hinab. An diesen Stellen ist also die Bodensenkung stärker gewesen als an anderen Orten. Daher sind auch die Küsten bei Jamaika steiler und eine Abrutschung ist leichter möglich, sei es daß diese durch Unterspülung oder durch geringe Bodenerzitterungen, die von entfernten Beben herrühren u. dgl. m., vorbereitet wird. Die Lagerungsverhältnisse der daselbst befindlichen verschiedenen geologischen Formationen müssen überdies einen solchen Prozeß begünstigen.

Ist diese Erklärung richtig, so handelt es sich bei dem Erdbeben von Kingston nur um eine lokale Erscheinung, die in die Kategorie der Einsturzbeben einzureihen wäre. im Gegensatz zu den anderen hier betrachteten tektonischen oder Dislokationsbeben. Da der Herd dieser Erschütterung dann auch nicht sehr tief liegt, so konnte auch die Erde nicht in große Schwingungen versetzt werden, was auch durch die geringen Aufzeichnungen der Seismographen bestätigt wird.

Anhangsweise möge noch eine Beobachtung aus dem Berner Jura angeführt werden, welche mir durch Herrn Prof. Dr. A. Rossel in Solothurn mitgeteilt wurde. Herrn Luterbacher, Direktor der Zementfabriken in Reuchenette, oberhalb Biel, machten schon vor einem Jahre Arbeiter, die in Südamerika in Minen gearbeitet hatten, auf eigentümliche kleine Erdverchiebungen aufmerksam, die sie in den Gruben der genannten Fabriken beobachteten. Diese Gruben sind sehr tief und führen teilweise weit in das Innere der Juraformation hinein. Die Arbeiter halten diese Erscheinung als Anzeigen von Erdbeben. Es kam ihm daher das Erdbeben auf Jamaika nicht unerwartet, wie er schreibt, denn die Erde arbeitete die ganze vorhergehende Woche im Innern. „Mittwoch den 9. Januar ist uns anfangs der Nacht ein ziemliches Stück im Tunnel Rondschâtel abgestürzt. Donnerstag gegen Abend inspizierte Herr Luterbacher alles genau und am folgenden Morgen, Freitag den 11., ist eine Partie abgefallen, von der man es absolut nicht erwartet hätte. Also muß die Erde in der Nacht vom 10. auf den 11. sehr unruhig gewesen sein.“

Wenn man auch nicht geneigt sein wird, diese Vorkommnisse mit denjenigen auf Jamaika in direkten Zusammenhang zu bringen, so beweisen sie doch, daß wir uns in einer Zeit großer tektonischer

Unruhe befinden. Nach den hiesigen Aufzeichnungen wurde in diesen Tagen fast immer eine mehr oder minder starke seismische Unruhe beobachtet. Außerdem zeigt die Ostkomponente der Seismographen-Aufzeichnungen am 9. Januar abends 18<sup>h</sup> 33,5<sup>m</sup> bis 36,5<sup>m</sup> Gr. Z. kurze Wellen von ca. 4<sup>s</sup> Amplitude und um 22<sup>h</sup> 22<sup>m</sup> bis 30<sup>m</sup> lange Wellen. Am 10. Januar früh war ein kleineres Erdbeben um 6<sup>h</sup> 19,3<sup>m</sup> mit langen Wellen, dessen Maximum 6<sup>h</sup> 26,0<sup>m</sup> stattfand.

Ob die registrierten Beben mit den oben gegebenen Abstürzen gleichzeitig gewesen sind, kann mangels genauer Zeitangabe nicht entschieden werden.

Man erkennt aus den vorstehenden Betrachtungen, daß das Wiechertsche Pendelseismometer der Münchener Erbebenstation den gehegten Erwartungen völlig entspricht. Eine Vergleichung der Seismogramme, welche hier erhalten werden, mit denjenigen, welche gleiche oder auch andere Apparate an den benachbarten Observatorien aufzeichnen, ergibt, daß hier die gleichen Beben nahe in der gleichen Weise beobachtet werden. Auch die einzelnen Phasen im Verlaufe der Bodenschwingungen treten mit großer Deutlichkeit und ohne von besonderen lokalen Störungen beeinflusst zu sein, hervor.

Die Seismogramme selbst zeigen je nach dem Bebenherde, welchem sie ihre Entstehung verdanken, charakteristische Merkmale auf, die beweisen, daß die durchlaufenen Wege einen bestimmten Einfluß ausüben. Man kann auch hier daran denken, daß durch die Beben die Oberflächenschichten unserer Erde in Mitschwingen versetzt werden. Da aber diese, ähnlich einem Pendel, mehr oder minder unabhängige Eigenschwingungen haben, so müssen auch die Seismogramme von der gleichen Gegend dadurch ein bestimmtes Gepräge erhalten. Hier spielt offenbar auch die Aufstellung des Apparats eine gewisse Rolle, und es ist nicht gleichgültig, ob wir das Seismometer hoch oder niedrig, ob wir es auf aufgeschütteten oder festgewachsenen Boden stellen. Ein hoher Pfeiler kann ja auch ohne besonders große Kräfte schon in Schwingungen versetzt werden, es müssen sich dann diese mit den anderen vom Erbebenherd kommenden Erschütterungen interferieren und fälschen damit gewissermaßen die eigentliche Bodenbewegung. Andererseits darf man auch die Apparate nicht in das eigentliche Erdinnere stellen, wenn man nicht ganz andere Verhältnisse bekommen will. Im Innern von Bergwerken werden ja selten die Erschütterungen der Beben wahr-

genommen, weil eben hier die Wellen nicht zur freien Entwicklung kommen können. Höchstens machen sie sich durch geringe Abbröckelung oder durch kleinere Abstürze von Decken u. dgl. bemerklich. Da nun der Münchener Seismograph nahezu zu ebener Erde steht, so gibt er auch die Wellen so, wie sie in diesen Oberflächenschichten selbst sind oder wenigstens nur in sehr geringem Maße, wie es ja auch die Theorie ergibt, verändert.

Was nun die hier betrachteten Erdbeben selbst anbelangt, so sind diese mit den angegebenen Ausnahmen alle rein tektonischen Ursprungs. Während aber die zuerst behandelten asiatischen Beben ihren Herd mitten in einem großen Kontinent liegen haben, befindet sich dieser bei den anderen nahe steilabfallender Küsten, entweder noch selbst im Meere oder wenigstens in unmittelbarer Nähe davon. Aber in beiden Fällen grenzen zweierlei geologische Formationen aneinander, die bereits vielfach verworfen, verschoben und noch nicht zur Ruhe gekommen sind. Überdies ist die Wüste Gobi selbst als ein gehobener Meeresboden zu betrachten. In Calabrien und in San Francisco sind diese Verwerfungen bereits gut bekannt und studiert und es ist namentlich in diesen beiden Fällen die Ähnlichkeit der orographischen Verhältnisse der Bruchlinien, welche in beiden Fällen teilweise auf dem Lande und teilweise im Meere liegen, beachtenswert.

Obwohl nun in Columbien und in Chile große Vulkane in der Nähe sind, spielten diese bei den Erdbeben keine Rolle, ebensowenig wie bei dem calabrischen Beben. Es sind eben die Vulkane eher als Ventile zu betrachten, die die inneren Spannungen mildern, als die eigentlichen Ursachen von Erdbeben selbst. Erst wenn die Spannungen zu groß oder besonders wenn sie in zu großen Tiefen liegen, genügt der geringe Prozeß eines Vulkanes nicht mehr; es können dann die aufgespeicherten gebirgsbildenden Kräfte nur durch eine gewaltige Erschütterung ausgelöst werden. Die Auslösung folgt gewöhnlich auf einmal oder es folgen kurz hintereinander zwei stärkere Stöße, die meist einen etwas verschiedenen Ausgangsort haben. Diesen Hauptbeben folgen dann noch eine Anzahl kleinerer Erschütterungen sekundärer Natur, die oft tage- oder wochenlang dauern können, bis erst die aus ihrer ursprünglichen Lage verdrängten Erdmassen wieder ins volle Gleichgewicht gelangt sind. Es sind diese Nachläufer also nur als eine Art Einsturzbeben aufzufassen, im Gegensatz zu den Hauptstößen, den tektonischen Beben.

Diese allein sind es deshalb auch, die den ganzen Erdball in Schwingungen versetzen, welche daher auch für das Studium der Natur des Erdinnern am ersten zu verwerten sind.

Die gleichzeitige Berücksichtigung der Variationen der magnetischen Elemente ergibt indessen, daß bei den Erdbeben meist keine Änderungen im Erdmagnetismus auftreten, aber es kommen auch Ausnahmen vor, in welchen selbst auf große Entfernung hin die Erdströme noch wirksam sind. Das Auftreten der letzteren kann aber in verschiedenen Ursachen seinen Grund haben, was in jedem einzelnen Fall erst festzustellen ist. Sollten die Erdströme in einzelnen Fällen auch als Auslösefaktoren in Betracht kommen können, wie dies bei dem Jamaika-Beben der Fall zu sein scheint, so würde deren Studium noch eine weit größere Bedeutung zukommen, als dies schon jetzt der Fall ist. Leider tritt diesem durch die moderne Starkstromtechnik ganz besondere Hindernisse entgegen, so daß nur noch wenige Institute in der Lage sind, Erdstrombeobachtungen auszuführen.

In der Nähe des Epizentrums kann man auch häufig die Nadeln mechanisch gestört treffen, da eben die Wellen noch stark genug sind, um den Apparat selbst zu erschüttern. Aber auch hier gibt es Fälle, in denen man nach der Größe der Ausschläge des Seismogrammes auf Erzitterung der magnetischen Apparate rechnen zu können glaubt, und trotzdem zeigen diese keine Einwirkung an. Es hängt dies offenbar zum größten Teil mit den Schwingungszeiten der Magnete zusammen. Man erkennt daraus, daß noch eine große Anzahl Vorgänge der weiteren Klärung bedürfen, was auch nicht zu verwundern ist, da wir eben in der Seismologie erst in den Anfängen der Forschung stehen. Dabei ist aber nur dann auf Erfolg zu rechnen, wenn möglichst viele, über die ganze Erde verbreitete Beobachtungen verwertet werden können.

## I n h a l t.

	Seite
Einleitung . . . . .	197
Das indische Beben vom 4. April und die zentralasiatischen vom 9. und 23. Juli 1905 . . . . .	203
Das Erdbeben in Calabrien vom 8. September 1905 . . . . .	209
Der Ausbruch des Vesuv im April 1906 . . . . .	212
Das Erdbeben in Columbien vom 31. Januar 1906 . . . . .	213
Das Erdbeben von Chile vom 16. August 1906 . . . . .	215
Das Erdbeben von San Francisco vom 18. April 1906 . . . . .	218
Das Erdbeben auf Jamaika vom 14. Januar 1907 . . . . .	224
Gleichzeitige Beobachtungen aus dem Berner Jura . . . . .	231
Schlußbetrachtungen . . . . .	232