

Sitzung vom 28. Juli 1902.

Das Wiechertsche astatiche Pendelseismometer der Erdbebenstation Leipzig und die von ihm gelieferten Seismogramme von Fernbeben.

Mit zwei Tafeln und zwei Textfiguren.

Von

FRANZ ETZOLD.

Seit mehr als 25 Jahren erblickt der Direktor der Königl. Sächs. geologischen Landesanstalt, Herr Geh. Bergrat Prof. Dr. CREDNER, in dem Verfolg der sich in seinem Arbeitsgebiete abspielenden seismischen Ereignisse einen nicht unwichtigen Zweig seiner Tätigkeit. Den von ihm über diese Ereignisse gemachten Studien und Zusammenstellungen, sowie den hieraus gezogenen Schlußfolgerungen lagen zunächst ausschließlich solche Mitteilungen zu Grunde, die bei ihm in Beantwortung seiner von Zeit zu Zeit in den verbreitetsten Tagesblättern des Königreichs veröffentlichten „Erdbebenaufrufe“ und „Erdbebenfragebogen“ in reichlicher Zahl eingingen und die dann jedesmal Veranlassung zu umfassenden Spezialanfragen in den jeweiligen Schüttergegenden gaben. Seit einer Reihe von Jahren aber organisierte CREDNER die Methode der sächsischen Erdbebenbeobachtung und -meldung in der Weise, daß er in 52 über Sachsen und die südlich und westlich angrenzenden Landstriche verteilten Ortschaften je einen für Erdbebenfragen interessierten Herrn mit dem Referate über alle in seinem Gebiete vorkommenden Erderschütterungen betraute und hierdurch eine viel dichtere und zuverlässigere, pflichtgetreue Berichterstattung erzielte. Doch auch dieser strafferen Organisation der Erdbebenbeobachtung hafteten noch Mängel an, weil sie sich nur auf die von Menschen gefühlten und subjektiv empfundenen und gedeuteten Wahrnehmungen beschränkte. Um diese Mängel zu beseitigen, um zu einem in allen Richtungen möglichst vollständigen Bilde jedes auf sächsischem Boden beobachteten Bebens zu gelangen, faßte CREDNER die Aufstellung

eines Seismometers in Leipzig ins Auge, das die Aufgabe erfüllen sollte, die genauen Zeiten des Eintrittes und der Dauer, sowie der Zahl und der Intensität der Bodenbewegungen zunächst und in erster Linie aller vogtländisch-erzgebirgischen Erderschütterungen, zugleich aber auch von Fernbeben selbsttätig zu registrieren. Nach vielseitigen und sorgsamem Erwägungen fiel endlich die Wahl auf das von Prof. Dr. WIECHERT in Göttingen konstruierte und in dem dortigen geophysikalischen Institute erfolgreich arbeitende *astatische Pendelseismometer*. Der Plan zur Aufstellung eines solchen Apparates nahm unter fortdauernder maßgebender Beratung von seiten des Herrn WIECHERT bereits im Frühjahr 1900 soweit feste Gestalt an, daß nach den Angaben des genannten Herrn schon damals der massive Sockel und die Stein Pfeiler gebaut wurden, welche das Seismometer tragen sollten. Die Aufstellung des Apparates verzögerte sich indessen, da Herr WIECHERT noch lange Zeit mit der steten Verbesserung seines Seismographen beschäftigt war. Welch große Wandlungen der letztere hierbei durchmachte, erhellt daraus, daß aus dem im Jahre 1900 in Aussicht genommenen hängenden jetzt ein stehendes Pendel geworden ist. Als solches, also als labiles Pendel wurde im März dieses Jahres das Seismometer durch Dr. SCHLÜTER, den bald nach seinem hiesigen Aufenthalte verstorbenen Assistenten des Herrn Prof. Dr. WIECHERT, in dessen Auftrag und Vertretung hier aufgestellt und hat seit Ende März Aufzeichnungen geliefert. Durch letztere hat der Apparat sich als außerordentlich feinfühlig erwiesen, und zwar wurden von ihm verzeichnet:

1. Fernbeben,
2. schwache Nahbeben,
3. bradyseismische Bewegungen und
4. durch das Großstadtleben, den Maschinenbetrieb und andere lokale Einflüsse verursachte Erzitterungen und Schwankungen des Bodens.

Von diesen Aufzeichnungen sollen im folgenden diejenigen von Ende März bis 15. Juli dieses Jahres erhaltenen Seismogramme, welche sich auf einen *fernliegenden Herd* beziehen lassen, eine kurze Schilderung finden, zuvor aber soll über den für die Beurteilung der Leistungen des Seismometers bedeutungsvollen Standort desselben berichtet und wenigstens das Konstruktionsprinzip des letzteren angedeutet werden, da dessen eingehende

Beschreibung von seiten des Herrn WIECHERT noch nicht erschienen ist.

Die Seismogramme der *Nahbeben*, welche von dem benachbarten Vogtland und Erzgebirge ausgehen, werden von Herrn CREDNER bei Fortsetzung seiner Studien über die seismischen Erscheinungen in *Sachsen* zur Ausnutzung gelangen.

Standort des Wiechertschen astatischen Pendelseismometers in Leipzig.

(Hierzu Fig. 1.)

Auf dem von der Liebigstraße nach Süden, der Stephanstraße nach Osten, der Brüderstraße nach Norden und der Thalstraße nach Westen hin begrenzten Baublock im Südosten Alt-Leipzigs standen bei der Vornahme der Maurerarbeiten für das Seismometer folgende vier Universitätsinstitute: das physikalisch-mineralogisch-geologische Institut an der Südseite, das zoologische Institut in der Nordwestecke, das landwirtschaftliche Institut in der Nordostecke und in deren Mitte das Tschermaksche Institut, in welchem mathematische Vorlesungen abgehalten wurden. Letzteres wurde abgebrochen und an seiner Stelle im Jahre 1901 ein Heizhaus für die umliegenden Gebäude errichtet, während auf dem früher freien Raume zwischen dem zoologischen und dem landwirtschaftlichen Institut der Hörsaal für angewandte Chemie Platz fand, sodaß gegenwärtig der ganze Block so bebaut ist, wie es die nebenstehende Skizze (Fig. 1) angiebt.

Das physikalisch-mineralogisch-geologische Institut besitzt seinen Eingang in der Mitte der Nordseite, wird durch das Treppenhaus in eine Ost- und eine Westhälfte gegliedert und weist in jedem Stockwerk einen von Ost nach West verlaufenden Korridor auf, sodaß die eine Hälfte jeder Etage ihr Licht von Norden, die andere das ihre von Süden empfängt. Im nördlichen Teile des mit seiner Sohle 10 cm unter Tage liegenden Souterrains und zwar in dem auf der Skizze mit *S* bezeichneten Kellerraume ist das Seismometer aufgestellt worden. Dasselbe ist hiernach 42 m von der asphaltierten Liebigstraße, 45 m von der hier gleichfalls asphaltierten Stephanstraße, 60 m von der gepflasterten Brüderstraße und 85 m von der makadamisierten Thalstraße entfernt und steht auf einem 1,2 m in den Baugrund eingesenkten,

massiven, aus durch Zement zusammengehaltenen Klinkersteinen bestehenden Sockel, der von einer 30 cm mächtigen Schicht von Zementbeton getragen wird. Was in der Nähe gehende Maschinen anlangt, so steht im Hause selbst und zwar im Westflügel ein Gasmotor von 4 Pferdekräften, der gelegentlich eine Dynamomaschine oder auch einen Kompressor auf 10 Atmosphären treibt,

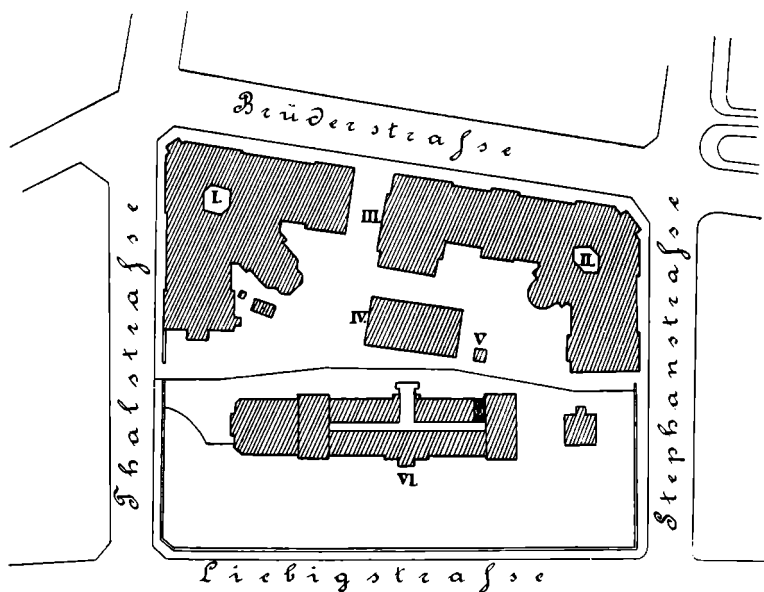


Fig. 1. Skizze zur Orientierung über die Lage des zur Aufstellung des Seismometers gewählten Raumes.

I. Zoologisches Institut. II. Landwirtschaftliches Institut. III. Hörsaal für angewandte Chemie. IV. Heizhaus. V. Esse für das Heizhaus. VI. Physikalisch-mineralogisch-geologisches Institut. S. Seismologisches Observatorium.

ferner sind in den Gebäuden an der Nordseite der Brüderstraße zwei Dampfmaschinen in Tätigkeit, von denen jede etwa 100 Touren in der Minute macht. Gewisse störende Beeinflussungen könnte endlich das Pendel möglicherweise noch durch die ca. 5 m tiefe Ausschachtung des Heizhauses sowie durch die daneben stehende, 36 m hohe und über 5 m tief gegründete Esse erfahren. Auf Isolierung des Seismometers vom Gebäude ist bei Aufstellung des ersteren keine besondere Rücksicht genommen worden, der Fuß-

boden ist bis an den Sockel mit Ziegelsteinen gepflastert und mit einer Zementschicht bedeckt.

Die Wahl des Raumes und die Art der Aufstellung des Apparates fand die volle Billigung und wurde nach den Angaben des Herrn WIECHERT getroffen. Da sich die lokalen Störungen bei der großen Empfindlichkeit des Apparates in der Folge doch in unangenehmer Weise bemerkbar gemacht haben, so soll gegen dieselben sobald als möglich Abhilfe geschaffen werden.

Konstruktionsprinzip des Wiechertschen astatischen Pendelseismometers.

Das Prinzip der Konstruktion des WIECHERTSchen Pendelseismometers mit mechanischer Registrierung ist aus der nebenstehenden, nach freundlicher Erlaubnis des Herrn Prof. WIECHERT von uns gegebenen Skizze (Fig. 2) ersichtlich: Auf der Stützplatte *St* steht im Drehungspunkte *D* das Pendel *P* mit der 1100 kg schweren Eisenmasse *PM*. Auf der durch die Tischplatte *T* reichenden Pendelstange sitzt der Stab *Sb*, welcher mit der Stabilisierungsstange *Sta* verbunden ist. Letztere wird durch ein horizontal gestelltes Federnpaar *F* getragen, das nach der anderen Seite hin von einem durch Stützen auf dem Tische *T* festgeschraubten Stab *S* gehalten wird. Vom Punkte *V* der Stabilisierungsstange aus führt eine Verbindung in die Dämpfungstrommel *DT* und eine andere durch die Schubstange *SS* nach dem kurzen, um die vertikale Drehungsachse *DA* beweglichen Hebelarm *H1*. Um *DA* ist gleichsinnig und gleichzeitig auch der zweite längere Hebelarm *H2* drehbar, von dessen Ende aus der vorn den gläsernen Schreibstift *Sf* tragende Schreibarm *SA* nach der Rolle *R* führt, über welche das berußte Papier läuft.

Um die Reibung aufzuheben, sind sämtliche Drehungsachsen und -punkte durch Federn hergestellt, insbesondere ist im Drehungspunkte *D* die Reibung durch Anbringung eines Cardani'schen Federngehänges vermieden.

Aus dieser kurzen Schilderung ist ersichtlich, daß dem bedeutenden Eisengewichte, dessen Labilität durch das Federnpaar *F* ausbalanciert wird, die Rolle zufällt, als stationäre Masse zu dienen, wenn der Apparat zur Aufzeichnung von Erdbewegungen verwendet wird. Bewegt sich nämlich infolge einer Erderschütterung

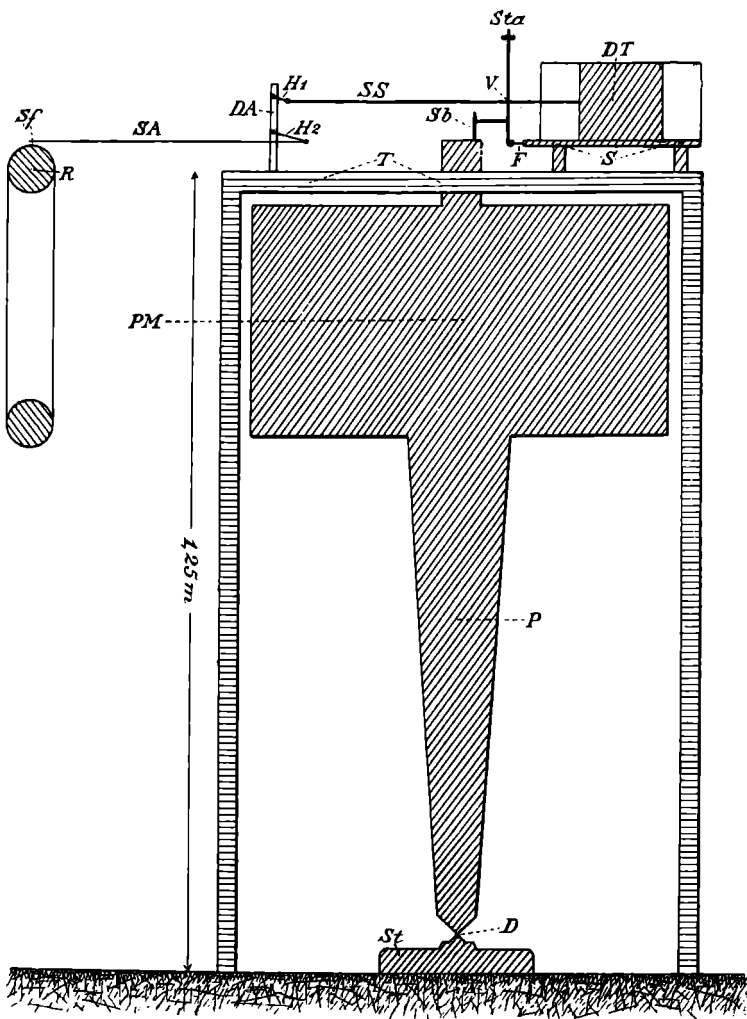


Fig. 2. Schematische Darstellung der Konstruktion von Wiecherts astaticem Pendelseismometer.

St Auf dem massiven Sockel ruhende eiserne Stützplatte. *P* Das stehende Pendel mit der 1100 kg schweren Pendelmasse *PM*. *D* Durch ein CARDANI'sches Federgehänge reibungslos konstruierter Stütz- und Drehungspunkt für das Pendel. *T* Die Hebelübertragung und Dämpfungseinrichtung tragender Tisch. *Sb* Auf das Pendel aufgeschraubter, mit der Hebelübertragung und mit der Dämpfungstrommel *DT* in Verbindung stehender Stab. *Sta* Stabilisierungsstange. *F* Horizontal gestelltes, die Stabilisierungsstange tragendes Blattfedernpaar. *S* Das Federnpaar *F* haltender, mit dem Tisch *T* verbundener Stab. *DT* Dämpfungstrommel. *V* Befestigungspunkt für *SS*, die Schubstange und den nach der Dämpfungstrommel führenden Stab an der Stabilisierungsstange. *DA* Vertikale Drehungsachse für *H1*, den mit der Schubstange *SS* verbundenen kurzen und *H2*, den langen Hebelarm. *SA* Schreibarm, am langen Hebelarm *H2* befestigt und vorn *Sf*, den Schreibetift tragend. *R* Rolle, über welche der beruhte Papierstreifen läuft.

die mit der Erde verbundene Tischplatte, so nimmt das Pendel an dieser Bewegung nicht teil, gegen dasselbe stoßen vielmehr die verschiedenen Übertragungsvorrichtungen für Bewegungen von der Stabilisierungsstange ab bis zum Schreibstift. Die kolossale Schwere der Eisenmasse setzt diese in den Stand, die Reibung, welche der Schreibstift auf dem beruhten Papierstreifen erhält, zu überwinden, sodaß eine ins einzelne gehende Aufzeichnung der Bodenbewegungen erfolgen kann. Natürlich bleibt das Pendel nicht absolut stationär, es gerät vielmehr, falls sich die gegen seinen Drehungspunkt *D* erfolgenden Anstöße wiederholen, in Eigenschwingungen, die sich selbstverständlich mit notieren. Da derartige Eigenschwingungen das wahre Bild der seismischen Bewegungen verwischen würden, ist in sinnreicher Weise durch die Anbringung der Dämpfungstrommel dafür Sorge getragen, daß erstere unschädlich gemacht werden. Von der Energie, mit der die Dämpfungseinrichtung wirkt, kann man sich leicht überzeugen, wenn man das Pendel durch Anstoßen oder Anblasen künstlich zum Schwingen bringt, man sieht dann, daß dasselbe nach einem in der Vergrößerung 10—15 mm messenden Ausschlage fast direkt in die Ruhelage zurückkehrt. Der Anforderung an ein gutes mechanisch registrierendes Pendelseismometer, ein tunlichst getreues Bild der wirklichen Bodenbewegungen zu liefern, wird also WIECHERTS astatisches Pendel dadurch gerecht, daß die unvermeidlichen Eigenschwingungen durch eine energisch wirkende Dämpfungsvorrichtung aufgehoben werden, daß die Reibung in den Drehungspunkten und -achsen durch reichliche Verwendung von Federnpaaren beseitigt ist und daß die Pendelmasse Schwere genug besitzt, um der mit tunlichster Gewichtersparnis hergestellten Schreibvorrichtung und der Reibung der Schreibstifte gegenüber stationär zu bleiben.

Die Hebelvorrichtungen sind bei dem Leipziger Pendel so miteinander in Verbindung gebracht, daß eine 250fache Vergrößerung der vom Boden auf die Tischplatte übertragenen Bewegungen resultiert.

Um die Erdbewegungen in eine Ostwest- und in eine Nord-südcomponente zu zerlegen, ist auf dem Pendel nicht nur *eine* Stange *Sb* angebracht, wie der Einfachheit halber die Skizze zeigt, sondern es sind deren zwei befestigt und zwar steht die eine von der Pendelachse aus in der Nordsüd-, die andere in der Ostwestlinie. Selbstverständlich ist auch die ganze weitere

Führung von diesen Stangen aus in doppelter Zahl vorhanden, sodaß schließlich der eine Schreibstift die Bewegungen der Nord-süd- und der andere die der Ostwestkomponente auf je einen berußten Papierstreifen schreibt.

Jeder der 90 cm langen Papierstreifen ist an den Enden zusammengeklebt, läuft also ohne Ende über die durch ein einfaches Uhrwerk bewegte Rolle *R* und wird gleichzeitig, da das Gewicht des Uhrwerkes an einem Schneckengange aufgehängt ist, nach links verschoben, sodaß die Notierung die Gestalt einer Spirallinie erhält.

Zur Markierung der Zeit ist folgende einfache Einrichtung getroffen: Unter den beweglichen Enden der Schreibarme hängt ein leichter Rahmen, welcher durch einen Elektromagneten gehoben werden kann. Dieser Elektromagnet ist mit einem LECLANCHÉ-Element verbunden, dessen zweiter Draht zunächst mit den Wellen eines einfachen Regulators mit Holzpendel in Verbindung steht. Indem mit diesen Wellen sich Hartgummi-scheiben drehen, die an bestimmter Stelle eine Platineinlage besitzen, wird am Ende jeder Minute für die Dauer von etwa zwei Sekunden, am Ende jeder Stunde für die Dauer von etwa 15 Sekunden der Kontakt hergestellt; der Elektromagnet hebt den Rahmen, mit ihm die Enden der Schreibarme und infolgedessen wird nach jeder Minute für zwei Sekunden, nach jeder Stunde auf etwa 15 Sekunden die Notierung unterbrochen.

Bedienung des Seismometers.

Die jeden Tag auf die Schreibrolle des WIECHERTSchen Apparates zu legenden beiden Papierstreifen werden in so großer Zahl auf einmal berußt, daß der Vorrat reichlich für eine Woche langt, ebenso werden die während einer Woche beschriebenen Streifen zunächst bloß abgehoben und aufbewahrt und erst am Ende der Woche direkt nacheinander mit alkoholischer Schellacklösung fixiert. Die jeden Tag am eigentlichen Apparate vorzunehmende Arbeit beschränkt sich also auf das Auswechseln der Papierstreifen und das Aufziehen des dieselben bewegenden Uhrwerkes. Hin und wieder hat sich der Nullpunkt des Pendels soweit verlegt, daß die Schreibnadeln zu nahe an die Papierränder kommen, alsdann muß durch Auflage, bez. Verschiebung

kleiner Gewichte auf der Pendelmasse dieser Nullpunkt reguliert werden.

Besondere Aufmerksamkeit ist naturgemäß der Zeitbestimmung zuzuwenden. Wie oben erwähnt, wird die Zeitmarkierung durch einen einfachen Regulator mit Holzpendel bewerkstelligt. Der Gang dieser Uhr konnte anfänglich durch das liebenswürdige Entgegenkommen des Herrn Geheimrat Prof. Dr. BRUNS, Direktors der Universitätssternwarte, mit dem eines MORRISCHEN Schiffschromometers verglichen und nach demselben reguliert werden. Leider stellten sich in dieser Einrichtungszeit an den elektrischen Kontakten und an dem Gangwerke für die Papierstreifen verschiedene Mängel heraus, sodaß — unter Hinzunahme der Ungeübtheit in derartigen Arbeiten — die Zeitbestimmung nicht mit gleichbleibender Zuverlässigkeit durchgeführt werden konnte und infolgedessen die Eintrittszeit von einigen der erst notierten Beben vielleicht nicht ganz genau angegeben worden ist. Seitdem ist die Uhr so reguliert, daß sie pro Tag um höchstens 5 Sekunden von der Sternzeit abweicht. Alle 2—3 Tage wird nun der Regulator nach der Koinzidenzmethode mit einer Taschenuhr verglichen, welche letztere Herr Geheimrat Prof. Dr. BRUNS freundlichst gestattet, direkt darauf in der nur 250 m entfernten Sternwarte mit einer FRAUNHOFERSCHEN Normaluhr zu vergleichen. Hierdurch dürfte Gewähr gegeben sein, daß jetzt und in Zukunft der Eintritt jedes Bebens und die Dauer der verschiedenen Phasen desselben in Leipzig mit hinreichender Genauigkeit festgestellt werden können. Über die Zeitvergleiche und die Korrektur gegenüber der mitteleuropäischen Zeit wird ein Journal geführt, ebenso werden Zeitungsnachrichten und briefliche Mitteilungen über Erdbeben gesammelt und alle Ereignisse notiert, welche die Aufzeichnungen des Seismometers irgendwie beeinflussen könnten.

Die beruhten und beschriebenen Papierstreifen werden, nachdem sie mit Schellacklösung behandelt und getrocknet sind, auseinander geschnitten und in Mappen aufbewahrt, ganz gleichgültig, ob sie Seismogramme aufweisen oder nicht.

Verteilt man die dem Seismometer und seinen Nebenapparaten u. s. w. nach alledem zu widmende Zeit gleichmäßig, so ergibt sich, daß sich pro Tag ein Zeitaufwand von einer reichlichen Stunde notwendig macht.

GERLAND hält bei einer hinreichend ausgestatteten Erdbebenstation noch Ablesungen am Barometer, Thermometer und Hygro-

meter für erforderlich. Die Anbringung eines Barometers dürfte in Leipzig kaum nötig sein, da in der, wie erwähnt, nur 250 m entfernten Sternwarte barometrische Beobachtungen dauernd angestellt werden. Anders verhält es sich mit der Feststellung der Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen. Diese dürften bei der vorhandenen Verbindung des Seismometers mit dem Mauerwerke des physikalisch-mineralogisch-geologischen Institutes und bei der der Erdoberfläche nahen Aufstellung des Instrumentes tatsächlich den Gang des letzteren in erheblichem Maße beeinflussen, und deren dauernde Beobachtung zur vollen wissenschaftlichen Ausnutzung des außerordentlich feinfühligem Apparates unerlässlich werden.

Großstädtische Unruhe.

Bei der Betrachtung der vom Glasstifte beschriebenen Papierstreifen fällt sofort auf, daß die während der Tagesstunden gezogenen Linien wesentlich breiter sind, als die in den Nachtstunden erzielten. Schon mit bloßem Auge erkennt man, daß die Tageslinien zu stande kommen, indem der Schreibstift fortwährend Zitterbewegungen ausführt und die Lupe gestattet, auf der in einer Minute vom Stifte durchlaufenen Strecke ca. 100, etwa an die Zähne einer feinen Laubsäge erinnernde Auszackungen zu zählen. Der Gedanke liegt nahe, diese Auszackungen mit den in der Nachbarschaft gehenden Maschinen in Zusammenhang zu bringen, da dieselben, wie bereits erwähnt, pro Minute auch etwa 100 Touren machen, und da während der Nacht, wenn die Maschinen stehen, die vom Seismometer geschriebenen Linien glatt erscheinen und nur die Stärke schwacher Bleistiftlinien besitzen. Auffallenderweise aber erkennt man mit scharfer Lupe, daß auch diese scheinbar glatten Nachtlinien in Wirklichkeit Zickzacklinien sind und daß auch bei ihnen auf den Weg einer Minute etwa 100 Auszackungen kommen. Taf. I, Fig. 12 zeigt in 2500facher Vergrößerung die Bewegungen, welche der Schreibstift der NS-Componente in der Minute von 3^h 1^m—3^h 2^m am 8. Mai zurückgelegt hat. Den Nachtlinien vollkommen gleich sind die an Sonn- und Festtagen erzielten Aufschreibungen. Als Erreger dieser Vibrationen können, abgesehen von den Maschinen, wohl noch die naheliegenden hohen Baulichkeiten, namentlich die Heizhausesse in Frage kommen, da aber gleichen oder ähnlichen Ver-

hältnissen wie der Standort des Seismometers wohl jeder Punkt unserer Großstadt ausgesetzt ist, so ergibt sich, daß deren oberflächliche Bodenschichten überhaupt nie zur Ruhe kommen. Der Versuch, die Stärke dieser chronischen Bodenerzitterungen zu messen, führte auf folgende Zahlen:

Die Breite der Nachtlinien beträgt 0,1 bis 0,15 mm. Diese Breite kann bei der Kürze der Periode der Mikroschwingungen gegenüber derjenigen der Eigenschwingungen des Pendels gleich der 250mal vergrößerten Amplitude der chronischen Vibrationen gerechnet werden, sodaß deren wahre Größe 0,0004 bis 0,0006 mm ist. Mit anderen Worten:

Der Boden der Stadt Leipzig führt am Standorte des Seismometers bei scheinbar völliger Ruhe pro Minute etwa 100 Schwingungen von 0,0004 bis 0,0006 mm Weite aus, während der industriellen Arbeitszeit aber steigt der letztere Betrag auf das Doppelte und höher.

Selbstverständlich vermögen diese winzigen, etwaigen seismischen Wellen übergeordneten Erzitterungen die Aufzeichnungen der ersteren, besonders während der Nacht, absolut nicht zu verunreinlichen, sie sind höchstens imstande, den ersten Einsatz während der Tageszeit zur Notierung kommender Fernbeben zu verwischen und mußten aus diesem Grunde bereits in unserem ersten Berichte über mikroseismische Beobachtungen in Leipzig erwähnt werden.

Gliederung und Deutung der Seismogramme.

Die Gliederung der Seismogramme in verschiedene Phasen ist im allgemeinen nach der von OMORI¹⁾ angegebenen Einteilung erfolgt. Nach diesem Erdbebenforscher zerfällt das Seismogramm in die Vorphase (preliminary tremors), die Hauptphase (principal portion) und den Endteil (end portion). Rührt das Seismogramm von einem Fernbeben her, so gliedert sich die Vorphase gewöhnlich in eine erste und eine zweite Vorphase. Die erste besteht aus Vibrationen mit kleiner Amplitude und sehr kurzer oder relativ kurzer Periode, die zweite setzt in der Regel mit Schwingungen von wesentlich größerer Amplitude und längerer Schwingungs-

1) Publications of the Earthquake Investigation Committee. Tokio Nr. 5. p. 11.

dauer ein; bei beiden nimmt die Stärke der Ausschläge meistens nach dem Ende hin ab. Die Hauptphase mit (gewöhnlich) den größten Amplituden (dem Maximum) gliedert OMORI wieder in drei Unterabteilungen: Eine Einleitungs-(Initial-)Phase, eine langsame und eine raschere Periodenphase.

Als A. BELAR der 1. internationalen seismologischen Konferenz zu Straßburg seine „Erdbebenbeobachtungen an der Laibacher Erdbebenwarte“ vorlegte, nahm er im großen ganzen die nämliche Einteilung der Seismogramme vor und gab zugleich eine einfache Erklärung für die Verschiedenartigkeit der Aufzeichnung in den einzelnen Phasen, die jedenfalls größte Beachtung verdient, auch wenn sie in Zukunft in dieser oder jener Hinsicht sollte modifiziert werden müssen.¹⁾ Vom Stoßzentrum strahlen nach ihm Kugelwellen (Erdwellen) mit longitudinaler Schwingung aus, pflanzen sich eventuell durch den ganzen Erdkörper fort und gelangen so an jeden beliebigen Punkt der Erdoberfläche, also auch an den Standort eines Seismometers, welches sie als erste Vorphase, als preliminary tremors aufzeichnet. Der Punkt, in welchem diese Kugelwellen zuerst die Erdoberfläche erreichen und als von unten kommende Stöße (succussorische Beben) empfunden werden, ist das Epizentrum. Hier nun erzeugen sie sehr starke, transversal schwingende Oberflächenwellen (undulatorische Beben), die sich nach allen Richtungen längs der Erdoberfläche ausbreiten, wesentlich geringere Geschwindigkeit besitzen als die Kugelwellen und vom Seismometer als Hauptphase (Maximum des Bebens) aufgezeichnet werden. Ehe diese letzteren Wellen das Seismometer erreichen, werden natürlich diejenigen Oberflächenwellen bei demselben eintreffen, welche von den die Oberfläche zwischen dem Epizentrum und der mikroseismischen Station, also besonders im pleistoseismischen Gebiete, erreichenden Kugelwellen erzeugt werden. Diese als erste Oberflächenwellen beim Seismometer anlangenden Wellen zeichnen sich auf dem Seismogramme als zweite Vorphase auf. Naturgemäß werden sich zwischen den an verschiedenen Orten erzeugten Oberflächenwellen Interferenzen einstellen, ebenso werden sich reflektorische Bewegungen geltend machen, sodaß der Hauptphase mit den dominierenden langen

1) Verh. der vom 11. bis 13. April 1901 zu Straßburg abgehaltenen 1. internationalen seismologischen Konferenz p. 326 (Ergänzungsband I zu GERLANDS Beiträgen zur Geophysik, Leipzig 1902).

Wellen eine unregelmäßige Aufzeichnung folgt, bis sich ganz allmählich die Ruhe wieder einstellt.

Nach dieser Erklärung der auf den Seismogrammen unterscheidbaren Phasen kommt dem Beginne der 1. Vorphase (dem 1. Einsätze) und dem Beginne der Hauptphase offenbar die größte Bedeutung zu, sodaß sich die folgenden Beschreibungen in der Hauptsache auf die Festlegung dieser beiden Punkte und die sich unmittelbar aus derselben ergebenden Schlußfolgerungen beschränken.

Die beschriebenen Seismogramme sind auf den beigegebenen Tafeln fast sämtlich abgebildet, um erstens die vorgenommene Phasenbegrenzung zu illustrieren, zweitens den Vergleich von anderen Seismometern erhaltener Aufzeichnungen mit denen des WIECHERTSchen astatischen Pendelseismometers zu ermöglichen und die des letzteren den Fachkreisen vorzuführen, endlich drittens, um die erhaltenen Seismogramme etwaigen anderweitigen Untersuchungen zugänglich zu machen. Sollen die Abbildungen dem, letztgenannten Zwecke dienen, so muß man an sie den Anspruch möglichst photographischer Treue stellen. Zur Erreichung einer derartigen Genauigkeit ist ein Pausverfahren ausgeschlossen, da bei einem solchen auf eine Länge von 90 cm Verzerrungen geradezu unvermeidlich sind, andererseits konnte Lichtdruck nicht in Frage kommen, da bei seiner Anwendung Ungleichmäßigkeiten in der Berührung und Fixierung die Kurven oft nicht genügend deutlich und durch Flecke gestört erscheinen lassen würden. Aus diesen Gründen wurde folgendes Reproduktionsverfahren angewendet: Die Papierstreifen dienten nach Art photographischer Negative zur Erzielung von Positiven. Auf diesen wurde das Seismogramm des zu vervielfältigenden Abschnittes mit scharfer Zeichenfeder nachgezeichnet und die so erhaltene Kurve photolithographisch reproduziert. Wenn auch zuzugeben ist, daß die so erzielten Drucke weniger glatt erscheinen, als wenn der Lithograph die Kurven mit der Nadel in den Stein graviert hätte, so kann dieser Schönheitsfehler gegenüber der erzielten Genauigkeit nicht ins Gewicht fallen. Wenn bei dem eingeschlagenen Verfahren das Papier nach dem notwendigen Durchnässen nicht gleichmäßig und auf den gleichen Umfang wieder trocknet, so ist das ein Fehler, den die photographische Registriermethode von Erdbewegungen gleich bei der Erzeugung der Originalseismogramme mit in Kauf nimmt.

Die bequeme und billige Methode der Herstellung photographischer Abzüge direkt von den beruhten Papierstreifen dürfte übrigens den Austausch besonders interessanter Seismogramme unter den Erdbebenbeobachtungsstationen und die Anlage eines Generalarchives von solchen an der Zentralstelle zu Straßburg ermöglichen.

Die Seismogramme von Fernbeben.

Im Laufe des Zeitraumes vom 28. März bis 15. Juli 1902 hat das WIECHERTSche Seismometer in Leipzig die folgenden Fernbeben registriert:

1. Das Molukkenbeben vom 28. März 16^h.
2. Ein Erdbeben von unbekannter Stätte am 2. April 6^h.
3. Ein Erdbeben von unbekannter Stätte am 5. April 20^h.
4. Das Beben von Irkutsk am 12. April 1^h.
5. Das Guatemala-Beben vom 19. April 3^h.
6. Das südwestfranzösische Beben vom 6. Mai 4^h.
7. Ein Erdbeben von unbekannter Stätte am 8. Mai 4^h.
8. Ein Erdbeben von unbekannter Stätte am 25. Mai 18^h.
9. Ein Erdbeben von unbekannter Stätte am 26. Mai 5^h.
10. Ein Erdbeben von unbekannter Stätte am 11. Juni 7^h 30^m.
11. Das Hall-Innsbrucker Beben vom 19. Juni 10^h 30^m.
12. Das macedonische Beben vom 5. Juli 16^h.
13. Ein Erdbeben von unbekannter Stätte am 6. Juli 14^h.
14. Das südpersische Beben am 9. Juli ca. 5^h.

1. Das Molukkenbeben vom 28. März.

Taf. I. Fig. 1. (Vergl. den Anfangsabschnitt der Tafelerklärung über die Benutzung der Seismogramme.)

Anfang d. Seismogr. 16^h 7^m 20^s, Korrektur — 9^m, MEZ. 15^h 58^m 20^s 1);
 Ende „ „ 17^h 38^m —^a, „ — 9^m, „ 17^h 29^m —^a.

Dieses erste von WIECHERTS astatischem Pendelseismometer in Leipzig am Charfreitag aufgezeichnete Seismogramm fällt da-

1) Bei den Beschreibungen der Seismogramme sind die Zeitangaben unkorrigiert, d. h. auf Grund der von der Seismometeruhr auf den Papierstreifen gemachten Stunden- und Minutenmarken gegeben worden, da die letzteren die Orientierung in dem Kurvensystem des Papierstreifens erleichtern. Schließen sich jedoch an diese Beschreibungen approximative Berechnungen und Vergleiche mit Beobachtungen anderer Stationen an, so sind die Zeitangaben nach MEZ. korrigiert.

durch auf, daß die erste Vorphase nicht mit einem größeren und scharfen Ausschlag einsetzt und daß auch weiterhin die einzelnen Phasen sich nicht durch plötzliches Anschwellen der Schwingungsweiten voneinander abheben. Besonders bemerkenswert erscheinen die auffällig kleinen Amplituden der langen Wellen der Hauptphase, doch kann über die Berechtigung, diese außerordentlich langperiodigen Wellen der Hauptphase des Bebens und zwar deren Anfang zuzurechnen, wie die rechnerischen Ergebnisse zeigen werden, keinerlei Zweifel bestehen.

Als Zeit des ersten Einsatzes betrachten wir den Zeitpunkt $16^{\text{h}} 7^{\text{m}} 20^{\text{s}}$, von welchem an sich auf der Linie ein Schwarm gegenüber den ständigen etwas kräftigeren Erzitterungen bemerkbar macht. Von $16^{\text{h}} 10,5^{\text{m}}$ an beginnt dann die fortlaufende, deutlich seismische Aufzeichnung der Ostwestcomponente mit Schwingungen von etwa $\frac{4}{5}$ bis $\frac{5}{6}$ Sekunden Periode, diese ordnen sich nach weiteren 62 Sekunden einem rasch anschwellenden Wellenzuge über, dessen einzelne Wellen 7—8 Sekunden Schwingungsdauer und eine größte Amplitude von 3 mm besitzen. Beide Wellenarten verklingen allmählich. In der zweiten, $16^{\text{h}} 17^{\text{m}} 50^{\text{s}}$ beginnenden Vorphase läßt sich nur eine Art von Wellen mit einer Schwingungsdauer von 6—12 Sekunden erkennen, deren größte Amplituden nicht ganz die Größe der Hauptwellen der ersten Vorphase erreichen.

Im weiteren Verlaufe tritt eine deutliche Änderung des Bildes erst ein, als von $16^{\text{h}} 42^{\text{m}}$, dem Anfange der Hauptphase an, bis $16^{\text{h}} 51^{\text{m}}$ sich 9 lange Wellen aufzeichnen, denen kleine Wellen übergeordnet sind. Obwohl jenen langen Wellen im Durchschnitte eine Periode von nahezu einer Minute zukommt, steigt das Maß ihrer Amplituden doch nicht über 1,5 mm, sodaß der ganze Zug nicht sehr ins Auge fällt, zumal derselbe noch durch die übergeordneten kleinen Wellen gestört erscheint. Weiterhin verkürzen sich die Wellen der Hauptphase, während ihre Schwingungsweite sehr unregelmäßig ist und einen Höchstbetrag von kaum 4 mm erreicht. Erst von $17^{\text{h}} 2^{\text{m}}$ an, von welchem Punkte an man den Endteil der Aufzeichnung rechnen kann, wird die letztere regelmäßiger und erlischt allmählich in Wellenzügen, in denen Perioden von 15—20 Sekunden Dauer und von 2 mm herabsinkende Amplituden zu konstatieren sind.

Das ganze Seismogramm erinnert an dasjenige, welches OMORI (l. c. Taf. 5) abbildet und in Tokio durch das Horizontal-

pendel von dem Erdbeben zu Smyrna am 20. September 1899 erhalten hat.

Bei der nicht scharfen Abgrenzung der einzelnen Phasen und der anfänglich noch fehlenden Erfahrung über die Aufzeichnungen des Leipziger Pendels erschien der Versuch, aus der graphischen Notierung auf das epizentrale Gebiet zu schließen, zunächst un-ausführbar. Da aber nach dem eben veröffentlichten Märzberichte der Kais. Hauptstation für Erdbebenforschung zu Straßburg am 28. März nachmittags in sehr vielen Stationen ein starkes Fernbeben notiert worden ist und zwar in Hamburg $15^h 58^m 58^s$, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß das Leipziger Seismogramm sich auf das nämliche Beben bezieht. Nach einem vorläufigen Berichte von Direktor FIGEE (Batavia) wurden Halmahera, die übrigen Molukken sowie die Banda-Inseln um die entsprechende Zeit durch schwere Erdbeben heimgesucht, sodaß also die erste in Leipzig erhaltene Notierung von einer seismischen Katastrophe herrührt, die sich in ca. 11 600 km Entfernung ereignete.

Nachdem nun die Entfernung des epizentralen Gebietes von Leipzig bekannt war, wurde nachträglich auch die Richtigkeit der vorgenommenen Phasenbegrenzung mit Hilfe derjenigen Zahl geprüft, welche die weiter hinten beschriebenen Seismogramme vom 19. April und 6. Mai für die Abschätzung der Herdentfernung gewinnen ließen. Es ergab sich dort, daß die in Sekunden ausgedrückte Zeitdifferenz zwischen dem Beginne der Hauptphase und dem Eintritte der ersten Vorphase mit 5,5 multipliziert, die Entfernung des Epizentrums in Kilometern liefert. Die Zahl der zwischen dem Beginne der Hauptphase des Molukkenbebens vom 28. März 1902 und dessen erstem Einsatze auf dem Seismogramme liegenden Sekunden beträgt $(16^h 33^m) - (15^h 58^m 20^s) = 2080$. Da nun das 5,5fache dieser Zahl 11 440 beträgt, während nach der Abmessung auf einem Globus Halmahera von Leipzig etwa 11 600 km entfernt ist, so wird einerseits die Gliederung des Seismogrammes in geradezu überraschender Weise als zutreffend bestätigt, wie umgekehrt die Genauigkeit des Faktors 5,5 weiter erhärtet.

Bei der Bearbeitung der Seismogramme vom 19. April und 6. Mai stellte sich auch heraus, daß den Wellen des Maximums eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 3,5 km pro Sekunde inne-wohnte. Wendet man diese Zahl auf das Molukkenbeben an, so muß dasselbe nach mitteleuropäischer Zeit etwa nachmittags

3 Uhr 40 Min. oder nach dortiger Ortszeit abends ca. 8 Minuten vor $\frac{1}{2}$ 11 stattgefunden haben, welche ungefähre Zeitbestimmung hoffentlich bald durch genauere Nachrichten bestätigt wird.

2. Am 2. April.

Nachdem sich schon von $5^h 21^m$ — $5^h 23^m$ ein ganz leichter Wellenzug bemerkbar gemacht hat, treten von etwa 6^h an mehrmals leichte Erzitterungen und unregelmäßige schwache Wellen besonders deutlich auf dem Streifen der Ostwestkomponente auf, denen um $6^h 8^m 30^s$ und $6^h 14^m$ je ein Zug von fünf sicher seismischen Wellen folgt, deren Periode 15—18 Sekunden beträgt. Ähnliche Wellenzüge erscheinen dann noch um $7^h 14^m$ und $7^h 19^m$. Die ganze Aufzeichnung gestattet keinerlei Phasengrenzung, kann also bloß registriert werden. Nachrichten über ein Beben zu entsprechender Zeit liegen nicht vor.¹⁾

3. Am 5. April.

Beginn des Seismogrammes	$20^h 41^m 2^s$
Ende „ „	$20^h 52^m$.

Beide Componenten haben zwei durch eine Ruhepause getrennte Züge von Sinuswellen notiert. Auf dem Streifen der Ostwestkomponente, welcher die deutlichere Aufzeichnung enthält, erscheinen zunächst ganz leichte Wellen, dieselben schwellen allmählich an bis zu einer größten Schwingungsweite von nur 0,75 mm und verklingen ebenso allmählich wieder. Nach etwa einer Minute Pause wiederholt sich die nämliche Aufzeichnung, sodaß jeder Wellenzug 5 Minuten anhielt. Die Schwingungsdauer betrug 18—24 Sekunden.

1) Um die nämliche Zeit hat seinem soeben eingegangenen Berichte zufolge Dr. SCHÜTT in Hamburg vom REBEUR-EHLERTSchen dreifachen Horizontalpendel Aufzeichnungen erhalten.

Bemerkt sei bei dieser Gelegenheit, daß am 7. April, an welchem Tage Dr. SCHÜTT ein besonders starkes Beben registriert erhielt, in Leipzig das Seismometer einer Reparatur wegen nichts aufzuzeichnen vermochte.

2) Da sich eine Reparatur der Kontakteinrichtung in der Uhr notwendig machte, muß auf die Angabe mitteleuropäischer Zeit verzichtet werden.

Nach alledem ist zu schließen, daß hier das Seismometer vermöge der ihm gegebenen starken Registriervergrößerung die eben noch deutlich erkennbaren Ausläufer eines sehr fernen Bebens aufgezeichnet hat.

4. Baikalbeben am 12. April.

Taf. I. Fig. 2.

Beginn des Seismogrammes $1^h 13^m$, Korrektur $+ 6^s$, MEZ. $1^h 13^m 6^s$,
 Ende „ „ $2^h 24^m$.

Auch dieses Seismogramm besteht nur aus zwei Zügen von Sinuswellen und ist ebenfalls auf dem Streifen der Ostwestkomponente am deutlichsten aufgezeichnet, sodaß deren Notierung der folgenden Beschreibung zu grunde liegt.

Überblickt man das ganze Seismogramm, so läßt sich dasselbe in einen von $1^h 13^m$ bis $1^h 31^m$ und in einen von $1^h 56^m$ bis $2^h 24^m$ dauernden Teil zerlegen. Die Aufzeichnung beginnt mit ganz leichten, sich kaum bemerkbar machenden Wellen, von denen sich nach $3\frac{1}{2}$ Minuten 6 Wellen mit einer Periode von 15 Sekunden und einer Schwingungsweite von 1 mm scharf abheben. Diesem relativ kräftigen Wellenzuge folgen, durch kurze Pausen unterbrochen, mehrere schwächere, deren Einzelwellen bei wesentlich geringerer Schwingungsweite allmählich eine immer raschere Periode (bis 8 Sekunden) gewinnen, bis dieser Teil des Seismogrammes mit einigen ganz leichten, langgezogenen Wellen erlischt. Von $1^h 31^m$ bis $1^h 56^m$ ist keinerlei seismische Störung verzeichnet, im Gegenteil hat der Stift sogar auffällig ruhig gearbeitet. Vom letztgenannten Zeitpunkte an erscheinen wieder Sinuswellen. Dieselben haben anfänglich eine Periode von mindestens 40 Sekunden, gewinnen rasch an Geschwindigkeit und gehen $2^h 2^m$ in einen 9 Minuten anhaltenden auffallend regelmäßigen Wellenzug über, in dem die Periode der einzelnen Wellen allmählich von 24 Sekunden auf 18, die Schwingungsweite nach einem Anschwellen auf 1,5 mm ebenso allmählich auf 0,75 mm zurückgeht. Dieser schönen Sinuswellenzeichnung folgen wiederum mehrere schwache Wellenzüge, bis etwa $2^h 24^m$ die ganze Aufzeichnung endet.

Durch die Tageszeitungen gingen bald, nachdem das beschriebene Seismogramm erhalten worden war, Nachrichten, daß am 12. April früh in der Umgebung des Baikalsees Erdstöße von

beträchtlicher Stärke sich ereignet hätten. So wurden in Irkutsk 6^h 40^m zwanzig ziemlich starke Erdstöße in einer Minute verspürt, denen innerhalb einer Stunde vier stärkere und mehrere schwächere Stöße folgten. Die Erdschwankungen sollten 1½ mm betragen und am Ostufer des Baikalsees Schornsteine zum Einsturz gebracht haben. Aus Selenginsk wurde über einen Stoß früh 8 Uhr berichtet, dem nach wenigen Sekunden ein zweiter stärkerer folgte, welcher die Häuser zum Schwanken brachte. In Kiachta endlich gelangten zwischen 7^h und 8^h 34^m vier Stöße zur Beobachtung. Es lag nahe, alle diese Erdstöße mit dem in Leipzig erhaltenen Seismogramme in kausalen Zusammenhang zu bringen. Um hierüber Aufklärung zu erhalten, ersuchte Herr CREDNER Se. Exzellenz Herrn Prof. KARPINSKY in St. Petersburg um genaue Zeitangaben. Nach freundlicher Mitteilung dieses Herrn ereigneten sich die Erdstöße auf Grund der Ermittlung des physikalischen Zentralobservatoriums zu St. Petersburg in mittlerer Irkutsker Ortszeit am 12. April

6^h 40,1^m,

7^h 31,2^m,

7^h 36,1^m,

8^h 14,3^m,

also nach mitteleuropäischer Zeit am genannten Tage

0^h 42,9^m,

1^h 34^m,

1^h 38,9^m,

2^h 17,1^m.

Unter der Annahme, daß von den durch diese Stöße erregten seismischen Wellen nur die den Hauptphasen zugehörigen in Leipzig sich deutlich markiert und die oben beschriebene Aufzeichnung geliefert haben könnten, ist hier zu prüfen, ob die Zeit der Leipziger Notierung mit der für die am Baikalsee verspürten Stößen angegebenen zusammenstimmt. Für das S. 302 beschriebene Guatemalabeben und das S. 307 geschilderte südfranzösische Beben wurde ermittelt, daß sich die Wellen der Hauptphase mit einer mittleren Geschwindigkeit von 3,5 km pro Sekunde fortbewegt haben. Solche Wellen würden die 6000 km von Irkutsk bis Leipzig in 1714 Sekunden oder in 28 Minuten 34 Sekunden durchlaufen. Eine in Leipzig 1^h 13^m beginnende Hauptphase deutet also auf einen Erdstoß in Irkutsk

um $0^h 44^m 26^s$ hin und eine solche von $1^h 56^m$ auf einen in Irkutsk $1^h 27^m 26^s$ stattfindenden Stoß. Wenn man bedenkt, daß diese Berechnung bloß eine approximative sein kann, so erscheint die Übereinstimmung zwischen $0^h 42^m 54^s$ und $0^h 44^m 26^s$, bez. zwischen $1^h 34^m$ und $1^h 27^m 26^s$ als hinreichend befriedigend, um das Leipziger Seismogramm als durch die ersten beiden der aus Irkutsk gemeldeten Stöße verursacht gelten lassen zu können, während man von den außer diesen beobachteten Stößen annehmen muß, daß sie nicht stark genug waren, um für den weiten Weg bis in das Herz Europas ausreichende Oberflächenwellen zu erregen.

5. Guatemalabeben am 19. April.

Taf. II.

Beginn d. Seismogr. $3^h 39^m 5^s$, Korrektur $6^m 30^s$, MEZ. $3^h 32^m 35^s$,
 Ende „ „ ca. $6^h 15^m$.

Dieses sich über mehr als $2\frac{1}{2}$ Stunde erstreckende Seismogramm ist das imposanteste und detaillierteste, welches in Leipzig bis jetzt aufgezeichnet worden ist.

Ostwestkomponente (Taf. II, Fig. 2). Das Diagramm beginnt mit leichten Vibrationen, von etwa 1,3 Sekunde Periode, die sich rasch und zwar schon nach etwa 3 Sekunden größeren, scharf begrenzten, an steile Sägezähne erinnernden Ausschlägen überordnen. Der stärkste dieser Ausschläge ereignete sich 25 Sekunden nach dem ersten Einsatze und rückte die Nadel um 7 mm von links nach rechts, sodaß bereits in der Vorphase dieses Bebens in Leipzig eine ganz beträchtliche Bodenbewegung stattfand. Diesem gewaltigen Ausschlage folgen eine Anzahl schwächere, deren allmählich an Regelmäßigkeit gewinnende Aufzeichnung vier Minuten nach dem ersten Einsatze noch einmal durch drei stärkere Bewegungen unterbrochen wird, von denen die erste die stärkste war und den Schreibstift um nahezu 5 mm nach links warf. Schließlich haben sich im Beginne des letzten Drittels der insgesamt 10 Minuten langen ersten Vorphase noch zwei Wellen mit einer Periode von 18 Sekunden besonders deutlich aufgezeichnet.

Die zweite Vorphase beginnt mit vier starken Wellen mit einer mittleren Periode von 20 Sekunden und — bei der zweiten — einer größten Amplitude von 50 mm. Mit diesen Wellen inter-

ferieren solche von geringerer Schwingungsdauer; ihnen folgen sechs Wellen mit einer Periode von 10 Sekunden und einer größten Schwingungsweite — bei der dritten — von 56 mm. Man könnte geneigt sein, in diesen Schwingungen Eigenschwingungen des Apparates zu sehen, doch müßte man sie alsdann auch auf dem Streifen der Nordsüdcomponente bemerken, was nicht der Fall ist. Diesem Wellenzuge folgen nahezu 16 Minuten lang sowohl in Bezug auf die Amplitude wie die Periode sehr ungleichmäßige Schwingungen, deren Aufzeichnung durch dreimaliges Anschwellen der Amplituden in vier Teile zerlegt wird.

4^h 8^m etwa setzt die Hauptphase ein. Dieselbe beginnt mit drei Gruppen von ganz gewaltigen Schwingungen. Während derselben nimmt die Periode ganz allmählich ab, indem sie am Anfang der ersten etwa 30 Sekunden, am Ende der letzten aber nur noch 18—20 Sekunden beträgt. In der ersten dieser Schwingungsgruppen mißt die größte Amplitude 71 mm, in der zweiten 70 mm und in der dritten 69 mm. Mit allen diesen Schwingungen interferieren solche von etwas geringerer Periode, deren Spuren man auch noch weiterhin auf dem Seismogramme deutlich bemerkt.

Auch der ganze, auf die drei Gruppen stärkster Schwingungen folgende Abschnitt des Seismogrammes läßt sich in Gruppen von Schwingungen einteilen. Obgleich nämlich diesen weiteren Aufzeichnungen nicht mehr die Regelmäßigkeit innewohnt, wie denen im Maximum der Hauptphase, so läßt sich doch konstatieren, daß ungefähr alle 2—3 Minuten die Amplituden wieder jeweilig bis zu einer stärksten Schwingung zu- und dann abnehmen. Diese größten Amplituden erreichen anfänglich noch ein Maß von 40 mm und mehr, nähern sich aber bald der Weite der zwischenliegenden Schwingungen, deren Amplituden auch, aber in langsamerem Tempo, abnehmen, sodaß von etwa 5^h ab nur noch ein leidlich regelmäßiger Zug von Schwingungen mit einigen 20 Sekunden Periode und einer Schwingungsweite von wenig über einem Millimeter sich aufgezeichnet hat. Im weiteren Verlaufe schieben sich zwischen leichte Wellenzüge Ruhepausen ein, welche an Länge immer mehr zunehmen, bis endlich etwa 6^h 15^m die ganze Aufzeichnung ihre Endschaft findet.

Nordsüdcomponente (Taf. II, Fig. 1). Die Notierung der Nordsüdcomponente läßt zwar die nämlichen Schwingungsgruppen

erkennen, wie sie eben von der Ostwestkomponente beschrieben wurden, doch erreichen die Schwingungsweiten bei weitem nicht die für letztere angeführten Beträge. Insbesondere markieren sich in der ersten Vorphase die Ausschläge viel weniger deutlich und erreichen die Maxima der einzelnen Amplituden hier bei der zweiten Vorphase nur 8 mm (gegen 56) und in der Hauptphase nur 35 mm (gegen 70 mm bei der Ostwestkomponente). Deutlichst aufgezeichnet ist von dieser Komponente ebenfalls das Interferieren von Wellen mit kürzerer Periode.

Von dem nämlichen Erdbeben hat die Firma: Mechanische Werkstätte von J. und A. BOSCH, Straßburg i/E. in einem Katalog die Aufzeichnung veröffentlicht, welche sie mit dem bei ihr gebauten und in Gang gehaltenen Straßburger Horizontalschwerpendel zwischen $3^h 31^m 45^s$ und $5^h 11^m$ erhalten hat. Es liegt nahe, dieses Seismogramm mit dem in Leipzig von WIECHERTS astatischem Pendel gelieferten zu vergleichen. Hierbei zeigt sich, daß das WIECHERTSche Pendel *eine volle Stunde länger* von den seismischen Wellen beeinflusst worden ist, daß seine Aufzeichnung sich als *wesentlich detaillierter* darstellt und daß vor allen Dingen *nur in Leipzig im ersten Einsatze* jene auffallend deutlichen, scharfzackigen Ausschläge notiert worden sind, deren Zahl mit derjenigen der stärksten Stöße im Epizentrum übereinstimmen dürfte.

Was nun den Herd des offenbar gewaltigen Erdbebens anlangt, so war nach der Dauer der Vorphasen zu erwarten, daß sich das epizentrale Gebiet in großer Entfernung von Leipzig befinden haben müsse. Da ferner die Erdwellen (s. S. 294) wahrscheinlich annähernd auf dem kürzesten Wege durch den Erdkörper zu uns gelangen und die Ostwestkomponente den ersten Einsatz wesentlich stärker markiert hat, als die Nordsüdkomponente, so war anzunehmen, daß das Epizentrum in im allgemeinen östlicher oder westlicher Richtung von Leipzig zu suchen sei. Erstere wie letztere Vermutung wurde bald bestätigt, indem nach Zeitungsnachrichten zu der entsprechenden Zeit in Guatemala Erdstöße in verheerender und noch in Mexiko mit Schrecken erregender Heftigkeit auftraten.

Leider sind über die Eintrittszeit des Bebens in seinem epizentralen Gebiete noch keine Nachrichten eingegangen und sind solche von astronomischer Genauigkeit wohl auch überhaupt kaum zu erwarten. Nach Telegraphenzeit von Guatemala fällt einer

freundlichen Mitteilung des Herrn Prof. Dr. SAPPER zufolge für diese Stadt das Erdbeben auf den 18. April 20^h 25^m. Die gleiche Zeit wird für die vollständige Zerstörung der Stadt Quezaltenango angegeben. Etwas vollständigere Mitteilungen verdanken wir der Güte des Herrn Dr. BÖSE in Mexiko, nach denen die von Guatemala als epizentralem Gebiete nach NW. vordringenden Wellen die Hauptstadt Mexiko 19^h 50^m Ortszeit erreichten. Leider versagte der in der dortigen meteorologischen Station aufgestellte Seismograph, doch schätzte man dortselbst die Dauer des Bebens auf 1^m 30^s, während Herr AGUILERA, der Direktor des geologischen Institutes, im Verlaufe von 50 Sekunden 4 Stöße fühlte.

Daß die Zeitangabe aus Guatemala annähernd richtig ist, ergibt der Vergleich mit der aus Mexiko vom meteorologischen Institute gemeldeten Zeit. Da nämlich Mexiko in der Zeit bei 8,5^o westlicherer Länge gegenüber Guatemala um 34 Minuten zurück ist, und etwa 1¹/₂ Minuten vergangen sein müssen, ehe die seismischen Wellen Mexiko erreichten, wird man nach der Zeitangabe von Mexiko auf 20^h 24,5^m als Eintrittszeit des Bebens in Guatemala geführt.

Guatemala besitzt eine westliche Länge von 90,5^o, Leipzig eine östliche von 12,3^o, demnach beträgt der Zeitunterschied des ersteren Ortes gegenüber dem letzteren rund + 6^h 51^m, und haben die zerstörenden Stöße nach mitteleuropäischer Zeit am 19. April 3^h 16^m stattgefunden.

Auf Grund dieser Zeitbestimmungen, die über die Ursächlichkeit des Leipziger Seismogrammes keinerlei Zweifel zulassen, kann die Geschwindigkeit wenigstens annähernd berechnet werden, mit der sich die verschiedenen Wellenarten fortgepflanzt haben. Setzen wir die Entfernung des Epizentrums von Leipzig mit 9500 km in Rechnung, so haben die Erdwellen, welche den ersten Einsatz in Leipzig markierten, jene Entfernung in 995 Sekunden durchlaufen, also pro Sekunde rund 10 km (genauer 9,55 km) zurückgelegt. Diejenigen Oberflächenwellen, welche die Hauptphase des Seismogrammes aufzeichneten und nach BELAR (vergl. S. 294) den im Epizentrum ausgelösten Transversalwellen entsprechen, langten in Leipzig 4^h 1^m 30^s an, legten also die 9500 km in 2730 Sekunden zurück, sodaß auf die Sekunde eine Geschwindigkeit von fast 3,5 km kommt.

Bei dem in Rede stehenden Guatemalabeben ist alles be-

kannt, was für die Berechnung der Geschwindigkeit der seismischen Wellen in Frage kommt: der Eintritt des Bebens im epizentralen Gebiete, das Eintreffen der Erdwellen und das des ersten und zweiten Schubes der Oberflächenwellen in Leipzig, sodaß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch einfache Subtraktion und Division ermittelt werden kann. Die Betrachtung der bereits beschriebenen Seismogramme hat aber gezeigt, daß in manchen anderen Fällen das eine oder andere Glied für solche Berechnungen fehlt, so ist beim Molukkenbeben vom 28. März der Eintritt der epizentralen Stöße auf Halmahera noch unbekannt, während beim Baikalseben vom 12. April keine Zeitangabe für die erste Vorphase zu machen ist. Um in solchen Fällen das fehlende Glied bestimmen zu können, empfiehlt es sich, auf Grund vollständiger Nachrichten und Seismogramme Erfahrungszahlen aufzustellen. So ist nach S. 294 wahrscheinlich, daß der Zeitabstand zwischen dem durch das Seismogramm markierten Beginne der Hauptphase und dem ersten Einsatze in einer konstanten Beziehung zur Entfernung des Epizentrums vom Standorte des Apparates steht, der das Seismogramm geliefert hat. Da nun beim Leipziger Seismogramm des Guatemalabebebens vom 19. April das Maximum $4^h 1^m 30^s$, der erste Einsatz $3^h 32^m 35^s$ markiert ist und jene Entfernung ca. 9500 km beträgt, so ergibt sich, daß die in Sekunden ausgedrückte Zeitdifferenz (1735) nahezu 5,5mal in der Entfernung enthalten ist. Bewährt sich diese Zahl, so liefert sie, falls die genannten Zeitpunkte bekannt sind, als Faktor die Entfernung des Epizentrums und bei bekannter Entfernung als Divisor den Zeitunterschied zwischen erstem Einsatz und Maximum, kann also zur Vergleichung eines unvollständigen Seismogrammes mit einem gemeldeten Beben sowie schließlich zur Schätzung der Entfernung des Epicentrums aus dem Seismogramme dienen. Für den ersten Fall wurde beim Molukkenbeben eine ausgezeichnete Übereinstimmung gefunden, auch diejenige für den zweiten Fall war bei dem Baikalseben (S. 301) den Umständen gemäß als befriedigend zu bezeichnen. Spätere Erfahrungen mögen zur Prüfung der Richtigkeit der Konstanten 5,5 dienen.¹⁾

1) Es sei darauf hingewiesen, daß BELAR in ganz entsprechender Weise (Ber. d. I. internat. seismol. Konferenz 1902, S. 321) für seinen VICENTINISCHEN Kleinwellenmesser die Zahl 5 als Konstante benutzt.

6. Beben in Südwestfrankreich am 6. Mai.

Taf. I. Fig. 3 u. 4.

Beginn d. Seismogr. $3^h 58^m 18^s$, Korrektur — 7^s , MEZ. $3^h 58^m 11^s$,
 Ende „ „ etwa $4^h 5^m -^s$.

Das Lesen dieses von der Nordsüdcomponente mit etwas größeren Schwingungen aufgezeichneten Seismogrammes wird dadurch erschwert, daß die Berührung des Blattes etwas zu leicht ausgefallen war. Als erster Einsatz muß eine ganz leichte Anschwellung gelten, welche die Linie der Nordsüdcomponente (Taf. I, Fig. 3) zwischen $3^h 58^m 18^s$ und $3^h 58^m 22^s$ erfährt, indem hier leichte Schwingungen mit so kurzer Periode aufgezeichnet sind, daß deren Zählung unmöglich ist. Von hier ab läßt die Linie außer den gewöhnlichen S. 292 beschriebenen, minimalen Vibrationen nichts Auffälliges erkennen. Erst etwa 4 Sekunden nach $4^h 1^m$ macht sich wieder eine leichte Ablenkung des Schreibstiftes bemerklich und gewinnen die Erzitterungen allmählich an Energie, bis sich von etwa 4 Sekunden vor $4^h 2^m$ an eine fortlaufende Reihe von unregelmäßigen zackigen Ausschlägen aufzeichnet, deren größte die Nadel um 2,5 mm bewegt haben und von denen — abgesehen von übergeordneten winzigsten Fibrationen — auf den Weg einer Minute etwa 45 kommen. Dieselben verkleinern sich schon von $4^h 3^m$ ab wieder merklich und sind $4^h 5^m$ nicht mehr von den ständigen Erzitterungen des Apparates zu trennen.

Von der Ostwestcomponente (Taf. I, Fig. 4) ist der erste Einsatz nur als leise Ablenkung und das Maximum als gegenüber der beschriebenen schwächer gezackte Linie aufgezeichnet worden.

Nach Zeitungsnachrichten haben gegen 3^h am 6. Mai starke Erderschütterungen von 2 bis 15 Sekunden Dauer im südwestlichen Frankreich stattgefunden (Lourdes, Bayonne). Herr DE MONTESSUS DE BALLORE hat uns zu Dank verpflichtet durch die lebenswürdige Auskunft, daß das Observatoire météorologique de Bordeaux als Zeitpunkt dieses Bebens $3^h 5^m 30^s$ Pariser Zeit angiebt. In mitteleuropäischer Zeit ist demnach der erste Einsatz auf $3^h 56^m 9^s$ zu legen. Es kann bei dieser zeitlichen Übereinstimmung keinem Zweifel unterliegen, daß das Leipziger Seismogramm von dem Beben in Südwestfrankreich herrührt und diese Zeitfixierung ermöglicht zugleich die Abschätzung der Geschwindigkeit, mit der sich die beiden seismischen Wellenarten

fortgepflanzt haben. Durch die Erdwellen wurde nämlich der 1200 km weite Weg vom Schütterzentrum nahe bei Bordeaux bis Leipzig in ($3^h 58^m 11^s$) — ($3^h 56^m 9^s$) also in 122 Sekunden zurückgelegt, sodaß sich auf die Sekunde eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von fast genau 10 km ergibt. Setzt man den Eintritt des Maximums der seismischen Aufzeichnungen nach den oben gemachten Angaben auf $4^h 1^m 49^s$, so ergibt sich, daß die diese Hauptphase bezeichnenden Oberflächenwellen $5^m 40^s$ nach dem Eintritte des Bebens Leipzig erreichten, sich also mit einer Geschwindigkeit von 3,5 km pro Sekunde fortgepflanzt haben. Es sei darauf hingewiesen, daß OMORI¹⁾ aus dem Vergleiche einer größeren Anzahl in Japan und Europa erzielter Notierungen die entsprechenden Geschwindigkeiten zu 12,8 bez. 3,3 km pro Sekunde ermittelt hat.

Da die Untersuchung des vom südfranzösischen Beben (6. Mai) erhaltenen Seismogrammes bezüglich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erd- und Oberflächenwellen zu den nämlichen Resultaten geführt hat, wie sie aus dem Seismogramme des Guatemalabebens hergeleitet wurden (S. 305.—306), so folgt, daß auch hier die aus Entfernung und Zeitdifferenz zwischen Beginn des Maximums und erstem Einsatze sich ergebende Konstante 5,5 ist.

7. Am 8. Mai.

Taf. I. Fig. 5.

Beginn des Seismogr. $4^h 2^m 36^s$, Korrektur — 22^s , MEZ. $4^h 2^m 14^s$,
 Ende „ „ $4^h 34^m$.

Nachdem sich schon vorher (namentlich $3^h 30^m$, $3^h 46^m$, $3^h 52^m$ und $3^h 56^m$) ganz leichte Wellenzüge bemerkbar gemacht haben, erfährt $4^h 2^m 36^s$ der Schreibstift der Nordsüdcomponente (Taf. I, Fig. 5) eine deutliche Ablenkung nach rechts. Damit beginnt eine fortlaufende Aufzeichnung von leichten Wellen, die zunächst eine Periode von 7 bis 8 Sekunden haben, deren Amplitude wie Schwingungsdauer aber bald in unregelmäßiger Weise wächst, bis etwa $4^h 14^m 20^s$ mit 5 Wellen von je 16 Sekunden Periode und einer größten Amplitude von 6 mm das Maximum der seismischen Bewegung erreicht ist. Weiterhin messen auch

1) Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. Tokio. Nr. 5, p. 80.

die größten Amplituden höchstens 2 mm, die Schwingungsdauer verkleinert sich etwas und in der gewöhnlichen Weise verschwinden etwa $3^h 34^m$ die Wellen vollständig.

Auf dem Streifen der Ostwestkomponente hat sich das Beben in weit weniger energischer Weise markiert.

Am 7. und 8. Mai fanden die furchtbaren Ausbrüche der La Soufrière auf St. Vincent und des Mt. Pelée auf Martinique statt, welche vielen Tausenden von Menschen das Leben kosteten und einen unberechenbaren Schaden anrichteten. Es liegt natürlich nahe, zu vermuten, daß die Erderschütterungen, wie sie die vulkanischen Ereignisse einleiten oder begleiten, in diesem Falle Wellen erregt haben könnten, durch die über den Ozean hinweg die europäischen Seismometer in Bewegung gesetzt worden wären. Tatsächlich hat sich auch HECKER in Potsdam für einen derartigen Kausalnexus in Bezug auf die von ihm beobachteten Seismogramme vom 8. Mai früh 4 Uhr unter dem frischen Eindrucke der Zeitungsberichte ausgesprochen¹⁾, doch scheint in dieser Beziehung Vorsicht dringend geboten zu sein.

So grauerregend nämlich auch die Schilderungen jener vulkanischen Explosionen sind, so im ganzen dürftig sind die Nachrichten über begleitende oder vorausgegangene Erderschütterungen. Die auffallendsten Angaben über solche dürften die von Kapitän JAMESON CALDER, dem Polizeichef von St. Vincent, sein, welcher berichtet, daß am 7. Mai morgens 10 Uhr ein schrecklicher Ausbruch der La Soufrière das Land „wie einen Strauch schüttelte“ und daß um $11\frac{1}{2}$ Uhr des nämlichen Tages rote Flammen aus dem Krater hervorbrachen und gleichzeitig schwere Erschütterungen verspürt wurden. E. GEINITZ, der für seinen Vortrag²⁾ jedenfalls alle ihm zugängigen Zeitungsnachrichten gesammelt hat, weiß bloß zu berichten, daß eine Woche lang auf den Antillen ein leises Beben des Bodens zu verspüren war und daß am 6. das Ausstoßen von Rauch und Lava in Begleitung von Erdstößen und donnernden Geräuschen erfolgte. Es scheint also überhaupt in keinem Abschnitte der Zeit, in der sich die Katastrophe auf den kleinen Antillen abspielte, zu einem scharf abgegrenzten Erdbeben gekommen zu sein. Auch frühere Erfahrungen bei ähnlichen Elementarereignissen sprechen dafür, daß

1) Wochenschrift „Woche“ Nr. 21, 1902.

2) Sitzungsber. d. naturf. Ges. zu Rostock 1902, Nr. 4.

ganz allgemein der Schütterkreis nur ein verhältnismäßig kleiner ist, wenn die Spannungen in peripherischen Magmaherden sich explosionsartig nach außen Luft machen. So waren die Erschütterungen, welche der Eruption des Krakatau 1883 vorausgingen, relativ unbedeutend und so wurde, als 1888 der Bandaisan explodierte, nur ein Areal von 5000 km² erschüttert.¹⁾ Auf Martinique ist bekanntlich die vulkanische Tätigkeit durchaus noch nicht erloschen, vielmehr sind nach dem 8. Mai wiederholt ähnliche Wolken von erstickenden und brennenden Gasen über St. Pierre niedergegangen, wie sie dessen Bewohnern an jenem Tage verderblich wurden. BLOCK und BARTHE, zwei von der Regierung zur ersten Hilfeleistung ausgesandte Kommissare, sahen am 26. Mai einen derartigen Ausbruch und beschreiben denselben wie folgt: „Kein Erdbeben kündigt das Phänomen an, plötzlich bricht eine ungeheure Wolke gegen den Himmel hervor, dann stürzen riesige Felsblöcke auf die Umgegend nieder, hauptsächlich in der Richtung von St. Pierre. Der Krater am Abhange des Berges ist wie eine Riesenkanone, die bis zur Mündung geladen und beständig gegen die unglückliche Stadt gerichtet ist.“

Nach alledem scheint es unwahrscheinlich, daß überhaupt durch die Eruptionen auf den kleinen Antillen, so schrecklich dieselben auch an Ort und Stelle waren, sich weit durch den Erdkörper oder an dessen Oberfläche fortpflanzende seismische Wellen erregt worden sind. Da ferner die von CALDER zeitlich festgelegten Erhebungen, falls deren Ausläufer Leipzig erreicht hätten, sich hier am 7. Mai 4 $\frac{1}{2}$ bez. 6 Uhr früh bemerkbar hätten machen müssen, so ist es uns unmöglich, das Seismogramm vom 8. Mai 4^h auf jene Explosionen zurückzuführen, wir nehmen vielmehr an, daß das epizentrale Gebiet des registrierten Bebens in mehr der Nordsüdlinie genäherter Richtung liegt.

8. Am 25. Mai.

Taf. I. Fig. 6.

Beginn d. Seismogr. 17^h 58^m 25^s, Korrektur — 3^s, MEZ. 17^h 58^m 22^s,
 Ende „ „ 18^h 55^m —^s.

Das am besten aufgezeichnete Seismogramm der Nordsüdkomponente beginnt auf dem Streifen derselben mit ganz leichten

1) S. SEKIYA und Y. KIKUCHI: The Eruption of Bandaisan. Journal of the College of science. Imp. Univ. Tokyo III. pt. II. 1889.

Vibrationen, die rasch in Bezug auf Weite des Ausschlages und Dauer der Periode wachsen, aber mit ersterer 0,75 mm, mit letzterer 1 Sekunde kaum überschreiten. Innerhalb der ersten Minute und zwar namentlich gegen das Ende des ersten Drittels derselben ordnen sich die leichten Wellen einigemale je einer Schwingung mit etwa 2 Sekunden langer Periode, aber nicht wesentlich größerer Amplitude über. Nach der Unterbrechung durch die 18^h-Markierung folgt für 5 Minuten die bald anschwellende, bald an Breite abnehmende Aufzeichnung leichter Schwingungen mit auffallend gleichmäßiger Periode (nahezu 1 Sekunde). Dieselben rühren wahrscheinlich zum größten Teile von einer lokalen Störung (Wind?) her. Ein deutlicher zweiter Einsatz fehlt, da es fraglich ist, ob die leichten 18^h 8^m und 18^h 12^m verzeichneten Wellen seismischer Natur sind. Erst 18^h 25^m erscheinen wieder deutliche seismische Wellen und zwar solche von etwa 25 Sekunden Periode und höchstens 1,5 mm Schwingungsweite. Ihnen folgen dann noch wesentlich flachere Wellen mit kürzerer Periode (etwa 12 Sekunden). 18^h 32,5^m passieren noch einmal 5 kräftigere Wellen von etwa 22 Sekunden Periode, alsdann wird die eintretende Ruhe nach immer länger werdenden Pausen durch je einige leichte Wellen unterbrochen, bis 6^h 55^m jede Spur seismischer Erregung verschwindet.

Falls die ganze kurz beschriebene Aufzeichnung von *einem* Erdbeben herrührt, ist auf eine große Entfernung des epizentralen Gebietes desselben zu schließen und zwar müßte man nach der bei den Beben 4 und 5 versuchten Berechnung aus dem Abstände des ersten Einsatzes und dem Beginne der langen Wellen eine Entfernung von etwa 8500 bis 9000 km annehmen. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß der Anfangsteil der Notierung von einem Beben geliefert wurde, das sich in nicht bedeutender Entfernung abspielte und daß dahingegen die 18^h 25^m beginnenden Wellenzüge die eben noch vom Apparate aufgefangenen größten Wellen eines außerordentlich fernen seismischen Ereignisses darstellen.

9. Am 26. Mai.

Taf. I. Fig. 7.

Beginn d. Seismogr. 5^h 17^m 55^s, Korrektur — 5^s, MEZ. 5^h 17^m 50^s,
 Ende „ „ ca. 5^h 43^m.

Die Aufzeichnung der Nord-südkomponente (Taf. I, Fig. 7) weist zunächst eine leichte Ablenkung der Nadel auf, dann ver-

zeichnet dieselbe 3 sehr leichte Ausschläge, weicht hierauf um nahezu 2 mm nach links aus und wird ruckartig während der Minutenmarkierung um 3,5 mm nach rechts geworfen. In den leichten Vibrationen, wie sie im ersten Einsatze eines Erdbebens schon mehrfach zu beobachten waren, kehrt der Schreibstift weiterhin in seine normale Lage zurück. Die schwachen Ausschläge verlieren sich allmählich fast ganz, bis $5^h 21^m 30^s$ etwas energischere Wellen mit unregelmäßiger, 4 bis 8 Sekunden langer Periode sich aufzeichnen, die vielleicht dem zweiten Einsatze des Bebens entsprechen. $5^h 23^m 45^s$ ändert sich die Aufzeichnung insofern erneut, als sich sowohl die Amplituden (bis 5 mm) wie auch die Perioden der Wellen noch mehr, aber in keineswegs regelmäßiger Weise vergrößern (Hauptphase). $5^h 30^m$ beginnen nach kurzer Ruhepause die leichten Wellenzüge, welche den Endabschnitt der Seismogramme charakterisieren. Die letzten Spuren desselben verlieren sich gegen $\frac{3}{4}6$ in den beginnenden Tagesstörungen.

Das epizentrale Gebiet des Bebens, welches das eben beschriebene zierliche Seismogramm geliefert hat, ist bis jetzt nicht bekannt geworden. Falls die Phasenabgrenzung richtig ist, kann man auf eine Entfernung desselben von etwa 2000 km schließen.

10. Am 11. Juni.

Beginn d. Seismogr. $7^h 31^m 30^s$, Korrektur + 46^s , MEZ. $7^h 32^m 16^s$,
 Ende „ „ ca. $8^h 30^m -^s$.

Dieses Seismogramm ist deswegen unbefriedigend ausgefallen, weil gerade zur Zeit seiner Aufzeichnung der Apparat unter ganz ungewöhnlich starken lokalen Störungen zu leiden hatte. Wenn auch diese Beeinflussungen nicht intensiv genug waren, um den seismischen Charakter der Hauptwellen des Maximums zu verwischen, so genügten sie doch dazu, daß man bloß mit einiger Wahrscheinlichkeit den Beginn des Maximums auf $7^h 45^m 46^s$ und des ersten Einsatzes auf $7^h 32^m 16^s$ legen kann. In der Hauptphase der Nord-südcomponente besaßen die Wellen Perioden von im Mittel 12 Sekunden und erreichten ihre größten Amplituden den Betrag von 7 bis 8 mm. Bei der Aufzeichnung der Ostwestcomponente erscheint das Bild mehr in die Länge gezogen, indem die Perioden einer Reihe von Wellen im Anfangsteile der Hauptphase die Dauer von 20 Sekunden erreichen und sogar überschreiten.

Nach unserer ungefähren Abschätzung würde für das epizentrale Gebiet eine Entfernung von etwa 4500 km anzunehmen sein.

11. Beben von Hall-Innsbruck am 19. Juni.

Taf. I. Fig. 8 u. 9.

Anfang d. Seismogr. $10^h 23^m 9^s$, Korrektur $+ 30^s$, MEZ. $10^h 23^m 39^s$,
Ende „ „ $10^h 27^m -^s$, „ $+ 30^s$, MEZ. $10^h 27^m 30^s$.

Auch bei diesem in die Zeit der unangenehmen Tagesstörungen fallenden Seismogramme hält es schwer, die Zeit des ersten Einsatzes zu fixieren, doch dürfte mit immerhin großer Wahrscheinlichkeit eine leichte knopfförmige Anschwellung der von der Nordsüdcomponente (Taf. I, Fig. 8) gezeichneten Linie als durch den ersten Einsatz verursacht, zu gelten haben. Von diesem, auf $10^h 23^m 9^s$ fallenden ersten Einsatze ab läuft die Linie, ohne außer steten Vibrationen etwas Auffälliges erkennen zu lassen, weiter, erhält $10^h 23^m 41^s$ eine Ablenkung nach links, von welcher an die Amplituden etwas zunehmen, bis $10^h 24^m$ ein stärkerer Ausschlag eine bis $10^h 24^m 32^s$ währende Phase kräftigerer Schwingungen bei gleich bleibenden Perioden einleitet. Die Schwingungsdauer ändert sich erst von $10^h 24^m 32^s$ (korrigiert $10^h 25^m 2^s$) ab, in welchem Zeitpunkte die Hauptphase mit einem Zuge von Wellen beginnt, deren Periode gleichmäßig etwa $\frac{5}{6}$ Sekunde beträgt, während die Amplituden von 1 mm auf 2,5 mm anwachsen und dann wieder auf etwas über 1 mm zurücksinken. Nach dieser regelmäßigen Aufzeichnung nehmen die Schwingungen in unregelmäßiger Weise in Bezug auf ihre Amplituden ab, ihre Periode bleibt zunächst noch ungefähr dieselbe, verringert sich dann ebenfalls allmählich, bis $10^h 27^m$ die letzten seismischen Spuren in den Tagesstörungen verschwinden.

Von der Ostwestcomponente (Taf. I, Fig. 9) ist das Bild insofern abweichend gezeichnet worden, als hier der erste Einsatz sich nur als leichte Ablenkung der Nadel und Verdickung der Linie markiert, die Hauptwellen des Maximums aber viel unregelmäßiger in Bezug auf ihre Schwingungsweite erscheinen, wobei besonders auffällt, daß die Amplituden im allgemeinen größer sind als bei der Nordsüdcomponente und eine unter ihnen den Betrag von 3 mm erreicht.

Die Zeitungen berichteten bald, daß am 19. Juni früh 10 Uhr 22 Min. in Hall bei Innsbruck ein starkes, 5 Sekunden

andauerndes Beben verspürt worden sei, welches sich in Form von zwei Vertikalstößen bemerkbar gemacht habe. Auch aus dem Brennergebiete wurden zwei Stöße gemeldet, während in Meran 10 Uhr 25 Min. nur ein von rollendem Geräusch begleiteter Stoß beobachtet wurde. Herr Prof. Dr. BLAAS in Innsbruck teilte Herrn Geh. Bergrat CREDNER auf dessen Anfrage mit dankenswerter Bereitwilligkeit mit, daß er selbst das Beben als eine 4 Sekunden an Dauer vielleicht noch überschreitende Erschütterung gefühlt habe, durch welche die Decke zum Knistern gebracht wurde. Als Eintrittszeit habe etwa $10^h 22^m 35^s$ zu gelten.

Darüber, daß das Leipziger Seismogramm von dem Tiroler Beben herrührt, kann nach diesen Berichten keinerlei Zweifel bestehen. Multipliziert man auf Grund der seitherigen Erfahrungen die Zeitdifferenz zwischen dem Beginne der Hauptphase und dem ersten Einsatze auf dem Seismogramme (83 Sekunden) mit der mehrfach erwähnten Erfahrungskonstanten 5,5, so resultiert die Zahl 456,5, welche nahezu der Entfernung Innsbruck-Leipzig in Kilometern entspricht. Sollte man hiernach berechtigt sein, auch die von uns ermittelten Geschwindigkeiten von 10 km für die Erdwellen und von 3,5 km pro Sekunde für die Oberflächenwellen einzusetzen, so müßte das Erdbeben, wenn seine Entfernung von Leipzig zu rund 460 km angenommen wird, 18 Sekunden später stattgefunden haben, als Herr Prof. Dr. BLAAS ermitteln konnte, nämlich erst $10^h 22^m 53^s$.

12. Macedonisches Beben am 5. Juli.

Taf. I. Fig. 10 u. 11.

Anfang d. Seismogr. $15^h 59^m 5^s$, Korrektur + 19^s , MEZ. $15^h 59^m 24^s$,
 Ende „ „ $16^h 30^m$.

Das Seismogramm vom 5. Juli zeichnet sich dadurch aus, daß die Aufzeichnungen der beiden Componenten in erheblicher und auffallender Weise von einander abweichen, und daß trotz verhältnismäßig kurzer Dauer auf dem Streifen der Ostwestcomponente *die größten Amplituden vorkommen, die bis jetzt in Leipzig notiert worden sind*; schließlich war dieses Seismogramm auch das erste, bei dem eine Prognose in Bezug auf Entfernung und Lage des pleistoseismischen Gebietes von Leipzig aus versucht und durch bald eintreffende Nachrichten als richtig bestätigt wurde.

Ostwestkomponente (Taf. I, Fig. 11). Auf der durch die Tagesstörungen etwas in die Breite gezogenen Notierung der Ostwestkomponente macht sich der erste Einsatz durch eine Ablenkung der Nadel nach rechts hin deutlich bemerklich. Ihm folgen eine größere Zahl von scharfzackig aufgezeichneten Schwingungen, deren Amplitude nur wenig über 1 mm erreicht, während ihre Periode 3—5 Sekunden beträgt. Die Zahl dieser Ausschläge kann nicht bestimmt werden, da hier das Seismogramm durch die Markierung der Stunde 16 auf 15 Sekunden unterbrochen ist. Nach deren Ablauf werden die Schwingungen wesentlich kleiner und erscheinen durch die Tagesstörungen beeinträchtigt. Die Zeichnung ändert sich von $16^h 1^m 39^s$ ab, indem von diesem den zweiten Einsatz bezeichnenden Punkte an die Schreibnadel lauter unregelmäßige Zickzackbewegungen ausgeführt hat. Dabei nahm die Dauer dieser Bewegungen und gleichzeitig auch die Größe des jeweils erreichten weitesten Ausschlages allmählich zu, während die kleinen übergeordneten Vibrationen ebenso allmählich an störender Energie einbüßten.

$16^h 3^m 5^s$ beginnt mit einer Schwingung von 20^s Periode und 16 mm Schwingungsweite die Hauptphase. Nach dieser einleitenden schwillt mit drei weiteren Schwingungen von 55, 89, 92 mm Amplitude die Bebennotierung zum Maximum an, um ebenso schnell in den drei folgenden Wellen auf 72, 32 und 21 mm Schwingungsweite zurückzusinken. Die Schwingungsdauer verringerte sich während dieser 6 gewaltigen Wellen zunächst von 12 auf 10 Sekunden, um sich dann wieder etwa auf den ersten Betrag zu erhöhen.

In dem dem Maximum folgenden Abschnitte machen sich zwar noch recht ansehnliche Ausschläge bemerklich, besonders markiert sich um $16^h 6^m$ noch einmal ein Zug von 6 Wellen mit Amplituden bis zu 23 mm, doch schlummert die seismische Energie im ganzen fast ebenso rasch wieder ein, als sie erwacht war, sodaß bereits um $16^h 20^m$ die Tagesstörungen wieder das Übergewicht über die sich verlaufenden seismischen Wellen gewinnen.

Nordsüdkomponente (Taf. I, Fig. 11). Die Aufzeichnung des ersten Einsatzes der Nordsüdkomponente weicht insofern von derjenigen der Ostwestkomponente ab, als bei ersterer die Amplituden der größeren Schwingungen Beträge bis zu 1,5 mm erreichen und auch die Schwingungsdauer eine etwas größere ist. Fällt dieser

Unterschied nicht besonders in die Augen und stimmt in der zweiten Vorphase der Charakter der Aufzeichnung beider Komponenten überein, so zeigen sich während der Hauptphase die erheblichsten Abweichungen. Bei der Ostwestkomponente war ein rapides Anschwellen zum Maximum, ein ebenso plötzliches Nachlassen, ein rasches, durch relativ schwaches Aufflackern nur wenig hingehaltenes Erlöschen der seismischen Energie zu konstatieren. Ganz anders bei der Nord-südkomponente. Hier folgen auf zwei die Hauptphase einleitende langperiodige Wellen sechs deutliche, sich bis $16^h 10^m$ hinziehende starke Wellenzüge, in deren jedem die Periode zunächst ab-, die Schwingungsweite aber zunimmt, während sich nach dem jeweiligen Ende hin das umgekehrte Verhältnis zeigt. Dabei erreichen die größten Amplituden der im übrigen weniger regelmäßigen ersten drei Wellenzüge den Betrag von 26—27 mm, um in den anderen drei Zügen auf 14 mm zurückzusinken, die Schwingungsdauer aber schwankt zwischen 6 und 11 Sekunden.

Störungen hat die Aufzeichnung dieser Wellenzüge der Nord-südkomponente dadurch erlitten, daß sich hier und da Interferenzen bemerklich machen, vor allem aber dadurch, daß zwischen $16^h 5^m$ und $16^h 6^m$ der Stift über den Rand des Papierstreifens hinausgeraten ist. Das letztere wurde möglich durch eine Verlegung des Pendelnulldpunktes, die sich in den ersten Julitagen eingestellt hatte und die absichtlich nicht korrigiert worden war, um Klarheit darüber zu gewinnen, ob das Pendel nicht von selbst in seine alte Ruhelage zurückkehren würde.

Nach den beschriebenen 6 Wellenzügen folgt der Endabschnitt des Seismogrammes, in dem sich Wellen von etwa 4 bis 8 Sekunden Periode aufgezeichnet haben. Deutlich markiert sich in diesem Endteile der Aufzeichnung ein wiederholtes, allmählich aber immer schwächer werdendes Anschwellen der Amplituden, wie es schon bei den Wellengruppen der Hauptphase zu beschreiben war. Erst $16^h 30^m$ verschwinden bei der Aufzeichnung der Nord-südkomponente die letzten seismischen Wellen in den Tagesstörungen.

Bei der Schärfe dieses zufällig direkt nach seiner Aufzeichnung beobachteten Seismogrammes lag es nahe, eine Prognose in Bezug auf Lage und Entfernung des epizentralen Gebietes dieses Bebens auf Grund der seitherigen Erfahrungen zu versuchen. Da die Zeitdifferenz zwischen dem Eintritte der Hauptphase und

dem ersten Einsatze 240 Sekunden betrug, so war nach Multiplikation mit der Erfahrungskonstanten 5,5 der Herd in etwa 1320 km Entfernung zu suchen. Da sich ferner stets gezeigt hat, — und mündlicher Mitteilung zufolge auch bereits von Herrn Prof. WIECHERT konstatiert worden ist, — daß im ersten Einsatze diejenige Componente die stärkste Aufzeichnung liefert, welche am meisten der Richtung entspricht, aus der die seismischen Wellen zu uns kommen, im vorliegenden Falle aber die Nordsüdcomponente nicht erheblich stärkere Ausschläge gemacht hat als die Ostwestcomponente; so war zu erwarten, daß der Herd des Bebens in SO—NW-, bez. in SW—NO-Richtung von Leipzig liegen müsse mit einer Annäherung in dem zutreffenden der beiden Fälle an die Nord-südrichtung. Von Leipzig aus nach NW oder NO hin war erfahrungsgemäß ein so nahes und starkes Beben nicht zu erwarten, so blieb der Weg von 1320 km nach SW und SO hin zu untersuchen übrig. In ersterer Richtung gelangt man auf demselben in das mittelländische Meer etwa nördlich der Balearen, in der Südostrichtung aber nach Macedonien, also in eine Schüttergegend höchsten Grades. Alle Erwägungen führten demnach zu der Vermutung, daß sich das Erdbeben in der Mittelmeergegend und zwar am wahrscheinlichsten auf der Balkanhalbinsel zugetragen haben müsse. In diesem Sinne wurde sofort Herrn CREDNER Mitteilung von dem Seismogramme gemacht und vermuthungsweise auf Griechenland als vom Beben betroffen hingewiesen.

Die Richtigkeit der Prognose wurde bald in erfreulichster Weise dadurch bestätigt, daß nach wenigen Tagen Nachrichten über ein heftiges Erdbeben in Macedonien durch die Tageszeitungen zu uns gelangten. So wurden aus Saloniki, Nevrekup, Rasluck, Petritsch, Melnik, Karaferia, Gjevgelü, Strumnitza, Vodina, Demir-Hissari, Seres und Adrianopel wiederholte Erdstöße gemeldet, welche Beschädigungen an Gebäuden zur Folge hatten. Die dort eingeleitete amtliche Untersuchung ergab folgendes, die Heftigkeit der seismischen Katastrophe offenbarendes Resultat: „Das Centrum der seismischen Bewegung war das Dorf Guvezno, das drei Stunden von Saloniki entfernt ist. Eine Folgeerscheinung der furchtbar heftigen Erdstöße war das Erscheinen einer neuen Heilquelle, deren Abfluß die Ortschaft in zwei Teile teilt. Die Erdstöße wiederholten sich in Zwischenräumen von je fünf Minuten. Im griechischen Quartier sind 180 Häuser und sonstige Baulichkeiten

total zerstört, 55 schwer beschädigt worden. Im türkischen Quartier stürzten 52 Häuser ein. Eine Frau und zwei Kinder haben unter den Häusertrümmern ihren Tod gefunden. Fünf Personen erlitten schwere Verletzungen.“ Genauere Zeitangaben über das macedonische Beben liegen zur Zeit noch nicht vor. Auf Grund des Leipziger Seismogrammes ist nach unseren bisherigen Erfahrungen zu erwarten, daß der Hauptstoß vom Zentrum etwa $15^h 57^m 10^s$ ausgegangen ist.

Für eine umfassende Beschreibung des gewaltigen Erdbebens werden wahrscheinlich zahlreiche Seismogramme zur Verfügung stehen, wenigstens hat bereits der erfahrene und eifrige Leiter der Laibacher Erdbebenwarte, Prof. BELAR, in der „Neuen Freien Presse“ berichtet, daß er eine ganz ungewöhnlich starke Aufzeichnung erhalten habe, die er zunächst — genauere Berichte lagen ihm noch nicht vor — auf einen submarin gelegenen Herd beziehen zu müssen glaubte. Auch in Budapest ist das dort aufgestellte Straßburger Horizontal-Schwerpendel einer brieflichen Mitteilung des Herrn Dr. FR. SCHAFARZIK zufolge über eine halbe Stunde lang durch das Beben in Tätigkeit gesetzt worden.

13. Am 6. Juli.

Anfang d. Seismogr. $14^h 22^m 12^s$, Korrektur $+ 18^s$, MEZ. $14^h 22^m 30^s$,
 Ende „ „ $16^h 24^m$.

Die den eben angegebenen langen Zeitraum umfassende Aufzeichnung weist zwar einen sehr scharfen ersten Einsatz auf, ist aber leider im übrigen so wenig zu gliedern, daß sie zunächst nur registriert werden kann.

Die deutlichere Notierung hat die Nordsüdcomponente geliefert. Auf derselben verursacht der erste Einsatz scharfzackige Ausschläge nach beiden Seiten von im Höchsthalle 1,3 mm Schwingungsweite und Perioden von weniger als einer bis zu zwei Sekunden. Diese kurzperiodigen Schwingungen verschwinden nach etwa $2\frac{3}{4}$ Minuten. Von da ab bis $15^h 12^m$ hat die Nadel eine ziemlich ruhige Linie aufgezeichnet, die nur hin und wieder, in engeren Abständen bloß in der Zeit direkt nach dem ersten Einsatze, durch unregelmäßige leichte Wellenzüge wie gekräuselt erscheint. Wirklich lange Perioden, also solche von 20 und mehr Sekunden Dauer kommen auf dieser ganzen Strecke nicht zur Beobachtung. Zwischen $15^h 12^m$ und $15^h 24^m$ ändert

sich der Charakter der Aufzeichnung insofern, als man hier mehrmals ganz leichte Wellen mit 30 Sekunden an Dauer überschreitender Periode dahinziehen sieht. Von 15^h 24^m ab beginnen die den Endabschnitt darstellenden Züge von Sinuswellen, die allmählich immer kürzer und leichter werden, durch immer längere Zwischenräume getrennt sich aufzeichnen, kurz in der schon mehrfach beschriebenen Weise das ganz langsame Dahinschwinden der seismischen Erregung illustrieren.

Überblickt man das ganze Seismogramm, so wird man unwillkürlich an das von dem Molukkenbeben (28. März) gelieferte erinnert, nur erscheint bei ersterem die Aufzeichnung noch flacher, noch mehr in die Länge gezogen. War schon bei dem Molukkenbeben die Hauptphase nicht durch große Amplituden, sondern nur durch auffallend lange Perioden der Wellen ausgezeichnet, so ist auf dem Seismogramme vom 6. Juli überhaupt keine Hauptphase mehr deutlich zu erkennen. Man möchte hiernach fast glauben, daß mit zunehmender Entfernung des Schütterzentrums gerade der auffälligste Teil, das Maximum der Hauptphase, zuerst aus dem Seismogramme verschwindet.

Nach dem Gesagten läßt sich somit aus dem vorliegenden Seismogramme über den Beginn der Hauptphase nichts Sicheres feststellen, und damit wird eine Schätzung der Entfernung, in der sich das aufgezeichnete Beben abgespielt hat, unmöglich. Da die Vorphasen kaum vor 15^h 12^m aufgehört, also mindestens 50 Minuten gedauert haben, darf man bloß annehmen, daß jenes Beben in noch wesentlich größerer Entfernung stattgefunden hat als das Molukkenbeben, nämlich in einer solchen von vielleicht 17 000 km. Man nähert sich damit dem halben Erdumfang, also der uns diametral gegenüberliegenden Region, von der man annehmen darf, daß sich von ihr ausgehende seismische Wellen anders aufzeichnen werden, als von näher gelegenen Schütterzentren ausgehende.

14. Am 9. Juli.

Anfang des Seismogrammes ca. 5^h, Ende ca. 5^h 30^m.

Das namentlich von der Nord-südcomponente in Gestalt sehr regelmäßiger Sinuswellenzüge aufgezeichnete Seismogramm ist leider dadurch entwertet worden, daß in der Nacht vom 8. zum 9. Juli die das Gewicht des Regulators tragende Darmsaite gerissen und dadurch das Uhrwerk stehen geblieben war,

sodaß die Zeit der seismischen Registrierung nur schätzungsweise angegeben werden kann.

Die Aufzeichnung beginnt mit einigen sehr flachen langperiodigen Wellen (ca. 30 Sekunden Schwingungsdauer), diesen folgen kürzere Wellen mit etwas größerer Schwingungsweite, die bereits nach zwei Minuten sich auszubebnen beginnen. Dem ersten Wellenzuge folgen nach jedesmal mehrere Minuten langer, fast vollständiger Ruhe noch mehrere ähnliche Wellenzüge, während deren die Amplituden allmählich kleiner und die Perioden kürzer werden.

Zeitungsnachrichten zufolge haben zu der der Aufzeichnung des eben beschriebenen Seismogrammes etwa entsprechenden Zeit zunächst zwei Erderschütterungen an der marokkanischen Küste stattgefunden, die unter der Bevölkerung Schrecken erregten, ferner sollen sich auf St. Vincent innerhalb von 4 Stunden drei Erdbeben zugetragen haben, über besonders heftige Erdstöße vom 9. Juli, die 3 bis 4 Minuten anhielten, wird aber schließlich noch aus Bender Abbas berichtet. Diese Stöße sollen am schwersten die Insel Kischm betroffen haben, aber auch in Bender Abbas noch stark genug gewesen sein, um sämtliche Hauptgebäude zu beschädigen. Es kann hiernach wohl kaum einem Zweifel unterliegen, daß das Leipziger Seismogramm vom 9. Juli auf dieses letzte intensivste der eben genannten seismischen Ereignisse zurückzuführen ist, auf eine Katastrophe also, die sich in etwa 4600 km Entfernung von Leipzig dort abspielte, wo die Insel Kischm sich der Mündung des persischen Golfs in den Indischen Ozean vorlagert.

Mit den beschriebenen Seismogrammen ist die Zahl derjenigen Aufzeichnungen erschöpft, welche WIECHERTS astatiches Pendelseismometer zwischen dem 28. März und 15. Juli 1902 in Leipzig geliefert hat, soweit dieselben sich als sicher seismischen Ursprunges offenbaren und auf einen *fern* liegenden Herd bezogen werden müssen. Genaue Zeitangaben über sonstige in dem umschriebenen Zeitraume stattgefundenene seismische Ereignisse dürften diese Liste später noch zu vergrößern gestatten. Von den 14 von uns besprochenen Seismogrammen ließ sich für 7 die Lage des epizentralen Gebietes feststellen. Zugleich führte die Untersuchung derselben zu gewissen vorläufigen Resultaten, welche an der Hand weiterhin zu erhaltender Seismogramme geprüft werden

sollen und deren Bestätigung von wissenschaftlicher Bedeutung sein würde. Diese vorläufigen Resultate sind die folgenden:

1. *Die von Erdbebenherden aus zuerst zum Seismometerstandorte gelangenden Wellen (Erdwellen) pflanzen sich mit einer Geschwindigkeit von 10 km pro Sekunde fort.*
2. *Die die Hauptphase eines Bebens (dessen Maximum) auf dem Seismogramme darstellenden Wellen (Oberflächenwellen) gelangen zu dem Seismometer mit einer mittleren Geschwindigkeit von 3,5 km pro Sekunde.*
3. *Das Produkt der in Sekunden ausgedrückten Zeitdifferenz zwischen dem Beginne der Hauptphase und dem des ersten Einsatzes in dem Seismogramme eines Bebens mit der Erfahrungskonstanten 5,5 ist gleich der Entfernung des Seismometers vom Epizentrum in Kilometern.*

In der umstehenden Tabelle sind die wesentlichsten Daten der untersuchten Seismogramme zusammengestellt.

Tafelerklärung.

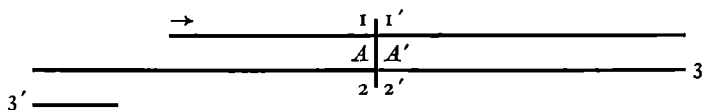
Die beiden Tafeln, welche nach der S. 295 auseinandergesetzten Methode hergestellt wurden, zeigen die Art, in welcher das WIECHERTSCHE Seismometer Erdbeben verschiedenen Stärkegrades aufzeichnet, deren Epizentrum 460 bis über 11 000 km von Leipzig entfernt liegt.

Da das Registrierpapier ohne Ende über die Rollen läuft, bilden die Aufzeichnungen eines Seismogrammes eine Spirallinie, die natürlich auf einer Tafel nicht im Zusammenhange wiedergegeben werden kann. Zum Zwecke der Untersuchung wird jedes Papier quer durchschnitten, sodaß 90 cm lange Streifen entstehen. Man verfolgt dann jede Linie bis an den Schnittrand, so wie sie die Nadel gezeichnet hat und findet deren weitere Zeichnung am gegenüberliegenden Schnittrande als direkt unter der ersteren folgende Linie. Die Wiedergabe auch solcher 90 cm langer Linien war im vorliegenden Falle unmöglich, da alsdann die Tafeln siebenmal hätten gebrochen werden müssen; infolgedessen mußten die Streifen noch ein zweites Mal auf 45 cm Länge durchschnitten werden. Hat eine derartige zweite Teilung der Streifen stattgefunden, so ist dieselbe bei den betreffenden

Tabellarische Übersicht über die von Wiecherts astatischem Pendelseismometer vom 28. März bis 15. Juli 1902 in Leipzig gelieferten Seismogramme von Fernbeben.

No.	Datum	Beginn in MEZ.		Ende der Aufzeichnung	Geradliniges Maß der größten Amplitude in mm während der						Epizentrales Gebiet und dessen Entfernung von Leipzig in km
		der 1. Vorphase	der 2. Vorphase		der Hauptphase	1. Vorphase	2. Vorphase	Hauptphase	NS-Compo-nente	OW-Compo-nente	
1.	28. März	15 ^h 58 ^m 20 ^s	16 ^h 10 ^m 30 ^s	17 ^h 29 ^m — ^s	1	3	2	2,75	3	4	Molukken, ca. 11500 km
2.	2 April	ca. 6 ^h	—	ca. 7 ^h 20 ^m — ^s	—	—	—	—	0,75	1	unbekannt
3.	5. April	—	—	ca. 20 ^h 41 ^m — ^s	—	—	—	—	0,5	0,75	unbekannt
4.	12. April	—	—	1 ^h 13 ^m 6 ^s	—	—	—	—	1,25	1,5	Irkutsk-Baikalsee, 6000 km
5.	19. April	3 ^h 32 ^m 35 ^s	3 ^h 42 ^m 56 ^s	4 ^h 1 ^m 30 ^s	2	7	8	56	35	71	Guatemala, 9500 km
6.	6. Mai	3 ^h 58 ^m 11 ^s	—	4 ^h 1 ^m 49 ^s	—	—	—	—	2,50	1,5	Südwestfrankreich, 1200 km
7.	8. Mai	ca. 4 ^h 2 ^m 14 ^s	—	ca. 4 ^h 5 ^m — ^s	—	—	—	—	6	1,5	unbekannt
8.	25. Mai	17 ^h 58 ^m 22 ^s	—	18 ^h 25 ^m 57 ^s	0,75	0,75	—	—	1,5	0,5	unbekannt
9.	26. Mai	5 ^h 17 ^m 50 ^s	5 ^h 21 ^m 25 ^s	5 ^h 43 ^m — ^s	3,5	2,5	—	—	5	1,5	unbekannt
10.	11. Juni	7 ^h 32 ^m 16 ^s	—	ca. 8 ^h 30 ^m — ^s	—	—	—	—	8	8	unbekannt
11.	19. Juni	10 ^h 23 ^m 39 ^s	—	10 ^h 27 ^m 39 ^s	—	—	—	—	2,5	3	Hall-Innsbruck, 460 km
12.	5. Juli	15 ^h 59 ^m 24 ^s	16 ^h 1 ^m 58 ^s	ca. 16 ^h 30 ^m — ^s	1,5	1,25	—	—	27	92	Macedonien, ca. 1400 km
13.	6. Juli	14 ^h 22 ^m 30 ^s	—	ca. 15 ^h 12 ^m — ^s	1,3	0,75	—	—	1	0,50	unbekannt
14.	9. Juli	—	—	ca. 5 ^h 30 ^m — ^s	—	—	—	—	1,5	0,75	Südpersien, ca. 4600 km

Figuren rechts durch eine senkrechte Linie A angedeutet; man findet dann die Fortsetzung links an der mit A' bezeichneten Linie. Zur Erklärung sei Taf. I, Fig. 1 herangezogen. Will man dieses Seismogramm verfolgen, so denkt man sich A' auf A gelegt, sodaß $1'$ auf 1, $2'$ auf 2 fällt, alsdann hat man schematisch die 3 folgenden Linien



Der Stift hat in der Pfeilrichtung geschrieben bis 1 und weiter bis ans Ende der ersten Linie, hat dann auf der zweiten von links nach rechts registriert und schließlich auf der mit $3'$ bezeichneten zu schreiben begonnen.

In ganz entsprechender Weise erfolgt die Orientierung bei Fig. 2 und Fig. 6, in welcher letzterem Falle bloß eine Linie zu verfolgen ist. Auf Taf. II sind die Seismogramme der beiden Componenten des Guatemalabebens untereinander gelegt und jedes noch einmal quer durchschnitten. Man hat also die entsprechenden Teile der beiden Aufzeichnungen direkt untereinander, denkt sich A' auf A gelegt und verfolgt die Aufzeichnung jeder Nadel wie oben angegeben. Die aneinander zu legenden Teile des Seismogrammes der Nordsüdcomponente sind hierbei mit arabischen, die desjenigen der Ostwestcomponente mit römischen Ziffern bezeichnet.

Die Phasenbegrenzung ist nicht durch Buchstaben kenntlich gemacht, dagegen ist die benachbarte Minutenmarkierung eingetragen worden.

Tafel I.

Fig. 1. Seismogramm der Ostwestcomponente des Molukkenbebens vom 28. März. Die erste Vorphase setzt mit minimalen, sehr kurzperiodigen Schwingungen ein, schwillt nach 5 Minuten durch energische Ausschläge zu einer scharfzackigen Linie an und glättet sich hierauf allmählich wieder. Das Gleiche zeigt sich in der zweiten Vorphase, nur sind hier die Perioden im allgemeinen länger. Die Hauptphase beginnt mit Wellen von außerordentlich langer Periode, aber auffallend kleiner Amplitude, dann folgt ein längerer Zug unregelmäßiger Wellen, in dem sich

nach dem Ende hin immer deutlicher kleine Züge von sinusartigen Wellen bemerklich machen, mit denen die seismische Erregung ganz langsam verklingt. Herdentfernung 11 500 km. S. 296.

Fig. 2. Seismogramm der Ostwestkomponente des sibirischen Bebens vom 12. April. Ein deutlicher erster und zweiter Einsatz fehlt, das ganze Seismogramm besteht fast nur aus regelmäßigen Zügen sinusartiger Wellen, zwischen die sich hauptsächlich nur im Anfange flache Wellen mit kurzer Periode einschieben. Herdentfernung 6000 km. Seite 300.

Fig. 3. Seismogramm der Nordsüdkomponente, Fig. 4. Seismogramm der Ostwestkomponente des südwestfranzösischen Bebens vom 6. Mai. Der erste Einsatz markiert sich nur als leichte Anschwellung, der zweite Einsatz fehlt. Die Hauptphase stellt sich als sehr unregelmäßige, scharfzackige Linie dar, indem die Perioden den Betrag von 1,3 Sekunden nicht überschreiten. Herdentfernung 1200 km. Seite 307.

Fig. 5. Seismogramm der Nordsüdkomponente des Bebens vom 8. Mai. Die Vorphasen sind nicht scharf entwickelt, die von ihnen nicht genau abzutrennende Hauptphase stellt sich als unregelmäßiger allmählich anschwellender Wellenzug dar, in welchem die Perioden allmählich ab-, die Amplituden anfänglich zu-, dann auch abnehmen. Herdentfernung unbekannt. Seite 308.

Fig. 6. Seismogramm der Nordsüdkomponente des Bebens vom 25. Mai. Die erste Vorphase ist als scharfzackige Linie gut entwickelt, dann erweist sich für nahezu $\frac{1}{2}$ Stunde die seismische Erregung nicht stark genug, um deutliche Wellen zu liefern. Auch in der Hauptphase erscheint die Linie wie flach gedrückt, besonders machen sich deren erste langperiodige Wellen wenig bemerklich. Der zweite Teil der ersten Vorphase ist durch eine lokale Störung verwischt. Herdentfernung unbekannt. Seite 310.

Fig. 7. Seismogramm der Nordsüdkomponente des Bebens vom 26. Mai. In der ersten Vorphase markiert sich ein sehr kräftiger Ausschlag. Der zweite Einsatz und der Beginn der Hauptphase sind nicht deutlich. Regelmäßige langperiodige Wellen in der Hauptphase fehlen. Herdentfernung unbekannt. Seite 311.

Fig. 8. Seismogramm der Nordsüd-, Fig. 9. Seismogramm der Ostwestkomponente des Hall-Innsbrucker Bebens vom 19. Juni. Der erste Einsatz markiert sich nur als leichte Anschwellung der

Linie, der zweite Einsatz ist undeutlich. Die Aufzeichnung schwillt unregelmäßig an, indem die Amplituden sich sprungweise vergrößern und verkleinern, während die Perioden die Dauer einer Sekunde nicht erreichen. Die Aufzeichnung der Vorphasen hat durch die Tagesstörungen gelitten. Herdentfernung 460 km. Seite 313.

Fig. 10. Seismogramm der Nordsüdcomponente des macedonischen Bebens vom 5. Juli. Die erste Vorphase ist als scharfzackige Linie gut abgehoben, weniger deutlich macht sich ein zweiter Einsatz bemerklich, von dem an die zweite Vorphase durch ganz allmähliches Anschwellen der Amplituden in die Hauptphase überführt. Letztere beginnt mit einigen langperiodigen Wellen und besteht im weiteren Verlaufe aus kräftigen unregelmäßigen Wellenzügen, die 6 Minuten lang anhalten, worauf die seismische Erregung plötzlich nachläßt. Auf der durch $a - b$ markierten Strecke ist die Aufzeichnung ausgeblieben, da der Schreibstift über den Rand des Papierstreifens hinausgeraten war. Seite 315. *Fig. 11. Seismogramm der Ostwestcomponente des nämlichen Bebens.* Die erste und zweite Vorphase ist weniger gut entwickelt als bei der Nordsüdcomponente, die Hauptphase aber setzt scharf mit einem Zuge außerordentlich kräftiger Wellen ein, deren Periode sich allmählich verkürzt, während die Amplituden anfänglich zu-, dann auch abnehmen. Die weitere Aufzeichnung gleicht der der Nordsüdcomponente, nur ist sie um 4 Minuten kürzer als letztere. Herdentfernung ca. 1400 km. Seite 315.

Fig. 12. Bewegung der Schreibnadel der Nordsüdcomponente am 8. Mai in der Minute $3^h 1^m - 3^h 2^m$. Die Figur zeigt die S. 293 beschriebenen steten Vibrationen und wurde auf die Weise erzielt, daß die betreffende Strecke auf dem Papierstreifen mit Hilfe von ZEISS Ob. a^* , Oc. II und der Camera lucida in zehnfacher Vergrößerung nachgezeichnet wurde, sodaß eine totale Vergrößerung der Vibrationen auf das 2500fache resultierte.

Tafel II.

Seismogramm des Guatemalabebens vom 19. April.

Fig. 1. Seismogramm der Nordsüdcomponente. Der erste Einsatz, zweite Einsatz und der Beginn der Hauptphase heben sich scharf ab. Die Hauptphase beginnt mit zwei Zügen lang-

periodiger Wellen mit großen Amplituden, darauf folgt ein langer Zug unregelmäßiger Wellen und nach dem Ende hin die allmählich immer schwächer werdenden Züge sinusartiger Wellen.

Fig. 2. Seismogramm der Ostwestcomponente. Die Phasenbegrenzung ist noch schärfer als bei der Nordsüdcomponente, namentlich in der ersten Vorphase fallen kräftige scharfzackige Ausschläge und in der zweiten Wellen von hervorragend großer Amplitude auf, die Hauptphase aber beginnt mit drei Zügen langperiodiger Wellen, bei denen die Amplitude im Höchsthalle 70 mm noch überschreitet. Entsprechend dieser gegenüber derjenigen der Nordsüdcomponente wesentlich kräftigeren Aufzeichnung ist auch der weitere Verlauf der Hauptphase und der Endabschnitt des Seismogrammes bei der Ostwestcomponente durch vereinzelte wesentlich größere Amplituden ausgezeichnet als bei der Nordsüdcomponente. Seite 302.

Juli 1902.

Erdbebenstation des
paläontologisch-geologischen Instituts Leipzig.

Fig. 1. 28. März. O'W-Componente.

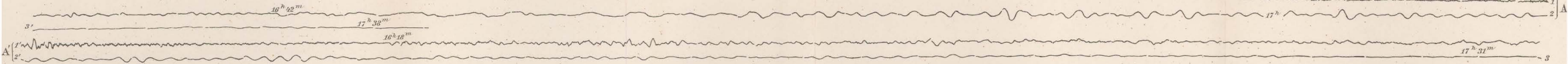


Fig. 2. 12. April. O'W-Componente.

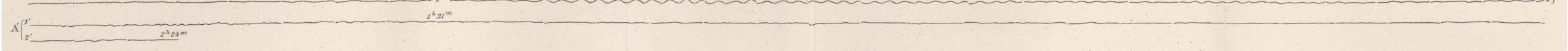


Fig. 5. 8. Mai. NS-Componente.



Fig. 6. 25. Mai. NS-Componente.

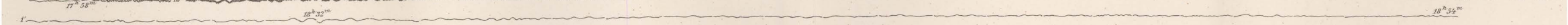


Fig. 8. 6. Mai. NS-Componente.

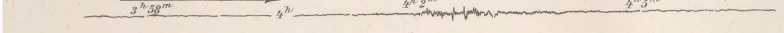


Fig. 4. 6. Mai. O'W-Componente.



Fig. 8. 19. Juni. NS-Componente.

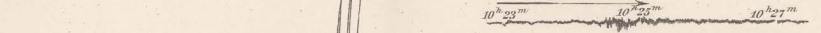


Fig. 7. 26. Mai. NS-Componente.



Fig. 11. 5. Juli. O'W-Componente.

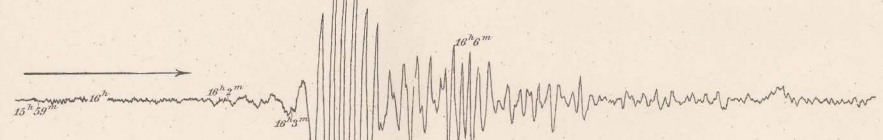


Fig. 10. 5. Juli. NS-Componente.

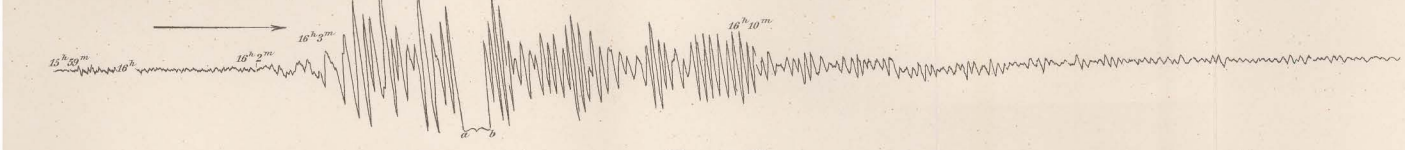


Fig. 9. 19. Juni. O'W-Componente.



Fig. 12. 8. Mai.

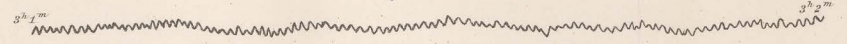


Fig. 1. 19. April. NS-Componente.

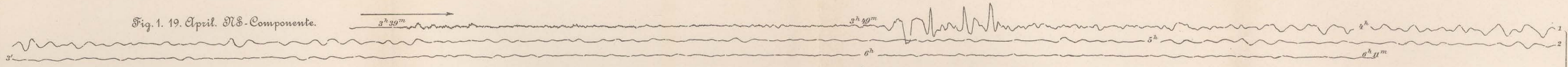


Fig. 2. 19. April. EW-Componente.

