

dem Trachyt vom Freihäuschen in der Eifel und der von mir beschriebenen Cylinder.

Gehen wir vom Cylinder als ursprünglichem Contractionsgebilde aus, so können wir meiner Meinung nach ganz bequem hiervon zu den prismatischen Säulen übergehen. Zunächst bilden sich wieder Cylinder. Kamen diese schliesslich zur Berührung, so konnten von fetzt an die Cylinderschalen nicht mehr vollständig ausgebildet werden, und es mussten unbedingt Prismen entstehen. Bisweilen lässt sich diese stufenweise Ausbildung noch jetzt an den prismatischen Absonderungen verfolgen, namentlich wenn die einzelnen Cylinderschalen etwas von einander getrennt oder verschieden gefärbt sind. Als Beispiele hierfür sind bis jetzt nur bekannt NOEGGERATH'S<sup>1</sup> »Umläufer« aus dem Siebengebirge und die Säulen, die JUST. ROTH<sup>2</sup> in seinem bekannten Werk auf Taf. V, Fig. 5 und 6, abbildete.

Ich möchte noch ausdrücklich hervorheben, dass dieses nur ein vorläufiger Versuch sein soll, um die säulenförmige Absonderung zu erklären. Ich hoffe jedoch, dass es mir später möglich sein wird, auf Grund von reichlicherem Material meine Ansicht näher zu beweisen. Dazu ist jedoch vor allem nöthig, dass jeder Cylinder, »Umläufer« oder ähnliche Gebilde zur Kenntniss gebracht werde, da sie meines Erachtens zweifellos weiter verbreitet vorkommen müssen, bis jetzt aber wohl leider übersehen wurden.

### Das grosse Erdbeben in Indien am 12. Juni 1897.

Von R. D. Oldham in Calcutta<sup>3</sup>.

Birmingham, Juni 1901.

Das Studium des grossen Erdbebens vom 12. Juni 1897, welches das grösste geschichtlich bekannte Ereigniss dieser Art ist, hat zu wichtigen Erweiterungen unserer Kenntnisse geführt. Ein ausführlicher Bericht über dieses Erdbeben wurde von der Britisch Indischen Regierung<sup>4</sup> veröffentlicht und dieses Werk war die Veranlassung zu weiteren Untersuchungen, deren Resultat in den Philosophical Transactions der Royal Society niedergelegt wurden<sup>5</sup>. Da

<sup>1</sup> Dr. J. NOEGGERATH: Das Gebirge in Rheinl.-Westphalen. Bonn 1826. IV. pag. 359.

<sup>2</sup> Dr. JUSTUS ROTH: Die Kugelformen im Mineralreich und deren Einfluss auf die Absonderungsgealten der Gesteine. Dresden und Leipzig 1844.

<sup>3</sup> Uebersetzt von Dr. HUGO WARTH in Birmingham.

<sup>4</sup> Report on the great Earthquake of 12. June 1897. Memoirs of the Geological Survey of India, vol. XXIX, 1899, pag. XXX, 379, XVIII.

<sup>5</sup> On the propagation of Earthquake motion to great distances. Phil. Trans. Series ACICIV, 1900, pag. 135—174.

beide Werke ziemlich umfangreich sind, war es wünschenswerth, in einer kürzeren Abhandlung die wichtigsten der gemachten Beobachtungen zu allgemeinerer Kenntniss zu bringen. Der Flächeninhalt des Erschütterungsgebietes, soweit dasselbe bekannt wurde, war ungefähr 3120000 Quadratkilometer, welche Zahl Viele überraschen wird, nachdem gesagt worden, dass dieses Erdbeben das grösste der historisch bekannten war. Dieses Erdbeben gab jedoch Veranlassung zu einer wiederholten Untersuchung der Berichte über das grosse Erdbeben von Lissabon im Jahre 1755, welche zeigte, dass die von Handbuch zu Handbuch übertragenen Mittheilungen stark übertrieben sind. Dass das Beben in den Bleibergwerken von Derbyshire empfunden wurde, erweist sich im Hinblick auf den Originalbericht als ein Irrthum. Die Erschütterung, welche gefühlt wurde, war entschieden selbständiger localer Natur und höchstens sympathetisch. Von diesem Fall abgesehen, ist nur eine einzige zweifelhafte Nachricht, der zu Folge das Erdbeben so weit nördlich als England gefühlt wurde, obgleich es sich in England sowie in Holland durch eine eigenthümliche Bewegung des Wassers in Teichen bemerkbar machte. Die Nachrichten über die Beobachtung des Erdbebens in Island und Amerika beziehen sich nur auf die Seebebenwelle, welche sich weit über die äusserste Grenze fortpflanzen kann, bis zu welcher der Stoss fühlbar ist. Indem wir diese Berichte weglassen und nur solche annehmen, bei denen es sich um fühlbare Erschütterung handelt und indem wir ferner die seismische Fläche elliptisch abrunden, ergiebt es sich, dass nicht mehr als 2600000 Quadratkilometer eingeschlossen sind, während bei gleicher Behandlung des Stosses vom 12. Juni 1897 wir ein Erschütterungsgebiet von 4550000 Quadratkilometer bekommen. Wegen Mangels an zuverlässigen Berichten war es nicht thunlich, den Gang der isoseismischen Kurven im Einzelnen zu zeichnen. Die äusserste isoseismische Kurve wurde dagegen mit ziemlicher Genauigkeit auf ungefähr der Hälfte des Umfangs bestimmt. Die seismische Fläche hat das Sonderbare, dass eine abgelöste Region, in welcher der Stoss gefühlt wurde, sich über das Alluvium von Ahmedabad erstreckte, einen Zwischenraum von 150 km bis zu der äussersten Grenze lassend, bis zu welcher der Stoss auf festem Gestein gefühlt wurde. Es wurde auch berichtet, dass die Erschütterung zu Bahampur am Rande des Alluviums im Thal des Tapti wahrgenommen wurde, obgleich sonst nirgends in der Umgegend. Ausserhalb des Gebiets, in welchem das Erdbeben in Indien gefühlt wurde, ist die Fortpflanzung der Bewegung durch das Schwingen von Lampen und dergleichen angezeigt worden.

Abgesehen von den Wahrnehmungen in Indien haben wir untrügliche Beweise, dass dasselbe Italien erreichte. Die Beobachter zu Catania, Livorno und Spinea di Mestre berichten sämmtlich, dass sie eine leichte Erschütterung spürten genau zu der Zeit, als die Instrumente über ganz Italien die Ankunft der ersten Phase der

von diesen Erdbeben ausgehenden Bewegung registrierten<sup>1</sup>. Wäre das Zeichen ein einfaches gewesen, so hätte es möglicherweise einem besonderen lokalen Beben zugeschrieben werden können, aber diese drei zusammen gehörenden Aufzeichnungen, alle miteinander der Zeit nach übereinstimmend und alle mit der Ankunft der ersten Zuckungen harmonisirend, welche eine Periode von ungefähr 5 Sekunden hatten und wohl gefühlt werden konnten, lassen äusserst schwache Zweifel darüber obwalten, dass wirklich das indische Erdbeben gefühlt wurde. Im Uebrigen ist es am Platz, den grossen Scharfsinn und die Pünktlichkeit der Beobachter in Italien anzuerkennen.

Die Fläche des Epicentrums hat eine eigenthümliche Form. Im westlichen Assam und nordöstlichen Bengalen gelegen, wird sie im Süden durch eine gerade Linie begrenzt, welche ungefähr ost-südostwärts verläuft und etwa 350 km lang ist. Gegen Norden wird sie von einer symmetrischen, doppelt S förmigen Kurve begrenzt. Die grösste Breite der Fläche beträgt nicht weniger als 85 km, möglicherweise bis zum doppelten dieses Betrags. Auf dieser ganzen Fläche von nicht unter 17000 qkm war die Stärke des Stosses höher als zehn Grade der Rossi-Forel-Skala und es haben Niveauveränderungen stattgefunden. Ein Jahr oder noch länger nach dem grossen Erdbeben waren Stösse sehr häufig, meistens schwach und lokal begrenzt, zuweilen aber von bedeutender Stärke. Die Niveauveränderungen äusserten sich in dem Auftreten von Verwerfungen, deren eine auf über 20 km Länge verfolgt wurde, bei einer Sprunghöhe von 10 m, wie an einzelnen Stellen wirklich gemessen wurde. Sonstige Niveauveränderungen zeigten sich an durch das Verdämmen von Wasserläufen, welches kleine Seen erzeugte. Schliesslich wurden Niveauveränderungen auch durch direkte Messung erwiesen, indem einige Triangulirungen der grossen geodätischen Landesaufnahme nachgemessen wurden. Da sämtliche nachgemessene Triangulirungen im Epicentrum liegen, lässt es sich nicht bestimmen, wie viel Veränderung wirklich stattgefunden hat. Es wurden jedoch relative Veränderungen zwischen benachbarten Höhenpunkten nachgewiesen, welche bis zu 8 m in vertikalem Höhenunterschied und nahezu 4 m in horizontaler Erstreckung betragen.

Die Ergebnisse der Triangulirung, wie solche von der geodätischen Landesvermessung veröffentlicht wurden, weisen eine Zunahme der horizontalen Entfernung zwischen den Stationen nach. Wie jedoch in dem geologischen Bericht gezeigt wurde, hat diese Erscheinung wahrscheinlich ihren Grund in der durch Zusammen-drücken veranlassten Verkürzung derjenigen Seite, welche als Vermessungsbasis gewählt wurde unter der Annahme, dass sie unverändert geblieben sei. Die wirkliche Beschaffenheit des Erdbeben-

---

<sup>1</sup> SUPRA, Bd. III, II. Theil, S. 251, 285, 289.

ursprungs ist die einer Schubfläche, von welcher kleinere Verwerfungen abzweigen. Diese zeigen sich zuweilen deutlich als solche, während sie anderswo aufhören, ehe sie die Oberfläche erreichen, aber doch solche Niveauunterschiede verursachen, dass bei sonst günstigen Verhältnissen Seen gebildet wurden. Solcher Wasserbecken wurden nicht weniger als dreissig beobachtet, das grösste derselben mit 2,5 km Länge und 1,75 km Breite, das kleinste wenige Meter im Durchmesser. Die Tiefe variierte von einem Bruchtheil eines Meters bis zu über sechs Meter.

Innerhalb dieses Epicentrums war die Heftigkeit überall sehr gross, aber doch noch grösser in der Nähe der Verwerfungsspalten welche an die Oberfläche reichten. Es wurden nicht nur aufrecht stehende Steinsäulen zerbrochen, sondern 15–17 cm dicke Bäume von hartem Holz zeigten sich geborsten, so heftig war die Bewegung, welcher dieselben ausgesetzt wurden. Kein Steinbau blieb stehen und die Gehänge wurden durch Bergstürze gefurcht. An vielen Stellen zeigte es sich, dass Steine, welche auf dem Boden gelegen, in die Höhe und durch die Luft geschleudert wurden.

Es bedurfte sehr bedeutender Beschleunigung, um stehende Säulen zu zerbrechen oder kräftige Hartholzstämme zu zerreißen, viel bedeutender als die Beschleunigungen, welche durch Messung umgestürzter Grabsteine mittelst WEST's Formel berechnet wurden und welche bis zu 10000 mm per Sekunde betragen. Es ist jedoch zweifelhaft, ob WEST's Formel in denjenigen Fällen anwendbar ist, in welchen die Höhe der ungekippten Säule geringer ist als das drei- oder vierfache ihres Durchmessers. Bei dem Erdbeben von 1897 wurden alle starken Beschleunigungen an solchen Stellen gefunden, an welchen die vertikale Componente der Wellenbewegung gross war und das Umwerfen kurzer Pfeiler muss als eine modifizierte Projection angesehen werden. Es ist unwahrscheinlich, dass Beschleunigungen von mehr als 2000 mm per Sekunde anderswo als in der Nähe des Epicentrums vorkommen, woselbst eine bedeutende vertikale Componente der wellenförmigen Bewegung existirt und die übermässigen Beschleunigungen, welche man bei andern Erdbeben gemessen zu haben glaubt, müssen mit Vorsicht aufgenommen werden.

Es wurden bei dieser Gelegenheit auch die verschiedenen Formeln geprüft, welche zur Berechnung der Beschleunigung und der Geschwindigkeit eines Wellentheilehens dienen. Eine Zusammenstellung derselben wurde als Anhang beigegeben und besprochen. Es fand sich dabei zum Nachtheil der Forschung, dass die aus der Projektion abgeleitete Geschwindigkeit gar nicht von der wellenförmigen Bewegung herrührt. Die aus beobachteten Würfeln abgeleiteten Geschwindigkeiten führen, wie gezeigt wurde, zu unmöglichen Resultaten, mag man sie mit den berechneten Beschleunigungen oder mit irgend einer denkbaren Schwingungsweite oder Schwingungsdauer zusammenstellen. Es wurde hieraus geschlossen, dass der

Wurf fester Körper nicht die Folge einer molekularen Wellenbewegung, sondern einer Positionsänderung des Untergrundes sei, welche von einem dauernden Niveauunterschied begleitet ist.

Beispiele der Drehung von Gegenständen sowohl innerhalb als ausserhalb des Epicentrums sind zahlreich. So viel Beispiele als möglich wurden abgemessen, um nicht nur den Drehungswinkel zu bestimmen sondern auch Richtung und Betrag der Verschiebung des Schwerpunktes. Eine sorgfältige Untersuchung der Daten zeigt, dass keiner der Versuche, die Rotation durch einfache geradlinige Bewegung zu erklären, mit den festgestellten Thatsachen im Einklang steht und dass wir nicht umhin können, die Erklärung in einer Wirbelbewegung zu suchen. Diese wirbelnde Bewegung hat übrigens nicht den Charakter einer Winkeldrehung, wie einige Forscher angenommen haben, sondern der gesammte Bodenkörper bewegt sich in einer mehr oder weniger kreisförmigen Bahn oder er ist einer mehr oder weniger geradlinigen Hin- und Herbewegung unterworfen, deren Azimuth beständig wechselt.

Auf einer grossen Fläche Schwemmland wurden Flussläufe eingeengt, Eisenbahnlinien zu scharfen Kurven zusammengedrückt und zerstört, ganz ähnlich wie bei dem japanischen Erdbeben von 1891. Dieses Zusammendrücken zeigte sich in allen Fällen als Folge der Verschiebung der obersten Lagen des Alluviums und nicht einer allgemeinen Volumverringernng. Im Bereich derselben Schwemmlandregion öffneten sich Myriaden von Sprüngen und Sandkratern. Was die Sprünge betrifft, so ist MALLETT'S Erklärung ihres Entstehens durch die Trennung schwebender Thonmassen von ihren Unterlagen durch ihr Beharrungsvermögen lückenhaft. Es wurden Sprünge an Stellen wahrgenommen, wo kein solcher Vorgang stattfinden konnte. Es ist anzunehmen, dass in diesen Fällen die Sprünge von den sichtbaren Schwingungen der Oberfläche herrührten, welche viele Beobachter bemerkten.

Sandkrater wurden in einer Anzahl gebildet, dass grosse Flächen eine Zeit lang durch die Wassersäulen überschwemmt wurden, welche mit solcher Gewalt aus ihnen strömten, dass das Wasser ein Meter hoch und noch höher über den Boden sich erhob, während Spritzer und Strahlen 6 bis 7 Meter hoch giengen. Es ist beachtenswerth, dass in mehreren Fällen diese Sandkrater sich nach dem Auftreten des Stosses gebildet haben sollen und dass der Ausfluss eine halbe Stunde, nach einigen Angaben mehrere Stunden fortdauerte. Diess wird dem Setzen der Thonschichten auf unterliegendem Triebssand zugeschrieben, welcher die darüber lagernden Schichten trug, so lange sie ununterbrochen waren, aber dies nicht mehr thun konnte, nachdem jene durch das Erdbeben zerklüftet worden waren.

Die das Erdbeben begleitenden Getöse waren sehr laut und deutlich, die vorhandenen Aufzeichnungen reichen jedoch nicht hin, um in diesem schwierigen Zweig der Seismologie einen Fortschritt

verzeichnen zu können. In einigen Fällen wurden knallende Detonationen von kurzer Dauer gehört nach dem Auftreten des Erdbebens und die Verwandtschaft derselben mit den »Barisalguns«, »Mistpoeffers«, »Marinás« und ähnlichen Erscheinungen wurden besprochen und allen mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit ein im allgemeinen seismischer Ursprung zugeschrieben.

Die wichtigsten Resultate, welche erzielt wurden, sind wohl diejenigen, welche die Fortpflanzungsgeschwindigkeit betreffen. Zahlreiche Zeitbestimmungen in Indien liefern eine Zeitkurve mit doppelter Krümmung wie SCHMIDT's Hodograph, allein die Krümmung ist zu schwach, um damit übereinzustimmen und die wahre Zeitkurve ist höchst wahrscheinlich eine gerade Linie, welche eine constante Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 3,0 km in der Sekunde anzeigt. Wenden wir uns von der beobachteten Fortpflanzung des fühlbaren Stosses zu den Fernberichten, so zeigt sich, dass die Aufzeichnungen der italienischen Seismographen drei hauptsächliche Bewegungen aufweisen, jede derselben von einer ausgesprochenen Verminderung der Bewegung gefolgt. Die erste derselben giebt einen durchschnittlichen Betrag von 9,6 km in der Sekunde, die zweite von 5,6 km in der Sekunde und die dritte eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 3,0 km in der Sekunde, welche Phase diejenige mit langen Schwingungsperioden ist, von entschiedenem Schwanken der Erdoberfläche begleitet. Die Uebereinstimmung dieser Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit der beobachteten Fortpflanzung des fühlbaren Stosses zeigt an, dass beide einer Wellenbewegung angehören, welche mit gleichförmiger Geschwindigkeit der äussern Erdrinde entlang fortgeschritten. Es wird angenommen, dass die beiden ersten Phasen von einer Wellenbewegung herrühren, welche durch das Erdinnere übertragen wurde. Da die Masse des Erdinnern ganz oder nahezu isotropisch ist, so konnte die Trennung von Condensations- und Distorsionsschwingungen stattfinden, von welcher KNETT und RUDZKI gezeigt haben, dass sie in den Gesteinen, welche die Erdkruste bilden, unmöglich ist. Nun wird angenommen, dass die beiden Phasen von der Ankunft der Condensations- und der Distorsionsschwingungen herrühren, welche auf brachistochronischen Pfaden durch das Erdinnere passirt sind.

Diese Annahme ist in der zweiten Arbeit weiter entwickelt. Die über andere weitreichende Erdbeben veröffentlichten Berichte wurden durchsucht und diejenigen ausgewählt, bei denen Zeit und Ausgangsgebiet innerhalb einer Fehlergrenze von einer Minute Zeit, sowie einer Minute Bogenlänge bekannt waren. Ferner wurden nur solche Berichte in Betracht gezogen, welche eine Entfernung von nicht weniger als 20 Bogengraden von dem Ausgangsgebiet erreichten, weil man wusste, dass sich die zwei einfachen Formen elastischer Wellenbewegung in den obern Erdkrustenschichten nicht trennen konnten.

Es wurden sieben einzelne Erdbeben gefunden, deren veröffentlichte Berichte allen diesen Bedingungen entsprachen und da bei einigen nicht nur ein einziger Stoss war, so sind es zusammen 11 Stösse. Aus den veröffentlichten Berichten wurde Folgendes entnommen:

1. Die Zeit des Anfangs der Aufzeichnung.
2. Die Zeit einer plötzlichen Bewegungszunahme, soweit angegeben.
3. Die Zeit der grössten Massenverschiebung.

Als diese Daten tabulirt wurden, fand es sich, dass jedes Erdbeben einen dreiphasischen Character aufgezeichnet hatte. Ferner zeigte es sich, dass, wenn man die Zeiten graphisch darstellte und eine Kurve durchzog, die Zeitkurven der beiden ersten Phasen genau diejenige Krümmung hatten, welche nach Professor RUDZKI'S Untersuchungen einer Wellenbewegung eigen ist, die einer brachistischen Bahn entlang durch die Erde hindurch stattfindet, bei welcher die Geschwindigkeit der Fortpflanzung mit der Tiefe zunimmt. Wenn man diese Kurven durch Extrapolation bis zu deren Ursprung verlängert, erhält man Fortpflanzungsgeschwindigkeiten, welche ganz leidlich zu den Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von Condensations- und Distorsionsschwingungen passen, die für gewöhnliche Gesteine experimentell bestimmt wurden. Als eine Zugabe zu diesen Untersuchungen wird auch gezeigt, dass die vorläufigen Zuckungen der Erdbeben, welche von Japan nach Europa gelangen, eine Tiefe von etwa 3000 km oder 0,45 des Erdradius Tiefe unter der Erdoberfläche erreichen und dass sie dem entsprechend eine Maximalgeschwindigkeit von 14,5 km in der Sekunde bei Condensationsschwingungen und von 8,8 km bei Distortationschwingungen annehmen, ferner, dass sie ein Medium durchlaufen, welches an jenem Punkt einen Volumenmodul 17 mal und eine Steifigkeit 21,5 mal so gross als beim Granit besitzt.

Die Aufzeichnungen der dritten Phase zeigen einige Unregelmässigkeit, aber die Zeitkurve ist eine gerade Linie, was auf gleichförmige Fortpflanzung der Oberfläche entlang hindeutet. Es existiren übrigens einige Anzeichen, denen zu Folge die Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei den stärksten Erdbeben grösser ist als bei kleineren, in anderen Worten, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in irgend einer Weise von der Grösse des Erdbebens abhängig sei und deshalb wahrscheinlich von der Grösse der Welle. Daraus wurde geschlossen, dass die Fortpflanzung dieser Oberflächenschwingungen wenigstens theilweise dem Gesetz der Schwerkraft untergeordnet ist.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: [1901](#)

Autor(en)/Author(s): Oldham R. D.

Artikel/Article: [Das grosse Erdbeben in Indien am 12. Juni 1897. 482-488](#)