

## Die Erdbebenfluth im Pazifischen Ocean vom 13. bis 16. August 1868 und die mittleren Tiefen dieses Oceans.

Von Prof. Dr. **Ferdinand v. Hochstetter**,  
correspondirendem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Zweite Mittheilung.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. Jänner 1869.)

Die durch das Erdbeben in Peru am 13. August 1868 im Pazifischen Ocean erzeugte Fluth ist zwar nicht das erste Ereigniß dieser Art, welches von Südamerika ausgehend über die Gestade der Südsee hereinbrach, aber es ist das erste Phänomen dieser Art, das man durch zahlreiche Berichte, die aus den verschiedensten Gebieten des großen Oceans nach und nach einlaufen, in allen seinen Einzelheiten wird kennen lernen, so daß es möglich sein wird, aus den Erscheinungen, wie sie beobachtet wurden, wissenschaftliche Resultate abzuleiten.

Seit meiner ersten Mittheilung über diesen Gegenstand<sup>1)</sup>, die sich hauptsächlich auf die Berichte aus Chili und Neu-Seeland bezog, sind weitere Berichte über die Fluthphänomene vom 13. bis 16. August, namentlich an den Küsten von Peru, von New-Southwales (Australien), im Hafen von Apia auf der Insel Upolu in der Samoagruppe und von den Sandwich-Inseln zu meiner Kenntniß gekommen, aus welchen sich eine Reihe sehr merkwürdiger Resultate ableiten lassen, und die ich mir daher in Folgendem als weiteren Beitrag zur Kenntniß dieser großartigen Erdbebenfluth mitzutheilen erlaube.

Ich verdanke diese Berichte, so weit dieselben nordamerikanischen Zeitungen entnommen sind, der Güte des Herrn Karl Freih. v. Lederer, österr. Gesandten in Washington, welcher der k. k. geographischen Gesellschaft freundlichst eine Reihe von Ausschnitten aus den in New-York erscheinenden Zeitungen „The World“ und

---

<sup>1)</sup> Vorgelegt in der Sitzung am 12. Nov. 1868.

„Tribune“ zukommen ließ. Ich stelle aus diesen Berichten zunächst noch einige Thatsachen zusammen, die sich auf die Erscheinungen im Centrum-Gebiet des Erdbebens an der Küste von Peru beziehen, und welche die in meiner ersten Mittheilung ausgesprochene Ansicht, daß Arica als der Focus des Erdbebens sowohl wie des Seebebens zu betrachten ist, vollkommen bestätigen.

In einem Berichte des Correspondenten der „New-York Tribune“ (vom 14. September 1868) datirt Panama, Sept. 4., heißt es: Arica ist das Centrum, von welchem all das Unglück ausging. Gegen 5 Uhr Nachmittags wurde es in dem am meisten gebirgigen Theil der Gegend hinter Arica verspürt, wie der Zusammenstoß zweier schwerer Massen, und von diesem Punkt strahlte das Erdbeben aus nordwärts bis Callao, eine Distanz von ungefähr 650 Meilen und südwärts bis Cobija, eine Distanz von ungefähr 280 Meilen (in Wirklichkeit bis Copiapo) mit all den entsetzlichen Folgen. Drei Schwingungen der Erde folgten jener unsichtbaren Convulsion der Natur, und jede Schwingung war begleitet von einer Fluthwoge, die zweite von größerer Ausdehnung als die erste und die dritte größer als die zweite. Während der Schwingungen öffnete sich die Erde an mehreren Punkten in langen und regelmäßigen Linien. Die Spalten waren 1 bis 3 Zoll weit, und das Gefühl war, als ob in der Tiefe etwas rollen würde. Von jeder Spalte stieg Staub von trockener Erde auf und dann kam ein erstickendes Gas. Als die drei großen Schwingungen aufgehört hatten, folgten Erschütterungen in kurzen Intervallen, als ob unterirdische Explosionen oder Zusammenstöße stattfinden würden. Das Wasser zog sich im Hafen vom Land zurück und trieb alle Schiffe in reißendem Laufe mit sich. Plötzlich änderte der Strom und die Schiffe wurden von einer entsetzlichen ganz überhängenden Woge einhergetrieben und hin- und hergeworfen, als wären es nur Holzstücke. Die Fluth rollte dann über die Trümmer der Stadt und die Schiffe wurden landeinwärts getragen.

Küste von Peru (nördlich von Arica).

Zu Cañeta wurde der erste Stoß ungefähr um 5<sup>h</sup> p. m. verspürt, er dauerte gegen 6 Minuten. Der Stoß war so heftig, daß die Erde von einer Seite zur andern sich bewegte, die Glocken zu läuten anfangen, und Bewegungen wie auf einem Dampfer in schlechtem Wetter verspürt wurden. Nach dem ersten Stoß wurden häufige Stöße verspürt und das Meer begann sich vom Lande zu-

rückzuziehen in derselben Weise, wie an andern Punkten, bis um 10 Uhr eine vollständige Ueberschwemmung eintrat.

In Jslay (140 Seemeilen nordwestlich von Arica) dauerte der erste Stoß 7 bis 8 Minuten. Während der Nacht wurden 40 schwächere Stöße gefühlt und die Erde blieb in Bewegung bis zum 17. Kurz nach dem ersten Stoße zog sich das Meer mit großer Geschwindigkeit zurück und kehrte fünfmal nach einander zurück. Eine und eine halbe Stunde später stieg die See 40 Fuß über das gewöhnliche Niveau.

Hafen von Chala (südlich von Arica). Der Dampfer „Santiago“ berichtet: Um 5<sup>h</sup> fand ein Erdbeben statt, gerade im Augenblicke als der Dampfer ankommen wollte. Der Stoß wurde an Bord deutlich verspürt, dann zog sich die See zurück und kehrte wieder als Woge mit einer Höhe von ungefähr 50 Fuß, die Felsen im Hafen bedeckend und die Stadt auf eine Distanz von 1000 Fuß überschwemmend.

Iquique (lat. 20° 10', 100 Seemeilen von Arica). Die Bewohner der Stadt wurden um 5<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> p. m. durch ein Erdbeben in Bestürzung versetzt, das sich wie gewöhnlich durch unheilvolles Getöse angekündigt hatte. Der Stoß war fürchterlich und erschütterte die Fundamente der Felsen. Nach dem Hauptstoß erhob sich im Meer eine Woge von 40 Fuß Höhe, welche die Stadt überfluthete und das Werk der Zerstörung vollendete.

Aus diesen Berichten, so kurz und unvollständig sie sind, geht wenigstens so viel hervor, daß auf dem Küstenstrich von Jslay nördlich bis Iquique südlich, an welchem Arica in der Mitte liegt, das Erdbeben ziemlich gleichzeitig verspürt wurde, daß dieser Küstenstrich das centrale Erschütterungsgebiet oder das eigentliche Stoßgebiet bildet, und daß die Entstehung einer großen Meereswoge, die mit dem Zurückweichen des Wassers vom Lande begann, eine der bemerkenswerthesten Wirkungen war, welche die Erschütterung des Landes auf das Meer ausübte, wengleich dies, wie aus anderen Berichten, die ich später anführen werde, hervorgeht, nicht die erste und unmittelbare Folge des Stoßes war.

Chincha Inseln (13° 38' S. 76° 28' W. v. Gr. 450 Seemeilen nordwestlich von Arica an der Küste von Peru). Bericht aus der „New-York Tribune“ vom 14. Sept. 1868: Am Morgen des 13. Aug. schien die Sonne glänzender als je in dieser Jahreszeit. Eine starke aber angenehme Brise wehte, gutes Wetter verkündend.

Nichtsdestoweniger sah man an der Nordseite der Insel in großer Entfernung einen röthlichen Dunst von der See aufsteigen und um 12<sup>h</sup> 20<sup>m</sup> p. m. sprang ein heftiger Südwind auf, der beinahe zum Orkan anwuchs und bis 4<sup>h</sup> 38<sup>m</sup> p. m. andauerte, dann hörte man ein andauerndes und entferntes Geräusch, wie Donner. Eine complete Windstille trat ein, worauf der erste Erdstoß verspürt wurde. Dieser dauerte 4 Minuten 18 Secunden, und die Bewegung war so stark, daß Leute niedergeworfen wurden. Nach diesem wurde ein gewaltiges Krachen gehört, als ob eine große Woge sich an den Felsen gebrochen hätte, aber das Meer war ruhig. Um 5<sup>h</sup> 56<sup>m</sup> p. m. begann die Erde wieder zu zittern und dies dauerte fort für zwei und eine halbe Stunde. Die See wurde nun vollkommen ruhig, aber man bemerkte, daß die Vögel das Meer und die Felsen verließen und unter entsetzlichem Gekreisch in die Höhe flogen, als ob sie eine Ahnung hätten, von dem was sich jetzt ereignen sollte. Die Nacht wurde pechfinster, der Wind begann zu blasen, und die Bewohner waren in Angst, indem sie jeden Augenblick erwarteten, daß die Insel vom Meer verschlungen würde. Um 9<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> p. m. bemerkten Leute, die in der Nachbarschaft des Molo wohnten, daß das Wasser sich vom Land zurückzog, und gleich darauf entstand ein Alarm: „se sale el mar“, das Meer steigt. Nichts kann den Schrecken beschreiben, der auf der nördlichen Insel herrschte. Die Bevölkerung, aus 500—600 Seelen bestehend, verließ die Häuser und suchte Zuflucht auf dem höheren Theil der Insel. Weiber und Kinder, Kranke und Schwache, Alles auf einen Platz zusammengedrängt, starr vor Schrecken. Gegen 10 Uhr besänftigte sich der Wind, der Himmel klärte sich auf, so daß man eine Aussicht auf das Meer bekam, das sich 70 Yards weit vom Land zurückgezogen hatte. Dieser Umstand ist um so bemerkenswerther, als das Wasser in der Bai bei Ebbe 15—20 Faden tief ist; bald nachher aber sah man das Wasser steigen in der Form einer colossalen Welle, und in kürzerer Zeit, als es sich beschreiben läßt, hatte sie die Insel fast ganz überfluthet, indem sie Häuser und Alles, womit sie in Berührung kam, wegspülte. Die Verluste sind schwer; beide Molos sind zerstört, viele Boote zerbrochen und Häuser weggespült. Mein Berichtstatter, dem ich diese Mittheilungen verdanke, verschaffte sich, als die See wieder ruhig wurde ein Boot, und brach auf, um die andern zwei Inseln zu besuchen. „Als wir an der Mündung des Canals, erzählt er, ankamen, hörten wir ein entsetzliches Getöse. Das

Meer stieg und fiel mit einer Geschwindigkeit von 10 Fuß jede 3 oder 4 Minuten, und ich sah die Schiffe in schrecklicher Verwirrung. Ich konnte meine Leute nicht bewegen vorwärts zu gehen, wir mußten umkehren. Ich bin nicht im Stande, eine vollständige Liste aller jener Schiffe zu geben, die beschädigt wurden oder ganz verloren gingen.“

Dieser Bericht, so viele Einzelheiten er auch enthält, scheint mir doch nicht ganz richtig oder wenigstens nicht vollständig zu sein. Der für das Eintreten des ersten Erdstoßes angegebene Zeitpunkt 4<sup>h</sup> 38<sup>m</sup> p. m. (in Arica-Zeit 5<sup>h</sup> 2<sup>m</sup>) stimmt zwar gut; allein, daß die erste Störung im Meeresniveau sich erst um 9<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>, also nach 5 Stunden bemerkbar gemacht habe, ist nicht wahrscheinlich. Da die Chincha-Inseln nur 450 Meilen von Arica liegen, so müssen die ersten Erdbebenwellen schon nach 1¼ bis 1½ Stunden bei den Inseln angekommen sein, also ungefähr um 5<sup>h</sup> 56<sup>m</sup>, welcher Zeitpunkt als der Beginn einer zweiten Reihe von Erdstößen und einer Beängstigung der Seevögel bezeichnet wird. Vielleicht waren die ersten Wellen nur klein, und die Welle, welche um 9<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> beobachtet wurde, war eine der späteren größeren Wellen, welche auch in Pisco, das den Chincha-Inseln gegenüber am Festlande liegt, nach einem Berichte in „The World“ um 10 Uhr beobachtet wurde, wie ja auch an anderen Punkten, z. B. in Callao, die große verheerende Überfluthung erst viele Stunden später eintrat, als die ersten Meeresschwankungen sich bemerkbar gemacht hatten. Auch nach dem Bericht aus Australien, den ich folgen lasse, trat die stärkste Überfluthung der Küste gerade 5 Stunden nach der Ankunft der ersten Welle ein.

Das Decemberheft des „Nautical Magazine“ hat aus dem „Sydney Morning Herald“ vom 18. August eine Reihe von Nachrichten veröffentlicht, die auf die Erdbebenfluth in den australischen Gewässern am 15. August Bezug haben, und von welchen ich die wichtigsten, so weit ich dieselben nicht schon in meiner früheren Abhandlung zum Theil viel ausführlicher gegeben habe, hier anführen will.

Australien. Von Sydney, wo am 15. August große Schwankungen im Meeresniveau beobachtet wurden, fehlen auffallenderweise nähere Angaben. Dagegen berichtet der „Sydney Mornig Herald“ von Newcastle am Hunter-River (Neu-Südwalles, 60 Seemeilen nördlich von Sydney): Eines der außerordentlichsten Phänomene

trug sich in unserem Hafen Samstag den 15. August zu, und obgleich die Schiffe tüchtig hin- und hergeworfen wurden, so ist doch kein ernstlicher Verlust an Leben und Eigenthum zu beklagen. — Gegen 6·30 a. m. wurde ein höchst merkwürdiges Ebben und Fluthen des Meeres beobachtet. Das Wasser fiel plötzlich 1 bis 2 Fuß und stieg wieder ebenso schnell. Die Strömung des Wassers seewärts war sehr rasch, bisweilen wenigstens mit 12 Knoten in der Stunde. Die Erscheinung dauerte den ganzen Tag mehr oder weniger stark, das höchste Steigen und Fallen der Fluth fand statt gegen 11.30 a. m. Das plötzliche Fallen des Wasserspiegels betrug um diese Zeit 4 bis 5 Fuß.

Moreton Bay, 400 Meilen nördlich von Sydney. Der „Brisbane Courier“ schreibt: Samstag den 15. August wurde von den Bewohnern von Sandgate ein sehr ungewöhnliches Phänomen beobachtet. Es trat nämlich an einem Tag fünfmal Ebbe und Fluth ein. Genaue Zeitangaben fehlen.

Von den Sandwich-Inseln stelle ich die folgenden Berichte zusammen, welche ich theils dem „Nautical Magazine“, theils der in New-York erscheinenden Zeitung „The World“ entnehme:

Insel Hawaii. In der Hilobucht an der Ostküste der Insel wurden Meeresschwankungen am 14., 15. und 16. August beobachtet. Ein Bericht vom 15. August im „California Advertiser“ meldet: Seit 2<sup>h</sup> in der Früh (am 14. Aug.) beobachtete man ein Aus- und Einströmen der See, indem das Wasser alle 10 Minuten stieg und fiel, und zwar stieg es um 4 bis 6 Fuß höher als die gewöhnliche Fluth. Am Waiohi Flusse bei Waiakea soll es jedoch viel höher gestiegen sein, indem eine Brücke weggerissen wurde.

Von Motokai, nordwestlich von Maui, kommt folgende Nachricht: Freitag den 14. August ungefähr 10<sup>h</sup> a. m. bemerkte ich, daß die Fluth 4 Fuß höher war als gewöhnlich. Ich beobachtete das Meer von 10<sup>h</sup> a. m. bis 2<sup>h</sup> p. m.; es stieg und fiel zwölfmal während der 4 Stunden. Es stieg so hoch, daß 2 Häuser in Kanaio überschwemmt wurden, und als sich das Wasser zurückzog, ließ es Alles so trocken, daß die Eingebornen lebende Fische, die herumlagen, auflesen konnten. Gestern (Samstag) dauerte es ebenso fort, aber mit größeren Intervallen zwischen dem Steigen und Fallen des Wassers. Heute (Sonntag) dieselbe Erscheinung, aber die Intervallen sind noch größer. Es ist das Seltsamste, was nur je auf diesen Inseln vorgekommen.

Auf Kahulaui, südöstlich von Maui, wurde die erste Fluthbewegung mit Tagesanbruch am 14. August beobachtet. Die Oscillationen dauerten den ganzen Tag, und ließen das Riff und die Felsen im Hafen trocken. Die Fluth stieg und fiel nahezu um 12 Fuß und war am höchsten um 7<sup>h</sup> und 11<sup>h</sup> a. m.

Insel Oahu, Honolulu. Der „California Advertiser“ vom 15. Aug. schreibt: Am Donnerstag, 13. Aug., Abends gegen 9 Uhr, bemerkten die Eingebornen, welche am „Fishermans Point“, im südlichen Theil von Honolulu leben, daß die Fluth höher steige als gewöhnlich und allarmirten deßwegen die Nachbarschaft. 1) Die See drang jedoch in die Häuser nicht ein, obwohl sie einige Thürschwellen bespülte. Ungefähr um 12 Uhr, um Mitternacht, wurden die Eingebornen durch ein eigenthümliches Getöse aufgeweckt, und als sie hinausgingen, fanden sie, daß das Meer sich zurückzog, und daß das Geräusch durch das Wasser verursacht wurde, wie es über das Riff strömte. Die Rückkehr des Meeres muß allmählig eingetreten sein, da sie keine besondere Aufmerksamkeit erregte. Von dieser Stunde angefangen bis Morgens stieg und fiel das Meer mehrmals. Gegen 7<sup>h</sup> a. m. (am 14. August) floß das Meer mit reissender Geschwindigkeit ab, bis es nach ungefähr 15 Minuten wieder zurückkehrte. Mr. Emmes fand, daß das Wasser um 3 Fuß 10 Zoll von seinem höchsten Niveau gefallen war; 20 Minuten nach 8 Uhr a. m. zog sich das Wasser wieder zurück und fiel 15 Minuten lang fort bis es dann wieder kam und 28 Zoll in 8 Minuten stieg. Von dieser Stunde stieg und fiel das Wasser rasch jede 20 Minuten, bis es ungefähr um 2<sup>h</sup> 35<sup>m</sup> p. m. seinen höchsten Stand erreichte, 5 Fuß 4 Zoll über der niedersten Wassermarke. Wenn die See sich zurückzog, floß sie aus dem Canal wie ein Fluß und bildete über den Steinwall an der Nordseite des Hafens förmliche Stromschnellen.

Diese soeben beschriebenen Flutherscheinungen auf Oahu bringt der Berichterstatter irrigerweise in Verbindung mit vermutheten vulkanischen Erscheinungen auf Hawaii, indem er sagt: „Als die große Fluthwoge bei Kau (an der Südspitze der Insel Hawaii) am 2. April

1) Diese Angabe ist sehr auffallend; denn wenn man die Fluth um 9<sup>h</sup> p. m. nicht als lunare Springfluth auffassen darf, und die Thatsache richtig ist, so müßte man folgern, daß eine positive Welle, mit welcher kein Rückzug des Meeres verbunden war, allen übrigen Wellen mit der ungeheuren Geschwindigkeit von 623 Meilen in der Stunde um 3 Stunden vorausgeeilt wäre.

1868 um 4<sup>h</sup> p. m. eintrat, brauchte sie 2 Stunden, bis sie unsern Hafen erreichte <sup>1)</sup>, und dann stieg und fiel das Meer nur zweimal und nur um ungefähr 20 Zoll oder zwei Fuß, aber so plötzlich, daß die allgemeine Aufmerksamkeit erregt wurde. Diesmal haben wir eine viel bedeutendere Störung, indem der Niveauunterschied mehr als das Doppelte betrug. Wenn Nachrichten von Hawaii anlangen, wird man finden, daß dort wahrscheinlich an der Südküste der Inseln eine Reihe großer Erdbebenwogen sich fühlbar gemacht habe, und aller Wahrscheinlichkeit nach begleitet von vulkanischen Ausbrüchen entweder zu Land oder zur See.“ Diese Vermuthung hat sich nun freilich nicht bestätigt, indem die im vergangenen Jahre so überaus thätigen Vulkane der Insel Hawaii in jener Nacht vom 13/14 Aug. keinen Ausbruch hatten, auch kein Erdbeben an der Küste fühlbar war <sup>2)</sup>. Dagegen erinnert der Berichterstatter mit Recht an die ganz ähnlichen Flutherscheinungen, welche in der Sandwich-Gruppe 1837 als Folge des Erdbebens von Valdivia am 7. Nov. beobachtet wurden. Sie begannen damals 6 Uhr p. m. mit einem plötzlichen Rückzug des Meeres ungefähr um 8 Fuß unter die Hochwasserlinie, so daß die Korallenriffe trocken gelegt wurden. Nach 28 Minuten hatte das Meer wieder die Hochwassermarke erreicht. Ein ähnliches Steigen und Fallen in Intervallen von 20—28 Minuten dauerte durch mehrere Stunden.

Insel Kauai, Waimea Bai an der Südwestküste der Insel. Capitän Lambert meldet, daß die Fluth gegen 6 Fuß stieg und fiel zwischen 10 und 4 Uhr am Freitag Nachmittag den 14. Aug. Besondere Messungen wurden nicht angestellt.

Nach allen diesen Berichten scheinen die folgenden Thatsachen festzustehen: daß die Fluthbewegung über die ganze Sandwichgruppe verbreitet war, daß sie am stärksten sich an der Ostküste von Maui und Hawaii äußerte, daß sie bei Honolulu um Mitternacht begann, daß die größten Schwankungen ungefähr um 7<sup>h</sup> um 11<sup>h</sup> a. m. und um 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> p. m. am 14. Aug. eintraten, daß die eigenthümlichen Flutherscheinungen 48 bis 60 Stunden von ihrem Beginn an dauerten, und daß an allen Orten, wo Beobachtungen angestellt wurden,

---

<sup>1)</sup> Von Kau auf Hawaii bis Honolulu auf Oahu sind 170 Seemeilen.

<sup>2)</sup> Die heftigen Erdbeben und vulkanischen Ausbrüche auf Hawaii fanden bekanntlich im April und Juli statt.



das Meer allmählig und stetig stieg und fiel. Alle Beobachter sagen, daß es aussah, als ob die Inseln sich allmählig gehoben hätten, und dann wieder gesunken wären, statt daß die Bewegung in der See war.

Eine sehr willkommene Ergänzung der Nachrichten aus den äquatorialen Regionen der Südsee brachte ein Bericht der Hamburger Bark Etienne, Kap. Sievert, welchen die „Staats- und Gelehrte-Zeitung des hamburgischen unpartheiischen Correspondenten“ (Nr. 307, 29. Dec. 1868) veröffentlichte <sup>1)</sup>.

Die „Etienne“ segelte am 27. Mai dieses Jahres, mit Wetterbuch, Segelanweisung und Instrumenten von der norddeutschen Seewarte ausgerüstet, von Hamburg nach Upolu (die mittlere Insel der Samoagruppe oder Schiffer-Inseln in 13° 49' S. und 171° 41' W. v. Gr.), kam in dem auf der Nordseite der Insel gelegenen Hafen Apia an am 19. Juli, versiegelte am 27. August und war nach einer kurzen Abwesenheit von 8½ Monaten am 10. December wieder auf der Elbe. Da die Berichte die Eindrücke der unmittelbaren Zeugen der Ereignisse widerspiegeln, so ist eine möglichst vollständige Wiedergabe gerechtfertigt.

In der Nacht vom 14./15. August, nach bürgerlicher Zeit von Apia um halb drei Uhr Morgens (2<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> a. m.) wurden wir, so erzählen die Berichte, vom Wächter aufgeschreckt durch den Ruf, daß das Meer austrete, und das Land überschwemme. Aus den Häusern kommend, bemerkten wir zu unserm größten Erstaunen, daß das Meer fiel, wie bei der Ebbe, nur mit weit bedeutenderer Geschwindigkeit, obgleich nach regelmäßigem Verlauf um 3 Uhr hätte Hochwasser sein müssen. Das Wasser, welches nach Aussage des Wächters soeben noch das Land an allen nicht sehr hoch gelegenen Theilen überschwemmt hatte, und, nach den hinterbliebenen Spuren zu urtheilen, etwa 4 Fuß über den höchsten Hochwasserstand gestiegen war, fiel jetzt in 10 Minuten so tief, daß auf den inneren Riffen des Hafens kein Wasser stehen blieb, vielmehr noch unter deren Niveau so tief herabsank, daß der Hafen wie ein von steilen Korallenwänden umgebenes Bassin aussah. Es war leider bei der Nacht vom Lande aus nicht zu beurtheilen, wie tief unter die niedrigste Ebbe das Wasser fiel, doch mag es wohl ebenso tief unter niedrigste Ebbe gefallen sein, als es vorhin über den höchsten Hochwasserstand gestiegen

---

<sup>1)</sup> Der Bericht wurde mir von dem Einsender freundlichst zugesendet.

war. Wir waren sofort darüber einig, daß diese Erscheinung von vulkanischen Einflüssen herrühre, da der Wind ruhig und beständig und die See sonst spiegelglatt war. Nachdem das Wasser auf den niedrigsten Punkt gelangt war, bemerkten wir eine Veränderung in dem die Ebbeströmung begleitenden lauten Getöse und sahen auch, daß sich plötzlich die Strömung nach entgegengesetzter Richtung wandte und das Wasser in etwa 5 Minuten auf wenigstens 4 bis  $4\frac{1}{2}$  Fuß über höchsten Hochwasserstand stieg. Je näher das Wasser kam, desto stärker wurde das Tosen, welches zuletzt in förmliches Brüllen ausartete.

In demselben Augenblick, wo das Wasser den höchsten Punkt erreicht zu haben schien, ging es mit ganz bedeutender Wucht plötzlich wieder zurück; nur noch 5 Fuß höher und es hätte die meisten Häuser fortgeschwemmt. In 10 Minuten war der Hafen dann wieder leer oder noch leerer als vorhin, und wir erwarteten jetzt mit Unruhe die dritte Fluth, welche wir als die schlimmste annahmen. Das Wasser kam dann auch wieder mit einem fast erschreckenden Gebrüll und stieg gut 6 Fuß über höchsten Hoch-Wasserstand, ebenfalls in etwa 5 Minuten. Das Schlimmste war damit überstanden, denn beim vierten und fünften Anlauf kam das Wasser nur noch 3 Fuß über Hoch-Wassermarke, das sechste Mal nur noch etwa 2 Fuß, immer in Zwischenräumen von etwa 15 Min. (10 Min. Fallen und 5 Min. Steigen). Es nahm jetzt allmählig ab, hat aber freilich bis heute (17. August) Morgen noch nicht aufgehört unruhig zu sein. Am Sonnabend 15. August Abends stieg und fiel es alle 15 Min. wohl noch  $1\frac{1}{2}$ —2 Fuß, gestern Abend sogar noch 1— $1\frac{1}{2}$  Fuß, doch jetzt nur so viel, daß die Ebbe und Fluth wie gewöhnlich fortgeht und nur alle 15 Min. die Wasserfläche sich um soviel Fuß hebt und senkt. Die regelmäßige Ebbe und Fluth war am Sonnabend Morgen von 8 Uhr an wieder deutlich bemerkbar, als das Oscilliren des Meeres nicht mehr so stark war.

Am 15. August, Morgens um 9 Uhr (nach Apia Rechnung) sollte die niedrigste regelmäßige Ebbe sein, und fanden wir dieselbe dann um 5 Fuß niedriger als gewöhnlich. Ich weiß nicht genau, wie tief das Wasser während der Nacht gefallen sein mag. Wenn das Wasser wieder zurückkam, nachdem es gefallen war, geschah dies nicht plötzlich, sondern es stieg erst wohl circa 5 Fuß allmählig, wenn auch sehr rapide, alsdann kam jedoch in einer Woge der Rest nach,

brachte das Wasser plötzlich zu seinem höchsten Stand und ging sofort wieder zurück. Ich glaube annehmen zu dürfen, daß die dritte und höchste Woge wenigstens ebenso tief unter niedrigste Ebbe fiel, als dieselbe über höchsten Wasserstand stieg, also etwa 5 Fuß; da nun die Gezeit hier höchstens  $4\frac{1}{2}$  Fuß, gewöhnlich 4 Fuß, beträgt, so muß das Wasser also in 5 Minuten circa 14 Fuß gestiegen sein, nachdem es ganz abgelaufen war.

Das Wetter war während all' dieser Tage schön, die Nächte sternenklar, das Meer ruhig wie ein Spiegel, Wind leicht von Norden und Westen, Barometerstand wie gewöhnlich 29·75, Temperatur der Luft 22·0, der See 25·5, also die See auffallend warm. Erdbeben haben wir während dieser Tage nicht gehabt, und hatten auch seit langer Zeit keins — einige Leute behaupten, zwei Tage vor dieser Erscheinung eine kleine Erschütterung gespürt zu haben, doch muß diese sehr leicht gewesen sein, da nicht viele es bemerkten. Von Bord aus erschien die andringende Welle etwa 6 Fuß hoch; doch wurde von den Schiffen die Erscheinung hauptsächlich nur dadurch gespürt, daß sie sich wie im Wirbel fortwährend herumdrehten und die Anker unklar wurden. Am Lande trieben natürlich Böte, Holz, Fässer, Tanks, Spieren, Bäume durcheinander umher; eine Brücke über den Fluß und die französische Kirche wurden fortgerissen und in's Land hingeworfen. Ein eigentlicher Schaden ist indeß, soviel bis jetzt bekannt, noch nicht geschehen. Das Ereigniß; hat nach bisherigen Nachrichten an der ganzen Nordseite dieser Insel Upolu stattgefunden, und erwarten wir mit Spannung zu hören, ob auch die anderen Inseln dieser und der anderen Gruppen sie verspürten. In Mauna, (Hauptinsel der östlichen Gruppe der Schiffer-Inseln) war im letzten Jahr ein vulkanischer Ausbruch; Ähnliches mag jetzt stattgehabt haben; auch werde ich sehen, ob in Ninafu (zur Tonga-Gruppe gehörig, SW. von Upolu) auch wieder eine Eruption wie im letzten Jahr stattfand.

In Apia hat man Erscheinungen, wie diese jetzt erlebten, zuletzt im Jahre 1849 bemerkt; desgleichen in der ganzen Samoa-Gruppe im Jahre 1837 (als Folge des Erdbebens von Valdivia am 7. November 1837.) So weit der Bericht von Upolu.

Gehen wir nun an die Discussion dieser Berichte, so sind unter den mitgetheilten Berichten drei: die Berichte von Newcastle, von

Apia und von den Sandwichinseln, welche soweit Zeitangaben enthalten, daß sich darauf eine Berechnung gründen läßt. Dadurch gewinnen wir zu den in der ersten Abhandlung berechneten drei Routen: Lyttelton (Neu-Seeland), Chatam-Inseln und Küste von Chile, drei weitere Routen, für welche sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen mit einiger Sicherheit berechnen läßt.

Newcastle ( $151^{\circ} 45' \text{ O. v. Gr. } 32^{\circ} 57' \text{ S.}$ , 7380 Seemeilen von Arica). Ankunft der ersten Fluthwoge im Hafen von Newcastle am 15. Aug.  $6^{\text{h}} 30^{\text{m}}$  a. m., nach mittlerer Greenwich Zeit 14. Aug.  $8^{\text{h}} 23 \text{ p. m.}$ , nach Arica Zeit (Zeitdiff. zwischen Arica und Newcastle  $9^{\text{h}} 13^{\text{m}}$ ) am 14. Aug.  $3^{\text{h}} 43^{\text{m}}$  p. m.; also Zeitintervall 22 Stunden 28 Minuten, woraus sich die mittlere Geschwindigkeit der Welle auf dem Weg zwischen Arica und Newcastle in einer mittleren Breite von  $25^{\circ} 42' \text{ S.}$  mit  $5^{\text{h}} 32$  Seemeilen in der Minute oder 319 Seemeilen in der Stunde ergibt <sup>1)</sup>).

Apia ( $171^{\circ} 41' \text{ W. v. Gr.}$ , 5760 Seemeilen von Arica). Die erste Woge erreichte den Hafen von Apia am 15. Aug.  $2^{\text{h}} 30^{\text{m}}$  a. m., nach mittlerer Greenwich Zeit am 14. Aug.  $1^{\text{h}} 57^{\text{m}}$  p. m., nach Arica Zeit (Zeitdiff. zwischen Arica und Apia  $6^{\text{h}} 47^{\text{m}}$ ) am 14. Aug.  $9^{\text{h}} 17^{\text{m}}$  a. m. Es sind also verflossen zwischen der Katastrophe von Arica (13. Aug.  $5^{\text{h}} 15^{\text{m}}$  p. m.) und Apia 16 Stunden und 2 Minuten. Die Welle hat also den Weg von 5760 Seemeilen Länge auf der mittleren Breite von  $16^{\circ} 20' \text{ S}$  mit einer Geschwindigkeit von 5.97 Seemeilen in der Minute oder 358 Seemeilen in der Stunde zurückgelegt <sup>2)</sup>. Sehr bemerkenswerth ist in dem Bericht von Apia, daß das Phänomen mit einem Steigen des Wassers, und nicht mit einem Rückzug desselben begann.

---

<sup>1)</sup> Nach einer Zeitungsnotiz wurde in einem Vortrage vor der Royal Society in Melbourne dargehan, daß die große Welle, welche am 15. August gegen die Küste von Neuseeland sowie Ost- und Süd-Australien anschlug, die Reise über den stillen Ocean in 18 Stunden (also 383 Meilen in einer Stunde) zurückgelegt haben müsse. Worauf sich diese Rechnung stützt, ist mir indeß nicht bekannt.

<sup>2)</sup> Der mit v. F. sich zeichnende Einsender des Artikels „das Seebeben am 14/15. Aug. auf den westlichen Südseeinseln“ im Hamburgischeu unparteiischen Correspondenten, welchem der Bericht von Apia entnommen ist, berechnet den Zeitunterschied zwischen den Katastrophen von Arica und Apia auf 16 Stunden 22 Minuten und bekommt daher eine Geschwindigkeit von nur 353 Meilen per Stunde.

**Sandwich-Inseln.** Die bis jetzt vorliegenden Berichte sind leider nicht in befriedigender Uebereinstimmung. An der Hilobucht, welche Arica um 180 Seemeilen näher liegt als Honolulu, sollen die ersten Störungen im Niveau des Meeres erst um 2<sup>h</sup> a. m. am 14. Aug., in Honolulu schon um 12<sup>h</sup> in der Nacht begonnen haben. Wahrscheinlich sind in Hilo die schon früher eingetretenen ersten Störungen nicht beobachtet worden. Je nachdem wir nun mit dem ersten oder zweiten Datum rechnen, bekommen wir wesentlich verschiedene Resultate.

Honolulu (158° W. v. Gr., 21° 20' N. Br., 5580 Seemeilen von Arica). Nehmen wir nach dem oben gegebenen Bericht Mitternacht vom 13. auf den 14. August als den Zeitpunkt der Ankunft der ersten Fluthwogen bei Honolulu an, so haben wir also für den Eintritt des Ereignisses bei Honolulu nach mittl. Greenwich Zeit den 14. August 10<sup>h</sup> 32' a. m., oder für Arica Zeit (Zeitdiff. 5 Stunden 52 Minuten), den 14. Aug. 5<sup>h</sup> 52' a. m.; also Zeitintervall 12 Stunden 37 Minuten. Die mittlere Geschwindigkeit der Erdbebenwelle auf dem Wege von Arica nach Honolulu in einer mittleren Breite von 1° 25' N. war demnach 7·37 Seemeilen in der Minute oder 442 Seemeilen in der Stunde.

Hilo (155° W. v. Gr. 19° 42' N. B., 5400 Seemeilen von Arica). 2<sup>h</sup> a. m. in Hilo ist für Arica (Zeitdiff. 5 St. 40 Min.) 7<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> a. m., also Zeitintervall 14 Stunden 25 Minuten; und die mittlere Geschwindigkeit der Welle 6·53 Seemeilen in der Minute oder 392 Seemeilen in der Stunde.

Wäre es erlaubt, ein Mittel aus diesen zwei Angaben für die Sandwich-Inseln zu nehmen, so würde sich ergeben: Zeitdauer der Reise der Welle bis zu den Sandwich-Inseln 13 Stunden 31 Minuten, Geschwindigkeit der Welle 417 Meilen per Stunde.

In jedem Falle aber war die Geschwindigkeit der Welle auf dem Wege nach den Sandwich-Inseln eine größere als auf all den anderen Wegen, die wir bis jetzt berechnet haben.

Die Thatsachen, die sich somit aus den bis jetzt vorliegenden Berichten, welche genauere Zeitangaben enthalten, ergeben, sind in tabellarischer Form folgende:

Weg der Welle	Entfernung in Seemeilen	Ankunft der ersten Wellen August	Zeitdauer der Reise der Welle	Geschwindigkeit der Welle	
				per Stunde	per Sekunde
				in Seemeilen	in engl. Fuß
Arica—Valdivia . . . .	1420	13. X. p. m.	5 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	284	479·3
„ —Chatam Ins. . .	5520	15. I. 30. a. m.	15 19	360	607·5
„ —Lyttelton (Neu-Seel.) . .	6120	15. IV. 45. a. m.	19 18	316	533·3
„ —Newcastle (Australien) . .	7380	15. VI. 30. a. m.	22 28	319	538·4
„ —Apia (Samoa.)	5760	15. II. 30. a. m.	16 2	358	604·2
„ —Hilo (Sandw. Inseln) . . . . .	5400	14. II. a. m.	14 25	392	661·6
„ —Honolulu					
„ —Sandw. I.) . . .	5580	14. 0 <sup>h</sup> (Mittern.)	12 37	442	746·0
„ —Sandw. Ins. . .	Mittel	14. I. a. m.	13 31	417	703·8

Ich setze zur Vergleichung noch die entsprechenden Resultate bei, welche sich aus den Beobachtungen bei dem Erdbeben von Simoda 1854 ergaben:

Simoda—San Francisco	4527	12 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	366	617·7
„ —San Diego (Californien) . . .	4917	13 50	355	597·4

Aus diesen Thatsachen, die sich, wie ich hoffe, durch weitere Berichte von anderen Punkten der Südsee, wenn solche einlaufen, noch vermehren lassen werden, folgt so viel mit aller Sicherheit, daß die Erdbebenwellen, die von Arica im Allgemeinen in concentrischen Wellenkreisen ausgingen, in den verschiedenen Radien eine verschiedene Geschwindigkeit annahmen, und daß somit die Curven, welche die Wellenkämme auf der Oberfläche des Meeres beschrieben haben, je weiter sie sich vom Mittelpunkt entfernten, um so unregelmäßigere Gestalten angenommen haben müssen, ganz abgesehen von den Unregelmäßigkeiten, welche durch Inseln, welchen die Wellen auf ihrem Wege begegneten, hervorgerufen wurden. Aus der Wellentheorie und aus den Thatsachen, welche die Fortbewegung der „lunisolaren Fluthwelle“ an die Hand gibt, geht aber hervor, daß die verschiedene Geschwindigkeit der Wellen auf ihren verschiedenen Wegen hauptsächlich abhängig ist von der Tiefe des Wassers, in welcher sich diese Wellen bewegen. Bekanntlich haben Airy und Russel gelehrt, wie man aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der

Wellen und aus ihrer Breite auf die Tiefe des Meeres schließen kann. Ich werde auf dieses interessante Problem jedoch erst später zurückkommen und will hier nur noch bemerken, daß es eine unrichtige Vorstellung wäre anzunehmen, daß sich die Erdbebenwellen auf den verschiedenen Wegen zwar verschieden schnell, aber auf jedem einzelnen Weg in jeder Strecke desselben mit gleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt haben.

Ist die Geschwindigkeit der Welle abhängig von der Meerestiefe, so folgt, da wir die Meerestiefe auf den einzelnen Wegstrecken nicht als gleichbleibend annehmen können, daß auch je nach der Tiefe des Meeres auf jeder Wegstrecke die Geschwindigkeit der Welle eine verschiedene gewesen sein muß, in der Nähe des Landes, wo das Meer eine geringere Tiefe besitzt, im Allgemeinen eine geringere, als weit draußen im tiefen offenen Meere. Die oben gefundenen Werthe für die Geschwindigkeit sind also durchaus nur mittlere Werthe für den ganzen Weg.

Die große Verschiedenheit der Geschwindigkeit auf so nahe nebeneinander liegenden Routen, wie nach den Chatam-Inseln und Neu-Seeland erklärt sich naturgemäß aus der geringeren Tiefe des Meeres zwischen den Chatam-Inseln und Neu-Seeland, wodurch die neuseeländische Welle auf dem letzten Stück ihres Weges eine bedeutende Retardation erfahren hat.

Es fragt sich aber, ob wir irgendwelche Anhaltspunkte haben, Schlüsse auf die Geschwindigkeit der Wellen in verschiedenen Strecken einer Route ziehen zu können. Solche Anhaltspunkte könnten Nachrichten über den Eintritt der Fluthphänomene auf Inseln, die auf oder sehr nahe einem Radius von Arica aus liegen, geben. Allein die bisher bekannt gewordenen Berichte lassen sich in dieser Weise leider nicht combiniren; wohl aber gewinnen wir einige Anhaltspunkte aus der Bewegung der lunaren Fluthwelle im Pacifischen Ocean, wie sie *Whewell's* Isorachienkarte zur Anschauung bringt, und damit komme ich wieder auf die merkwürdige Übereinstimmung zurück, welche ich zwischen der Geschwindigkeit der lunisolaren Fluthwelle im Pacifischen Ocean und der Erdbebenwellen, die von Peru ausgegangen sind, gefunden und auf die ich in meiner ersten Abhandlung über diese Phänomene aufmerksam gemacht habe.

Die hier mitgetheilten neuen Berichte und die aus denselben berechneten Resultate bestätigen nämlich in höchst überraschender

Weise das schon nach den Berichten aus Neu-Seeland gefundene Resultat. Nach Whewell's Fluthkarte liegen zwischen Arica und Newcastle in New South-Wales 22 Fluthstunden, was sehr nahe mit der Zeitdauer der Reise der Erdbebenwelle, 22 Stunden 28 M. übereinstimmt. Whewell's Fluthkarte gibt ferner zwischen Arica und der Insel Upolu (Apia) in der Samoagruppe 16 Fluthstunden an, während die Erdbebenwelle auf dieser Strecke 16 Stunden 2 Minuten gebraucht hat, also völlige Übereinstimmung zeigt.<sup>1)</sup> Für die Strecke Arica - Sandwich-Inseln lese ich aus Whewell's Karte  $13\frac{1}{2}$  Fluthstunden ab. Damit stimmen nun allerdings die nach den Berichten von Honolulu und Hilo berechneten Zahlen für die Zeitdauer der Reise der Erdbebenwellen weniger genau; allein, wenn es erlaubt ist, aus den beiden wenig übereinstimmenden Berichten ein Mittel zu ziehen, so bekommen wir, wie ich schon oben gezeigt habe, als Zeitdauer der Reise der Erdbebenwelle bis nach den Sandwich-Inseln 13 Stunden 31 Minuten, und dieses Mittel stimmt so vollständig, als man nur wünschen kann.

Ich darf es daher als eine durch vier verschiedene Routen erwiesene Thatsache hinstellen, daß im Pacifischen Ocean zwischen der Küste von Peru einerseits und zwischen Neu-Seeland, Australien und den Südseeinseln andererseits die Geschwindigkeit der Erdbebenwellen und der lunaren Fluthwelle ein und dieselbe ist. An dieser Thatsache ließe sich nur zweifeln, wenn man an der Richtigkeit von Whewell's Fluthkarte zweifeln wollte. Es läßt sich nun nicht läugnen, daß die Isorachien im Pacifischen Ocean vielfach nur nach einem sehr lückenhaften Beobachtungsmaterial gezogen wurden, und Berghaus erklärt selbst, daß der Verlauf dieser Linien an manchen Stellen mehr Hypothese sei, als auf wirklichen Beobachtungen beruhe. Aber sei dem wie ihm wolle, ich glaube die höchst merkwürdige Übereinstimmung, die sich zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen und der der Fluthwelle, wie sie durch diese Isorachien angezeigt ist, ergeben hat, darf auch als ein

---

<sup>1)</sup> Auch der v. F. sich zeichnende Autor des Artikels, „das Seebeben am 14/15. Aug. auf den westlichen Südseeinseln“ im Hamburgischen unparteiischen Correspondenten bemerkt, da der Unterschied der Gezeiten für Arica und Apia 16 Stunden beträgt, so würden die mittleren Geschwindigkeiten der Mondwelle und des vulkanischen Stoßes (das sollte wohl heißen der Erdbebenwelle) genau gleich groß anzunehmen sein.



Beweis für die Richtigkeit dieser Linien angesehen werden und Whewell's Darstellung gewinnt durch diese Resultate eine unerwartete Bestätigung. Aus dieser Übereinstimmung folgt weiter, daß die Fortpflanzung der lunaren Fluthwelle, von dem Ort ihrer primären Bildung angefangen, nach Whewell's Karte in dem Meeresraume zwischen  $10^{\circ}$  N,  $88^{\circ}$  W. v. Gr. und  $30^{\circ}$  S.  $100^{\circ}$  W. von Gr., im Pacifischen Ocean, ebenso wie im atlantischen Ocean, der Bewegung einer freien Welle im Gegensatz zu der einer forcirten Welle entspricht, und daß, da die lunare Fluthwelle nach Russel's Theorie <sup>1)</sup> eine Welle erster Ordnung oder eine sogenannte Übertragungswelle (wave of translation) ist, die Erdbebenwellen, obgleich ihrer Natur nach oscillatorische Wellen oder Wellen zweiter Ordnung, wenigstens, was ihre Geschwindigkeit anbelangt, dem Gesetze der Wellen erster Ordnung folgen, für welche, wenn die Höhe der Welle klein ist gegen die Tiefe des Wassers, die Formel gilt:

$$v^2 = gh \text{ oder } v = \sqrt{gh}.$$

wo  $g$  die Beschleunigung der Schwere,  $h$  die Tiefe des Wassers ist. Dieß stimmt auch vollkommen mit dem von Prof. Holtzmann in einer sehr wichtigen Abhandlung über „die Wellenbewegung tropfbarer Flüssigkeiten“ gefundenen Resultate <sup>2)</sup>, wonach in einer seichten Flüssigkeit die Geschwindigkeit der oscillatorischen Wellen unabhängig ist von der Wellenlänge (oder Wellenbreite), sobald diese nur groß gegen die Tiefe der Flüssigkeit ist, und dann nur von der Tiefe der Flüssigkeit abhängt. Diese Erdbebenwellen waren aber, wie aus ihrer Oscillationsdauer und aus ihrer Geschwindigkeit hervorgeht, Wellen von einer durchschnittlichen Breite von wenigstens 1 Million Fuß, gegen die dann allerdings auch die größte mögliche Tiefe des Oceans klein ist.

Ein Blick auf Whewell's Karte zeigt, daß die Linien gleicher Fluthstunde entsprechend der verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Fluthwelle in Meeresräumen von verschiedener Tiefe eine verschiedene Distanz haben. In der Breite von Arica bei-

<sup>1)</sup> J. Scott Russel, Report on Waves, Report of the British Associat. etc. 1845.

<sup>2)</sup> In einer Einladungsschrift der k. polytechnischen Schule in Stuttgart. 1858. S. 8. (Hochstetter.)

spielsweise bildet sich die primäre Fluthwelle ungefähr auf dem  $92^{\circ}$  W. Länge, also in einer Entfernung von 1260 Seemeilen vom Land; sie erreicht die Küste bei Arica nach  $6\frac{1}{2}$  Stunden, pflanzt sich also auf dieser Strecke mit einer mittleren Geschwindigkeit von 193.8 Meilen per Stunde fort und die Isorachien werden enger und enger, je mehr sie sich gegen Osten dem Lande nähern, während sie auf der andern Seite gegen Westen im tiefen Meere breiter und breiter werden. Wollte man also das Phänomen der Erdbebenfluth in ähnlicher Weise auf einer Karte darstellen <sup>1)</sup>, so müßte man auf die verschiedene Geschwindigkeit dieser Wellen in den verschiedenen Strecken der einzelnen Wege Rücksicht nehmen, und in dieser Beziehung bilden die Isorachien den einzigen Anhaltspunkt, den ich bis jetzt auffinden konnte <sup>2)</sup>.

Aber noch ein weiteres Resultat läßt sich aus den Isorachien in dem der Küste von Peru zunächst gelegenen Meeresraum für unseren Fall ableiten, wenn wir annehmen dürfen, daß sich die Erdbebenwellen in diesem Meeresraum in der Richtung des Parallels von Arica mit derselben Geschwindigkeit fortgepflanzt haben, wie die lunare Fluthwelle, d. h. mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 194 Meilen per Stunde. Die Berichte von Arica sagen nämlich, daß erst 20 Minuten nach dem ersten Stoß am 13. Aug. um  $5^h 15'$  p. m. die erste große Welle das Land überschwemmt habe, das heißt mit andern Worten, die erste große Welle hat sich erst in einer gewissen Entfernung vom Lande gebildet und von dort in rückläufiger Bewegung 20 Minuten nach dem Stoß die Küste überfluthet. Wie aber haben wir uns die Bildung der ersten Welle zu denken? Damit komme ich auf eine Frage, die schon aus Veranlassung früherer Erdbeben vielfach aufgeworfen und sehr verschieden beantwortet wurde. Namentlich hat sich Herr Dr.

<sup>1)</sup> Ich behalte mir die graphische Darstellung des ganzen Phänomens bis zu einem Zeitpunkte vor, wo mir, wie ich hoffe, noch weitere Berichte vorliegen.

<sup>2)</sup> Ich stimme daher nicht überein mit der Auffassung des oben erwähnten v. F. Correspondenten, der schreibt: „Weil die Geschwindigkeit der Mondwelle zwischen verschiedenen Meridianen bald größer, bald kleiner, die der vulkanischen Welle aber immer als stets abnehmend anzusehen ist, so wird eine direkte Vergleichung wohl erst möglich werden, wenn mehr Beobachtungen von den zwischenliegenden Örtern die Zwischenräume kürzen“.

Emil Kluge zu Chemnitz in einem sehr eingehenden Aufsätze <sup>1)</sup>, in welchem eine große Menge der interessantesten Thatsachen gesammelt ist, mit dieser Frage beschäftigt, und kommt zu dem Resultate, daß eine rein mechanische Erklärung der Seebeben durch Erschütterung oder durch instantane Hebung oder Senkung des Meeresgrundes keineswegs für alle mit solchen Ereignissen verbundenen Phänomene genüge, sondern daß die gewaltige Hebung oder Niederdrückung einer großen Wassermasse die Folge einer (noch unbekannt, vielleicht elektrischen oder magnetischen) Kraft sein müsse, welche außerhalb der festen oder tropfbar-flüssigen Erdkruste anziehend oder abstoßend auf dieselbe wirke. Ich muß gestehen, ich fasse, trotz aller Einwendungen, welche in jenem Aufsätze erhoben werden, den Vorgang als einen rein mechanischen auf und glaube, daß, um die Bildung der großen Wellen in einer gewissen Entfernung vom Lande zu erklären, es auch nicht nothwendig ist, eine plötzliche Erhebung des Meeresgrundes in jener Gegend, wodurch die ganze unmittelbar aufliegende Wassermasse rasch aufwärts gedrängt wurde, anzunehmen. Ebenso wie ein kräftiger Stoß an ein vollkommen feststehendes Gefäß mit Wasser Wellenbewegungen im Gefäße hervorrufen wird, so wird auch eine Erschütterung der Küste und des der Küste zunächst liegenden Meeresgrundes im Wasser sich nicht bloß als Stoß fortpflanzen, den die Schiffe über dem erschütterten Meeresgrund gleichzeitig wie die Bewohner am Lande verspüren, sondern wird überdieß den Wassertheilchen eine Bewegung in der Richtung des Stoßes mittheilen, die sich langsamer fortpflanzt als der Stoß selbst. Diese Bewegung wird, wenn der Stoß wie bei Arica in nahezu senkrechter Richtung vom Meeresgrunde gegen die Oberfläche ging, zuerst eine Emporhebung in der Richtung des Stoßes zur Folge haben und dann durch ein Aneinanderücken aller verticalen Wasser-Durchschnitte eine oscillatorische Bewegung der Wassertheilchen in Gang bringen, die sich in der Bildung von einer ganzen Reihe von Wellen in einer gewissen Entfernung vom Lande verbunden mit einem Rückzug des Wassers vom Lande äußern muß. Da nun die erste große Welle Arica 20 Minuten

---

<sup>1)</sup> Dr. E. Kluge, Über Bewegungen in Gewässern bei Erdbeben und eine mögliche Ursache gewisser Erdschütterungen, im Neuen Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie u. s. w. 1861, p. 777—831.

nach dem Stoße überfluthete, so muß diese Welle sich in einer Entfernung vom Lande gebildet haben, zu deren Zurücklegung sie wenigstens 10 Minuten brauchte, und das wäre bei einer Geschwindigkeit von 194 Meilen per Stunde eine Entfernung von wenigstens 34 bis 35 Meilen westlich von Arica <sup>1)</sup>. Allerdings scheint aber bei Arica nicht bloß eine Erschütterung des Meeresgrundes, sondern gleichzeitig auch eine Hebung des Meeresgrundes stattgefunden zu haben, wenn die Nachrichten richtig sind, daß der Hafen von Arica seit dem Erdbeben viel seichter geworden sei. Diejenige Thatsache aber, die mir für die richtige Deutung der Erscheinungen des Seebebens von größter Wichtigkeit zu sein scheint, ist die, daß im Stoßgebiete selbst das Meer unmittelbar nach dem Stoße zuerst gestiegen ist. Diese Thatsache ist in den meisten Berichten gänzlich übersehen worden.

Nur zwei Berichte sind mir bis jetzt bekannt geworden, welche diese Thatsache erwähnen. In einem Berichte der in New - York erscheinenden Zeitung „The World“ (Blatt vom 29. Sept.), der dem „Panama Mercantile Chronicle“ vom 16. Sept. entnommen ist, heißt es, daß nach dem Erdbeben, welches in Arica um 5<sup>h</sup> 16<sup>m</sup> p. m. stattgefunden und ungefähr 6 Minuten gedauert habe, das Meer zuerst 8 Fuß (Andere sagen 10 Fuß, Andere 6 Fuß) über die Hochwasserlinie gestiegen sei. Dann erst zog es sich ungefähr eine Meile weit vom Lande zurück, so daß die Bai trocken gelegt wurde, und kehrte in Form einer furchtbaren Woge zurück, welche die Schiffe vor sich hertrieb, die Stadt überfluthete und die Küste bis zu einer Höhe von 56 Fuß über der Hochwasserlinie überschwemmte. Diese Woge wiederholte sich in Zwischenräumen von ungefähr  $\frac{1}{4}$  Stunde in gleicher Stärke.

Ganz ähnlich lautet ein Bericht von R. A. Powell, Commanding and Senior Officer, an die englische Admiralität <sup>2)</sup> (Dat. Topaze, Callao, Sept. 14.) über die Erscheinungen bei Iquique. Unmittelbar

---

<sup>1)</sup> Der schon oben erwähnte von v. F. Correspondent, der von der Ansicht auszugehen scheint, daß die primäre Welle durch eine instantane Erhebung des Meeresbodens hervorgerufen worden sei, verlegt das Centrum des Stoßes in eine Entfernung von 120 Seemeilen westlich von Arica.

<sup>2)</sup> Nautical Magazine, Nov. 1868, p. 615.

nach dem Erdbeben bei Iquique bemerkte man, daß das Meer ungewöhnlich hoch war, indem es ungefähr 4 Fuß über die Hochwasserlinie gestiegen. Plötzlich zog es sich sodann mit reißender Geschwindigkeit zurück, und die Bai wurde bis zu einer Tiefe von 4 Faden trocken gelegt. Während die See ausfloß, sah man von Südwest eine große Woge kommen; sie wurde beschrieben als eine dunkelblaue Wassermasse, 40 Fuß hoch, ohne Kamm oder Schaum, die langsam herbeirollte, mit einer Geschwindigkeit von 14 Meilen per Stunde, und dann die Küste überschwemmte. Die Zeugen dieser Scene hatten den Eindruck, als ob der ganze Platz in's Meer gesunken wäre.

Das sind die zwei einzigen Berichte, in welchen ich die beachtenswerthe Thatsache erwähnt finde, daß das Meer, bevor es sich zur Bildung der ersten großen Fluthwoge zurückzog, gestiegen sei. Demnach war die erste und unmittelbare Wirkung des Stoßes an der Küste eine Emporhebung des Meeresniveau's, die ich nach Russel's Theorie als eine forcirte positive Welle auffasse, während erst entfernter von der Küste die negative Welle und die dieselbe begleitenden oscillatorischen Wellen als freie Wellen zur Ausbildung kamen.

Ich komme schließlich zurück auf die Frage nach der Tiefe des Pacifischen Oceans, so weit sich auf diese Schlüsse ziehen lassen aus der Geschwindigkeit der Erdbebenwellen auf den verschiedenen durchlaufenen Wegen, Schlüsse, die um so interessanter sind, als in diesen Gebieten des großen Oceans wirkliche Tiefenmessungen fast ganz fehlen.

Die Beziehung, welche zwischen der Breite einer Welle, ihrer Fortpflanzungs-Geschwindigkeit und der Tiefe des Wassers, in der sie sich bewegt, besteht, hat Airy in die Form einer Tabelle gebracht <sup>1)</sup>, die ich hier theilweise wiedergebe.

---

<sup>1)</sup> Airy, Tides and Waves in der Encyclop. Metropol. p. 291. Tab. II. Ich entlehne die Tabelle J. Herschel's Physical Geography p. 71.

Breite der Welle in engl. Fuß.					
	1000	10.000	100.000	1,000.000	10,000.000
Tiefe d. Wassers in engl. Fuß	Entsprechende Geschwindigkeit der Welle per Sekunde in engl. Fuß.				
1	5·671	5·671	5·671	5·671	5·671
10	17·921	17·933	17·933	17·933	17·933
100	53·390	56·672	56·710	56·710	56·710
1.000	71·543	168·83	179·21	179·33	179·33
10.000	71·543	226·24	533·90	566·72	576·10
100.0000	71·543	226·24	715·43	1688·3	1793·3

Nach dieser Tabelle, wie es scheint, hat *Ba che* die mittlere Tiefe des Pacifischen Oceans auf der Strecke zwischen Simoda in Japan und San Francisco in Californien, welche die Erdbebenwellen vom 23. Dec. 1854, deren mittlere Breite auf 213 Meilen berechnet wurde, mit einer Geschwindigkeit von 366 Meilen in der Stunde oder 6·1 Meilen in der Minute durcheilten, auf 2365 Faden oder 14,190 Fuß berechnet, und auf der Strecke von Simoda nach San Diego in Californien, auf der sich für die Wellen eine Breite von 186 bis 192 Meilen und eine Geschwindigkeit von 5·9 Meilen per Stunde ergab, auf 2100 Faden oder 12,600 Fuß <sup>1)</sup>).

Wenden wir nun diese Methode auch auf unsern Fall an, so ist nach *Airy's* Tabelle, wenn wir die Zahl 5·671 mit *K* bezeichnen, die der Geschwindigkeit *v* entsprechende Tiefe  $h = \left(\frac{v}{K}\right)^2$ , da nach den schon in der ersten Abhandlung erwähnten Intervallen der einzelnen Wellen klar ist, daß wir es mit Wellen zu thun haben, deren Breite von Wellenkamm zu Wellenkamm von ungefähr 200 Meilen (oder 1,215.120 Fuß) bis höchstens 500 Meilen (oder 3,037.800 Fuß) beträgt, und die Breite bei Wellen von über 1 Mill. Fuß Breite von verschwindendem Einfluß auf die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit ist. Ein bis auf wenige Fuß übereinstimmendes Resultat erhält man,

<sup>1)</sup> In ähnlicher Weise wurde aus der Geschwindigkeit der lunaren Fluthwelle im atlantischen Ocean (500 Meilen per Stunde bei einer Breite von 6000 Meilen) die mittlere Tiefe desselben von 30° Süd bis 50° N. auf 22,157 Fuß berechnet, ein Resultat, welches mit den wirklichen Tiefenmessungen recht gut übereinstimmt. *J. Herschel, Physic. Geography p. 71—72.*

wenn man die Tiefen nach der oben erwähnten Formel für die Geschwindigkeit, wie sie von Russel und Holtzmann entwickelt worden ist, berechnet. Nach jener Formel ist nämlich  $h = \frac{v^2}{g}$  wobei  $g = 32 \cdot 1908$  engl. Fuß, und es ergeben sich folgende Werthe:

**Mittlere Tiefe des Pacifischen Oceans 1).**

Auf dem Wege	Mittlere Breite des Weges	Mittlere Tiefe des Oceans		
		in engl. Fuß		in Faden Mittel
		nach Airy's Tafel $h = \left(\frac{v}{k}\right)^2$	nach Russel's Formel $h = \frac{v^2}{g}$	
V. Arica n. Valdivia . . .	längs d. Küste	7144	7137	1190
" " " Chatam J. . .	31° 0' S.	11478	11468	1912
" " " Lyttelton . .	31° 10' S.	8844	8836	1473
" " " Newcastle..	25° 42' S.	9013	9004	1501
" " " Apia . . . . .	16° 20' S.	11351	11340	1891
" " " Sandw. Ins.	1° 25' N.	15401	15387	2565
" " " Nach d. Berichte von Honolulu..	. . . . .	17303	17287	2882

Setzen wir dazu noch das aus der Bewegung der Wellen des Erdbebens in Japan 1854 gefundene Resultat:

Simoda — San Francisco . . . . .	36° 18' N	14,190	2365
" — " Diego . . . . .	33 41 N	12,600	2100

so scheint aus diesen Zahlen hervorzugehen, daß der Pacifische Ocean seine größte Tiefe in den Äquatorialgegenden hat, und daß diese Tiefe sowohl gegen Norden wie gegen Süden abnimmt. Dieses Resultat stimmt auch recht gut überein mit wirklichen Tiefenmessungen in diesem Ocean, so weit mir solche bekannt sind 2).

1) Eine Seemeile wurde bei diesen Berechnungen zu 6075'6 engl. Fuß gerechnet.  
 2) Auf dem nordpazifischen Ocean finde ich zwischen den Sandwich-Inseln und der Küste von Californien auf Petersmann's „Chart of the World“ folgende Tiefen angegeben:

in 31° N., 131° W. v. Gr. . . . .	2600 Faden
" 28° 30' N., 133 W. v. Gr. . . . .	2000 "
" 21° 30' N., 144 W. v. Gr. . . . .	2500 "

J. Herschel's Physical Geography entlehne ich ferner folgende Angaben:  
 in 58° 46' N., 168° 18' O. v. Gr. . . . 2700 Faden  
 " 13° S., 162° O. v. Gr. . . . 2150 "

Man könnte nun noch weiter gehen und aus den gefundenen mittleren Tiefen, wenn man auf einer Karte den Ort der Erdbebenwelle nach der 1., 2., 3. u. s. w. Stunde mit Rücksicht auf die Distanz der Isorachien nach Wahrscheinlichkeit verzeichnet, die Tiefen auf einzelnen Strecken des Weges wenigstens für Distanzen von 400 bis 600 Seemeilen berechnen. Jedoch hätten solche Berechnungen nur dann ein Interesse, wenn man das Resultat mit wirklichen Tiefenmessungen vergleichen könnte, und dazu fehlen die Materialien oder sind mir wenigstens nicht zur Hand.

Petermann, der große Ocean, eine physikalisch-geographische Skizze (mit Karte) in den Mittheilungen 1857, p. 27, führt weiters für den süd-pazifischen Ocean folgende Tiefenmessungen an:

in 29° 40' S, 167° 20' O. v. Gr. . . .	$\frac{\cdot}{1120}$	Faden (Denham)
„ 30° 25' — 161° 58' — . . .	919	„ (Denham)
„ 33° 32' — 167° 40' — . . .	400	„ (Ross)
„ 49° 17' — 172° 28' W. v. Gr. . . .	$\frac{\cdot}{1100}$	„ (Ross)
„ 52° 10' — 136° 56' O. v. Gr. . . .	1440	„ (Ross)
„ 36° 20' — 148° 8' W. v. Gr. . . .	$\frac{\cdot}{1200}$	„ (Ross)
„ 63° 47' — 151° 34' — . . .	1700	„ (Ross)
„ 66° 34' — 156° 22' — . . .	$\frac{\cdot}{1050}$	„ (Ross).

Ein Punkt über den Zahlen bedeutet, daß bei der angegebenen Tiefe der Grund nicht erreicht wurde.

Im antarktischen Meere jenseits des 70. Parallels wurden 40—50 Seemeilen vom Lande 320 bis 360 Faden und dicht bei der großen Eiswand in

77° 45' 176° 35' O. v. Gr. . . . 410 Faden sondirt.

**Nachtrag.** Nach einem Berichte von der Insel Oparo oder Rapa (27° 40' s. Br. und 144° 17' W. v. Gr., 4057 Seemeilen von Arica) kam die erste Welle bei dieser Insel am 13. August 11<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> p. m. an, brauchte also bis dahin 11 Stunden 11 Minuten, woraus sich eine Geschwindigkeit von 362 Seemeilen und aus dieser eine Tiefe des Meeres auf der Strecke Arica-Rapa von 1933 Faden ergibt.