

stellen. Die Güte der Abbildung durch einen anastigmatischen Tubusanalysator erlaubt auch die Ausnutzung des Auflösungsvermögens der stärksten Mikroskopobjektive. So konnten in dem sehr feinkörnigen Solenhofer Schiefer durch Anwendung einer homogenen Ölimmersion von $f = 1,8$ mm und der Kompensationsokulare No. 6 u. 7 von WINKEL an einer ganzen Reihe von Kristallindividuen Zwillingslamellen beobachtet werden, welche bei der Abbildung durch einen astigmatischen Tubusanalysator nur z. T. und ziemlich verwaschen zu sehen waren. Die hierbei angewandten Vergrößerungen gingen bis zu 2400fach.

Die angegebenen anastigmatischen Polarisationsprismen haben vor anderen den Vorzug, daß sie möglichst reflex- und absorptionsfrei sind. Da sie eine ganz normale Länge besitzen, können sie außerdem in jedes vorhandene Polarisationsmikroskop eingebaut werden. Die neuen Prismen¹ werden von der Firma R. WINKEL, Göttingen ausgeführt. Die von ihr hergestellten Polarisationsmikroskope werden in Zukunft mit anastigmatischen Tubusanalysatoren ausgerüstet.

Herrn Geheimrat O. MÜGGE bin ich für die Erlaubnis, Dünnschliffmaterial und andere Hilfsmittel des Mineralogisch-petrographischen Instituts zu Göttingen benutzen zu dürfen, zu großem Dank verpflichtet.

Göttingen, im Dezember 1919.

Isostasie und Erdbeben.

Von E. Tams in Hamburg.

Allgemeiner wurde die Bedeutung der Isostasie für die Geotektonik von CL. EDW. DUTTON in seiner bekannten Gleichgewichtstheorie² dargelegt, und wenn nun auch die Anwendbarkeit dieser Lehre in der ihr ursprünglich gegebenen Form und Ausdehnung nach neueren Untersuchungen nicht mehr ohne Einschränkungen zulässig erscheint, so hat sich doch die Idee der Isostasie weiterhin als ein auch für geotektonische Fragen sehr fruchtbares Prinzip erwiesen. So verwendet es z. B. K. ANDRÉE erst neuerdings wieder, um mit seiner Hilfe in Verbindung mit den Unterströmungen von AMPFERER und den Gleitbewegungen von REYER die bei vielen Faltegebirgen beobachtete Einseitigkeit ihres Baues zu erklären³,

¹ D.R.P. angem.

² On some of the greater problems of physical geology. Bull. Philosoph. Soc. Washington. 11. 1892. p. 51—64.

³ Über die Bedingungen der Gebirgsbildung. Berlin 1914.

und W. VOLZ sieht die Ursache der im ostasiatischen Landstufenbau zum Ausdruck kommenden oberflächlichen Zerrung in isostatischen Ausgleichsbestrebungen¹ und möchte in diesem Sinne die hier vorhandene Zone der Tiefseeegräben als isostatische Nulllinie auffassen, da sie gegenwärtig die kontinentalen Teile mit Hebungstendenz von den Tiefseegebieten mit Senkungstendenz scheidet. Daß sich gerade auch in dieser Zone eine intensive seismische und vulkanische Tätigkeit abspielt, gibt dieser Ansicht für die genetische Erfassung der endogen-dynamischen Prozesse eine erhöhte Bedeutung. Es ist daher von hohem Interesse, daß ganz unabhängig von diesen Gedankengängen O. MEISSNER aus einer isostatischen Reduktion von 34 Stationen den Schluß ziehen zu können glaubt, daß in der Tat bei dem erdbeben- und vulkanreichen pazifischen Küstentypus Isostasie noch nicht erreicht ist, während der in dieser Beziehung fast ruhige atlantische Küstentypus im allgemeinen isostatisch ausgeglichenheit zeigt².

Freilich scheint mir das bisher hierüber vorliegende Material doch noch zu einiger Vorsicht hinsichtlich einer zu starken Generalisierung dieses an sich bedeutungsvollen Schlusses zu mahnen. Die beiden vorderindischen Stationen Bombay und Mangalore, deren Beobachtungen deutlich das Nichtvorhandensein isostatischer Kompensation in ihren Bereichen erweisen, liegen nicht an einer Küste pazifischen Typus, sondern an einer auch seismisch und vulkanisch recht ruhigen Küste von ausgesprochen atlantischer Bauart, wie überhaupt die ganze Umrandung Vorderindiens vom Indus bis zum Ganges durchaus atlantischen Charakter trägt. Nur im übrigen harmoniert der Mangel an Isostasie in der Region des indo-gangetischen Tieflandes mit der hohen seismischen Regsamkeit namentlich der Abdachung des Himalaya nach dem Punjab und der Gebirgsketten in Assam, wie auch mit der Tatsache, daß wir hier in gewissem Sinne pazifische Strukturverhältnisse vorfinden. Auffallend ist umgekehrt auch der Umstand eines im wesentlichen vorhandenen isostatischen Gleichgewichts in den seismisch so tätigen Regionen bei San Franzisko sowie bei Tokio und Yokohama, welche beide zu Küsten von deutlich pazifischem Typus gehören und noch in geologisch junger Zeit beträchtliche tektonische Änderungen erfahren haben. So war die Zone der kalifornischen Küstenketten erst noch im Beginn des Pleistocäns starken orogenetischen Bewegungen ausgesetzt und erfuhr dann noch eine beträchtliche Senkung mit darauffolgender Hebung in ihre gegenwärtige Lage, und die Depression des Hafens

¹ PETERM. *Mittel.* 1914. 2. p. 174—178.

² Isostatische Reduktion von 34 Stationen usw. *Astronom. Nachr.* No. 4967, November 1918; und *Isostasie und Küstentypus.* PETERM. *Mitt.* 1918. p. 221.

von San Franzisko ist ein Resultat der bis in die Gegenwart fort-dauernden Schwankungen im Gebiete der San Franzisko-Bucht. Desgleichen sind auch an der bebenreichen Musashi-Ebene unmittelbar nördlich des nicht weniger instabilen Gebietes der Bai von Tokio Anzeichen einer bedeutenderen negativen Strandverschiebung während der letzten Jahrtausende vorhanden.

Sehr bemerkenswert sind aber andererseits die ansehnlichen Schwerstörungen in den die pazifischen Merkmale aufweisenden Gebieten der an Großbeben reichen Tonga-Rinne und der Insel Lipari im zentralen Teil des ebenfalls seismisch wie auch vulkanisch sehr regen europäischen Mittelmeeres. Von den übrigen Stationen machen es, wie O. MEISSNER des näheren angibt, 14 Stationen an der afrikanischen Westküste vom Kap Verde bis Kapstadt wahrscheinlich, daß hier zur Hauptsache Kompensation erreicht ist; und dasselbe gilt von 3 Stationen in der Flachsee an der südamerikanischen Ostküste und 3 Stationen in der Tiefsee des pazifischen Ozeans. Die in der Antarktis angestellten Beobachtungen endlich ergeben für die Discoverystation im Victorialand am Südrand des pazifischen Ozeans merklichen Mangel an Isostasie, dagegen für die Gaußstation im Kaiser-Wilhelm-Land mit wahrscheinlich atlantisch gebauten Küsten isostatische Ausgeglichenheit in der Massenlagerung. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß, soweit nach den bisherigen Erdbebenbeobachtungen, und zwar auch der Fernbebenaufzeichnungen, geschlossen werden kann, die ganze Antarktis, also auch das Victorialand keine Herde von Großbeben birgt. Auch ist zu bedenken, daß das Victorialand mit den Vulkanen Erebus und Terror wie der Gaußberg in vulkanischer Beziehung immerhin atlantischen Charakter trägt.

Zweifellos muß fehlende Kompensation infolge des dadurch bedingten unablässigen Strebens nach isostatischem Ausgleich auch die seismische Tätigkeit in der Erdkruste sehr begünstigen, doch kann dieses Ausgleichsbestreben immer nur sekundär erdbeben-erregend wirken; es bedarf seinerseits, da es bei der Starrheit der Schollen und den auch sonst großen Reibungswiderständen in der Erdkruste und den darunter befindlichen Partien im allgemeinen nur potentiell vorhanden ist, zur Auslösung wie die Erzeugung einer Gleichgewichtsstörung selbst einer primären, sagen wir, einer mit etwaigen Temperatur- und Volumenänderungen in der Tiefe zusammenhängenden tektonischen oder einer vulkanisch-magmatischen Ursache. Wo diese Ursachen nicht wirken, scheint sich, wie das Beispiel der Westküste Vorderindiens zeigt, isostatische Unausgeglichenheit in der Massenlagerung auf größere Strecken hin und durch längere Zeiträume behaupten zu können, so daß dann auch in seismischer Beziehung Ruhe herrscht, was übrigens auch in kleinen Verhältnissen der unkompenzierte Harz lehrt. Umgekehrt aber können namentlich die genannten primären Ursachen, wie es

eben bei San Franzisko und Tokio der Fall ist, naturgemäß bereits mehr oder weniger vollständig vorhandenes Gleichgewicht wenigstens oberflächlich immer wieder von neuem stören und auf solche Weise einen hohen Grad von Instabilität erzeugen.

In diesem Zusammenhange gewinnen nun auch die während der Jahre 1908 und 1911 stattgefundenen Erdbeben von Kecskemét in der ungarischen Tiefebene zwischen Donau und Theiß nach den darüber durch R. v. EÖRTVÖS angestellten Untersuchungen starkes Interesse, worauf hiermit die Aufmerksamkeit besonders hingelenkt sei. Das heftigste Erdbeben trat am 8. Juli 1911 ein und hatte nach A. RÉTHLY in seinem im Weichbilde der Stadt Kecskemét gelegenen epizentralen Gebiet eine Stärke von 9—10⁰ der 12 teiligen Intensitätsskala und eine makroseismische Schütterfläche von fast 70 000 qkm. Es wurde vom 1. Juni des Jahres ab durch wiederholt auftretende Vorbeben eingeleitet und klang allmählich bis zum 23. September desselben Jahres in einer größeren Zahl von Nachstößen aus. Über 10 Vorbeben und 39 Nachbeben liegen ausführlichere Meldungen vor. Aber schon im Jahre 1908 hatte dieses Stoßgebiet eine lebhaftere Tätigkeit entfaltet und u. a. am 24. und 28. Mai zwei bemerkenswerte Beben mit einer maximalen Stärke von 7 bzw. 8—9⁰ ausstrahlen lassen. In diesem habituellen Schütterfeld, das sich durch verhältnismäßig einfache geologische Beschaffenheit auszeichnet, wurden eingehende Messungen des Horizontalgradienten der Schwerkraft mittels der EÖRTVÖS'schen Drehwage vorgenommen, durch deren Bearbeitung eine in Verbindung mit den Beben vermutlich eingetretene unterirdische Massenverlagerung eine vielsagende Beleuchtung erfuhr¹. Es zeigte sich nämlich, daß die aus diesen Beobachtungen abzuleitenden Linien gleicher Schwerestörung, die unter gewissen Voraussetzungen geradezu als Isohypsen gedeutet werden können, in guter Übereinstimmung mit der Lage der pleistoseisten Zonen der drei soeben besonders angeführten Beben auf einen im Zentrum des Stoßgebietes befindlichen Massendefekt, etwa eine muldenförmige Einsenkung schwererer Gesteinsschichten, und auf drei dazu periphere Massenüberschüsse, etwa bergartige Erhebungen der unter dem Epizentralgebiet tiefer liegenden Schichten, schließen lassen. Die Unterschiede der Schwerkraft an den Stellen der Massenanhäufung gegenüber ihrem Wert im zentralen Teil beliefen sich dabei auf 0,012, bzw. 0,014 und 0,018 cm sec⁻², und diese Differenzen waren über ein Gebiet von rund 16 km Radius verteilt. So liegt es nahe, mit EÖRTVÖS anzunehmen, daß die Seismizität des betrachteten Gebietes sehr wahrscheinlich wenigstens sekundär ursächlich mit örtlichen Kompensationsbestrebungen in nicht beträchtlicher Tiefe unterhalb

¹ Verhandl. 17. Allgem. Konferenz Internat. Erdmessung zu Hamburg 1912. p. 427—438.

der Erdoberfläche zusammenhängt. Die von RETHLY für das Beben vom 28. Mai 1908 aus der Intensitätsverteilung berechnete Herdtiefe von 4 km dürfte der Größenordnung nach eine richtige Vorstellung von der etwa in Betracht kommenden Tiefe geben. Diese in einem bestimmten Einzelfall auf Grund genauer Beobachtungen aufgedeckte lokale Beziehung zwischen Erdbeben und Unregelmäßigkeiten in der unterirdischen Massenverteilung erweist unseres Erachtens die Nützlichkeit einer Anwendung des Prinzips der Isostasie auf seismogenetische Fragen in erhöhtem Maße, und zwar um so mehr als eben die Möglichkeit gegeben ist, für die Schüttergebiete geeignet erscheinender Beben durch örtliche Untersuchungen mittels der hochempfindlichen Drehwage in großer Vollständigkeit und Exaktheit die hierzu erforderlichen Anhaltspunkte zu beschaffen. Freilich handelt es sich bei den zuletzt besprochenen Vorgängen nicht um die allgemeine Isostasie regionalen und kontinentalen Umfangs, für welche die Ausgleichsfläche im Mittel erst in ungefähr 120 km Tiefe gelegen ist, doch liegt im Prinzip derselbe Prozeß vor, nur in starker räumlicher und auch wohl meist zeitlicher Beschränkung.

Wie nun die isostatischen Ausgleichsbewegungen im großen, abgesehen von den Wirkungen der Erdrotation und der Gravitation, wesentlich durch endogene Kräfte ausgelöst werden dürften, doch auch die exogenen Vorgänge der Denudation und Sedimentation für sie nicht belanglos sein werden, so dürfte für lokale Kompensationsbewegungen die ausschließliche Wirksamkeit exogener Ursachen mehr in Frage kommen, andererseits aber natürlich auch die Bedeutung der endogenen Kräfte nicht ganz außer acht zu lassen sein. Die Wichtigkeit der Denudation und Sedimentation für die isostatische Lagerung auch der großen Krustenteile unserer Erde aufgezeigt zu haben, ist das Verdienst von CL. EDW. DUTTON, der in seiner eingangs zitierten Arbeit nachdrücklich darauf hinwies, daß diejenigen Erdzonen, in denen, wie an den Kontinentalküsten, ständig Sedimente zur Ablagerung gelangen, einer Senkung und umgekehrt die abgetragenen und damit leichter gewordenen Landmassen einer Hebung unterliegen müssen, sofern nur die Sedimentation bzw. Denudation kräftig genug vorstatten geht und die eine gewisse Störung des Gleichgewichts ertragende Starrheit der Erdschollen überwunden werden kann. Ganz derselbe Gedanke ist es, wenn, zweifellos mit Recht, die Niveauschwankungen im Norden Europas nicht unwesentlich mit auf die wechselnde Belastung durch Eis während und nach der Glazialzeit zurückgeführt werden, und wenn T. F. JAMIESON insbesondere die gehobenen Strandlinien in Schottland und Irland mit der Abtragung dieser Gebiete durch Regen und Flüsse in Zusammenhang bringt.

Ohne auf den Boden der sehr weitgehenden geotektonischen Folgerungen zu treten, welche DUTTON aus dem soeben dargelegten

Grundgedanken gezogen hat, dürfte es nun aber sicher sein, daß durch die Vorgänge der Abtragung und Ablagerung wenigstens in den mehr oberflächlichen Partien der Erdrinde isostatische Ausgleichsbewegungen angeregt werden können, die zu Erdbeben führen, und daß durch eben diese Prozesse auch bereits vorhandenes Gleichgewicht zeitweilig wieder gestört und so zu neuen, sich an der Erdoberfläche seismisch äußernden Massenverschiebungen Anlaß gegeben werden kann. Von diesem Gesichtspunkt aus wird man viele, namentlich weniger bedeutende Beben an Kontinentalrändern oder in Tiefländern fälschlich auf eine endogene — tektonische oder vulkanisch-magmatische — Ursache zurückführen, vielmehr letzthin von einer exogenen Ursache zu sprechen haben. In der Tat ist nach den eingehenden Untersuchungen von V. CORNISH sogar die Ursache des großen Jamaica-Bebens vom 14. Januar 1907, dem Kingston zum Opfer fiel, in einem durch die ständige Denudation und Sedimentation seitens der Flüsse und Atmosphären allmählich notwendig gewordenen isostatischen Ausgleich der Oberflächenschichten zu sehen¹. Und zwar hoben sich zwei Epizentralgebiete in 15—20 km Abstand heraus, von denen das eine am Meer gelegene Senkung und das andere auf dem Kamm des 2200 m Höhe übersteigenden schmalen Gebirgszuges nördlich von Kingston Hebung erfahren haben soll. Die aus dieser Auffassung folgende geringe Tiefenlage des Herdes und die trotz der bedeutenden Wirkungen vergleichsweise geringe Energieentfaltung steht dabei in gutem Einklang mit dem Umstande, daß die u. a. in Europa erhaltenen Seismogramme nur unauffällig waren. Natürlich können solche exogenen Faktoren in dieser Weise erst in längeren Zeiträumen wirksam werden; es ist aber auch sicher, daß in den letzten 200 Jahren vor dem in Rede stehenden Beben auf diese Art kein großes Erdbeben in der Nähe von Kingston hervorgerufen worden ist. Das letzte bedeutende Erdbeben fand hier im Jahre 1692 statt.

Gehen wir mit diesen Überlegungen in das Sink Country des Mississippi-Beckens, dessen seismische Verhältnisse kurz von E. DECKERT² dargestellt worden sind, so gewinnen auch die zahlreichen Beben der dortigen Gegend erneutes Interesse, stellt dieselbe doch ein großes Akkumulationsgebiet dar, das schon aus diesem Grunde von Zeit zu Zeit Massenverschiebungen, die auf ein weiteres Sinken abzielen, ausgesetzt sein muß. Wenn auch keineswegs der ganze Senkungsvorgang, der weitgehend durch die Tendenz einer Verlegung der Flußläufe nach dem Sink Country hin

¹ On the cause of the Jamaica Earthquake of January 14, 1907. *Geograph. Journal.* 40. 1912. p. 299—303.

² Die Erdbebenherde und Schüttergebiete von Nordamerika in ihren Beziehungen zu den morphologischen Verhältnissen. *Zeitschr. Gesellsch. f. Erdkunde.* Berlin 1902. p. 367—389.

(Tennessee, Obion River, Arkansas, Red River) und die Vergleichsergebnisse zweier Nivellements am unteren Wabash angezeigt wird, auf der hier stattfindenden Sedimentation beruhen wird, wir denselben wohl vielmehr als eine evolutionäre Wannenbildung oder in Verbindung mit der nach G. K. GILBERT wahrscheinlichen Aufwölbung der Region der großen Seen als einen Faltenwurf größter Spannweite oder eine Undation im Sinne von H. STILLE auffassen können, so wird derselbe aber doch durch die Akkumulation weiter gefördert werden. DECKERT spricht zum mindesten die Großbeben, so diejenigen der Jahre 1811, 1843 und 1895, als Äußerungen des hier vor sich gehenden tektonischen Prozesses einer Synklinalbildung an und denkt bei manchen der kleineren Beben an „plötzliche Verschiebungen und Zusammenstauchungen innerhalb der jungen Schwemmlandmassen“, „welche die Ströme selbst erst kürzlich an ihren Konfluenzstellen aufgehäuft haben“. Neben diesen in der Regel ganz lokalen Sackungen der lockeren und durchfeuchteten Alluvialmassen könnten aber wohl noch analog den Verhältnissen bei dem Jamaika-Beben oder bei den Kecskeméter Erdstößen und mit entsprechenden bedeutenderen Wirkungen infolge ungleicher Belastung umfangreichere isostatische Verlagerungen der Oberflächenschichten oder auch etwas tiefer liegende Massenverschiebungen in Betracht kommen, von denen die letzteren, ob schon ebenfalls vielfach lediglich durch die Denndations- und Sedimentationsvorgänge hervorgerufen, nicht ohne weiteres wie jene Sackungen auch deutlichere dauernde Spuren an der Erdoberfläche zu hinterlassen brauchen, sondern unserer Kenntnis im wesentlichen ganz verborgen bleiben können, wenn nicht durch eingehendere Schwerkraftsuntersuchungen mittels der Drehwage auf ihre Existenz hingewiesen werden würde. E. M. SHEPARD führt selbst das große Erdbeben von Neu-Madrid im Jahre 1811, welches eine makroseismische Schütterfläche von etwa 2 Mill. qkm besaß, nicht auf eine tektonische Ursache zurück, sondern denkt auch in diesem Fall an größere Massenverlagerungen, Hebungen und Senkungen, infolge jahrhundertelanger Arbeit des von unten her wirkenden Druckes der artesischen Wässer¹. Ähnliche Verhältnisse liegen meines Erachtens im Mündungsgebiet des Indus und der unmittelbar östlich sich anschließenden großen Sumpfreigion des Ran of Cutch vor, wo eine immerhin bemerkenswerte Seismizität herrscht und 1819 durch ein Erdbeben der berühmte Ullah-Bund oder Gottesdamm entstand.

Unter diesen Gesichtspunkten ist eine möglichst ins einzelne gehende und wiederholt auszuführende Feststellung der Schwerkraftsverhältnisse in einem für solche Untersuchungen günstig er-

¹ The New Madrid Earthquake. Journ. of Geology, 13. 1905. p. 45—62. Referat im Geolog. Centralbl. 7. 1905 06. p. 381.

scheinenden habituellen Schüttergebiet, wie sie eben die Anwendung der Eörvös'schen Drehwage vorzunehmen gestattet, überaus wünschenswert, und es ist nur sehr zu bedauern, daß der Plan der russischen permanenten seismologischen Zentralkommission, mittels solcher Apparate Beobachtungen in der so erdbebenreichen Provinz Semirjetchensk in Turkestan anstellen zu lassen, wegen der Ungunst der Zeitverhältnisse nicht zur Ausführung gelangen kann. Auch wäre hierdurch letzten Endes ein Weg gewiesen, in besonderen Fällen durch Vergleich von zeitlich aufeinanderfolgenden Beobachtungen die Erdbebenreife eines Gebietes zu ermitteln und damit einer Vorhersage von Erdbeben näher zu kommen.

Ein *Telerpeton* mit gut erhaltenem Schädel.

Von F. v. Huene in Tübingen.

Mit 3 Abbildungen.

Kurz vor dem Kriege konnte die paläontologische Universitätsammlung in Tübingen ein neues Exemplar von *Telerpeton elginense* MANTELL aus dem mitteltriassischen *Stagonolepis*-Sandstein von Lossiemouth bei Elgin in Nord-Schottland erwerben. Hier ist der Schädel so gut und vollständig erhalten, daß es sich lohnt, ihn bekannt zu geben, zumal einige Vervollständigungen in seiner Kenntnis geboten werden können.

Der Schädel ist nicht nur mit der ganzen Oberseite, sondern namentlich auch mit allen Stacheln an beiden Seiten erhalten. Seine Länge in der Medianlinie beträgt 45 mm. An Parietalloch, Augenöffnungen und Nasenöffnungen sowie Schnauze ist nichts Neues zu bemerken, da diese Teile schon früher in genügender Erhaltung beschrieben sind. Die 1912 von mir ausgesprochene Ansicht (Cotylosaurier der Trias. Palaeontogr.), die hintere verschmälerte Fortsetzung der Orbita entspreche einer Schläfenöffnung, möchte ich nicht in dem Sinne aufrecht halten, als ob es sich um ein „Oriment“ (ABEL) einer solchen handle; wohl aber wird sie die Nützlichkeit einer solchen funktionell besitzen, indem der Kiefermuskulatur dort größere Freiheit bleibt.

An dem vorliegenden Schädel sind zum erstenmal 4 Paare von zapfenförmigen Stachelfortsätzen zu beobachten. Das vorderste Paar ist neu und das zweitvorderste Paar, das hier erstmals gut erhalten ist, zeigt andere Natur, als ich sie früher auffaßte. Der hinterste Stachel, den ich früher dem Supratemporale zugeschrieben hatte, ist breit und zugespitzt, wie er schon früher beschrieben wurde. Das nach vorn folgende Paar von Stacheln ist (links in

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1920

Band/Volume: [1920](#)

Autor(en)/Author(s): Tams E.

Artikel/Article: [Isostasie und Erdbeben. 182-189](#)