

6. Ueber Schwankungen in der Intensität der Erdanziehung.

Von Herrn F. W. PFAFF in Erlangen.

Hierzu Tafel XV u. XVI.

Während über die Entstehung der Gesteine und Formationen der jüngeren Erdperioden fast bei allen Geologen so ziemlich dieselben Meinungen herrschen, gehen diese bei Besprechung des Urzustandes der Erde und der Bildung der ältesten Gesteine stark aus einander. Auch zur Erklärung verschiedener Erscheinungen, wie vulkanische Ausbrüche, manche Erdbeben, Hebungen und Senkungen einzelner Theile der Erdoberfläche u. s. w., stehen sich zwei vollständig verschiedene und entgegengesetzte Ansichten, die der Neptunisten und jene der Plutonisten gegenüber. Während diese, ein Kind früherer Zeiten, bis in dieses Jahrhundert herein herrschte, kam jene erst in der neueren Zeit hauptsächlich zur Geltung. Jene Lehre, die der Plutonisten, besagt, dass die Erde im Innern eine noch ihrem feuerflüssigen Urzustand gleiche geschmolzene Kugel bilde, und die Erdrinde eine durch die Abkühlung entstandene, im Vergleich zur ganzen Erde dünne Kruste sei. Sie gründet sich auf Beobachtungen, welche ergeben haben, dass die Bodenwärme an allen Orten der Erde mit zunehmender Tiefe, die jedoch unterhalb der durch die Sonnenwärme noch beeinflussten Tiefe liegen muss, eine, wenn auch nicht überall gleiche Zunahme zeigt. Da nun aber an vielen Stellen der Erde noch heutzutage geschmolzene Massen aus der Tiefe an die Oberfläche gelangen, so weist jene überall mit der Tiefe zunehmende Erdwärme auf ein überall geschmolzenes Erdinnere hin.

Fragt man nun auch bei den Neptunisten nach, so hört man, dass diese von einem feuerflüssigen Zustande im Innern der Erde nichts wissen wollen. Sie erklären, dass jene allgemein zunehmende Erdwärme viel zu schwankend sei, um jene Schlüsse zu rechtfertigen, und sich auf verschiedene in der Erde stattfindende chemische Vorgänge zurückführen lasse. Ebenso seien die geschmolzenen Laven durch in gewissen Tiefen vorkommende Verbrennungen organischer Stoffe zum Schmelzen gebracht und

ausgepresst worden. Der Hauptunterschied dieser beiden Lehren beruht also darauf, dass jene behaupten, der grösste Theil der Erde sei jetzt noch gluthflüssig, diese, er sei fest und starr.

Neigt man nun mehr zur einen oder anderen Theorie hin, so wird man doch immer zugeben müssen, da die ganze Erde ein specifisches Gewicht von 5,4 hat, die hauptsächlichste Masse der Erdoberfläche aber nur 2,5, dass im Innern der Erde sich viel specifisch schwere Massen befinden müssen. Da nun aber auch der Schwerpunkt mit dem geometrischen Mittelpunkt der Erde zusammenfällt, so müssen im Innern die allmählich schwerer werdenden Schichten wie concentrische Kugelschalen auf einander folgen.

Diese im Mittelpunkt sich befindenden schwereren und schwersten Theile der Erde werden nun auf der Erdoberfläche, von localen Störungen abgesehen, eine gleichmässige, und da die Erde annähernd ein Umdrehungsellipsoid ist, vom Aequator zu den Polen zunehmende Wirkung äussern. Würde nun die Erde jene von den Neptunisten vorausgesetzte Beschaffenheit haben, so müsste sich diese Kraft, die Schwerkraft, fast vollständig gleich und für alle Zeiten, wenn nicht etwa durch unterirdische „Faulberge“ grosse Veränderungen erzeugt würden, constant bleiben. Eine geringe Aenderung wird jedoch Mond und Sonne, erstens durch ihre directe, der Schwerkraft der Erde entgegenwirkende Anziehung auf die Erde ausüben, zweitens durch die Fluthwelle, welche, wie THOMSON berechnet hat, entstehen würde, wenn die Erde sogar die Starrheit von Stahl hätte, da sie in diesem Falle doch noch den Fluth erzeugenden Einflüssen von Mond und Sonne ungefähr $\frac{1}{3}$ soviel nachgeben müsste, wie wenn sie vollständig flüssig wäre und keine Starrheit besässe¹⁾. Durch diese Fluthwelle würde nämlich die Entfernungen vom Mittelpunkt grösser an einigen Stellen, geringer an anderen, und so die Anziehungskraft geändert.

Betrachtet man nun unter derselben Voraussetzung die Lehre der Plutonisten, so gestalten sich hier diese Verhältnisse etwas anders. Doch bevor wir diesen Fall in Ueberlegung ziehen, müssen wir uns diese Theorie etwas genauer besehen. Die Erde ist hiernach also äusserlich mit einer im Verhältniss dünnen Rinde umhüllt, dann folgt der flüssige Theil, wenn wir den vielleicht halb geschmolzenen, halb festen übergehen. Je weiter man sich nun dem Mittelpunkte nähert, werden die Massen unter einem desto höheren Drucke stehen. Da aber experimentell nachgewiesen wurde, dass mit Zunahme des Druckes auch der Schmelz-

¹⁾ Cfr. THOMSON: Theoretische Physik.

punkt steigt, so kann man auch annehmen, dass von einem Punkte an im Erdinnern die Hitze nicht mehr hinreicht, um die Massen noch flüssig zu halten. Es wird sich also im Mittelpunkte selbst ein fester Erdkern befinden, der die specifisch schwersten Massen enthält, jedoch seiner Grösse nach unbekannt ist. Ohne nun näher auf die mathematische Form dieses Kernes, sowie die wirkliche Gestalt der ganzen Erde und die, durch ihre sphäroidische Gestalt und letzterwähnte Eigenschaft bedingte Anziehung auf einen Punkt ihrer Oberfläche einzugehen, da dies zu den schwierigsten mathematischen Verhältnissen gehört, wird man doch zugeben müssen, dass, da die Erde nicht die Starrheit einer Stahlkugel besitzt, über ihre Oberfläche sich Fluthwellen hinziehen. Eine wird ihre Ursache in der Anziehungskraft des Mondes, die andere in der der Sonne haben, und zwar wird die erstere die letztere überwiegen. THOMSON berechnete nun, dass die Intensität der scheinbaren Schwerkraft der Erde um $\frac{1}{6000000}$ durch den Mond, und ungefähr um $\frac{1}{12000000}$ durch die Sonne geringer ist, wenn diese im Median dieses Punktes stehen.

Es wird also für den Fall, dass Sonne und Mond im Zenith stehen, ein Maximum in der Verminderung der Intensität der Schwerkraft eintreten, das ungefähr $\frac{1}{4000000}$ beträgt. Diese Störungen, hervorgerufen durch die directe Anziehung und die durch die Fluthwelle entstandene grössere oder kleinere Entfernung eines Punktes der Oberfläche vom Mittelpunkt, geben uns nun ein Mittel an die Hand, experimentel nachzuweisen, ob die Erde durch und durch so fest und hart wie Glas und Stahl, oder ob sie im Innern einen noch flüssigen Theil besitzt. Denn kann nun nachgewiesen werden, dass die Schwerkraft sich um mehr als diese Grösse, nämlich $\frac{1}{4000000}$ ändert, so kann die Erde nicht vollständig starr sein.

In den folgenden Zeilen soll nun eine Reihe von darauf bezüglichen Beobachtungen, die mit einem eigens von mir hierzu construirten und ausgearbeiteten Apparate gemacht wurden, beschrieben werden. Der Verfasser legt dieselben vor, mit dem Vorbehalt weiterer nachträglicher Verbesserungen und Aenderungen an den Resultaten, da die vorliegenden, wenn es erlaubt ist zu sagen, nur eine „qualitative“ Voruntersuchung sein soll. Er bittet um Entschuldigung, wenn er mit so lückenhaften Beobachtungsreihen vor die Oeffentlichkeit tritt, aber er glaubt, dass, da seines Wissens noch keine derartigen Untersuchungen angestellt sind und dieselben von Interesse sein dürften, es doch geboten ist, einiges darüber mitzutheilen. Es scheint ihm aber auch nothwendig zu sein, dass dieselben an anderen Orten, sowie während längerer Zeit Tag und Nacht fortgesetzt werden sollten,

was für ihn, da er allein auf sich angewiesen war und ist, nicht leicht durchzuführen sein dürfte. Zugleich giebt er sich der Hoffnung hin, in späterer Zeit, da es ihm gelungen zu sein scheint, durch geeigneter feiner Constructionen die Beobachtungen genauer und automatisch aufzuzeichnen, besseres Material liefern zu können. Möge es ihm nun erlaubt sein, kurz zu erwähnen, wie er zur Inangriffnahme dieser Frage gelangte.

Schon im Jahre 1883 hatte mein im Sommer 1886 verstobener Vater, Univers.-Professor PFAFF, diese Arbeit begonnen. Grund dazu waren verschiedene Arbeiten über Aenderung des Meeresspiegels, deren nächste Folge eine kleinere in dieser Zeitschrift, 1884 erschienene Schrift war: „Zur Frage der Veränderung des Meeresspiegels durch den Einfluss des Landes“. Da nun nach den Berechnungen, die auf Grund der genauesten Pendelschwingungen, angestellt an verschiedenen Punkten, die Erde sich als dreiaxiges Ellipsoid ergab, so construirte er einen Apparat, der ähnlich einem Barometer, jedoch ohne Zuhülfenahme der Erdatmosphäre, dazu benutzt werden konnte, um diesen verwickelten Verhältnissen etwas näher zu treten, das heisst um die etwa höher oder tiefer gelegenen Theile der Erdrinde anzuzeigen, mit anderen Worten, es sollte ein Nivellirungs-Instrument sein, jedoch ohne Nivelle. Bevor jedoch derartige Versuche angestellt werden konnten, war es nothwendig, experimentell nachzuweisen, sollte nicht alle Arbeit umsonst sein, dass die Schwerkraft der Erde an einem Punkte sich constant erhalte.

Es möge mir nun erlaubt sein, kurz die von meinem Vater und mir hierzu construirten Apparate, die sich jedoch alle in der Praxis als unbrauchbar erwiesen, zu beschreiben, um, sollten von anderer Seite derartige Versuche vorgenommen werden, einem resultatlosen Arbeiten vorzubeugen. Zugleich möchte der Verfasser den schon von seinem Vater für diesen Apparat gebrauchten Namen „Geobarometer“ vorschlagen.

1. Apparat: Es wurde die Elasticität der Luft, die einer bestimmten Quecksilbersäule das Gleichgewicht halten musste, benutzt. Ohne näher auf diese Construction einzugehen, scheiterte die Brauchbarkeit dieses Apparates an dem Reibungswiderstand des Quecksilbers am Glas. Obwohl dieser Apparat in den verschiedensten Formen und mit der verschiedensten Aenderungen ausgeführt wurde, so konnten doch die vielfachen Missstände nicht beseitigt werden, sodass, nachdem auch eine ganz einfache Construction, bei welcher die Reibung des Quecksilbers am Glase hätte so ziemlich wegfallen müssen, nämlich ein sehr weites Glasbarometer, eingeschmolzen in einem grossen Glasgefäss, versehen mit einem sehr feinen Thermometer, bei dem die Ablesung mit-

telst des Mikrogoniometers erfolgte, sich als unbrauchbar erwies, von diesem Princip Abstand genommen und die weiteren Versuche nur noch mit feinen Federn angestellt wurden.

Es waren zu diesem Zwecke 2 Uhrfedern, die auf ihre Unveränderlichkeit schon längere Zeit geprüft waren, einerseits an einer Axe, andererseits auf einer Platte befestigt; die Axe ruhte auf 2 mit Achatlagern versehenen Trägern, welche ebenfalls auf der Platte ruhten. An der Axe selbst war ein Hebelarm angebracht, der mit einem derartig gewähltem Gewicht belastet war, dass die Federn soweit angespannt wurden, um sich noch frei zu bewegen, ohne ein Berühren der einzelnen Windungen herbeizuführen. Als Indicator diente eine feine Nivellevielle. Aber auch dieser Apparat gab kein Resultat.

Soweit waren die Versuche bis zum Sommer 1886 geschritten. In der dauf folgenden Zeit setzte ich nun diese Versuche fort, doch im Anfang auch mit keinem besseren Erfolg. Was mich nun veranlasste, diese Untersuchungen dennoch weiter fortzuführen, war erstlich, dass ich es als ein Vermächtniss betrachtete, das wenigstens soweit fortgeführt werden musste, bis ein, wenn auch negatives, Resultat erzielt worden war, sodann der Umstand, dass mir die so günstige Lage meines Hauses die beste Gelegenheit zu diesen Beobachtungen bot. Selbstverständlich ist ja bei solchen Versuchen die erste Bedingung ein vollständig ruhiger Stand, der nicht etwa durch schwere vorbeifahrende Wagen oder durch Bahnzüge sowie andere Einflüsse in, wenn auch nur die kleinsten Bewegungen versetzt wird. Nun liegt mein Haus auf einem dem obersten Keuper angehörigen Hügel, der aus dem sogenannten Stubensandstein aufgebaut ist, circa 50 m über der Thalsohle. Vollständig nach allen Seiten abgegrenzt, ist er von allen störenden Einflüssen frei, nur geht circa 100 m westlich und 45 m tiefer der Eisenbahntunnel durch. Obgleich nun der ganze Hügel wechsellagernd aus Stein und Mergeln besteht, so merkt man doch schon die störenden Einwirkungen der Bahn, am stärksten dann, wenn ein von Bamberg, das heisst von Norden kommender Zug in den Tunnel einfährt, viel weniger, wenn er ihn verlässt. Nach Süden und Westen fällt der Berg ziemlich steil ab, etwas langsamer nach Norden, und nach Osten verflacht er sich mehr und mehr. Seine längste Ausdehnung geht von Osten nach Westen, seine kürzeste von Norden nach Süden. In dem Hause selbst befindet sich ein $\frac{2}{3}$ unter und $\frac{1}{3}$ über der Erde liegender Raum, der zum Theil in den Felsen eingehauen ist, zum Theil aber im lockeren Sandboden liegt. In diesem Geschoss wurde zu diesen Versuchen ein 1 m langer und 40 cm im Geviert haltender Stein in den Fuss-

bogen eingefügt, der noch, um die Erschütterungen abzuhalten, die durch das Betreten des Raumes entstehen, vollständig von dem ihn umgebenden Erdreich und Fussboden mit einem starken Holzkasten getrennt ist.

Zwei weitere Apparate, die daselbst ihre Aufstellung fanden, waren ebenso ergebnisslos; der eine bestand aus einem bifilar aufgehängten Gewichte, das durch eine feine Uhrfeder aus seiner Gleichgewichtslage um 120^0 gedreht war und einen langen Zeiger hatte. Der andere bestand aus einer Anaroïdbarometerkapsel, die angebohrt worden war, und ein dem Luftdruck entsprechendes Gewicht trug. Die Kapsel ruhte auf einem starken Stahlträger, das Gewicht aber war so angebracht, dass es unter ihr selbst und um sie herum hing, von oben aber auf sie selbst aufgeschraubt war. Da nun nach den bis dahin gemachten Erfahrungen die Schwankungen äusserst gering sein mussten, so wurde hier zum Beobachten derselben die Interferenz des Lichtes einer Natriumweingeistflamme benutzt. Dazu war auf dem Gewichte eine sehr schwach convexe Linse angebracht, an einem selbstständig daneben befindlichen Träger jedoch ein über die Linse übergreifendes Spiegelglasstück. Das Licht fiel seitwärts herein und erzeugte bei richtiger Stellung so jene bekannten hellen und dunklen Interferenzringe. Der Durchmesser dieser Ringe nun wurde mittelst eines Okularmikrometers, der auf ein schwach vergrösserndes Mikroskop aufgesetzt war, gemessen. Doch auch hier ergab sich keine Veränderung, die Ringe blieben während wochenlanger Beobachtungen immer von demselben Durchmesser.

Im August vergangenen Jahres nun wurden diese Versuche, die längere Zeit ausgesetzt worden waren, wieder in Angriff genommen. Diese letzten Versuche waren nun endlich auch von Erfolg gekrönt.

Das Princip, das bei diesem Apparat in Anwendung kam, ist kurz folgendes; Da das Gewicht eines Körpers von seinen physikalischen Eigenschaften und der Anziehungskraft der Erde herrührt, so kann, da sich die physikalischen Eigenschaften bei den richtigen Vorsichtsmaassregeln nicht ändern, die Anziehungskraft der Erde bestimmt werden. Diese kann durch die Elasticität eines Stoffes, am leichtesten die des Stahles gefunden werden. Es ist nun bekannt, dass richtig gehärtete Stahlfedern, wenn sie vor der chemischen Einwirkung feuchter Luft, dem Rosten, bewahrt werden, Jahre lang vollständig constant bleiben, so lange nicht ihre Elasticitätsgrenze überschritten wird. Wird nun an einer Feder eine Masse gehängt, so kann daraus ihr Gewicht oder die Anziehungskraft der Erde gefunden werden, sobald man nur die Ausdehnung oder Biegung derselben gemessen hat. Wird

nun diese Ausdehnung genau gemessen, so kann man, wenn sich die Anziehungskraft der Erde ändert und die Messmethode eben noch fein genug ist, um die entsprechende Veränderung bemerkbar zu machen, die Aenderungen der Anziehungskraft selbst bestimmen.

Zu diesem Zwecke wurde nun folgender Apparat construirt und ausgearbeitet, der deshalb etwas genauer beschrieben werden soll. Dieser Apparat (siehe Tafel XV) besteht aus zwei Federn, die sich zu einer ergänzen. Aus einer in einer Ebene gewundenen (a) und einer einfachen Stangenfeder (b). Diese sind an den Endstellen bei d etwas keilförmig und mittelst einer einfachen, der Form der Feder entsprechenden durchbrochenen Stahlstückes (d) zusammengehalten. Um Verrückungen zu verhüten, trägt b am äussersten Ende einen Stift, der in ein Loch der Feder a genau eingepasst ist. Die Feder a ist beinahe doppelt so stark wie b, letztere ist am hinteren Theile stärker und nach vorne zu stark verjüngt, sodass sie bei d genau 2 mm dick, am anderen Ende nur noch $\frac{1}{2}$ mm stark ist. a ist in einer Axe (e) eingekeilt und festgekeilt, die seitlich von zwei Schrauben (q) mit Gegenschrauben geklemmt und gehalten wird. An der Axe e ist noch ein kleiner Hebelarm (f) befestigt, auf den eine Schraube (g) drückt, um das Einstellen der Feder zu erleichtern und um ein allenfallsiges Nachgeben zu verhüten. Diese Axe e ruht in einem U-förmig rechtwinklig gebogenem, oben offenem Eisen (c), das auf einer starken Eisenplatte vernietet ist. Fast an ihren Enden tragen beide Federn ein Achatlager (h) und zwar ist jenes auf a viel stärker wie jenes auf b. In diesen Lagern ruhen 2 Stahlseiden, ähnlich jenen an den Wagen, von denen jede wieder mit einer anderen, jedoch umgekehrt gerichteten Stahlschneide verbunden ist. Auf diesen Schneiden ruhen nun wieder zwei Achatlager, die auf einer einem T-Eisen entsprechenden, keilförmig gefeilten Stahlstange (i) befestigt sind. Auf dieser Stahlstange lagert nun bei r ein Gewicht (k) = 2000 gr schwer. Um nun die geringen Veränderungen in der Lage des Gewichtes, erzeugt durch die wechselnde Anziehungskraft der Erde, noch beobachten zu können, ist auf der Feder b am äussersten Ende eine sehr schwache convexe Linse (l) mittelst einfacher Schraubvorrichtung horizontal angebracht; darüber liegt eine concave Linse von etwas grösserem Krümmungsradius in einer Fassung (o) auf einem seitwärts angebrachten Träger (m), festgehalten durch zwei Federn (n). Diese Linse ruht in ihrer Fassung o auf 3 feinen Mikrometerschrauben (p), die durch den Träger m hindurch gehen, um die durch die beiden Linsen erzeugten Interferenzringe in die Mitte zu bringen. Von der einen Seite fallen parallele

Natriumlichtstrahlen von einer Spirituslampe auf dieses Linsensystem, und von der anderen Seite werden die Interferenzringe durch eine schwach (circa 18 mal) vergrössertes Mikroskop, das einen Ocularmikrometer trägt, beobachtet. Bei der Ausführung des Apparates war genau darauf geachtet worden, dass sämtliche Theile, da eine gleichmässige Temperatur in dem Aufstellungsraume doch nicht erzielt werden konnte, die durch Temperaturschwankungen Aederungen erzeugen mussten, von demselben Material und derselben Länge hergestellt wurden. Da beim Anzünden der Lampe und beim Beobachten selbst kleine Erschütterungen nicht vermieden werden konnten, so war der Beleuchtungs- und Beobachtungstheil abseits auf einem unverrückbaren Gestell angebracht. Der ganze Apparat war mit einer doppelten Hülle von Holz und Pappdeckel umgeben, die Oeffnung zum Beobachten der Ringe mit Spiegelglas belegt, und um den störenden Einfluss einseitiger Erwärmung, von der Lampe herrührend, möglichst zu beseitigen, wurde eine Lösung von Alaun und ein durchsichtiger Kochsalzkrystall benutzt. Bevor der Apparat mit dem Gewichte, das, da es keinen Raum mehr zwischen Feder und Eisenplatte hatte, durch diese hindurch in einem fest verschlossenen Gehäuse hing, belastet worden war, wurde die Feder längere Zeit bis nahe zu ihrer Elasticitätsgrenze angespannt, um jedem späteren Nachgeben vorzubeugen.

Zur Aufstellung gelangte dieser Apparat Ende August vergangenen Jahres, die Beobachtungen konnten jedoch wegen mancherlei nothwendiger Aenderungen, namentlich an der Beleuchtung, erst Anfang October systematisch angestellt werden. Gewöhnlich wurde von Morgens 8 bis Nachts 12 beobachtet, alle 10 bis 14 Tage in der Regel einmal während 24 Stunden. Zur Beobachtung selbst wurden immer ein Interferenzring, und wenn sich in der Mitte ein Punkt zeigte, auch dieser benutzt, und zwar wurde stets der Durchmesser eines Ringes oder Punktes mittelst des Ocularmikrometers gemessen und dessen Länge aufgeschrieben. Ein Wachsen der Ringe bedeutet natürlich immer ein Steigen des Gewichts oder Abnahme in der Intensität der Erdanziehung, und umgekehrt. Wenn nun, obschon längere Zeit beobachtet wurde, das Resultat doch nur ein qualitatives genannt werden kann, so liegt das eben in dem schon früher genannten Umstande, dass Tag und Nacht hätte stündlich beobachtet werden müssen, was mir natürlich nicht möglich war, und in einem weiteren Grunde, nämlich dass, wenn selbst 24 Stunden stündlich die Beobachtungen vorgenommen worden wären, doch öfter, namentlich aber bei etwas schnellerem Wechsel, die Art der Bewegung nicht mehr festgestellt werden konnte, da ja, wenn ein Ring, dessen grösster Durchmesser 25

Theilstriche des Ocularmikrometers betrug, um 12 Uhr beispielsweise 17 Striche zählte, nach einer Stunde sich zu einem Punkte, das heisst zu einem 9 Striche haltenden dunklen Fleck gestaltet hatte, man nicht mehr bestimmen konnte, ist der Ring von 25 auf 27 weiter gegangen, und ist so ein neuer, durch Heben entstandener Anfang eines Ringes in dem Punkte zu sehen, oder ist 17 auf 9 heruntergesunken. Mit anderen Worten, hat sich das Gewicht gesenkt oder gehoben.

Um nun auch einem etwaigen Einfluss der Temperatur genau festzustellen, so wurden zwei Thermometer, in 0.1 Grad getheilt, aufgehängt. Der eine reichte durch die Umhüllung des Apparates hindurch, der andere war in einiger Entfernung davon aufgehängt. Doch konnte eine Veränderung des Apparates durch die wechselnde Wärme nicht nachgewiesen werden. Ebenso wurde, da ja ein stärkerer oder geringerer Luftdruck einen Einfluss ausüben sollte, der Barometerstand genau aufgezeichnet, doch auch dieser zeigte keinen Einfluss auf den Gang des Apparates. Um nun die bei den Beobachtungen gefundenen Schwankungen ihrer Grösse nach bestimmen zu können, das heisst, um sich Rechenschaft von der Aenderung in der Intensität der Schwerkraft abzulegen, war es nothwendig, die Empfindlichkeit des Apparates zu untersuchen. Zu diesem Zwecke wurde versucht, um den Apparat nicht ganz aus einander zu nehmen und ein tagelanges Unterbrechen der Beobachtungen herbeizuführen, da das Zusammenstellen und Einstellen der Interferenzringe immer eine sehr langwierige und mühsame Arbeit ist, zur Bestimmung des Elasticitätscoefficienten so zu verfahren, indem ein bekanntes Gewicht auf das Gewicht am Apparat gelegt und vor und nach dem Auflegen der Durchmesser der Interferenzringe gemessen wurde. Es dauerte jedoch immer 45 Minuten, wie vielfache angestellte Beobachtungen ergaben, bis der Apparat wieder seine vollkommene Ruhe hatte; aus der Differenz der Ringe hätte dann der Coëfficient berechnet werden können. Es zeigte sich leider, dass diese Methode zu sehr verschiedenen Resultaten führte, da der Gang des Apparates natürlich während dieser 45 Minuten nicht bekannt war. Um ein brauchbares Resultat zu erhalten, hätte ein zweiter gleicher Apparat vorhanden sein müssen, der mir leider nicht zu Verfügung stand. Ist es jedoch erlaubt, bei Federn vorauszusetzen, dass dieselben auch bei ganz kleinen Differenzen proportional der Belastung nachgeben, so könnte auch hier ungefähr die Bewegung berechnet werden. Die Beobachtungen ergaben nun, dass der grösste Gangunterschied, das heisst der tiefste vom niedrigsten Stand, um 3 Wellenlängen des Natriumlichtes unterschieden sind. Nun ist eine Natriumlicht-Wellenlänge

gleich 0,000589 mm, folglich $3 = 0,001767$. Da nun die Feder mit einem Gewicht von 2000 gr, zu dem noch 27 gr von der Tragstange kommen, im Ganzen also mit 2027 gr belastet ist, so findet man, da dieses Gewicht nicht am Ende, sondern 128 mm davon aufgehängt ist, die ganze Länge der beiden Federn a und b zusammen aber $= 356$ mm ist, dass dies einem am Ende befindlichen Gewichte von 1298 gr entspricht. Diese 1298 gr werden nun also um 0,001767 mm gehoben oder gesenkt. Die Feder aber wird selbst von diesem Gewichte um 92 mm gebogen. Rechnen wir nun diesen Ausschlag $^{92}/_{0,001767}$ unter obiger Voraussetzung aus, so finden wir die Maximalbewegung gleich $^{1}/_{52066}$ oder $= ^{1}/_{52000}$.

Berechnen wir nun andererseits auch, um die Empfindlichkeit zu prüfen, wie gross die geringste Schwankung ist, die noch nachgewiesen werden kann, so finden wir, da eine Natriumlicht-Wellenlänge einen Ring von 25 Mikrometertheilstrichen Durchmesser bildet $^{0,000589}/_{25} = 0,0000235$ mm oder $= ^{1}/_{3,905000}$. Dieses ist also die Differenz, welche ein Theilstrich des Ocularmikrometers anzeigt.

Wohl wissend, dass bei so kurz angestellten Beobachtungsreihen man nicht vorsichtig genug mit der Deutung der Resultate zu Werke gehen kann, sollte diese Berechnung nur ein Versuch sein, die Schwankungen ihrer Grösse nach im Allgemeinen zu bestimmen. Um sich ein richtiges Bild von denselben machen zu können, müssten an verschiedenen Orten, in verschiedenen Breiten und mit den genauesten Apparaten Jahre lang beobachtet werden, da sich möglicher Weise diese Verhältnisse mit steigender Breite merklich ändern können. — Gehen wir nun etwas genauer auf die Schwankungen selbst ein, so möge bemerkt sein, dass hier nur jene berücksichtigt wurden, welche vom 24. October 1889 an, nachdem der Apparat seine feste Aufstellung und Umhüllung gefunden hatte, bis zum 24. März 1890 angestellt worden sind.

Seit dieser Zeit wurden 1218 einzelne Beobachtungen angestellt. Wegen Unsicherheit der Bewegung und mancher anderer Vorkommnisse konnten leider manche Tage nicht mit in Rechnung gezogen werden. Wie schon früher bemerkt, handelt es sich hier um die Schwankungen, welchen ein an einer Feder aufgehängtes Gewicht im Laufe der Zeit unterworfen ist. Ohne weiter darauf einzugehen, woher diese Schwankungen nun kommen könnten, entspricht eine aufwärts gehende Bewegung natürlich einer Abnahme, eine abwärts gehende aber einer Zunahme in der Intensität der Erdanziehung. Zur leichteren Uebersicht wurde

nachstehende Tabelle entworfen, auf der vorn das Datum der Tage verzeichnet ist; in den vier folgenden Reihen ist verzeichnet, wann jedesmal der höchste und der tiefste Stand eintrat, und zwar enthält die erste Reihe die Stunde des höchsten Standes bei Tag, die zweite bei Nacht; die dritte die des tiefsten Standes bei Tag, die vierte bei Nacht; in den drei folgenden sind die Grössen der Schwankungen je eines Tages aufgezeichnet, ausgedrückt in den Durchmessern der Interferenzringe, bezogen auf die Theilstriche des Ocularmikrometers. Diese Zahlen sind also die direct abgelesenen grösseren oder kleineren Durchmesser der dunklen Ringe, von denen 25 immer einer Natriumlicht-Wellenlänge, also 0,000589 mm entsprechen. Ist die Zahl grösser als 25, so zeigt das an, dass an diesem Tage die Bewegung um ebenso viel grösser als eine Natriumlicht-Wellenlänge war, als sie selbst 25 übersteigt. Die erste der drei letzten Reihen enthält Differenzen, welche die aufsteigende Bewegung, die zweite jene, welche keinen auf- noch absteigenden Charakter erkennen lassen, und die dritte solche, die absteigende Bewegung erkennen lassen. In der letzten ist die Phase des Mondes eingetragen. Der Tag ist wie bei der Bahn von Morgens 6 bis Abends 6, die Nacht von Abends 6 bis Morgens 6 gerechnet.

Tag.	Zeit des				Differenz u. Charakter der Bewegung,			Mond
	höchsten Standes		tiefsten Standes		steigend.	unentschieden.	fallend.	
	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.				
7. Nov. 1889	5	—	—	12	—	5	—	
8. "	4	—	—	12	—	6	—	
9. "	5.30	—	—	11	—	8	—	
10. "	—	11	10	—	7	—	—	
11. "	—	7	—	10	—	3	—	
13. "	10	—	1	—	—	—	18	
14. "	11	—	—	11	—	—	11	
15. "	10	—	1	—	—	—	1	
19. "	11	—	3	—	—	—	5	
22. "	8	—	—	10	—	—	16	
23. "	—	4	12	—	—	—	17	
25. "	4	—	1	—	—	5	—	
26. "	—	8	9	—	3	—	—	
28. "	—	9	9	—	7	—	—	
29. "	11	—	—	12	—	—	16	
1. Dec. 1889	10	—	—	12	—	—	9	
2. "	8	—	4	—	15	—	—	
4. "	—	2.30	10	—	8	—	—	
5. "	9	—	—	9	—	—	3	
6. "	4	—	10	—	—	1	—	

Tag.	Zeit des				Differenz u. Charakter der Bewegung,			Mond
	höchsten Standes		tiefsten Standes		steigend.	unent- schieden.	fal- lend.	
	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.				
7. Dec. 1889	8	—	—	11.30	—	—	12	
8. "	—	12	10	—	4	—	—	
9. "	7	—	—	11	25	—	—	
10. "	—	9	12	—	12	—	—	
11. "	—	8	10	—	13	—	—	
12. "	—	11.50	9	—	7	—	—	
13. "	—	9	10.45	—	11	—	—	
14. "	—	7	9	—	4	—	—	
15. "	—	5	2	—	—	6	—	
16. "	9	—	—	9	—	—	5	
17. "	—	9	1	—	—	—	5	
18. "	—	2	11	—	—	—	2	
19. "	—	10	3	—	—	4	—	
20. "	9	—	—	10	—	—	9	
21. "	8	—	—	7	9	—	—	
22. "	—	11.45	12	—	11	—	—	
23. "	—	10	—	2.30	12	—	—	
24. "	10	—	11	—	17	—	—	
25. "	—	10	9	—	6	—	—	
26. "	—	9	9	—	5	—	—	
29. "	—	12	—	10	—	—	16	
30. "	7	—	—	10	—	—	6	
31. "	10	—	—	8	—	—	6	
1. Jan. 1890	—	6.15	—	1.30	3	—	—	
2. "	—	7	—	11	—	—	4	
3. "	—	7	10	—	7	—	—	
4. "	—	2	1	—	4	—	—	
6. "	1	—	—	7	—	—	7	
7. "	9	—	12	—	—	—	7	
8. "	9	—	—	7	—	—	3	
9. "	4	—	—	9	—	15	—	
10. "	—	9	1	—	8	—	—	
11. "	—	9	11	—	2	—	—	
12. "	1.30	—	—	11.50	—	—	15	
15. "	—	12	2	—	9	—	—	
16. "	2	—	5.30	—	—	2	—	
17. "	—	11	4	—	8	—	—	
18. "	11	—	—	6.30	—	—	8	
20. "	—	12	5.30	—	9	—	—	
21. "	—	9	—	1.30	23	—	—	
22. "	—	11.50	5.30	—	27	—	—	
23. "	2.30	—	—	11.30	—	—	11	
25. "	—	11.30	1	—	8	—	—	
26. "	—	12	2.30	—	15	—	—	
27. "	—	12	10.30	—	15	—	—	
29. "	—	10	3	—	11	—	—	
30. "	12	—	3	—	—	8	—	
31. "	8	—	3	—	—	8	—	

Tag.	Zeit des				Differenz u. Charakter der Bewegung,			Mond
	höchsten Standes		tiefsten Standes		stei- gend.	unent- schie- den.	fal- lend.	
	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.				
3. Febr. 1890	—	6	2	—	—	6	—	
4. "	—	7	8	—	12	—	—	
9. "	10.30	—	—	12	—	—	11	
11. "	—	6	10	—	14	—	—	
12. "	—	10	8	—	20	—	—	
13. "	10	—	2	—	—	—	5	
17. "	—	7	—	11	—	—	10	
18. "	2	—	—	7	—	—	5	
21. "	9	—	5.40	—	—	—	10	
22. "	10	—	—	11	—	—	15	
24. "	—	12	5	—	—	—	17	
26. "	10	—	—	7	—	13	—	
12. März 1890	—	11	9	—	14	—	—	
13. "	—	11	9	—	6	—	—	
14. "	—	11	1	—	9	—	—	
17. "	—	11	9	—	5	—	—	
18. "	9	—	3	—	—	—	5	
20. "	9	—	—	9	—	10	—	

Ueberblickt man diese Tabelle, so zeigt sich, dass meistens das Steigen und Fallen in längeren, während mehrerer Tage anhaltenden Perioden stattfindet. Gewöhnlich werden diese entgegengesetzten Bewegungen durch einen Tag vermittelt, der unentschieden ist, also kein Steigen oder Sinken erkennen lässt. Oefters kam es vor, dass an solchen unentschiedenen Tagen der Apparat wie festgeschraubt dastand, sodass kaum der Durchmesser der Ringe um einen einzigen Theilstrich schwankte, während Barometer und Thermometer ziemlich lebhaften Aenderungen unterworfen waren. Bemerkst soll hier nur kurz werden, dass die Temperaturschwankungen eines Tages selten mehr als $\frac{5}{10}^{\circ}$ betragen. Neben diesen fast keine Differenz aufweisenden Tagen stehen dann solche, an denen die Aenderungen 20 und mehr Theilstriche umfasste. Die Dauer der einzelnen Perioden hat, soweit die bis jetzt gemachten Beobachtungen erkennen lassen, nie mehr als höchstens 5 Tage gewährt, daneben schliessen sich solche von 4, 3, 2 und einem Tage an. Rasch steigende und fallende Perioden von je einem Tage konnten ebenfalls nur selten beobachtet werden.

Betrachten wir nun jene Perioden selbst etwas genauer, so sind zu diesem Zweck die Curven auf Taf. XVI gezeichnet worden, die auch zu gleicher Zeit die Unabhängigkeit des Apparates von

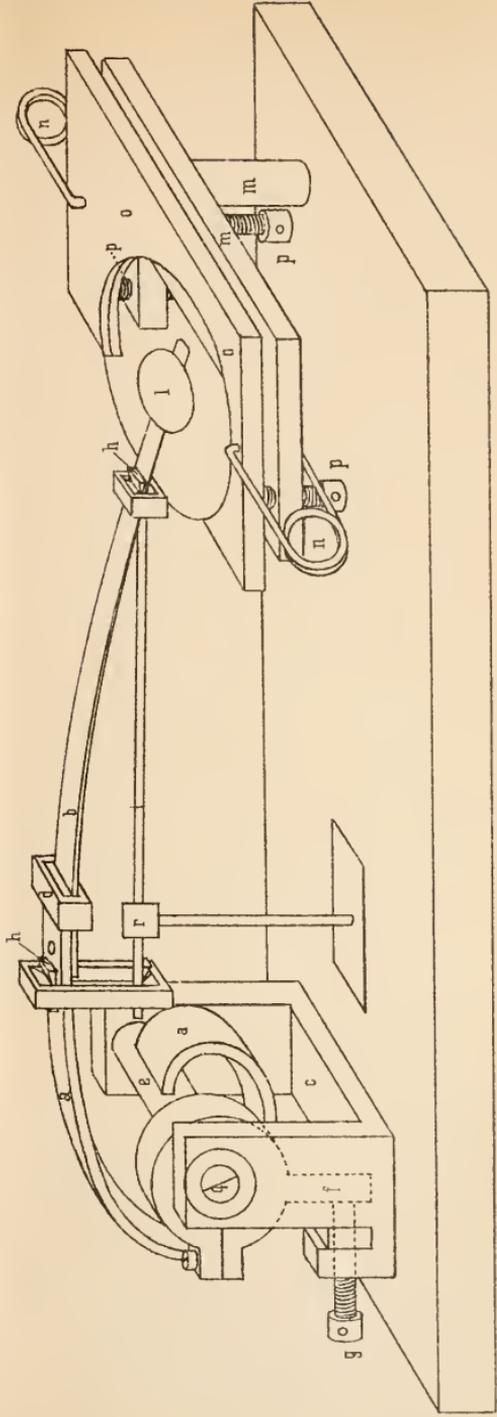
der Temperatur beweisen sollen. Es bedeuten die horizontalen Höhen die Schwankungen des Apparates, ausgedrückt wieder, wie in der Tabelle, in den Durchmessern der Interferenzringe, gemessen durch den Okularmikrometer, die horizontalen einzelnen Längen die Stunden, und zwar fällt immer 12 Uhr Mittags oder Nachts auf einen stärkeren verticalen Strich. Da die Schwankungen in den Curven jedoch durch directe Eintragung zu gross ausgefallen wären, so wurde immer nur die Hälfte davon genommen und eingezeichnet. Neben dem Stande des Thermometers wurde bei einigen zugleich der des Barometers mit eingetragen. Es zeigt sich also, dass hier die grösseren Perioden sich aus kleineren zusammensetzen, die selbst wieder eine auf- oder abwärts gehende Bewegung erkennen lassen. Bei diesen jedoch folgen, verschieden von den zuerst genannten grösseren Perioden, sehr häufig plötzlich und unvermittelt entgegengesetzte Bewegungen. Ob nun diese raschen kleineren Aenderungen durch die Construction des Apparates bedingt sind, indem das Gewicht vermittelst seines Beharrungsvermögens längere Zeit seine angenommene Bewegung beibehält, und dann auf einmal wieder, indem es dadurch über seinen richtigen Stand sich hinaus begeben hatte, in die entgegengesetzte Richtung verfällt, oder in etwas anderem seinen Grund hat, kann natürlich bis jetzt noch nicht angegeben werden, doch scheint ersteres das wahrscheinlichere zu sein. Aus diesem letzt angeführten Grunde, der in dem Beharrungsvermögen des Gewichtes liegt, ist es sehr wahrscheinlich, dass jene oben angeführte Zahl von $\frac{1}{52000}$ zu hoch gefunden wurde, doch konnte leider nicht berechnet werden, wie viel etwa davon durch Construction des Apparates in Abrechnung zu ziehen ist. Einmal wurde, um diese Bewegungen genauer kennen zu lernen, während 86 Stunden ununterbrochen stündlich beobachtet, doch ergab auch diese Beobachtungsreihe keine genauere Uebersicht.

Um einer etwa gefassten Meinung von der allzugrossen Starrheit der Erdrinde etwas entgegenzutreten, möchte ich hier noch eine bei diesen Untersuchungen gemachte andere Beobachtung erwähnen, die auf den Gang des Apparates während kurzer Zeit sehr störend einwirkte. Es herrschte nämlich hier zwischen dem 22. und 25. Januar dieses Jahres ein sich bis zu ziemlicher Stärke steigender Sturm, der 8—12 Stunden nach seinem Beginn den ganzen Berg, oder doch wenigstens den Ort, an dem der Apparat seine Aufstellung gefunden hatte, der doch 1,5 m unter dem Boden liegt, so heftig erzittern machte, dass ein Beobachten unmöglich war. Dieses Zittern dauerte mehrmals mehrere Stunden und hörte ebenfalls circa 8 Stunden, nachdem sich der Sturm fast vollständig gelegt hatte, erst wieder auf.

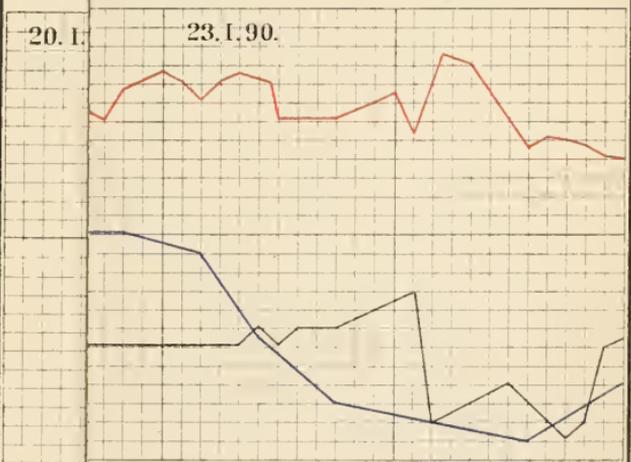
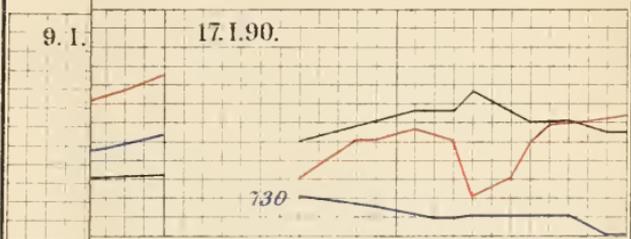
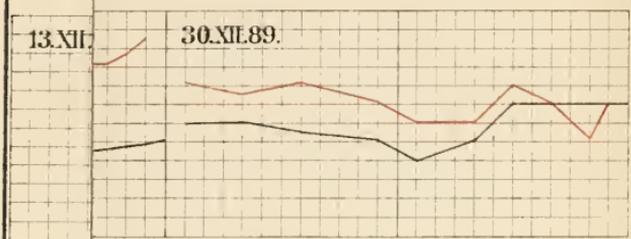
Nachdem nun die hier erwähnten Aenderungen erkannt waren, lag ein anderer Gedanke sehr nahe, nämlich zu sehen, ob diese Bewegung sich nicht in einer Schwankung der Erdrinde äussern würde. Es wurde zu diesem Zweck ein Apparat construirt und ausgearbeitet, der eine etwaige, über die Oberfläche der Erde hinziehende Welle, wie sie ja von THOMSEN berechnet wurde und Herr R. FALB sie wenigstens im Innern der Erde zur Erklärung der Erdbeben annimmt, anzeigen sollte. Ohne auf den sehr einfachen Apparat und die durchaus nicht negativen Resultate desselben weiter einzugehen, da diese Beobachtungsreihen noch zu kurz sind, möchte ich nur erwähnen, dass eine solche Bewegung offenbar vorhanden zu sein scheint. Anführen will ich nur noch, dass jener von Herrn FALB als kritisch bezeichnete Tag, der 15. März, sich auch hier in der sonst so ruhigen Gegend in einem schwachen sonst unbemerkten Erdstoss bemerkbar machte, der von dem Apparat angezeigt wurde, und eine west-östliche Richtung darnach haben musste. Es könnte also auch dieser Apparat als Seismograph für schwache Stösse verwandt werden. Vielleicht ist mir später Gelegenheit geboten. Genaueres noch mitzutheilen, doch ist für diese Untersuchungen die Lage meines Hauses weniger gut geeignet.

Ueberblicken wir zum Schluss noch einmal kurz die Ergebnisse dieser Arbeit, so findet man, dass die Intensität der Erdanziehung gewissen Aenderungen unterworfen ist. Und zwar überschreiten diese Schwankungen jene von THOMSEN theoretisch berechneten, von Sonne und Mond hervorgerufenen, um ein ganz Beträchtliches. Es dürfte in Folge dessen hierdurch auch jener Streit über die Beschaffenheit der Erde im Innern entschieden sein, und dieselbe sich als eine gluhthlüssige Kugel mit Erstarungskruste erwiesen haben, zumal da die Erdoberfläche sehr wahrscheinlich ziemlich beträchtlichen Schaukelbewegungen unterworfen ist.

Ob nun jener oben erwähnte erste Grundgedanke dieser Arbeit, die wahre Gestalt der Erde mittelst eines Instrumentes zu finden, sich verwirklichen lässt, muss der Zukunft überlassen bleiben.

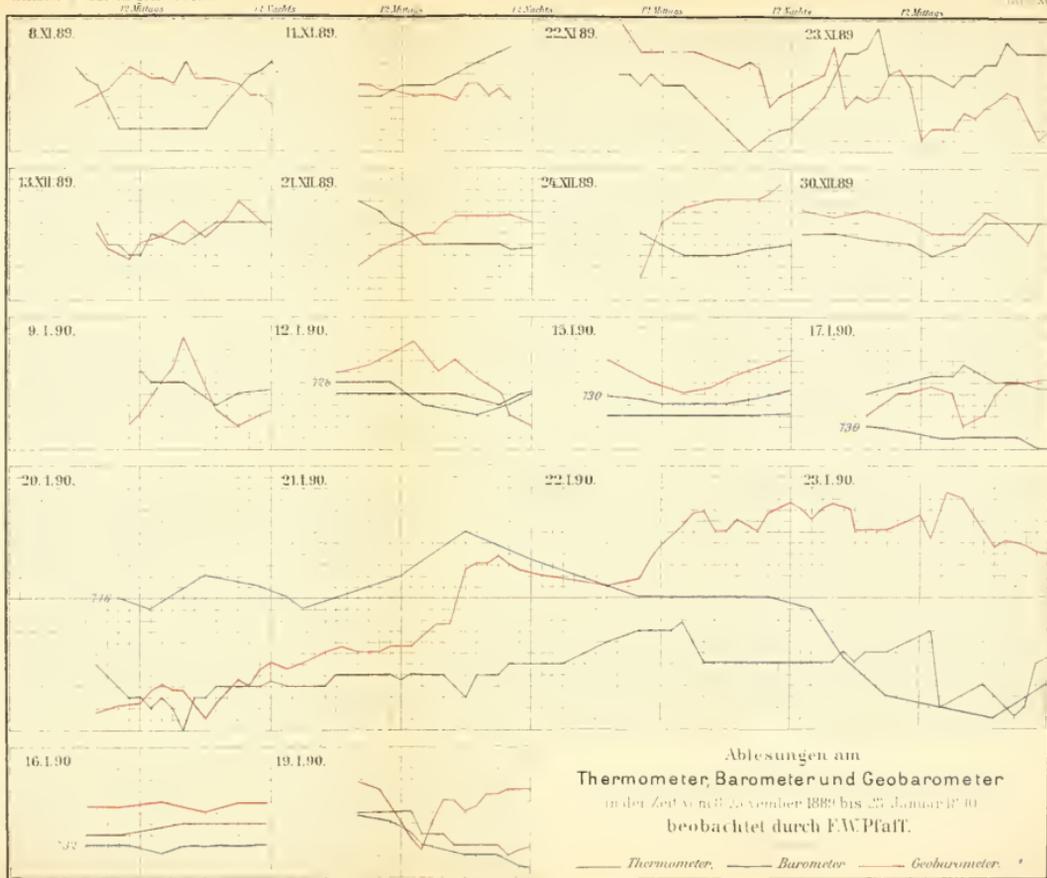


Das Geobarometer.



16. I. Messungen am
 Barometer und Geobarometer
 von November 1889 bis 23. Januar 1890
 durch F.W. Pfaff.

— Barometer, — Geobarometer.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Pfaff Friedrich Wigand

Artikel/Article: [Ueber Schwankungen in der Intensität der Erdanziehung. 303-317](#)