

Werk

Jahr: 1924

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:1

Werk Id: PPN101433392X_0001

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0001 | LOG_0031

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Laufzeitmessungen wurden bei den Fallversuchen nicht vorgenommen, es fehlten die Vorrichtungen, die es gestatteten, den Augenblick des Aufprallens des Fallgewichts mit der erforderlichen Genauigkeit auf das Registrierpapier zu übertragen.

Ein Vergleich der drei Sprengversuche untereinander und mit den Fallversuchen gibt Aufschluß über die Wirkung der Sprengung in Abhängigkeit von der Lage des Sprengstoffes. Das Bebenbild der Sprengversuche mit oberirdischer Lagerung, einmal 2 m über dem Erdboden, das andere Mal auf dem Erdboden aufliegend, ist nach der Größe der Amplituden vergleichbar mit Fallversuchen von 10 kg in etwa $\frac{1}{2}$ m bzw. 1 bis 2 m Fallhöhe. Ganz anders beim dritten Versuch, bei welchem der Kanonenschlag 0.70 m tief eingegraben war. In der ersten Sekunde gehen die Ausschläge nach beiden Seiten über das photographische Papier hinaus, ähnlich wie bei den größeren Fallversuchen, in der zweiten und dritten Sekunde sind die Amplituden annähernd doppelt so groß wie bei dem größten Fallversuch: 117 kg Fallgewicht und 11 m Fallhöhe. Bei derselben Pulvermenge wird beim Eingraben unter sonst gleichen Umständen die Einwirkung auf den Seismographen schätzungsweise 50- bis 100 mal größer sein als bei oberflächlicher Lage des Sprengstoffes. Dieses Ergebnis erläutert den Mißerfolg der seismischen Beobachtung bei größeren, meteorologischen Zwecken angepaßten Sprengungen in Holland im Herbst 1922, Jüterbog am 3. Mai 1923 und Zentralfrankreich Mai 1924. Bei diesen Sprengungen wurden 1000 bis 10 000 kg oberflächlich gelagerten Sprengstoffes zur Explosion gebracht. Infolge der oberflächlichen Lage wurde nur sehr wenig Energie in Gestalt seismischer Wellen fortgeleitet, so daß in Göttingen seismische Wellen nicht mit Sicherheit zu beobachten waren.

O. Hecker*) hat 1897 und 1898 größere Sprengungen von 1500 kg brisanten Sprengstoffes, oberirdisch gelagert, mit Seismographen geringer Empfindlichkeit, etwa vier- bis siebenfacher Vergrößerung, registriert. Diese Registrierungen beziehen sich nur auf die langsam sich fortpflanzenden Oberflächenwellen. Der longitudinale erste Einsatz ist nur in einem Falle durch Beobachtung eines Quecksilberhorizontes festgestellt und eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 1430 m sec gefunden worden. Der Untergrund bestand aus Sandboden, der mit Grundwasser durchsetzt war.

Über petrographisch-geophysikalische Grenzfragen.

Von **R. Brinkmann** in Göttingen.

Die Ergebnisse der neueren petrographisch-geologischen Forschungen, vor allem über Eruptionfolgen und Differentiationen lassen den Schluß zu, daß in gewisser Tiefe eine zusammenhängende Magmazone von mittlerer Zusammensetzung existiert, deren Spaltung durch tektonische Vorgänge veranlaßt und geleitet wird.

Der beträchtliche Umfang, den das geologische Tatsachenmaterial im Laufe der Zeit erreicht hat, veranlaßte letztlich mehrfach zu einer Behandlung allgemein-

*) O. Hecker: Ergebnisse der Messung von Bodenbewegung bei einer Sprengung. Beiträge z. Geophysik, Bd. IV u. VI, 1900 u. 1904.

geologischer Fragen mit dem Ziele, aus den Einzelbeobachtungen einheitliche Gesichtspunkte zu gewinnen und aus ihnen, wenn möglich, über die ganze Erde gültige Gesetzmäßigkeiten abzuleiten, oder zumindest doch aus neuen Problemstellungen Anregungen für die praktische Arbeit zu schöpfen. Vor allem Fragen der endogenen Dynamik führten auf geologisch-geophysikalische Grenzgebiete, so die Erdbebenkunde und die Deutung der Schwereanomalien. Im folgenden sei gezeigt, daß auch die Petrographie eine Reihe allgemeiner Probleme aufgerollt hat, deren Klarlegung hier versucht sei.

Die Resultate der petrographisch-geologischen Forschung können deshalb einige Bedeutung beanspruchen, weil sie an den aus der Tiefe stammenden schmelzflüssigen Baustoffen der Erdrinde gewonnen wurden. Das Magma ist eine kompliziert zusammengesetzte Silikatschmelze, getränkt mit leichtflüchtigen Bestandteilen, vor allem Wasser, welche mit den hochschmelzenden Oxyden und Silikaten leicht zerfallende Komplexverbindungen einzugehen vermögen. Es ist ein System, das bei Änderungen von Druck und Temperatur leicht instabil werden kann, und von dem man daher erwarten darf, daß es als empfindlicher Indikator für Tiefenvorgänge zu dienen vermag, zumal ein gut Teil der Schwankungen bei der Erstarrung in der Struktur und im Mineralbestand des Gesteins aufgezeichnet werden. Die Schlüssigkeit der Beobachtungen wird nur dadurch etwas gemindert, als sie fast nur am erkalteten Gestein durchzuführen sind, um so mehr, als die experimentelle Petrographie die Erforschung derartiger Systeme bislang nur unter vereinfachten Bedingungen in Angriff nehmen konnte.

Die Mannigfaltigkeit der Erstarrungsgesteine in chemischer und mineralogischer Hinsicht ist nun keine regellose, sondern eine ganz gesetzmäßige. Wir treffen in Eruptivgebieten fast stets die Erscheinung, daß zeitlich und räumlich zusammengehörige Gesteinsgruppen auch im Chemismus und Mineralbestand nahe Analogien aufweisen, so daß sich seit jeher die Annahme eines engen geologischen Zusammenhanges zwischen den einzelnen Gesteinen aufdrängte. Man gelangte zu der Vorstellung, daß die Laven einem gemeinsamen Herde entstammen mußten, der ein Urmagma enthielt und aus dem sich durch irgendwie geartete Spaltungsvorgänge mehrere Teilschmelzen entwickelten, die für sich erstarrten. Die geophysikalische Bedeutung derartiger Differentiationsvorgänge besteht darin, daß die Spaltungen sich nicht erst an dem Orte vollzogen, an dem uns die erkalteten Gesteine heute vorliegen, also in der obersten Kruste oder an der Erdoberfläche, sondern daß das hypothetische Stammagma sich bereits in großer Tiefe in die einzelnen Teilschmelzen differenzierte, deren jede dann ihren Weg nach oben nahm. Damit ergibt sich sofort die Fragestellung: haben wir Anhaltspunkte für die Ursachen und die physikalisch-chemischen Prozesse der magmatischen Spaltung, denn dadurch bekämen wir ja wichtige Daten in die Hand, um die Zustandsgrößen in der tiefmagmatischen Zone abzuschätzen.

Vorweg ist eine Entscheidung darüber zu treffen, ob eine solche Magmaschale überhaupt existiert und ob die Differentiation ein notwendiges Postulat darstellt. In Anbetracht der Tatsache, daß die eruptiven Vorgänge auf der ganzen Erde jetzt und in der Vorzeit nach den gleichen Gesetzmäßigkeiten abliefern, ist es das Nächstliegende, daß sie in einer gemeinsamen Ursprungszone

wurzeln. Nach Schweydar jedoch ist die Periode der Polhöenschwankungen mit dem Vorhandensein einer zähflüssigen Schicht etwa von pechartiger Konsistenz nicht vereinbar. Entweder bestehen nur einzelne in lockerer Verbindung miteinander stehende Herde, so daß Stoffwanderungen über größere Strecken kaum denkbar erscheinen, oder das Magma verhält sich gegenüber Deformationen von etwa einjähriger Dauer als fester, elastischer Körper und reagiert erst auf Beanspruchungen durch geologische Zeiträume als Flüssigkeit.

Diese Annahme steht mit den Berechnungen Schweydars nicht in Widerspruch und entspricht zugleich der Forderung der Petrographie am besten, daß überall in der Tiefe magmatisches Material ruht und gewissermaßen nur auf einen tektonischen Anstoß wartet, um sich in verschiedene Teilschmelzen zu spalten, aufzusteigen und sich am Aufbau der Kruste zu beteiligen. Während man früher an einen schaligen Aufbau der glutflüssigen Zone dachte, in der Laven verschiedener Zusammensetzung übereinanderliegen sollten, und ein bestimmter Impuls eine gewisse Schicht zur Eruption brachte, ist heute auf Grund vor allem der Arbeiten von Niggli und Goldschmidt diese komplizierte Vorstellung verlassen worden. Sie wiesen nach, daß bestimmte tektonische Ereignisse das Aufdringen bestimmter Schmelzen nach sich ziehen; so intrudieren in Faltegebirgen stets Ca-reiche pazifische Magmen, wohingegen in Bruch- und Senkungsfeldern gewöhnlich Gesteine der atlantischen oder mediterranen Sippe mit Na- bzw. K-Vormacht auftreten. Je nach dem Ablauf der geologischen Geschichte ist der Stammescharakter einem zeitlichen Wechsel unterlegen (z. B. in Deutschland während der Auffaltung des variscischen Gebirges pazifischer, im Gefolge der tertiären Brüche und Bruchfalten atlantischer Vulkanismus). Entweder zwingen diese Tatsachen zu der Hypothese, daß sich genau parallel zu den tektonischen Ereignissen gewaltige subkrustale Massenverschiebungen vollziehen, oder es lagert, was wahrscheinlicher, eine Zone von ungefähr mittlerer Eruptivzusammensetzung unter der äußeren Erdhaut, deren Spaltungstendenz durch bestimmte Kraftfelder gelenkt wird.

Die nächstliegende Annahme ist also die, daß sich Differentiationen in einer Zone vollziehen, deren Tiefe für uns zwar geologisch unzugänglich, aber doch ungefähr abschätzbar ist. Bei 1000° wird die Mehrzahl der gesteinsbildenden Mineralien unter Berücksichtigung der Schmelzpunktserniedrigung durch die leichtflüchtigen Bestandteile im flüssigen Zustand sein; auch unter der Annahme, daß der Gradient der geothermischen Tiefenstufe von 3° je 100 m nach der Tiefe zu abnimmt, fuhr das auf etwa 50 km, wobei Temperatur und Tiefenlage der Magmazone natürlich nur als Minimalwerte zu gelten haben.

Ein Überblick über die zahlreichen Spaltungshypothesen gab jungst Milch. Das Magma kann als reines Differentiat in die Kruste eindringen oder durch Einschmelzung von fremden Stoffen chemisch verändert sein. Je nachdem es sich ferner um Vorgänge in einphasigen oder mehrphasigen Systemen handelt, können darauf verschiedene Kräfte wirken, deren wichtigste hier genannt seien.

Eine homogene Schmelze kann einer Stoffsonderung durch Druckentlastung unterliegen, wodurch die leichtflüchtigen Bestandteile veranlaßt werden, mit dem Gefalle zu wandern, und dabei chemisch an sie gebundene Stoffe mitzunehmen

vermögen. Ein lange bestehender Absaugestrom könnte sehr wohl lokale Anreicherungen bzw. Verarmungen an bestimmten Stoffen hervorrufen, doch ist dazu die Annahme einer stetigen Entlastung erforderlich, deren Ursachen in Krustenbewegungen zu suchen wären. Eine Bestätigung für derartige gleichsinnige, weil gekoppelte Stoffverschiebungen kann man in der Tatsache erblicken, daß kieselsäurereiche Magmen im allgemeinen gasreich, dagegen relativ arm an Schwermetallverbindungen sind.

Im heterogenen System, d. h. in der kristalldurchsetzten Lava, kann das verschiedene Verhalten des Festen und Flüssigen zu Spaltungen Anlaß geben (Absaugern der Kristalle, sofern sie in ihrem spezifischen Gewicht von dem der Schmelze verschieden sind; Auspressen der Restschmelze durch tektonischen Druck). In diesem Falle ist mit zeitweiligen beträchtlichen Temperaturschwankungen von mehreren 100° in der tieferen Kruste zu rechnen, die ein teilweises Auskristallisieren, eine Separation und nachfolgende Wiederverflüssigung bedingten. Zudem scheinen andere Kräfte, wie Diffusion oder Stromungen, der Kristallisationsdifferentiation vielfach entgegenzuwirken, denn die Trennung unter dem Einfluß der Schwerkraft tritt zwar in Laboratoriumsversuchen auf, fehlt aber in natürlichen lakkolithischen Schmelzbecken, die im Gegenteil vom Boden bis zum Dach völlig homogen sind.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Petrographie zwar keine exakten Angaben, aber doch Grenzbedingungen über die Verhältnisse in der Tiefe zu liefern vermag. Die Beobachtungen fordern die Existenz einer tiefmagmatischen Zone in Form einer Schicht von unbestimmter Dicke, die in vertikaler und horizontaler Richtung im wesentlichen über die ganze Erde stofflich homogen ist. Ihre Zusammensetzung mag etwa dem Gesamtmittel der Eruptiva entsprechen mit etwa 59 Proz. SiO_2 und 5,9 Proz. FeO und einem spezifischen Gewicht von 2,78 unter gewöhnlichen Verhältnissen; sie hat also durchaus salischen Charakter. Ihre Tiefenlage — mindestens 50 km — ist so groß, daß sie von kleinen Störungen nicht erreicht wird. Erst tektonische Ereignisse von regionaler Bedeutung, wie große Faltungen, tiefgehende Brüche und geosynklinale Einmündungen von beträchtlichem Ausmaß vermögen bis in jene Sphäre vorzudringen, um sich dort als differenzierende Kräfte auf das Magma auszuwirken. Unter normalen Verhältnissen gehen bei der großen Zähigkeit die Prozesse nur sehr langsam vor sich, sie werden erst beschleunigt, wenn Druckänderungen das Gleichgewicht stören, wobei auch Temperaturerhöhungen infolge des Zerfalles endothermer Additionsverbindungen die Fluidität der Schmelze vergrößern mögen. In solchen Zeiten gesteigerter Aktivität entstehen die Magmastämme jedoch nicht in getrennten Herden, es sei denn, daß diese den Umfang unserer Kettengebirge hätten, sondern die fließenden Übergänge in chemischer Hinsicht zwischen den einzelnen regional getrennten, aber ungefähr gleichzeitig aufsteigenden Eruptiven zeigen uns, daß Verbindungen nach allen Seiten bestanden, über die sich ein Austausch vollziehen konnte. In diesem Sinne ist der Vulkanismus nicht als lokales Phänomen auffaßbar, sondern der Ausdruck einer den ganzen Erdball umfassenden einheitlich geregelten Stoffwirtschaft, deren Förderung bis zu einem gewissen Grade eine Funktion der Krustenbewegungen darstellt.

Literatur.

W. Schweydar: Untersuchungen über die Gezeiten der festen Erde und die hypothetische Magmaschicht. Veröff. Preuß. Geod. Inst., N. F., Nr. 54, Potsdam 1912.

Derselbe: Die Polbewegung in Beziehung zur Zähigkeit und zu einer hypothetischen Magmaschicht der Erde. Veröff. Preuß. Geod. Inst., N. F., Nr. 79, Berlin 1919.

P. Niggli: Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma. Preisschr. d. Fürstl. Jablonowskischen Ges. XLVII, Leipzig 1920.

Derselbe: Der Taveyannazsandstein und die Eruptivgesteine der jungen mediterranen Kettengebirge Schweiz. Min.-Petr. Mitt. 2, (1922).

V. M. Goldschmidt: Stammestypen der Eruptivgesteine. Vid. Selsk. Skr., Kristiania 1922.

L. Milch: Das Problem der Differentiation der Erstarrungsgesteine. Geol. Rundsch. 15, 318 (1924).

Über die nächsten Aufgaben luftelektrischer Forschung.

Von H. Benndorf.

Ein eingehendes Studium der von Bauer durch ihre magnetische Wirkung nachgewiesenen Vertikalströme erscheint für eine Erklärung der Aufrechterhaltung der Entladung von fundamentaler Bedeutung. Es wird eine Reihe von Problemen besprochen, deren Bearbeitung von prinzipieller Wichtigkeit für die Erforschung der luftelektrischen Vorgänge ist.

Auf dem Naturforschertage in Innsbruck habe ich im September 1924 ein Referat über das „Grundproblem luftelektrischer Forschung“ erstattet, das in der Physikalischen Zeitschrift erschienen ist. Anschließend an dieses Referat und die von mir dort aufgestellten Hypothesen, möchte ich hier einige erweiternde Ausführungen bringen.

Das Problem der Aufrechterhaltung der Erdladung, um dessen Lösung sich die Geophysiker seit zwei Dezennien vergeblich bemüht haben, ist durch Bauers Nachweis der Existenz elektrischer Ströme von und zur Erde seiner Bedeutung beraubt worden, und an seine Stelle ist die Aufgabe getreten, die physikalische Natur dieser Ströme zu erklären.

1. Die quantitativen Resultate, zu denen Bauer gelangt ist, sind die folgenden. Denken wir uns die Erdoberfläche durch die Parallelkreise 45° N und 45° S in drei Zonen geteilt, zwei Polarkappen und eine Äquatorialzone, so ergibt sich, berechnet aus dem Linienintegral der magnetischen Feldintensität langs beider Parallelkreise, daß in die nördliche Polarkappe ein Zustrom negativer Elektrizität von $194 \cdot 10^4$ Amp., in die südliche von $160 \cdot 10^4$ Amp., in der Äquatorialzone ein Abstrom negativer Elektrizität von $354 \cdot 10^4$ Amp. erfolgen muß, bzw. in jeder Zone ein Strom entgegengesetzter Richtung, wenn man den Strom aus positiven Elektrizitätsträgern gebildet annimmt.

Da die Beträge des Linienintegrals der magnetischen Feldintensität etwaige Messungsfehler weit übersteigen, ist man gezwungen, solange man nicht die Grundlagen der Elektrodynamik preisgibt, die Existenz dieser vertikalen Ströme als gesichert anzusehen.

Ist dies zugegeben, so folgt mit Notwendigkeit daraus, daß in der Erdrinde Erdströme fließen müssen, die im Mittel von der Äquatorialzone nach den beiden