

Werk

Label: ReviewSingle

Ort: Braunschweig

Jahr: 1906

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021 | LOG_0319

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXI. Jahrg.

9. August 1906.

Nr. 32.

R. J. Strutt: Über die Verteilung des Radiums in der Erdrinde und über die innere Wärme der Erde. (Proceedings of the Royal Society 1906, ser. A, vol. 77, p. 472—485.)

Rutherford hat eine Rechnung aufgestellt, nach welcher in der Erde genügend viel Radium enthalten ist, um den in der Nähe der Oberfläche beobachteten Temperaturgradienten zu erklären. Diese Frage hat auch eine hohe kosmische Bedeutung, weil, wenn wir finden, daß die Wärme des Erdinnern von Radioaktivität herührt, und wenn wir, wie das gewöhnlich geschieht, annehmen, daß diese Wärme in kleinem Maßstabe von denselben Ursachen bedingt ist, die in der Sonne und den Sternen wirksam sind, daraus folgen würde, daß auch die letzteren durch radioaktive Umwandlungen erwärmt werden.

Die Rechnung von Rutherford stützte sich auf einige Daten von Elster und Geitel über die Menge der Radiumemanation, welche von einem Stück Ton ausgestrahlt wird. Diese Daten waren aber zu einer Zeit erhalten, als die quantitative Bestimmung kleiner Mengen Radium noch nicht sichergestellt war; sie sind überdies nicht geeignet, eine allgemeine Vorstellung von der durchschnittlichen Menge Radium in der Erdrinde zu geben. Herr Strutt hat daher eine umfassende Untersuchung des Radiumgehaltes in verschiedenen typischen Gesteinen ausgeführt, deren interessante Resultate in der vorliegenden Abhandlung mitgeteilt werden.

Die uns allein zugängliche Erdrinde besteht, wie bekannt, aus vulkanischen Gesteinen und aus Sedimenten, welche aus der Wirkung geologischer Umwandlungen auf diese Gesteine entstanden sind. Zweifellos könnte der durchschnittliche Radiumgehalt der ursprünglichen vulkanischen Gesteine ziemlich gut aus der Untersuchung einer großen Menge von Sedimenten erschlossen werden. Es ist aber zuverlässiger, die vulkanischen Massen selbst direkt zu prüfen. Herr Strutt hat zwar auch einige Sedimentgesteine untersucht, legt ihnen jedoch wenig Wert bei und stützt sich für die Bestimmung des durchschnittlichen Gehalts der Erdrinde an Radium vorzugsweise auf die Resultate, die er mit eigentlichen vulkanischen Massen erhalten. Die Befunde an den Sedimentgesteinen und die Bestimmung der Mineralien in den vulkanischen Gesteinen, welche das Radium führen, sollen später mitgeteilt werden. Hingegen sind wegen ihres besonderen Interesses auch

einige Meteoriten untersucht und die Ergebnisse neben denen der vulkanischen Gesteine erwähnt worden.

Der Gehalt der Gesteine an Radium wurde quantitativ mittels ihrer Emanation bestimmt. Eine Lösung des Gesteins wurde so lange stehen gelassen, bis sich die Emanation vollständig angesammelt hatte, die dann durch Kochen extrahiert und in ein geladenes Elektroskop geleitet wurde. Der dadurch bedingte erhöhte Elektrizitätsverlust war ein Maß der Menge des anwesenden Radiums; durch die gleiche Behandlung eines Uranminerals von bekanntem Radiumgehalt wurde das Maß zu einem absoluten. Um die Emanation sicher quantitativ zu extrahieren, mußte das Gestein durch chemische Agentien vollständig zerlegt werden, was bei den Kalksteinen und metallischen Meteoriten durch Lösen in Chlorwasserstoffsäure, bei den kiesel-säurehaltigen Massen jedoch durch Schmelzen mit Alkalicarbonaten ermöglicht wurde.

Herr Strutt beschreibt eingehend den von ihm befolgten Prozeß und gibt als Belege zwei Bestimmungen im Detail, eine an einem Granit vom Kap der guten Hoffnung und eine an einem Olivin von der Insel Rum, von denen die erstere zu dem Gehalt von $7,15 \times 10^{-12}$ g Radium im Gramm des Gesteins, die zweite zu einem von $0,676 \times 10^{-12}$ g Radium geführt hat. Durch diese Einzelheiten soll der Leser in die Möglichkeit versetzt werden, die Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu prüfen, die der Verfasser in einer Tabelle übersichtlich zusammengestellt hat. Diese enthält die Werte des Radiumgehalts von 28 vulkanischen Gesteinen, welche zwischen einem Gehalt von $9,56 \times 10^{-12}$ g Radium im Gramm des Gesteins und einem von $0,613 \times 10^{-12}$ g variieren; in einer zweiten kleinen Tabelle sind die Ergebnisse von Untersuchungen eines Steinmeteoriten, dreier Eisenmeteoriten und eines Stückes gediegenen Eisens von Ovifak auf der Disco-Insel angeschlossen. Verfolgt sodann an die Diskussion der Versuchsergebnisse, welcher das Nachstehende entnommen ist.

Eine einfache Rechnung ergibt, wenn die bekannten Werte der Wärmeerzeugung des Radiums, der Wärmeleitung der Gesteine der Erdrinde und des Temperaturgefälles in der Erde benutzt werden, daß unter der Voraussetzung des Wärmegleichgewichts in der Erde die durchschnittliche Menge des Radiums im Kubikzentimeter, welche die gesamte Erdwärme zu decken vermag, nicht viel größer zu sein braucht als $1,75 \times 10^{-13}$ g, wobei die Annahme gemacht ist,

daß die Wärmebildung des Radiums unter den innerhalb der Erde herrschenden Bedingungen nicht wesentlich vermindert ist. Die von Herrn Strutt untersuchten vulkanischen Gesteine enthalten nun ohne Ausnahme viel mehr Radium im Kubikzentimeter als der hier gefundene Wert. Selbst das ärmste von allen, der grönländische Basalt, enthält mehr als 10mal so viel; im Durchschnitt führen sie etwa 50 bis 60mal so viel.

Die Frage drängt sich nun auf, warum die Erde nicht ein größeres Temperaturgefälle besitzt als das beobachtete. Herr Strutt unterzieht daher seine Berechnung einer Prüfung, indem er auf die derselben zugrunde liegenden Voraussetzungen eingeht. Die ausgeführte Berechnung ging von drei Annahmen aus: 1. daß die Erde im Wärmegleichgewicht ist, d. h. daß die Wärme, die pro Sekunde entweicht, gleich ist der in dieser Zeit gebildeten Zufuhr; 2. daß keine andere Quelle der inneren Wärme vorhanden ist als das Radium, 3. daß 1 g Radium innerhalb der Erde ebensoviel Wärme bildet als an der Oberfläche.

Was die erste Voraussetzung betrifft, so würde die Annahme, daß die Erde sich abkühlt, die Schwierigkeit nur noch steigern, und die Annahme, daß sie wärmer wird, dürfte schwerlich gemacht werden können. Bezüglich der zweiten kann es wohl nicht zweifelhaft sein, daß eine der Radiummenge proportionale Menge von Uran in den Gesteinen vorhanden ist; überdies ist auch eine Spur von Thor wahrscheinlich zugegen. Aber diese Wärmequellen sind im Vergleich mit dem Radium wahrscheinlich unbedeutend. Auch die Möglichkeit einer Radioaktivität der gewöhnlichen Stoffe muß zugegeben werden. Wenn man aber eine Wärmewirkung von ihnen annimmt in der Größenordnung, die man aus ihrer Ionisierung erwarten könnte, würde man zu einem Temperaturgefälle kommen, das etwa 1000mal so groß ist als das beobachtete. Dies Argument scheint gegen die Theorie zu sprechen, daß sie eine eigene Radioaktivität von dieser Größenordnung besitzen.

So bleibt nur die dritte Annahme, über die man nicht so leicht hinwegkommt wie über die anderen; Verf. behält sich diese für eine spätere eingehendere Diskussion vor. Vorläufig nimmt er an, daß sie berechtigt ist und daß die Erde im Durchschnitt nicht mehr als $1,75 \times 10^{-13}$ g Radium per Kubikzentimeter enthält. Da nun die Versuche ergeben haben, daß 5×10^{-12} g per Kubikzentimeter ein typischer Wert für die oberflächlichen Gesteine ist, kann nicht mehr als $\frac{1}{30}$ des Erdvolumens aus Stoff bestehen, der dem an der Oberfläche angetroffenen ähnlich ist. Dies gibt für die Gestein-Rinde eine Tiefe von etwa 45 Meilen (72 km), wenn man voraussetzt, daß im Innern radioaktives Material vollständig fehlt.

Herr Strutt berechnet sodann aus den hier gefundenen Daten die Verteilung der Temperatur in der Erdrinde und gelangt zu einem Ausdruck, den er graphisch in einer Kurve anschaulich macht. Man sieht, daß das Maximum der Temperatur am Boden der Rinde, in der Tiefe von $7,25 \times 10^6$ cm 1530°

beträgt, also noch bedeutend unter dem Schmelzpunkte des Platins liegt. Dieses Ergebnis wurde erhalten unter der vorläufigen Annahme, daß die Wärmebildung des Radiums in der ganzen Rinde dieselbe ist wie an der Oberfläche. Gestützt wird diese Annahme durch einen Versuch von Makower, der gefunden, daß die Aktivität der Radiumemanation und ihrer Produkte bei 1200° dieselbe ist wie bei gewöhnlicher Temperatur; man hat daher keinen Grund zu glauben, daß eine starke Änderung vor 1500° eintritt. Diese Schlüsse zieht Verf. jedoch nur mit aller Reserve, bis weitere Versuche das Verhalten der Aktivität bis zu dieser Temperatur festgelegt haben.

Das Ergebnis bezüglich der Dicke der Erdrinde schien anfangs dem Verf. unglaublich; aber aus seinen Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbeben im Erdinnern war Milne zu einem noch kleineren Werte, nämlich 30 Meilen, gekommen. Dieser Wert verträgt sich mit Herrn Strutts Daten sehr gut, wenn man annimmt, daß die an Radium reichen Gesteine, wie Granit, etwas zahlreicher vorhanden sind, als angenommen wurde, da der Wert 5×10^{-12} g Radium als typisch aufgestellt wurde. Die Ansicht von Milne, daß in der Tiefe von 30 Meilen ein sehr plötzlicher Übergang stattfindet und darunter ein ziemlich gleichmäßiges Material die ganze Erde bildet, stimmt gleichfalls mit der hier entwickelten Anschauung.

„Die chemische Beschaffenheit des Erdinnern ist ein schwieriges Problem. Schwerlich kann es hauptsächlich aus Eisen bestehen, wie gewöhnlich nach Analogie mit den Meteoriten angenommen wird. Die Meteoriten sind zwar nach den oben mitgeteilten Versuchen auffallend frei von Radium, was der Analogie mit dem Erdinnern entspricht. Aber wenn das steinige Äußere der Erde nur einen kleinen Bruchteil ihres Volumens ausmacht, kann es keinen rechten Einfluß auf ihre mittlere Dichte haben, welche vielmehr nahezu der des Kernes gleich sein muß. Die Dichte der Erde (5,5) ist aber viel kleiner als die des Eisens (7,7).

Die hier gewonnenen Daten finden eine interessante Anwendung auf den Mond. Was wir von der Mondoberfläche beobachten können, legt es nahe, daß er aus Gesteinen, ähnlich den auf der Erde vorhandenen, besteht. Die Annahme, daß der Mond sich von der Erdoberfläche abgetrennt hat, spricht dafür, daß er aus dem gleichen Material gebildet ist; auch die Dichte des Mondes (3,5) weicht nicht weit von derjenigen der Gesteine ab. Es ist daher gerechtfertigt, hieraus zu schließen, daß der Mond aus ähnlichem Gestein besteht wie die Erdrinde. Aus dieser Anschauung folgt, daß das Temperaturgefälle des Mondes sehr groß sein muß im Vergleich mit dem der Erde. Denn das Material des Mondes wird 30 mal reicher an Radium sein als das durchschnittliche Material der Erde. Da sein Volumen etwa ein Fünfzigstel von dem der Erde ist, wird die gesamte Wärmebildung im Monde etwa die halbe von der in der Erde sein. Diese Wärme muß nun ab-