©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Radium, die Quelle des Lebens.

Von

Privatdozent Dr. Gerhard Kirsch.

Vortrag, gehalten am 16. November 1927.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Es ist eine schon seit mehreren Jahrzehnten jedem Schulkinde geläufige Vorstellung, daß sich unsere Erde infolge allmählicher Abkühlung zusammenzieht und dabei wie ein eintrocknender Apfel Runzeln bekommt, die Gebirge. Aus mehrfachen Gründen kann aber die Sache nicht so einfach sein. Vor allem ist die Zeit, die ein Körper von der Größe der Erde braucht, um in den heutigen Zustand zu gelangen, viel zu kurz. Die Abkühlung eines Körpers von Himmelskörperdimensionen vom gasförmigen oder glutflüssigen Zustand ausgehend, ist etwa folgendermaßen vorzustellen: Die Wärme wird an der Oberfläche durch Ausstrahlung an den Weltraum abgegeben. Da die Ausstrahlung außerordentlich rasch mit steigender Temperatur zunimmt (proportional der vierten Potenz derselben!), so ist die Zeit, in der ein Himmelskörper wie die Erde bereits einen namhaften Teil seiner Wärme ausstrahlt, sehr kurz, solange nur seine Oberflächentemperatur hoch genug ist und die Zufuhr der Wärme aus dem Inneren an die Oberfläche rasch genug vor sich geht. Diese beiden Voraussetzungen sind erfüllt, solange der Körper gasförmig oder flüssig ist, denn solange steht für den Wärmetransport nicht nur die — auf Himmelskörperdimensionen äußerst langsam arbeitende — Wärmeleitung zur Verfügung, sondern auch die Konvektion, der Transport durch Strömung von Materie. Die Zeit, in der die Erde von

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

einer glühenden Gasmasse sich zu einer feurigflüssigen Kugel verdichtete, ist demgemäß auf nicht mehr als 5000—10.000 Jahre zu veranschlagen und die Zeit von der Verflüssigung bis zur vollkommenen Erstarrung ist von der gleichen Größenordnung anzunehmen.

Da eine eventuell an der Oberfläche gebildete feste Kruste alsbald irgendwo zerbrechen wird — dauert es doch Wochen bis sie Meterstärke erreicht hat —, so sinken alle solche Krustenteile in der noch flüssigen Lava unter und sammeln sich am Grunde, so daß die Erstarrung von innen nach außen fortschreitend stattfindet. Hat sie die Oberfläche erreicht, so beginnt die Abkühlung unter den Erstarrungspunkt von außen in das Innere des Planeten vorzudringen, anfangs sehr rasch und später immer langsamer. Ein Autor berechnete, daß unter Zugrundelegung von Basaltschmelztemperatur sich die Abkühlung binnen der ersten Million Jahre bis 13 km Tiefe fühlbar zu machen beginnt, in 10 Millionen Jahren dagegen nur bis in die doppelte Tiefe.

Schon einige Wochen nach Vollendung der Erstarrung könnte man auf der Erdoberfläche umhergehen, ist doch die Oberflächentemperatur der Erde durch außerirdische Faktoren und ihre Atmosphäre bestimmt und von der Raschheit der Temperaturzunahme nach dem Erdinneren weitgehendst unabhängig. Diese Temperaturzunahme nach dem Erdinneren ändert sich im Laufe der Abkühlung immer langsamer und wird immer geringer. Ihr heutiger

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wert von durchschnittlich 3° auf 100 m Tiefe würde sich etwa binnen 20 Millionen Jahren einstellen, wenn es im Inneren der Erde keine Wärmequellen gäbe.

Mit dem Ergebnis dieser Berechnung, die schon vor einem halben Jahrhundert von Lord Kelvin durchgeführt wurde, daß also unser Planet erst 20 Millionen Jahre alt sei, konnten sich die Geologen unmöglich einverstanden erklären. Jede geologische Epoche, von der heute noch genügend Spuren übrig sind, muß allein schon solange gedauert haben; denn in jeder wurden Sedimentserien von vielen tausenden Metern Mächtigkeit gebildet, Gebirge aufgerichtet und wieder abgetragen, und die Lebewelt machte mehr oder weniger tiefgreifende Veränderungen durch, die größere Zeiträume erfordern.

Die Entdeckung der radioaktiven Stoffe war es, die die Lösung dieser Widersprüche anbahnte, der wir heute auf der Spur sind. Und zwar geschah dies auf zweierlei Weise. Erstens können uns die radioaktiven Vorgänge, die absolut unbeeinflußt von äußeren physikalischen Umständen ablaufen, infolge ihrer absoluten Gleichmäßigkeit als Uhren zum Messen geologischer Zeiträume dienen, falls wir nur auf dem Zifferblatt dieser Uhr die registrierten Zeiten abzulesen vermögen. Und das können wir tatsächlich. Der Geologe findet z. B. einen Pegmatitgang, das ist eine mit einem Eruptivgestein ausgefüllte Spalte. Die Gesteinsfüllung dieser Spalte muß natürlich jünger sein,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

als das umgebende Sedimentgestein. Irgendwo endigt die Spalte plötzlich und wir finden ungestörte Sedimentgesteine, die erst nach dem eruptiven Vorgang gebildet wurden, also ihrerseits auch wieder jünger sein müssen als das Eruptivgestein. Letzteres, d. h. eigentlich der Zeitpunkt seiner Erstarrung, ist also relativ zu den Ereignissen der geologischen Geschichte festgelegt. Denn das relative Alter von Sedimentschichten kann meistens nach den Organismen, deren Reste sie führen, gut beurteilt werden. In einem Pegmatitgang findet man nun häufig Kristalle von radioaktiven Mineralien. Die Analyse eines solchen Kristalls ergibt die Anwesenheit der Produkte des radioaktiven Zerfalls in bestimmtem Verhältnis zur Muttersubstanz. Die Geschwindigkeit, mit der aus der Muttersubstanz die Zerfallsprodukte gebildet werden, ist uns von Laboratoriumsversuchen her bekannt. Aus der relativen Menge der Zerfallsprodukte, die sich im Kristall seit seiner Entstehung gebildet hat, läßt sich daher die Zeit seit der Erstarrung des Eruptivgesteins bestimmen. Man hat auf diese Weise gefunden, daß gewisse Formationen wenigstens 1600 Millionen Jahre alt sind. Und so alt muß natürlich mindestens auch die Erde sein.

Vermögen uns die radioaktiven Vorgänge so einerseits eine sichere Angabe über die Länge geologischer Zeiträume zu machen, so zeigen uns die Untersuchungen von Gesteinen auf Radiumgehalt andererseits an, daß so ziemlich alle Gesteine radioaktiv sind; wenn ihr Radium-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gehalt auch nur gering ist, so genügt die Wärmeentwicklung durch die radioaktiven Stoffe doch, um den Verlust an Wärme durch die Jahrmillionen dauernde Abkühlung wettzumachen, ja, wenn die Erde durch und durch so radiumhältig wäre, wie die uns zugänglichen Oberflächengesteine, so würde die produzierte Wärme die durch die Erdoberfläche abgegebene bei weitem übertreffen. Es ist daher anzunehmen, daß nur eine gewisse Schichte in der Nähe der Erdoberfläche relativ hohen Radiumgehalt besitzt. Diese Annahme wird gestützt, durch die Erfahrung, daß schwerere, kieselsäureärmere Gesteine, von denen wir aus verschiedenen Gründen annehmen müssen, daß sie aus großen Tiefen stammen, viel weniger Radium enthalten, als die granitartigen Gesteine, die an der Erdoberfläche überwiegen.

Das Vorhandensein einer radioaktiven Schicht in der Nähe der Erdoberfläche ermöglicht im Prinzip den Widerspruch zwischen der Forderung hohen Alters seitens der Geologen und den radioaktiven Zeitbestimmungen an Kristallen einerseits und dem hohen Temperaturgefälle von 3^0 pro 100 m andererseits aufzulösen. Denn letzteres bedeutet ja nur dann, daß die Erde nur 20 Millionen Jahre alt ist, wenn keine Wärmequelle im Erdinneren angenommen wird. Bei Annahme einer radioaktiven Oberflächenschicht, die einen ziemlich kräftigen, aus verhältnismäßig geringer Tiefe stammenden Wärmestrom, und damit an der Erdoberfläche das starke beobachtete Temperaturgefälle

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

liefert, läßt sich letzteres aber auch mit einem so hohen Alter der Erde vereinbaren, wie es die radioaktiven Altersbestimmungen anzeigen. Allerdings wäre die Auskühlung des Erdkörpers in diesem Falle während der zweiten Hälfte der geologischen Geschichte eine relativ geringfügige und außerordentlich langsame gewesen; dasselbe gilt übrigens auch für den Fall der Abwesenheit ins Gewicht fallender Mengen radioaktiver Stoffe, nur würde dann bei einem Alter der Erde von 1600 Millionen Jahren die Temperaturzunahme nach dem Erdinneren zu eine bedeutend geringere als die beobachtete sein müssen. In beiden Fällen wären die Bewegungen in der Erdkruste, Gebirgsbildung u. dgl., in den letzten 600—800 Millionen Jahren relativ unbedeutend.

Was wir beobachten, ist aber gerade das Gegenteil hievon. Viermal in dieser Zeit — das letztemal in der unmittelbaren Vergangenheit — ging es auf unserem Planeten, geologisch gesprochen, recht wild zu; riesige erdumspannende Kettengebirge, wie die heute bestehenden, wurden in relativ kurzer Zeit, vielleicht in wenigen Millionen Jahren, aufgerichtet und in den relativ ruhigen, langen Zwischenzeiten bis auf niedrige Gebirgsrümpfe wieder abgetragen. Statt daß die Schrumpfung der Erde in den letzten paar hundert Millionen Jahren höchstens 10—20 km Verkürzung des Erdumfanges und entsprechende Zusammenschübe bewirkte, sehen wir wiederholt sich Ereignisse abspielen, die in relativ kurzer Zeit Zusammen-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

schübe, Relativbewegungen von Schollen, um mehrere 100 km erfordern. Ferner sehen wir statt der zu erwartenden außerordentlich ruhigen und gleichförmigen Entwicklung der späteren geologischen Geschichte einen lebhaften Wechsel der Grenzen zwischen Land und Meer. Große Teile der Kontinente werden von flachen Meeresarmen und Buchten, immerhin hunderte Meter tief, überflutet und wieder freigegeben.

Es ist klar, daß man mit der Annahme einer sich stetig immer nur abkühlenden Erde all diesen Erscheinungen machtlos gegenübersteht. Auch vulkanische Erscheinungen größeren Stils, wie die geologisch betrachtet z. T. gar nicht weit zurückliegenden großen Basaltergüsse, bei denen an verschiedenen Stellen der Erde Tausende von Kubikkilometern Lava gefördert wurden, sind nach dieser Theorie unverständlich. Die prinzipielle Erklärungsmöglichkeit für alle die erwähnten Hauptzüge der geologischen Geschichte hat mit einem genialen Griff der Irländer J. Joly gegeben.

Er legt seiner Theorie ungefähr das Bild von der Erdkruste zugrunde, wie es schon A. Wegener, der Begründer der Theorie der Kontinentverschiebungen, aufgestellt hat: Ausgehend von der Tatsache der Isostasie — man darf es heute wohl schon so nennen —, daß nämlich höher stehende Teile der Erdkruste, Festländer oder gar Gebirge, gegenüber dem Meeresboden aus leichterem Material bestehen und in der schwereren Unterlage eingebettet in derselben gleichsam schwimmen,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ähnlich wie Eisschollen auf dem Wasser. Granit und ähnliche Gesteine sind dabei das kontinentale Material; ihre uns hier interessierenden Eigenschaften sind relativ hoher Radiumgehalt, spezifisches Gewicht um 2·8 und Schmelzpunkt ihrer Bestandteile zwischen 1400° und 1600°. Die Unterlage aber dürfte gabbroiden Charakter haben; ihm entstammende Lava hat die Dichte 2·9 bis 3, in größerer Tiefe (unter hohem Druck) vielleicht noch mehr. An der Erdoberfläche erstarrend kristallisiert sie als Basalt von der Dichte 3, in der Tiefe unter und z. T. neben den Kontinenten aber vielleicht schon als Eklogit; letzteres Gestein hat die gleiche Bauschzusammensetzung wie Basalt, besteht aber aus anderen dichteren Mineralien, wie sie aus dem gleichen Schmelzfluß wie Basalt aber bei hohem Druck entstehen; es hat eine Dichte von 3·4 bis 3·5 also ungefähr 20 % mehr als Granit. Wenn die granitischen Tafeln der Kontinente in diesem Medium schwimmen und rund 4000 m (die mittlere Tiefe der Weltmeere) aus demselben emporragen, so müssen sie rund das vier- bis fünffache davon eintauchen, also eine Dicke von rund 20 km haben.

Eine Tafel von dieser Dicke auch nur aus mittleren Gesteinstypen (zwischen Granit und Basalt) bestehend, mit entsprechendem mittlerem Gehalt an radioaktiven Stoffen liefert allein schon soviel Wärme, als heute durch die Oberflächen der Kontinente in den Weltraum abströmt. Nun enthält aber auch die Unterlage wärmeproduzierende, radioaktive Stoffe, deren

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wärme nicht durch die Kontinente abströmen kann, wenn nicht ein entsprechendes Temperaturgefälle da ist, so daß die nächste Folge eine Temperatursteigerung — wäre —, wenn nicht der Eklogit vorher schon schmelzen würde. Diese Folgerung ist nach unserem heutigen Wissen unvermeidlich, denn auch wenn die Temperatur an der Unterseite der Kontinentaltafeln noch nicht die Schmelztemperatur von Eklogit erreichen sollte, so wird sie eben in etwas größerer Tiefe erreicht. Daß irgendwo in nicht allzu großer Entfernung von der Oberfläche die Gesteine infolge radioaktiver Wärmeentwicklung schmelzen, ist aber gewiß. Nach dem — relativ geringen — Radiumgehalt der großen Deckenbasaltergüsse kann man abschätzen, daß die zur vollständigen Schmelzung der Gesteine der gabbroiden Zone nötige Wärme in etwa 30 Millionen Jahren aufgebracht würde. Ist diese Schicht nun geschmolzen, so würde ihre Temperatur infolge der Wärmeentwicklung der in ihr enthaltenen radioaktiven Stoffe zu steigen beginnen, wenn sie überall granitische Gesteine als Begrenzung hätte, so aber, wo unter dem Ozean die basaltisch-eklogitischen Gesteine bis oder beinahe bis zum Ozeanboden hinaufreichen, wird die erzeugte Wärme einer mächtigen Schicht zur Gänze zum Einschmelzen der Decke in ozeanischen Bereichen verwendet, bis dieselbe dünn genug ist, um die ganze erzeugte Wärme durch Leitung passieren zu lassen. Daß in diesem Stadium kein Gleichgewichtszustand erreicht wird, wie gelegentlich behauptet wurde, geht daraus hervor, daß die Erde heute

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

durch und durch so fest ist, daß sie transversale Erdbebenwellen fortpflanzt, was eine flüssige Schichte nicht vermöchte. Es muß also auf irgendeinem Wege die Wiederverfestigung des Magmas (der Lava) eintreten. Der Grund liegt darin, daß eine solche geschmolzene Schicht größter Dimensionen in verschiedenen Tiefen infolge des verschiedenen dort herrschenden Druckes einen mit der Tiefe zunehmenden Erstarrungspunkt besitzt. Sie hat daher an der oberen Grenze eine höhere Temperatur als die Decke, auch wenn dieselbe die gleiche chemische Zusammensetzung hat, wie die Schmelze. Das Einschmelzen der Decke nimmt daher auch dann noch seinen Fortgang, wenn der Gleichgewichtszustand überschritten ist und das Lavameer an seinem Grunde zu erstarren beginnt. Auf diese Weise wird die völlige Wiederverfestigung eingeleitet und durchgeführt und das Spiel kann von Neuem beginnen.

Was für eine Wirkung haben nun die skizzierten Vorgänge in der Tiefe auf das Geschehen an der Erdoberfläche? Erstens haben die periodischen Änderungen der Dichte einer vielleicht 100 km oder mehr mächtigen Schichte — die Dichteänderungen durch das Schmelzen betragen, je nach Annahme von Basalt oder Eklogit, 5—30 % — die Folge, daß sich das Gesamtvolumen und die Oberfläche der Erde in einem gewissen Rhythmus ändern. Die Erde atmet förmlich. Die Oberflächenvergrößerung, mit einem Zerreißen des schwachen Ozeanbodens an gewissen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Stellen und Ausfüllung der Spalten mit Magma aus der Tiefe verbunden, hinterläßt kaum sichtbare Spuren an der Erdoberfläche. Die Kompression beim Wiederfestwerden dagegen bewirkt den Zusammenschub der vor den Kontinentalrändern abgelagerten Sedimentpakete und die Auffaltung von Kettengebirgen. Beträge an Zusammenschub von vielleicht 100 km (entsprechend einer Änderung des Erdradius um 15 km) und mehr stehen dabei in jeder Periode erneut zur Verfügung.

Zweitens haben die Dichteänderungen des Mediums, in dem die Kontinente eingebettet sind, die Folge, daß die Kontinente in das geschmolzene Magma tiefer tauchen und in dem festen (nur den Flüssigkeitsgrad fester Körper besitzenden) Gestein dagegen in höherer Lage schwimmen. Die entsprechenden Niveauänderungen bewirken die früher erwähnten Überflutungen großer Teile der Kontinente. Und zwar tritt im allgemeinen das Zurückgehen der Überflutungen in Übereinstimmung mit der Theorie zugleich mit und im Anschluß an die Aufrichtung der Gebirge ein. Dann beginnt wieder langsam das Wachsen der Überflutungen Hand in Hand mit der Wärmeaufspeicherung und fortschreitendem Schmelzprozeß in der Tiefe.

So manche Einzelheit der Theorie, die bereits verbessert wurde, muß im Rahmen dieses Vortrages unerwähnt bleiben, aber daß hier zum erstenmal diejenige Art von Vorgang aufgefunden wurde, die allein den Hauptzügen der geologischen Geschichte zu ent-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sprechen vermag, dürfte wohl aus dem bisher skizzierten hervorgehen.

Wenn man nun bedenkt, daß die Zeiten der sogenannten Erdrevolutionen, der Aufrichtung der großen Kettengebirge und die damit verbundenen Klimaänderungen es waren, die der Entwicklung der Lebewelt neue Anstöße gaben, und sich vergegenwärtigt, wie ereignislos die geologische Geschichte unseres Planeten bei Abwesenheit der radioaktiven Stoffe und bei einfacher stetiger Abkühlung seit den Zeiten der ältesten Lebensspuren im Kambrium verlaufen wäre, so erscheint es schon aus diesem Grunde gerechtfertigt, das Radium als das Salz der Erde, als eine Quelle des Lebens zu bezeichnen. Wie wir gleich sehen werden, gilt dies aber auch noch in einem ganz anderen Sinne.

Wir haben früher erfahren, daß schon unter Kontinentaltafeln normaler Mächtigkeit oder nicht viel tiefer infolge der radioaktiven Wärmeentwicklung die Schmelztemperatur von Basalt oder Eklogit (ca. 1000°) erreicht wird. Da nun die Basistemperatur einer gleichmäßig radioaktiven Schicht, die nur nach einer Seite (nach oben) Wärme abgeben kann, mit dem Quadrat ihrer Dicke steigt, so müssen unter den Gebirge tragenden Zonen, wo die Kontinentaltafeln dementsprechend mächtiger sind, um die Gebirgslast in ihrer hohen Lage schwimmend zu tragen, sich Temperaturen einstellen, die auch zur Schmelzung kontinentaler Gesteine führen können. Trotz der immer sich wieder-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

holenden Kompression und der Auffaltung mächtiger Gebirge kann daher die Mächtigkeit der Kontinente und die mittlere Landhöhe nicht beliebig steigen, weil sonst die radioaktive Wärmeentwicklung regulierend eingreift und durch Abschmelzung an der Unterseite die Mächtigkeit der Kontinente wieder herabsetzt. Die abgeschmolzenen Partien leichteren kontinentalen Gesteins fließen auf der Unterseite der Kontinente nach aufwärts, also nach den Rändern ab. Auf diese Weise können die Vereisungen, die ohnedies im Anschluß an jede Gebirgsbildungsperiode in größerem Umfange eintreten, nicht überhandnehmen. Auch in dieser Hinsicht bereitet das Radium dem Leben eine Stätte.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß auf der Erde ohne Radium und andere radioaktive Stoffe, ohne stets mit unverminderter Stärke erneuter Kompression und Gebirgsbildung, bei ereignislosem Verlauf der geologischen Geschichte wohl längst die Brandungswellen die letzten Reste der Kontinente zerstört hätten und die Oberfläche unseres Planeten nur ein einziges Weltmeer mit gelegentlichen Untiefen sein würde. Keine Menschheit, keinen Vogel, kein Insekt würde es geben; kein luftatmendes Leben wäre möglich. Auch in diesem Sinne also ist

das Radium die Quelle des Lebens.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1928

Band/Volume: 68

Autor(en)/Author(s): Kirsch Gerhard Theodor

Artikel/Article: Radium, die Quelle des Lebens. 1-15