

Stufenleiter des irdischen Geschehens : die absolute Zeitrechnung in der Erdgeschichte

Autor(en): **Flügel, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **8 (1953)**

Heft 1

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653583>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

STUFENLEITER des irdischen Geschehens

Die absolute Zeitrechnung in der Erdgeschichte

Von Dr. H. Flügel, Graz

DK 529:550.311

Wir sind gewöhnt, mit dem Begriff Geschichte Jahreszahlen, auf die wir die historischen Ereignisse beziehen können, zu verbinden. Dadurch wird die Geschichtsrechnung — soweit sie die Menschheit und ihre politische und kulturelle Entwicklung betrifft — eine absolute. Geht man jedoch weiter zurück in die Ur- und Frühgeschichte der Menschheit, dann verliert die absolute Zahl, die das Ereignis mit uns, als dem betrachtenden Beschauer, verbindet, immer mehr an Wert. Völlig zu versagen scheint, aber der Zahlbegriff in der „Vormenschheitsgeschichte“ unserer Erde. Hier wird die Geschichtsbetrachtung immer mehr zu einer relativen, d. h. wir beziehen das Geschehen nicht mehr durch Zahlen auf uns, sondern betrachten es, eingesponnen in seine nächste Umwelt, nur mehr in Beziehung auf sein Vor- und Nachher und auf relativ „gleichzeitige“ Geschehnisse. Wir erhalten so eine Leiter der Erdgeschichte, deren einzelne Stufen nicht mehr durch Zahlen miteinander und mit uns verbunden sind, sondern von der wir nur die relative Aufeinanderfolge, nicht mehr aber den seitlichen Abstand der einzelnen Stufen voneinander kennen. Es ist daher naheliegend, daß der Versuch unternommen wird, in dieser Leiter einige Fixpunkte, einige Sprossen zahlenmäßig zu erfassen und dadurch diese relative Leiter an die absolute der Menschheitsgeschichte anzuschließen.

Am besten gelingt dies natürlich bei erdgeschichtlichen Ereignissen bzw. bei der Ein-

stufung von Ablagerungen und Lebewesen, die der Gegenwart oder der jüngsten geologischen Vergangenheit angehören. Derartige jüngste Geschehnisse lassen sich — soweit sie mit der Menschheitsgeschichte zusammenfallen — durch Zeugen letzterer einstufen. Manchmal ist es der Mensch selbst — wie z. B. Plinius d. J., der uns in einem Brief an Tacitus eine genaue Schilderung des Vesuvausbruches von 79 n. Chr. gab — manchmal sind es nur seine Werke, die uns Zeitmarken geologischen Geschehens liefern. Eine in letzter Zeit viel genannte Meldung ist die angebliche Auffindung der sagenhaften Insel Atlantis in der Nähe von Helgoland. Gleichviel, ob es sich hierbei wirklich um Atlantis handeln sollte oder — was wahrscheinlicher erscheint — ob die unter dem Meeresspiegel entdeckten Reste einem Steinmal des zweiten vorchristlichen Jahrtausends angehören, datiert dieser Fund — sollte er wirklich menschlicher Herkunft sein — die langsame Versenkung dieses Raumes unter das Meeresniveau in den dazwischenliegenden Zeitraum von 4000 Jahren. Ein ähnliches Beispiel gab Simon von der Bretagneküste, wo er an Hand von Menhire (Steinmaler) und Dolmen (Grabstätten) mehrmalige Hebungen und Senkungen in geschichtlicher Zeit nachweisen konnte. Bekannter noch sind die Säulen des Serapeums bei Pozzuoli (Abb. 1). Dieser Tempel war nachweislich noch 205 n. Chr. unversehrt. Als man ihn 1749 ausgrub, waren seine Reste bis zu 3½ m mit vulkanischer Asche bedeckt, während die darüberfolgenden 3 m durch Bohrmuscheln zerfressen waren. Aus diesen Tatsachen ergab sich, daß der Tempel nach seiner teilweisen Bedeckung durch Asche unter den Meeresspiegel versenkt worden war, wo sich an seinen Säulen, in der Zone zwischen der Aschenschichte und dem Meeresspiegel, Bohrmuscheln ansiedelten. Später wurde die Ruine jedoch wieder herausgehoben. Heute ist ihre Basis von austretendem Grundwasser erneut überspült, welches eine neuerliche Senkung dieses Gebietes anzeigt. Auch diese Ruine kann daher als Zeugnis für die Einstufung eines erdgeschichtlichen Ereignisses gewertet werden.

Neben diesen menschlichen finden bei der Chronologie erdgeschichtlichen Geschehens, so-

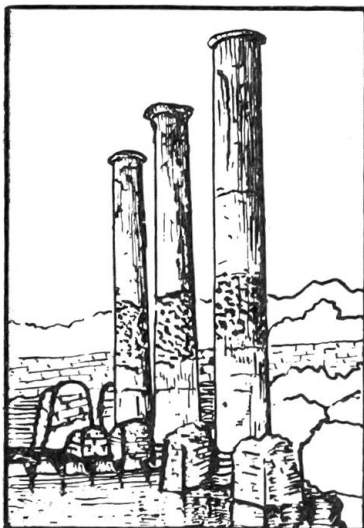


Abb. 1. Die Säulen des Serapeums in Pozzuoli, an denen man deutlich einen etwa 3 m hohen Abschnitt sieht, der von Bohrmuscheln zerfressen ist und anzeigt, daß diese Säulen bis zu dieser Höhe zeitweilig vom Meer bedeckt waren

weit sie mit der Menschheitsgeschichte zusammenfallen, auch natürliche Zeugen Verwendung. Es ist bekannt, daß das Alter der Bäume sich in ihren jährlichen Wachstumsringen widerspiegelt. Darüber hinaus konnte der amerikanische Forscher Douglas in ihrer

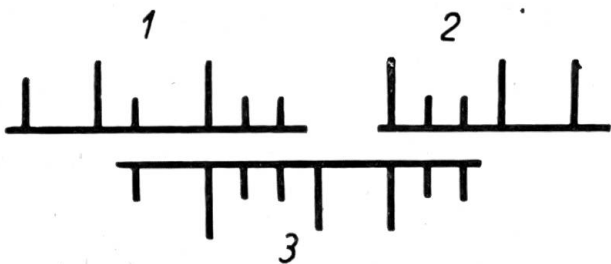


Abb. 2. Schema eines Jahresringkalenders (Erklärung im Text)

Abfolge regelmäßige Schwankungen feststellen. Er brachte sie mit der Sonnenflecktätigkeit in Verbindung. Durch Auftragung der Abstände der einzelnen Wachstumsringe auf einen Papierstreifen erhielt er für jeden Baum eine Wachstumsskala. Nachdem es gelungen war, durch Untersuchung von Balken aus Indianersiedlungen, die älter als die Entdeckung Amerikas waren, festzustellen, daß auch damals dieselben Schwankungen in den Wachstumsringen wie heute bestanden, glaubte man sich berechtigt, in der in Abb. 2 gezeigten Art und Weise die Wachstumsskalen zusammenzuhängen. Man erhielt so einen Wachstumskalender, der heute schon über die letzten 1200 Jahre zurückreicht. Er erhielt seine erste praktische Bewährung, als die Frage nach dem Alter des Ausbruches des San-Franzisko-Vulkans auftauchte. Unter der Asche des Vulkans begraben fanden sich Balken einer alten Indianersiedlung. Ihr Wachstumsskala zeigte nach Einpassung in den Jahresringkalender mit einer Genauigkeit von ± 100 Jahren, daß der Vulkanausbruch vor 1100 Jahren erfolgt war. Damit war mit der Dendrochronologie eine neue Methode zur Einstufung jüngster erdgeschichtlicher, aber auch menschheitsgeschichtlicher Ereignisse erwachsen.

Bedeutend unsicherer werden aber die Angaben über das absolute Alter, wenn wir in weiter zurückliegende Zeiten zurückgehen.

Die regelmäßige Wiederkehr klimatischer Schwankungen — wie sie der jahreszeitliche Wechsel mit sich bringt — kann sich unter Umständen einem gleichgerichteten Wechsel der Natur der abgelagerten Gesteine widerspiegeln. Der herbstliche Blätterregen kann

zur immer wiederkehrenden Einschaltung kohli-ger Lagen in gleichen Abständen führen, die Frühjahrsschneesmelze bringt zufolge der stärkeren Wasserführung der Flüsse die Verfrachtung größerer Mengen von Feinstoffen in die Seen und das Meer, wodurch sich in jedem Jahr gleichmäßig wiederkehrende Tonlagen bilden usw. Es war daher naheliegend, daß man versuchte, diesen Wechsel im Sediment zur Bestimmung der Ablagerungsdauer heranzuziehen. Das bekannteste Beispiel hierfür liefert die Untersuchung der glazialen (eiszeitlichen) Bändertone durch den Schweden De Geer. Der allmähliche Rückzug der großen Inland-eismassen führte in Norddeutschland und später auch in Skandinavien zur Bildung von vom Schmelzwasser der Gletscher gespeisten Stauseen. In ihnen gelangte das durch die Zubringer mitgeführte feinste Moränenmaterial zur Ablagerung. Diese Stoffzufuhr war jedoch jahreszeitlich verschieden: In den Sommermonaten bildeten sich helle, sandreiche Schichten, in den Wintermonaten tiefschwarze, organisch untermengte reine Tonlagen (Abb. 3). Man bezeichnete diesen Zyklus nach dem schwedischen Wort für Kreis (hvarfv) als Warve. Ihre Größe schwankt zwischen zirka 1 mm und maximal 50 cm, liegt jedoch im Durchschnitt bei 25 mm. Es war, sobald man erkannt hatte, daß es sich hierbei um einen jahreszeitlichen Zyklus handelt, naheliegend, durch Abzählung der Warven eines Stausees die absolute Ablagerungsdauer festzustellen. Schwieriger wurde es, als man daranging, die einzelnen Warvenkalender miteinander in Übereinstimmung zu bringen. Nun zeigte es sich aber, daß die Warven nicht in jedem Jahr gleichmäßig gebildet wurden, sondern daß sie in ihrer Größe auf die feinsten klimatischen Schwankungen ansprechen: In wärmeren Jahren bildeten sich, da größere Stoffzufuhr herrschte, größere, in kühleren mit geringer Zufuhr

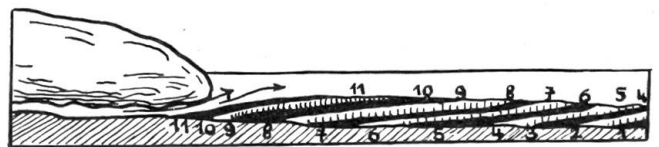
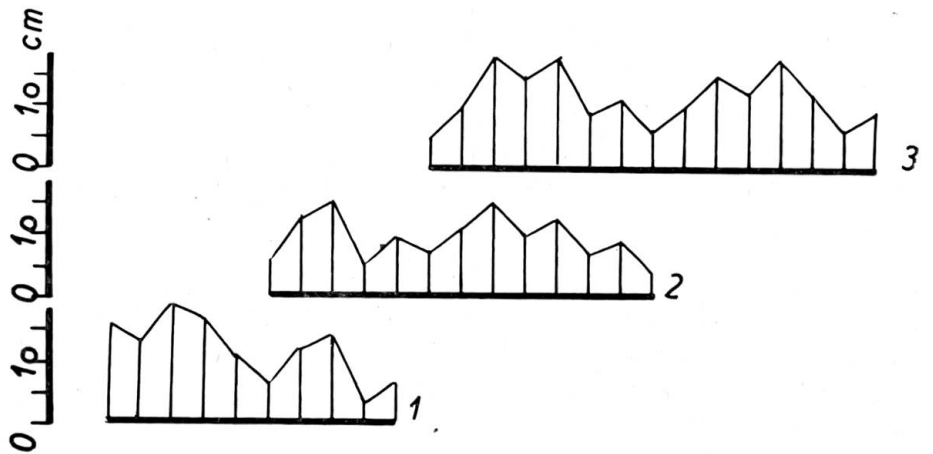


Abb. 3. Bildung glazialer Bändertone (nach Lotze)

kleinere Warven. Damit ergab sich die Möglichkeit, die verschiedenen Kalender in Übereinstimmung miteinander zu bringen. Man brauchte nur die sich übergreifenden Warvenprofile — in denen man die einzelnen Warven nach ihrem Abstand bzw. ihrer Größe in einer

Abb. 4. Darstellung eines Warvenprofils. — Die Warvenstärke zeigt sich in der Länge der in gleichen Abständen aufgetragenen Linien. Die ihre Spitzen verbindende Kurve zeigt die jährlichen Klimaschwankungen an. Gleichverlaufende Kurvenabschnitte verschiedener Profile zeigen gleichzeitige Ablagerung an



Kurve dargestellt hatte — so lange zu verschieben, bis sie sich in ihrem Charakter entsprachen (Abb. 4). Auf diese Weise bekam man aus unzähligen Aufschlüssen einen Kalender, der heute bereits fast 20.000 Jahre von der Gegenwart zurückreicht. Mit ihm ist es möglich, zahlreiche erdgeschichtliche Ereignisse dieses Zeitraumes in ihrem absoluten Alter zu erfassen.

Es ist naheliegend, diese Methode auch zur Bestimmung der Ablagerungsdauer älterer, gebänderter Schichten heranzuziehen. Aber hier gelingt dies nur selten. Der Grund vor allem liegt darin, daß wir bei den meisten dieser zyklisch wiederkehrenden Bänder nicht wissen, ob sie wirklich einem jahreszeitlichen Wechsel entsprechen. So zeigen die mitteldeutschen Salzlagerstätten des Zechstein eine immer wiederkehrende, zirka 10 cm mächtige Abfolge eines schmalen Tonbandes, welches von einer Anhydrit- und einer Steinsalzschiefer gefolgt wird. Man hat auch in ihr eine Jahresschichtung erblicken wollen, indem man die dünne Tonlage mit durch verstärkte Regenfälle bedingter, größerer Einschwemmung toniger Substanz in Beziehung brachte. Es ergaben sich jedoch Zahlen, die mit den durch andere Methoden gewonnenen in keinerlei Übereinstimmung standen. Man war daher versucht, Zyklen zu finden, die einerseits über dem jahreszeitlichen lagen, andererseits Einfluß auf das Sedimentationsgeschehen hatten. Einen solchen sah man in der Sonnenfleckenaktivität. Bereits im 17. Jahr-

hundert vermutete man, daß zwischen dieser und dem Wetter Beziehungen bestünden. Köpfer konnte zeigen, daß dies wirklich — wenn auch nur sehr schwach und vor allem für die Tropen — zutreffen dürfte (Abb. 5). Einer dieser Zyklen zeigt sich in einer verstärkten Sonnenfleckenaktivität, die zirka alle elf Jahre auftritt. Er wird jedoch von anderen, größeren überlagert. Besonders der Elfjahreszyklus wurde verschiedentlich zur Erklärung der rhythmischen Wiederkehr in Ablagerungen herangezogen und damit als Grundlage einer absoluten Zeitgliederung angesehen. Man muß jedoch feststellen, daß bis heute kaum ein exakter Nachweis für die tatsächliche Abbildung derartiger Zusammenhänge im Sediment gefunden werden konnte.

Wenn so die Schwankungen der Sonnenfleckenaktivität kaum zu einer exakten Zeitbestimmung herangezogen werden können, lieferte doch die Sonne die Grundlage einer anderen Methode. Sie beruht — gleich der Warvenmethode — darauf, daß sich die wechselnde Sonnenstrahlung im Sediment widerspiegelt. Neben den kurzfristigen Schwankungen, die die obengenannte Methode als Grundlage heranzieht, existieren langperiodische. Sie hängen mit der Schiefe der Erdoberfläche — die ungefähr zwischen 21 und 24 Grad schwankt —, der Schwankung der Exzentrizität der Erdbahn zwischen Kreis und Ellipse und schließlich mit der Präzision der Tag- und Nachtgleiche — die die Ursache ist, daß der höchste Sonnenstand nie auf denselben Tag fällt — zusammen. Alle diese Werte zeigen periodische Veränderungen. Durch Berechnung dieser Schwankungen gelang es Milankowitsch, eine Sonnenstrahlungskurve — die heute für die letzten Millionen Jahre gilt — zu berechnen. Diese ist natürlich für die Winter- und Sommermonate einerseits, für die jeweiligen Breitengrade, des-

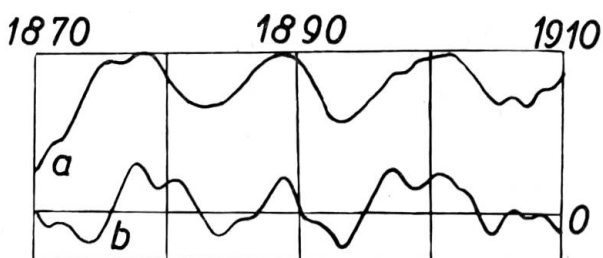


Abb. 5. Sonnenfleckenaktivität (a) und Temperaturschwankungen (b) in den Tropen zwischen 1870 und 1910 nach Koeppen

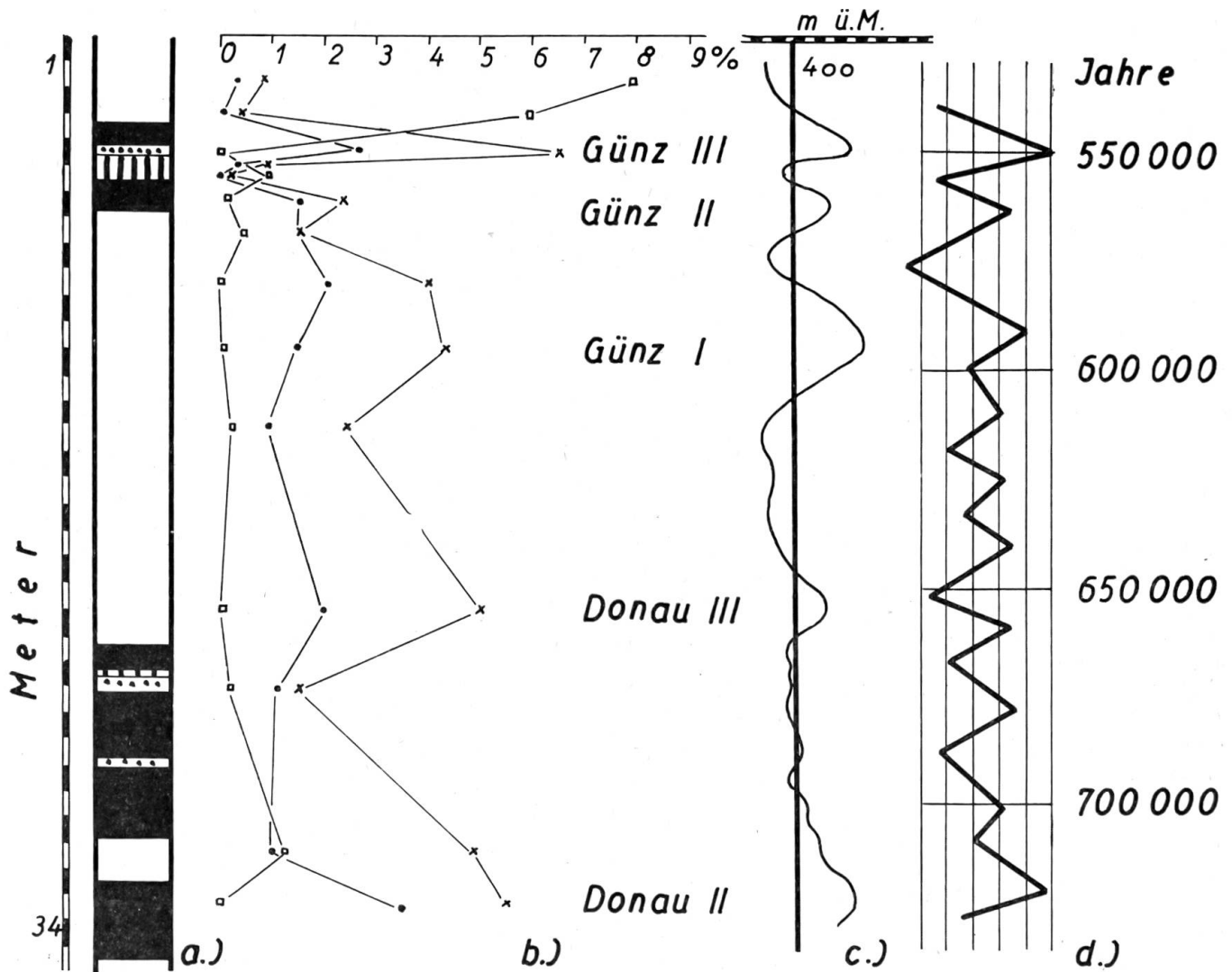


Abb. 6. Das Braunkohlenbergwerk Valgandino im Becken von Leffe (Italien). a = Schichtfolge (schwarz Braunkohle, weiß Bändertone, punktiert Tone, senkrechte Schraffen Mergel); b = Pollendiagramm (● Fichte, □ Eiche, × Föhre); c = Höhenlage auf Grund des Klimas; d = Strahlungskurve von Milankowitsch

gleichen für die Nord- und Südhalbkugel verschieden. Durch Köppen und Wegener wurde diese Kurve mit dem Verlauf der Eiszeit verglichen. Sie gelangten dabei zu dem verblüffenden Ergebnis, daß die Kurvenspitzen, die längere Perioden kühlerer Sommer, also geringerer Eisabschmelzung anzeigen, mehr oder weniger den bekannten Eiszeiten gegenübergestellt werden könnten. Zwar war damit nicht die Ursache der Eiszeiten gefunden, aber es war möglich geworden, diese in ihrem absoluten Alter und in ihrer Dauer mit großer Genauigkeit festzulegen. Es ergab sich so ein neuer Weg des Einzeitens erdgeschichtlicher Ereignisse.

Im Becken von Leffe, in der Nähe von Bergamo (Italien), liegt in eiszeitlichen Ablagerungen das Braunkohlenbergwerk Valgandino. Seine geologische Aufnahme ergab die in Abb. 6 a dargestellte Schichtfolge. Durch die Untersuchung der in den einzelnen Lagen

gefundenen Pollen (Abb. 6 b) war es möglich, Rückschlüsse auf die klimatischen Verhältnisse bei der Ablagerung zu ziehen. Es ergaben sich fünf Kältemaxima, die durch Perioden wärmeren Klimas getrennt waren. Diese Maxima wurden aus geologischen Gründen mit dem sogenannten Donau- bzw. Günzstadium der Eiszeit in Beziehung gebracht. Durch die Auftragung der Höhenlage des durch die Pollenanalyse jeweils ermittelten Waldbestandes bekam man eine Kurve, die der Temperatur der Ablagerungszeit entsprach (Abb. 6 c). Sie glich weitgehend der Milankowitschen Strahlungskurve des fraglichen Zeitraumes (Abb. 6 d). Nach dieser liegt zwischen den beiden älteren Vereisungsstadien (Donau) und den drei jüngeren (Günz) ein Zeitraum (Interglazial) von zirka 75.000 Jahren Dauer. Nun zeigten aber die diesem Zeitraum entsprechenden 10 m mächtigen Mergel eine Warvenschichtung, deren

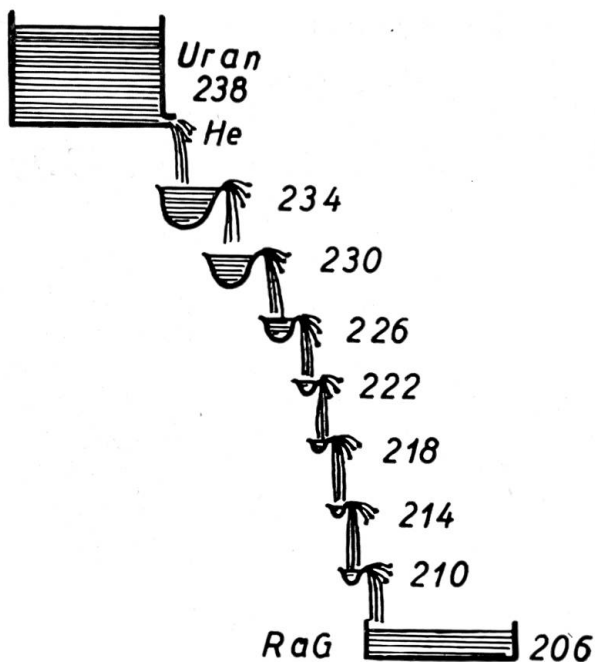


Abb. 7. Die Uranuhr (nach Lotze). — Aus dem Ausgangsstoff U I mit dem Atomgewicht 238,2 bildet sich durch Zerfall unter Abspaltung von Helium UX_1 , UX_2 und U II (234) — Jonium (230) — Radium (225,97) — Radiumemanation (222) — Radium A—F (218—210) und schließlich mit dem Atomgewicht 206 das Radiumblei RaG

Auszählung nur einen Betrag von zirka 35.000 Jahren ergab. Jedoch ist diese Schicht nicht immer deutlich erkennbar, wodurch Fehler bei der Errechnung der Ablagerungsdauer entstehen können. Außerdem wissen wir nicht — und das ist eines der größten Schwachmomente des Einzeitens nach Schicht rhythm —, ob nicht während des genannten Zeitraumes lange Perioden lagen, in denen keine Ablagerung zum Niederschlag gelangte, die sich daher in einer Schichtfuge und nicht als eine Schicht markieren.

Neben diesen Methoden gibt es noch eine weitere zur absoluten Altersbestimmung. Sie beruht auf dem Zerfall radioaktiver Mineralien. Derartige Mineralien entstehen in der Tiefe der Erdkruste. Mit den die Tiefengesteine (z. B. der Granit) bildenden aufdringenden Schmelzen gelangen sie in höhere Regionen. Hier finden sie jedoch ganz andere Bedingungen, als sie ihrem Bildungsraum entsprechen, und beginnen sich daher unter Zerfall der radioaktiven Elemente umzuwandeln. Man kann diese instabilen Mineralien mit einem Tiefseefisch vergleichen, der, an die Oberfläche des Meeres gebracht, hier — in Umweltsbedingungen, für die er nicht geschaffen ist — zerrissen wird. Diese Umwandlung erfolgt bei den verschiedenen radioaktiven Elementen

verschieden rasch oder, besser gesagt, verschieden langsam. Man bezeichnet die Zeit, die nötig ist, um die Hälfte der ursprünglichen Substanz umzuwandeln, als Halbwertszeit. Sie beträgt z. B. beim Uran nur 4,5 Milliarden, beim Thorium gar 15 Milliarden Jahre. Um beim Zerfall des Urans zu bleiben: es entstehen dabei eine ganze Reihe von Zwischenprodukten, die jedoch keine längere Lebensdauer besitzen, sondern sich weiter umwandeln, bis schließlich das stabile Endprodukt Radium G entsteht (Abb. 7). Dieses entspricht chemisch völlig dem gewöhnlichen Blei, besitzt aber ein geringeres Atomgewicht (206 gegenüber 207,21). Man bezeichnet derartige Elemente gleicher chemischer Eigenschaften, aber verschiedenen Atomgewichtes als Isotopen. Bei diesem Zerfall entsteht als zweites Element Helium. Kennt man nun in einem radioaktiven Mineral die Menge des neugebildeten Bleiisotops bzw. die des Heliums sowie die Menge des verbleibenden radioaktiven Elementes, dann läßt sich aus dem Verhältnis beider die Bildungszeit des Minerals berechnen. Diese Berechnung setzt natürlich voraus, daß die Zerfallsprodukte in ihrer Gesamtmenge noch erhalten sind.

Mit dieser Methode wurde als ältestes, in seinem absoluten Alter nachweisbares Mineral eine Pechplende aus Karelien ermittelt. Ihr Alter liegt bei 1900 Millionen Jahre. Damit ist nachgewiesen, daß das absolute Alter der festen Erdkruste über zwei Milliarden Jahre beträgt. Die Untersuchung zahlreicher weiterer Mineralien, deren relative Altersstellung zueinander durch andere Methoden ermittelt worden war, erlaubte ihre größenordnungsmäßige Einstufung und damit das grobe Einzeitens des relativ gleichalten erdgeschichtlichen Geschehens.

Wie wir sehen, ist durch diese Methoden wohl der Anschluß der erdgeschichtlichen Entwicklung an die Menschheitsgeschichte gegeben, aber eine wirklich auf das Jahr genaue Einstufung ist durch keine dieser Methode möglich. Je weiter wir in der Erdgeschichte zurückgehen, desto größer wird der Schwankungsbetrag. Die Bedeutung aller dieser Methoden liegt daher weniger an der Feststellung eines wirklich exakten, auf das Jahr oder Jahrhundert festgelegten Alters, als vielmehr darin, daß mit ihrer Hilfe der Ablauf der Erdgeschichte, der uns rückschauend als ein dimensionales Band erscheint, auf seine wahre Länge gebracht wird und die erdgeschichtlichen Ereignisse in der Stufenleiter des irdischen Geschehens auf den ihnen zukommenden Platz gestellt werden.