

Werk

Titel: Die Perioden der Erdgeschichte

Autor: Arldt, Th.

Ort: Braunschweig

Jahr: 1906

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021 | LOG_0517

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.

13. Dezember 1906.

Nr. 50.

Die Perioden der Erdgeschichte.

Von Dr. Th. Arldt (Radeberg).

(Originalmitteilung.)

Es war ein ungeheurer Fortschritt für die Wissenschaft von der Entwicklung der Erde, als Lyell in seinen „Principles of Geology“ mit der Cuvierschen Katastrophentheorie brach und die jetzt herrschende Ansicht begründete, daß diese Entwicklung langsam und stetig erfolgt sei. Damit verloren natürlich die schon früher angenommenen geologischen Formationen ihren alten Sinn, sie stellten nicht mehr selbständige Lebensgruppen dar, und ihre Abgrenzung konnte nicht mehr so scharf sein als früher. Trotzdem wurden sie aber beibehalten, da sie ein brauchbares und sicheres System boten zur Einordnung und relativen Altersbestimmung des paläontologischen Materials, ebenso wie Linnés System für das Tier- und Pflanzenreich. Und wie wir hier die Arten zu Gattungen, und diese zu Familien und weiterhin zu Ordnungen, Klassen und Kreisen zusammenfassen, und wie wir auch in der Menschheitsgeschichte verschiedene Perioden annehmen, so mußte in der Geologie gleichfalls nach und nach eine immer komplizierter werdende Einteilung Platz greifen, sollte sie den jeweiligen Bedürfnissen genügen. Alte Formationen wurden gespalten, die einzelnen Formationen in Abteilungen, diese in Stufen und diese wieder in Zonen zerlegt. Die Formationen selbst aber faßte man zu größeren Perioden zusammen, die als Urzeit (Archaikum), Altertum (Paläozoikum), Mittelalter (Mesozoikum) und Neuzeit (Känozoikum) des Lebens bezeichnet wurden analog den Perioden der Menschheitsgeschichte. Daß die wissenschaftlichen Namen nur auf die Tiere sich beziehen, ist begründet durch die Dürftigkeit und Unsicherheit der pflanzlichen Überreste aus vergangenen Zeiten. Die eben genannten Perioden umfassen aber keinesfalls die ganze Erdgeschichte. Zum mindesten ist in ihnen die ganze Zeit nicht enthalten, in der die Erde ein selbstleuchtender Stern war, ja wir können mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß sie auch einen beträchtlichen Teil der späteren Erdgeschichte nicht mit einschließen. Manche Forscher sehen allerdings in den untersten Schichten der Urgneisformation die alte Erstarrungskruste der Erde. Machen wir jedoch unter dieser Voraussetzung einen Interpolationsversuch auf Grund der physikalischen Formel, die sich auf die Abkühlung einer Kugel von der Art der Erde bezieht, so erhalten wir für das

Kambrium, aus dem wir doch schon reiche Fossilreste besitzen, Temperaturen, die ein organisches Leben überhaupt unmöglich machen. Die Erstarrung der Erdoberfläche muß also weit früher erfolgt sein. Wenn wir den Formenreichtum der kambrischen Fauna betrachten, in der alle Kreise bis auf den der Wirbeltiere vertreten sind, und in der auch letzterer jedenfalls nur fehlt, weil seine Vertreter ähnlich den lebenden Neunaugen und Lanzettfischchen zur fossilen Erhaltung ungeeignet waren, und wenn wir dann den mutmaßlichen Stammbaum der niederen Tierwelt ins Auge fassen, wie er auf Grund anatomischer und embryologischer Erwägungen aufgestellt worden ist, dann kommen wir unweigerlich zu dem Schlusse, daß der Anfang alles Lebens tief im Archaikum gelegen ist. Da nun die Eiweißstoffe aus der Gruppe der Albumine schon bei etwa 60° zu gerinnen anfangen, so muß die Temperatur der Urozeane, in denen das Leben sich bildete, und damit auch die der Erde bei dieser Bildung unter 60° gelegen haben. Am wahrscheinlichsten lag sie zwischen 40° und 60°, da das die günstige Temperatur für viele niedrigere Organismen und auch für die Wirkung der meisten ungeformten Fermente (Enzyme) ist. Wir kommen hiernach zu dem Schlusse, daß zu der Zeit, als die untersten Gneisschichten im Urozean als Sedimente sich ablagerten, höchstens eine Temperatur von 100° die mittlere Temperatur der Erdkruste sein konnte, wahrscheinlich war sie aber noch niedriger. Dann liegt aber auch die Bildung des Urozeans noch weiter zurück, mag sich sein Wasser aus der Atmosphäre niedergeschlagen oder aus Gasaushauchungen des glutigen Erdkerns gebildet haben; jedenfalls konnte sie nicht früher erfolgen, als bis die Erdkruste sich auf die kritische Temperatur des Wassers 364,3° abgekühlt hatte. Vorher gab es eine Periode, in der die Erdoberfläche vollständig trocken war. Endlich muß die Bildung der Erdkruste eine beträchtliche Zeit in Anspruch genommen haben. Wir erhalten demnach im ganzen elf Perioden der Erdgeschichte. Aus einem Nebelfleck wurde sie nach und nach zum weißen, zum gelben, zum roten Stern. Es folgte die Periode der Krustenbildung, des wasserlosen Schlackenballs, des unbelebten Urozeans, dann endlich Urzeit, Altertum, Mittelalter und Neuzeit des Lebens. Wollen wir auch in der Geschichte der Erde nach Analogie der Weltgeschichte und der Geologie vier Perioden unterscheiden, so könnten wir den Zustand des pla-

netarischen Nebels als Urzeit der Erde, die Zeit, während deren sie selbstleuchtender Stern war, bis zur Vollendung der Krustenbildung als ihr Altertum, die unbelebte Zeit als Mittelalter, die Zeit des organischen Lebens aber, d. h. die vier alten geologischen Perioden, als die Neuzeit der Erde bezeichnen.

Es bietet nun Interesse, wenigstens die relative Dauer der einzelnen Perioden festzustellen. Es sind schon viele Versuche gemacht worden, selbst das absolute Alter einzelner Schichten festzustellen, doch ist keiner als völlig gelungen anzusehen. Vielfach hat man die Erosion als Maßstab genommen, doch schwanken beispielsweise die Schätzungen über das Alter der Niagarafälle bzw. der durch sie geschaffenen Schlucht zwischen 18000 und 36000 Jahren. Ebenso gibt Heim als Grenzwerte für das Verschwinden der großen eiszeitlichen Gletscher aus den Seetälern der Alpen 10000 und 50000 Jahre an. Ebenso unsicher sind Schätzungen, die man auf die Entwicklung der Tiere, besonders der Seetiere, aufgebaut hat, da diese anscheinend nicht immer in gleichmäßigem Tempo erfolgt, sondern auch sprungweise (Mutationen), und da für die Ausbildung neuer Arten auch die jeweiligen Verhältnisse der Erdoberfläche eine große Rolle spielen. Auch der Vergleich periodisch wiederkehrender Ereignisse mit Vorgängen im Weltenraume hat leider zu keinem befriedigenden Resultate geführt; wäre ein solches erzielt worden, dann könnten wir das Alter der Erde nicht bloß relativ, sondern selbst absolut bestimmen. Endlich kann man auch die Dicke der in einer Formation zur Ablagerung kommenden Schichten einem Vergleiche zugrunde legen. Auch dieser ist sehr ungenau, denn in der gleichen Zeit werden Schichten sehr verschiedener Dicke abgelagert, wenig in der Tiefsee, mächtigere im Kalkschlammgebiet oder im Mündungsgebiet großer Ströme, wo große Massen Gesteinstrümmen sich anhäufen. Außerdem muß auch berücksichtigt werden, daß die Erosion und Denudation mächtige Schichten, besonders der älteren Formationen, abgetragen haben. Immerhin ist dies die einfachste Methode, die für die ganze Masse der Formationsschichten brauchbare Resultate liefert¹⁾. Die Gesamtmächtigkeit aller uns bekannten Schichten beträgt 72000 m. Davon fallen etwa 1000 m auf die Neuzeit, 3000 m auf das Mittelalter, 30000 m auf das Altertum und 38000 m auf die Urzeit des Lebens. Diese Zahlen geben uns also einen Aufschluß über die ungefähre relative Dauer dieser Perioden. Gehen wir noch weiter zurück, so versagt freilich diese Methode. Man kann aber den Versuch machen, hier auf Grund der Abkühlungsformel der Erde zu Resultaten zu kommen. Wenn u_0 die Temperatur der Erde zur Zeit 0 ist und u die zur Zeit t , so gilt die Formel²⁾

$$u = u_0 \cdot c^t,$$

worin c eine Konstante ist, die zunächst genau zu

¹⁾ Vgl. Th. Arldt, Die Entwicklung der Kontinente und ihrer Lebewelt. Leipzig 1907, Wilhelm Engelmann.

²⁾ G. Jäger, Theoretische Physik II. Leipzig 1898, S. 110.

bestimmen wäre. Dies ist aber mit großen Schwierigkeiten verknüpft, da vorher eine ganze Reihe anderer Werte festgestellt werden müssen, wie die spezifische Wärme und die Wärmeleitungsfähigkeit der Erde. Die Ermittlung dieser Werte leidet unter dem Umstande, daß die Erde nicht homogen ist. Indessen ist die Formel trotzdem für uns brauchbar. Wir können nämlich aus ihr die Temperaturen der Erde während jedes beliebigen Zeitpunktes berechnen, wenn wir ihre Temperatur zu zwei verschiedenen Zeiten kennen (Interpolationsmethode). Sind u_1 und u_2 die Temperaturen während der Zeiten t_1 und t_2 , so verwandelt die obige Formel sich in

$$u = u_1 \left(\frac{u_2}{u_1} \right)^{\frac{t-t_1}{t_2-t_1}}$$

Als Interpolationstermine wählen wir die Gegenwart und den Anfang der archaischen Periode. Die gegenwärtige Temperatur können wir auf etwa 15° annehmen, denn die mittlere Wärme der neutralen Zone der Erdkruste, die von den Wärmeschwankungen der Oberfläche nicht mehr betroffen wird, ist ja gleich der mittleren Temperatur der gesamten Erdoberfläche, die nur wenig von der gewählten Normaltemperatur abweicht. Hätte nun die Erde am Anfange der archaischen Periode eine Temperatur von 1000° gehabt, d. h. wäre sie erst damals erstarrt, so erhielten wir als Temperatur für den Anfang des Paläozoikums $\left(\frac{t_1}{t_2} = \frac{34}{72} \right)$ entsprechend 34000 m und 72000 m Ablagerungen):

$$u = 15 \cdot \left(\frac{1000}{15} \right)^{\frac{34}{72}},$$

d. h. 109° , für den Anfang des Kambriums 75° , der Steinkohlenzeit 30° , des Mesozoikums 19° . Die ersten drei Zahlen zeigen die Unmöglichkeit dieser Annahme, denn nach ihr wäre noch nicht einmal im Kambrium, aus dem wir doch schon zahlreiche Reste kennen, organisches Leben möglich gewesen, und dann würde auch die Steinkohlenzeit für die Kohlenbildung, wie jetzt die Wissenschaft sie sich vorstellt, keine günstigen Verhältnisse bieten, da bei der hohen Temperatur die Zersetzung der Pflanzenreste viel zu rasch vor sich gegangen wäre, so wie auch jetzt in heißen Gegenden Moorbildungen zurücktreten.

Viel brauchbarere Werte erhalten wir, wenn wir annehmen, daß am Anfange des Archaikums die Erde eine Temperatur von 100° hatte, wie die weiter unten folgende Zusammenstellung zeigt, die natürlich keinen Anspruch auf unbedingte Genauigkeit erheben kann, denn einmal gründet sie sich ja nur auf die Annahme der eben angegebenen Temperatur, die ebensogut etwas niedriger oder höher gewesen sein kann, und dann müßte streng genommen statt der Wärmegrade die Differenz zwischen der Temperatur der Erde und der des Weltenraumes eingeführt werden. Die letztere ist uns aber nicht bekannt, wenigstens weichen die Angaben über sie außerordentlich von einander ab. Auch ändern sich die Resultate nicht wesentlich bei der Annahme, daß sie -100° oder selbst -273°

beträgt, nur würden die Temperaturen vom Urgneis an sich etwas erhöhen, und die Anfänge der vor dem Archaikum liegenden Perioden wären noch etwas weiter zurück zu verlegen.

Wenden wir uns nunmehr diesen zu, so sind zunächst ihre Grenzen festzulegen. Es wurde schon oben gesagt, daß wir am Anfange der Periode des Urozeans eine Temperatur von 364,5° und am Anfange der vorhergehenden Periode eine solche von 1000° voraussetzen müssen, da ersteres die kritische Temperatur des Wassers, letzteres der Schmelzpunkt der meisten Laven ist. Bei den älteren Perioden schließen wir uns den Abgrenzungen an, die Scheiner auf Grund des Verhaltens der beiden Magnesiumlinien 435,2 $\mu\mu$ und 448,2 $\mu\mu$ getroffen hat ¹⁾. Nach ihm haben weiße Sterne eine Temperatur von etwa 15000°, die Temperatur der gelben liegt zwischen 15000° und 4000°, während die der roten bis auf 3000° herabgeht. Bei dieser Temperatur haben wir deshalb die Periode der Krustenbildung beginnen lassen, um für alle angegebenen Wärmegrade die Zeiten zu berechnen, um die sie nach der Abkühlungsformel hinter der Jetztzeit zurückliegen müssen. Bei dieser Berechnung ist aber von der Wärme abgesehen, die durch die mit der Abkühlung verbundene Verdichtung des Erdkörpers frei wurde, und die ganz beträchtlich ist, so daß durch sie die Abkühlung sehr verzögert wurde. Die ersten Perioden sind also in Wirklichkeit jedenfalls noch weit länger gewesen, als es unten angegeben ist. Die dort stehenden Werte sind demnach als Minimalwerte im Verhältnis zu den Längen der jüngeren Erdperioden zu betrachten. Die Periode des roten Sternes erscheint ziemlich kurz; dieser Umstand deckt sich aber mit den Beobachtungen am Himmel, denn von 10000 untersuchten Spektren gehört noch nicht 1% der roten Klasse an, während 47,6% auf die gelbe und 51,5% auf die weiße Klasse entfallen. Diese Zahlen führen uns auch zu der Mutmaßung, daß die Periode des weißen Sternes etwas, aber nicht allzuviel länger war als die des gelben. Einen anderen Anhalt haben wir ja bei der Bestimmung der Dauer dieser Periode nicht, da wir hier die Wärmeformel nicht mehr in Anwendung bringen können, ebensowenig als bei der Periode des Nebelflecks, da hier die durch die Kondensation erzeugte Wärme nicht mehr vernachlässigt werden kann.

Dürfen wir hier doch nicht ohne weiteres eine fortschreitende Temperatursteigerung annehmen, je weiter wir in der Geschichte der Erde zurückgehen, im Gegenteil hat die hohe Temperatur des weißen Sternes sich jedenfalls erst durch die Kondensation des planetarischen Nebels entwickelt; es steigerte sich also in der Urzeit der Erde und in der ersten Zeit ihres Altertums ihre Wärme. Während des Stadiums des weißen Sternes war ein gewisser Gleichgewichtszustand vorhanden, und dann herrschte die Abkühlung vor, da mit deren Fortschreiten und

allmählicher Verlangsamung die Kondensation sich verringerte. Auf Grund der oben erörterten Tatsachen erhalten wir nun folgende Einzelwerte:

Perioden	Formationen	Verflossene Zeit	Dauer	Erdtemperatur
11. Neuzeit d. Lebens Känozoikum	Quartär Tertiär	0	0,2	15°
		0,2	0,8	
		1	1	
10. Mittelalter des Lebens. Meso- zoikum	Kreide Jura Trias	2	1	15,8° 16,2° 16,7°
		3	1	
		4	1	
		4	3	
9. Altertum des Lebens. Paläo- zoikum	Perm Karbon Devon Silur Kambrium Algonkium	7	3	72 18,0° 20,4° 24,1° 28,5° 31,0° 36,7°
		11,5	4,5	
		18	6,5	
		24,5	6,5	
		27,5	3	
		34	6,5	
8. Urzeit d. Lebens Archaikum	Urschiefer Urgneis	42	8 30	45,4° 100°
7. Unbelebter Urozean		121	49 38	87 364,3° 1000°
6. Wasserloser Schlackenball		159	43	
5. Krustenbildung		202	10	157 3000° 4000° 15000° ?
4. Roter Stern	mehrs als	212	50	
3. Gelber Stern	"	262	54	
2. Weißer Stern	"	316	"	
1. Nebelfleck		?	?	

Als Zeiteinheit ist die seit Beginn des Tertiärs verflossene Zeit gewählt, die einer Schichtendicke von 1000 m entspricht. Ein schon von Häckel ¹⁾ gebrauchter Vergleich macht die relative Länge der Perioden noch anschaulicher. Vergleichen wir die Zeit seit dem Beginn des Archaikums mit einem Tage von 24 Stunden, so fallen von diesen auf das Archaikum 12 Stunden 40 Minuten, auf das Paläozoikum 10 Stunden, auf das Mesozoikum 1 Stunde, auf das Känozoikum 20 Minuten. Unter den Formationen wäre die Urgneisformation 10 Stunden, das Silur 3 Stunden 10 Minuten, das Karbon 1 Stunde 30 Minuten, das Quartär nur 4 Minuten lang. Letztere Zahl gibt also etwa das Verhältnis des Alters der Menschheit zum Alter des Lebens überhaupt an. Dehnen wir diesen Vergleich nun noch auf einen größeren Zeitraum aus und vergleichen die Zeit seit der Bildung eines weißen Sternes, wie sie oben angegeben ist, mit einem Tage. Wäre dann die Bildung des weißen Sternes um Mitternacht erfolgt, so würde die Zeit des gelben Sternes 4^h6', die des roten 7^h54' beginnen; die Krustenbildung dauerte von 8^h39' bis 11^h55', der Ozean schlug sich 2^h49' nachmittags nieder, das Leben begänne frühestens abends 6^h32', das Paläozoikum 9^h25', das Mesozoikum nachts 11^h42', das Känozoikum 11^h55'27". Das Auftreten des Menschen würde nur 55 Sekunden vor Mitternacht erfolgen, und dabei ist die Urzeit der Erde überhaupt noch nicht berücksichtigt und ihr Altertum jedenfalls zu kurz gerechnet.

Es sei nun noch rasch darauf eingegangen, inwieweit absolute Zeitbestimmungen doch möglich wären. Durch Vergleiche mit astronomischen Daten

¹⁾ W. Wislicenus, Astrophysik. Leipzig 1899, S. 141.

¹⁾ Häckel, Natürliche Schöpfungsgeschichte. 10. Aufl. Berlin 1902.