

Schriften.

- BAUER, F.: Die Ichthyosaurier des oberen weißen Jura. Paläontogr. 44. 283—328. Taf. 25—27. 1 Tab. Stuttgart 1897/98.
- FRAAS, E.: Die Meer-Crocodilier (Thalattosuchia) des oberen Jura unter spezieller Berücksichtigung von Dacosaurus und Geosaurus. Palaeontogr. 49. 1—72. Taf. 1—8. 7 Abb. Stuttgart 1902/03.
- V. HUENE, F.: Beiträge zur Kenntnis der Ichthyosaurier im deutschen Muschelkalk. Palaeontogr. 62. 1—68. Taf. 1—7. 2 Tab. Stuttgart 1916/19.
- LINDNER, H.: Beiträge zur Kenntnis der Plesiosaurier-Gattungen *Peloneustes* und *Pliosaurus*. Nebst Anhang: Über die beiden ersten Halswirbel der Plesiosaurier. Geol. Pal. Abh. N. F. 11. H. 5. 339—409. Taf. 33—36. 40 Abb. Jena 1913.
- LYDEKKER, R.: On the Remains and Affinities of five Genera of Mesozoic Reptiles. Quart. Journ. Geol. Soc. 45. 41—59. Pl. 2. 9 fig. London 1889.
- Contributions to our Knowledge of the Dinosaurs of the Wealden and the Sauropterygians of the Purbeck and Oxford Clay. Quart. Journ. Geol. Soc. 46. 36—53. Pl. 5. 5 fig. London 1890.
- SAUVAGE, H. E.: Notes sur les reptiles fossiles. Bull. Soc. Géol. France. 2. Sér. Tome 1. 1872/73. 365—387. Pl. 6—8. 6 fig. Paris 1873.
- DE TERRA, P.: Vergleichende Anatomie des menschlichen Gebisses und der Zähne der Vertebraten. 451 S. 200 Abb. Jena 1911.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 4. April 1944.

Die geologische Zeit-Tafel.

(Gliederung der euozoischen Zeit nach der Pb/U-Methode.)

Von Robert Schwimmer, Graz.

Mit 3 Tabellen im Text und auf 1 Tabellenbeilage.

Die Entdeckung, daß der radioaktive Zerfall bestimmter Elemente als geologische Uhr verwendet werden kann, hat bisher kaum weitere Anwendung gefunden, als daß die gebräuchliche geologische Formationstabelle durch Eintragung einiger Jahreszahlen verziert wurde. Nunmehr wird aber versucht, die Lager radioaktiver Mineralien für die praktisch azoische Zeit des Präkambriums als Leitfossilien in eigentlichem Sinne geologisch auszunützen. Da ist es an der Zeit, das bisher geleistete zusammenzufassen, einerseits die theoretischen Grundlagen dieser Methode gründlich zu prüfen — was andernorts geschehen ist —, andererseits zu untersuchen, was diese Methode für die geologisch gut übersehbare euozoische Zeit, von Beginn des Kambriums ab, erzielt hat.

Die in Frage stehende geologische Zeitrechnung gründet sich bekanntlich darauf, daß radioaktive Stoffe, soweit bisher gemessen, unbeeinflussbar und gleichmäßig zerfallen, und zwar die hier einzig praktisch in Frage kommenden Elemente U und Th in einem Tempo, das auch in geologischem Maße als langsam bezeichnet werden kann. Von einer bestimmten Gewichtsmenge U ist nach je $4,56 \cdot 10^9$ Jahren, von Th gar erst in $1,389 \cdot 10^{10}$ Jahren jeweils die Hälfte zerfallen, das U-Isotop AcU, das dem eigentlichen U, dem U_I , im Verhältnis 1:140 beigemischt ist, und von dem die Aktiniumreihe abstammt, hat nach den neueren Messungen eine Halbwertszeit von nur $7,13 \cdot 10^8$ Jahren. Aus einem zerfallenen Atom U wird schließlich 1 Atom Pb^{206} (Blei vom Atomgewicht 206) und 8 Atome He; aus 1 Atom AcU wird 1 Atom Pb^{207} und 7 Atome He, aus 1 Atom Th wird 1 Atom Pb^{208} und 6 Atome He. Die Zeitmessung gründet sich auf die Bestimmung dieser stabilen Endprodukte, und zwar, weil He wegen seines leichten Entweichens sich als ganz unzuverlässig bewiesen hat, auf die Bestimmung der Bleimenge, welche sich in der seit der Bildung des betreffenden Mineralen verstrichenen Zeit aus dem in ihm anfänglich enthaltenen U oder Th gebildet hat.

Es ist das Alter des Mineralen (Einheit ist die Jahrmilliarde = 10^9 Jahre):

$$t = 7,31 \cdot \frac{Pb}{U + 0,327 \cdot Th} - 5,04 \cdot \left(\frac{Pb}{U + 0,327 \cdot Th} \right)^2 \cdot \frac{U + 0,0866 \cdot Th}{U + 0,327 \cdot Th}$$

Diese Formel ist aus den neuesten Messungsergebnissen (aus Report 1938/39) abgeleitet¹. Für die Euozoische Zeit genügen diese zwei Glieder vollständig, aber das 2. Glied der Reihenentwicklung darf nicht, wie oft geschehen, vernachlässigt werden; das 3. Glied kommt gar nicht mehr in Betracht. Es ist für $\frac{Pb}{U} = 0,07$ (Th = 0) nämlich: $t = 511,7 - 24,7 + 0,95$ MJ. (Million Jahr).

Die Mineralvorkommen, welche zu einer solchen Zeitbestimmung dienen können, sind selten; wie Tabelle I (Seite 232) zeigt², sind für die ganze euozoische Zeit und für die ganze Erde rund zwei

¹ Wer solche geologischen Zeitangaben macht, muß auch die Formel angeben, nach welcher sie berechnet worden sind, deren sind viele und sehr verschiedene gebraucht worden. Der Unterschied zwischen den extremsten Formeln (HAHN-KIRSCH) kann — NB. bei gleichem $\frac{Pb}{U}$ — im Kambrium bis zu 77 MJ. werden, und wird auch sonst oft über 10 M.J. betragen, eine Unsicherheit, die man nicht unnötigerweise hineintragen darf.

² Manche werden diese Tabelle als unnötigen Ballast ansehen. Ich glaube aber, der Geologe tut nicht gut daran, „exakte Wissenschaft“ kritiklos zu übernehmen, sondern soll selbst prüfen.



Tabelle I.

a	β		γ	δ	ε	ξ	η	θ	ι	κ	λ	μ	ν
	Nr.	Bezeichnung											
1a	Kolm, Schweden	0,462	—	—	0,026	0,0563	0,0542	0,0517	388	425	412	395	381,1
1b	Kolm, Schweden	1,24	—	—	0,071	0,0573	—	—	—	—	422	405	402,5
2a	Bedford N. Y.	7,29	—	—	0,374	0,0513	0,0480	0,0454	341	—	380	366	339,3
2b	Bedford N. Y.	6,73	—	—	0,351	0,0522	0,0505	0,0486	361	—	363	349	356,3
3	Fitchburg	50,20	3,39	3,39	2,52	0,0491	—	—	—	—	363	349	346,9
4	Branchville	74,76	6,33	6,33	4,04	0,0526	—	—	—	380	385	371	370,9
5a	Divino de Uba	9,746	1,473	1,473	0,543	0,0531	—	—	—	—	—	375	374,3
5b	Divino de Uba	0,051	5,091	5,091	0,093	0,0542	—	—	—	—	—	365	391,3
6	Sprucepine	74,20	2,70	2,70	3,64	0,0485	—	—	—	—	—	—	342,7
7a	Blueberry Mt.	0,039	1,76	1,76	0,034	0,0553	—	—	—	—	—	—	399,7
7b	Blueberry Mt.	0,11	2,014	2,014	0,036	0,0468	—	—	—	—	—	—	338,1
8	Beaver Lodge	51,16	3,44	3,44	2,492	0,0487	0,0467	0,0447	333	387	—	—	331,5
9	W. Portland C.	0,054	25,45	25,45	0,068	0,0577	—	—	—	388	—	—	416,7
10	Ena, Japan	9,369	—	—	0,882	0,0498	—	—	—	—	—	—	337,2
11a	Hale Quarry	72,68	8,61	8,61	3,03	0,0401	—	—	—	—	—	—	285,5
11b	Strickland Qu.	79,00	3,19	3,19	3,12	0,0390	—	—	—	—	290	279	277,5
11c	Strickland Qu.	—	8,52	8,52	0,1086	0,0388	—	—	—	—	—	278	281,9
11d	Spinelli Qu.	6,91	3,05	3,05	0,314	0,0397	—	—	—	290	—	—	283,0
11e	Portland Conn.	74,25	2,88	2,88	2,92	0,0388	—	—	—	—	—	—	276,3
12	Rock Landing	76,60	1,48	1,48	3,09	0,0401	—	—	—	—	—	—	285,0
13	Ruggles Mine	76,38	0,38	0,38	3,37	0,0441	0,0407	—	—	—	—	—	289,0
14	N. Carolina	79,96	2,44	2,44	3,90	0,050	0,032	—	—	—	240	232	231,8
15a	Joachimstal	60,24	0,15	0,15	3,22	0,0594	0,0316	0,0302	227	234	225	220	226,0
15b	Joachimstal	47,19	—	—	1,54	—	0,033	—	—	—	—	—	235,7
16	Schmiedeberg	60,03	—	—	2,26	0,0377	—	—	—	—	280	269	268,4
17	Wolsendorf	51,01	—	—	1,32	0,0267	—	—	—	—	—	—	191,6
18	Brevig, Norwegen	0,45	30,10	30,10	0,35	0,0340	0,0325	0,0324	243	—	—	—	243,2
19	Ishikawa, Japan	20,86	—	—	0,36	0,0173	—	—	—	—	128	123	124,7
20a	Jisaka, Japan	3,28	4,61	4,61	0,0892	0,0186	—	—	—	131	—	—	135,1
20b	Jisaka, Japan	4,785	1,114	1,114	0,093	0,0190	—	—	—	144	—	—	137,3
20c	Korea	20,40	1,09	1,09	0,371	0,0176	—	—	—	134	—	—	127,3
21a	Kirk Mine	70,26	—	—	0,81	0,0115	—	—	—	86	—	—	83,7
21b	Gilpin Co.	72,63	—	—	0,65	0,00895	—	—	—	—	72	69	65,0
22	Idaho	36,95	3,60	3,60	0,186	0,00487	—	—	—	—	37	35	35,5
23	Virgen Mine	80,69	0,17	0,17	0,37	0,00458	—	—	—	—	35	33	33,4

Erläuterung zu Tabelle I: Die senkrechten Kolonnen enthalten: α laufende Nummer, β gebräuchliche Bezeichnung, γ , δ , ϵ Gewichtsprozent der Analyse an U, Th, Pb und ζ das daraus berechnete Verhältnis Pb/U, η dieses selbe korrigiert wegen Vorkommens von „gemeinem Blei“ (wo die Isotopen von NIER bestimmt vorlagen, wurde diese Korrektur neu berechnet, das Ergebnis, ν , stimmt gut zu ι); von den Isotopenbestimmungen von NIER wurde RaG/U_I in δ gegeben und das daraus berechnete Alter in ι (die Verhältnisse AcD/RaG und ThD/Th geben vorläufig nur schlechte Übereinstimmung zu den anderen Altersbestimmungen, wurden daher weggelassen); unter κ stehen in der Literatur gelegentlich zu findende Altersangaben, unter λ , μ die von HOLMES 1937, und zwar ist λ nach der alten Formel berechnet, μ „corrected for actino-uranium“; γ gibt die Neuberechnung aller Analysen nach der oben gegebenen Formel.

1. Kolm, Algenkohle aus dem mittleren Oberkambrium (Alaunschiefer) von Westergötland. „The best lead age determination and possibly the best of all age determination“ (Urry Report 1936, S. 39) a) anal. R. C. WELLS, nach NIER ist 3,6 % des Gesamtbleigehaltes als gemeines Blei zu rechnen. Kontrollanalyse von REICH-ROHRWIG b) gab höheres Alter, EVANS (Report 1935, S. 72) spricht für höheren U-Gehalt, also geringeres Alter?!

2. a, b) Cyrtolit, Bedford N. Y. anal. B. MUENCH. Report 1935, S. 22; 1936, S. 54, Diskussion wegen gemeinem Blei, durch die Isotopen von NIER überholt.

3. Fitchburg, Mass. 40 km W von Boston, Uraninit, anal. HECHT (H. und K.).

4. Branchville, Connecticut, Uraninit, anal. HILLEBRAND (HOLMES).

5. a) Samarskit, b) Monazit, Divino de Uba, Minas Geraes Brasilien anal. C. N. FENNER (HOLMES).

6. Sprucepine N. C. Uraninit anal. FØYNN, Report 1935, S. 14; 1938/39, S. 24.

7. a) Blueberry Mt. bei Boston Mass. Allanit (Orthit) anal. HECHT (H. und K.). Diese Mikroanalyse eines wenig aktiven Mineralen ist wohl unsicher, vgl. b) anal. H. V. ELLSWORTHS.

8. Beaver Lodge Lake (auch unter Hottah Lake in der Literatur) zwischen Gr. Bären- und Sklavensee, Pechblende. Report 1935, S. 55/57; 1936, S. 18, 52; 1937/38, S. 10, 14 anal. BAXTER & AVERILL. Geologisch ist in dieser Gegend eine Takonische Pb/U-Ziffer nicht leicht zu erklären.

9. West Portland Township, Prov. Quebec, Canada, Monazit. Report 1935, S. 43; 1936, S. 25 anal. MUENCH, Kontrollanalyse von HECHT stimmt dazu schlecht, bedenklich.

10. Präfektur Ena, Distrikt Gifu, Japan. anal. KIMURA & MIYAKE. Report 1935, S. 29.

11. Glastonbury und Portland am Connecticut River, Pegmatite, daraus: a) Uraninit, anal. HILLEBRAND, b) Uraninit, anal. HECHT, c) Monazit, anal. FENNER, d) Samarskit, anal. WELLS, e) Uraninit, anal. FØYNN & GLEDITSCH. Report 1935, S. 25, 76; 1936, S. 22; 1938/39, S. 23/24.

Bemerkenswert, wie gut die so verschiedenen Mineralien zueinander stimmen. „Acadian Revolution“. HOLMES, S. 165.

12. Rock Landing, Connecticut (Glastonbury-Gruppe), anal. HECHT (H. & K.).

13. Ruggles Mine, North Grafton N. Hampshire. Uraninit, anal. HECHT, Report 1937/38, S. 90, 45, Der Gehalt an S = 0,04 % umgerechnet auf PbS (Bleiglanz), gibt die Korrektur in η und damit klar Acadisches Alter, dort sehr wahrscheinlich.

14. North Carolina (ohne Ort!). Uraninit, anal. HILLEBRAND. HOLMES, S. 176.

15. Von den vielen Analysen von Pechblende aus Joachimstal ist a.) von BAXTER & KELLEY mit Atomgewicht, Report 1937/38, S. 10; 1938/39, S. 77, auf 41,3% und von NIER nach den Isotopen mit 41,2% gemeinem Blei gesichert — soweit so große Korrekturen sicher sein können. b) FØYRN & GLEDITSCH sind neustens zu ähnlichem Alter gekommen. Geologisches Alter? Jünger als die Quarzporphyre, Ob. Rotliegend?

16. Schmiedeberg, Pechblende, anal. HECHT (H. & K.). Nach W. E. PETRASCHKE ist das Magnetitlager alt, Sulfide etc. hätten Aplite des Riesengebirgsgranites gebracht, mit Fluorit, ob gleich nach dessen Intrusion?

17. Wölsendorf (Bayern), bekannt durch die pleochroitischen Höfe im Flußspat. Pechblende anal. HECHT (H. & K.). Verdacht auf großen Bleiverlust!

18. Brevig, Langensundfjord, Norwegen. Thorit, anal. FAJANS. Die Isotopenbestimmung von NIER gibt Möglichkeiten zu begründeter Korrektur. Sonst gibt es von dort alle möglichen Pb/U (Diskussion bei KIRSCH S. 155 174). Dieser Eläolithsyenitkomplex galt für Mitteldevon und man hielt die Pb/U damit allgemein für verträglich. Aber diese Alkaliserie erwies sich als jünger als Schichten mit Unterperm-Fossilien (z. B. *Walchia piniformis*) HOLTEDAHL 1934.

19. Ishikawa, Japan. Samarskit, anal. SHIBATA & KIMURA. HOLMES S. 175.

20. Jisaka, Prefektur Fukushima, Japan. a) Yttrialit, anal. HATA. Report 1938/39, S. 30, b) Fergusonit von demselben Ort, anal. ILMORI & HATA, ibid. S. 34, c) Samarskit von Ryujomen, Korea, ebendort.

21. a) Kirk Mine, Gilpin County, Colorado. Pechblende, anal. HECHT, H. & K. Report 1935, S. 12, 46. Ob b) Pechblende Gilpin CO. anal. HILLEBRAND von demselben Vorkommen stammt oder benachbart, ist nicht bekannt.

22. Idaho, Brannerit, anal. WELLS (HOLMES, S. 175 und 23). Virgen Mine, Mexico, Uraninit, anal. WELLS, mit diesem geringen Bleigehalt recht unsicher, gelten beide für Miocän.

Dutzend bekannt; und von diesen sind etliche unsicher und kaum zu benutzen. Damit können nur wenige Punkte im Ablauf der geologi-

WAHL 1943		SCHWINNER 1944		
Orogenese	von	Höhe	Zeiteinheit ist 1 Million Jahre	von
	bis			heute
				ab
I. Varisk. Orogenese	37	59	Jung-Quartär	0,3
			Pasadenisch	0,3
			Alt-Quartär + Pliocän	14,7
			Vor- und frühpliocäne Orogenese	15
			Miocän	20
			Jungalpine Hauptorogenese	35
			Oligocän + Ludien	15
			Pyrenäisch	50
			Unt. Eocän + Paläocän	30
			Laramisch	80
II. Varisk. Orogenese	107	Intervall zwischen d. Kulminationen 227	Obere Kreide	30
			Anstrisch	110
			Untere Kreide + Tithon	30
			Jung-Kimmerisch	140
			Jura (inkl. Kimmeridge) + Rhät	40
			Alt-Kimmerisch	180
			Trias (ohne Rhät)	50
			Pfälzisch	230
			Zechstein + Ob. Rotliegend	20
			Saalisch	250
III. Calcedon Orog.	270	Intervall 95	Unt. Rotliegend + Stefan	10
			Asturisch	260
			Westfal	15
			Sudetisch	275
			Unteres Karbon	15
			Bretonisch (Acadian)	290
			Devon	30
			Kaledonische Hauptorogenese	320
			Gotlandium	30
			Takonisch	350
IV	360	381	Ordovicium	30
			Sardisch	380
			Kambrium	
			Jotnium (+ Hoglandium etc.)	
	575	Intervall 231	Ostafrikan.-Samisch	575



Tabelle II.

SCHUCHERT 1931		KIRSCH 1931		STILLE 1935		BUBNOFF 1935		HOLMES 1937				WAHL 1943		SCHWINNER 1944		
	von heute ab		ab heute		ab heute	Cyclen	Dauer	max. Mächtigkeit der Ablagerungen		von heute ab	Dauer d. Cyclen d. Orogenese	Orogenese		Zeiteinheit ist 1 Million Jahre	von heute ab	
								m	in		N.Amerik.	Europa	von bis	Höhe		
Quartär				0,6				1 220	Europa						Jung-Quartär	0,3
Pliocän	25					VI. Jungtertiär bis heute	25	3 960	Californien	13					Pasadenisch	0,3
Miocän			28						6 400	Californien	17	13	Pacific (Cordilleran)			
Oligocän	35	25	28	59,4		V. Vor-Savisch	35	4 570	Italien	15	30			Vor- und frühpliocäne Orogenese	15	
Eocän			28							4 270	Wyoming	20	45			
Ob. Kreide	40	60	28	56	60	IV. Vor-Lamarisch	60	19 500	Westliche U. S. A.	40	65	Intervall 290	Intervall 290	Jungalpine Hauptorogenese	35	
Unt. Kreide	20	100	28	84	55				6 100	Alaska	35	105				Oligocän + Ludien
Jura	25	120	28	112	115	III. Vor-Kimmerisch	70	7 620	Alpen u. U. S. A.	50	140			Pyrenäisch	50	
Trias	25	145	28	140	175				3 960	Australien	35	190				Unt. Eocän + Paläocän
Perm	40	170	56	168	230	II. Vor-Variskisch	135	12 200	Groß-Britannien	50	225	Appalachian	Hercynian	Laramisch	80	
		210		224	260				11 280	Groß-Britannien	35	275	Intervall 90	Intervall 120		Obere Kreide
Karbon	75		84	60	320	I. Vor-Kaledonisch	175	4 570	Groß-Britannien	30	310	Intervall 220	Caledonian	Austrisch	110	
Devon	40	285	84	308	380				12 200	Australien	50	340	Intervall 190	Intervall 190		Untere Kreide + Tithon
Silurium	85	325	28	392	380			12 200	Westl. Nord-Amerika	110	500	Intervall 231	Intervall 231	Jung-Kimmerisch	140	
Ordovicium			410	84	420	480										Jura (inkl. Kimmeridge) + Rhät
Kambrium	90	500	56	504	480									Alt-Kimmerisch	180	
			560	580	580									Trias (ohne Rhät)		50
														Pfälzisch	230	
														Zechstein + Ob. Rotliegend		20
														Saalsch	250	
														Unt. Rotliegend + Stefan		10
														Asturisch	260	
														Westfal		15
														Sudetisch	275	
														Unteres Karbon		15
														Bretonisch (Acadian)	290	
														Devon		30
														Kaledonische Hauptorogenese	320	
														Gotlandium		30
														Takonisch	350	
														Ordovicium		30
														Sardisch	380	
														Kambrium		
														Jotnium (+ Hoglandium etc.)	575	
														Ostafrikan.-Samisch		



schen Zeit festgelegt werden. Die Genauigkeit ist nicht sehr groß, auch bei günstigen Bedingungen und sorgfältiger Arbeit wird ein Spielraum von 20% der Jahresziffer vorbehalten, aber von manchen Bestimmungen kann man ohne weiteres erkennen, daß sie mit noch größeren Fehlern behaftet sind. Der Geologe darf das nicht bemängeln, auch wie er dieses Vorkommen in die geologische Tabelle einreicht, ist nicht besser, es reicht selten weiter als zur Angabe einer Formation (Jura, Silur etc.), schon bei den halben Formationen — ob Unter- oder Ober-Perm z. B. — hapert es meistens. Am besten kann man sich noch daran halten, daß diese primären Mineralien — und nur solche sind zu brauchen — einer bestimmten Orogenese zuzuordnen sind (WAHL), aber gar so genau und pünktlich folgen die magmatischen Vorgänge den tektonischen leider doch nicht.

Die geologische Zeit-Tafel, welche hier vorgelegt wird (Tab. II), unterscheidet von den bisher gebräuchlichen sich hauptsächlich dadurch, daß die Aufblähung der älteren Formationen beseitigt worden ist. Das hat sich ganz ungezwungen ergeben. Ich habe bei der Neuberechnung der Altersziffern immer das Korrekturglied 2. Ordnung mitgenommen, und das bedeutet gegen die sonst meist gebrauchte einfach lineare Formel an der oberen Grenze der euzoischen Zeit eine Verminderung der Altersziffer um fast 25 MJ. Dann ist in meiner Berechnung (Formel S. 231) die erst vor kurzem erkannte Bedeutung des Actino-Urans berücksichtigt, das macht nochmals ungefähr ebensoviel aus (wenn, was nicht ausgeschlossen ist, die Zerfallskonstante des AcU noch etwas höher befunden werden sollte, wäre dieser Effekt noch größer). Damit wird die obere Grenze des Paläozoicums um 40—50 MJ. herabgedrückt. Auch die untere Grenze des Paläozoicums ist durch neue Beobachtungen geändert worden, und zwar ist diese hinaufgesetzt worden. Dafür spricht der hohe Wert für Schmiedeberg, und daß der Zusammenhang der Alkaliserie von Brevig mit fossilführendem Rotliegend erkannt worden ist, diese also ins Gefolge der saalischen Orogenese zu stellen ist, den spätvariskischen Ergüssen von Sachsen, Thüringen usw. gleichzuhalten. Allerdings bieten die Messungen von Brevig ein unerfreuliches Bild: Es sind so viele, daß — wie in diesem Falle meistens — ein Durcheinander zustande kommt, aber viel zu wenig, als daß man durch statistische Bearbeitung einen wahrscheinlichsten Wert finden könnte. Nur, weil Pb soviel mobiler ist als U oder gar Th, haben die höheren $\frac{Pb}{U}$ das größere Gewicht. Danach hatten früher alle Fachleute die Einstufung von Brevig ins „Mitteldevon“ für gerechtfertigt gehalten. Dieselben Erwägungen gelten heute ebenso, und daher muß heute das Rotliegend jene Altersziffer bekommen, welche man früher für Mitteldevon gelten ließ.

Diese neue Abgrenzung des Paläozoicums wird dadurch gestützt, daß für takonische und akadische Magmenförderung ziemlich

viel und gut untereinander stimmende Messungen vorliegen (Tab. I, Nr. 2—8, bzw. 11—13), die man nicht anders einordnen kann, als wir es getan haben (Tab. II), wenn man eine einigermaßen plausible Gliederung der paläozoischen Zeit bekommen will. Für diese kürzere Dauer der paläozoischen Formationen sprechen auch andere Gründe. Dafür, die Dauer des Karbons auf nur ungefähr 30 MJ. zu veranschlagen, hat SCHWARZBACH in seiner sehr beachtenswerten Untersuchung über das Oberschlesische Karbon gute Gründe beigebracht. Dagegen, das Devon auf 60 oder gar 84 MJ. aufzublähen, sprechen Beobachtungen aus den Karnischen Alpen. Die Kellerwandgruppe kann in Ausbildung und Mächtigkeit (> 1000 m) der Riffkalkablagerung — von der „maximalen Mächtigkeit“ der grobklastischen Sedimente halte ich gar nichts — ganz gut mit dem Dachsteinkalk wett-eifern. Aber an der Kellerwand geht die Riffkalkentwicklung vom Silur bis ins obere Mitteldevon, stellt also mindestens die Hälfte der Devonzeit vor; der Dachsteinkalk dagegen ist nur die eine der beiden großen Riffkalkmassen der Trias, und kann daher, wenn man die übrigen Schichtglieder auch nur mäßig anschlägt, kaum mehr als den dritten Teil der Triaszeit beanspruchen. Danach scheint ein Verhältnis 30 : 50 (MJ.) zwischen diesen beiden Formationen angemessen.

Für die jüngeren Zeiten sind brauchbare Mineralvorkommen noch seltener, deren Bleigehalte gering, die Messung verhältnismäßig noch ungenauer. Die Angaben aus Japan (I, Nr. 19, 20), die sich an 140 MJ. anschließen, mögen die jungkimmerische Orogenese kennzeichnen. Für die Dauer des Jungtertiärs hat man aus dem Rückschreiten der Erosion im Bryce Canyon 26 MJ. geschätzt. Die beiden $\frac{\text{Pb}}{\text{U}}$ -Messungen, welche für vermutliches Miocän vorliegen (I, Nr. 22, 23) geben 33 und 35 MJ. Nun hat der Paläontologe W. D. MATHEW aus der stammesgeschichtlichen Entwicklung, besonders des gut bekannten Pferdestammes, geschlossen: Pliocän + Miocän = Oligocän + Eocän, das Paläocän, das besonders in der organischen Entwicklung durchaus nicht vernachlässigt werden darf, ist dabei noch nicht mitgerechnet. Für Laramische Pechblende gibt die neue Messung von HECHT 84 MJ. gegen eine ältere Bestimmung (an demselben Vorkommen?) von HILLEBRAND mit 65 MJ. (I, Nr. 21). Alle diese Daten dem Gewicht nach gegeneinander abwägend, meine ich, die Laramische Revolution, die Grenze zwischen Kreide und Tertiär auf 80 MJ. setzen zu können. Damit sind die weiteren Grenzziehungen, von Kleinigkeiten abgesehen, im wesentlichen bestimmt.

SCHUCHERT, BUBNOFF u. a. hatten nach der alten Zeit-Tafel zu merken geglaubt, daß die Geschwindigkeit der Sedimentation — also auch die der den Schutt liefernden Abtragung — im Laufe der geologischen Zeit auf ein Vielfaches beschleunigt worden wäre — nicht bloß für den strengen Aktualisten bedenklich!

Tabelle II.

	Max. Mächtigkeit d. Ablagerungen nach		Unsere neue Zeit-Tafel M.J.	Durchschnittliche Ablagerung mm je Jahr	
	a) SCHUCH. 1931 BUBNOFF 1945	b) HOLMES 1937		a)	b)
Känozoicum.	18 727 m	20 422 m	80	0,234	0,255
Mesozoicum.	26 413 m	33 223 m	150	0,176	0,221
Paläozoicum.	33 856 m	56 388 m	200	0,169	0,282

Bedenkt man die Unsicherheit der Mächtigkeitsziffern, belegt durch die Unterschiede der beiden Schätzungen, so kann man den kleinen Unterschieden in der daraus berechneten Absatzgeschwindigkeit keine Bedeutung beilegen, und die Aktualität ist gerettet. Damit ist mittelbar auch die Ansicht BUBNOFF's, die Gebirgsbildung sei in den jüngeren Formationen gegen die älteren beschleunigt, eigentlich schon gefallen. Stellen wir die Orogenesen nach der neuen Zeit-Tafel zusammen, so ergibt sich ein ganz anderes Bild (Tab. III):

Wir finden danach in der euozoischen Zeit zwei orogene Zyklen, welche in Dauer und Rhythmus überraschend genau übereinstimmen. Die auffallendsten Parallelen sind in Tabelle III eingetragen, weitere wird der Geologe leicht finden; so in den Geosynklinal- und Schelfbildungen zwischen Silur s. l. und Jura-Unterkreide, oder die der beiden Kohlenzeiten. Es sind auch einige Unterschiede zu finden. So scheint fürs erste die Trias dem Kambrium nicht sehr ähnlich zu sein, doch geht das offenbar darauf zurück, daß erst in geologisch später Zeit so reicher Kalkabsatz möglich geworden zu sein scheint. Der Rhythmus ist auch hier sehr ähnlich: Rotliegend und Buntsandstein ebenso wie jotnischer und unterkambrischer Sandstein stellen zwei Hauptschritte im Abbau des älteren Gebirges vor, auf welchen dann weitfortschreitende Überflutung folgt, bis eine ebensoweit fühlbare Regression diese Ruhezeiten zwischen den orogenen Zyklen abschließt. Auch die Eiszeiten scheinen in ihrem Platze nur ungefähr, nicht genau zu korrespondieren.

Es wird von Interesse sein, wenn man einmal den letzten azoischen Zyklus mit diesen beiden der euozoischen Zeit in den Einzelheiten wird vergleichen können. Im Ausklang scheinen sie gut übereinzustimmen: Rapakivi entspricht den diskordanten Stöcken des Variszikums, die Diabase des Jotniums, des Keweenawan, die „Spilite“ des Barrandiums den „Saalischen“ Eruptiven, die nachjotnisch-vorkambrischen Gräben den Pfälzischen; auch die Tillite der Sparagmitformationen stehen an einer für Eiszeiten passenden Stelle. — Es ist zu beachten, daß alle diese letzten azoischen Gebirgsbildungsphasen, wenigstens im erforschten Gebiete, Uranminerale nicht geliefert haben. Daher erscheint in Darstellungen, wie der von WAHL, welche sich nur auf diese stützen, die Ruhezeit am Beginn des Euozoicums länger, als sie wirklich ruhig gewesen sein mag. Auch was WAHL

Tabelle III. Der orogene Rhythmus.

Alpidischer Zyklus	ab heute		Kaledon-Variskischer Zyklus	ab heute		Deutung
Riß, Würm (Pasadenisch)	0,3	15	(Pfälzisch)	230	20	Ausklang: meist Bruch, Vulkane
Günz, Mindel } Wallachisch } Rhodanisch } Attisch }	15	35	Jüngere Eiszeit Saalisch Annandale Eiszeit	250	30	
Steirisch { Vor-Ph. } Savisch }	35	15	(Nach-Ph. Haupt-Ph. } (Erzgebirgisch)	260	15	Höhe: Faltungen knappnach- einander folgend, Intrusionen
Pyrenäisch Säugetiere	50	30	Sudetisch Landwirbeltiere	275	15	
Laramisch b } Laramisch a } (subherzynisch) } Oberkreide-Transgression	80	30	Selkisch } Nassauisch } Marsisch } Clymenien-Transgression	290	30	Transgression
Angiospermen Austrisch nach Gault } Austrisch vor „ }	110	30	Pteridophyten Erisch } Ardennisch }	320	30	
Jungkimmerisch	140	40	Takonisch	350	30	Anschwellen: geosynkl. Unruhe, ein- zelne starke, aber wohl geschiedene Faltungen Regression Transgression geokrate Ruhe
(Alt-Kimmerisch) Norische Transgression Buntsandstein } Newark-System }	180		(Sardisch) Paradoxides-Transgression Eophyton-Sdst. } Sparagmit? etc. }	380		

Kulmination der Orogenese nennt und für diese letzte azoische auf 612 MJ. setzt, würde bei Berücksichtigung dieser ihrer letzten Phasen sich auf ein etwas jüngeres Datum verschieben. Die Intervalle zwischen diesen würden vermutlich gar nicht sehr verschieden ausfallen.

Zum Schlusse sei nur noch darauf hingewiesen, daß die Zusammenziehung der bisher als getrennt angesehenen kaledonischen und variskischen Orogenesen zu einem einzigen Zyklus, wie es der Rhythmus ihrer Folge in Gegenüberstellung zu der alpinen Ära nahelegt, natürlich auch paläogeographische Folgerungen nach sich ziehen wird. Aber auf diesem Gebiet ist noch fast alles zu tun, und so mag es mit dieser Andeutung sein Bewenden haben.

Schriftenverzeichnis.

v. BUBNOFF, S.: Das Alter der Erde und der Gang der Erdgeschichte. Die Naturwissenschaften. 23. Jg. 1935. 506—511.

HECHT, F. und E. KROUPA: Die Bedeutung der quantitativen Mikroanalyse radioaktiver Mineralien für die geologische Zeitmessung. Zs. anal. Chemie. 106. 1936. 82—103.

HOLMES, A.: The Age of the Earth. 3. erweiterte Aufl. London 1937.

KIRSCH, G.: Geologie und Radioaktivität. Wien-Berlin 1928.

— Die Radioaktivität der Erde. In: Handb. Experimentalphysik, herausg. von WIEN & HARMS. 15. Geophysik. II. Teil. 1931. 29—73, bes. 59/60.

NIER, A. O.: The isotopic Constitution of Uranium and the Half-Lives of the Uranium Isotopes. I. The isotopic Constitution of radiogenic Leads and the Measurement of geological Time. II. Physic. Rev. 55. 1939. 150—163, und ein langes Sammelreferat in „Report“ 1938/39. 76—81.

Report of the Committee on the Measurement of Geologic Time, presented at the Annual Meeting of the Division of Geology and Geography National Research Council (Washington D. C.), zitiert als „Report“.

SCHWARZBACH, M.: Bionomie, Klima und Sedimentationsgeschwindigkeit im oberschlesischen Karbon. Zs. deutsch. geol. Ges. 94. 511—547.

SCHWINNER, R.: Grundsatz und Praxis in der geologischen Zeitrechnung. Zs. deutsch. geol. Ges. 96. 1944.

— Grundsätzliches zur geologischen Zeitrechnung. Festschr. f. ADALBERT PREY.

STILLE, H.: Der derzeitige tektonische Erdzustand. S.B. Akad. Berlin. Phys.-math. Kl. 13. 1935. 179—219.

WAHL, W.: Altersvergleich der Orogenesen und Versuch einer Korrelation des Grundgebirges in verschiedenen Teilen der Erde. Geol. Rdsch. 34. 1943. 209—225.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 5. Mai 1944.