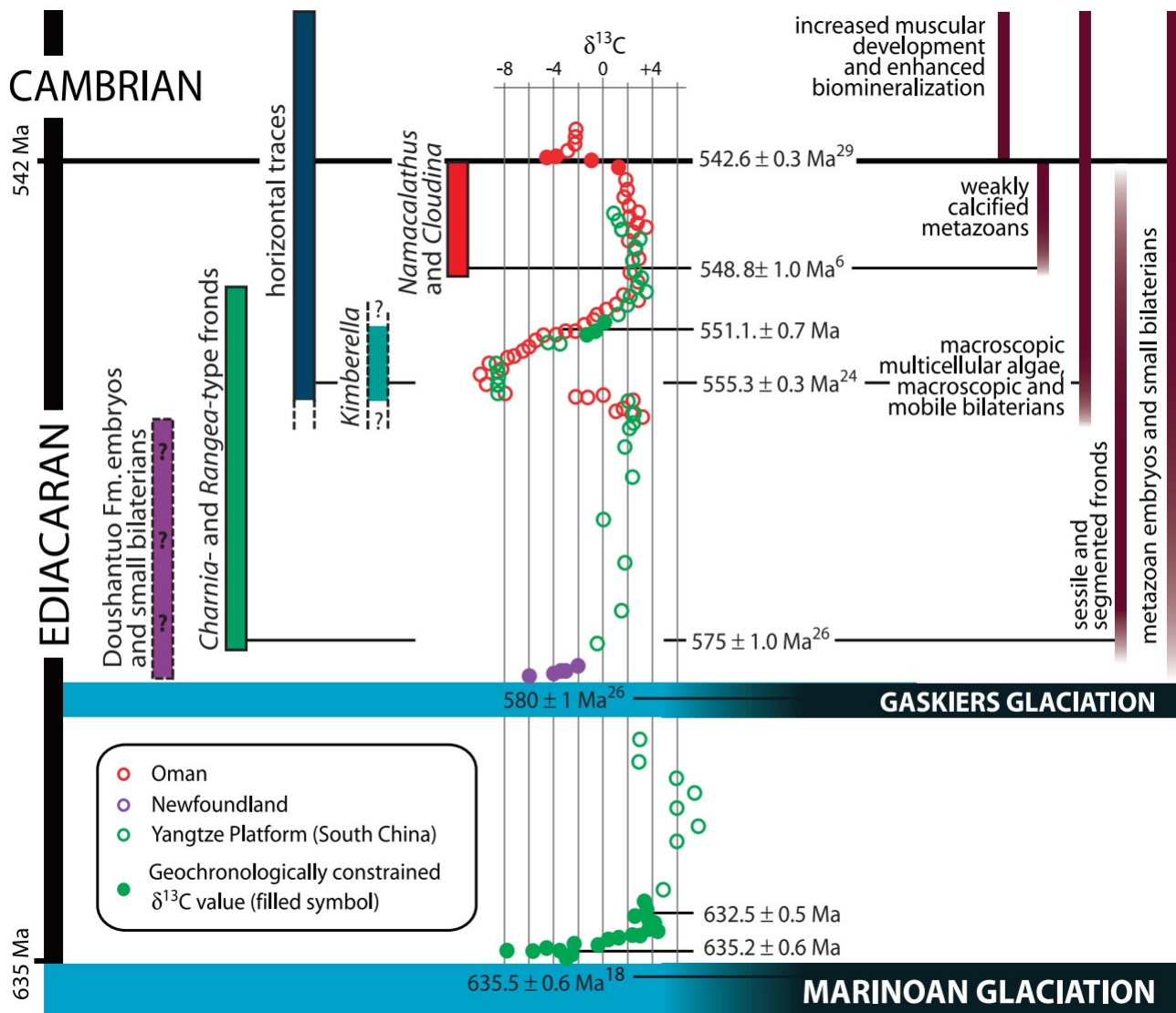


Übersicht (Figur 2, [2005])



Einbettung des Kambriums

System (Periode)
⋮
Silur
Ordovizium
Kambrium
Ediacarium
Cryogenium
⋮

Kambrium

- Serien und Stufen des Kambriums:

Serie	Stufe	Alter / MJ	Dauer / MJ	Bemerkungen
4. Furongium	10. Duibium?	489.5 – (485.4 ± 1.9)	4.1±1.9	
	9. Jiangshanium	494 – 489.5	4.5	
	8. Paibium	497 – 494	3	
3. Miaolingium	7. Guzhangium	500.5 – 497	3.5	
	6. Drumium	504.5 – 500.5	4	Weifang Biota
	5. Wuliuan	509 – 504.5	4.5	Burgess Shale Biota (505 MJ)
2. -	4. -	514 – 509	5	
	3. -	521 – 514	7	Chengjiang Biota (520 MJ)
1. Terreneuvium	2. -	529 – 521	8	
	1. Fortunium	(541 ± 1.0) – 529	12±1.0	

- Dauer: (57.4 ± 0.9) MJ, zeitliche Mitte ca. 513 MJ
- Definition [2014]: Das Kambrium beginnt mit FAD des Spurenfossils “Treptichnus pedum”, das dem FAD von “Harlanella podolica” folgt.
- Klima: Erwärmt sich im Verlauf. Gegen Ende evtl. keine Vereisung der Polkappen mehr und deshalb hoher Meeresspiegel. Sauerstoffkonzentration von ca. 12% auf ca. 17% steigend (heute 21%). Die Kohlenstoffdioxidkonzentration steigt von ca. 0.45% auf einen absoluten Höhepunkt von 0.65% an der Kambrium/Ordovizium-Grenze an (heute 0.04%).
- Treibhausklima: Nach [2018] gab es eine $\delta^{18}O$ -Signatur in biogenen Phosphaten aus der Zeit zwischen 514 und 509 MJ, die für eine Meerestemperatur von 20° bis 25° in südlichen Breiten von 65° bis 70° (Rand der heutigen Antarktis) spricht. Eine Simulationsrechnung ergibt für die Meeresoberflächentemperatur am Äquator mehr als 35°.
- Die “Kambrische Explosion” fand zu Beginn des Kambriums statt.
- Polwanderung um ca. 90° gegen Ende des Kambriums vor 500 bis 494 MJ, also 0.5 MJ nach dem Beginn des Guzhangium bis zum Ende des Paibium. Siehe [2018], Abbildung 11 und 12.
- Im selben Zeitraum gab es die $\delta^{13}C$ -Anomalie (SPICE: Steptoean Positive Carbon Isotope Excursion). Siehe [2018], Abbildung 11.
- Nach [1997] gab es möglicherweise eine Polwanderung um ca. 90° zu Beginn des Kambriums, im Terreneuvium, von 535 bis 520 MJ.
- Die Tage waren nur 18 oder 19 Stunden lang [1].
- Die Solarkonstante im Kambrium ist ca. 97% der heutigen Solarkonstante [2].
- Kambrische Kontinente: Gondwana, Laurentia, Baltica, Sibiria.
- Nach [2005]:
 - Flachwasser: Für das Ediacarium gibt es nur wenige Spurfossilien von Tieren, die *horizontal* die Bio-Matten beweideten. Es finden sich auch keine Arthropoden- und Nematoden-Spuren. Die Situation veränderte sich zu Beginn des Kambriums. Die Diversität der Surenfossilien vergrößerte sich dramatisch im Zusammenspiel mit dem Beginn vertikaler Durchmischung der Biomatten. Es kommt zum Verschwinden der Biomatten-Ökologie (“agronomic revolution”).
 - Tiefsee: Im Ediacarium gibt es bis hinein ins Mittelkambrium vorwiegend Tierarten, die *horizontale* Bauten unterhalb der Biomatte anlegen (siehe “Oldhamia”). Zu welchem Zeitpunkt die “agronomic revolution” auch die Tiefsee erreichte, ist unbekannt.
 - “Nerites”, horizontale mäanderförmige Weidespuren der Biomatte, traten erst im Ordovizium auf.
- Nach [2017] gab es bis zum Ende des Ediacarium nur Phytoplankton in den Ozeanen. Zooplankton trat erst ab dem Kambrium auf.

- Nach [2017] sind die ersten Bauten grabenden Tiere (vermutlich: Bilateria) auf die Zeit von 545 bis 543 MJ (also ins Ediacarium) zu datieren. Aber vermutlich ebenfalls die Spurenfossilien aus der Zeit vorher von 560 bis 555 MJ. Die 565 MJ alten Spurenfossilien der “Mistaken Point”-Lebewesen waren möglicherweise Nicht-Bilateria.
- Metazoa (mehrzellige Tiere) entwickelten sich in der 1. Hälfte des Cryogeniums (um 800 MJ) [2015].
- Die ersten Skelettteile finden sich ab Beginn des Kambriums, im Fortunium (SSF: small shelly fauna) [2011].

Ediacarium

- Vorgeschlagene Stufen des Ediacariums [2016]

Stufe	Alter / MJ	Dauer / MJ	Bemerkungen
Upper	583 - (541 ± 1.0)	42±1.0	zuerst Gaskiers-Vereisung dann SWA
Middle	605 - 583	22	Weng'an Biota (570 MJ – 609 MJ)
Lower	635 - 605	30	

- Shuram-Wonoka $\delta^{13}C$ -Anomalie von bis zu -12.0 ‰, dauert ca. 10 MJ im oberen Ediacarium: ca. 570-560 MJ [2017].
- FAD Ediacaria-Fauna, [2017]: Es wird für Nordwest-Kanada gezeigt, dass sich das FAD der Ediacara-Faunen Abdrücke oberhalb der Junebeds befindet und nicht schon in der Sheepbed Formation. Dazu wird das Sheepbed Carbonat und die Gametrail Formation genauer untersucht.

Stratigraphie:

- Gametrail Formation
- **FAD of Ediacara-Fauna**
- Junebeds
- Sheepbed Karbonat
- Sheepbed Formation

Die $\delta^{13}C$ -Anomalie der Gametrail Formation wird mit der SWA identifiziert. Das FAD der Ediacaria-Fauna ist also bereits vor der SWA.

- Gaskiers-Vereisung:
580.0 ± 1.0 nach [2005]
(579.63 ± 0.15) - (579.88 ± 0.44) MJ, also Dauer von 0.34 MJ [2016]
Nach [2017], Fig. 13 tritt die typische Ediacara-Fauna erst nach der Gaskiers-Vereisung auf.
- Doushantuo Formation: 635 - 551 MJ [2005]

Cryogenium

Stufe	Alter / MJ	Dauer / MJ	Bemerkungen
	635 - 720	85	

- Bilateria entwickelten sich in der 2. Hälfte des Cryogeniums (um 700 MJ), evtl. auch erst zu Beginn des Ediacariums (um 620 MJ) [2015].
- Marinoische-Vereisung: 655 - 635 MJ
- Sturtische-Vereisung: 717 [2017] - 658 MJ
- Islay $\delta^{13}C$ -Anomalie (mit $\delta^{13}C$ -Werten bis zu -12 ‰): 740-732 MJ [2017] bzw. 735.25±0.25 MJ [2017]. Sie soll nach dem Abstract von [2014] die Sturtische Eiszeit um 15 Millionen Jahre vordatieren.

Tonium

Stufe	Alter / MJ	Dauer / MJ	Lagerstätten
	720-1000	180	

- VSM Ogilvie Mtns., Canada im Zeitraum zwischen 752.7 ± 5.5 MJ und 739.9 ± 6.5 MJ [2015]
- VSM Grand Canion, USA zwischen 751.0 ± 7.6 MJ und 729.0 ± 0.9 MJ [2017]
- Warum gibt es eine singuläre $\delta^{13}C$ -Anomalie (-6 ‰) in der Horse Thief Springs Formation im Death Valley vor ca. 785 MJ [2017]?
- Bitter Springs $\delta^{13}C$ -Anomalie: 811-789 MJ [2017]

Kohlenstoff-Isotopenanalyse

- Der im Meer in Form von Karbonaten abgelagerte Kohlenstoff zeigt nur geringe $\delta^{13}C$ Abweichungen im Vergleich zum im Meerwasser gelösten $\delta^{13}C$ (Kapitel 11.1 [2012])
- Nach [3] hat der Erdmantel (also ohne biologische Aktivität) -5 ‰. Photosynthese vergrößert diesen Wert.

Allgemeines

- MJ: Millionen Jahre
- FAD: First Date of Appearance
- Siliciclastic sediments are silica-based sediments, lacking carbon compounds, which are formed from pre-existing rocks, by breakage, transportation and redeposition to form sedimentary rock
- SWA: Shuram-Wonoka $\delta^{13}C$ -Anomalie
- VSM: Vase shaped microfossiles

Literatur

- [2018] Wen-Jun Jiao et. al.; Paleomagnetism of a well-dated marine succession in South China: A possible Late Cambrian true polar wander (TPW); 2018
- [1997] Joseph L. Kirschvink et. al.; Evidence for a Large-Scale Reorganization of Early Cambrian Continental Masses by Inertial Interchange True Polar Wander; 1997
- [1] Prof. Dr. H. Lesch; Sendung "Alpha Centauri" mit dem Titel "Was geschah im Kambrium?".
- [2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Klimawandel>; Wikipedia-Artikel "Klimawandel", Abschnitt "Die Sonne"
- [2014] Duncan McIlroy et. al.; Ichnological evidence for the Cambrian explosion in the Ediacaran to Cambrian succession of Tanafjord, Finnmark, northern Norway; 2014
- [2005] Adolf Seilacher et. al.; Trace fossils in the Ediacaran–Cambrian transition: Behavioral diversification, ecological turnover and environmental shift; 2005
- [2003] M. Fedonkin; The Origin of the Metazoa in the light of Proterozoic fossil record; http://evolbiol.ru/fedonkin_metazoa.htm; 2003
- [2001] A.Y. Ivantsov; Vendia and Other Precambrian "Arthropods"; 2001
- [2017] G.E. Butt et. al.; The origin of the animals and a 'Savannah' hypothesis for early bilaterian evolution; 2017

- [2015] M. dos Reis et. al.; Uncertainty in the Timing of Origin of Animals and the Limits of Precision in Molecular Timescales; 2015
- [2011] Erwin, D.H. et. al.; The Cambrian Conundrum; 2011
- [2018] Hearing T.W., et. al.; An early Cambrian greenhouse climate; 2018
- [2016] Shuhai Xiao et. al.; Towards an Ediacaran Time Scale: Problems, Protocols, and Prospects; 2016
- [2005] Daniel Condon et. al.; U-Pb Ages from the Neoproterozoic Doushantuo Formation, China; 2005
- [2016] Judy P. Pu et. al.; Dodging snowballs Geochronology of the Gaskiers glaciation and the first appearance of the Ediacaran biota; 2016
- [2014] Stephen R. Noble et. al.; U-Pb geochronology and global context of the Charnian Supergroup, UK: Constraints on the age of key Ediacaran fossil assemblages; 2014
- [2012] Gadstein F.M et. al.; The Geologic Time Scale 2012; 2012
- [2015] Alan D. Rooney et. al.; A Cryogenian chronology; 2015
- [2014] Strauss et. al.; 740 Ma vase-shaped microfossils from Yukon, Canada: Implications for Neoproterozoic chronology and biostratigraphy; 2014
- [2017] George E. Williams, Phillip W. Schmidt; Shuram-Wonoka carbon isotope excursion: Ediacaran revolution in the world ocean's meridional overturning circulation; 2017
- [2013] Macdonald et. al.; The stratigraphic relationship between the Shuram carbon isotope excursion, the oxygenation of Neoproterozoic oceans, and the first appearance of the Ediacara biota and bilaterian trace fossils in northwestern Canada; 2013
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Snowball_Earth#Cap_carbonate_rocks
- [2017] MacLennan et. al.; The arc of the Snowball: U-Pb dates constrain the Islay anomaly and the initiation of the Sturtian glaciation; 2018
- [2017] Riedman et. al.; Vase-shaped microfossil biostratigraphy with new data from Tasmania, Svalbard, Greenland, Sweden and the Yukon; 2017