

# Massenaussterben biologischer Arten im Lauf der Erdgeschichte – was lässt sich für die heutige Situation ableiten?

Jörg Mutterlose, joerg.mutterlose@rub.de



FAZ 8.5.2019: Wer stoppt den Ökozid?

# Krisen der biologischen Artenvielfalt



- Hintergrund des Vortrags
- Was ist ein Massenaussterben (MA)
- Die fünf grossen MAs der Erdgeschichte
- Das gegenwärtige MA
- Und der Zukunft zugewandt

# Was ist ein Massenaussterben?

## Muster von Massenaussterben

- weltweites Auftreten – Kausalität
- geologisch kurzfristig (Event) – Zeitlichkeit
- zahlreiche Taxa betroffen – grosse Diversitäten
- Taxa höherer Ordnung (Ordnungen, Familien)
- Auswirkungen auf dem Festland und im marinen Bereich

## Was ist ein Massenaussterben?

Kategorie	Beispiel	Merkmal
Reich	Animalia	Heterotrophie
Stamm	Chordata	Chorda dorsalis
Klasse	Mammalia	Säugen, Gebiß, Gehörknochen
Ordnung	Primates	opponierbarer Daumen
Familie	Hominidae	DNA > 97% identisch
Gattung	<i>Homo</i>	Bau der Backenzähne
Art	<i>sapiens</i>	“Erkenne dich selbst“

Auf der heutigen Erde leben ? Arten von Säugetieren:

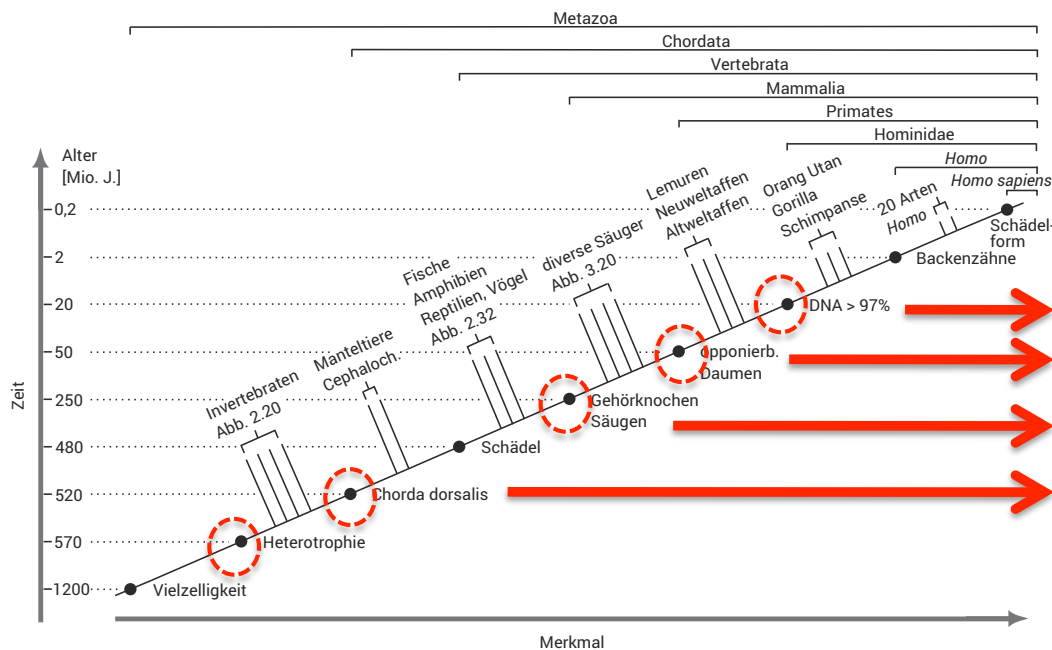
a) ca. 1.000

b) ca. 6.000

c) ca. 12.000

# Was ist ein Massenaussterben?

Kategorie	Beispiel	Merkmal
Reich	Animalia	Heterotrophie
Stamm	Chordata	Chorda dorsalis
Klasse	Mammalia	Säugen, Gebiß, Gehörknochen
Ordnung	Primates	opponierbarer Daumen
<del>Familie</del>	<del>Hominidae</del>	<del>DNA &gt; 97% identisch</del>
<del>Gattung</del>	<del><i>Homo</i></del>	<del>Bau der Backenzähne</del>
Art	<i>sapiens</i>	“Erkenne dich selbst“

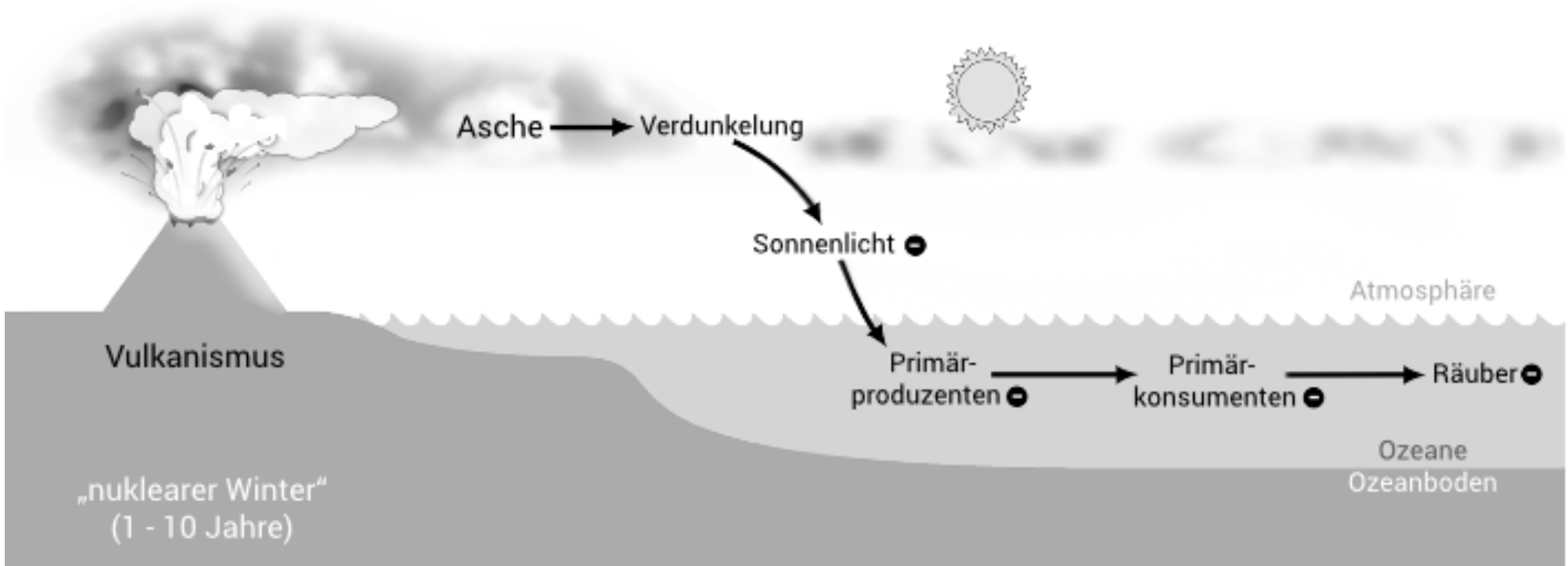


Familie Menschenaffen	8 Arten
Ordnung Primaten	500 Arten
Klasse Säuger	6.000 Arten
Stamm Wirbeltiere	65.000 Arten

# Was ist ein Massenaussterben?

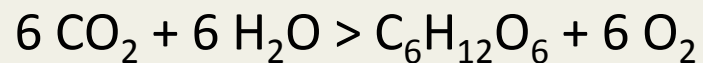
A

Erklärungsmodell Vulkanismus



Zusammenbruch der Ökosysteme durch folgende Kette:

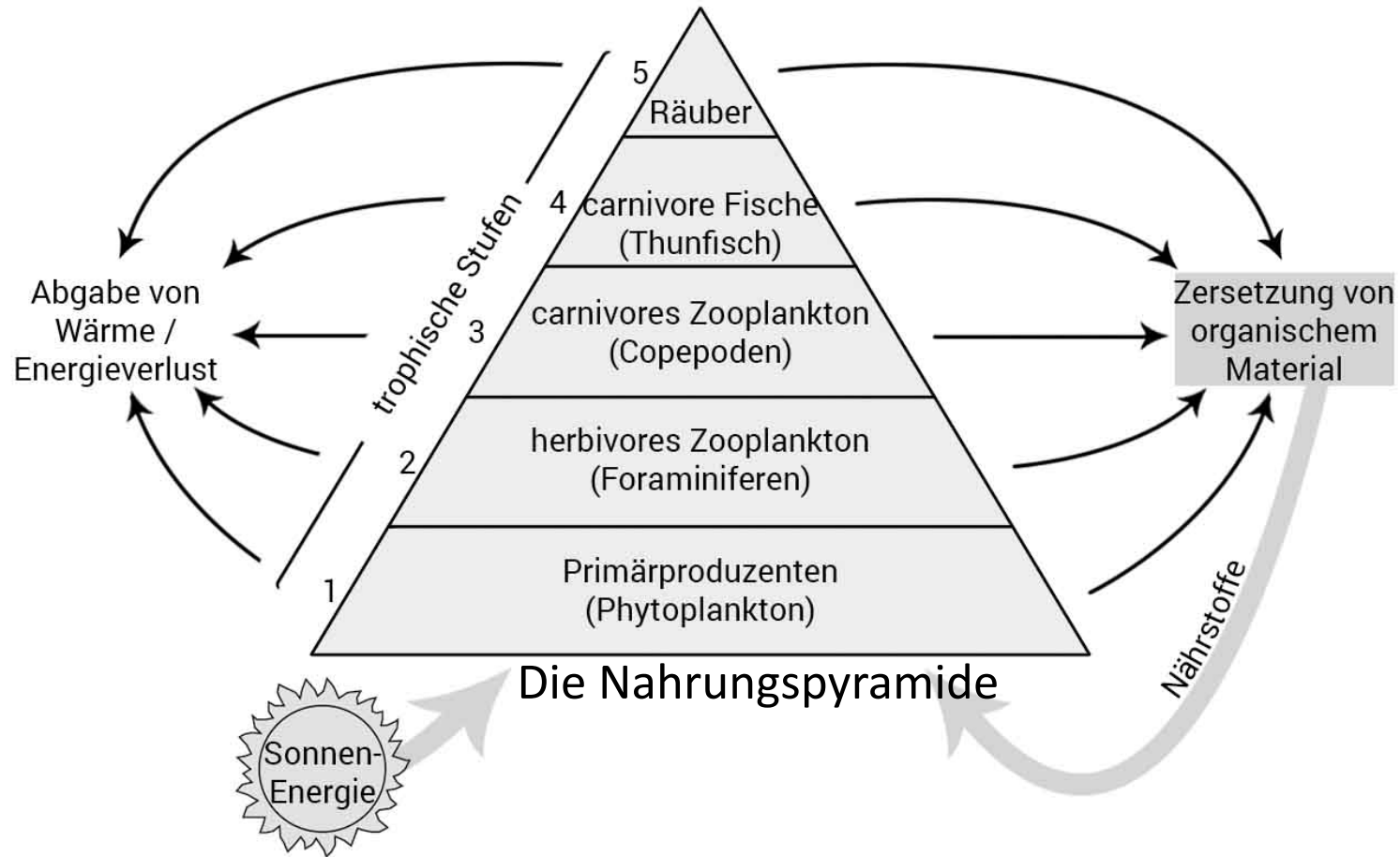
Sonnenlicht - > Primärproduzenten - > Primärkonsumenten - > Sekundärkonsument -



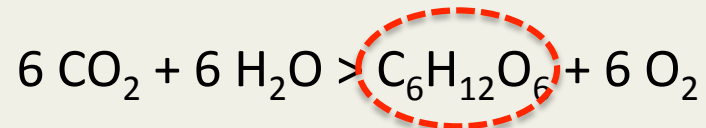




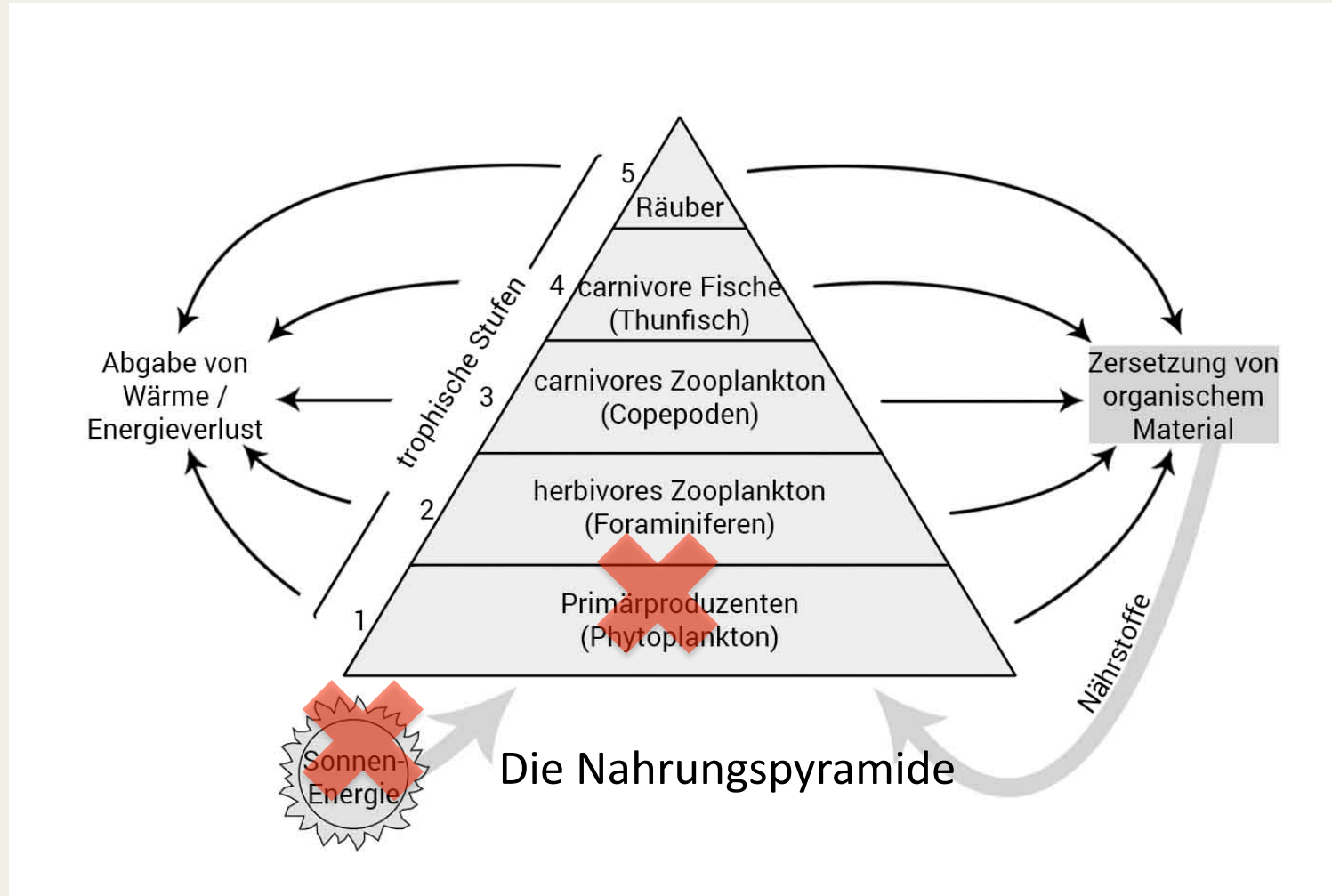
# Was ist ein Massenaussterben?



Unsere Welt lebt seit ca. 1.5 Mrd. J. in einem Photosynthesesystem



# Was ist ein Massenaussterben?



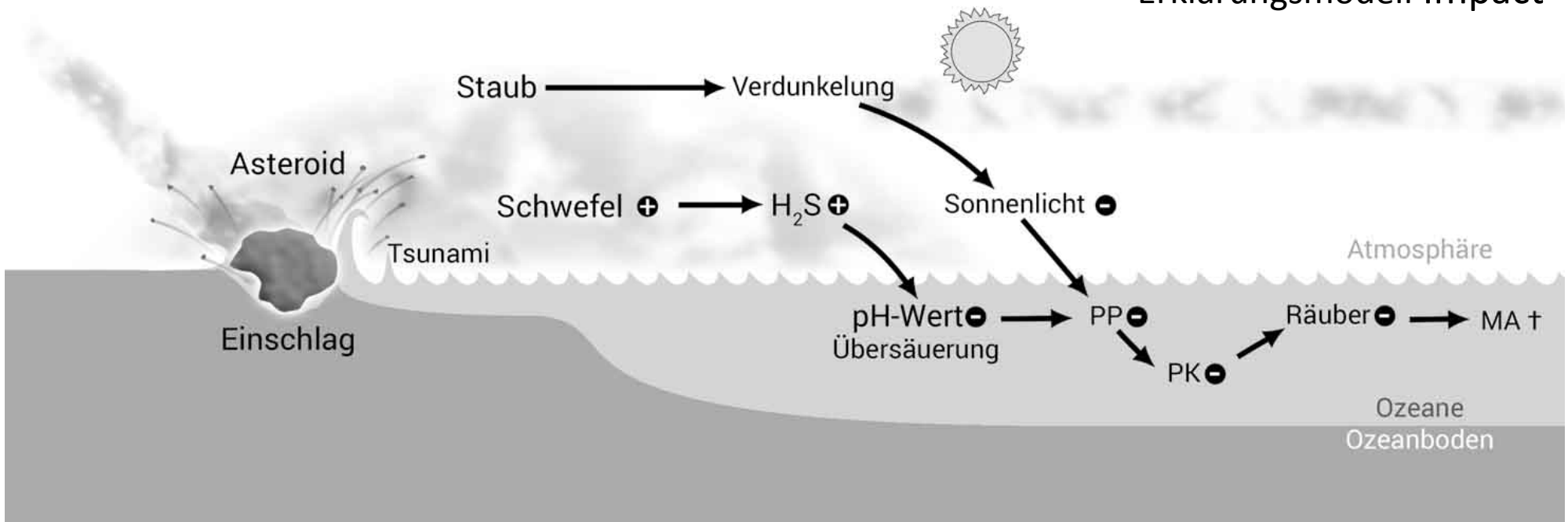
Zusammenbruch der Ökosysteme durch Störung der Kette:

Sonnenlicht -> Primärproduzenten -> Primärkonsumenten -> Sekundärkonsument -



# Was ist ein Massenaussterben?

## Erklärungsmodell Impact

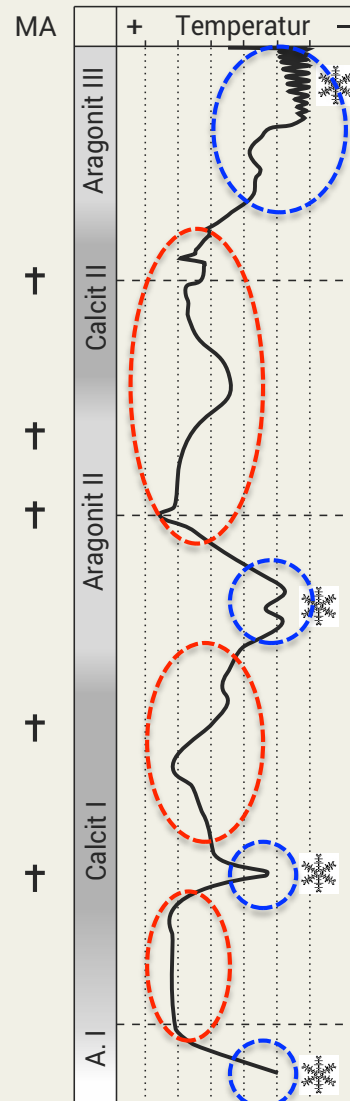


Wie Vulkanismus: Verdunkelung und Einbruch der Primärproduktivität

Zusätzlich Versauerung der Ozeane

# Was ist ein Massenaussterben?

Äon.	Ära.	System	Alter	
			[Mio. J.]	
Phanerozoikum	Känozoikum	Quartär	3	
		Neogen	Tertiär	
		Paläogen		
	Mesozoikum	Kreide	66	
		Jura	145	
		Trias	201	
	Paläozoikum	Perm	252	
		Karbon	Pennsylvanium	299
			Mississippium	359
		Devon		
		Silur	419	
		Ordovizium	444	
		Kambrium	485	
	Neo-Proterozoikum	541		
			1000	



Eishauswelten – Phasen mit Eisbildung

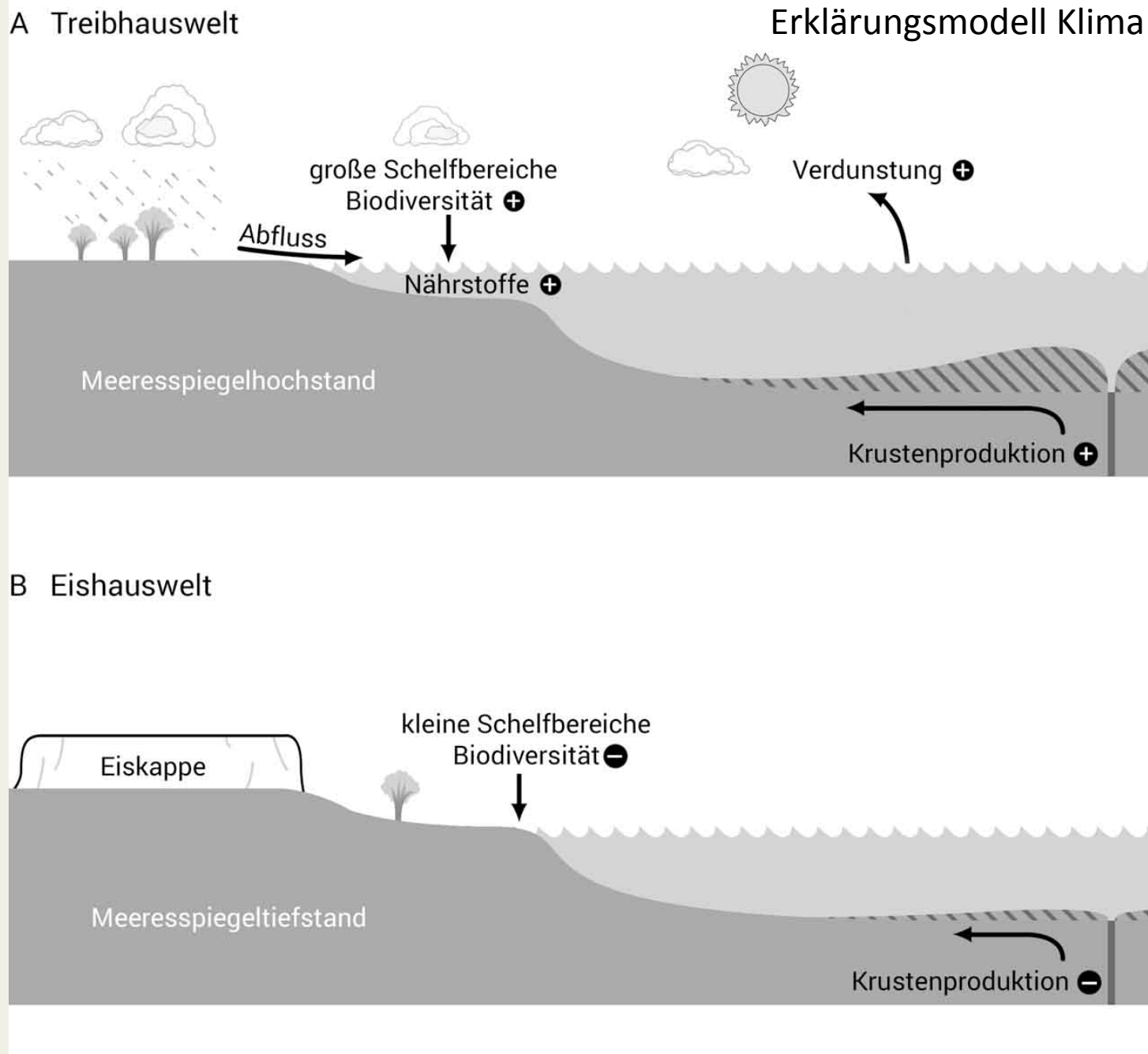
- tiefer Meeresspiegel
- deutliche T°C Gradienten (heute ca. 140°)
- geringere Schelfareale



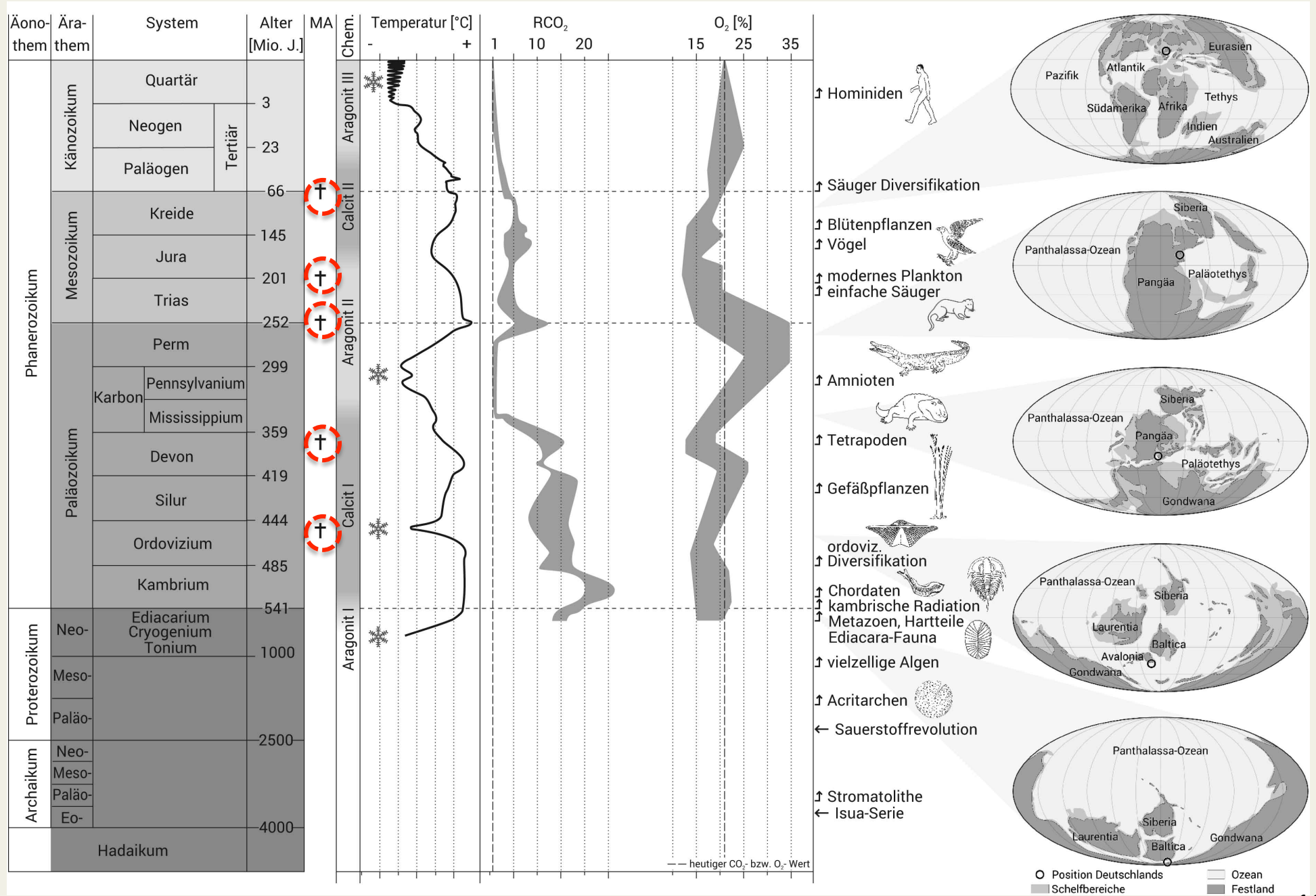
Treibhauswelten – Phasen ohne Eisbildung

- hoher Meeresspiegel
- geringe T°C Gradienten
- grosse Schelfareale

# Was ist ein Massenaussterben?

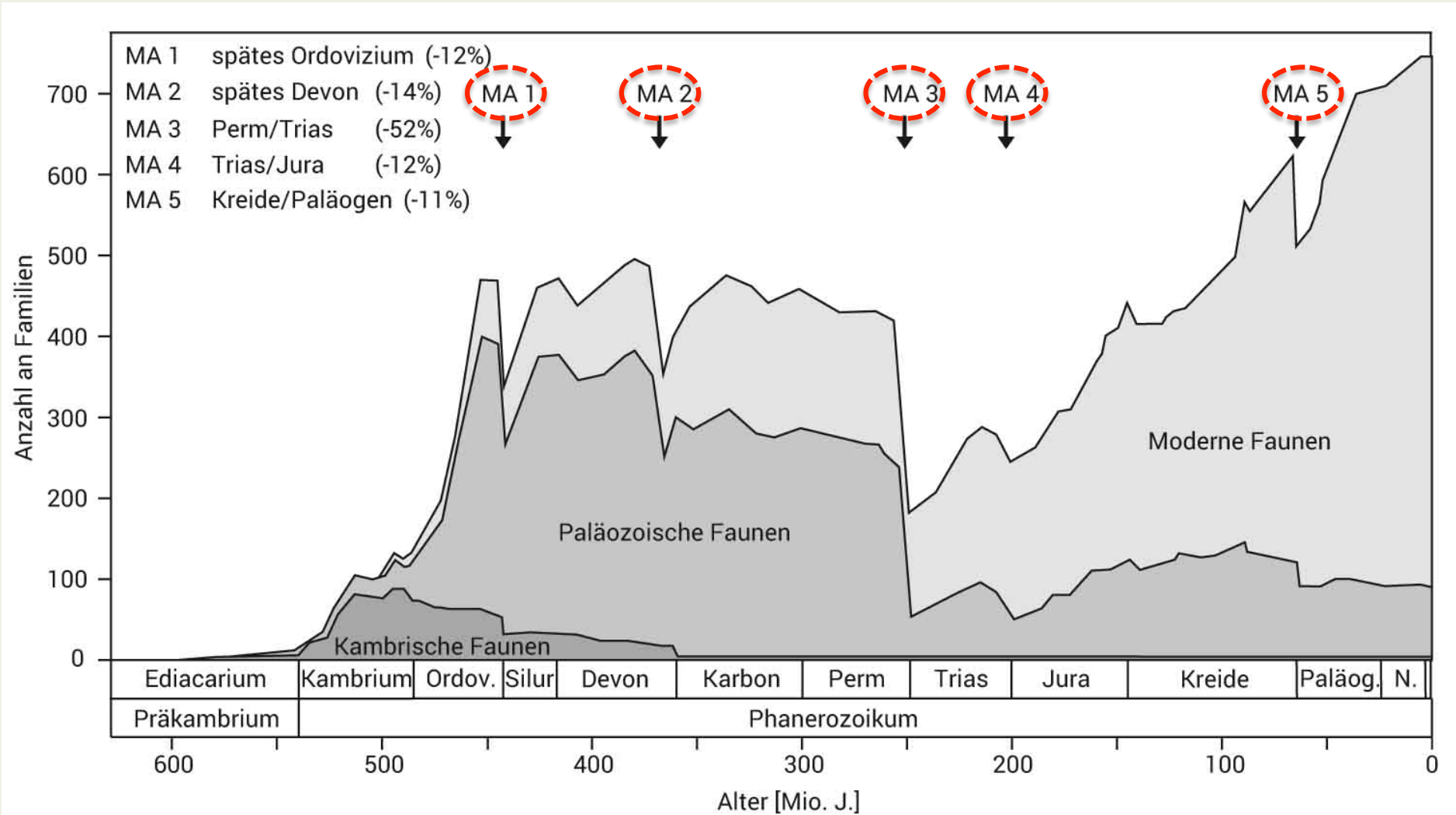


# Die fünf grossen Massenaussterben (MAs)



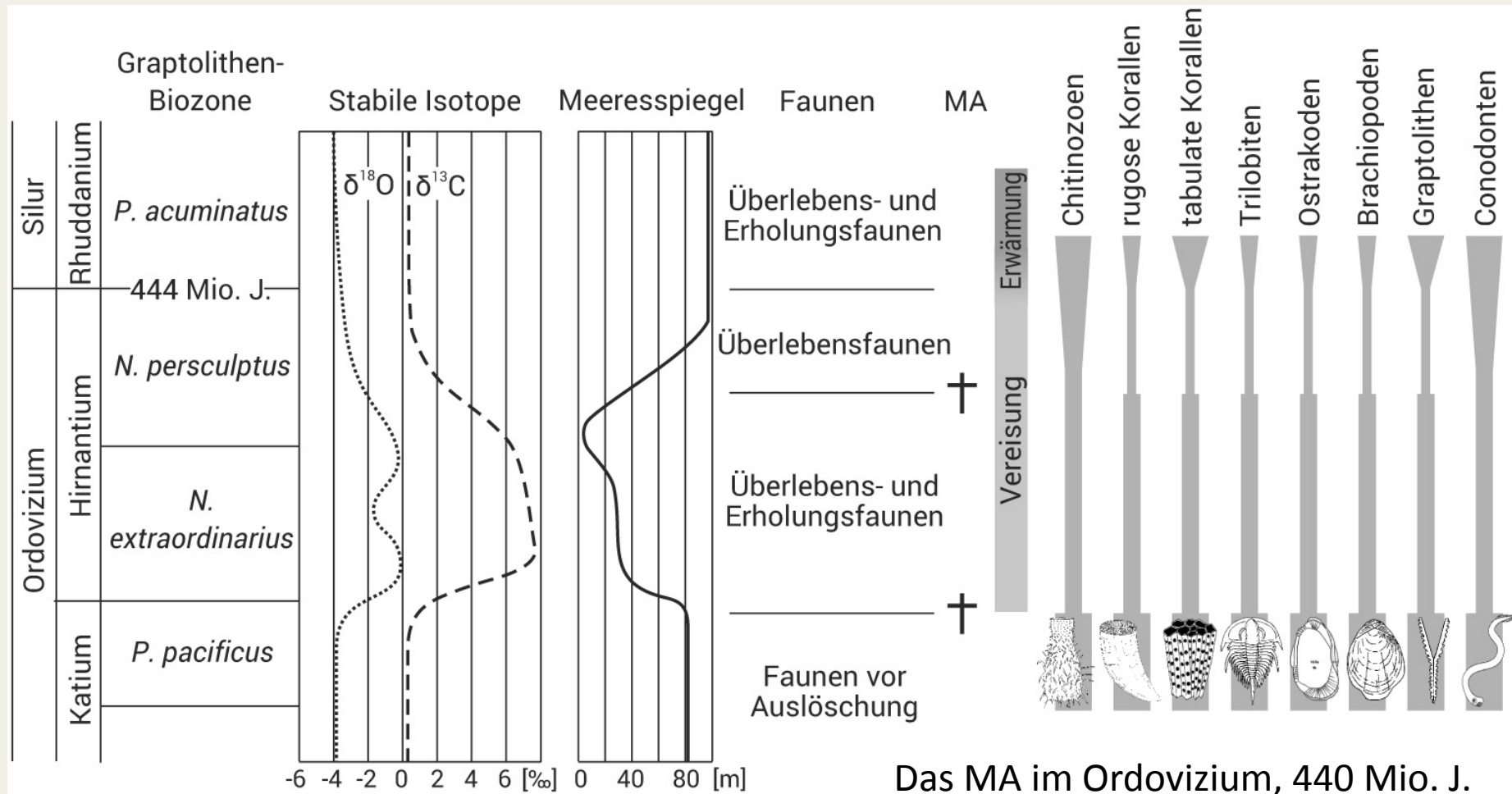
Gliederung der Erdgeschichte und Erstauftreten wichtiger Lebensformen

# Die fünf grossen Massenaussterben (MA)



Diversifizierung der Metazoen im Phanerozoikum. Die Prozentzahlen in Klammern geben die Rückgänge auf dem Niveau der Familien wieder.

# Die fünf grossen Massenaussterben (MA)

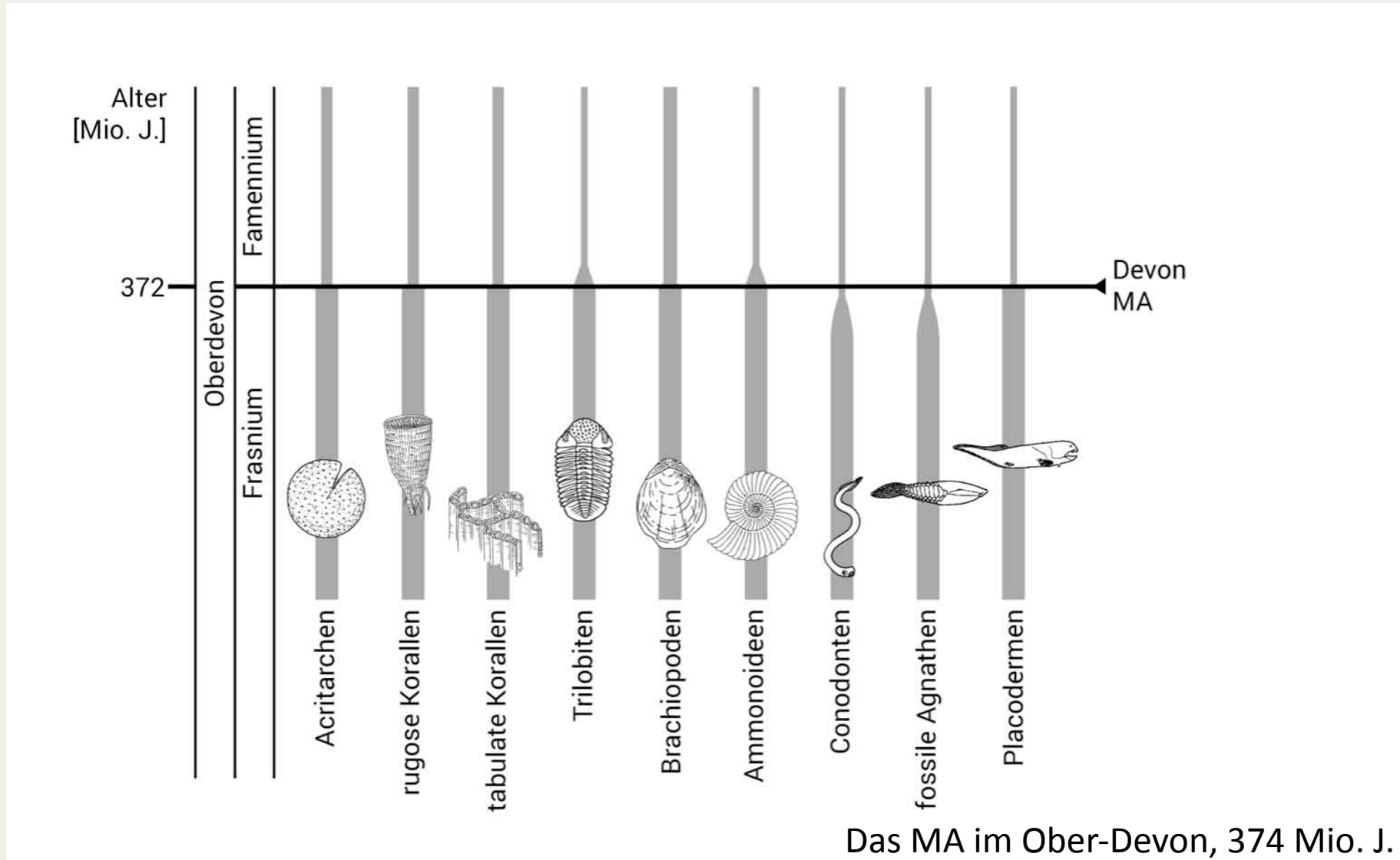


Das MA im Ordovizium, 440 Mio. J.

- kein Impakt
- kein Vulkanismus
- Eiszeit 20 Mio. J.



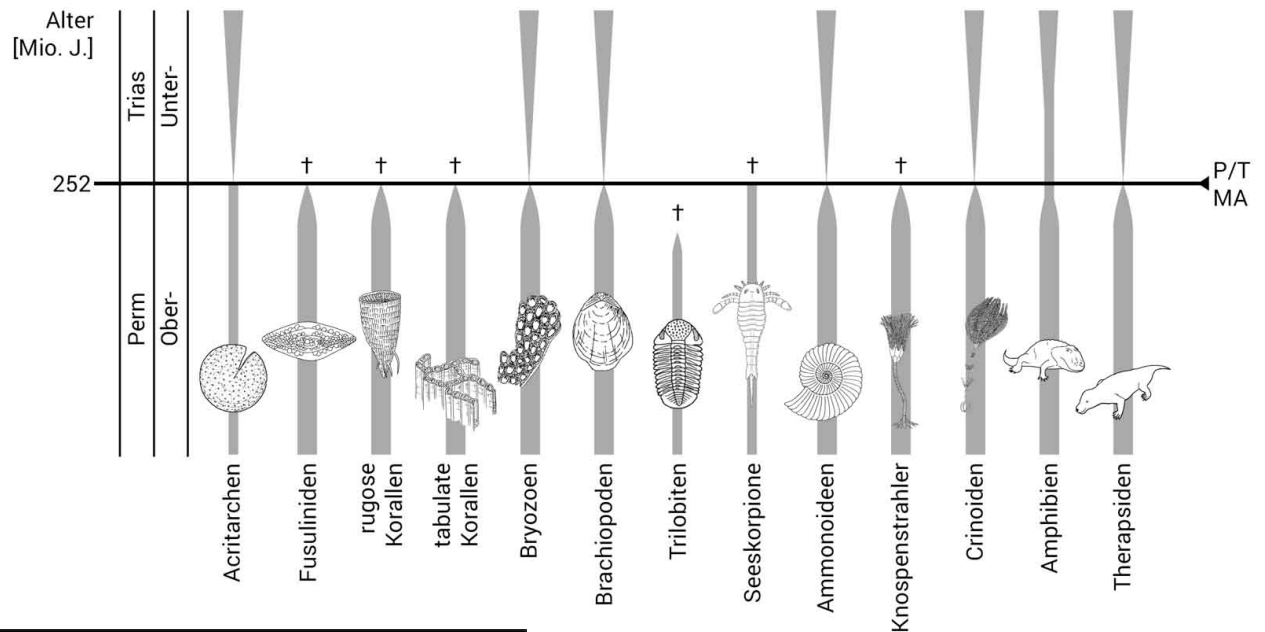
# Die fünf grossen Massenaussterben (MA)



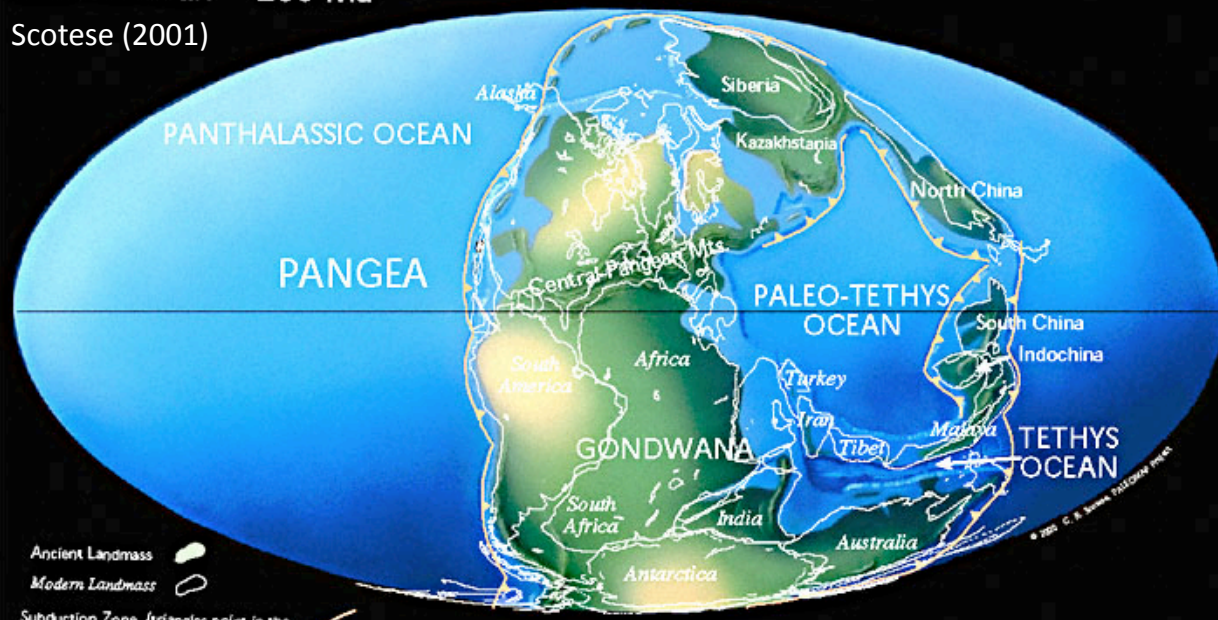
- träge Ozeanzirkulation ?
- Abkühlung ?

# Die fünf grossen Massenaussterben

Das MA der Perm/Trias-Grenze (252 Mio. J.)



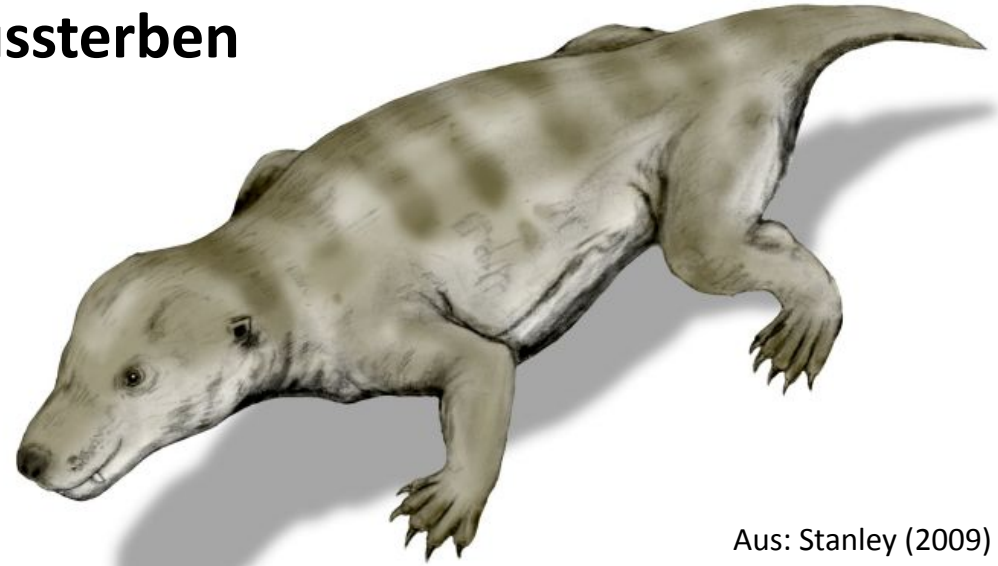
Late Permian 255 Ma  
Scotese (2001)



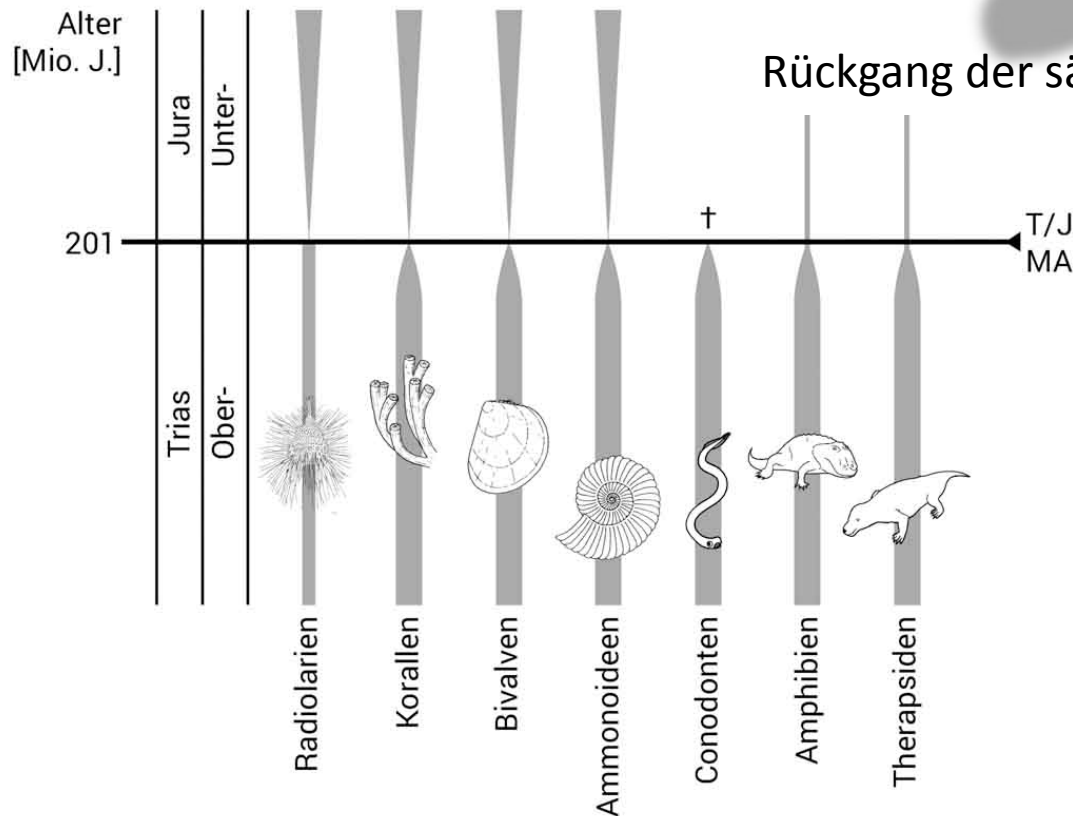
- Vulkanismus
- Methanfreisetzung
- Superkontinent, Superozean

Paläogeographie des späten Perm.

# Die fünf grossen Massenaussterben



Aus: Stanley (2009)

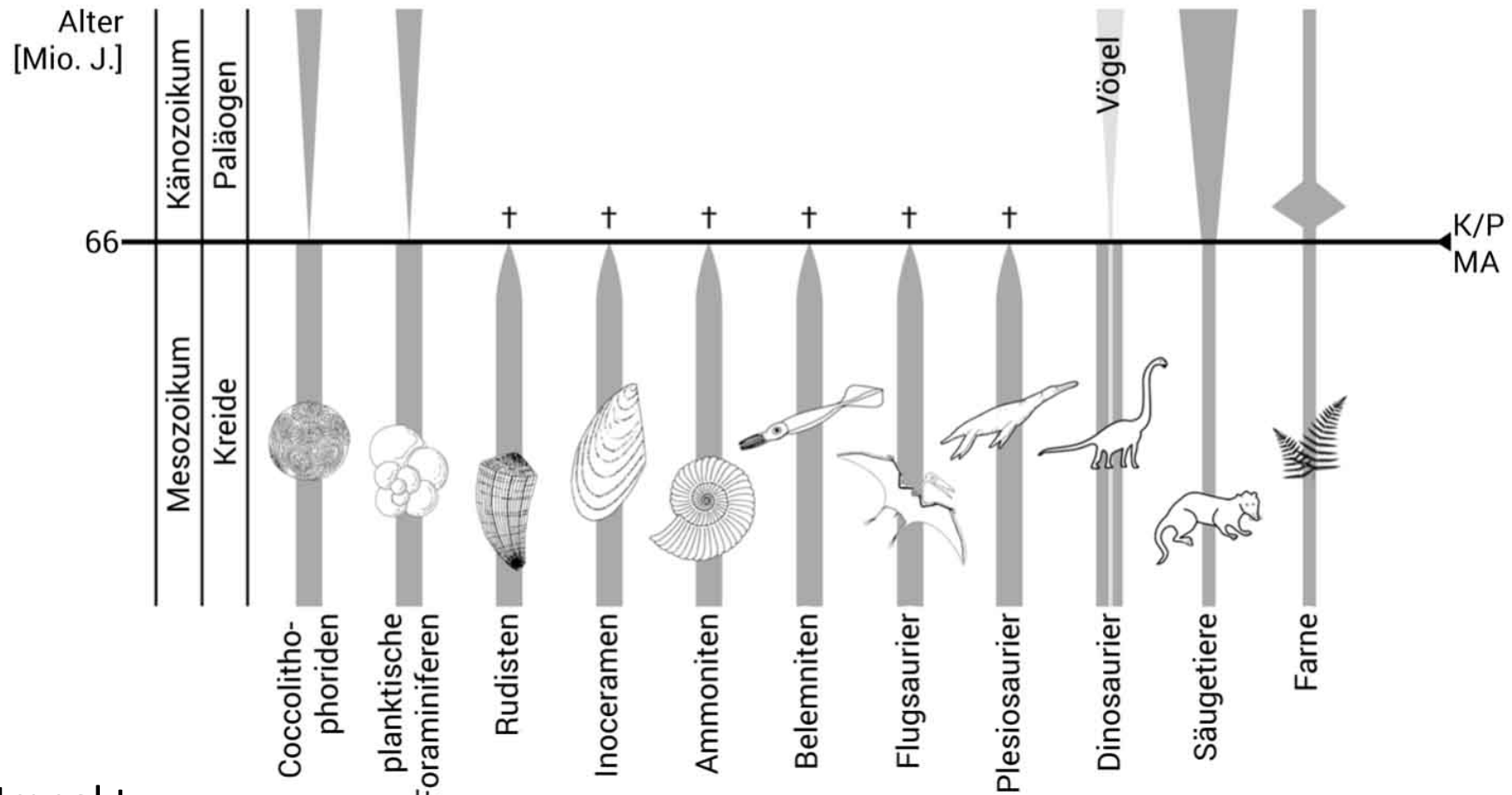


Das MA an der Trias/Jura-Grenze, 200 Mio. J.

Dieser Vertreter ist 1-2 m lang

- Impakt ?
- Vulkanismus ?
- Versauerung ?

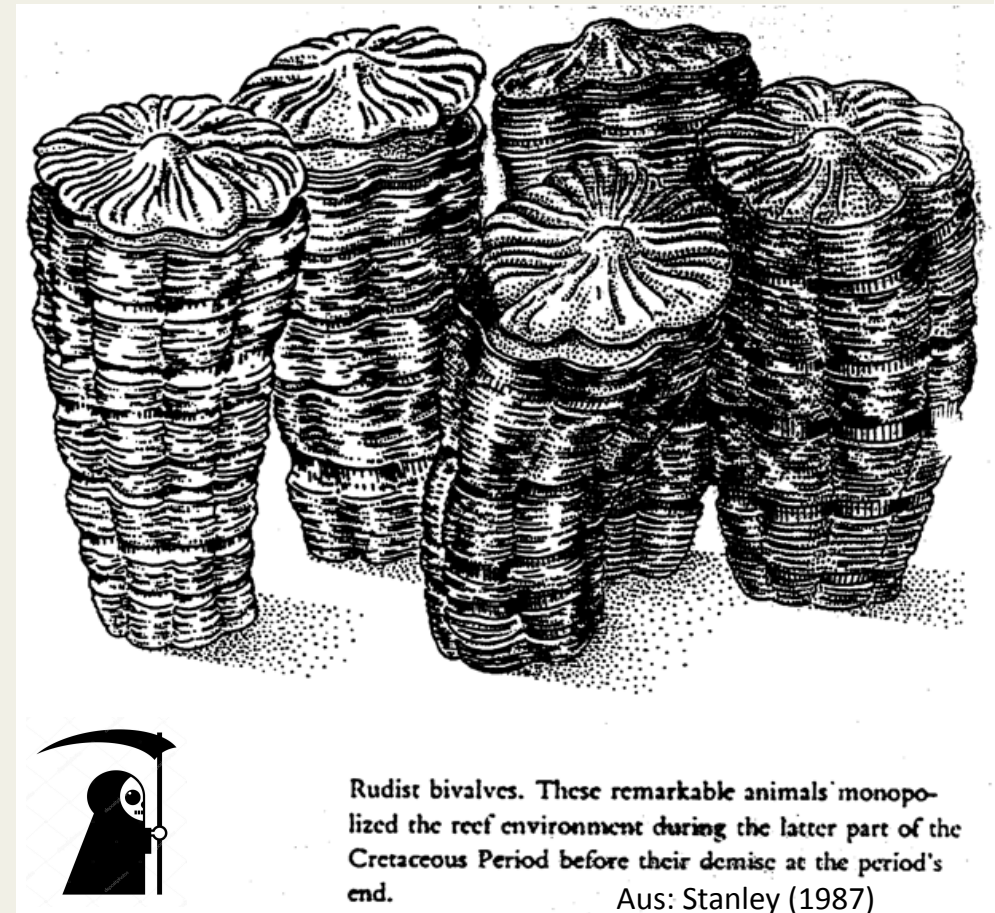
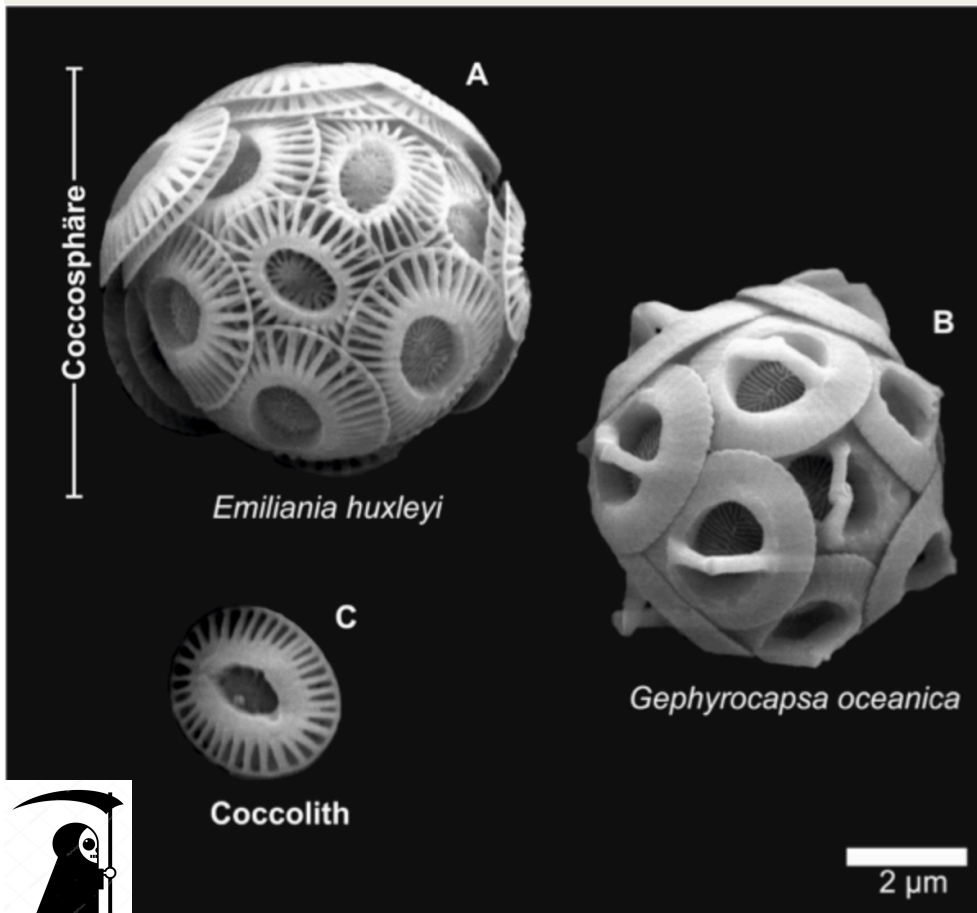
# Die fünf grossen Massenaussterben



- Impakt
- Vulkanismus
- Abkühlung

Das MA an der Kreide/Paläogen-Grenze, 66 Mio. J.

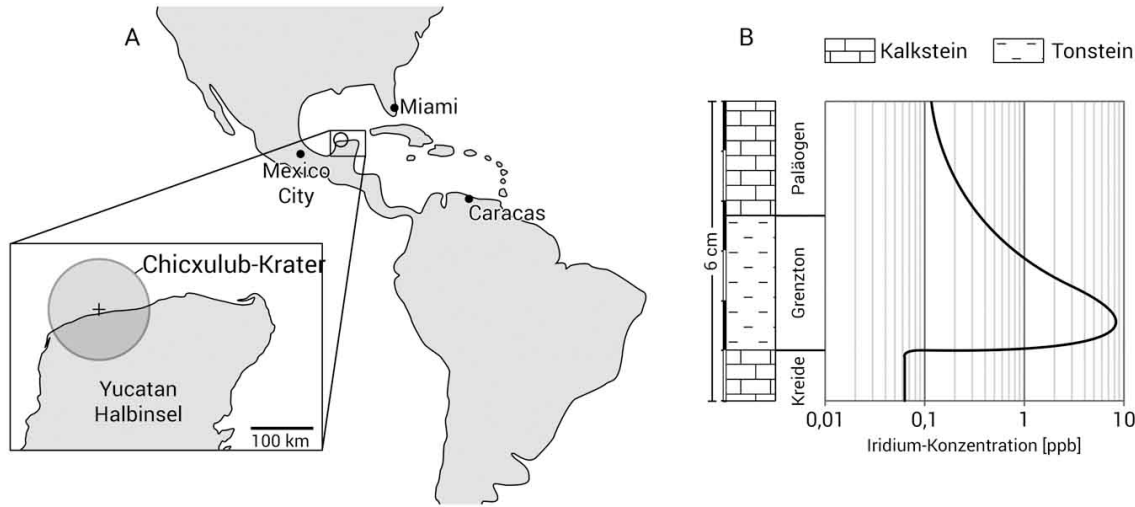
# Die fünf grossen Massenaussterben



Primärproduzenten: Fastaussterben der Coccolithophoriden

Das MA an der Kreide/Paläogen-Grenze

# Die fünf grossen Massenaussterben



Der Chicxulub-Impakt

A: Lage des Einschlagkraters.

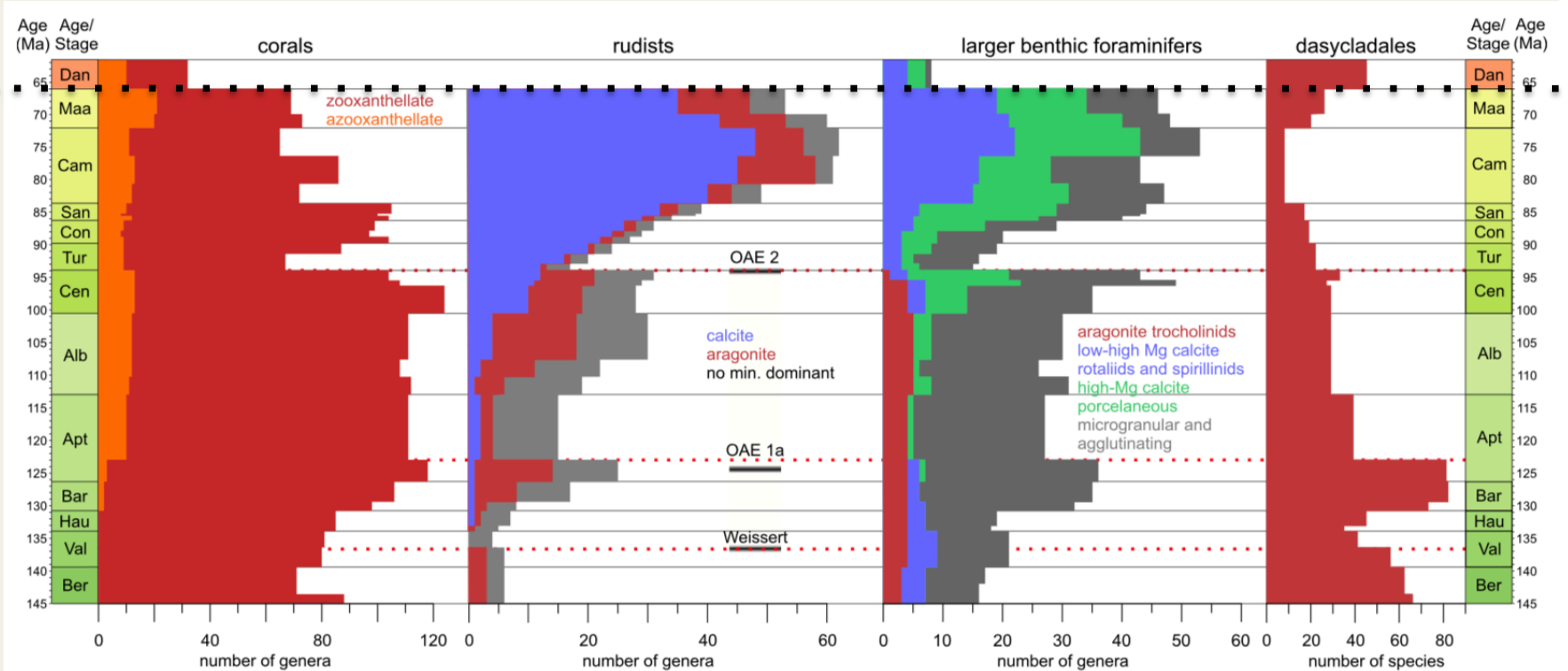
B: Iridium-Anomalie im K / P

Grenzbereich

Diversität kalkiger Bodenbewohner

Aus: Steuber et al. (2023).

5. MA →



# Die fünf grossen Massenaussterben

## Reaktion der Biota an der K / P Grenze

- Nannoplankton Rückgang
- † Ammoniten vor der Grenze, Rückgang späte Kreide
- † Inoceramen vor der Grenze
- † Rudisten vor der Grenze
- Angiospermen Rückgang an der Grenze
- Farnsamer Zunahme an der Grenze
- Dinosaurier Rückgang über 6 Mio. Jahre
- Krokodile und Schildkröten überleben Grenze
- Vögel überleben K/P Grenze

# Das gegenwärtige Massenaussterben

Artensterben

## "Die Arten dieser Erde sichern unser Überleben"

Weltweit könnten eine Million Tier- und Pflanzenarten aussterben, zeigt der UN-Bericht zur Lage der Natur. Mitautor Ralf Seppelt erklärt, warum wir jetzt handeln müssen.

### WISSENSCHAFT

Nachrichten > Wissenschaft > Natur > Klimawandel > Artensterben: Uno-Bericht beschreibt dramatischen Verlust der Artenvielfalt

Dramatischer Uno-Bericht

## Eine Million Arten vom Aussterben bedroht

"Die Gesundheit der Ökosysteme verschlechtert sich schneller als je zuvor", Bericht zum Artensterben zeigt: Der Mensch droht als Verursacher des sechsten Massenaussterbens in die Geschichte einzugehen.

ALARMIERENDE BEDROHUNG

## Was kann ich gegen Artensterben tun?

VON JOHANNA DÜRRHOLZ, MARTIN FRANKE UND MANFRED LINDINGER  
- AKTUALISIERT AM 07.05.2019 - 15:48

Artenvielfalt

## Artensterben so gefährlich wie der Klimawandel

Erstmals seit 14 Jahren hat der Weltbiodiversitätsrat die Lage der globalen Artenvielfalt beurteilt. Die Ergebnisse sind denkwürdig alarmierend.

29. April 2019, 12:07 Uhr / Quelle: ZEIT ONLINE, o.a. n.r.z. / 207 Kommentare

Schlagzeilen

Wissen > Was jeder Einzelne gegen den Artenschwund tun kann

6. Mai 2019, 07:15 Uhr Artenschutz

## "Mehr Chaos und Störung zulassen"



INFOS ZU BILDPLUS



WETTER  
11°C  
ERFURT

EPAPER



KONTAKT



ZEITUNGSABO



BILD SHOP



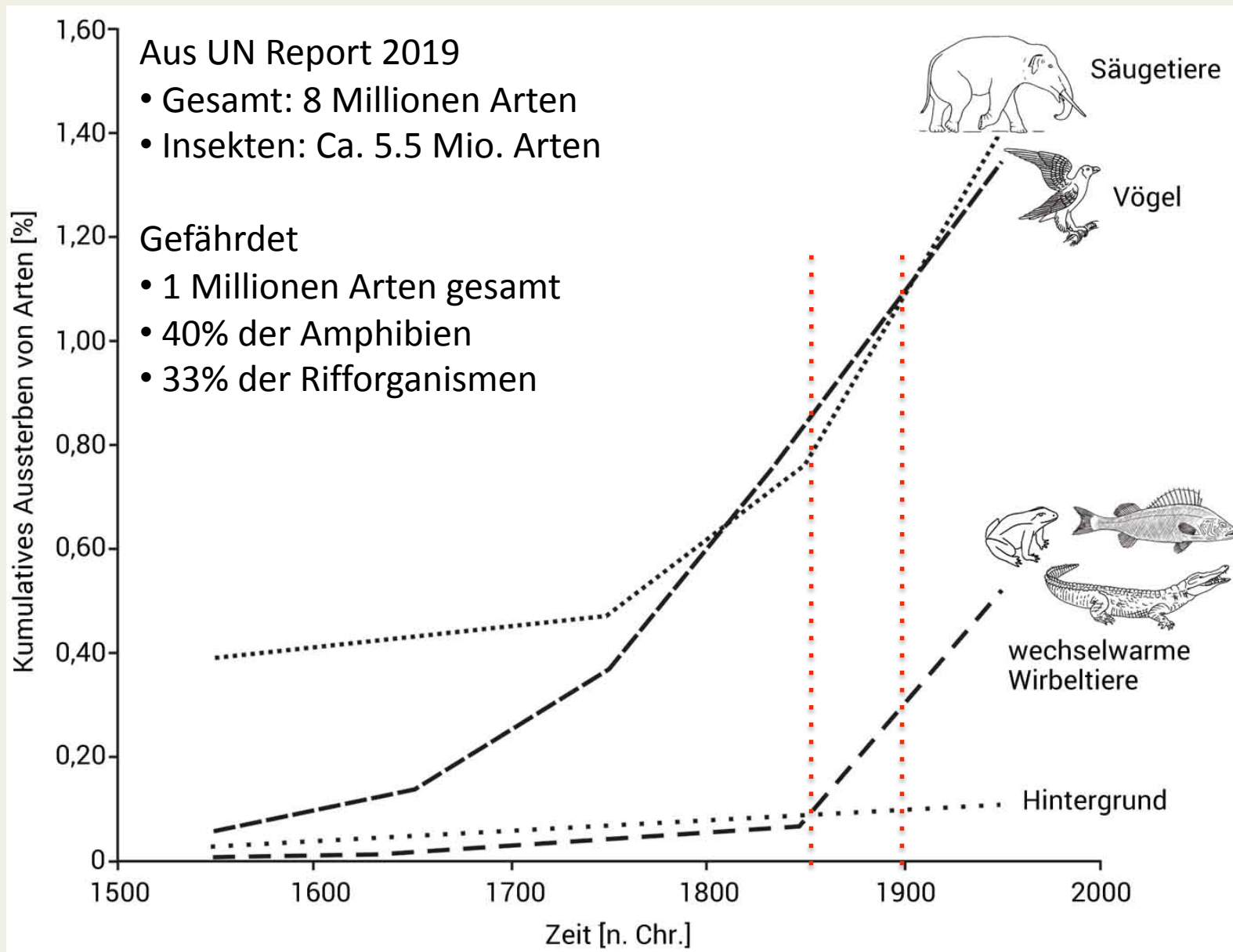
07.05.2019 - 18:08 UHR HOME > RATGEBER > TIERE UND PFLANZEN: JEDE 8. ART VOM AUSSTERBEN BEDROHT

JEDE 8. ART VOM AUSSTERBEN BEDROHT

# So schnell vernichten die Menschen die Natur



# Das gegenwärtige Massenaussterben

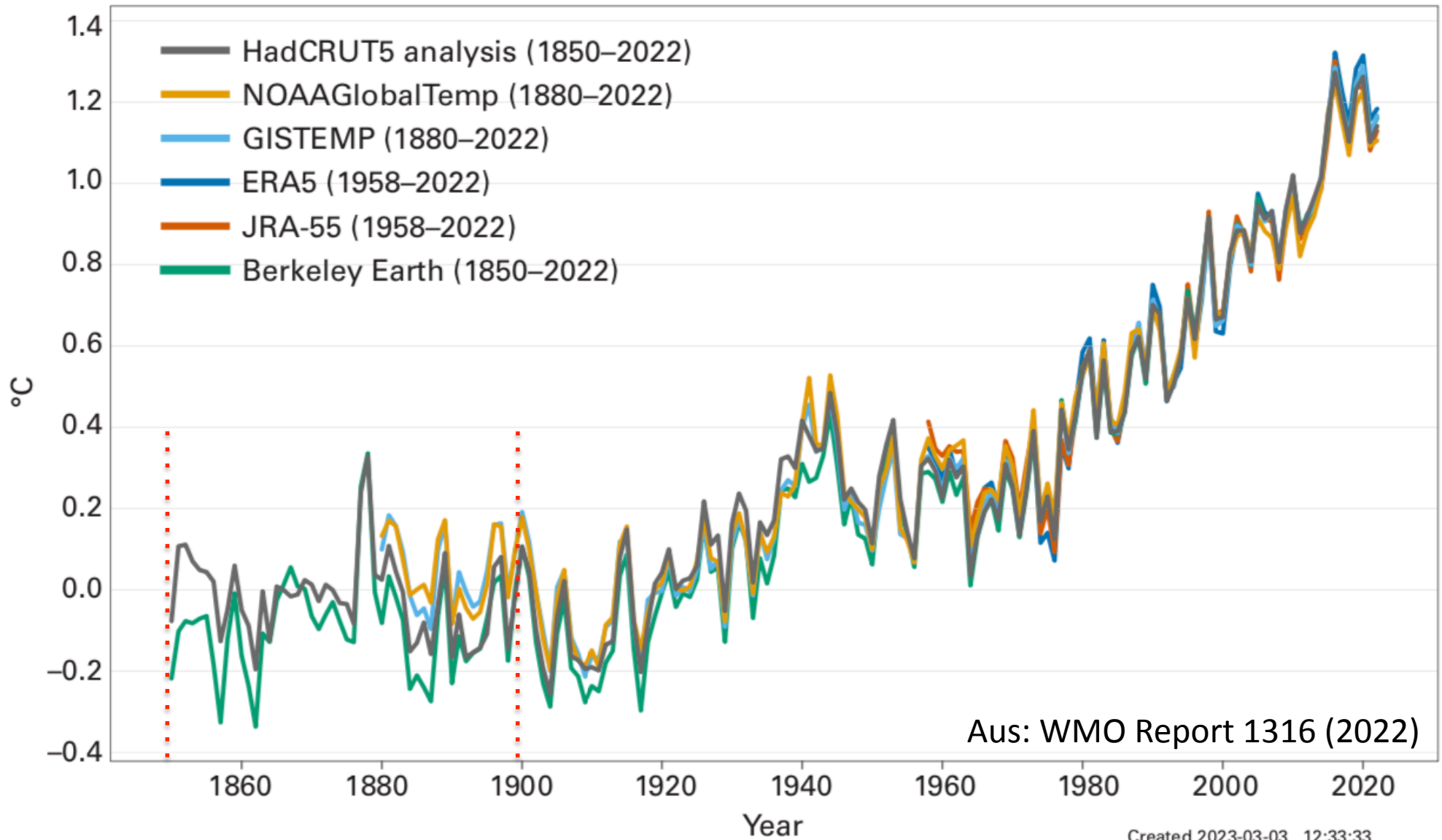


Ceballos et al., 2015

Bezugsgrößen: 5.513 Säugerarten (77†), 10.425 Vogelarten (140†), 4.414 Reptilarten (21†), 6.414

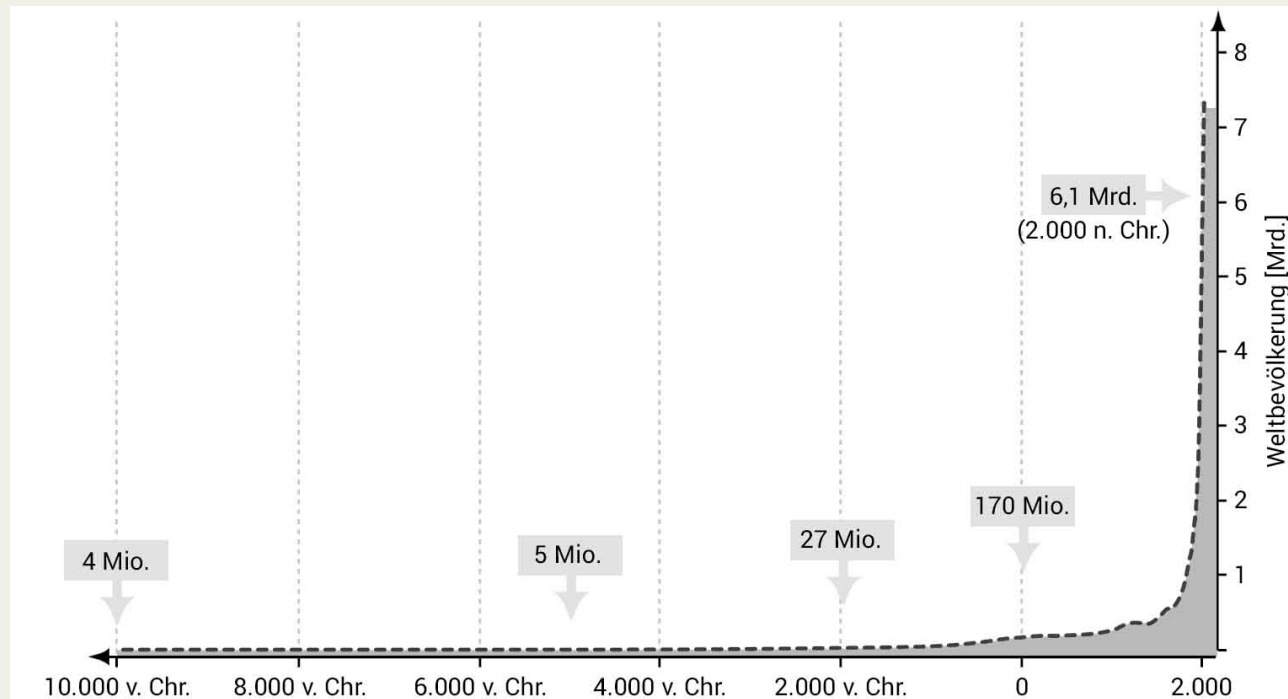
Amphibienarten (34†), 12.457 Fischarten (66†). Hintergrundausterben: 2 Arten /100 Jahre /10.000 Arten

# Das gegenwärtige Massenaussterben



Anstieg der globalen Oberflächentemperaturen zwischen 1850 – 2020.  
Ab ca. 1940 deutlicher Anstieg.

# Das gegenwärtige Massenaussterben



- Land-, Weidewirtschaft
- Abholzung
- Bergbau
- Fischerei, Jagd
- Klimawandel, CO<sub>2</sub>
- Umweltverschmutzung

Entwicklung der Weltbevölkerung in den letzten 12.000 Jahren. Ende 2022 = 8 Mrd.

Naturkundemuseum Paris. Eine 4-köpfige franz. Familie produziert in 10 Tagen 1m<sup>3</sup> Müll



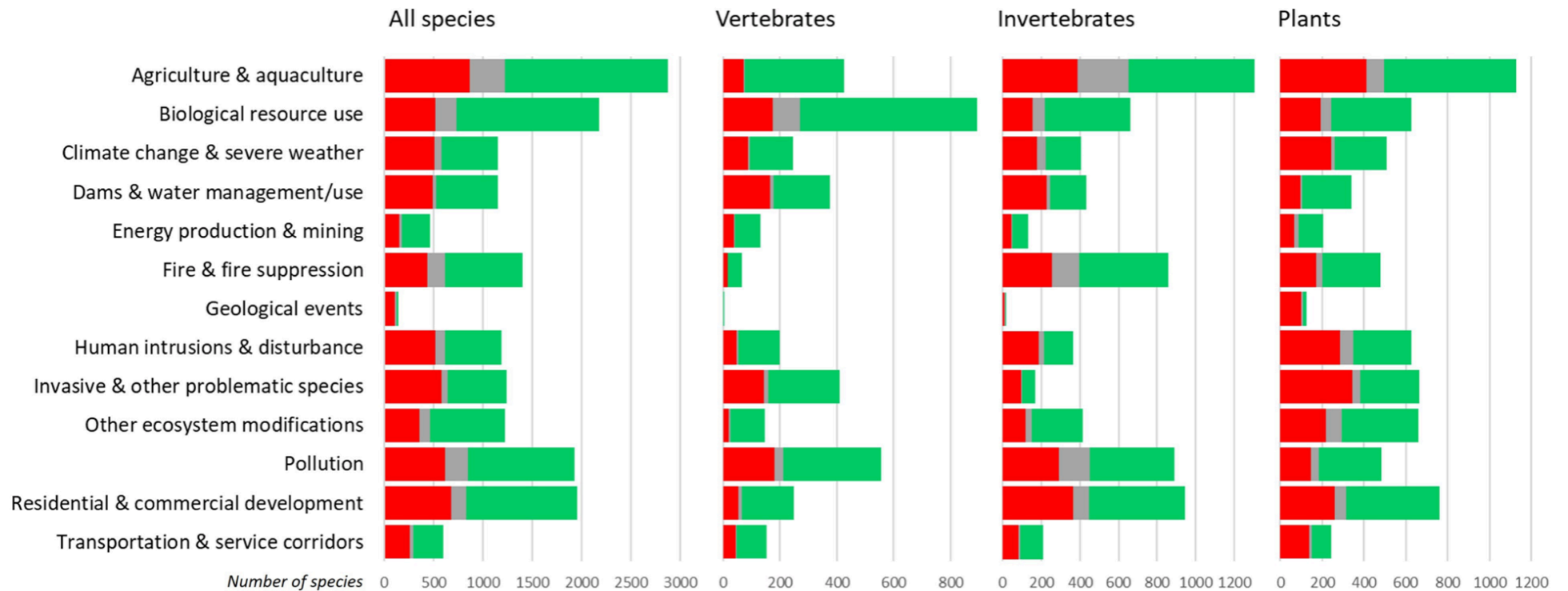
# Das gegenwärtige Massenaussterben

For all species, vertebrates, invertebrates and plants (CR: Critically Endangered, EN: Endangered, VU: Vulnerable, DD: Data Deficient, NT: Near Threatened, LC: Least Concern; N: All species = 14,669, Vertebrates = 2,494, Invertebrates = 7,600, Plants = 4,575).

## Ongoing threats

Species by Red List Category

Threatened (CR+EN+VU) DD NT+LC

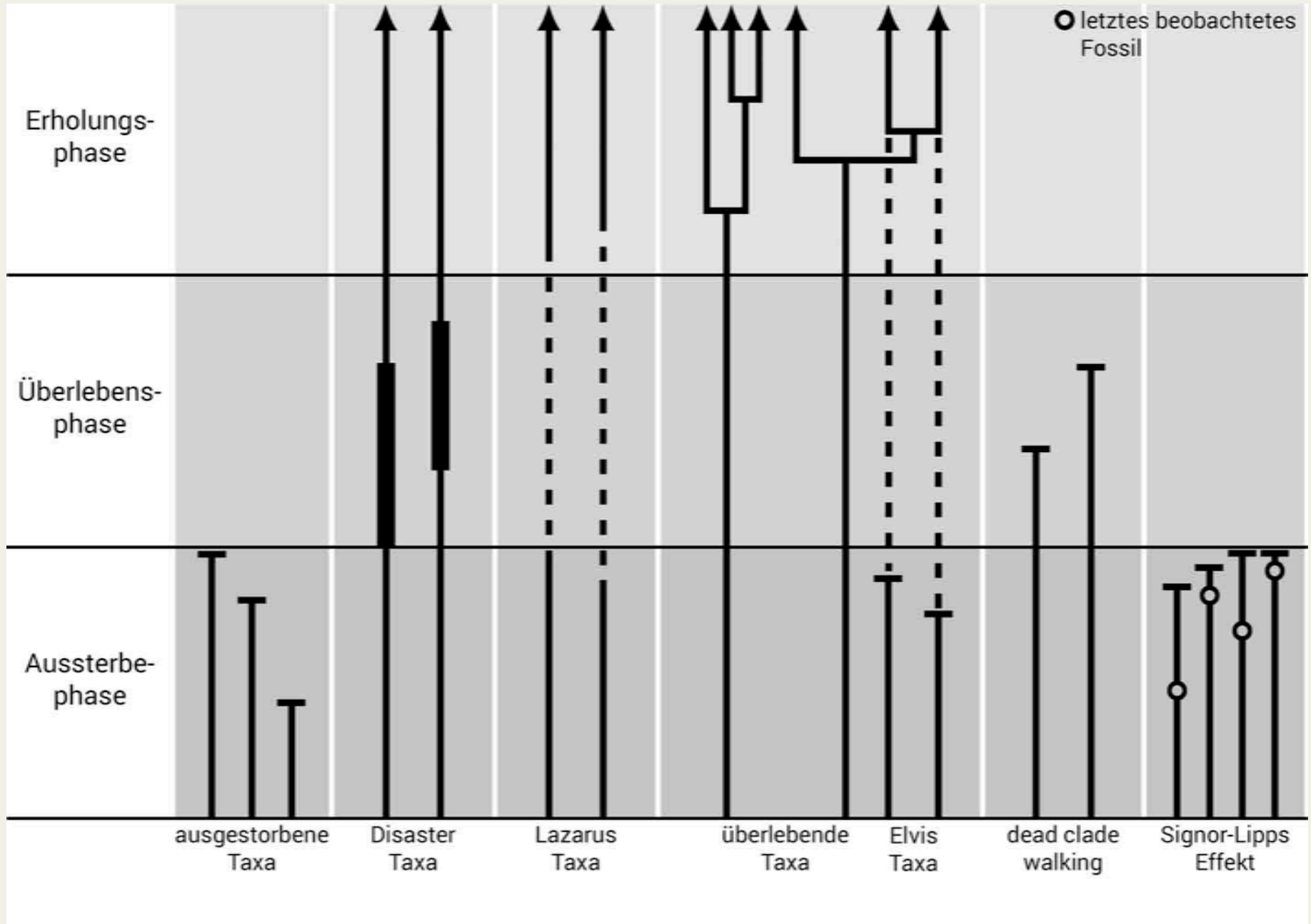


doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293083.g003>

Gefährdete Arten in Europa

Hochkirch et al. (2023) PLoS ONE 18(11): e0293083. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293083>

# Und der Zukunft zugewandt



Reaktionen von Taxa im Verlauf von Massenaussterben

## Und der Zukunft zugewandt



### Biodiversität

Gesamt: ca. 1,8 Mio. Arten / BRD 72.000

Pflanzen: ca. 330.000 Arten / BRD 10.000

Insekten: ca. 1 Mio. Arten / BRD 34.000

Wirbeltiere: ca. 65.000 Arten / BRD 660

Säuger: ca. 5.500 Arten / BRD 104

Primaten: ca. 500 Arten

Quelle: Bundesamt für Naturschutz 2021



Cyanobakterien, 250 Mio. J.

## Und der Zukunft zugewandt

Der Lazarus Effekt beschreibt:

- a) einen starken Rückgang eines Taxons
- b) eine Krankheit, die zum Aussterben führt
- c) Fehlen eines Taxons im zeitlichen Rekord

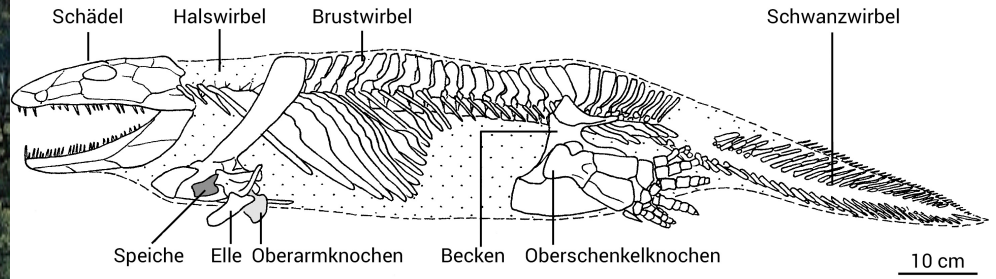


Juan de Flandes ca. 1500-1510

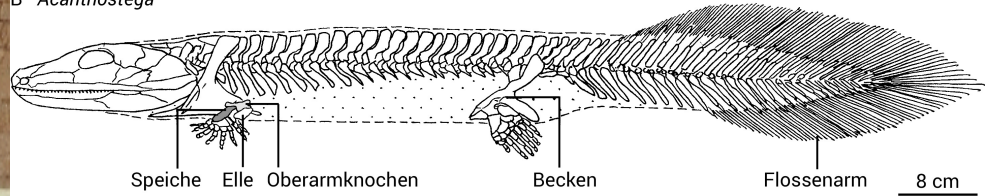
Quelle: Wikipedia gemeinfrei



A Ichthyostega

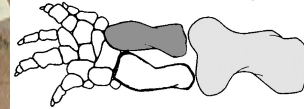


B Acanthostega

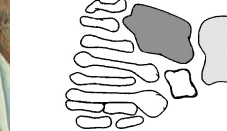


Älteste Landtiere,  
Devon, 365 Mio J

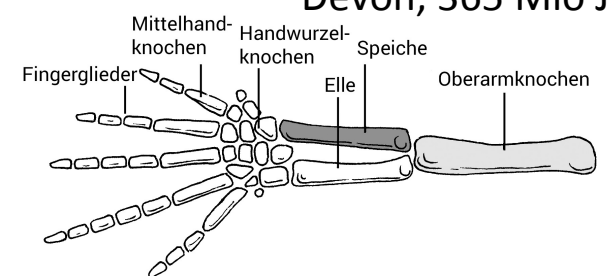
C Frühe Tetrapoden



D Quastenflosser



E Mensch



Latimeria, Komoren, Madagaskar (NHM Wien)

Die Auferweckung des Lazarus - Juan de Flandes  
(Wikipedia gemeinfrei)

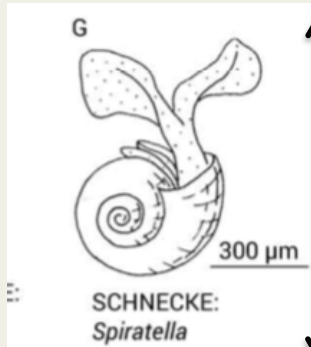
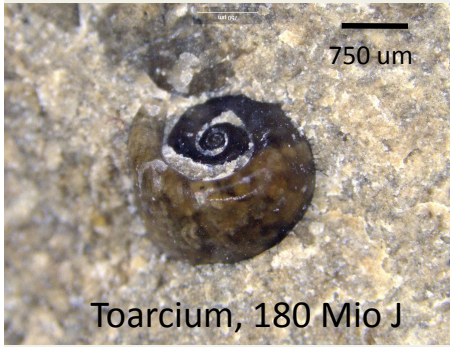


Walt Disney's  
**PETER PAN**

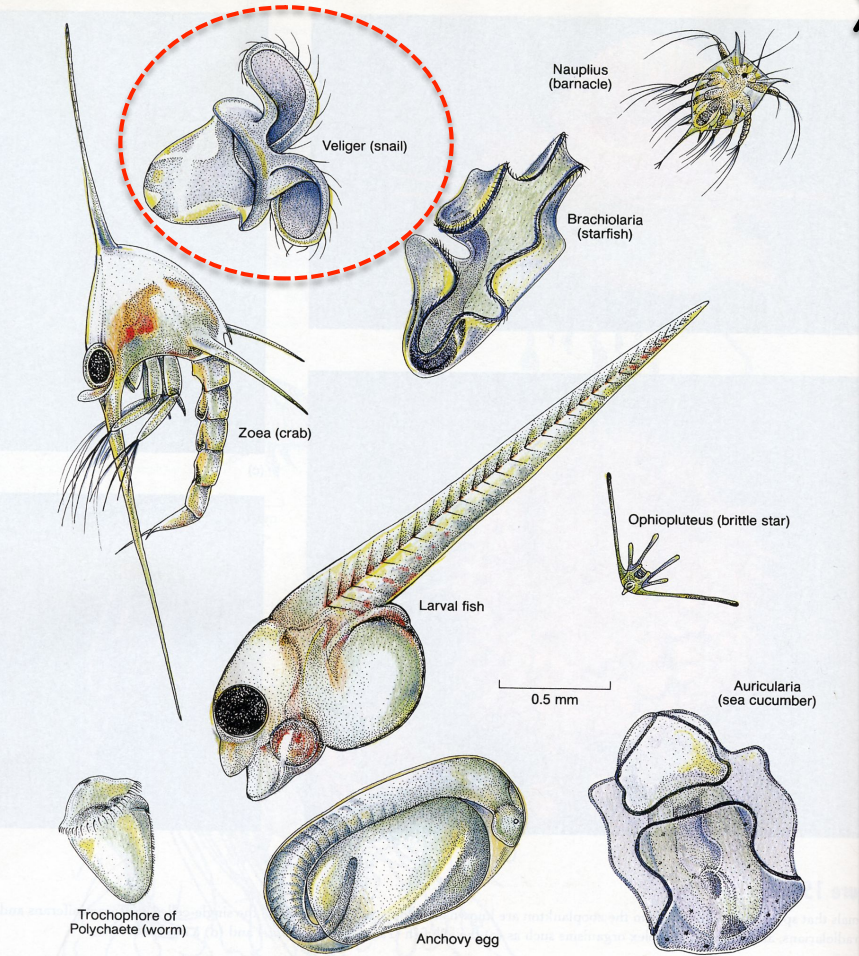
Peter Pan Effekt

- ewige Jugendlichkeit
- Neotenie
- Entfallen von Altersstadien
- Entwicklung von Holoplankton

# Und der Zukunft zugewandt



Holoplankton  
lebenslang



Meroplankton  
phasenweise

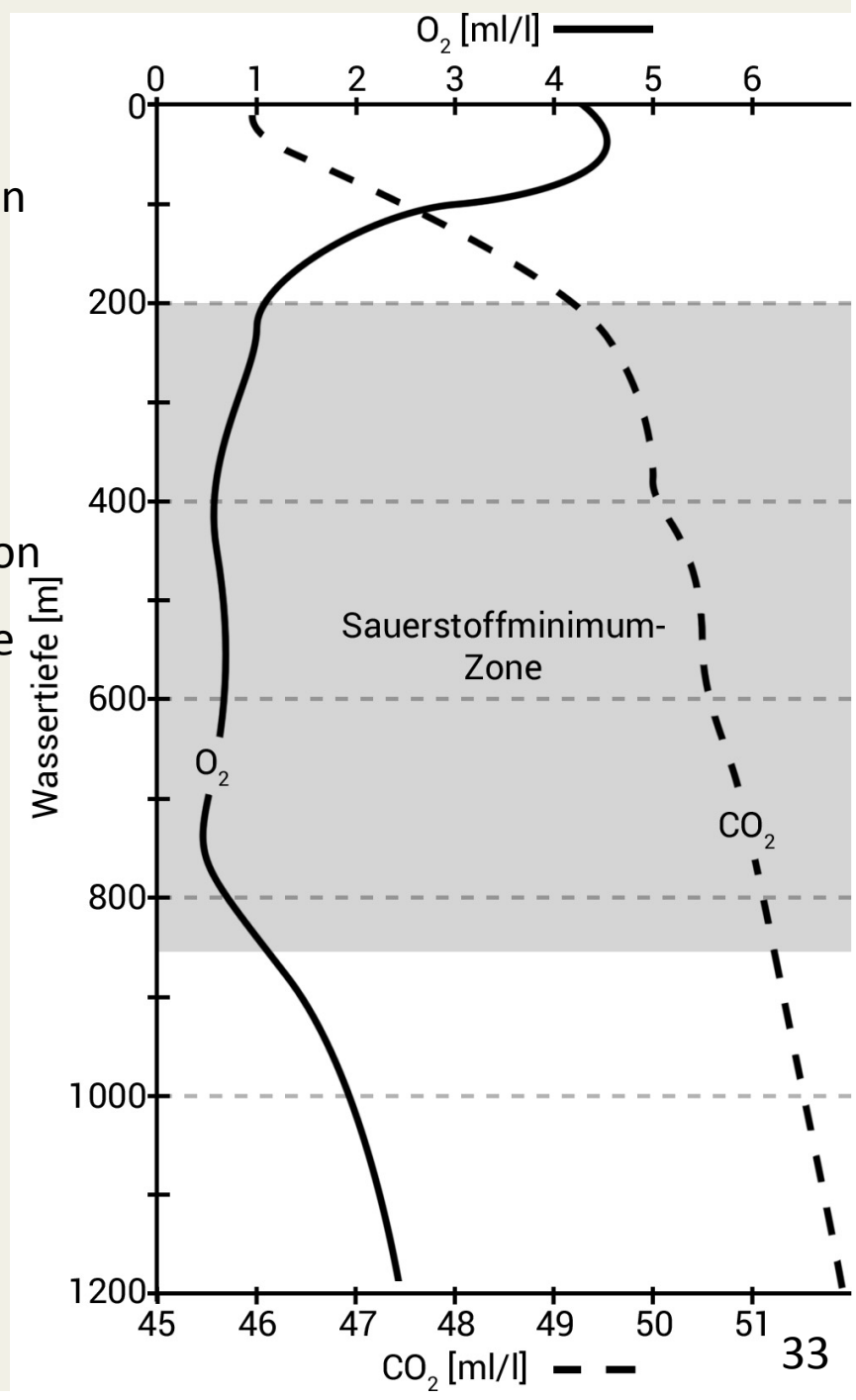
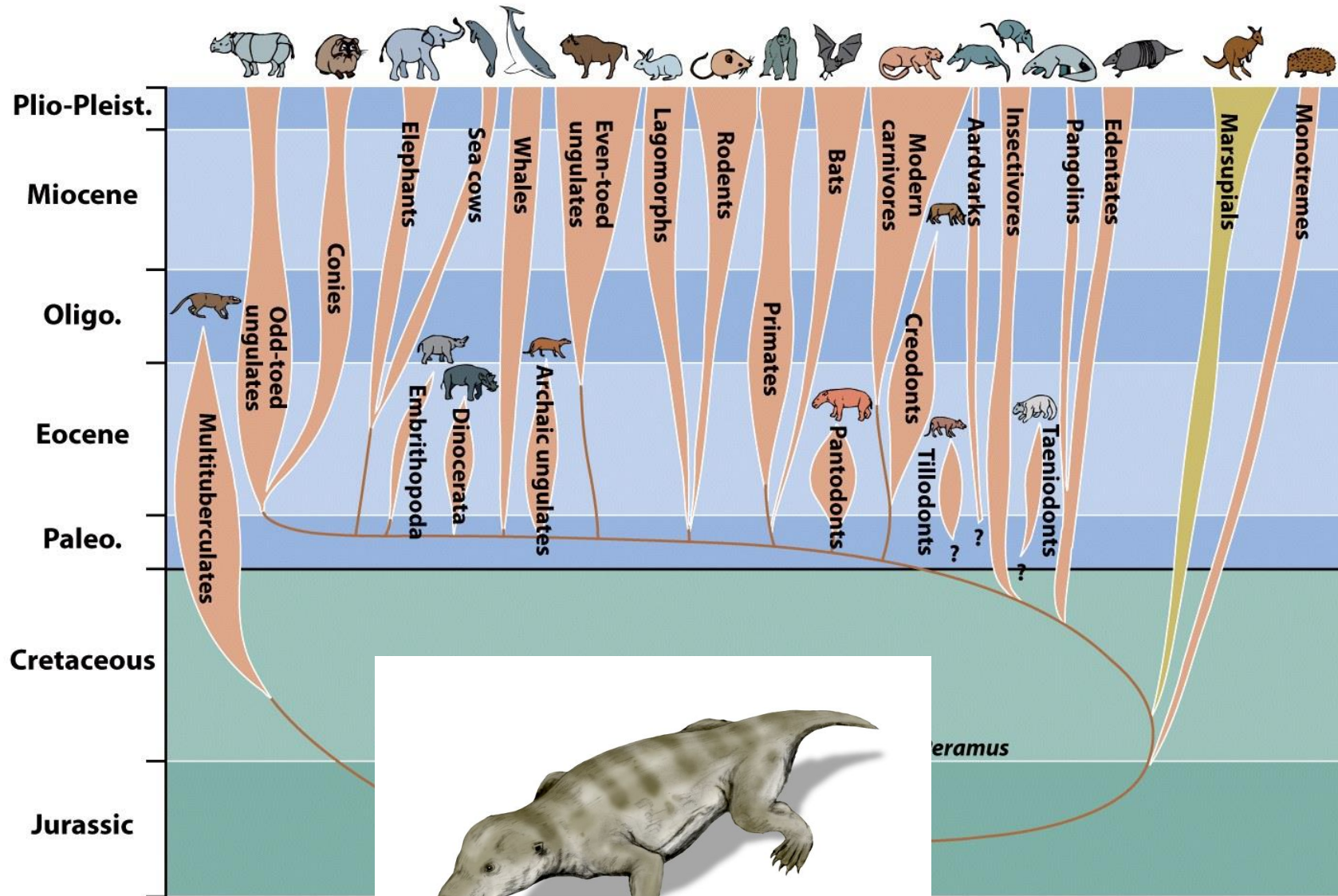


Figure 15.13

Members of the meroplankton. All are larval forms of nonplanktonic adults.

Aus: Duxbury & Duxbury (1997)

# Und der Zukunft zugewandt



Aus: Stanley (2009)

Figure 18-4  
 Earth System History, Third Edition  
 © 2009 W. H. Freeman and Company

Säugetierähnliches Reptil (Therapsid). 1-2 m Körperlänge.

Die Radiation der Säuger nach dem 5. Massenaussterben

# Damals – heute - Zukunft

## Treibhauswelt 140 – 65 Mio. J.

- hohe Temperaturen (5-10°C >heute)
- hohe CO<sub>2</sub> Konzentration (> 1000ppm)
- geringe Temperaturgradienten
- keine Polkappenvereisung
- Meeresspiegel > 200m als heute
- träge Ozeanzirkulation
- Biosphäre: K-Strategen
- Biosphäre: Kosmopoliten
- Primärproduzenten: = Coccolithen
- langsame Erwärmung
- keine Übersäuerung der Meere

## Zukunft ?

- hohe Temperaturen (2-5°C >heute)
- hohe CO<sub>2</sub> Konzentration (> 400ppm)
- geringere Temperaturgradienten
- Reduktion der Polkappenvereisung
- Meeresspiegel > 70m als heute
- thermohaline Zirkulation ?
- Biosphäre: Aussterben von r-Strategen
- Biosphäre: Expansion thermophiler Taxa
- Primärproduzenten: ?
- rasche Erwärmung
- Übersäuerung der Meere



Fries aus dem Naturkundemuseum Wien ca. 1880

# Literatur / Quellen\*

- Bambach, R.K., Bush, A.M., Erwin, D.H. 2007.** Autecology and the filling of ecospace: key metazoan radiation. *Palaeontology*, 50: 1-22.
- Ceballos, G., Ehrlich, P.G., Barnosky, A.D., García, A., Pringle, R.M., Palmer, T.M. 2015.** Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1 (5): 5 S.
- Duxbury, A.C., Duxbury, A.B. 1997.** An introduction to the world's oceans. 5. Auflage, 504 S., Brown Publishers.
- Hallam, A., Wignall, P. 1997.** Mass extinctions and their aftermath. 320 S., Oxford University, Oxford.
- Hochkirch A. et al., 2023.** A multi-taxon analysis of European Red Lists reveals major threats to biodiversity. *Plus One*, 18(11): e0293083. <https://doi.org/10.1371/journal>.
- Mutterlose, J., 2018.** Einführung in die Paläontologie. Teil 1 – Allgemeine Paläontologie. Schweizerbart 320 S.
- Ruddiman, W.F. 2008.** Earth's climate. Past and future. 2 Auflage, 465 S., Freeman & Company, New York.
- Scotese, C. R., 2001.** Atlas of Earth History, Volume 1, Paleogeography, PALEOMAP Project, Arlington, Texas, 52 pp.
- Sepkoski, J.J. 1984.** A kinetic model of Phanerozoic taxonomic diversity. III. Post-Paleozoic families and mass extinctions. *Paleobiology*, 10: 246-267.
- Stanley, S. M., 1987.** Extinction. 242 S., Scientific American Library.
- Stanley, S. M., 2009.** Earth System History. 567 S., Palgrave.
- Steuber, T., Löser, H., Mutterlose, J., Parente, M., 2023.** Biogeodynamics of Cretaceous marine carbonate production. *Earth-Science Reviews*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104341>.
- WMO Report 1316, 2022.** State of the global climate 2022. 55 S.