

Ursachen, Amplituden und Raten langfristiger, natürlicher CO₂-Schwankungen

Hans R. Thierstein, D-ERDW, ETH & UniZ (thierstein@erdw.ethz.ch)

Übersicht

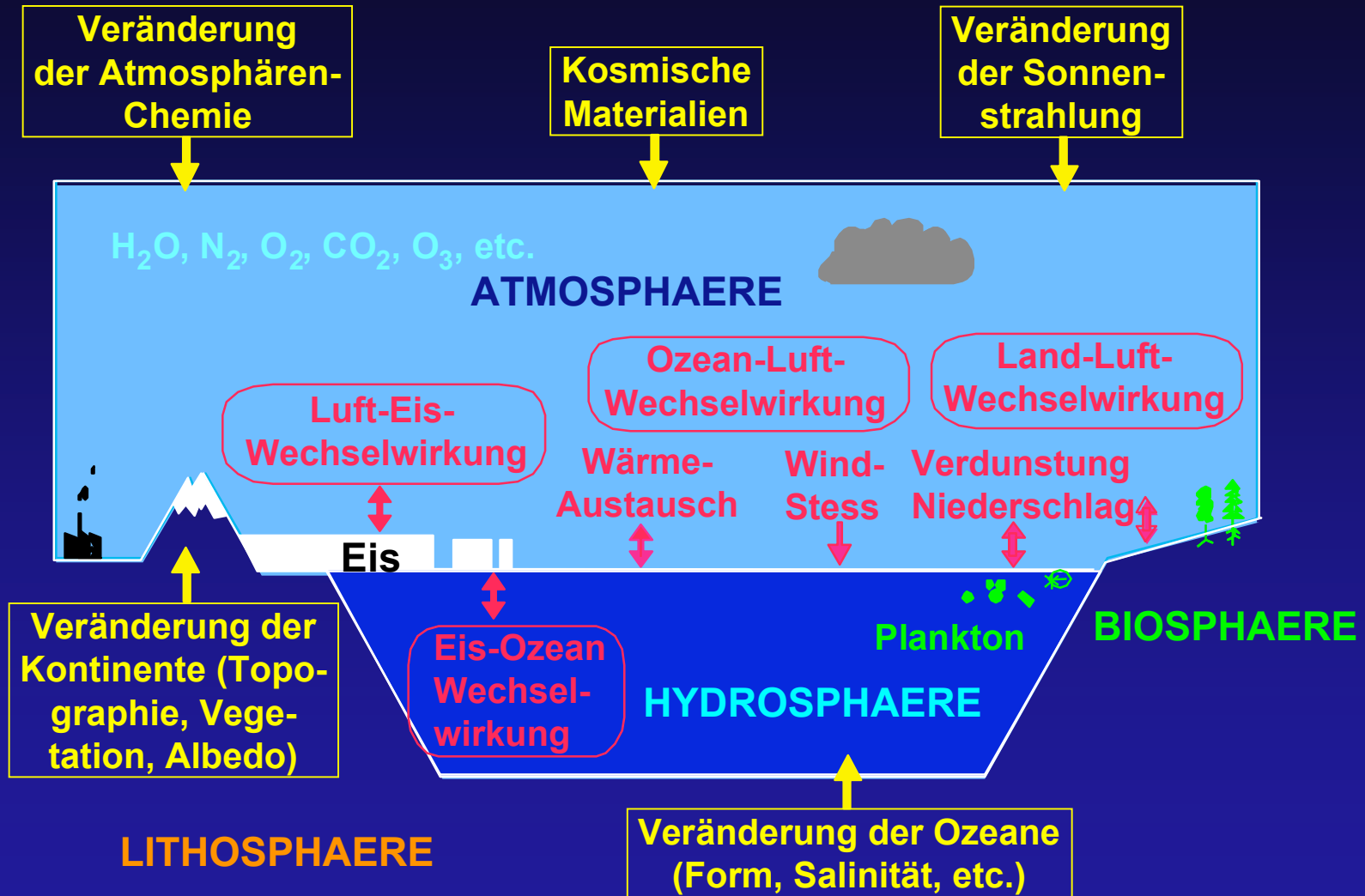
- Planet Erde - ein Sonderfall
- Natürliche Quellen und Senken
- Fallbeispiele und Evidenz
- Schlussfolgerungen

Planet Erde - ein Sonderfall

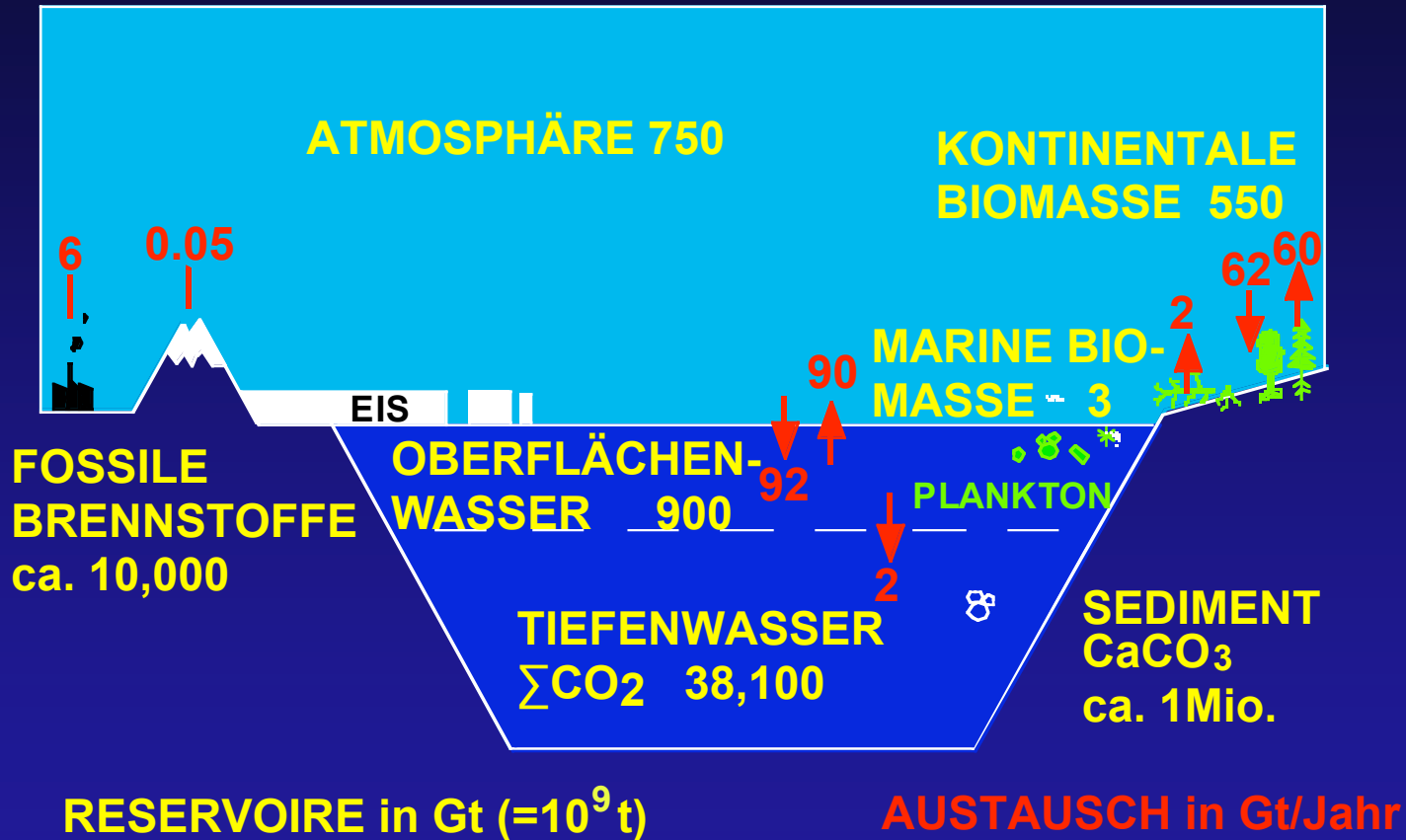
<u>Eigenschaft</u>	<u>Venus</u>	<u>Erde</u>	<u>Mars</u>
% Kohlendioxid (CO ₂)	96.5	0.03	95
% Sauerstoff (O ₂)	<0.1	21	0.13
% Stickstoff (N ₂)	3.5	79	2.7
Oberflächentemperatur (°C)	+430	+15	-45
Albedo (% Reflexion)	71	33	17

(Broecker, 1985)

Erde als physikalisches System: Klima

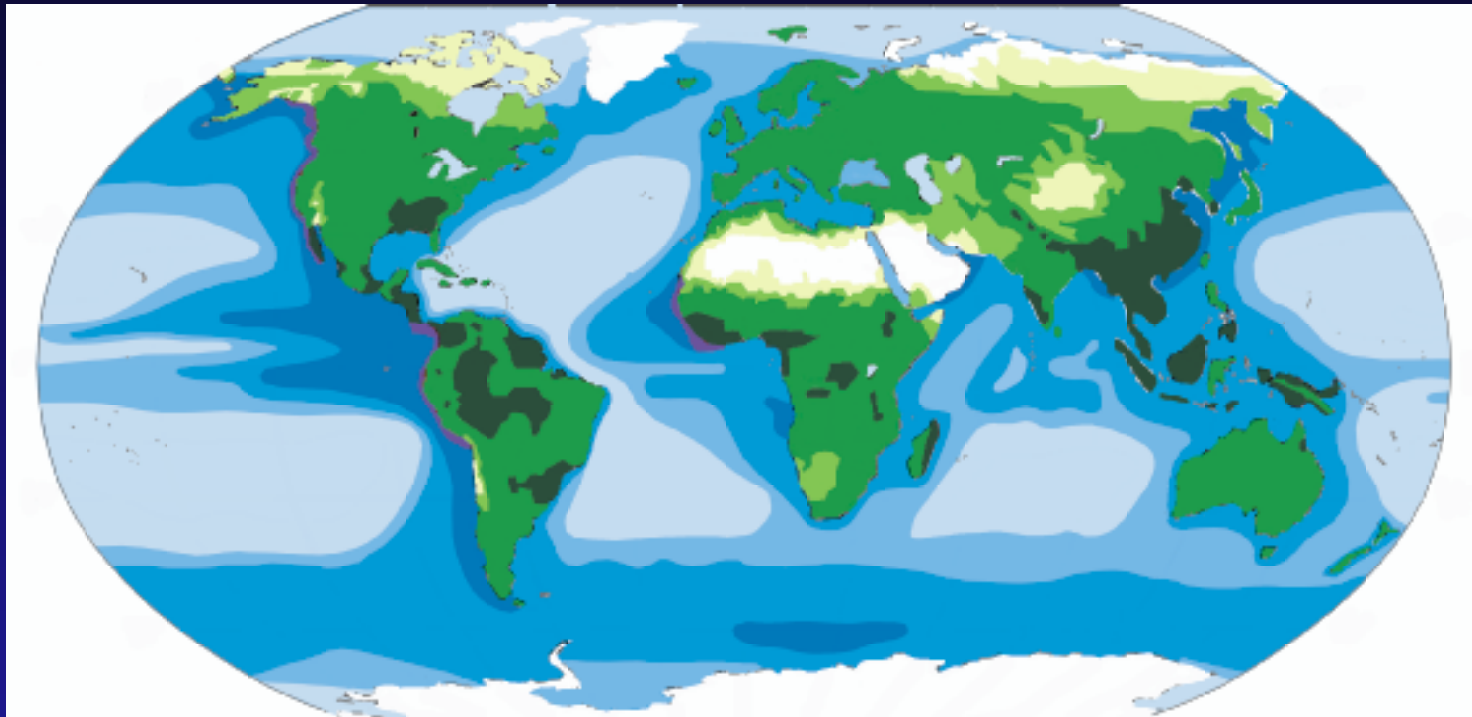


Erde als chemisches System: C-Kreislauf













(HRT 04)

Erde als biologisches System I: Biomasse

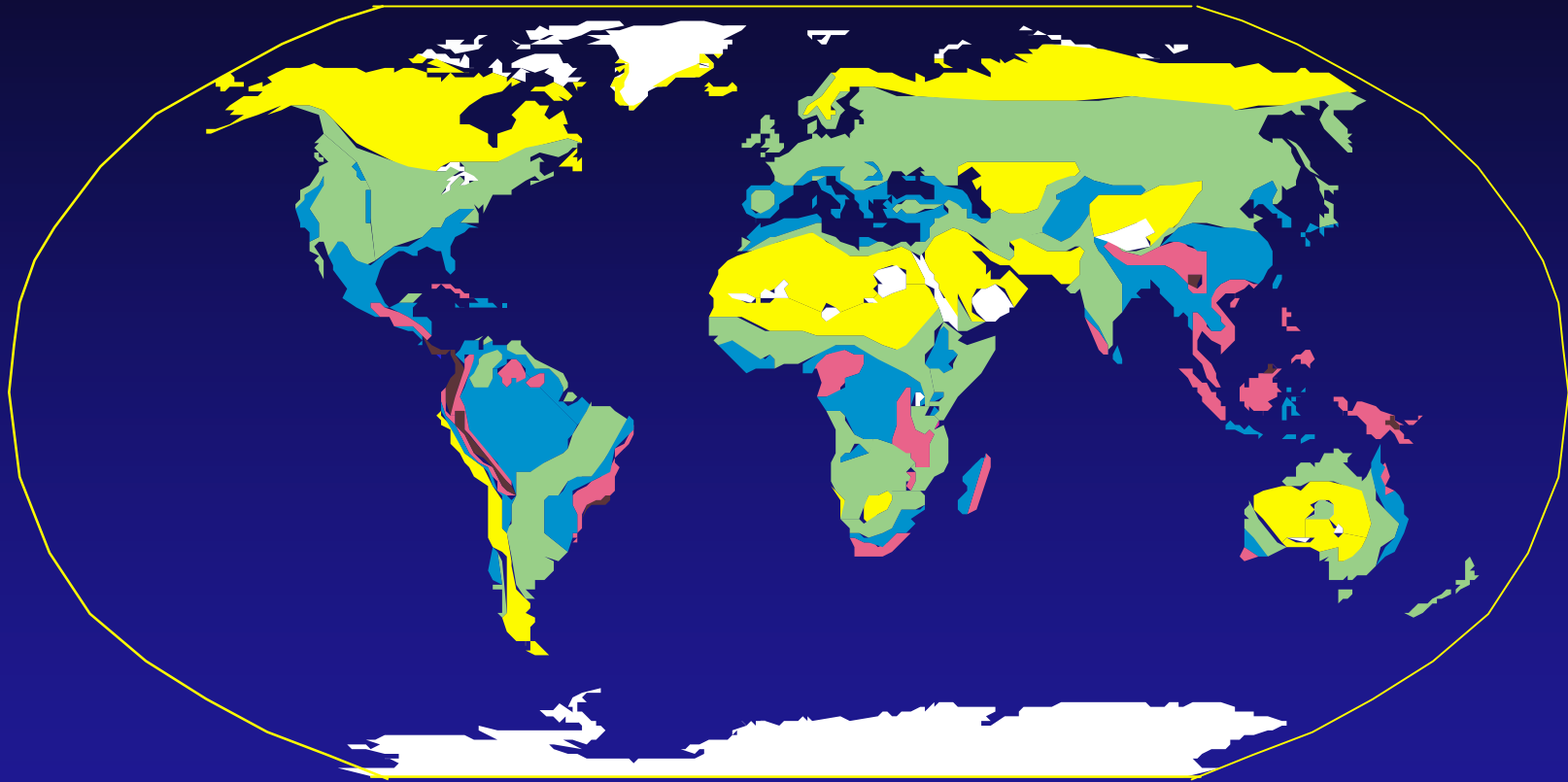


Globale Netto-Primärproduktion (g C m⁻² a⁻¹)

Land:		<50		50-250		250-500		500-2000		>2000
Ozean:		25-40		40-60		60-125		125-180		180-500

(nach: Lieth & al. www.usf.uni-osnabueck.de/~lieth)

Erde als biologisches System II: Artenvielfalt

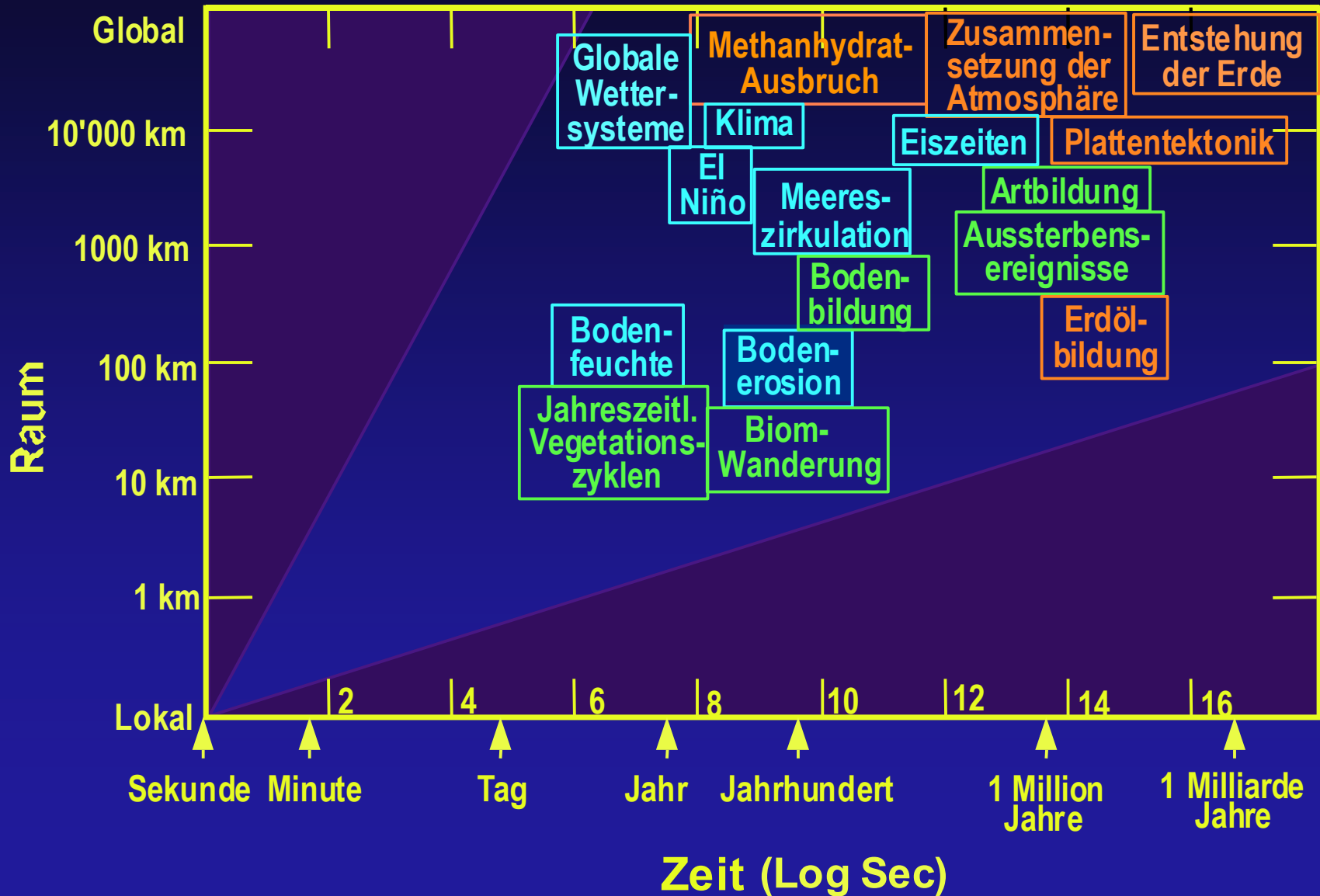


Anzahl Gefäßpflanzen-Arten pro 10'000 km²



(nach Barthlott & al. 1999)

Ursachen für C-Kreislauf-Veränderungen

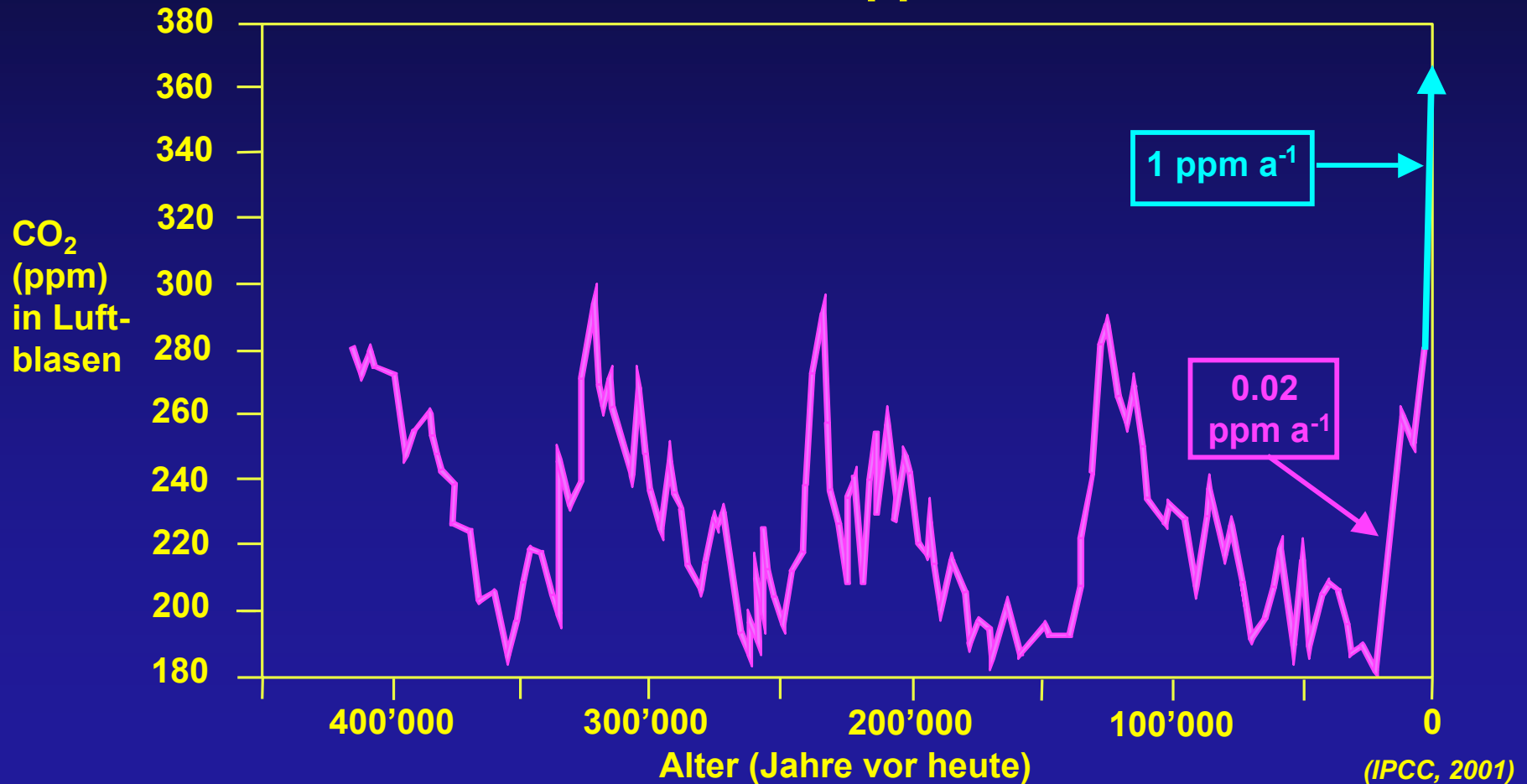


1. Beispiel: "Kurzfristige" Veränderung, getrieben durch klimatische und biologische Prozesse.

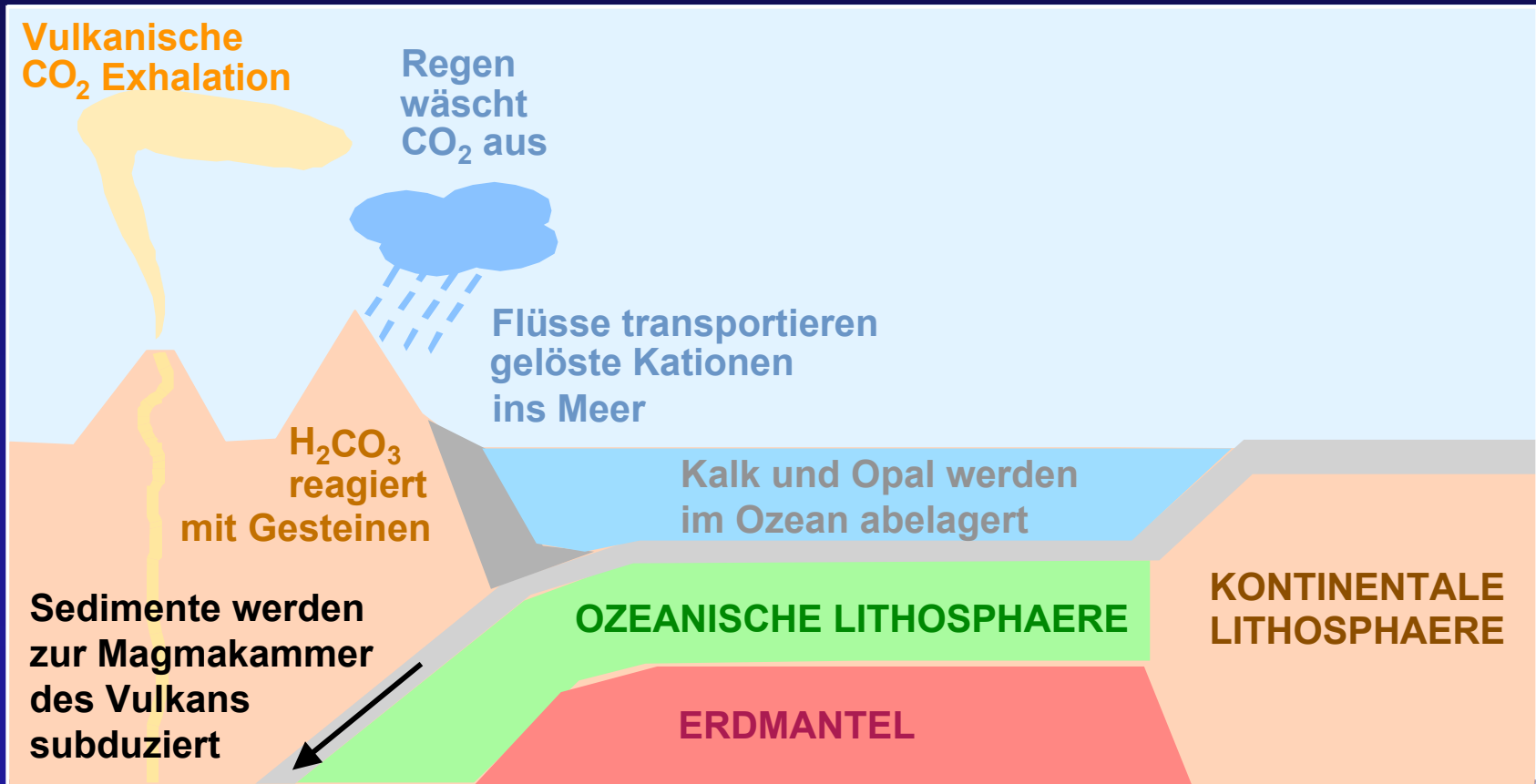
Evidenz: CO₂ in Luftblasen von Eisbohrkernen

Amplitude: 180-300 ppm

Zunahmerate: 2 ppm/Jhrdt



Langfristige Veränderungen des C-Kreislaufs durch Lithosphärenprozesse



Langfristige CO₂-Senken

Verwitterung von Gesteinen auf Festland:



Ablagerung von biogenem Kalk im Meer:



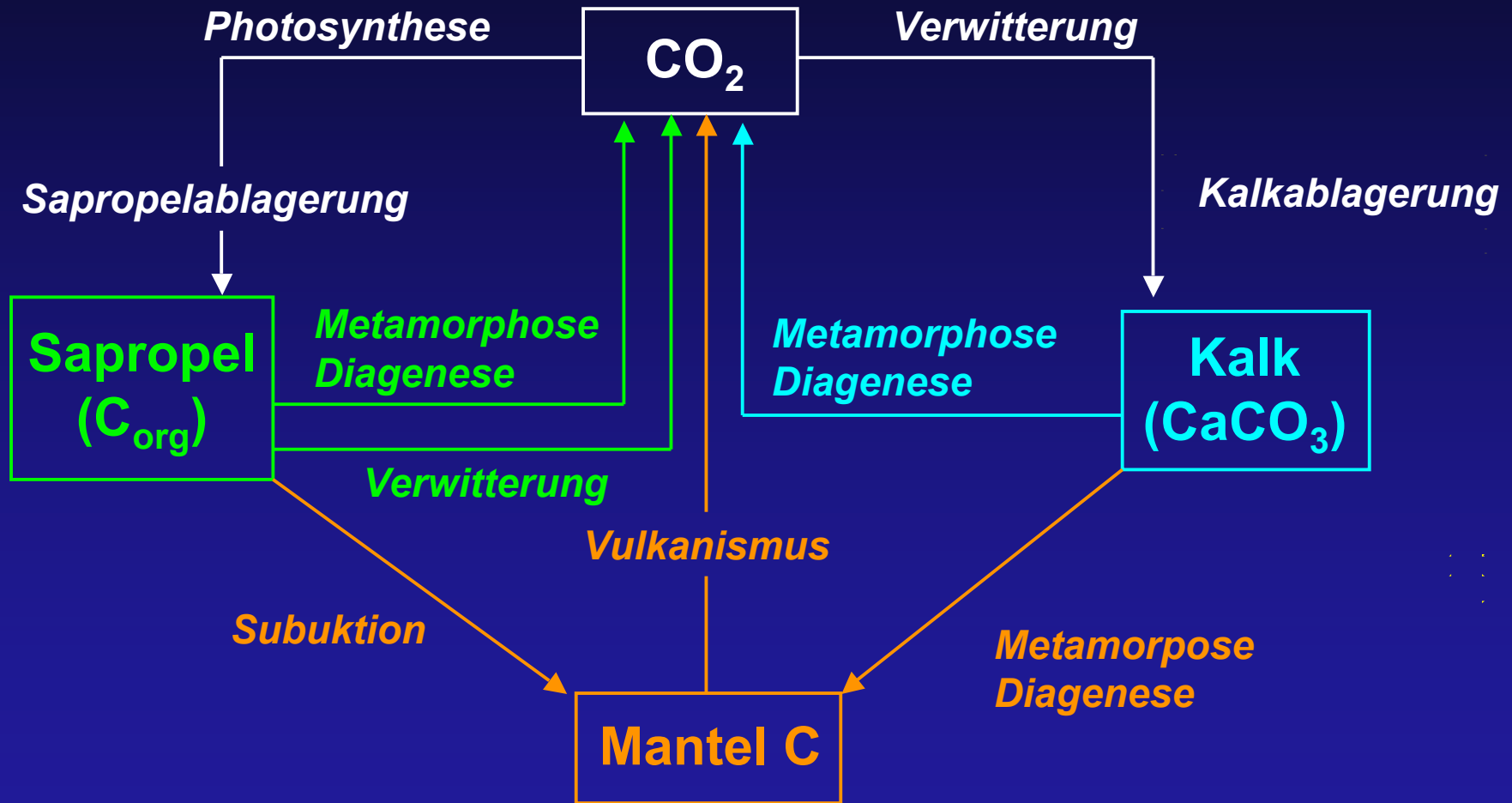
Netto:



Photosynthese und Ablagerung von C_{org}:

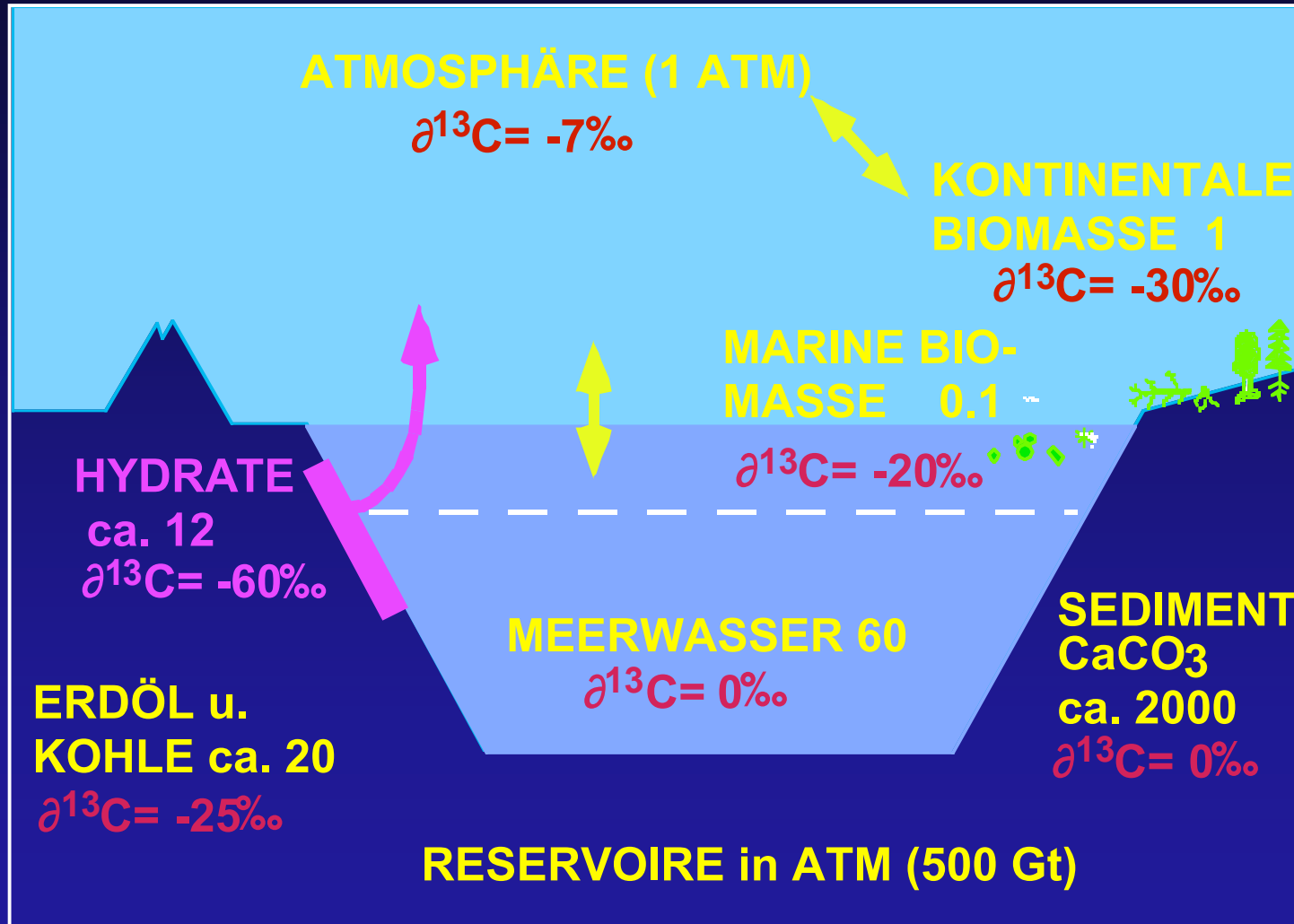


Langfristiges Kohlenstoffkreislaufmodell

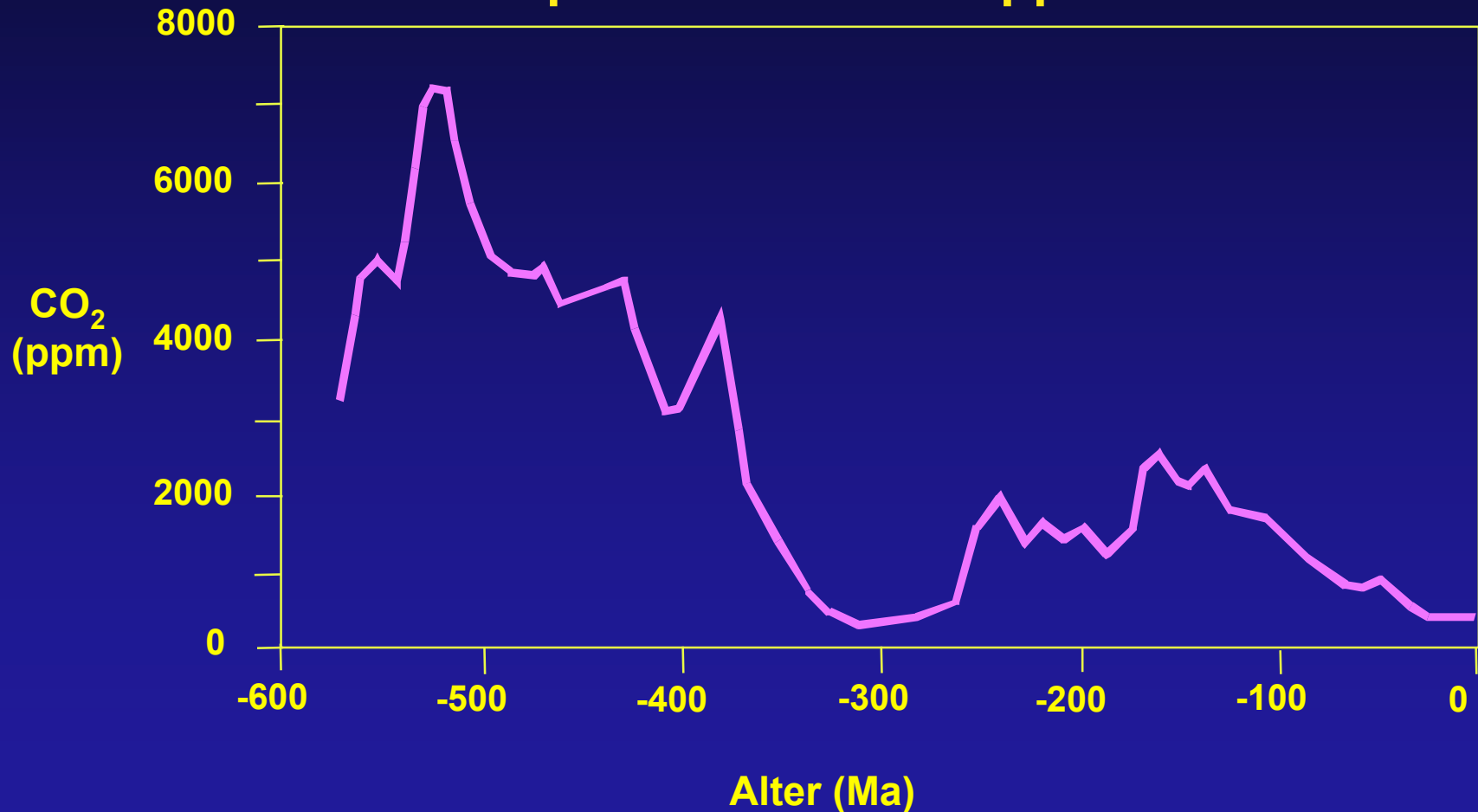


(Berner, 2003)

$\delta^{13}\text{C}$ im globalen C-Kreislauf

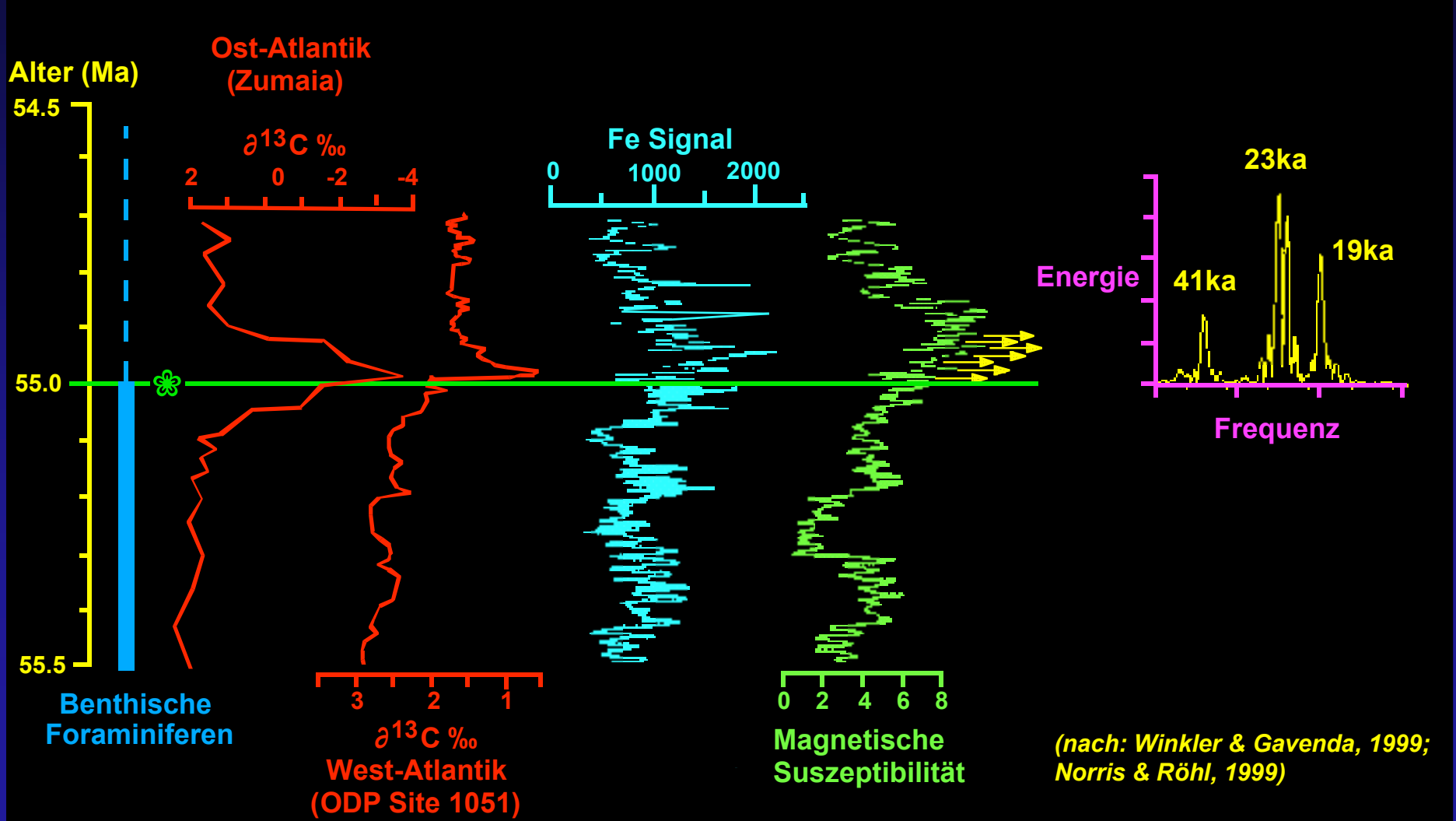


2. Beispiel: Phanerozoische CO₂-Entwicklung gemäss GEOCARB III C-Kreislaufmodell (C-Fluxe plus $\delta^{13}\text{C}$ Fraktionierungsänderungen) Amplitude: 280-7500 ppm



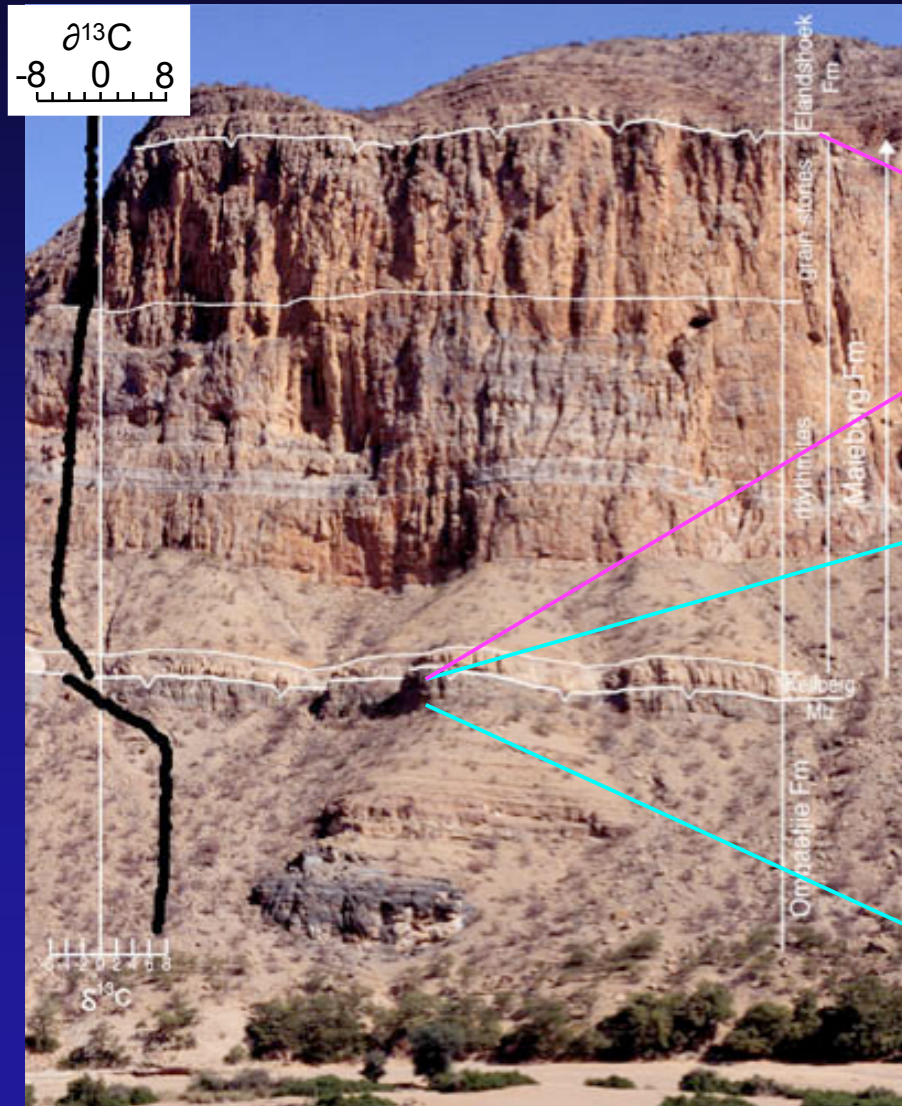
(Berner, 2003)

3. Beispiel: Kurzfristiges Wärme- und C-Ereignis im Spätpaläozän (55 Ma): CO₂-Zunahme durch Methanhydrat-Austritt (1200 Gt C innerhalb von 30ka, Abnahme in ca. 100ka)



4. Beispiel: Snowball Earth (ca. 700 Ma)

Ghaub-Vereisung an einem 100m Hohen Kliff, Otavi-Plattform, Namibia



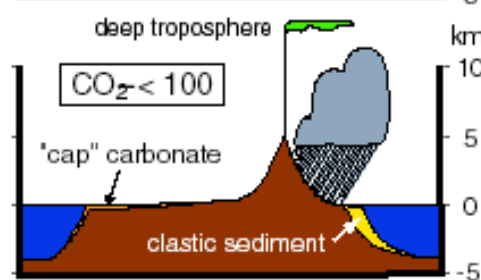
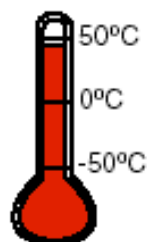
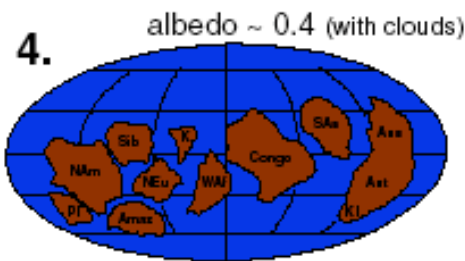
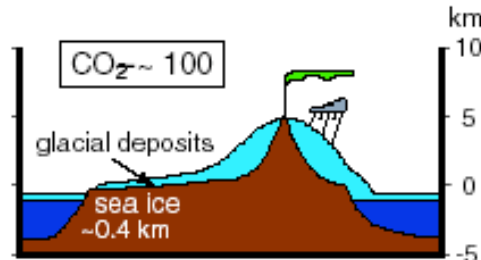
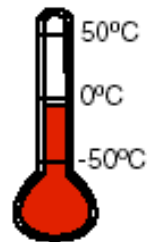
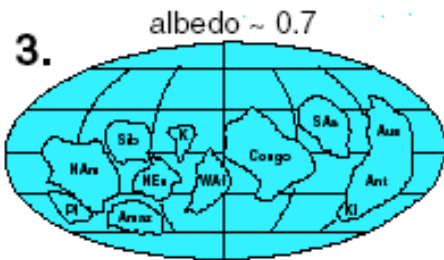
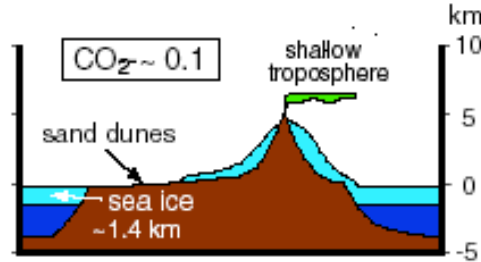
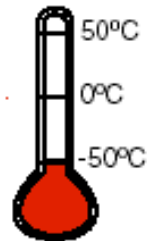
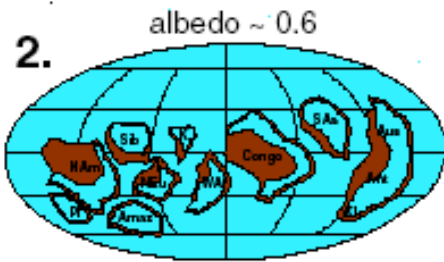
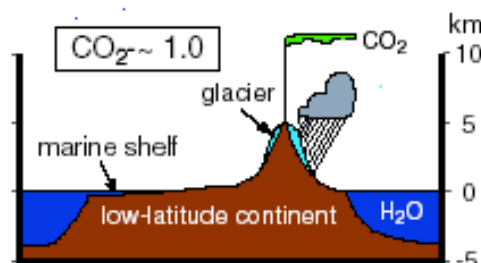
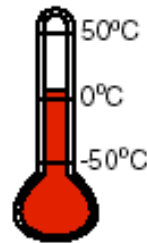
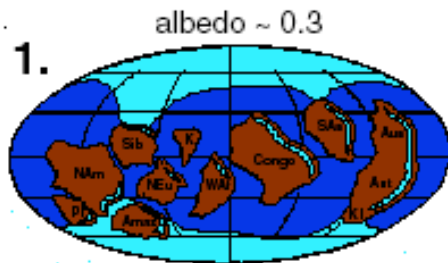
**Cap-Karbonat-Ablagerung
(Ausfällungen im Warmwasser)**

Glazial-Ablagerung (Eisbergtransport)



(Hoffman et al., 1998; http://www-eps.harvard.edu/people/faculty/hoffman/snowball_paper.html)

Snowball Earth (700Ma): Globale Vereisung (auch in Tropen)

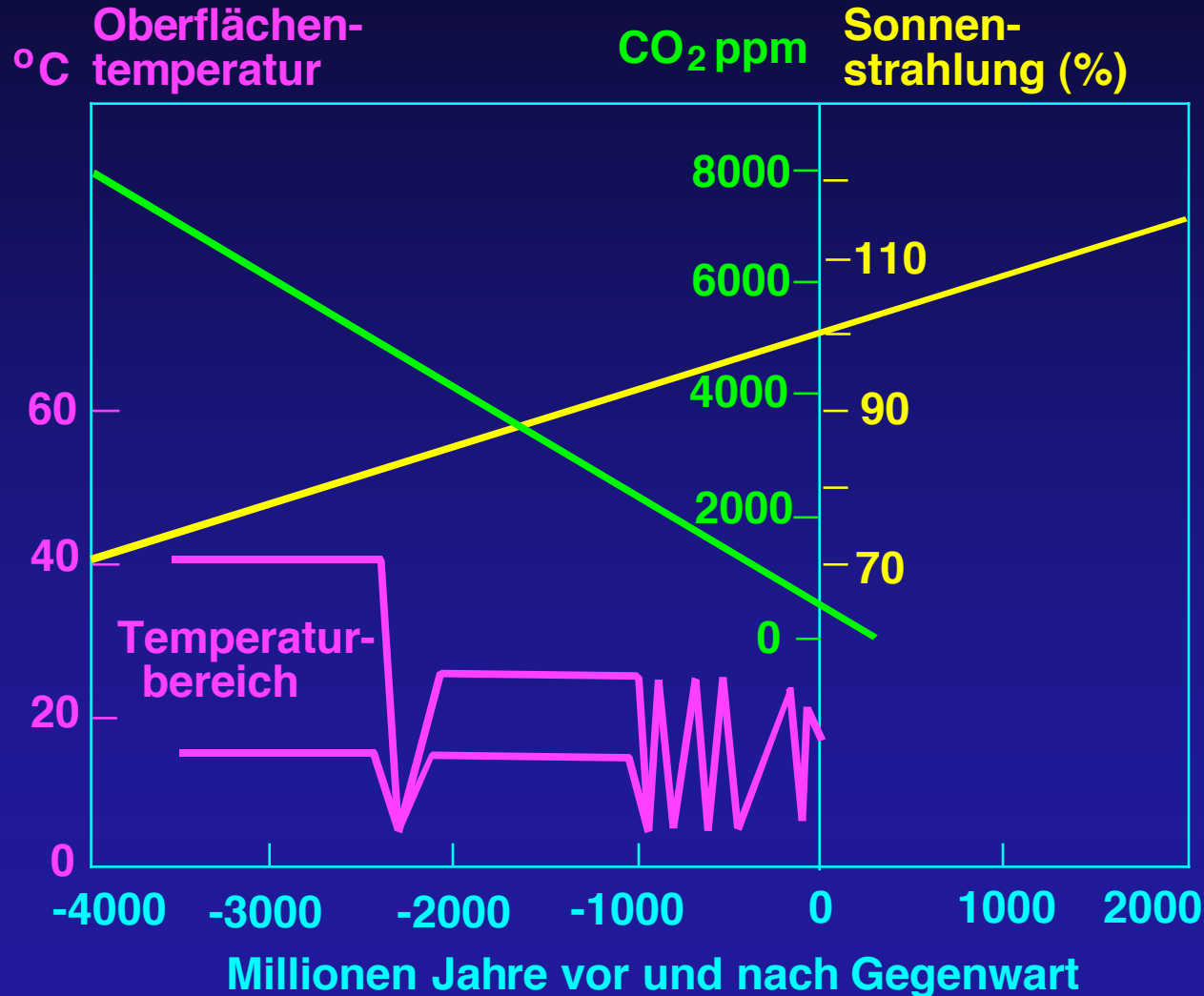


Kritische Bedingungen:

1. Kontinentalfragmente in Äquatornähe
2. CO₂-Senke durch Verwitterung führt zu totaler Vereisung
3. Langsame pCO₂-Zunahme durch Vulkanismus (keine Senke wegen Vereisung)
4. Nach Schmelzen entweicht CO₂ aus Ozean in Atmosphäre und führt zu Super-Treibhaus
5. Verwitterung auf Festland nimmt dramatisch zu
6. Karbonatübersättigung in Ozeanen führt zur Ausfällung von Cap-Karbonaten

(http://www-eps.harvard.edu/people/faculty/hoffman/snowball_paper.html)

5. Beispiel: Gaia (Biosphäre reguliert Abnahme von 8000 ppm in Erdfrühzeit auf nahezu 0 heute)



(nach Lovelock & Whitfield, 1982)

Schlussfolgerungen

- **Natürliche C-Kreislaufschwankungen sind wiederholt aufgetreten!**

- **Amplituden:**

Quartär (Eisbohrkerne)	180-290 ppm
LPTM (55 Ma)	900-1400 ppm
Phanerozoikum	180-7500 ppm
Snowball Earth (700 Ma)	2000-500 ppm
Erdgeschichte (Gaia)	8000-180 ppm

- **Raten:**

Zunahme anthropogen heute:	1 ppm/Jahr
Zunahme Ende Eiszeit (15 ka):	0.03 ppm/Jahr
Zunahme bei Methanaustritt (55 Ma):	0.02 ppm/Jahr
Abnahme nach Methanaustritt:	<0.01 ppm/Jahr