

Vorlesungsressource
Farbabbildungen und Zusatzabbildungen

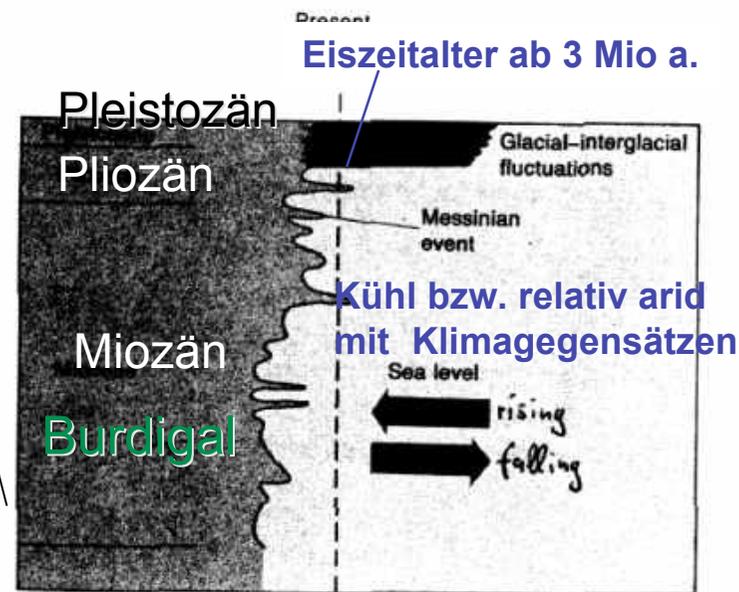
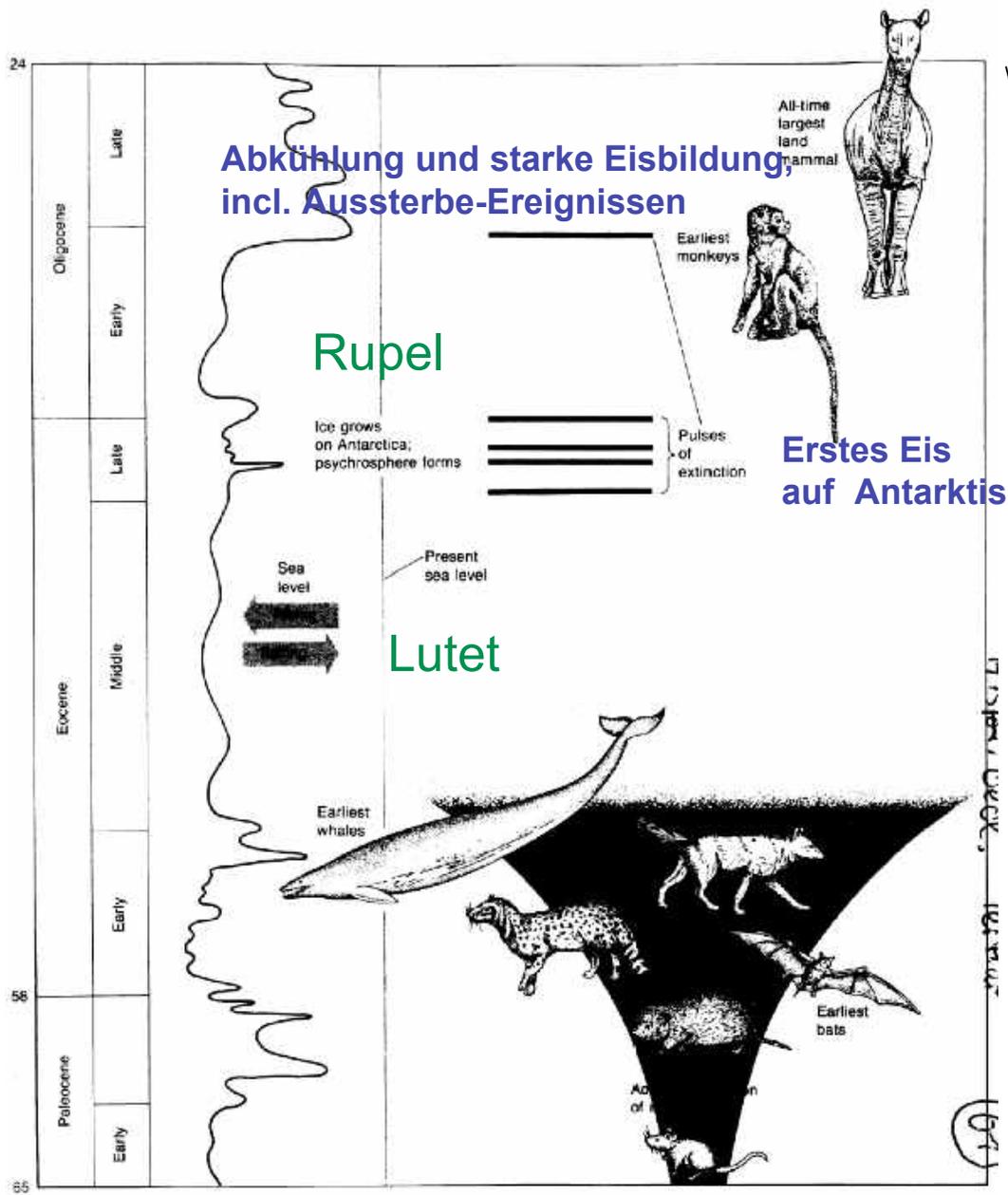
Historische Geologie

Teil 9: Känozoikum

von Reinhold Leinfelder
r.leinfelder@lrz.uni-muenchen.de

(Teil von www.palaeo.de/edu/histgeol)

Teil 2 (Klimaentwicklung)



Zu Klimaentwicklung:
Känozoikum: Übersicht

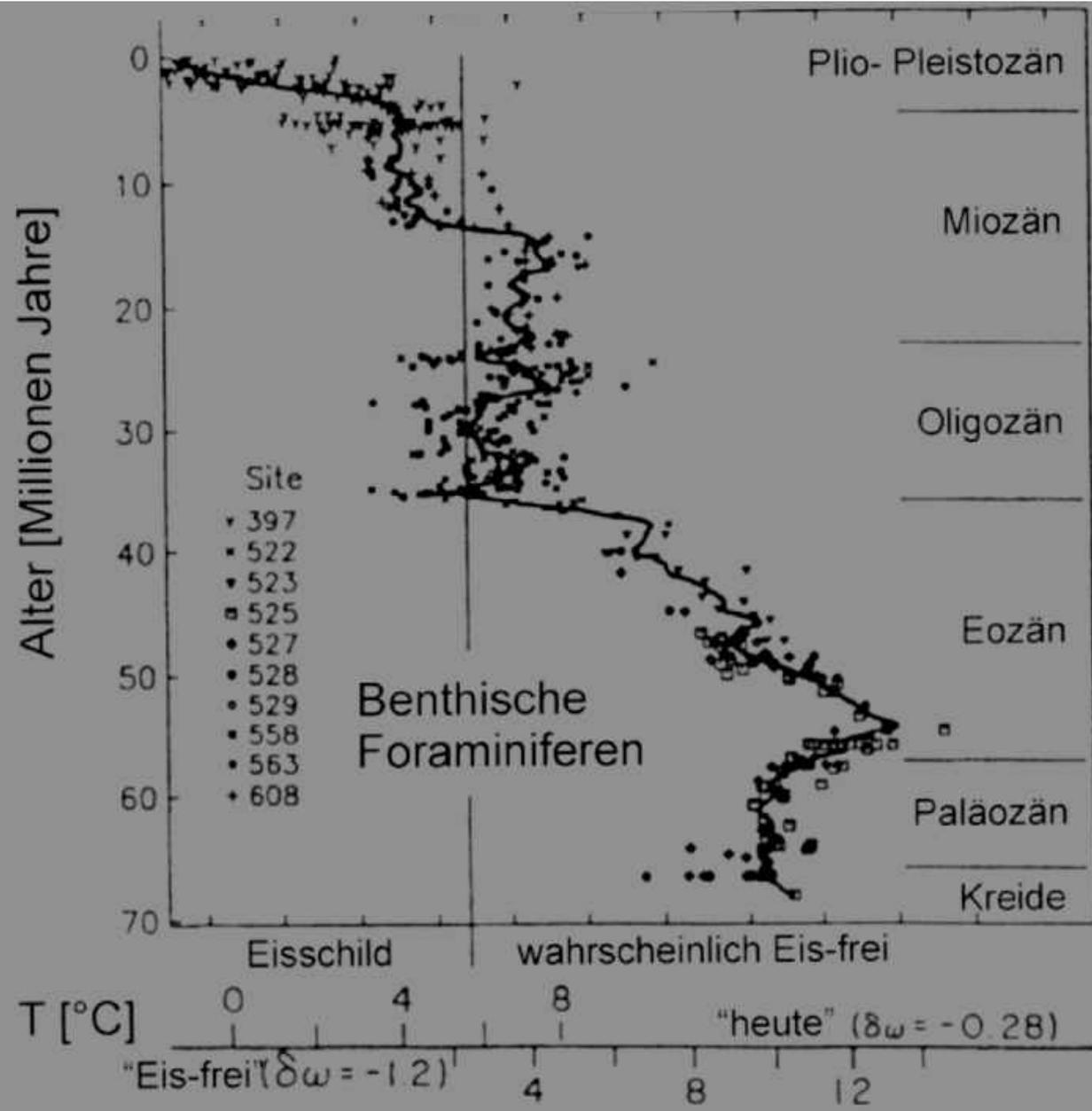
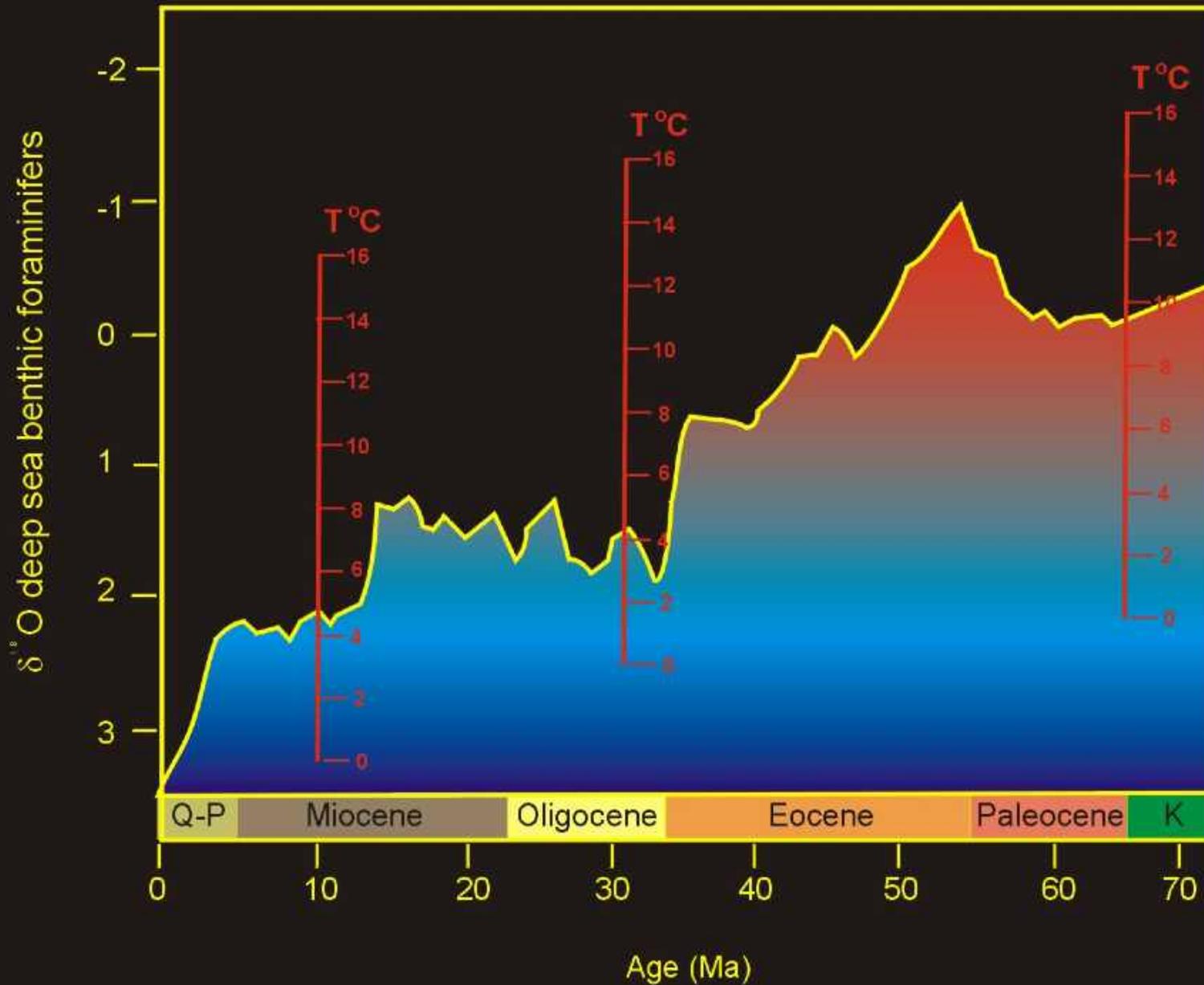


Abb. 7: Sauerstoff-Isotopenwerte in den Kalkschalen benthischer Foraminiferen. Hohe $\delta^{18}\text{O}$ -Werte dokumentieren niedrige Temperaturen und/oder viel Eis auf den Polkappen (modifiziert nach Miller et al., 1987).



Wie vorherige Abbildung, jedoch T-korrigiert nach Eisvolumen

Mögliche Ursachen für Klimaverschlechterung:

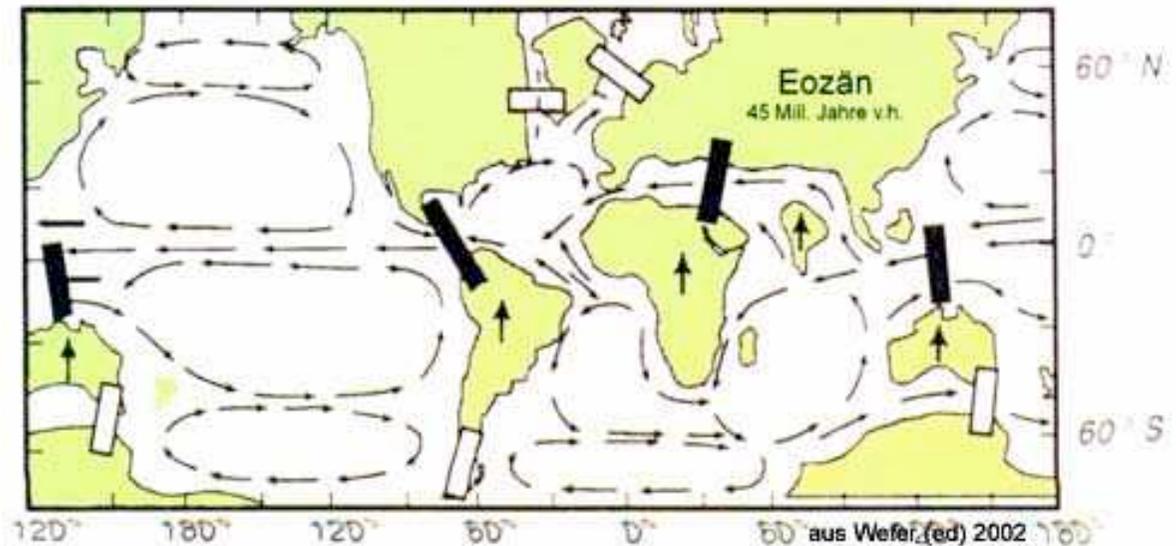
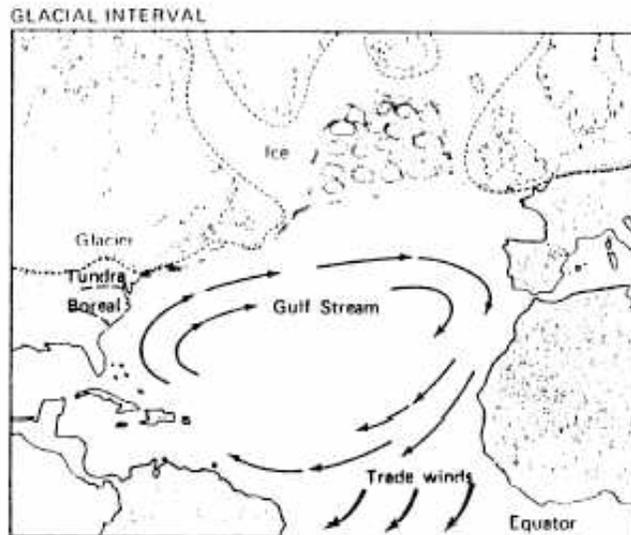
Ausgangssituation: O.Kreide - Alttertiär:

Starkes Sea-Floor-Spreading und hoher Meeresspiegel.

1. Plattentektonik:

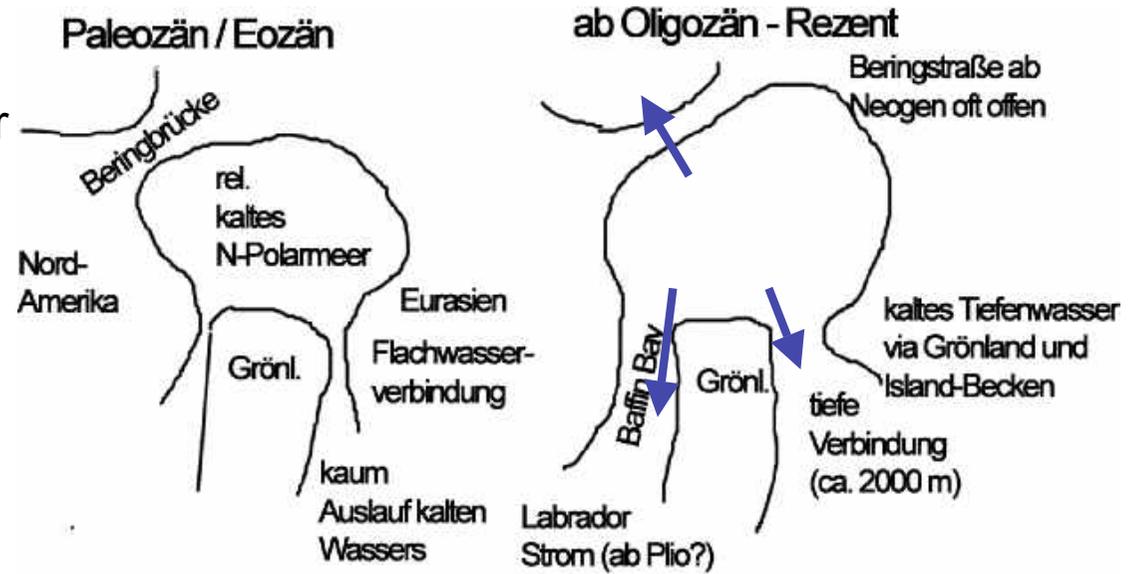
a) **Nachlassen des Spreadings** -> Meeresspiegelfall -> kontinentaleres Klima:
Abnahme des Treibhauseffektes (weniger H₂O und CO₂ in Atmosphäre)

b): **Schließung des Isthmus von Panama** (Pliozän, 3.5 Mio) ->
Golfstromentstehung -> Feuchtes Wetter in Europa

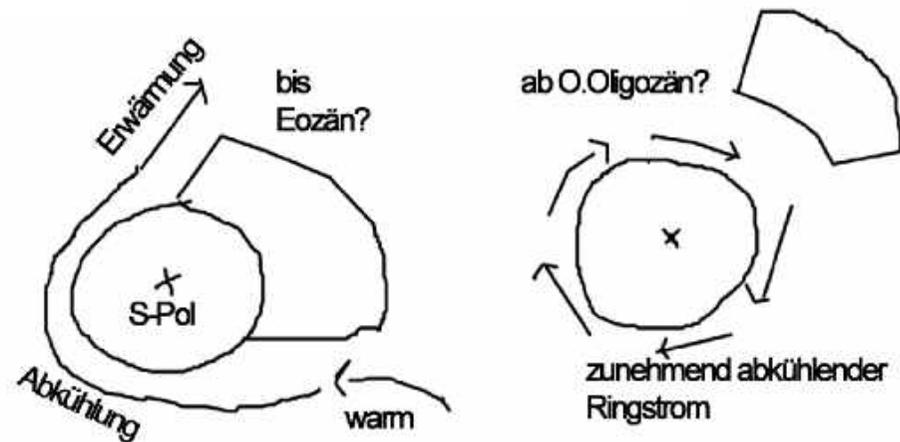


Mögliche Ursachen für Klimaverschlechterung:

c) **Öffnung des nördlichen Nordatlantiks:** Ausfließen kalten Wassers aus Polarmeer

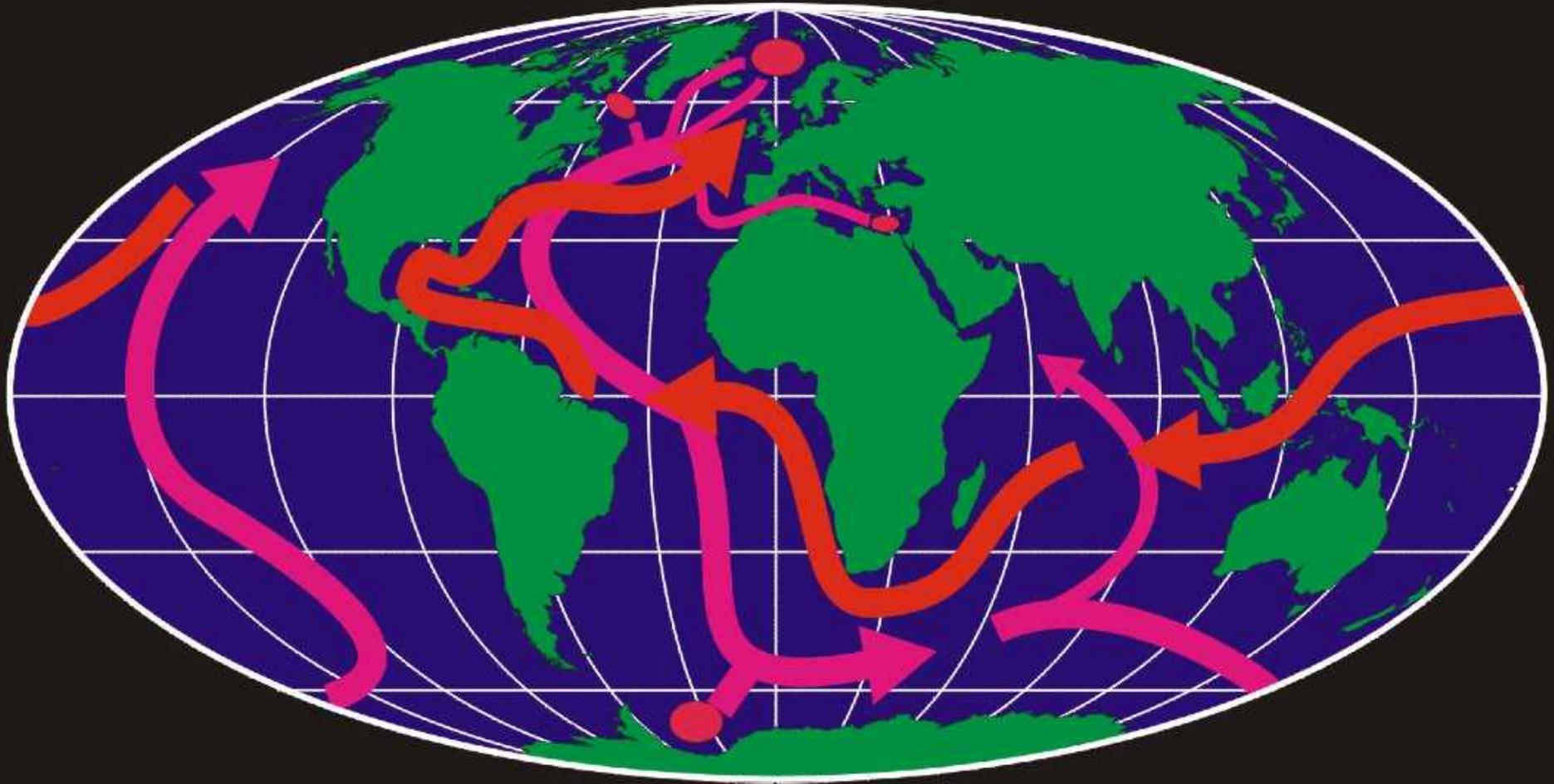


d): **circumpolarer kalter Ringstrom** durch Abdriften von Australien



Aus c+d: polares kaltes Tiefenwasser fließt ab O.Oligozän äquatorwärts -> upwelling in niederen Breiten, an W-Küsten -> starke regionale Abkühlung auch dort.

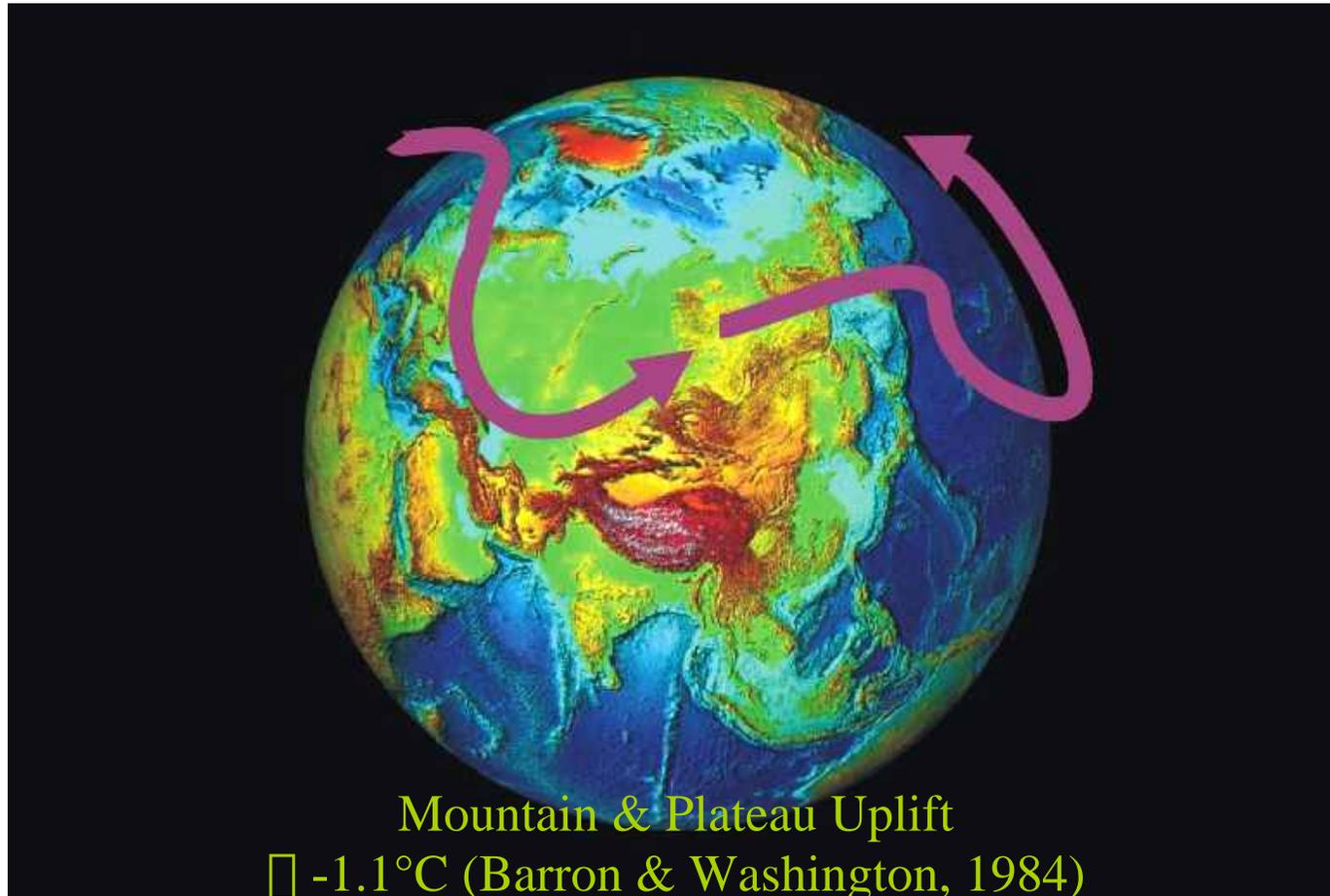
THE GREAT CONVEYOR



Mögliche Ursachen für Klimaverschlechterung:

e) **Anhebung junger gefalteter Gebirge, darunter auch Tibet-Plateau (v.a. Mio/Plio):**

- Mehr Niederschläge, Gletscher ins Vorland (lokale Abkühlung im Inland)
- Umlenkung der Windsysteme
- Hydrolyse-Verwitterung als CO_2 -Senke (als HCO_3^- in kühle Meere)



Mögliche Ursachen für Klimaverschlechterung:

2. Selbstverstärkungsphänomene:

- a) S-Polvereisung durch **Albedo-Effekt** zunehmend
- b) **Tundren ersetzen Wälder**: Zunahme der Winteralbedo (Schnee rutscht nicht ab)
- c) **Hochgebirgsvereisung** wegen Albedo zunehmend: Gletscher gehen weit ins Vorland und kühlen dort ab.
- d) Nach kritischer Abkühlung: **Vereisung des Nordpolarmeeres** (O.Mio/Plio); Packeis (mit hoher Albedo) drängt Golfstrom zurück.
- e) Aridisierung und Abkühlung durch **Ausbreitung von C4-Pflanzen?**

What about the spread of C₄ plants

C₃ and C₄ plants differ in their photosynthetic pathway.

Origin of C₄ metabolism is unknown, possibly Paleozoic

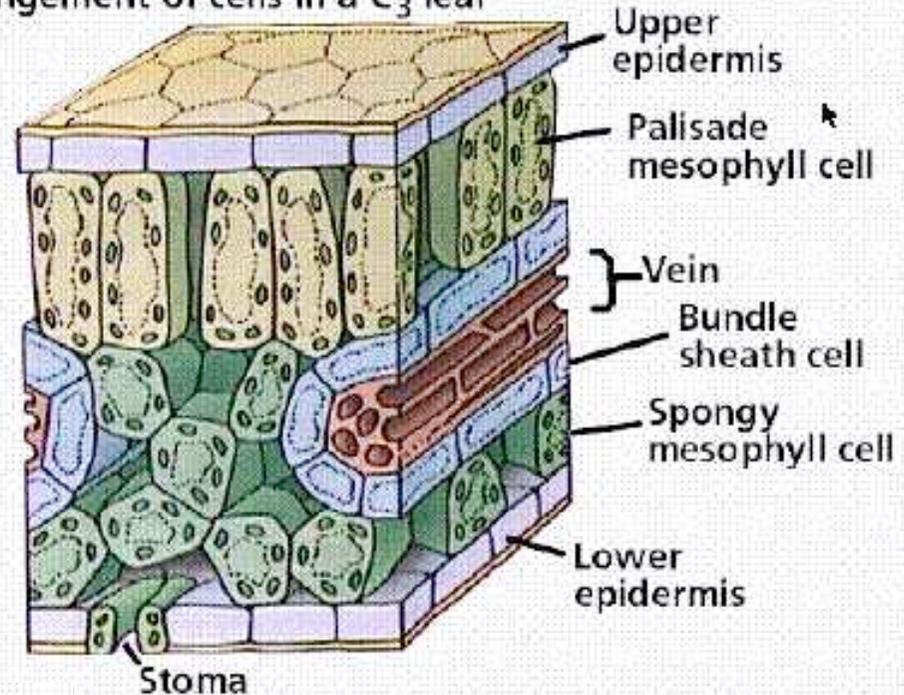
Spread of C₄ plants usually thought to be Late Miocene

C₄ plants conserve water, perturbing the hydrologic cycle

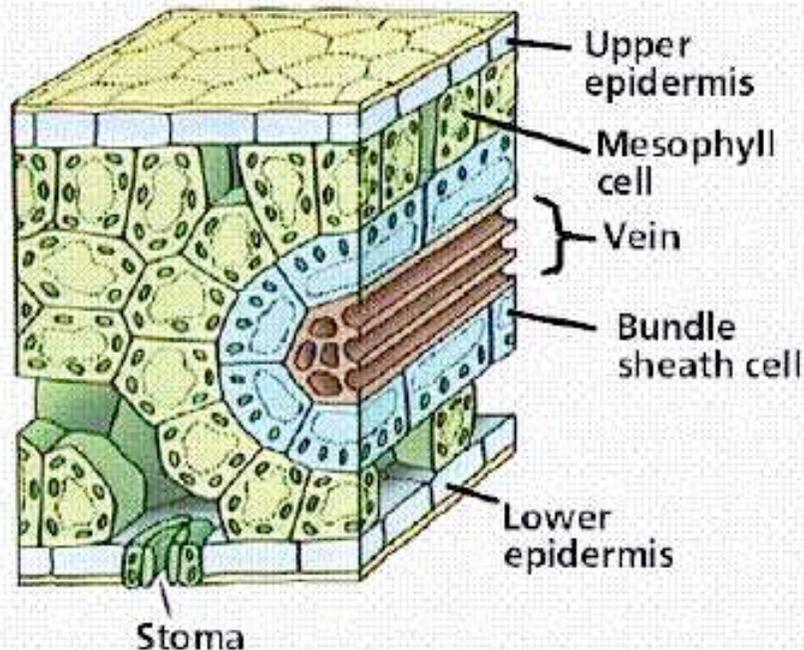
C₃ plants

- Optimum 15-20°C
- Medium illumination
- Deep roots
- Transpire freely

Arrangement of cells in a C₃ leaf



Arrangement of cells in a C₄ leaf



C₄ plants

- Concentrate CO₂
- Optimum 30-40°C
- Bright illumination
- Shallow roots
- Conserve water

Which plants are C₃ and C₄

C₃ –

Almost all trees

Most temperate plants

Wheat

Oats

Barley

Potato

C₄ –

Woody shrubs

Most tropical and
subtropical grasses

Maize

Sorghum (*Mohrenhirse*)

Plants that grow rapidly

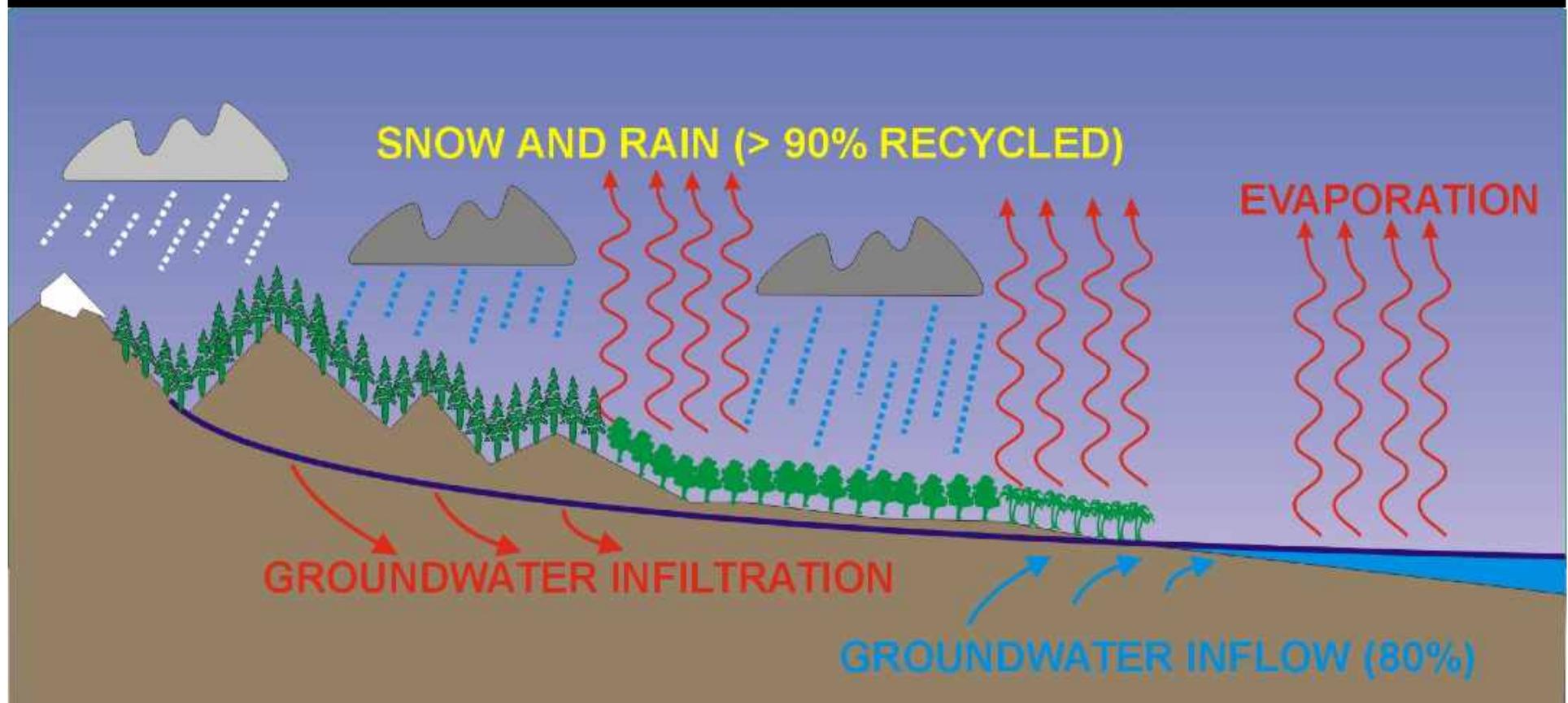
The climatic effect of C₄ plants

Retain moisture, inhibiting the recycling of water from rainfall

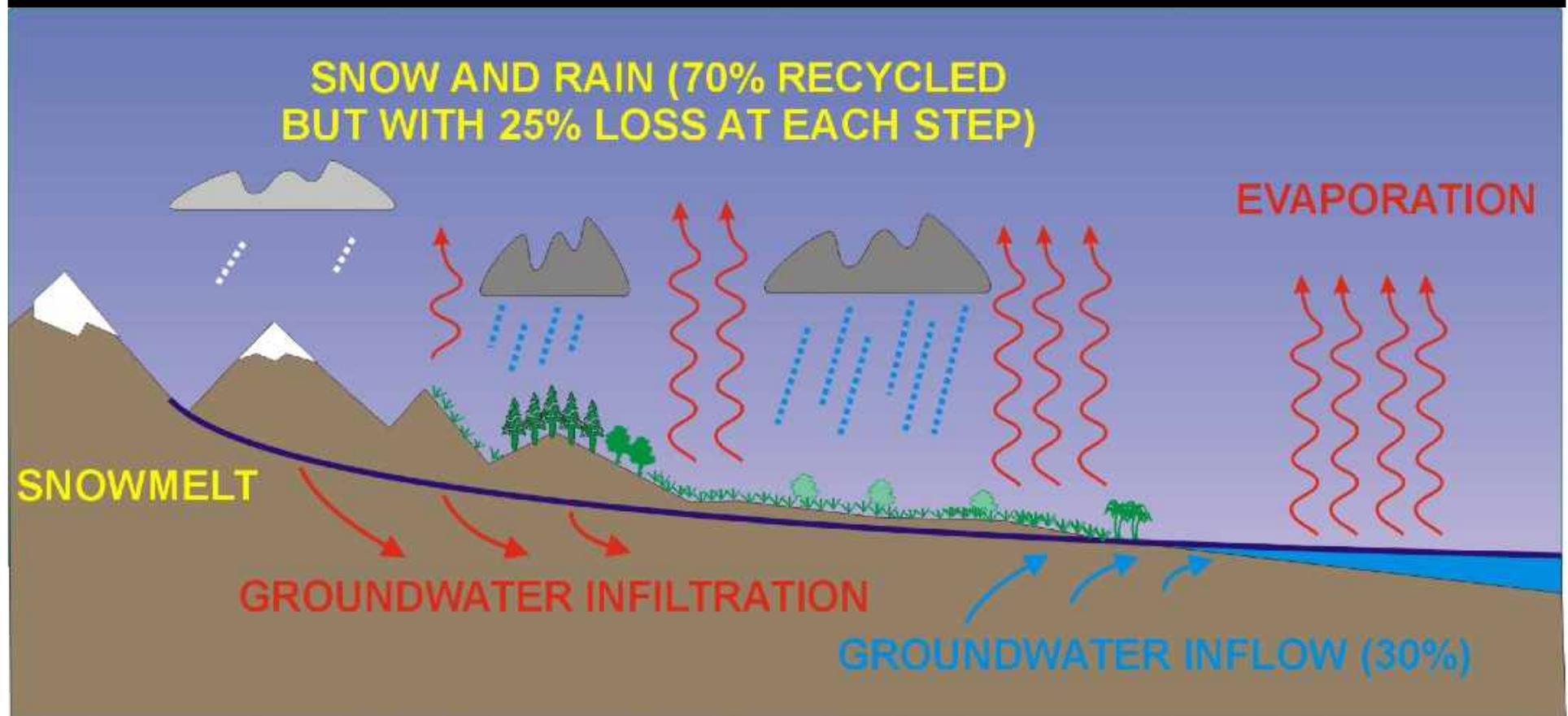
Promote downwind aridity

Reduce latent heat transport into continental interior

On a warm Earth with only C₃ plants, the hydrologic cycle might look like this:



Today, with C4 grasses widespread, the subtropical hydrologic cycle looks more like this:



Conclusion: C₄-Plants

The spread of C₄ plants would

Increase global aridity:

Promoting climatic differentiation

Reduce latent heat transport:

Forcing a cooler global climate

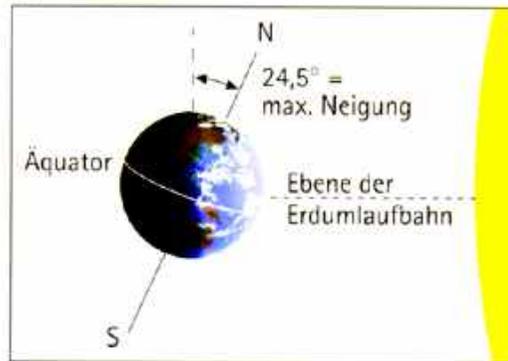
Mögliche Ursachen für Klimaverschlechterung:

3) Schwankung in solarer Einstrahlung

a) Milankowitch;

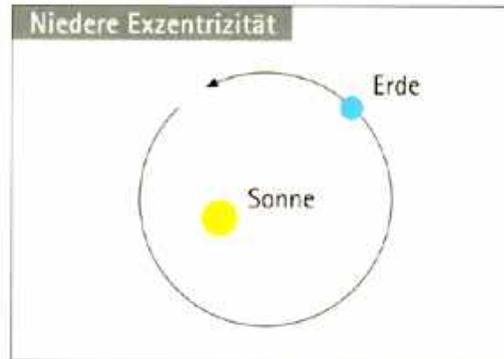
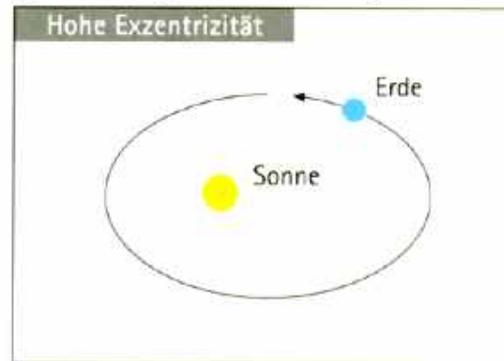
- evtl. verantwortlich für einzelne Phasen
- I-Tüpfelchen-Effekt: minimale Änderung löst bei geeigneter Prädisposition selbstablaufende Selbstverstärkungseffekte aus
- Wohl auch z.T. verantwortlich für extrem rasche Klimafluktuationen in Übergangszeit.

A Obliquität (Periode 41.000 a)



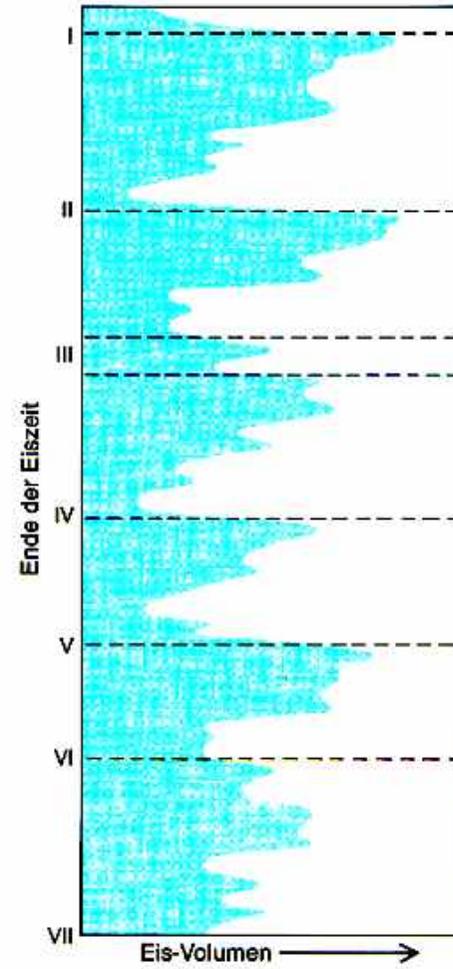
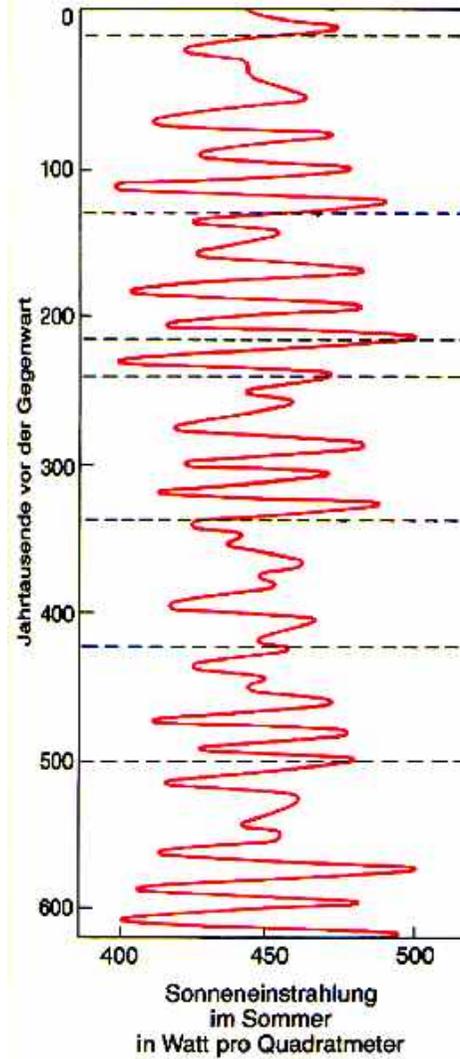
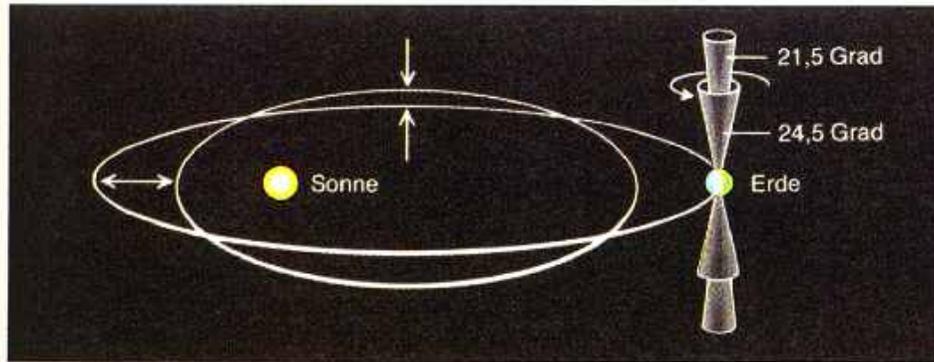
aus Hansch (2000)

B Exzentrizität (Periode ca. 100.000 a)



C Präzession (ca 26.000 a)

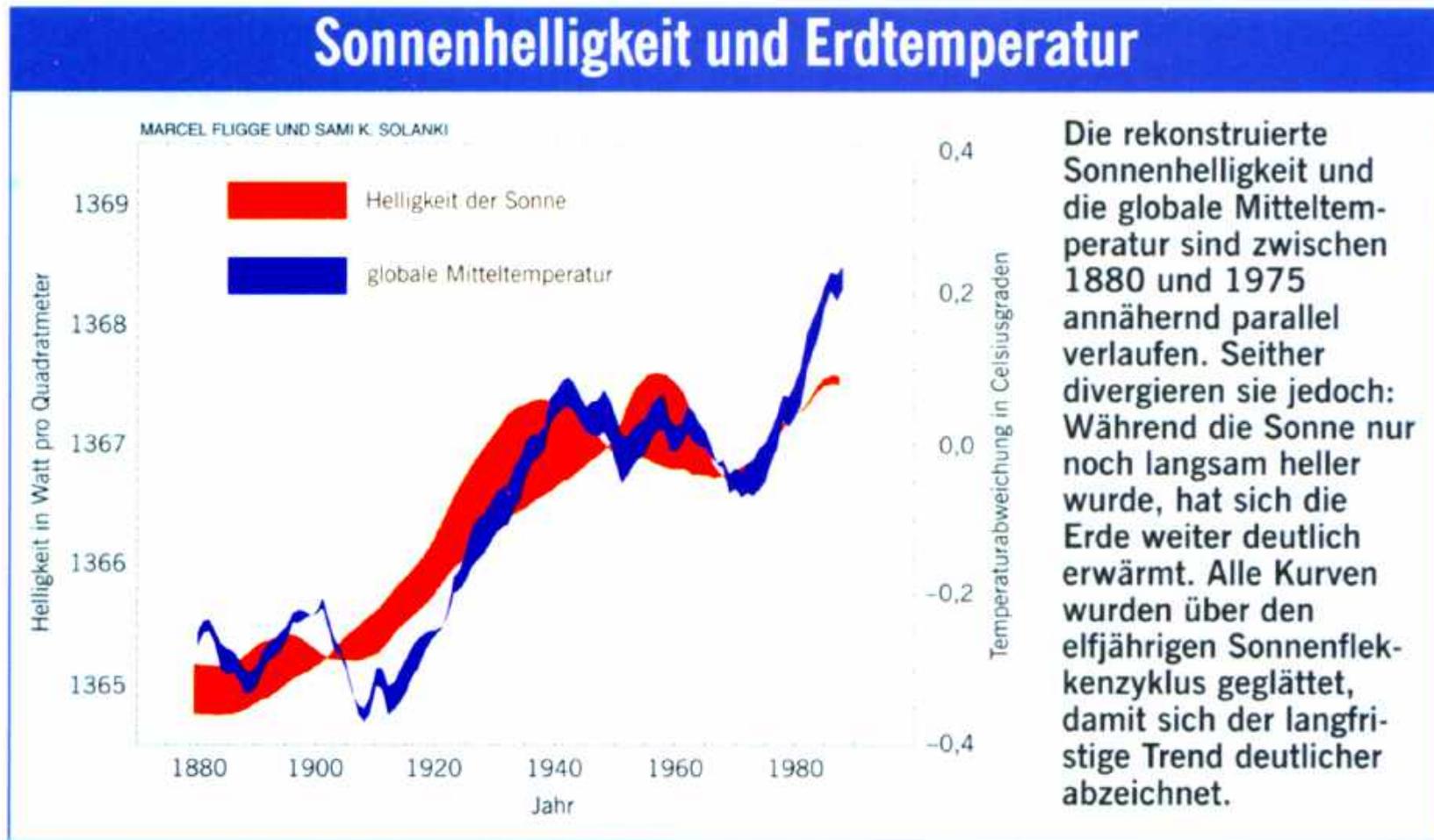




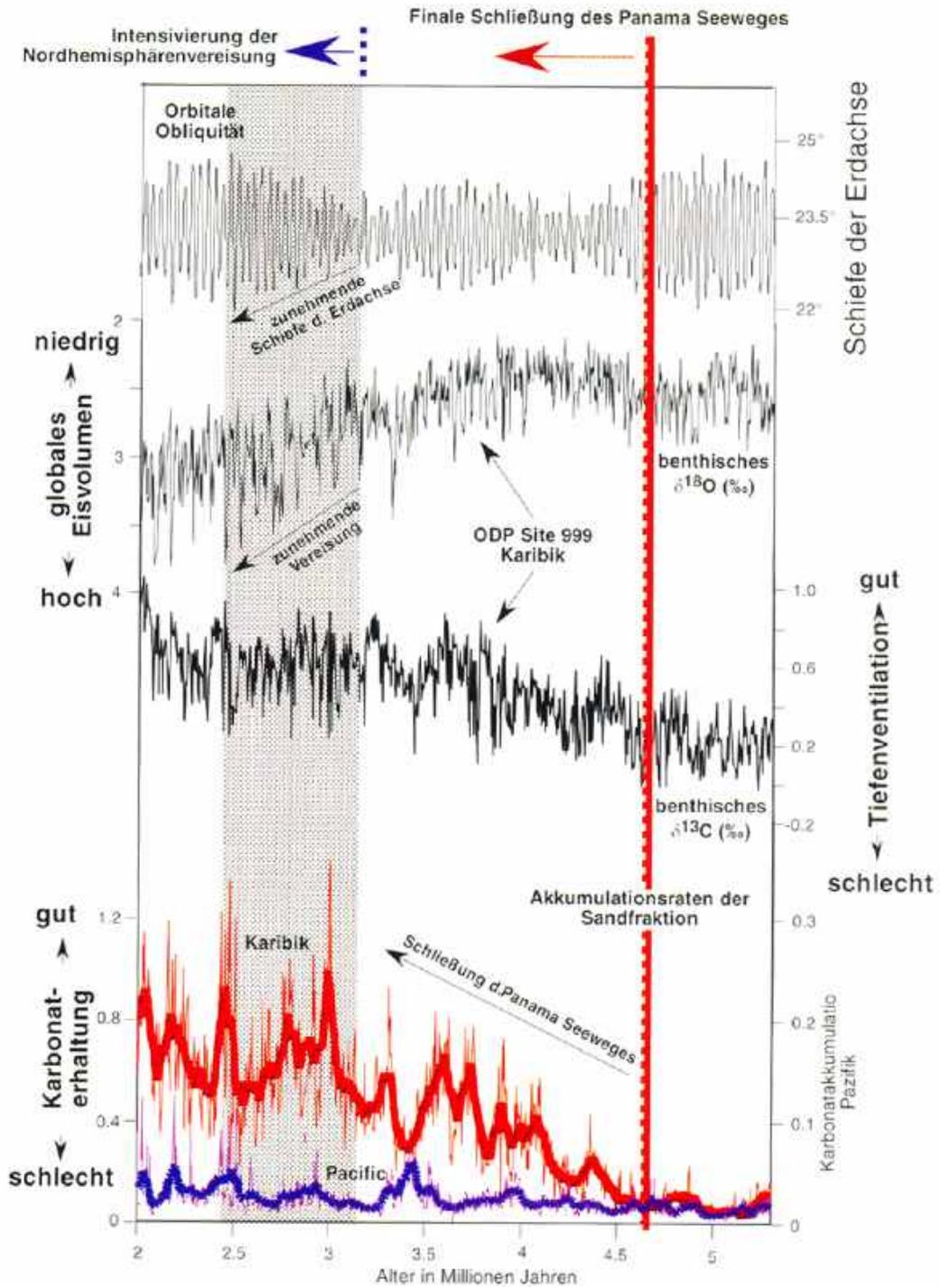
aus Broecker & Denton in
Spektrum d. Wiss. Atmosphäre, Klima, Umwelt

Mögliche Ursachen für Klimaverschlechterung:

- 3) Schwankung in solarer Einstrahlung
 - b) Schwankung in Sonnenhelligkeit ??



Fligge & Solanki (2002)



Quartäres Klima

QUARTÄR	Holozän	Subatlantikum	2 800 a v. h.		
		Subboreal	4 500 a		
		Atlantikum	7 300 a		
		Boreal	8 600 a		
		Präboreal	10 000 a v. h.		
	Pleistozän	Jung-	<i>Alpen:</i> Würm (K) Riss/Würm (W)		<i>Nordeuropa:</i> Weichsel Eem 20.000 a Höhepunkt Beginn vor 75.000 oder 115.000 a?
					127 000 a
		Mittel-	Riss (K) Mindel/Riss (W)		Saale Holstein
					500 000 a
		Alt-	Mindel (K) Günz/Mindel (W)		Elster Cromer
				730 000 a	
Günz (K) Prägünz				Menap Präglazial Erste pleistoz. Eiszeit vor 900.000 a?	
			(1,8 Ma)		

K – Kaltzeit, W – Warmzeit

nach Faupl (verändert)

Klimasprünge (u.a. beim Übergang von Warm- zu Kaltzeiten)

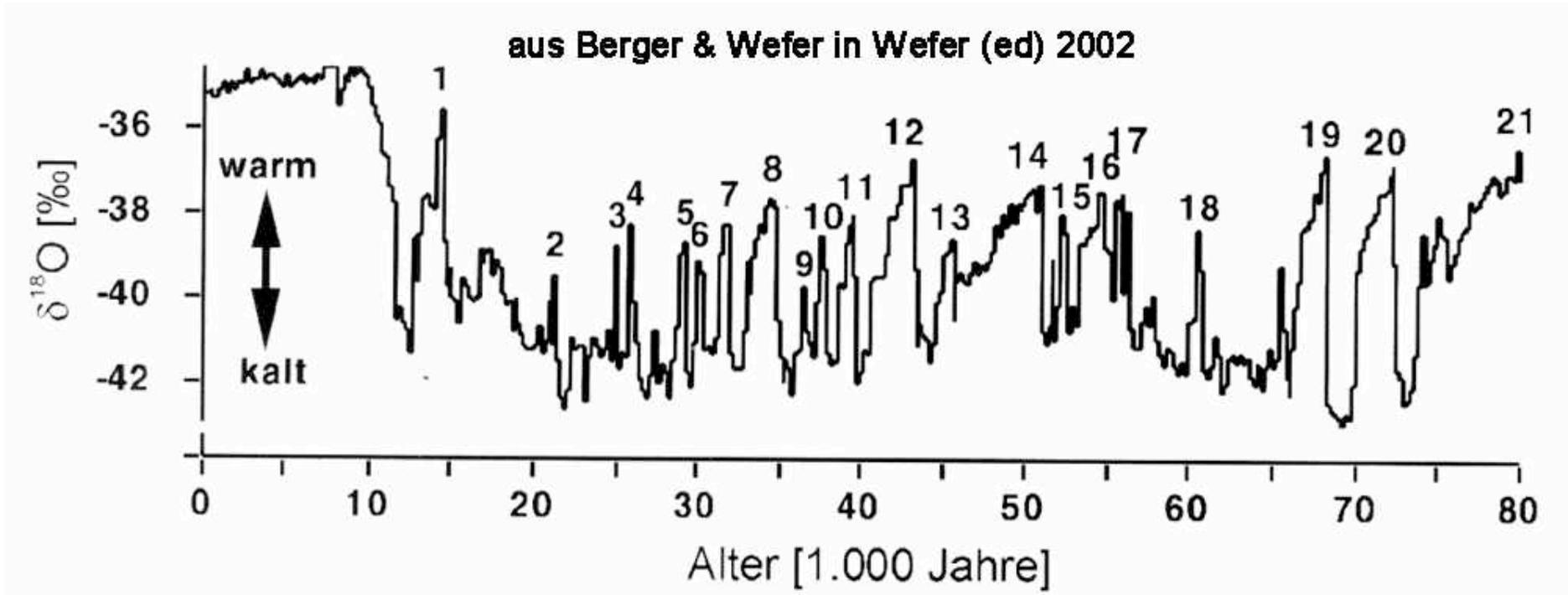
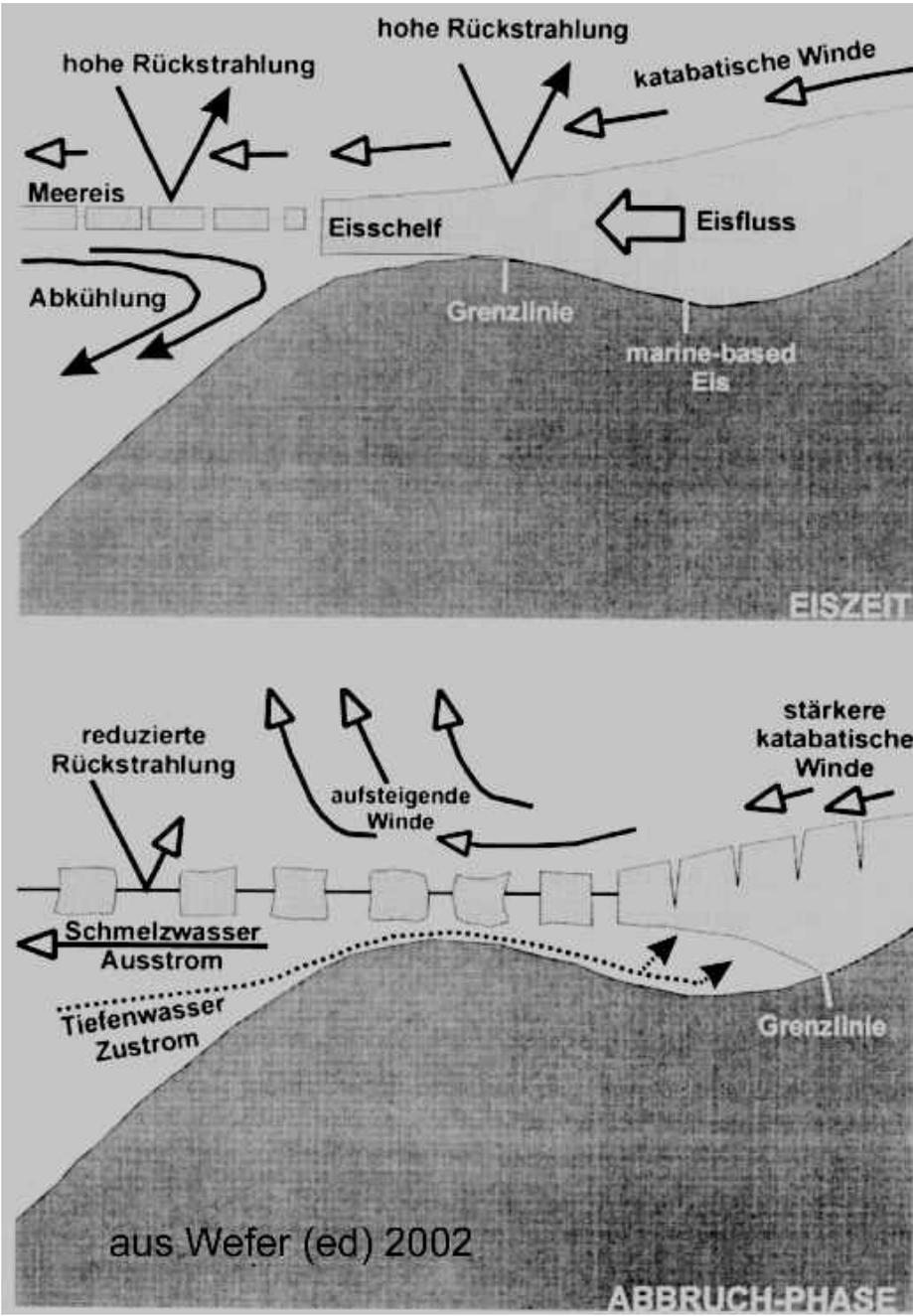
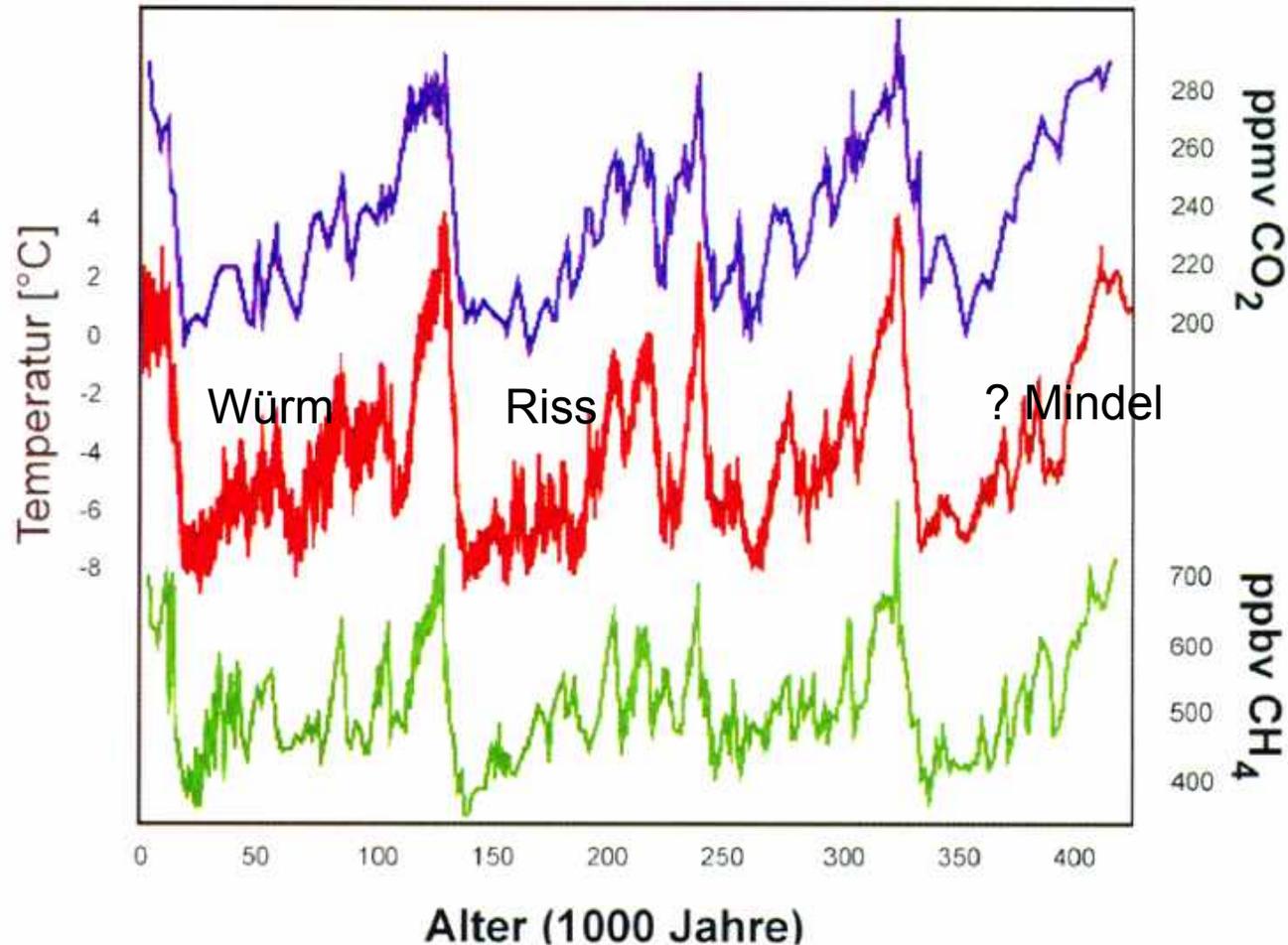


Abb. 6: Kurzfristige Erwärmungs- und Abkühlungsereignisse, dokumentiert in den δ¹⁸O-Werten des Eises Grönlands (so genannte Dansgaard-Oeschger-Zyklen). = Heinrich-Events

Klimasprünge (u.a. beim Übergang von Warm- zu Kaltzeiten)



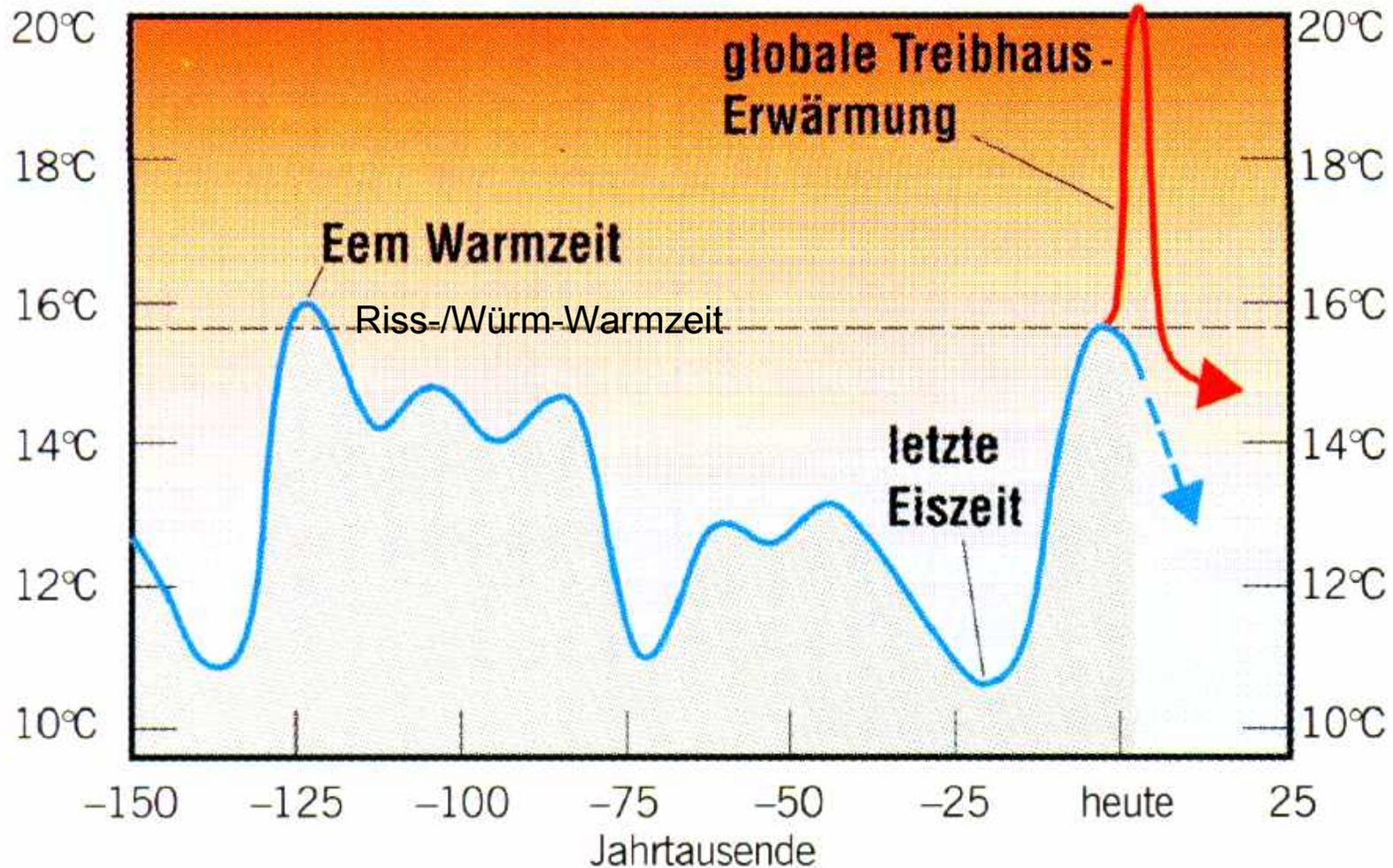
Klimaschwankungen im Pleistozän



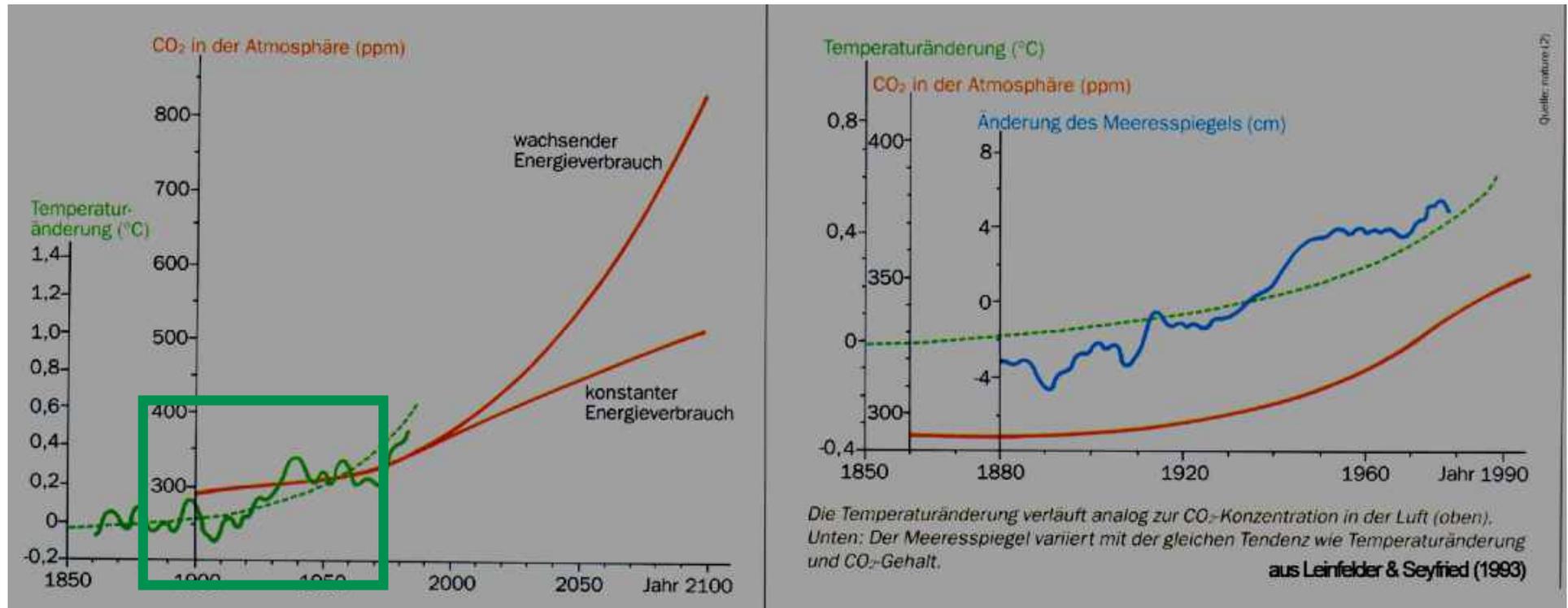
Temperaturen, CO₂- und Methan-Gehalte während der letzten ca. 400.000 Jahre, rekonstruiert aus dem Eis der Antarktis (modifiziert nach Petit et al., 1999, aus Berger & Wefer in Wefer (ed) 2002)

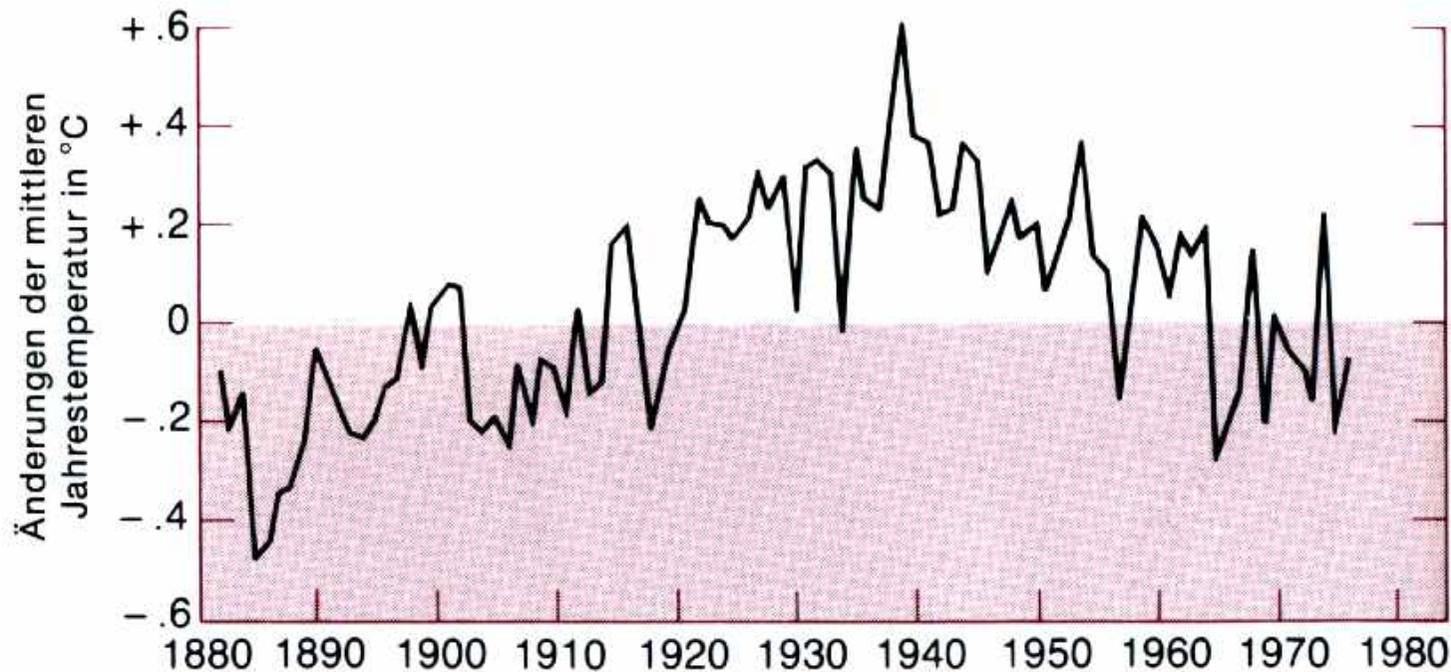
Historische Klimaschwankungen und zukünftiges Klima

Entwicklung der globalen Temperatur



Historische Klimaschwankungen und zukünftiges Klima





18.20 Klimaschwankungen während der vergangenen 100 Jahre. Das Diagramm zeigt die jährlichen Änderungen der mittleren Jahrestemperatur. Wir können nicht sicher sein, ob die Tendenz hin zu kälterem Klima während der vergangenen Jahre bald endet, oder ob sie fort dauert und eine weitere Eiszeit kommen wird.

Aus Stanley 1994: nur die halbe Wahrheit.... (siehe nachfolgend)

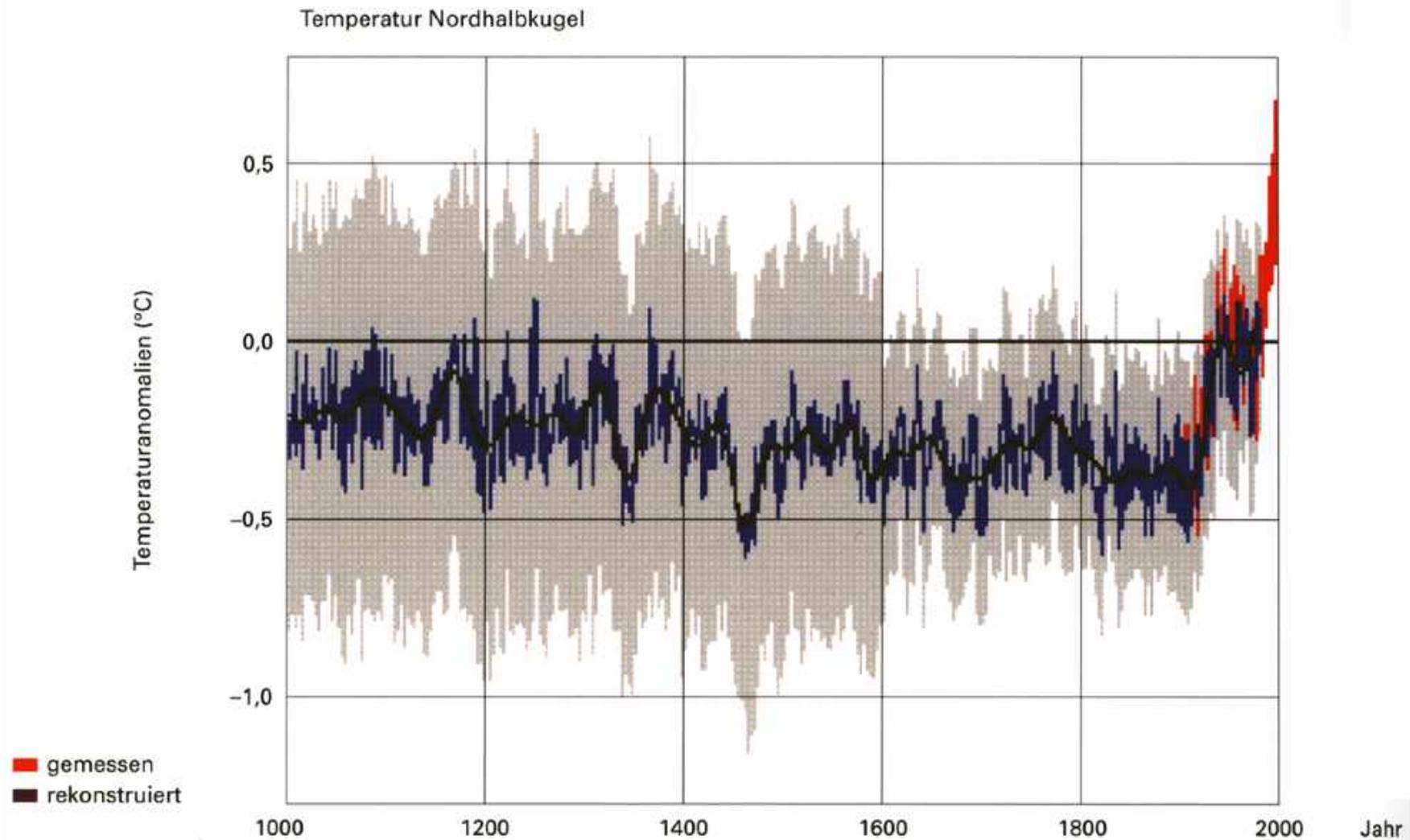


Abb. 12: Relative Jahresvariationen 1000–1998 der bodennahen Lufttemperatur im Flächenmittel für die Nordhalbkugel mit 30-jährig geglätteten Daten (Abweichungen vom Durchschnitt 1961–1990). Paläoklimatologische Rekonstruktion aufgrund verschiedener Infor-

mationsquellen nach Mann u. a. (1999), im Vergleich mit den entsprechenden auf direkten Messungen beruhenden Daten für 1856–1998 (nach IPCC 2001 und Jones u. a. 1999)

Globaltemperatur

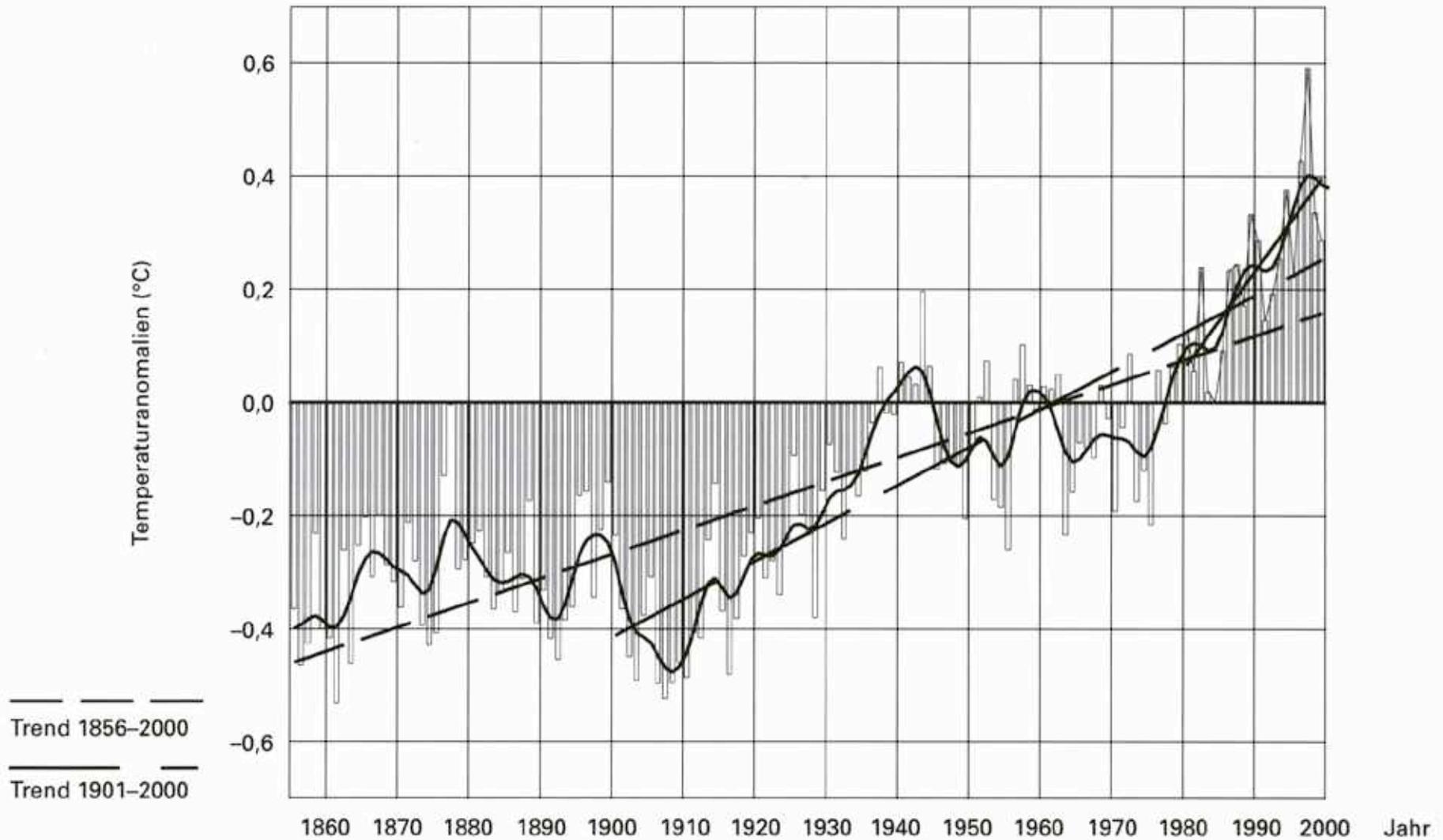
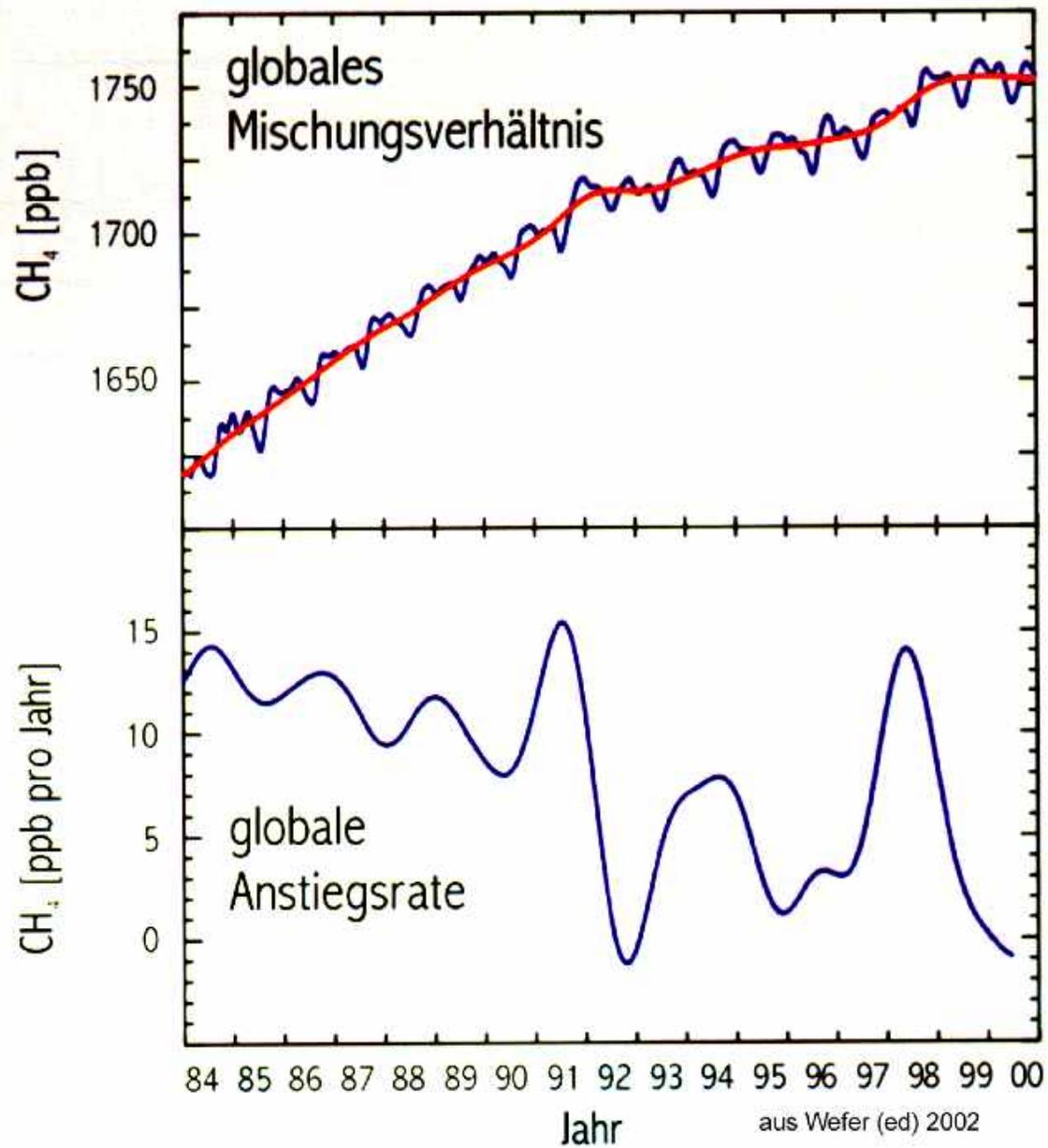


Abb. 13: Relative Jahresvariationen 1856–2001 der global gemittelten bodennahen Lufttemperatur (für Land- und Ozeangebiete) mit 10-jährig geglätteten Daten und linearen Trends für die angegebenen Zeitinter-

valle. (Datenquelle: IPCC 2001 bzw. Jones u. a. 1999, ergänzt; Ana Schönwiese 2002)

Zukünftiges Klima: die Rolle des Methan?



Zukünftiges Klima: die Rolle des Methan?



aus Wefer 2002

Methanhydrat: Brennendes Eis

expedition Erde

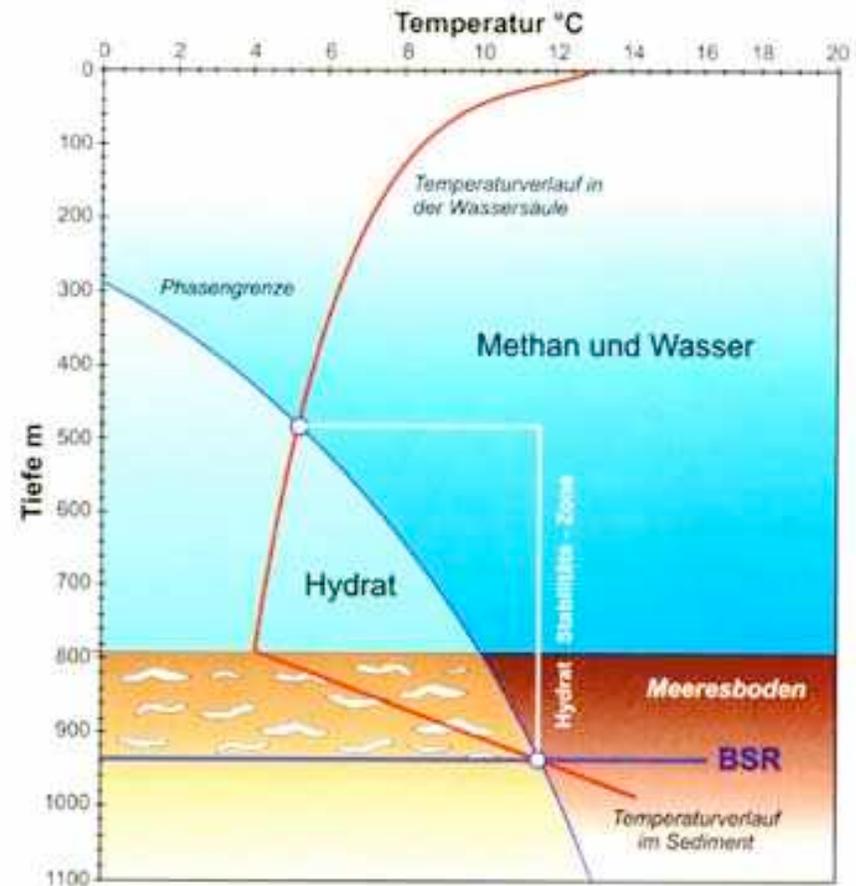
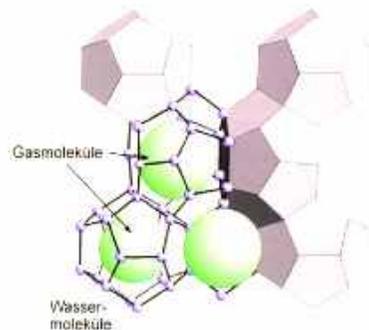


Abb. 3: Stabilitätsverhalten und Vorkommen von Methanhydrat im Ozean in Abhängigkeit von Druck und Temperatur. In dem Stabilitätsdiagramm ist der Druck bereits in eine Tiefenfunktion, Meter unterhalb der Meeresoberfläche, umgewandelt. Die blaue Kurve zeigt die Phasengrenze für reines Methanhydrat und grenzt das Stabilitätsfeld des Hydrat von dem des Methangases. Für das Vorkommen von Gashydrat ist der Temperaturverlauf mit der Tiefe (rote Linie) von Bedeutung. Im dargestellten Beispiel aus dem Nordostpazifik beginnt die Hydrat-Stabilitäts-Zone in 480 m Wassertiefe und endet bei ca. 940 m Tiefe im Sediment. Abb. aus Suess et al., 1999. aus Wefer (ed) 2002

Zusatzliteratur zu Klima und Umwelt (Känozoikum und Zukunft):

aus der Reihe: Spektrum der Wissenschaft:

- Verständliche Forschung: Biologie der Meere (1991)
- Atmosphäre, Klima, Umwelt (1990)
- Die Dynamische Welt der Ozeane: Spektrum Spezial 1/1998

Hansch (ed). Eiszeit, Mammut, Urmensch... und wie weiter?-
Museo 16/2000, Heilbronn.

Wefer, G. (ed.)(2002): expedition Erde. Beiträge zum Jahr der
Geowissenschaften 2002.-249 S., AWS., mit vielen
Einzelbeiträgen (beziehbar gegen Unkostenbeitrag via
gwefer@marum.de)

Hauser, W. (ed.)(2002): Klima. Das Experiment mit dem Planeten
Erde.- Begleitbuch zur Ausstellung, Deutsches Museum.