

# Exogene Dynamik

Vorlesung  
Prof. Dr. Frank Sirocko

Termin:  
Mittwoch 12:15 – 13:00  
Hörsaal N6

Arbeitsmaterialien

# Exogene Geologie

## Ablauf

- 1) Einführung, Terrestrische Sedimente
- 2) Seesedimente
- 3) fluviatile Sedimente
- 4) äolische Sedimente

- 5) Marine Sedimente, Schelf, Küste
- 6) Tiefseesedimente
- 7) Meeresspiegeländerungen

8) Eiskerne

- 9) Klimageschichte Grundlagen
- 10) Eiszeit, Klima und Mensch
- 11) Holozän, Klima und Mensch

12) Klimazukunft, Global Change,  
Abgabe der Protokolle (16.7.2009)

13 ) Rückgabe der Protokolle, ggf. mdl. Prüfung  
A-G: 9-11 Uhr  
H-N: 11-13 Uhr  
O-Z: 14:16

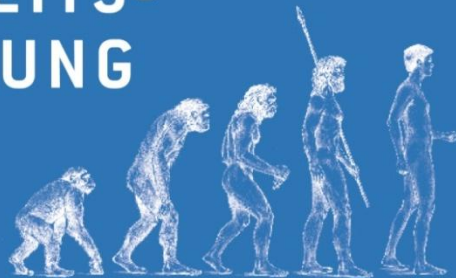


Frank Sirocko (Hg.)

**WETTER, KLIMA,**

**MENSCHHEITS-  
ENTWICKLUNG**

VON DER EISZEIT  
BIS INS  
21. JAHRHUNDERT



THEISS

€ 34,90



Frank Sirocko (Hrsg.)

**Wetter, Klima,  
Menschheits-  
entwicklung**

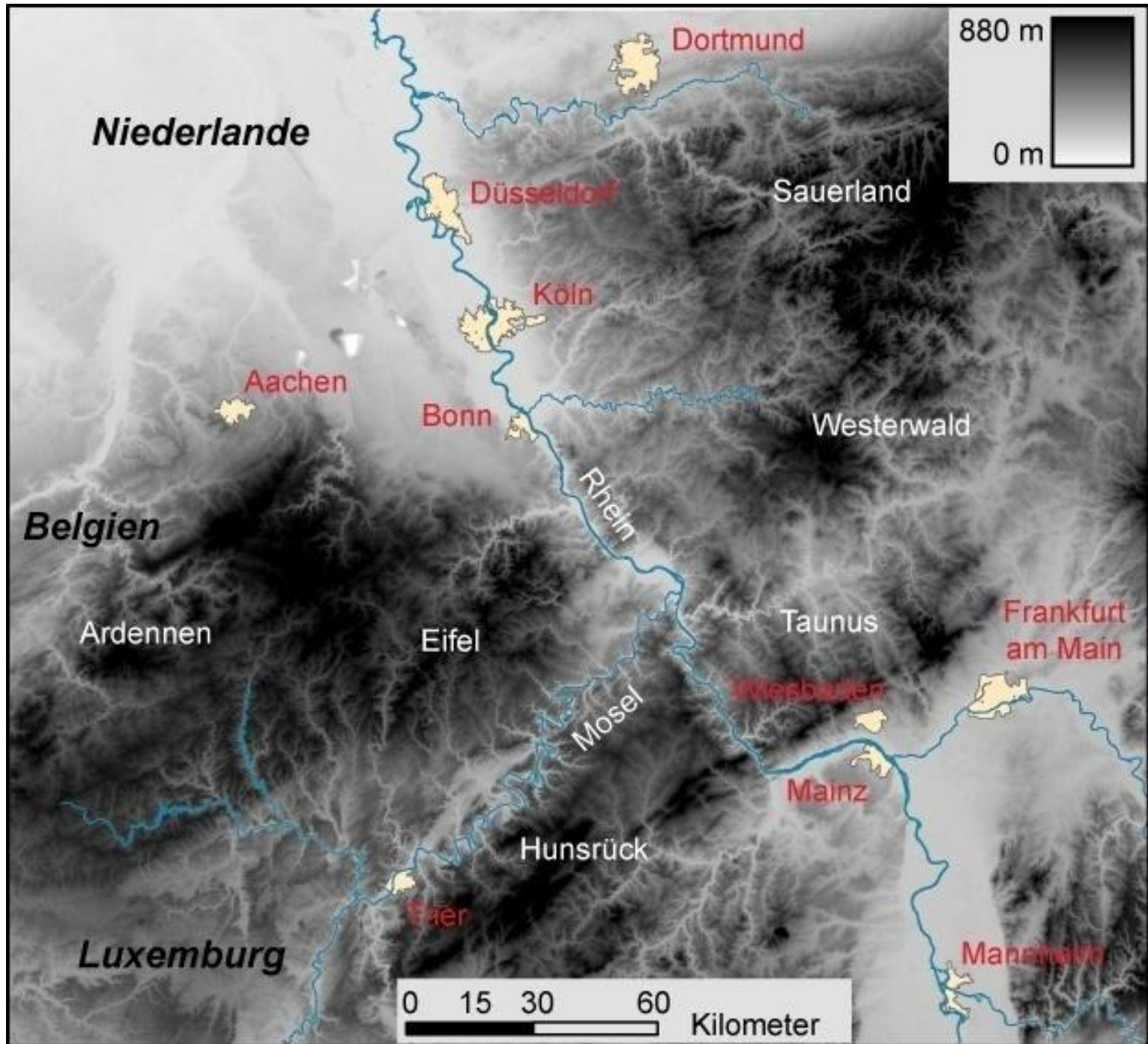
VON DER EISZEIT  
BIS INS 21. JAHRHUNDERT



WISSENSCHAFTLICHE  
BUCHVERLEGEWAHRUNG  
**WBG**  
WISSENVERBINDET

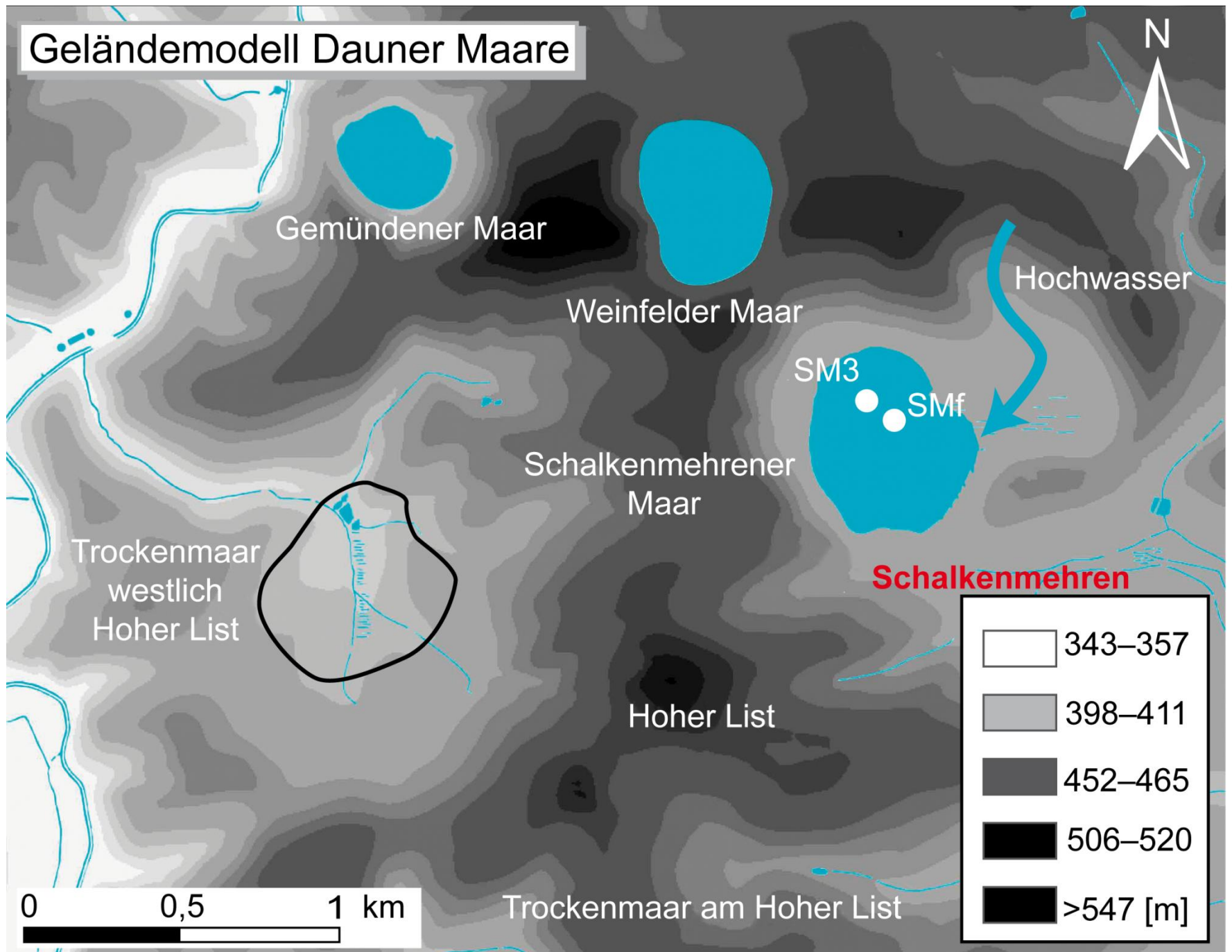
€ 27,90

## 2. Stunde, Seesedimente, Maare

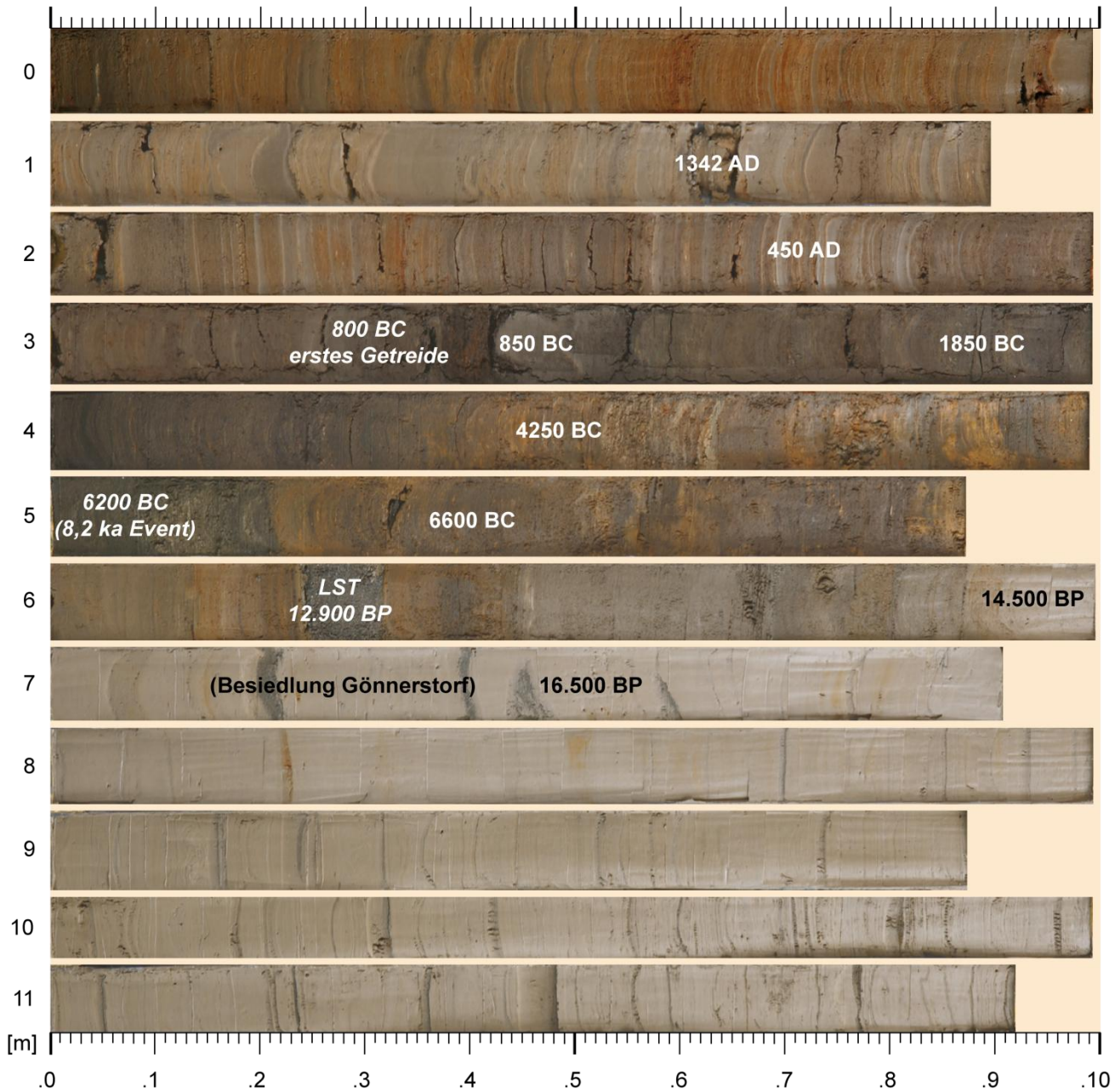




# Geländemodell Dauner Maare



# Schalkenmehrener Maar (Kern SM3)





# Seilkern

Core D3, Last Glacial Maximum



Core JW3, Stage 3 interstadial

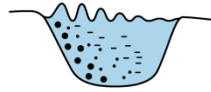


Core HL2, Last interglacial

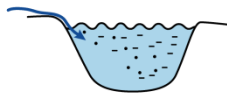


Ⓐ klastische warmzeitliche Sedimente

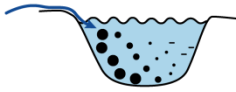
Wellenerosion



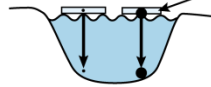
Suspension



Starkregen

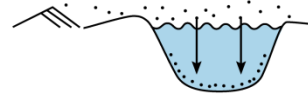


Dropstone Eis

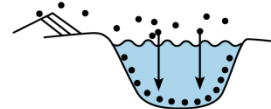


Ⓑ klastische eiszeitliche Sedimente

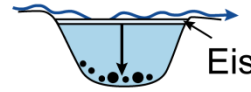
Löß



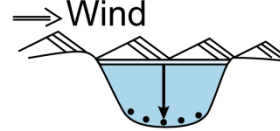
Flugsand



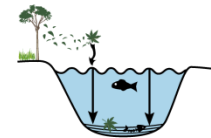
Bach über Eis



Dünen über Eis



Ⓒ biogene Sedimente



Ⓓ Umlagerung

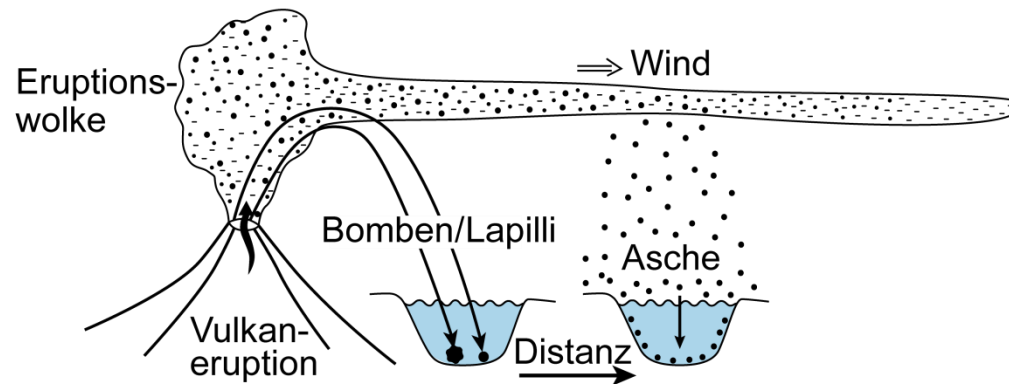
Rutschung



Turbidit

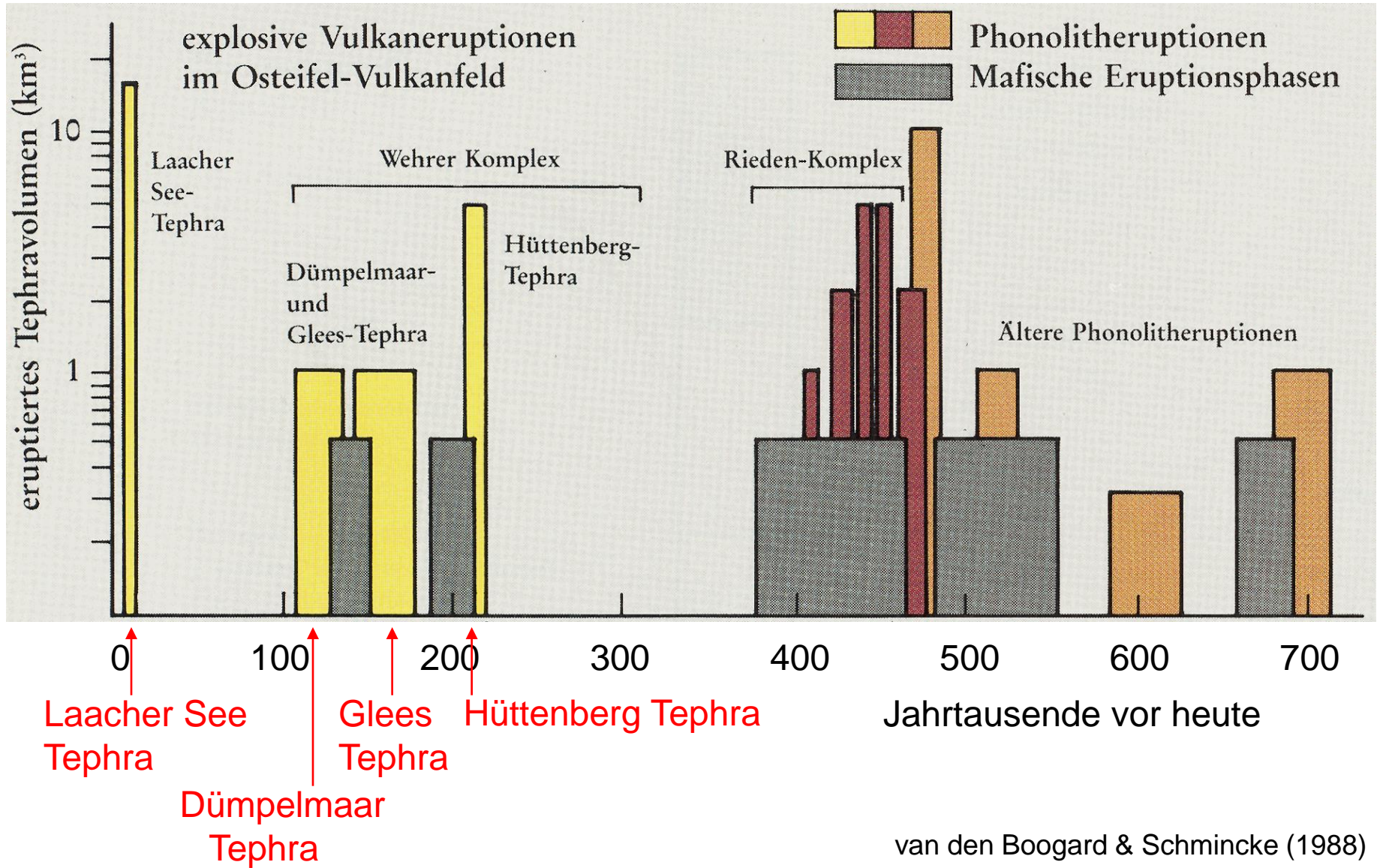


Ⓔ vulkanogene Sedimente (Tephra)

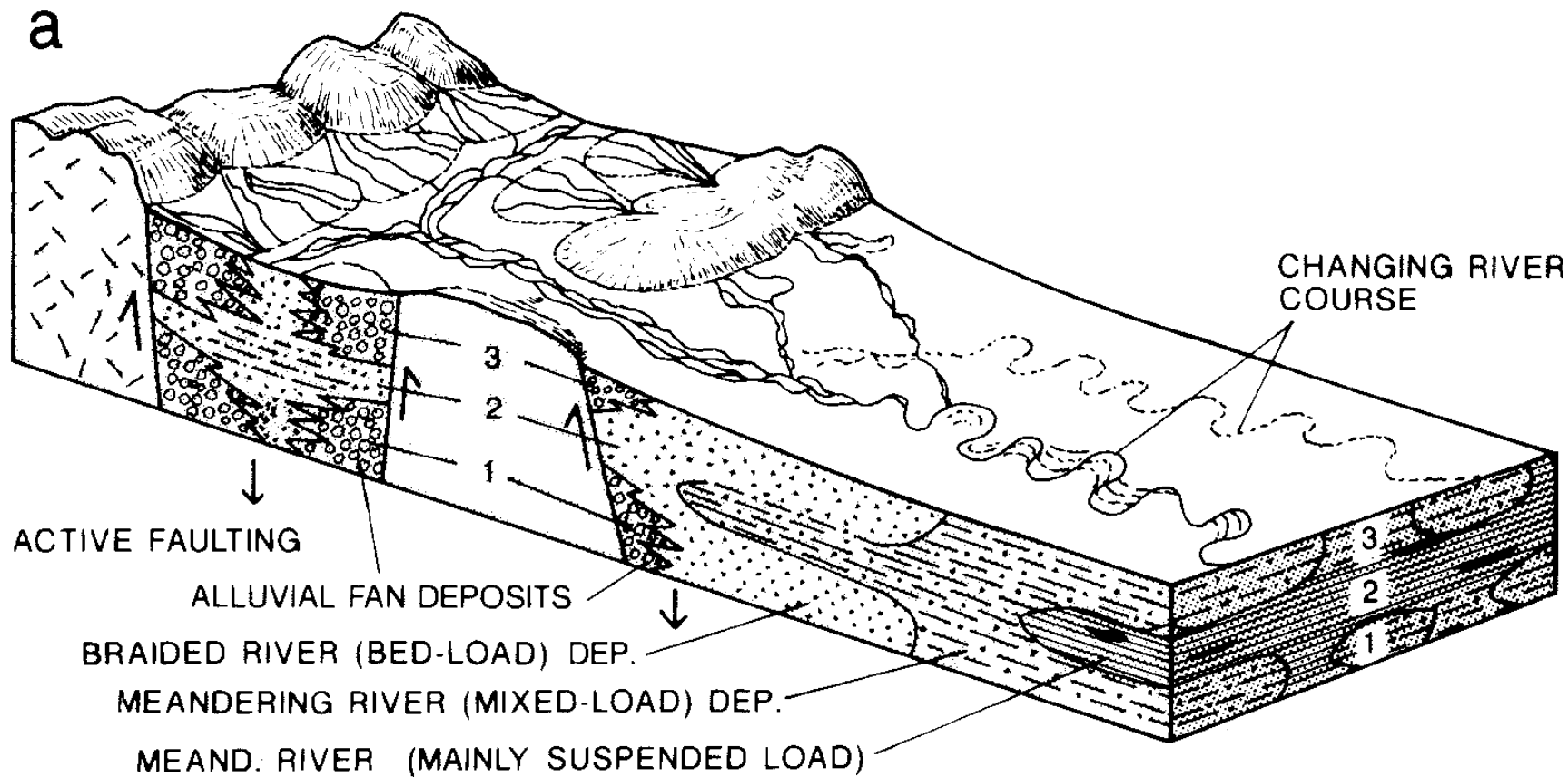


Korngrößen: • Kies • Sand • Silt - Ton

# Ar/Ar datierte Vulkanite in der Osteifel



# 3. Stunde, Fluviale Sedimente



**Fig. 2.19a,b.** Evolution (Stages 1 through 4) of depositional fluvial systems. **a** Active faulting maintains high relief during either semi-arid (Stages 1 and 3) or humid climates (Stage 2). Stages 1 and 3 are characterized by extensive alluvial fans in the montane basin, as well as braided bed-load rivers and meandering mixed-load rivers on the coastal plain. Stage 2 displays a predominance of mixed-load and suspended-load meandering rivers on the

coastal plain and fewer fan deposits. **b** Waning tectonic activity, lowered relief, and widespread vegetation (Stage 4) reduce the significance of braided streams and lead to extensive fine-grained floodplain deposits of meandering and anastomosing systems, including interchannel lake deposits and peat. Note the various vertical trends at different locations

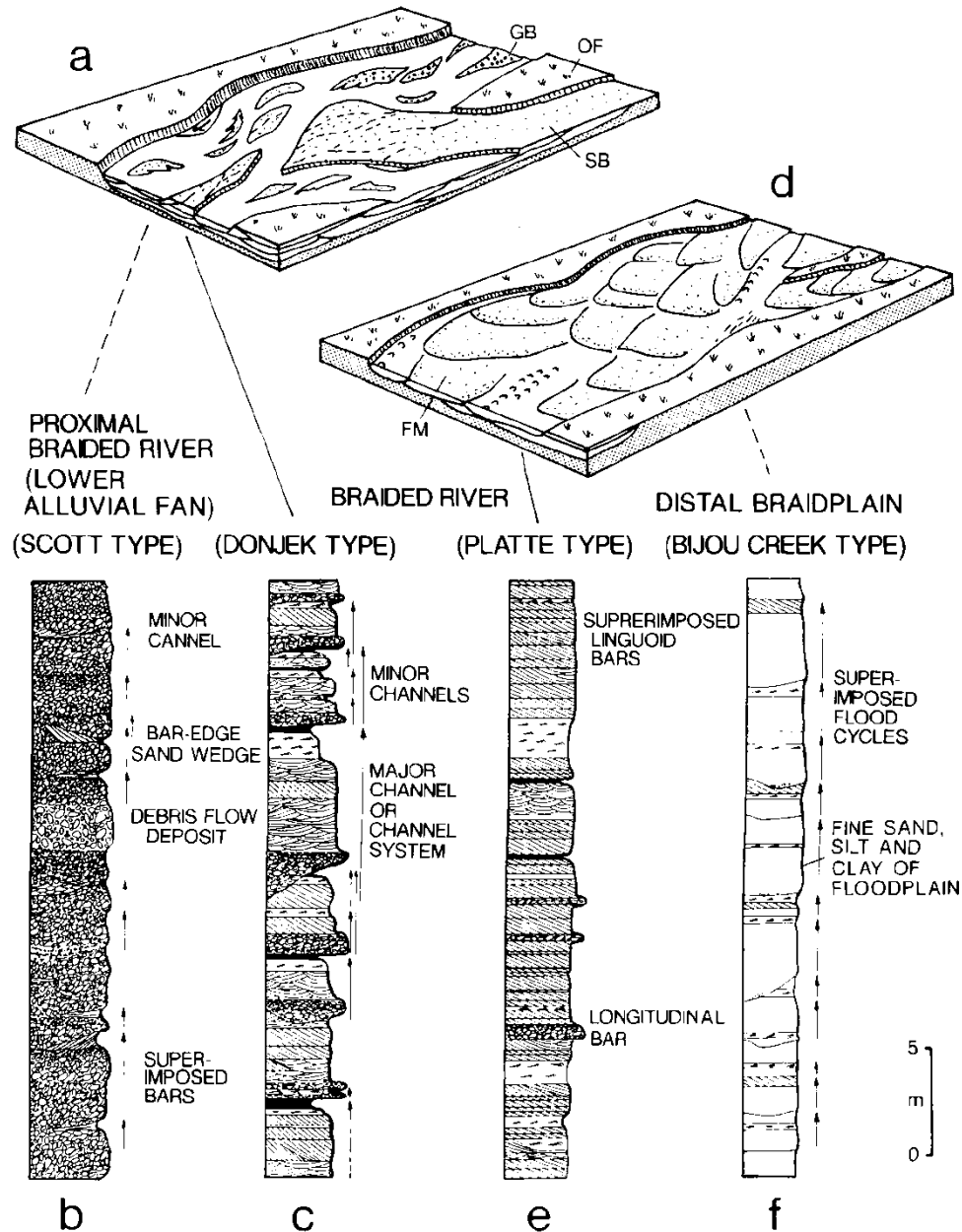


Fig. 2.15a-f. Braided river systems. a-c Proximal to middle reaches, gravel-dominated (b), or sand-dominated (c) with minor proportion of gravel. d-f Distal, sand-domi-

nated system with wide channels and flat, linguoid sand bars (d and e), or wide floodplain rarely inundated by flash floods (f). (After Miall 1985)

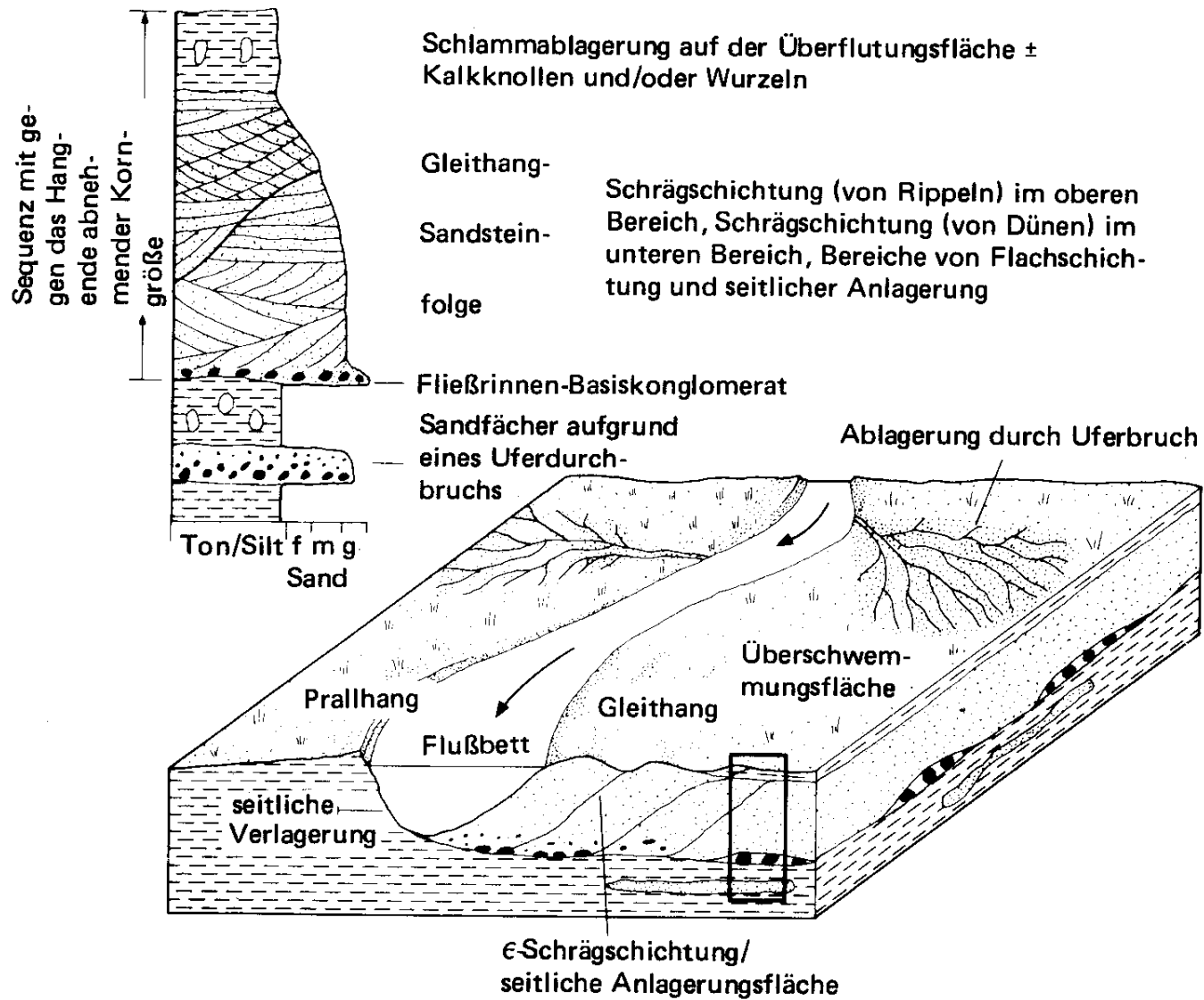
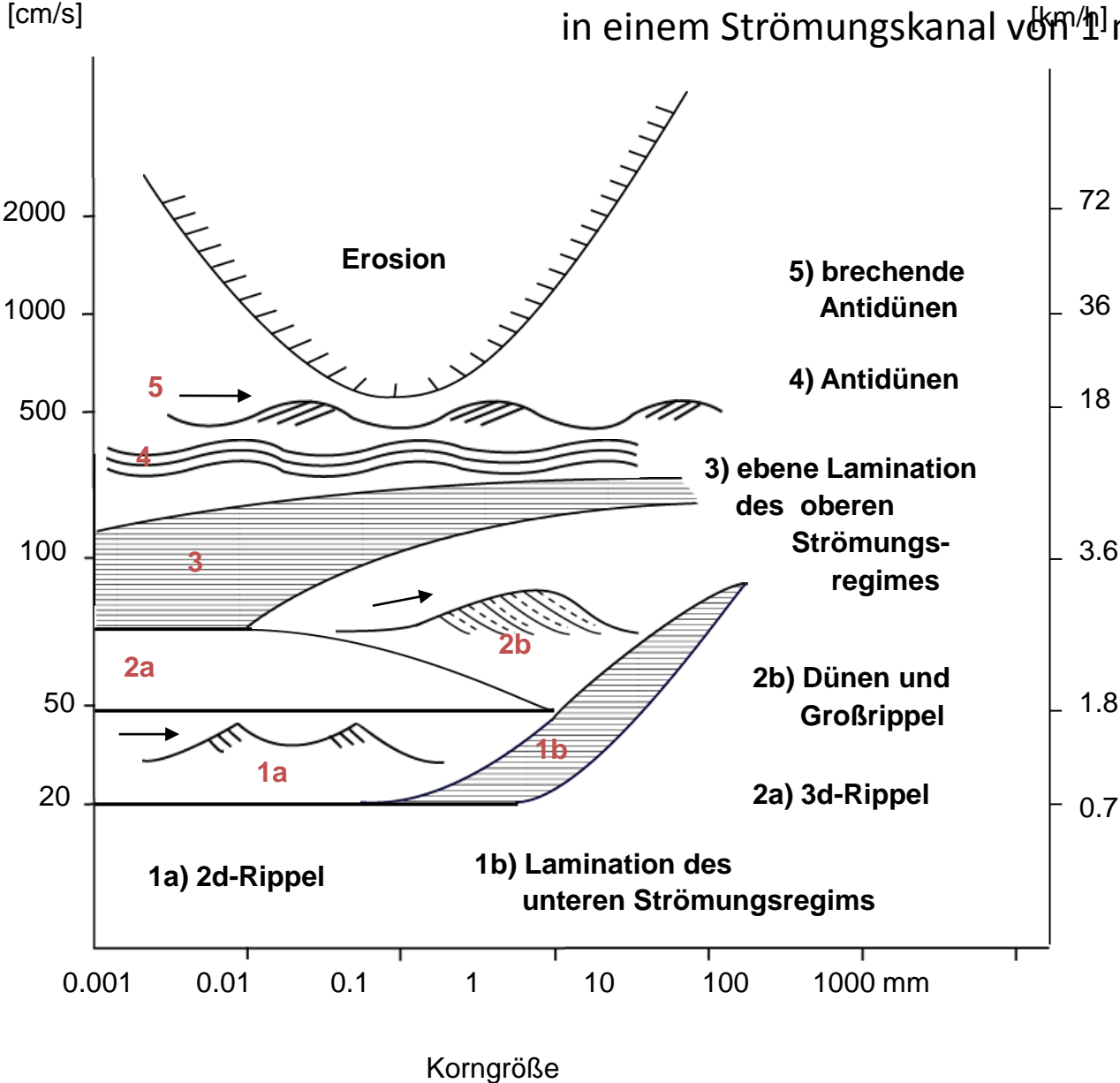


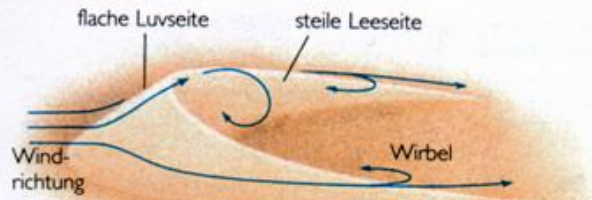
Abb. 2.53 Subfazies-Bereiche eines mäandrierenden Flusses sowie Profil einer Sedimentabfolge durch seitliche Verlagerung des Flußbettes. Fluviale Sequenzen mit gegen das Hangende abnehmender Korngröße sind ca. 2 bis 20 m mächtig

# Morphologische Strukturen an der Sedimentoberfläche in einem Strömungskanal von 1 m Tiefe

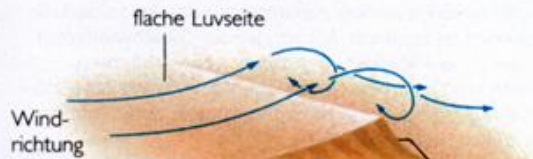




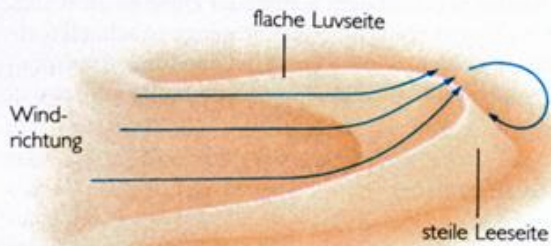
## 4. Stunde, äolische Sedimente



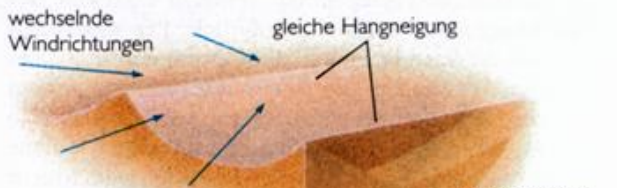
(a) Barchan (Sicheldüne)



(b) Transversaldüne (Reihendüne)



(c) Parabeldüne



(d) Longitudinaldüne (Strichdüne)

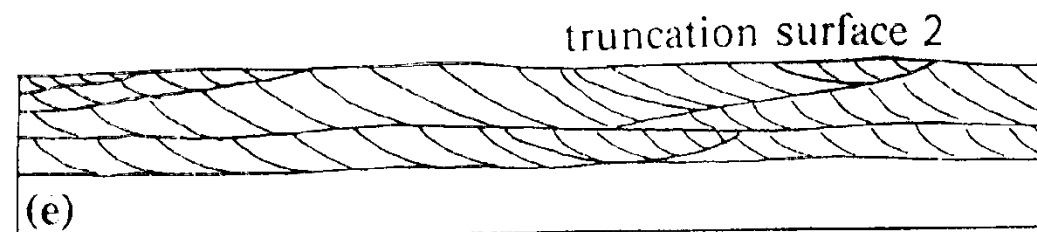
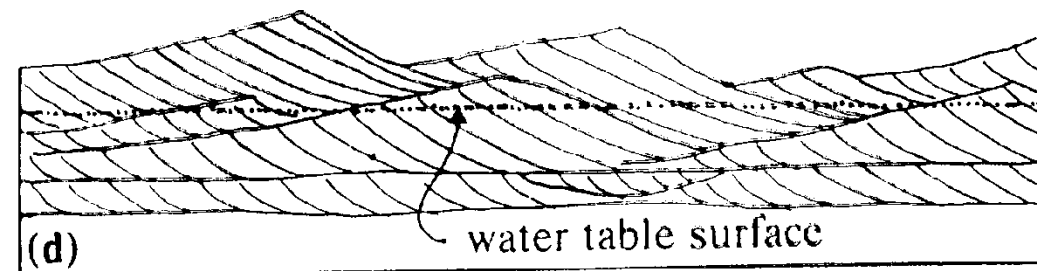
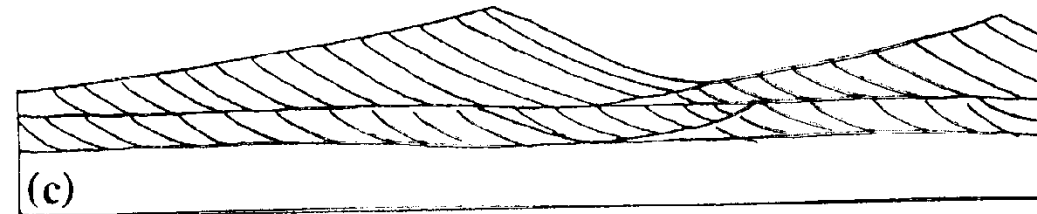
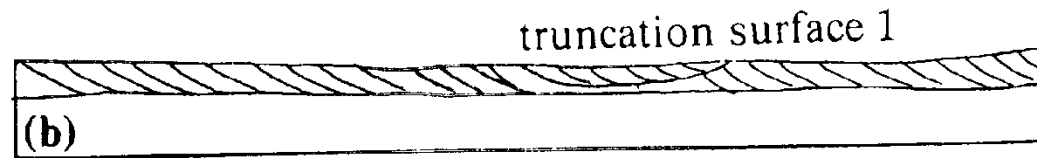
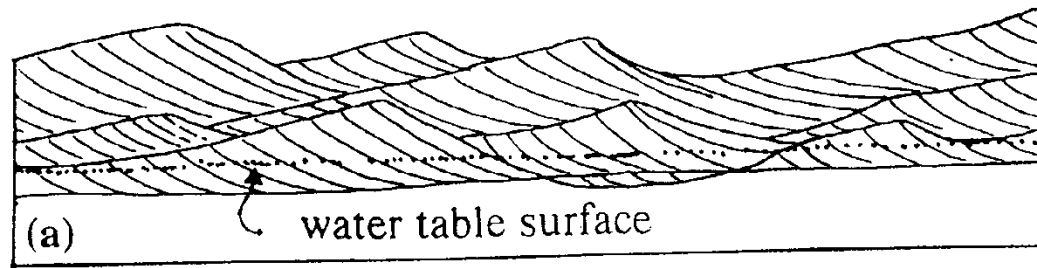
unregelmäßige  
Schrägschichtung



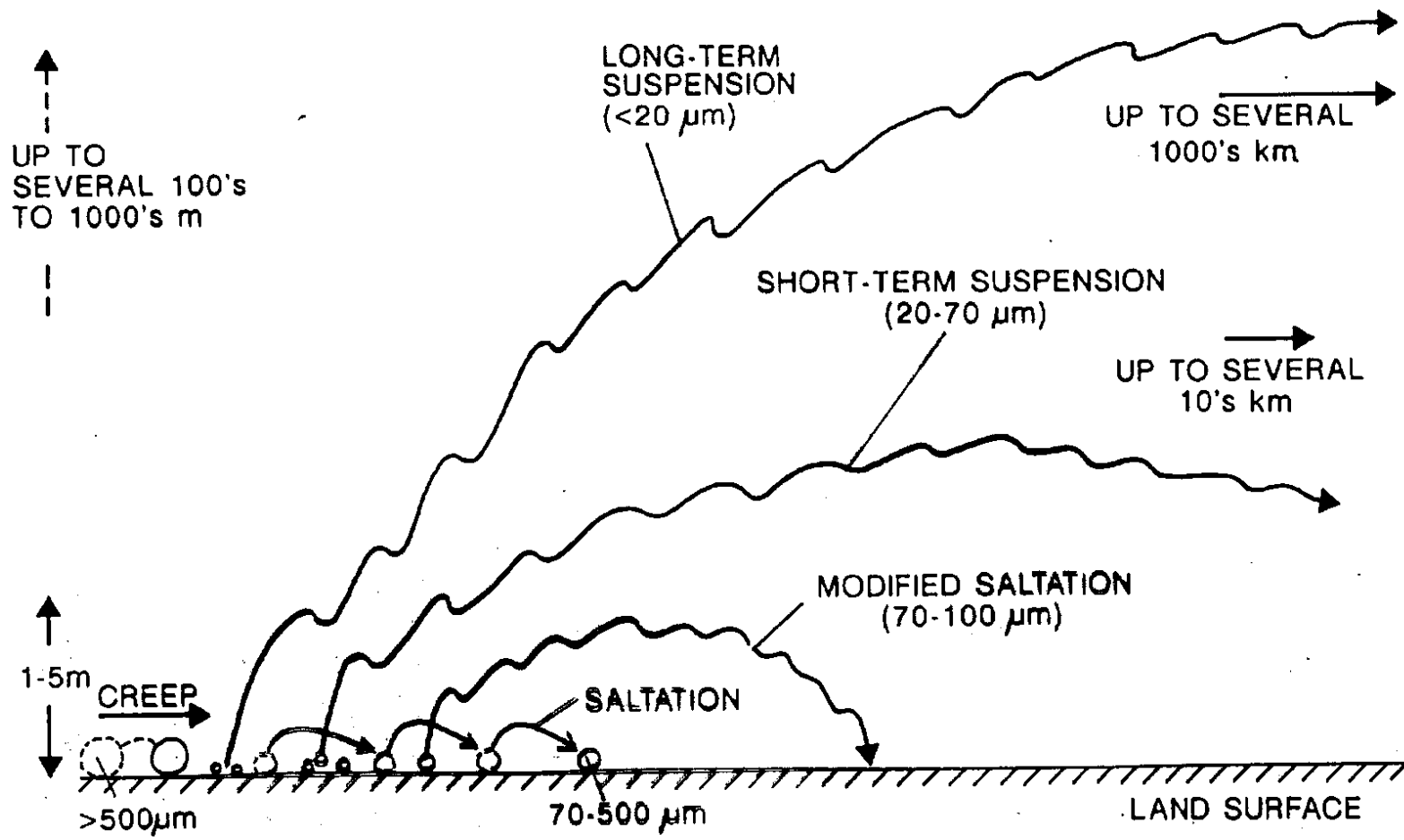
**14.14** Dünenformen und ihre Abhängigkeit von den vorherrschenden Windrichtungen. Barchane (a) sind Einzeldünen

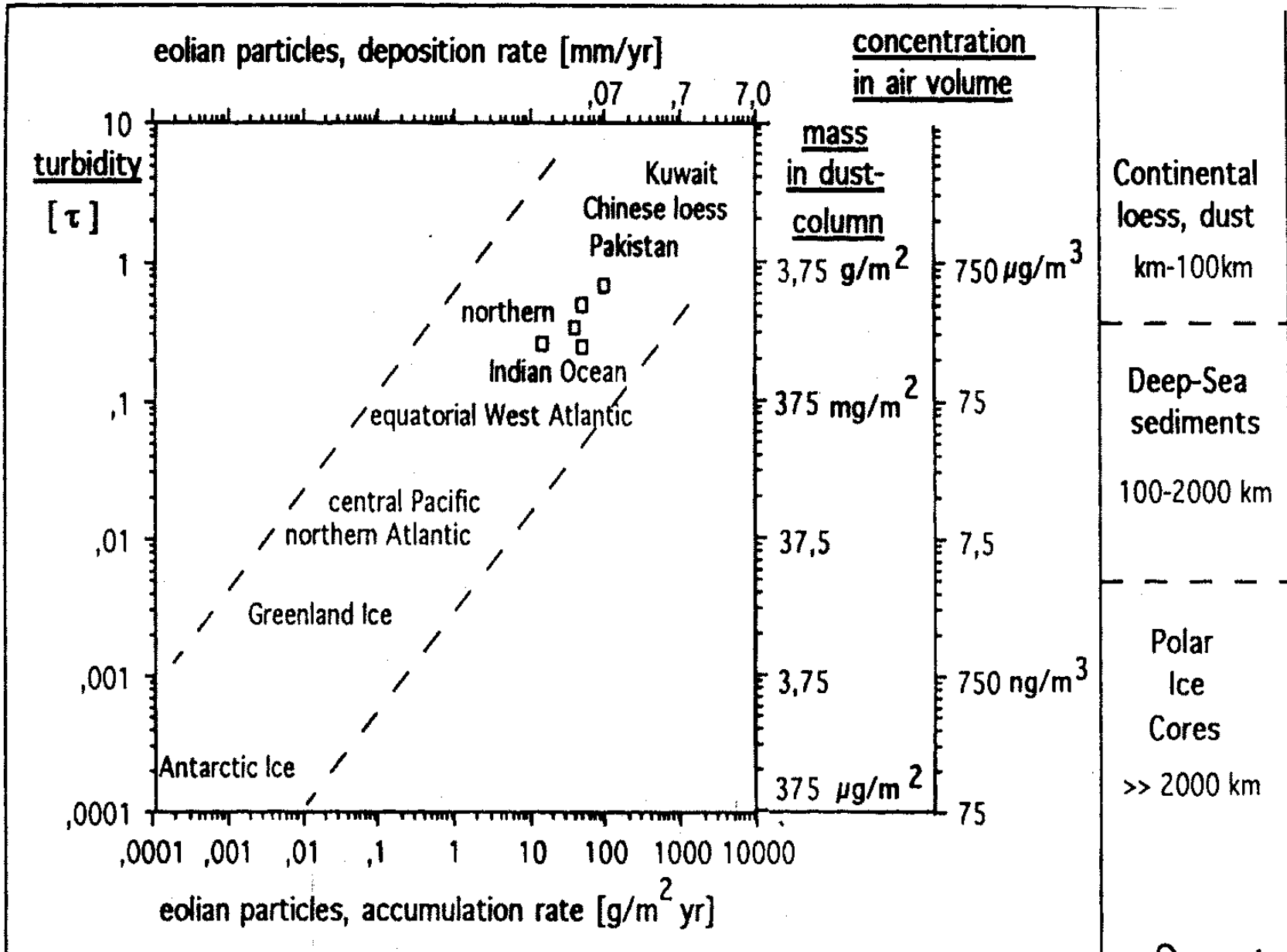
sind gewissermaßen umgedrehte Barchane, deren konvexe Seite leewärts ausgerichtet ist – im Gegensatz zur konvexen

# Interne Struktur einer Düne -Erosionswirkung und Sedimentation



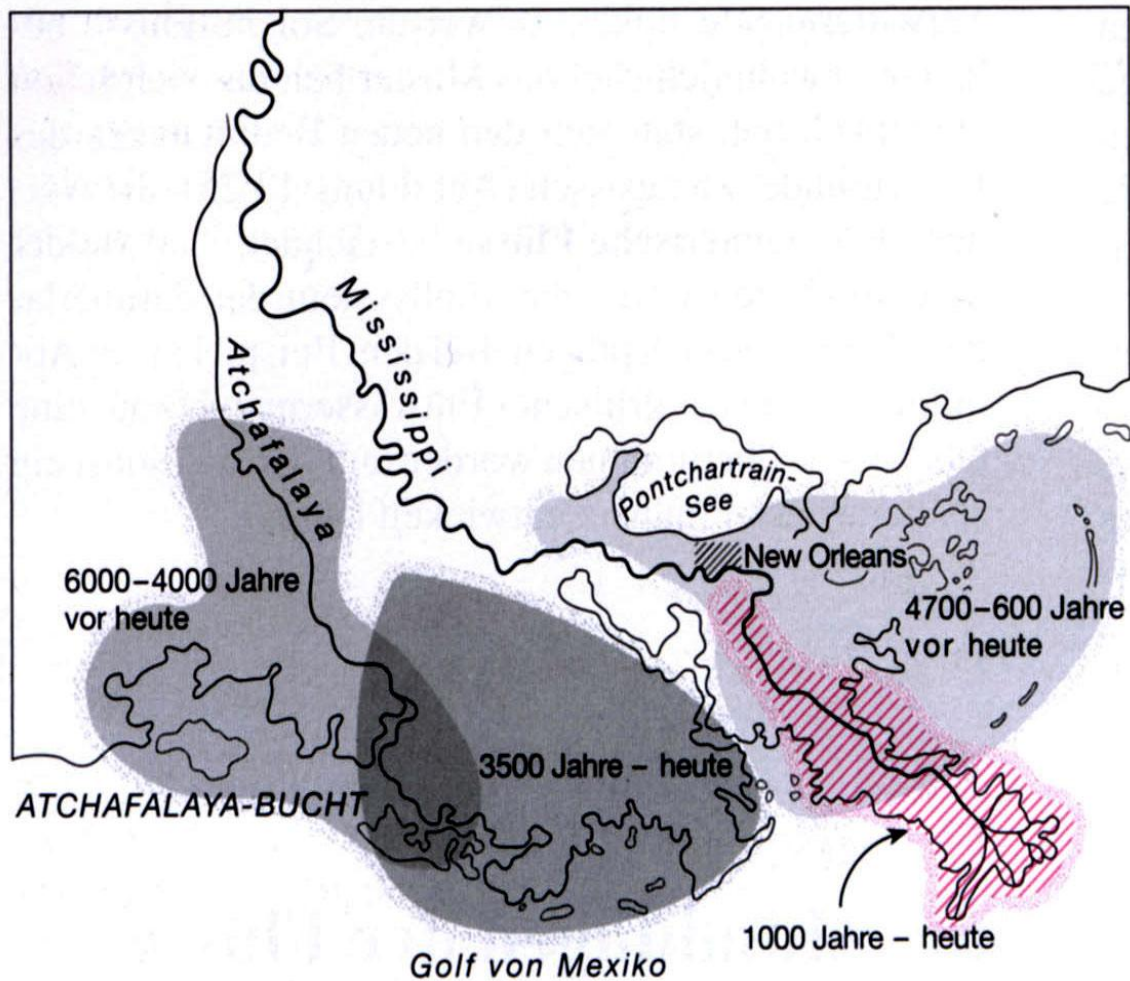
# Transportmechanismen



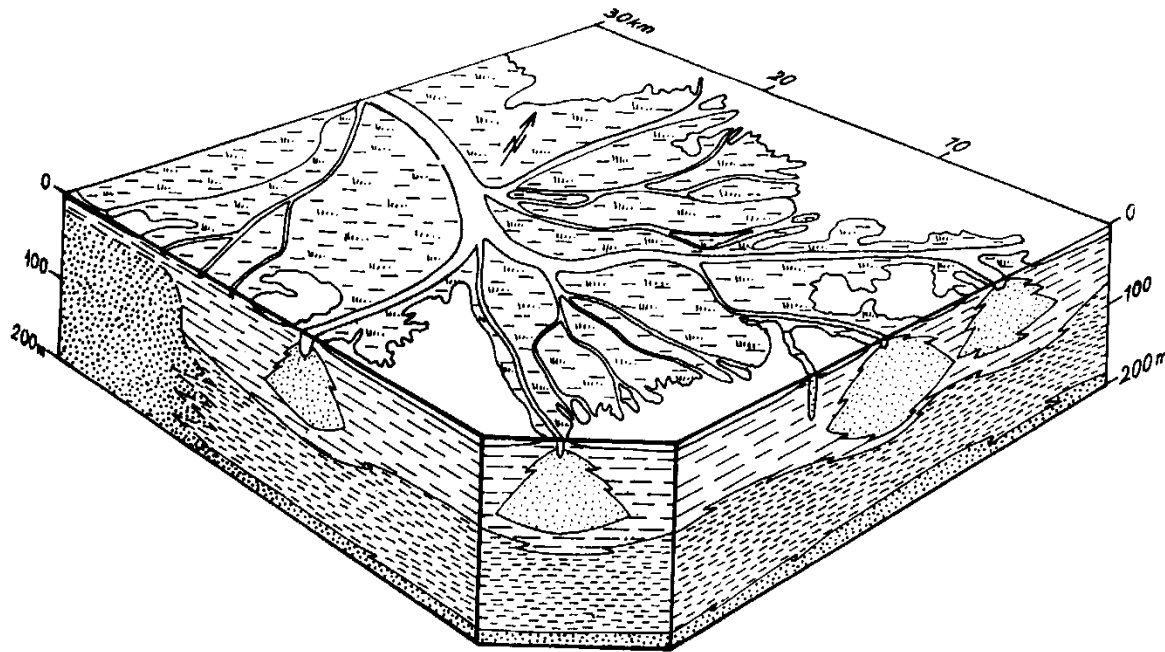


# 5. Stunde, marine Sedimente

## Schelf, Küste

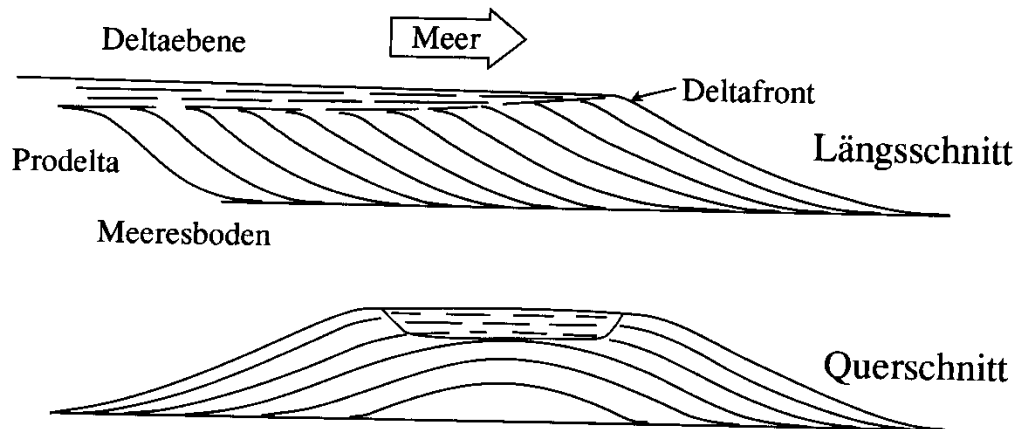


**13.28** Das Mississippi-Delta. In den vergangenen 6000 Jahren baute der Fluß sein Delta erst in einer Richtung und dann, als die Strömung sich von einem großen Deltaarm in einen anderen verlagerte, in eine neue Richtung vor. Dem heutigen Delta waren Deltas im Osten und Westen vorausgegangen.



**Abb. 5.31**

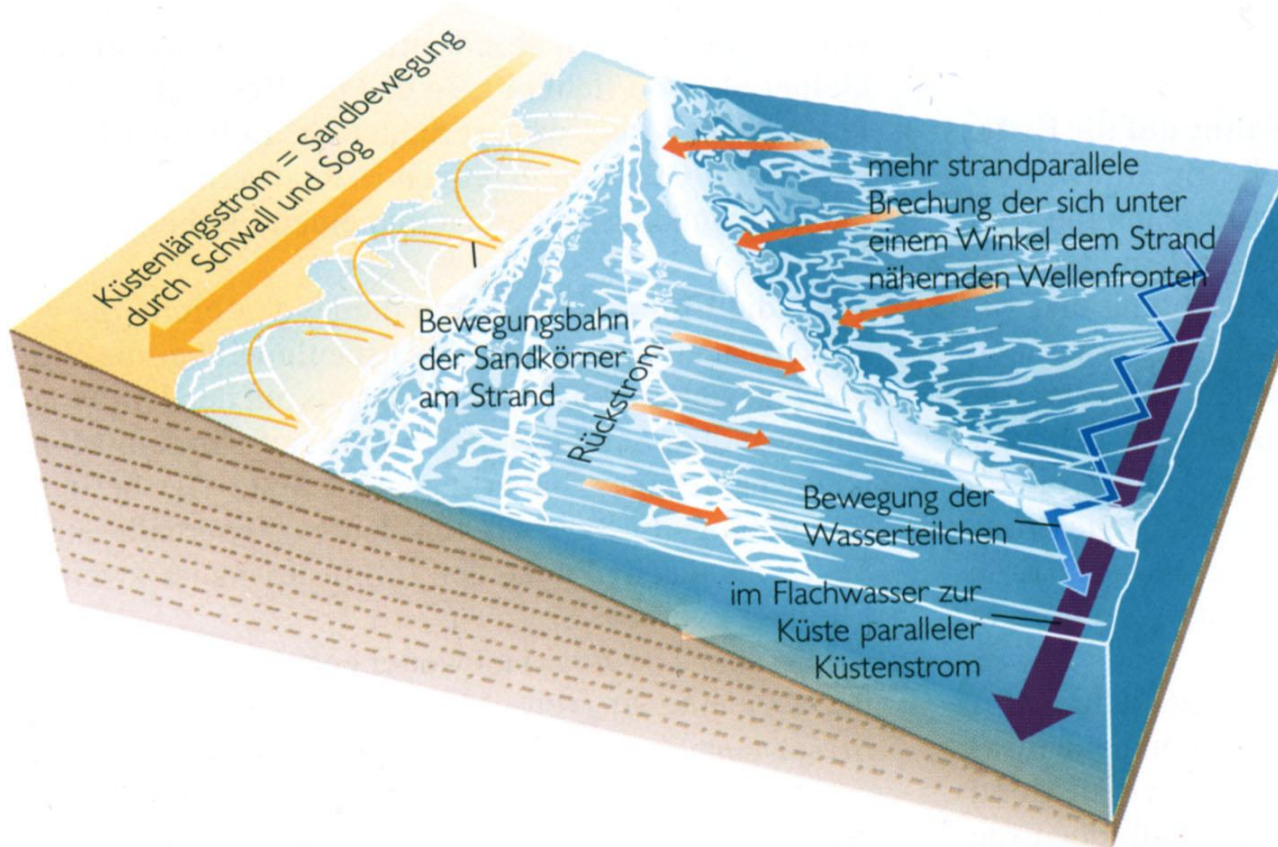
a) Blockdiagramm des heutigen „Vogelfußdeltas“ des Mississippi (nach Fisk et al., 1954). Signaturen: Weit-punktiert, Sand; weit-gestrichelt, Ton; eng-gestrichelt und eng-gestrichelt, älteres Delta.



b) Gliederung eines Deltas in Deltaebene, Deltafront und Prodelta. Insbesondere die Schichten des Prodeltas sind beckenwärts geneigt.

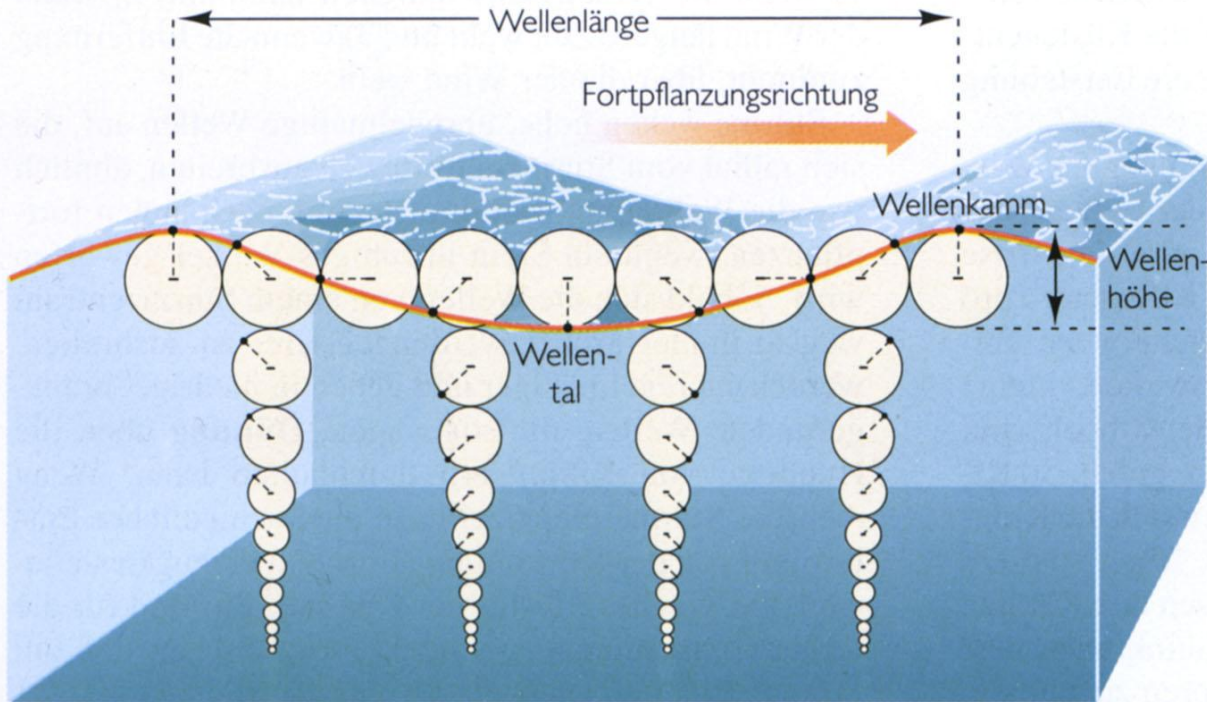


# Strömungsrichtungen



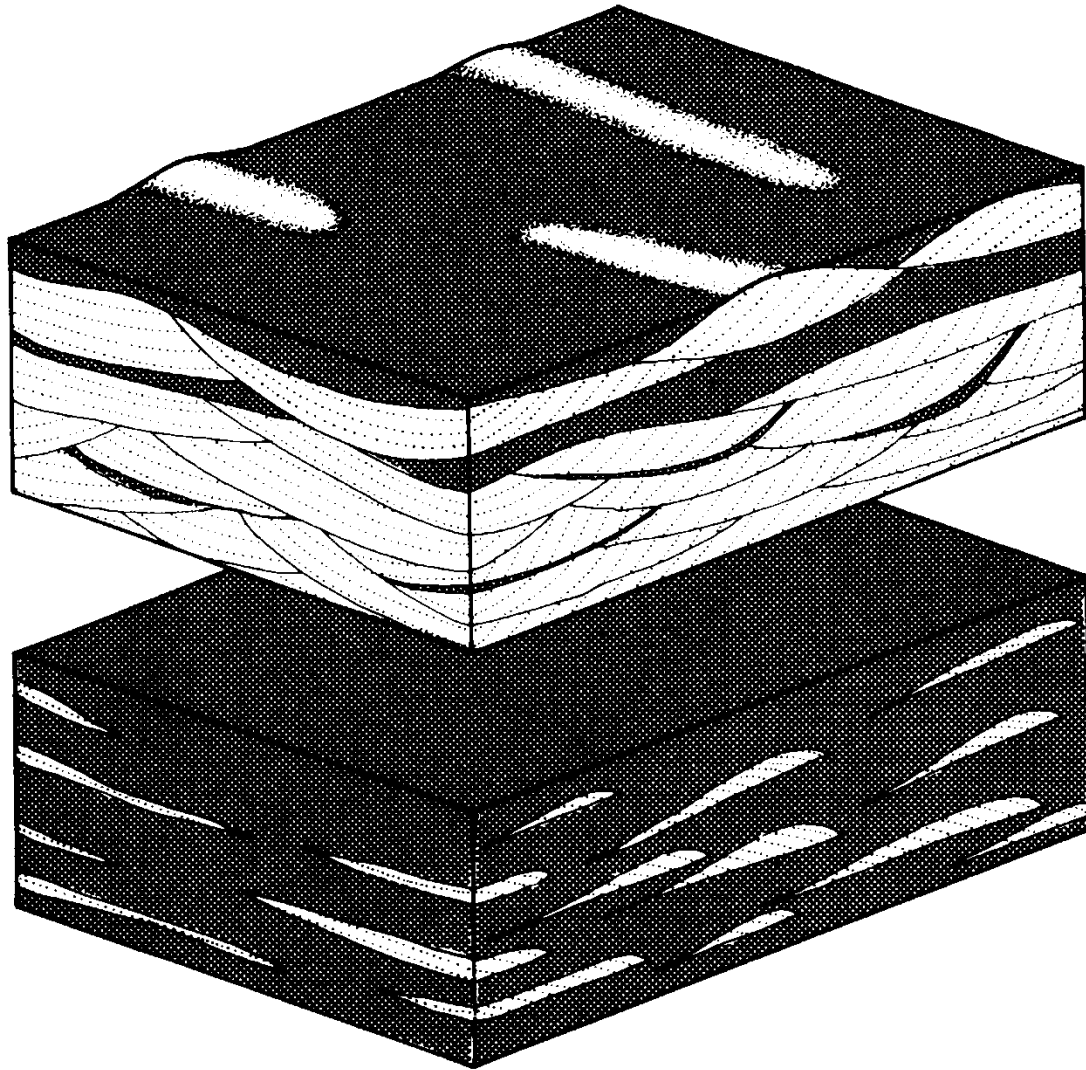
**17.7** Küstenversetzung ergibt sich aus den zickzackähnlichen Bewegungen von Sandkörnern, die von Wellen, die unter einem Winkel auf den Strand auflaufen, angespült werden. Im Flachwasser bilden sich dadurch außerdem Küstenströmungen.

# Wellenwirktiefe: Etwa 5x Wellenhöhe



**17.3** Die basisnahen Bereiche einer Welle und die Kreisbewegung der Wasserteilchen unter einer Welle, die sich vorwärts bewegt. Man beachte, daß der Radius der Kreisbahnen mit der Tiefe abnimmt.

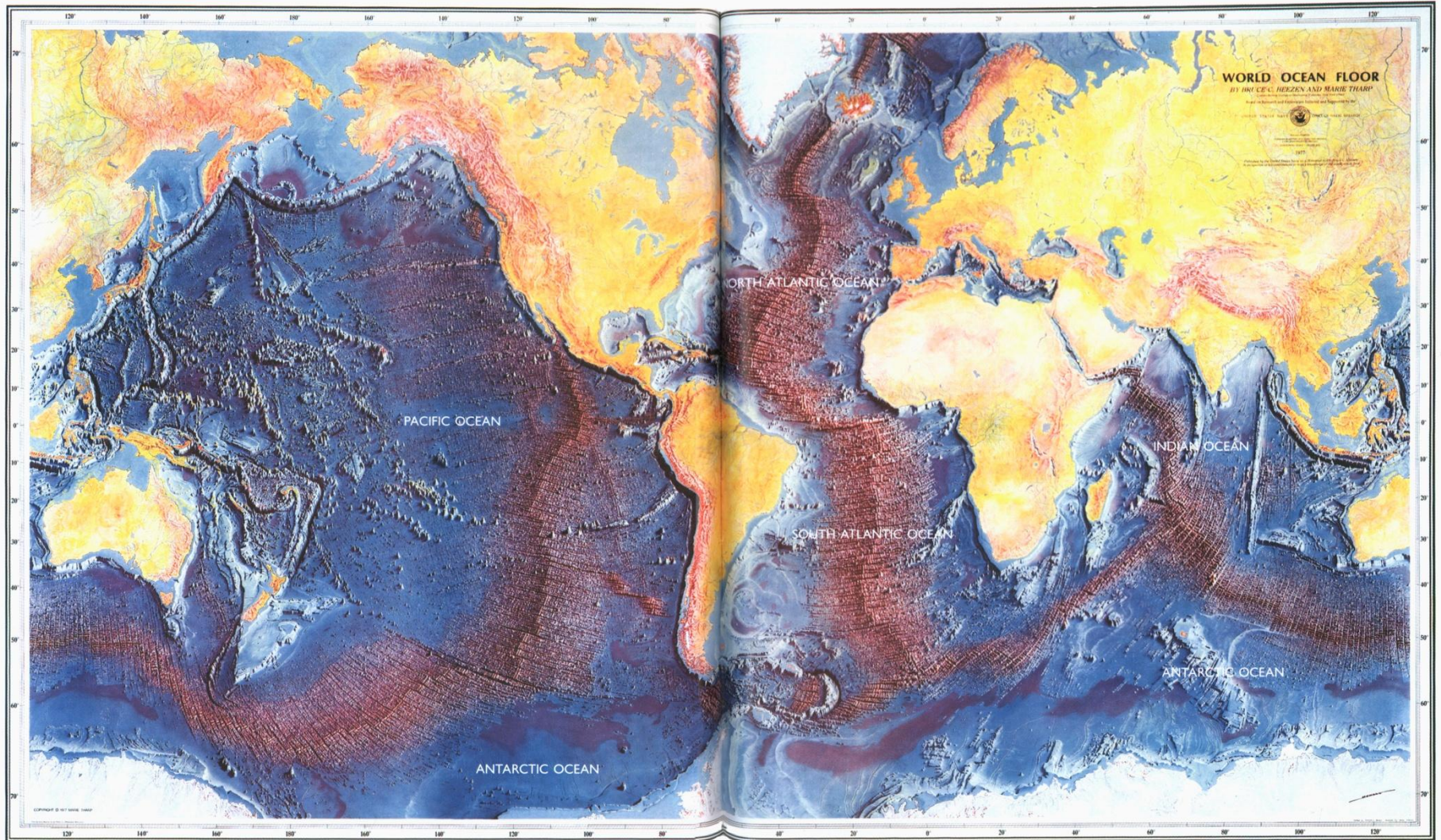
# Flaserschichtung



sis und Silt und Ton im oberen Bereich. Oberkarbon, Devon, England

*Abb. 2.23* Flaserschichtung (oben) und Linsenschichtung (unten)

# World Ocean Floor



7.26 Die Karte der Ozeanböden der Erde zeigt die Lage der mittelozeanischen Rücken, Tiefseerinnen und Transformstörungen, die jeweils die einzelnen Lithosphärenplatten begrenzen. Der Atlantische Ozean wird vom Mittelatlantischen Rücken beherrscht, der den Ozean von Norden nach

Süden durchzieht. Der östliche Pazifik zeigt deutlich den Ostpazifischen Rücken, ebenso die Atacama-Tiefseerinne (schwarzer Streifen vor der Westküste Südamerikas). Der westliche Pazifik ist der Bereich zahlreicher Tiefseerinnen, die Subduktionszonen zwischen verschiedenen ozeanischen

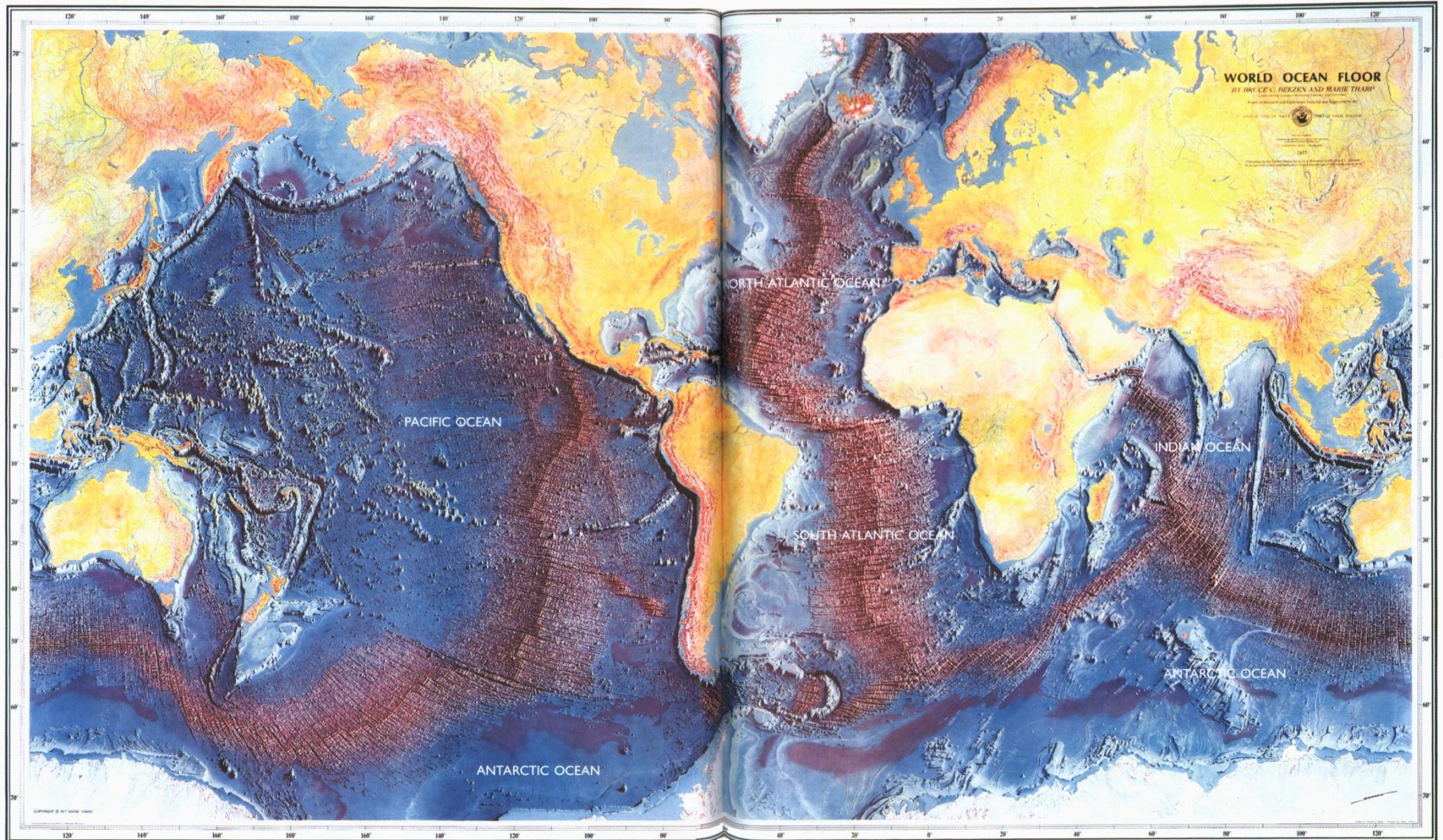
Lithosphärenplatten kennzeichnen. Der Indische Ozean wird von zwei mittelozeanischen Rücken durchzogen, dem Carlsberg-Rücken und dem Zentralindischen Rücken, die den antarktischen Kontinent begrenzen. (World Ocean Floor, ba-

sierend auf Tiefseeforschungen von Bruce C. Heezen und Marie Tharp. Zeichnung von Heinrich C. Berann. Copyright © Marie Tharp, 1977.)



# 6. Stunde, marine Sedimente Tiefsee

# World Ocean Floor

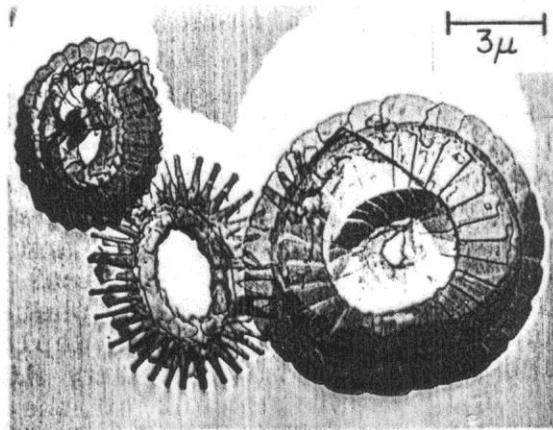


7.26 Die Karte der Ozeanböden der Erde zeigt die Lage der mittelozeanischen Rücken, Tiefseerinnen und Transformstörungen, die jeweils die einzelnen Lithosphärenplatten begrenzen. Der Atlantische Ozean wird vom Mittelatlantischen Rücken beherrscht, der den Ozean von Norden nach

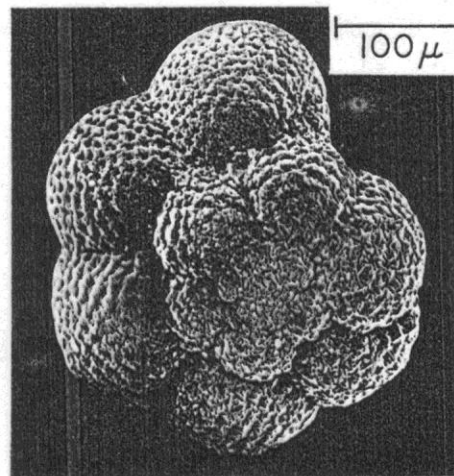
Süden durchzieht. Der östliche Pazifik zeigt deutlich den Ostpazifischen Rücken, ebenso die Atacama-Tiefseerinne (schwarzer Streifen vor der Westküste Südamerikas). Der westliche Pazifik ist der Bereich zahlreicher Tiefseerinnen, die Subduktionszonen zwischen verschiedenen ozeanischen

Lithosphärenplatten kennzeichnen. Der Indische Ozean wird von zwei mittelozeanischen Rücken durchzogen, dem Carlsberg-Rücken und dem Zentralindischen Rücken, die den antarktischen Kontinent begrenzen. (World Ocean Floor, ba-

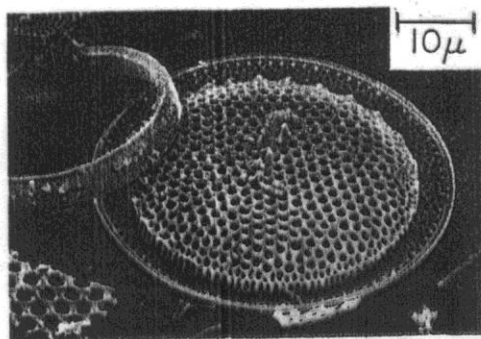
sierend auf Tiefseeforschungen von Bruce C. Heezen und Marie Tharp. Zeichnung von Heinrich C. Berann. Copyright © Marie Tharp, 1977.)



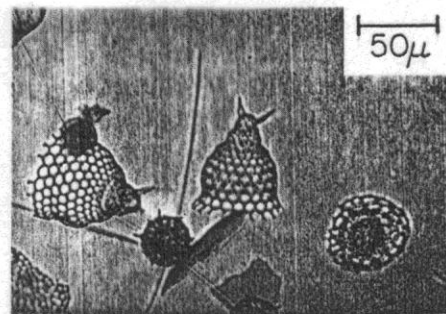
(a)



(b)



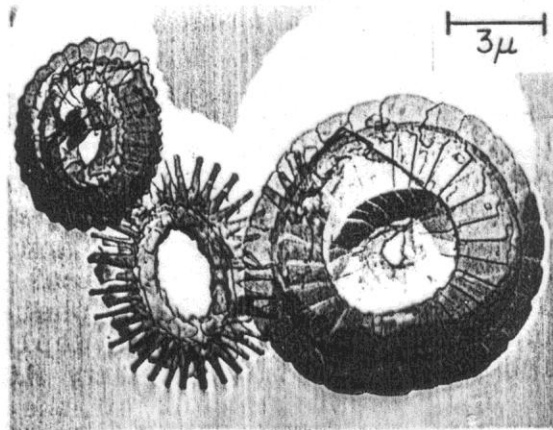
(c)



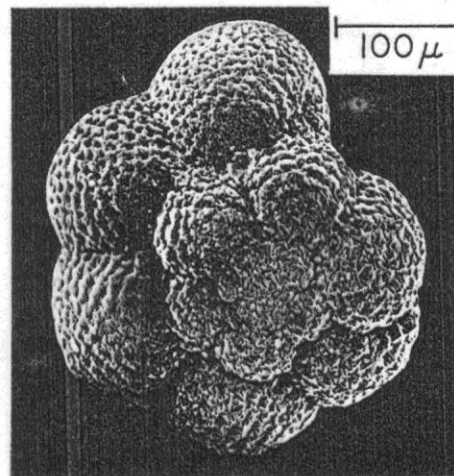
(d)

Figure 1-3. Photographs of hard parts produced by (a) coccolithophorida, (b) foraminifera, (c) diatoms, and (d) radiolarians.

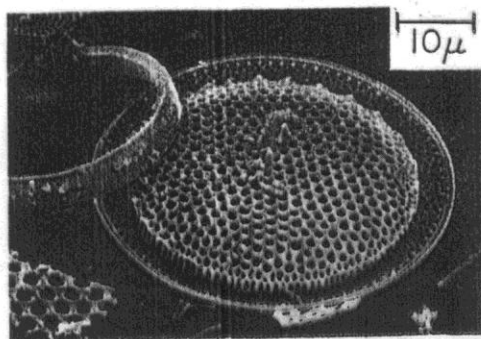




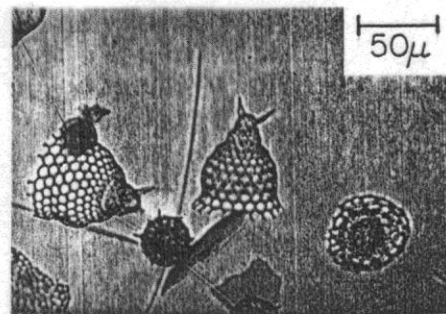
(a)



(b)



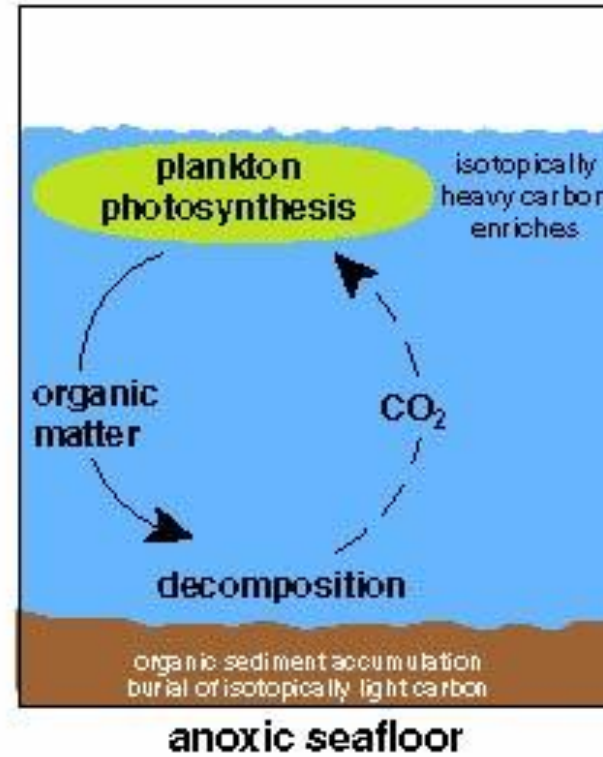
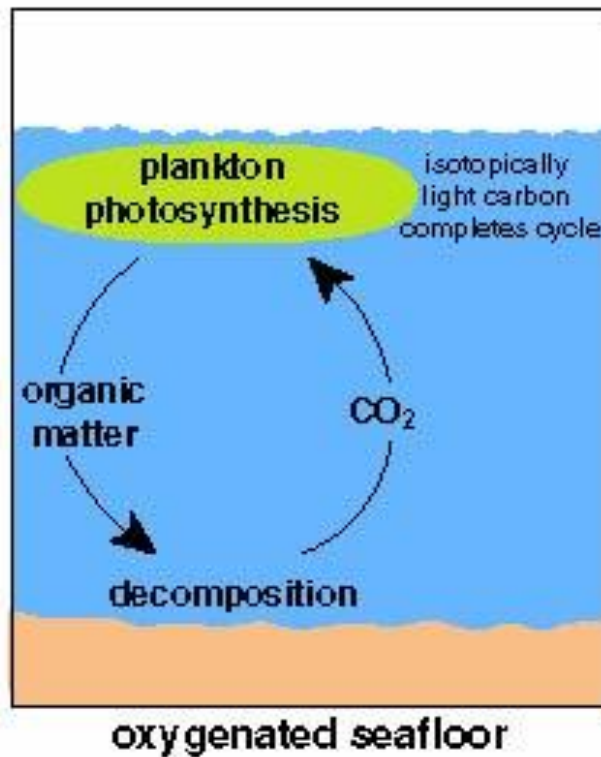
(c)



(d)

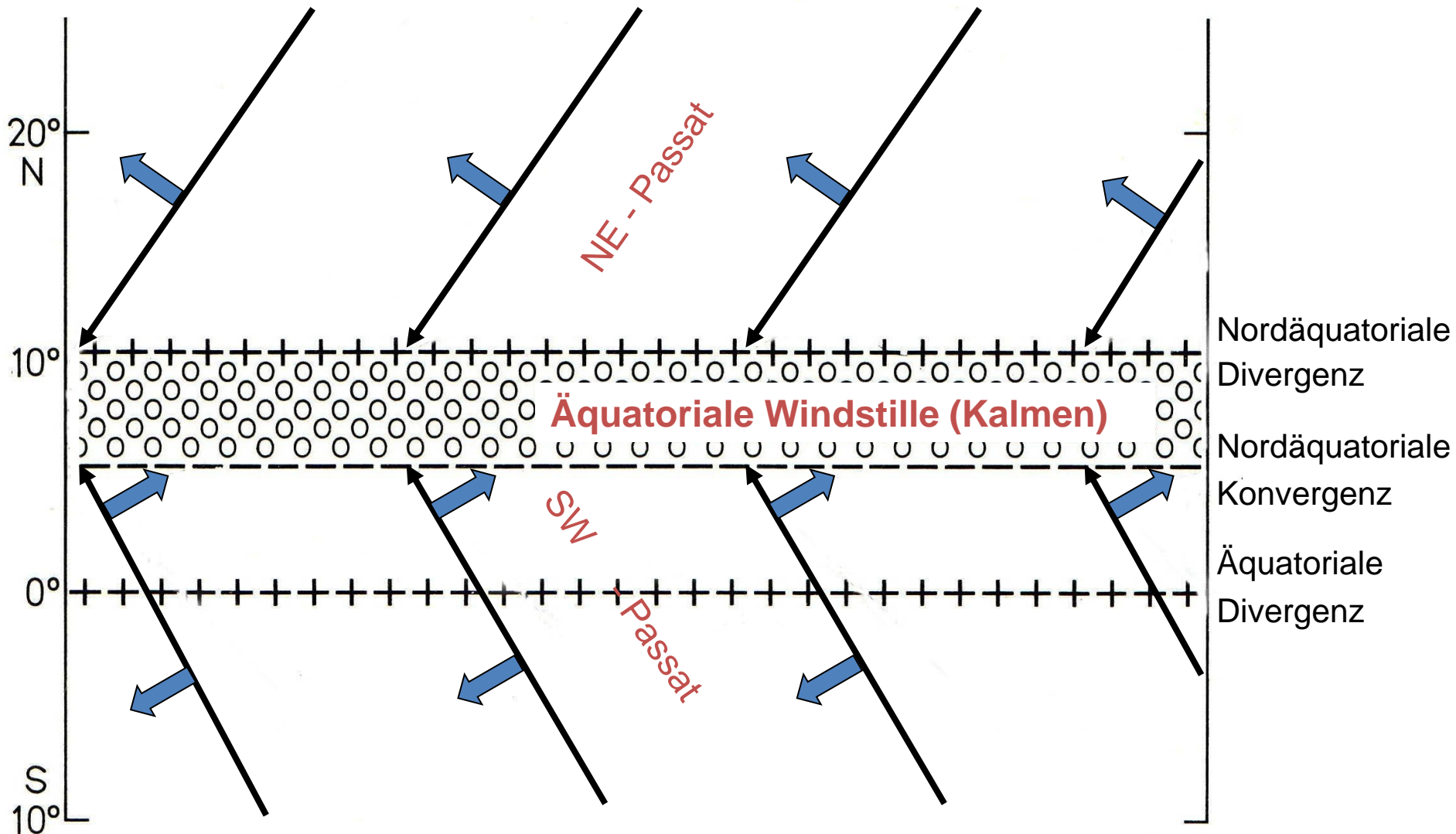
Figure 1-3. Photographs of hard parts produced by (a) coccolithophorida, (b) foraminifera, (c) diatoms, and (d) radiolarians.

Biogener organischer  
Kohlenstoff ist reich an  $^{12}\text{C}$



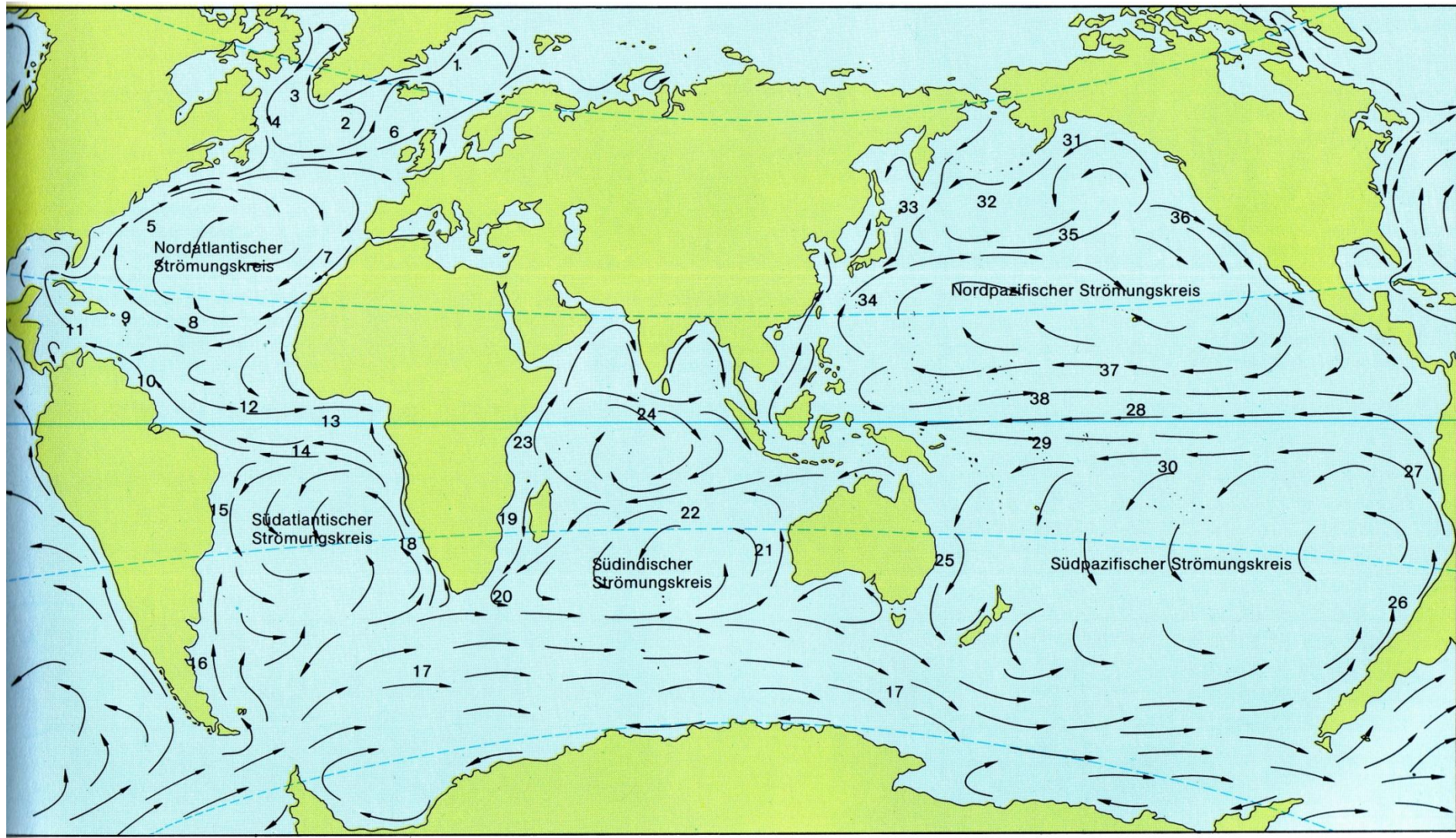
Remineralisation (gilt auch für alle anderen Elemente)

# Divergenzzonen



 **Wassertransport des Triftstromes**

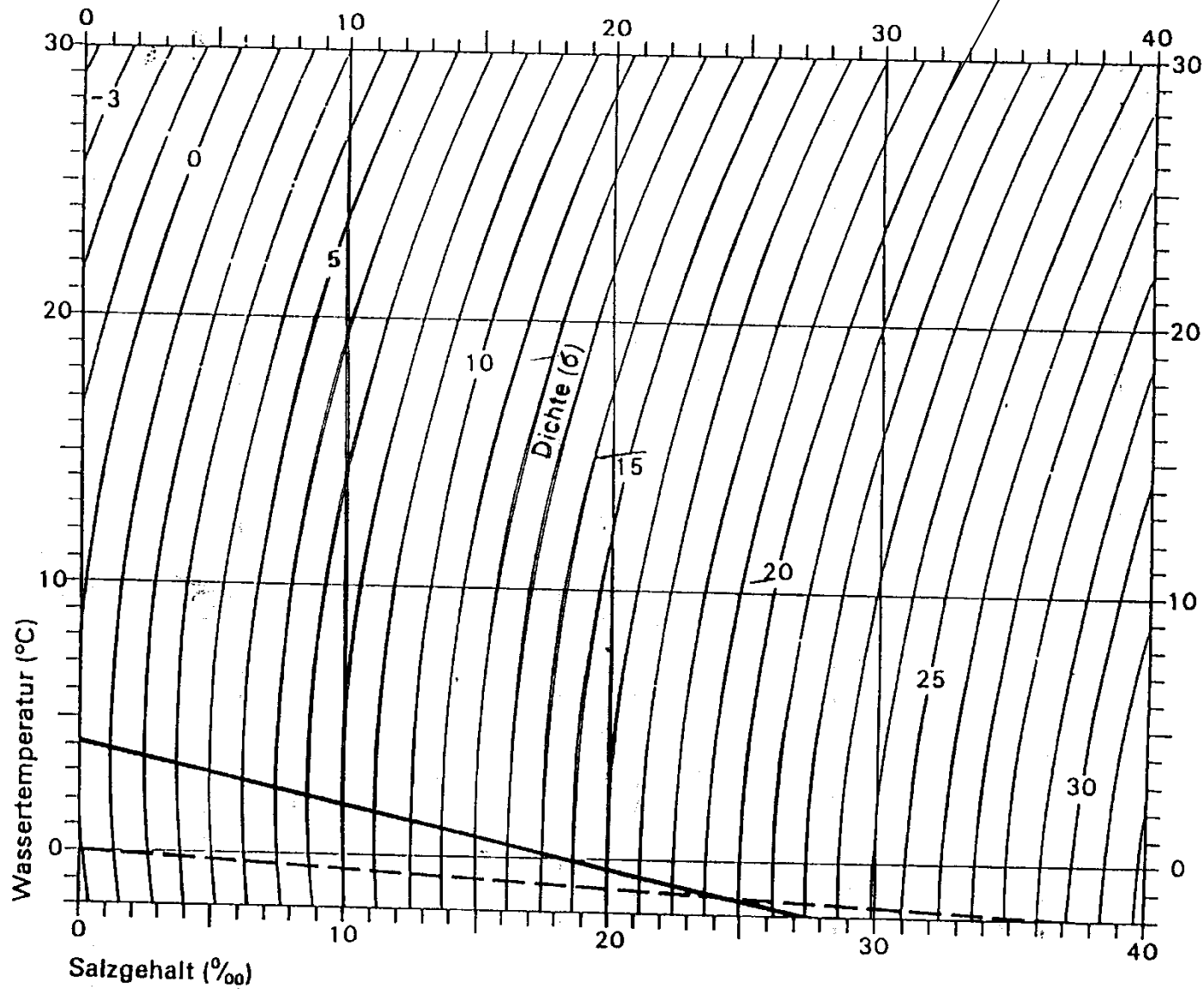
Nach Neumann (1968)  
in: Dietrich et al (1975) S. 459



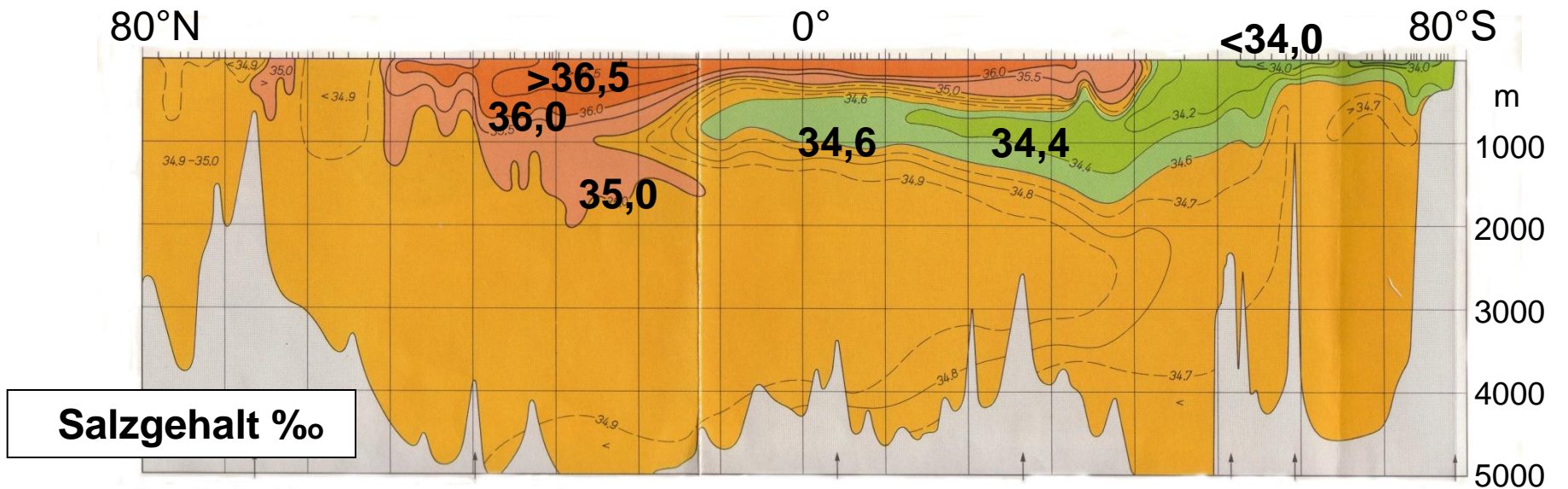
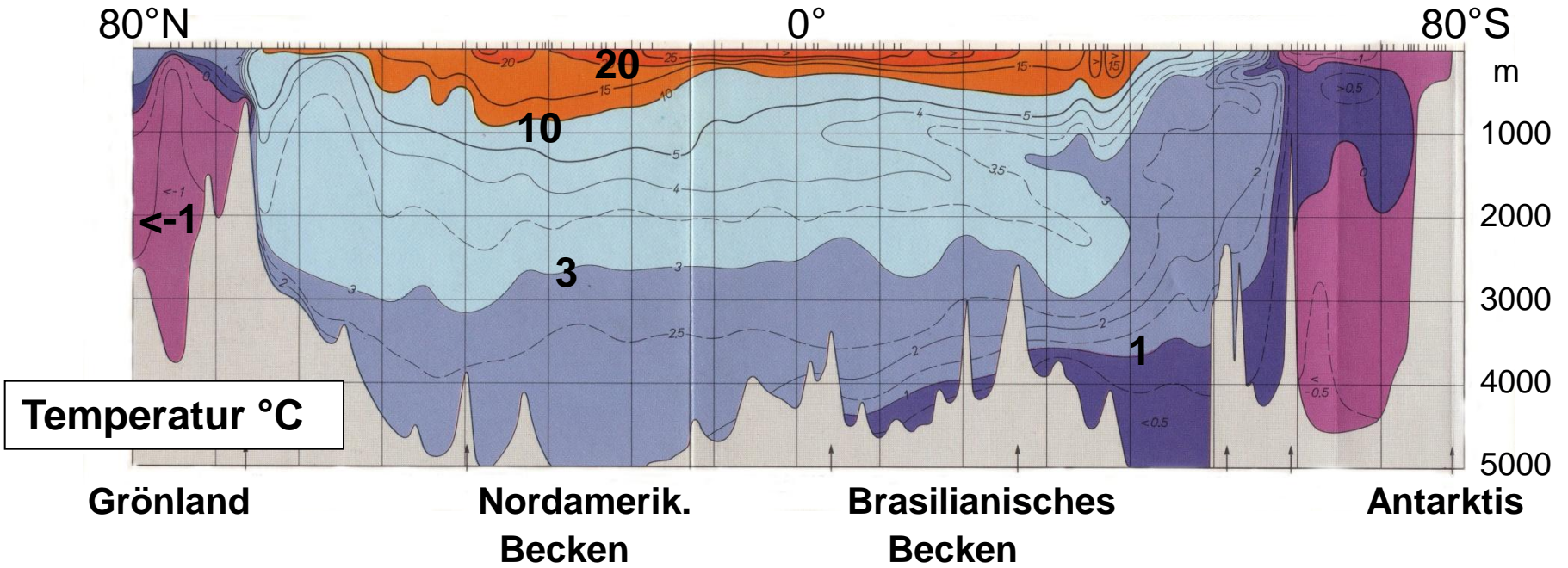
Dichte von 1 l Wasser: 1020 g/ccm

Abbildung 7  
Dichte des  
Meerwassers  
[in  $\sigma = (\rho - 1) \cdot 1000$ ]  
in Abhängigkeit von  
Temperatur und  
Salzgehalt  
(nach DIETRICH u. a.  
1975)

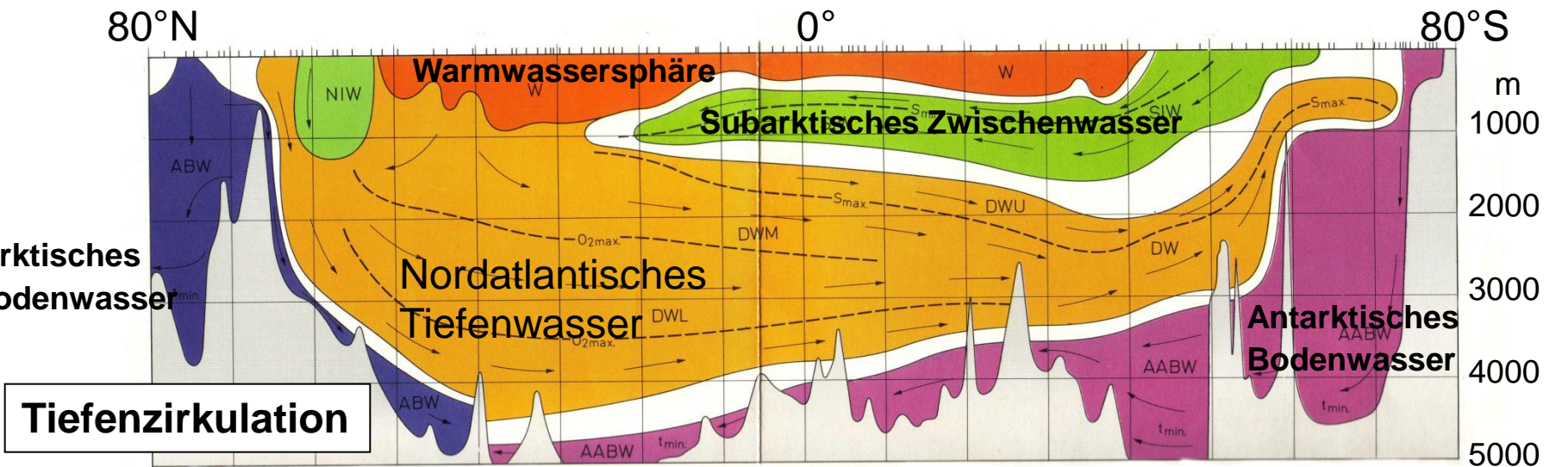
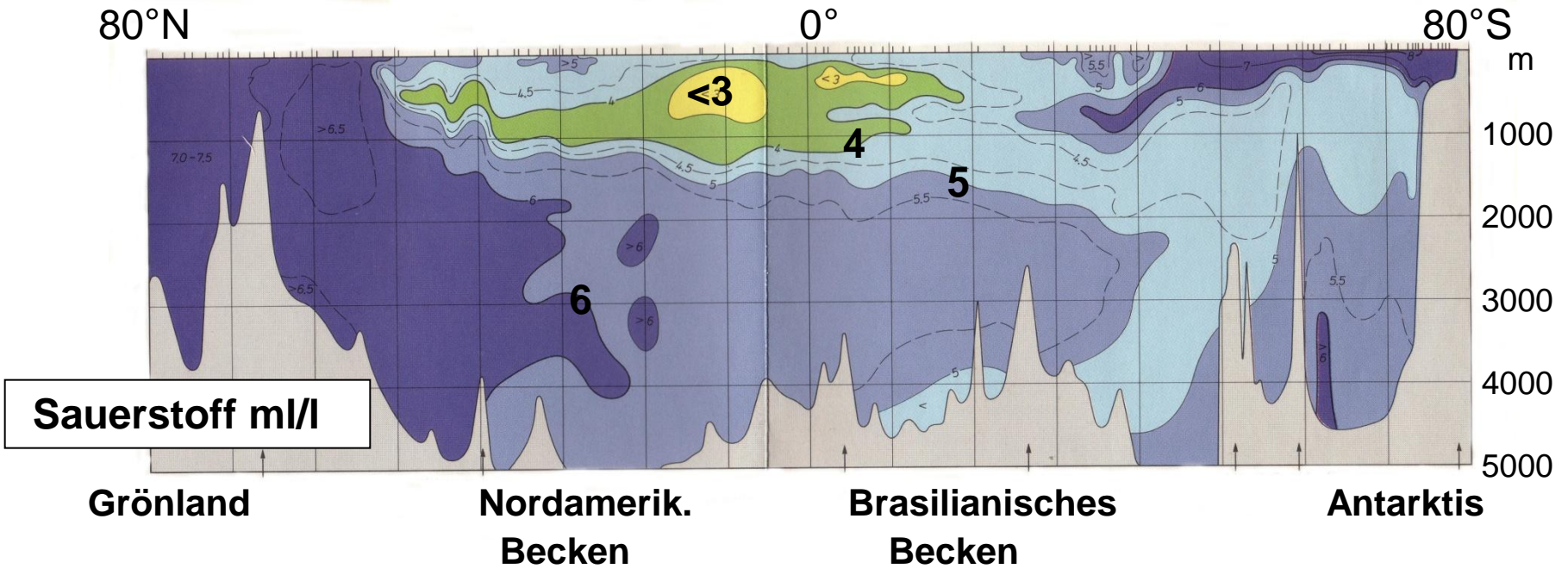
- Dichte-  
maximum
- - - Gefrierpunkt



# Längsschnitt durch den Atlantischen Ozean auf der Westseite

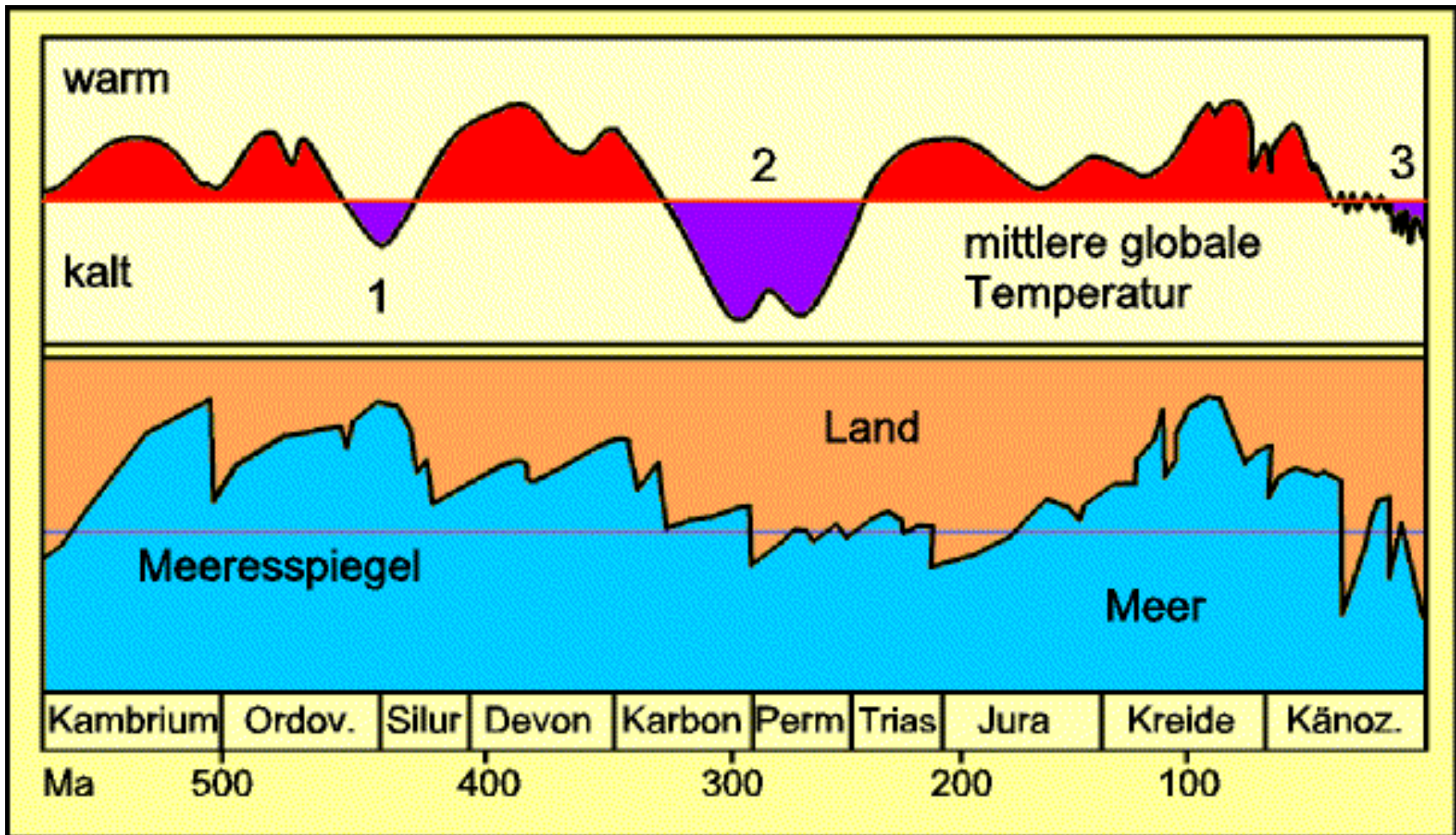


# Längsschnitt durch den Atlantischen Ozean auf der Westseite



# 7. Stunde, Meeresspiegeländerungen





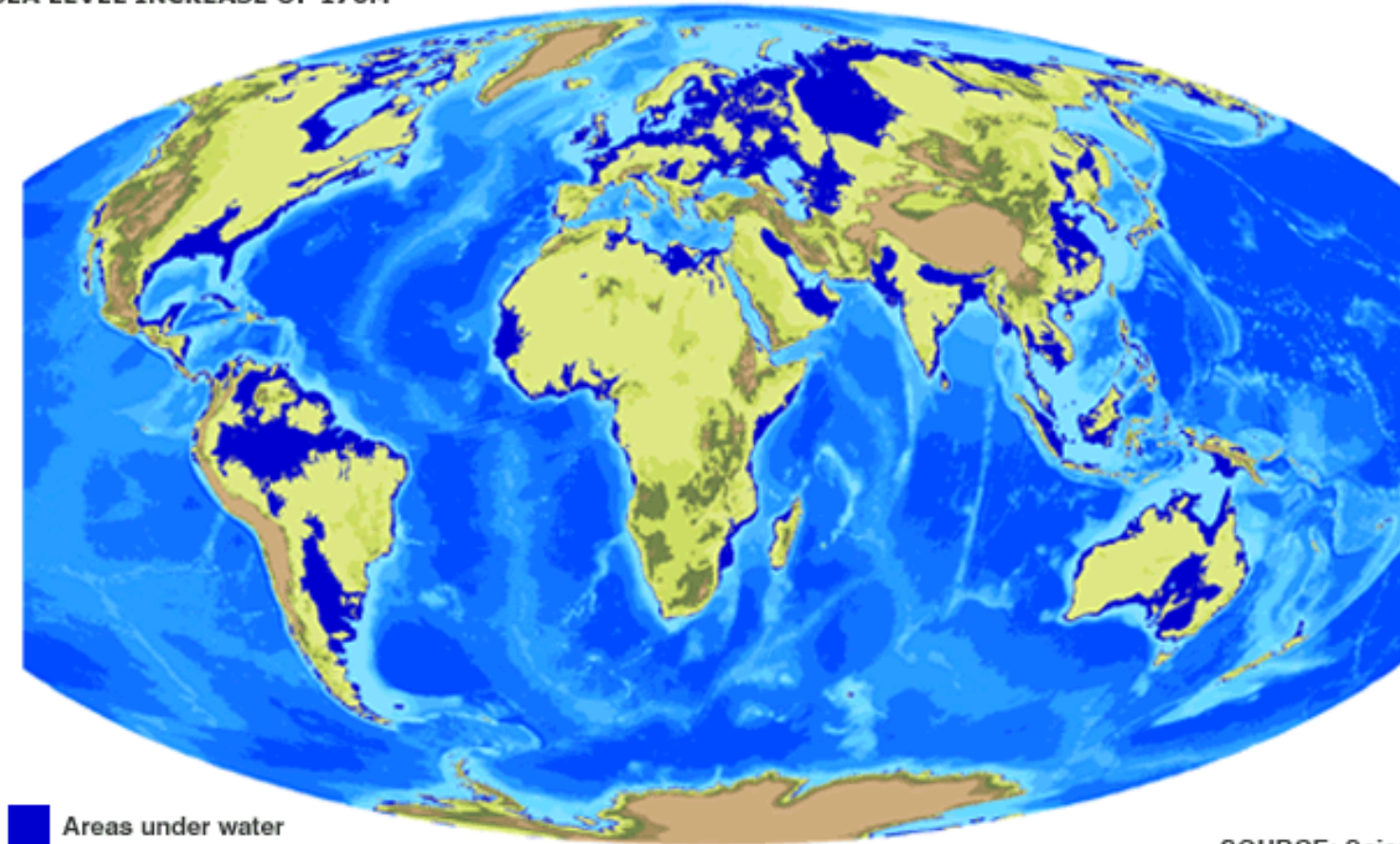
Die drei großen Eiszeiten (oben in violetter Farbe) im Phanerozoikum:

- 1 = Oberordovizium ("Sahara-Eiszeit")
- 2 = Permokarbon ("Gondwana-Vereis.")
- 3 = jungkänozoische Vereisung

nach [Oschmann et al. \(2000\)](#)

<http://www.geophysik.uni-kiel.de/~sabine/DieErde/Erdgeschichte/eiszeiten-phanero.html>

## SEA LEVEL INCREASE OF 170M



SOURCE: Science

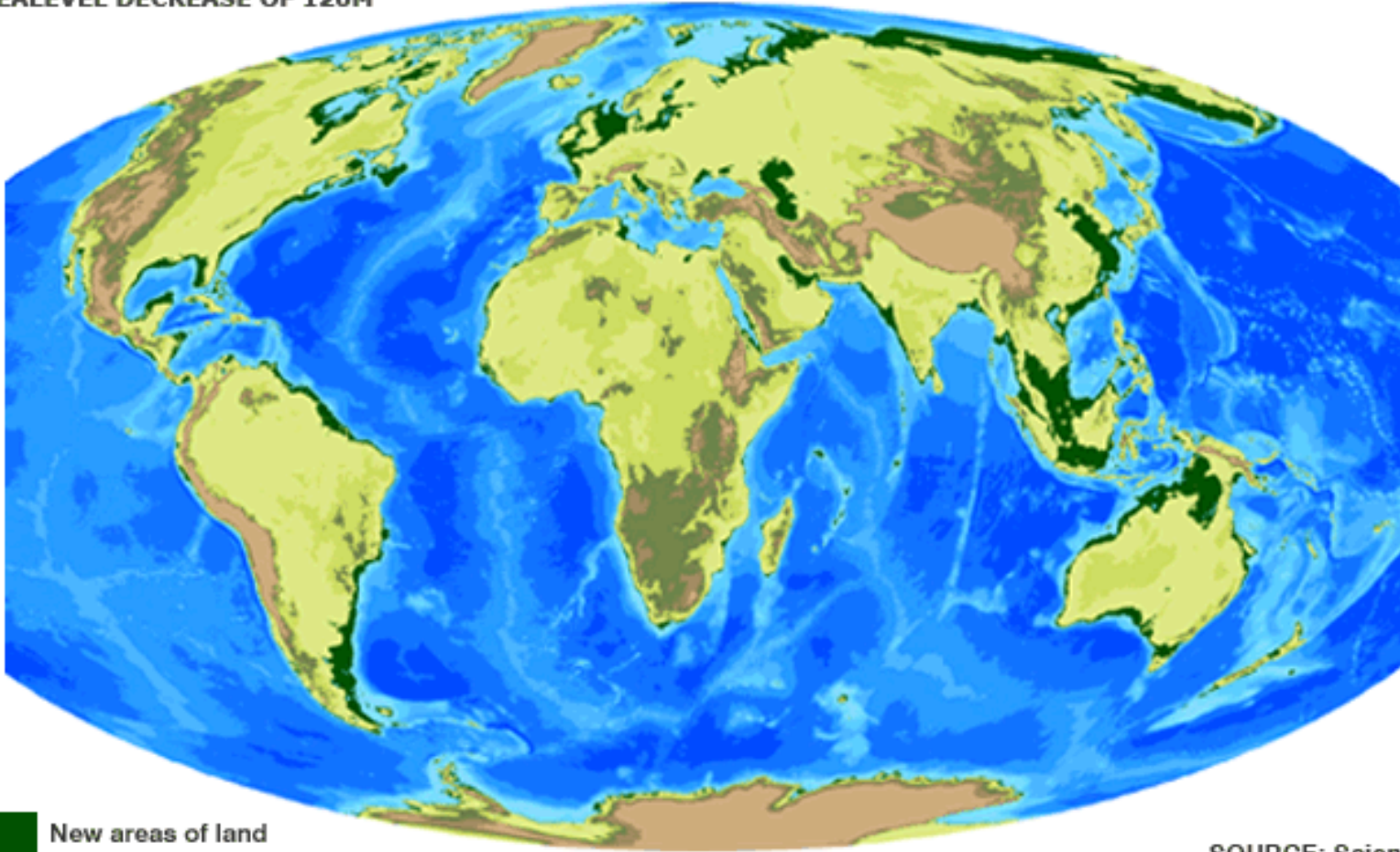
The effect of a 170m sea level rise superimposed on today's continents. Modelling work led from the University of Sydney, Australia, shows how sea levels were considerably higher 80 million years ago in the Cretaceous Period.

*(Images courtesy of R. Dietmar Muller)*

**BBC news**

[newsimg.bbc.co.uk/media/images/44476000/gif/\\_](https://www.bbc.com/news/44476000/gif/)

SEALEVEL DECREASE OF 120M

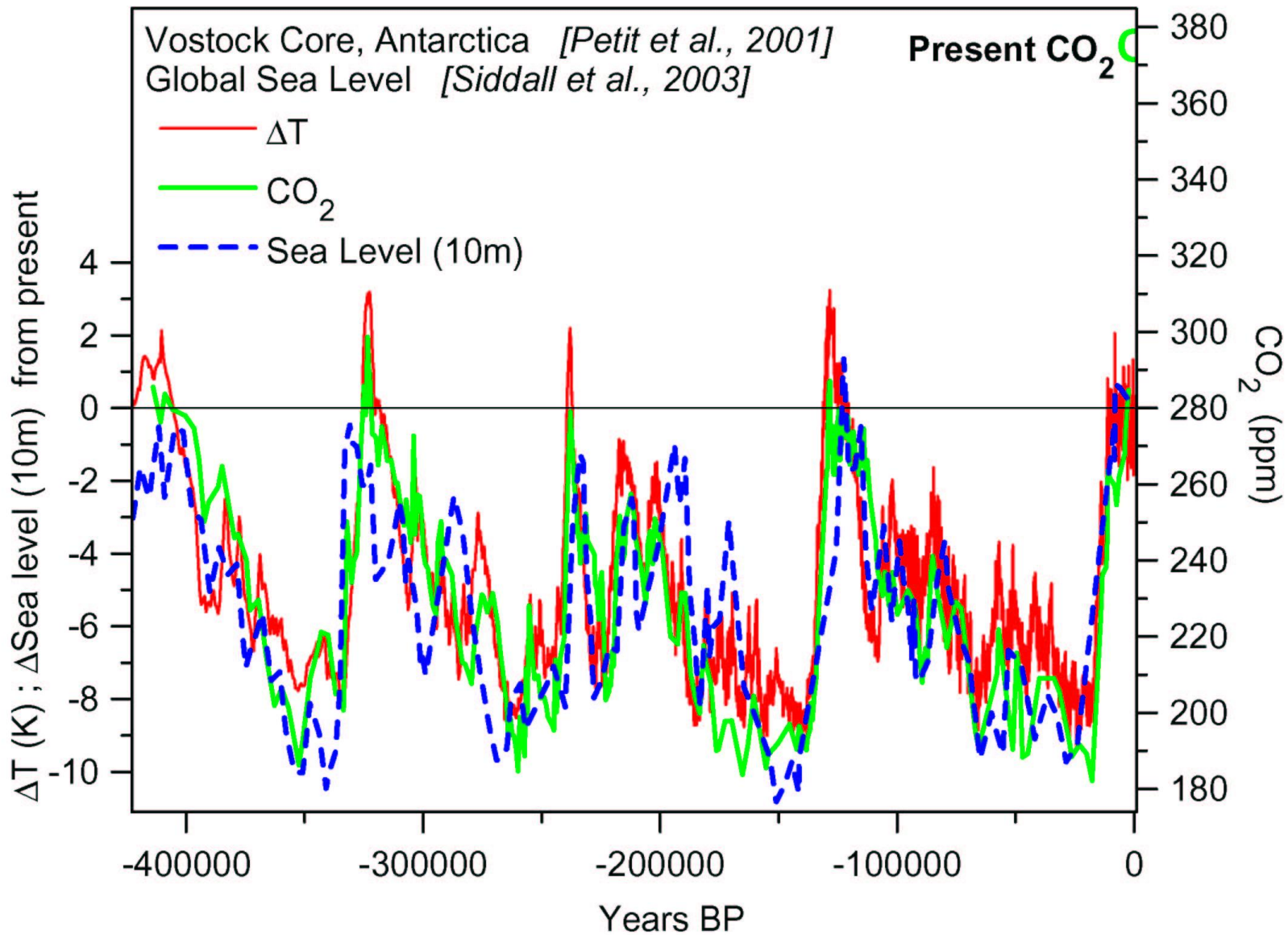


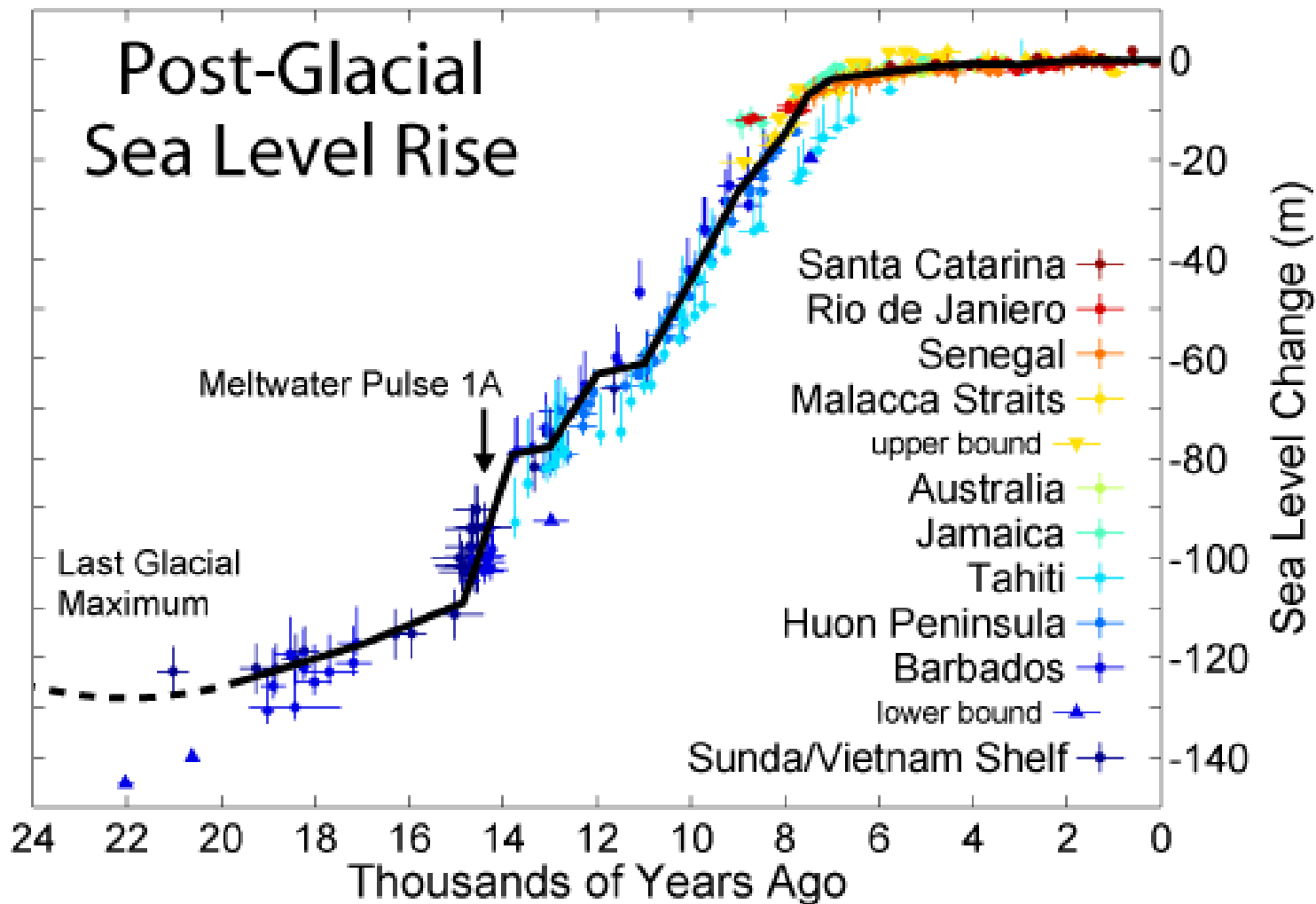
SOURCE: Science

*(Images courtesy of R. Dietmar Muller)*

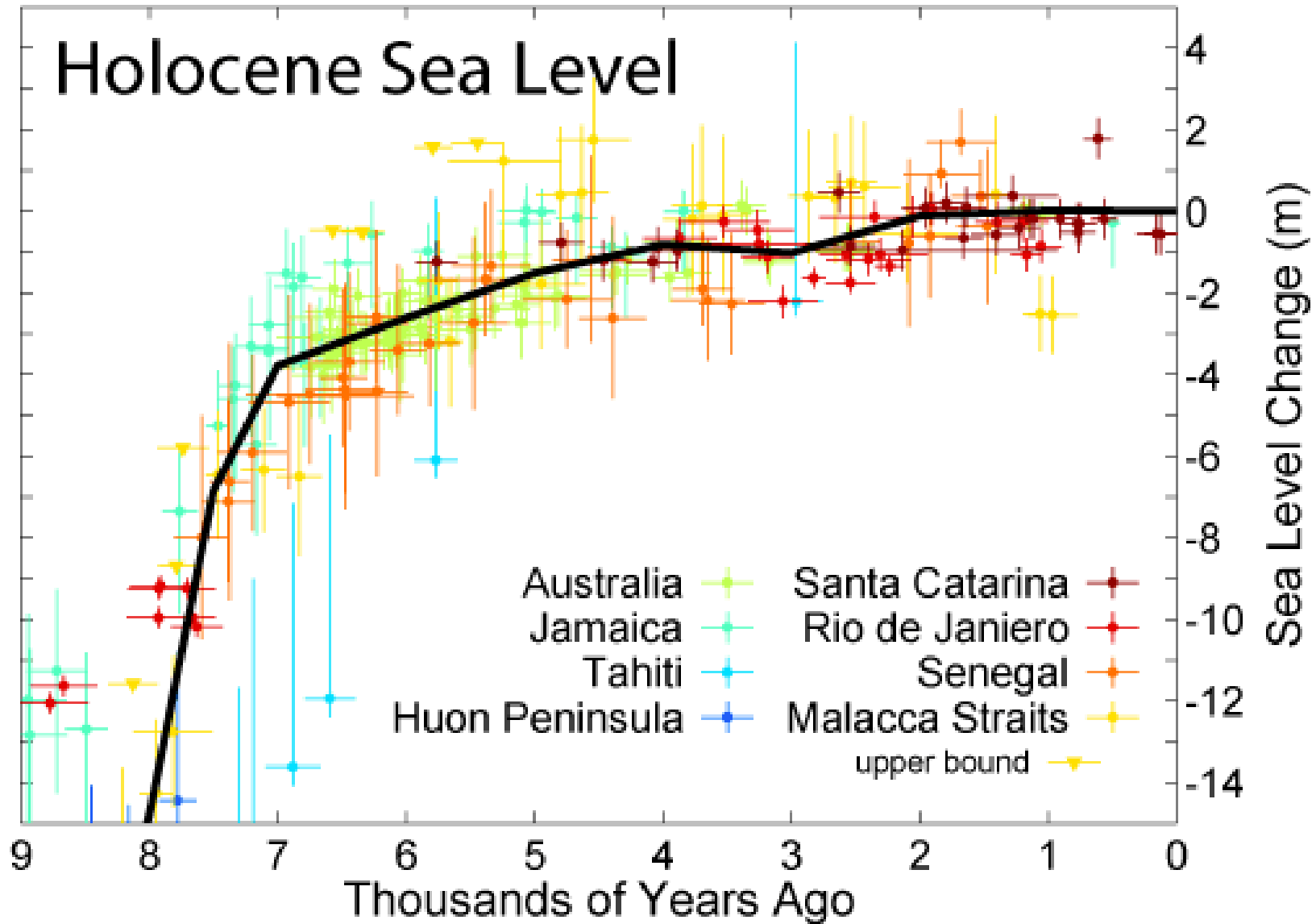
BBC news

[newsimg.bbc.co.uk/media/images/44476000/gif/\\_](https://www.bbc.com/news/44476000/gif/)



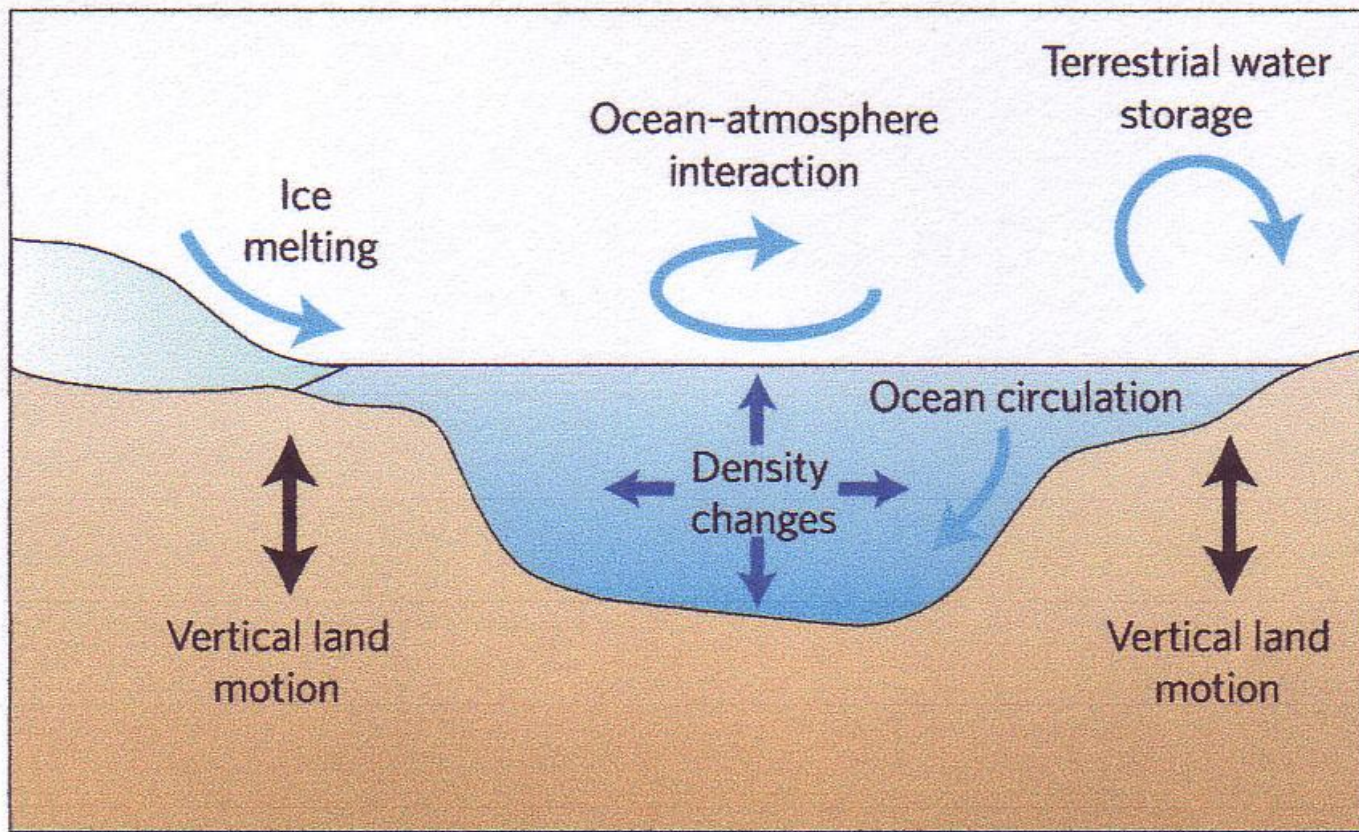


# Holocene Sea Level



Fleming et al. 1998, Fleming 2000, & Milne et al. 2005

[http://globalwarming.com/sea\\_levels/](http://globalwarming.com/sea_levels/)



# 8. Stunde, Eisschilde, Eiskerne



# Kältemaximum (21.000 BP)

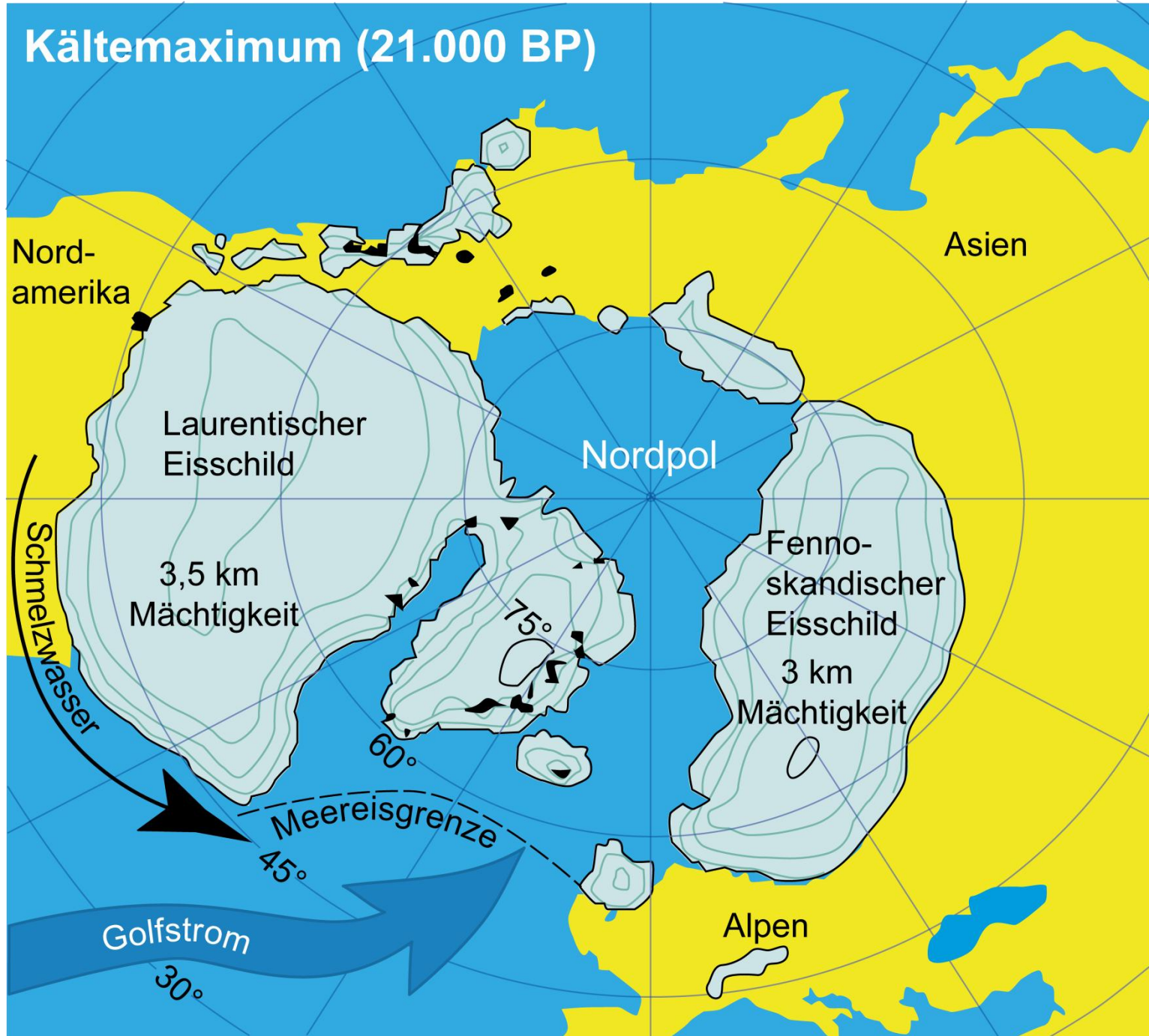


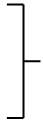
Abbildung aus: Sirocko (2009)

$\delta^{18}\text{O}$

$^{16}\text{O} = 99,63 \%$

$^{17}\text{O} = 0,0375 \%$

$^{18}\text{O} = 0,1995 \%$

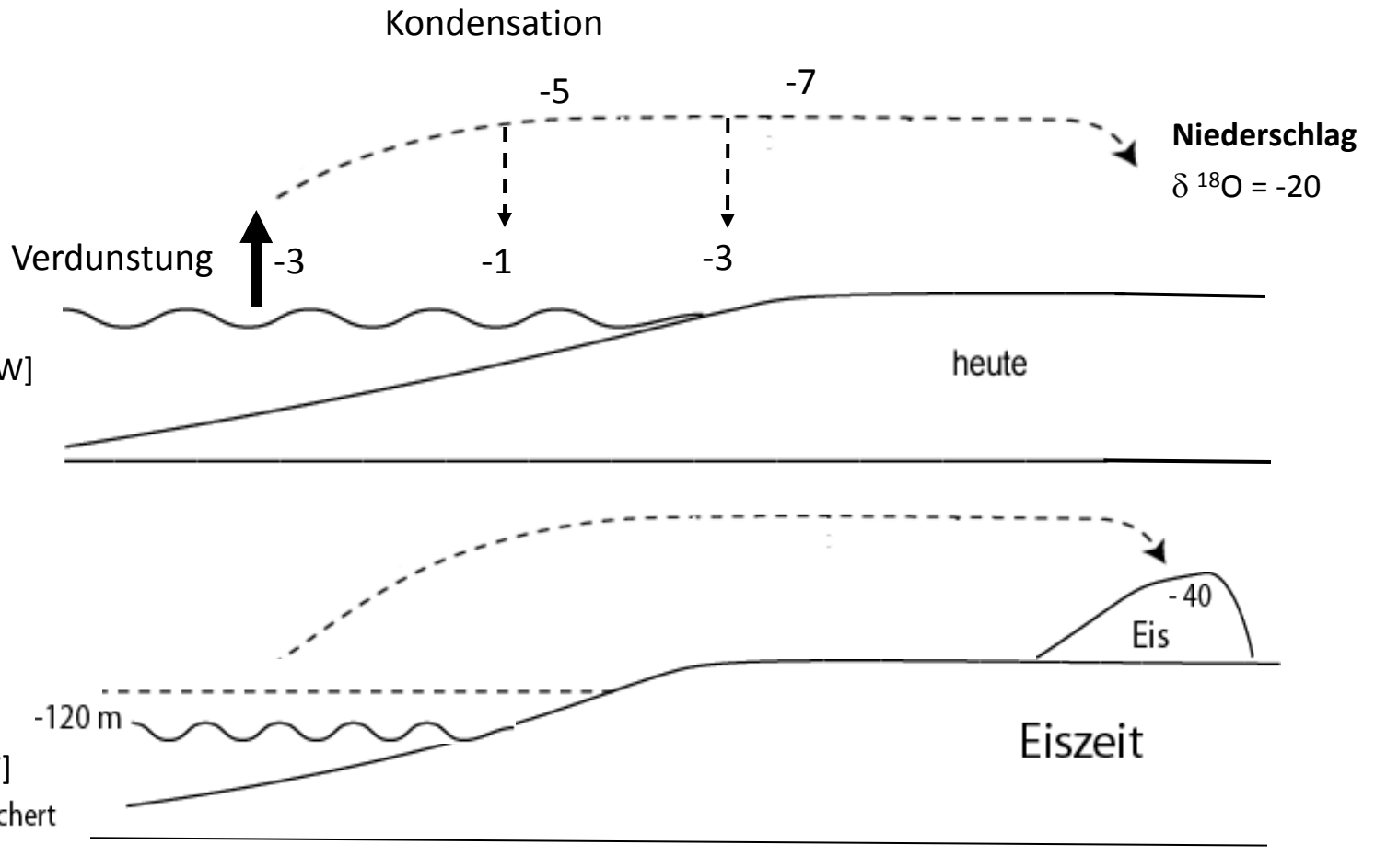


stabile Isotope

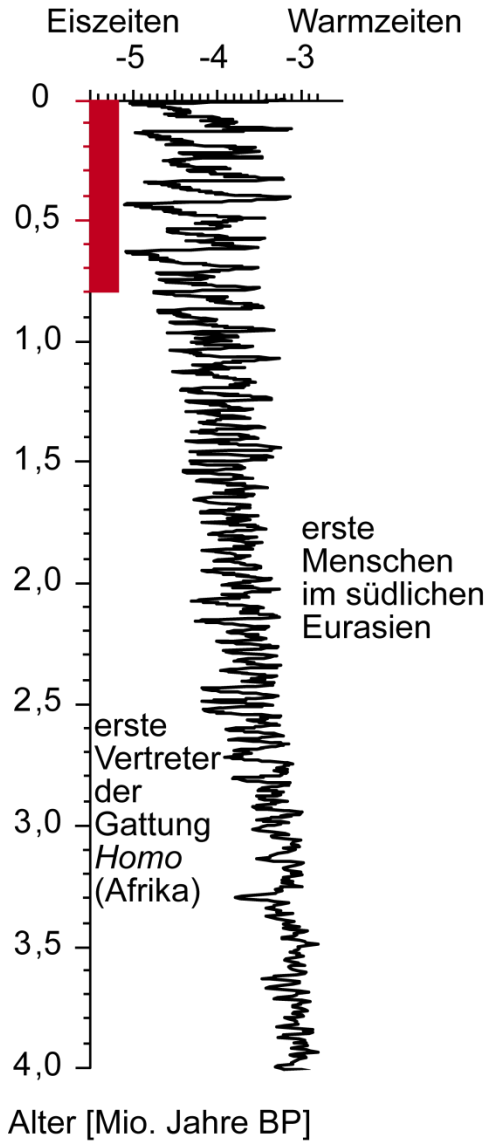
$$\delta^{18}\text{O} = \left[ \frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{spI} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{SMOW}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{SMOW}} \right] \times 10^3$$

SMOW = standard mean ocean water

Kalke:  $\text{CaCO}_3$

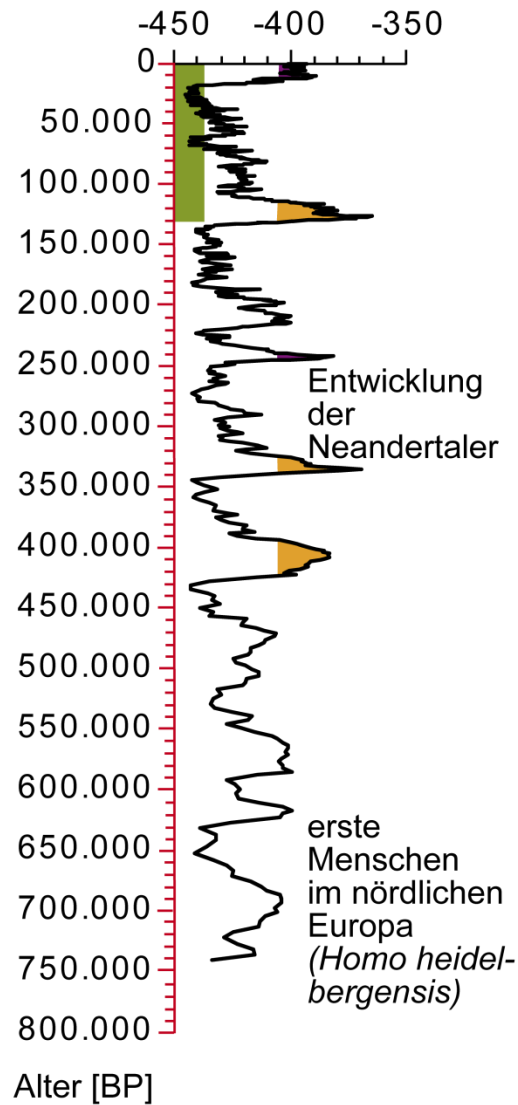


(a) Mariner Bohrkern  
Eisvolumenindex  
[ $\delta^{18}O$ ]



LISIECKY & RAYMO (2005)

(b) Antarktischer Eiskern  
Temperaturindex  
[ $\delta D$ ]



EPICA (2005)

(c) Grönlandischer Eiskern  
Temperaturindex  
[ $\delta^{18}O$ ]

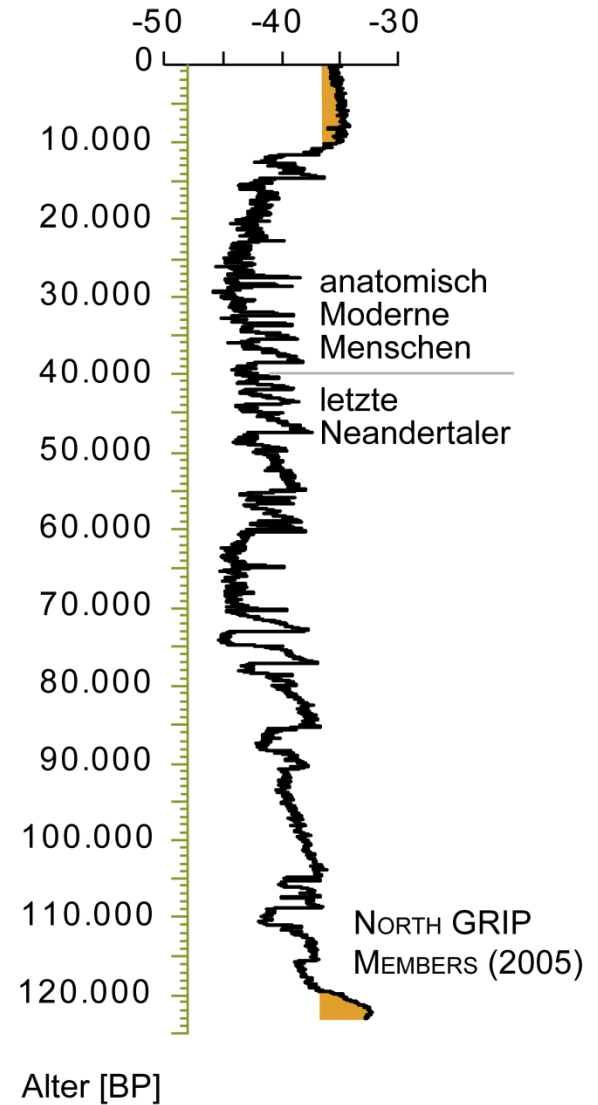
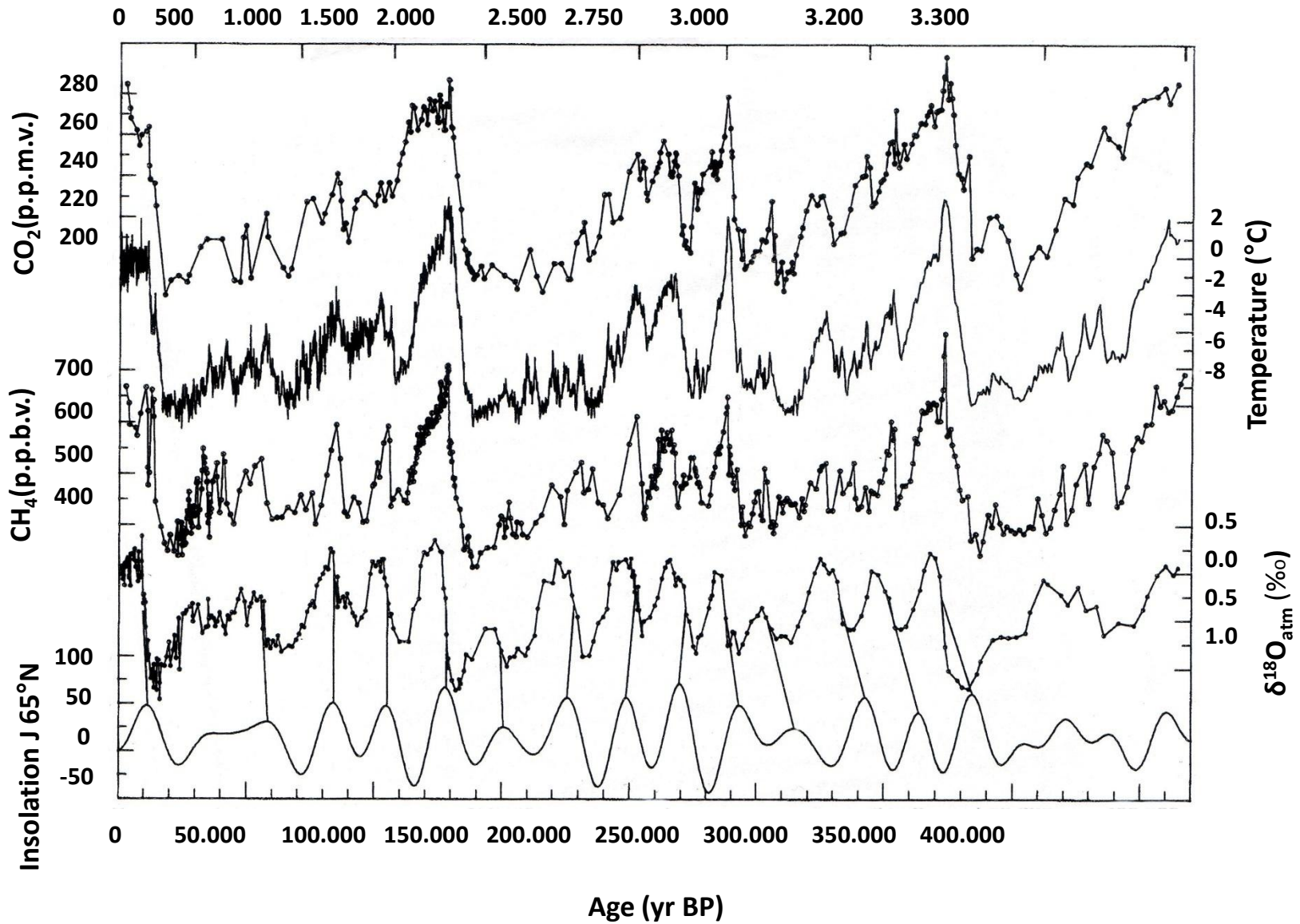


Abbildung aus: Sirocko (2009)



Petit et al. 1999

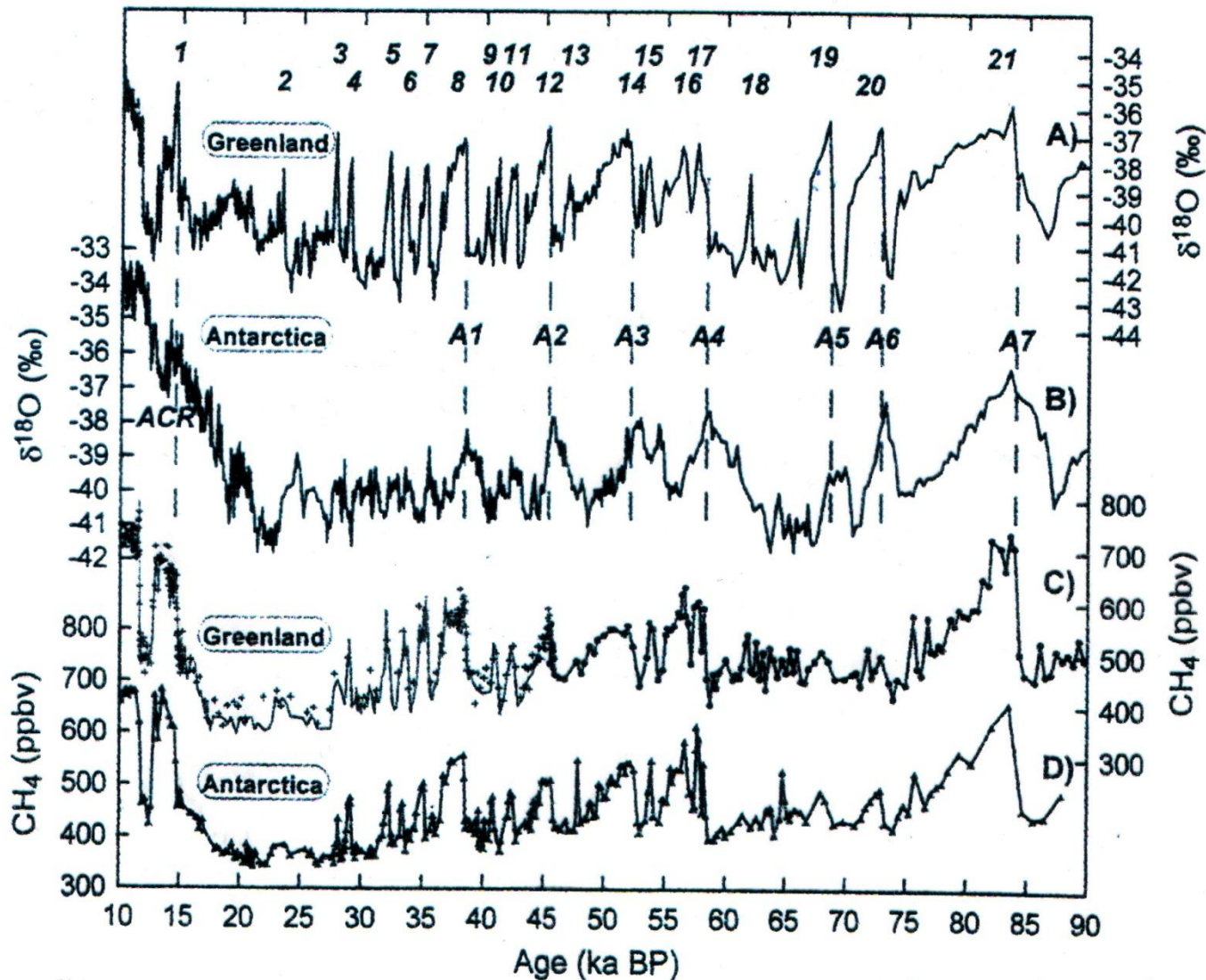
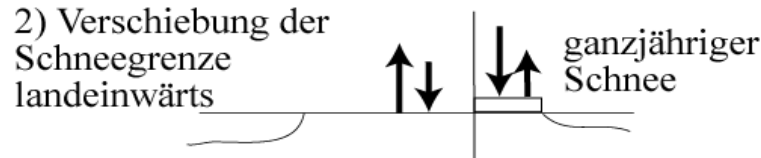
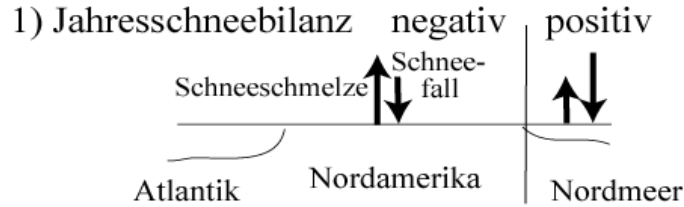
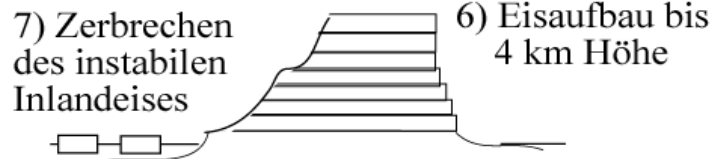


Fig. 1. Isotopic and  $\text{CH}_4$  data from Greenland and Antarctica on the GISP2 time scale. Dashed lines indicate the onset of major D-O events. (A)  $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$  from GISP2, Greenland (16). (B)  $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$  from Byrd station, West Antarctica (23). (C)  $\text{CH}_4$  data from GISP2 and GRIP. Crosses and dots are from GISP2 [(4) and new data]; the solid gray line is from GRIP (2, 8). The solid line runs through the data used for the synchronization: GISP2 (black line) up to 45.5 ka and GRIP data (gray line) from 45.5 ka to the Holocene. (D)  $\text{CH}_4$  data from Byrd station [(2) and other data]. Data are available as supplemental information on Science Online (10) and at the NOAA Geophysical Data Center (5).

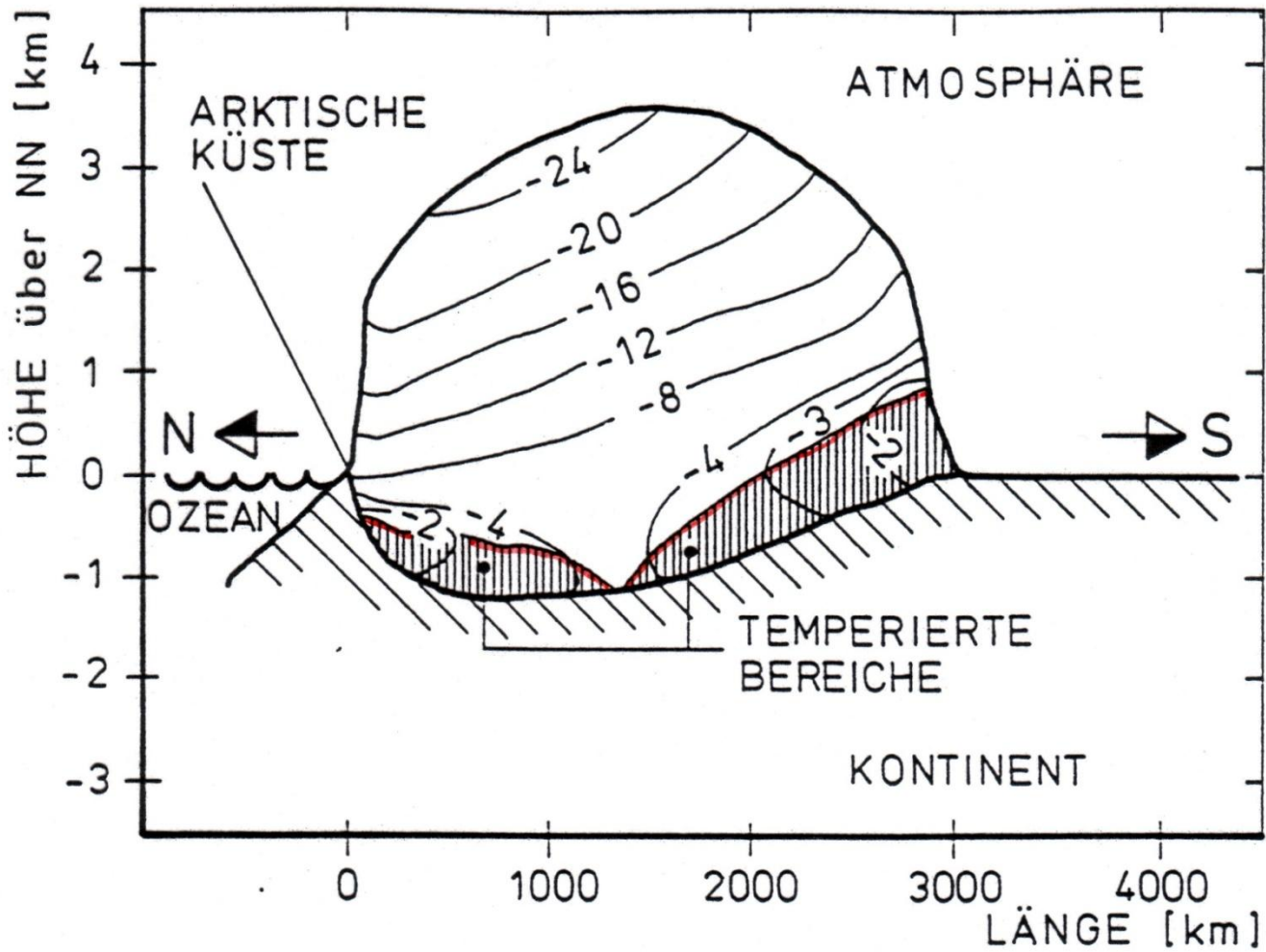
# Aufbau und Zerfall eines Inlandeises



3) Schnelle flächenhafte Ausdehnung des Schneefeldes



- 8) Eisberge, Abkühlung Meeresoberflächentemperaturen
- 9) Verringerte Tiefenwasserbildung durch Süßwasser auf der Meeresoberfläche
- 10) Ausbleiben des Golfstromes im Nordatlantik
- 11) Aridifizierung und Abkühlung in Europa



## Temperaturverteilung im Eisschild

Herterich, 1990

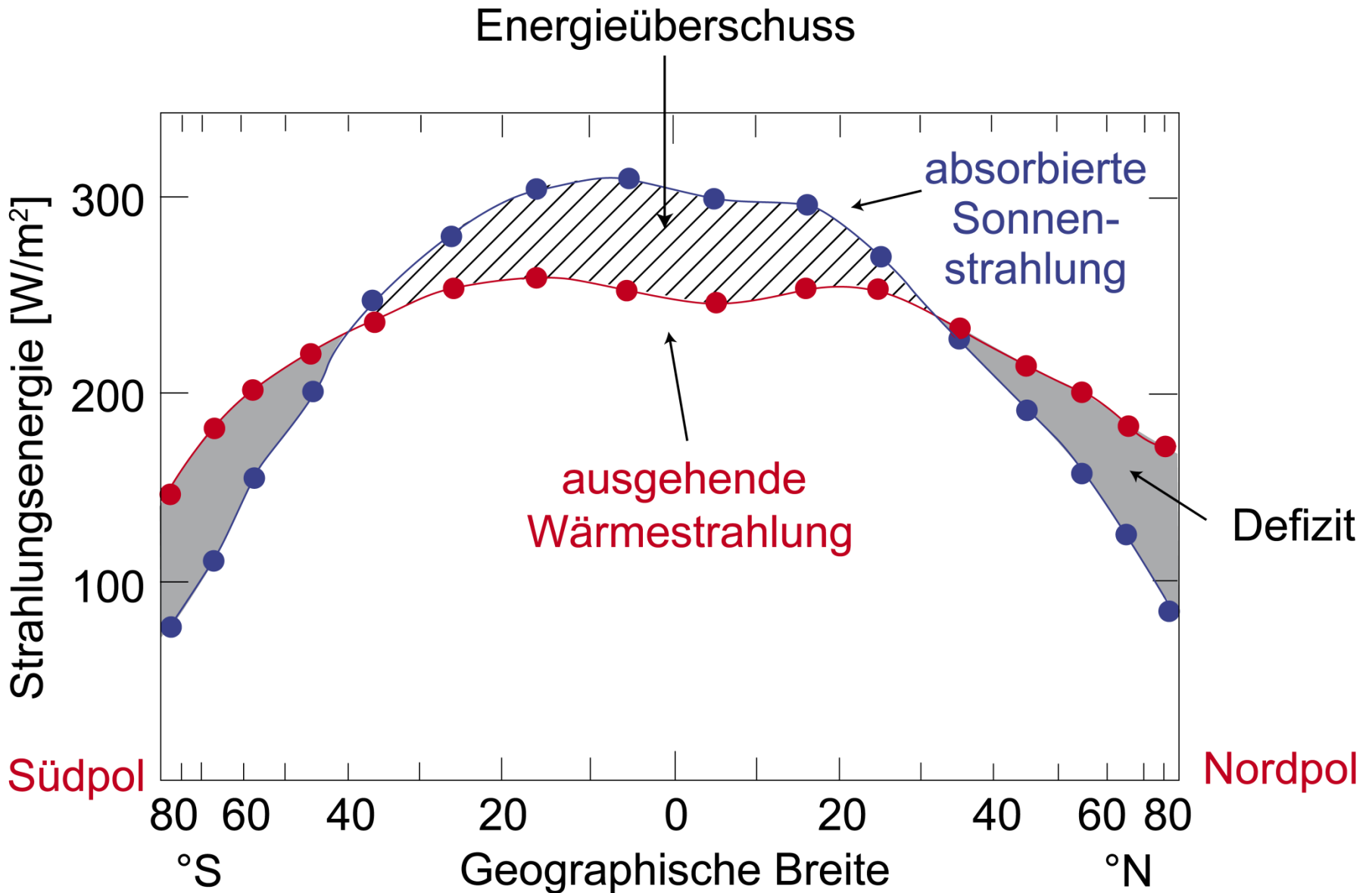


Hebungsraten  
für Skandinavien  
[mm/Jahr]

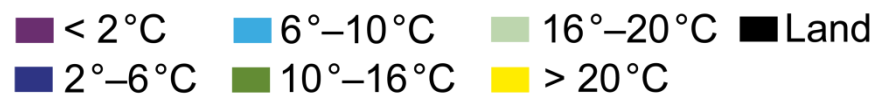
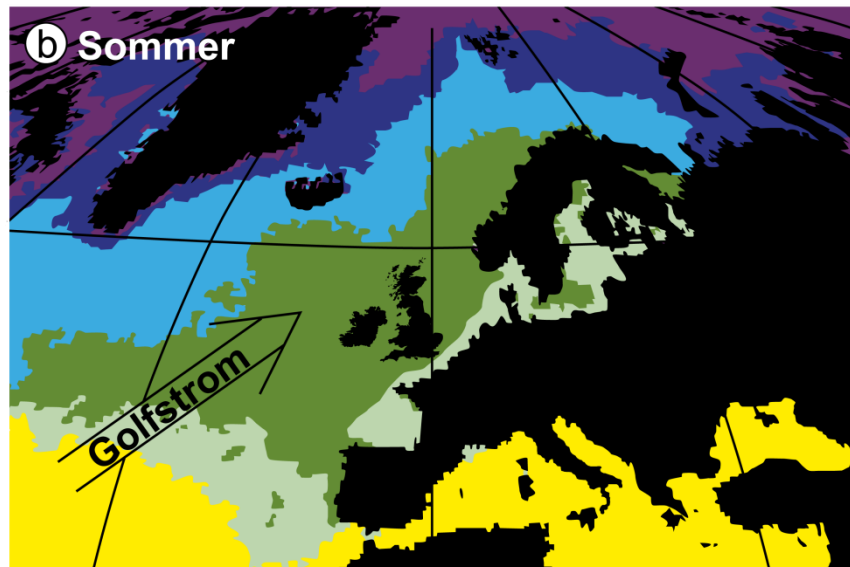
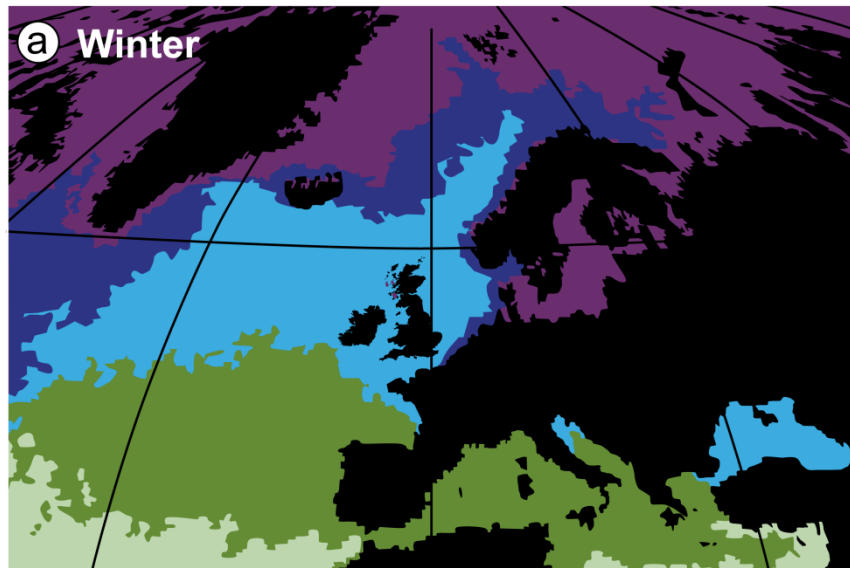
Flint, 1971



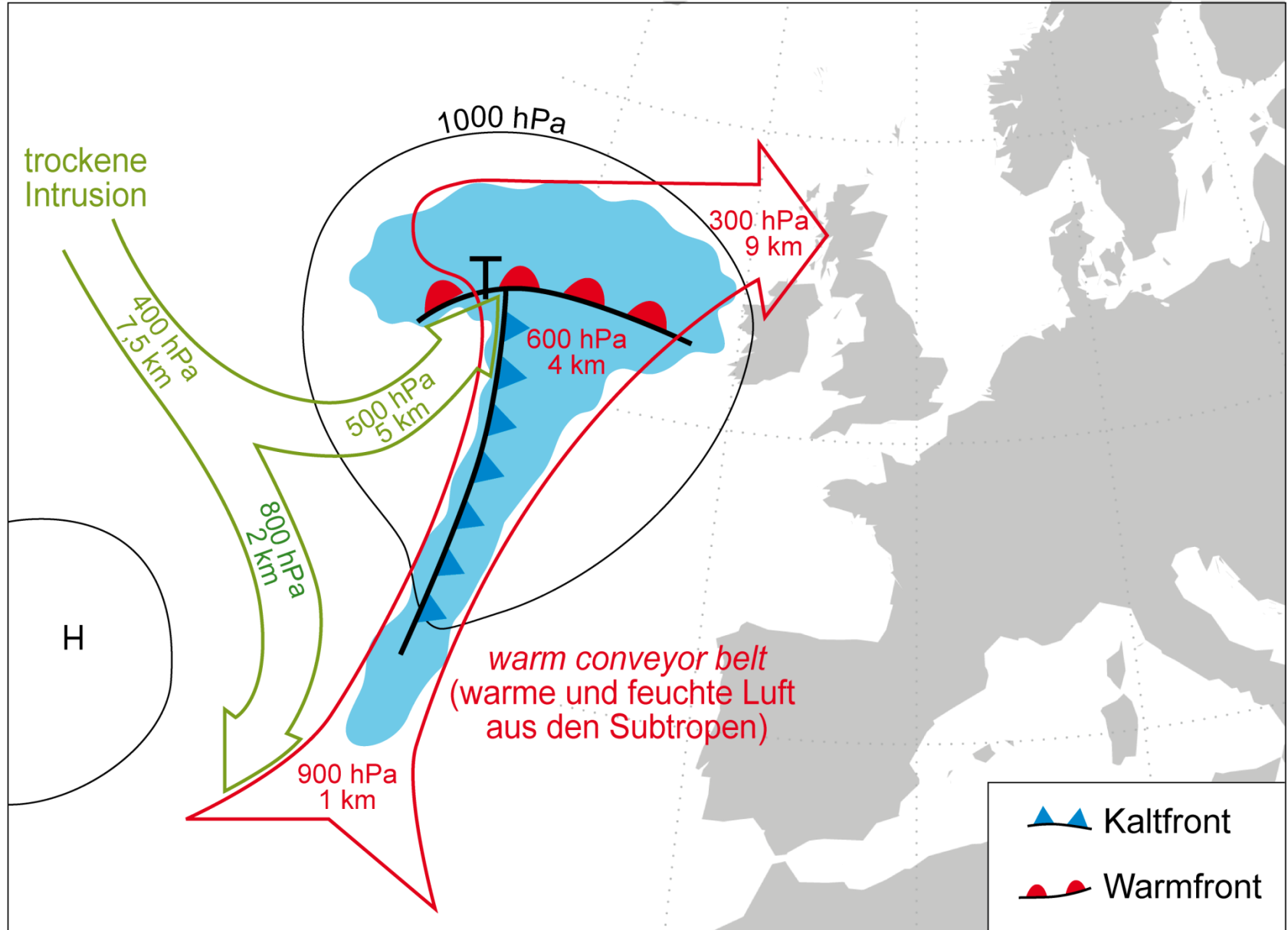
# 9. Stunde, Klimageschichte Grundlagen



# Meeresoberflächentemperatur

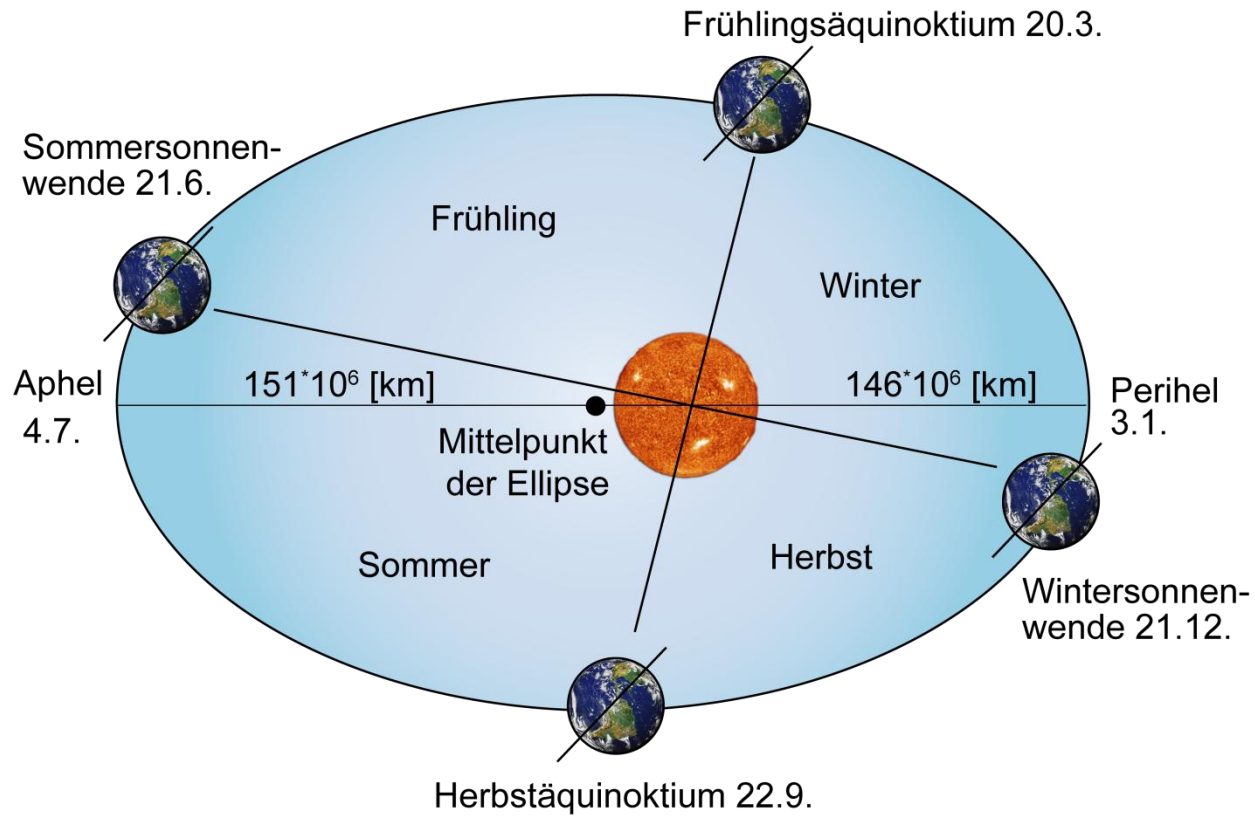


# Grundstruktur der Wärmeadvektion vom Nordatlantik nach Europa

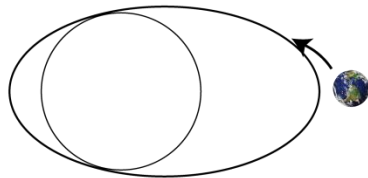


# Die 5 „Global Player“ im Klimasystem

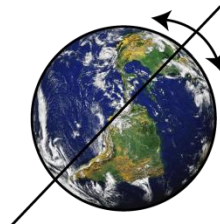
# Gobal Player 1: Konstellation Sonne - Erde



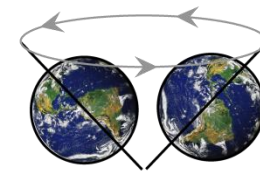
Exzentrizität der Umlaufbahn  
100.000 Jahre



Schiefe der Erdachse  
40.000 Jahre  $23,5^\circ \pm 1,5^\circ$



Präzession der Erdachse  
22.000 Jahre



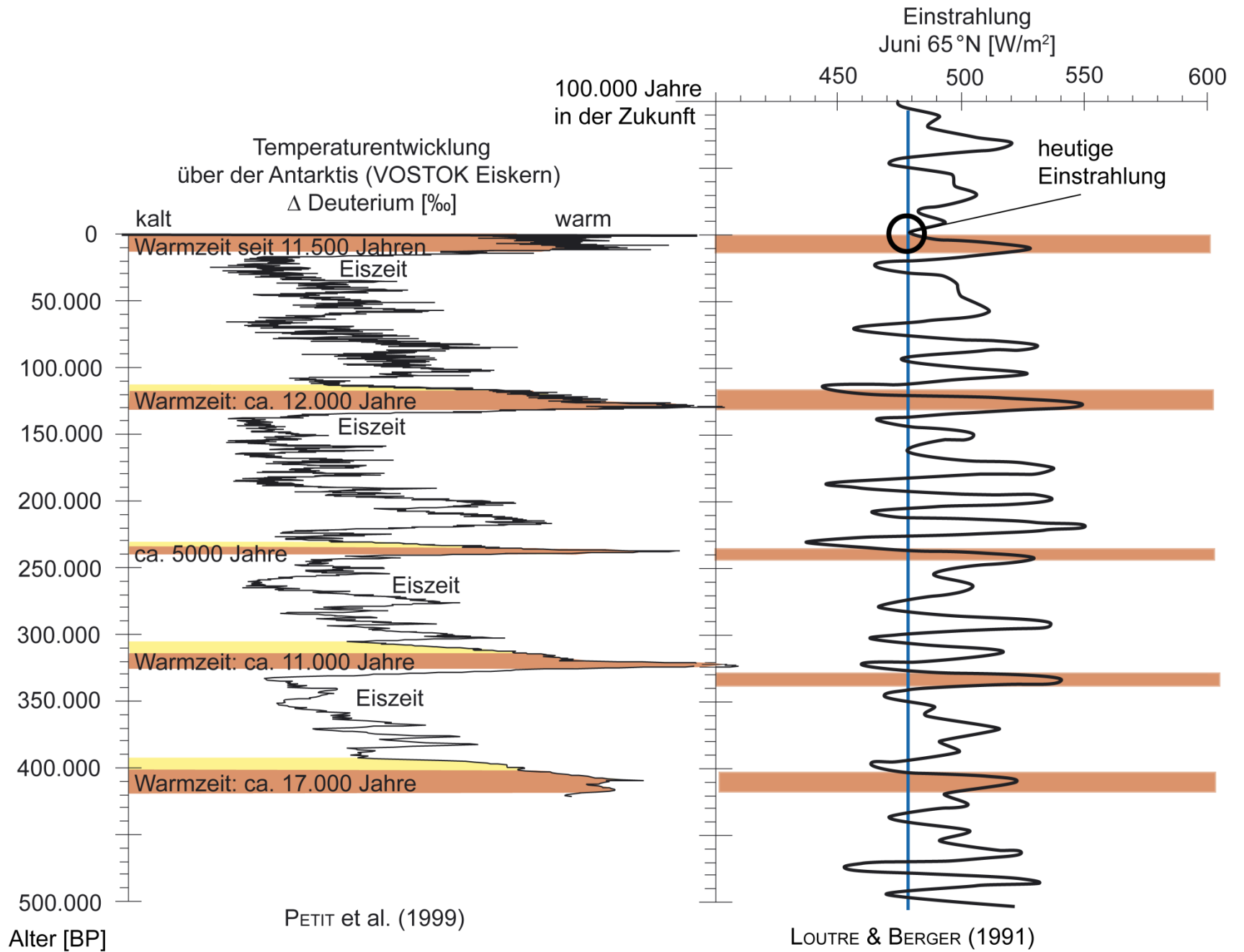
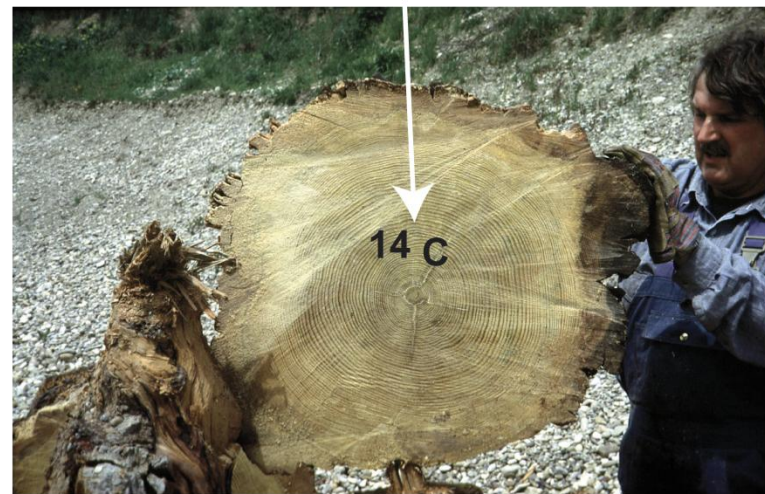
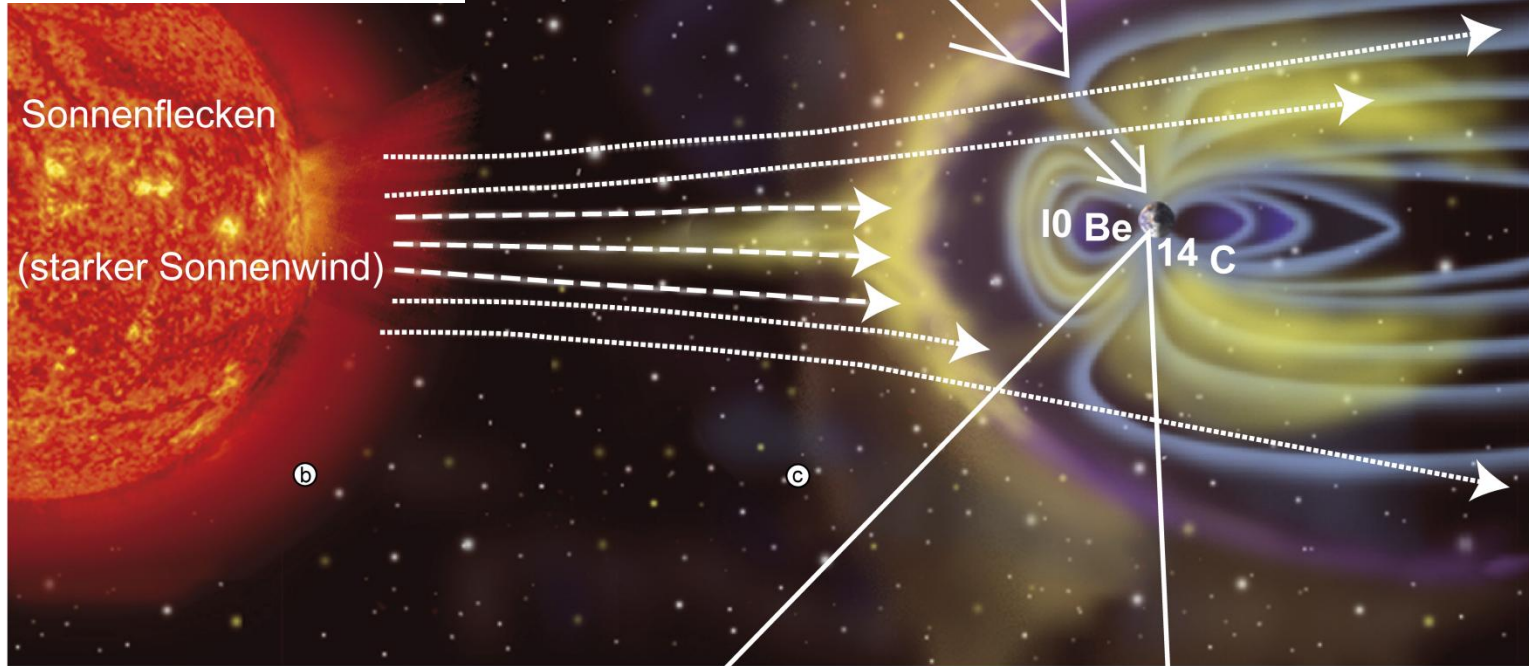


Abbildung aus: Sirocko (2009)

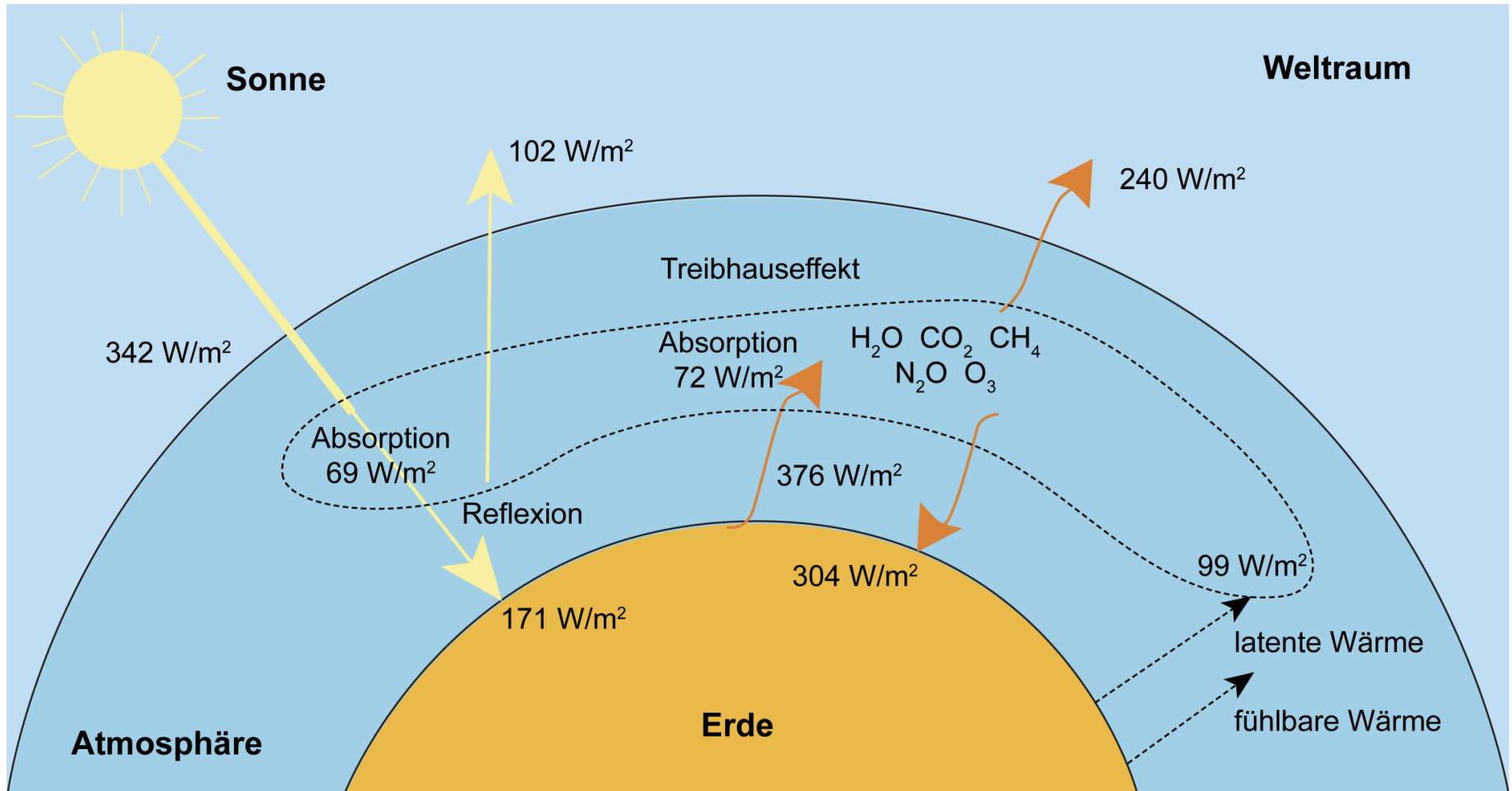
# Gobal Player 2: Aktivität der Sonne



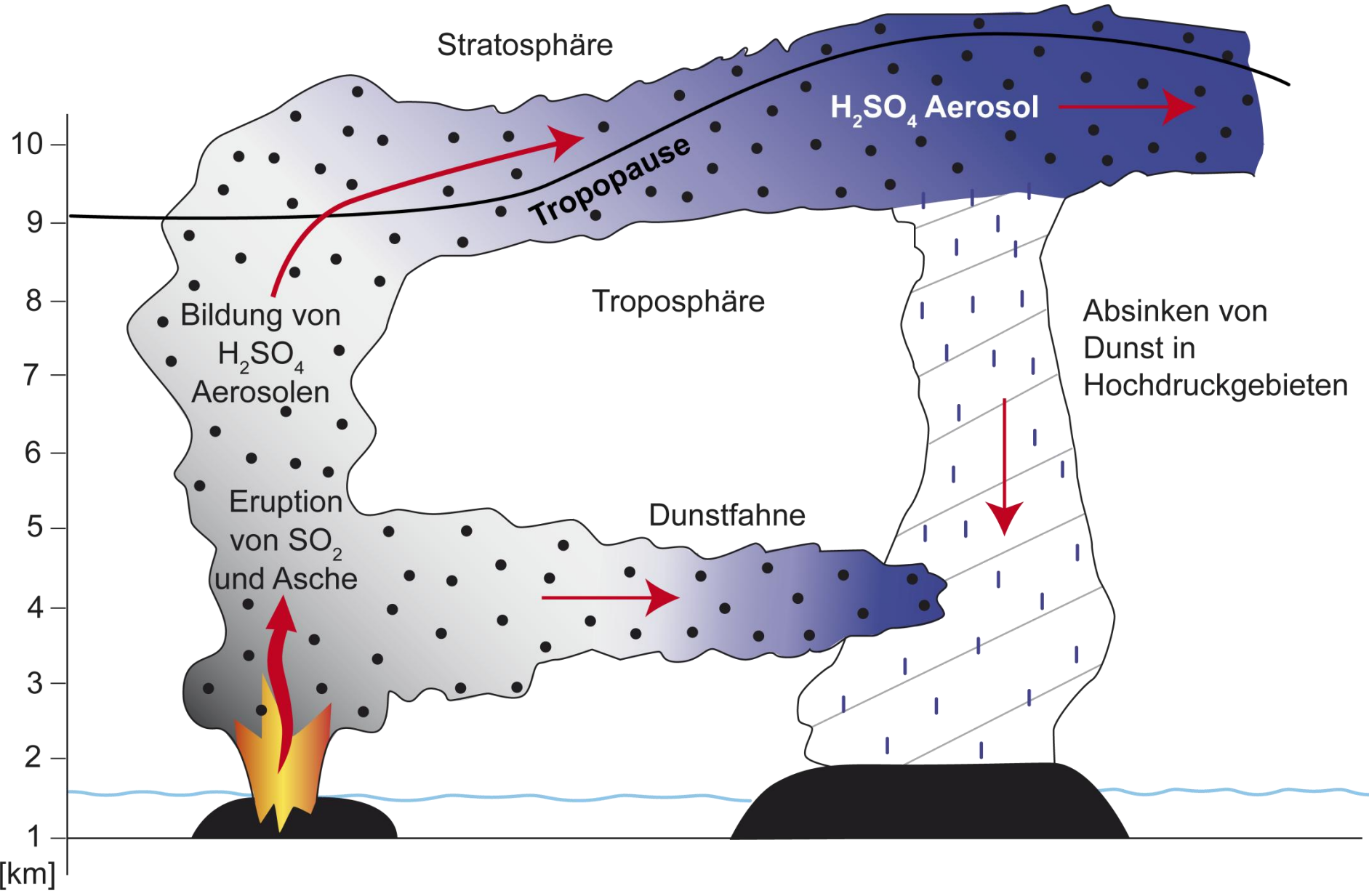


# Gobal Player 3: Treibhausgase

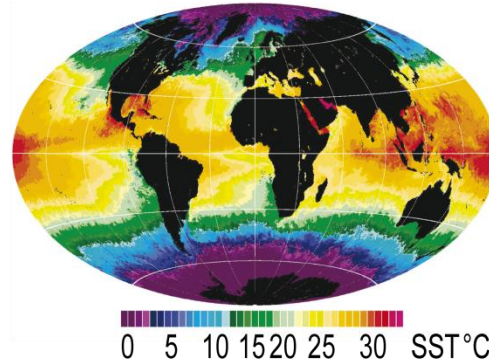
## Globale Energiebilanz



# Global Player 4: Vulkane



a) Temperatur des Meeresoberflächenwassers

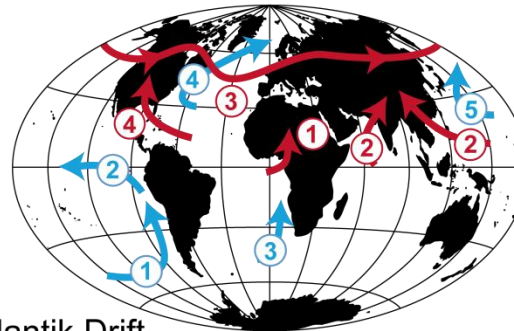


# Global Player 5: Meridionaler Energietransport

b) Meeresströmungen und Luftströmungen

Meeresströmungen

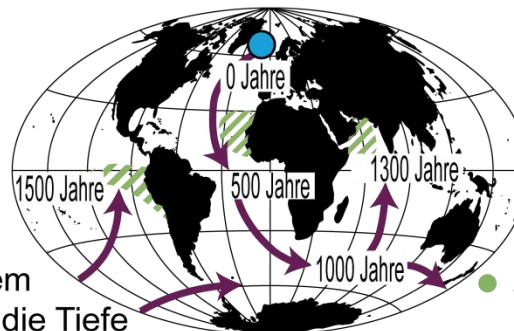
- ① Humboldt Strom
- ② La Niña
- ③ Benguela Strom
- ④ Golfstrom/Nordatlantik Drift
- ⑤ Kuroshio



Luftströmungen

- ① afrikanischer Monsun
- ② asiatischer Monsun
- ③ Westwindzone
- ④ atlantische Wirbelstürme  
(indopazifische Wirbelstürme nicht eingezeichnet)

c) Alter und Fließrichtung der ozeanischen Tiefenströmungen



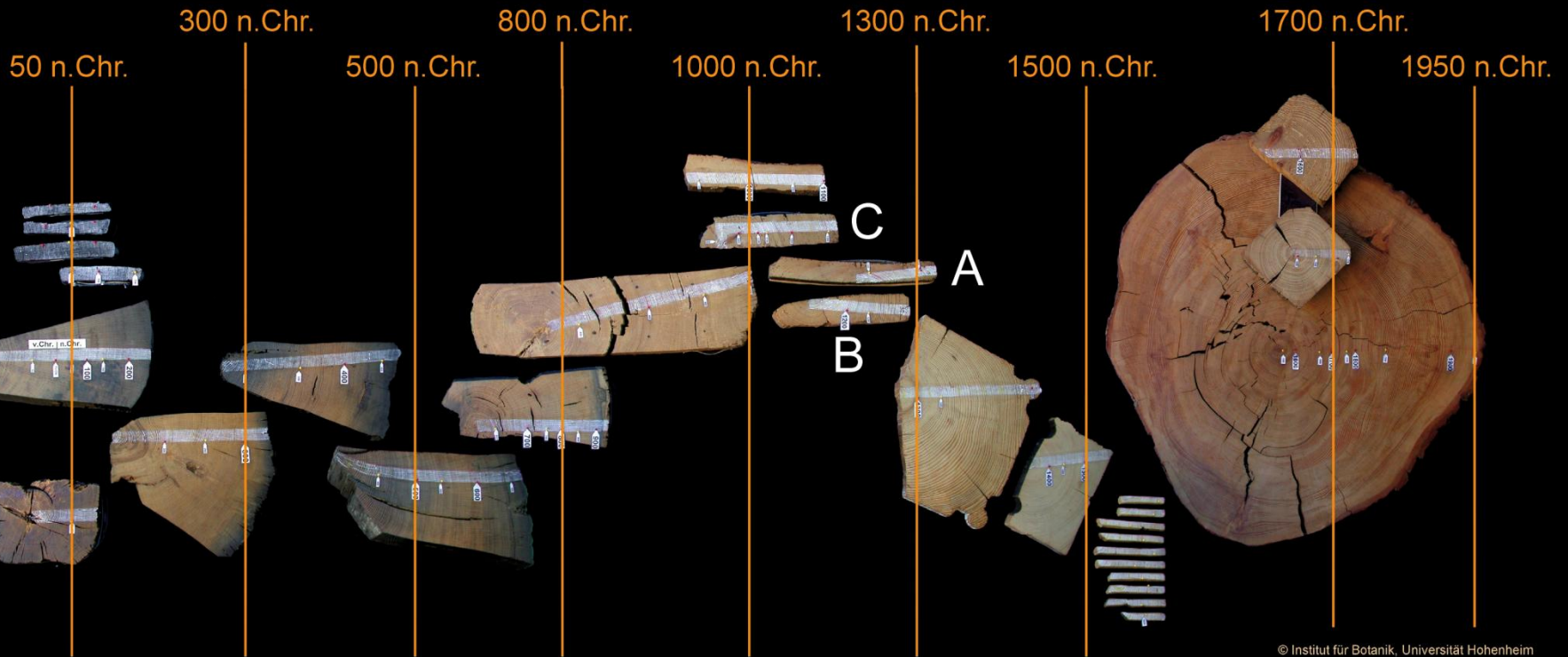
● Absinken von schwerem Oberflächenwasser in die Tiefe

● Auftrieb von Tiefenwasser an die Meeresoberfläche



Abbildung aus: Sirocko (2009)

# Der Hohenheimer Jahrringkalender



© Institut für Botanik, Universität Hohenheim

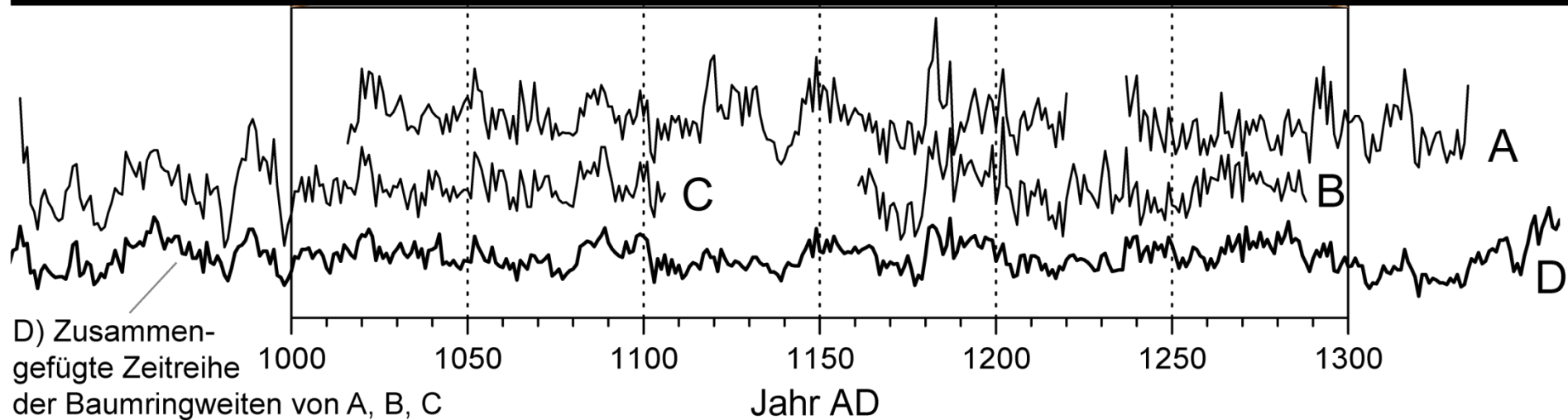


Abbildung aus: Sirocko (2009)

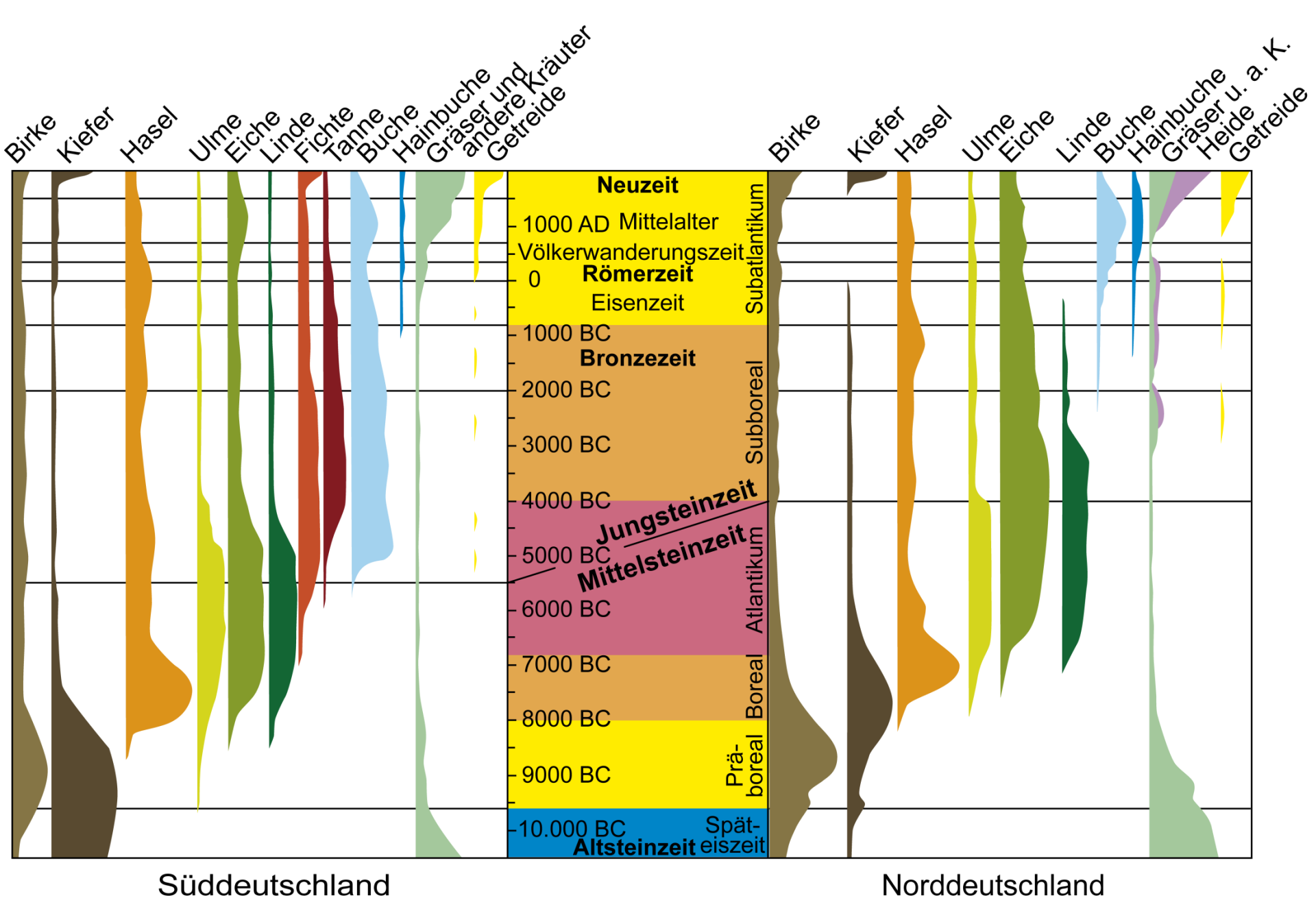
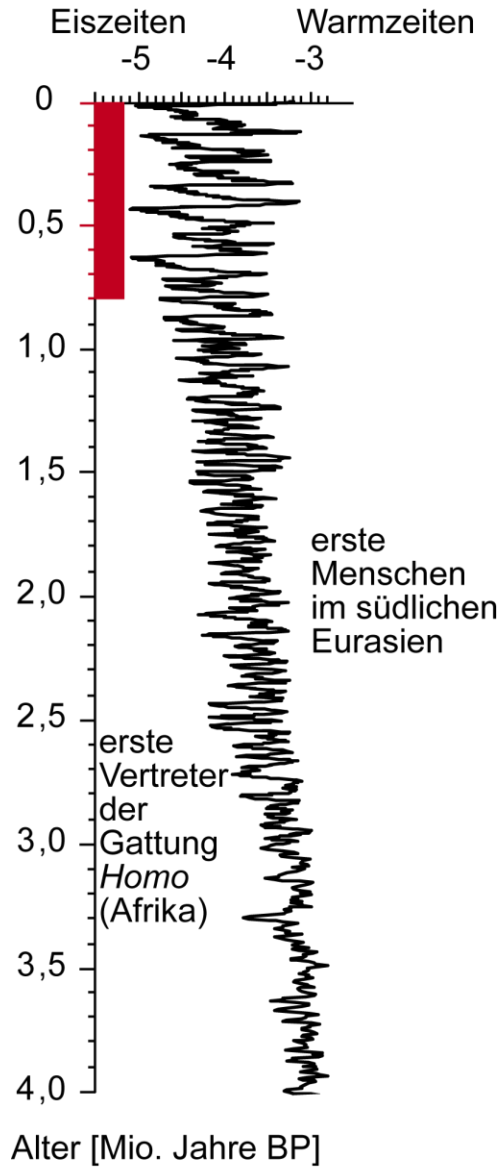


Abbildung aus: Sirocko (2009)

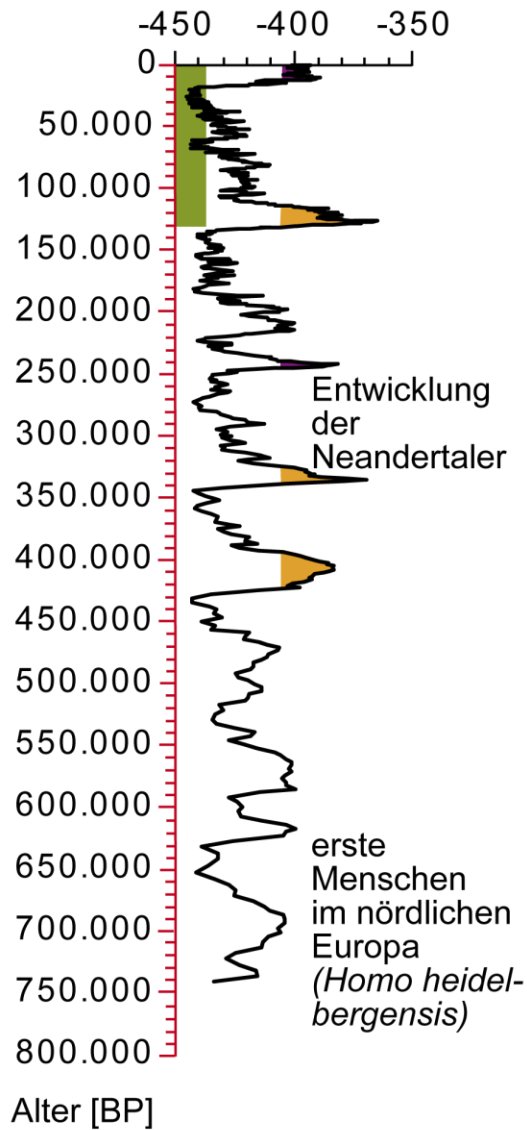
# 10. Stunde, Eiszeit Klima und Mensch

(a) Mariner Bohrkern  
Eisvolumenindex  
[ $\delta^{18}\text{O}$ ]



LISIECKY & RAYMO (2005)

(b) Antarktischer Eiskern  
Temperaturindex  
[ $\delta\text{D}$ ]



EPICA (2005)

(c) Grönlandischer Eiskern  
Temperaturindex  
[ $\delta^{18}\text{O}$ ]

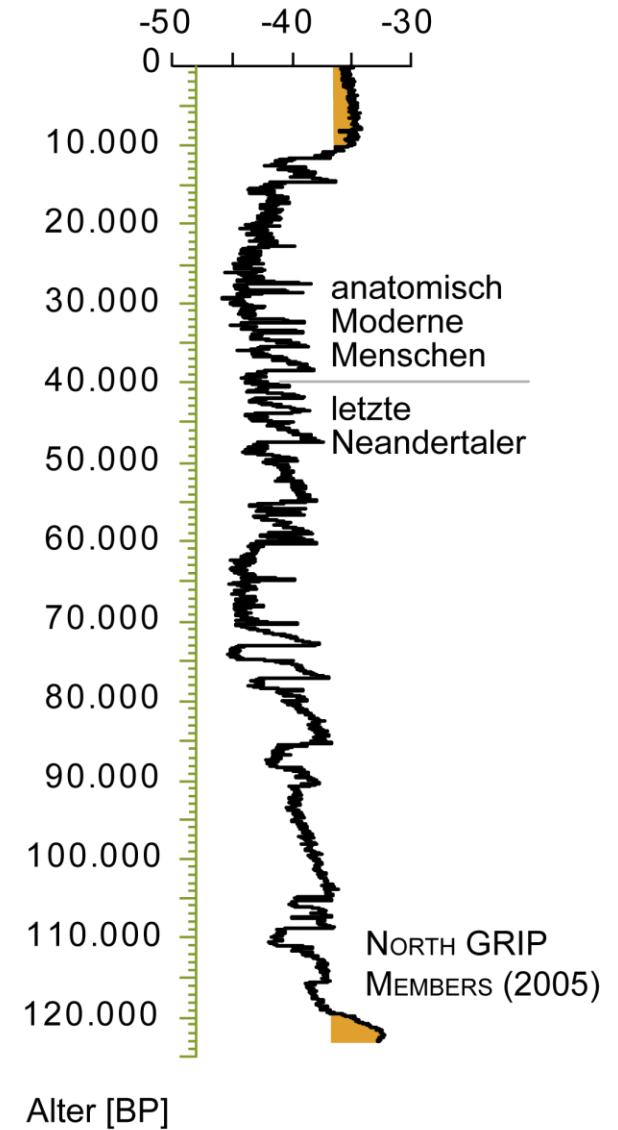


Abbildung aus: Sirocko (2009)



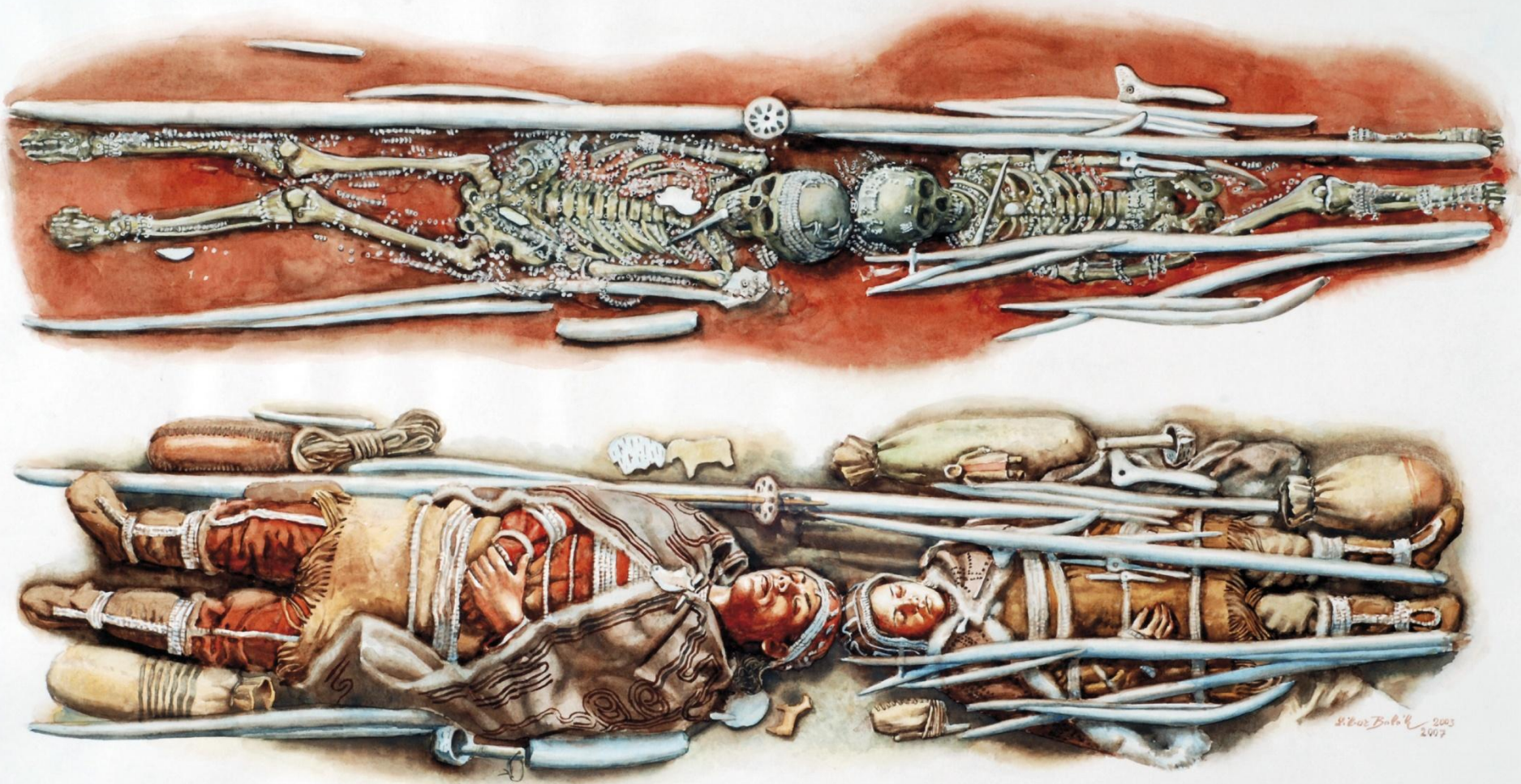


Abbildung aus: Sirocko (2009)

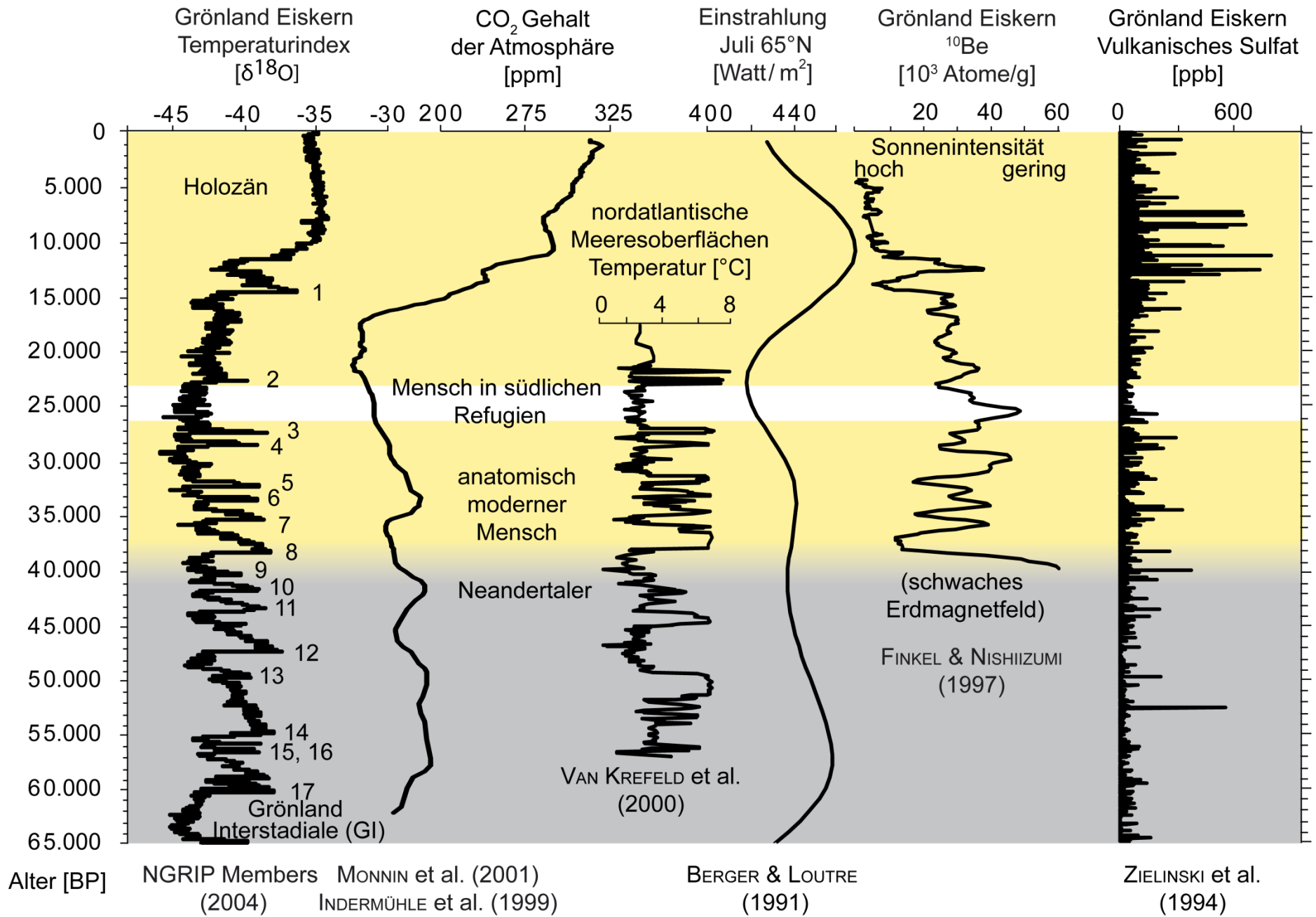
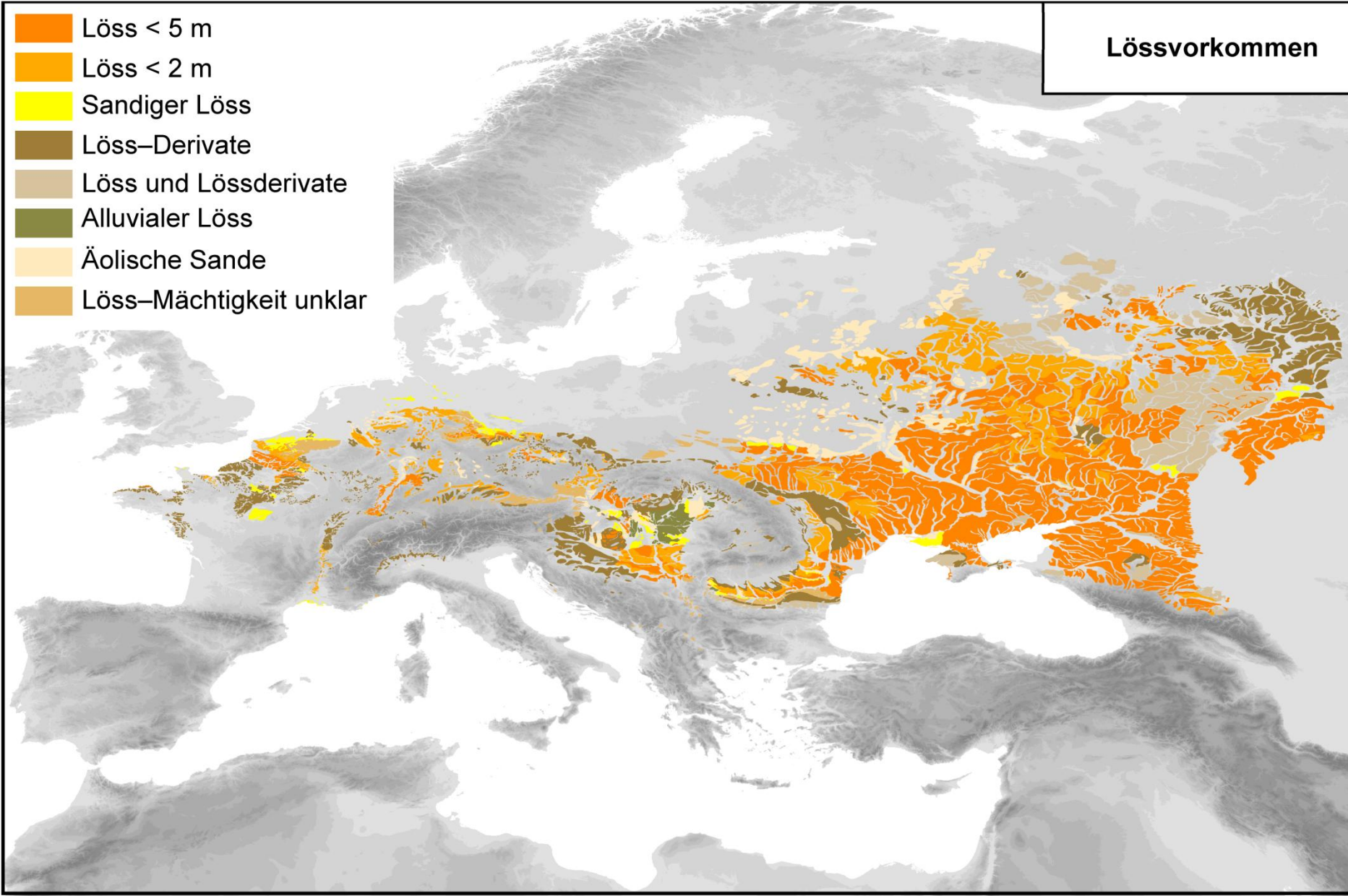
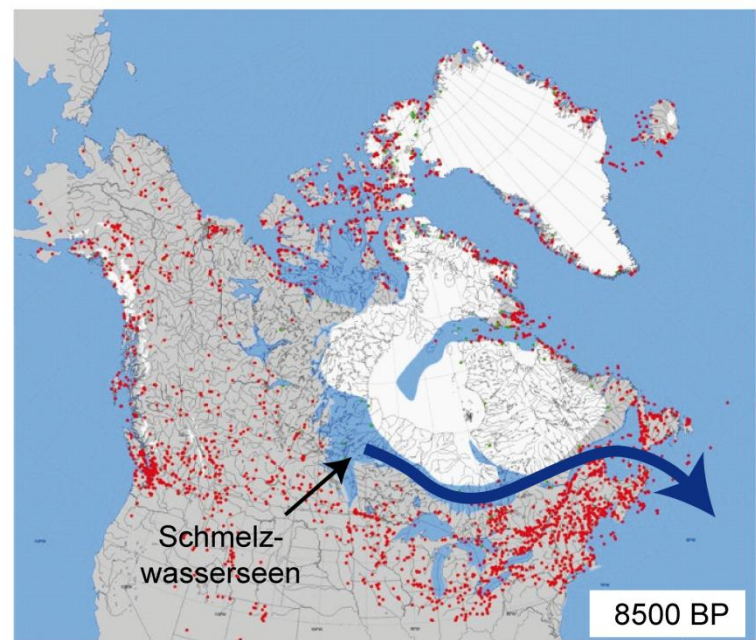
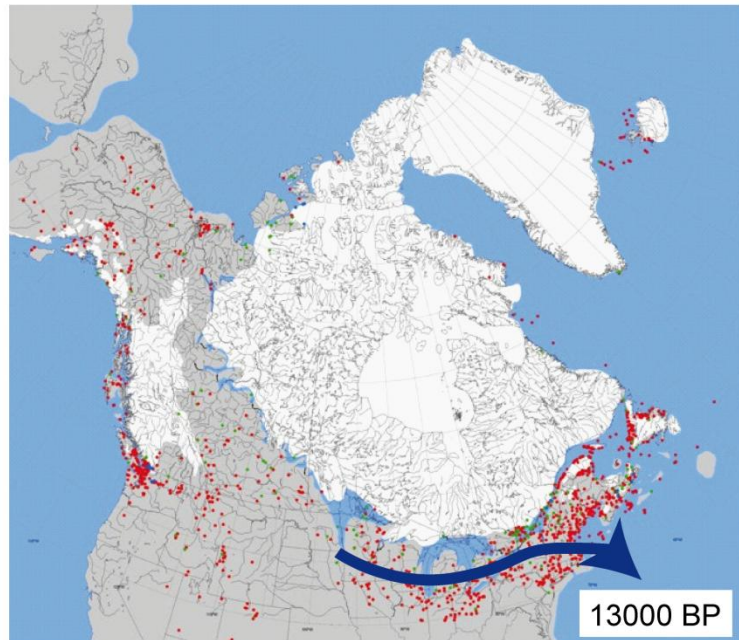
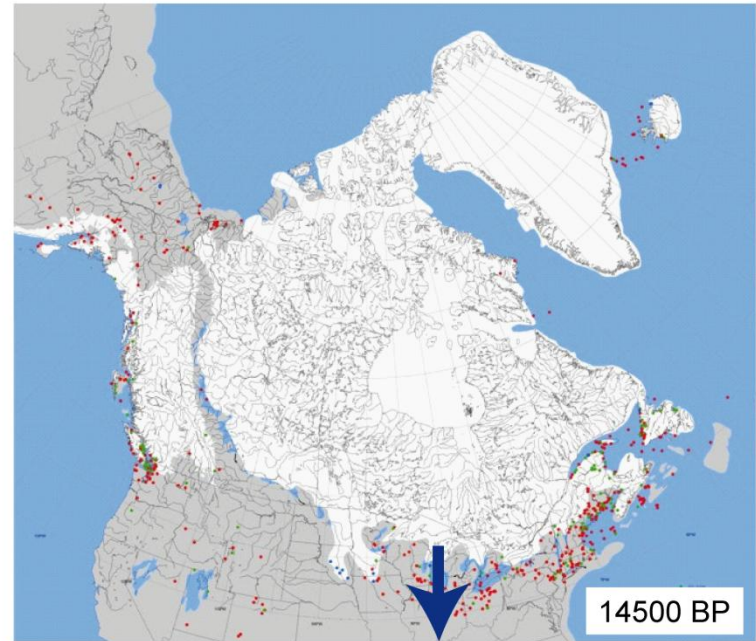
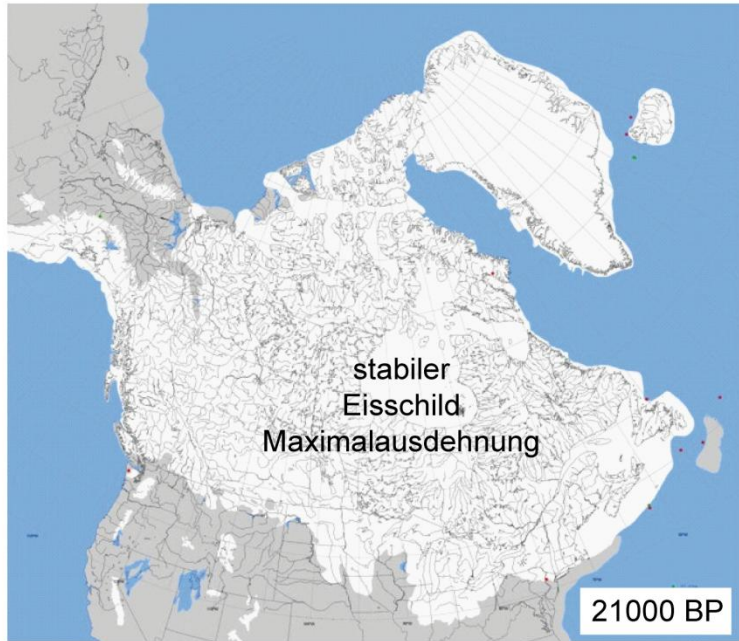


Abbildung aus: Sirocko (2009)



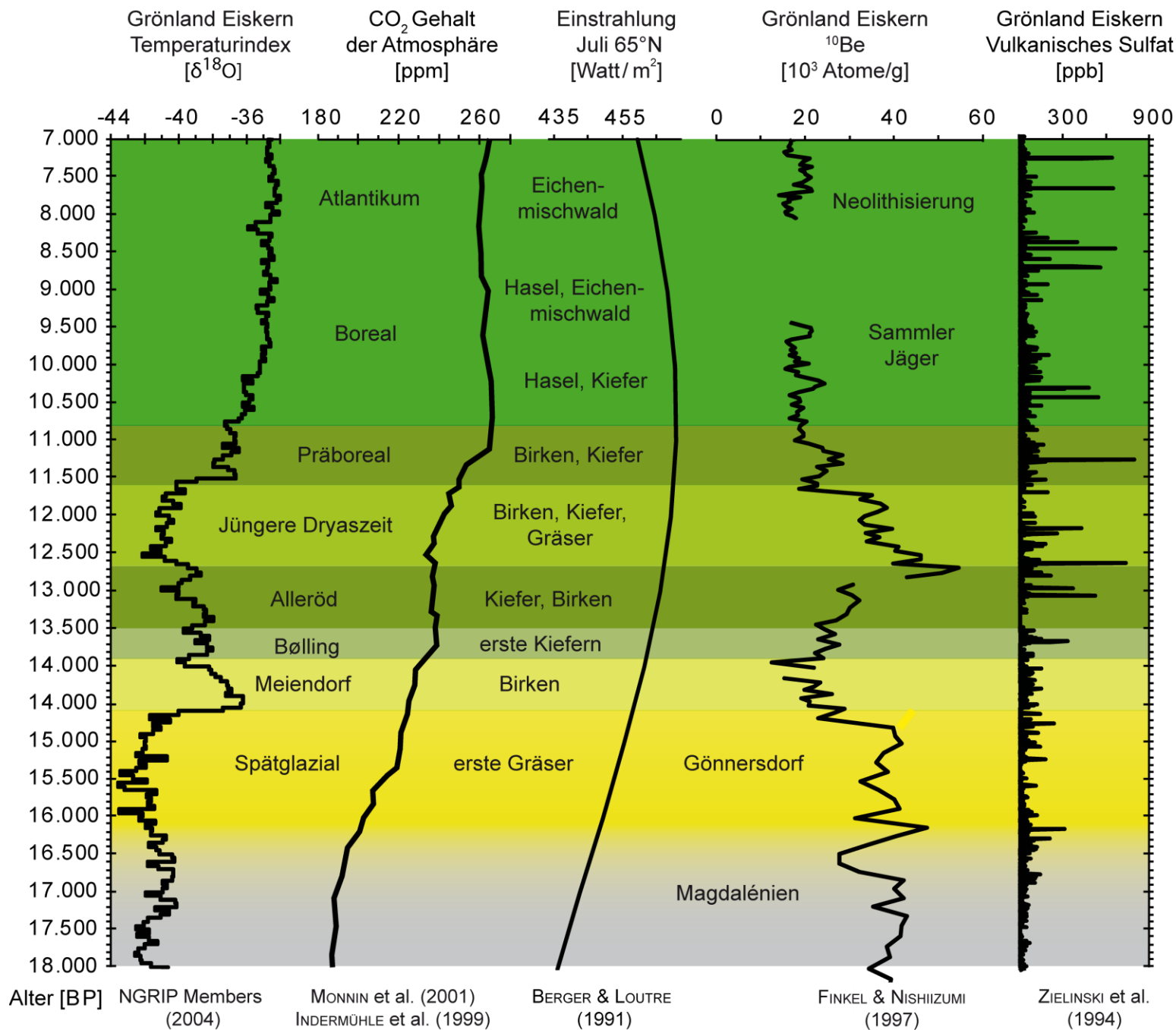
**Lössvorkommen**

- Löss < 5 m
- Löss < 2 m
- Sandiger Löss
- Löss-Derivate
- Löss und Lössderivate
- Alluvialer Löss
- Äolische Sande
- Löss-Mächtigkeit unklar

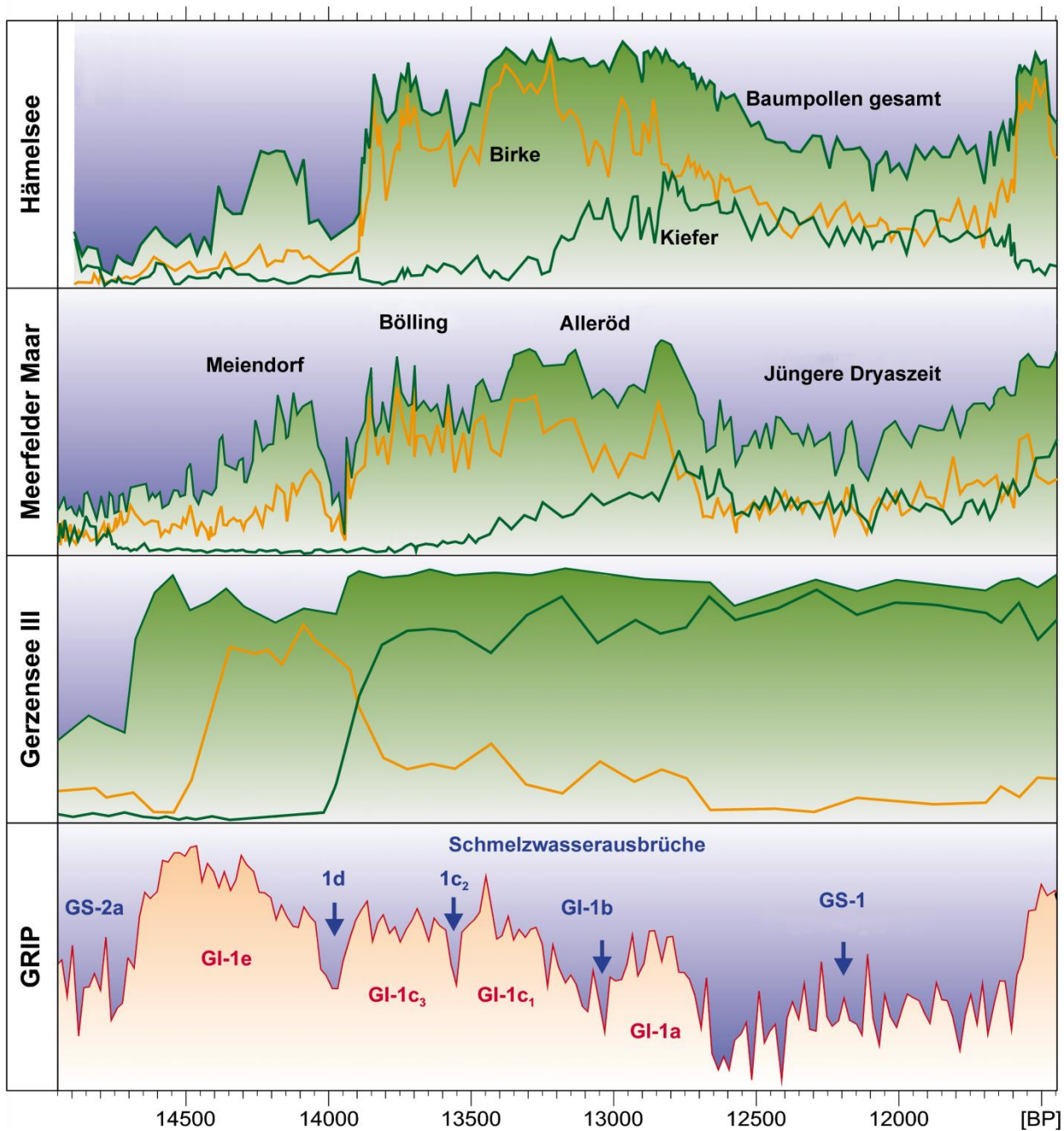


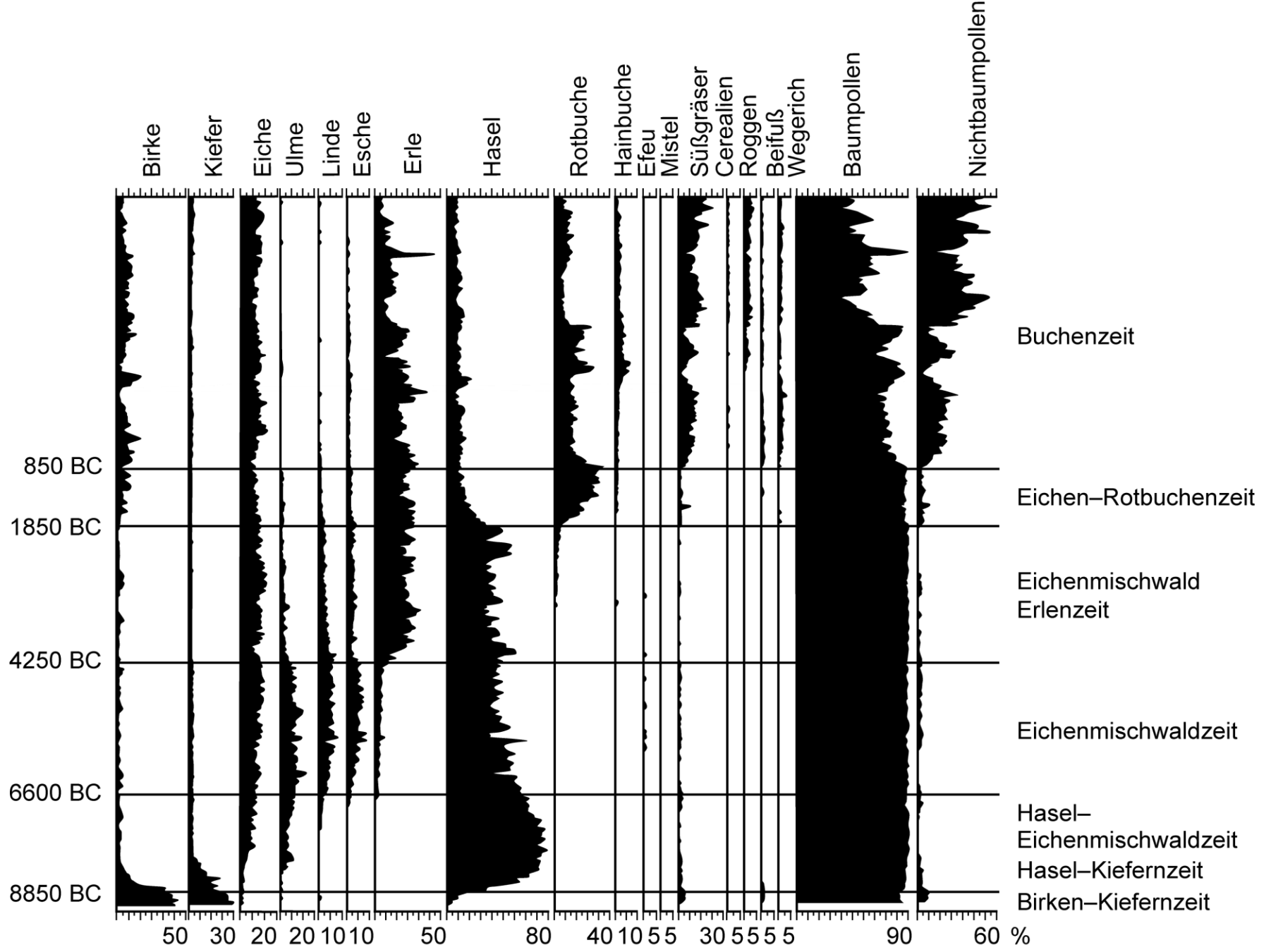
# 11. Stunde, Holozän

## Klima und Mensch

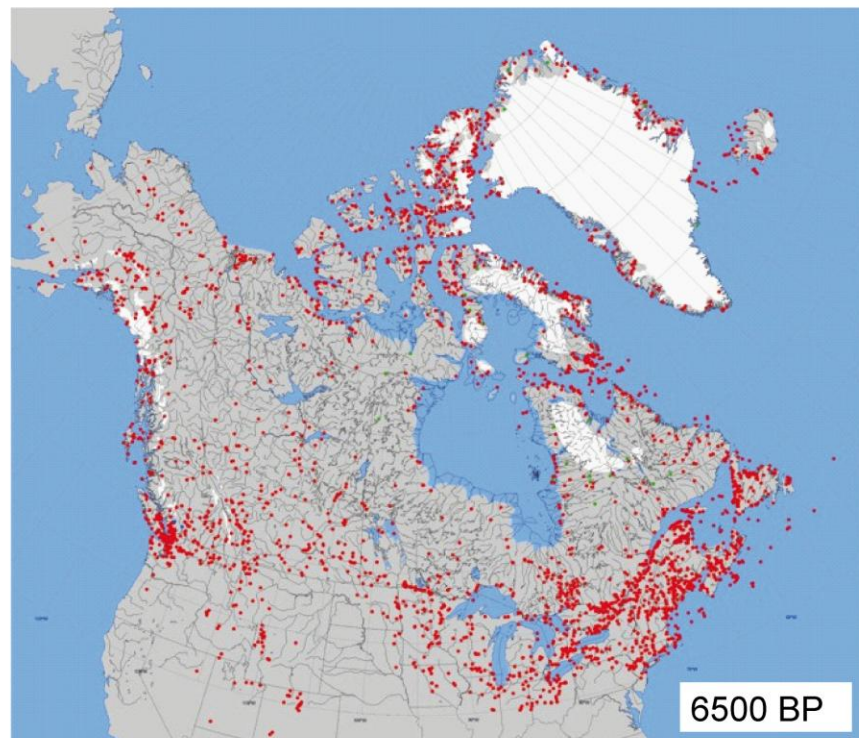
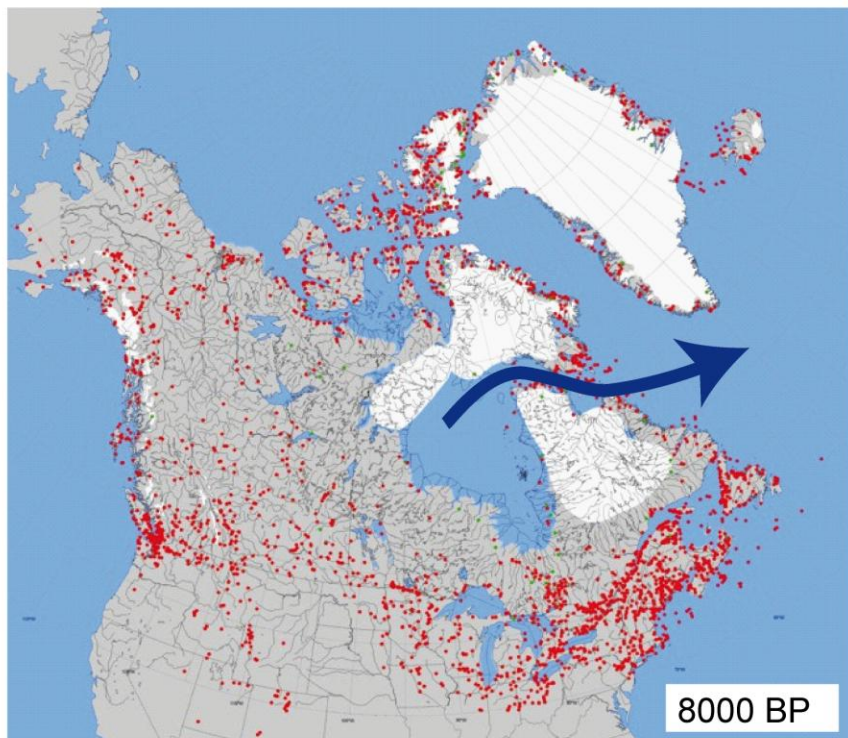


# Späteiszeitliche Wiederbewaldung

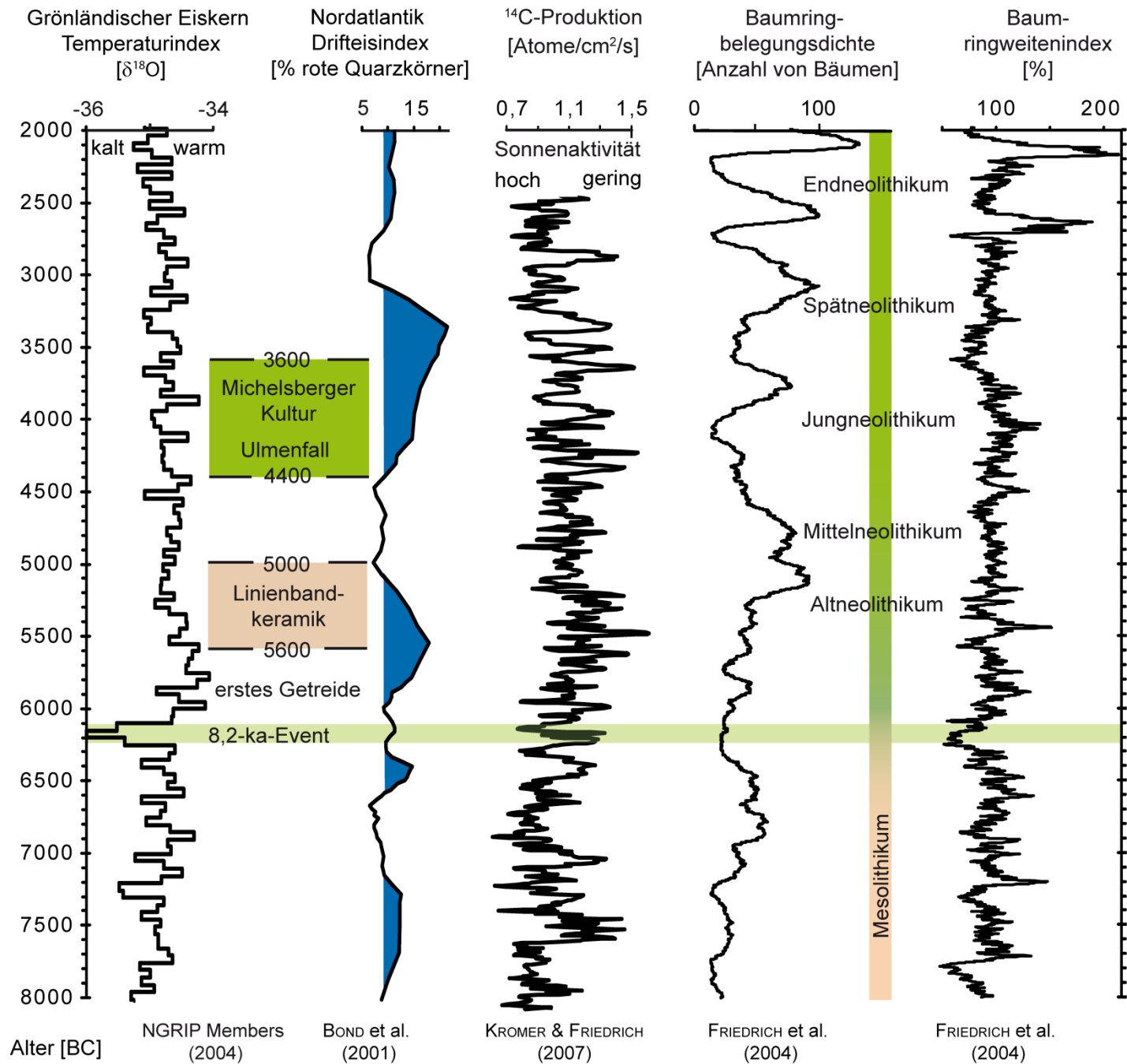


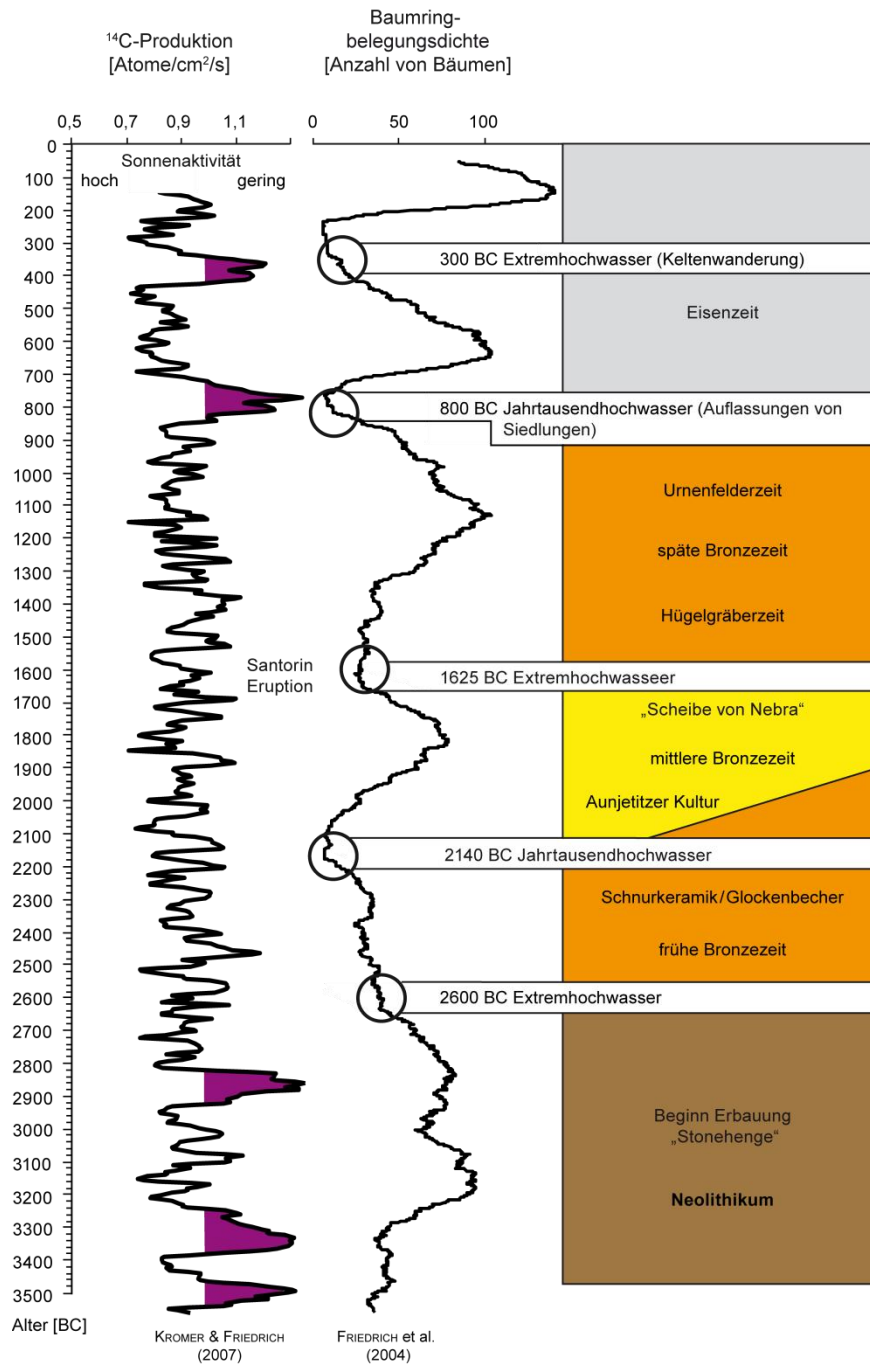




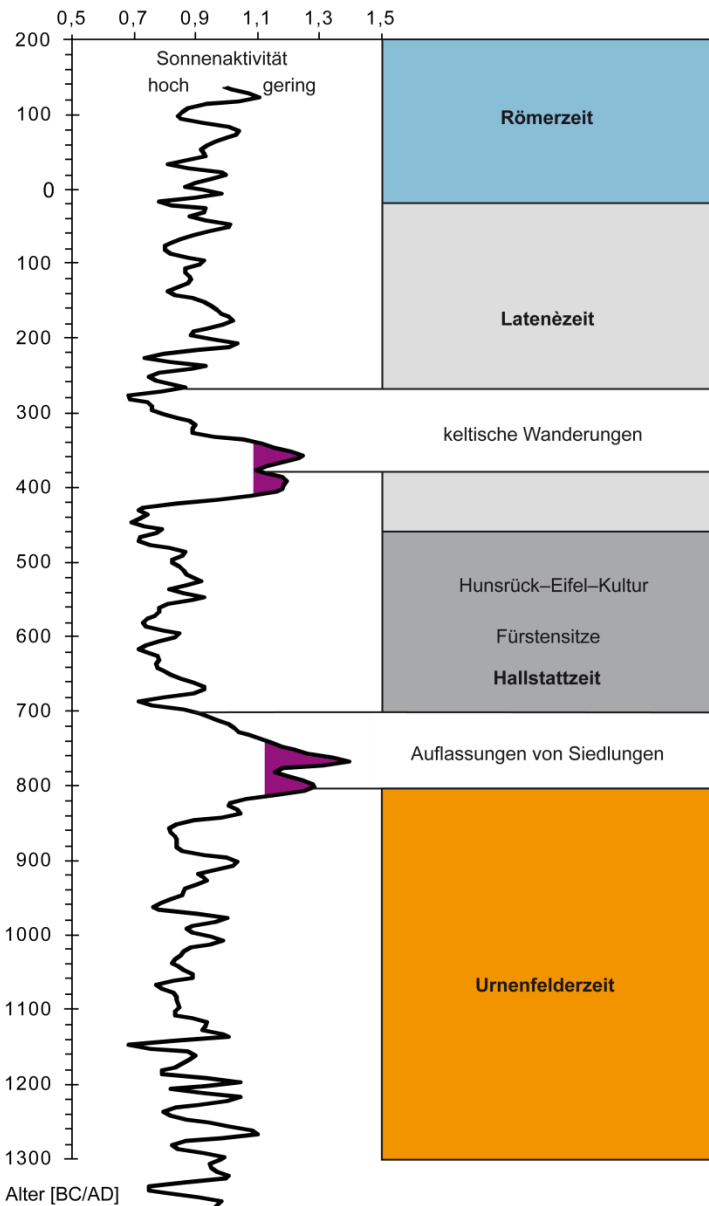


6000 BC



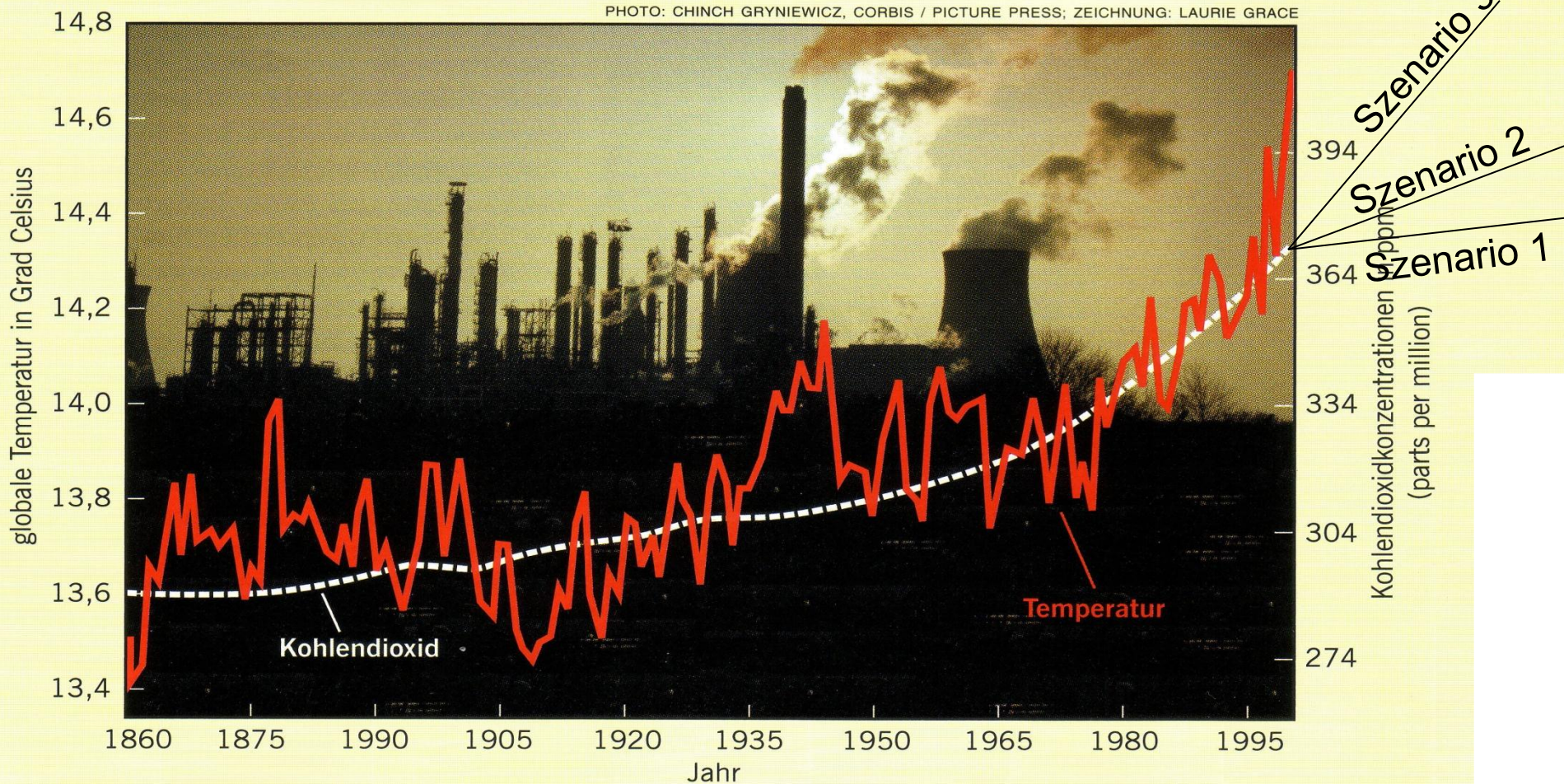


$^{14}\text{C}$ -Produktion  
[Atome/cm<sup>2</sup>/s]



# Globale Erderwärmung

## Die CO<sub>2</sub>-Konzentration und der Temperaturverlauf in 140 Jahren



# Erdoberflächentemperaturen der Zukunft (Jahresmittel)

2020 -2029

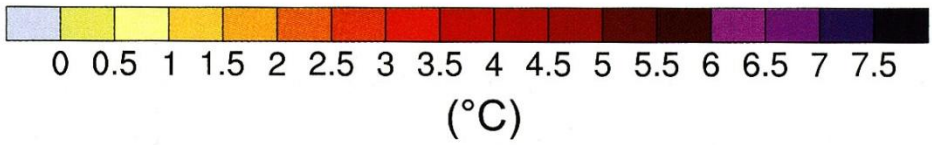
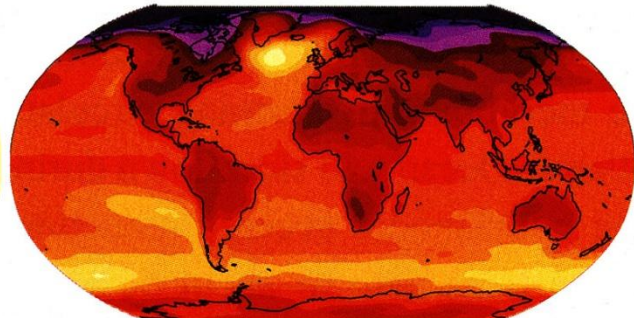
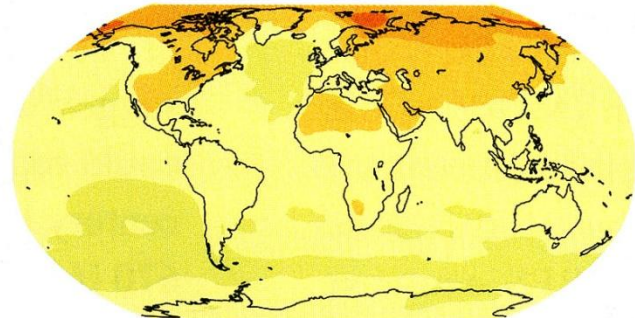
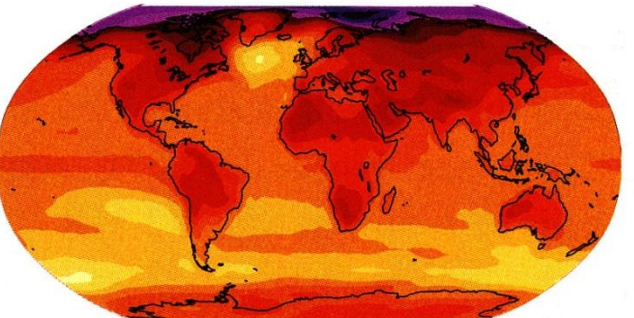
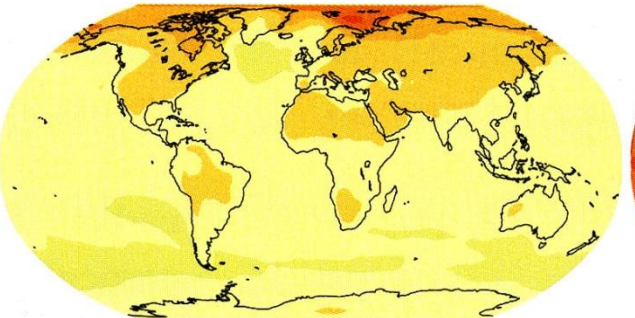
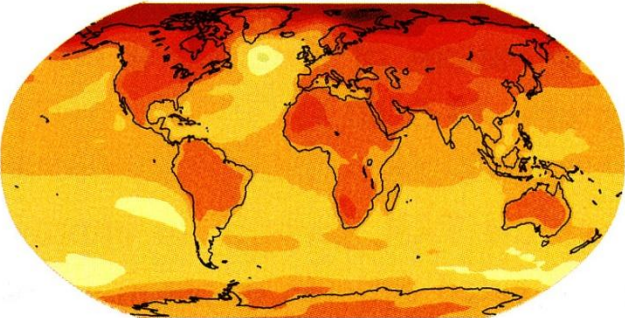
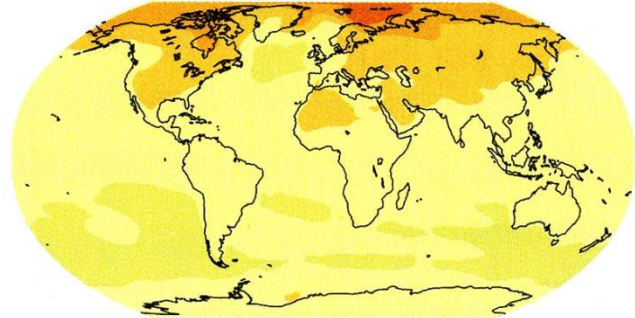
2090 -2099

Prognose mittels Klimamodellen

Szenario 1

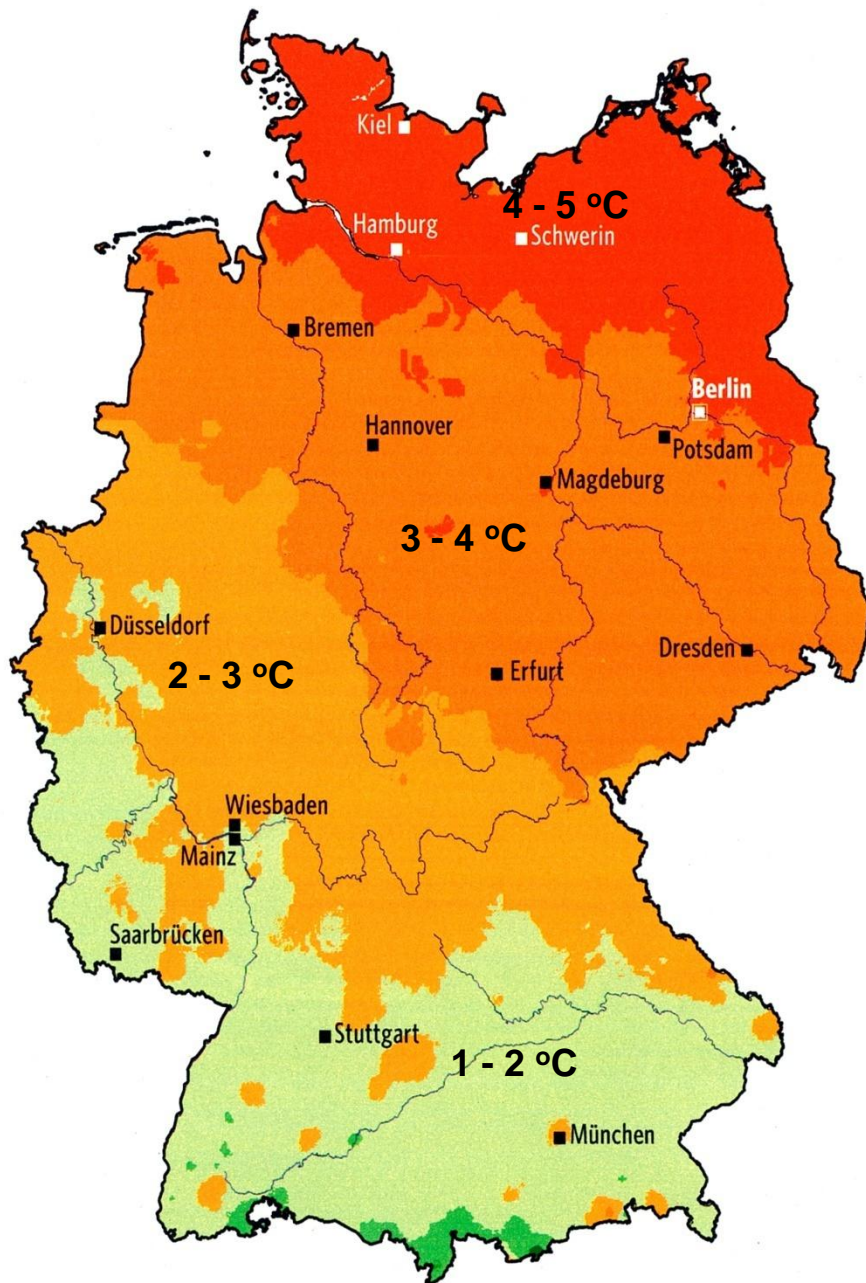
Szenario 2

Szenario 3



©IPCC 2007: WG1-AR4

# Regionale Erwärmung



Abweichung der 2006 Dezember-Temperaturen vom Mittelwert der Jahre 1977 -2006

Quelle:  
Stern Nr.6  
1.2.2007

