

Wo ist die Nordsee geblieben?

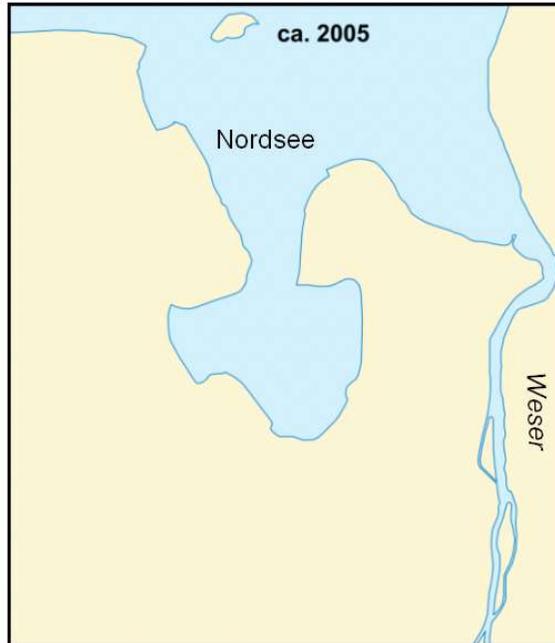
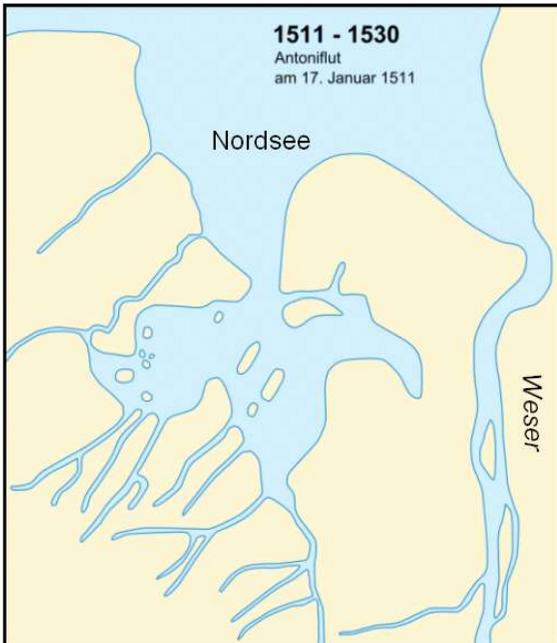
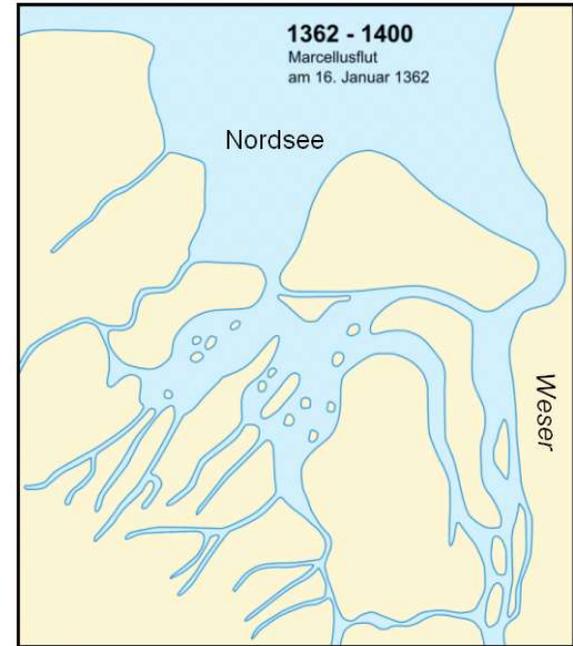
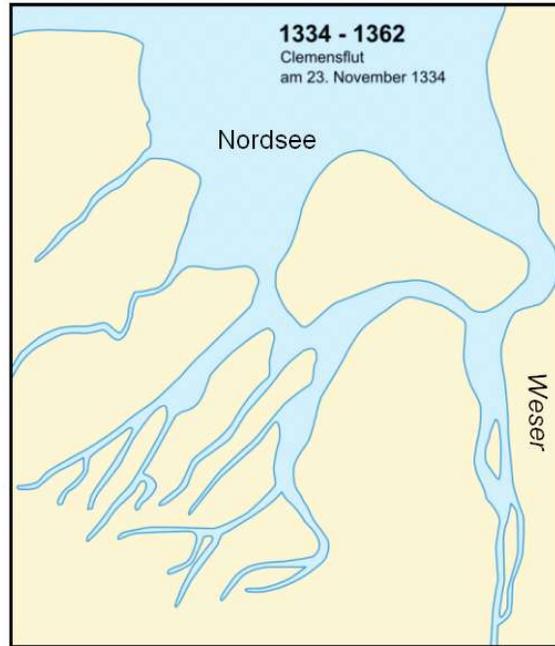
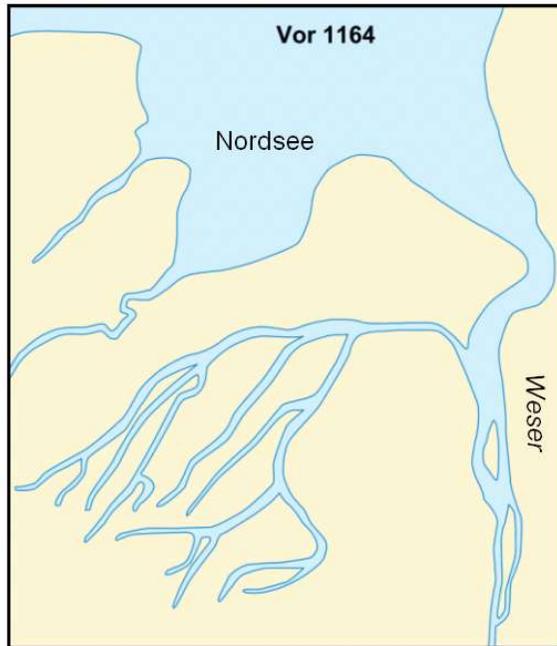
Ursachen und Folgen der Meeresspiegeländerungen von der Eiszeit bis heute

Annemiek Vink



Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover

Küstenwandel Jadebusen



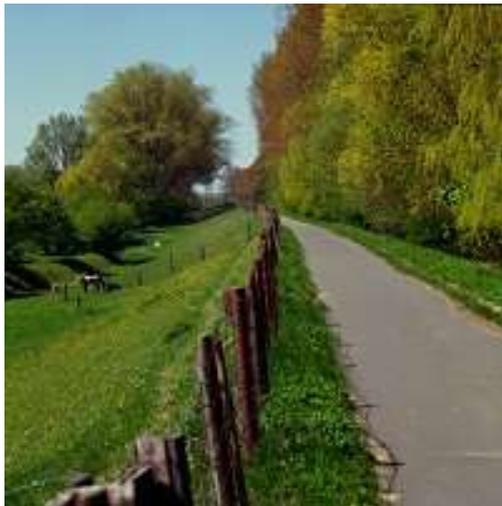
Quelle: Lencer (2008)

Küstenschutzmaßnahmen



Seedeich bei Büsum, Kreis Dithmarschen

Tetrapoden am Strand von Hörnum/Sylt



Deich Rüstringen



Küstenschutz Helgoland



Sturmflut 1962 in Hamburg



Überflutete Viertel und Fahrstraße nach dem Sturmflut 1962 (Hamburg-Wilhelmsburg)

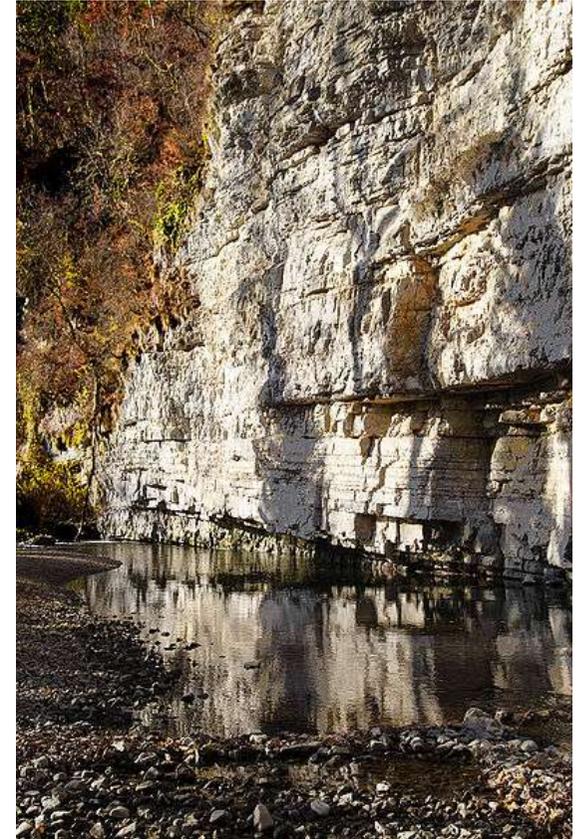
Meeresablagerungen am Land



Muschelbank in Westfalen (Oligozän;
ca. 30 Mio. Jahre Alt)



Massenkalk-Klippen im Rheinischen
Schiefergebirge (Devon; ca. 400
Mio. Jahre Alt)



Muschelkalk im Schwarzwald (Trias;
ca. 230 Mio. Jahre Alt)

Landablagerungen im Meer



Nordsee Torf auf -46 m NN (ca. 10 000 Jahre Alt)



Übergang Torf zu Strand auf -43 m NN (ca. 10 000 Jahre Alt)

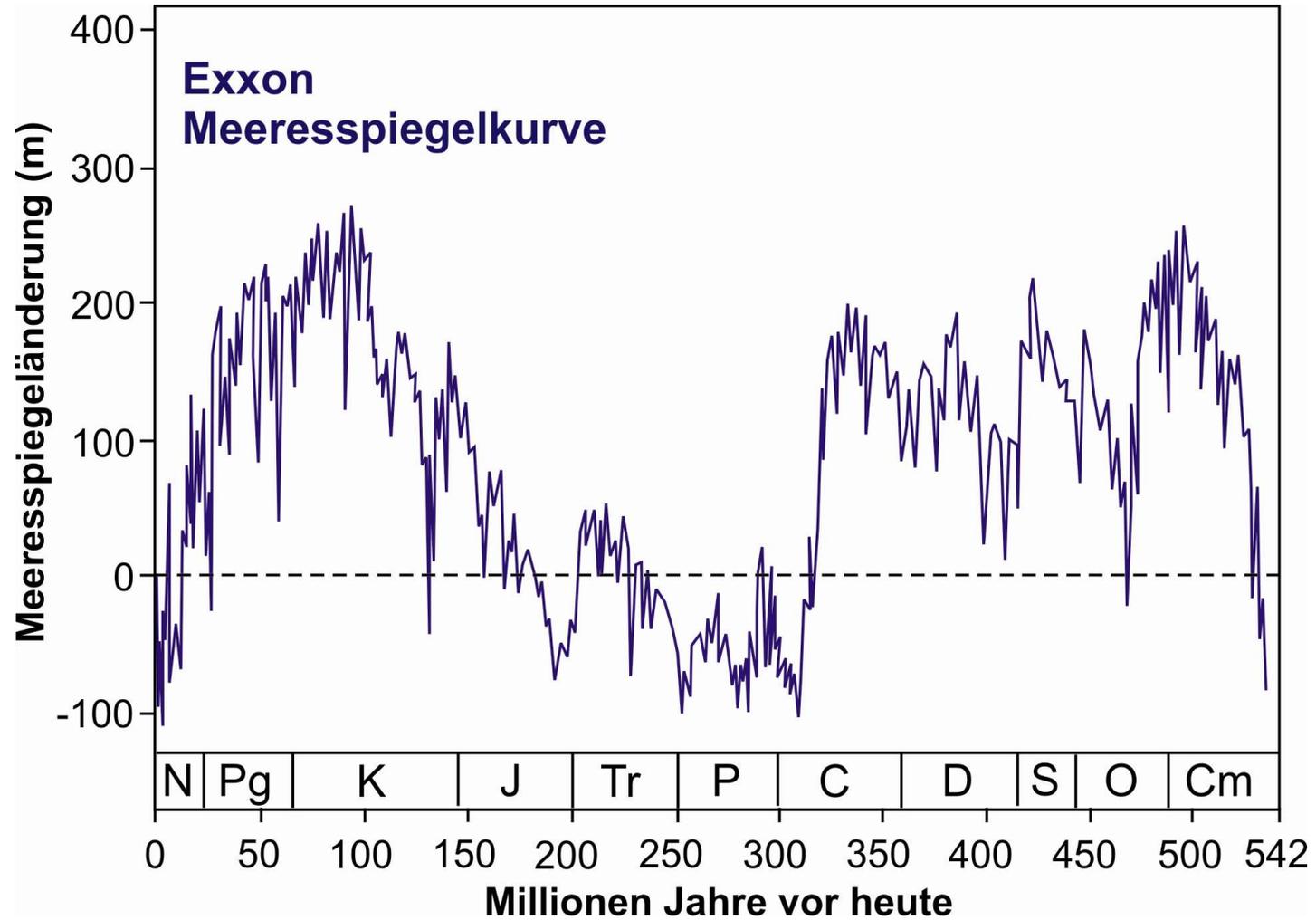


Seesedimente auf -30 m NN (ca. 8 000 Jahre Alt)

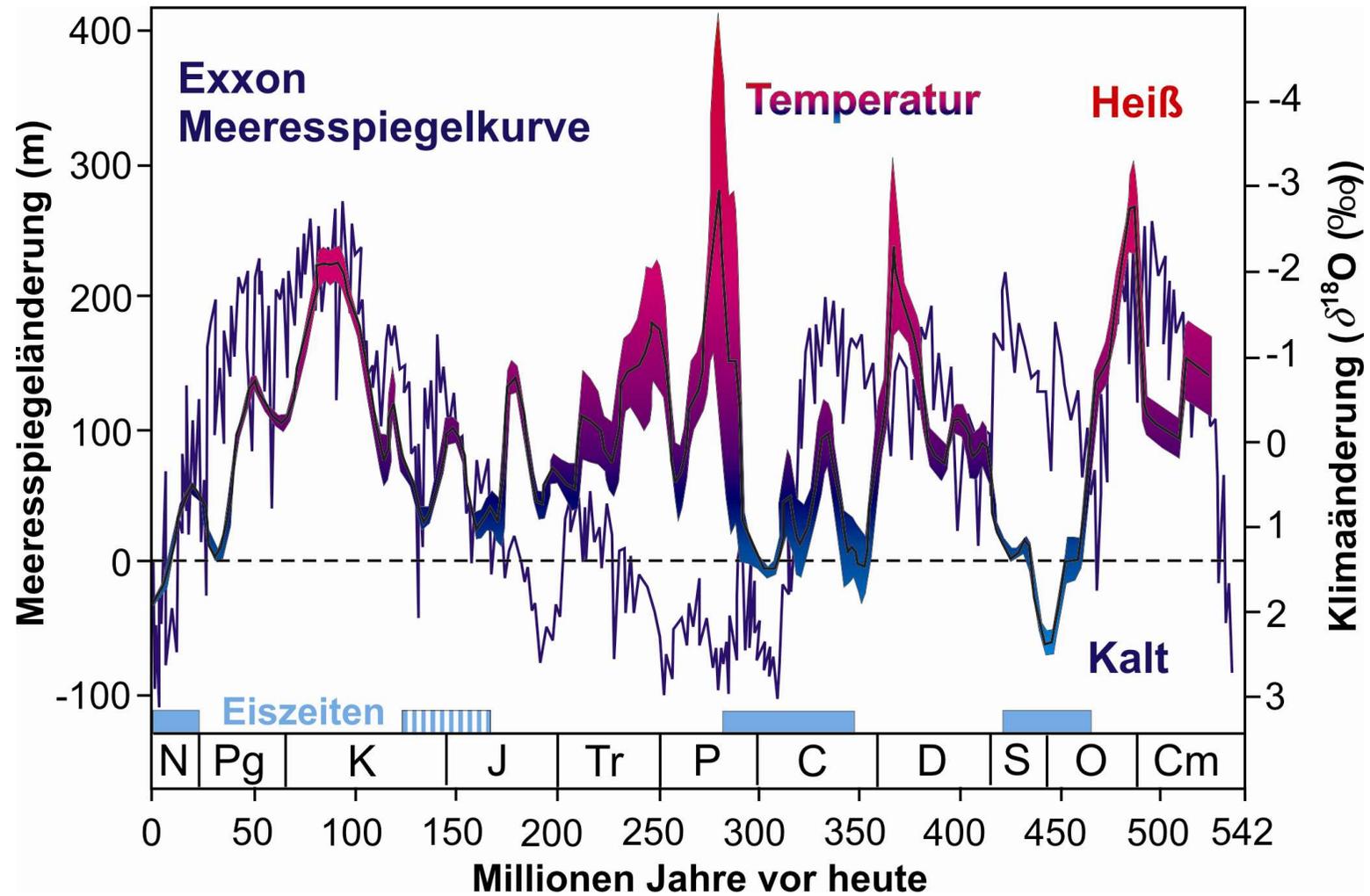


Flusssand mit Holz auf -30 m NN (ca. 100 000 Jahre Alt)

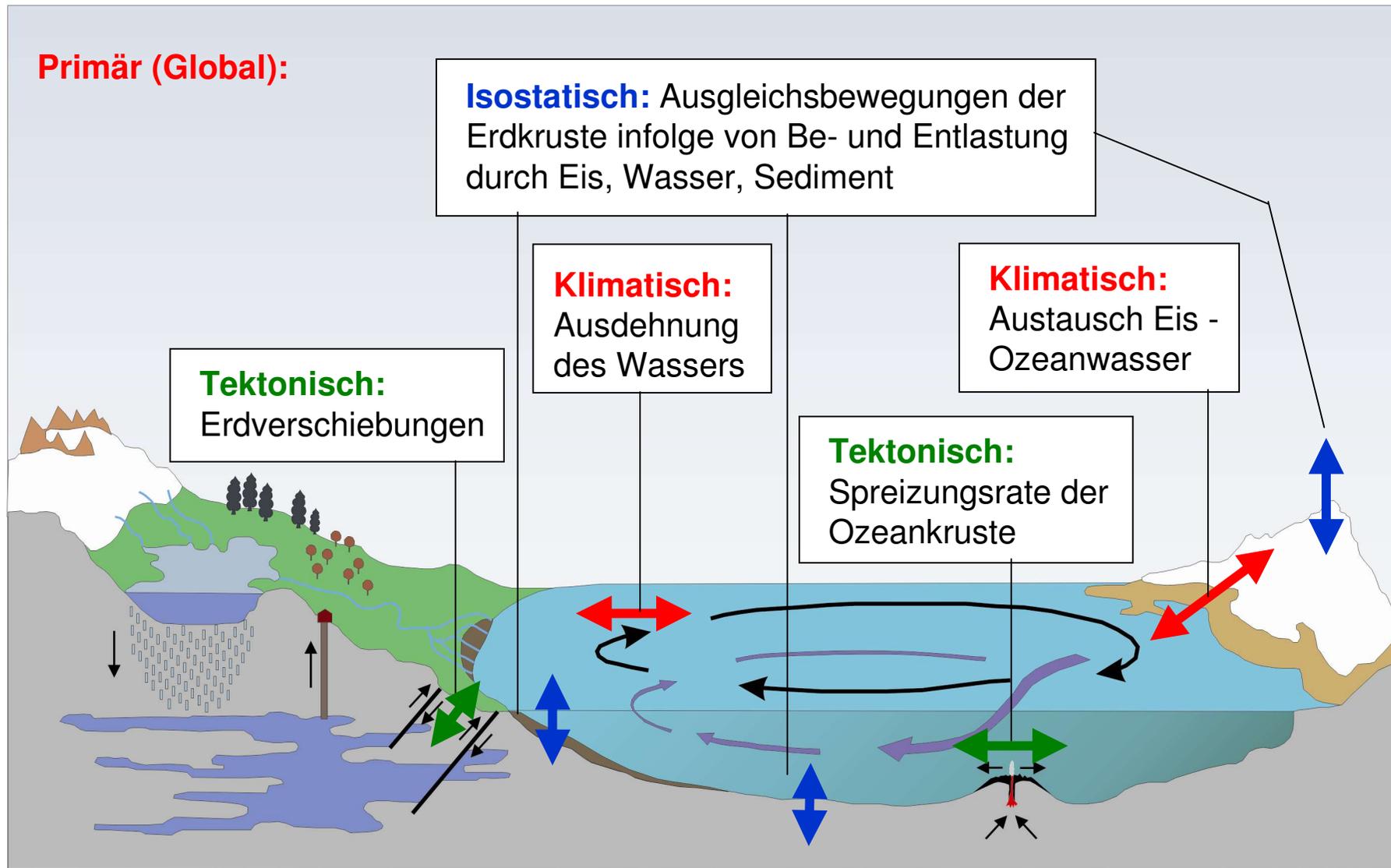
Globale Meeresspiegelschwankungen



Globale Meeresspiegelschwankungen



Ursachen von Meeresspiegeländerungen

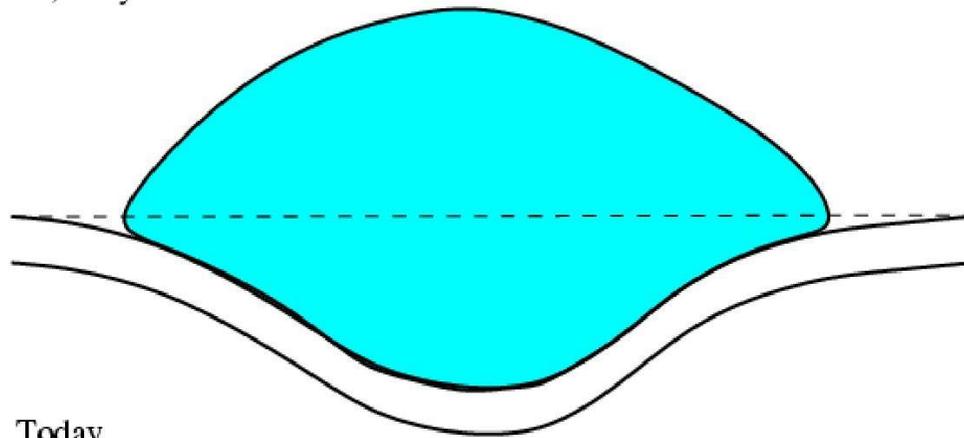


Isostatische Ausgleichsbewegungen

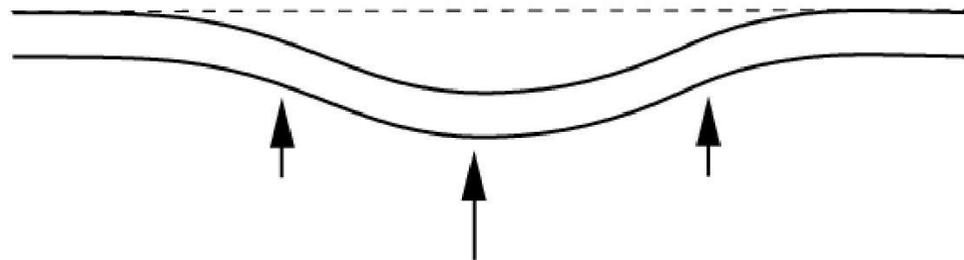
120,000 years BP



21,000 years BP

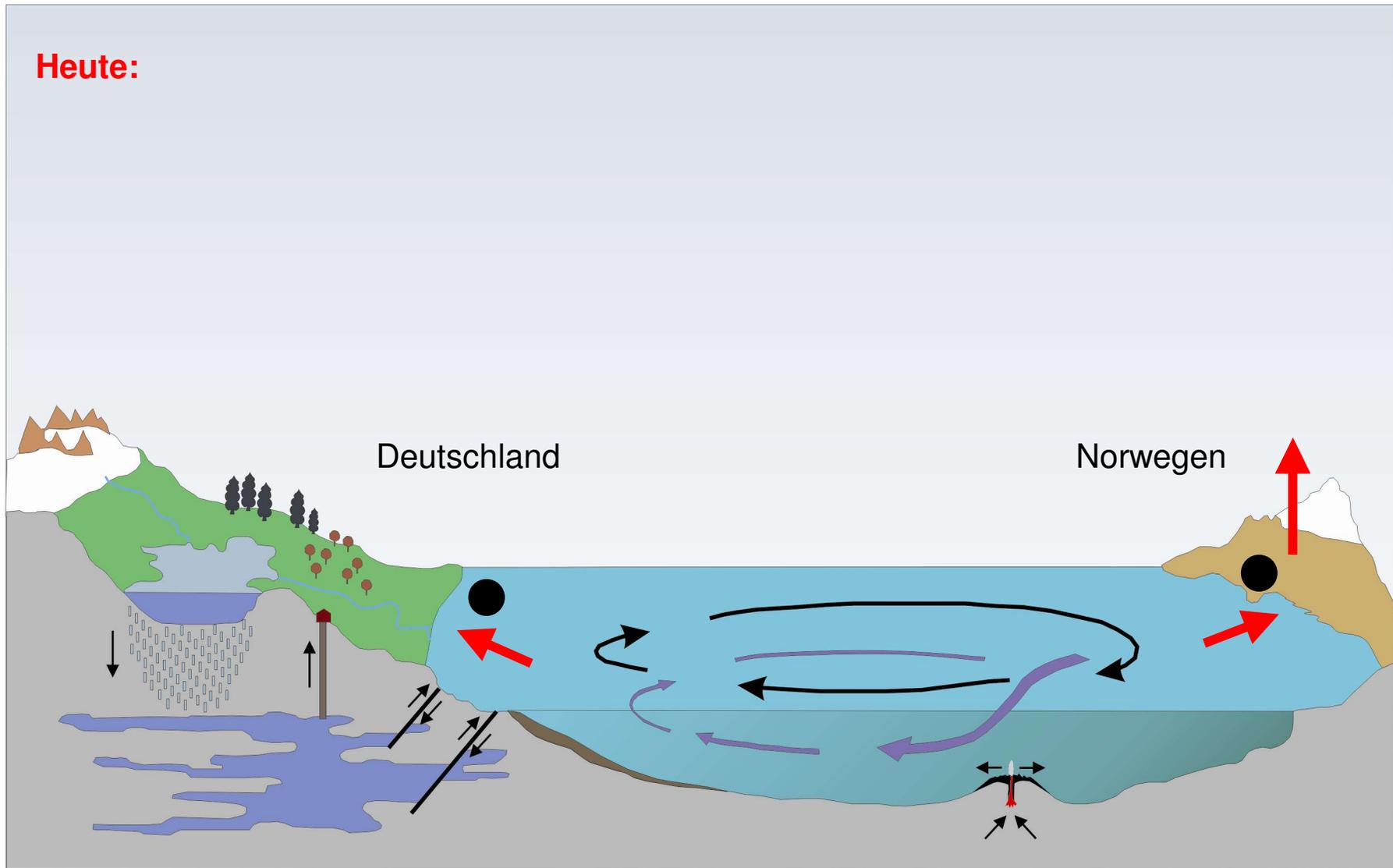


Today



Ursachen von Meeresspiegeländerungen

Heute:



Ursachen von Meeresspiegeländerungen

Sekundär (Lokal):

Wasserhaushalt:

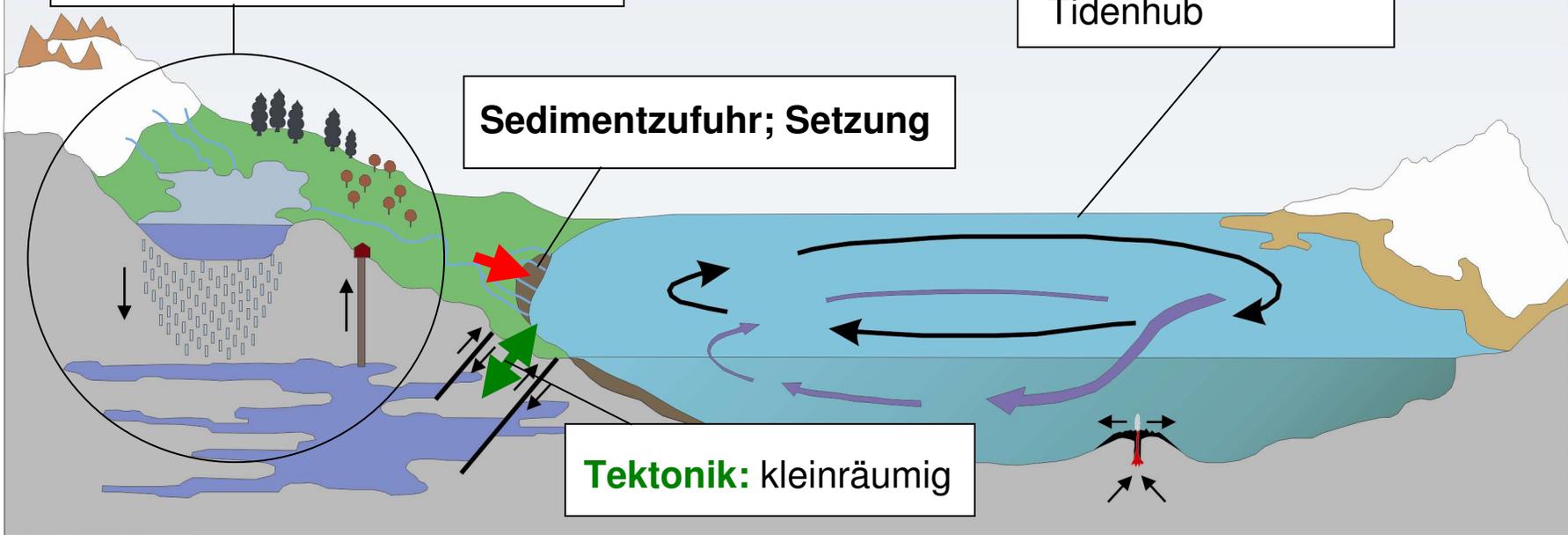
Zwischenspeicherung in Seen,
Flussverlauf,
Grundwasserentnahme

Topographie der dynamischen Ozeanoberfläche:

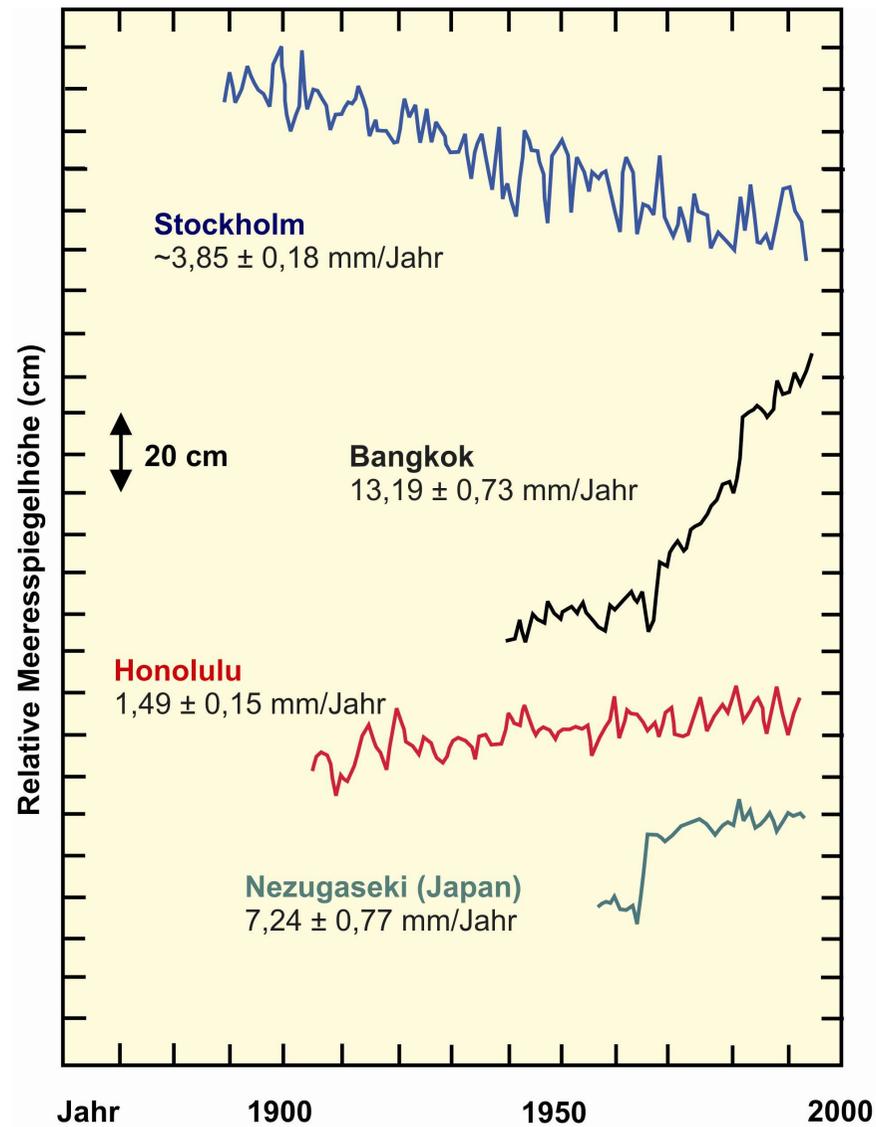
Ozeanzirkulation,
Wind,
Sturmflut,
Tidenhub

Sedimentzufuhr; Setzung

Tektonik: kleinräumig

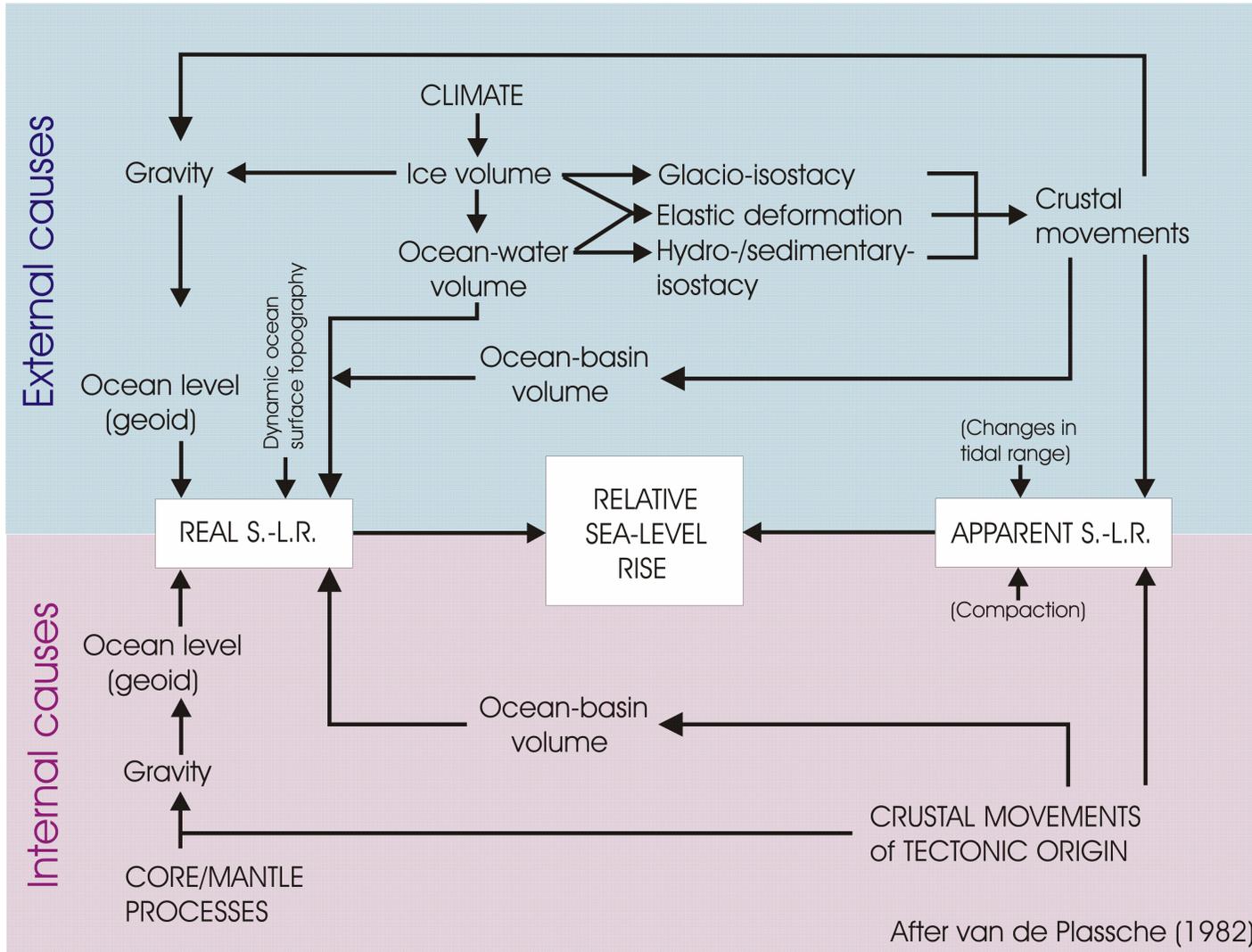


Pegelmessungen Weltweit



Quelle: IPCC (1996)

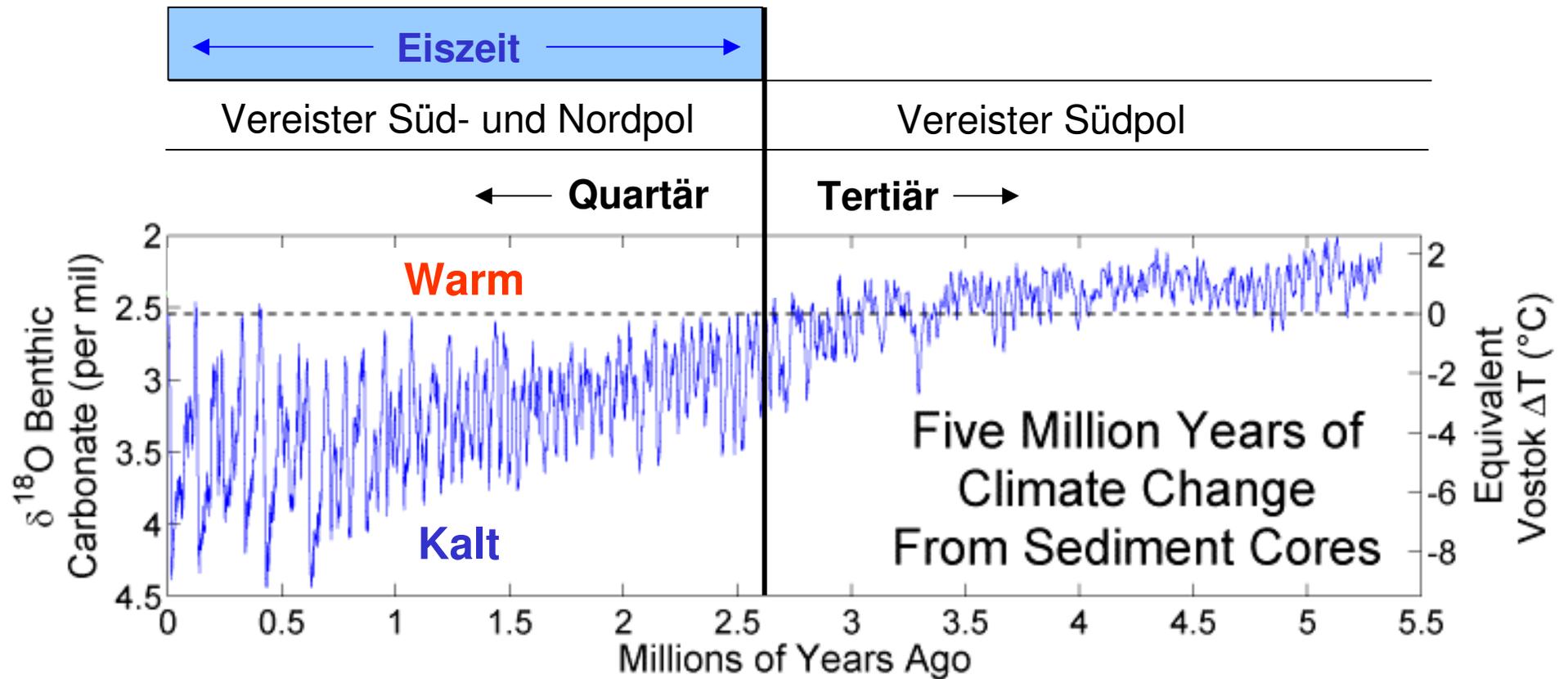
Zusammenfassung der Ursachen



Quelle: van de Plassche (1982)

$$\Delta\xi_{\text{rsl}}(t, \varphi) = \Delta\xi_{\text{eus}}(t) + \Delta\xi_{\text{tec}}(t, \varphi) + \Delta\xi_{\text{iso}}(t, \varphi) + \Delta\xi_{\text{local}}(t, \varphi)$$

Rekonstruktion des globalen Temperaturverlaufs



Quelle: Lisiecki und Raymo (2005)

Quartärstratigraphie Niedersachsens

Zeitschnitte		Ereignisse und Prozesse	Ablagerungen, Böden, Strukturen																						
Holozän	Beginn vor 11 560 Jahren, dauert noch an	Meeresspiegelanstieg und Meeresspiegelaufstaus	Meeres- und Brackwasserablagerungen, Muds, Torf, Dünen, Aulsehm																						
	<table border="1"> <tr><td>Jüngere Tundrenzzeit</td><td>12 700-11 560 cal J.v.h.</td></tr> <tr><td>Alleröd-Interstadial</td><td>13 350-12 700 cal J.v.h.</td></tr> <tr><td>Ältere Tundrenzzeit</td><td>13 460-13 350 cal J.v.h.</td></tr> <tr><td>Bölling-Interstadial</td><td>13 730-13 460 cal J.v.h.</td></tr> <tr><td>Älteste Tundrenzzeit</td><td>13 860-13 730 cal J.v.h.</td></tr> <tr><td>Meindorf-Intervall</td><td>14 500-13 860 cal J.v.h.</td></tr> </table>	Jüngere Tundrenzzeit	12 700-11 560 cal J.v.h.	Alleröd-Interstadial	13 350-12 700 cal J.v.h.	Ältere Tundrenzzeit	13 460-13 350 cal J.v.h.	Bölling-Interstadial	13 730-13 460 cal J.v.h.	Älteste Tundrenzzeit	13 860-13 730 cal J.v.h.	Meindorf-Intervall	14 500-13 860 cal J.v.h.	12 900 cal J.v.h. Ausbruch des Laacher See-Vulkans, Eifel Meeresspiegelanstieg, Sedimentation in Binnenseen, Moorwachstum -14 500 cal J.v.h. Norddeutschland wird endgültig eisfrei	Flugsand, Froststrukturen Laacher See-Tuff, Uselo-Böden Flugsand, Eiskeilstrukturen Torf, Muds										
Jüngere Tundrenzzeit	12 700-11 560 cal J.v.h.																								
Alleröd-Interstadial	13 350-12 700 cal J.v.h.																								
Ältere Tundrenzzeit	13 460-13 350 cal J.v.h.																								
Bölling-Interstadial	13 730-13 460 cal J.v.h.																								
Älteste Tundrenzzeit	13 860-13 730 cal J.v.h.																								
Meindorf-Intervall	14 500-13 860 cal J.v.h.																								
Ober-Pleistozän	Weichsel-Kaltzeit	Phase extremer Abkühlung 22 000-18 000 J.v.h.	3. Mecklenburger Vorstoß 2. Pommerischer Vorstoß 1. Brandenburger Vorstoß bis südlich von Berlin und nach Schleswig-Holstein. Meeresspiegelabsenkung auf -130 m	Schmelzwasserablagerungen (Sand, Kies) Löss Flussablagerungen																					
		<table border="1"> <tr><td>Denekamp-Intervall</td><td>32 000-28 000 J.v.h.</td></tr> <tr><td>Hengelo-Intervall</td><td>35 700-36 900 J.v.h.</td></tr> <tr><td>Moershoofd-Intervall-Komplex</td><td></td></tr> <tr><td>Glindé-Intervall</td><td>51 000-48 000 J.v.h.</td></tr> <tr><td>Eberadorf-Intervall</td><td></td></tr> <tr><td>Oriei-Intervall</td><td>57 700-55 400 J.v.h.</td></tr> <tr><td>Schalholz-Intervall</td><td></td></tr> <tr><td>Odörsde-Intervall</td><td>um 74 000 J.v.h.</td></tr> <tr><td>Rodertal-Intervall</td><td></td></tr> <tr><td>Brörup-Intervall</td><td></td></tr> <tr><td>Herning-Intervall</td><td></td></tr> </table>	Denekamp-Intervall	32 000-28 000 J.v.h.	Hengelo-Intervall	35 700-36 900 J.v.h.	Moershoofd-Intervall-Komplex		Glindé-Intervall	51 000-48 000 J.v.h.	Eberadorf-Intervall		Oriei-Intervall	57 700-55 400 J.v.h.	Schalholz-Intervall		Odörsde-Intervall	um 74 000 J.v.h.	Rodertal-Intervall		Brörup-Intervall		Herning-Intervall		Zyklischer Klimawechsel zwischen Stadialen (kalt, Permafrost) mit mineralischen Ablagerungen und Interstadialen (temperiert) bzw. Intervallen mit organischen Ablagerungen in Binnenseen, Moorwachstum. Meeresspiegelabsenkung auf -30 m und tiefer
	Denekamp-Intervall	32 000-28 000 J.v.h.																							
	Hengelo-Intervall	35 700-36 900 J.v.h.																							
Moershoofd-Intervall-Komplex																									
Glindé-Intervall	51 000-48 000 J.v.h.																								
Eberadorf-Intervall																									
Oriei-Intervall	57 700-55 400 J.v.h.																								
Schalholz-Intervall																									
Odörsde-Intervall	um 74 000 J.v.h.																								
Rodertal-Intervall																									
Brörup-Intervall																									
Herning-Intervall																									
Eem-Warmzeit	Dauer 11 000 Jahre; zwischen 128 000 und 117 000 J.v.h.	Meeresspiegelaufstaus des Eem-Meeres Sedimentation in Binnenseen, Moorwachstum, Bodenbildung	Meeres- und Brackwasserablagerungen Muds Kieslgur Torf																						
Mitte-Pleistozän	Saale-Komplex	Warthe-Stadium	Jüngere Drenthe	Löss Schmelzwasserablagerungen (Sand, Kies)																					
		Drenthe-Stadium	Haupt Drenthe																						
	Dömnitz-Warmzeit (= Wacken, Schönningen, Hoogeveen) Fuhne-Kaltzeit	Dauer 16 000 Jahre; zwischen 335 000 und 300 000 J.v.h.	Meeresspiegelabsenkung Meeresspiegelanstieg, Moorwachstum, Bodenbildung Meeresspiegelabsenkung	Muds Kieslgur Torf																					
	Elster-Kaltzeit	Elster-Kaltzeit sensu stricto Gelkenbach-Interstadial Roter Ton von Billehausen	Meeresspiegelhochstand des Hildesheimer Meeres Sedimentation in Binnenseen, Moorwachstum, Bodenbildung Zwei Eisvorstöße drängen bis in den Randbereich der norddeutschen Mittelgebirge vor. Zeitweilig breitet sich das skandinavische Eis über die südliche Nordsee bis an die englische Ostküste aus. Unter dem Eis abfließendes Schmelzwasser erodiert tiefe Rinnen in den Untergrund	Meeres- und Brackwasserablagerungen Muds Kieslgur Torf																					
Cromer-Komplex	Ruhme-Warmzeit (= Kärlich, Noordbergum) Dauer ~25 000 Jahre; zwischen 425 000 und 385 000 J.v.h. Kaltzeit (Glazial C) Rosmalen-Warmzeit Kaltzeit (Glazial B) Hunteburg-Warmzeit (= Harreskov, Westerhoven) Kaltzeit (Glazial A) Osterholz-Warmzeit (= Sohlingen, Waardenburg)	Meeresspiegelabsenkung -400 000 J.v.h. Ausbruch des Vulkans von Kärlich, Eifel Gebirgs- und Gletscher in Skandinavien, keine Eisvorstöße bis nach Norddeutschland, in kalten Phasen wiederholt Permafrost	Meeresablagerungen Muds Löss in den Kaltzeiten Flussablagerungen																						
	Bavel-Komplex Leerdam-Warmzeit (= Pirneberg) Länge-Kaltzeit (= Seih) Bavel-Warmzeit (= Uelsen, Marfelen)	Umschlagen des Erdmagnetfeldes Langsames tektonisches Absinken des Nordseebeckens, Auffüllung durch Fluss- und Deltaablagerungen	In der Nordsee Deltaablagerungen (Sand, Schluff, Ton) und Torf Mehrere Generationen von Eiskeilstrukturen	"Hochterrasse-Komplex" Mindestens 7 Terrassenkörper (Schluff, Sand, Kies, Steine)																					
	Menap-Komplex Waal-Komplex Eburon-Komplex Tegelen-Komplex Prätogelen-Komplex	- 1,2 bzw. 1,0 Mio. J.v.h. - 2,0 und - 1,8 Mio. J.v.h. Beginn 2,6 Mio. J.v.h.	Meeresvorstoß bis ins südliche Nordseebecken Zwei Meeresvorstöße ins südliche Nordseebecken bzw. bis in die Niederlande	Meeresablagerungen Meeresablagerungen																					

>20 warm-kalt Zyklen in den letzten 2,6 Mio. Jahren

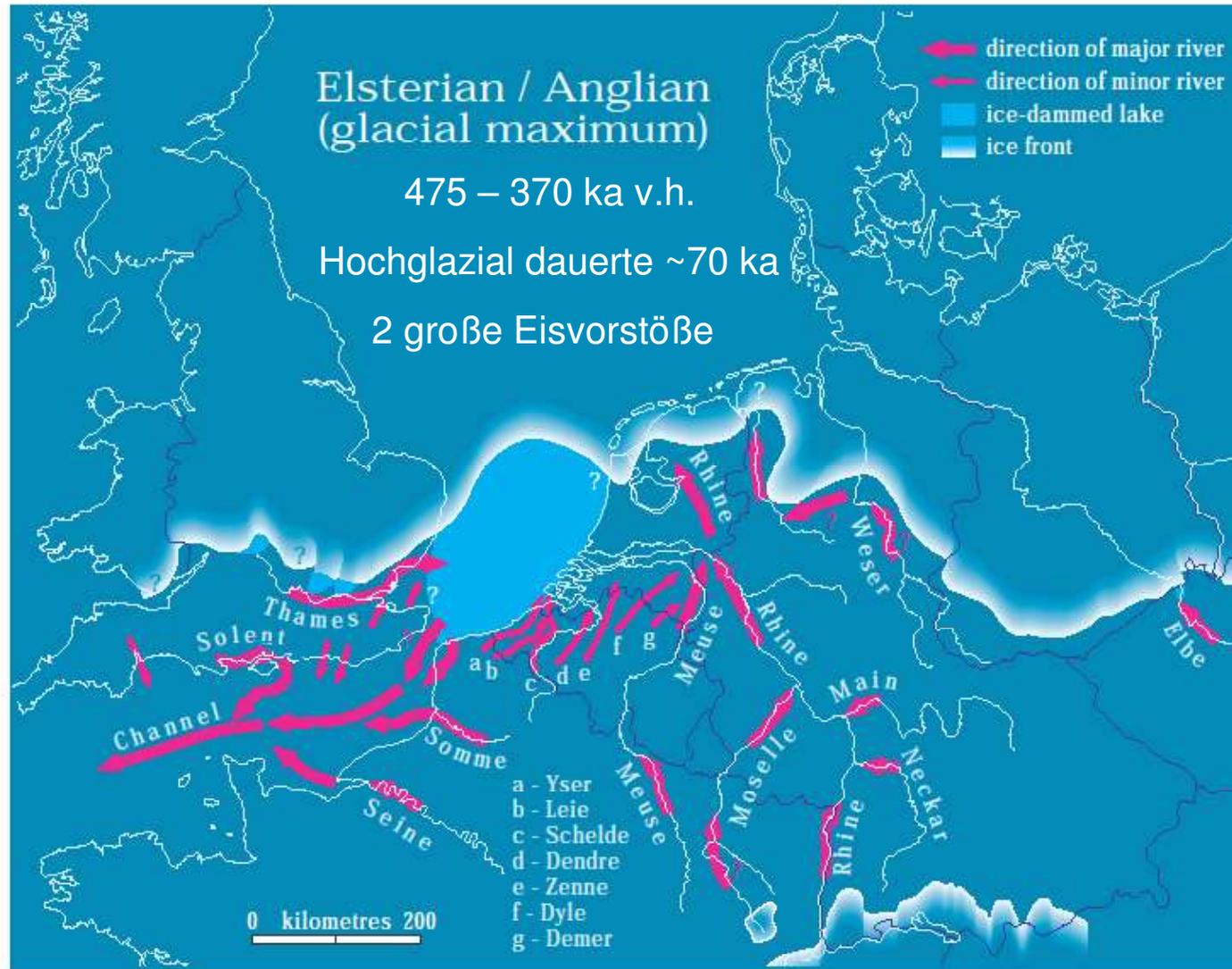
Das Quartär in Niedersachsen und benachbarten Gebieten - Gliederung, geologische Prozesse, Ablagerungen und Landschaftsformen. STREIF, H. mit Beiträgen von: CASPERS, G., FREUND, H., GEYH, M.A., KLEINMANN, A., MERKT, J., MEYER, K.-D., MÜLLER, H., ROHDE, P. & SCHWARZ, C. Aktualisiert nach LITT et al. (2005, 2007) Stand: 01. August 2007



Quelle: LBEG

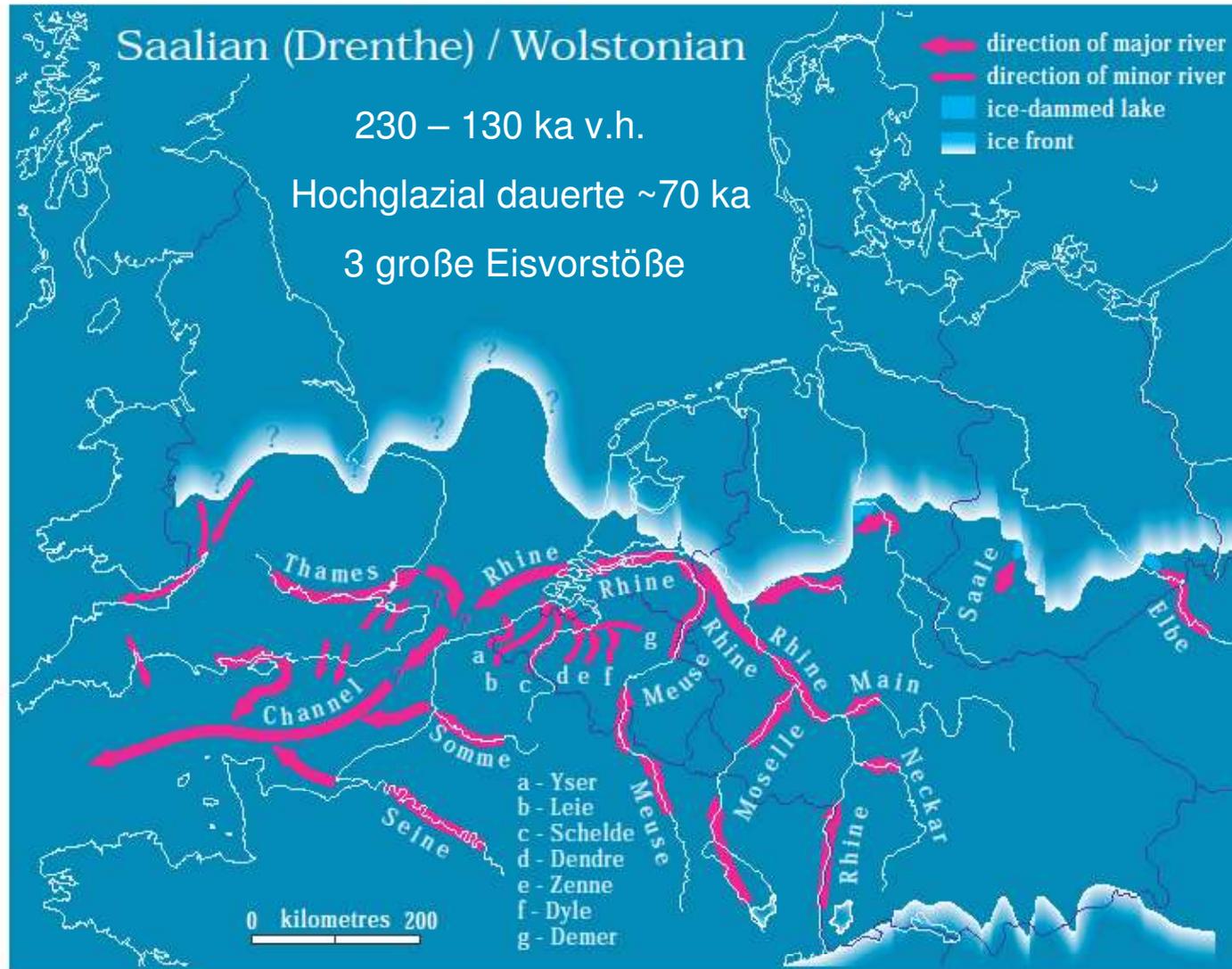


Maximale Ausdehnung des Eises: Elsterkaltzeit



Quelle: Gibbard (2002)

Maximale Ausdehnung des Eises: Saalekaltzeit



Quelle: Gibbard (2002)

Kaltzeitliche (eisfreie) Nordseelandschaft: wie sah es aus?



Palsa: Arktis

(Permafrost
Eislinse unter
angehobenen
Moorboden)



Pingo: Arktis

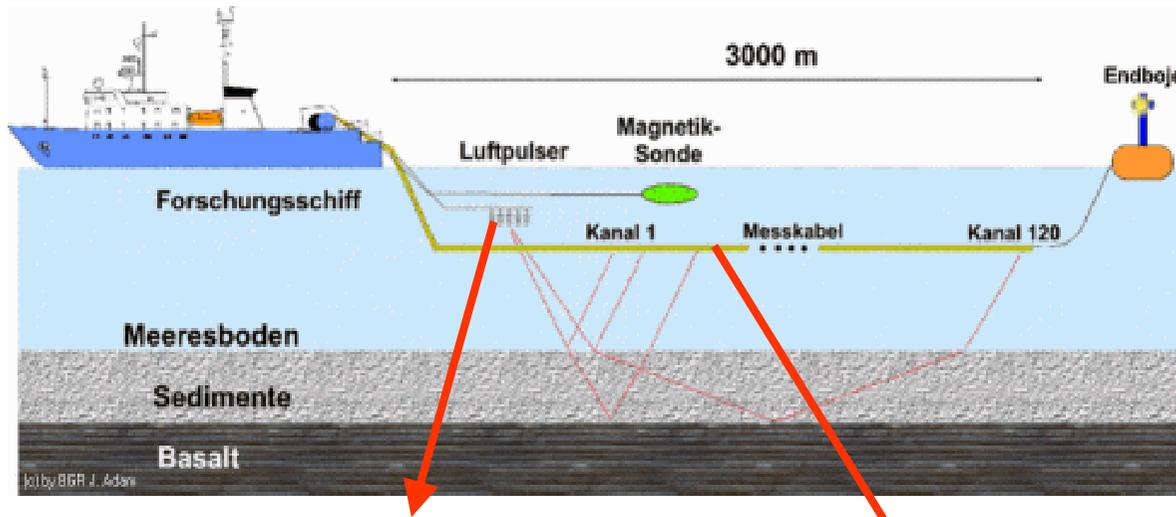
(Permafrost Eislinse
unter angehobenen
Erdreich)



Tundrenlandschaft: Sibirien

Seismikverfahren: Blick in den Untergrund

Mehrkanal Reflexionsseismik



Endboje



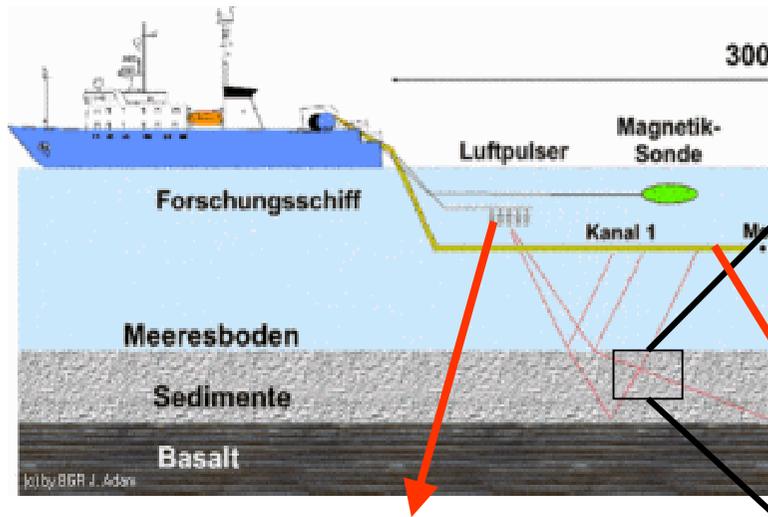
Luftpulser



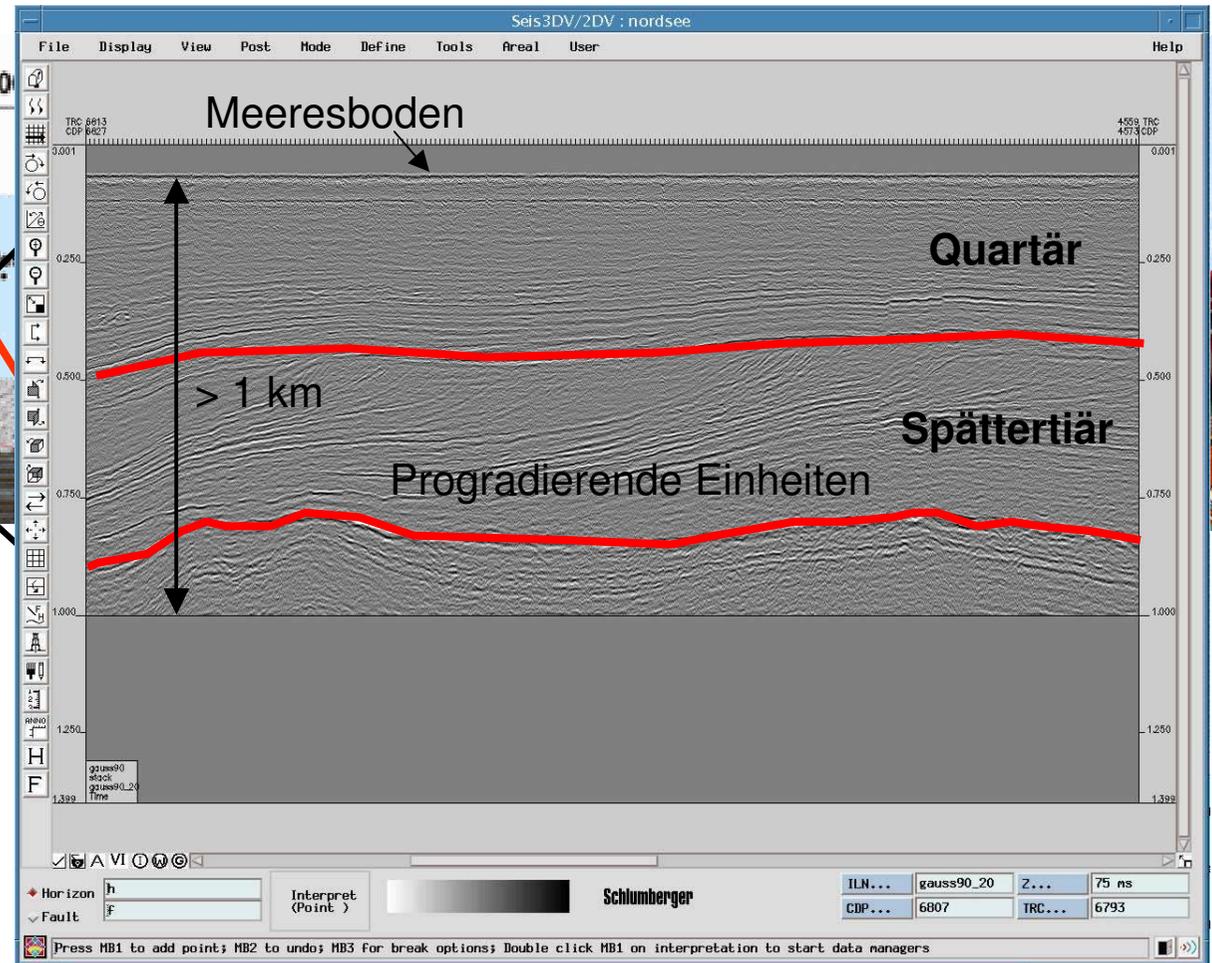
Streamer

Seismikverfahren: Blick in den Untergrund

Mehrkanal Reflexionsseismik

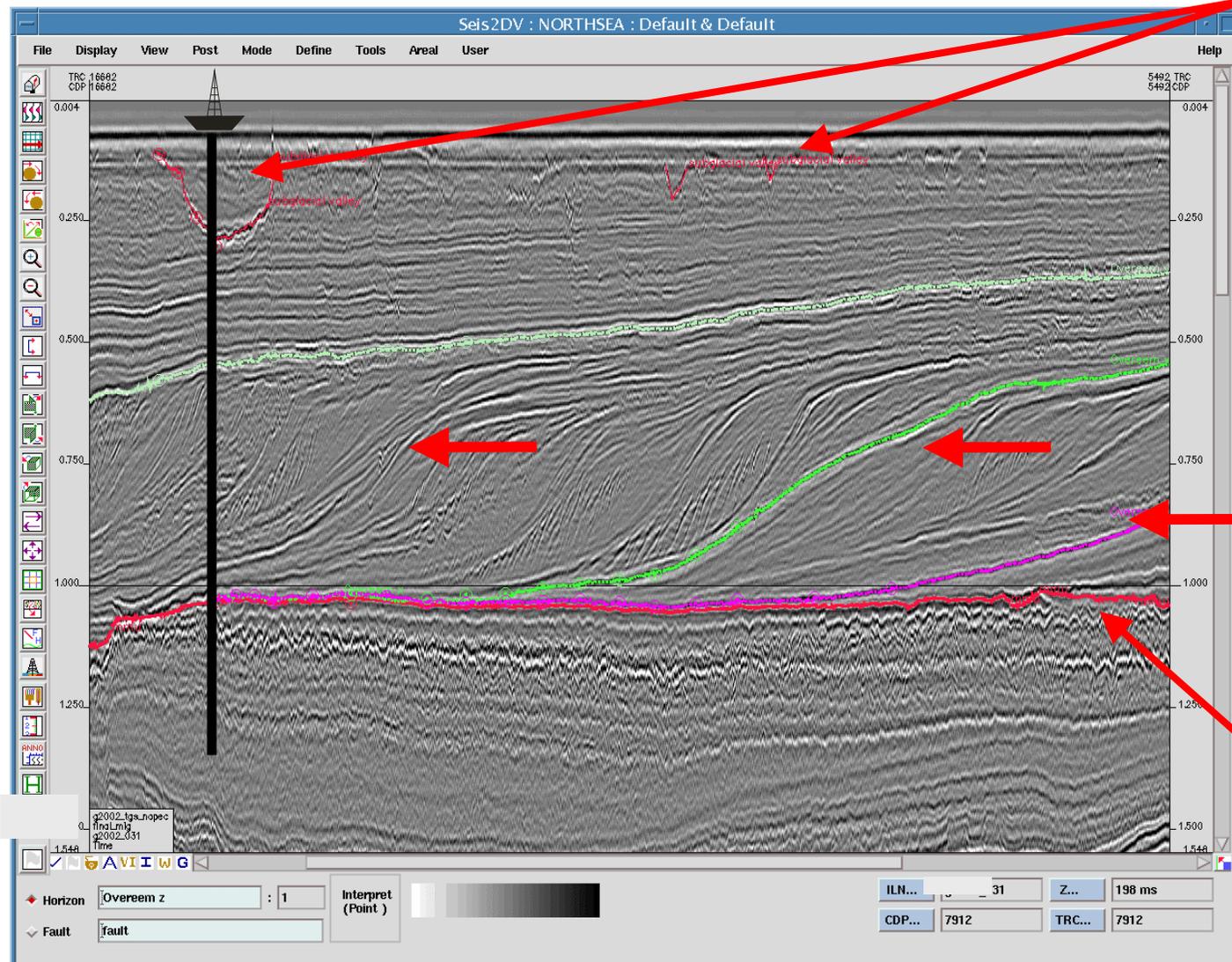


Luftpulser



Streamer

Deutscher Nordseesektor: Geologischer Rahmen



Subglaziale Rinnen (Quartär)

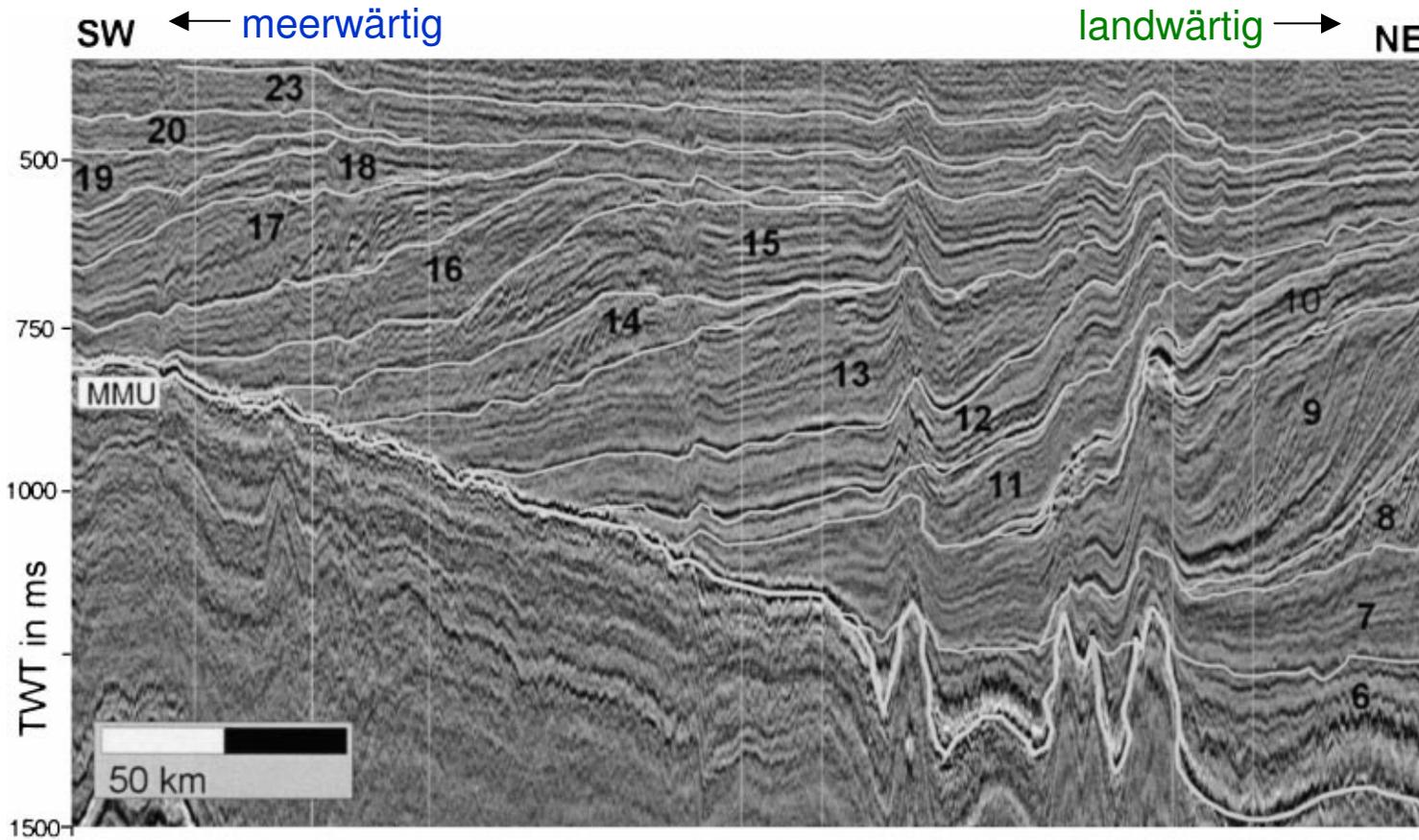
Eridanos-Delta (Spätertertiär): Progradierende Deltafront

Mittelmiozän-Diskordanz

Quelle: BGR

Beispiel Niederlande

Progradierende Spättertiäre Einheiten



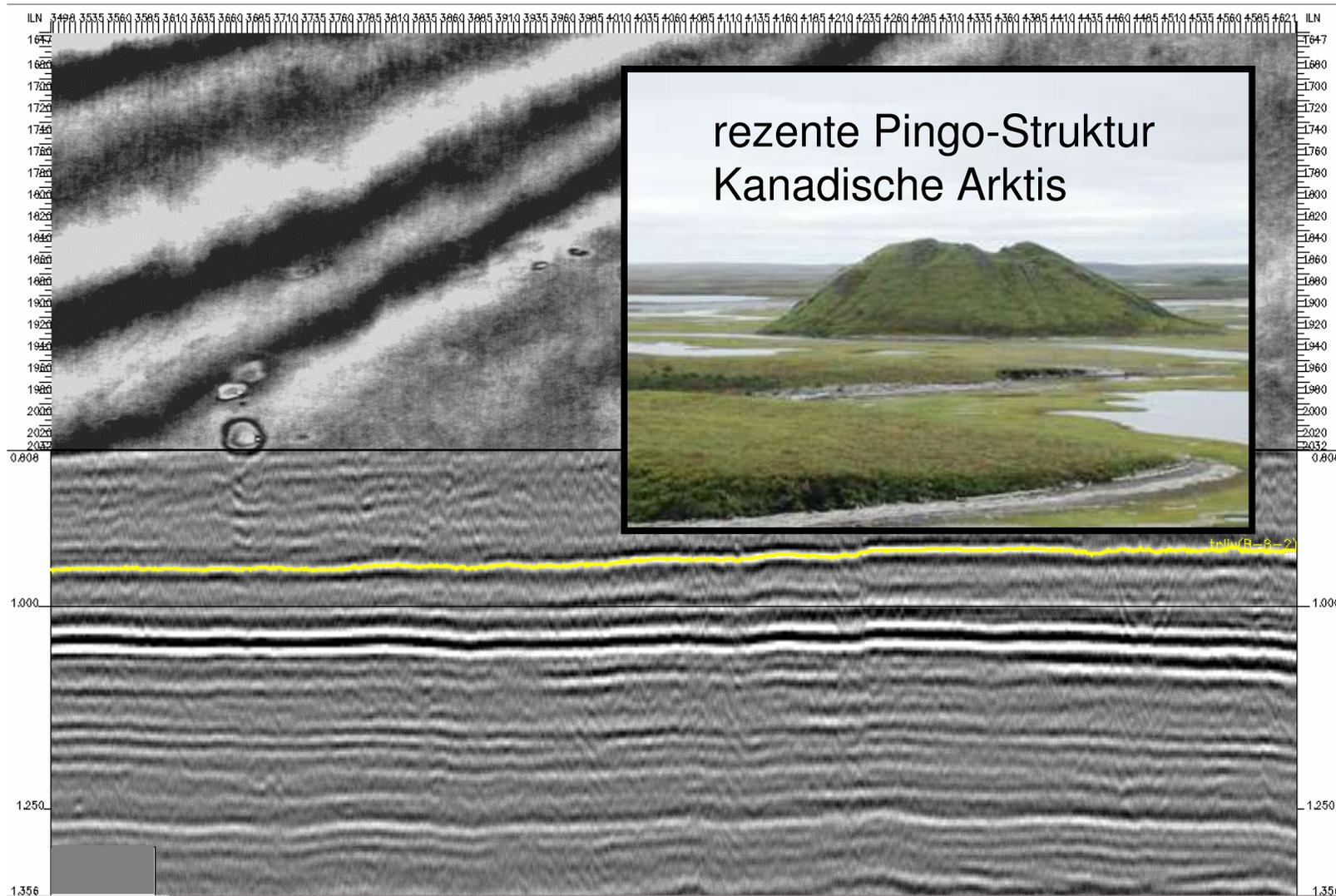
Quelle: Overeem (2001)

Chronostratigraphische Tabelle

Time (Ma)	Epoch	Age (Berggren, 1995)	Sequence strat units (this paper)	Sequences N-S Eastern N-S (Michelsen, 1998)
1	PLEISTOCENE	Middle	D19-27	7.6
2		Early		7.5
3	PLIOCENE	Late	D15-18	7.4
4				7.3
5		Early	D9-11	7.2
6				7.1
7	MIOCENE	Late (Mes)	D1-8	7.1
8				
9				
10				
11				
12				
13				Middle (Serravalian)
14				

↑ phases of delta evolution ↓

3D-Seismik: Hinweise auf Permafrost

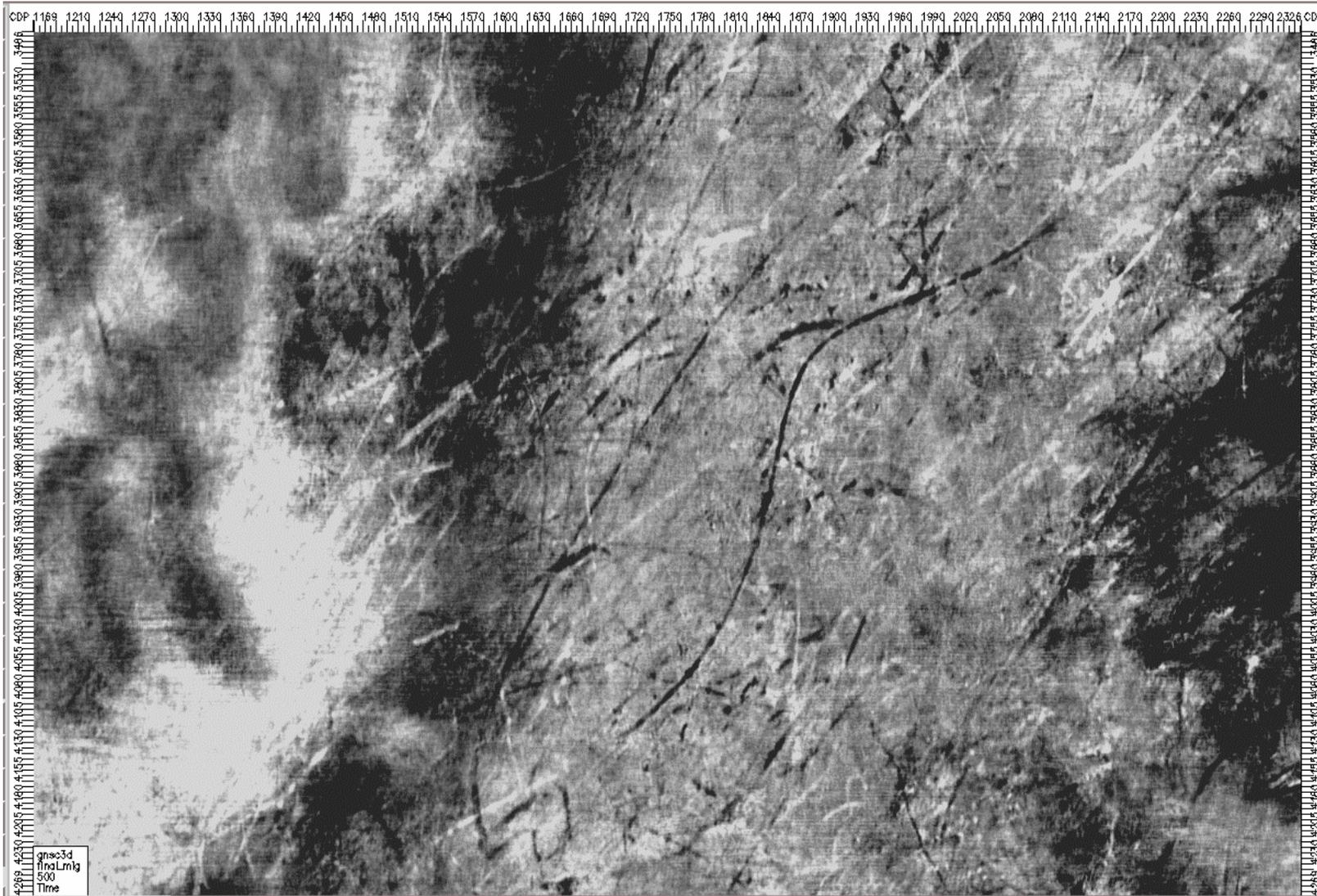


Pingo-Strukturen: Hinweis auf Permafrost 808 ms (TWT)

Spättertiär

Quelle: BGR

3D-Seismik: Hinweise auf Gletscherschliffe

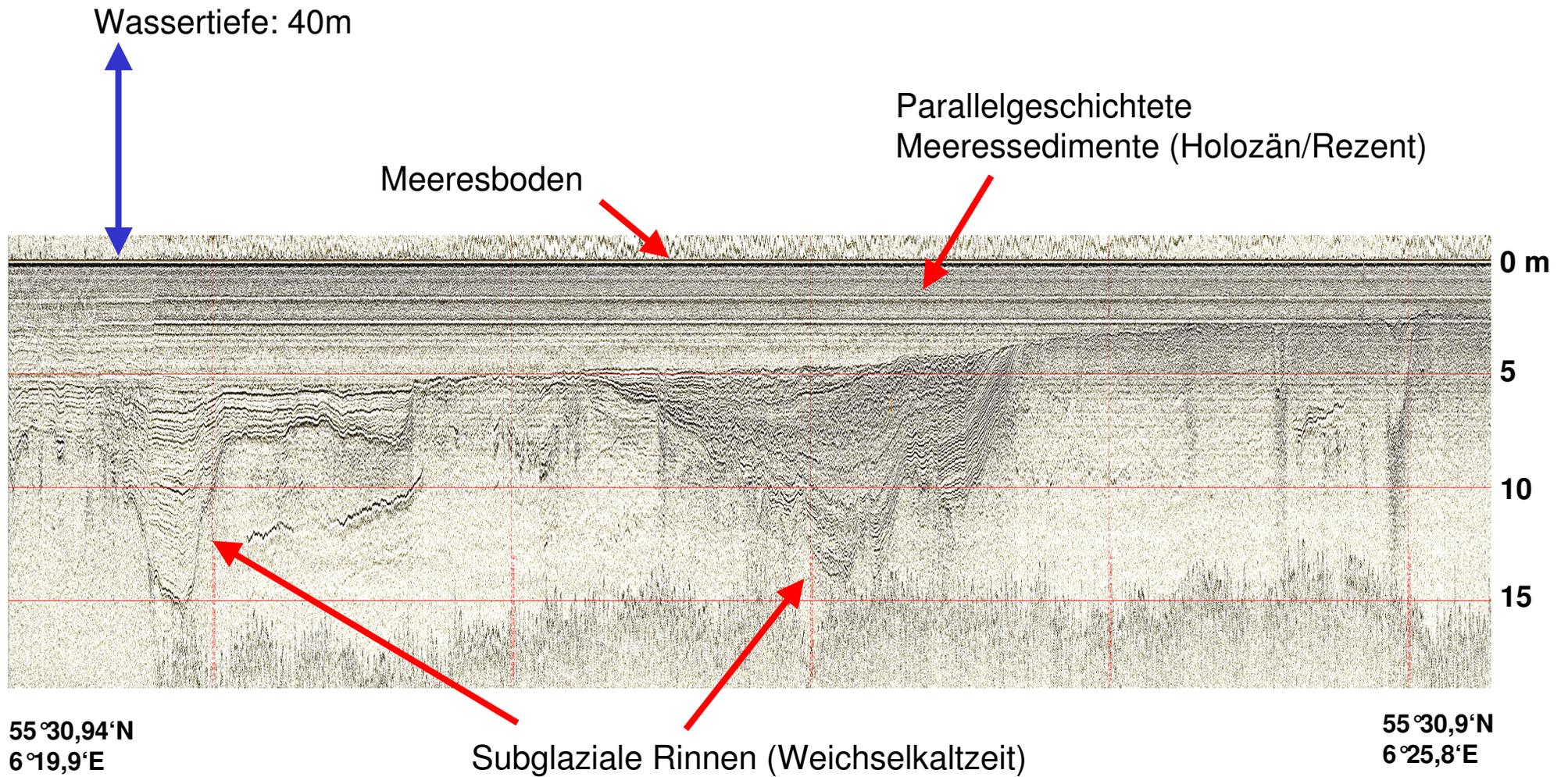


Schrammen
gestrandeter
Eisberge
600ms (TWT)

Spättertiär

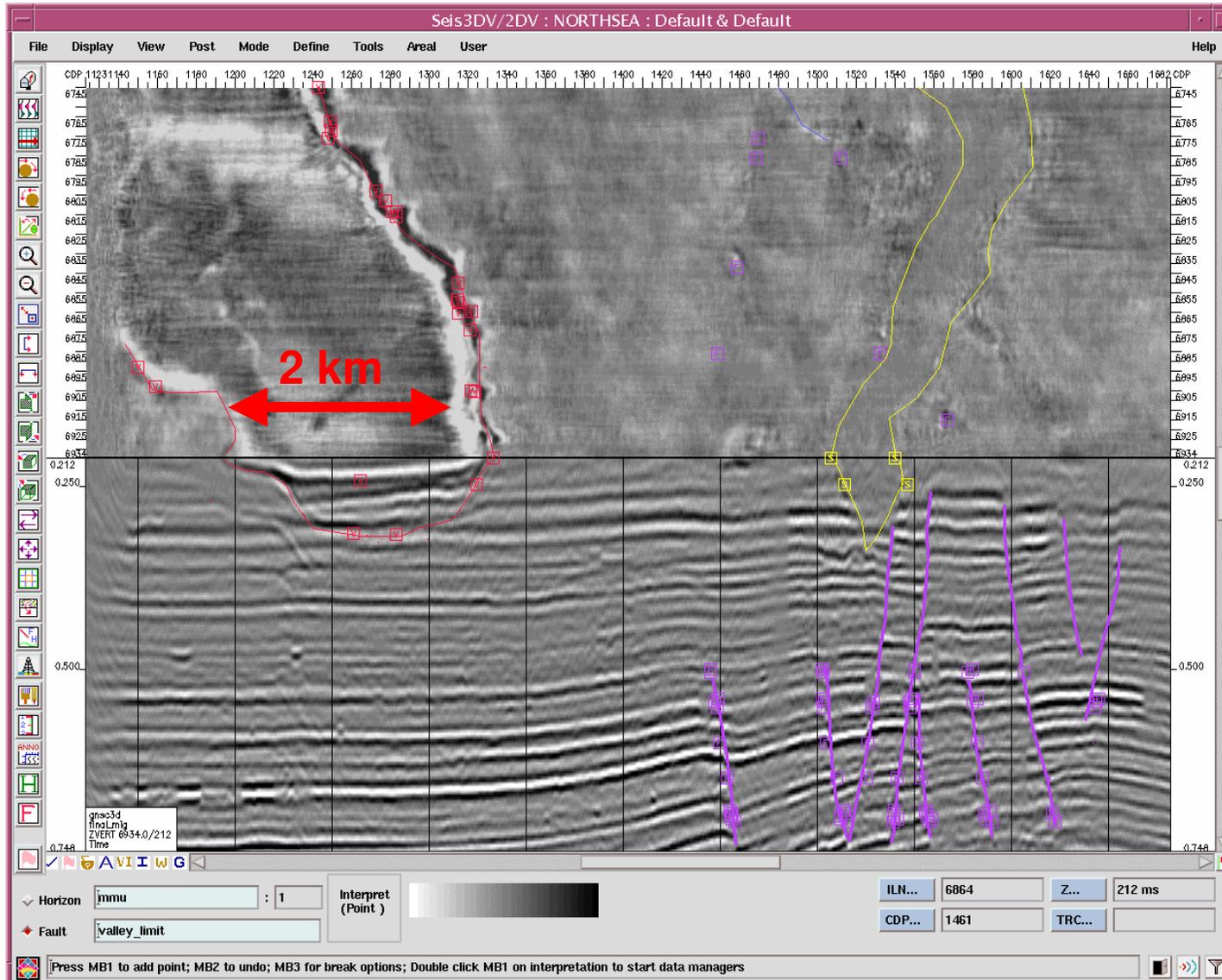
Quelle: BGR

2D-Seismik: Hinweise auf Rinnenstrukturen (Quartär)



Quelle: BGR

3D-Seismik: Hinweise auf Rinnenstrukturen

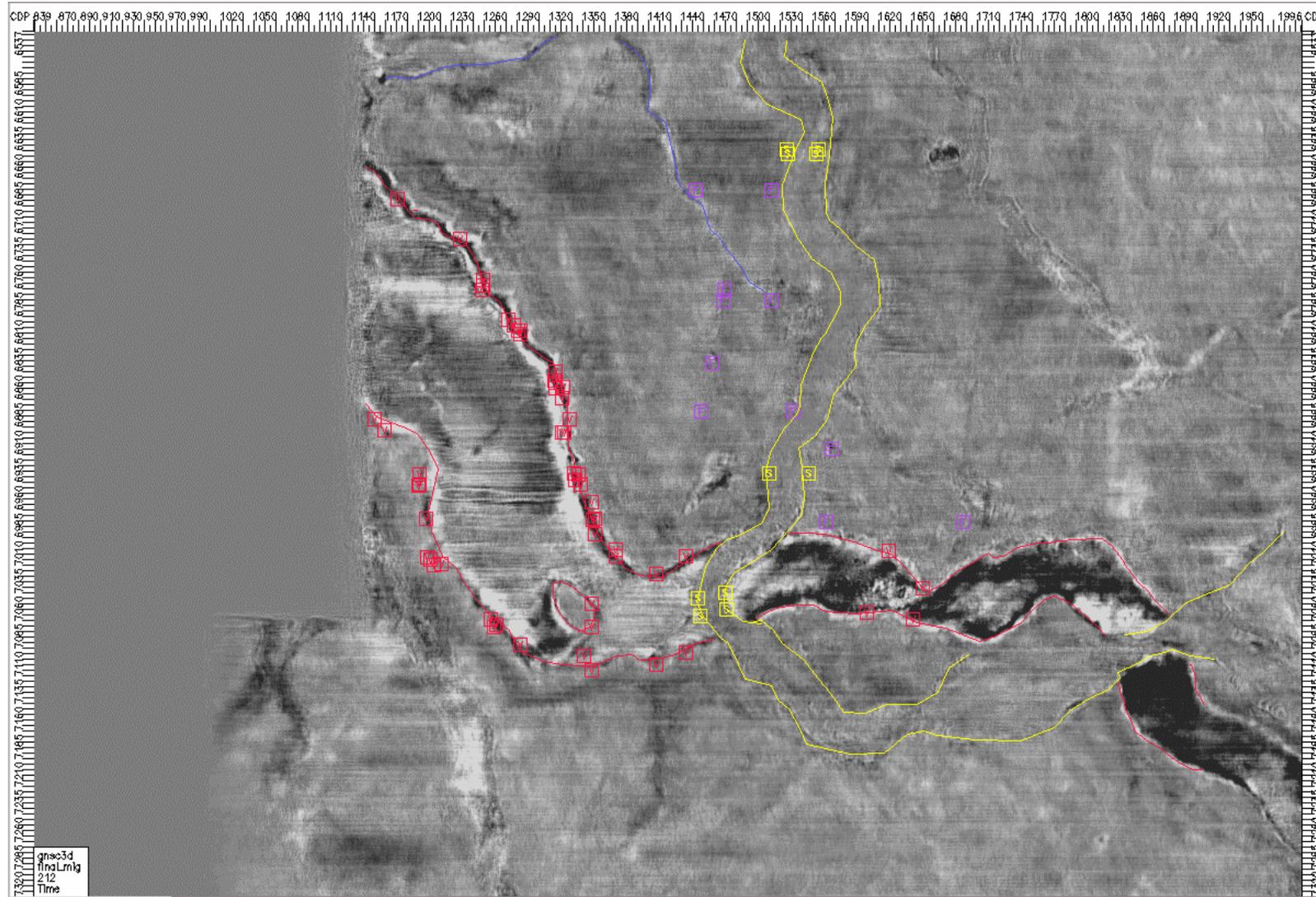


Verschiedene Typen
Rinnen

Quartär

Quelle: BGR

3D-Seismik: Hinweise auf Rinnenstrukturen

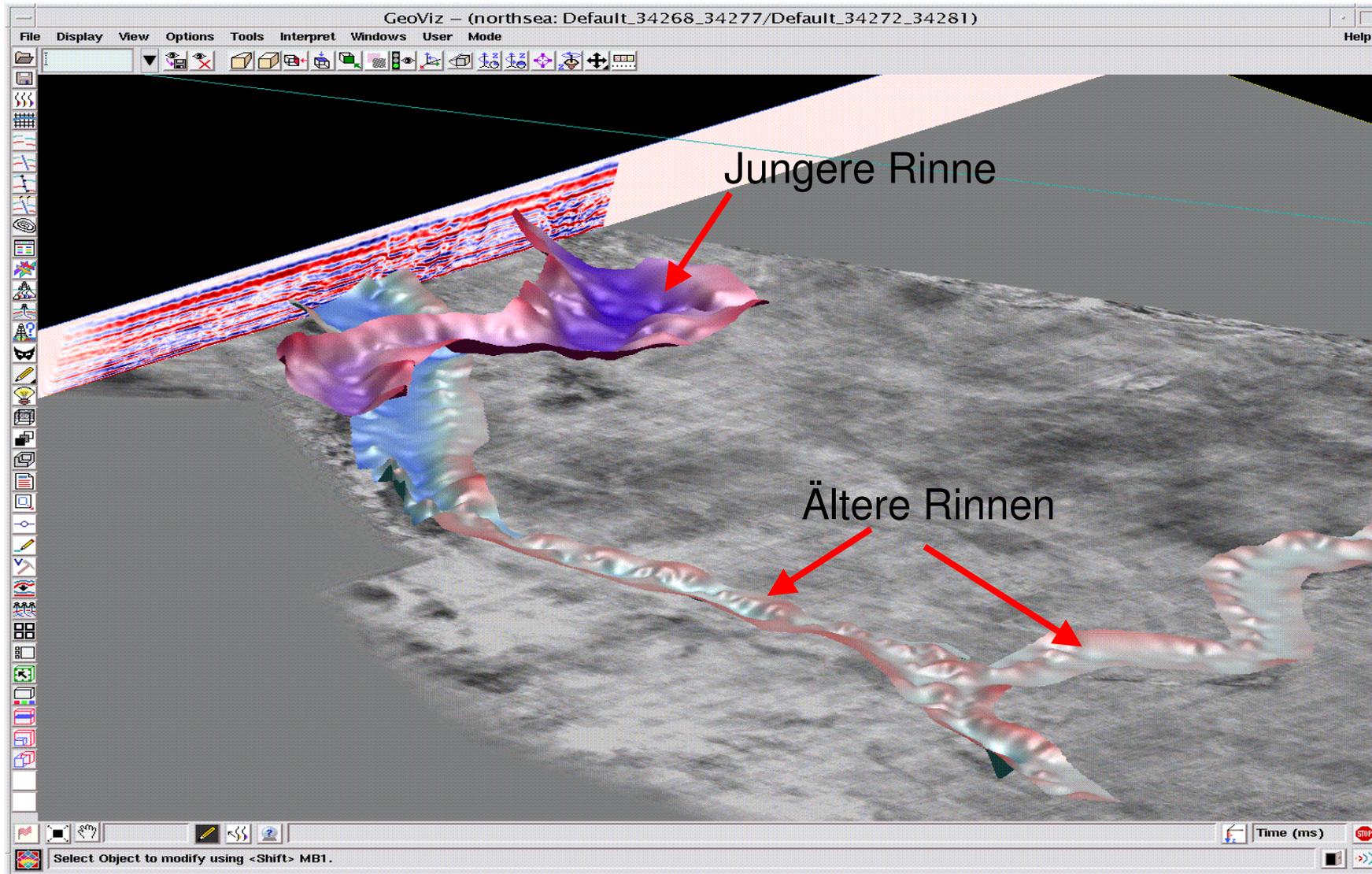


Rinnen unter-
schiedlichen Alters
212 ms (TWT)

Quartär

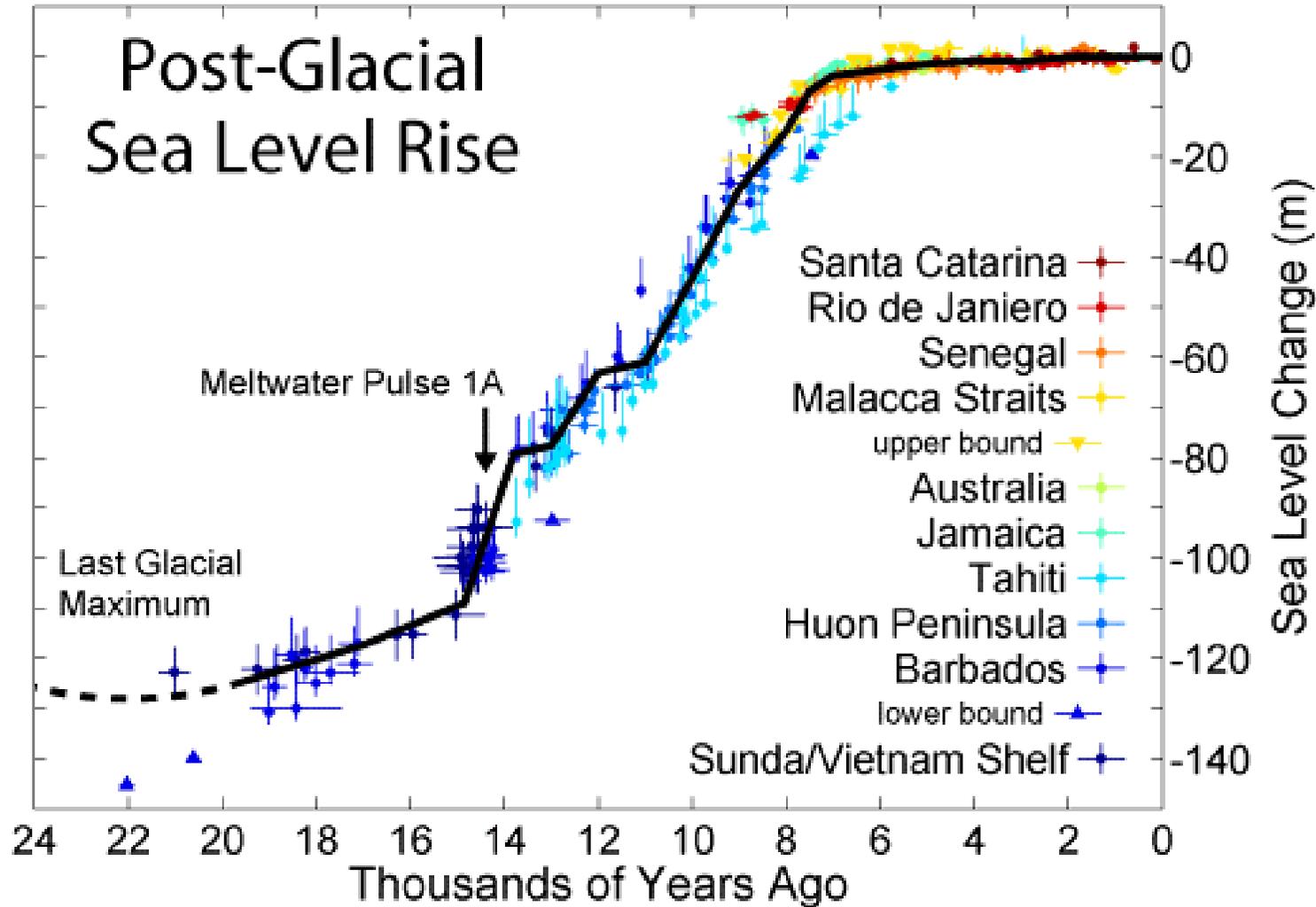
Quelle: BGR

3D-Seismik: Hinweise auf Rinnenstrukturen



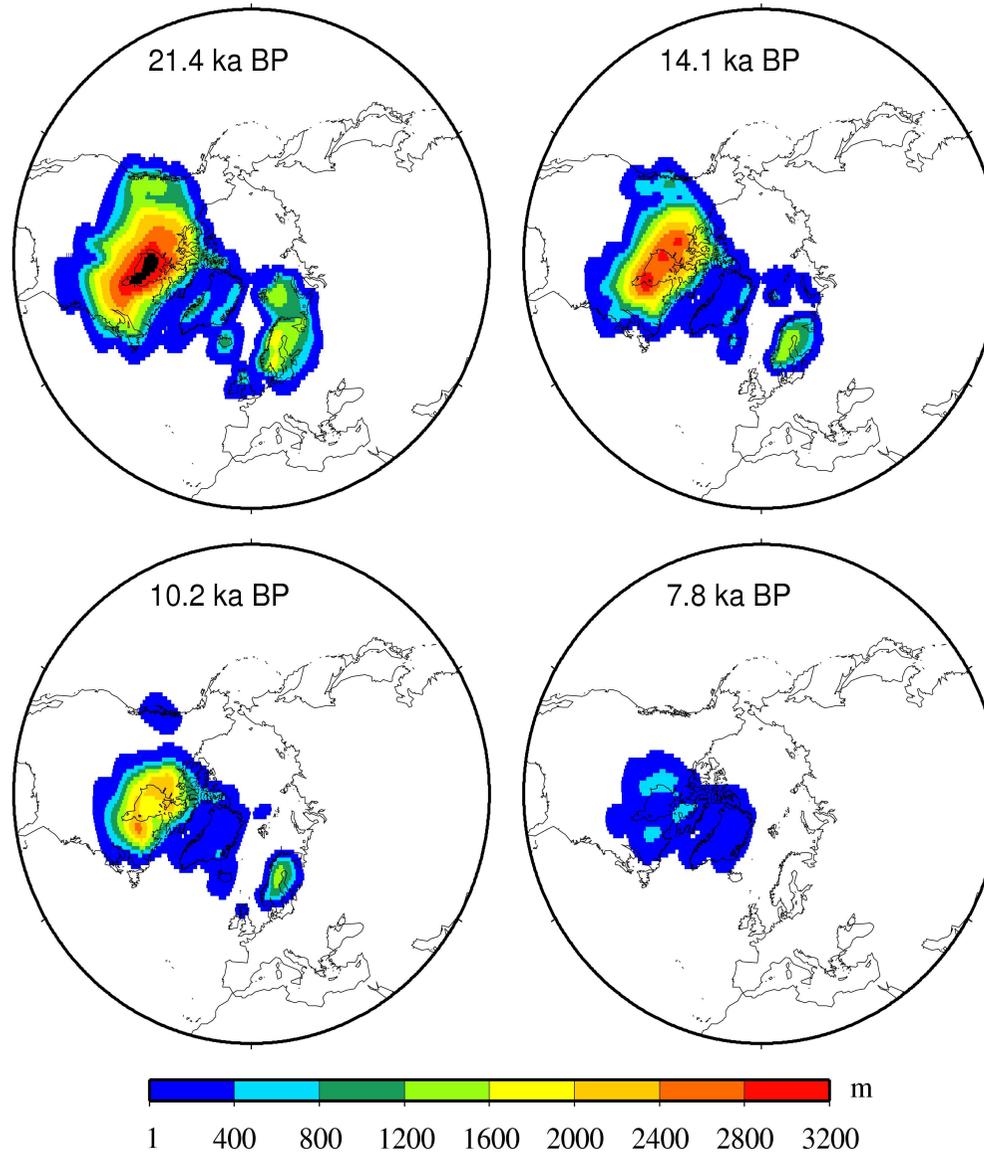
Quelle:
BGR

Post-Glazialer Meeresspiegelanstieg (global)



Quelle: Kompilation von:
 Fleming et al. (1998)
 Fleming (2000)
 Milne et al. (2005)

Eisrückgang nördlicher Hemisphäre



Quelle: Steffen
et al. (2007)

Rekonstruktionsmethoden: Fossilien

1. Datierte Muscheln aus der Strandzone:
= ≤ 2 m oberhalb MThw

Muscheln in
Lebendstellung in
einem subrezentem
Küstensediment



2. Datierte Muscheln oder Gastropoden
aus dem Schlickwatt / Gezeitenbereich:
= MTnw - MThw



Turritella communis

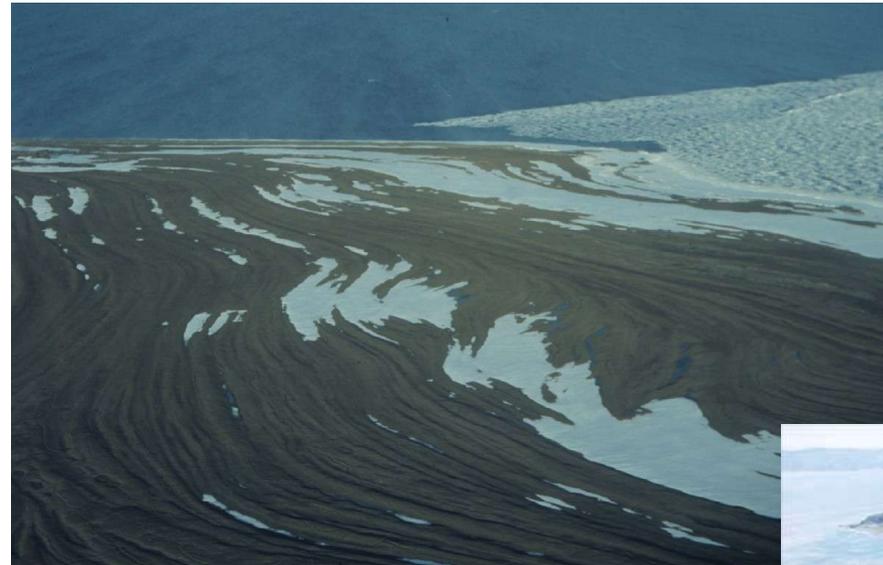
*Cerastoderma
edule*



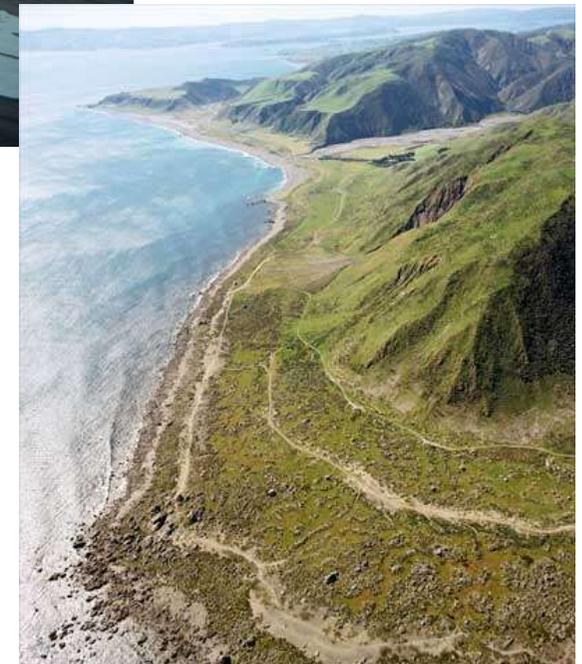
Rekonstruktionsmethoden: Fossilien



Strandsediment im Nordseekern (10 ka v.h. auf -43 m NN)



„Raised beach“; Svalbard (10 ka v.h. auf 120 m NN)



„Raised beach“; Neuseeland

Rekonstruktionsmethoden: Fossilien

3. Datierte tropische Riffkorallen:
= 1 - 5 m unterhalb Tmw

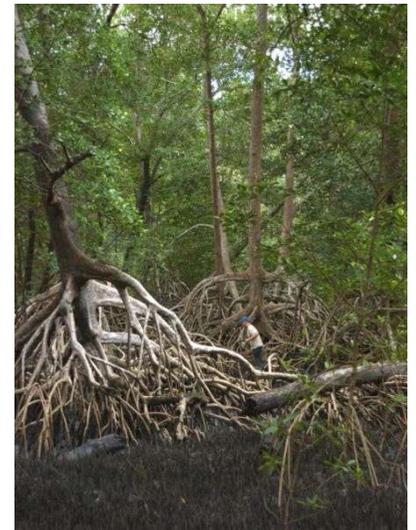


Acropora palmata

4. Datierte Mangroveresten:
= ≤ 0.5 m oberhalb Tmw

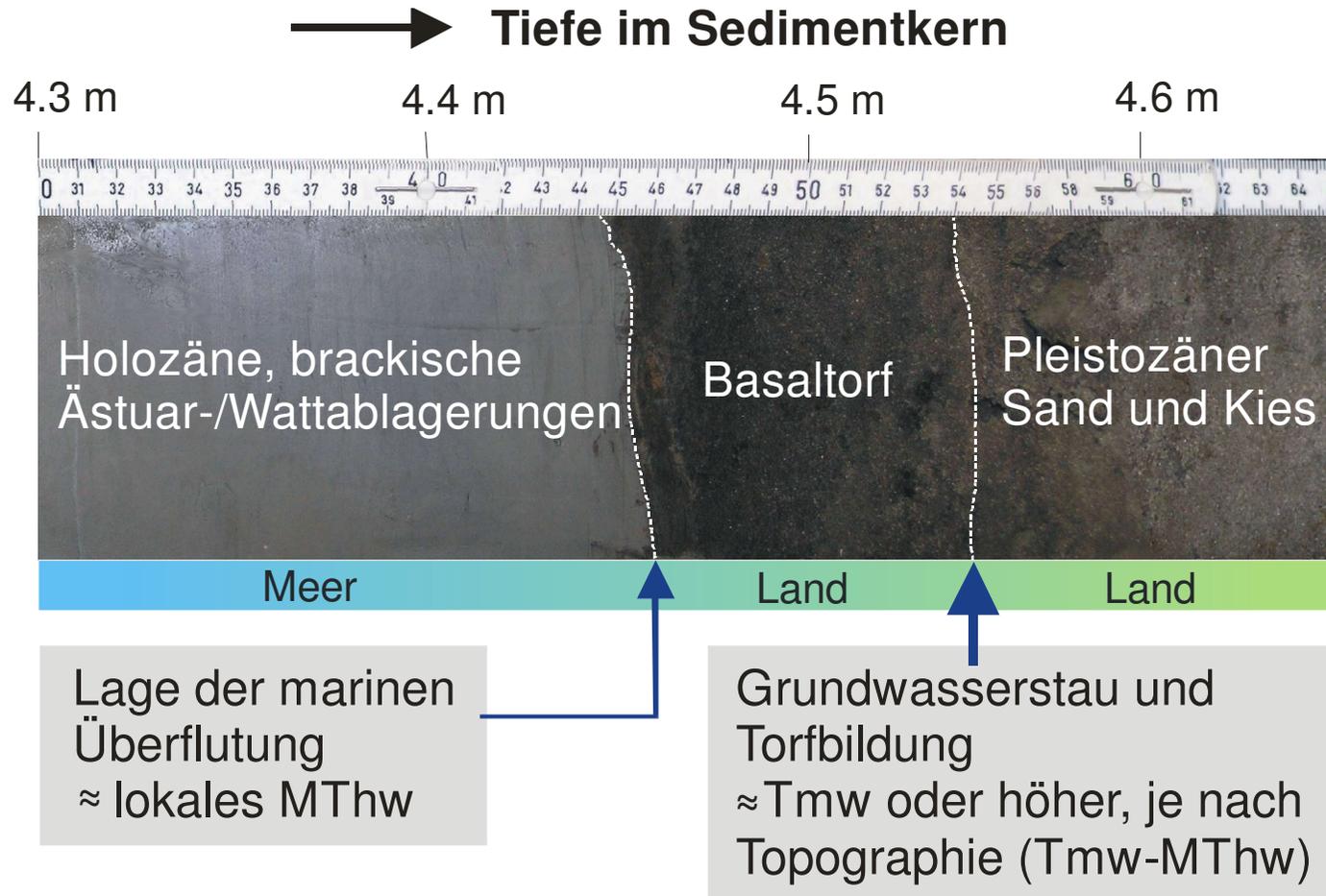


Rote Mangrove: *Rhizophora mangle*



Rekonstruktionsmethoden: Fossilien

5. Datierter Niedermoor/Bruchwaldtorf: = Tmw - MThw



Rekonstruktionsmethoden: Archäologie

1. Datierte Höhenlage (Basis)
von Flachsiedlungen an der
Küste:
= ~Sturmfluthöhe

2. Datierte Landungsstegen
und Brücken:
= MThw



Rekonstruktion einer Marschensiedlung mit Ringdeich,
Dithmarschen (Foto: Dr. Dirk Meier)

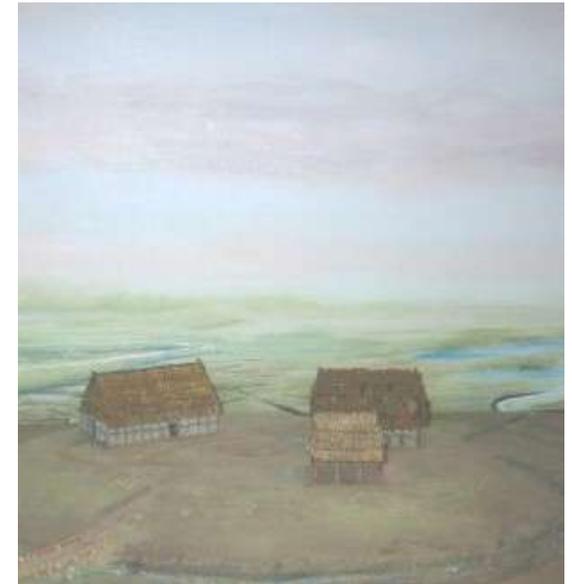
Rekonstruktionsmethoden: Archäologie

3. Datierte Wurten: = ~Sturmfluthöhe



Rezente Ockelützwurt auf der Hallig Hooge

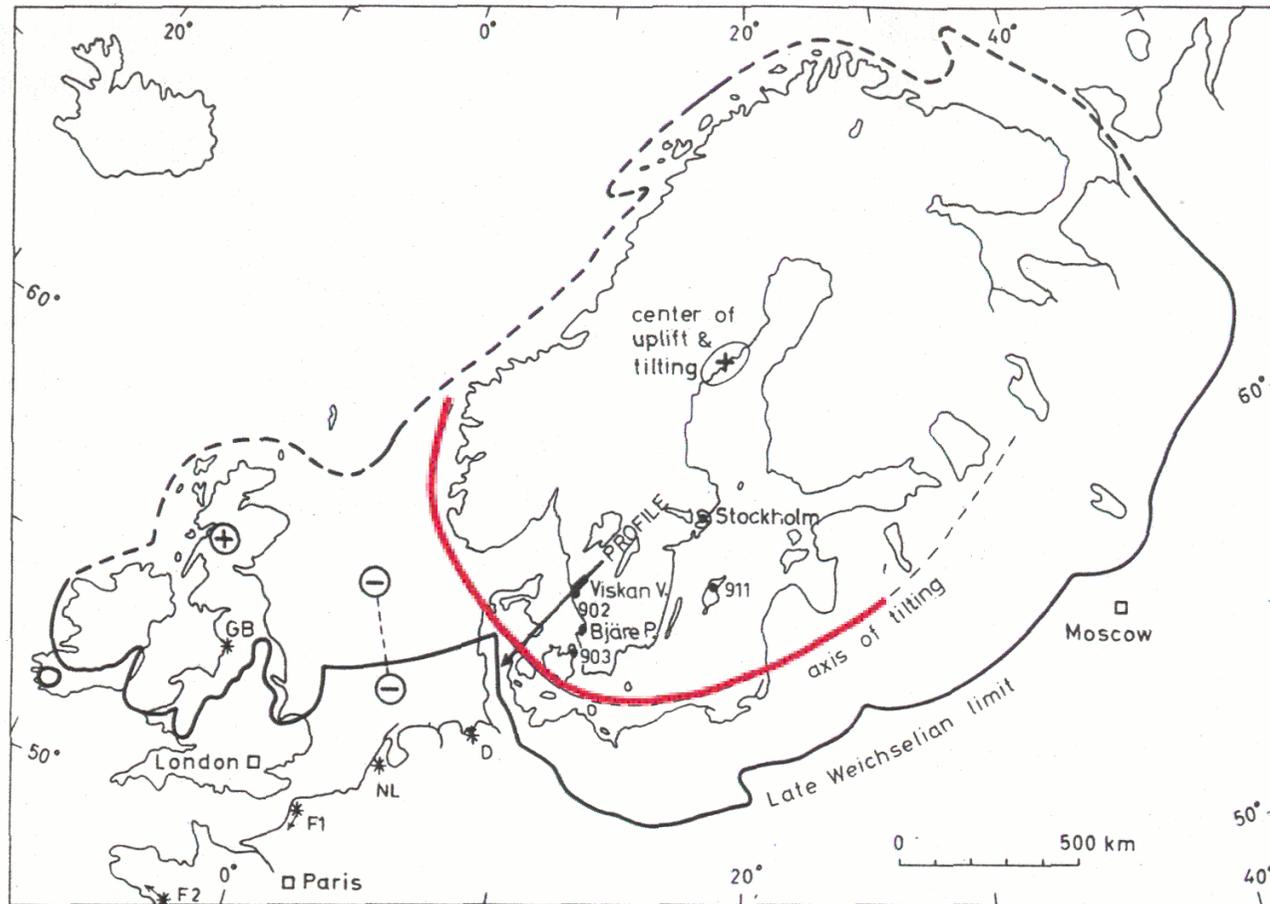
Rekonstruktion der Wurt Lütjenbüttel, Dithmarschen
(Foto: Dr. Dirk Meier.
Modell: Schmidt)



Ausgrabung Wurt Feddersen Wierde
(2. Jht)

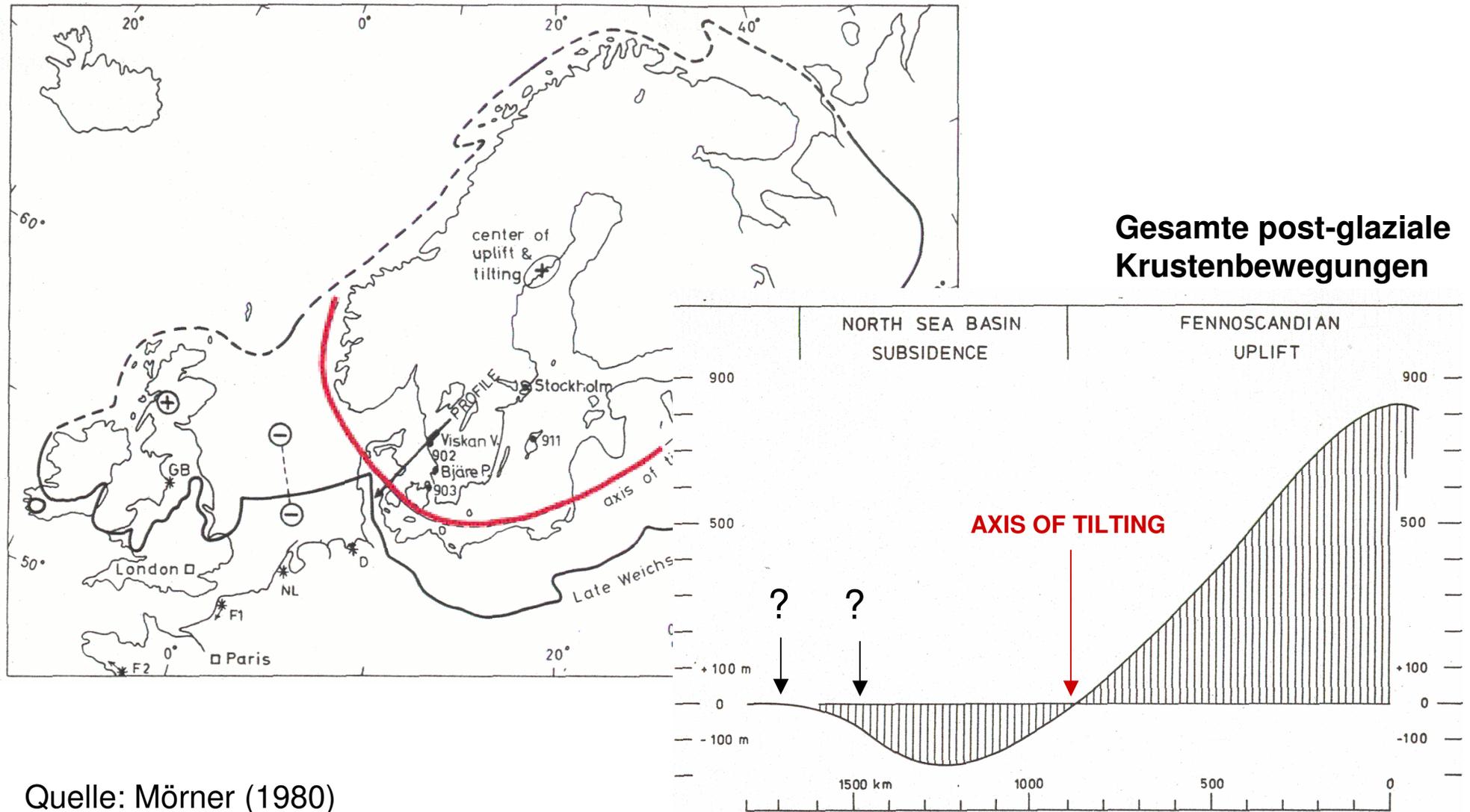


Hat skandinavische Hebung einen Einfluss auf unsere Küste?



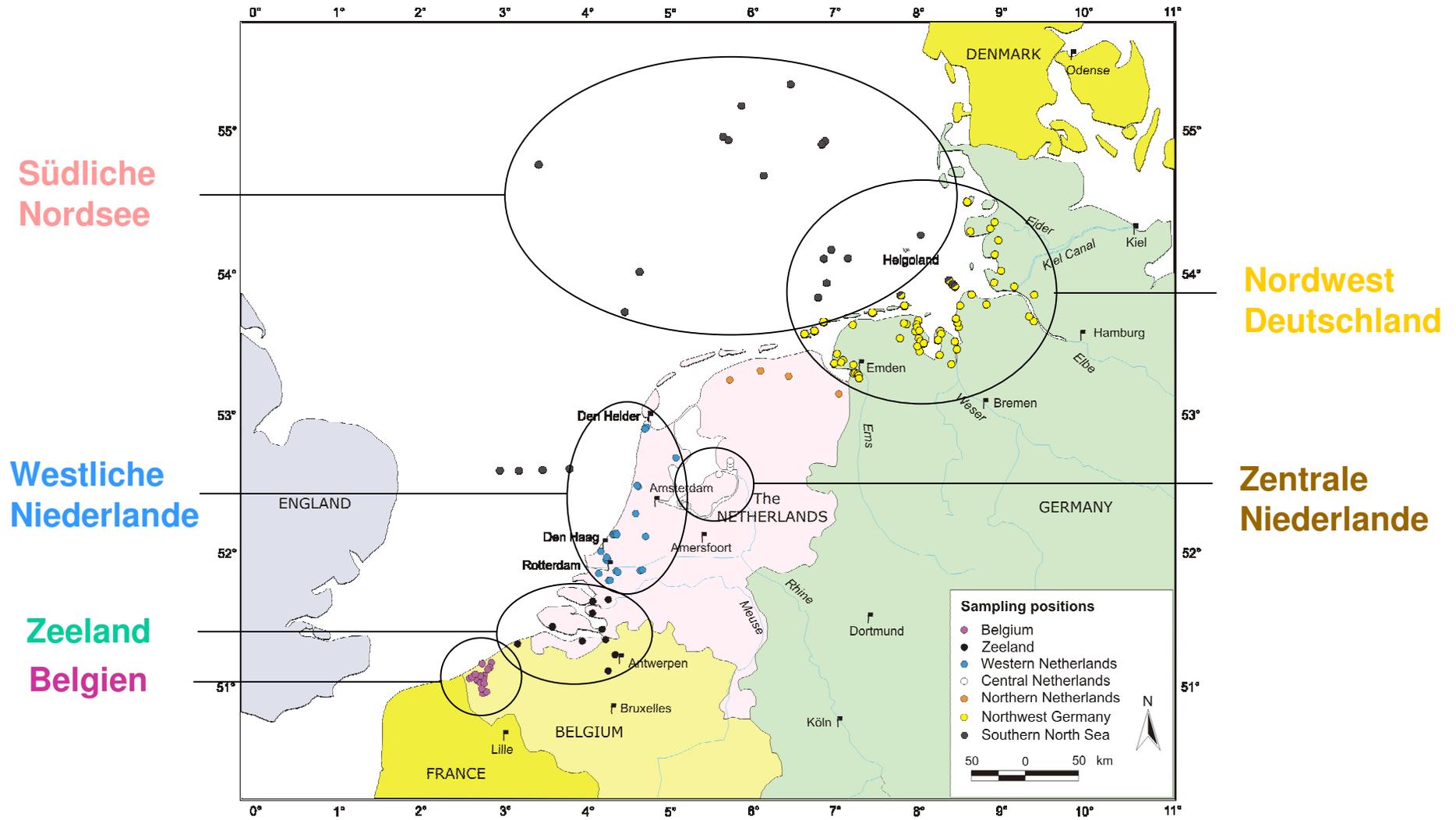
Quelle: Mörner (1980)

Hat skandinavische Hebung einen Einfluss auf unsere Küste?

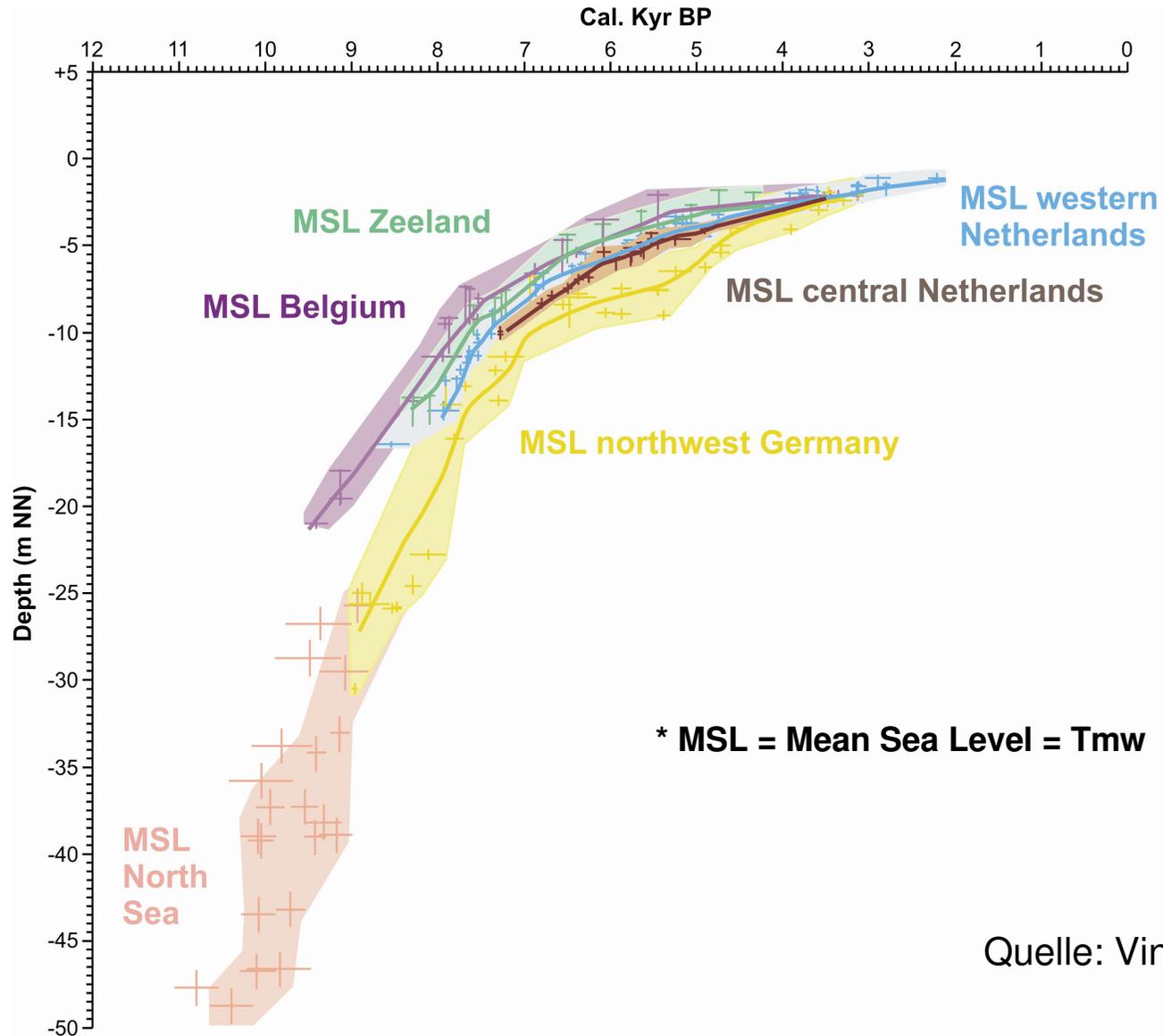


Quelle: Möerner (1980)

Datenbasis Meeresspiegelkurven NW Europa

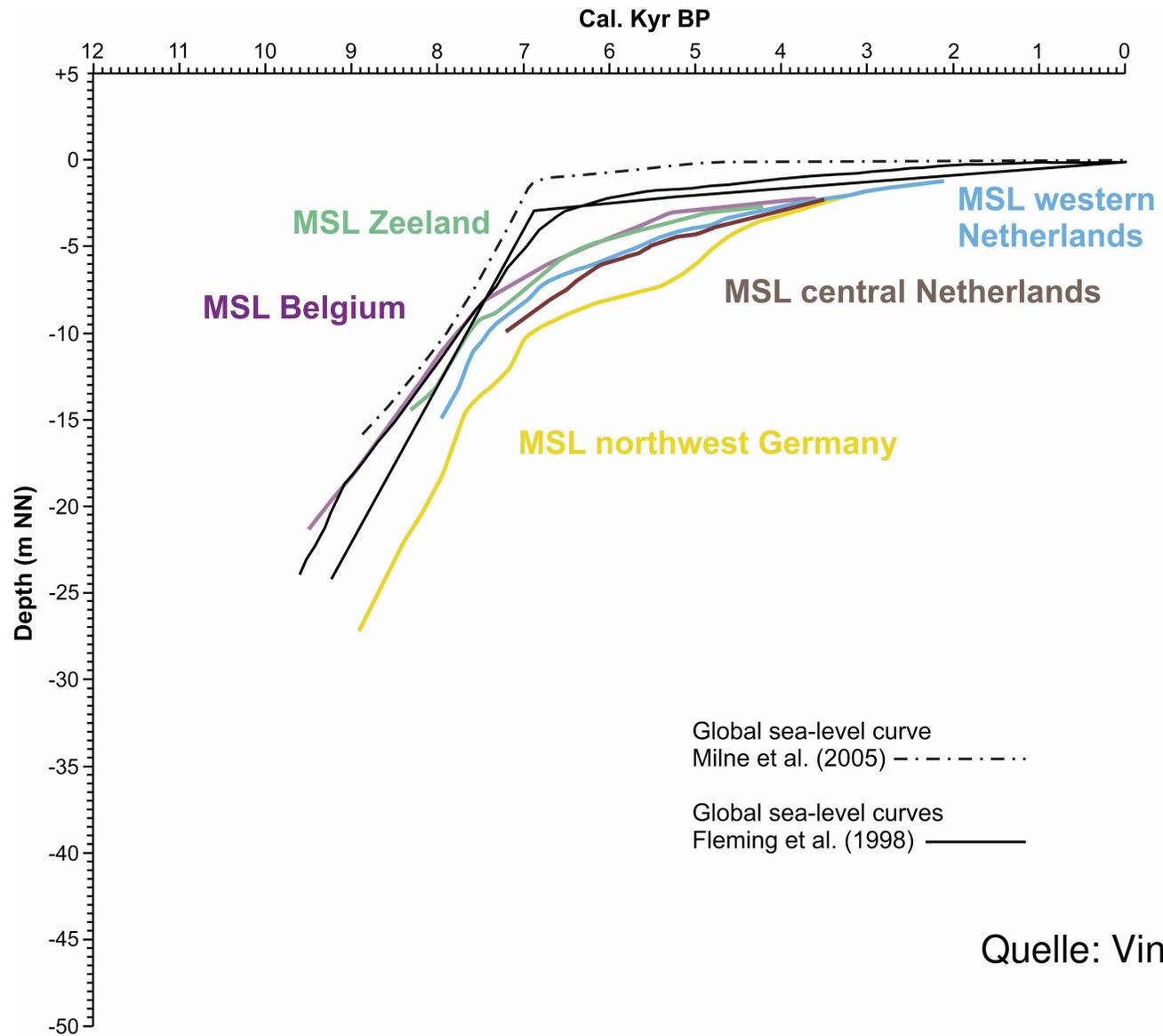


Vergleich Meeresspiegelkurven



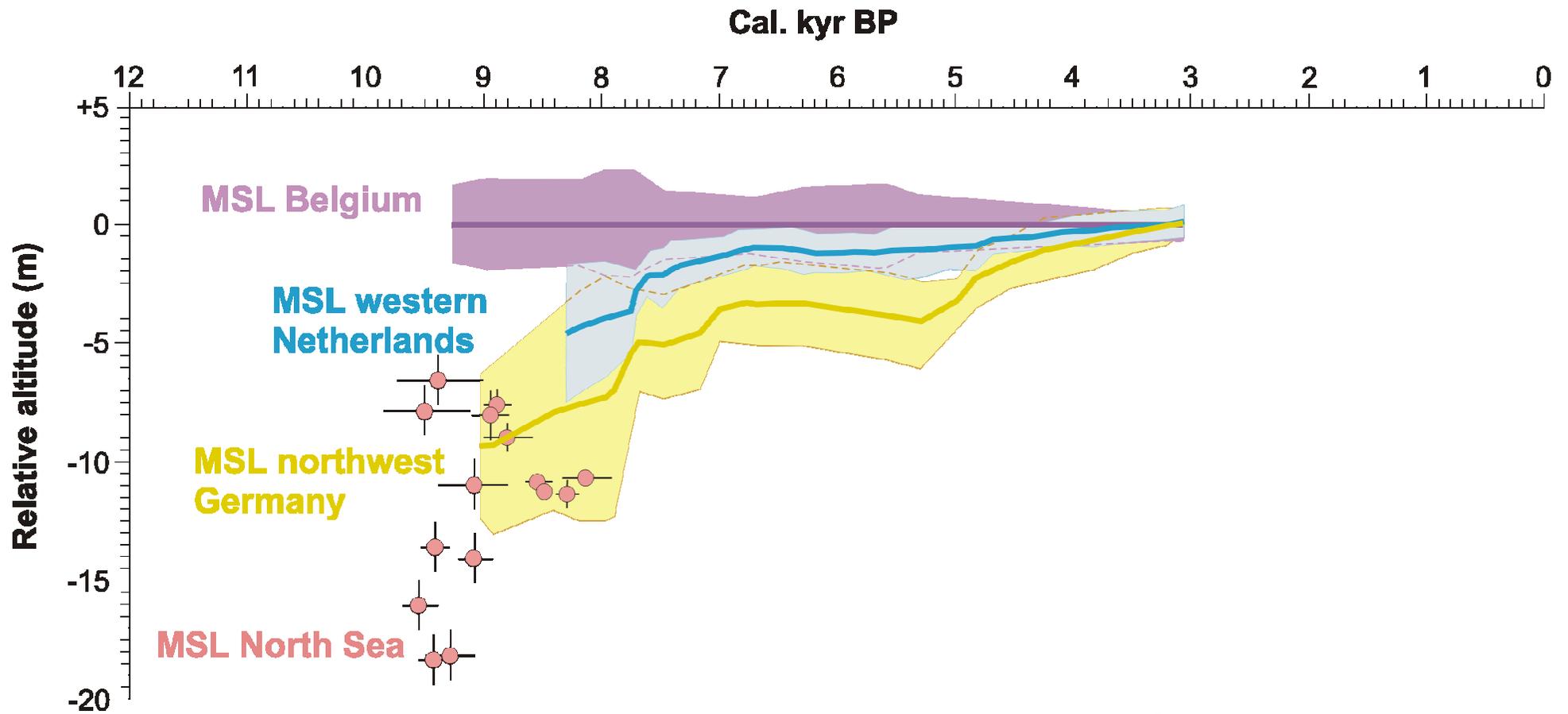
Quelle: Vink et al. (2007)

Vergleich Meeresspiegelkurven



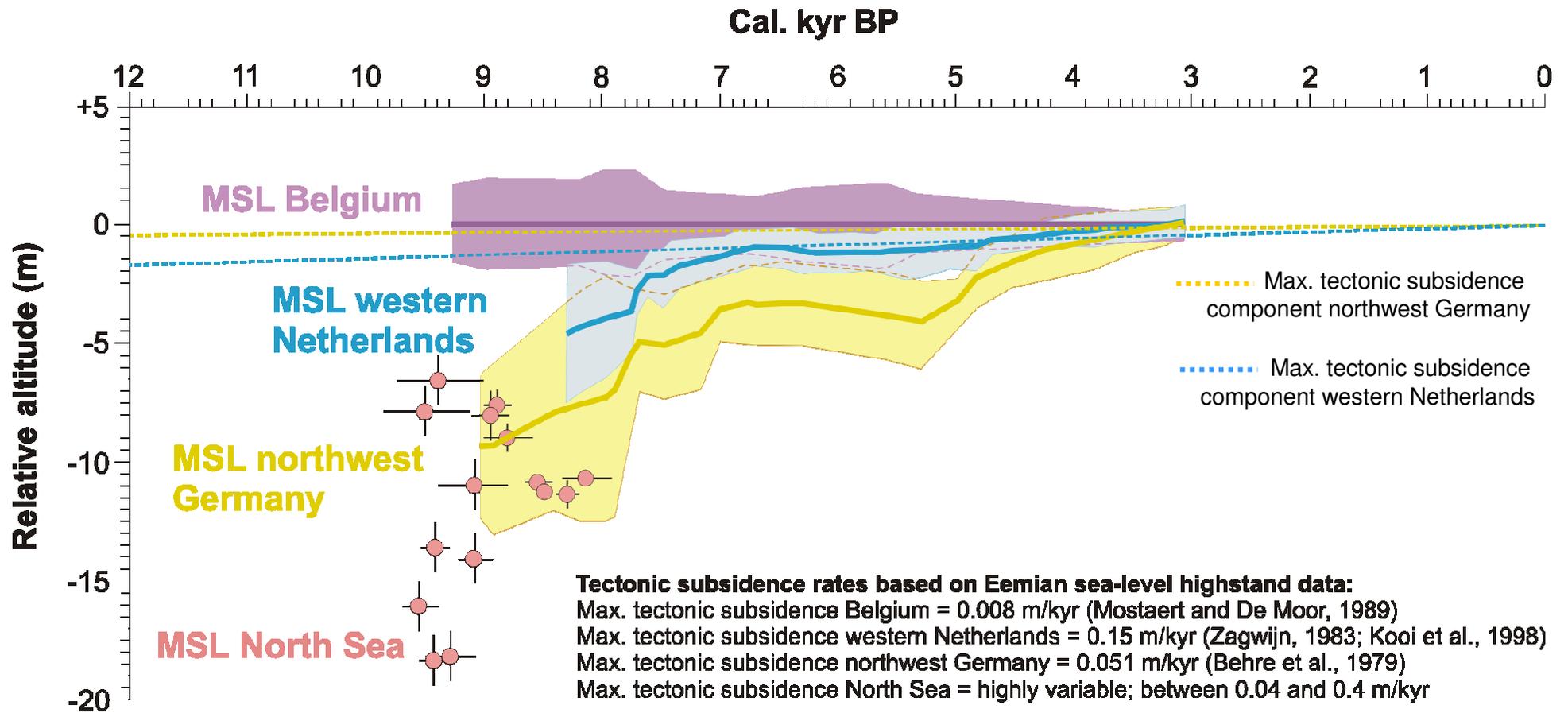
Quelle: Vink et al. (2007)

Gesamtsumme der relativen Krustenbewegungen



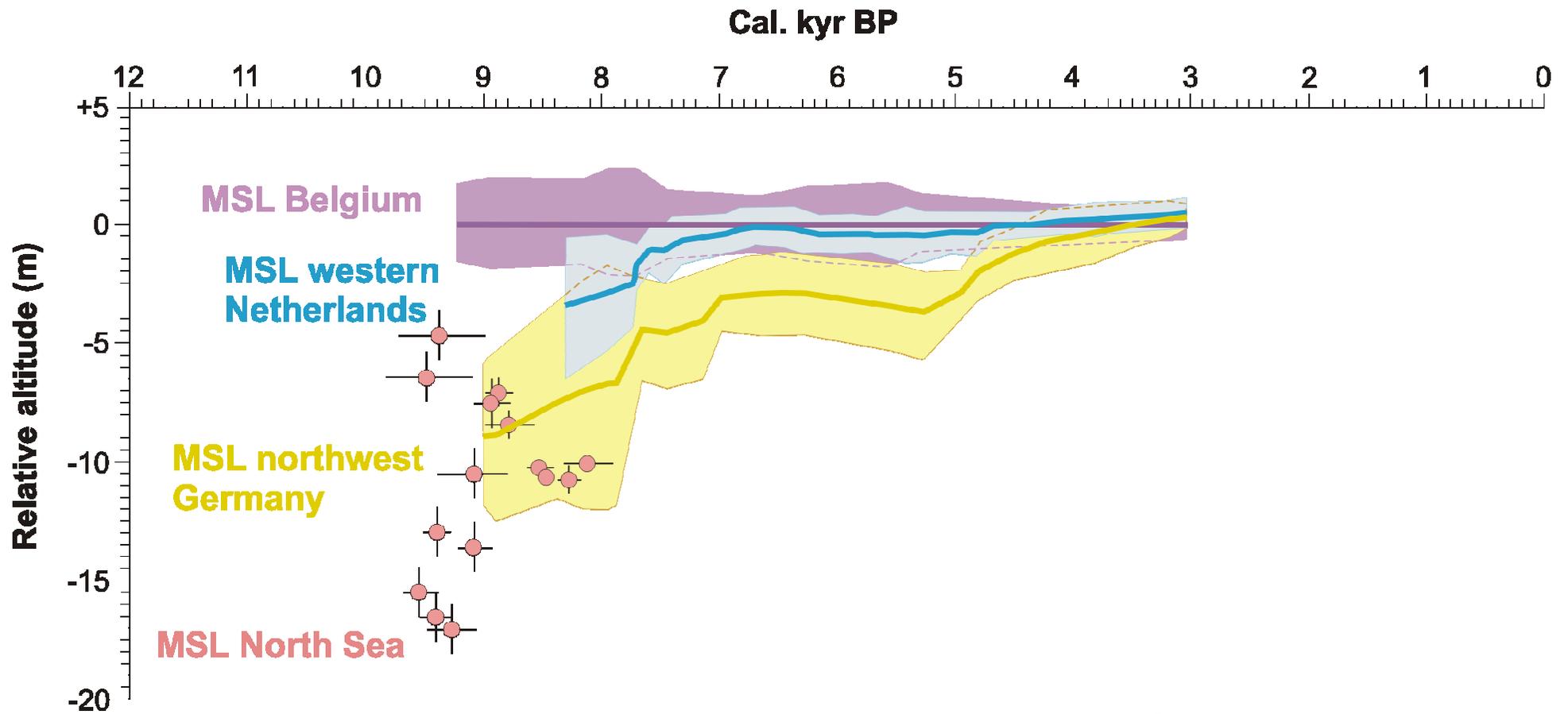
Quelle: Vink et al. (2007)

Angenommene tektonische Komponente



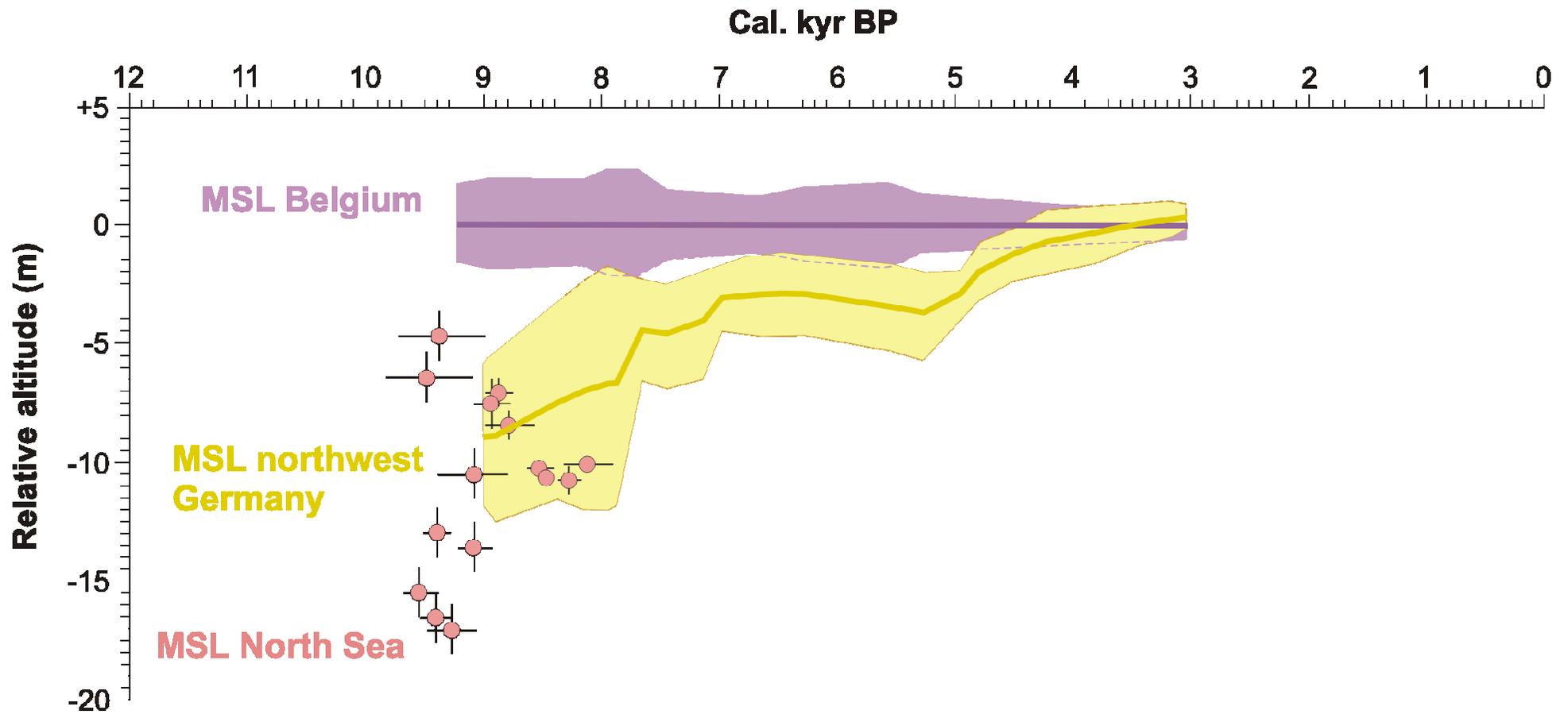
Quelle: Vink et al. (2007)

Minimale isostatische Komponente



Quelle: Vink et al. (2007)

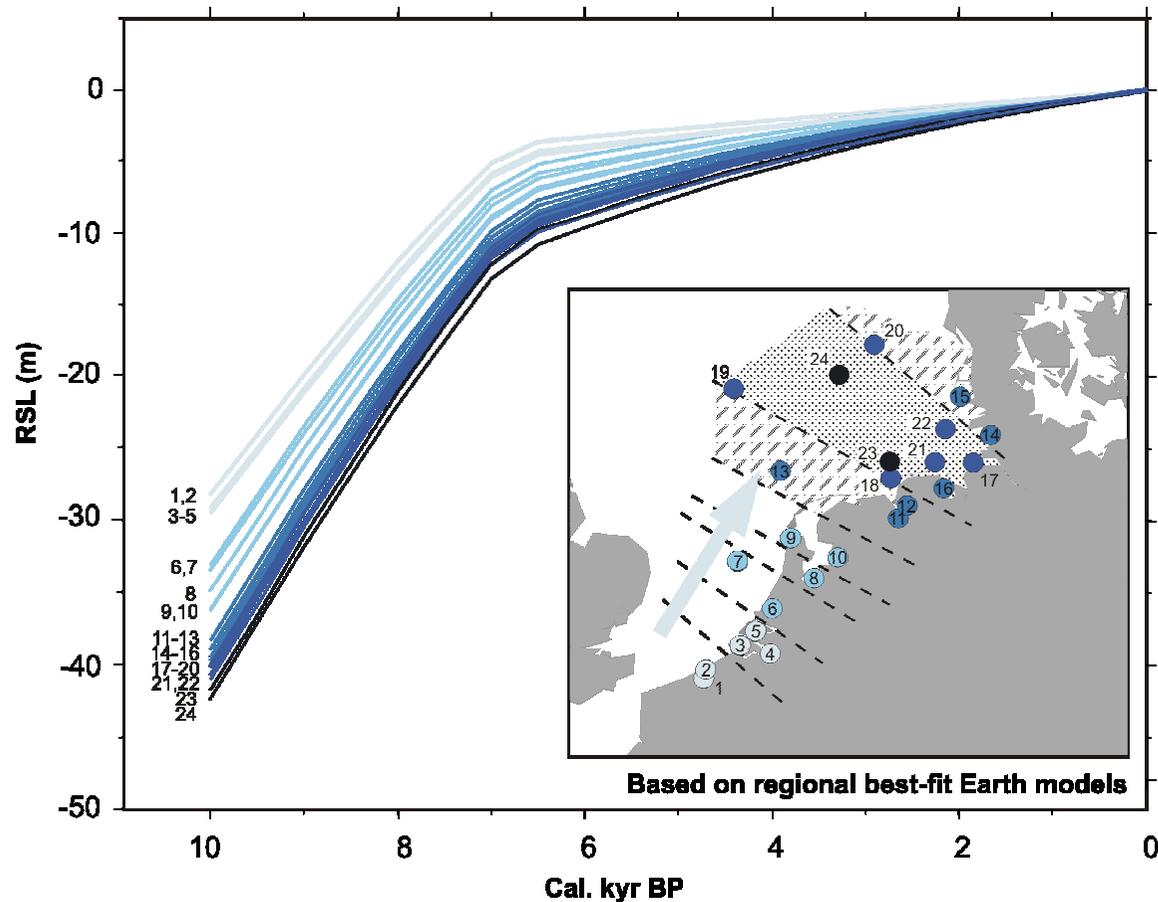
Minimale isostatische Komponente



Quelle: Vink et al. (2007)

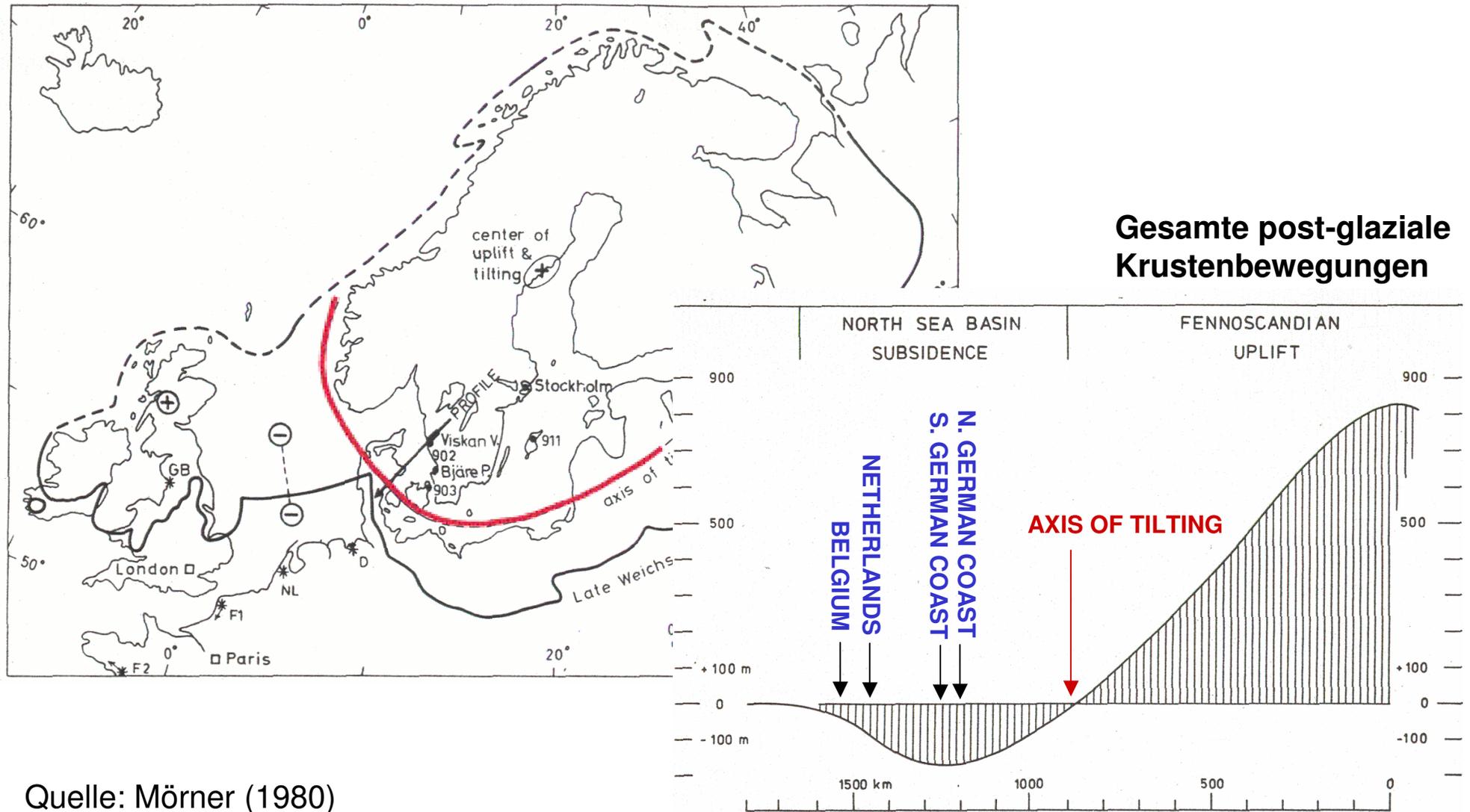
Modellierte MSL-Kurven

- Modellierung von isostatischen Ausgleichsbewegungen:
 - globale Erd- und Eismodelle werden verwendet
 - berechnete Meeresspiegelkurven werden erstellt



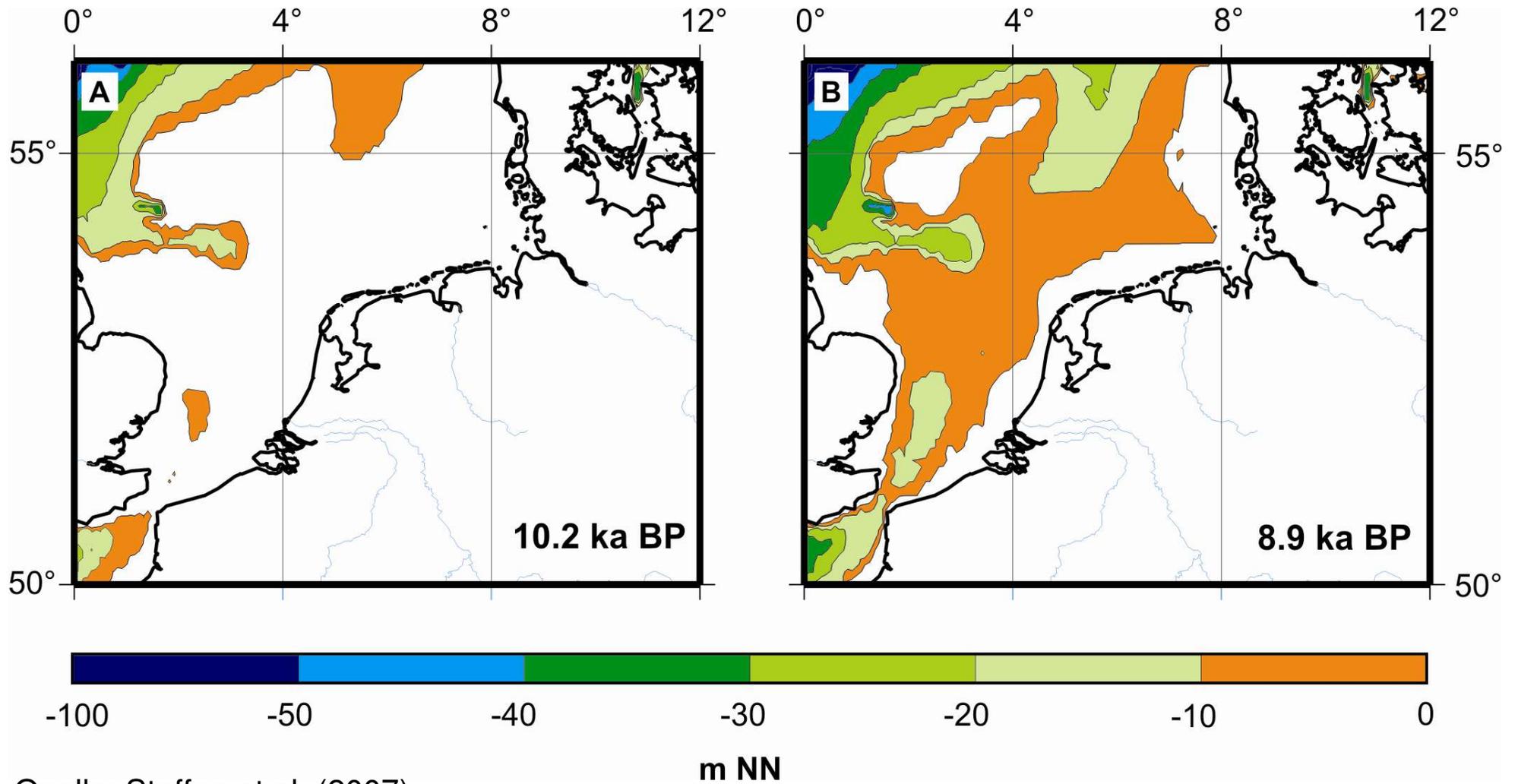
Quelle: Vink
et al. (2007)

Einfluss der skandinavischen Hebung auf unsere Küste

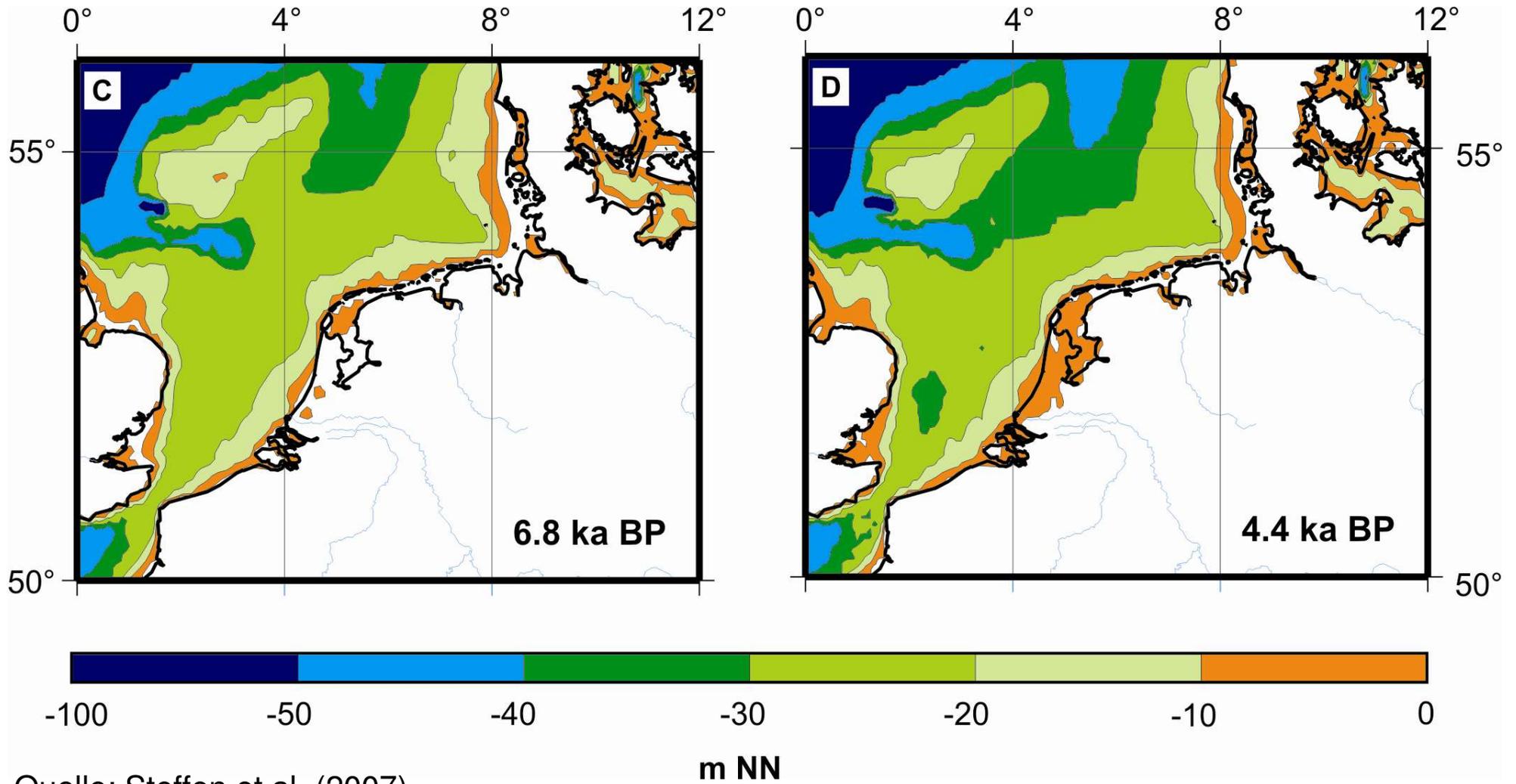


Quelle: Mörner (1980)

Paläoküstenlinien

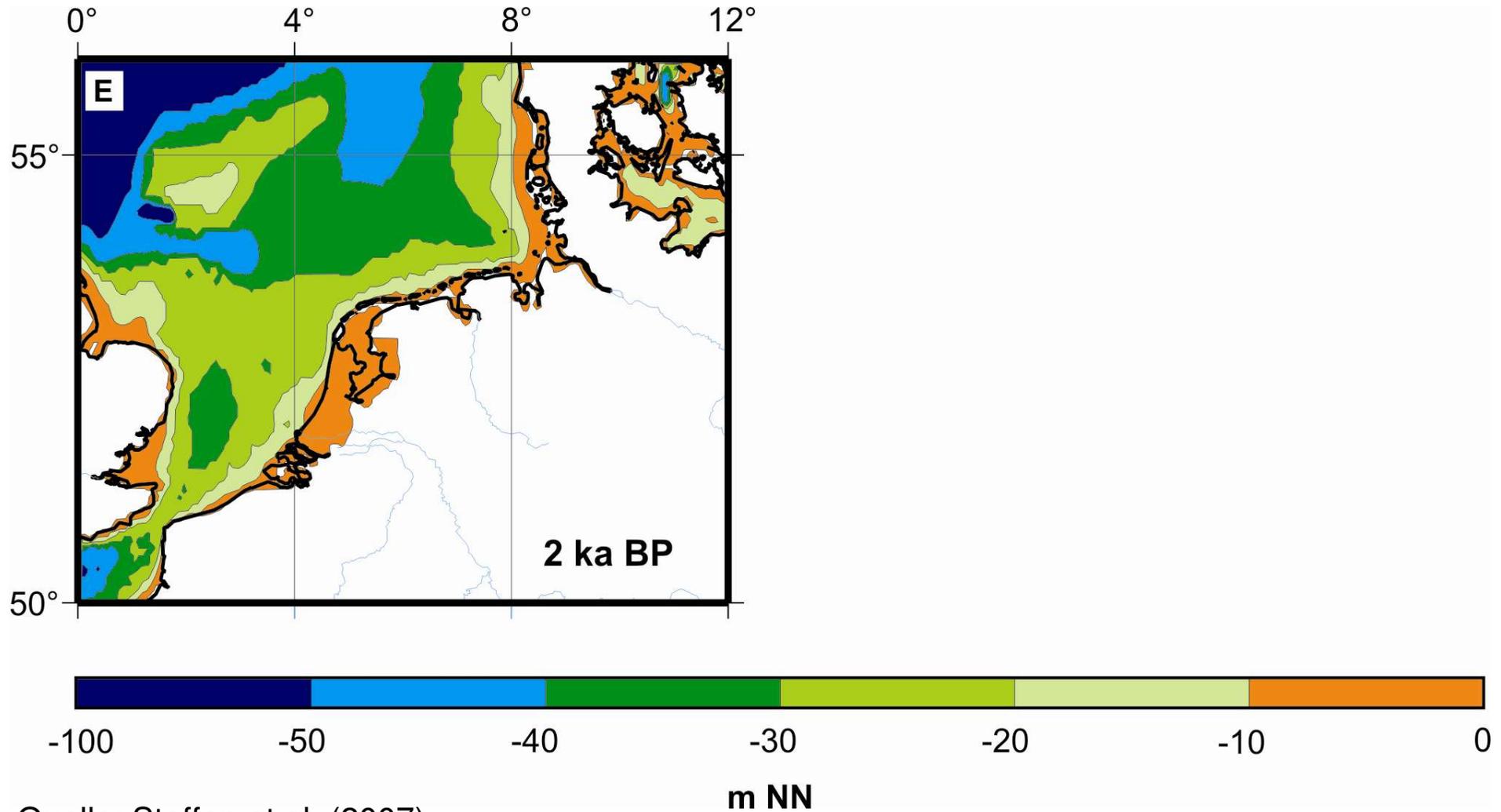


Paläoküstenlinien



Quelle: Steffen et al. (2007)

Paläoküstenlinien



Quelle: Steffen et al. (2007)





Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

