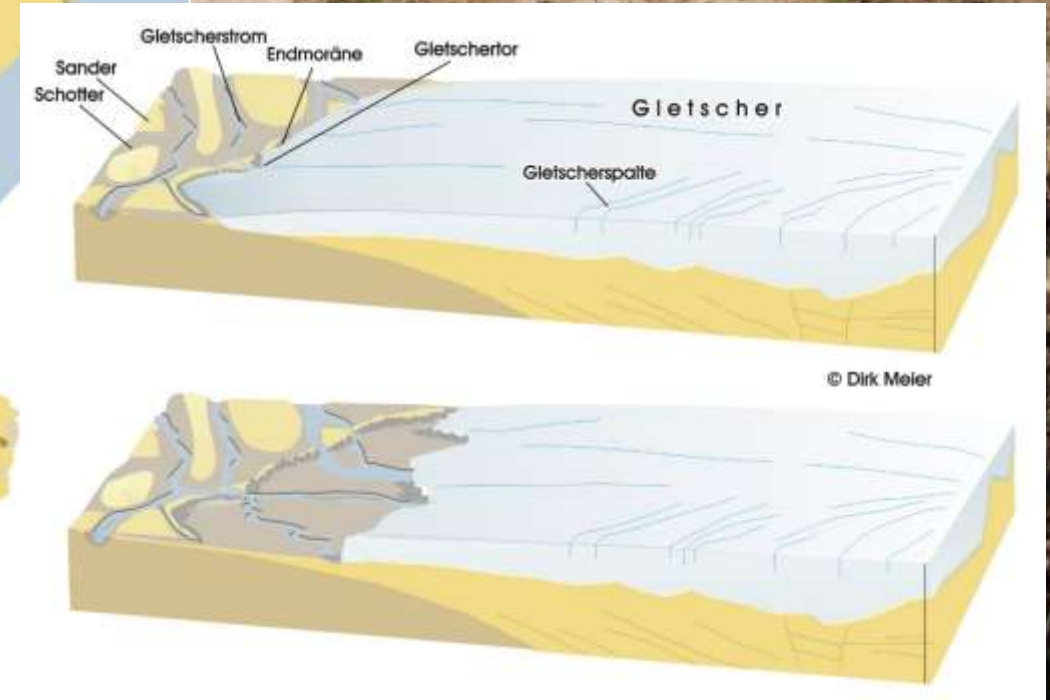


Dr. phil. habil. math.-nat. Dirk Meier

Schleswig-Holsteins Küsten im Wandel Von der Eiszeit zur globalen Klimaerwärmung



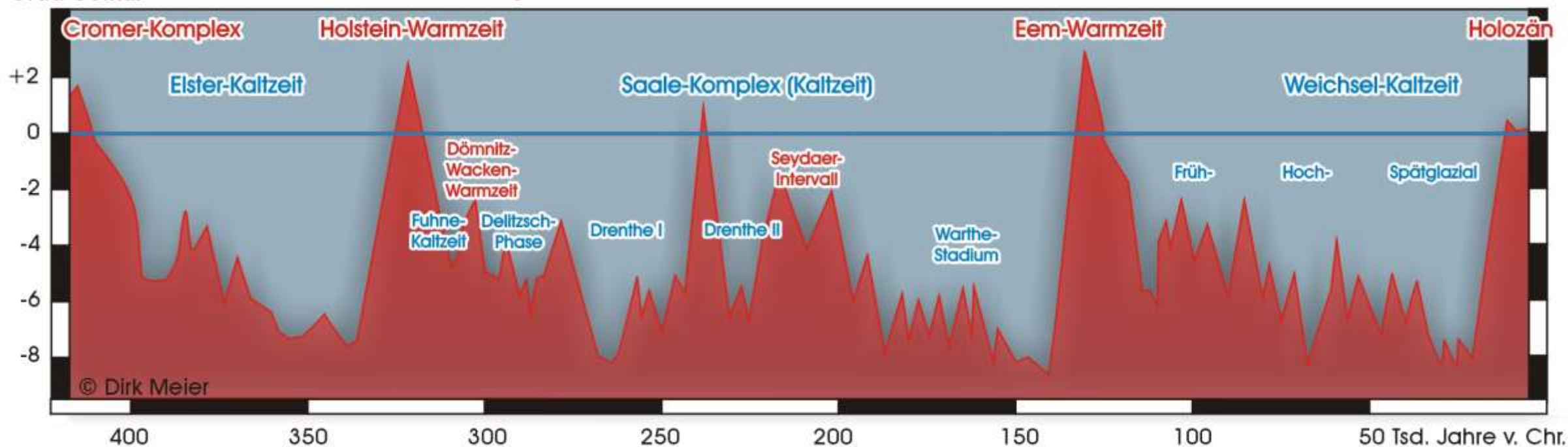
Topographie Schleswig-Holsteins



Klimaentwicklung des Mittel- und Jungpleistozäns

Grad Celsius

Temperaturentwicklung nach antarktischen Eisbohrkernen relativ zum Mittelwert des Holozäns



Holstein-Warmzeit vor 340.000 bis 325.000 Jahren

www.kuestenarchaeologie.de



Saale-Kaltzeit vor 300.000 bis 130.000 Jahren



Altmoränen der Saale-Kaltzeit



Twie-Berge



Süllberg, Hamburg

Eem-Warmzeit

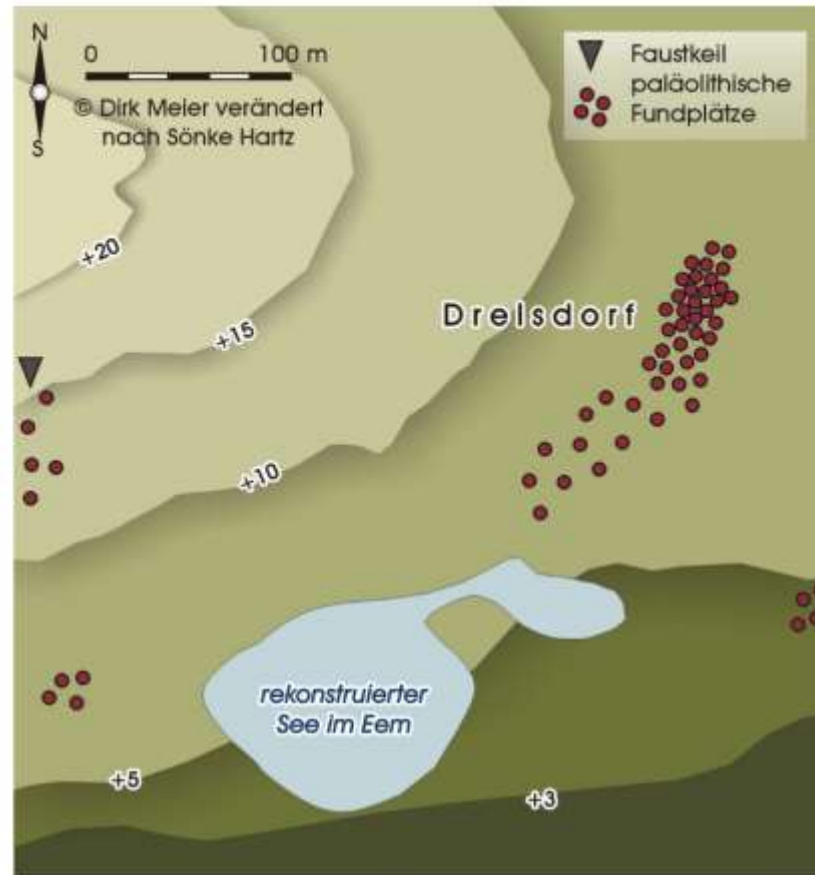
Eem-Meer
125.000 Jahre vor heute



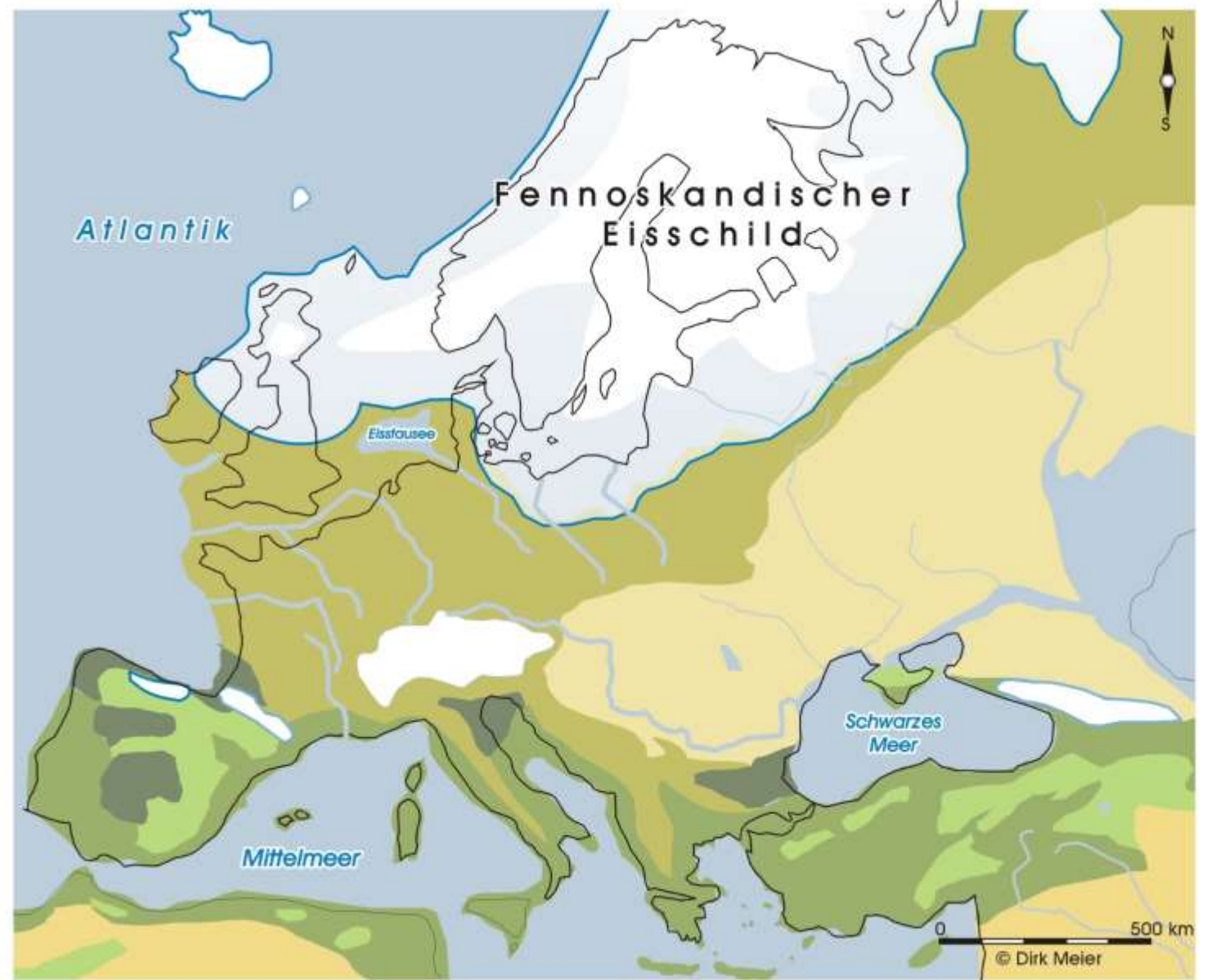
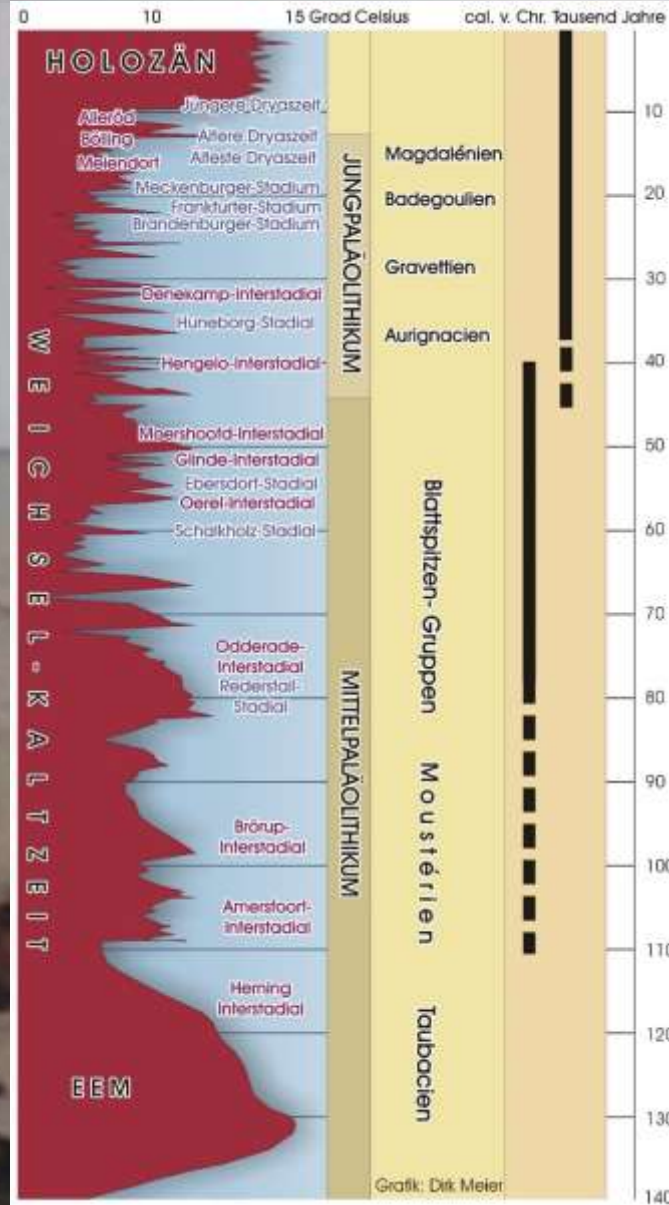
Eem-Warmzeit vor 126.000 bis 115.000 Jahren



Eem-Warmzeit

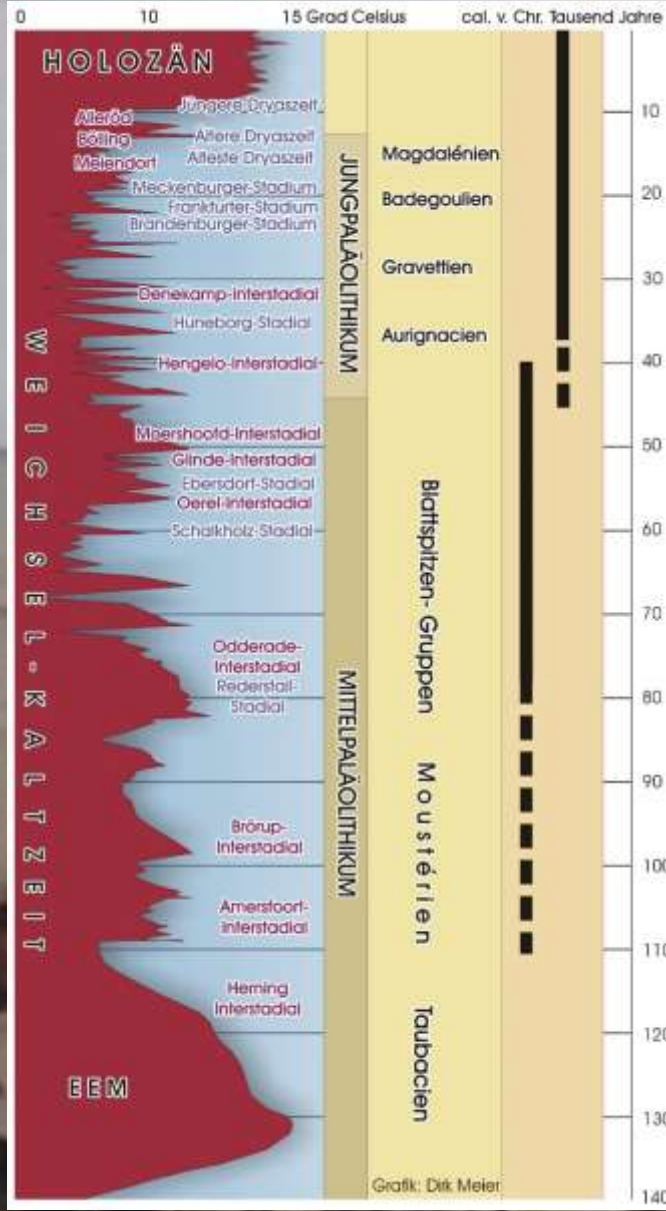


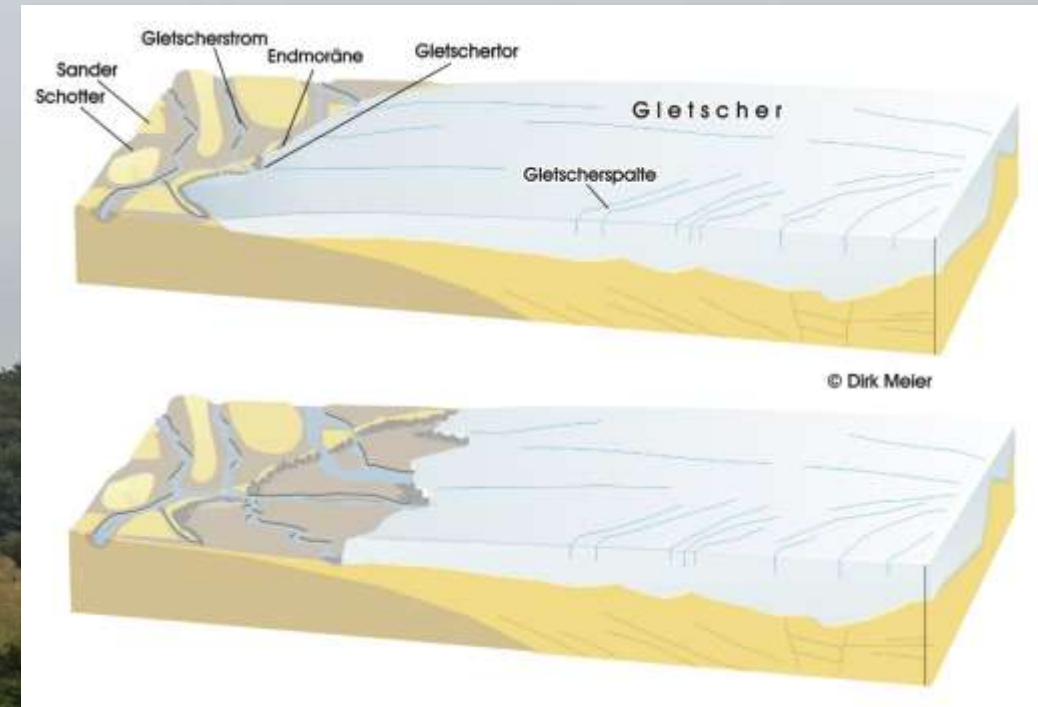
Weichsel – Kaltzeit vor 115.000 Jahren bis um 9700 v. Chr.



Steppe Parktundra Mischwald Nadelwald Tundra und Kältsteppe Halbwüste

Weichsel – Kaltzeit vor 115.000 Jahren bis um 9700 v. Chr.





Johann Georg Forchhammer (* 26. Juli 1794 in Husum; † 14. Dezember 1865 in Kopenhagen)

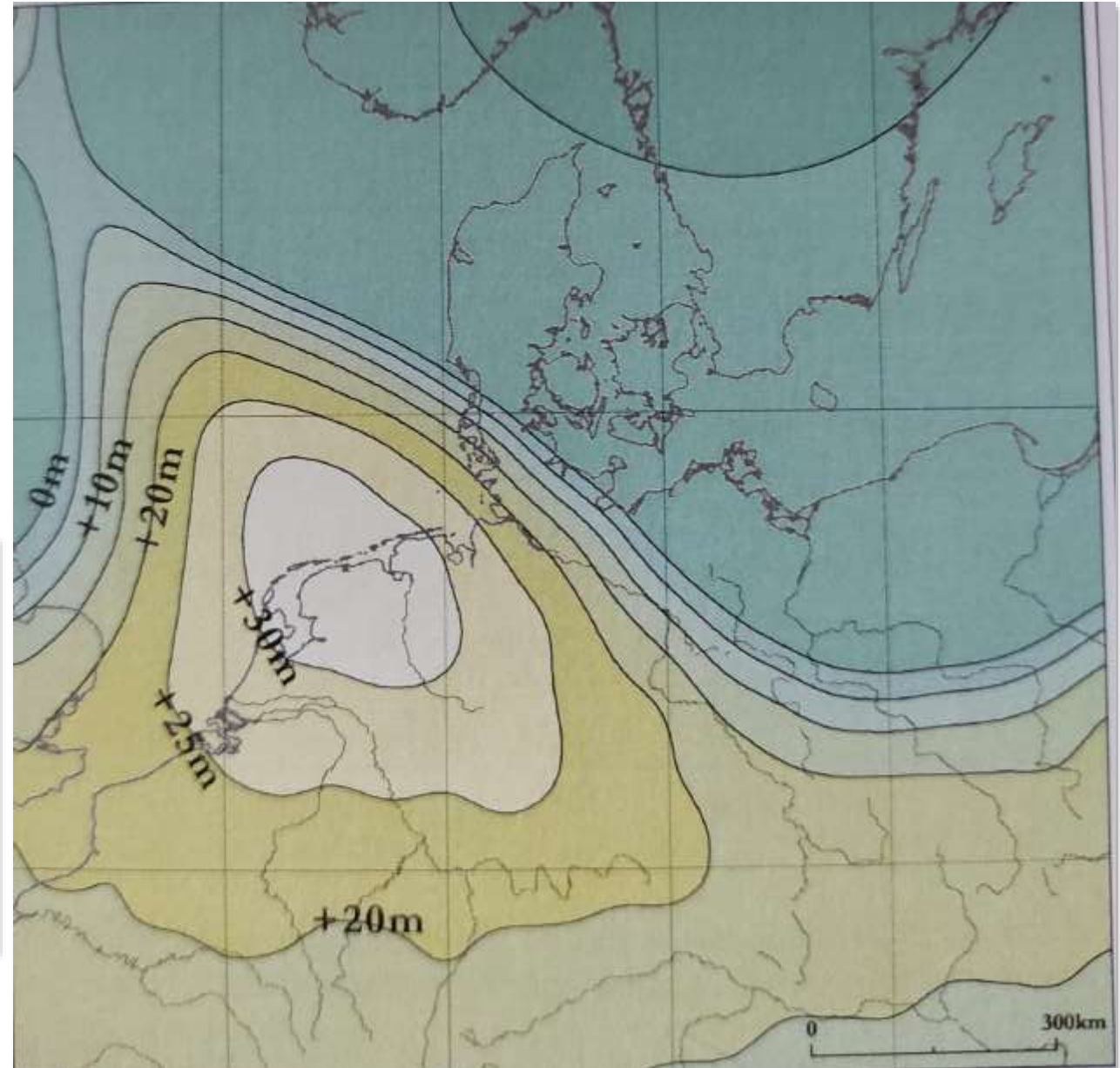
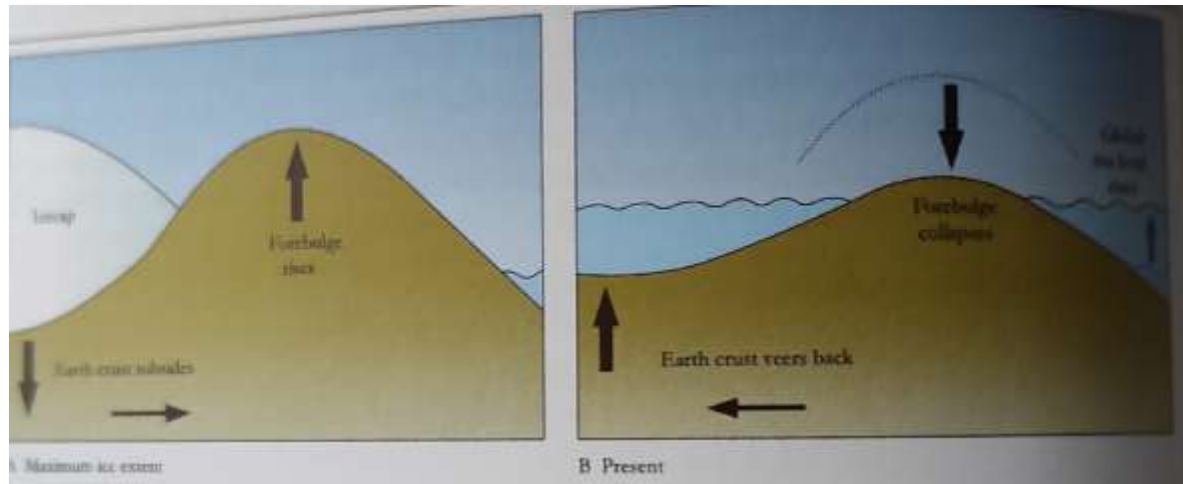
Nach der Weichsel-Kaltzeit:

Skandinavien taucht auf,
das Meer zieht sich zurück.
Schleswig-Holstein sinkt.



Glaziolae Isostasie

© Peter Vos



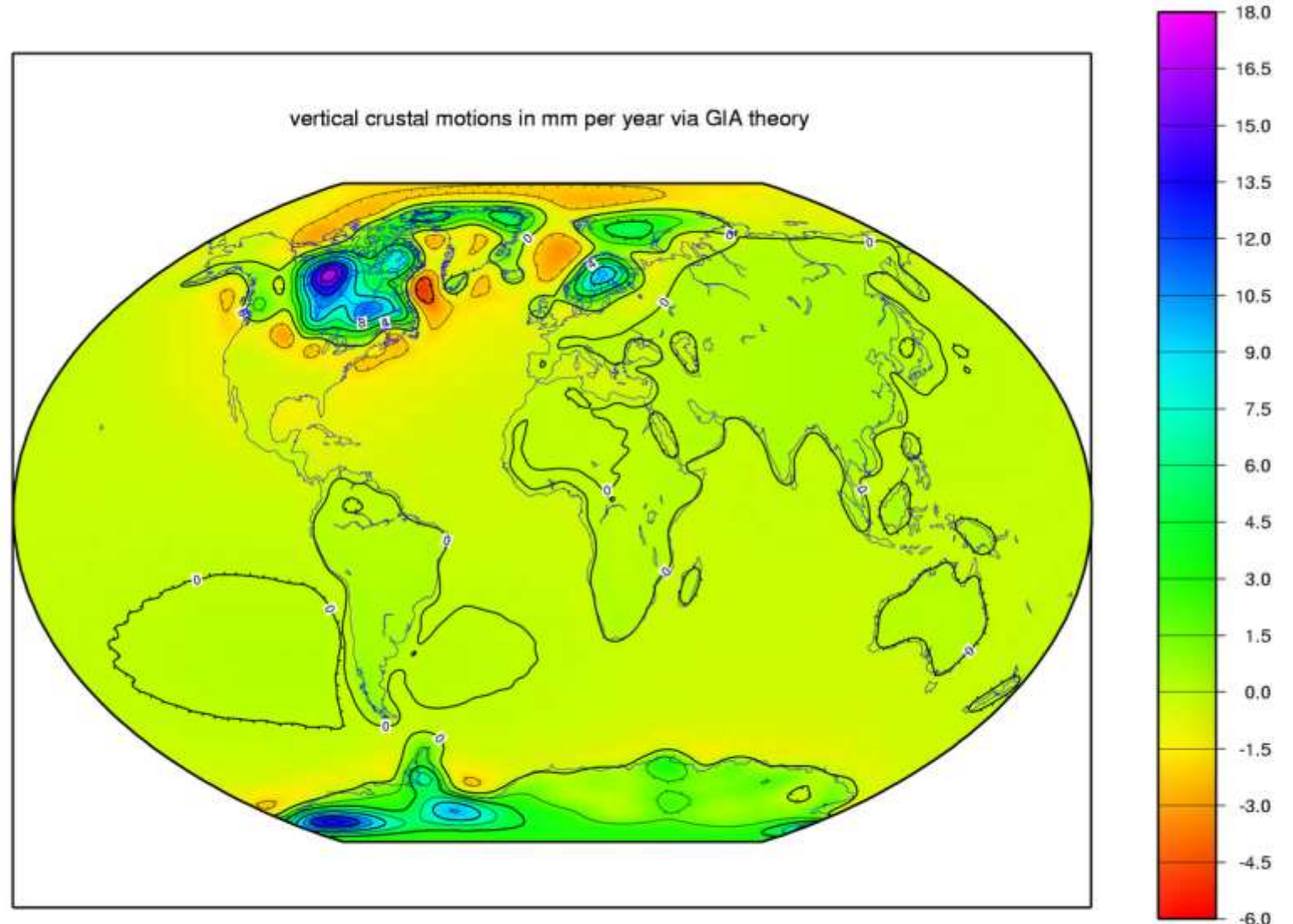
Studien zeigen, dass diese Hebung in zwei zeitlichen Phasen verlief.

In der ersten Phase, die vor etwa 2000 Jahren zu Ende war, betrug die Hebung bis zu 75 mm pro Jahr.

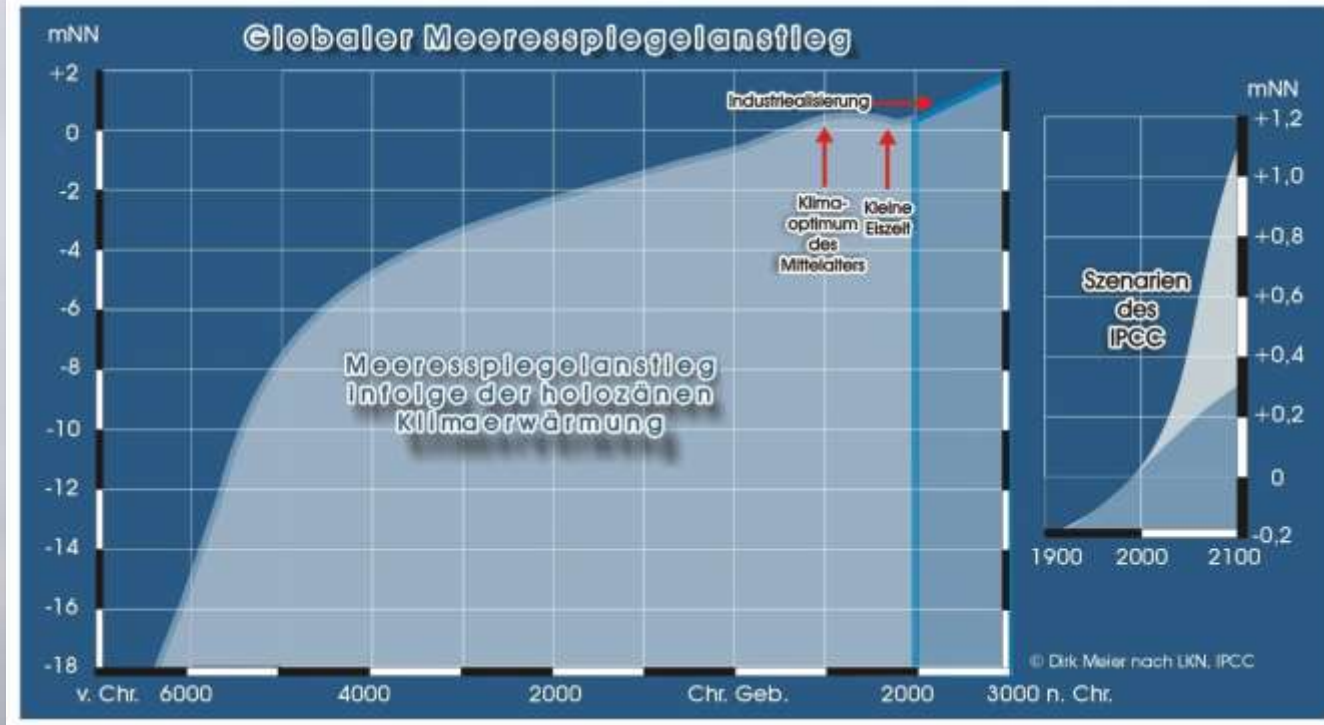
Mit Beginn der zweiten Phase verringerte sich die Hebung auf 25 mm pro Jahr und nimmt weiter ab.

Die heutige Hebung ist regional unterschiedlich und beträgt etwa 10 mm pro Jahr.

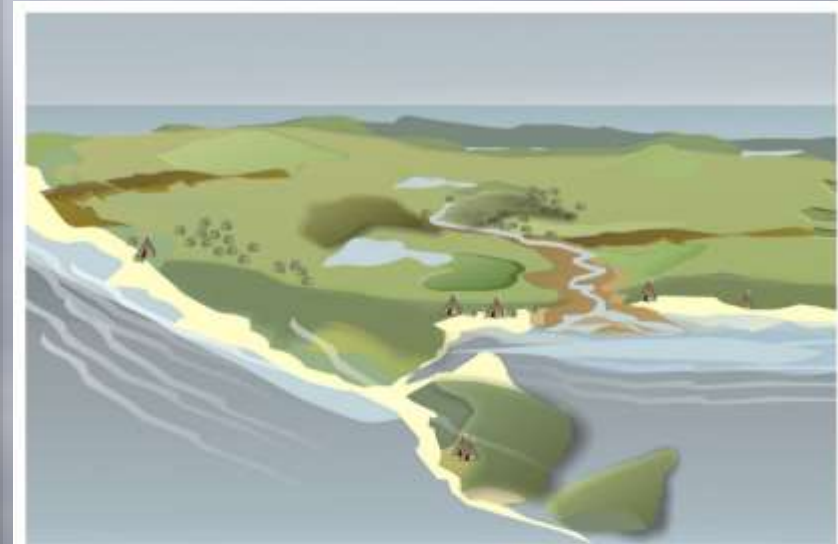
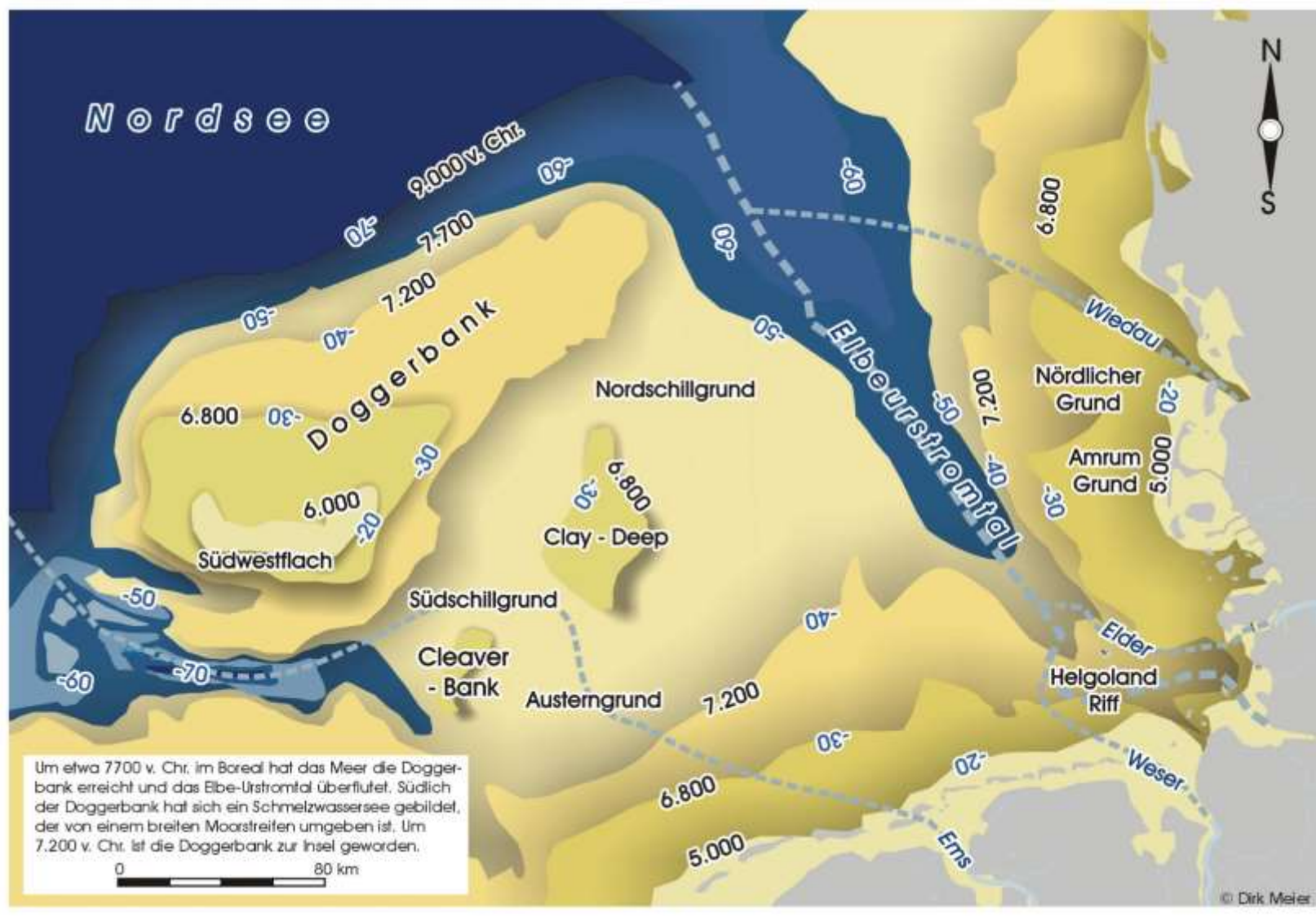
Entsprechend sinkt das Land südlich der sog. Forchhammer Linie.



Holozäner Meeresspiegelanstieg



Holozäner Meeresspiegelanstieg



Entwicklung der Ostsee

Baltischer Eisstausee
10.000 - 8.000 v. Chr.



Yoldia-Meer
9.000 - 7.700 v. Chr.



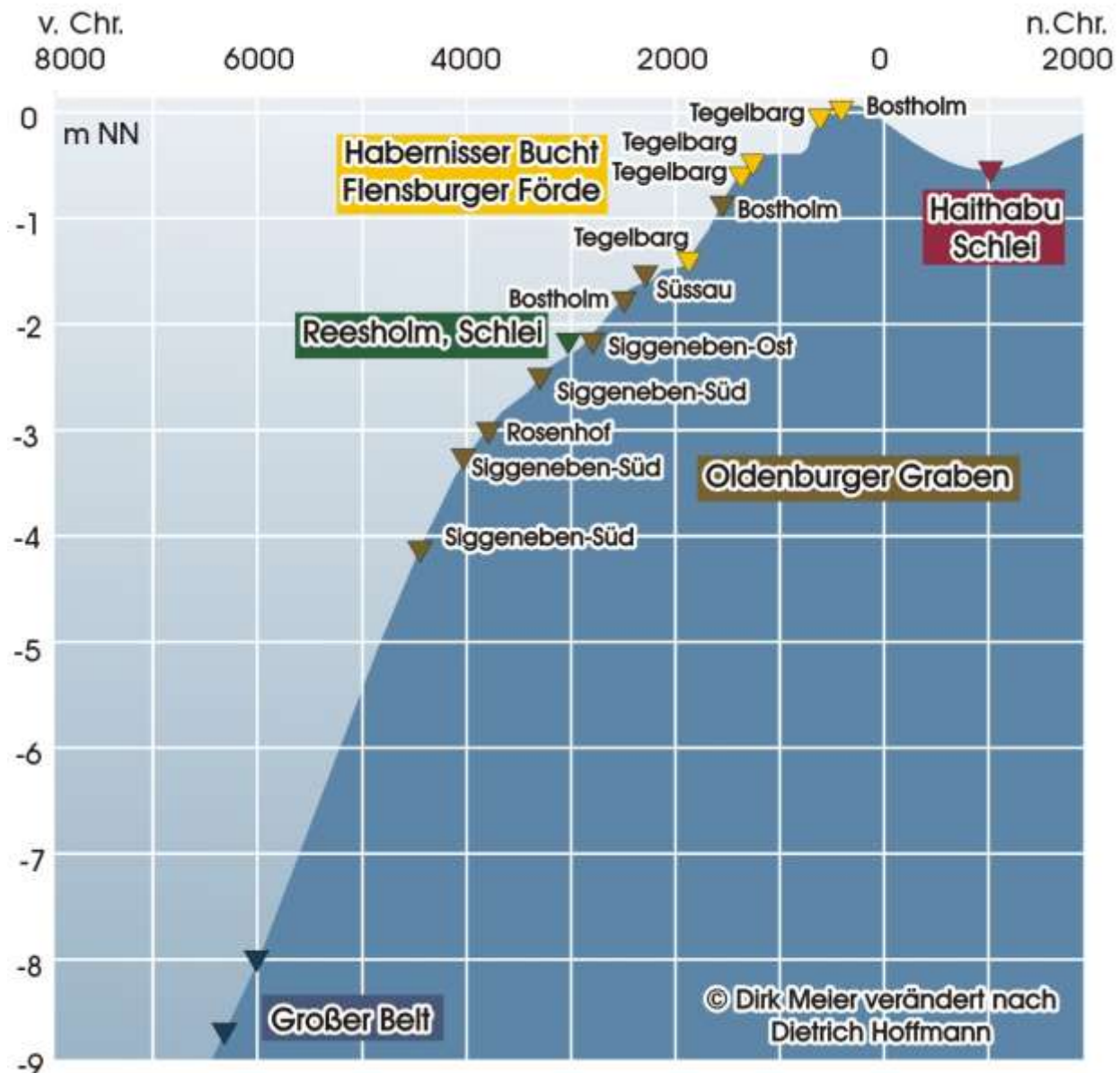
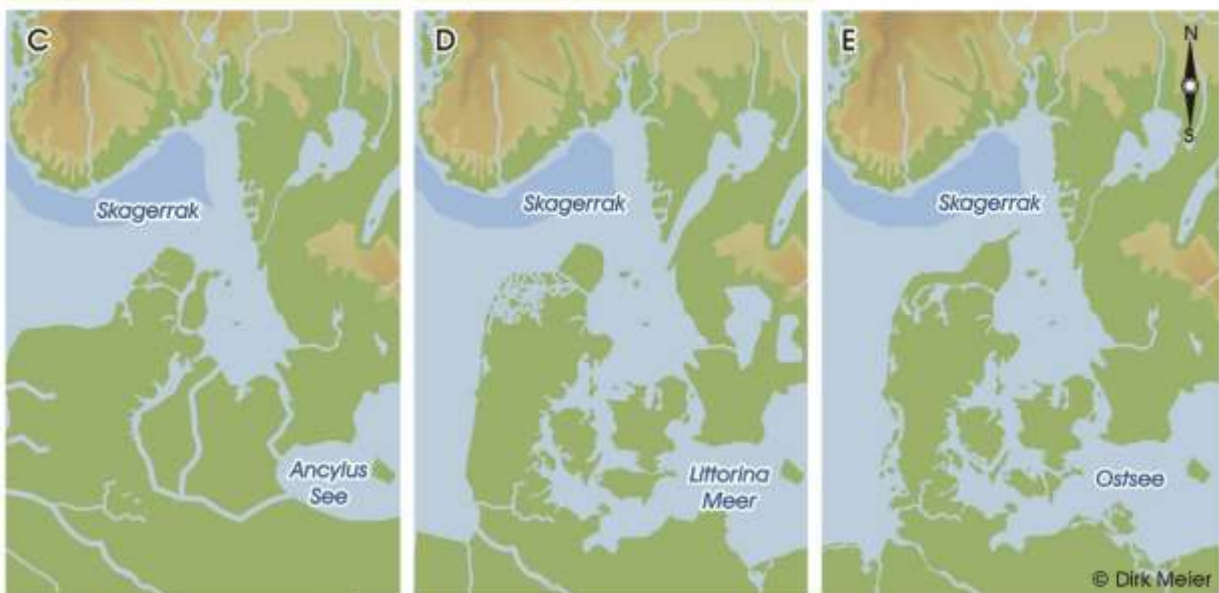
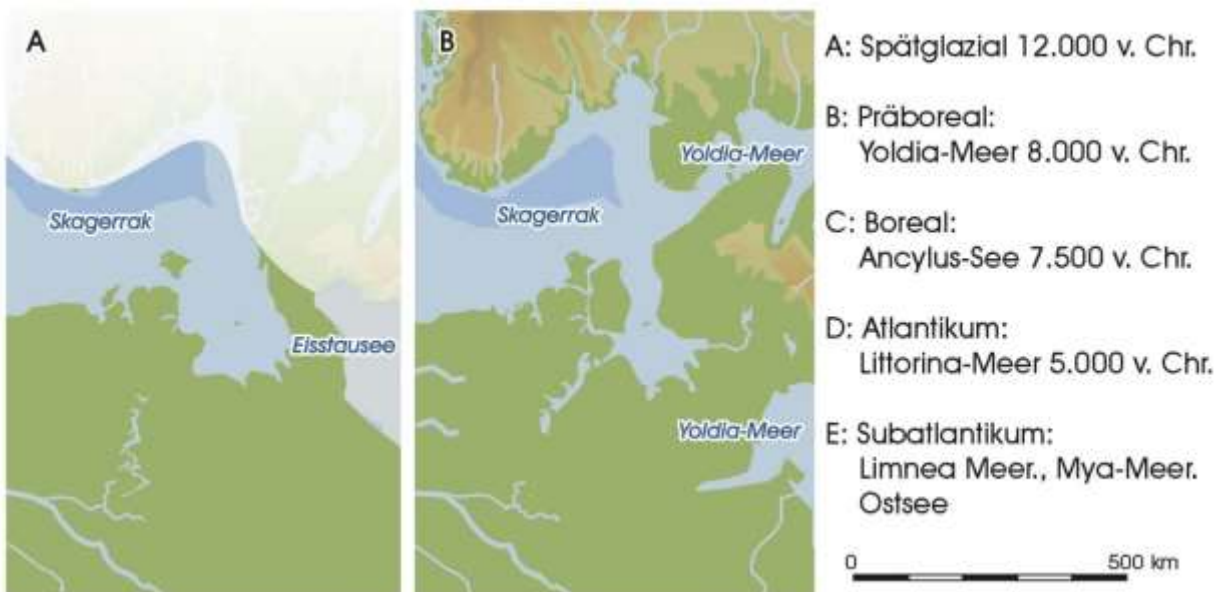
Ancylussee
7.500 - 6.000 v. Chr.



Littorinameer
5.000 v. Chr.



Entwicklung der Ostsee



Flensburger Förde

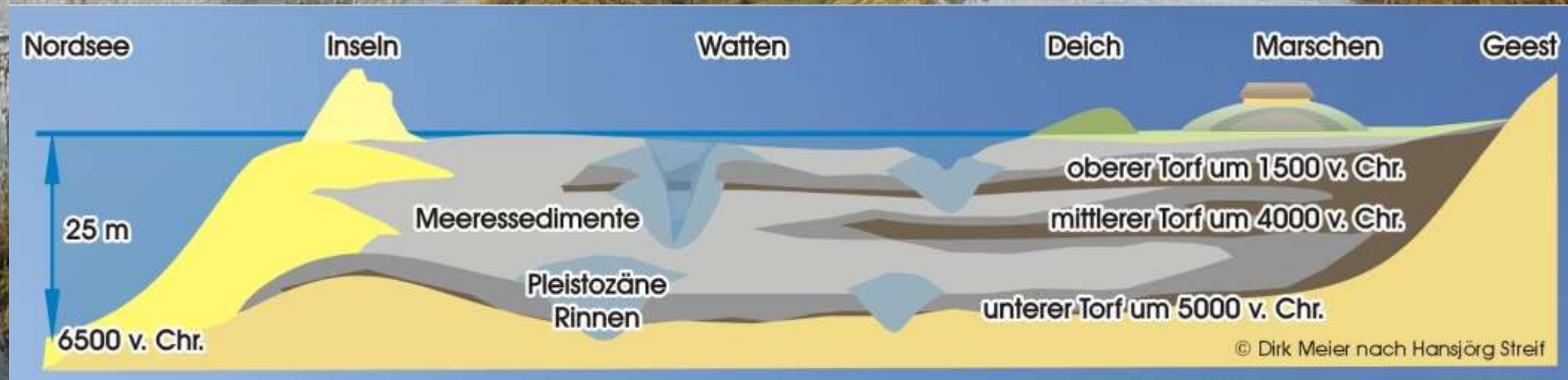


www.kuestenarchaeologie.de



Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs auf die Nordseeküste

www.kuestenarchaeologie.de



Mesolithikum 11.000 – 6.000/5.000 v. Chr.

www.kuestenarchaeologie.de

v. Chr.

11000

10000

9000

8000

7000

6000

5000

Kältesteppe

Kiefernwälder mit Birken

Kiefernwälder mit Haseln

Eichenmischwälder



Stilspitzengruppen

Maglemose

Kongemose

Ertebölle

SPÄTPALÄOLITHIKUM

ALTMESOLITHIKUM

JUNGMESOLITHIKUM

Grafik: Dirk Meier





2023 Heutige Landschaft der Wilstermarsch bei Hollerwettern

14. Jahrhundert bis 1751
Sturmfluten lagern nach Deichbrüchen Sedimente ab

12. Jahrhundert
Hochmittelalterlicher Landesausbau
(Hollerkolonisation)

Chr. Geb. - 1000 n. Chr.
Marschuferrwälle mit Siedlungen,
ausgedehnte Moore hinter
Uferwällen der Flussmarsch, die um
500 v. Chr. entstanden

Holozäner Meeresspiegelanstieg
mit Ablagerung von Sedimenten

5000 v. Chr.
Der Meeresspiegelanstieg verlangsamt sich
Schilfsümpfe und Moore im Mesolithikum
an der Untere Elbe

Seit 6.000 v. Chr. Vordringen der Nordsee in
das Gebiet der Untere Elbe infolge des
holozänen Meeresspiegelanstiegs mit der
Ablagerung von Sedimenten

Tundra, Rentierjäger der Hamburger und
Ahrensburger Kultur

vor 12.000 Jahren Ende der Weichsel-Kaltzeit

Weichsel-Kaltzeit vor 115.000 - 10.000 Jahren
Elbe-Urstromtal, Ablagerungen von
Schmelzwassersanden

Eem-Warmzeit vor 126.000 - 115.000 Jahren

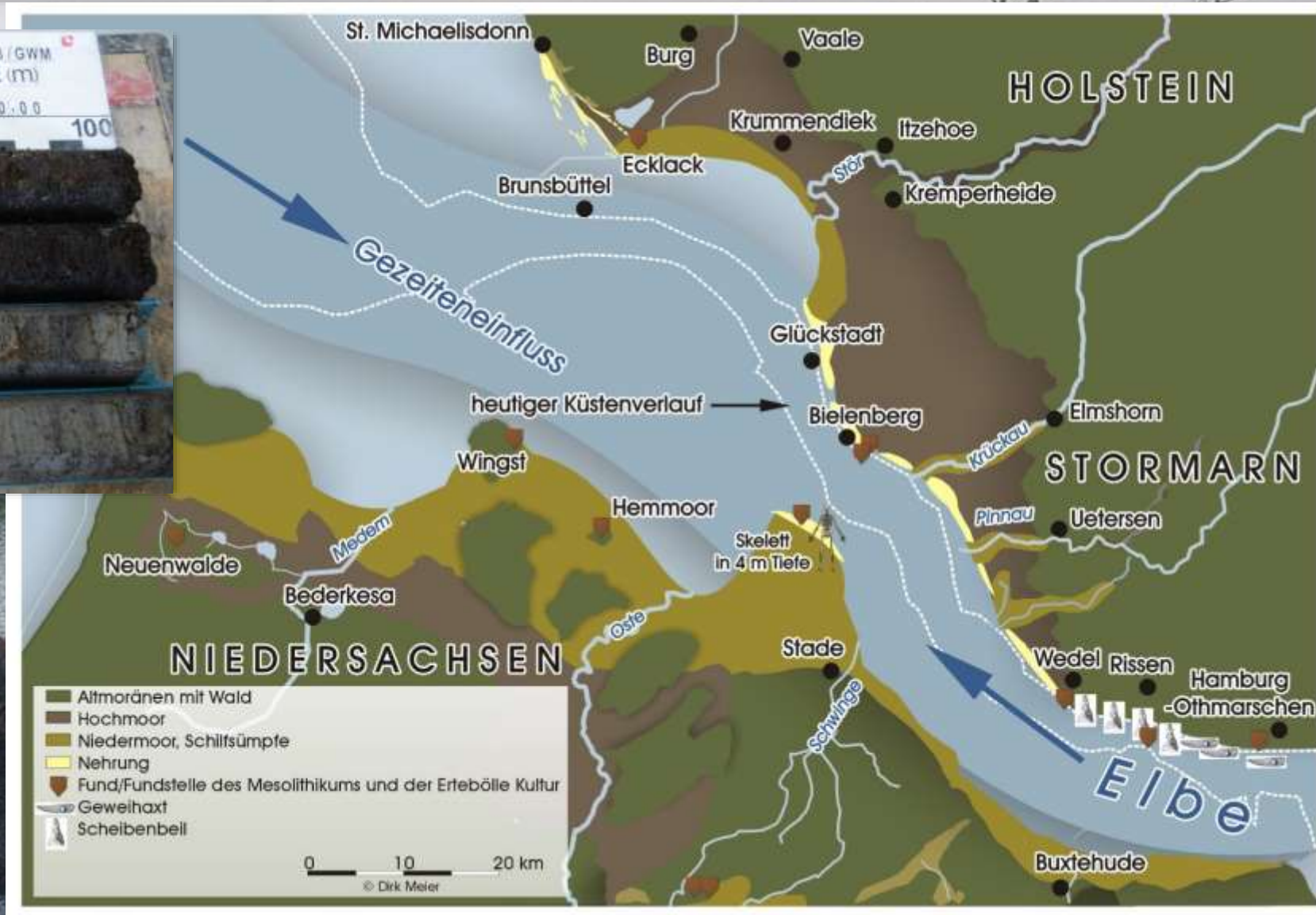
Saale-Kaltzeit vor 340.000 - 126.000 Jahren
Gletscher erreichen das Untere Elbegebiet bzw.
Überdecken es, Grundmoränen und
Endmoränen entstehen

Holstein-Warmzeit vor 340.000 - 325.000 Jahren

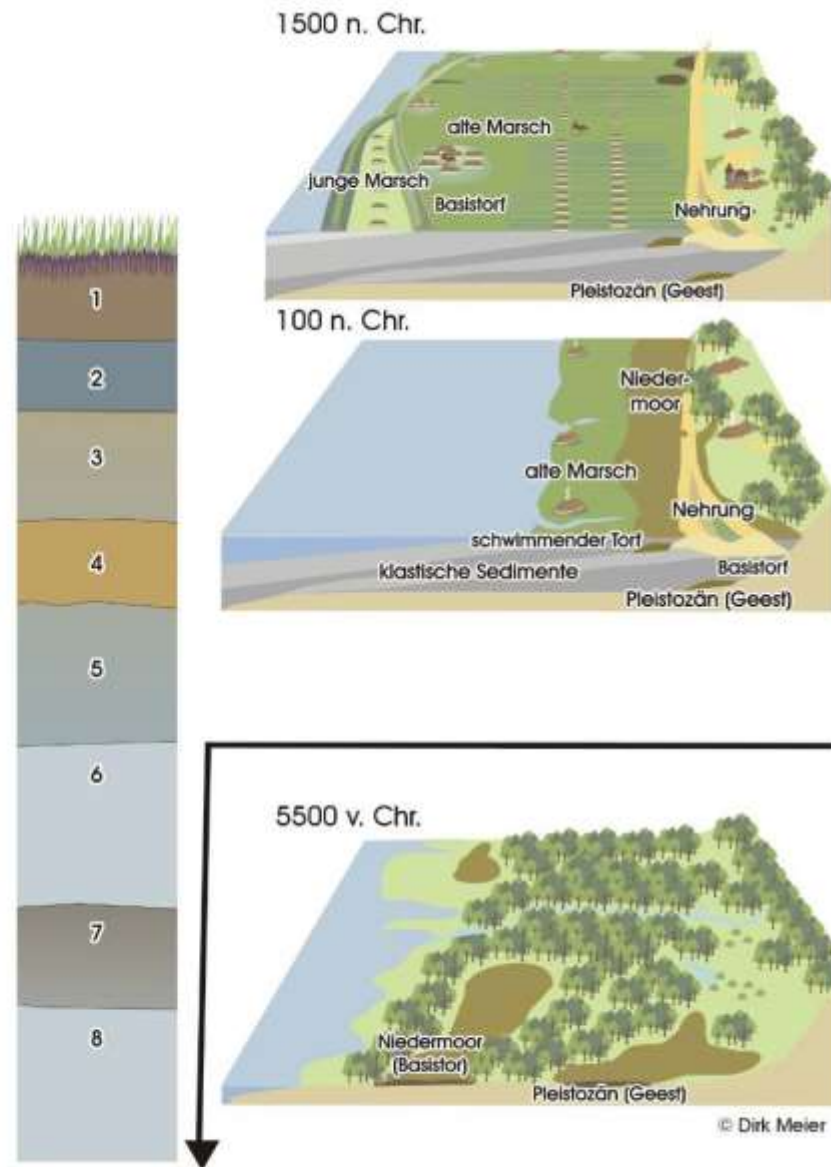
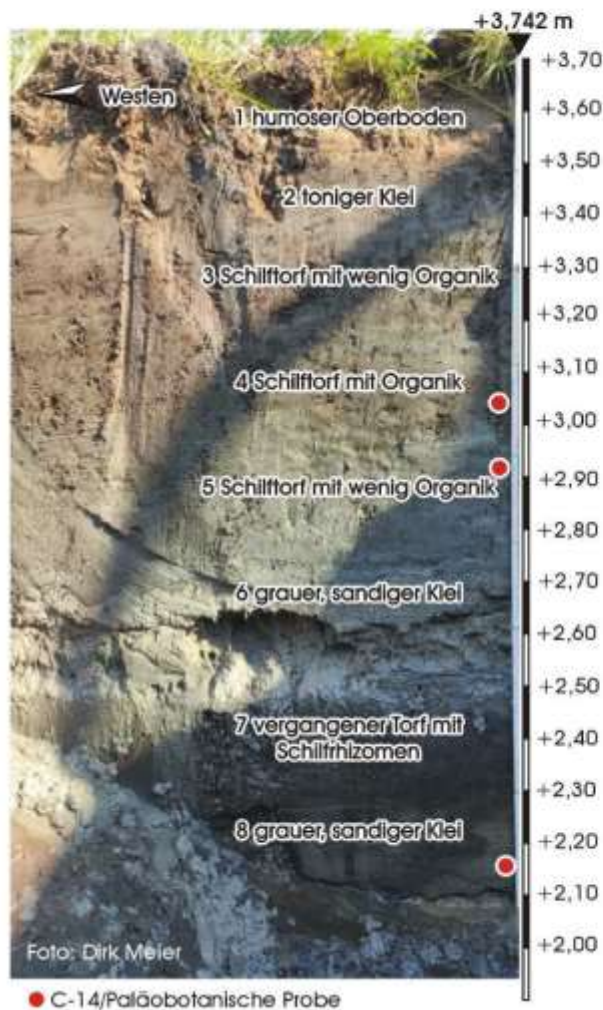
vor 340.000 Jahren
Ende der Elster-Kaltzeit
vor 380.000 Jahren
Lauenburger Ton



Untere Elberaum um 4.500 v. Chr. im Mesolithikum



Dithmarschen um 4.500 v. Chr. im Mesolithikum



Nordfriesland um 4.500 v. Chr. im Mesolithikum

www.kuestenarchaeologie.de



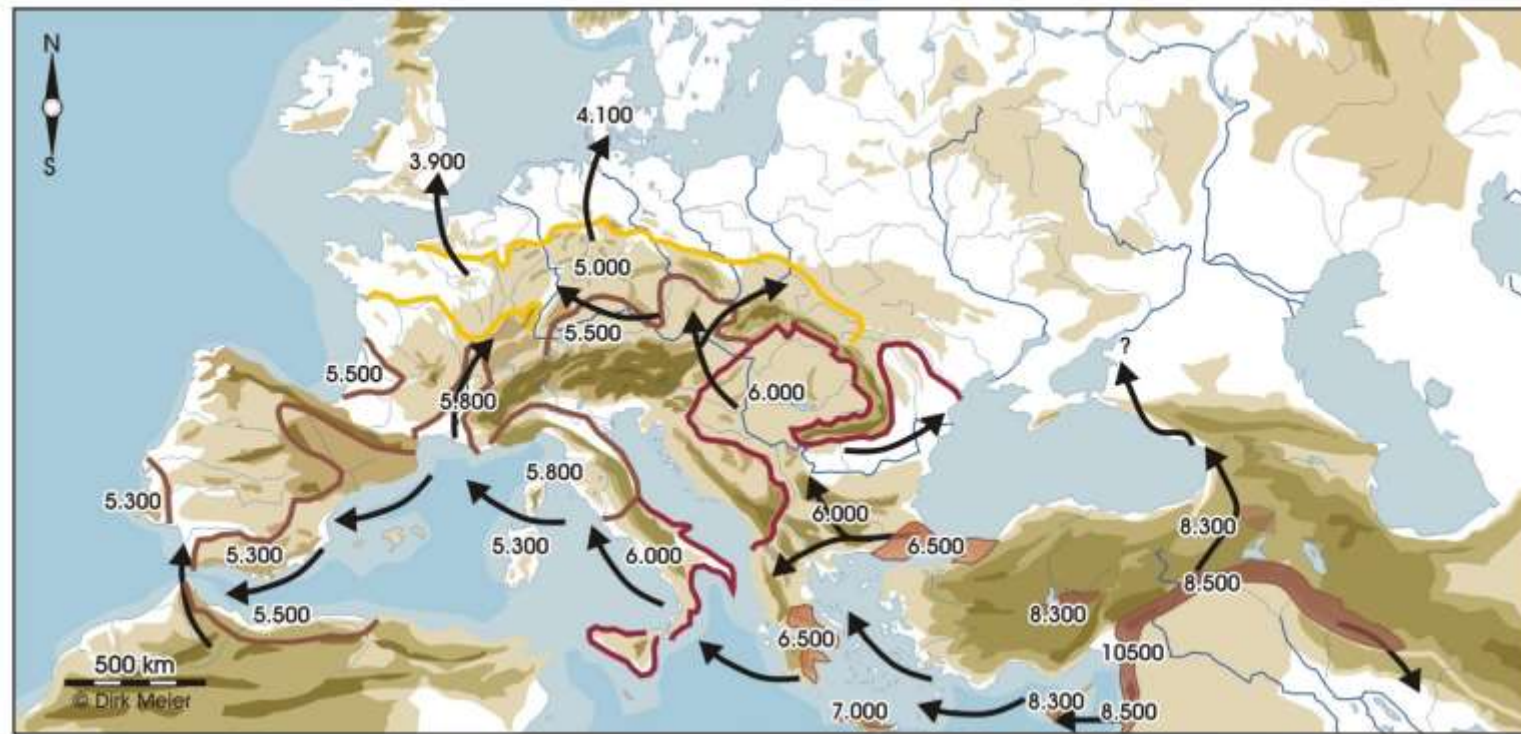
Ostseeküste mit Fundorten des Meso- und Neolithikums



Rosenhof: 5200-4200 v. Chr.
Hausrindknochen und Getreidepollen einer
Waldwirtschaft
Basislager mit ganzjähriger Besiedlung
Fischfang- und Jagdstationen

Neolithisierung

www.kuestenarchaeologie.de



Neolithisierung

Eichenmischwald, Laubheufütterung des Viehs

Schneitelung vor allem von Laubbäumen, Ulmenabfall um 3800 v. Chr. (Wirtschaft und Splintkäfer)

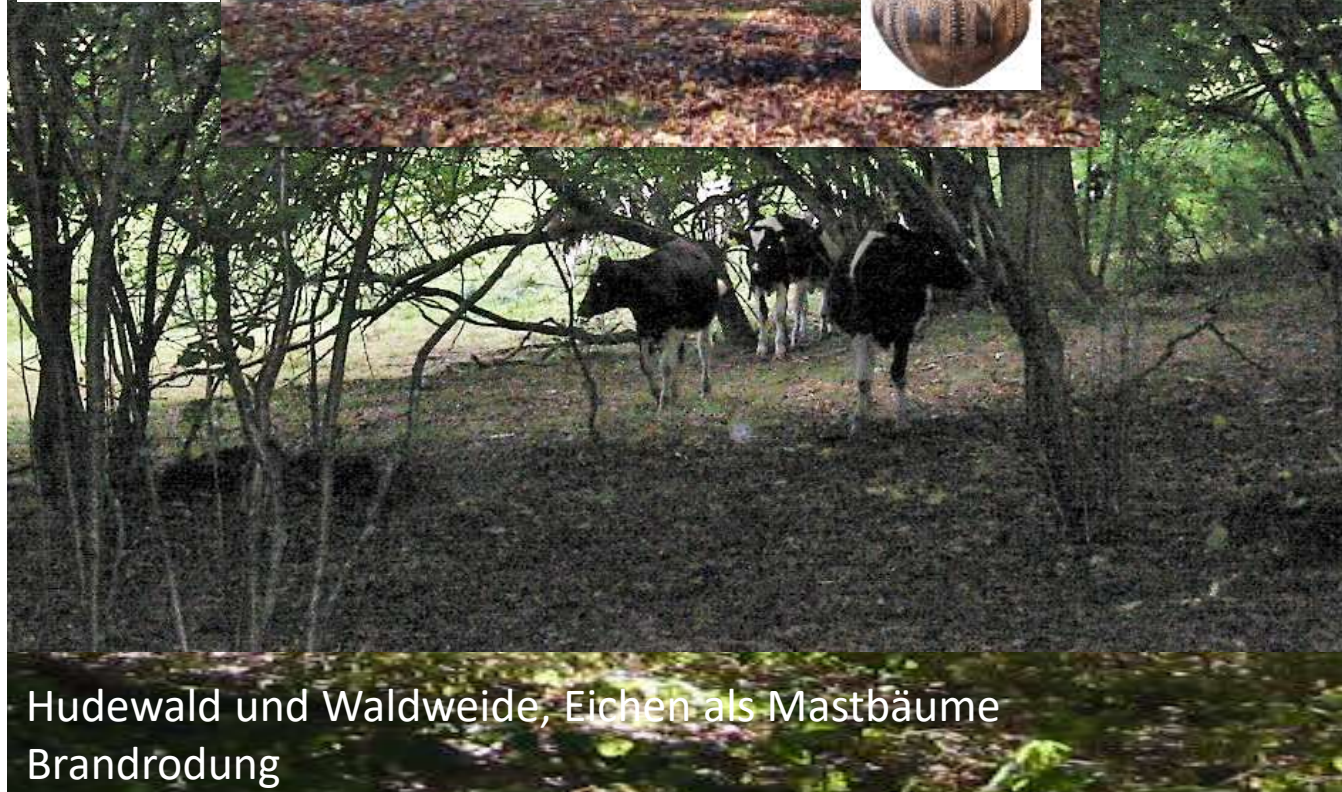
Waldweide, Hudelandschaft

Kleine Felder mit Einkorn und Emmer, Erbse, Linse, Lein

Wildobst

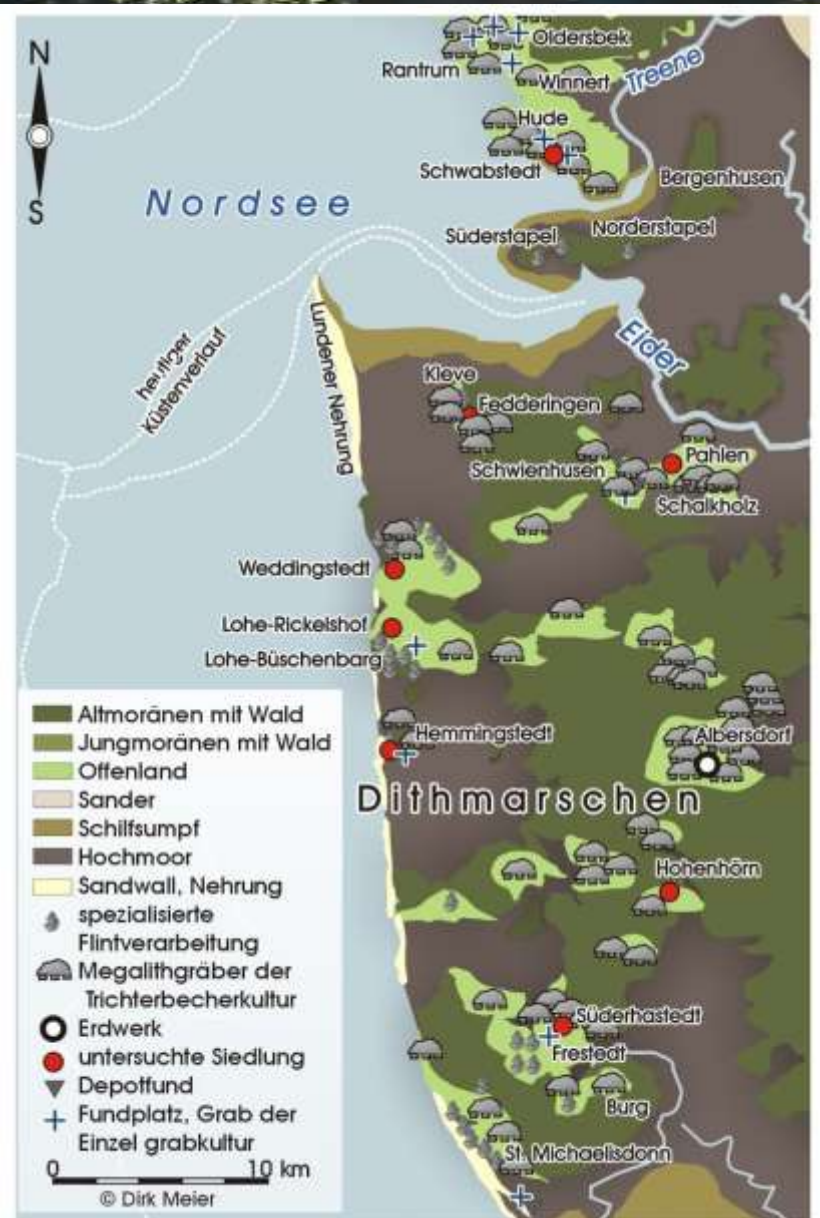
Neolithikum 4.000 bis 1.500 v. Chr.

www.kuestenarchaeologie.de



Hudewald und Waldweide, Eichen als Mastbäume
Brandrodung

Neolithikum: Dithmarschen und Ostholstein



Bronzezeit 1.700 bis 500 v. Chr. in Dithmarschen



Bronzezeit 1.500 bis 500 v. Chr. in Nordfriesland



Eisenzeit 500 v. Chr. bis 400 n. Chr. in Dithmarschen



Dithmarschen:
Vorrömische Eisenzeit und römische Kaiserzeit

Marschenbesiedlung in Dithmarschen

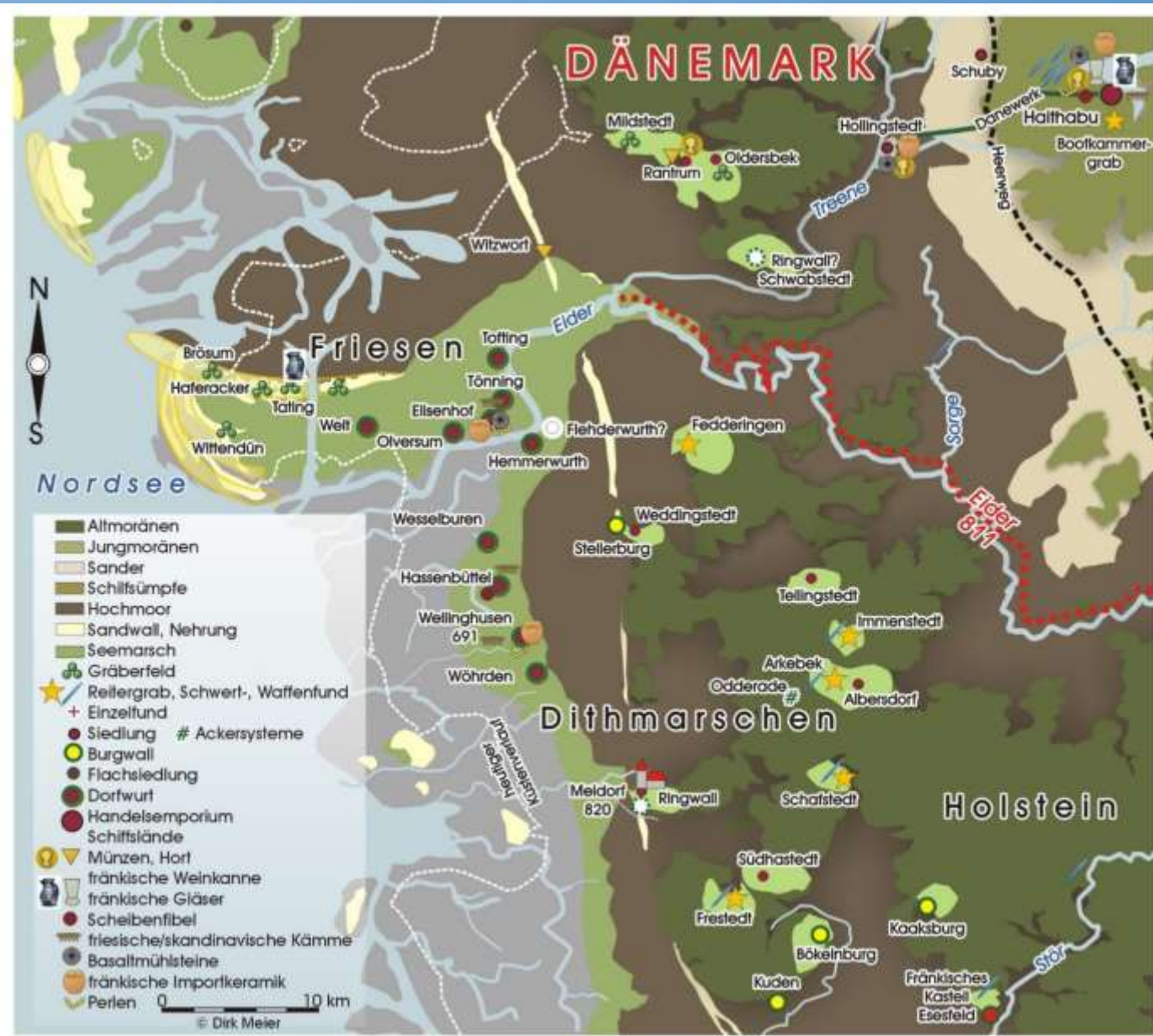


Frühes Mittelalter in Schleswig-Holstein 700 bis 1000 n. Chr.

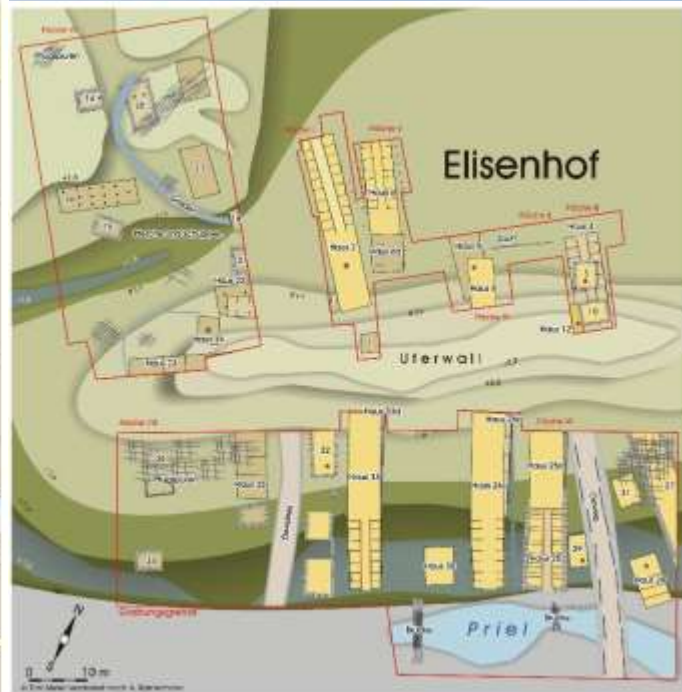
www.kuestenarchaeologie.de



Frühes Mittelalter in Dithmarschen

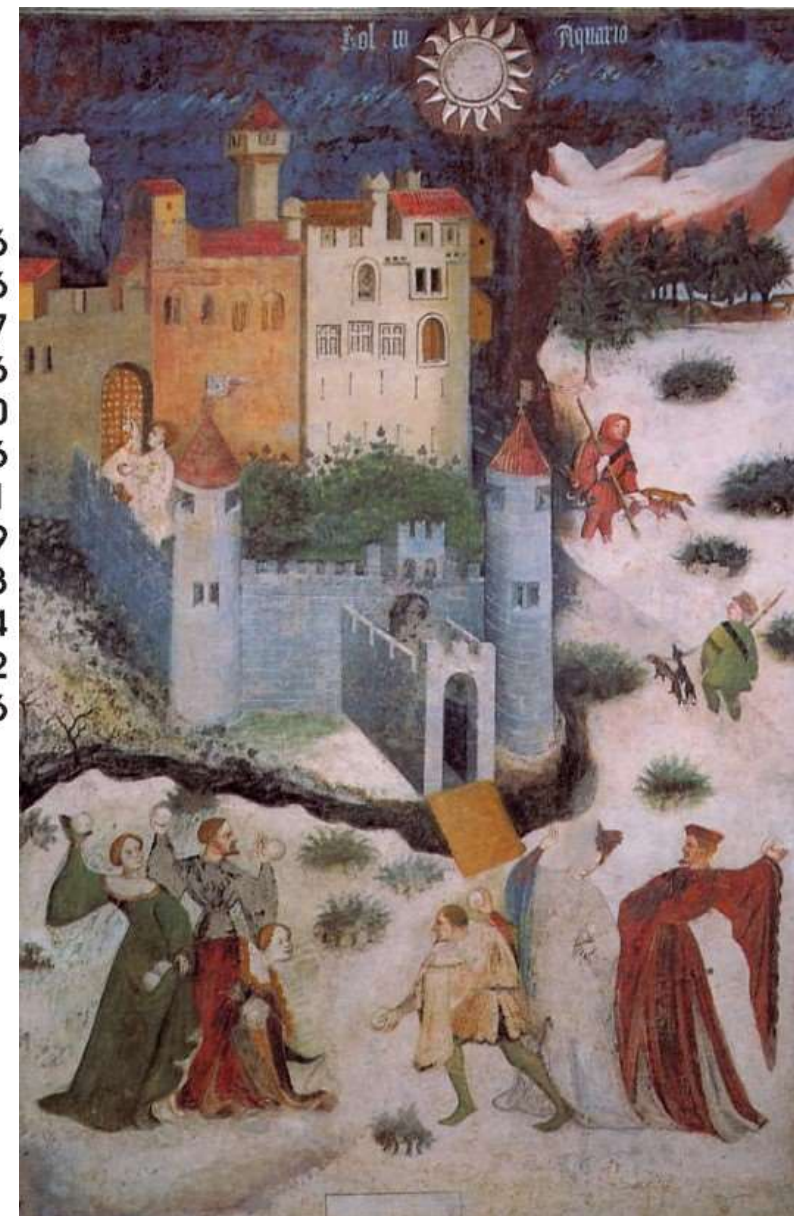
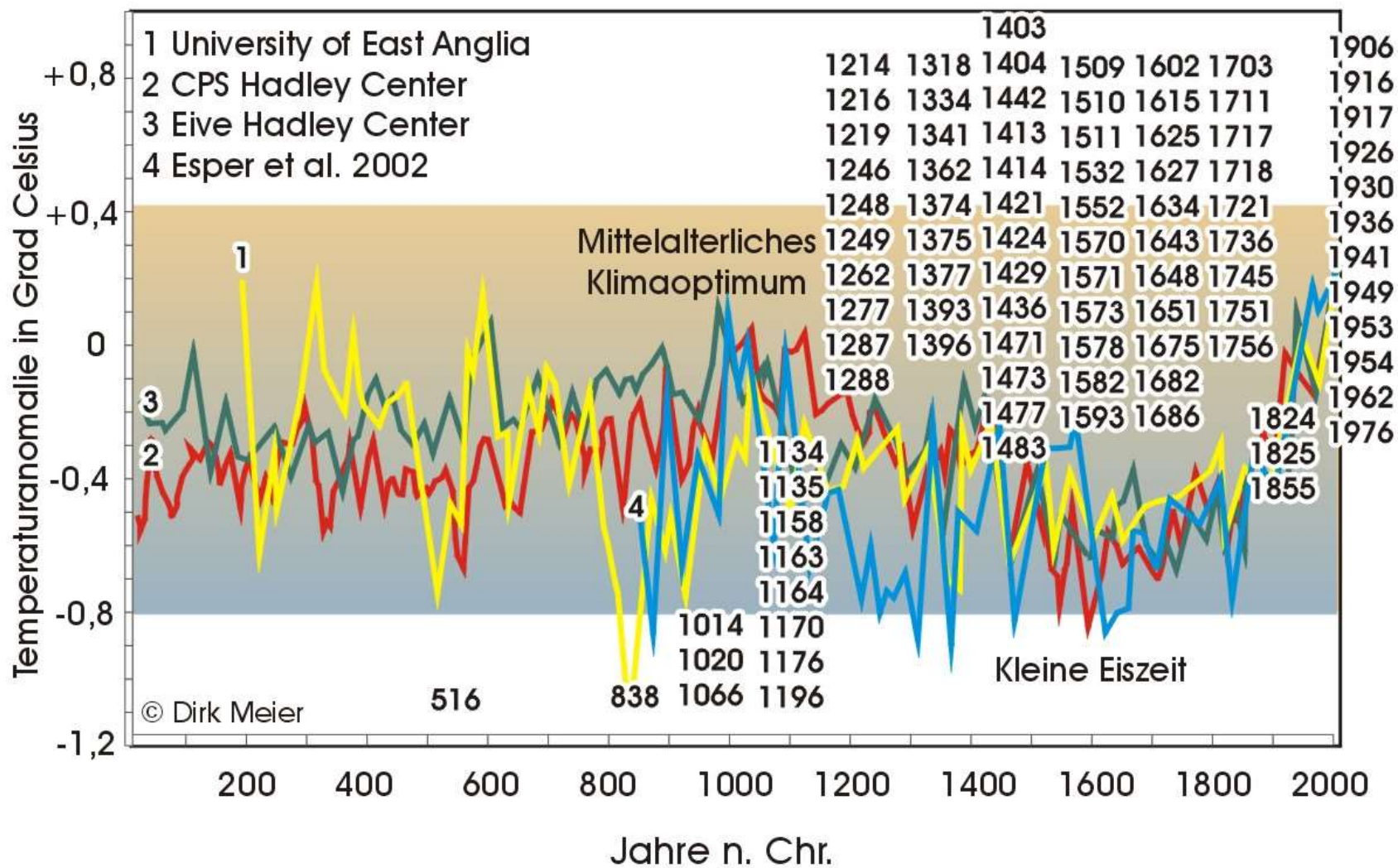


Frühes Mittelalter in Nordfriesland



Hohes und spätes Mittelalter: Klimaentwicklung und Sturmfluten

Temperatur Rekonstruktion nach verschiedenen Quellen (1-4) und Sturmfluten mit Jahresangabe

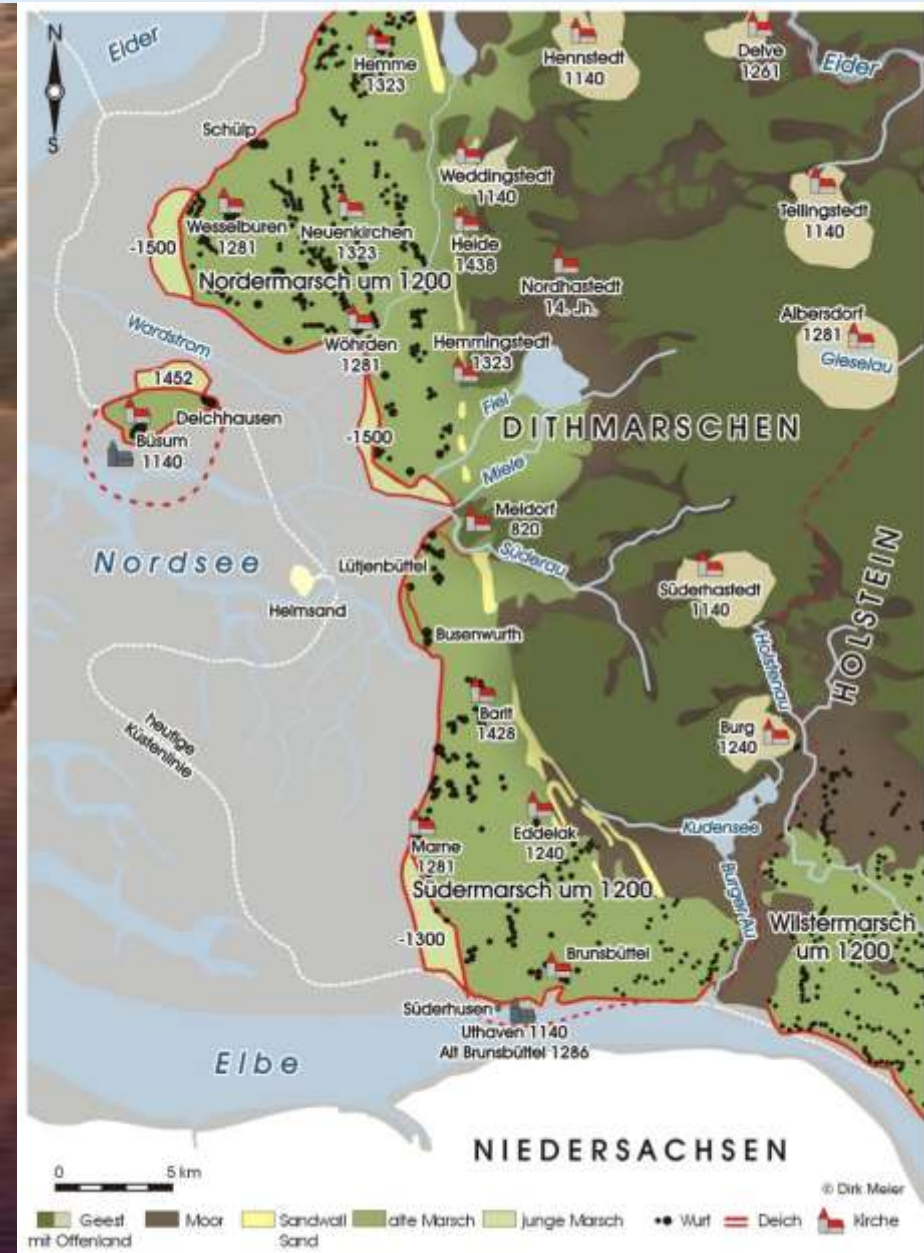


Hohes und spätes Mittelalter: Landwirtschaft

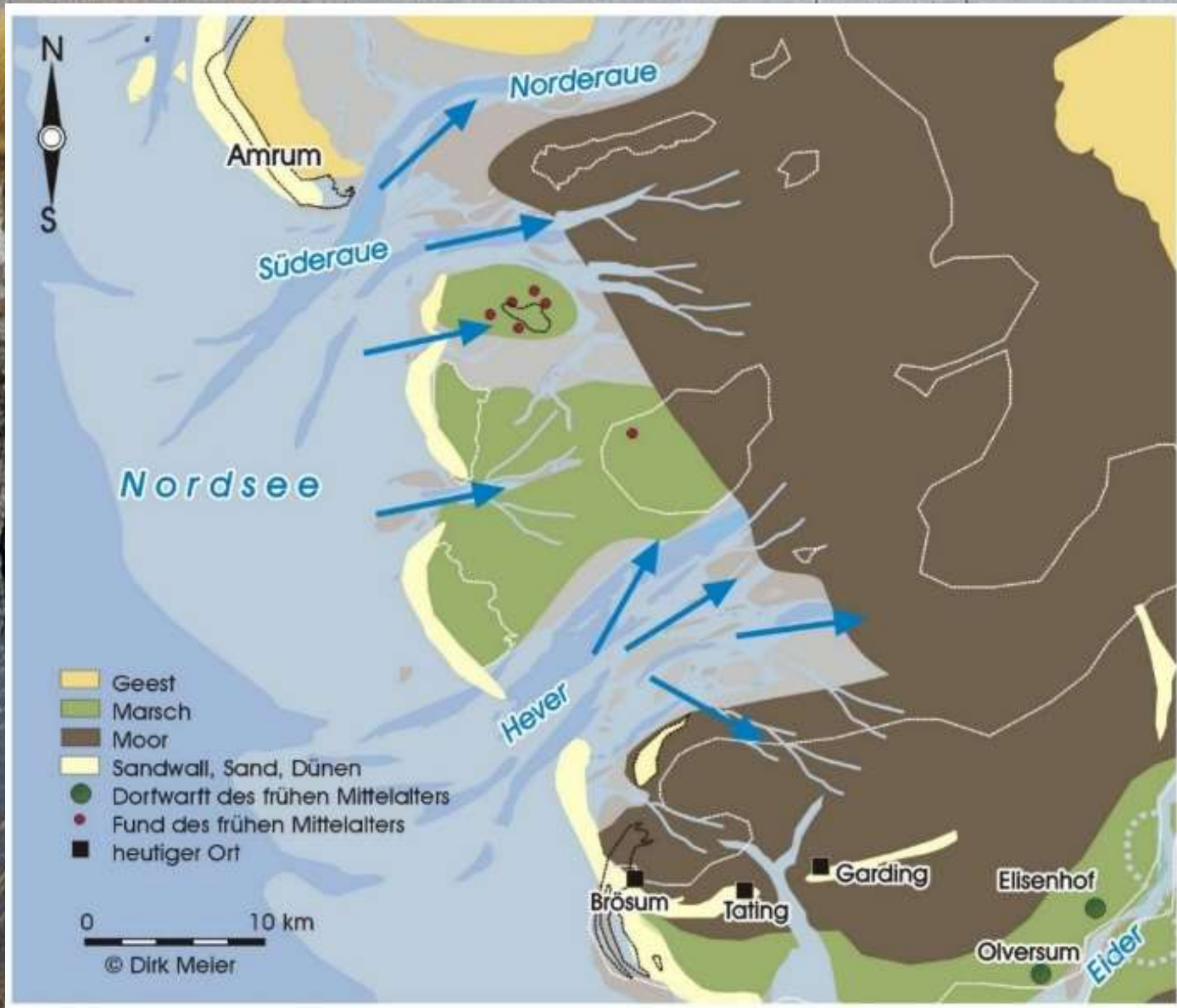
www.kuestenarchaeologie.de



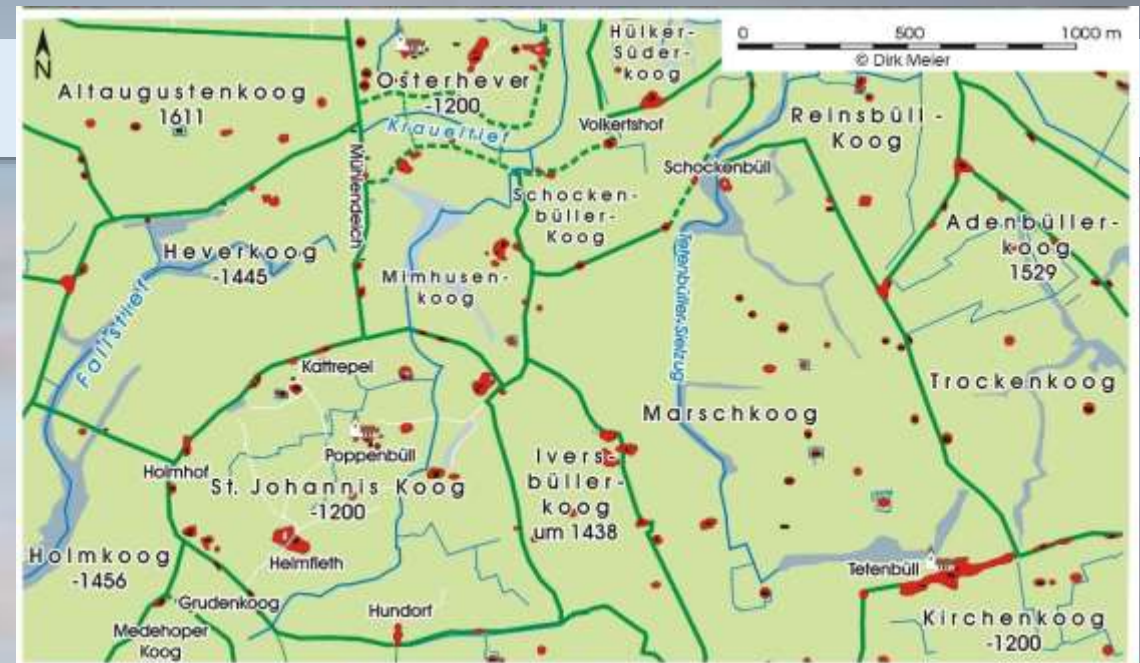
Dithmarschen im hohen und späten Mittelalter



Landschaftsentwicklung im nordwestlichen Eiderstedt: Moor um 500 v. Chr.

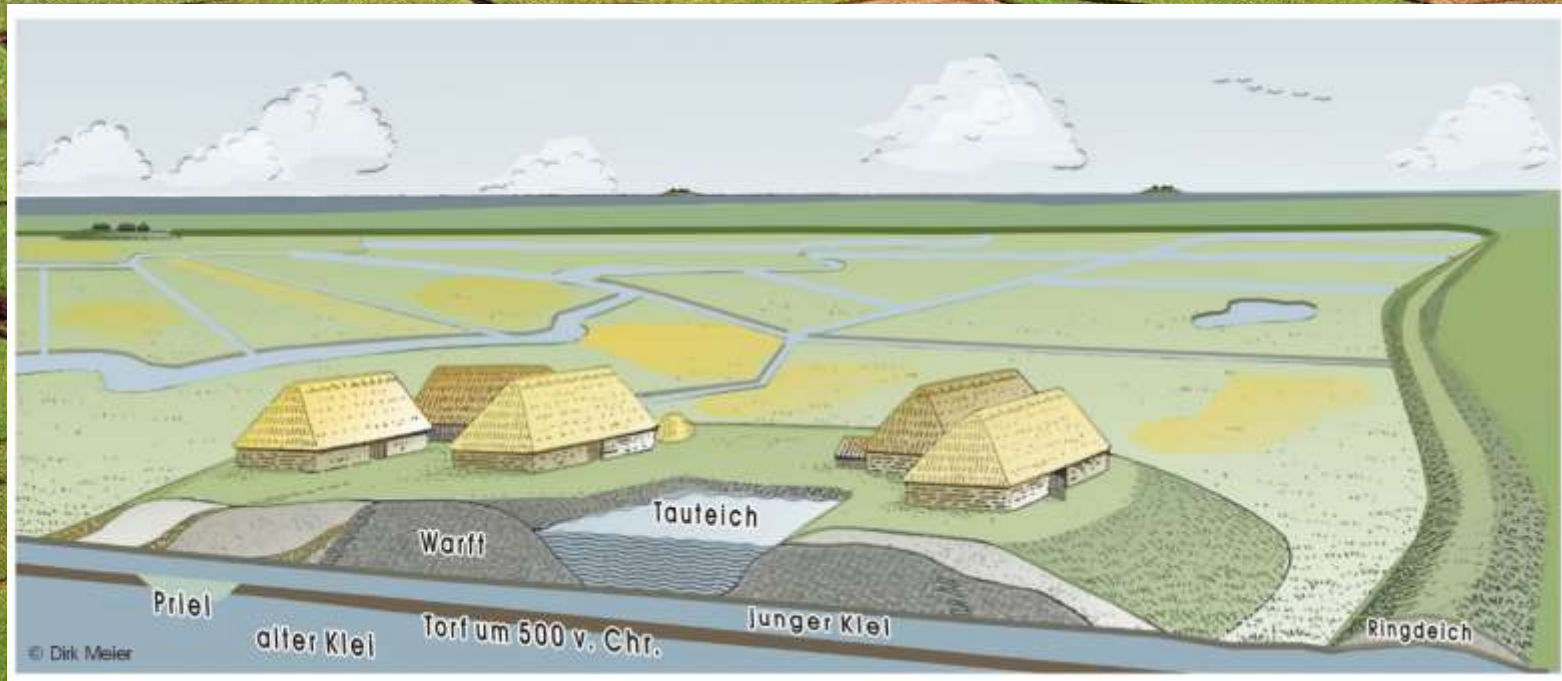


Der St. Jhannis-Koog

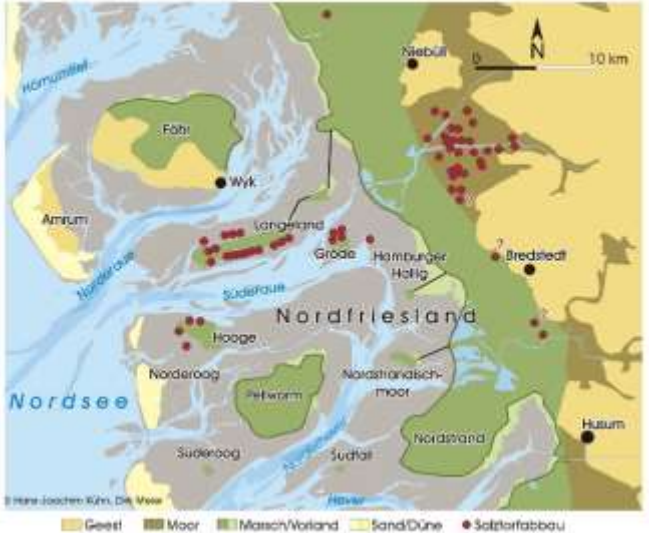
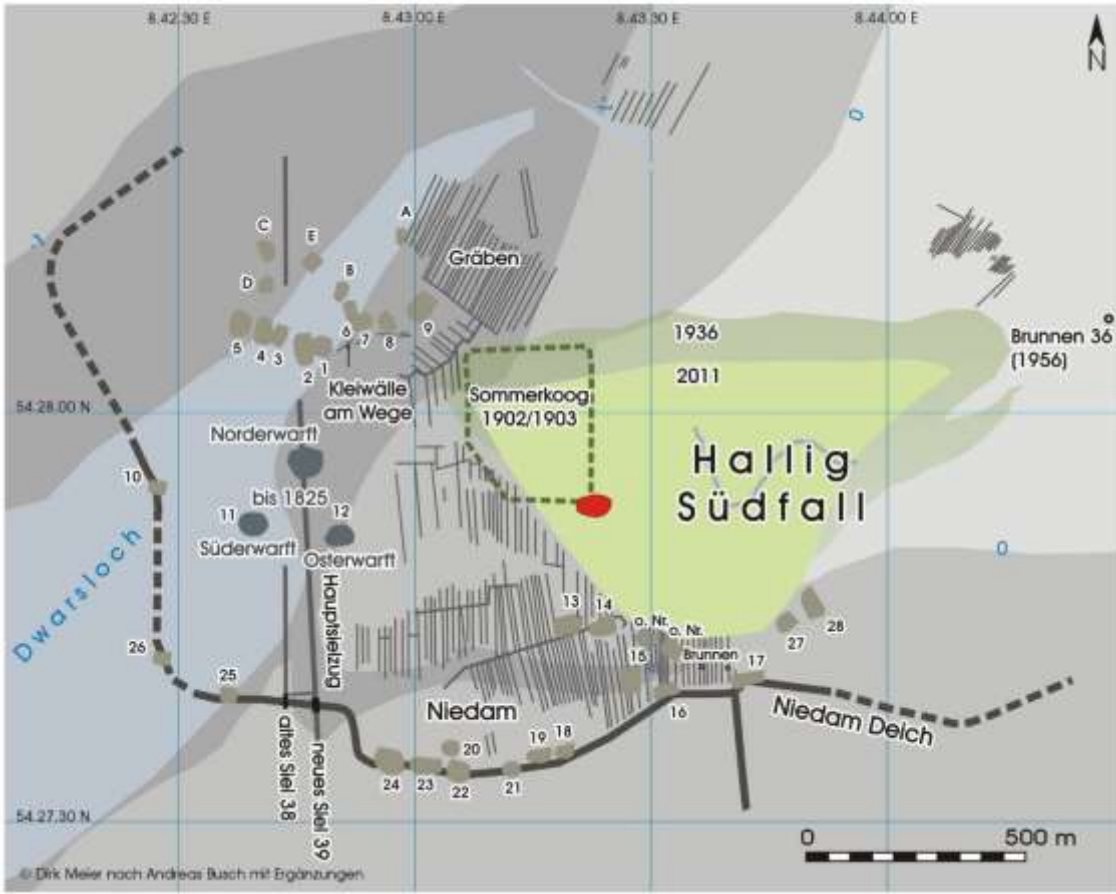


Fallstief, Holm- und Heverkooog, St. Johannis Koog

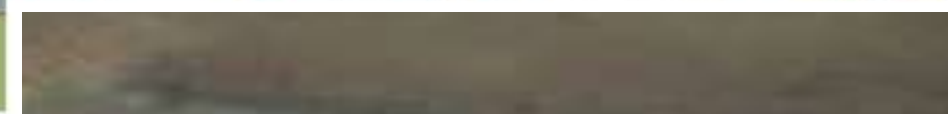
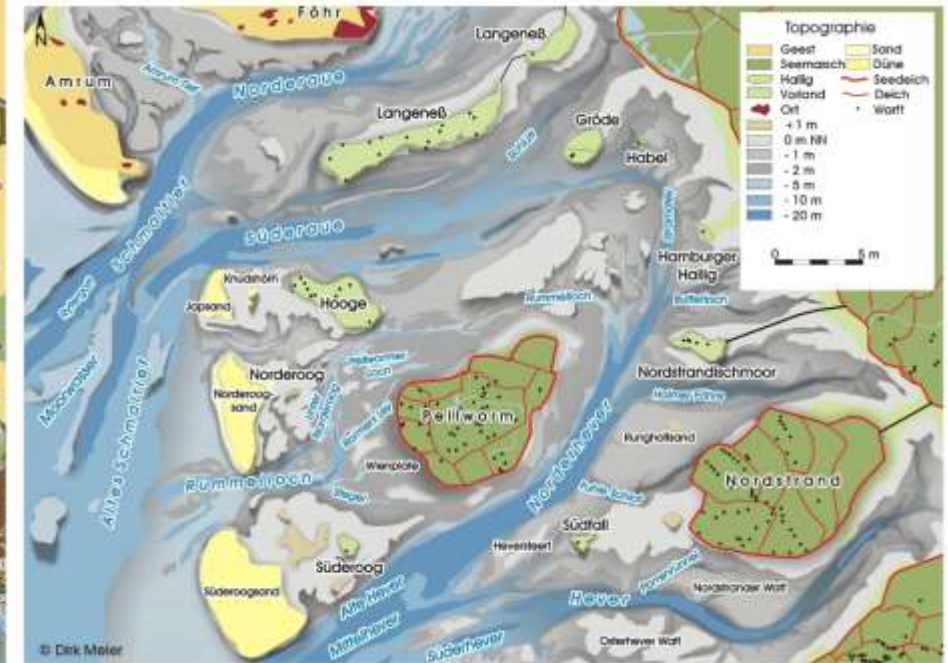
www.kuestenarchaeologie.de



Nordfriesische Uthlande vor der Marcellusflut 1362



Nordfriesische Uthlande im hohen und späten Mittelalter



Zweite Marcellusflut von 1362

www.kuestenarchaeologie.de

14.01.1362

England

Schwerer Sturm

15.01.1362

England

Gebäude und Kirchen beschädigt infolge
eines schweren Sturms aus S/SW

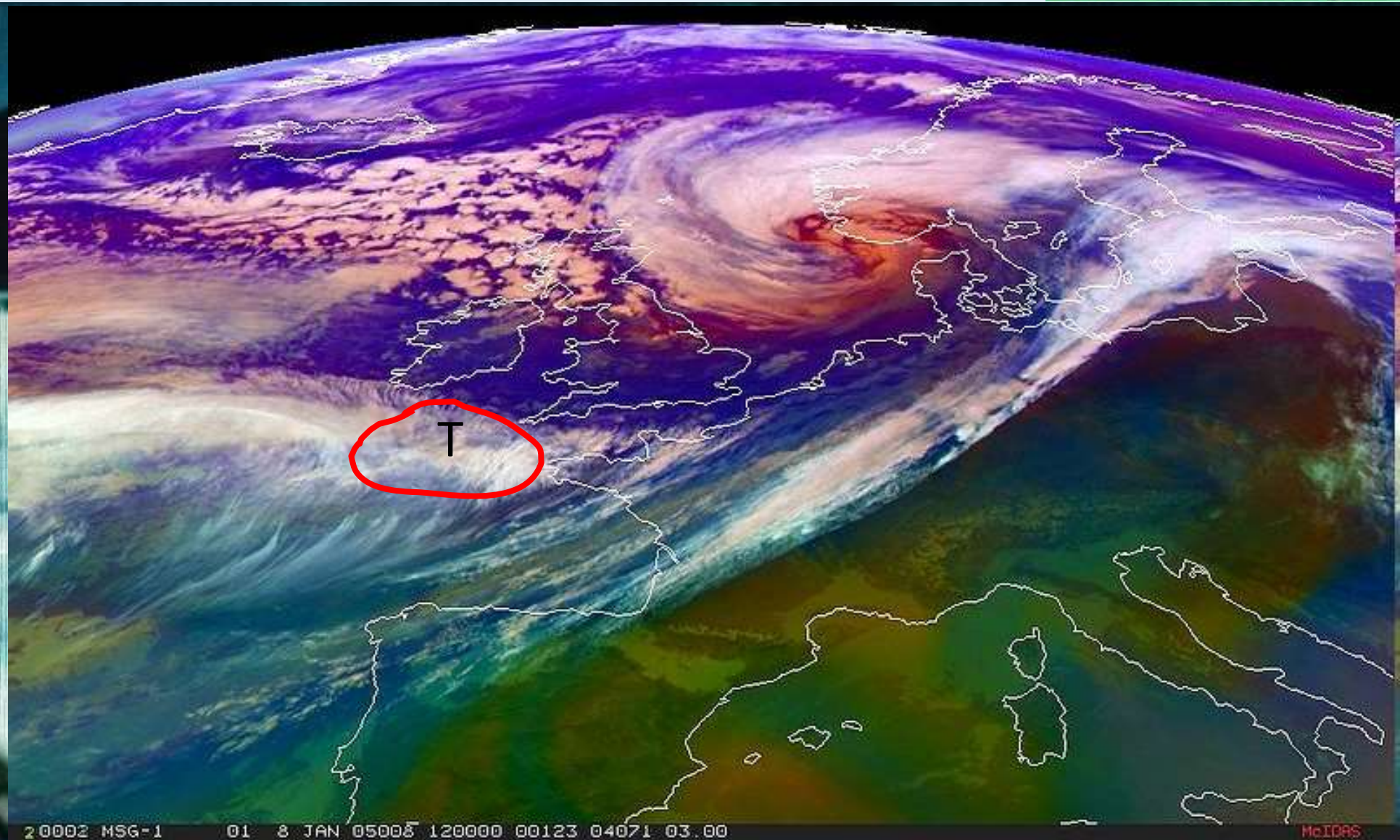
C. Pfister, M. Burri, U. Dietrich (Ed.), Datenbank Euro-Climhist. Oeschger Zentrum für Klimaforschung, Universität Bern.
Version 2008.



Registrum capituli Slesvicensis von Bischof
Brun (1350/51-1369), Kopie von 1407

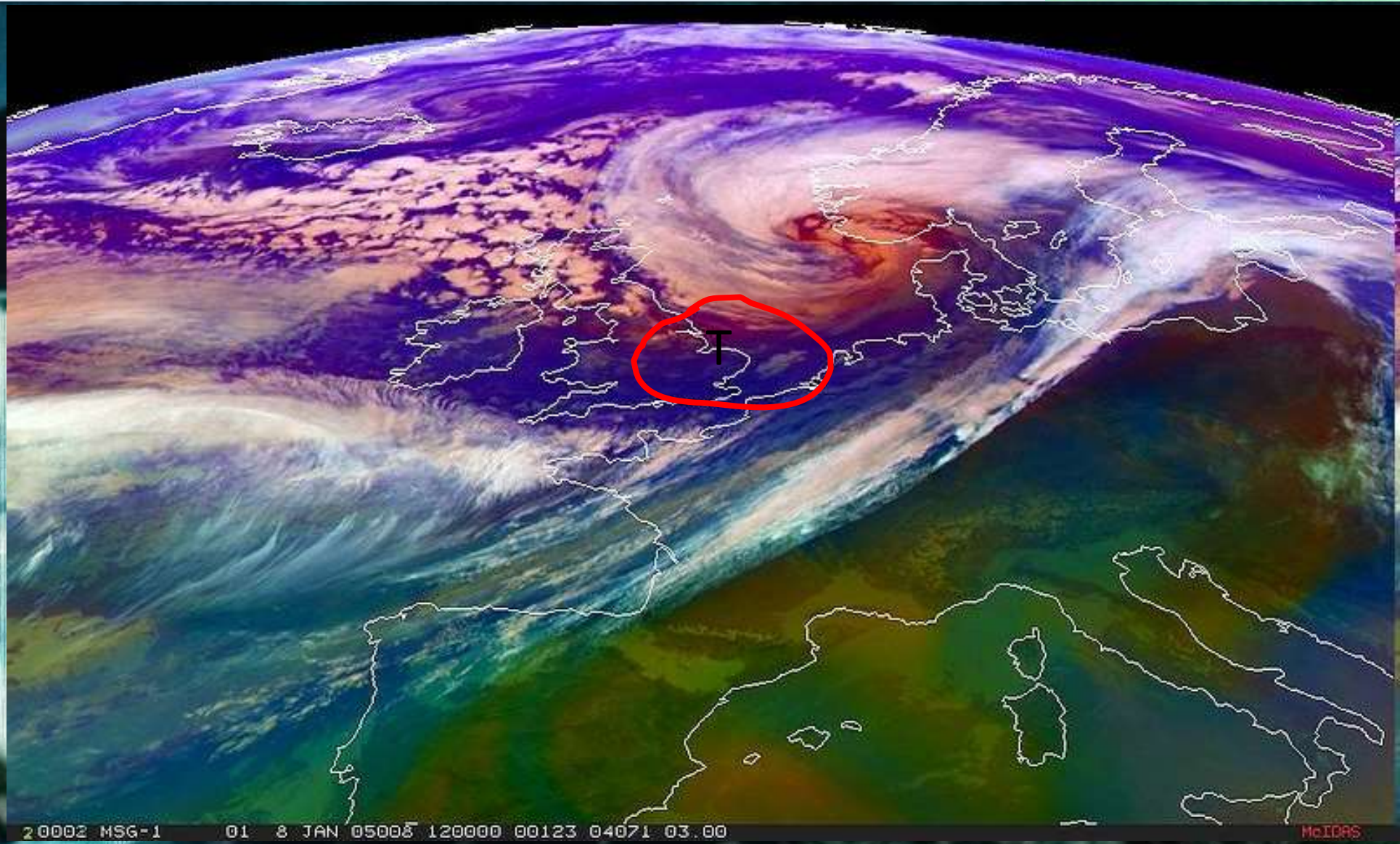
Schleswiger Stadtbuch: *Anno MCCCLXII, am
XVI. dage Januarii, do was ene grote watervlot
ime Freslande, darinne up denne Strande XXX
kerken unde kerspele vordrunkene*

Zweite Marcellusflut von 1362



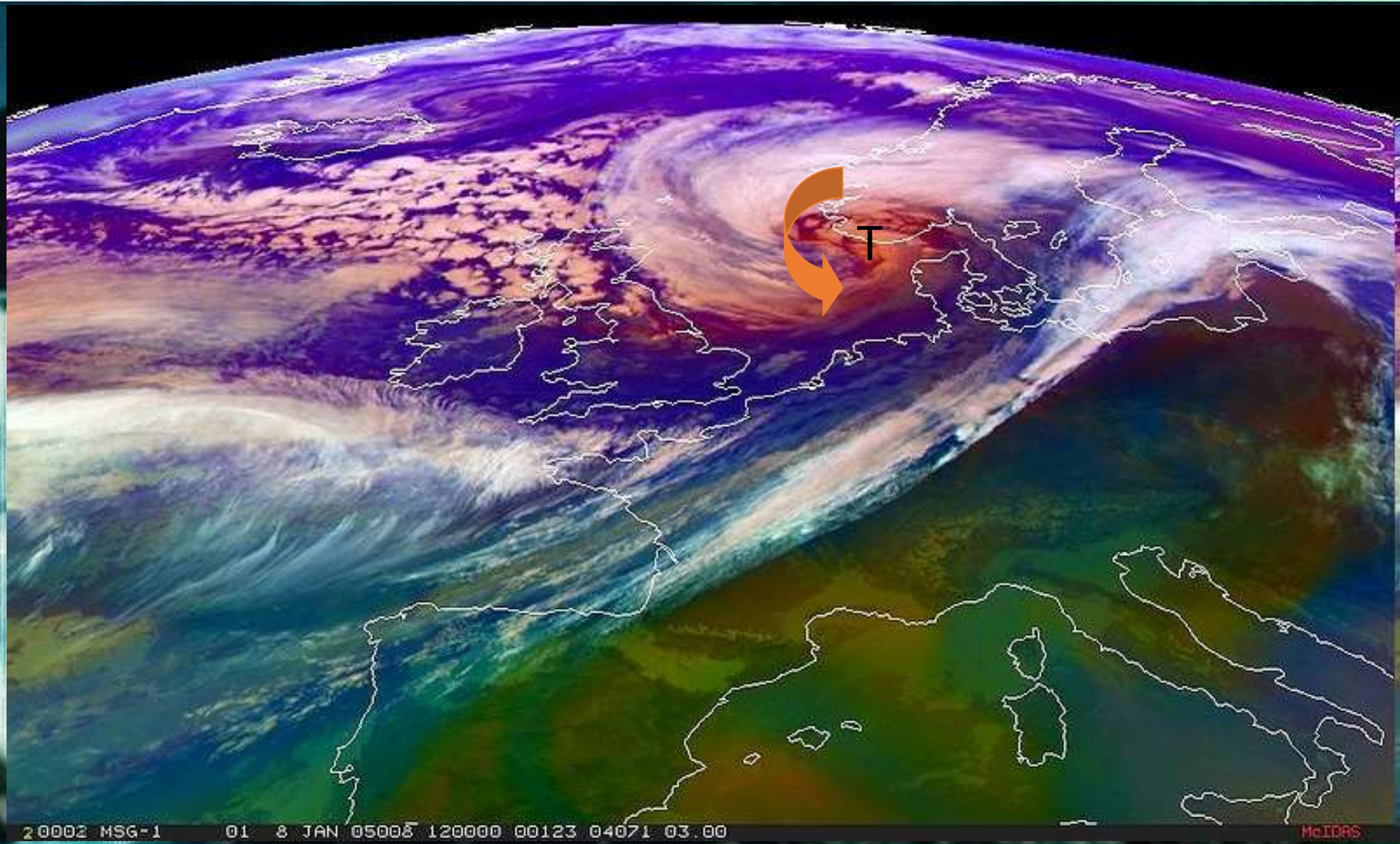
15.-16.1.1362

Zweite Marcellusflut von 1362



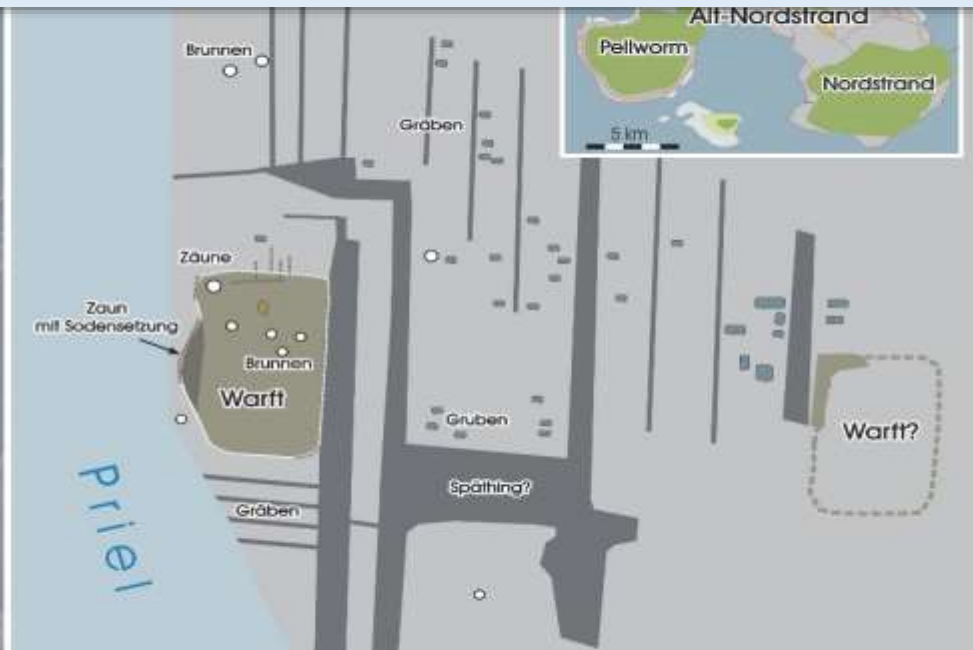
16.1.1362

Zweite Marcellusflut von 1362



17.1.1362

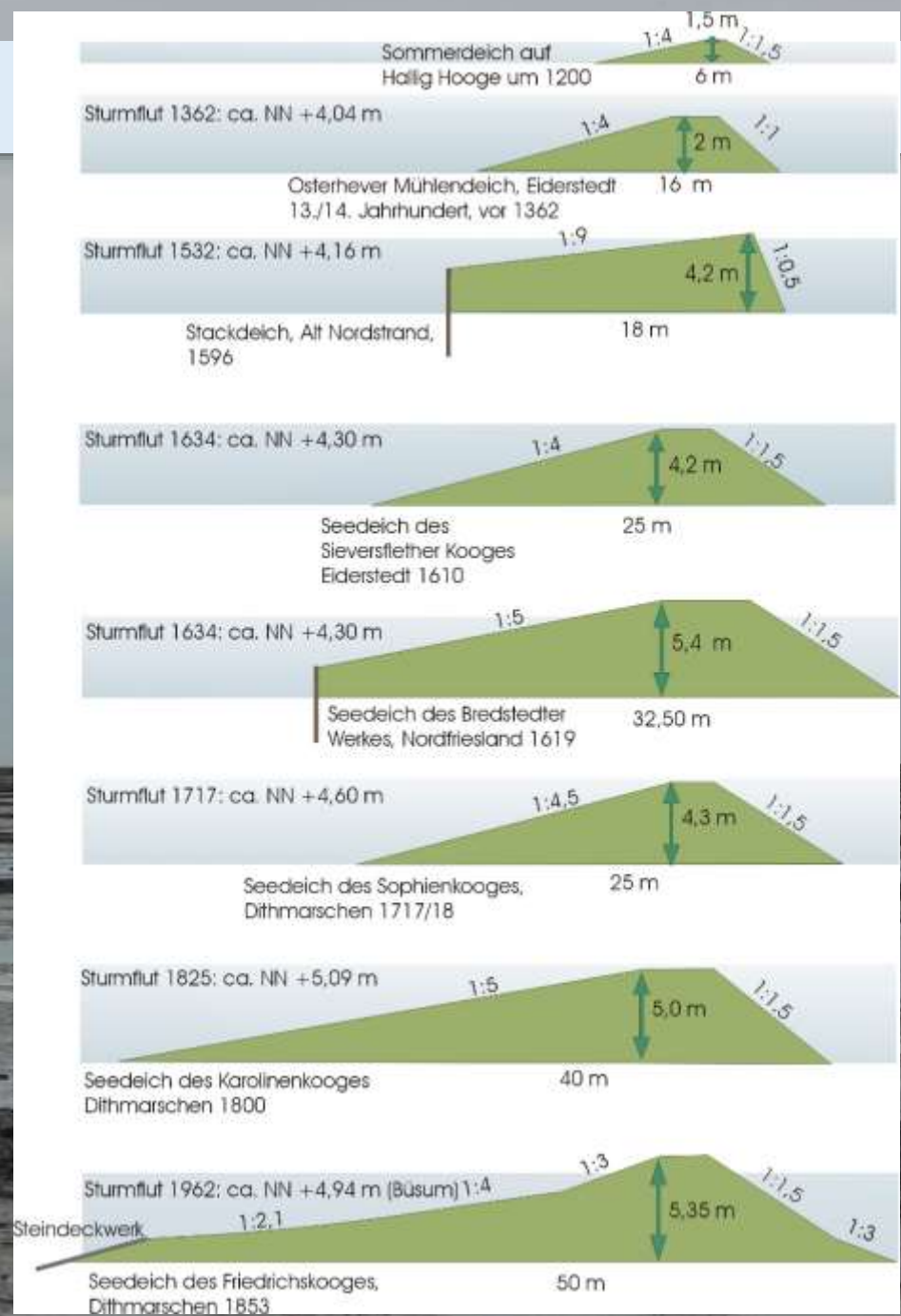
Hohes und spätes Mittelalter: Nordfriesische Uthlande



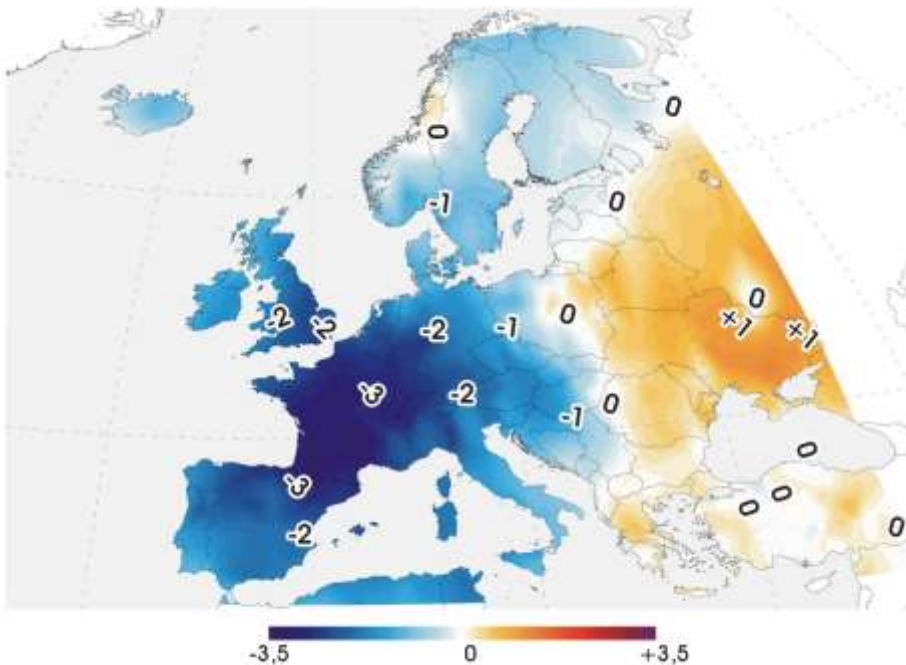
Küstentechnische Innovationen in der frühen Neuzeit



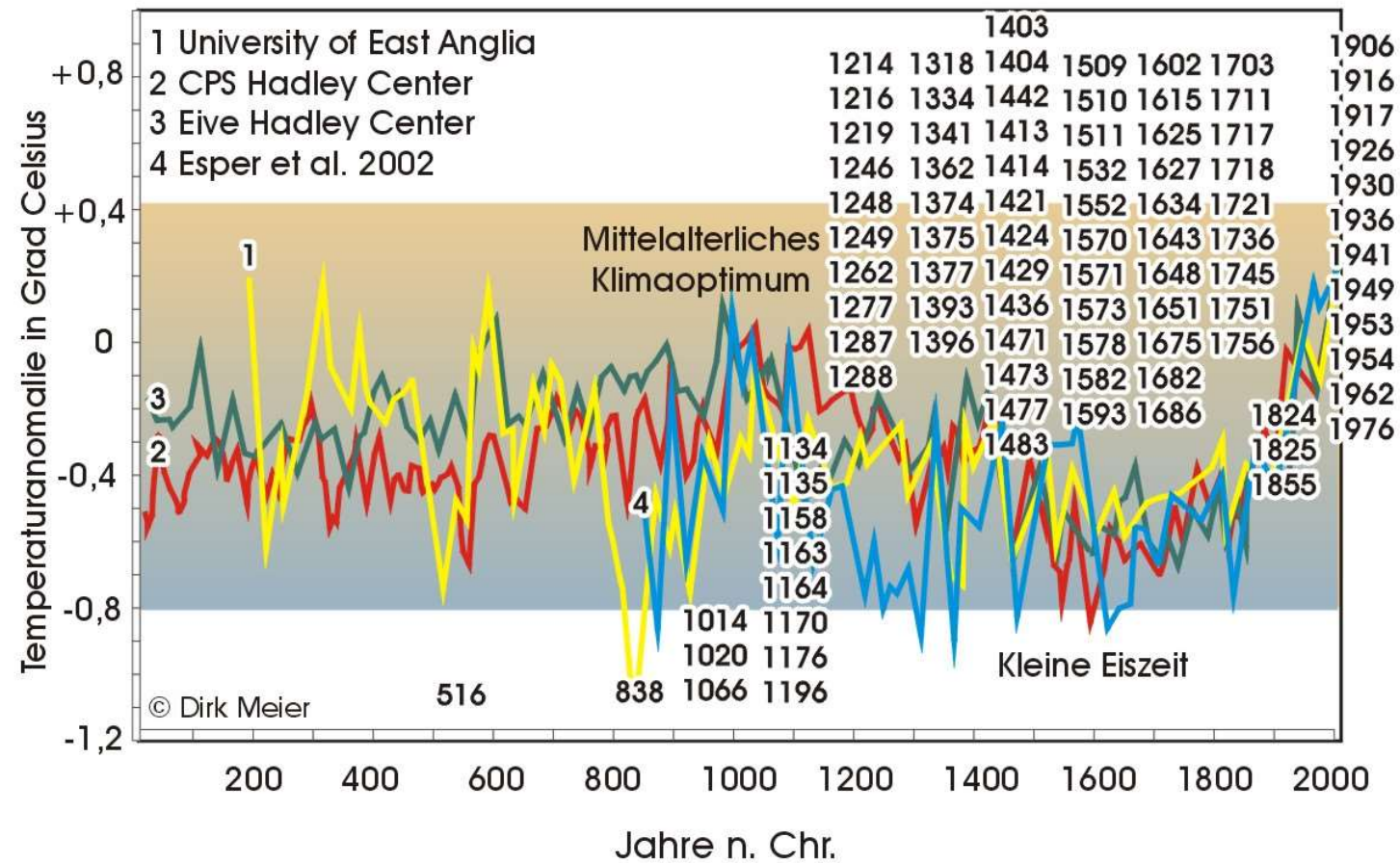
Deichbau



Frühe Neuzeit: Kleine Eiszeit



Temperatur Rekonstruktion nach verschiedenen Quellen (1-4) und Sturmfluten mit Jahresangabe



Frühe Neuzeit: Treenabdämmung, Umleitung der Sorge



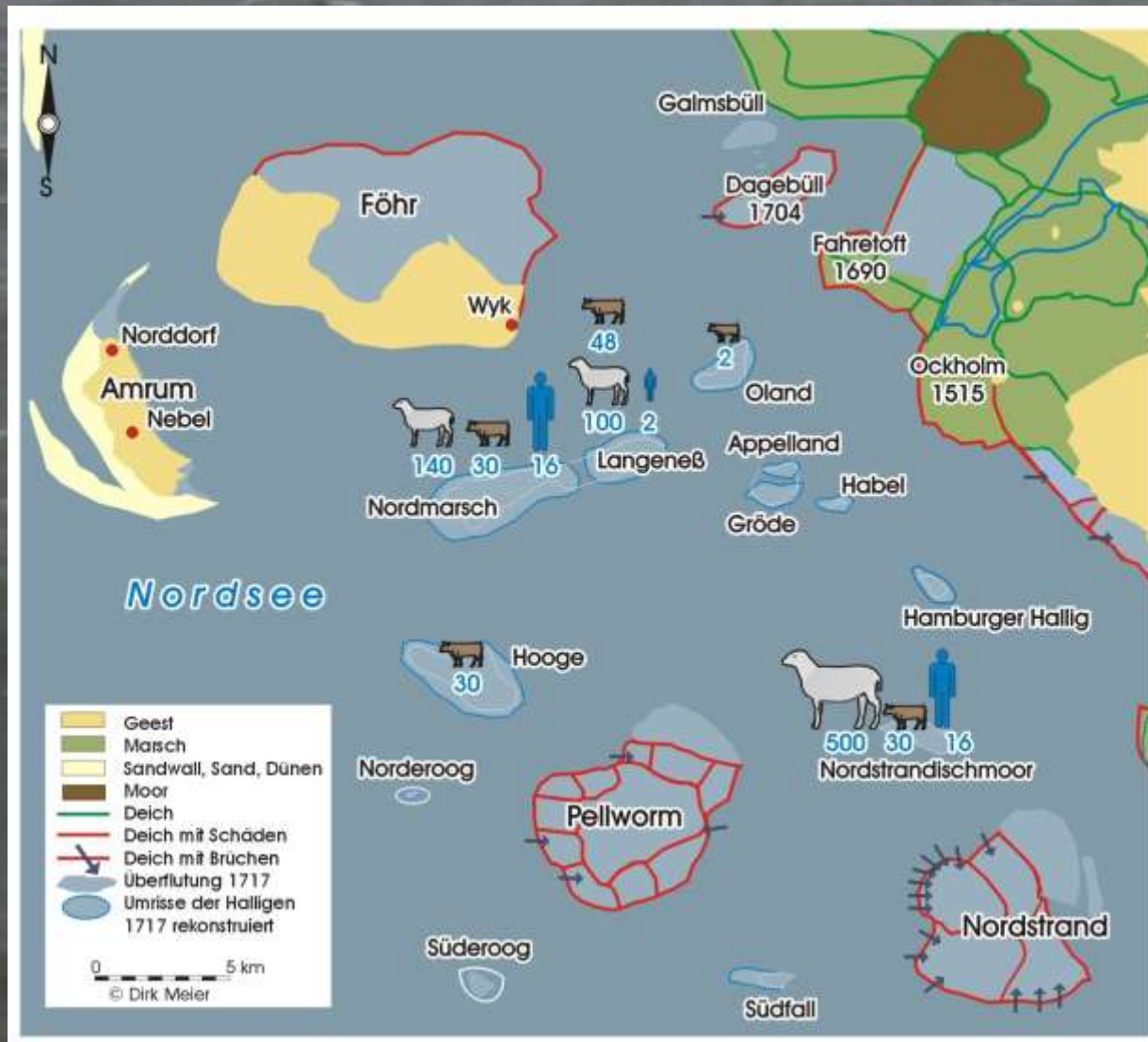
Meggerkoog



Sturmfluten 1717 und 1825



Sturmfluten 1717 und 1825



Sturmhochwasser 1872



1. 9. 11. 1872: Starker Südweststurm drückt Wasser in die Ostsee und nach Norden

Sturmhochwasser 1872



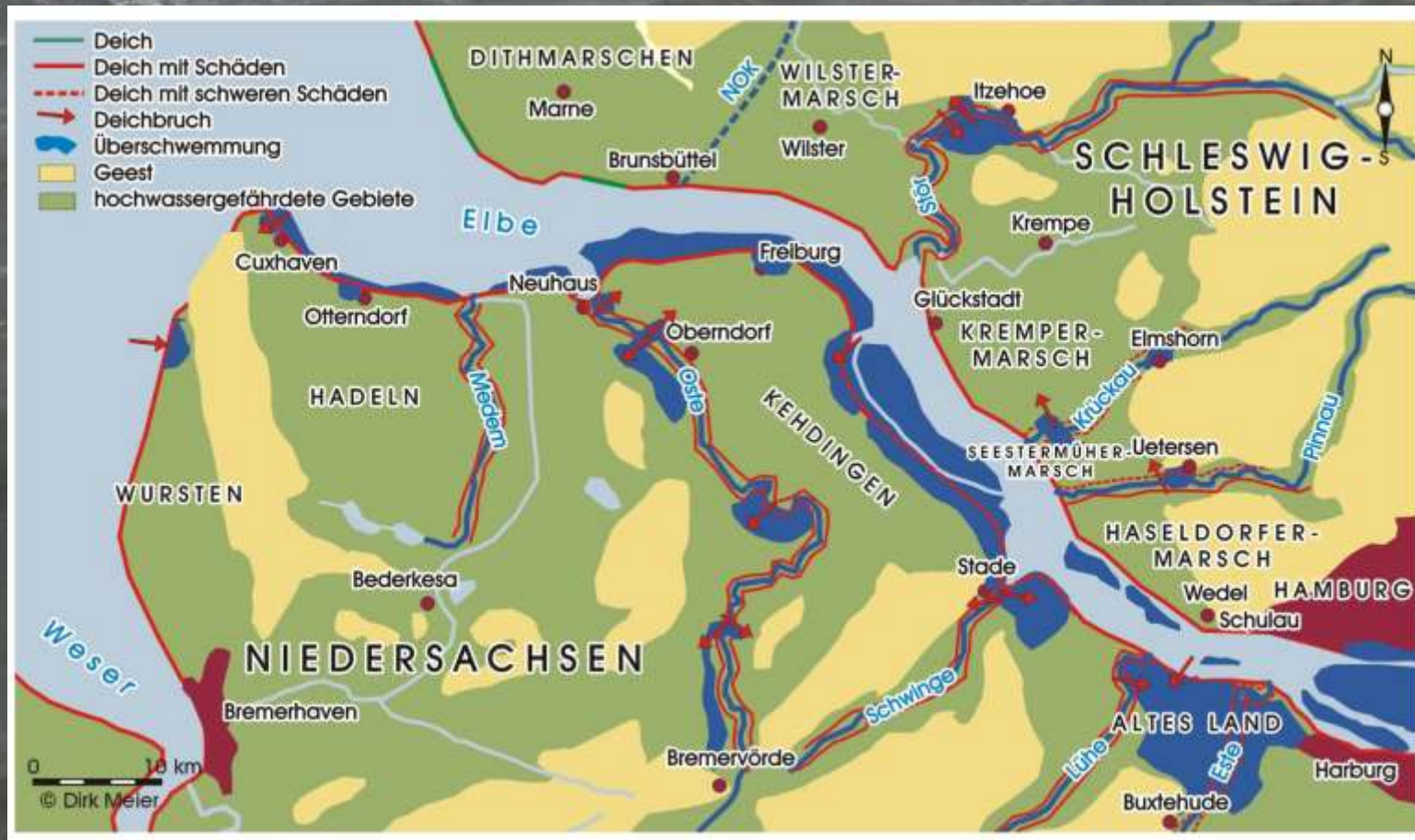
10.11.1872: Der Südweststurm legt sich, und das Wasser schwappt zurück.

Sturmhochwasser 1872



10.-13.11.1872: Der Sturm dreht auf Nordost, frischt auf, und die Flutwelle prallt auf die Küsten der südlichen Ostsee.

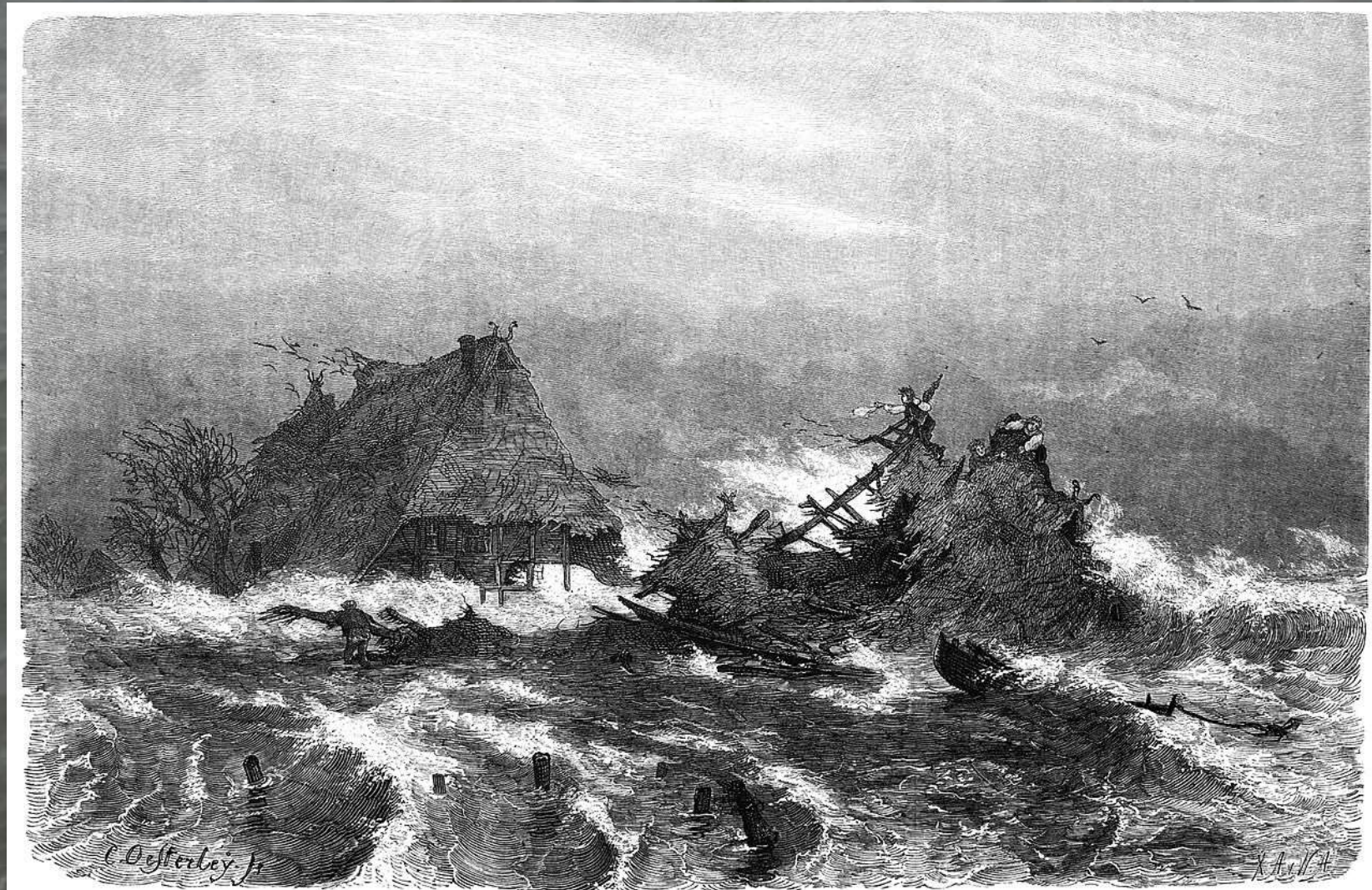
Neuzeit: Sturmflut 1962



Das **Ostseesturmhochwasser 1872** ist das schwerste bekannte Ostseesturmhochwasser.

Es suchte in der Nacht vom 12. auf den 13. November 1872 die Ostseeküste von Dänemark bis Pommern heim.

Der höchste gemessene Scheitelwasserstand betrug etwa 3,30 m über NN.



Der Zusammensturz eines Bauernhauses in Niendorf.
Originalzeichnung von E. Desterley.

Sturmhochwasser 2023

www.kuestenarchaeologie.de

Das **Ostseesturmhochwasser** in der Nacht vom 20. auf den 21. Oktober 2023 das schwerste

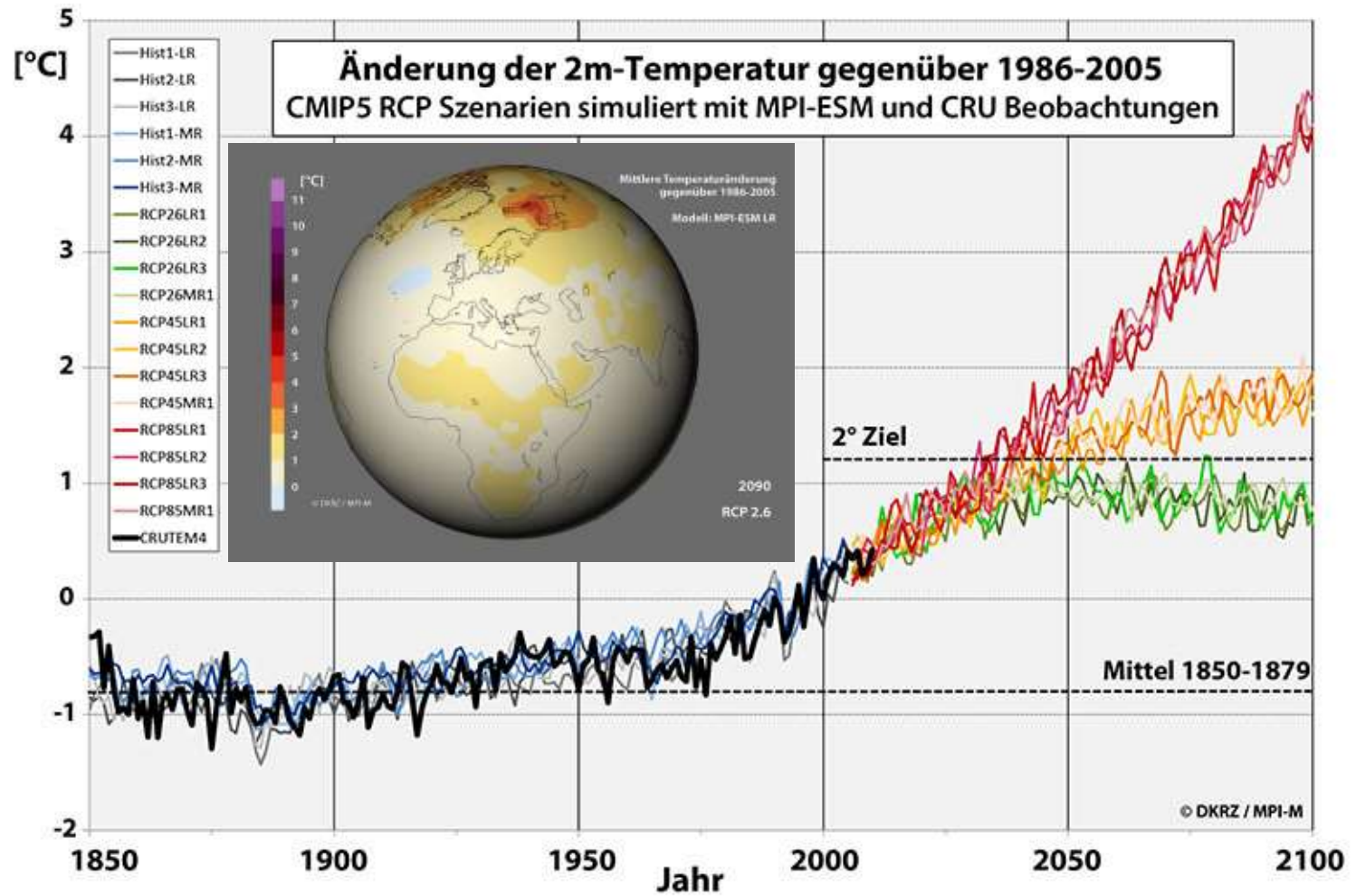
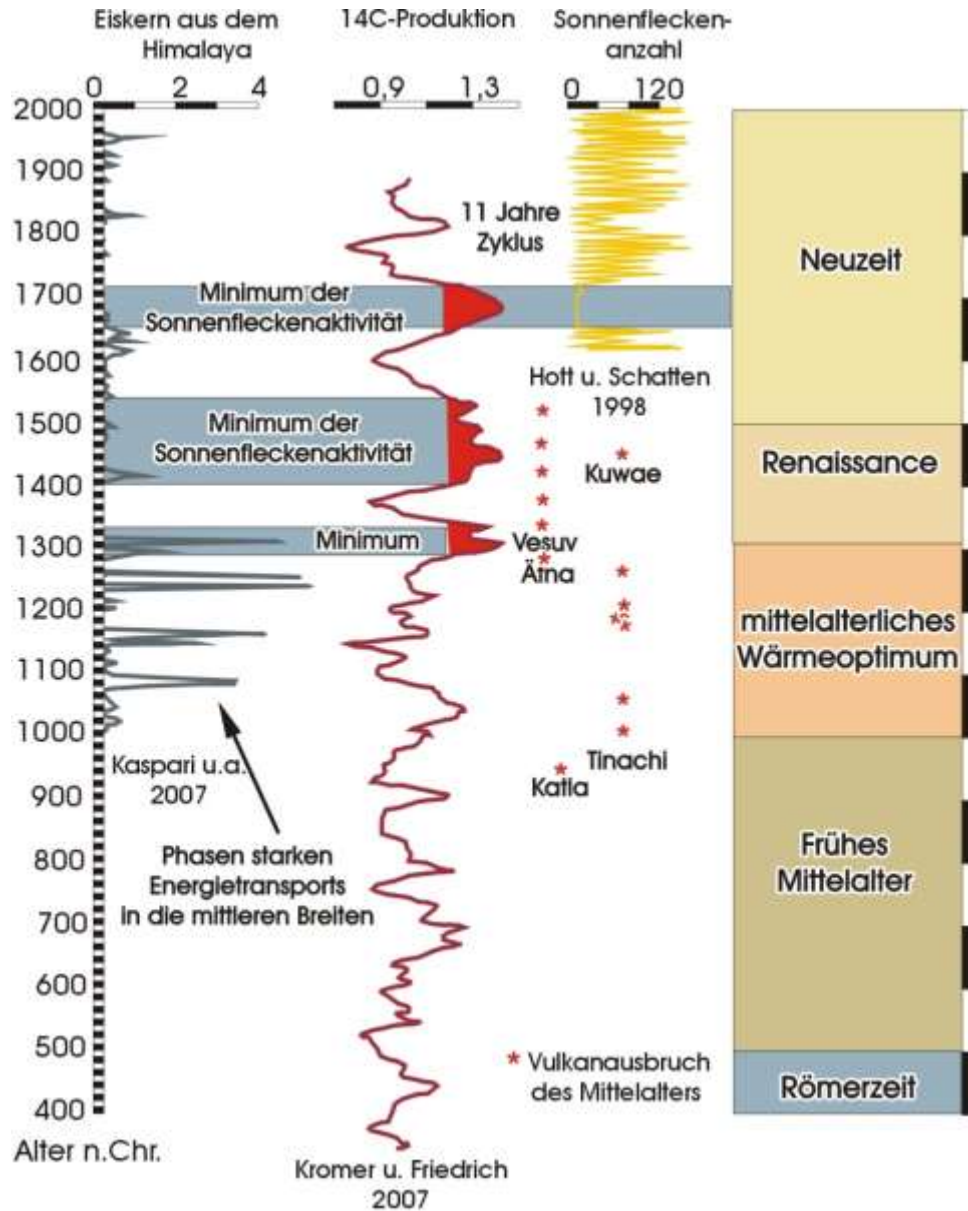
Ostseesturmhochwasser

seit 1872.

Der höchste gemessene Scheitelwasserstand betrug 2,27 m über Mittelwasser in Flensburg.

Der Schaden an den Küsten, Stränden, Hochwasserschutz, Häfen und Booten in Deutschland wurde auf etwa 200 Millionen Euro geschätzt





Grafik oben: Deutsches Klimarechenzentrum.
 Änderung der geographischen Verteilung der 2m-Temperatur bis 2100 nach dem RCP-Szenarien 2.6 im Vergleich zum Mittel 1986-2005

Grafik links: Dirk Meier <https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimaszenarien/rcp-szenarien.html;jsessionid=4426866F9719E22CF95C486D66286114.live11051?nn=582524>

Neuzeit: Klimaentwicklung und potentielle Überflutungsgebiete

www.kuestenarchaeologie.de

Sturmflutwasserstände

Erhöhung bis 2100 auf +0,3 bis 1,1 m (Daten HZG)

Pegel St. Pauli

2030: +0,2 m

2085: +0,7 m

In Schleswig-Holstein:

25% überflutungsgefährdete Niederungsgebiete

30.000 km Bäche und Flüsse

300 Seen

433 km Landesschutzdeiche

3 Sperrwerke

um 350 Schöpfwerke

Hochwasserrisikomanagement

- Erhöhung der Sturmflutwasserstände
- Erhöhung der Niederschläge



- Vergangenheit: geringer Einfluss des Menschen auf das Klima
- Sonnenaktivität, Vulkanismus und natürliche Treibhausgase als wesentliche natürliche Einflussfaktoren
- Seit der Industrialisierung verursachen die anthropogen gemachten Emissionen eine Klimaerwärmung
- Seit etwa 1950 Erhöhung der Erdtemperatur um 0,7 Grad Celsius
- Weitere Erhöhung 2071 – 2100: +1,2 - +4,6 Grad Celsius (Mittelwert +2,9 Grad Celsius)
- Im Juni 2018 lagen die Temperaturen 2 Grad Celsius oberhalb des langjährigen Mittels in Deutschland
- Anstieg des Meeresspiegels
- Häufigere Starkregeniederschläge
- Zunahme der Intensität von Stürmen
- Zunahme von Hitzewellen und Dürren

Szenarien des IPCC beruhen auf einer Betrachtung des Klimasystems der Erde in physikalisch-mathematischen Gleichungen und sozioökonomischen Prognosen. Die Szenarien berücksichtigen Wechselwirkungen zwischen:

Atmosphäre

Hydrosphäre (Ozean, Wasserkreislauf)

Kryosphäre (Eis und Schnee)

Biosphäre (Pflanzen und Tiere)

Pedosphäre (Böden)

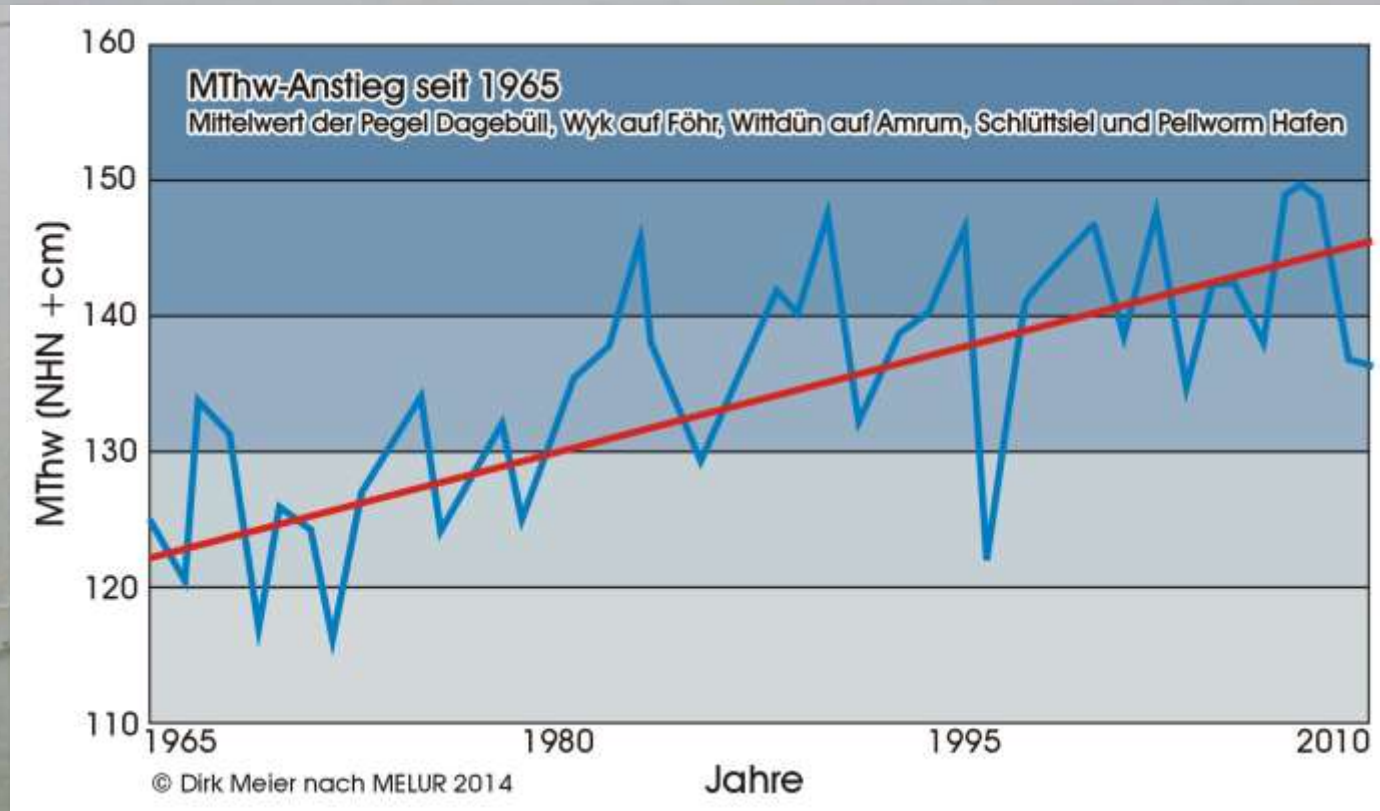
Lithosphäre (Erdkruste)

Die Halligen im Klimawandel

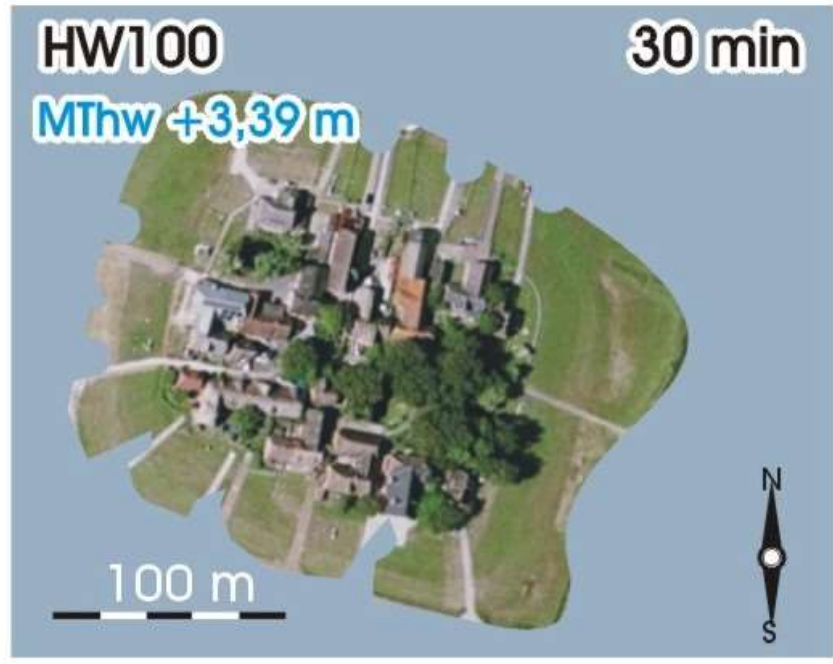


Die Halligen im Klimawandel

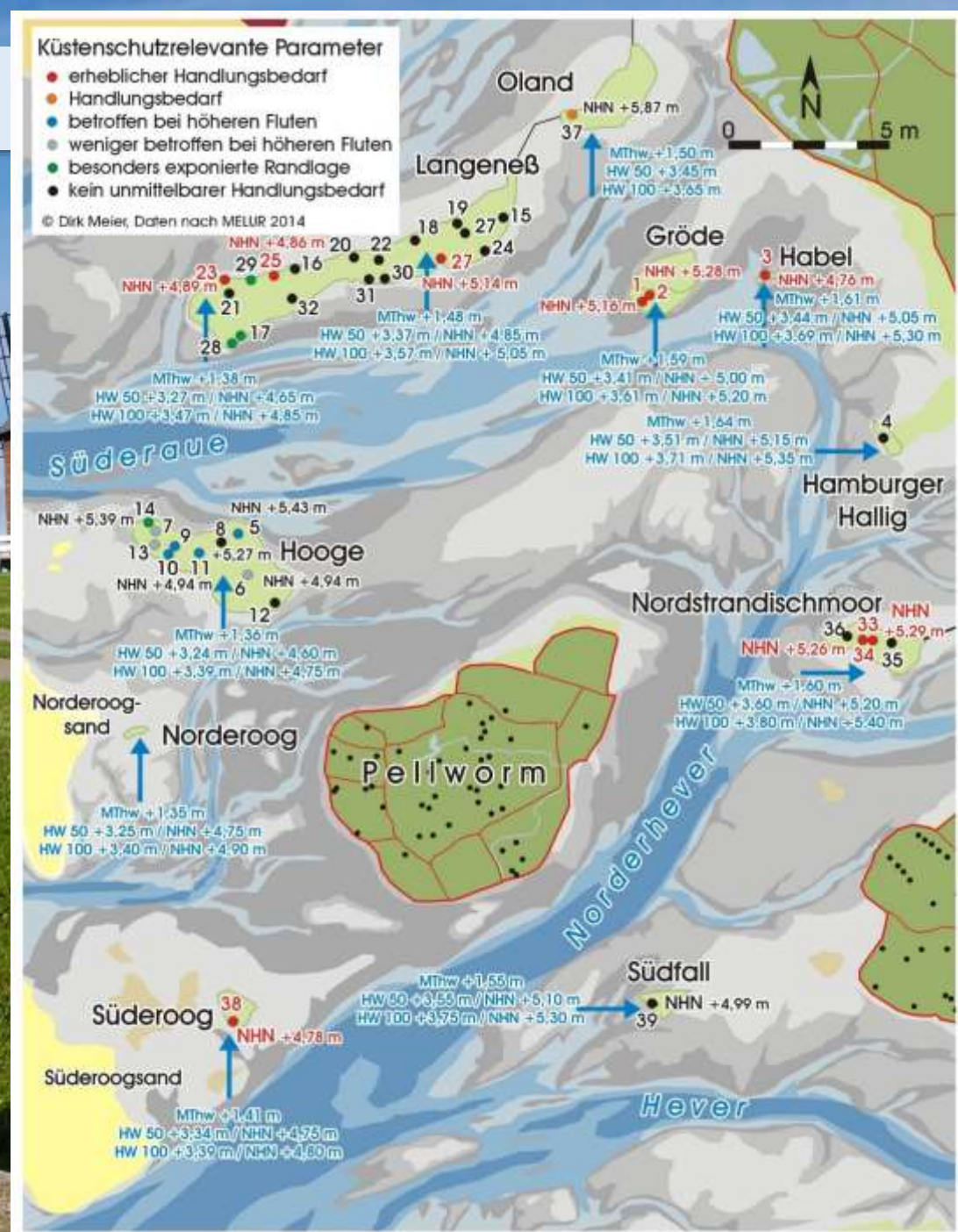
www.kuestenarchaeologie.de



Hanswarft auf Hallig Hooge. Foto: Walter Raabe



Die Halligen im Klimawandel



Zukunft: Maßnahmen des Küstenschutzes

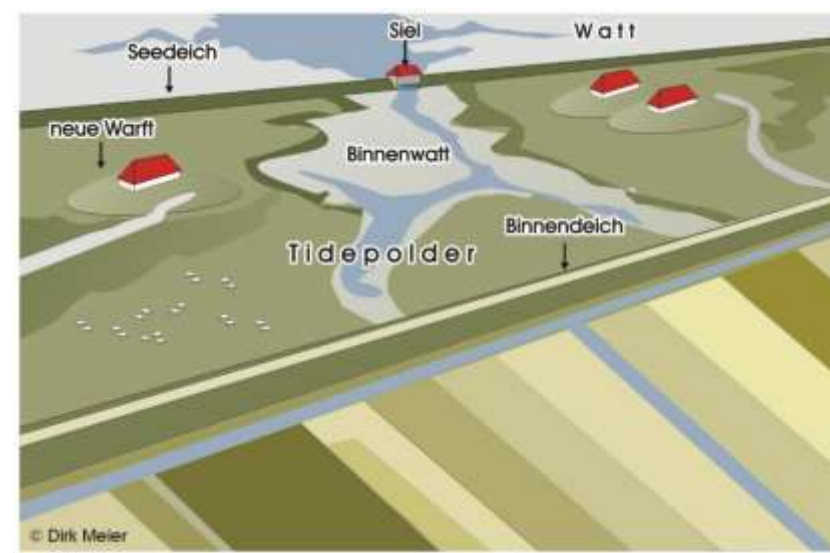
Klimaschutzdeiche (abgeflachte Seeseiten, Erhöhung von 0,5 m, 5 m breitere Deichkrone, Baureserve, wenn der Meeresspiegel um mehr als 0,5 m steigen sollte)

Halligschutzprogramm

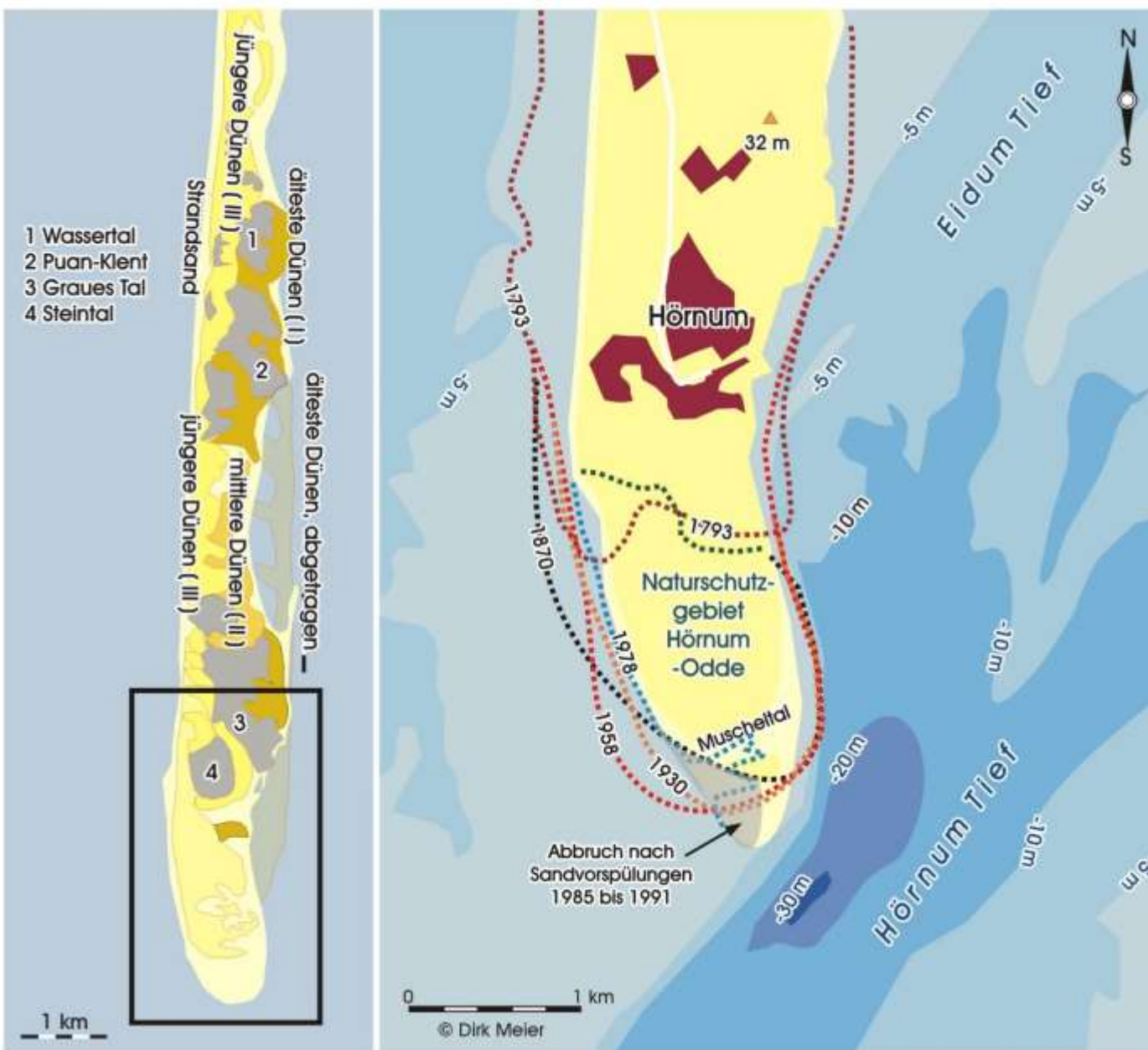
Sandvorspülungen

Ausbau von Überflutungsräumen

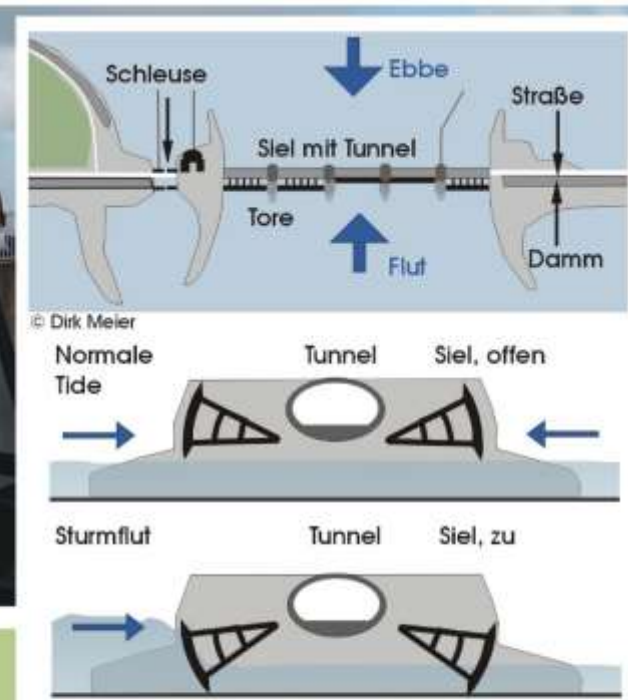
Wiedervernässung von Feuchtgebieten



Sylt



Eidersperrwerk



Klimaschutzdeiche

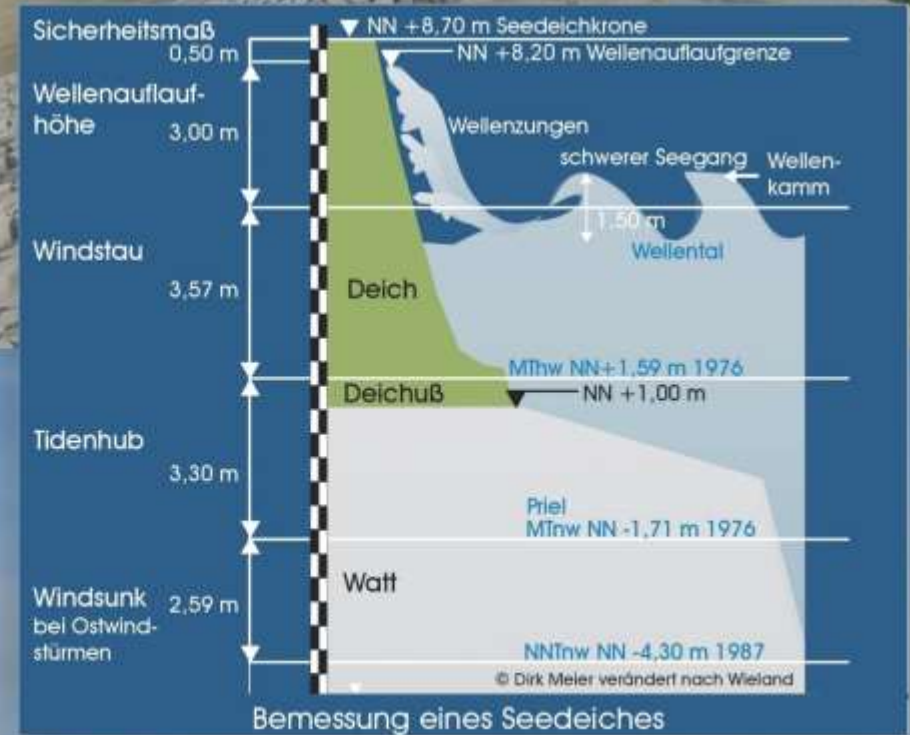
Klimaschutzdeich in Nordholland

Foto: Dirk Meier



Seedeichverstärkung in Nordholland 2006

Foto: Dirk Meier

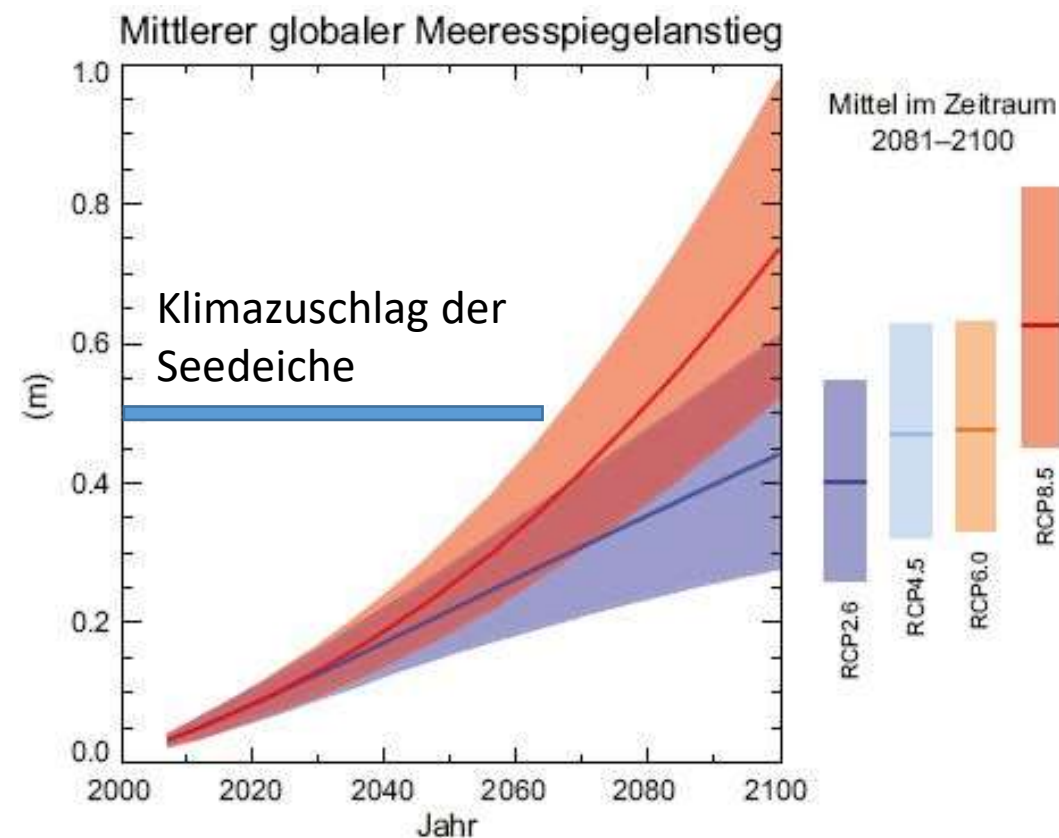


Zukunft: Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs

30 Millionen km³ der Süßwasservorräte sind im Inlandeis gebunden, davon in der Antarktis 28 Millionen und in Grönland 1,8 Millionen. Würden diese schmelzen, würde der Meeresspiegel um etwa 71 m steigen (nur: Grönland: 6-7 m).



2100: +1 m (Hanse-Wissenschaftskolleg)
2300: +3 m (Hanse-Wissenschaftskolleg)



Und nun?

www.kuestenarchaeologie.de



