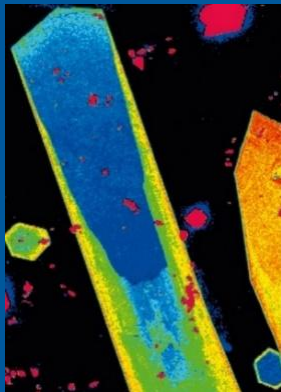


Klima – Wandel, Schutz und Anpassung

Josef Zens

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ in Potsdam



4. März 2020

Werbeblock

Gesucht wird ein **Schulfach** mit ...

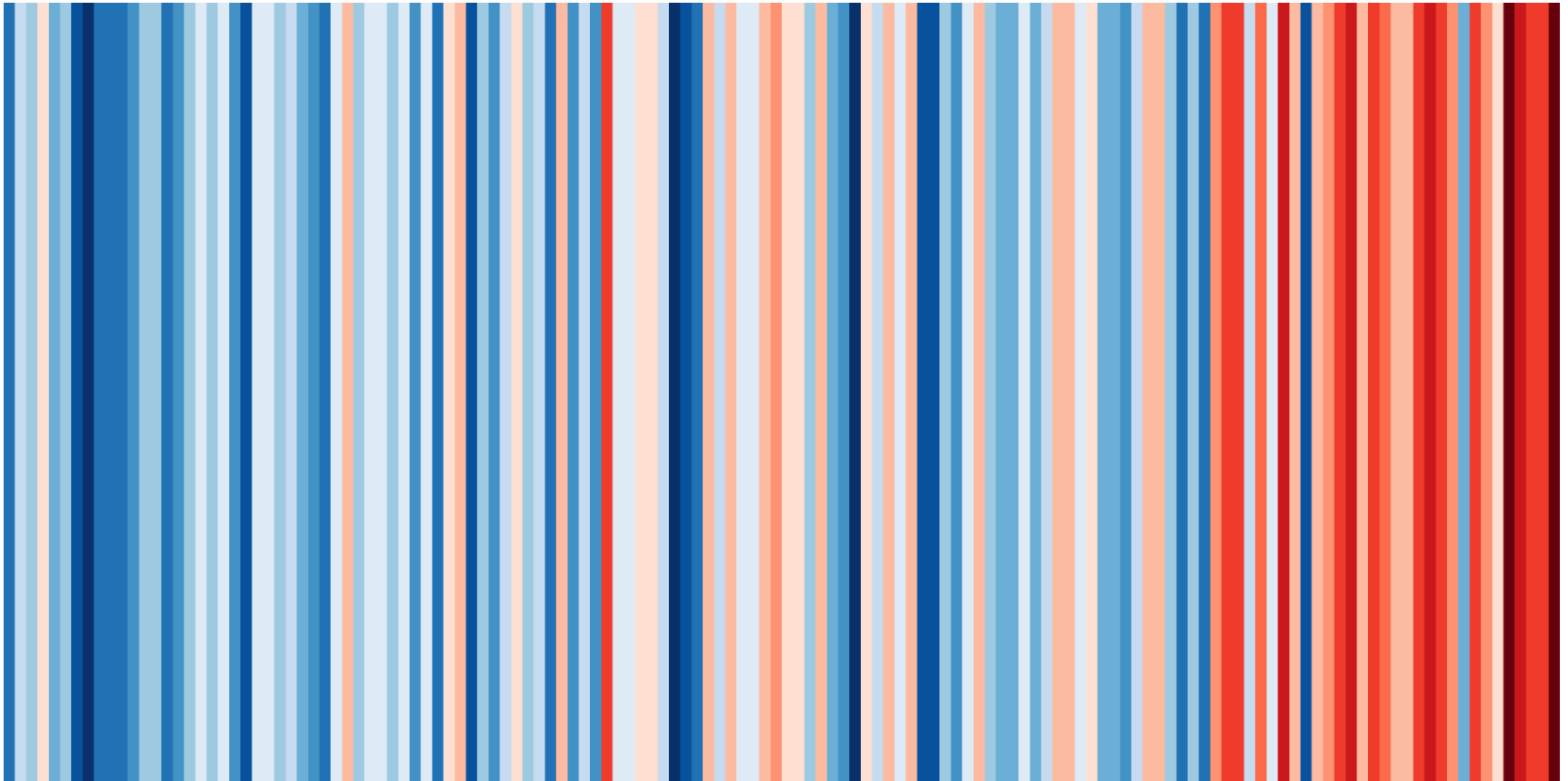
... **Alltagsbezug**

... der Möglichkeit, **Physik** zu integrieren – und **Chemie** und **Biologie** und **Mathematik** und **Sozialkunde** (Politik) und **Informatik** und **Englisch** und **Geschichte**

... brennender gesellschaftlicher **Relevanz!**

Und interessieren sollte es auch alle Kids und am besten auch die Eltern.

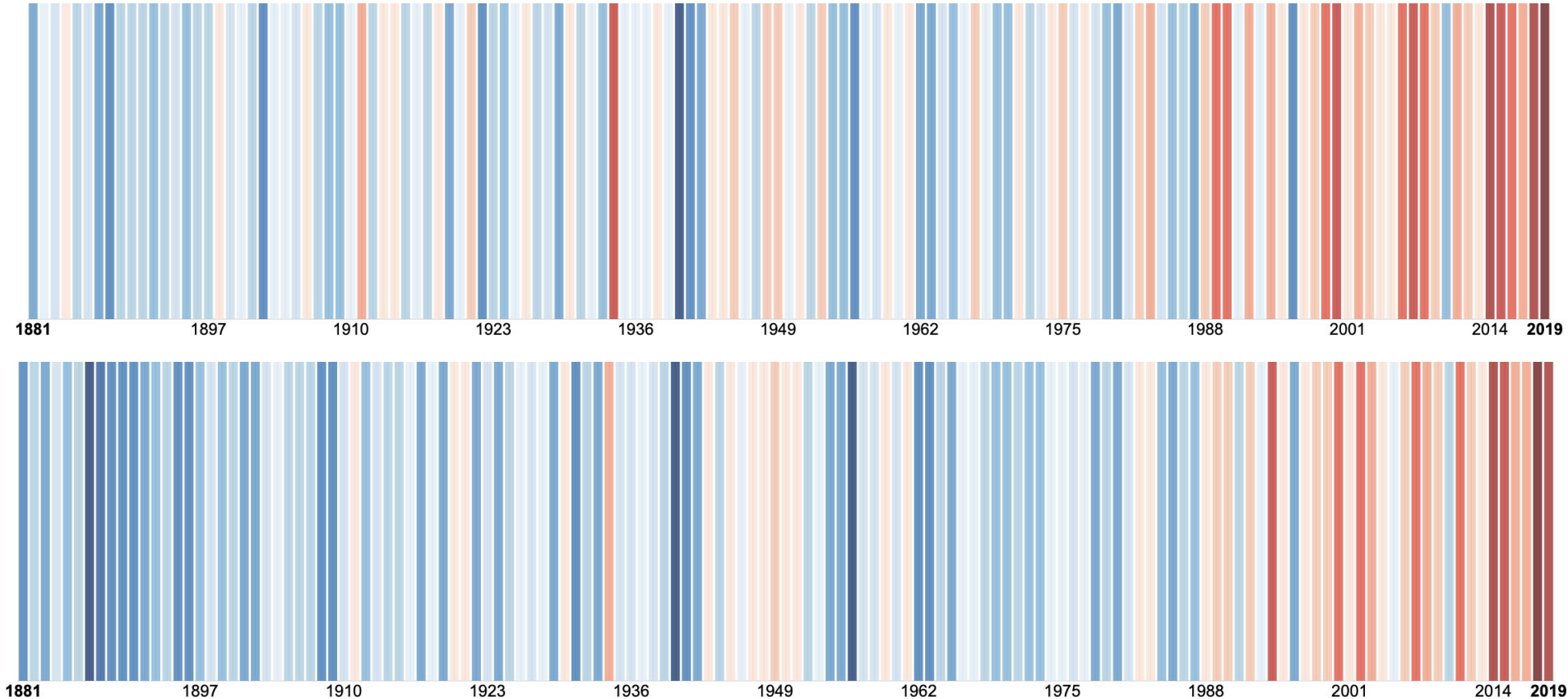
Was ist überhaupt Klima?



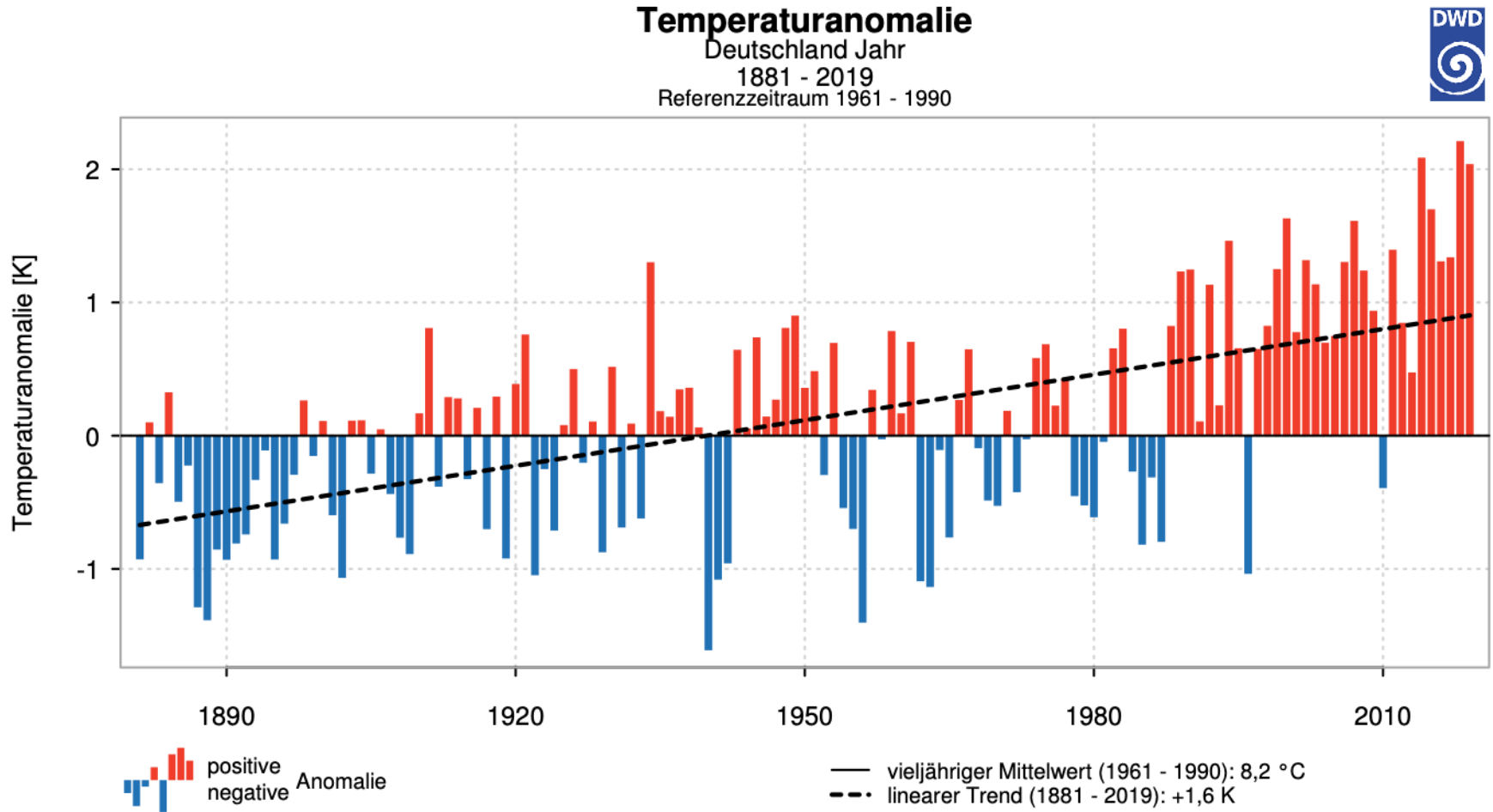
Was ist überhaupt Klima?

- Unterschied Wetter und Klima?
- Durchschnittliches Wetter
 - Was heißt jetzt Durchschnitt?
 - *„Mit einer Mitteltemperatur von 10,3 °C war das Jahr 2019 zusammen mit dem Jahr 2014 das bisher zweitwärmste in Deutschland beobachtete Jahr seit dem Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen im Jahr 1881.“*
- Extreme Ereignisse gehören zum Wetter und Klima!
- Normale Klimaperiode: 30 Jahre

Was ist überhaupt Klima?

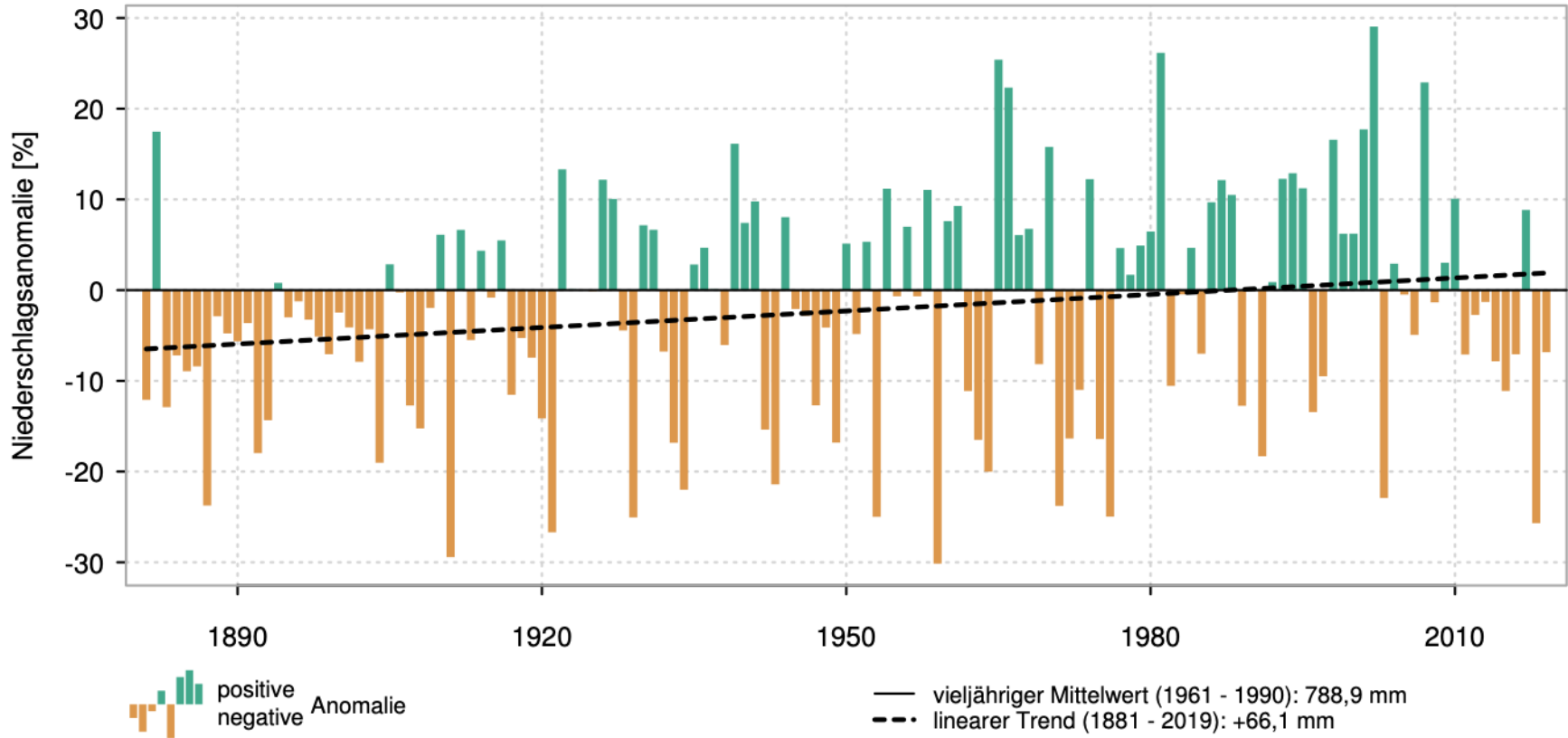


Was ist überhaupt Klima?



Was ist überhaupt Klima?

Niederschlagsanomalie
Deutschland Jahr
1881 - 2019
Referenzzeitraum 1961 - 1990



Werbeblock 2: Das GFZ

Größtes Forschungszentrum in Brandenburg

Forschungsgegenstand: die „feste“ Erde (die gar nicht so fest ist)

Teil des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft mit rund 5.000 Forschenden in ganz Deutschland

Auf allen Kontinenten der Welt unterwegs

Neues Programm: Changing Earth – Sustaining our Future

Gutachter: „Es gibt weltweit kein anderes Programm mit einem ähnlichen Umfang.“

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ



HELMHOLTZ

Nationales Forschungszentrum in der
Helmholtz-Gemeinschaft



1261 Beschäftigte davon:

841 WissenschaftlerInnen, technisches und administratives Personal
147 Auszubildende und studentische Hilfskräfte
273 Gäste (vorw. GastwissenschaftlerInnen)



95 Mio € Jahresetat (2018)

65 Mio. € Programm-Förderung
30 Mio. € Drittmittel



33 gemeinsame Berufungen
mit Universitäten

Helmholtz-Gemeinschaft

Zahlen und Fakten

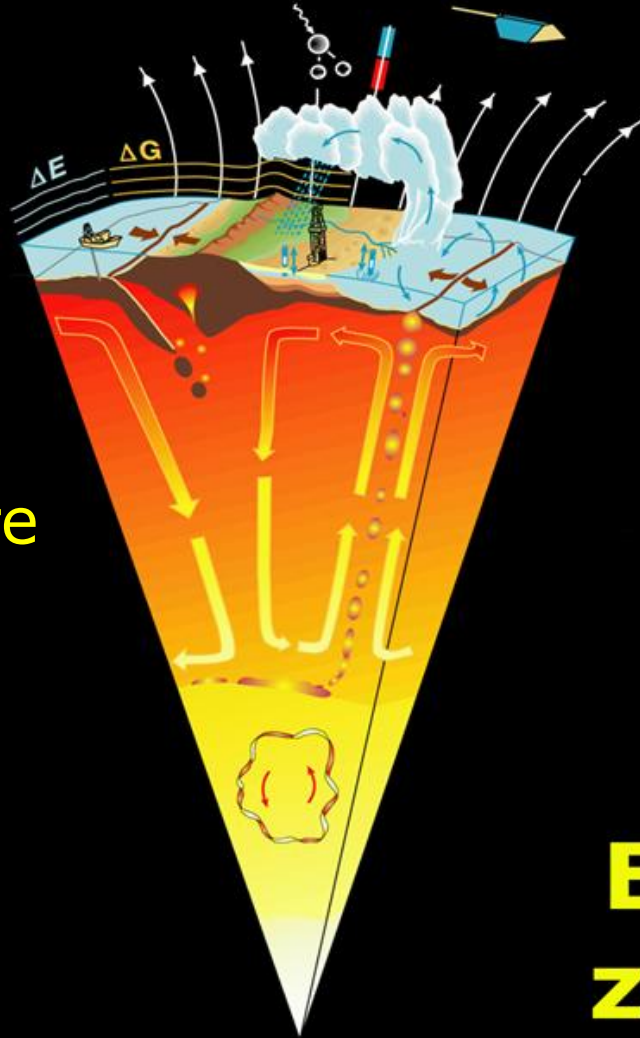
- 19 Forschungszentren mit rund 300 Instituten
- ~39 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- ~14 500 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler
- ~8000 Doktorandinnen und Doktoranden
- Budget: 4,5 Milliarden Euro



- Helmholtz-Zentrum
- Zweigstelle
- Helmholtz-Geschäftsstelle
- Helmholtz-Institut

System Erde:

- Geosphäre
- Atmosphäre
- Hydrosphäre
- Kryosphäre
- Biosphäre
- Anthroposphäre



**...vom
Erdkern bis
zum Weltall**

Was kann man am GFZ studieren?

Physik, z. B.

- Geophysik
- Gravimetrie
- Geomagnetismus
- Seismologie
- Geothermie
- Geodynamik

Geodäsie, z. B.

- Satellitengeodäsie
- GPS-Vermessung

Geologie, z. B.

- Mineralogie
- Kristallographie
- Hydrogeologie
- Sedimentologie

Geographie, z. B.

- Fernerkundung
- Kartographie
- Geoökologie

Mathematik, z. B.

- Mathematik der Felder
- Statistik, Fehlerauswertung
- Mathematische Modellierung

(Geo)Informatik, z. B.

- Geodatenanalyse
- Datenbanken, Datenaustausch
- Softwareentwicklung

Geochemie



Ausbildungsberufe am GFZ

- Chemielaborant/in
- Elektroniker/in für Geräte und Systeme
- Fachinformatiker/in Anwendungsentwicklung bzw. Systemintegration
- Fachangestellte/r für Medien und Informationsdienste (Bibliothek)
- Geomatiker/in
- Industriemechaniker
- Kauffrau/Kaufmann für Büromanagement
- Mathematisch-technische/r Software-Entwickler/in
- Physiklaborant/in
- Geodynamik

Acht neue Azubis dieses Jahr

Berufsausbildung regelmäßig von IHK ausgezeichnet, z.B. wegen internationaler Praktika

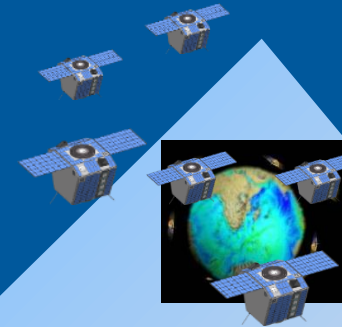


GFZ

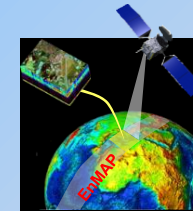
Helmholtz-Zentrum
POTSDAM

Satellitenmissionen mit GFZ-Beteiligung

Mini-Satelliten



EnMAP
(2021)



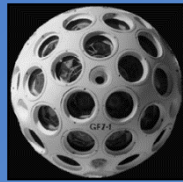
GRACE-FO
(2018)



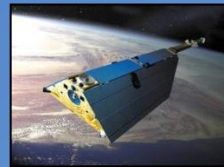
Swarm
(2013)



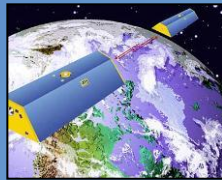
TerraSAR-X (2007), TanDEM-X (2010)



GFZ 1
(1995-1999)



CHAMP
(2000-2010)



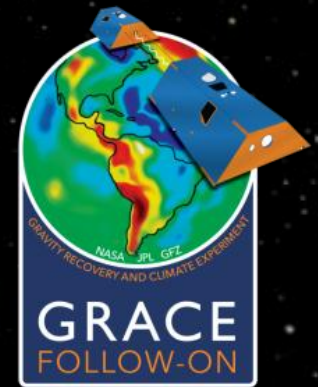
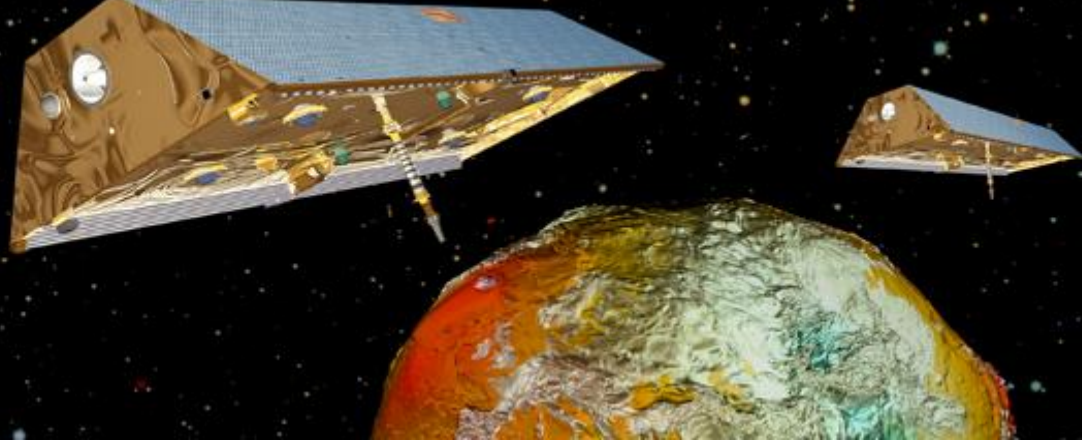
GRACE
(2002-2017)



GOCE
(2009-2013)

Satellitentandem GRACE (2002-2017) „Gravity Recovery And Climate Experiment“





GRACE-FO

(Gravity Recovery and Climate Experiment Follow On)

Gemeinsame Mission von **NASA** (primär verantwortlich) und **GFZ** (Koordination der deutschen Beiträge)

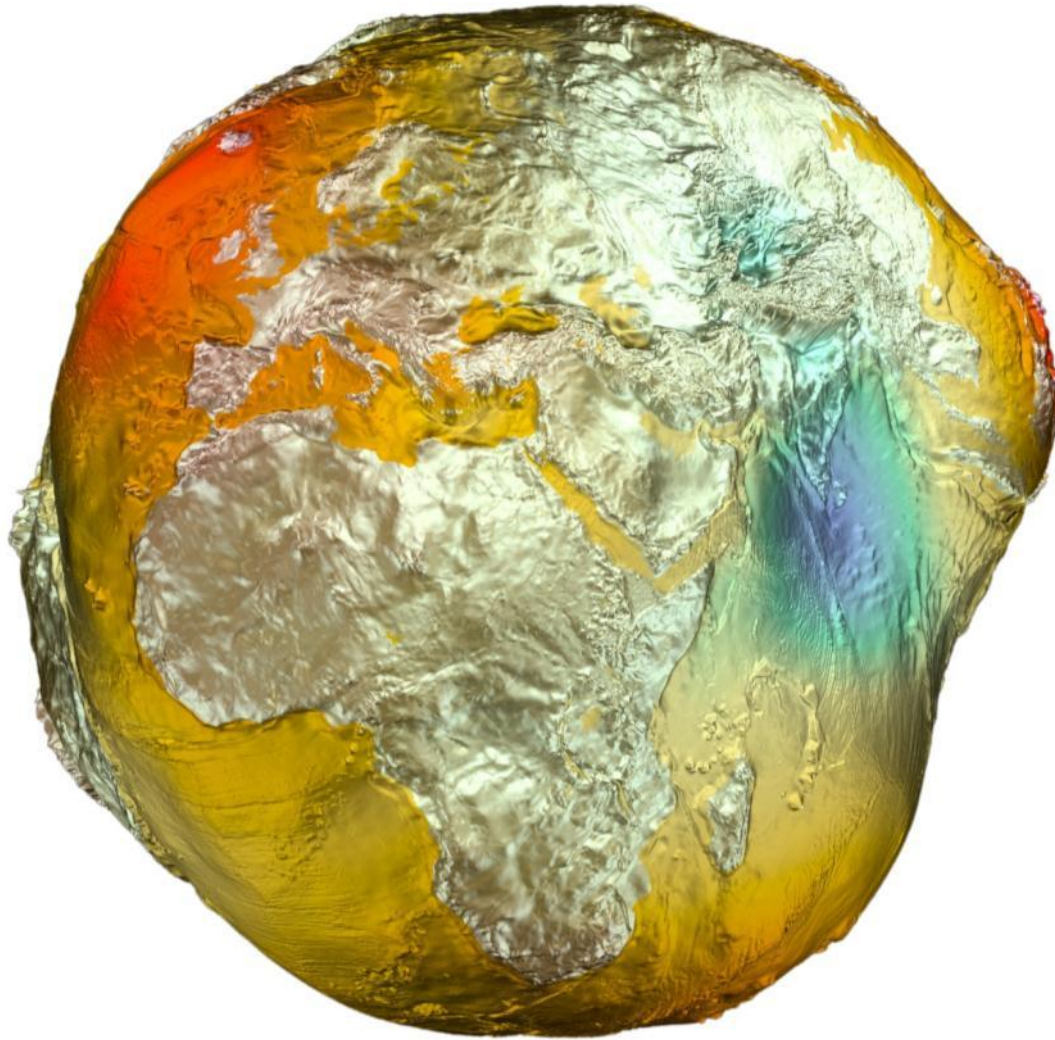
22. Mai 2018: Erfolgreicher Start an Bord einer Falcon-9-Rakete von SpaceX von der Vandenberg Air Force Base (Kalifornien)

Nominale Betriebsphase: **5 Jahre**

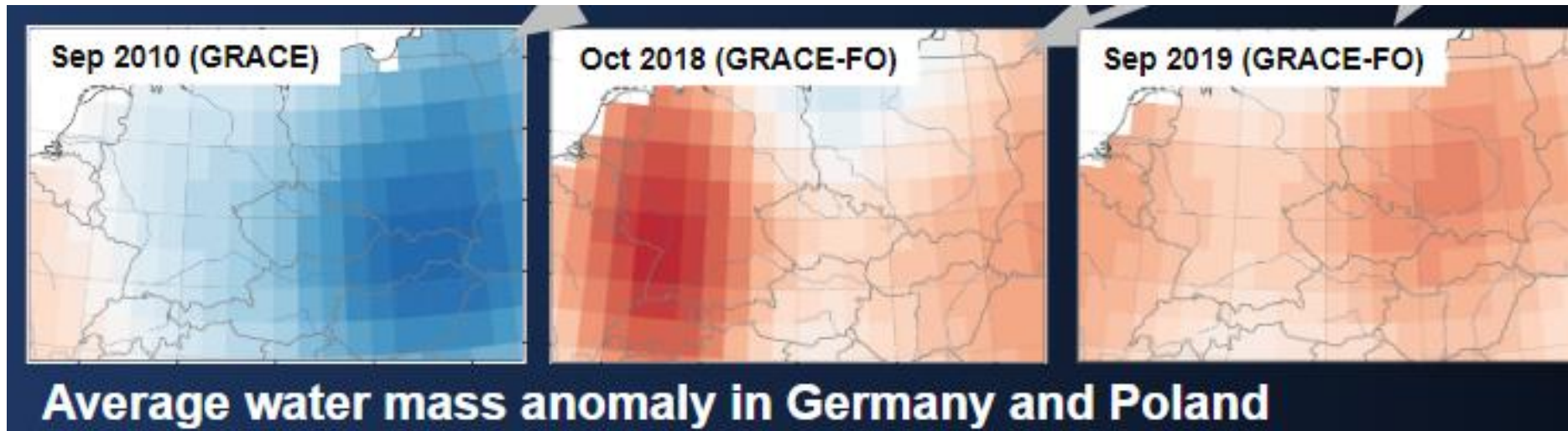


Foto: NASA

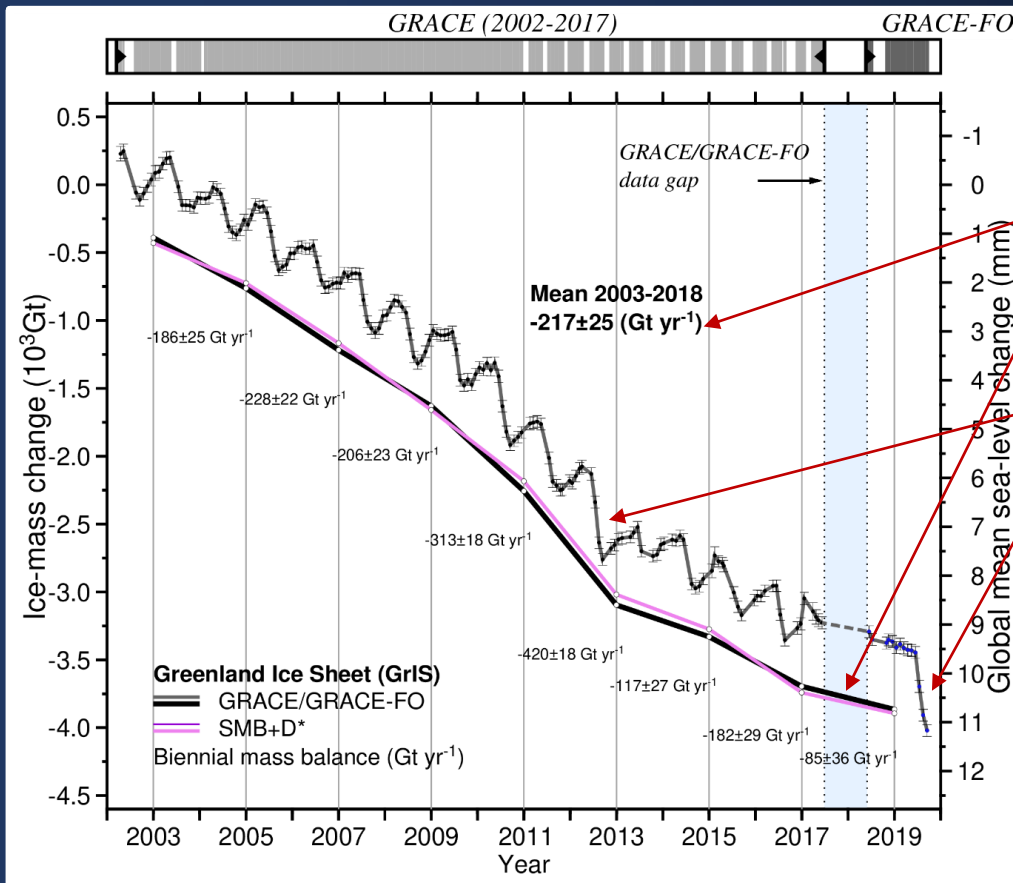
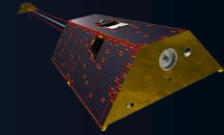
Potsdamer Schwerekartoffel



Grundwasser in Europa



Greenland Ice-Sheet Mass Balance



[Sasgen et al., in prep.]

GRACE-FO:

2017-2018 mass loss is only -85 ± 36 Gt yr⁻¹ (40% of mean loss 2003-2018)

2019 melt summer comparable to record year 2012: July loss rate -228 ± 15 Gt month⁻¹ (90% of 2012)



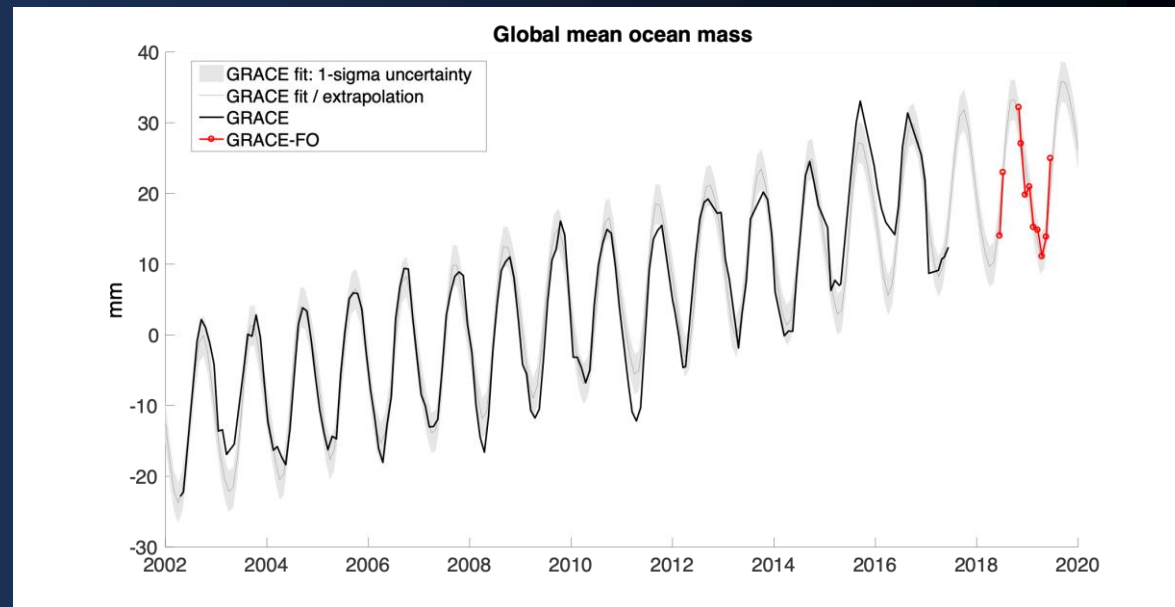
Northeast Greenland, summer 2018, Credit: Lars Holst Hansen

<https://phys.org/news/2019-10-year-extreme-snowfall-arctic-animals.html>

Sea Level Changes— Measuring the Ocean Mass Contribution

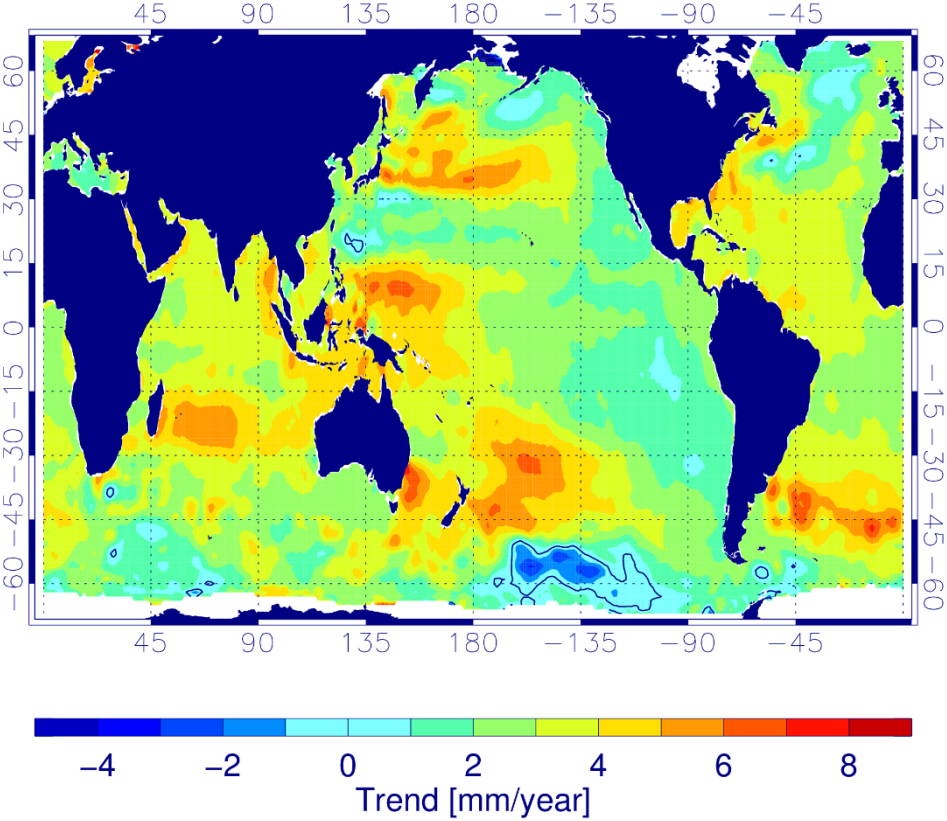


- Ocean mass trend 2002-2019: **2.1 +/- 0.3 mm/yr**
- Ocean mass trends make up approx. 2/3 of the global mean sea level rise
- First-year GRACE-FO ocean mass observations fall within the GRACE extrapolation

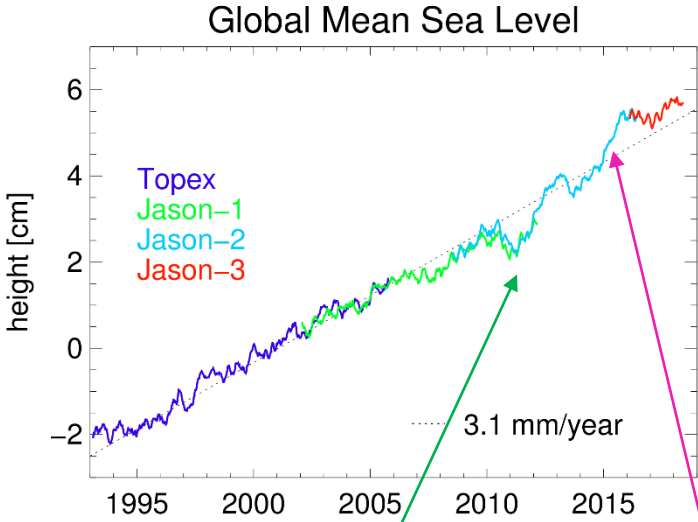


Source: [Steve Nerem]

Globale Meeresspiegeländerungen (03/1993 bis 05/2018) von Topex-, Jason-1- und Jason-2-Satellitenaltimetrie

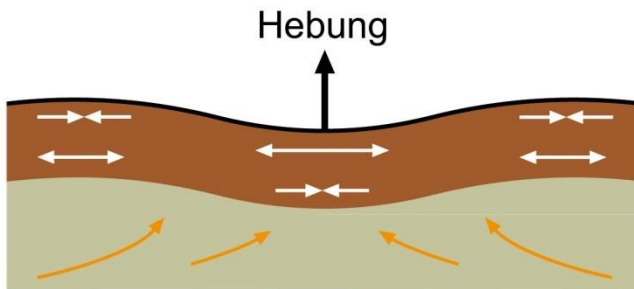
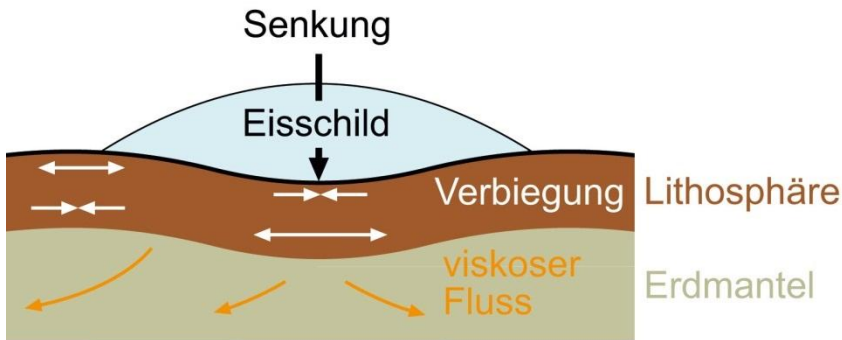


Globaler Trend (von 60°S bis 60°N):
3,1 mm/Jahr ±0,4 mm

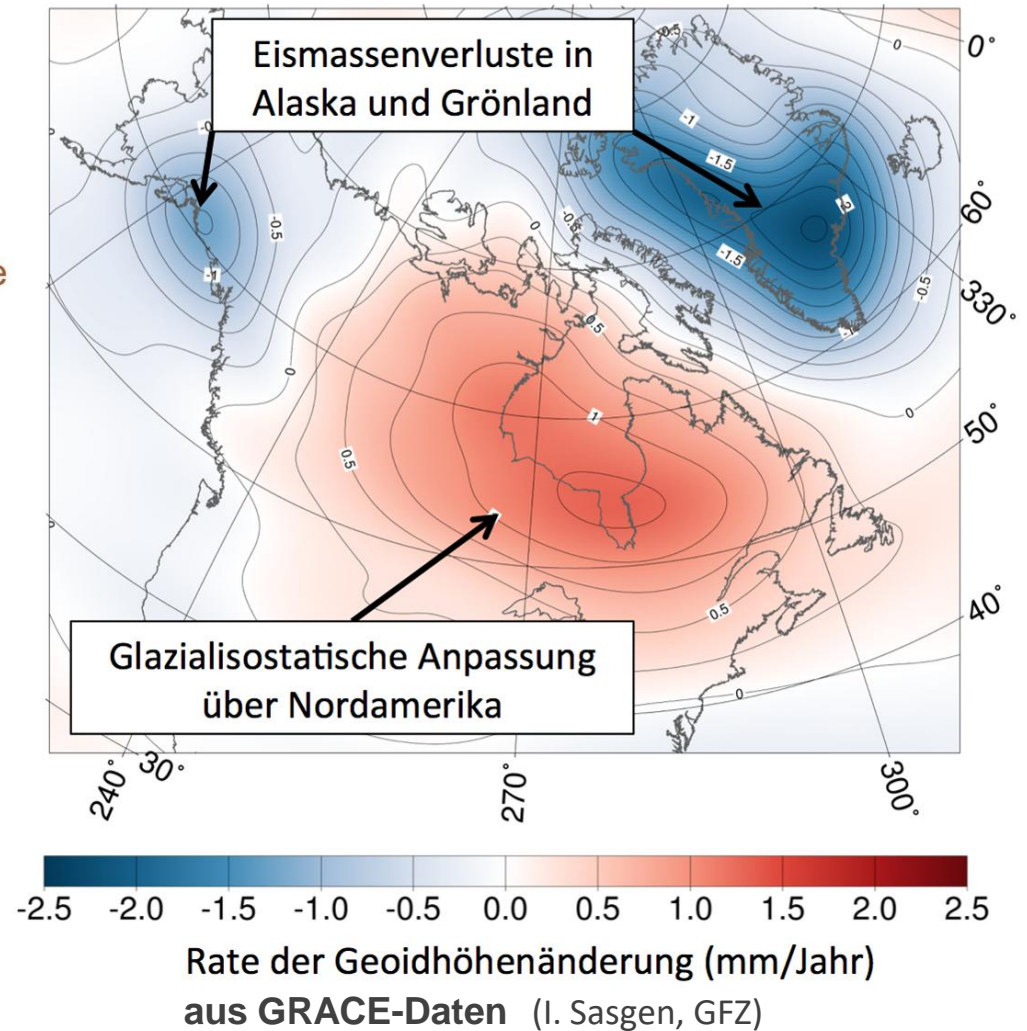


(Quelle: S. Esselborn, GFZ)

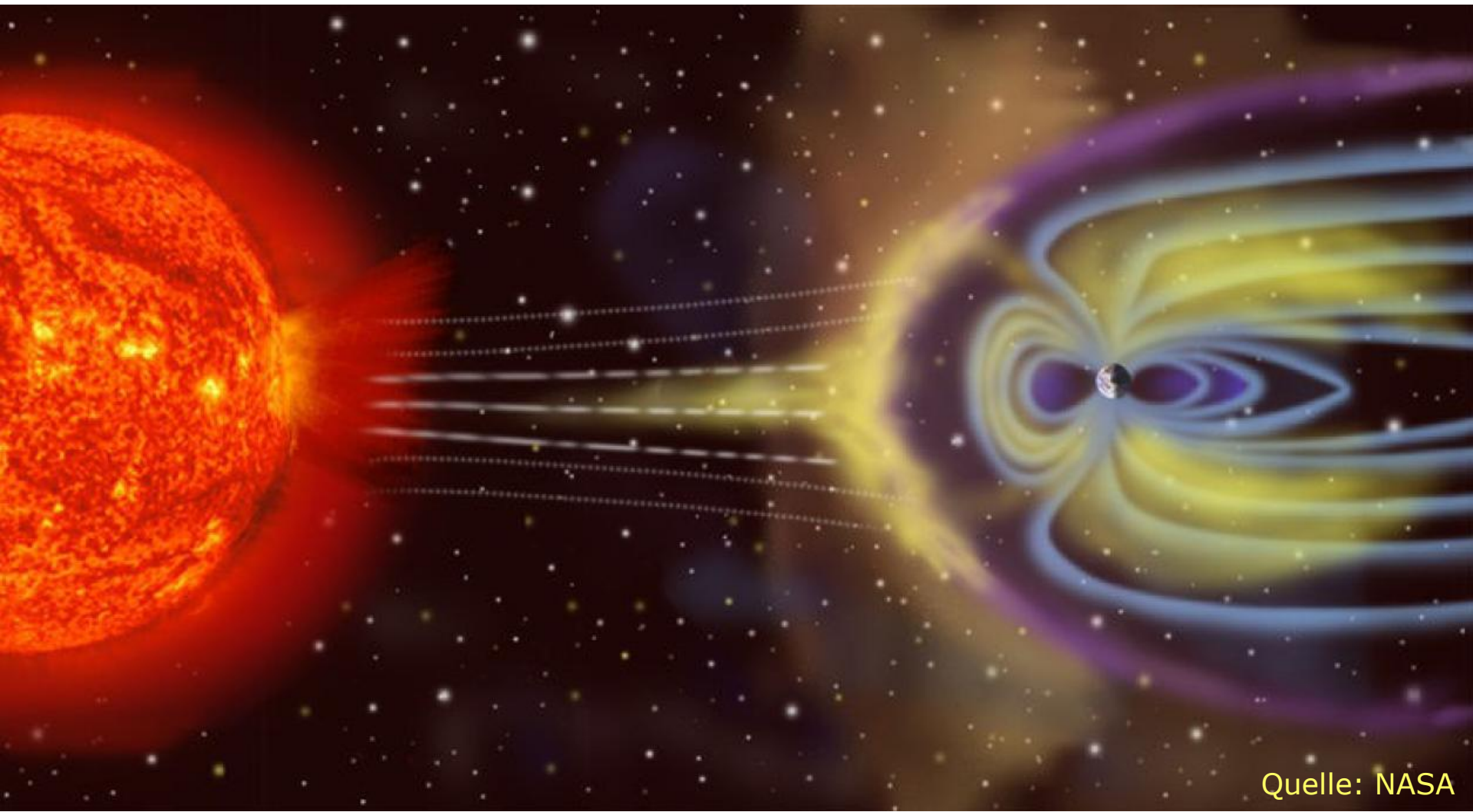
Glaziale Isostasie



(V. Klemann, GFZ)



Erdmagnetfeld: Schutzschild vor kosmischen Strahlen



Quelle: NASA

Kp: Globaler geomagnetischer Störungsindex

Weltraumwetter – Sonneneruptionen:

- erhöhte Strahlung
- rapide Änderungen des Erdmagnetfelds

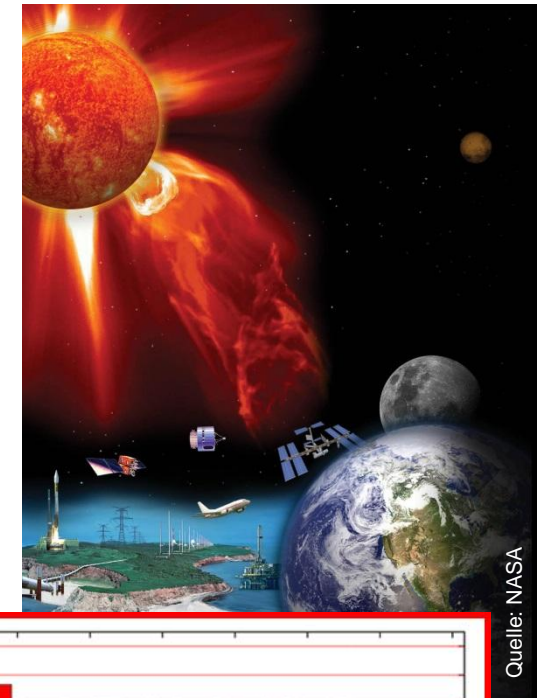
Kp-Index – seit 1932 in Potsdam* berechnet

Anwendung in der **Wissenschaft**:

- anerkannter Index der IAGA
- Weltraumwetterzentrum der ESA

und im **Betrieb**:

- Weltraumlagezentrum der Bundeswehr
- THW
- Stromnetzbetreiber (z.B. 50 Hertz)

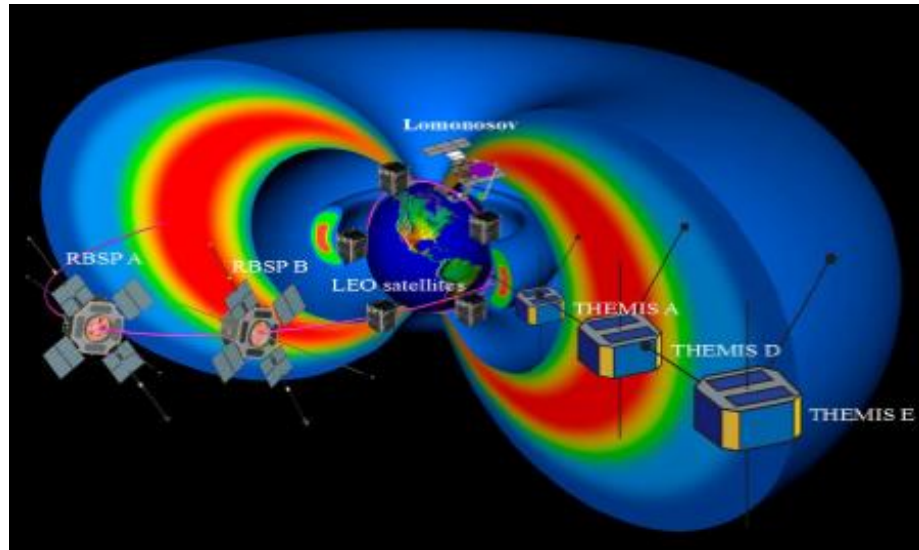


Quelle: NASA

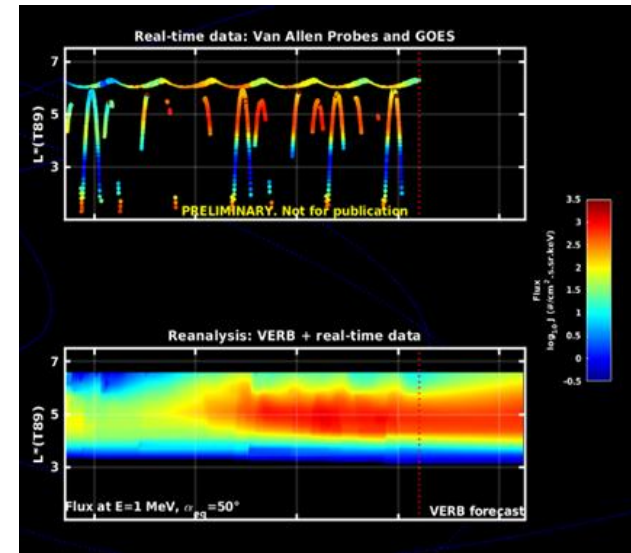


*1949 bis 1996 am Institut für Geophysik der Universität Göttingen

Besseres Verständnis der Prozesse in der Magnetosphäre hilft, Satelliten vor Beschädigungen zu schützen



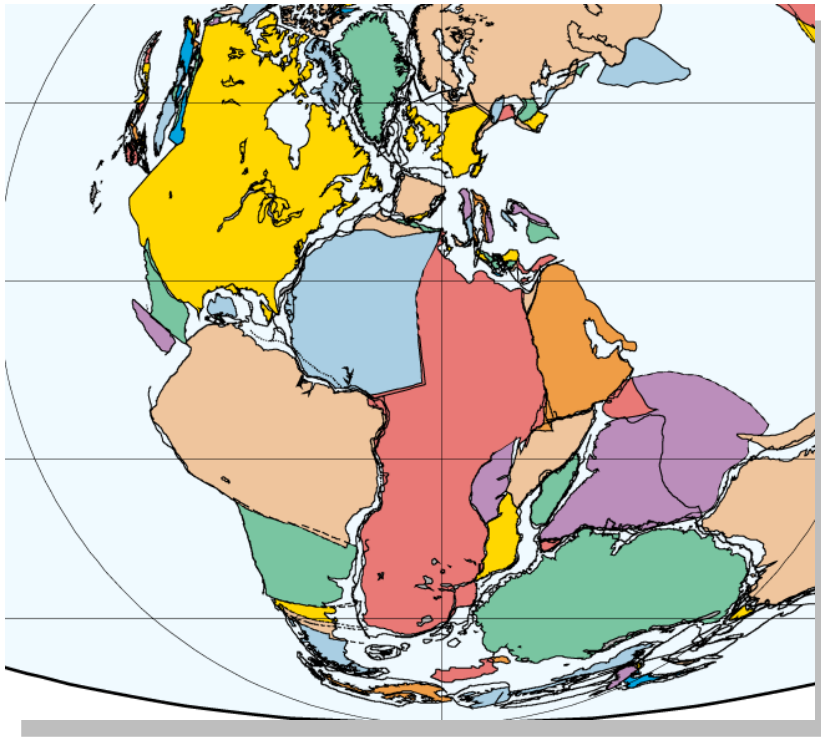
- Satelliten können in der Magnetosphäre durch sog. „Killerelektronen“ beschädigt werden
- Forschung am GFZ zeigt Schlüsselmechanismen für das Eindringen der Elektronen in die Erdatmosphäre (Shprits et al., 2016, *Nature Com*)



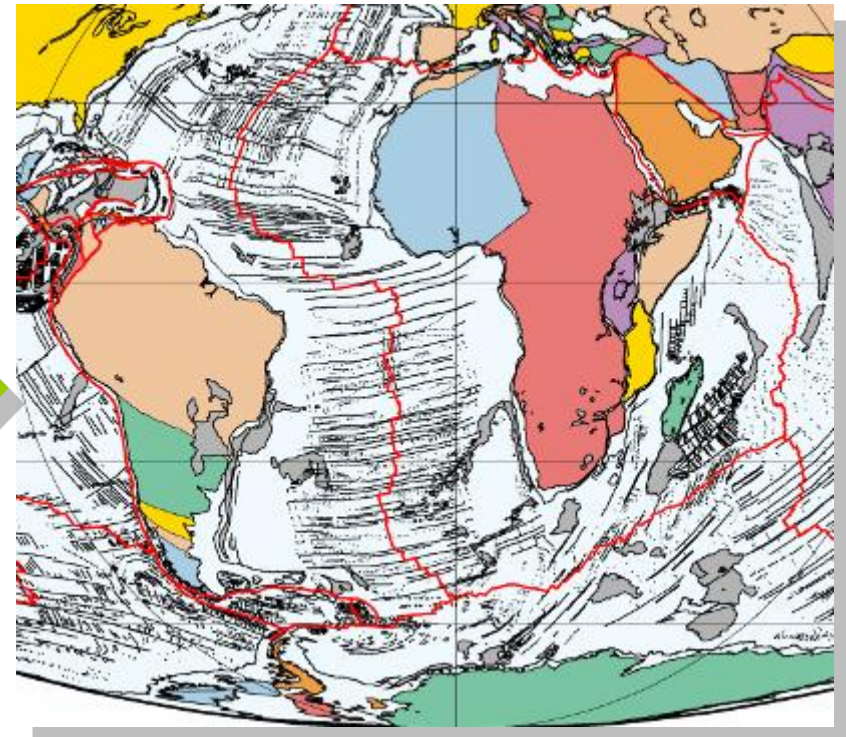
Strahlungsgürtelvorhersage für zwei Tage für 1-MeV-Elektronen

- Basis: Satelliten- und Echtzeitdaten (Bild oben)
- Modellergebnisse für Vorhersage (Bild unten)

Kontinentaldrift – Entstehung des Atlantiks

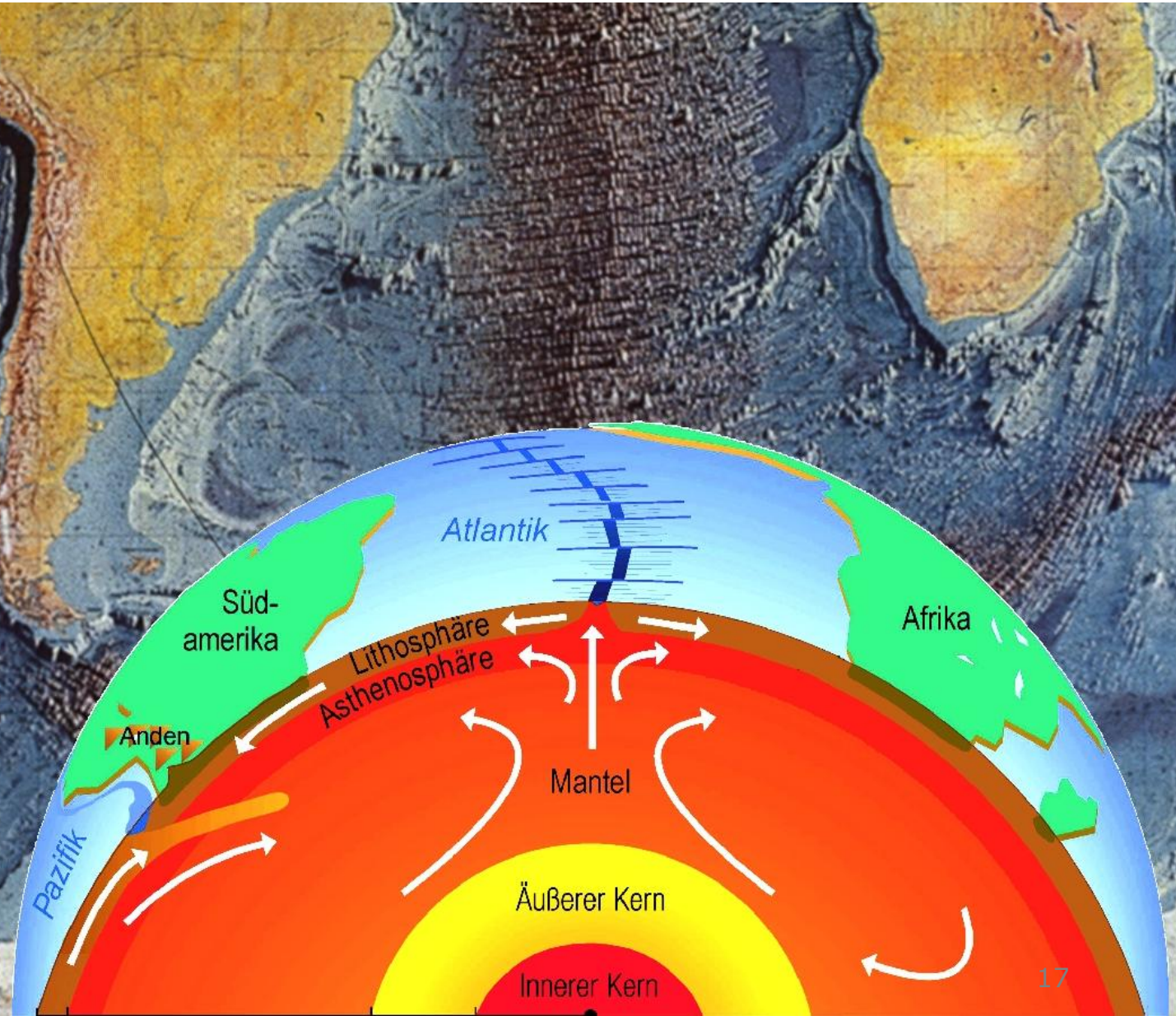


Pangäa-Superkontinent
vor ca. 250 Mio. Jahren

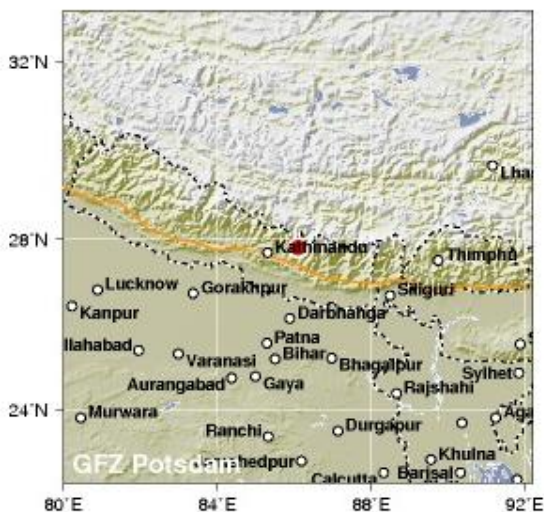
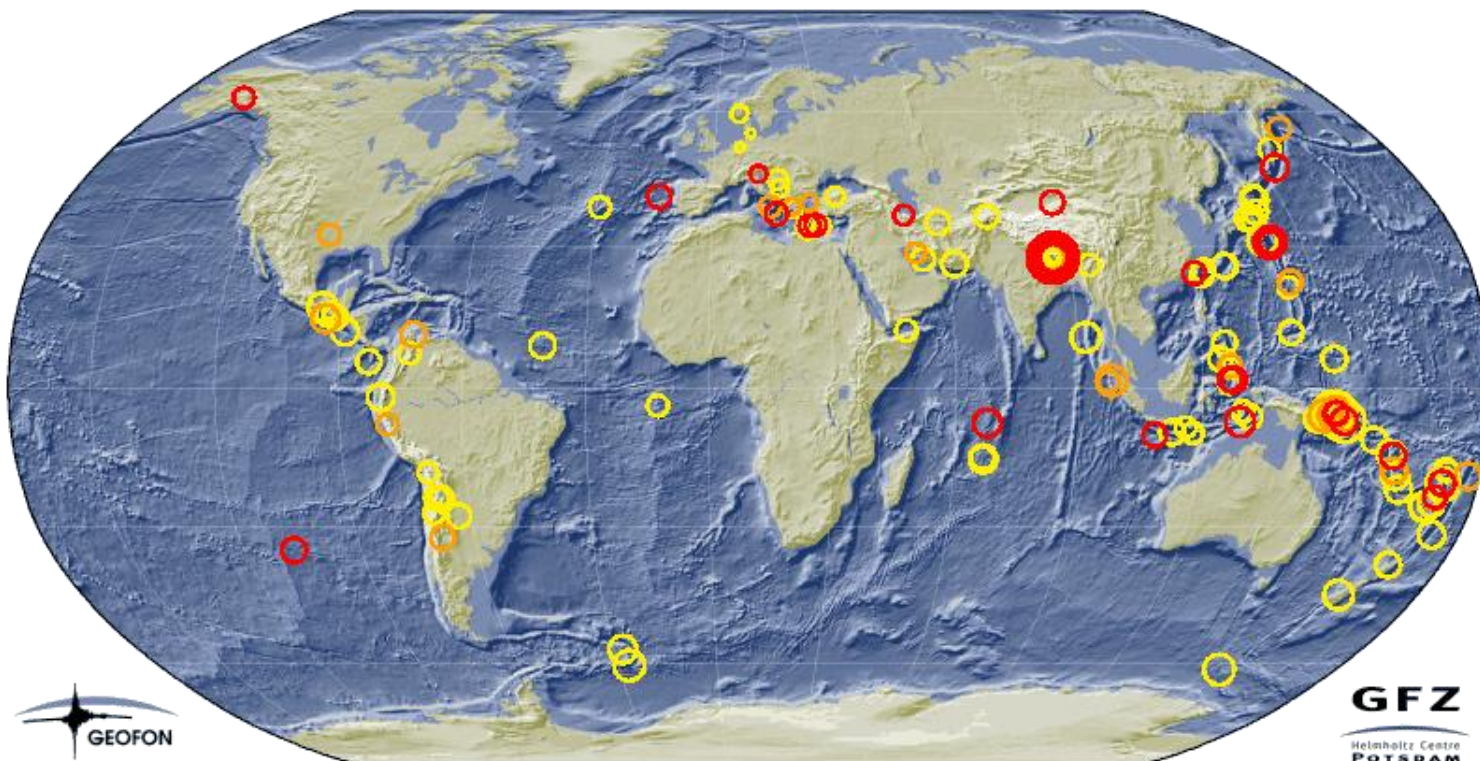


Plattenkonfiguration heute

Antrieb der Plattentektonik im Inneren der Erde: Konvektion



Automatic GEOFON Global Seismic Monitor



Erdbeben Nepal 2015

Magnitude: 7.2 (Mw)

Origin time: 2015-05-12 07:05:19 UTC

Epicenter: 86.11°E 27.81°N

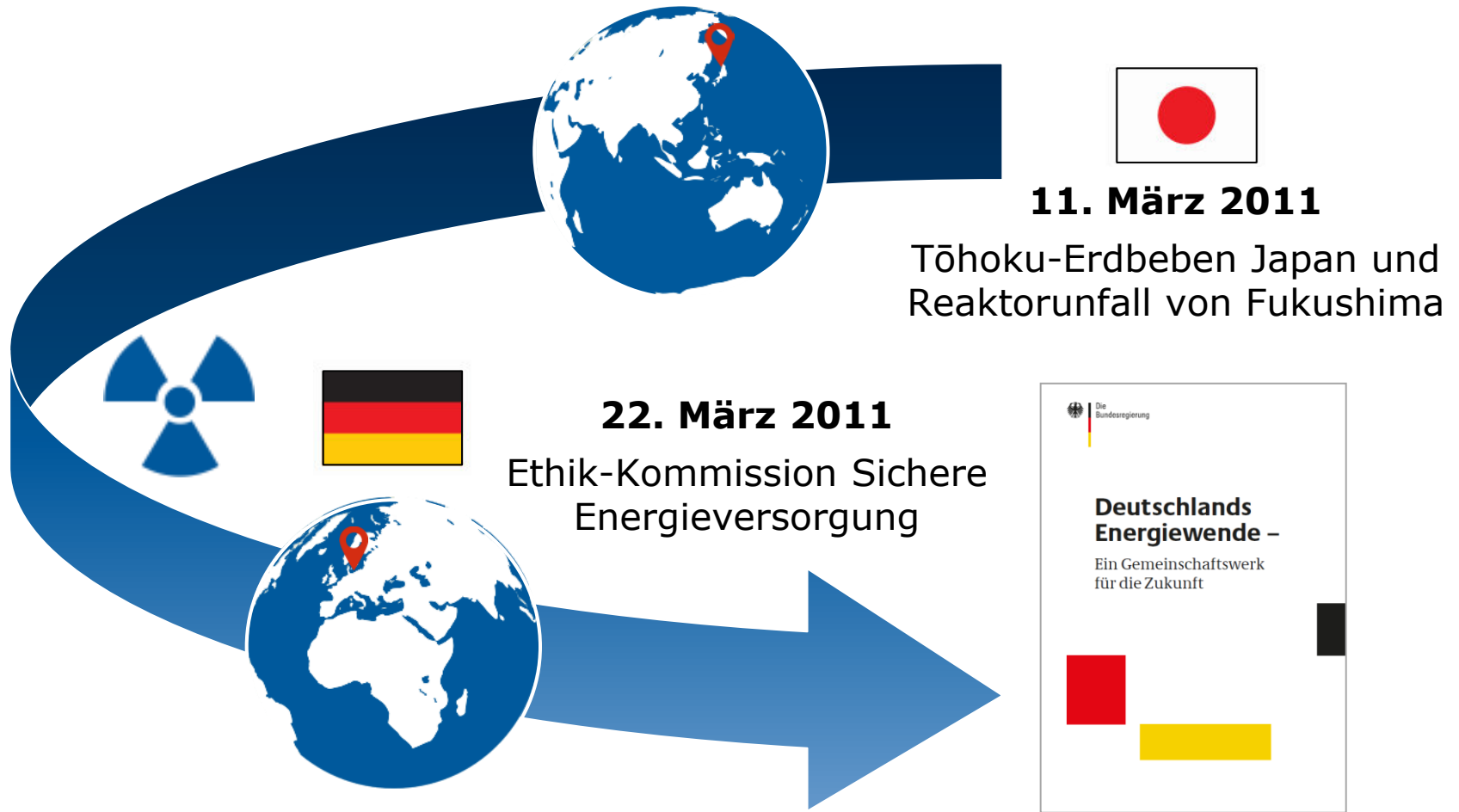
Depth: 10 km

Location status: **manually revised**

See also:

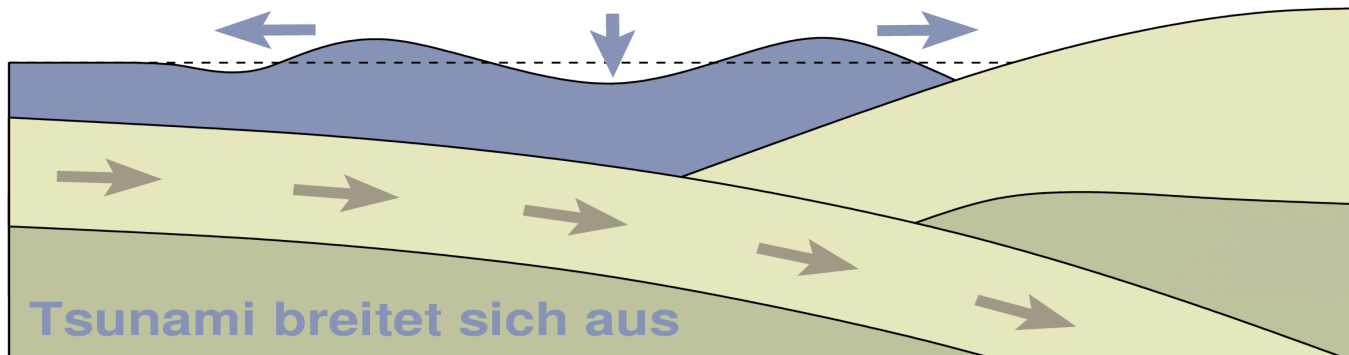
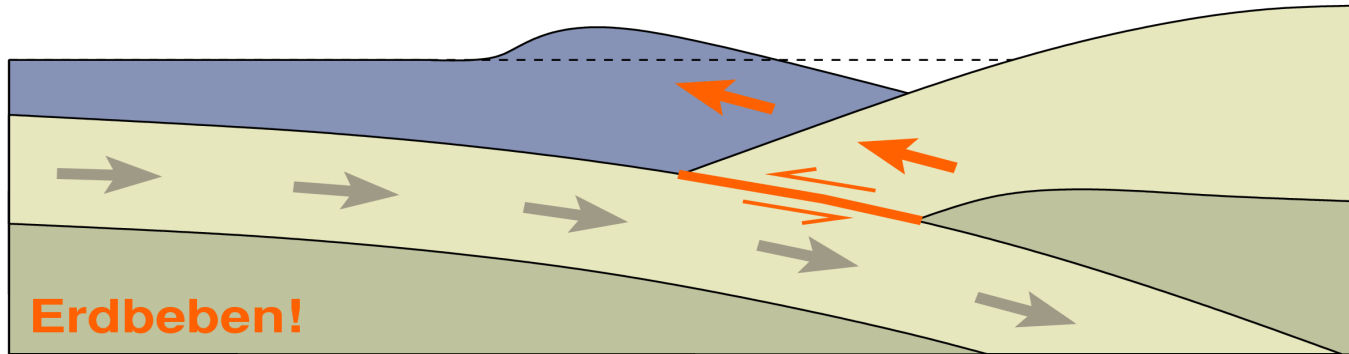
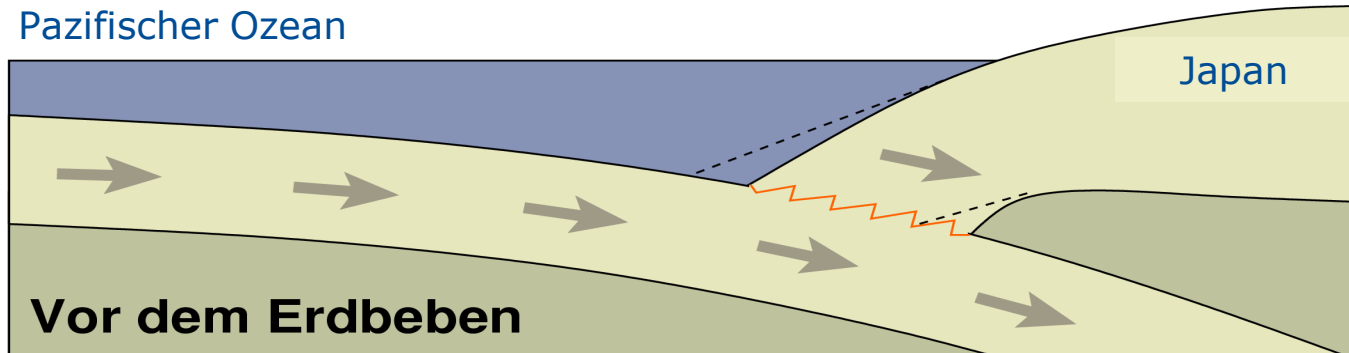
- The [specific page](#) for this event
- The [complete list](#) of automatic GEOFON alerts

Fukushima und die Konsequenzen

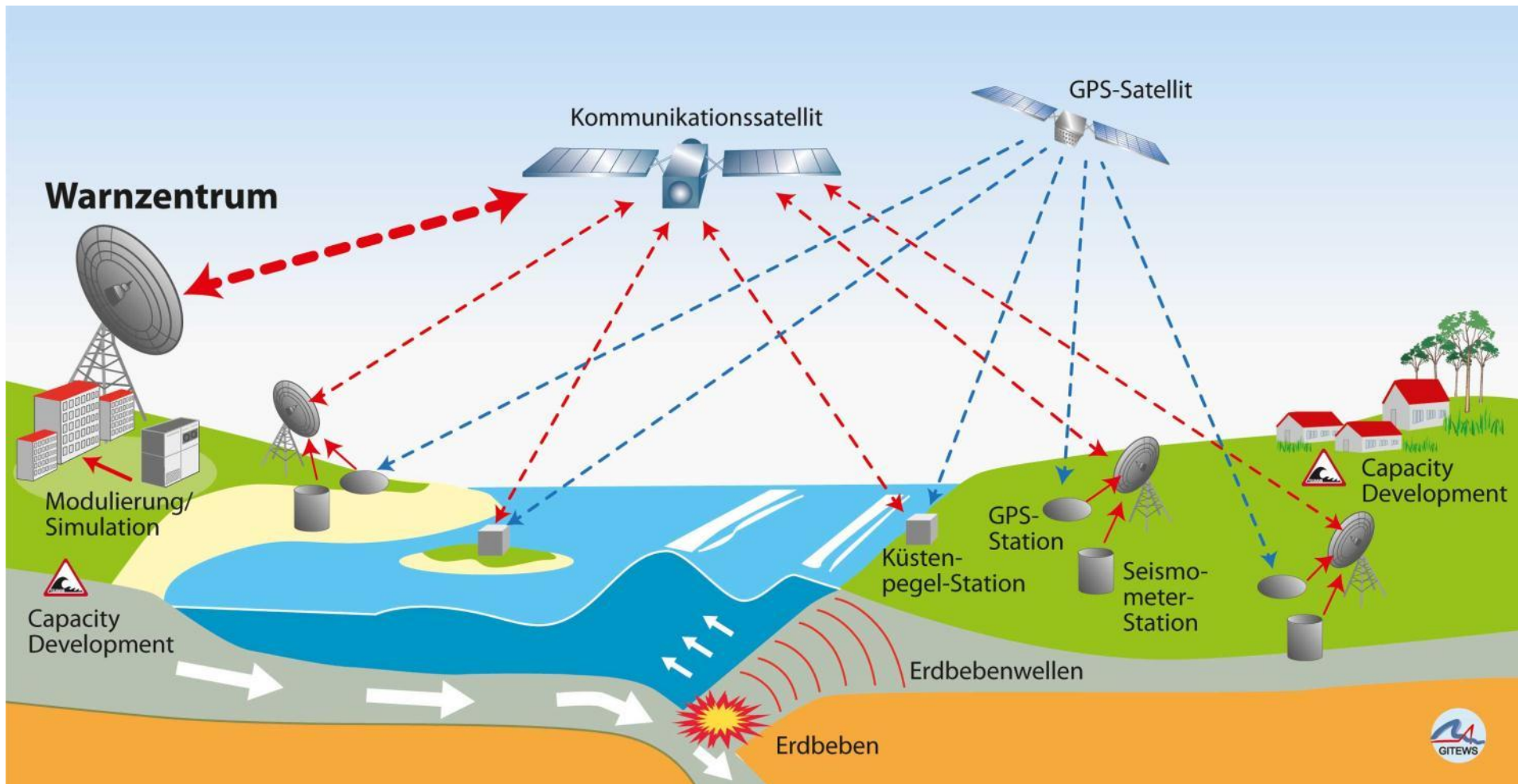


Tsunami-Entstehung

Pazifischer Ozean



Tsunami-Frühwarnsystem



Klimadynamik

Anthropogene Faktoren

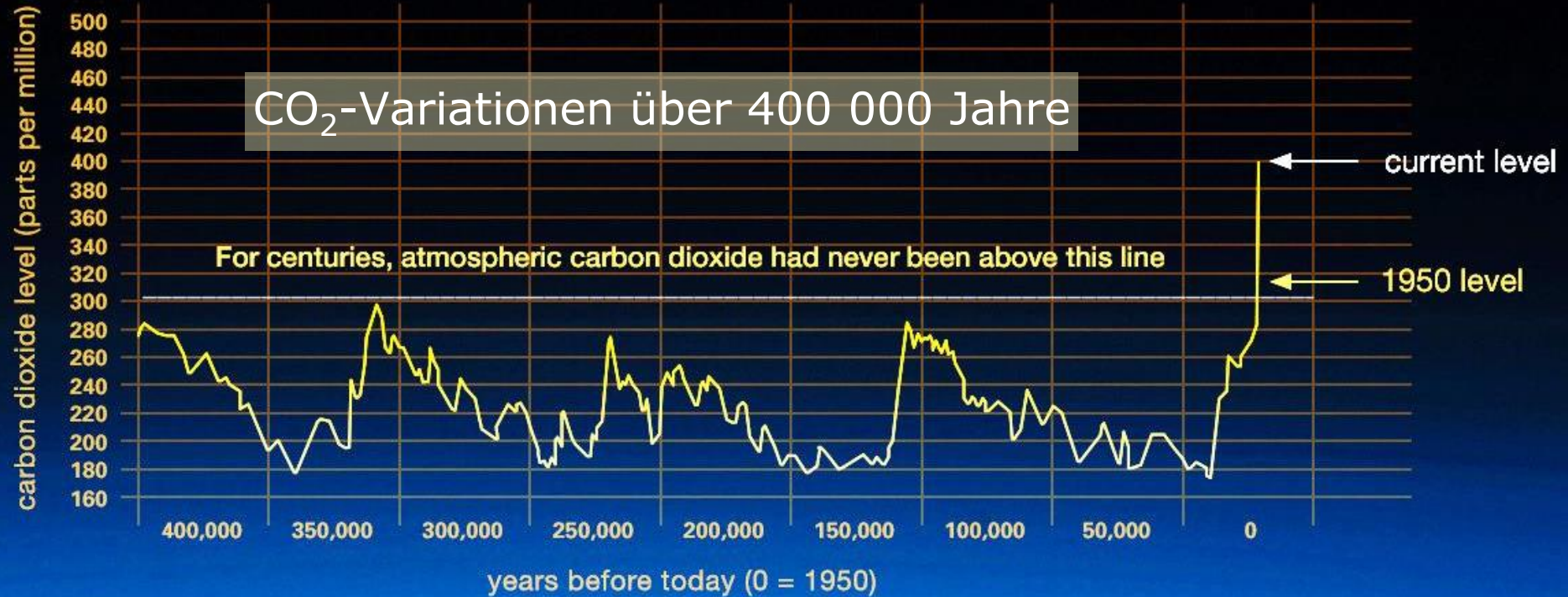
Natürliche Faktoren



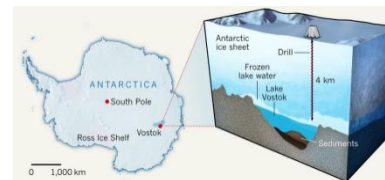
Klimawandel heute und in Zukunft

Klimafaktor Mensch

CO₂-Variationen über 400 000 Jahre



(Abb. NASA; Credit: Vostok ice core data/J.R. Petit et al.; NOAA Mauna Loa CO₂ record)



**Forschung:
Klima im
System Erde**

Mitigation

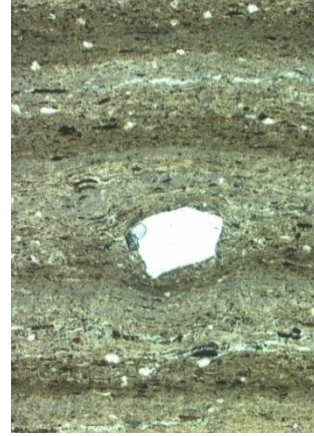
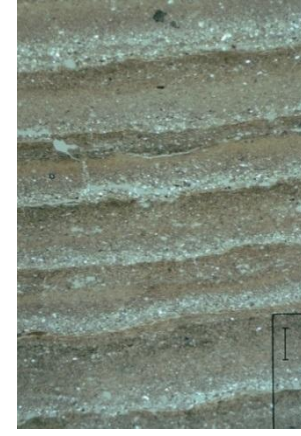
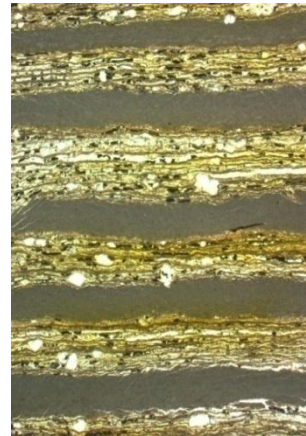
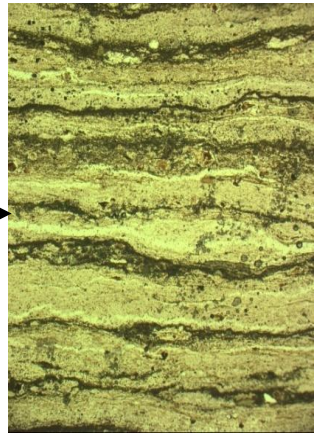
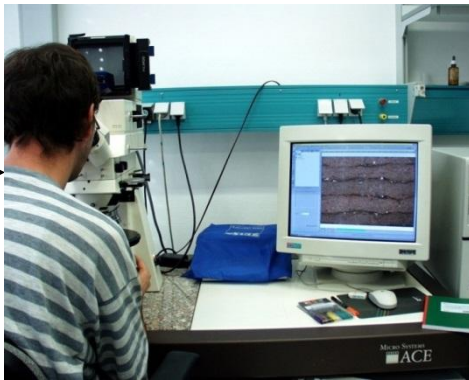
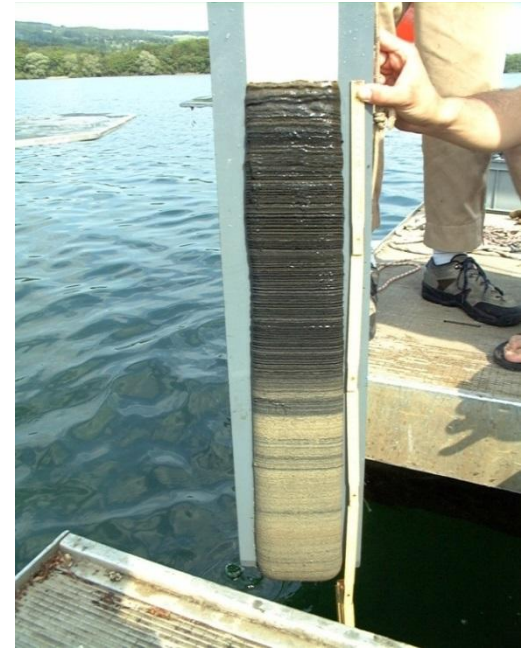


Adaptation

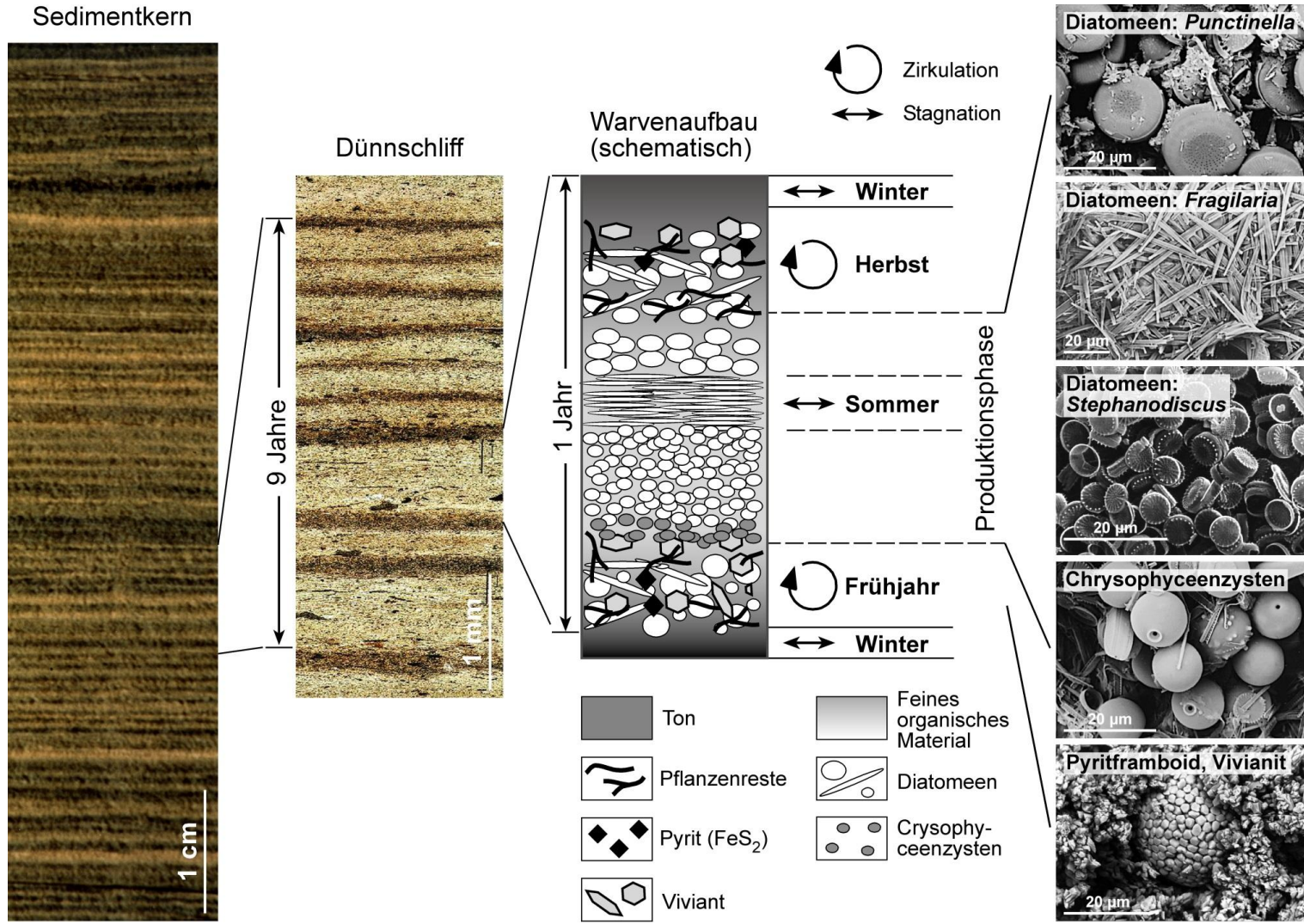
Natürliche Klimaarchive

See- sedimente	Baum- jahresringe	Korallen	Gletscher	Speläotheme
---------------------------	------------------------------	-----------------	------------------	--------------------

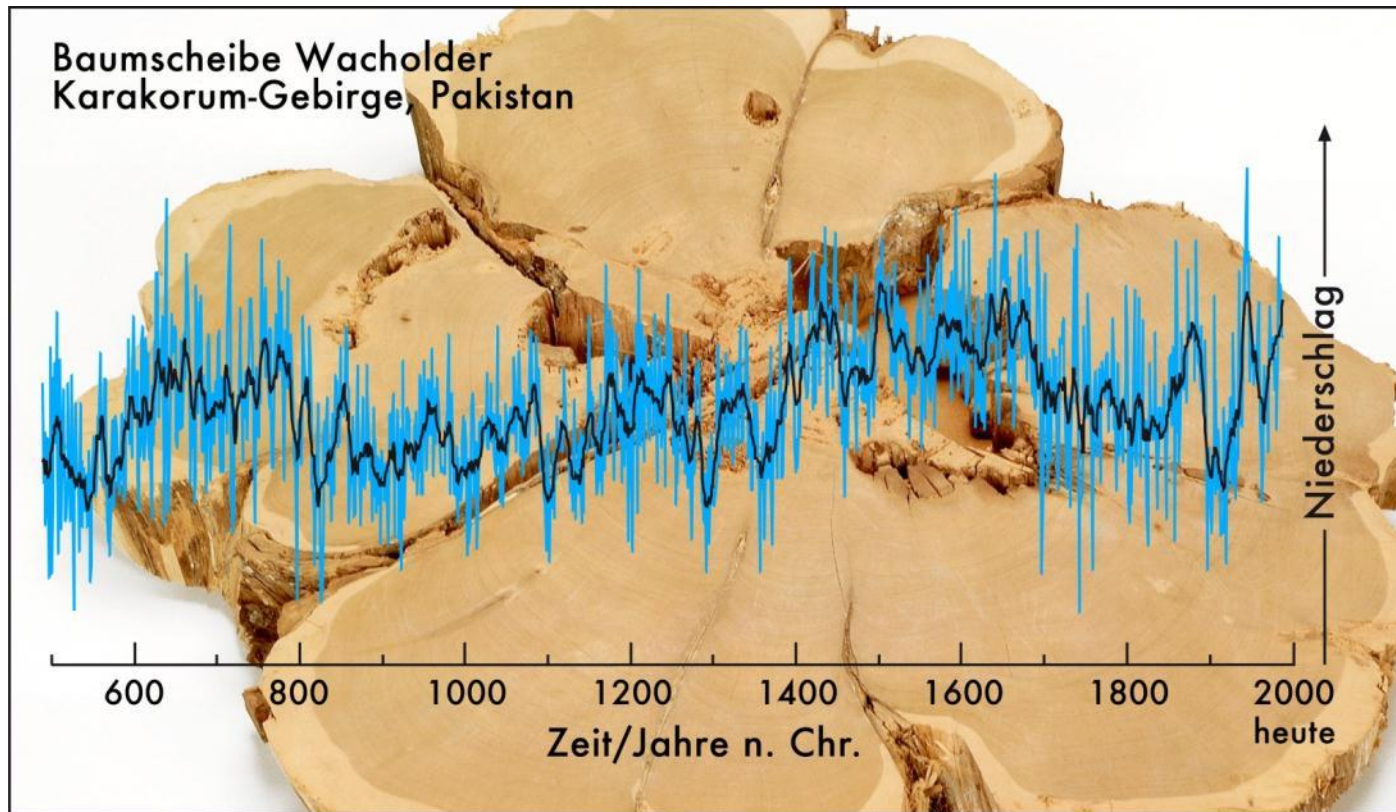
Neue Analyseverfahren



Neue Analyseverfahren



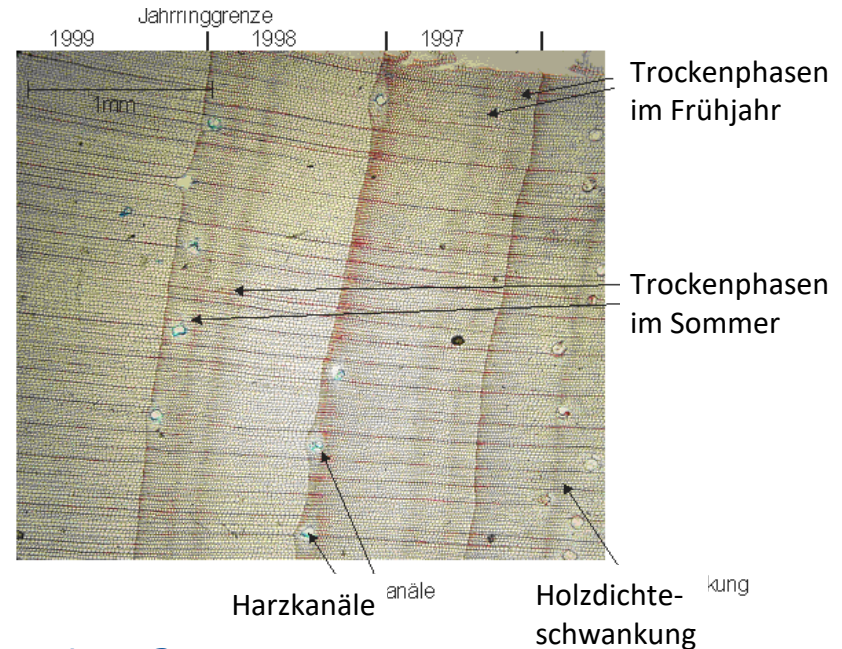
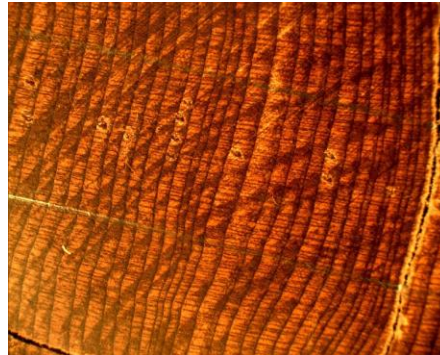
Dendrochronologie



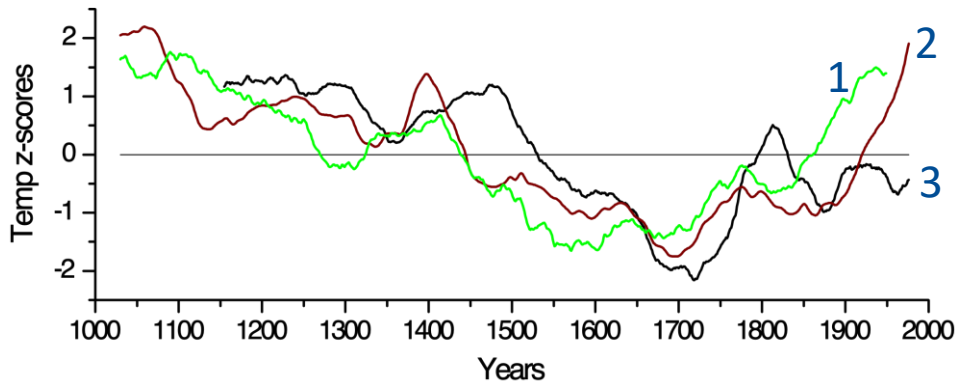
Bindeglied zwischen Fernerkundung und
Geoarchivforschung (z. B. See-Sedimente)

Holz als Klima- und Landschaftsarchiv: Beispiel Paläoklimatologie

Baumringmerkmale



Regionale Temperaturrekonstruktionen



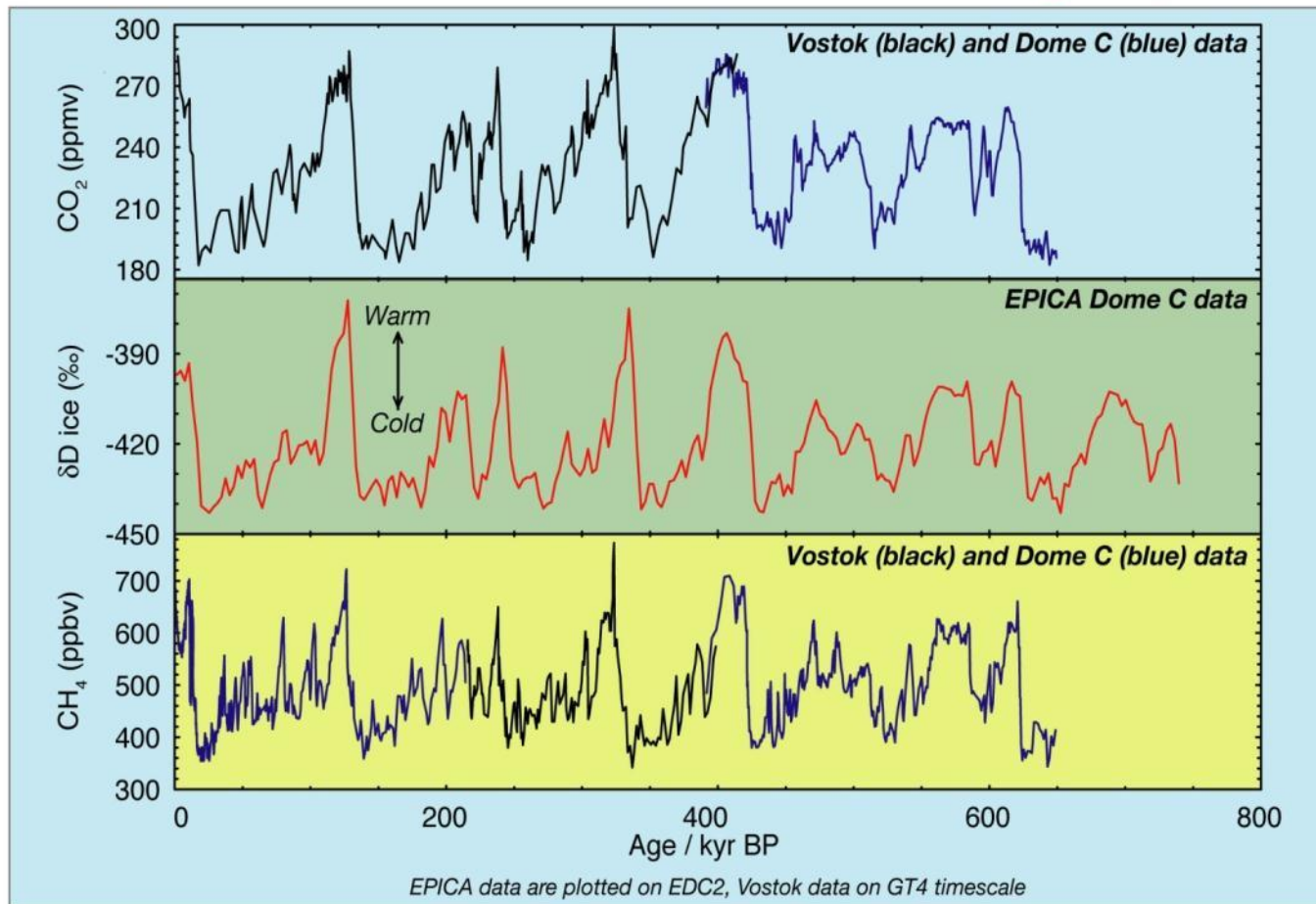
1 + 2:

Rekonstruktionen nordhemisphärischer Mitteltemperaturen (Moberg et al., 2005; Mann et al., 2008)

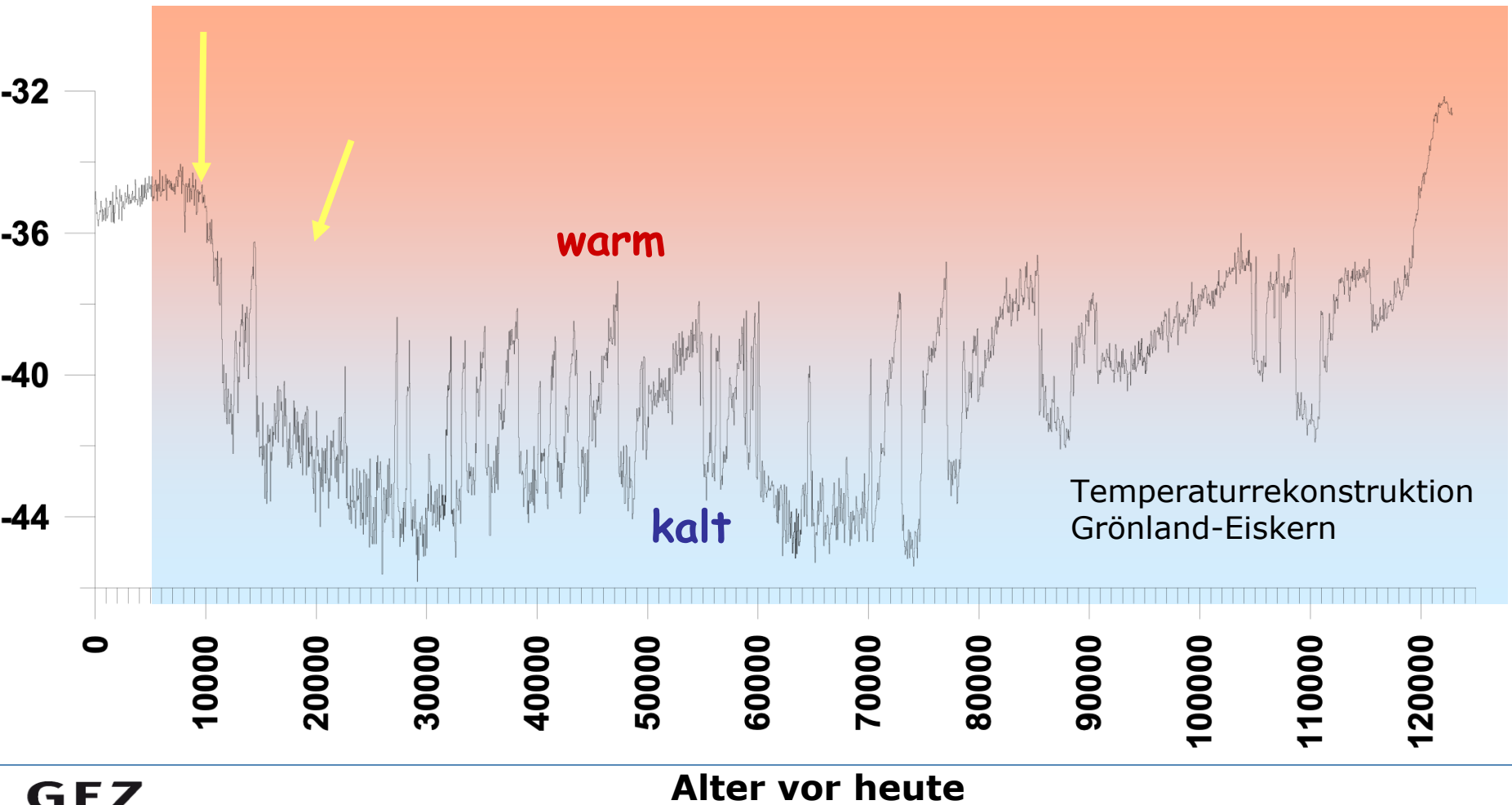
3:

Mittelwerte der Temperaturen Januar bis Mai, Türkei (Heinrich et al., 2013)

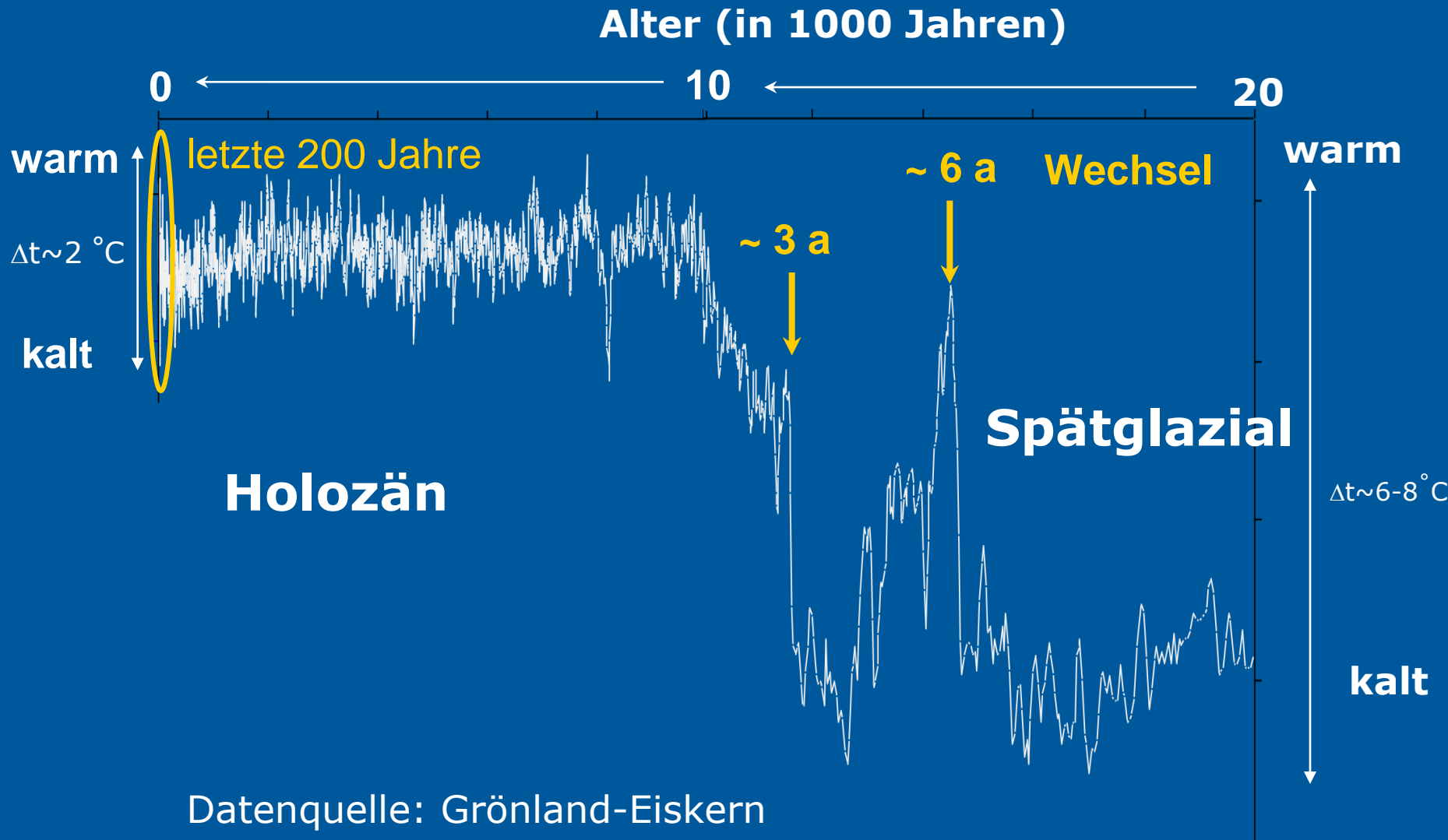
Antarctic ice core records: Vostok and EPICA CO₂, CH₄ and δD



Zeitfenster 3: glaziale Klimavariabilität



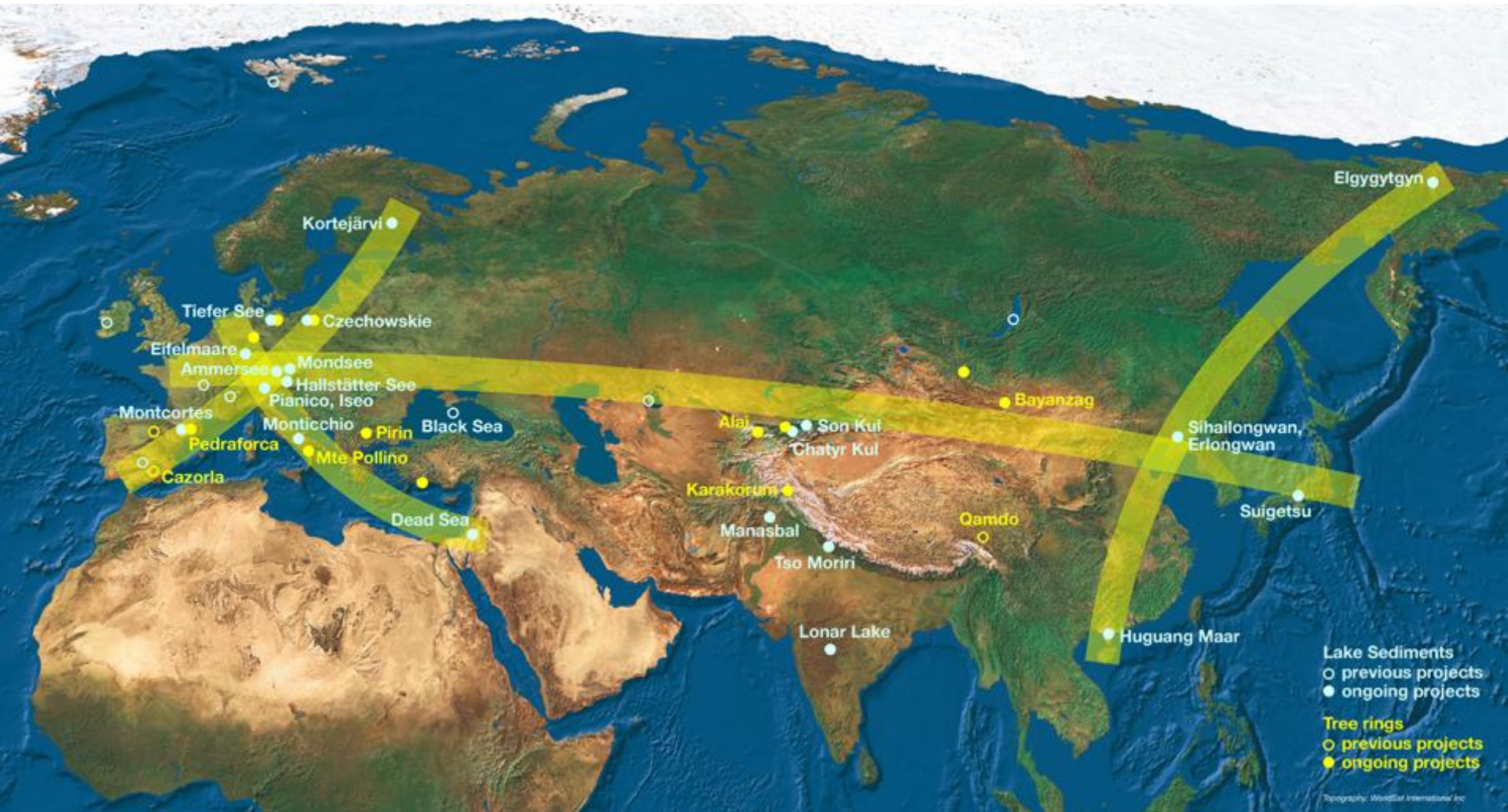
Natürliche Klimadynamik



Datenquelle: Grönland-Eiskern
(Johnsen et al., 1997)

Datierung und Synchronisierung hochauflösender Geoarchive

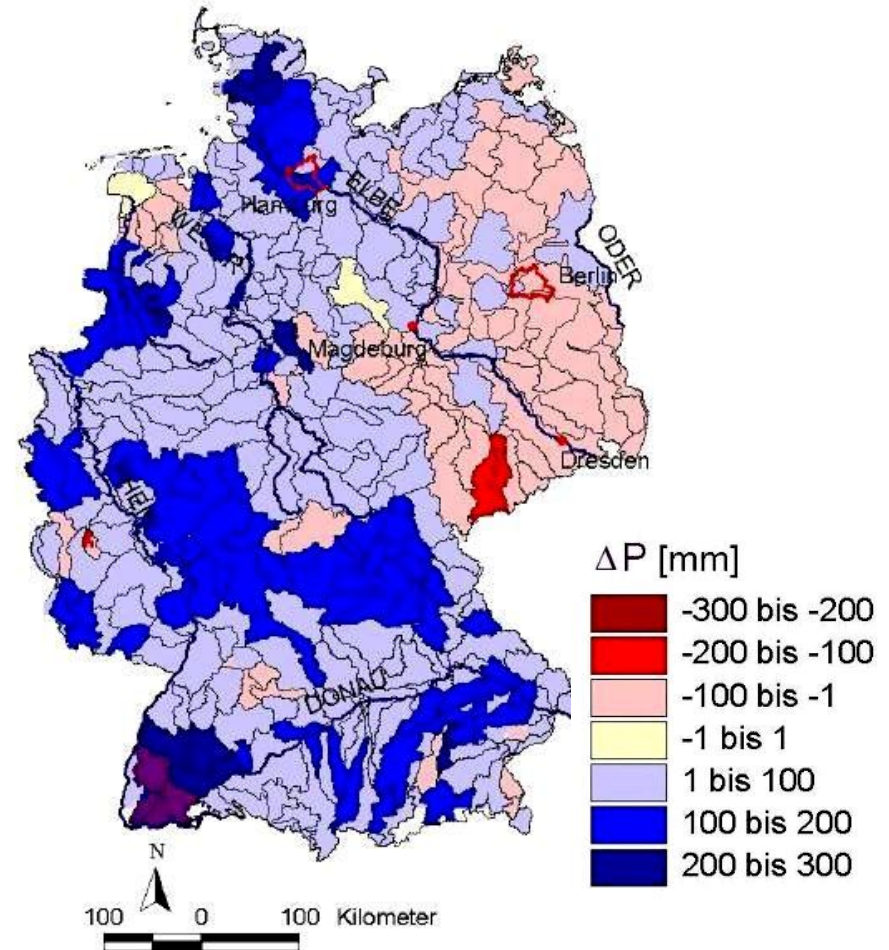
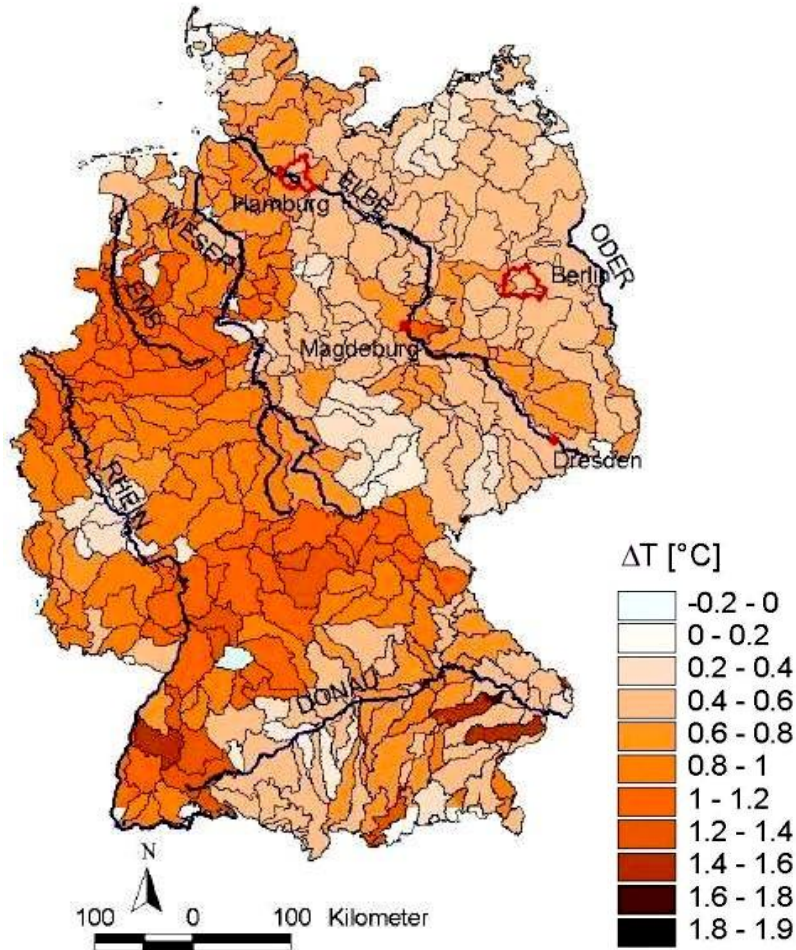
Herausforderung: Identifizierung regionaler Muster



Entwicklungen in Deutschland zwischen 1901 und 2000

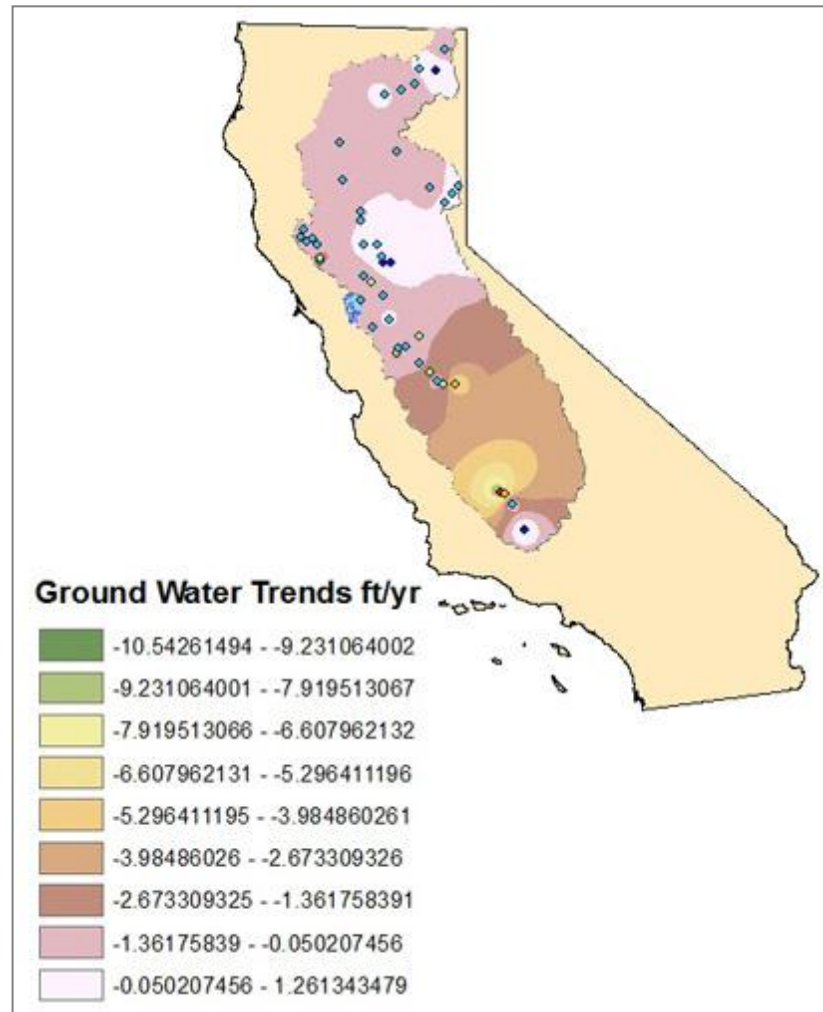
Temperaturveränderungen

Niederschlagsveränderungen



(Daten: DWD; Gerstengarbe et al. 2003)

Grundwasserentnahme in Zentral-Kalifornien zwischen 2003 und 2009 (aus GRACE-Daten)

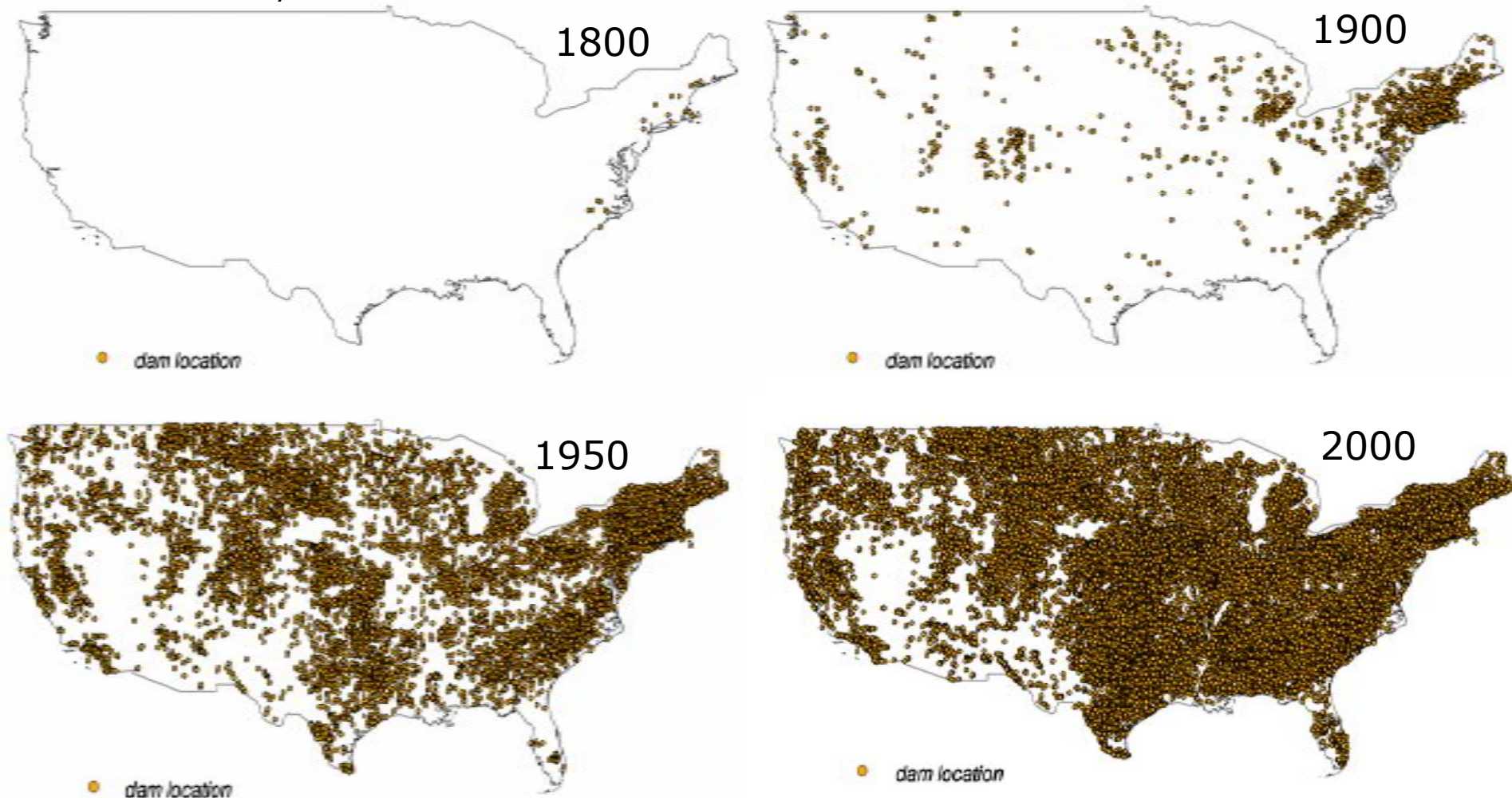


bis zu 3 m/Jahr
(9 ft/y)!

(Rodell et al, 2009)

Eingriffe des Menschen: Talsperren in USA

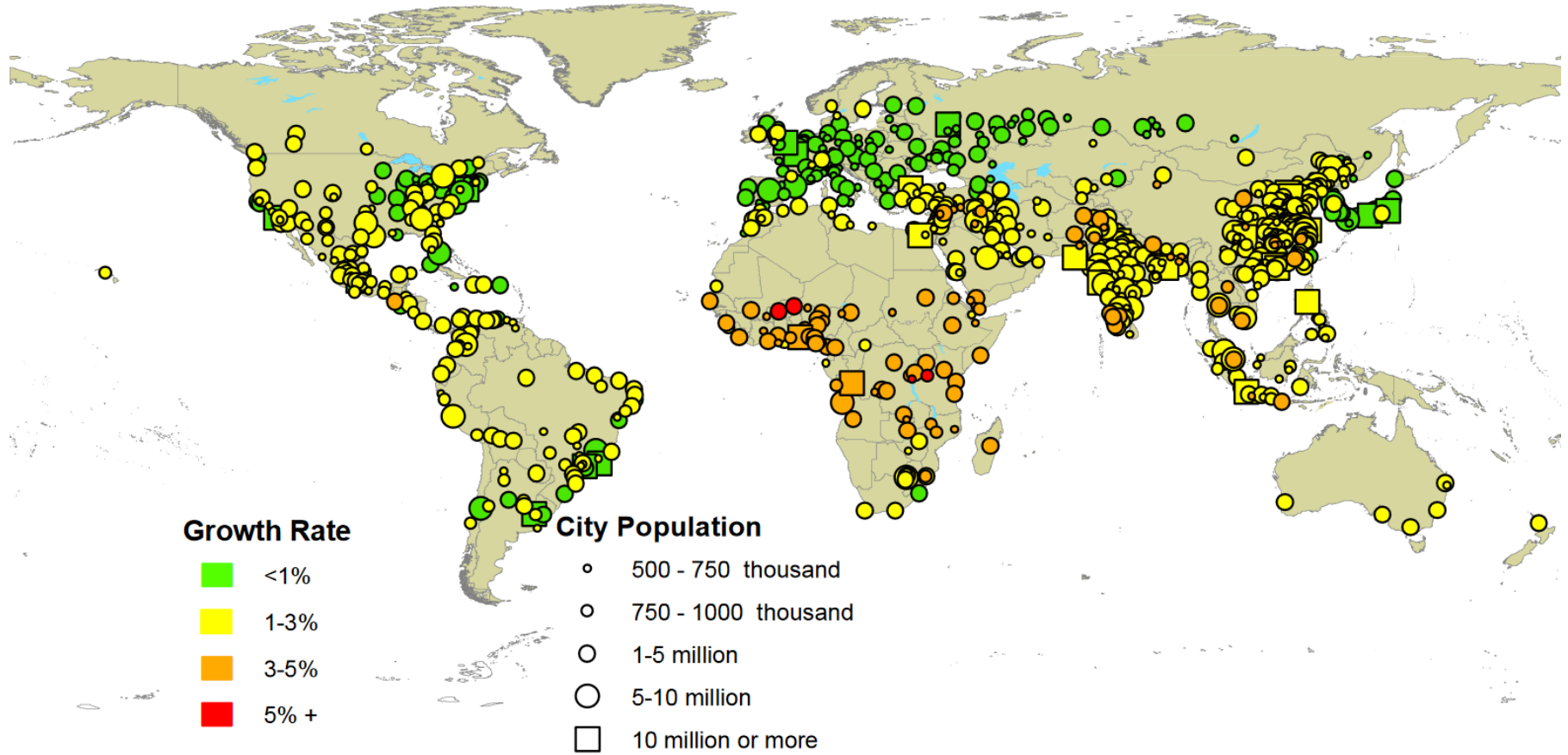
Slide: Vorosmarty



„...their impact on river discharge is several times greater than impacts deemed likely as a result of global climate change.“ (Graf, 1999)

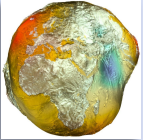
Urbanisierungstrend

- Heute leben erstmals mehr als 50 % der Weltbevölkerung in Städten, bis 2050 werden es voraussichtlich sieben Milliarden Menschen sein.
- Das städtische Wachstum wird hauptsächlich in Afrika und Asien stattfinden.



Ressourcen und Rohstoffe

Vom System Erde zum System Erde-Mensch



System Erde

- Geosphäre
- Hydrosphäre
- Kryosphäre
- Biosphäre
- Atmosphäre

Georisiken

- Erdbeben
- Vulkanismus
- Überschwemmungen
- ...

Georessourcen

- Mineralische Rohstoffe
- Energierohstoffe
- Wasser
- Boden

System Erde-Mensch

- Geosphäre
- Hydrosphäre
- Kryosphäre
- Biosphäre
- Atmosphäre

- **Anthroposphäre**
(Lebensraum des Menschen, *Human Habitat*)

Umweltveränderungen

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!