



Experiment beendet

Ozean und Klima

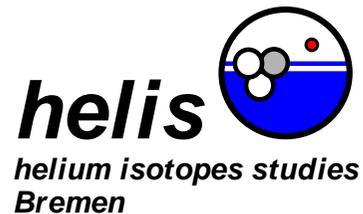
Wie funktioniert das Klima?

Was macht der Ozean?

Eindrücke einer Forschungsreise zur
Antarktis

Jürgen Sültenfuß

suelten@uni-bremen.de



Institut für Umweltphysik
Abt. Ozeanographie

www.noblegas.uni-bremen.de

Was machen die Gase? Kalt ohne Treibhaus

Warm war es doch schon mal (äh? Woher weiß man das?)

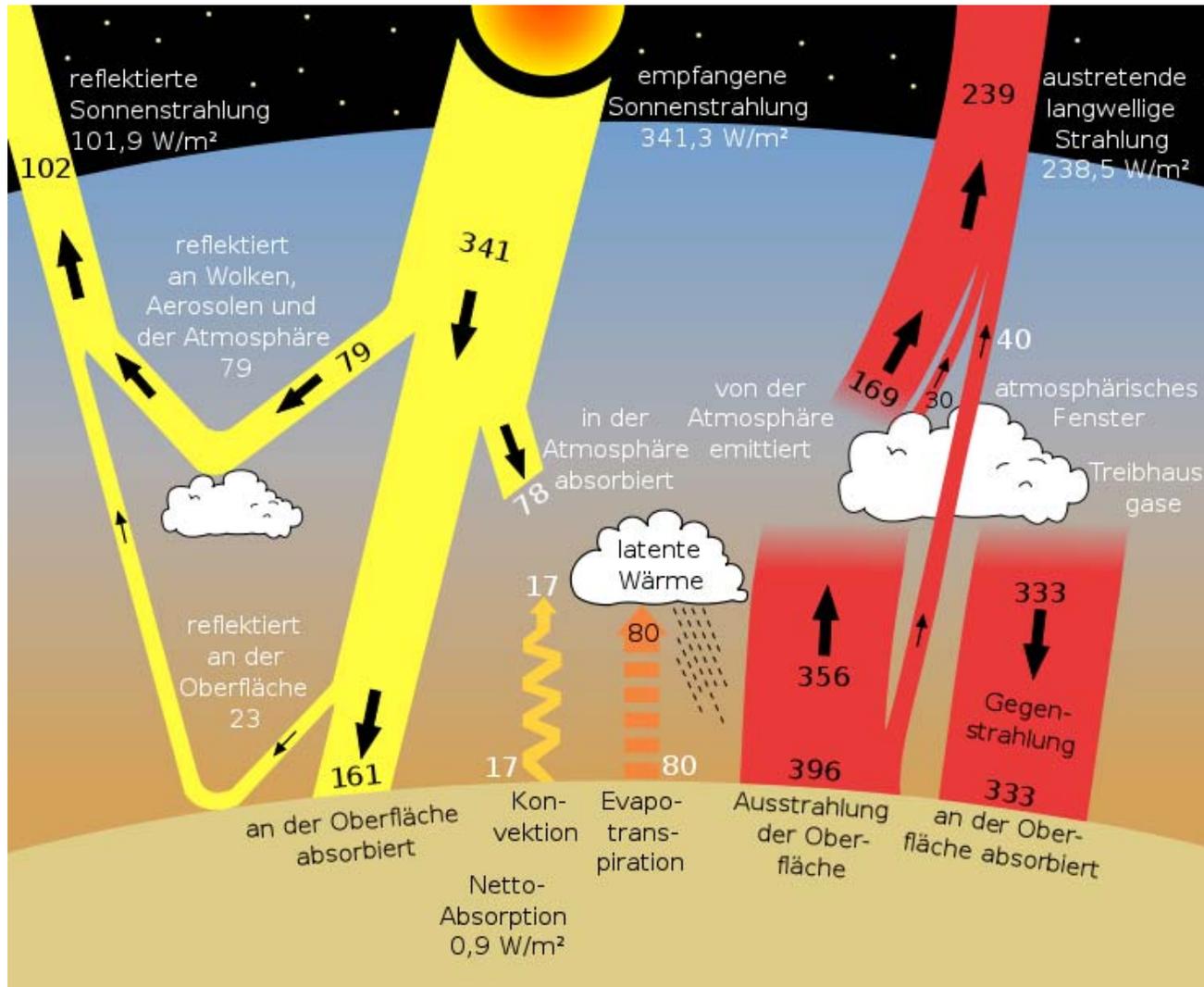
Wenn's wärmer wird: was passiert?

Beispiel: Meeresspiegel



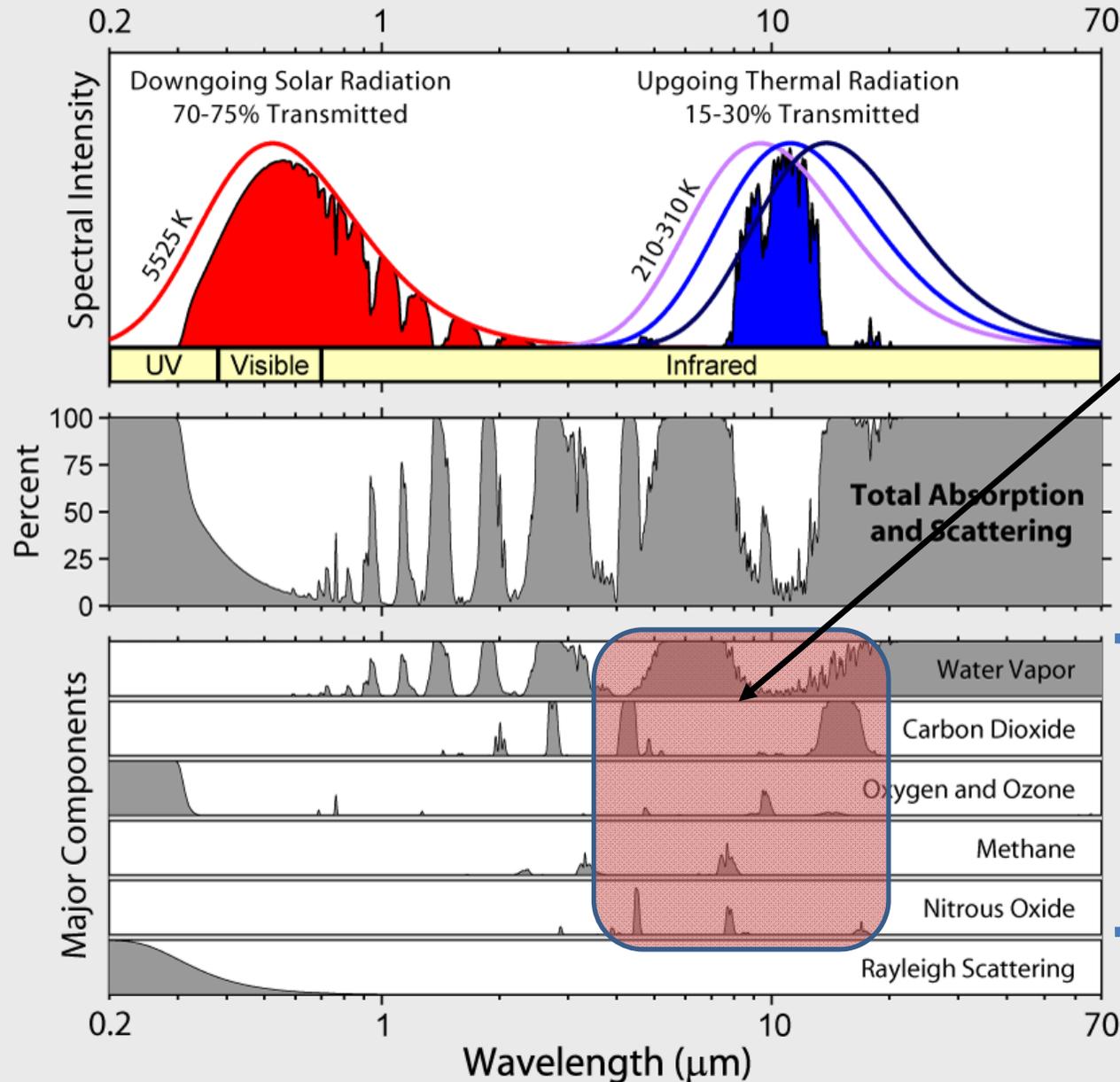
Planet mit Atmosphäre

(ohne = - 18°)



Erde 15°C

Radiation Transmitted by the Atmosphere

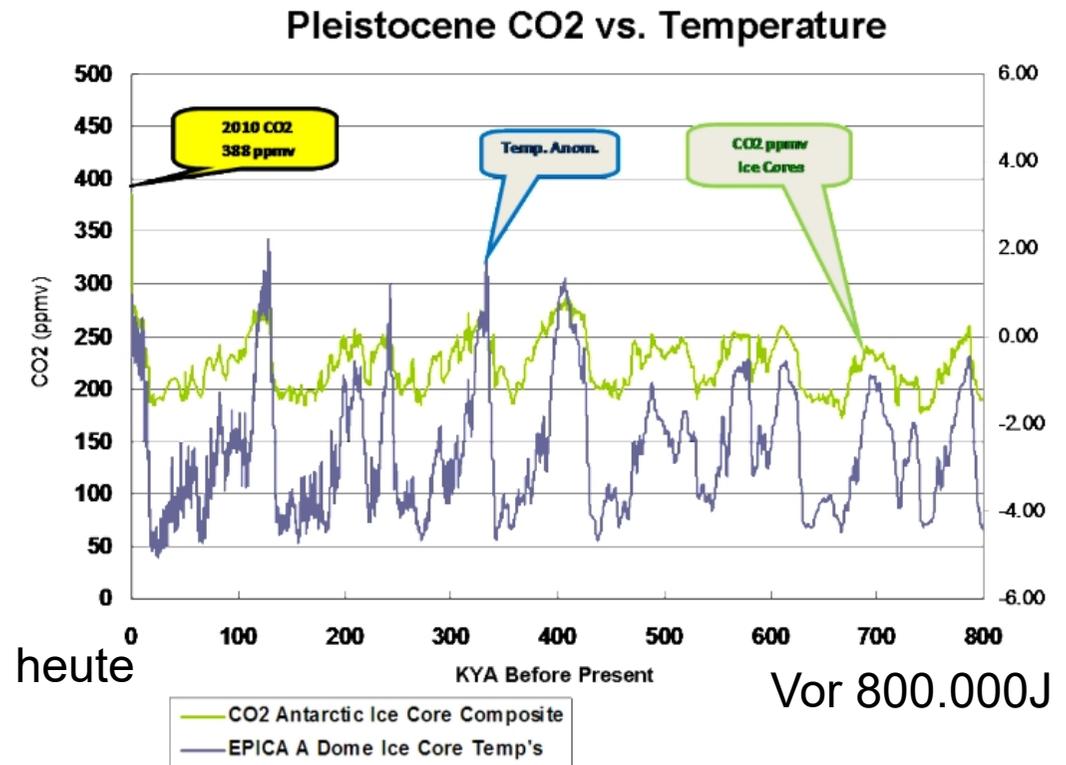
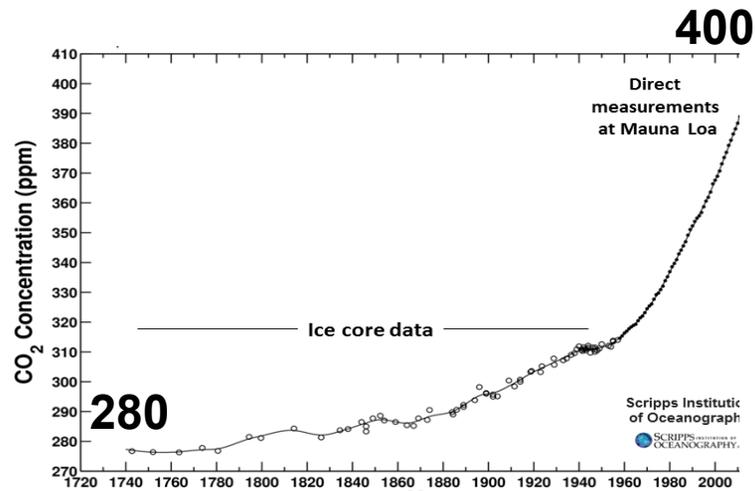


Was passiert, wenn man daran dreht?

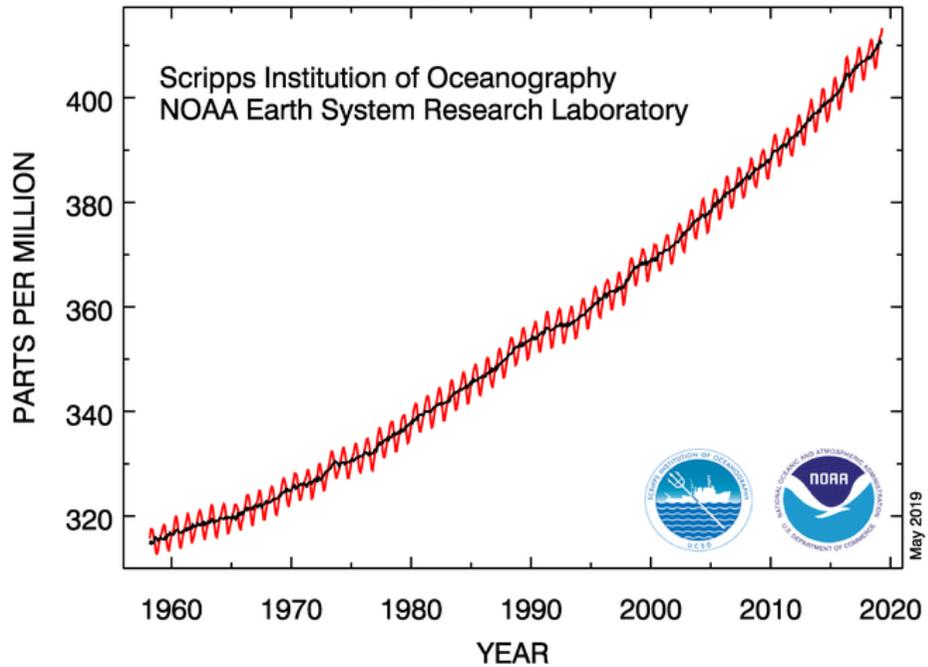
Effekte kann man im Labor messen

3- oder mehratomige Gasmoleküle absorbieren gut im Infrarot

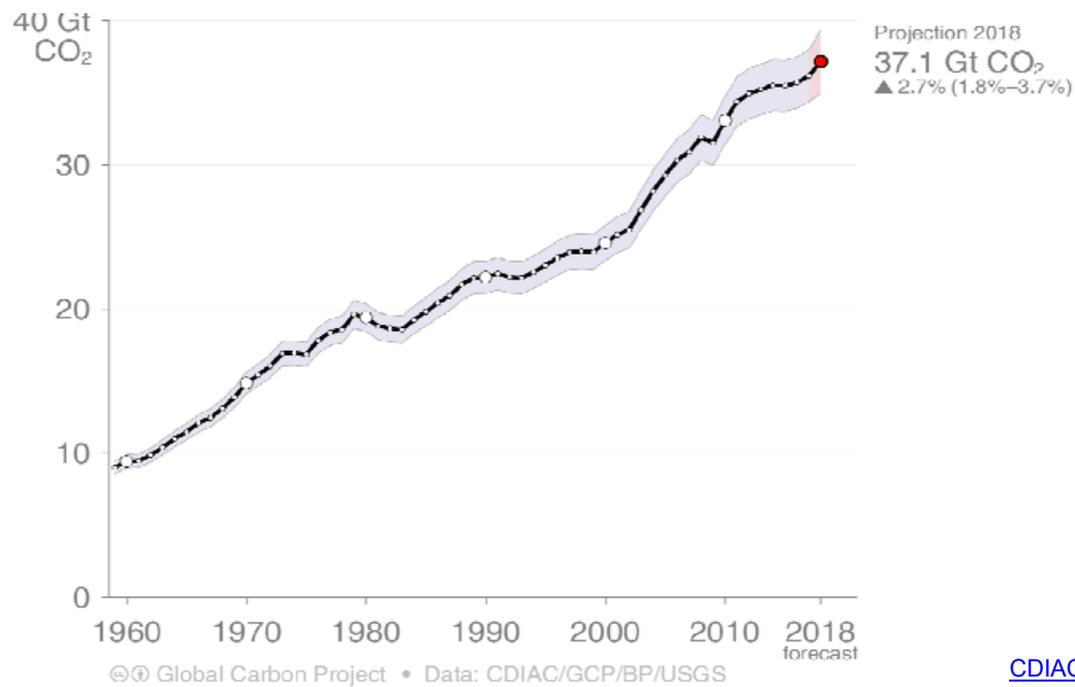
CO₂ Konzentration in der Atmosphäre

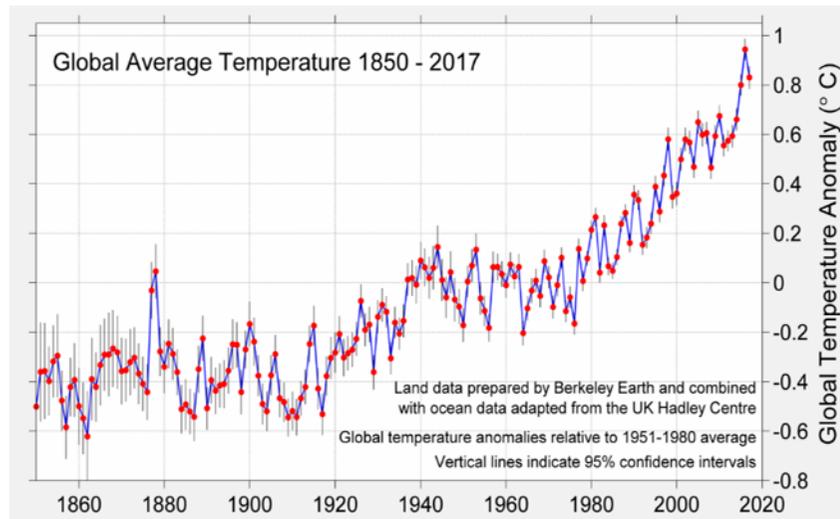
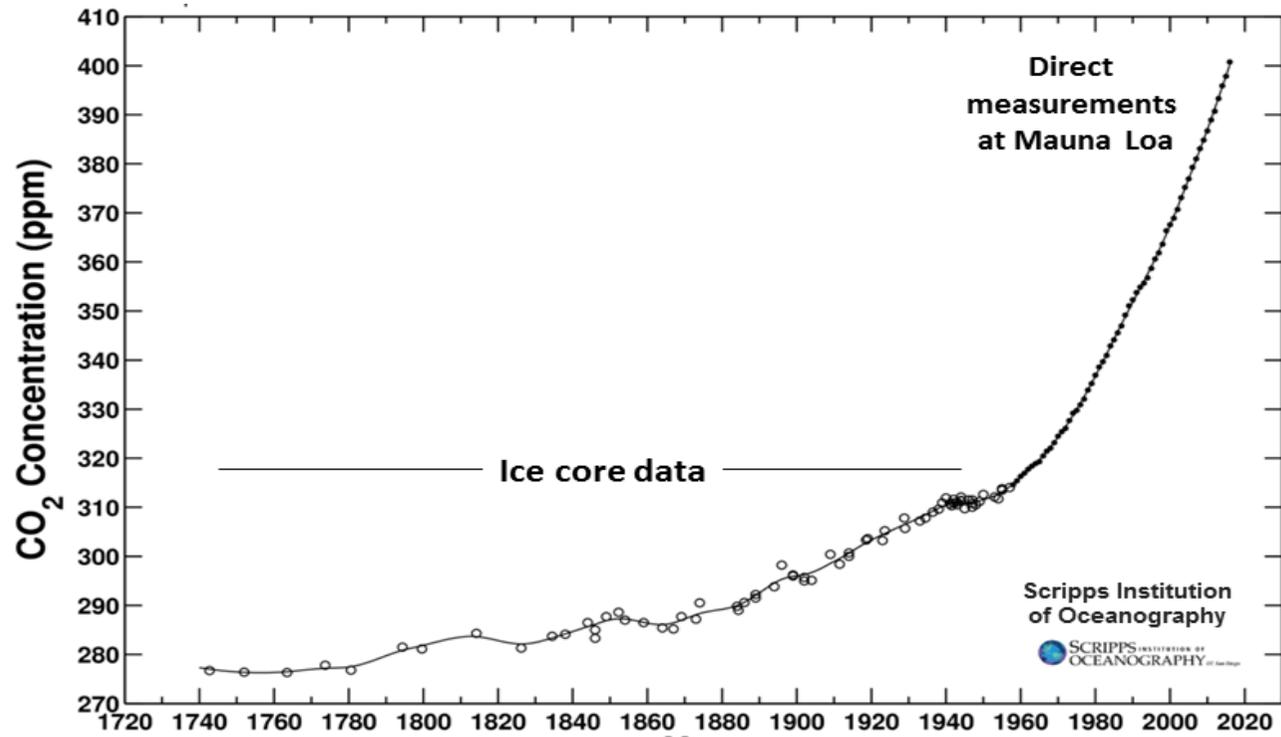


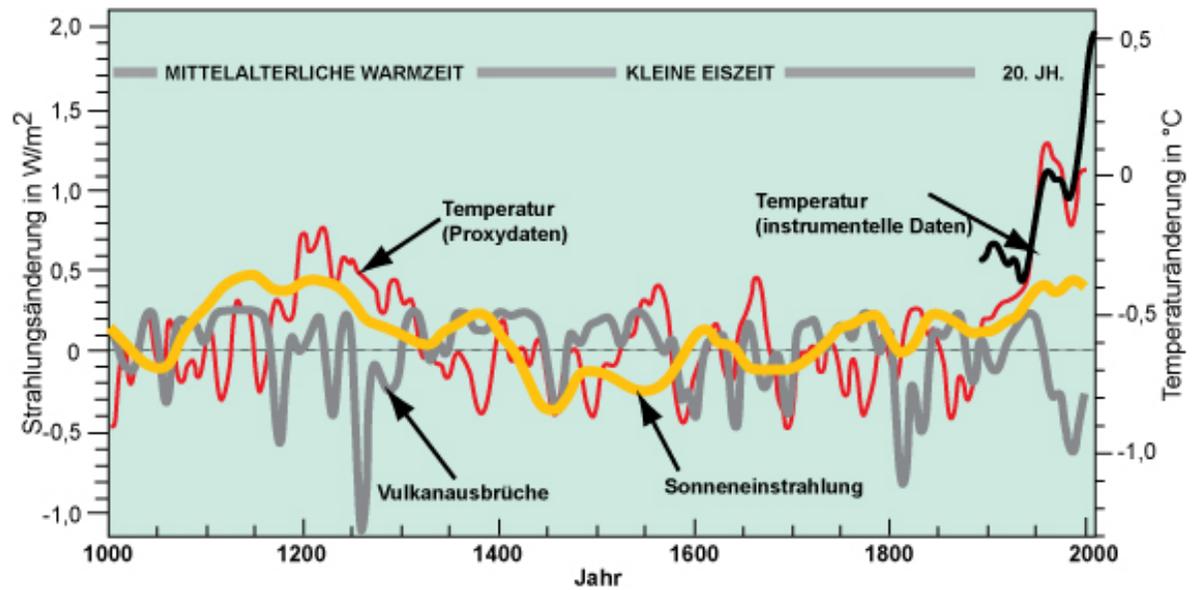
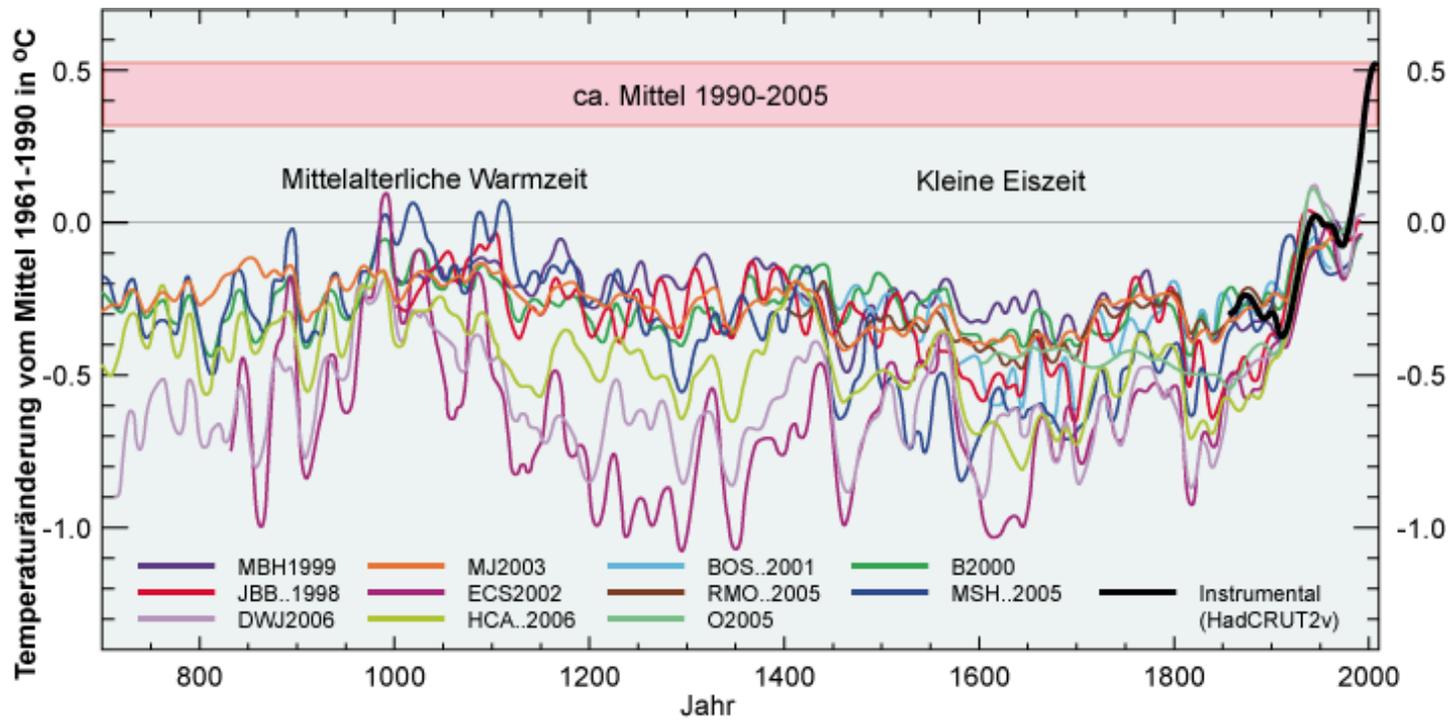
Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory



weltweite
CO₂ Emissionen

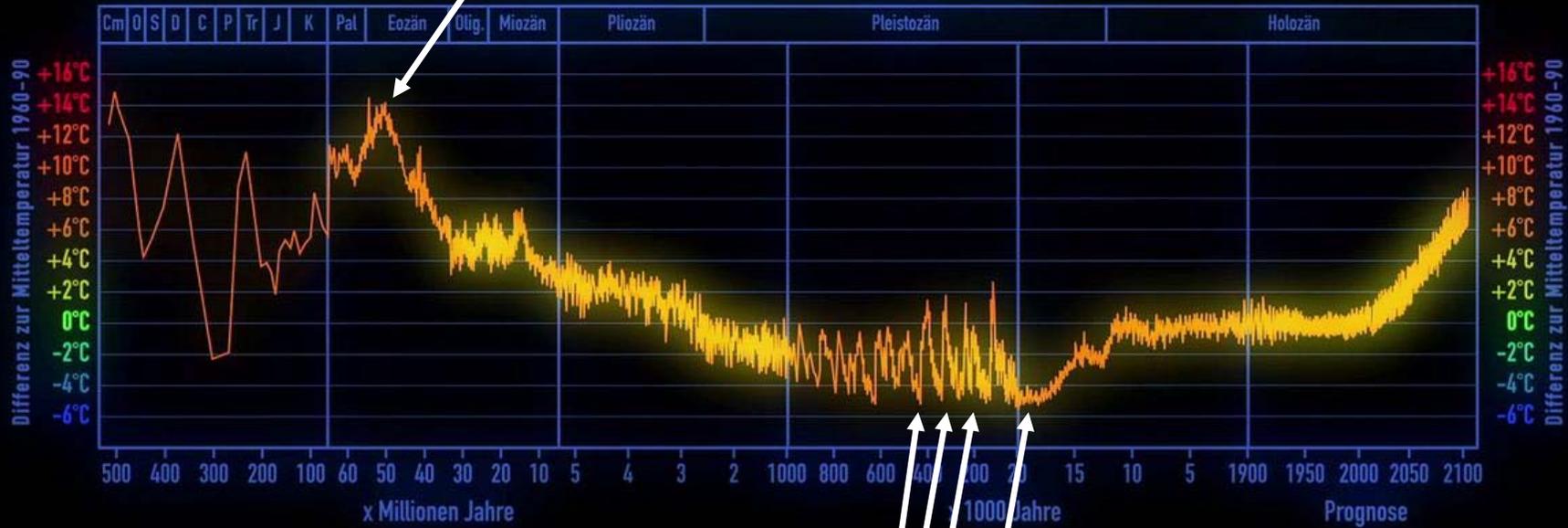






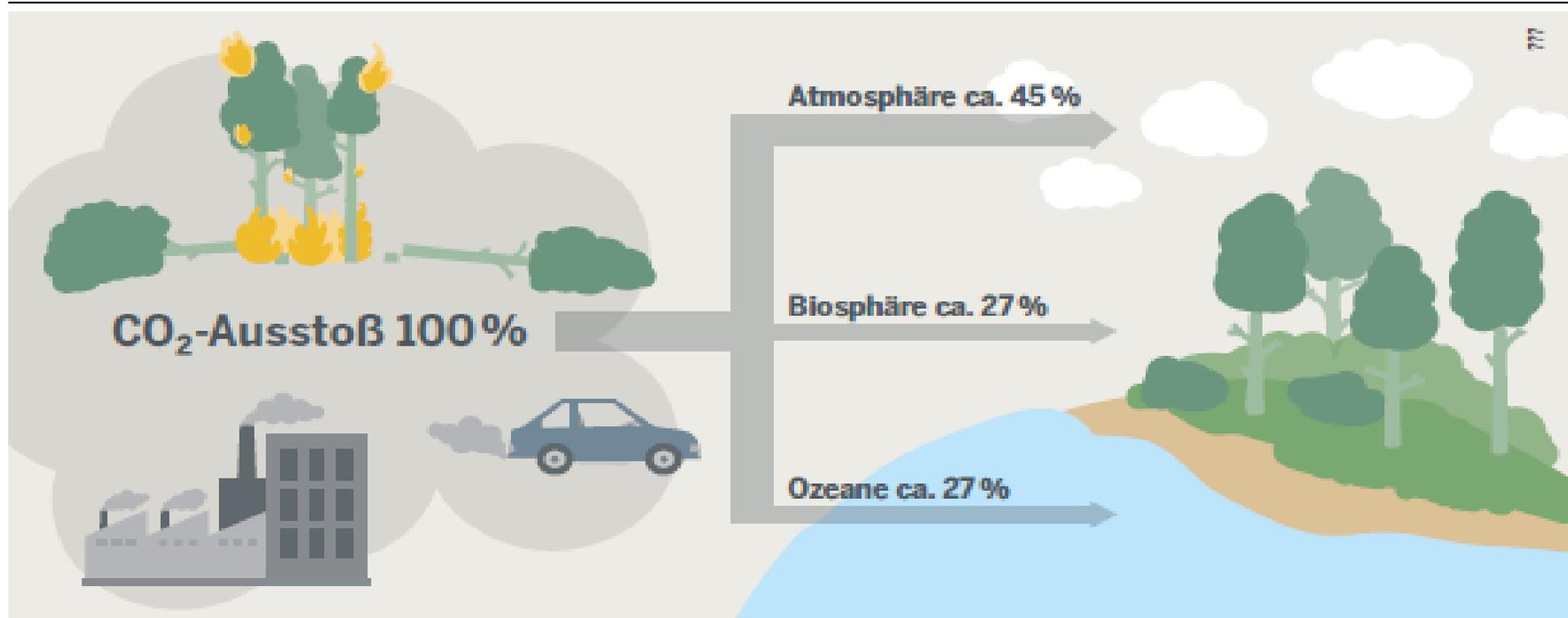
Zeit der Dinosaurier

TEMPERATURENTWICKLUNG DER ERDE



Eiszeit

Wo bleibt das CO₂?



Der Ozean hat rund **ein Viertel** der anthropogenen CO₂ Emissionen seit Beginn der Industrialisierung aufgenommen

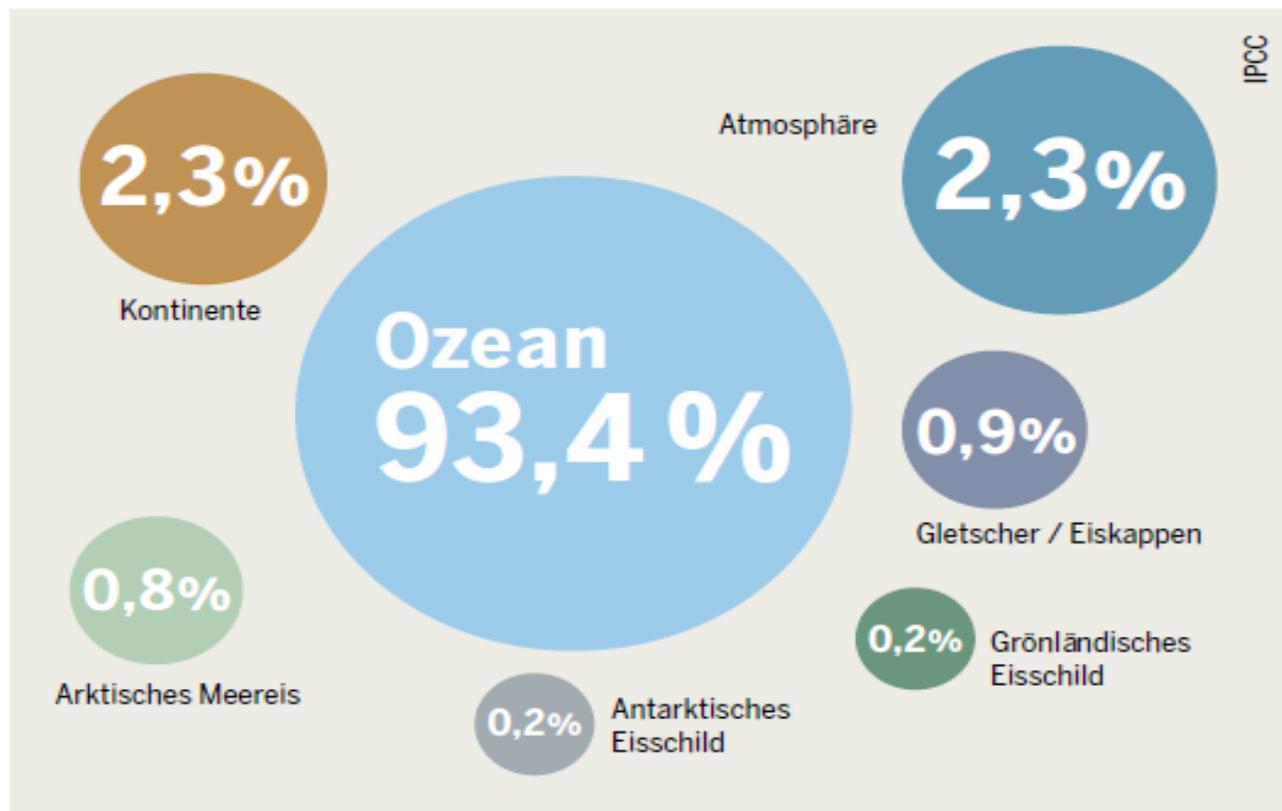
IPCC-Sonderbericht über den Ozean und die Kryosphäre (SROCC) 2019

SROCC SPM A2.5 : 25-30% seit 1980

www.de-ipcc.de

Ozean als CO₂
Senke

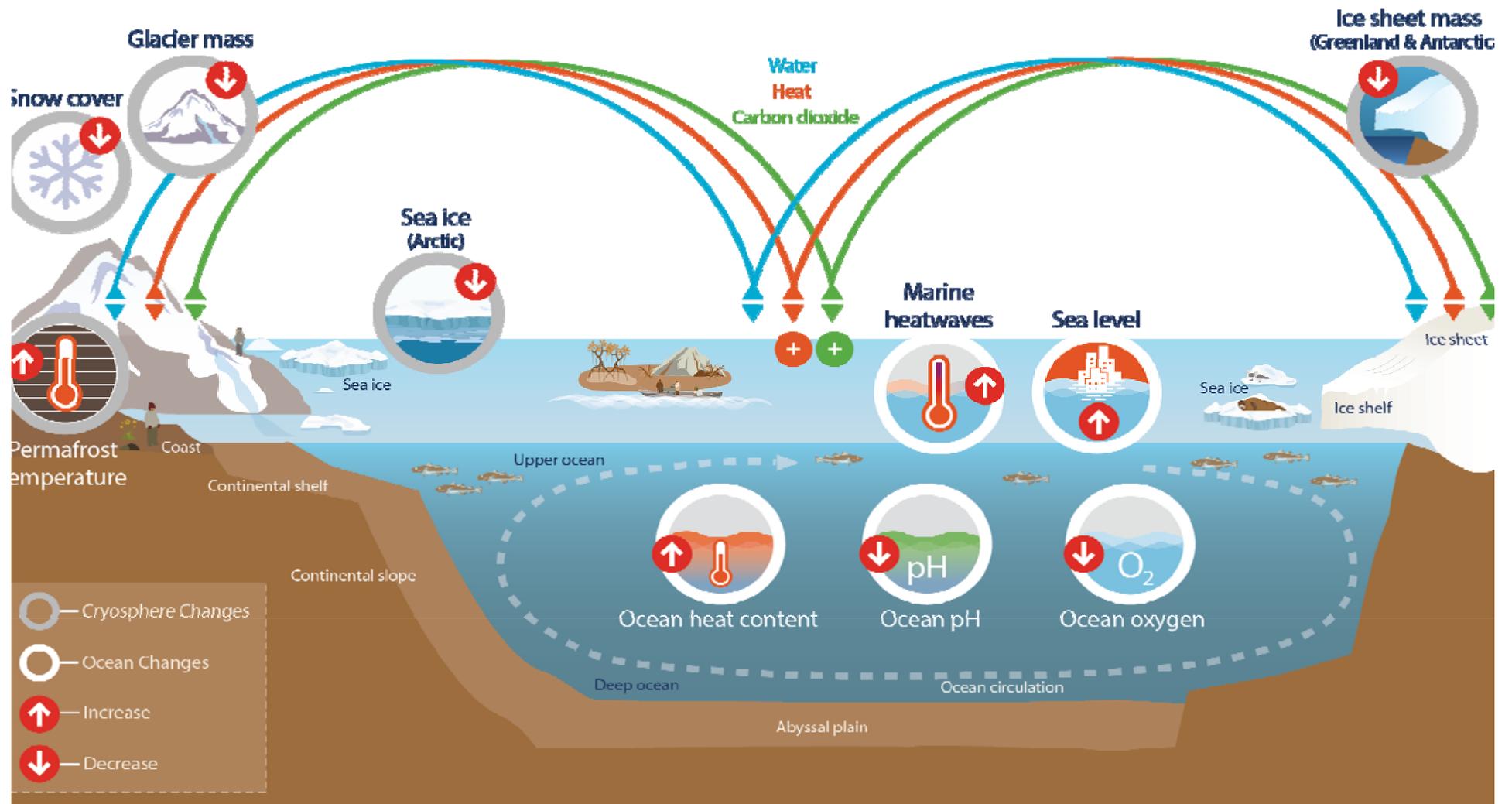
Wo geht die Wärme hin?



Der Ozean hat über 90% der durch den Anstieg der Treibausgase zusätzlich vorhandenen Wärme aufgenommen

SROCC SPM A2

Ozean verlangsamt Erwärmung der Atmosphäre



Neue Analyse

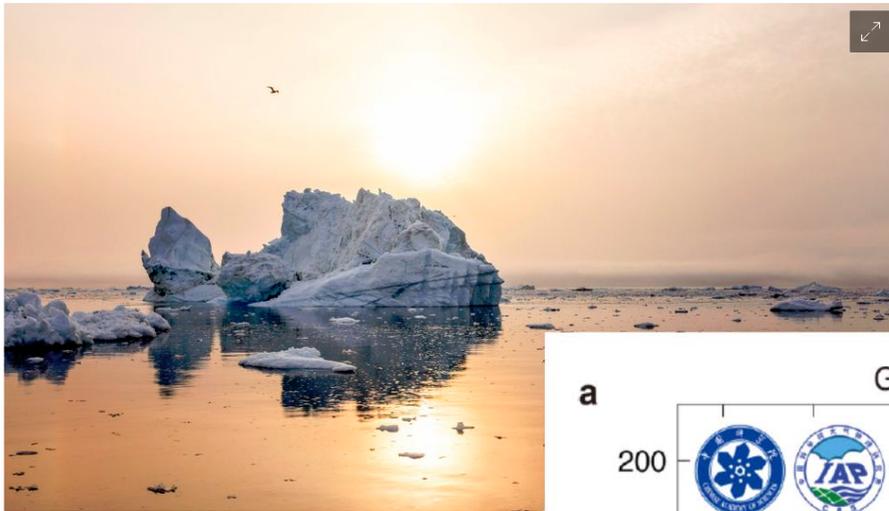
Ozeane werden immer wärmer

Spiegel online
14. Januar 2020

Die Weltmeere waren im vergangenen Jahr so warm wie nie zuvor seit Beginn der globalen Erfassung. Forscher warnen: Die steigende Temperatur begünstigt Extremwetter wie Wirbelstürme und heftigen Regen.

14.01.2020, 01:43 Uhr

DER SPIEGEL



Einhart in Grönland

$$1ZJ = 10^{21}J$$

WESER KURIER

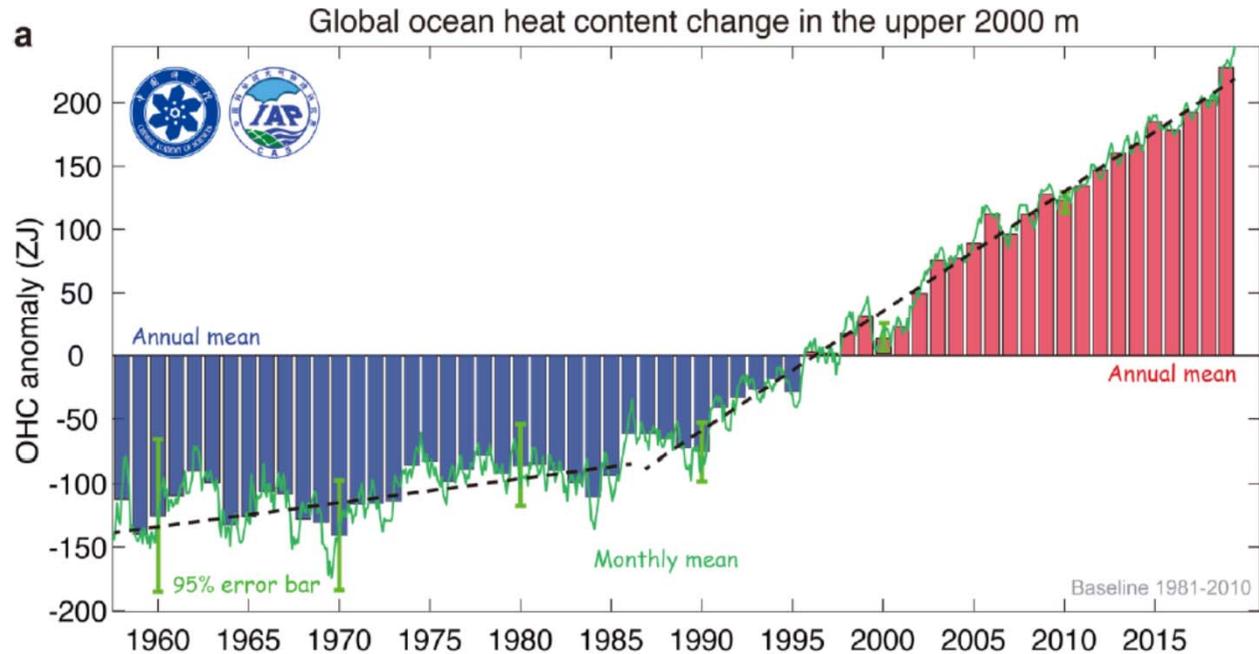
Erwärmung beschleunigt sich



Klimawandel: Ozeane inzwischen deutlich wärmer

- 14.01.2020 - 0 Kommentare

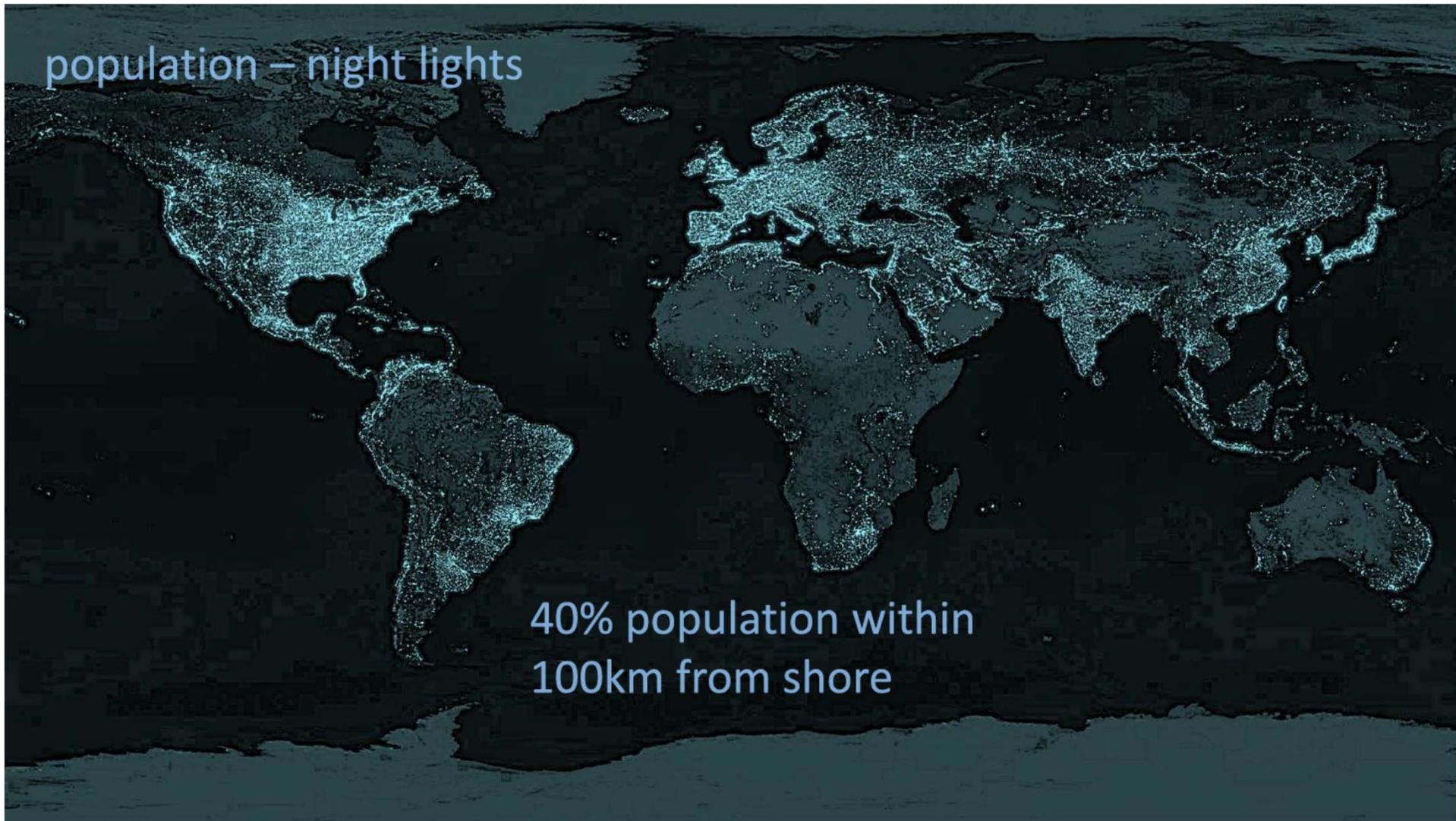
Die Meereseerwärmung durch den Klimawandel löst Wirbelstürme und extremes Wetter aus, kann auch mit hinter Waldbränden wie in Australien stecken und bedroht Fische und andere Lebewesen. Forscher schlagen mit neuen Daten Alarm.



Advances in Atmospheric Sciences

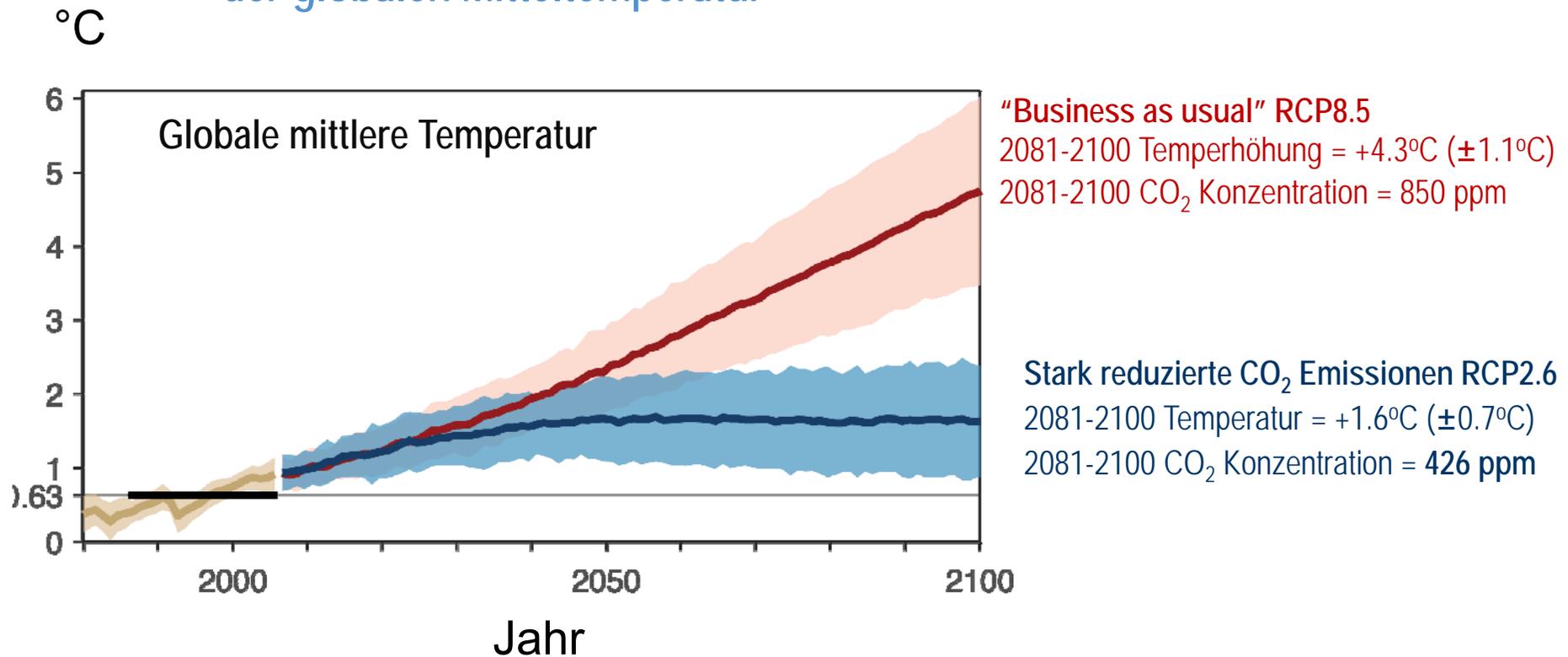
Cheng et al., 2020

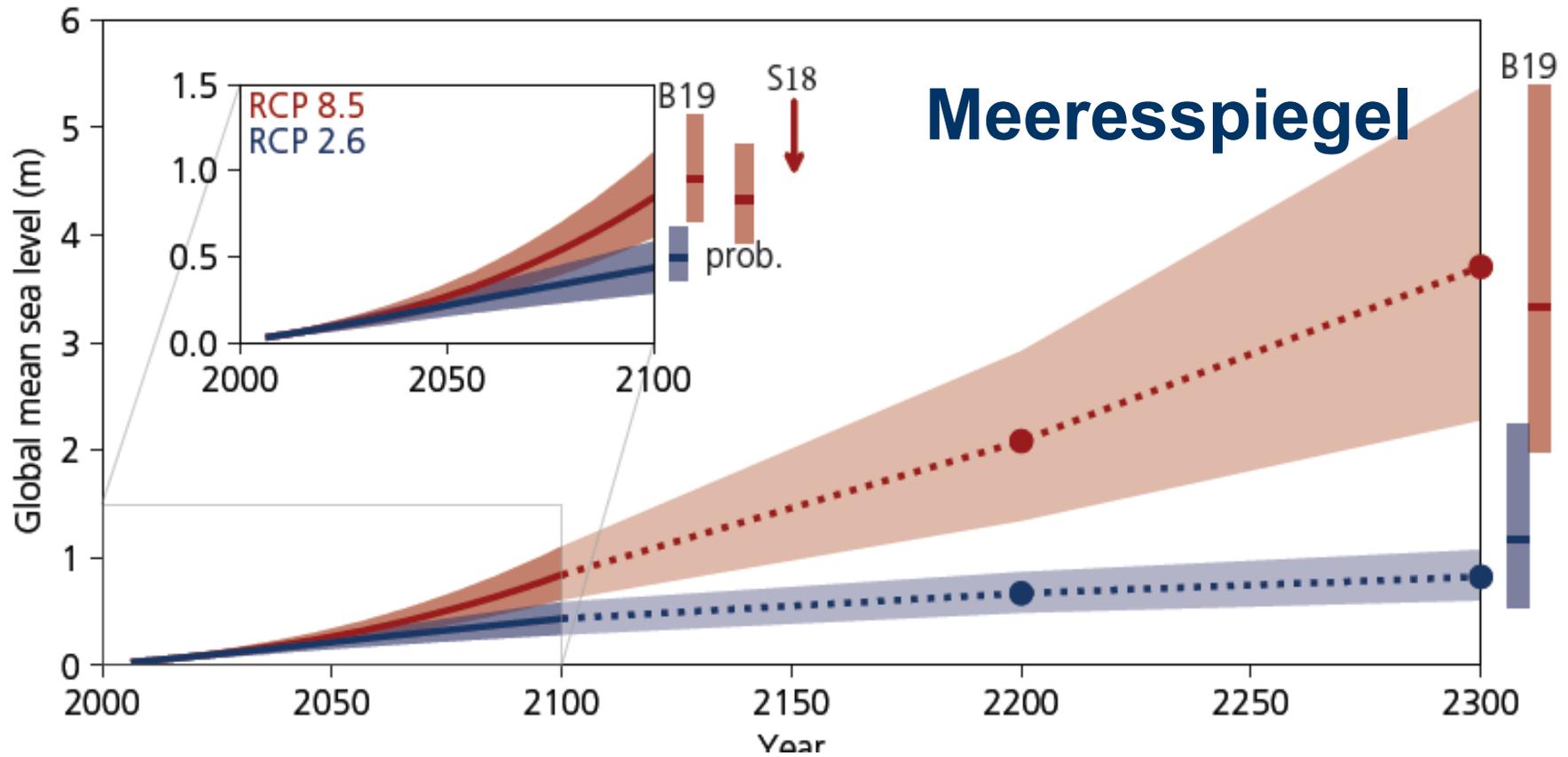
population – night lights



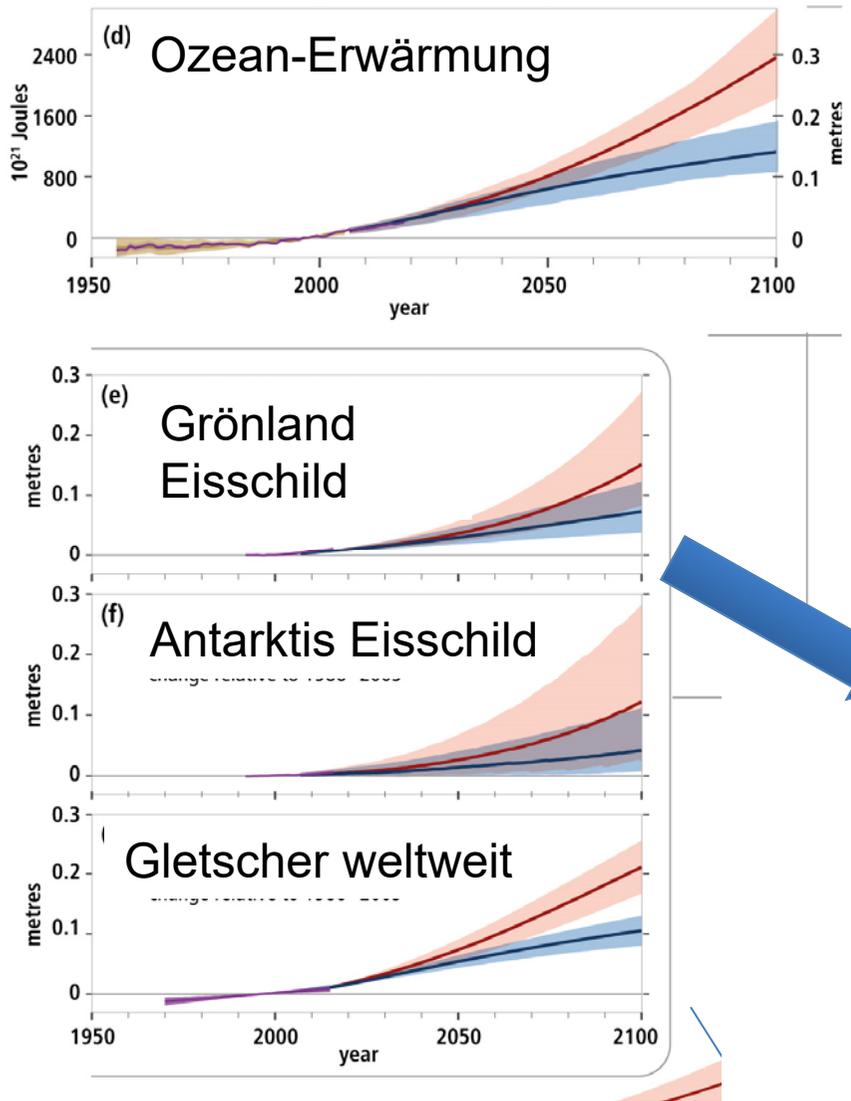
40% population within
100km from shore

zwei Szenarien RCP2.6 und RCP 8.5 der globalen Mitteltemperatur



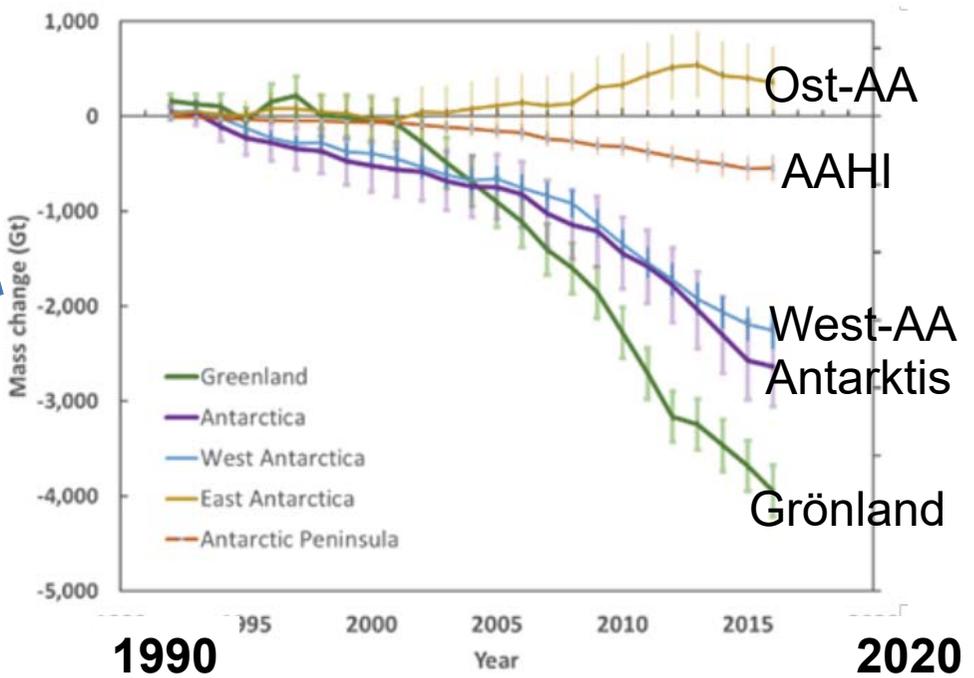


Meeresspiegel steigt auch nach 2100 weiter an

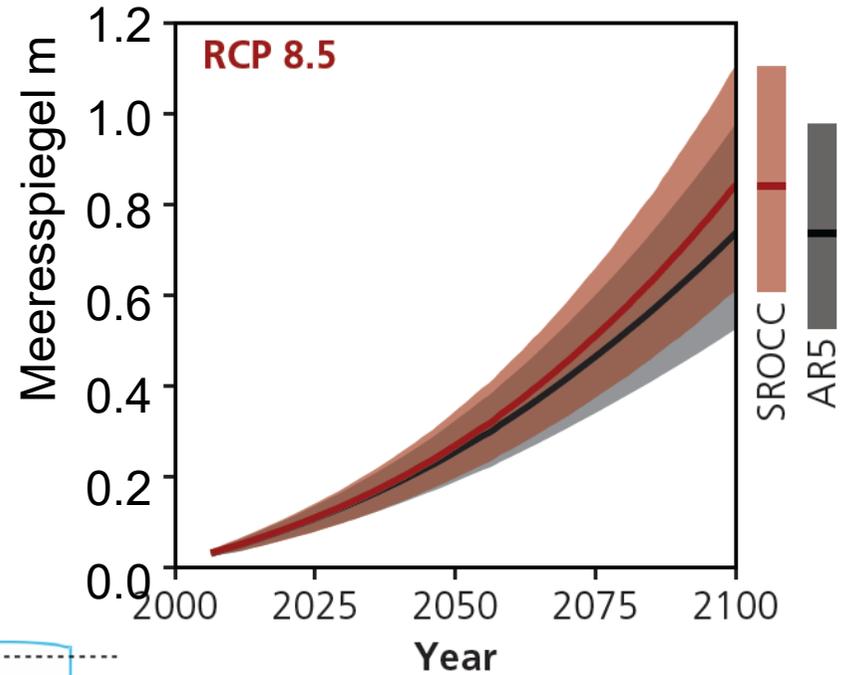
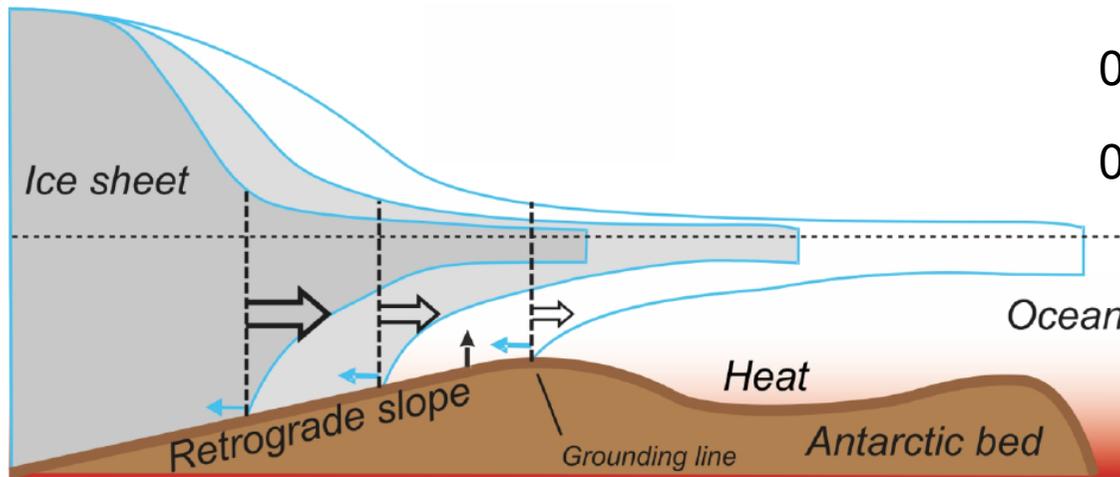


Warum steigt der globale Meeresspiegel ?

Beobachtete Änderungen in den Eisschilden



**Für Antarktischen Eisschild:
Größerer Beitrag durch
Ozean Erwärmung als früher angenommen**



	Abrupt?	Irreversibel?	Auswirkungen	
Partial West-Antarctic Ice sheet collapse (Cross Chapter Box 2)	Yes (late 21st century,	Irreversible for decades to millennia	Significant contribution to sea-level rise and local decrease in ocean salinity	<i>Low confidence</i>

Kippunkte im Klimasystem:

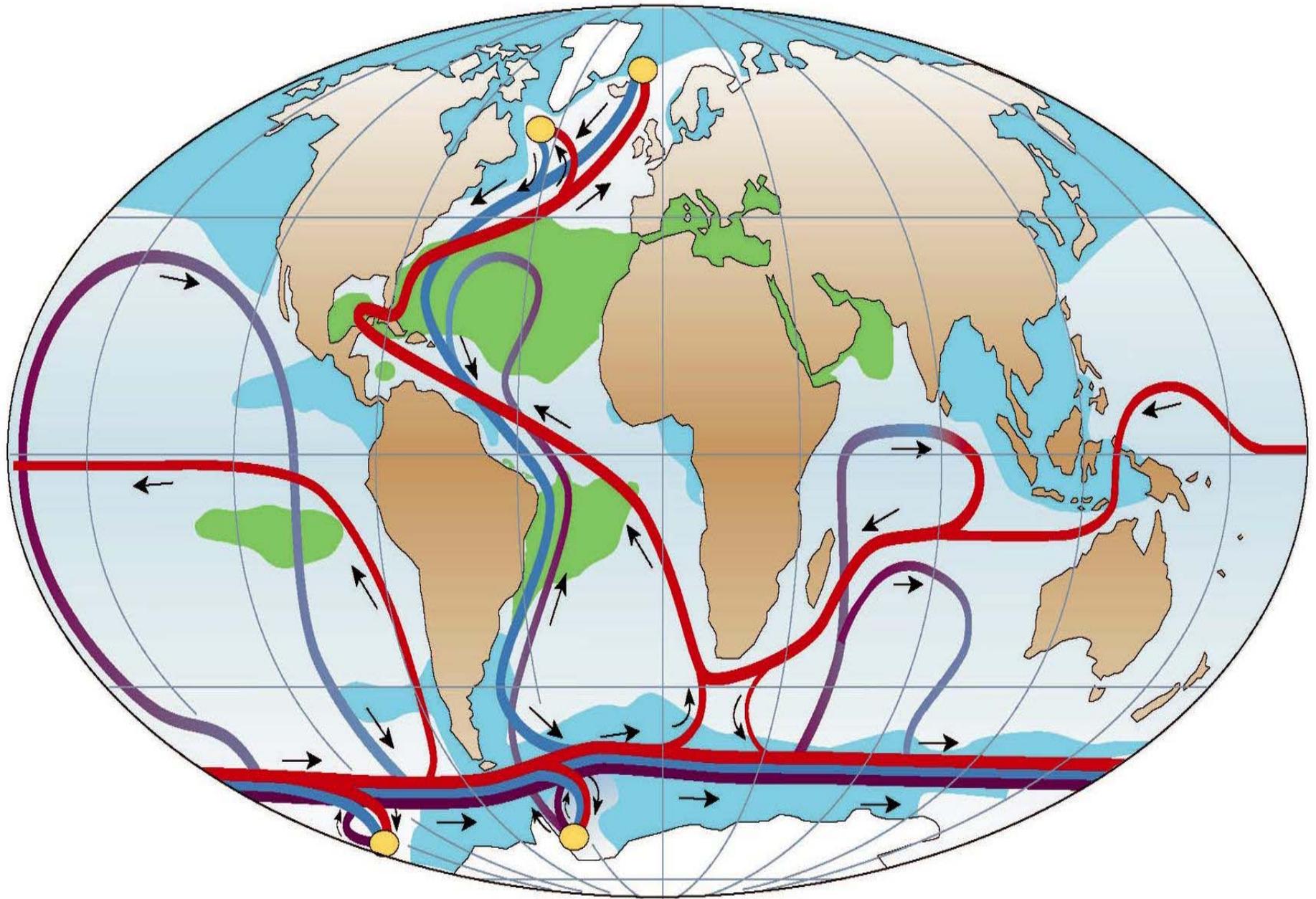
z.B.:

Sommerschmelze des arktischen Meereises: Albedo

Auftauen der sibirischen Permafrostgebiete CH_4

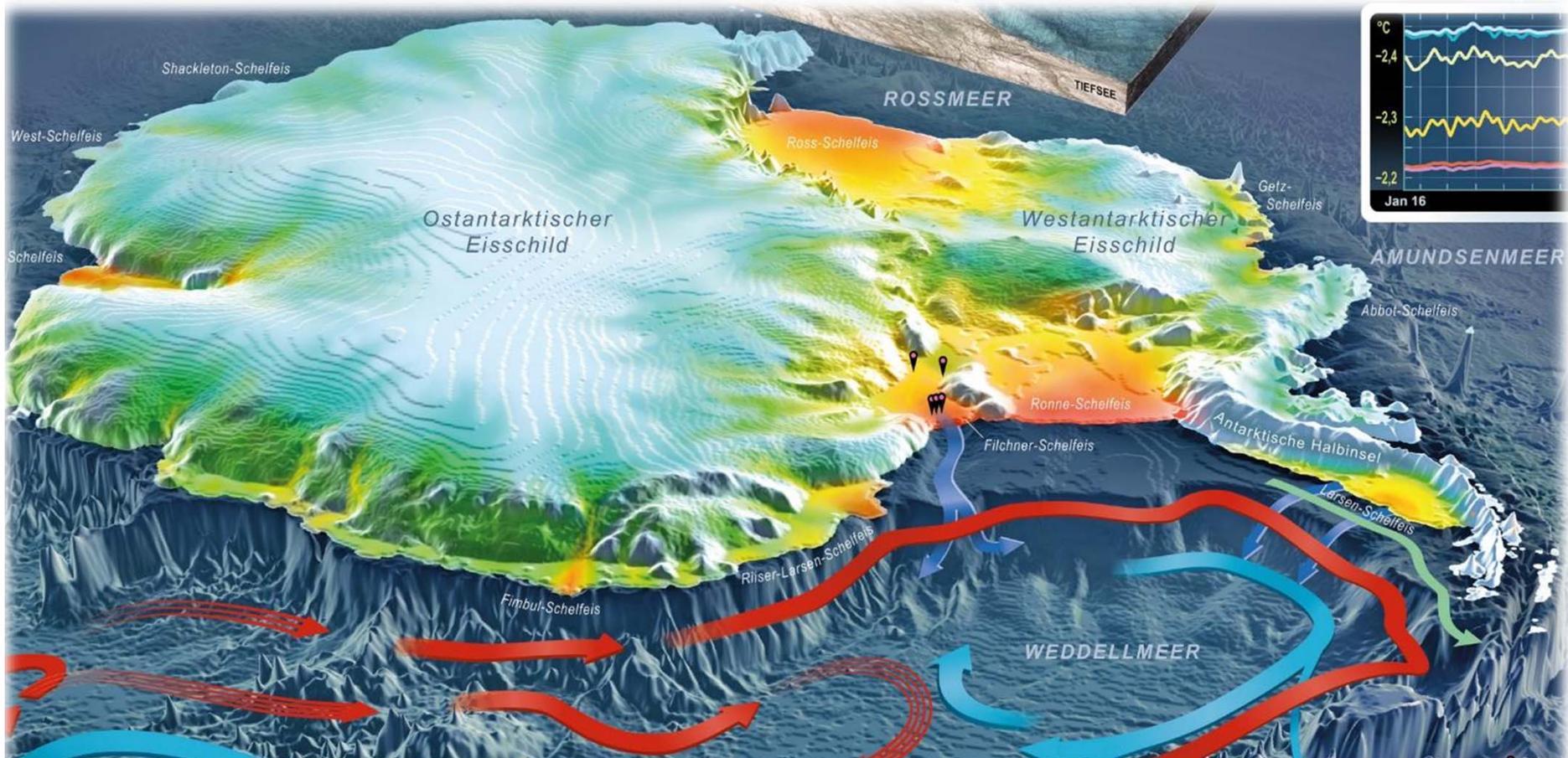
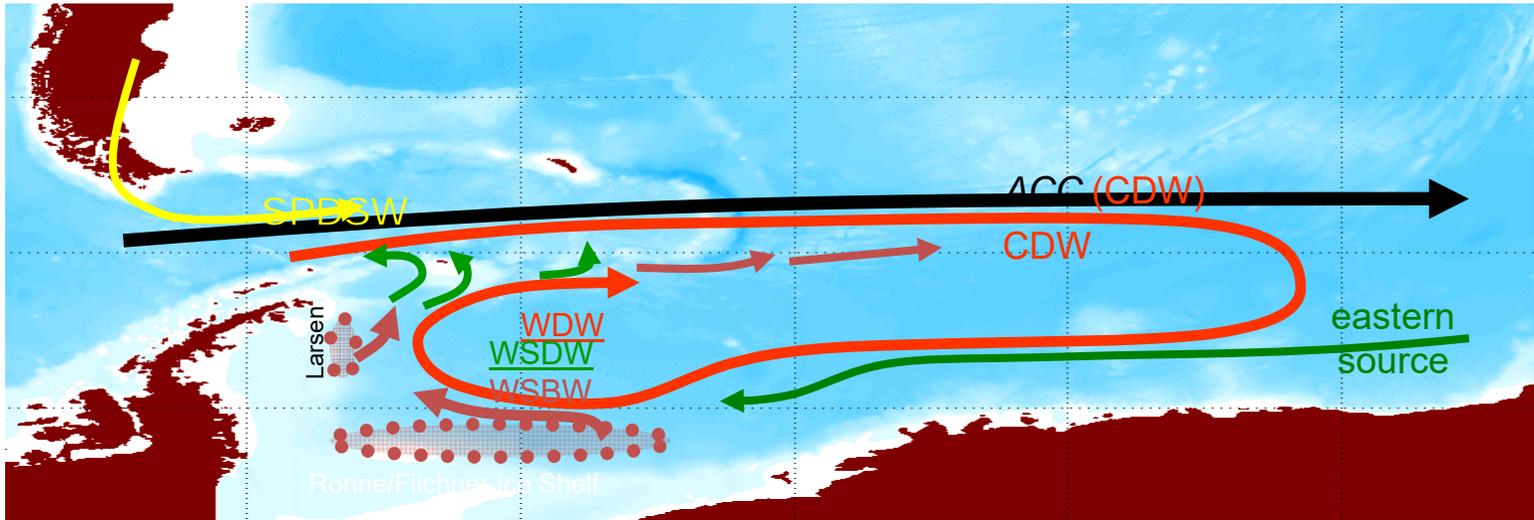
Schmelzraten vom Grönland Festlandeis

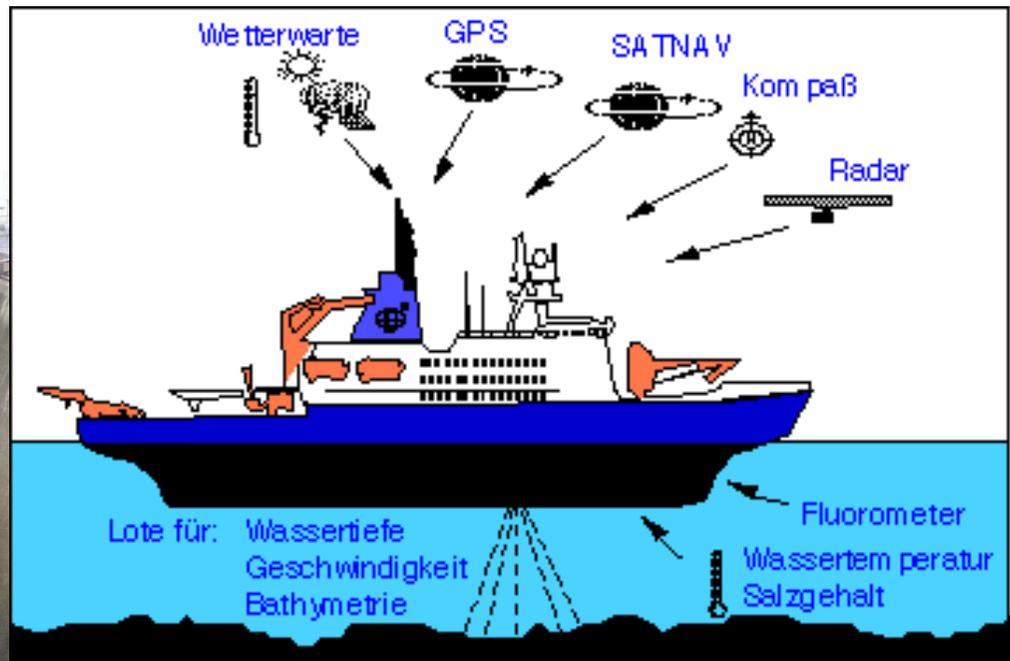
Schmelzen der Eisschelfgebiet Westantarktis



Untersuchungen im Weddellmeer







Forschergruppen untersuchten

Atmosphäre: - Wasserdampf

- Strahlung

- Luftbewegungen über dem Eis, um die Eisberge

Ozeanboden: - Struktur

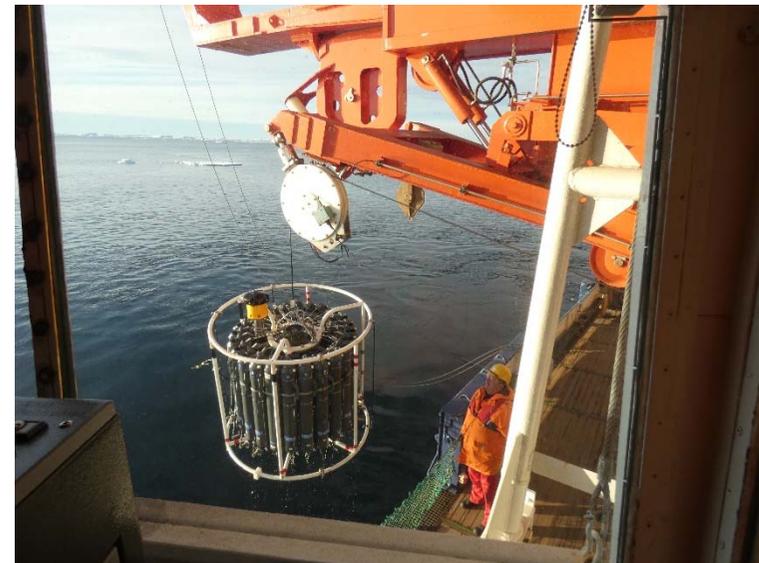
- Sedimente totes und lebendes Material

Meereis: - Lebewesen, Struktur, Schnee

Ozean: - Plastik

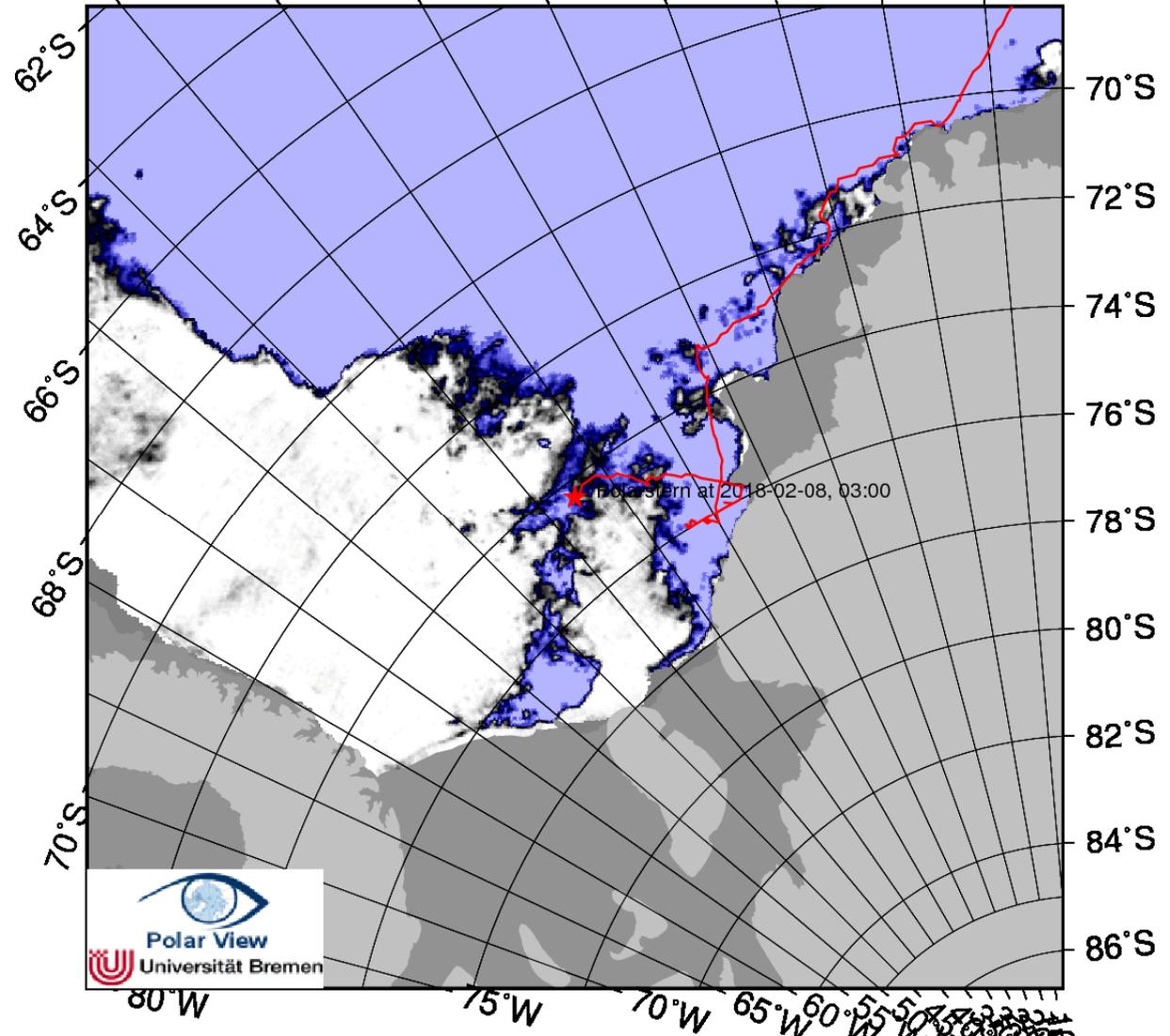
- Leben

- Strömungen



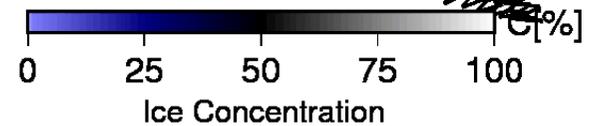
Meereis am
7.2.2018

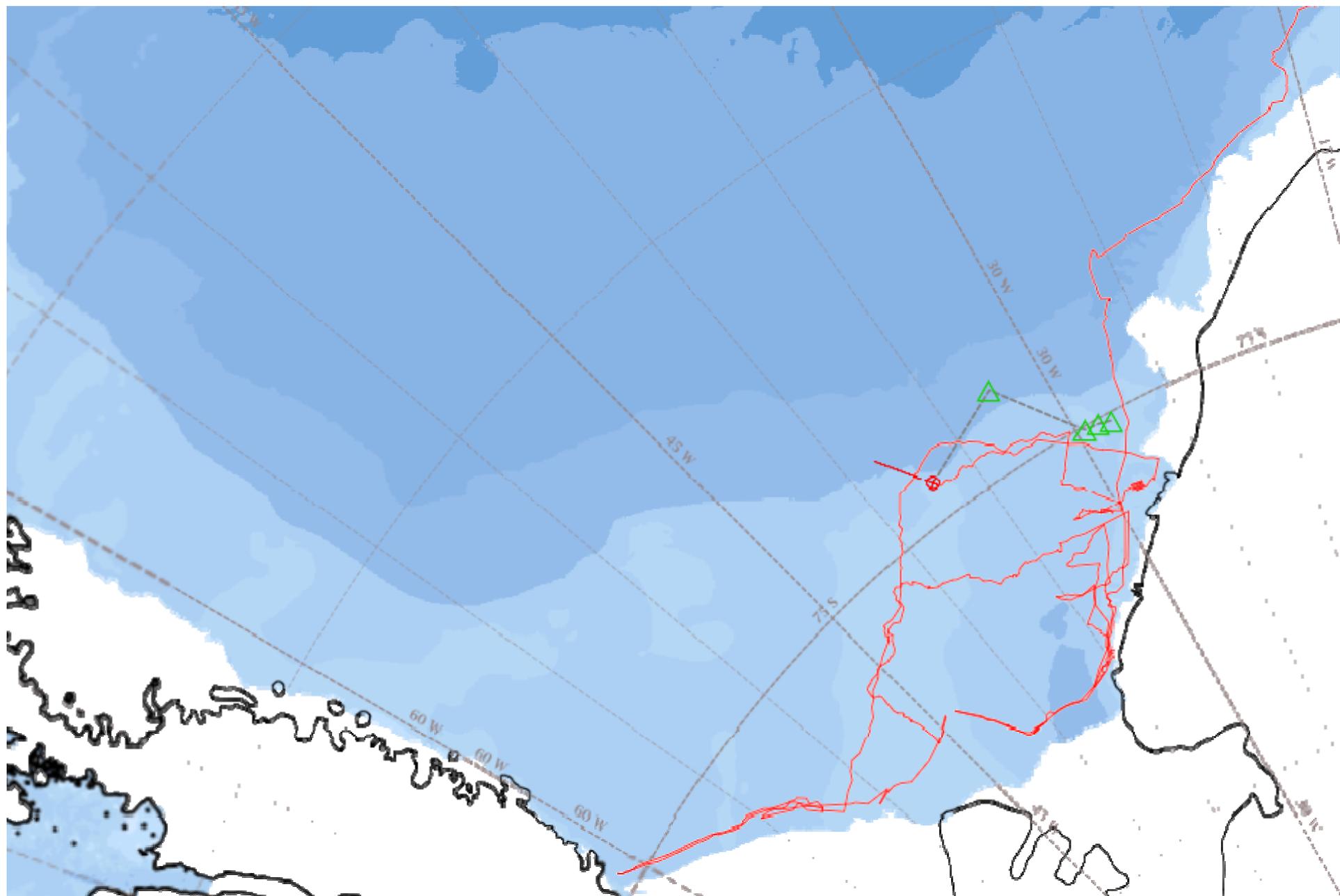
Lat: -74.3 Date: 18-02-08 Wind(m/s): 3 Weather: ////
Lon: -37.7 Time (UTC):03:00 Wind(deg): 170 Ice: ////



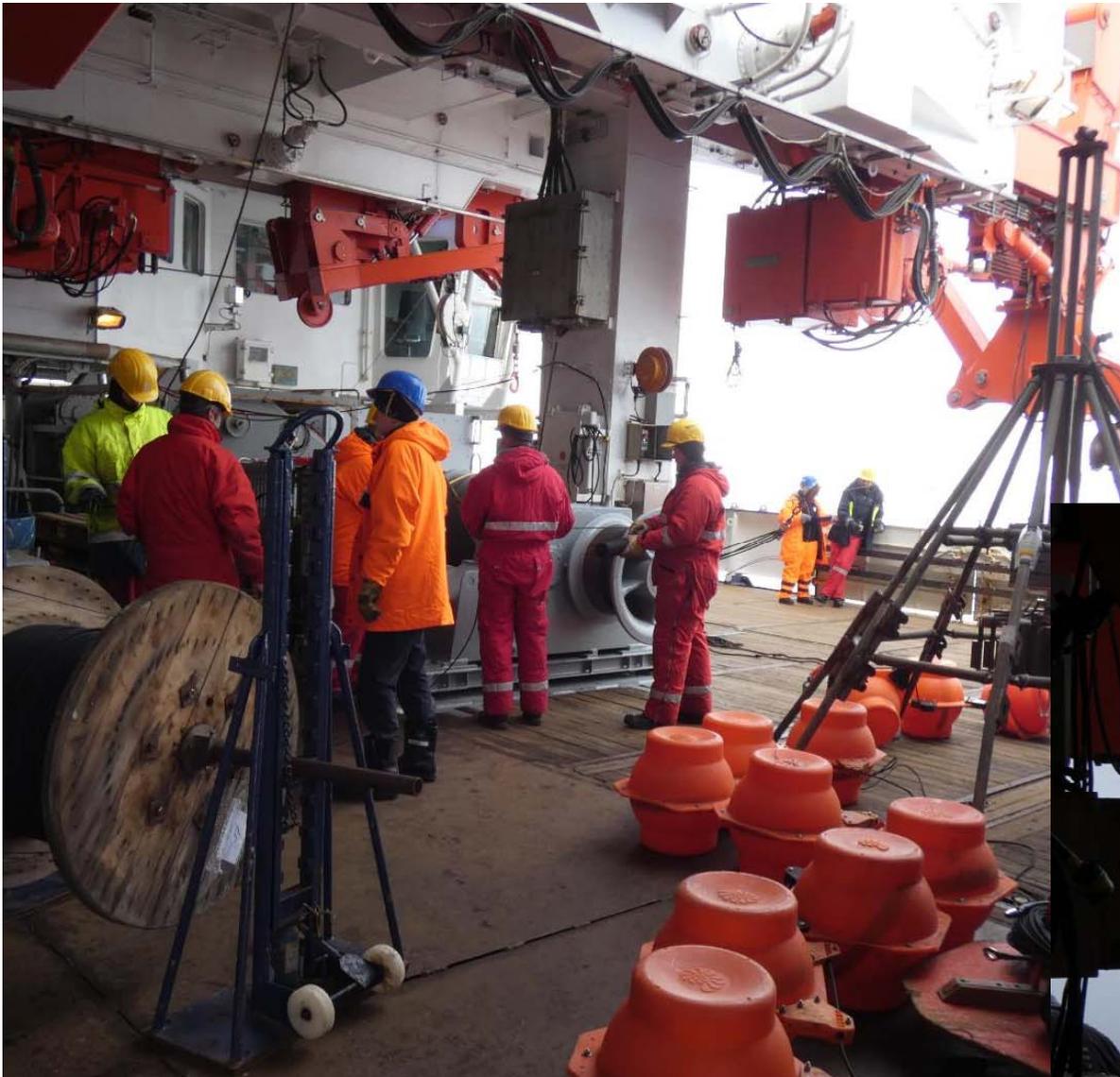
Feb 07 2018
Polarstern

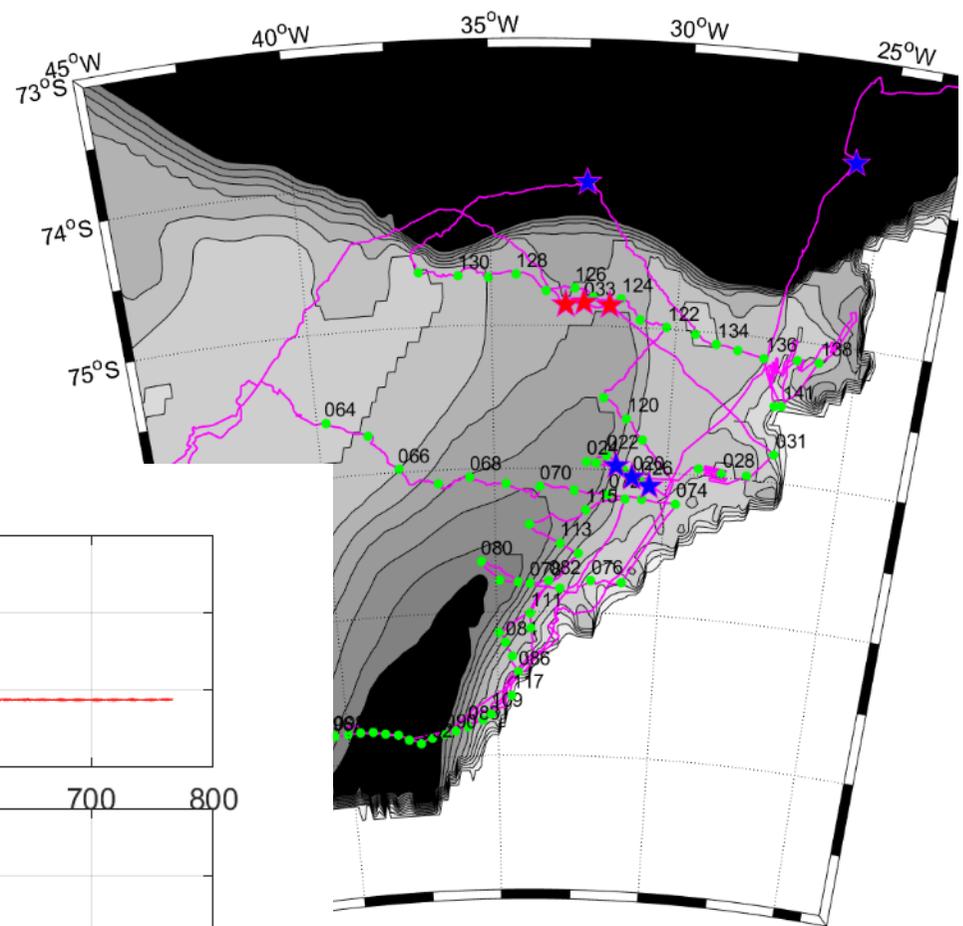
ASI (from AMSR2) ver. 5.3, Grid 3.125 km



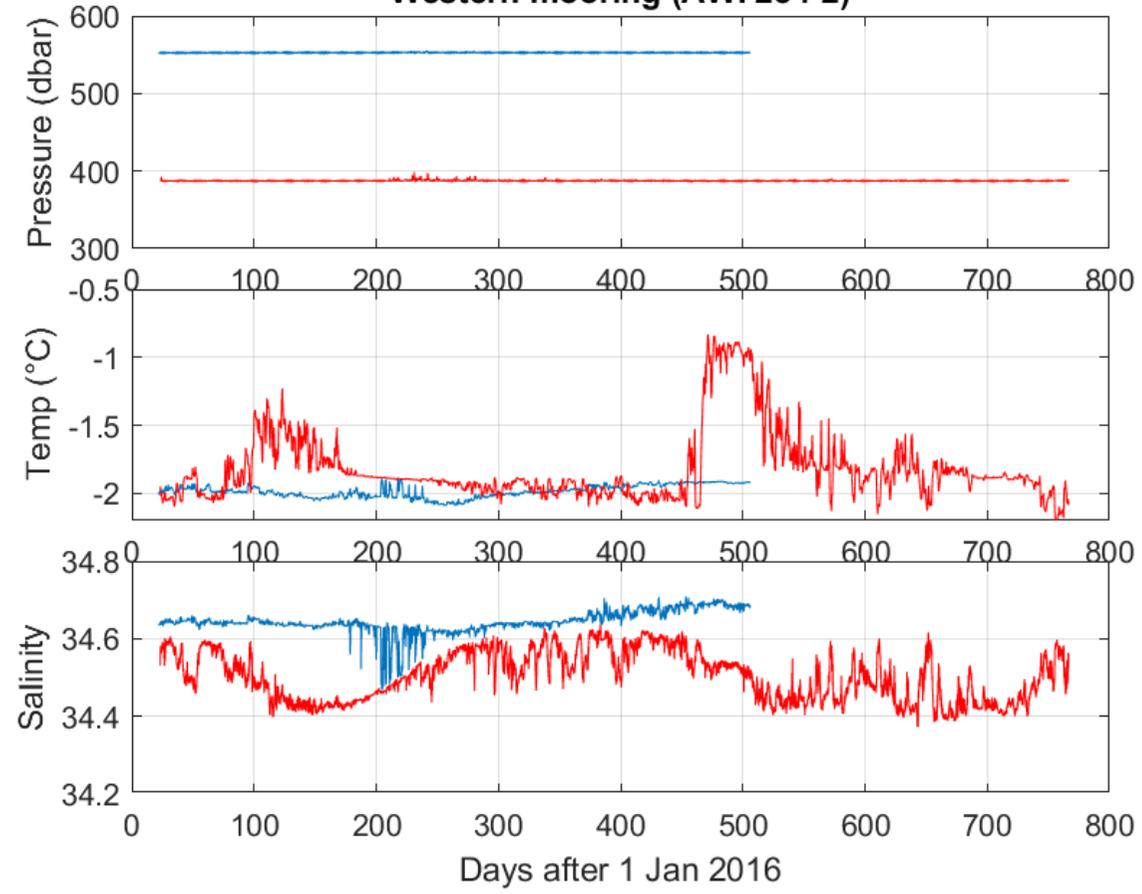


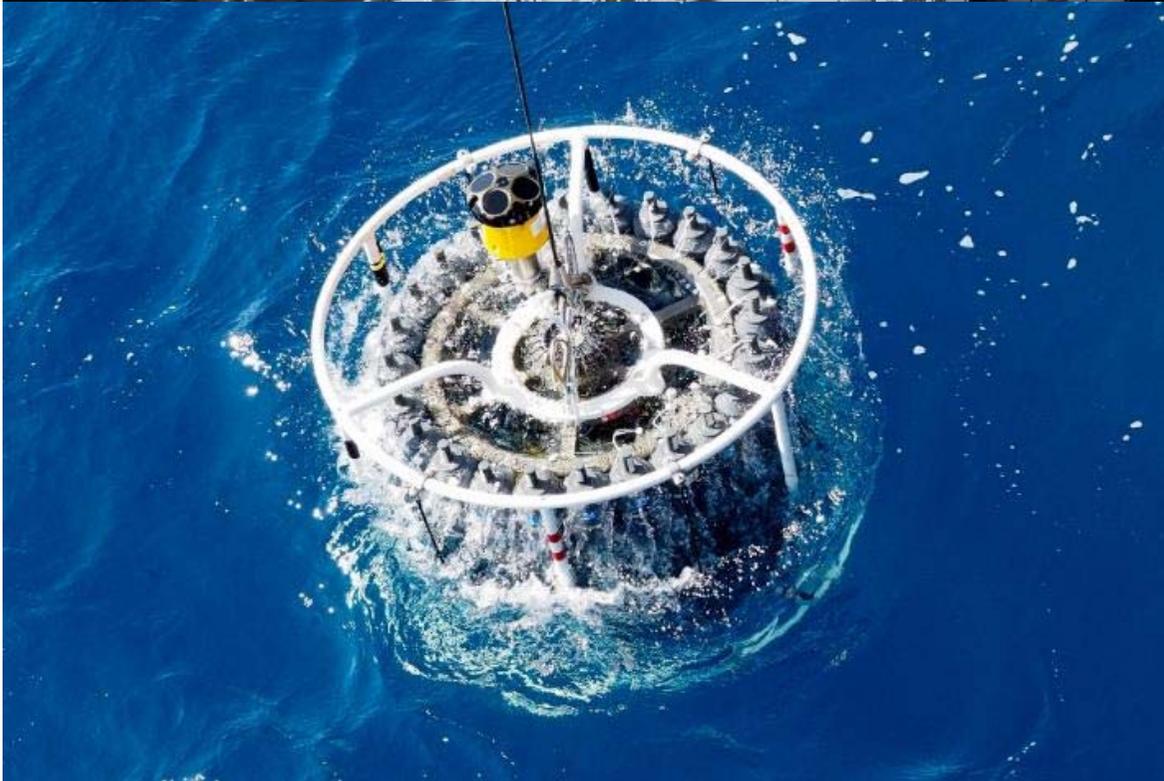
Verankerung auslegen



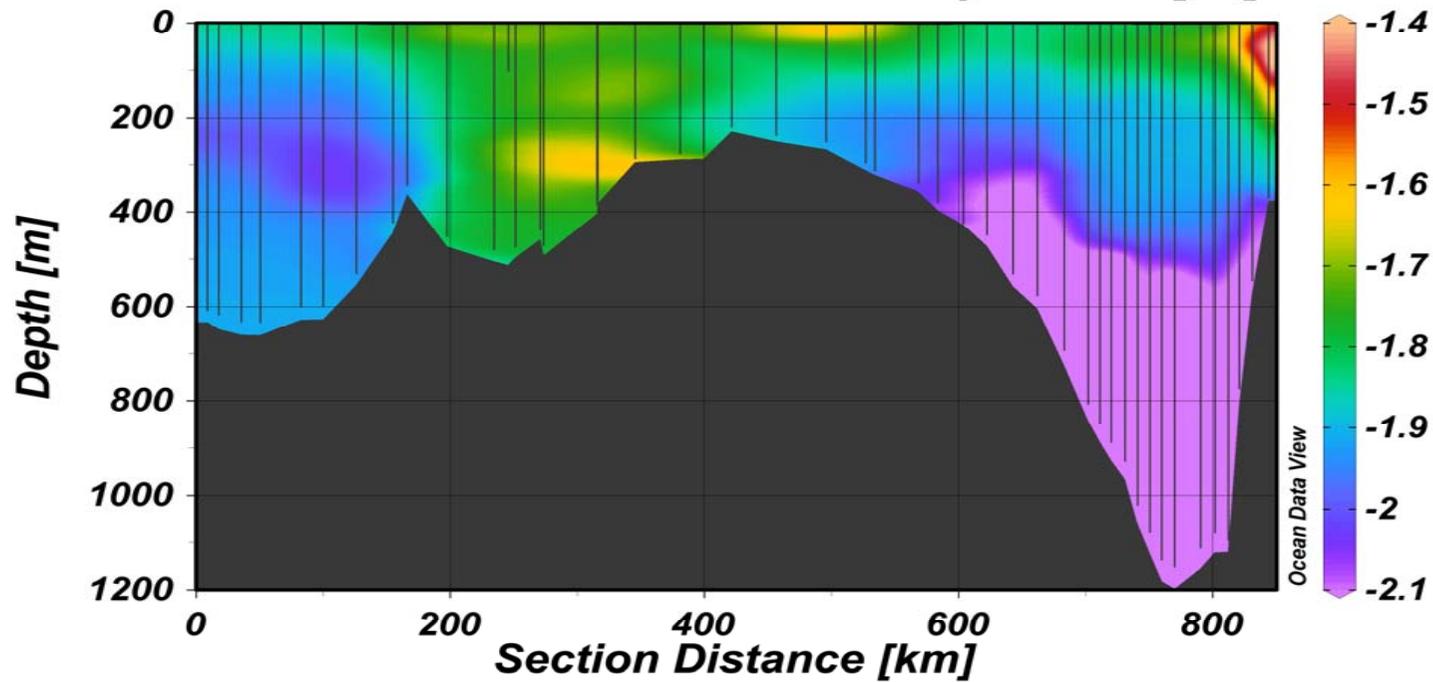
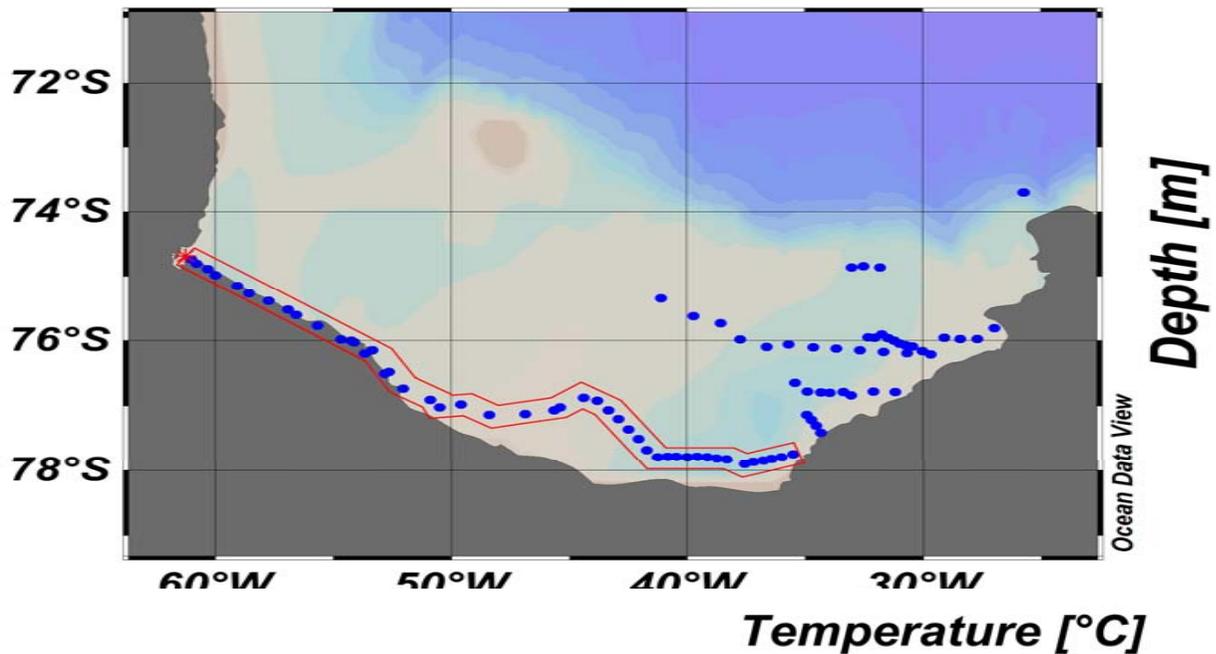


Western mooring (AWI 254-2)

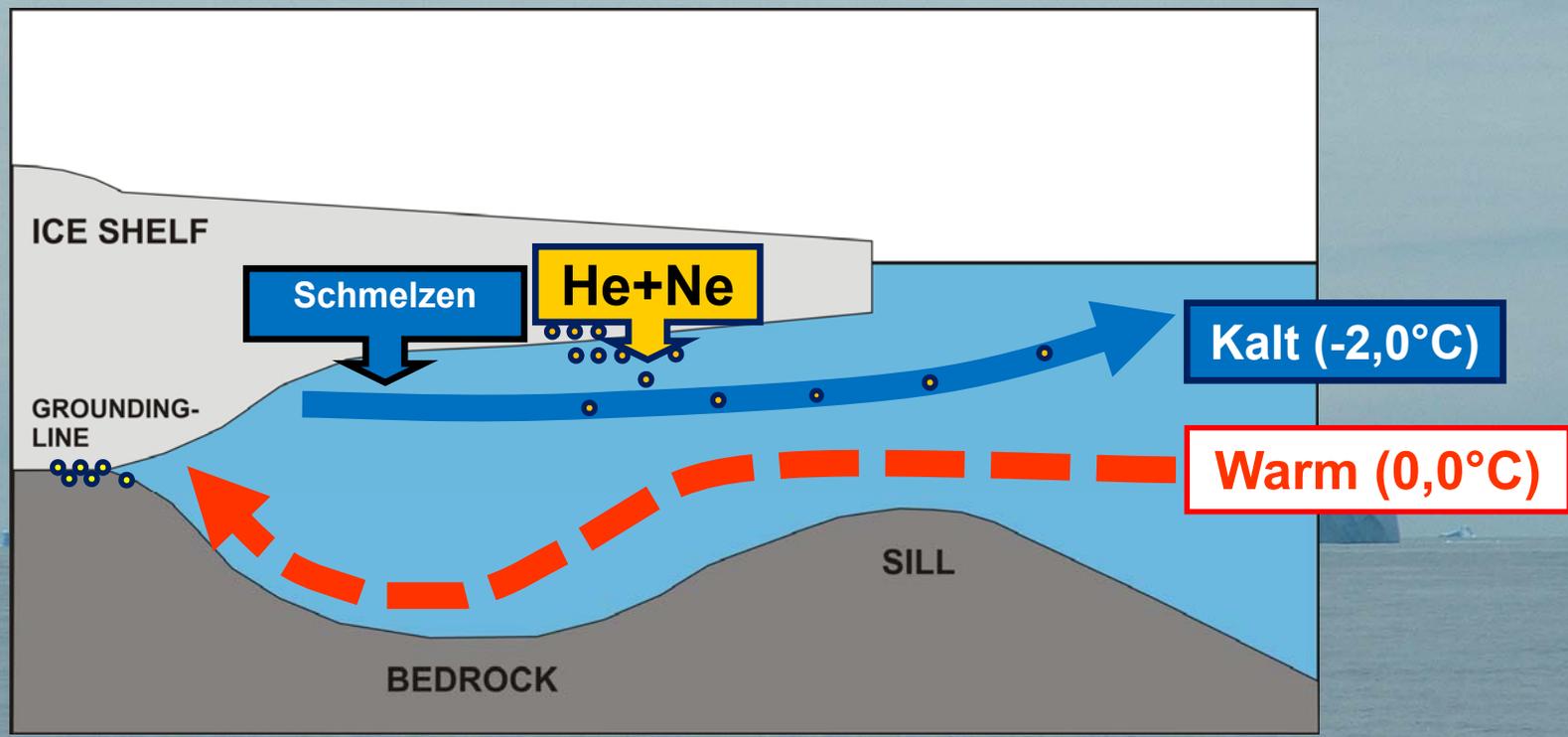






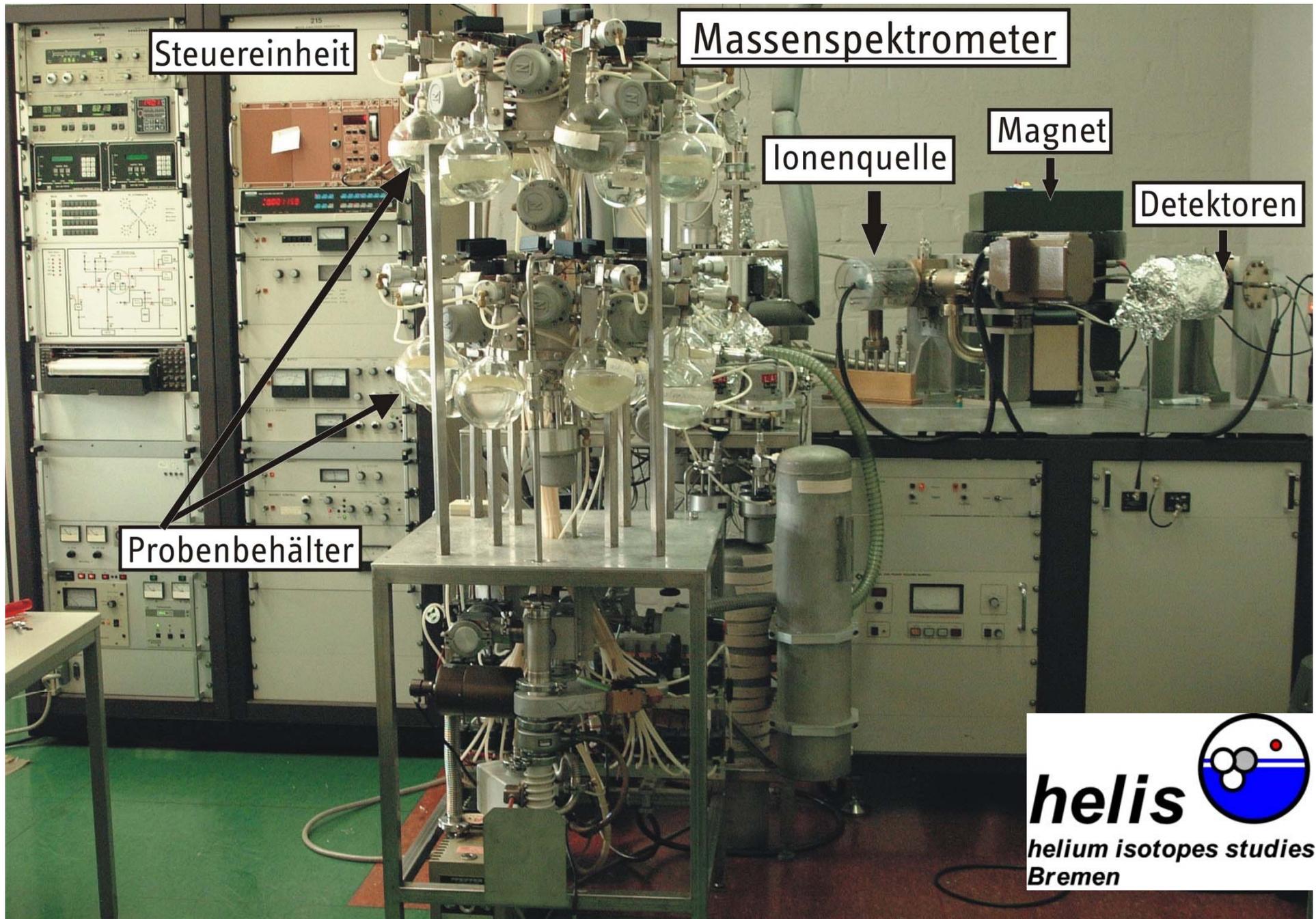


Edelgase Helium und Neon im Ozean





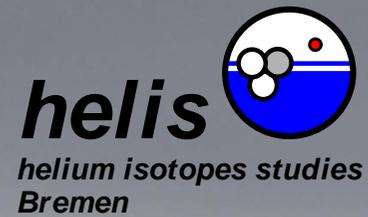








Eis, Ozean und Klima



Institut für Umweltphysik
Abt. Ozeanographie

www.noblegas.uni-bremen.de
www.ocean.uni-bremen.de

Jürgen Sültenfuß

suelten@uni-bremen.de

Auch interessant:

5G Ausbau bis 2025: zusätzlicher Stromverbrauch 2019-2025 in D:
3.8 Mrd KWh wie 2 Mio Haushalte in 1 Jahr (Quelle EON)

10% des weltweiten Stromverbrauch fürs Internet, davon 80% für Videostreaming

Wert von Bitcoin (Krypto-Währung) = Preis für Stromverbrauch

18% der CO₂ Emissionen in Niedersachsen aus getrockneten Mooren (80% in OHZ)

6-8% der CO₂ Emissionen aus Zement-Herstellung (1t Zement = 870kg CO₂)

70% der Flugmeilen von Vielfliegern: die meisten Menschen sind noch NIE geflogen

8% der CO₂ Emissionen weltweit aus Tourismus: die meisten Menschen machen keinen Urlaub

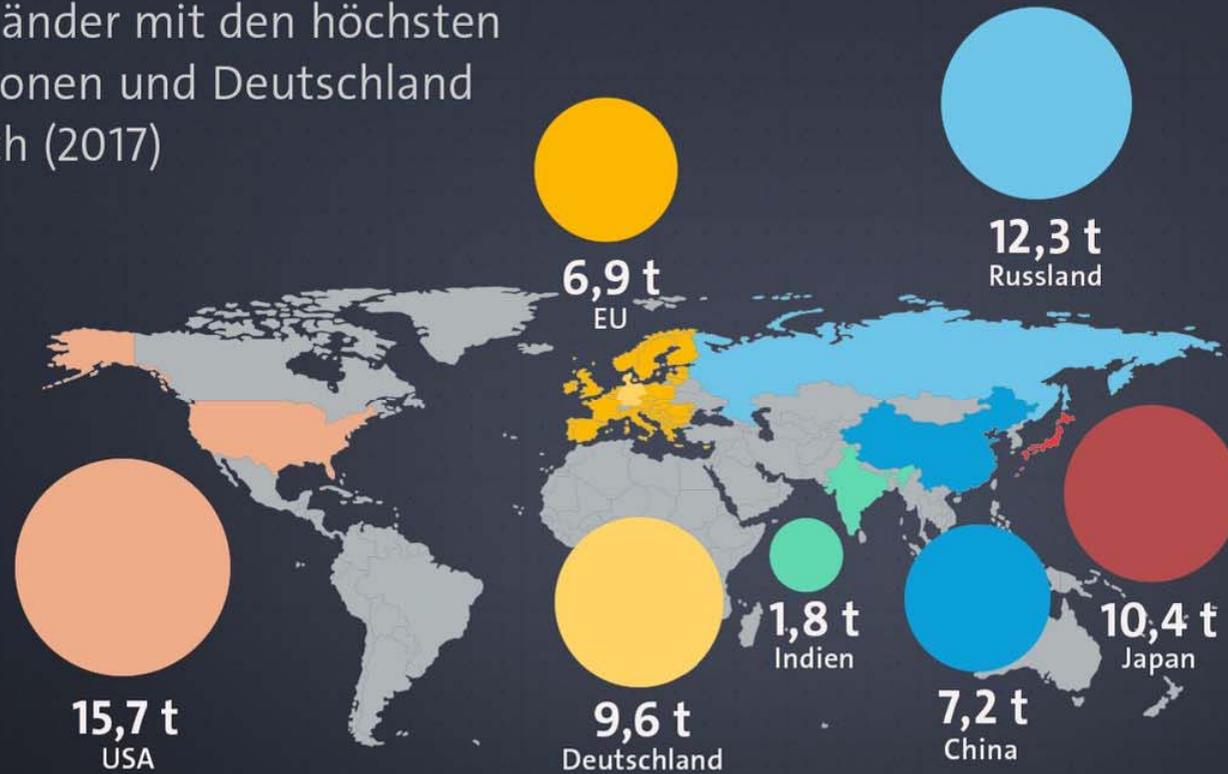
Was ist mit Methan?

Effektive Maßnahmen??

- ***Wirkungsvollere Weltwirtschaftskrise als 2008***
- ***Seuchen***
- ***Nuklearer Winter***

Pro-Kopf-Ausstoß

der sechs Länder mit den höchsten CO₂-Emissionen und Deutschland im Vergleich (2017)



t = Tonne
Quelle: JRC-Bericht

CO₂-Ausstoß Deutschland

nach Sektoren in Megatonnen (2017)



Mt = Megatonne
Quelle: UBA

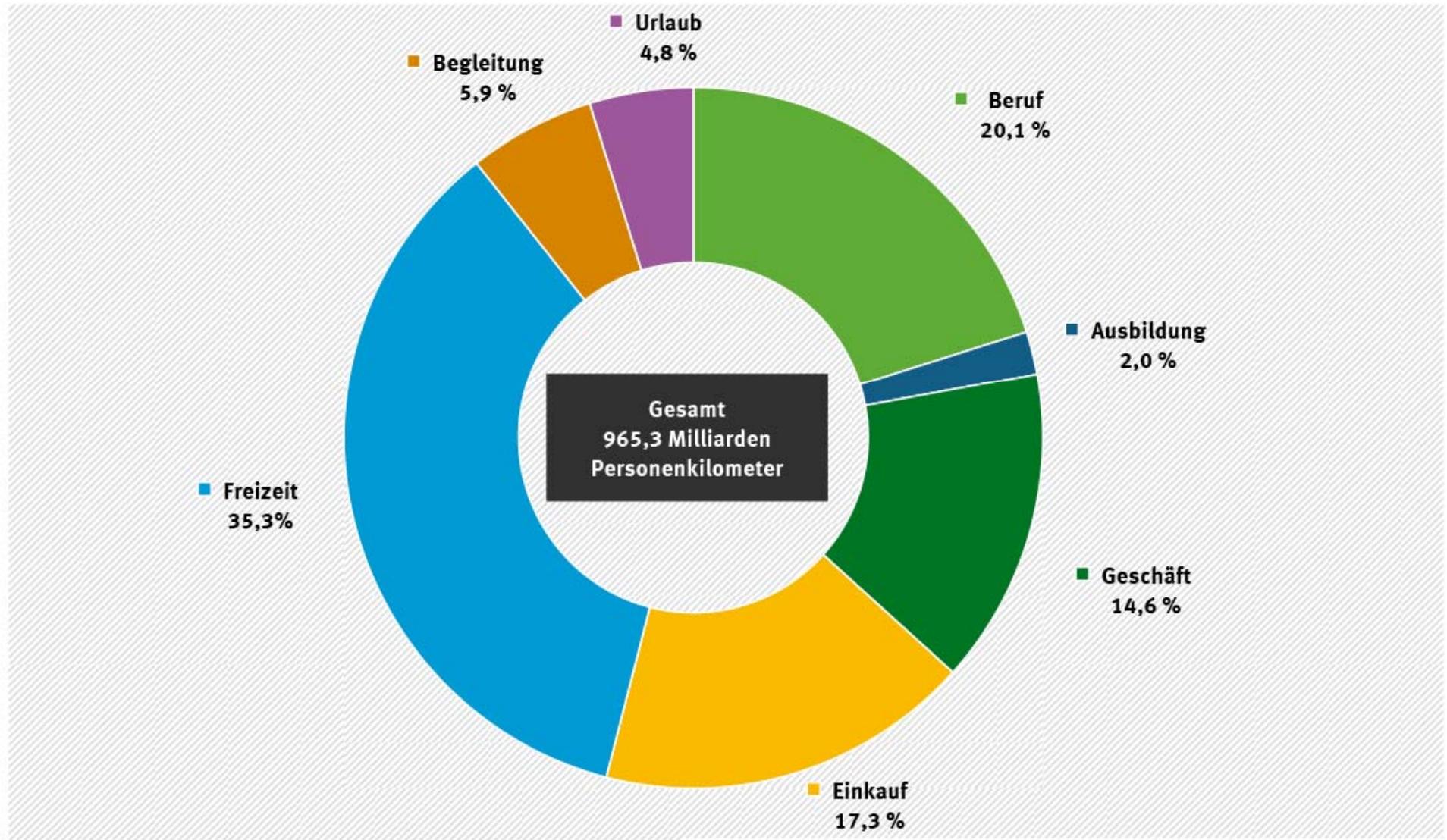
Treibhausgas-Ausstoß eines deutschen Durchschnittsbürgers (in CO₂-Äquivalenten)



Grafik: NDR / Quelle: Bundesumweltministerium, *Z.B. Bekleidung, Haushaltsgeräte, Freizeitaktivitäten, **Z.B. Wasserver- und -entsorgung, Abfallbeseitigung

Motorisierter Individualverkehr 2016 - Anteile nach Fahrzweck

Prozent



Quelle: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.),
Verkehr in Zahlen 2018/2019, S.225

Treibhausgas-Emissionen und Auslastung des Personenverkehrs 2017 nach Verkehrsmitteln*

Verkehrsträger	Treibhausgase**	Auslastung
	Gramm/Personenkilometer	Prozent
Personenkraftwagen	139 ¹	1,5 Personen/Pkw
Reisebus***	32	60
Eisenbahn - Fernverkehr	36 ²	56
Flugzeug	201 ³	82 ⁴
Linienbus	75	21
Metro/Straßenbahn	64	19
Eisenbahn - Nahverkehr	60	27

* Emissionen aus Bereitstellung und Umwandlung der Energieträger in Strom, Benzin, Diesel und Kerosin sind berücksichtigt.

** Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Distickstoffoxide (N₂O) in Kohlendioxid (CO₂)-Äquivalenten

*** Die Kategorie "Reisebus" umfasst Busse im Gelegenheitsverkehr (z.B. für Klassen- oder Kaffeefahrten) und Fernlinienbusse. Differenzierte Daten für diese beiden Unterkategorien stehen für 2017 nicht zur Verfügung.

¹ Der genannte Wert liegt niedriger als die häufig zitierte Durchschnittsemission eines Pkw, da er sich auf Personenkilometer (Pkm) bezieht und damit die durchschnittliche Sitzplatzauslastung von 1,5 Personen je Pkw berücksichtigt.

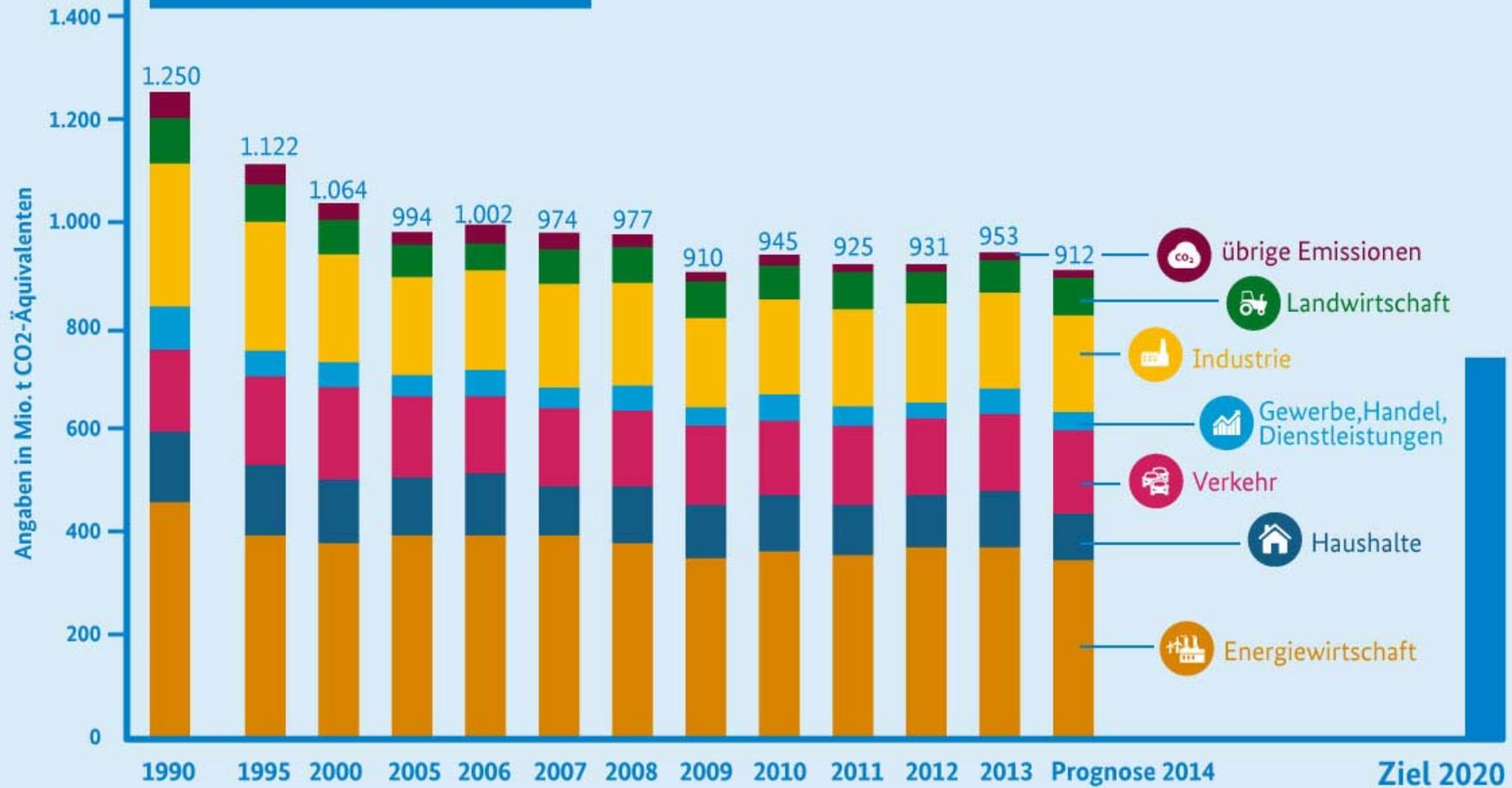
² Die in der Tabelle ausgewiesenen Emissionsfaktoren für die Bahn basieren auf Angaben zum durchschnittlichen Strom-Mix in Deutschland. Emissionsfaktoren, die auf unternehmens- oder sektorbezogenen Strombezügen basieren (siehe z.B. den "Umweltmobilcheck" der Deutschen BAhn AG), weichen daher von den hier dargestellten Werten ab.

³ Unter Berücksichtigung aller klimawirksamen Effekte des Luftverkehrs. (EWF = Emission Weighting Factor = 2)

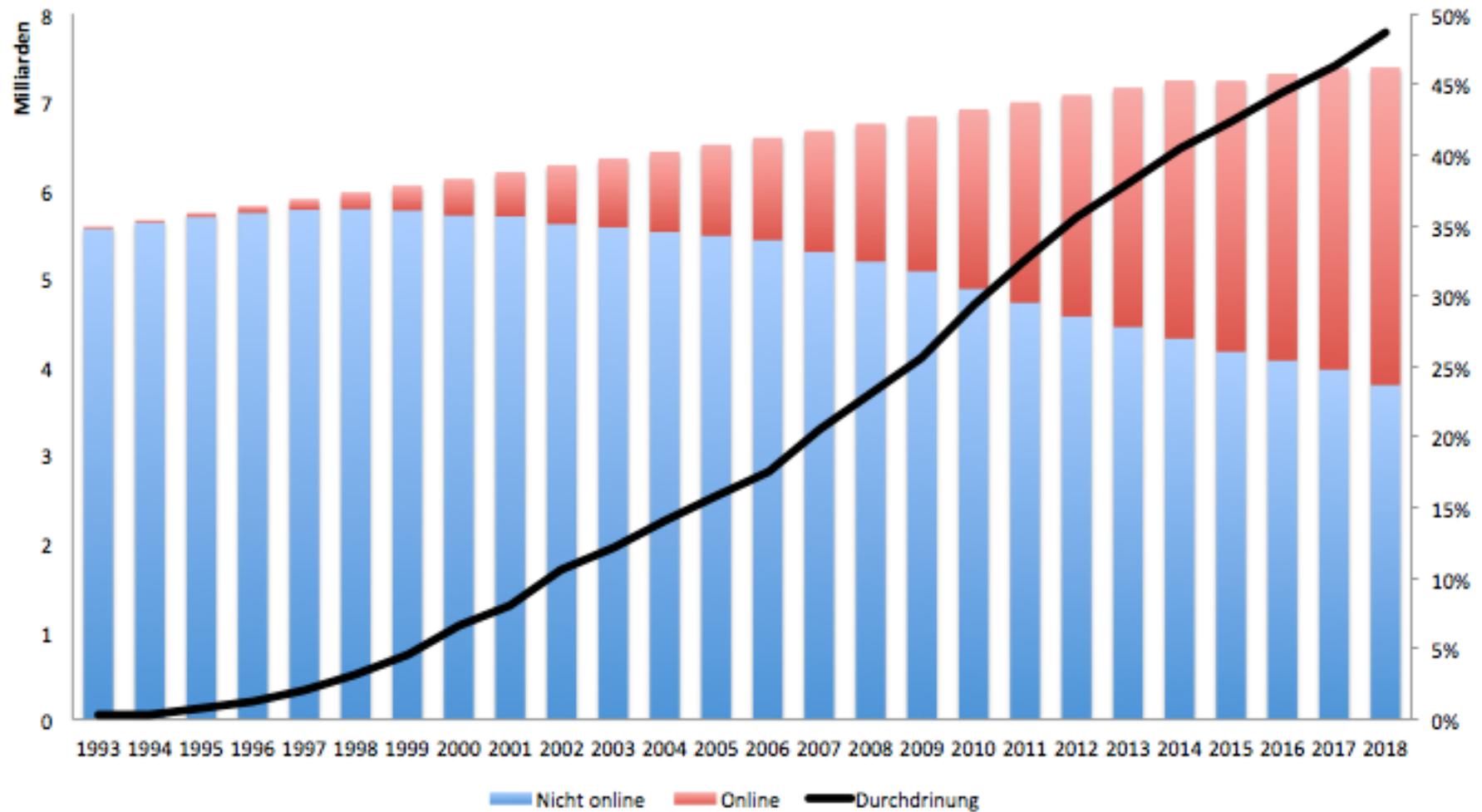
⁴ Datenquelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 8, Reihe 6

Quelle: Umweltbundesamt 2019, TREMOD 5.82

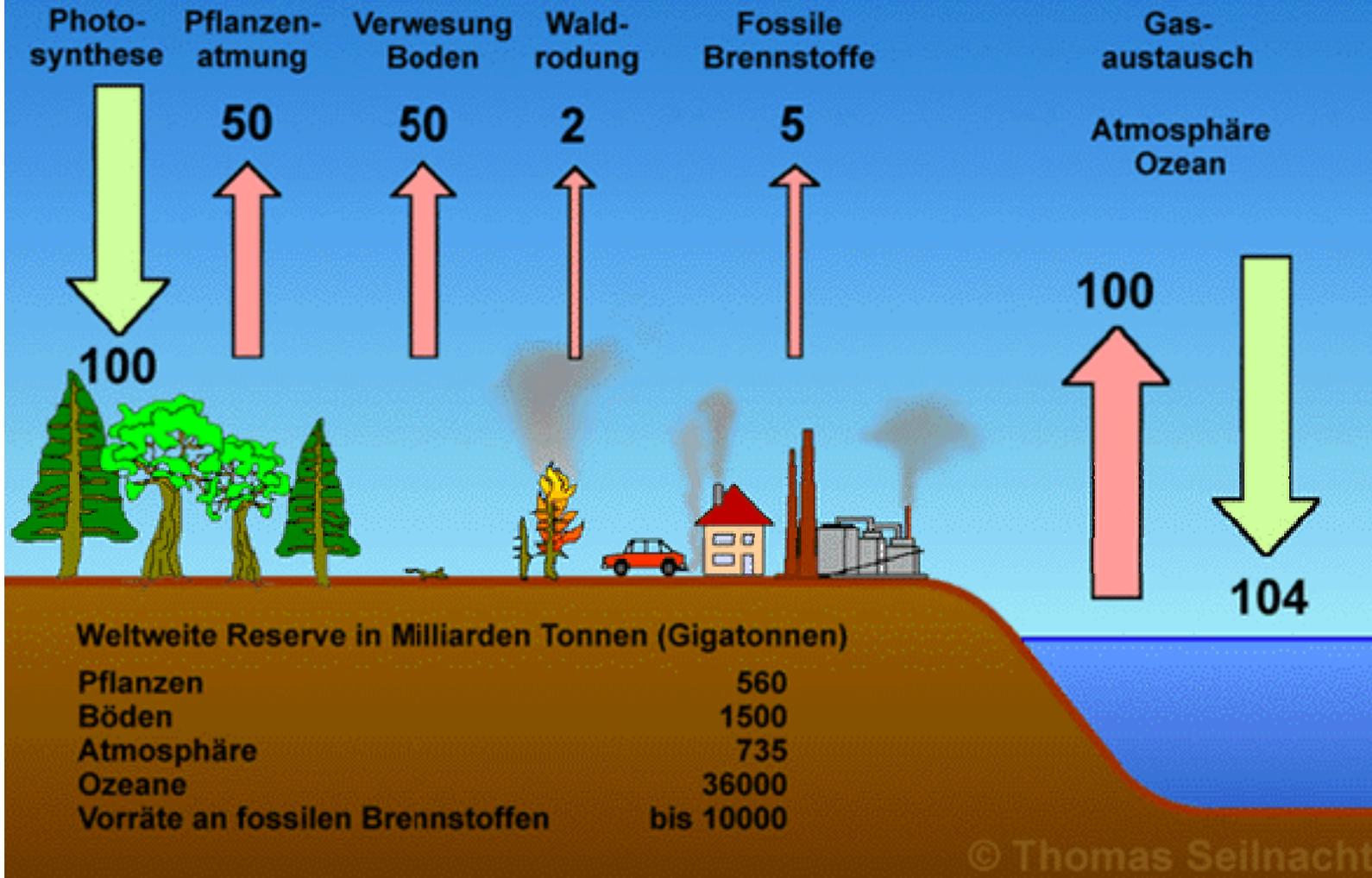
Treibhausgasemissionen in Deutschland

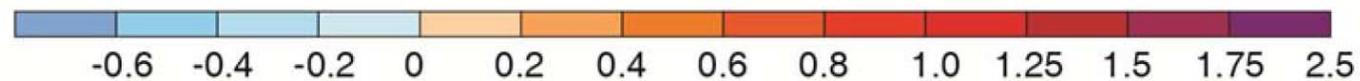
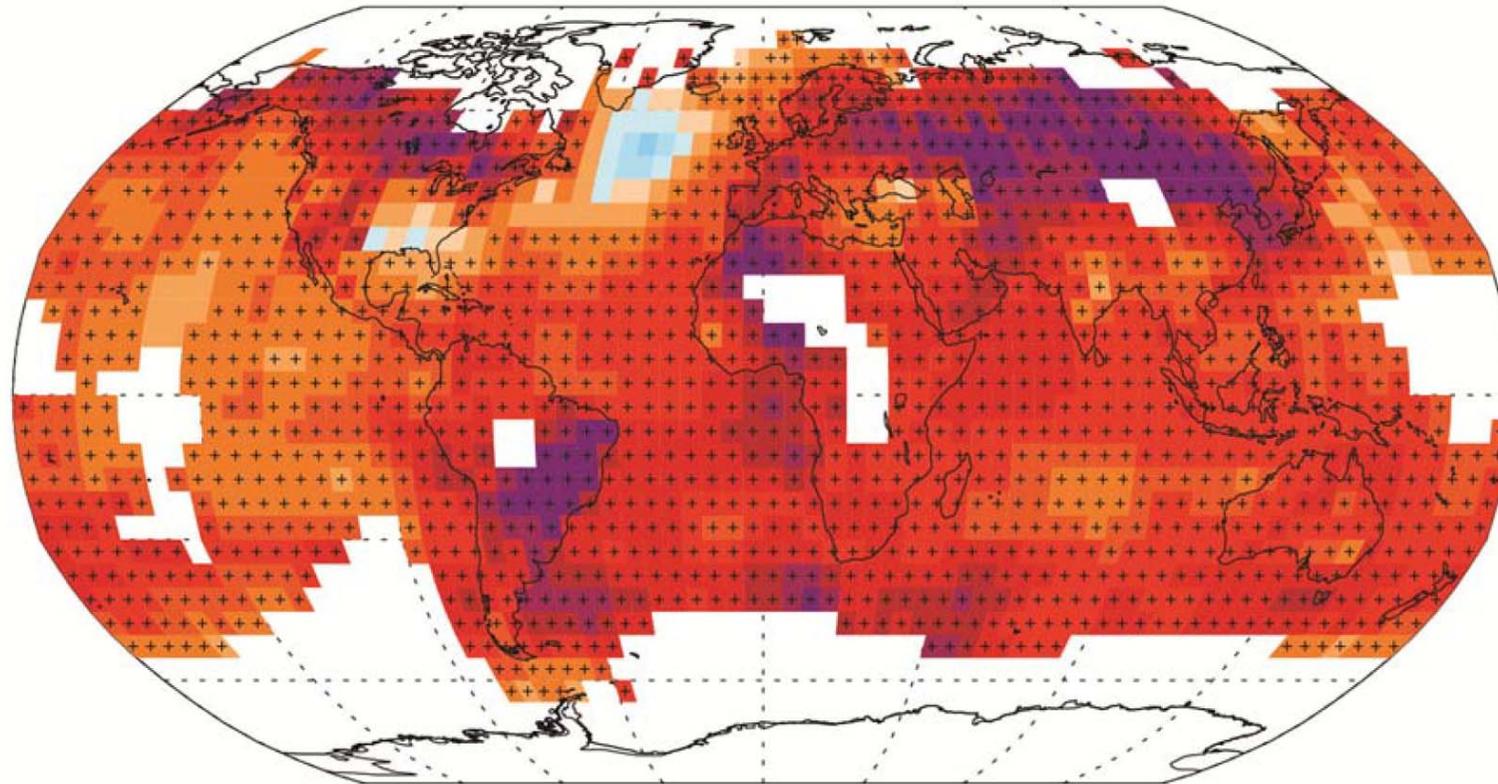


Die Welt geht online



Jährliche Kohlenstoff-Nettozufuhr in die Atmosphäre in Gigatonnen



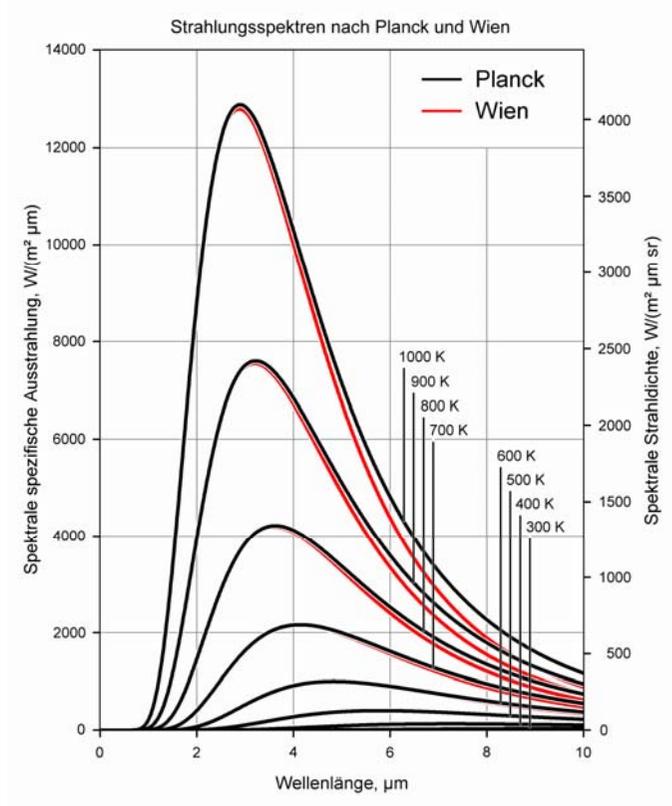
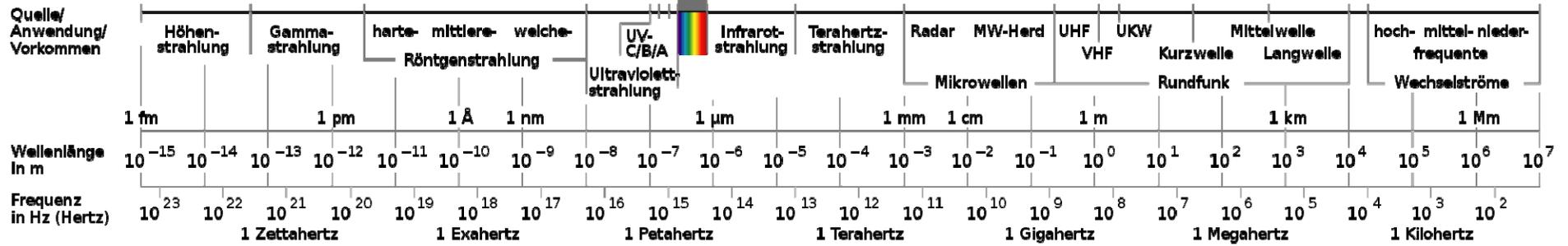


Trend (°C over period)

1880 – 2010: 0.85 °C [0.65-1.06°C], 1880- 2015: 1.0°C (WMO)

Fast überall Erwärmung von 1901-2010, Erwärmung stärker über den Kontinenten. Weiß: nicht genug Daten, Farbe ohne Punkt: keine statistisch signifikante Aussage möglich

Das für den Menschen sichtbare Spektrum (Licht)



Seit 1881 ist es in Deutschland¹ im Mittel um 1,2 Grad wärmer geworden²

Jahresmitteltemperaturen in Deutschland¹ im Zeitraum 1881-2013

10 °C

2000/2007
9,9 °C

1 Flächenmittel
2 linearer Trend

Einzelwerte

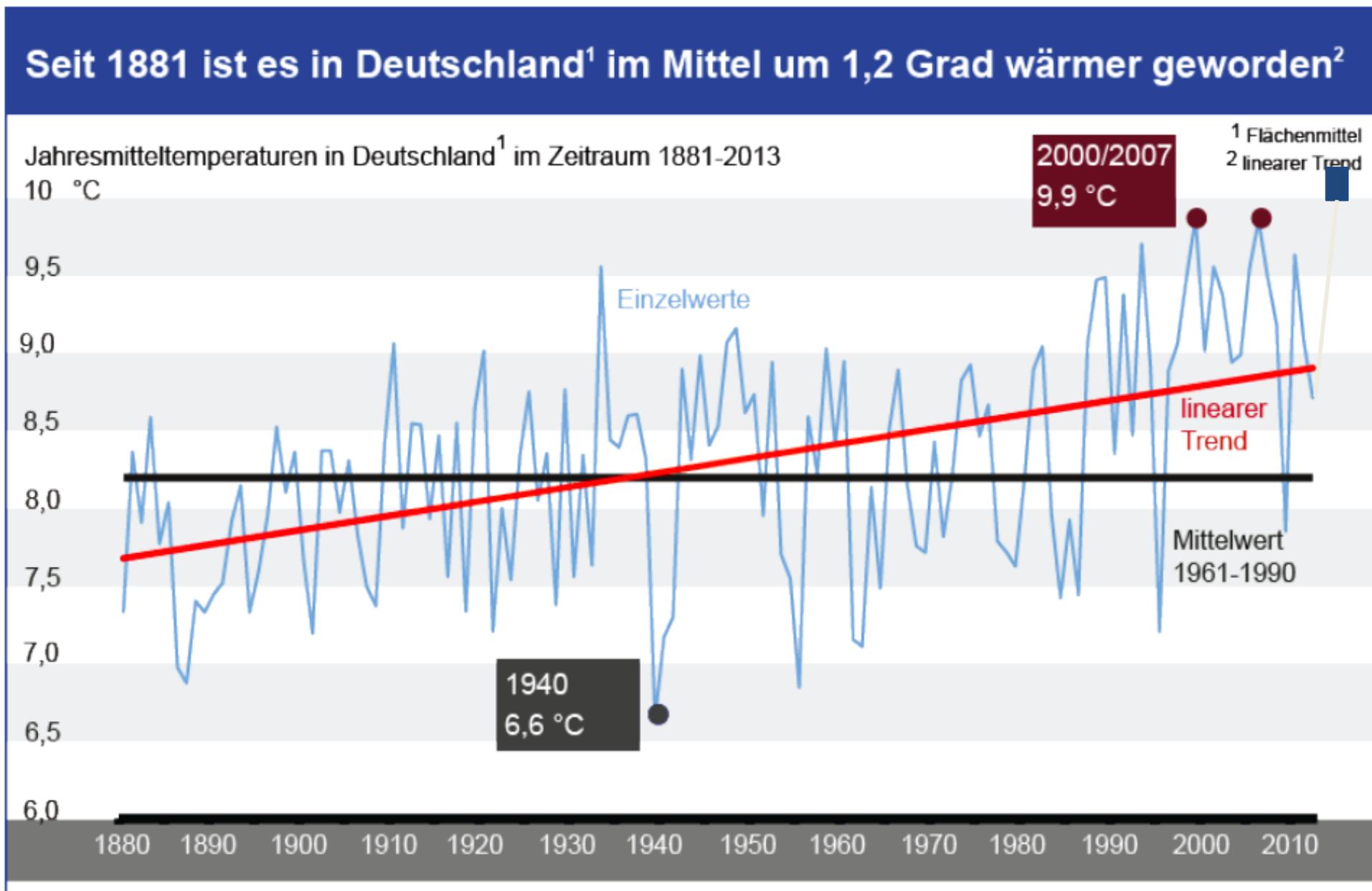
linearer
Trend

Mittelwert
1961-1990

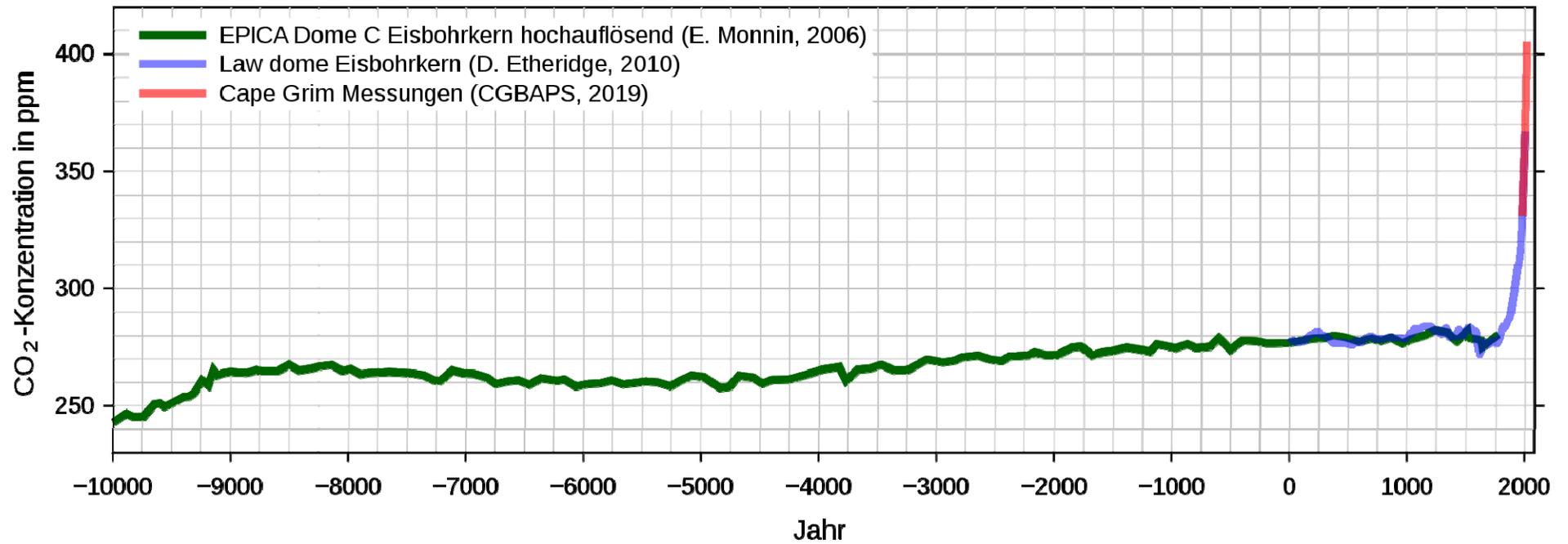
1940
6,6 °C

6,0

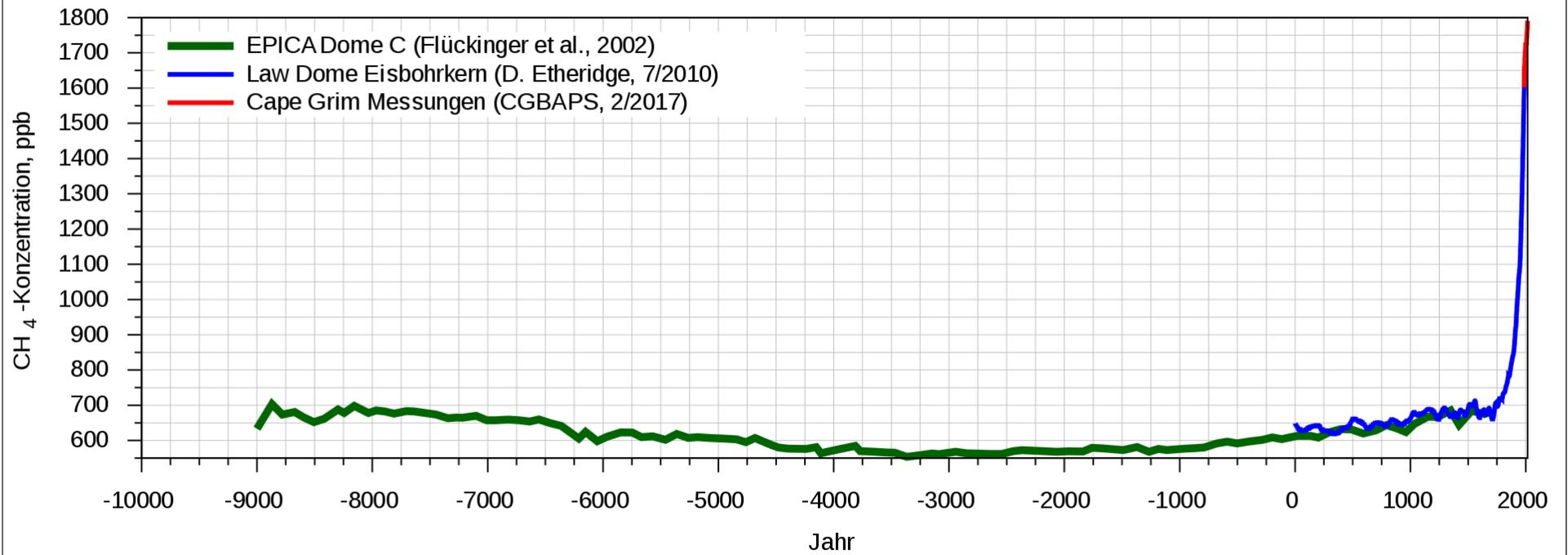
1880 1890 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010



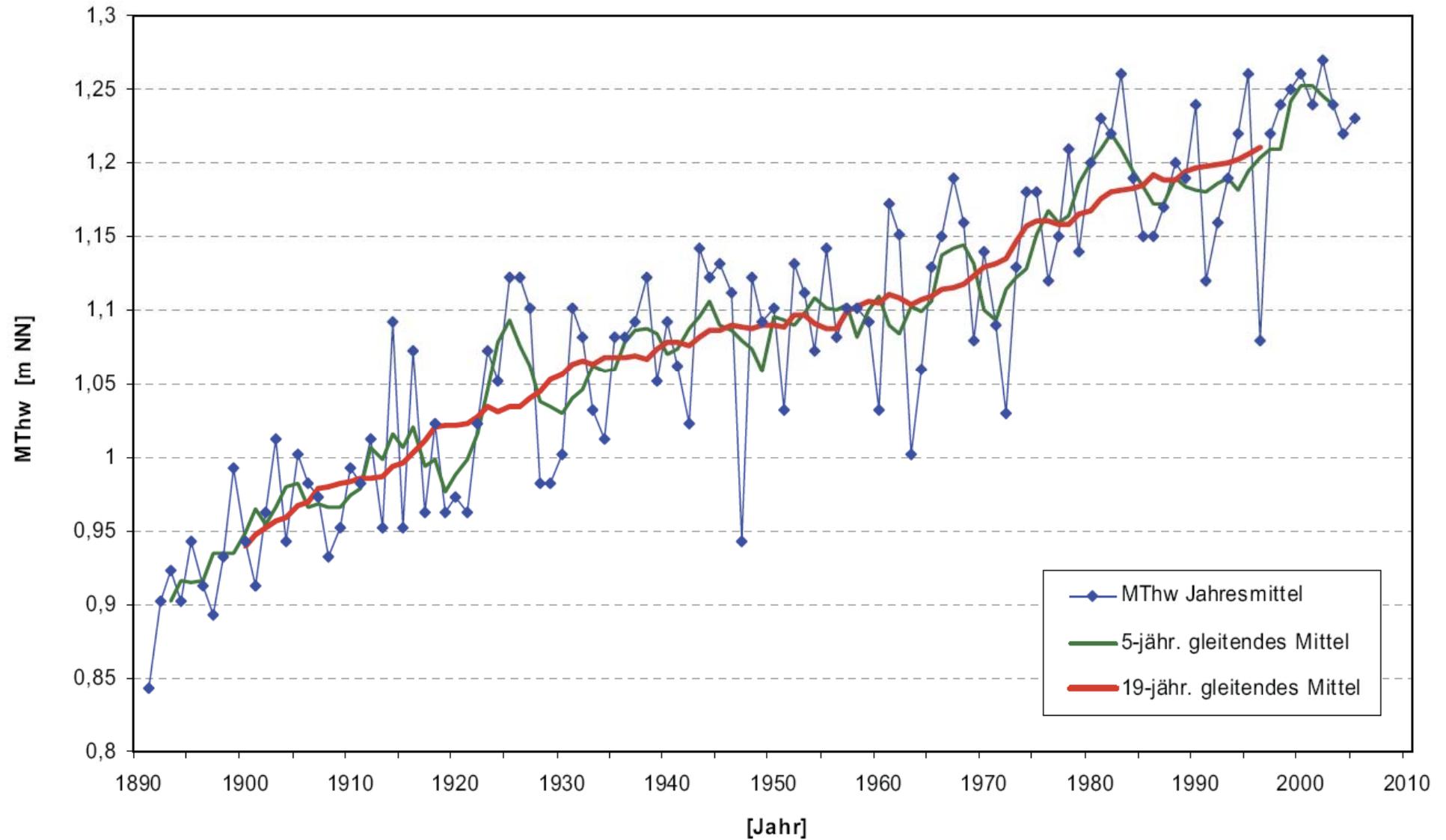
Kohlenstoffdioxidkonzentration im Holozän



Methankonzentration des Holozän

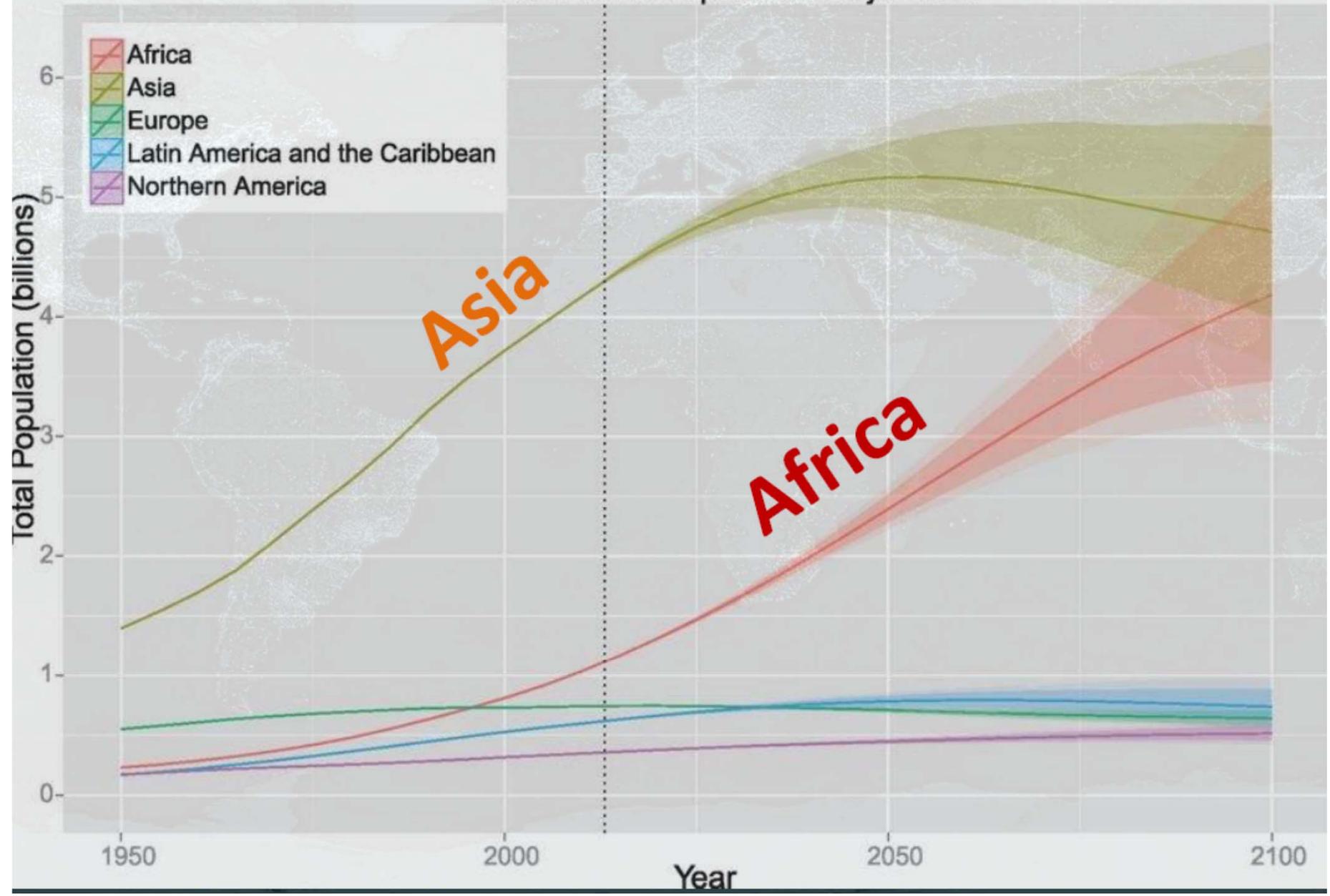


Jährliches mittleres Tidehochwasser (MThw) am Pegel Norderney Riffgat

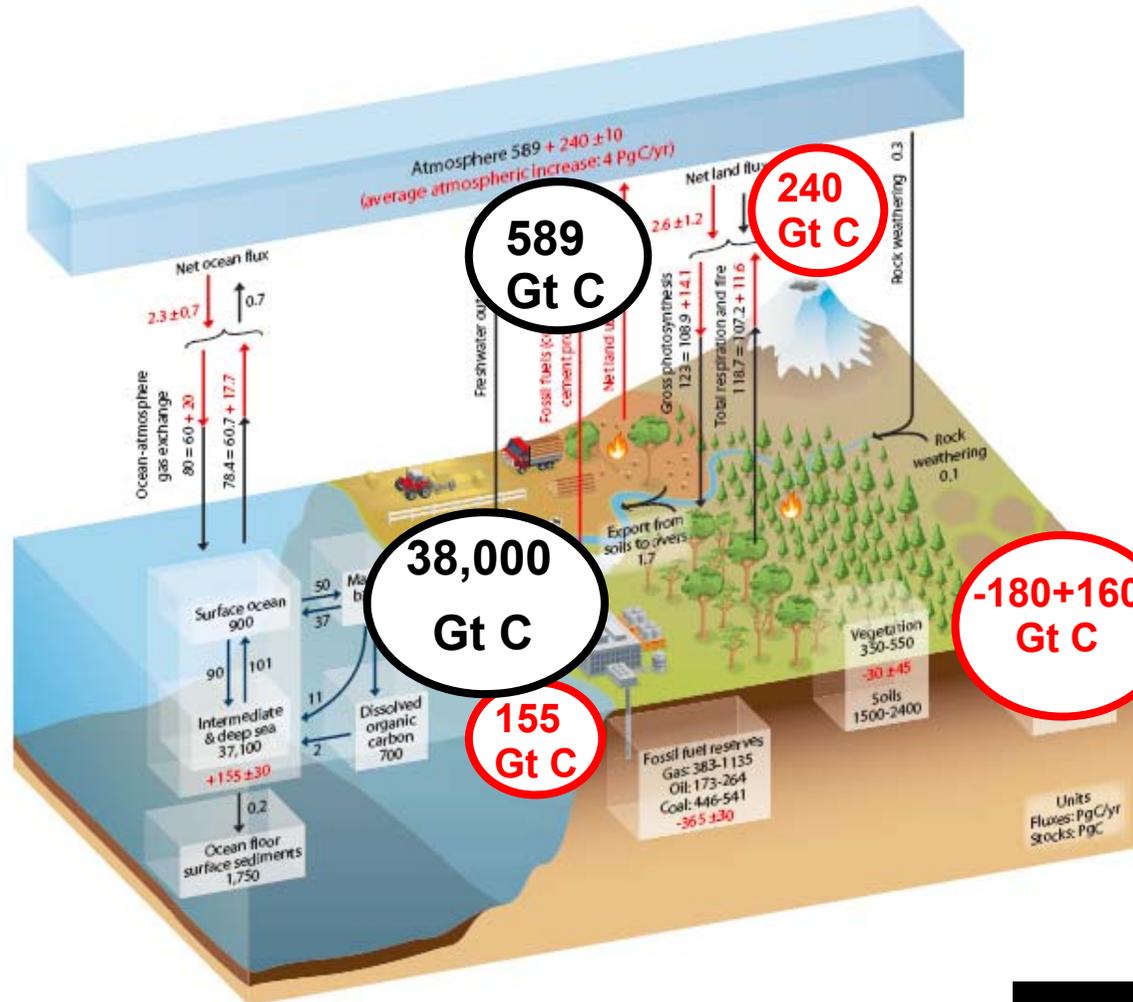


D

Continental Population Projections



Carbon Cycle



40% remain in atmosphere

30% stored in biosphere (160 Gt C)

30% stored in ocean (155 Gt C)

Emissions from Fossil fuel combustion: 375 Gt C
Land use change: 180 Gt C