

Jens Terhaar
jterhaar@whoi.edu





Image IBCAO
Image Landsat / Copernicus
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image U.S. Geological Survey



R/V Sikuliaq

Ziel: Entstehung des Winterwassers und den Einfluss des Mackenzie Rivers auf den Arktischen Ozean besser verstehen

Aufnahme des anthropogenen CO₂ im Südozean

Jens Terhaar, Thomas Frölicher, Fortunat Joos
Klima und Umweltphysik
Universität Bern

@JensTerhaar

u^b

UNIVERSITÄT
BERN

OESCHGER CENTRE
CLIMATE CHANGE RESEARCH



FNSNF
SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

OCEANOGRAPHY

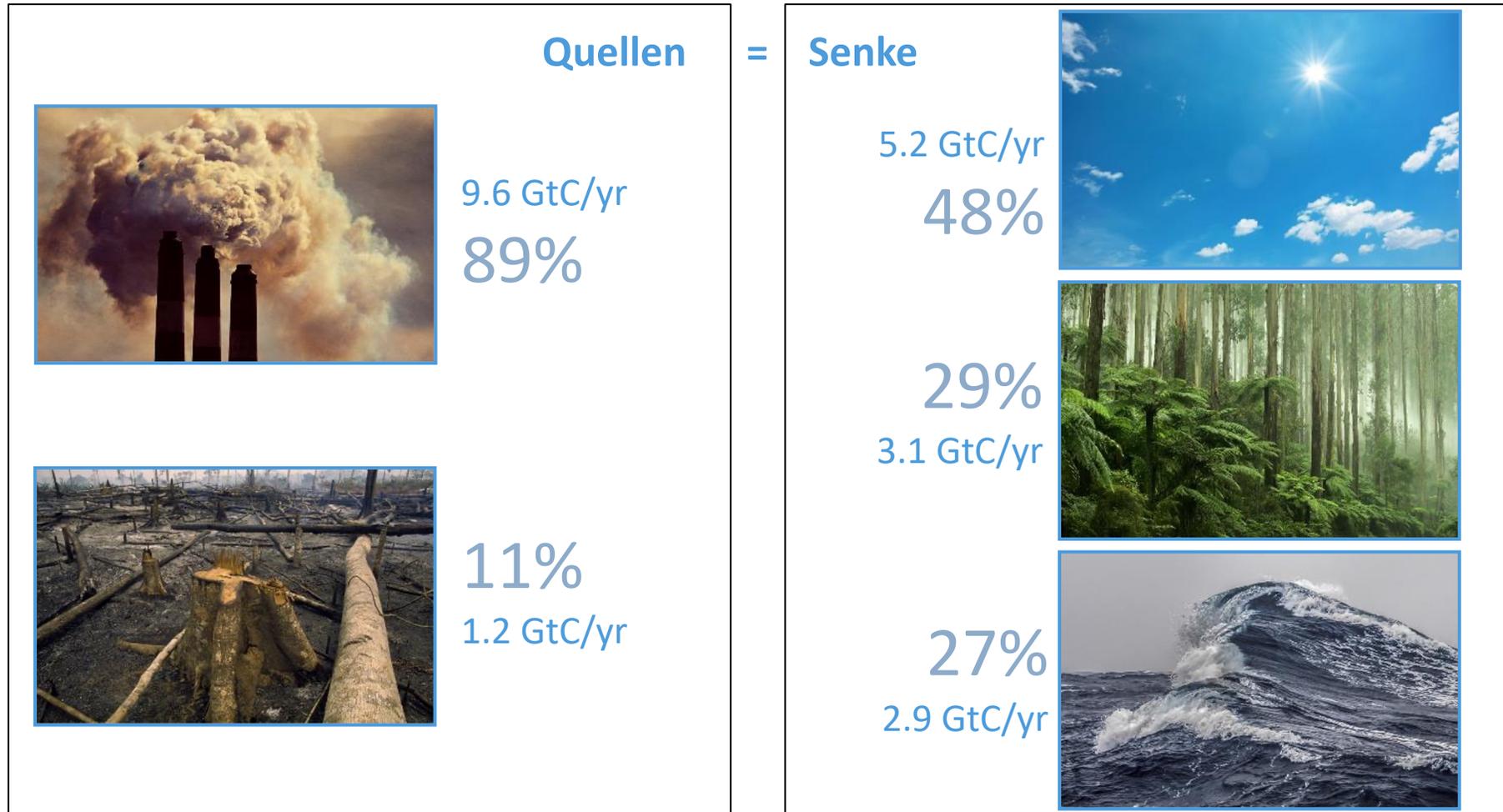
Southern Ocean anthropogenic carbon sink constrained by sea surface salinity

J. Terhaar^{1,2*}, T. L. Frölicher^{1,2}, F. Joos^{1,2}

The ocean attenuates global warming by taking up 20 to 30% of anthropogenic carbon emissions. Around 40% of this ocean anthropogenic carbon sink is located in the Southern Ocean. However, Earth system models struggle to reproduce the Southern Ocean circulation and therefore its anthropogenic carbon uptake. Here, we identify a tight relationship across two multimodel ensembles between present-day sea surface salinity in the subtropical-polar frontal zone and the past and future anthropogenic carbon uptake in the Southern Ocean. Observations and model results constrain the cumulative Southern Ocean anthropogenic carbon uptake over 1850–2100 by phase 6 of the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6) model ensemble to 158 ± 6 petagrams of carbon under the low emissions scenario Shared Socioeconomic Pathway 1-2.6 (SSP1-2.6) and to 279 ± 14 petagrams of carbon under the high emissions scenario SSP5-8.5. The constrained Southern Ocean anthropogenic carbon sink is 14 to 18% larger and 46 to 54% less uncertain than the unconstrained CMIP6 estimates. This constraint demonstrates the importance of the freshwater cycle for the Southern Ocean circulation and carbon cycle.

Copyright © 2021
The Authors, some
rights reserved;
exclusive licensee
American Association
for the Advancement
of Science. No claim to
original U.S. Government
Works. Distributed
under a Creative
Commons Attribution
NonCommercial
License 4.0 (CC BY-NC).

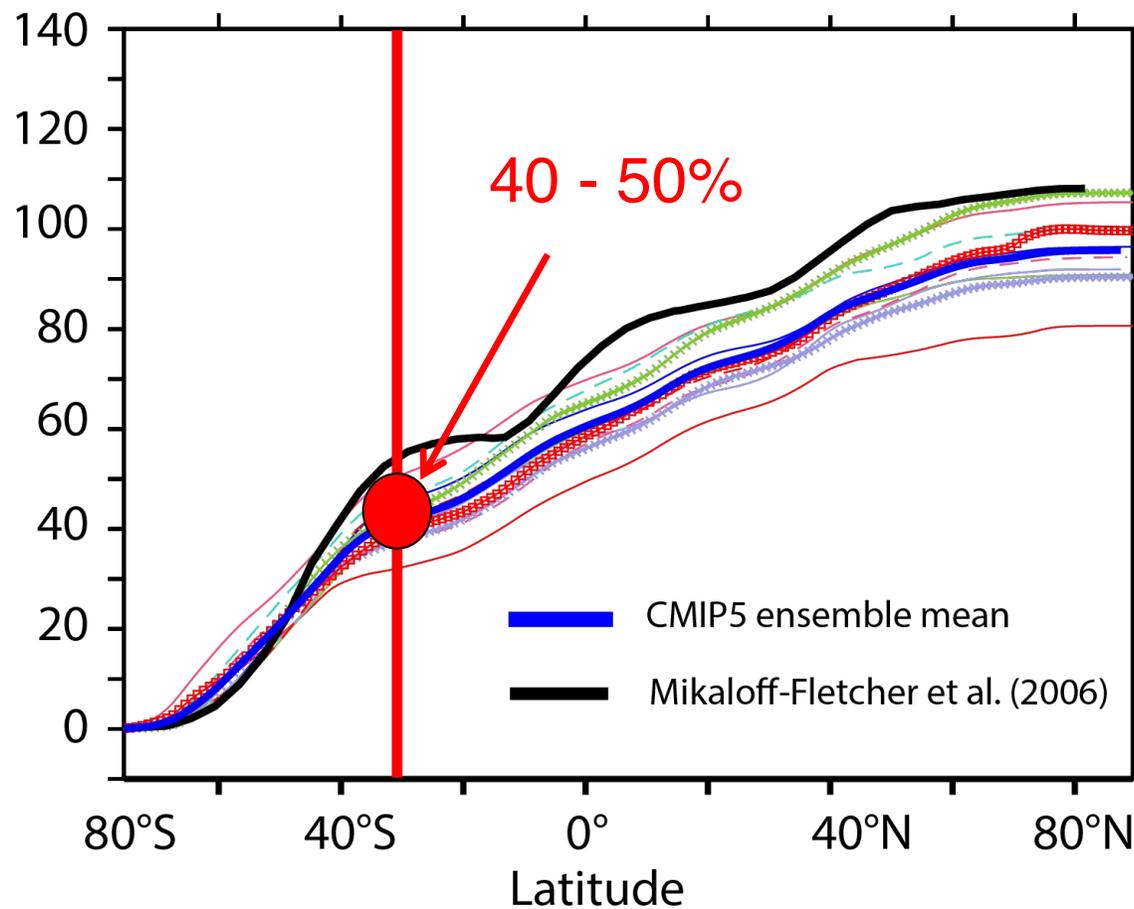
Der Ozean nimmt etwa 1/4 der anthropogenen CO₂ Emissionen auf



Zahlen von 2012-2021

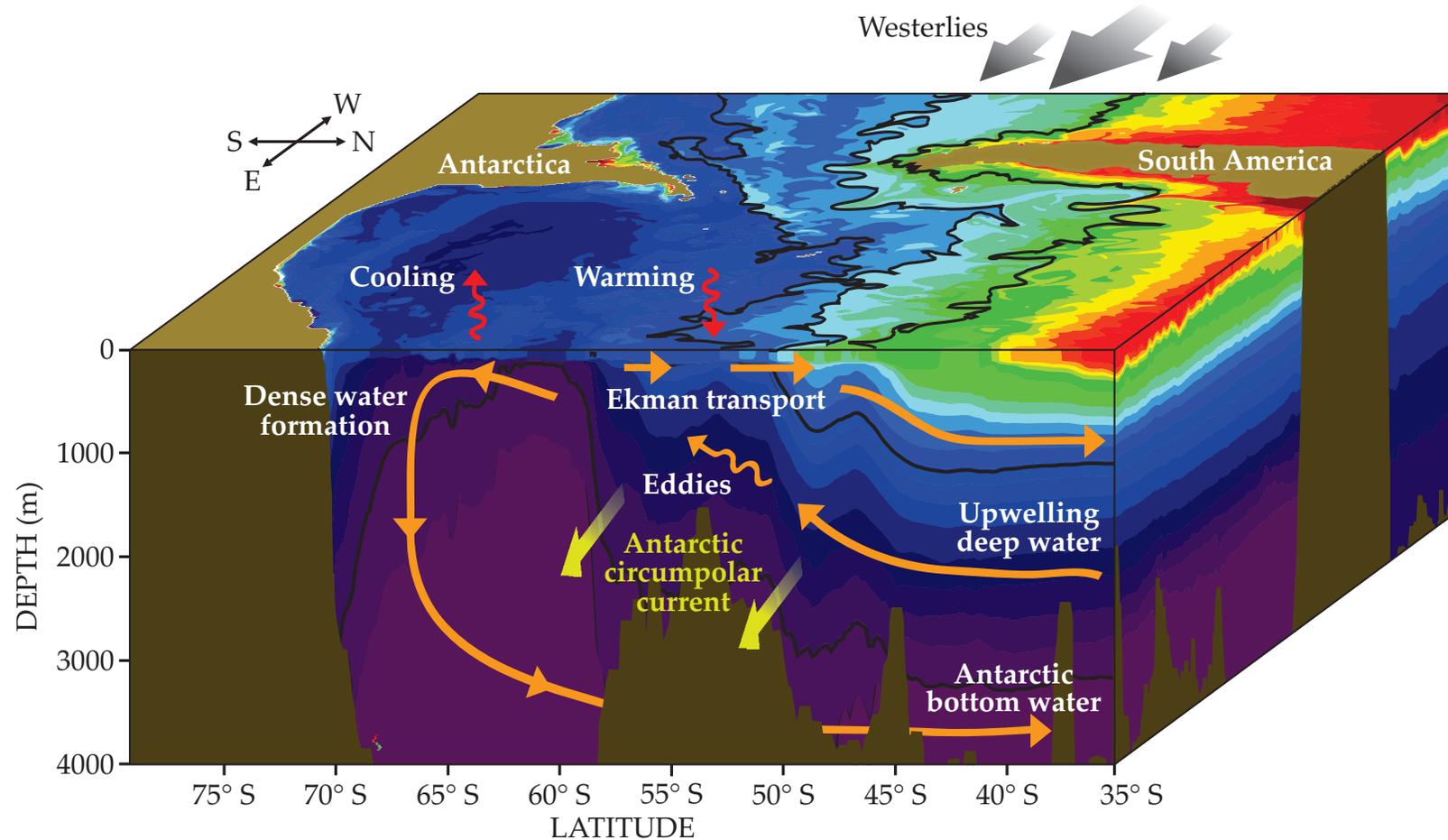
40-50 % der marinen CO₂ Aufnahme findet im Südozean statt

Kumulierter CO₂ Fluss in den Ozean von 1850 bis 2005*

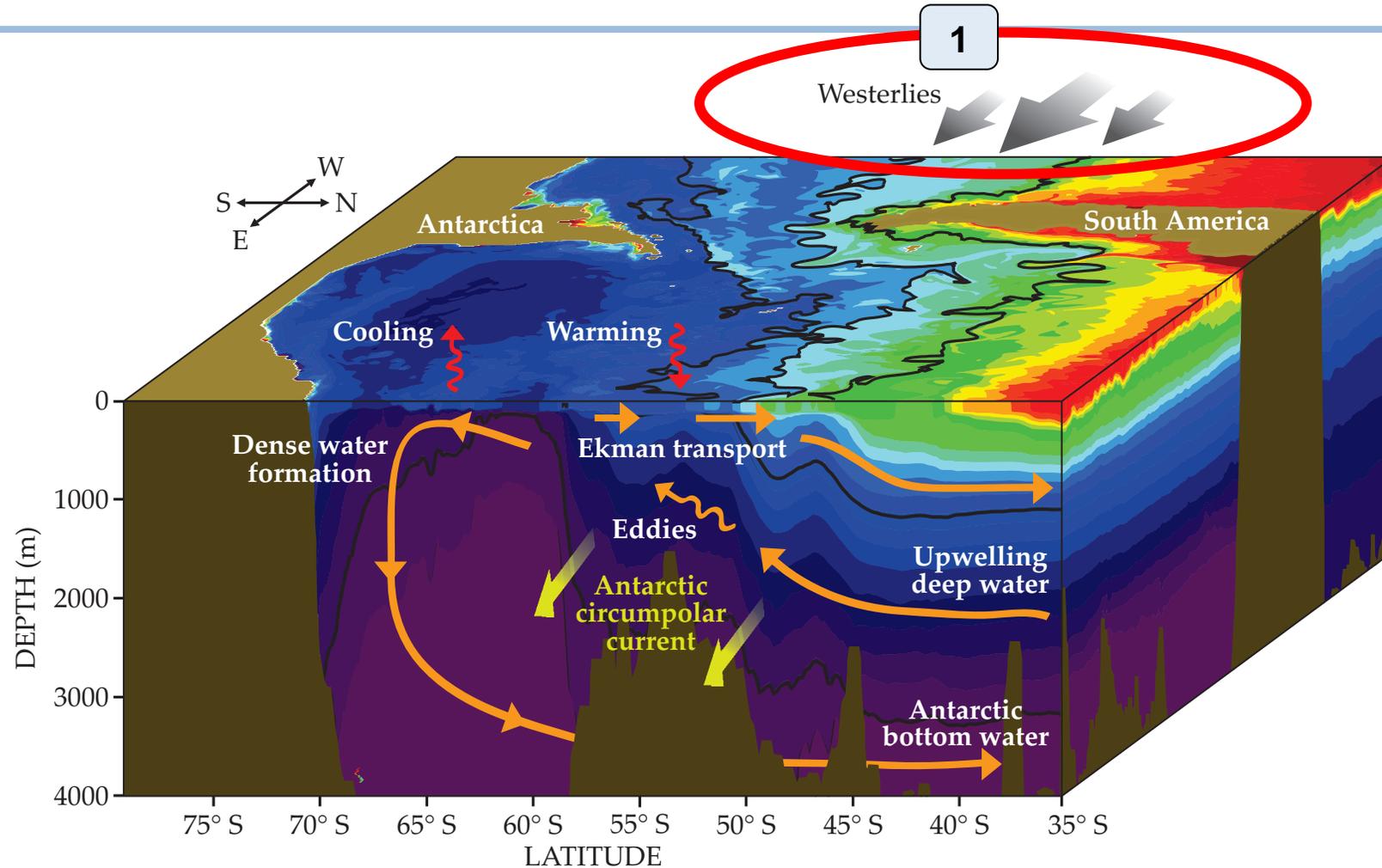


*berechnet von
Erdsystemmodellen

Die Zirkulation des Südozeans erlaubt eine besonders hohe anthropogene CO₂ Aufnahme

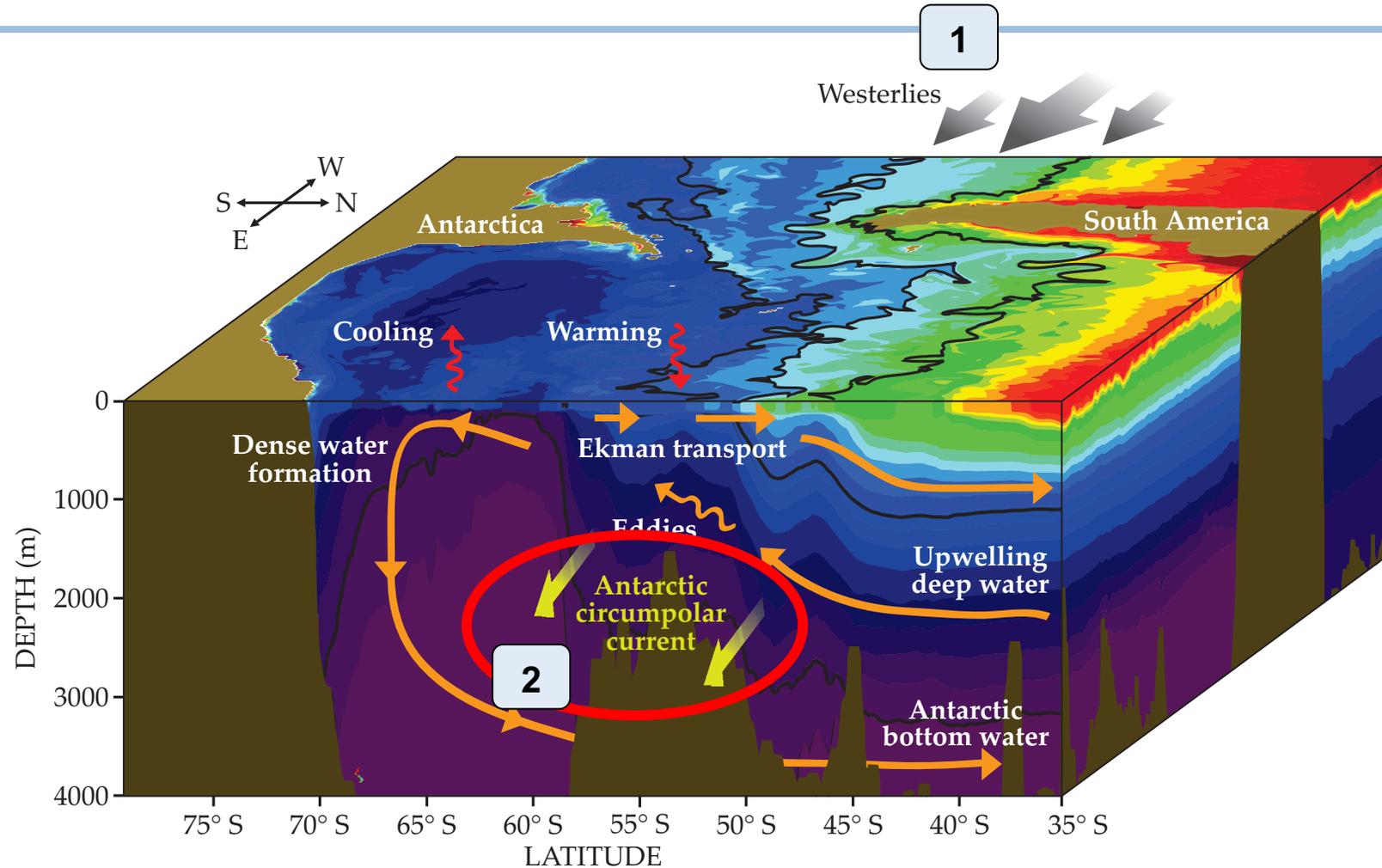


Die Zirkulation des Südozeans erlaubt eine besonders hohe anthropogene CO₂ Aufnahme



1 Westwinde

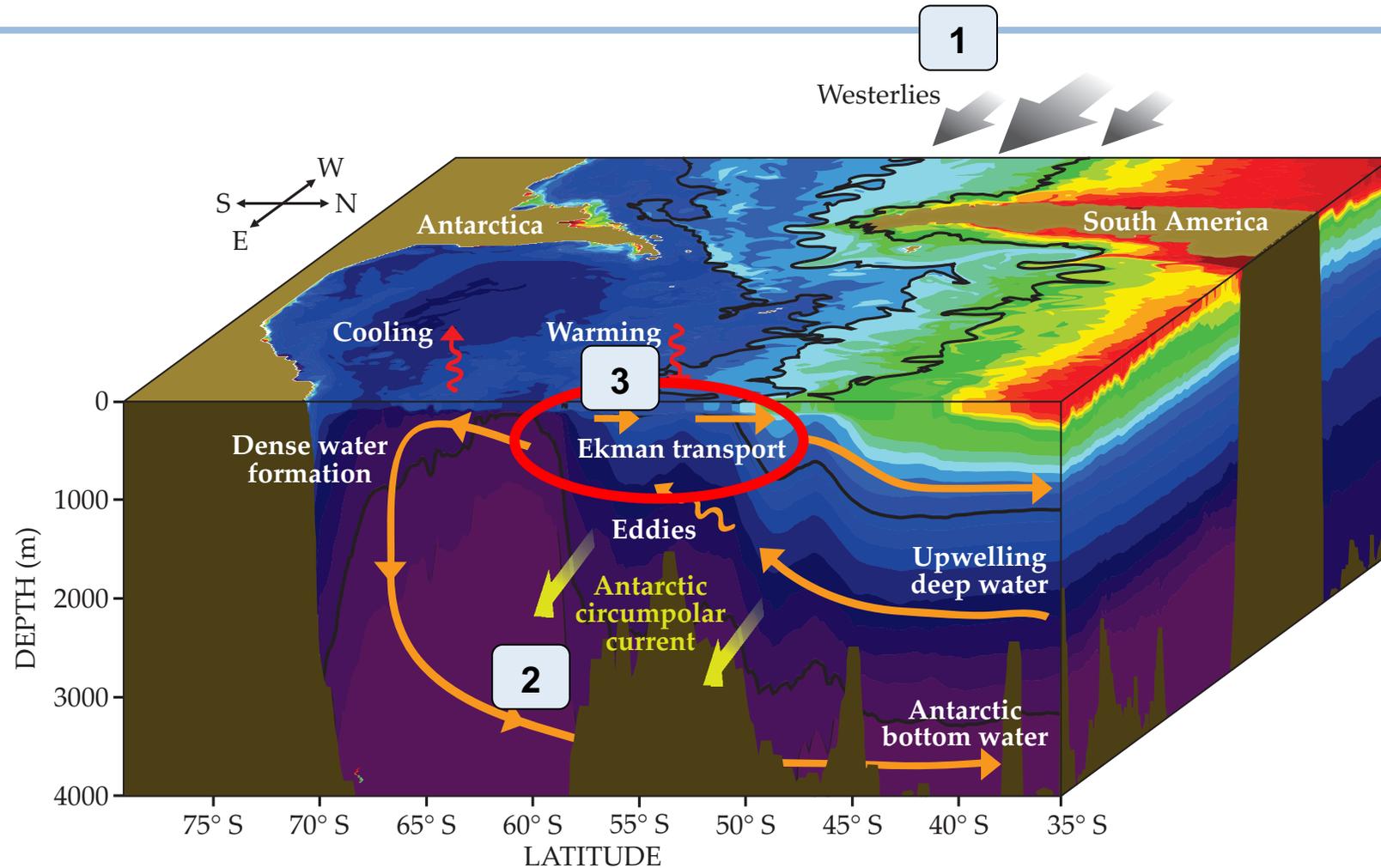
Die Zirkulation des Südozeans erlaubt eine besonders hohe anthropogene CO₂ Aufnahme



1 Westwinde

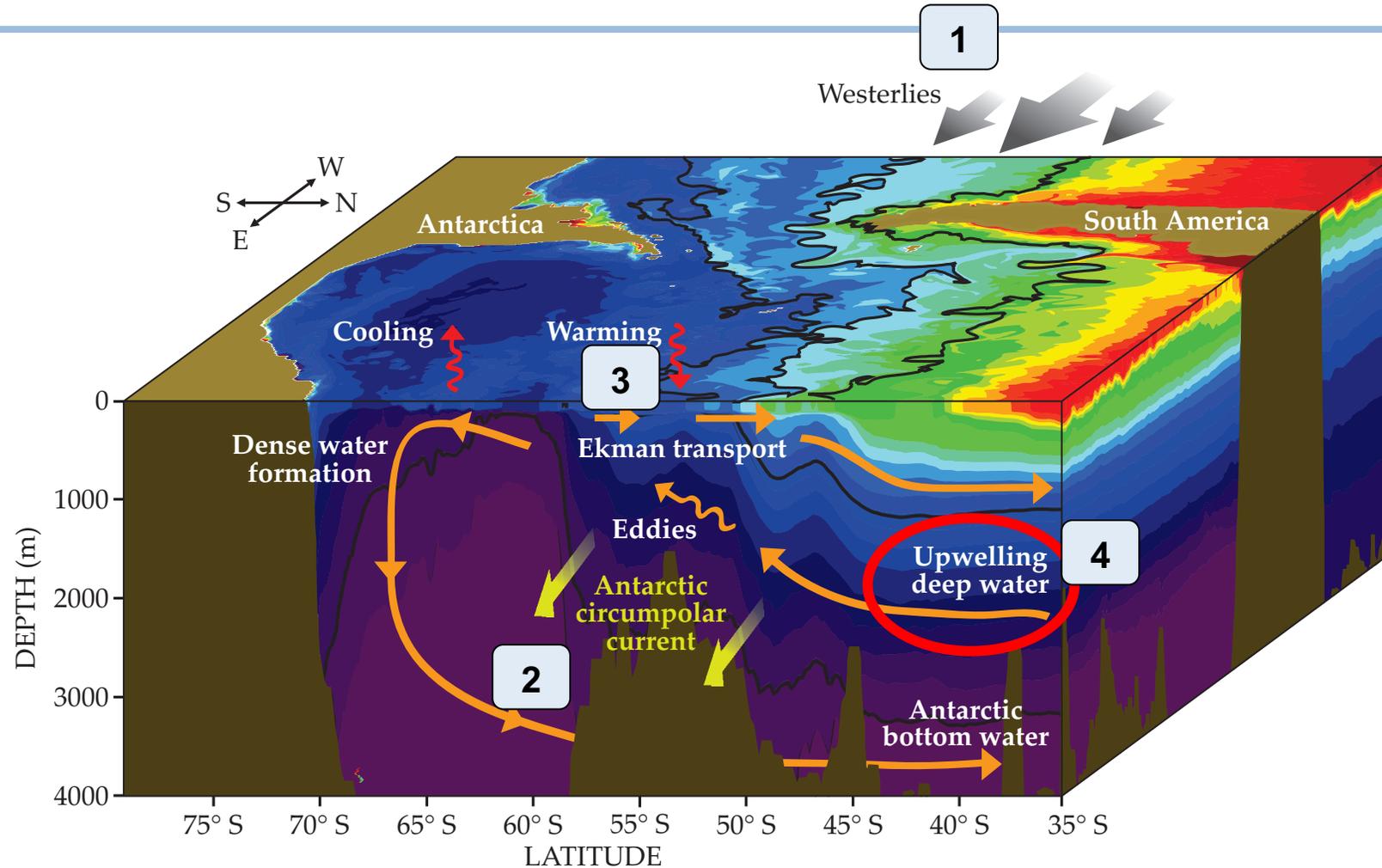
2 Antarktischer Zirkumpolarstrom

Die Zirkulation des Südozeans erlaubt eine besonders hohe anthropogene CO₂ Aufnahme



- 1** Westwinde
- 2** Antarktischer Zirkumpolarstrom
- 3** Oberflächenwasser wird nach Norden transportiert (Ekman)

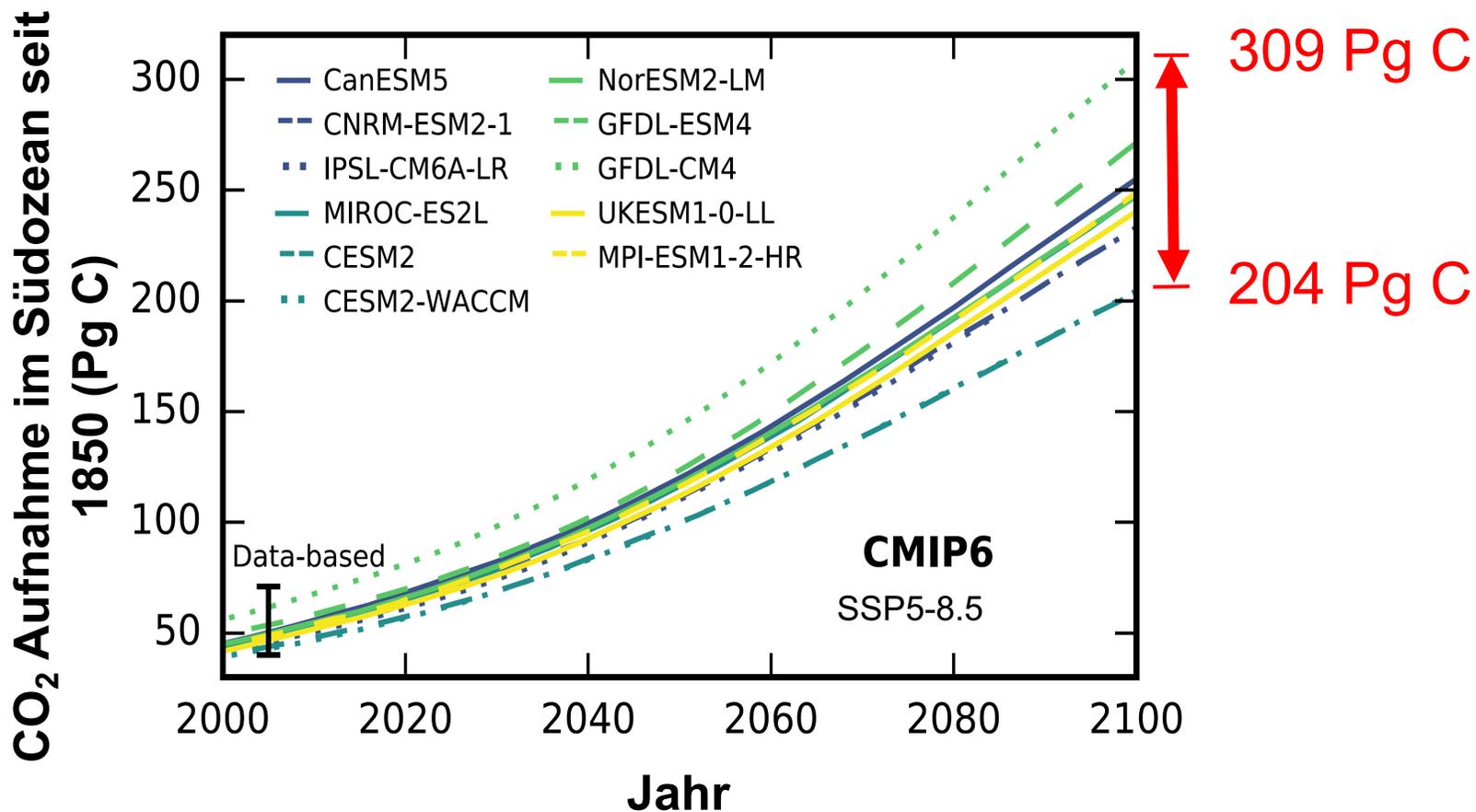
Die Zirkulation des Südozeans erlaubt eine besonders hohe anthropogene CO₂ Aufnahme



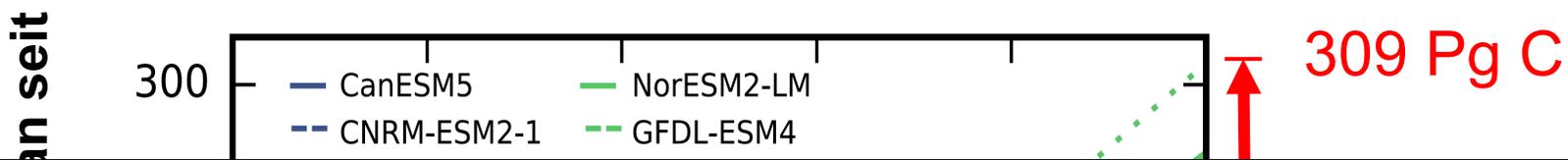
- 1** Westwinde
- 2** Antarktischer Zirkumpolarstrom
- 3** Oberflächenwasser wird nach Norden transportiert (Ekman)
- 4** Altes Tiefenwasser ersetzt das nach Norden fließende Oberflächenwassers

➔ CO₂ Aufnahme

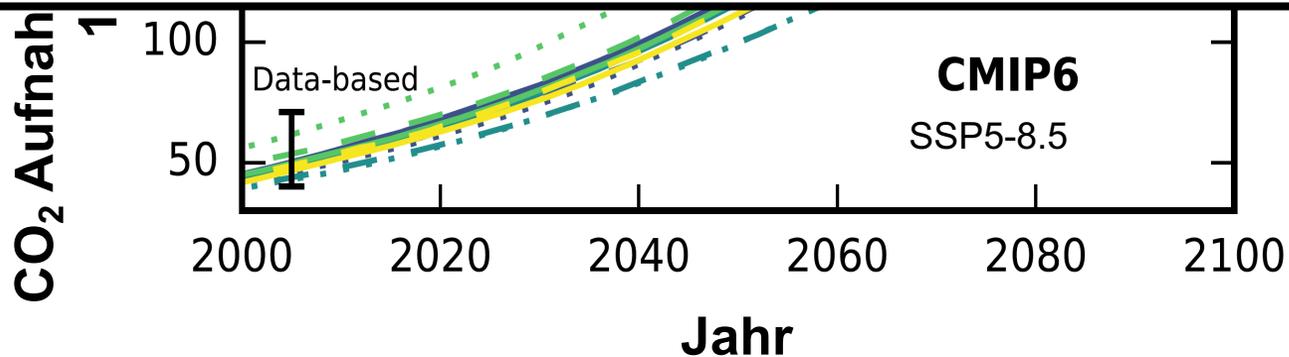
Die simulierte CO₂-Aufnahme im Südozean ist unsicher



Die simulierte CO₂-Aufnahme im Südozean ist unsicher

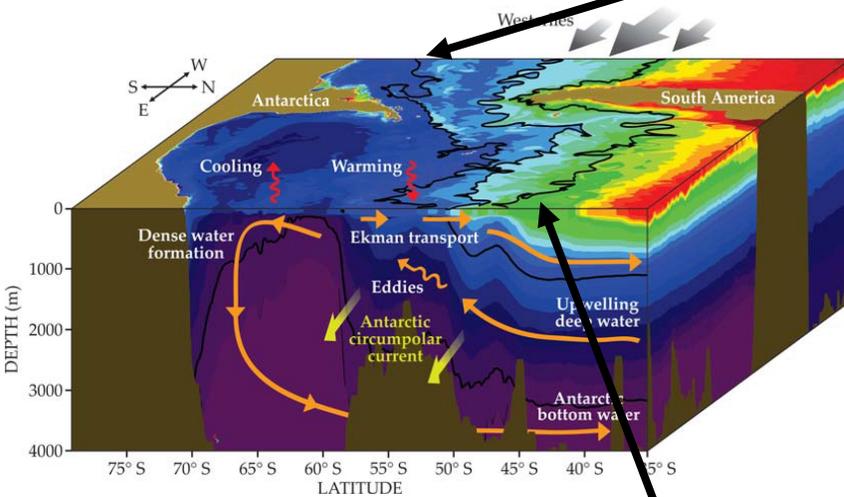


Können diese Vorhersagen verbessert werden?



Die Dichte des Wassers zwischen der Polarfront und der subtropischen Front sind wichtig für die Tiefenwasserbildung und CO₂ Aufnahme

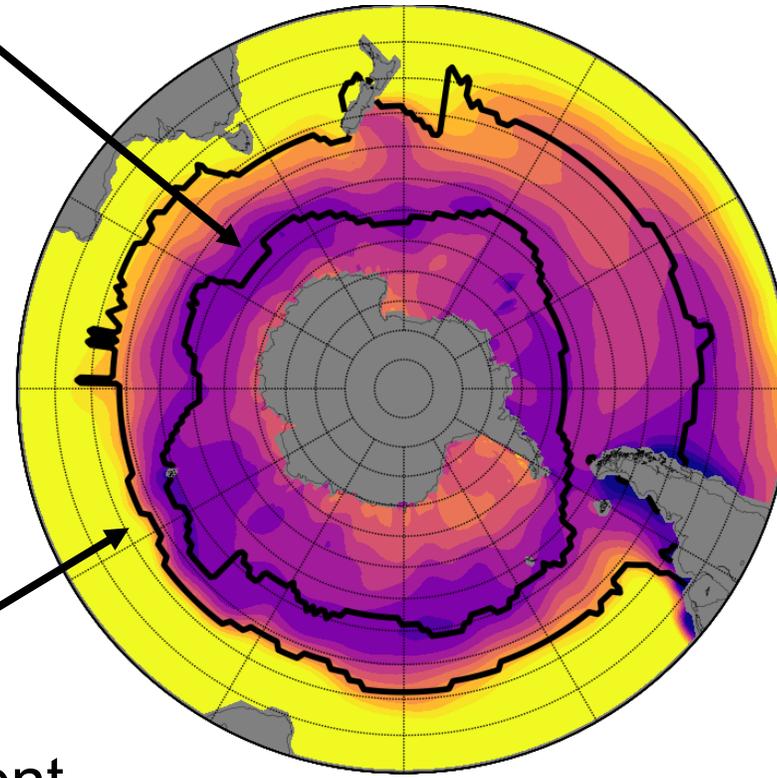
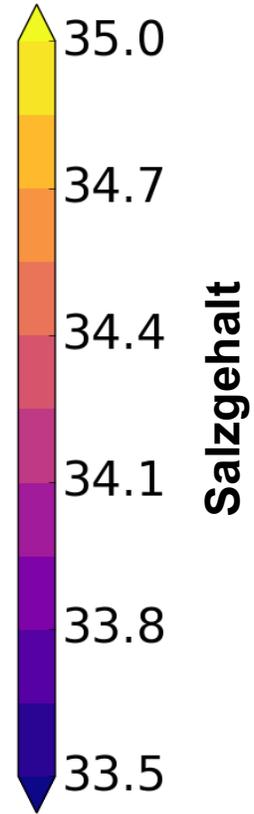
Polarfront



Subtropische Front

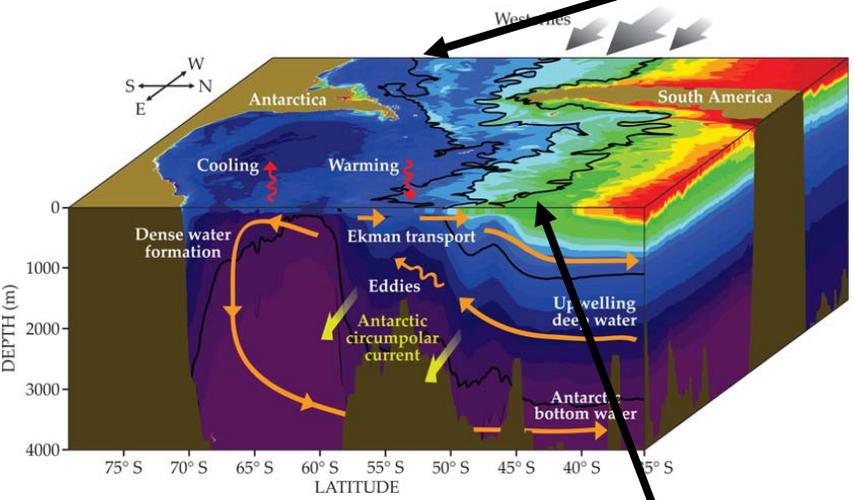
Die Dichte des Wassers wird im Südozean hauptsächlich durch den Salzgehalt beeinflusst

Beobachteter Salzgehalt

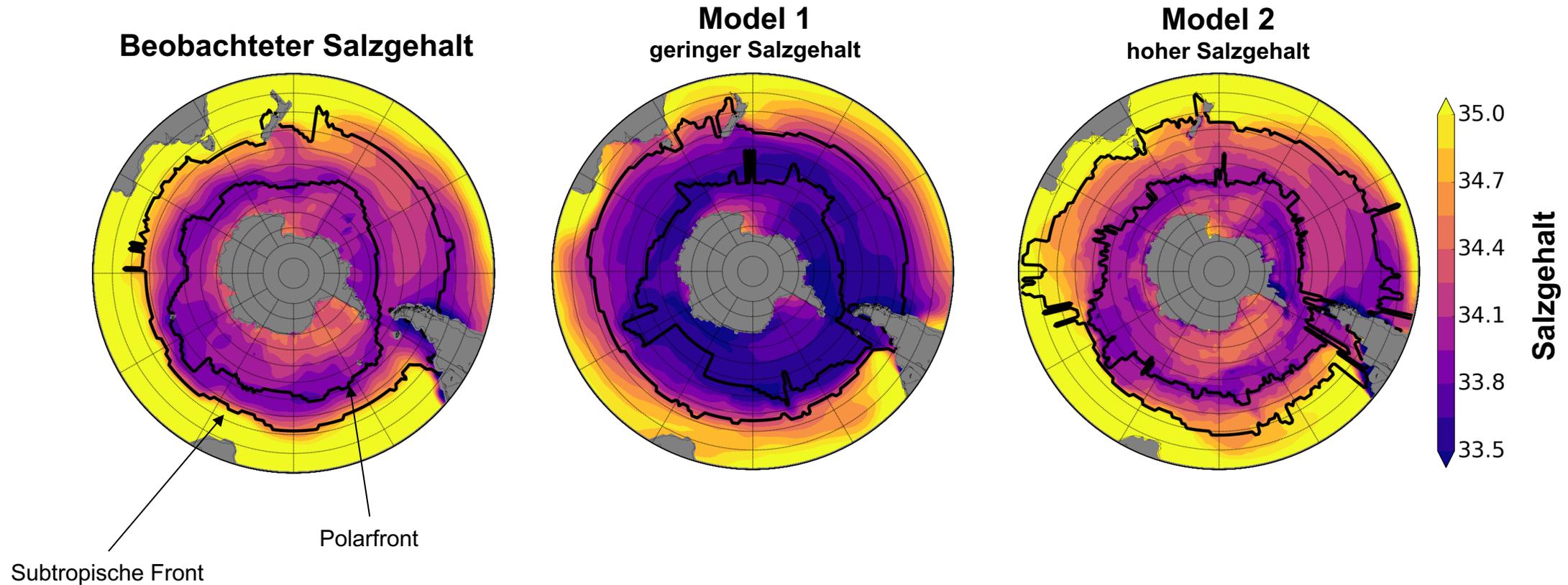


Polarfront

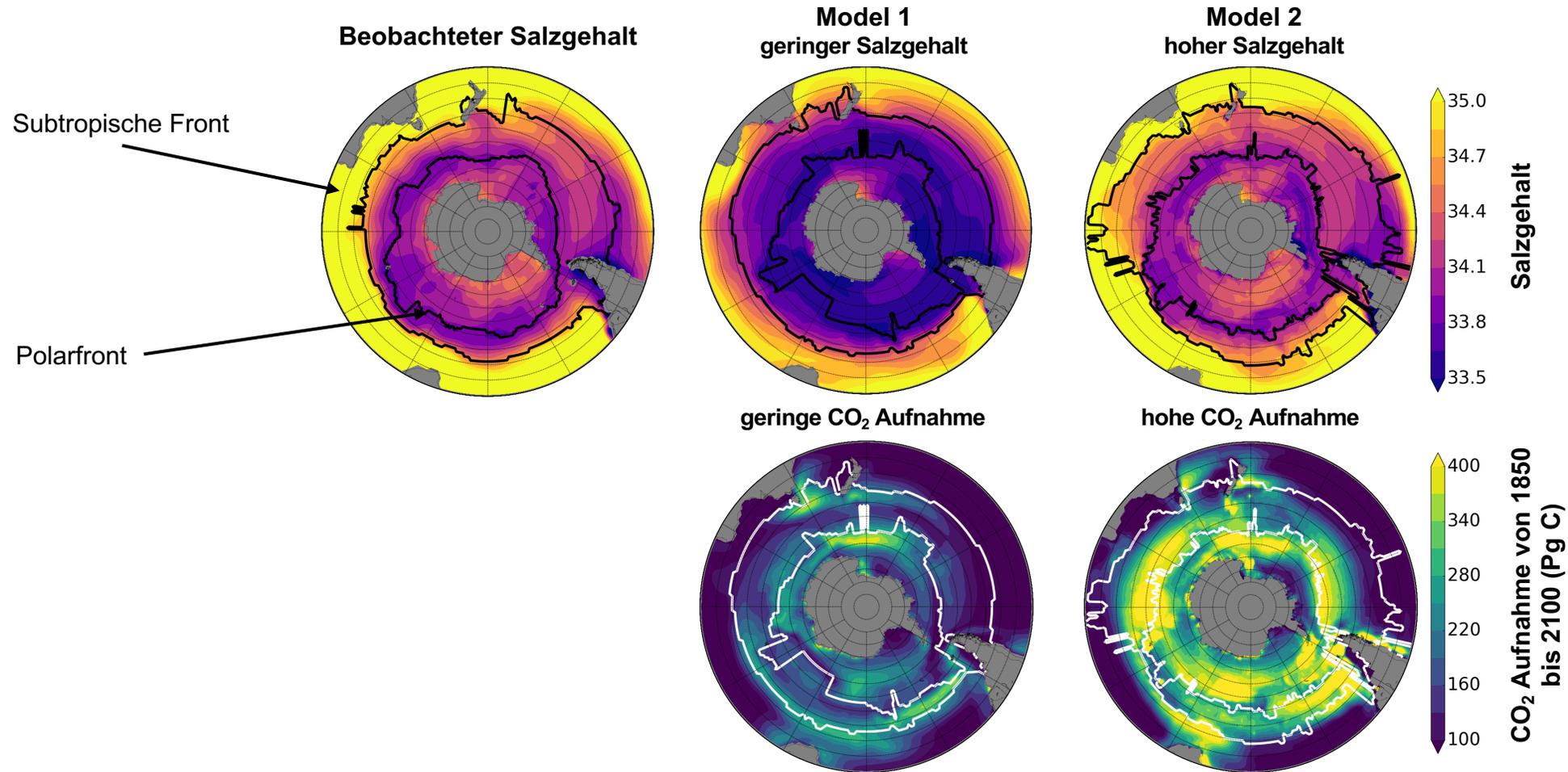
Subtropische Front



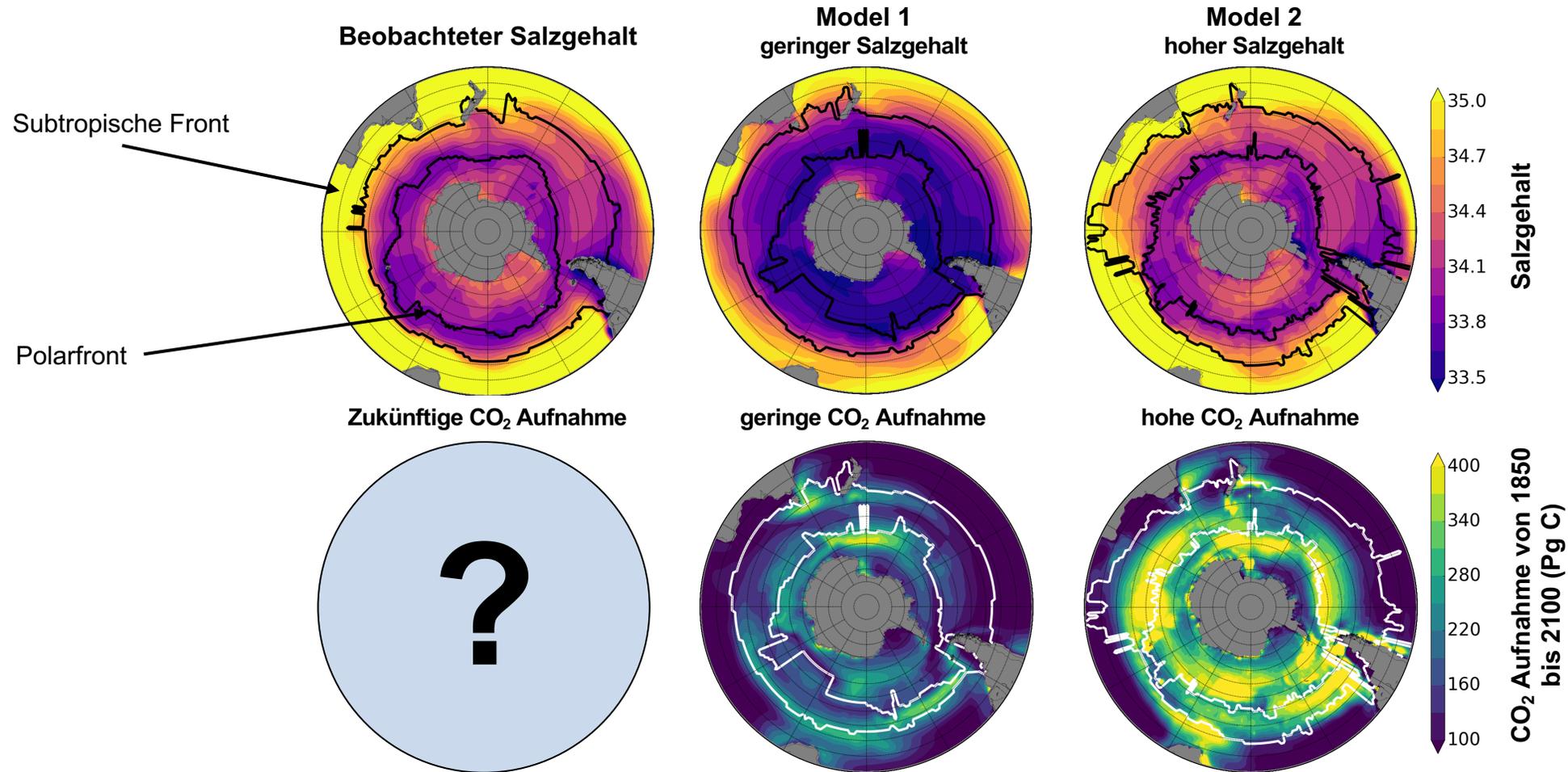
Höherer Salzgehalt an der Oberfläche
→ Schwereres Oberflächenwasser
→ mehr Tiefenwasserbildung



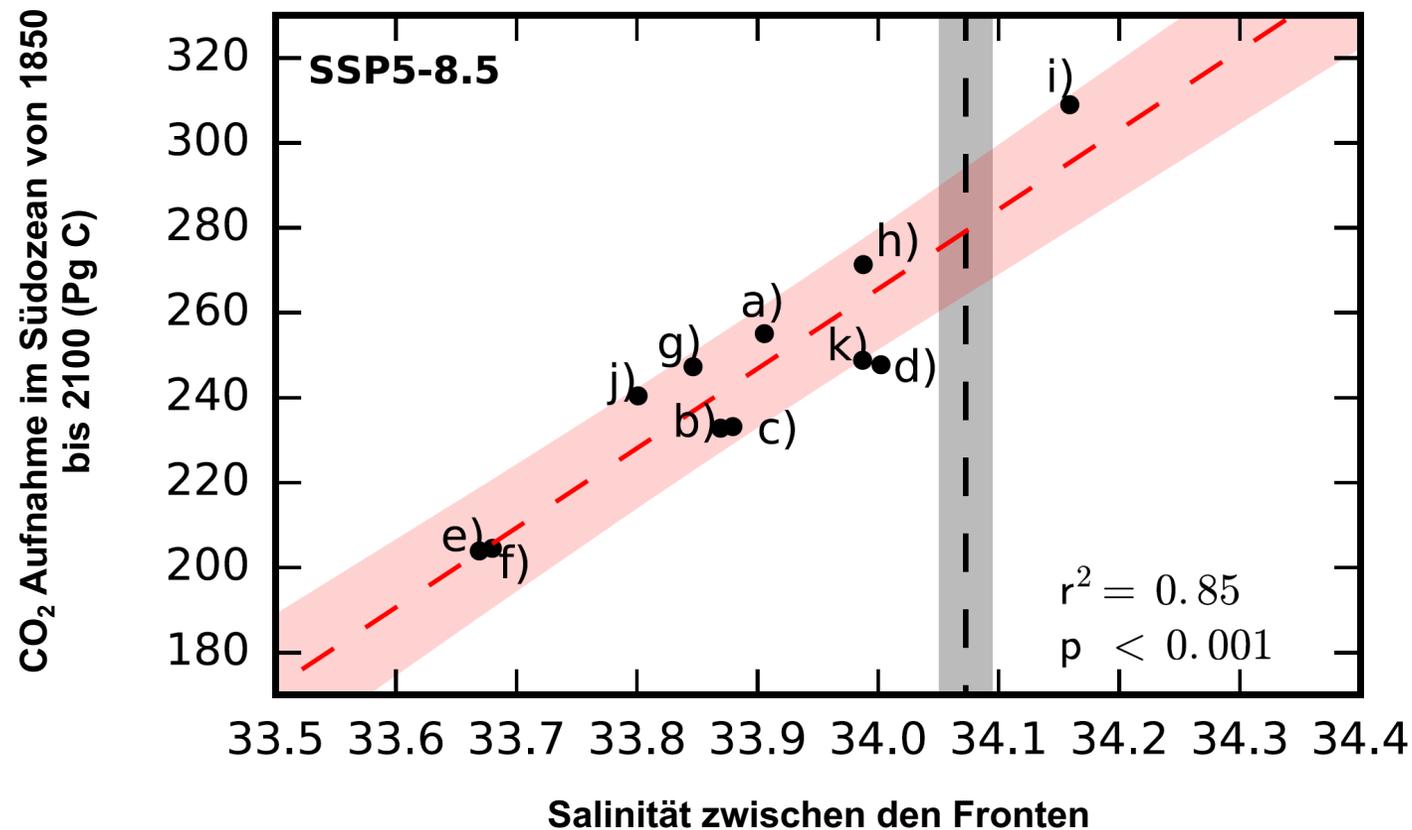
Höherer Salzgehalt an der Oberfläche
 → Schwereres Oberflächenwasser
 → mehr Tiefenwasserbildung
 → mehr CO₂ Aufnahme



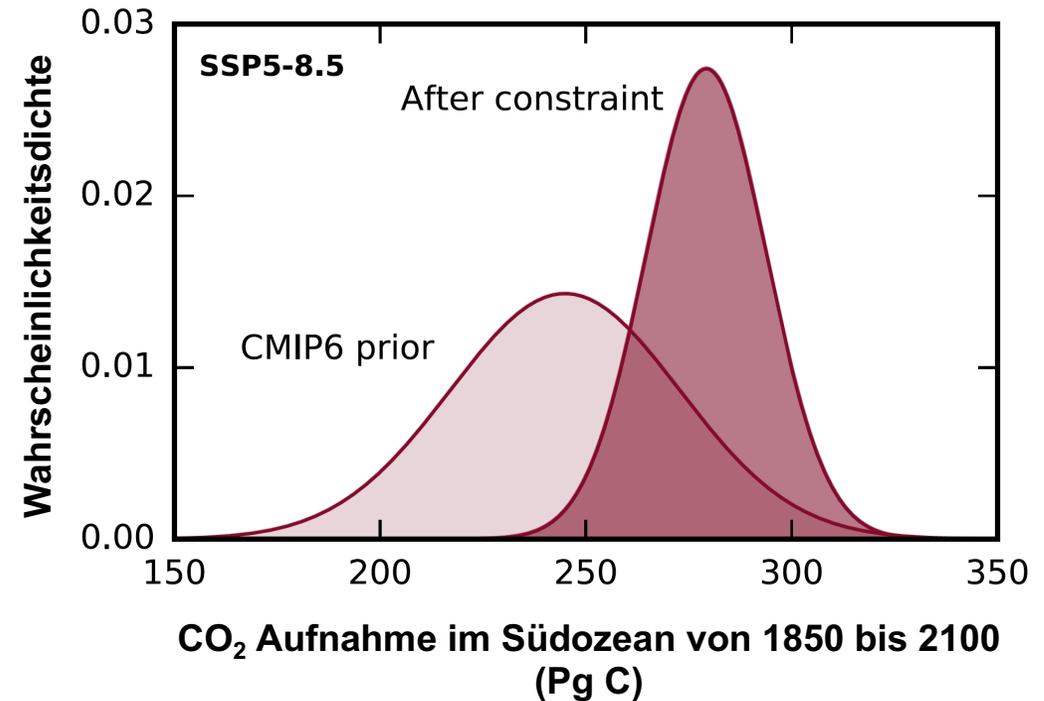
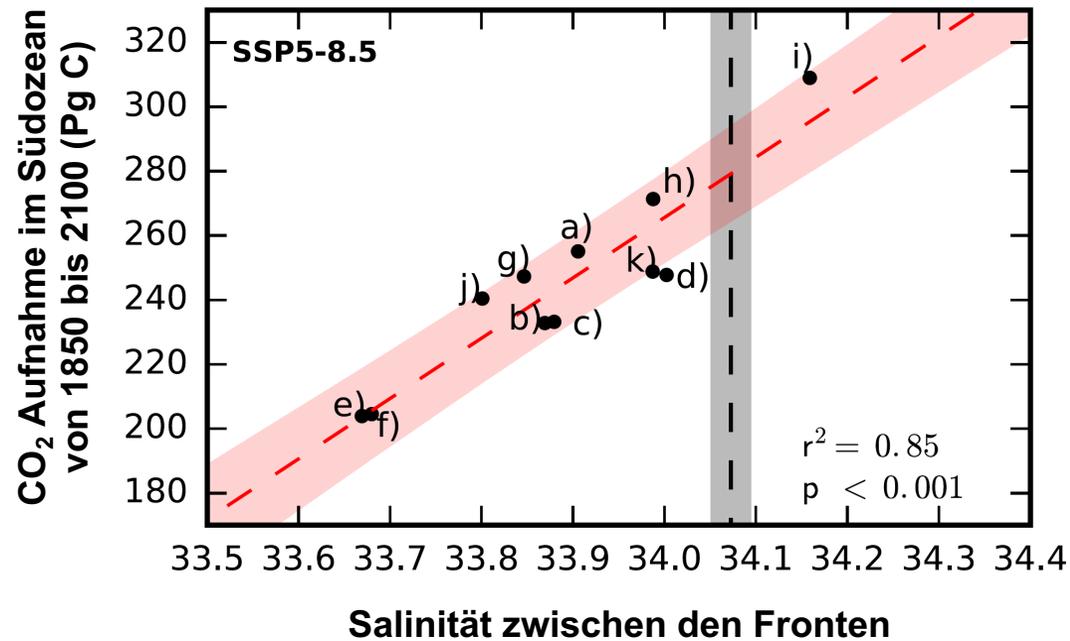
Höherer Salzgehalt an der Oberfläche
 → Schwereres Oberflächenwasser
 → mehr Tiefenwasserbildung
 → mehr CO₂ Aufnahme



Linearer Zusammenhang zwischen dem Salzgehalt zwischen den Fronten und der zukünftigen CO₂-Aufnahme im Südozean



Beobachtungen des Salzgehaltes erlauben es die CO₂-Aufnahme besser vorherzusagen



- Die Unsicherheit der zukünftigen CO₂ Aufnahme im Südozean ist nun 50% kleiner
- Ein systematischer Bias in den Modellen wurde korrigiert → CO₂ Aufnahme 14-18% grösser als gedacht

Schlussfolgerungen

- 1) Die korrekte Simulation des Frischwasserkreislaufes ist von entscheidender Bedeutung für die Simulation der Zirkulation und CO₂ Aufnahme im Südozean
- 2) Es gibt eine starke Verbindung zwischen dem Salzgehalt an der Wasseroberfläche zwischen der subtropischen Front und der Polarfront und der Aufnahme von CO₂ im Südozean
- 3) Unsere Studie erlaubt es die Unsicherheiten im Bezug auf die zukünftige CO₂ Aufnahme im Südozean um 50% zu reduzieren und einen negativen Bias zu korrigieren



Für die Verleihung des Prix de Quervains möchte ich mich ganz herzlich beim Prix de Quervain Komitee bedanken. Es tut mir sehr leid, dass ich nicht persönlich vor Ort sein kann. Ganz besonders möchte ich mich auch bei meinen Kollegen und Mentoren Thomas Frölicher und Fortunat Joos für die so harmonische und produktive Zusammenarbeit bedanken. Ohne euch, die KUP und die Universität Bern wäre dies nicht möglich gewesen.

Jens, 23.11. 2022