

Jens Terhaar  
jterhaar@whoi.edu



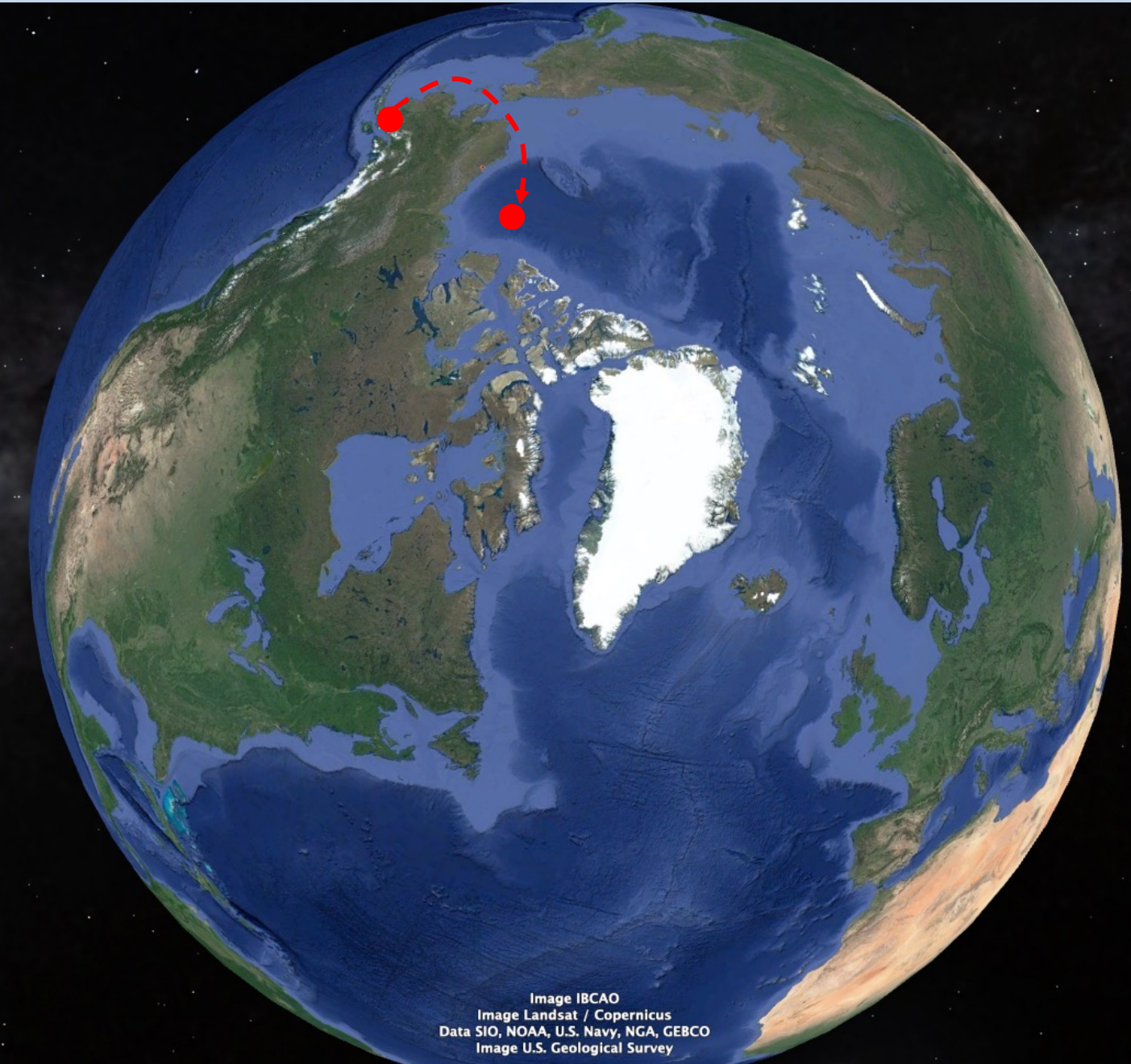


Image IBCAO  
Image Landsat / Copernicus  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO  
Image U.S. Geological Survey



### R/V Sikuliaq

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

# Aufnahme des anthropogenen CO<sub>2</sub> im Südozean

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

@JensTerhaar

u<sup>b</sup>

UNIVERSITÄT  
BERN

OESCHGER CENTRE  
CLIMATE CHANGE RESEARCH



FNSNF  
SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

OCEANOGRAPHY

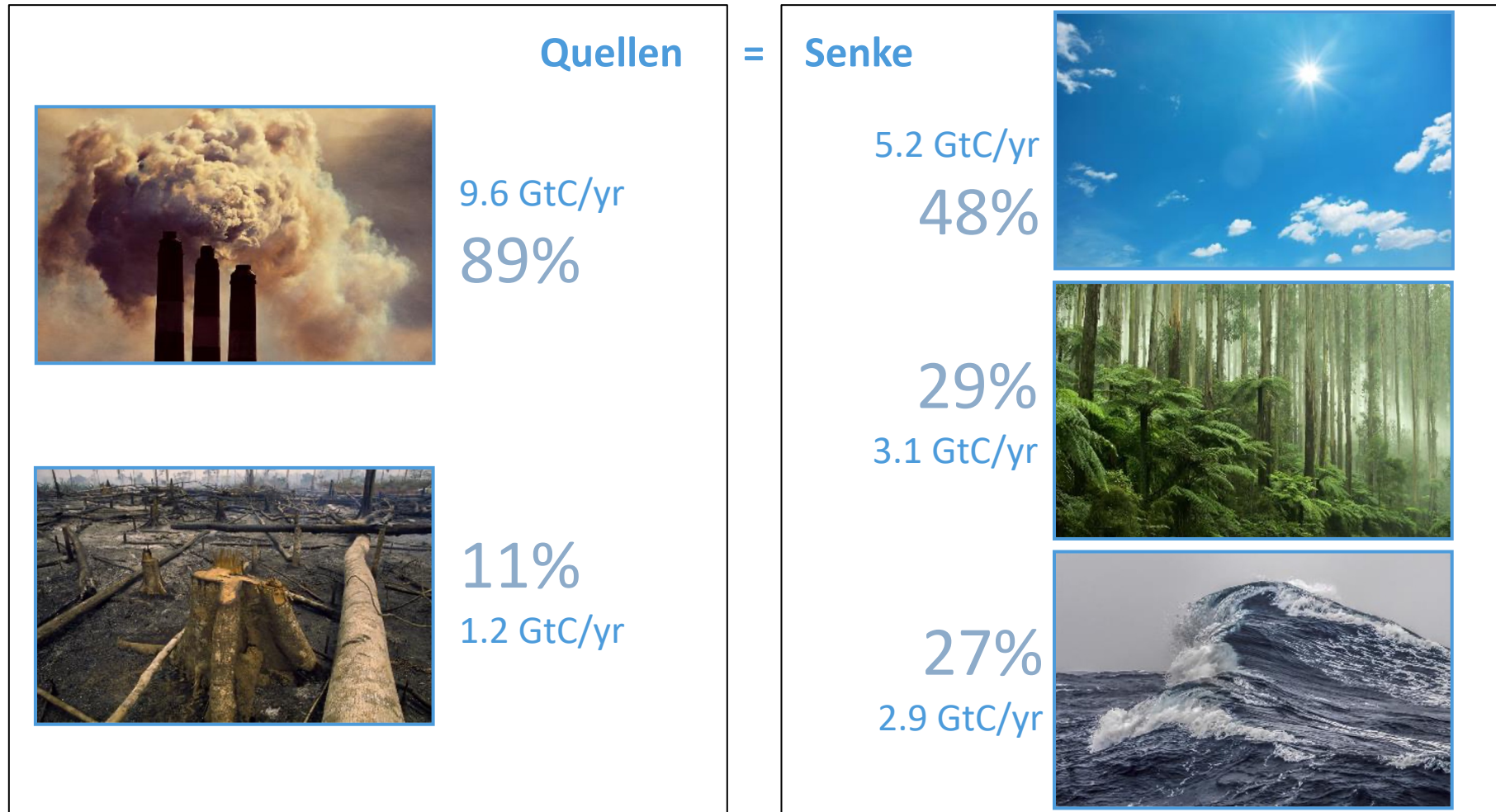
## Southern Ocean anthropogenic carbon sink constrained by sea surface salinity

J. Terhaar<sup>1,2\*</sup>, T. L. Frölicher<sup>1,2</sup>, F. Joos<sup>1,2</sup>

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  $158 \pm 6$  petagrams of carbon under the low emissions scenario Shared Socioeconomic Pathway 1-2.6 (SSP1-2.6) and to  $279 \pm 14$  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).

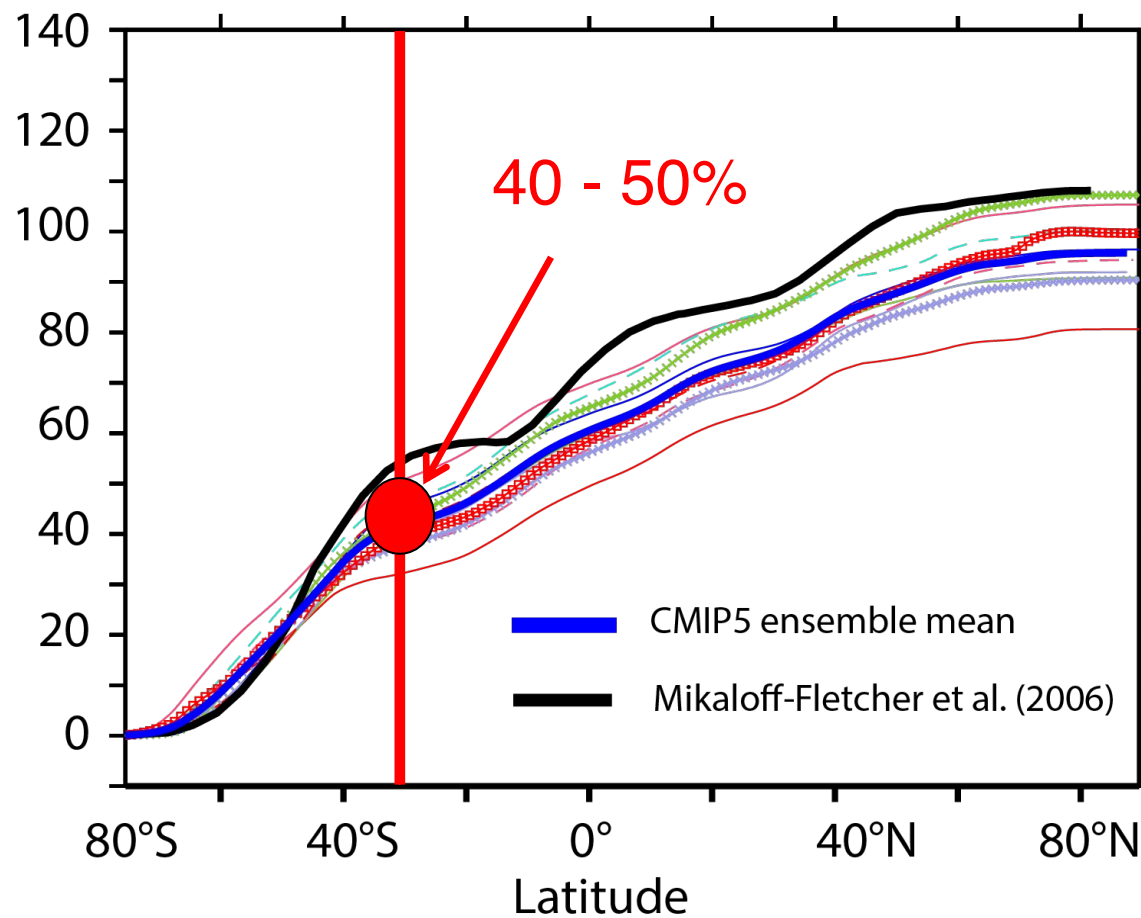
# Der Ozean nimmt etwa $\frac{1}{4}$ der anthropogenen CO<sub>2</sub> Emissionen auf



Zahlen von 2012-2021

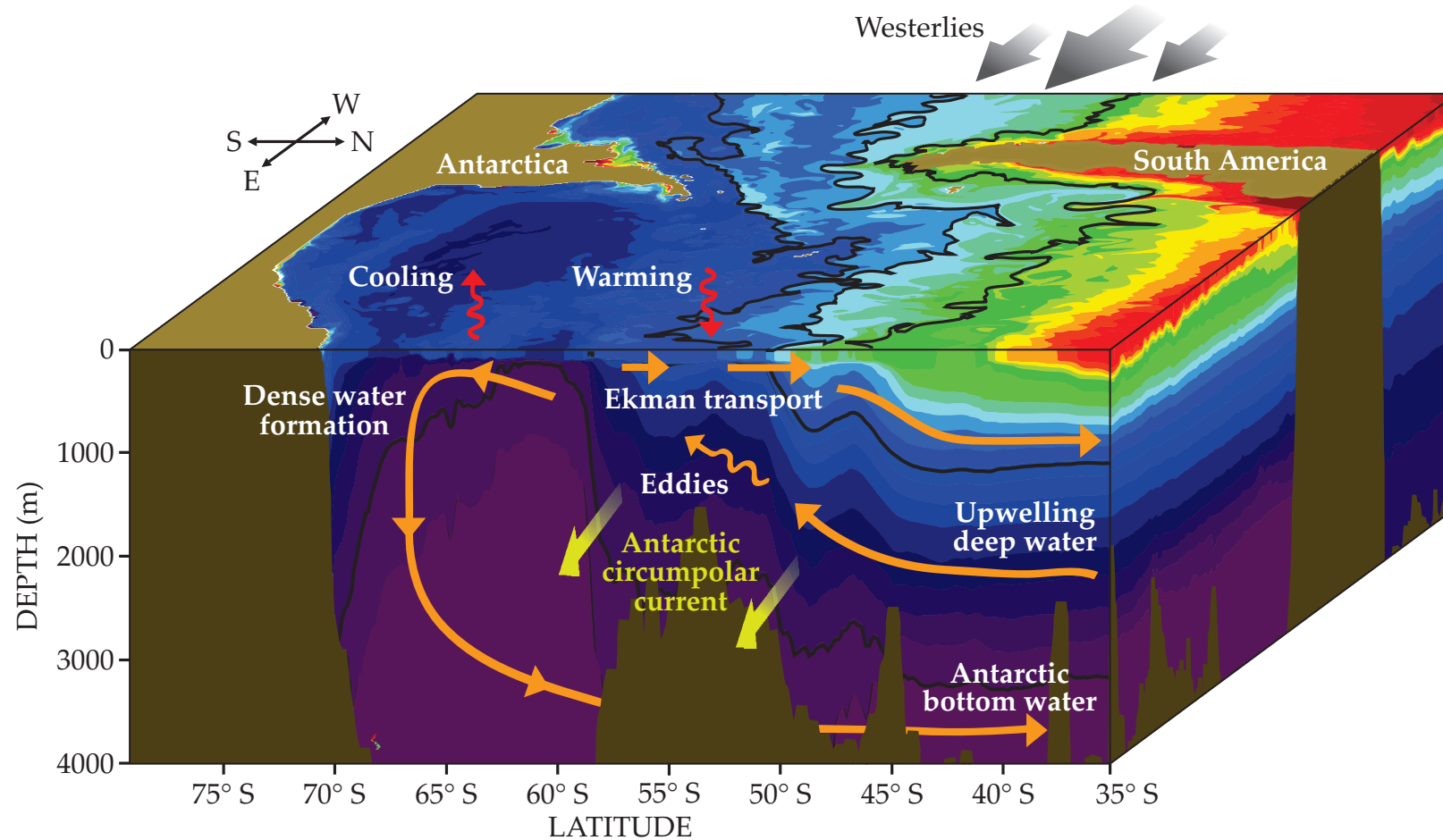
# 40-50 % der marinen CO<sub>2</sub> Aufnahme findet im Südozean statt

Kumulierter CO<sub>2</sub> Fluss in den Ozean von 1850 bis 2005\*

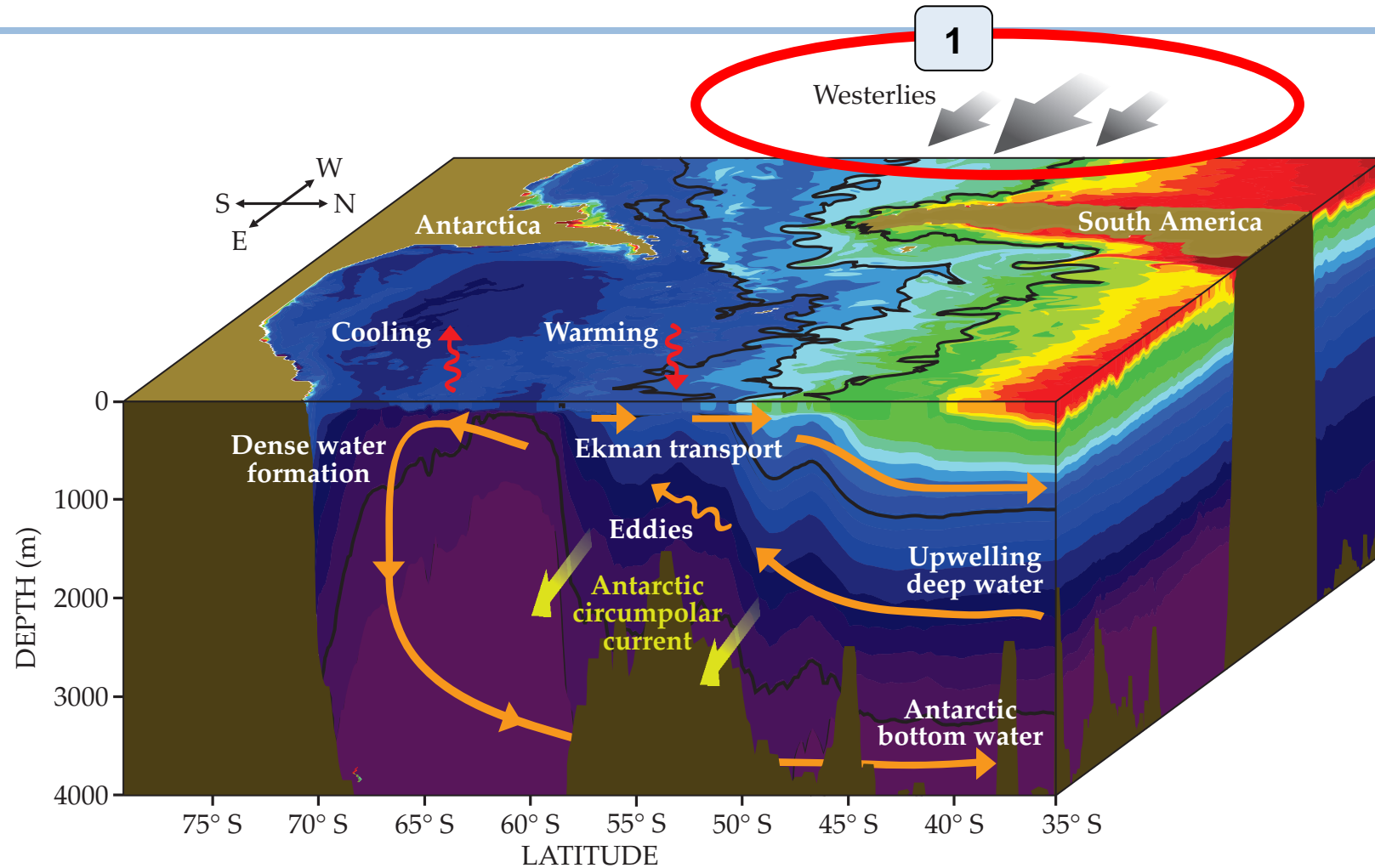


\*berechnet von  
Erdsystemmodellen

# Die Zirkulation des Südozeans erlaubt eine besonders hohe anthropogene CO<sub>2</sub> Aufnahme

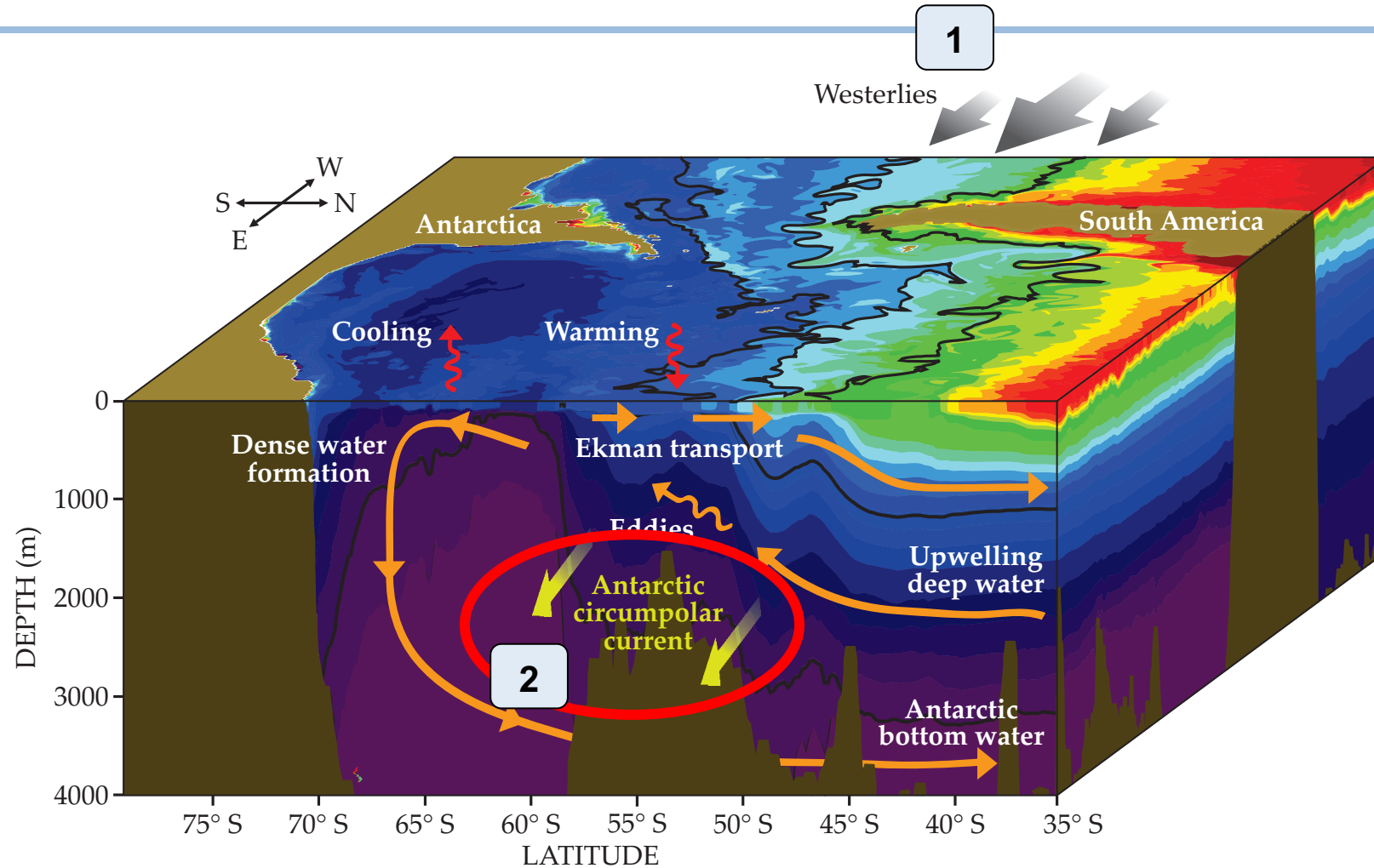


# Die Zirkulation des Südozeans erlaubt eine besonders hohe anthropogene CO<sub>2</sub> Aufnahme



1 Westwinde

# Die Zirkulation des Südozeans erlaubt eine besonders hohe anthropogene CO<sub>2</sub> Aufnahme

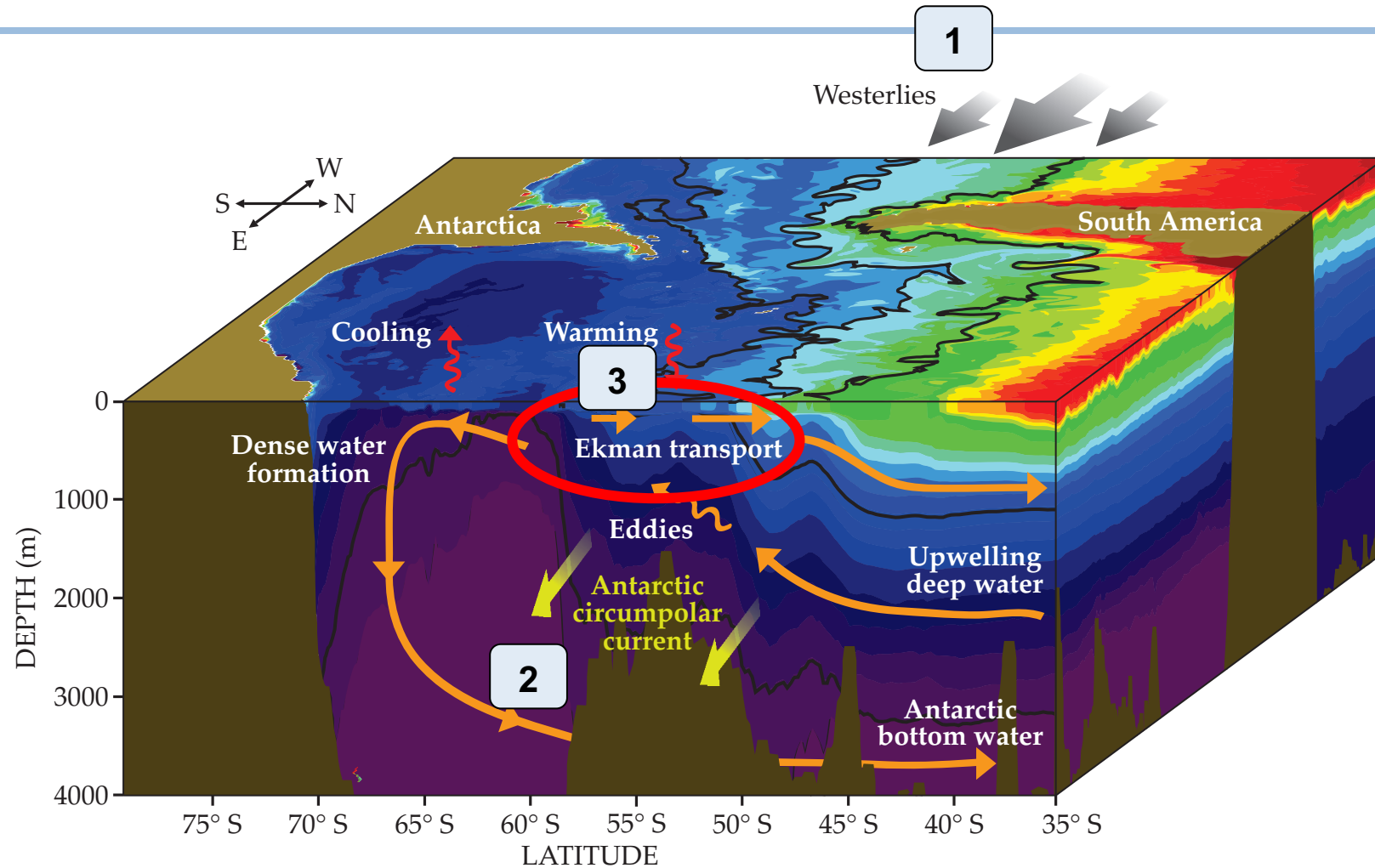


1 Westwinde

2 Antarktischer Zirkumpolarstrom

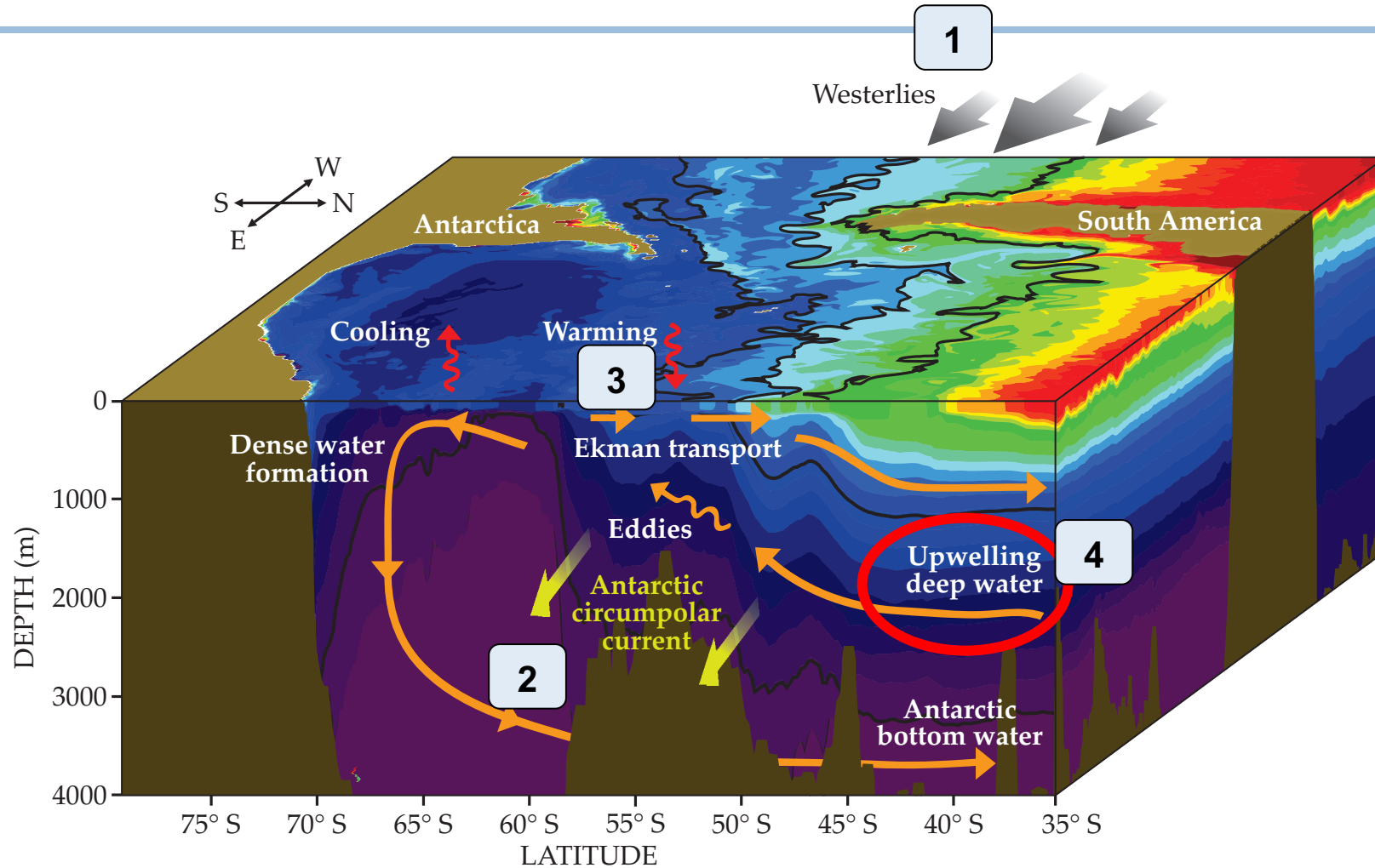


# Die Zirkulation des Südozeans erlaubt eine besonders hohe anthropogene CO<sub>2</sub> Aufnahme



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

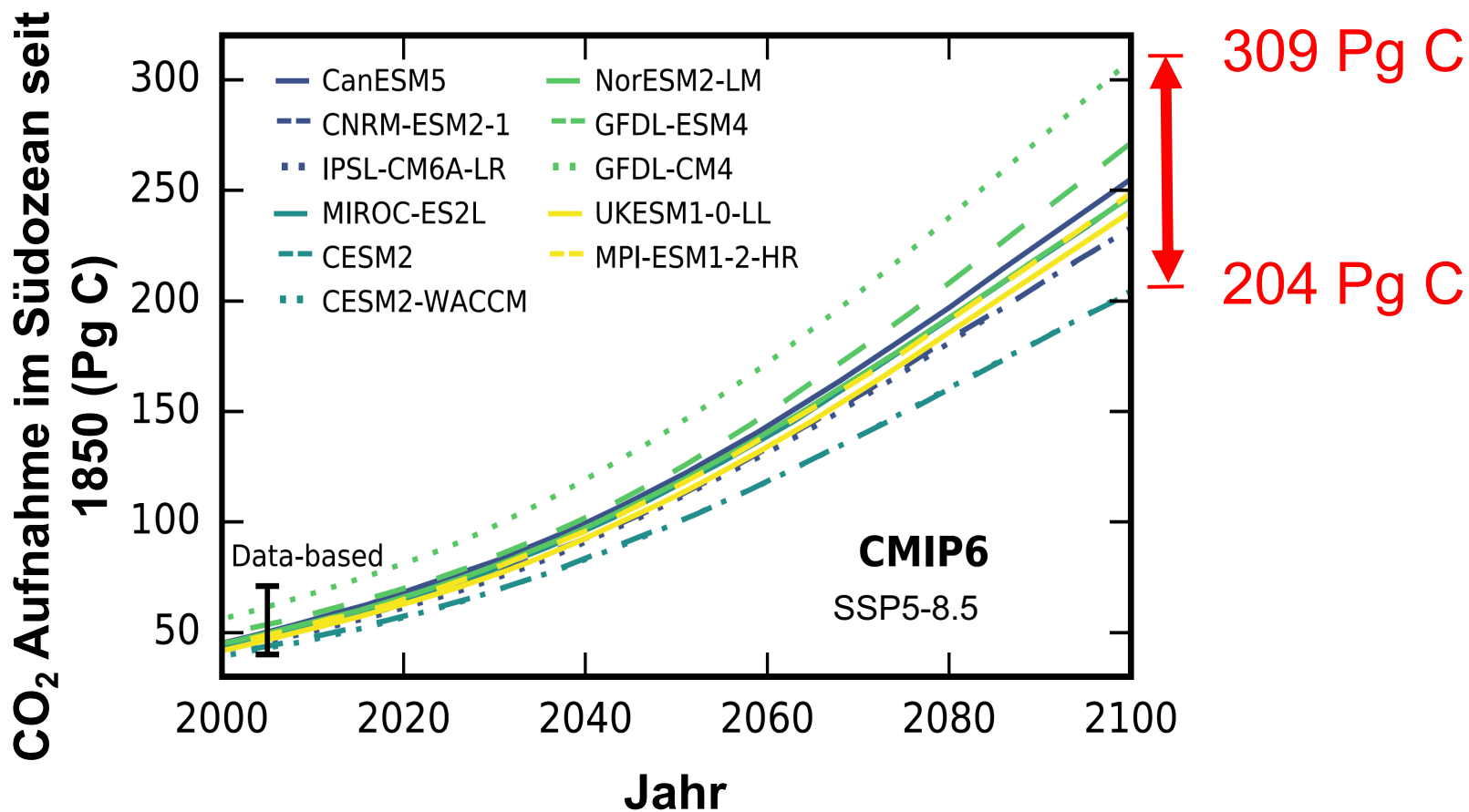
# Die Zirkulation des Südozeans erlaubt eine besonders hohe anthropogene CO<sub>2</sub> Aufnahme



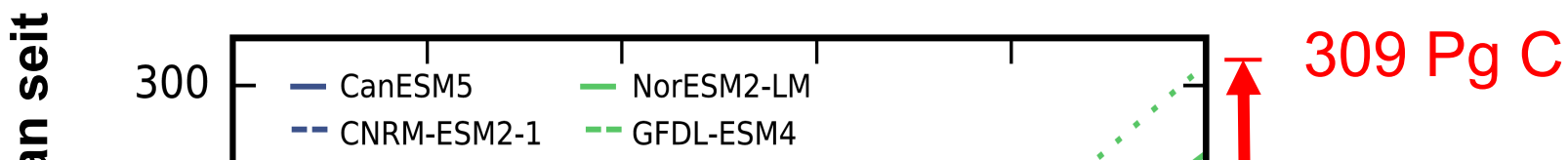
- 1** Westwinde
- 2** Antarktischer Zirkumpolarstrom
- 3** Oberflächenwasser wird nach Norden transportiert (Ekman)
- 4** Altes Tiefenwasser ersetzt das nach Norden fließende Oberflächenwassers

➔ CO<sub>2</sub> Aufnahme

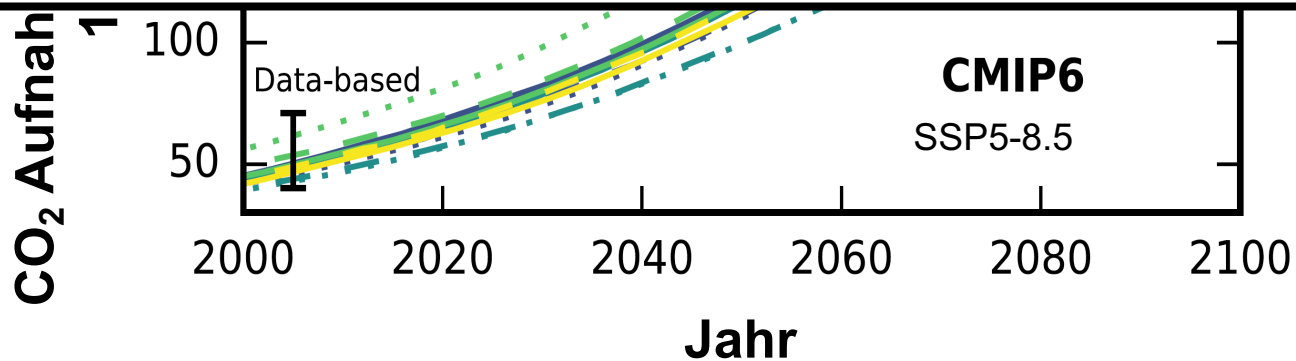
# Die simulierte CO<sub>2</sub>-Aufnahme im Südozean ist unsicher



# Die simulierte CO<sub>2</sub>-Aufnahme im Südozean ist unsicher

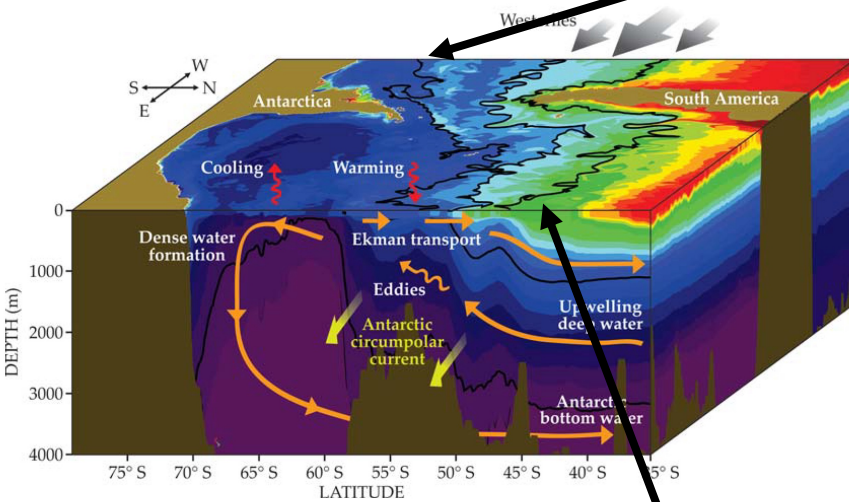


**Können diese Vorhersagen verbessert werden?**



# Die Dichte des Wassers zwischen der Polarfront und der subtropischen Front sind wichtig für die Tiefenwasserbildung und CO<sub>2</sub> Aufnahme

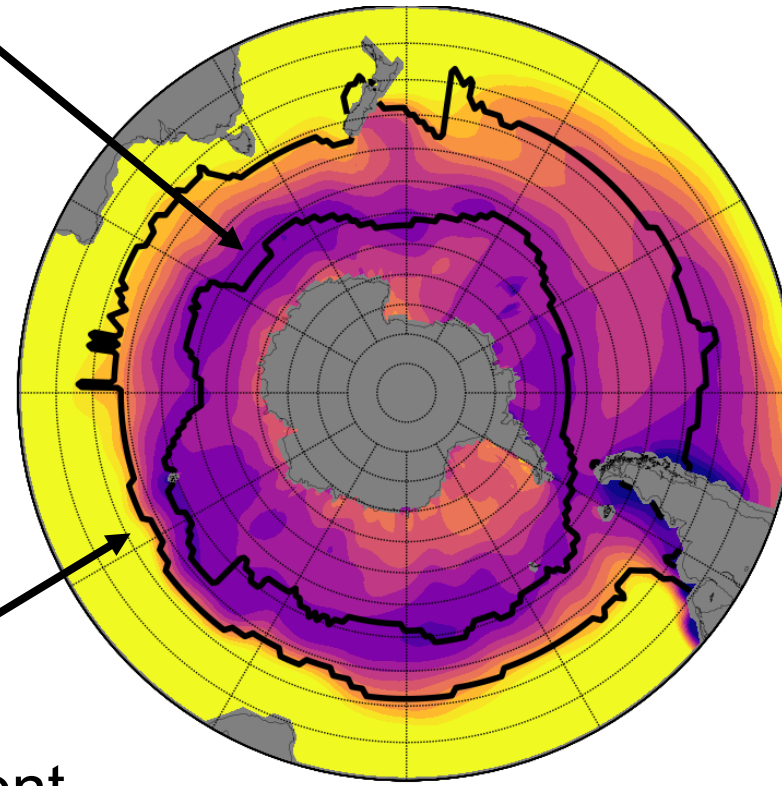
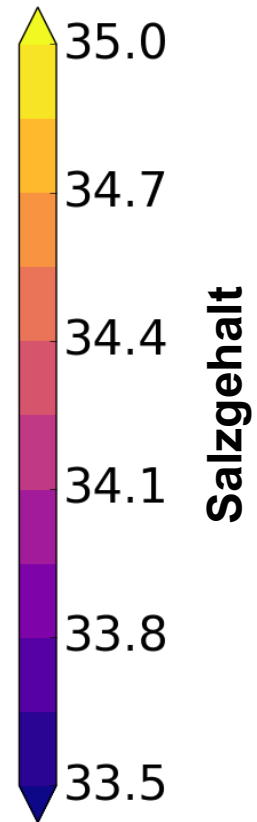
Polarfront



Subtropische Front

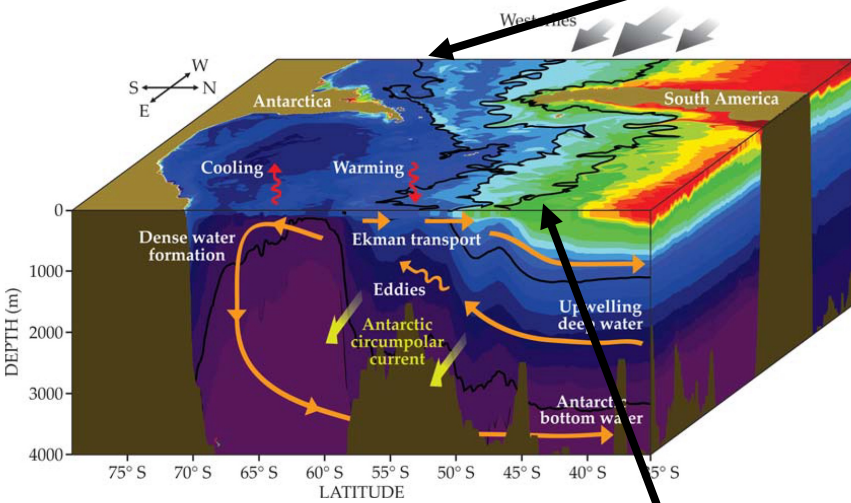
# Die Dichte des Wassers wird im Südozean hauptsächlich durch den Salzgehalt beeinflusst

## Beobachteter Salzgehalt

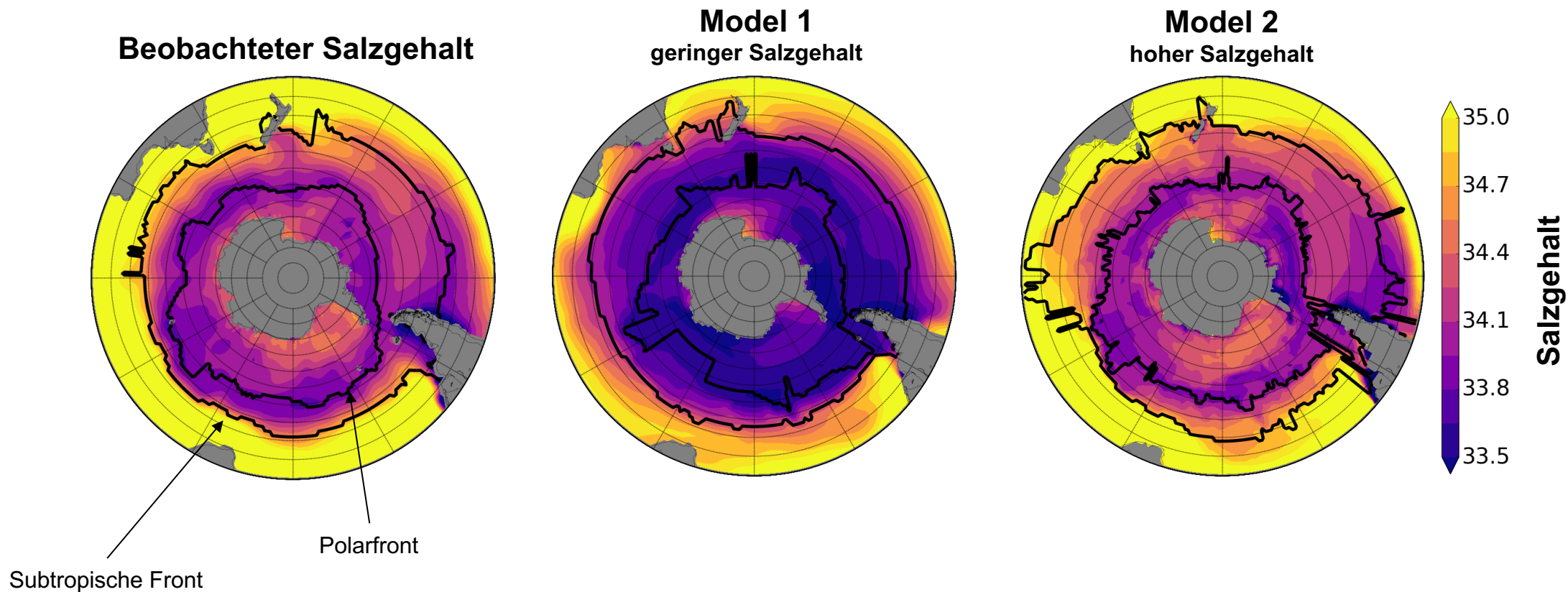


Polarfront

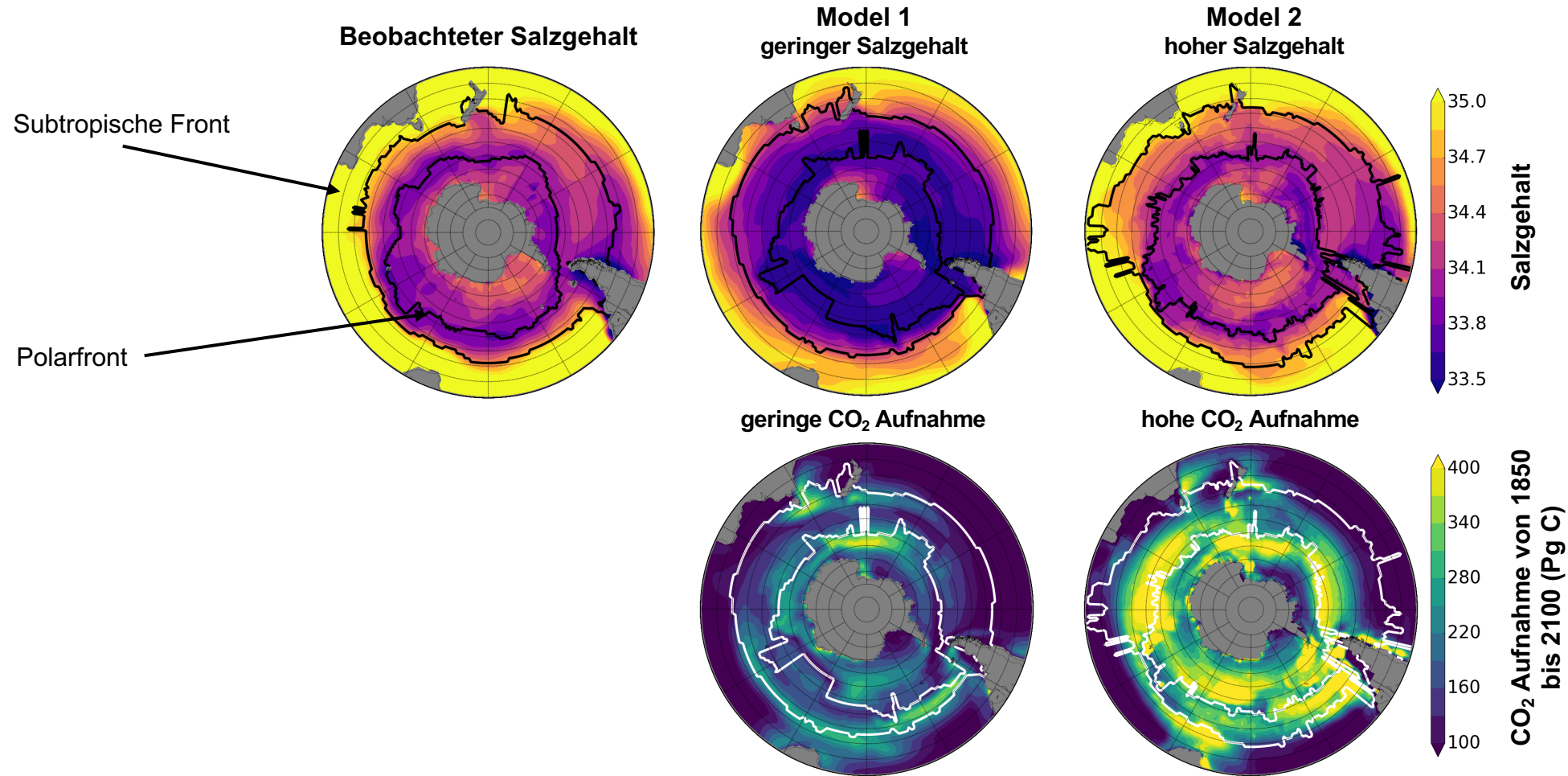
Subtropische Front



Höherer Salzgehalt an der Oberfläche  
→ Schwereres Oberflächenwasser  
→ mehr Tiefenwasserbildung

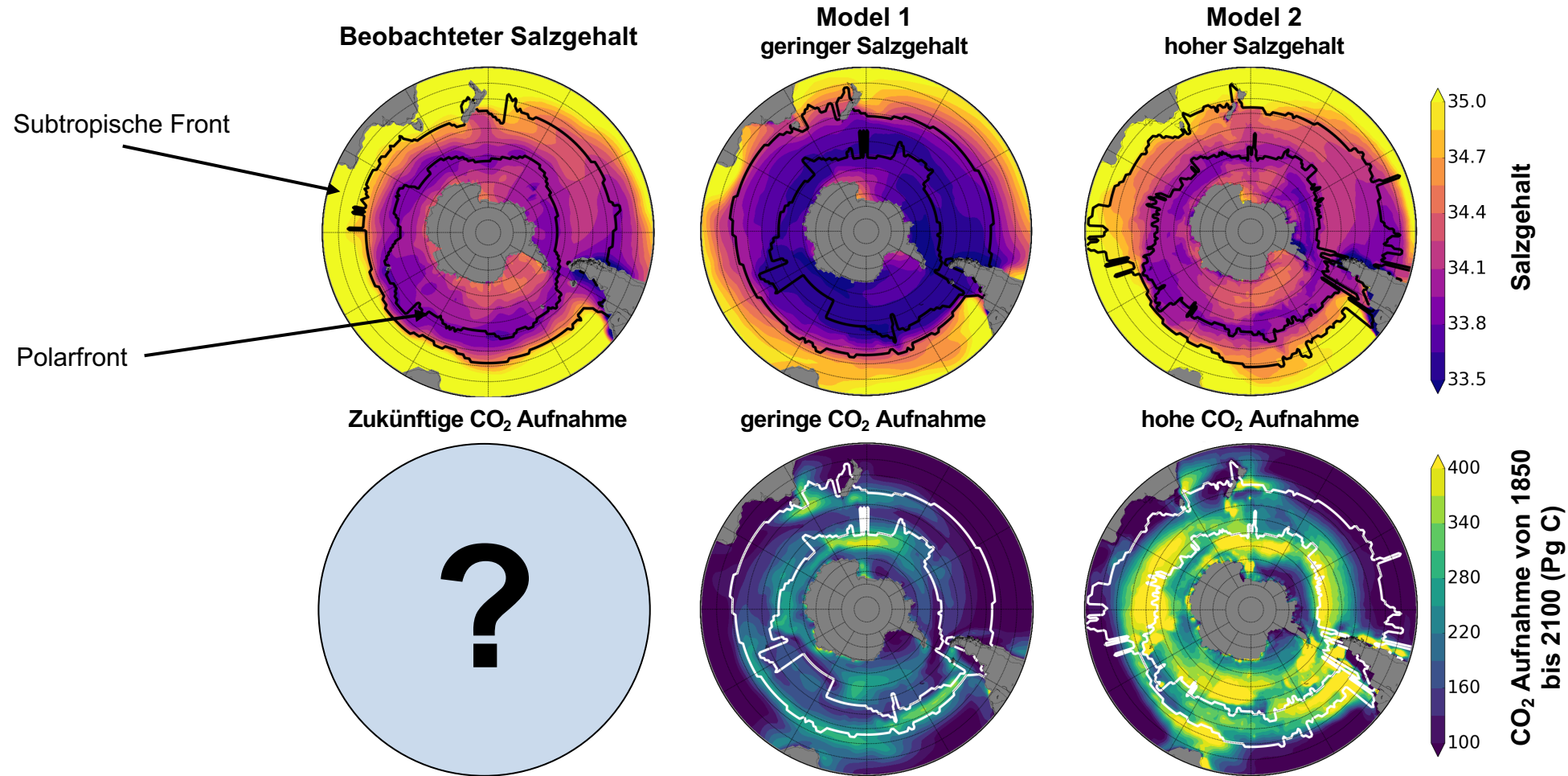


Höherer Salzgehalt an der Oberfläche  
→ Schwereres Oberflächenwasser  
→ mehr Tiefenwasserbildung  
→ mehr CO<sub>2</sub> Aufnahme

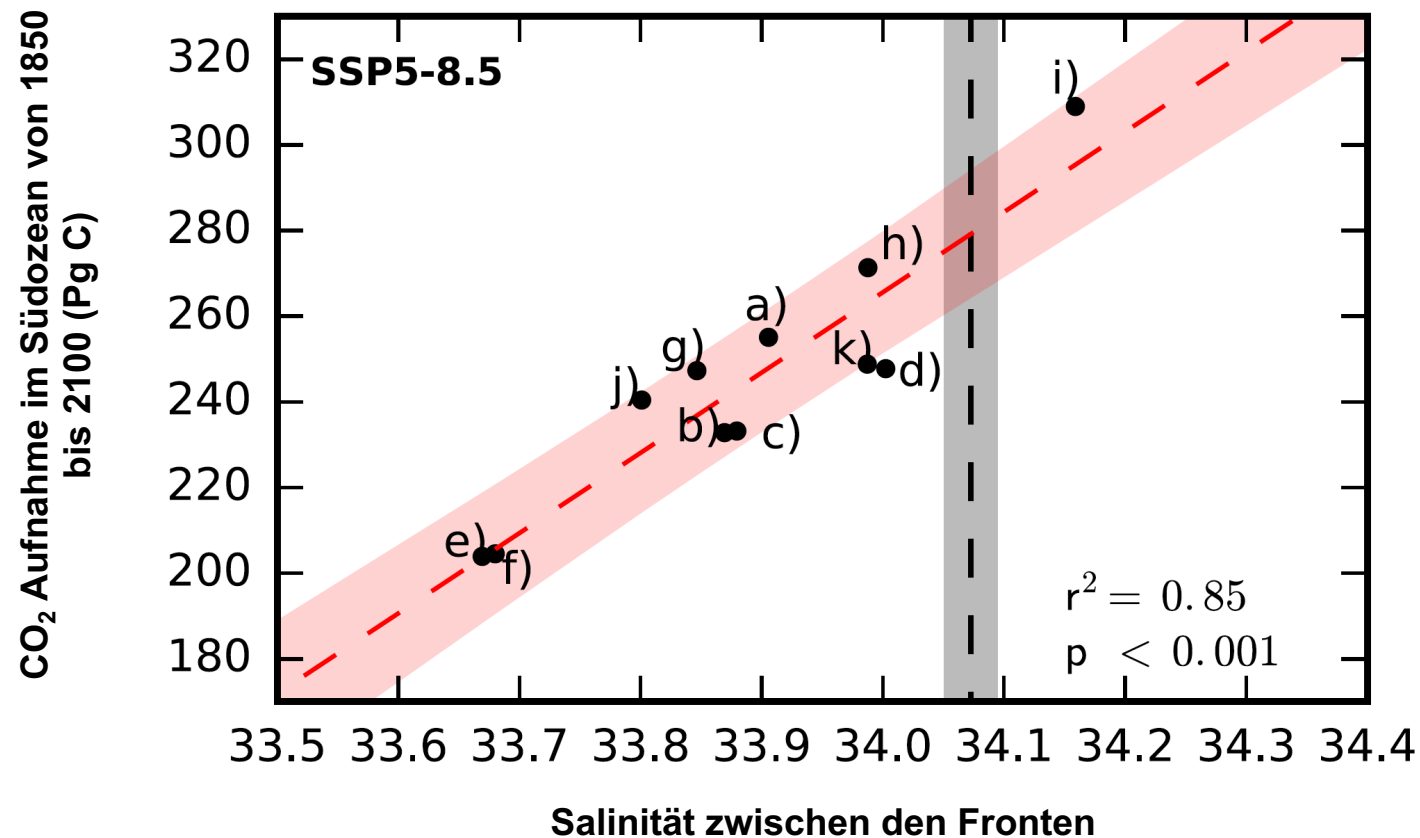




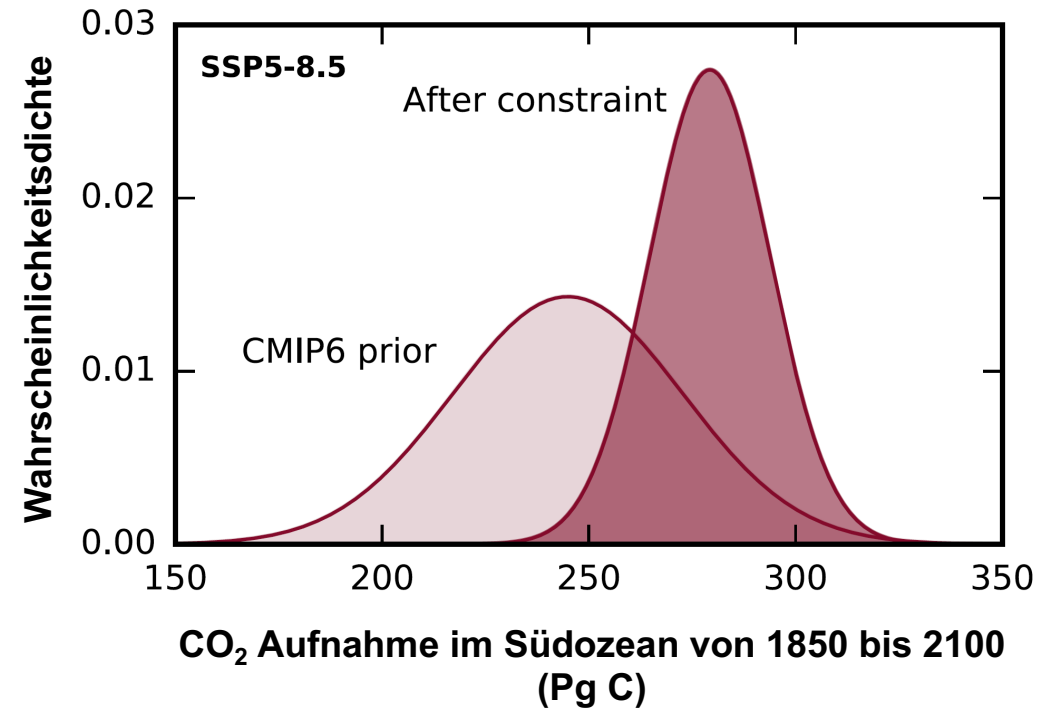
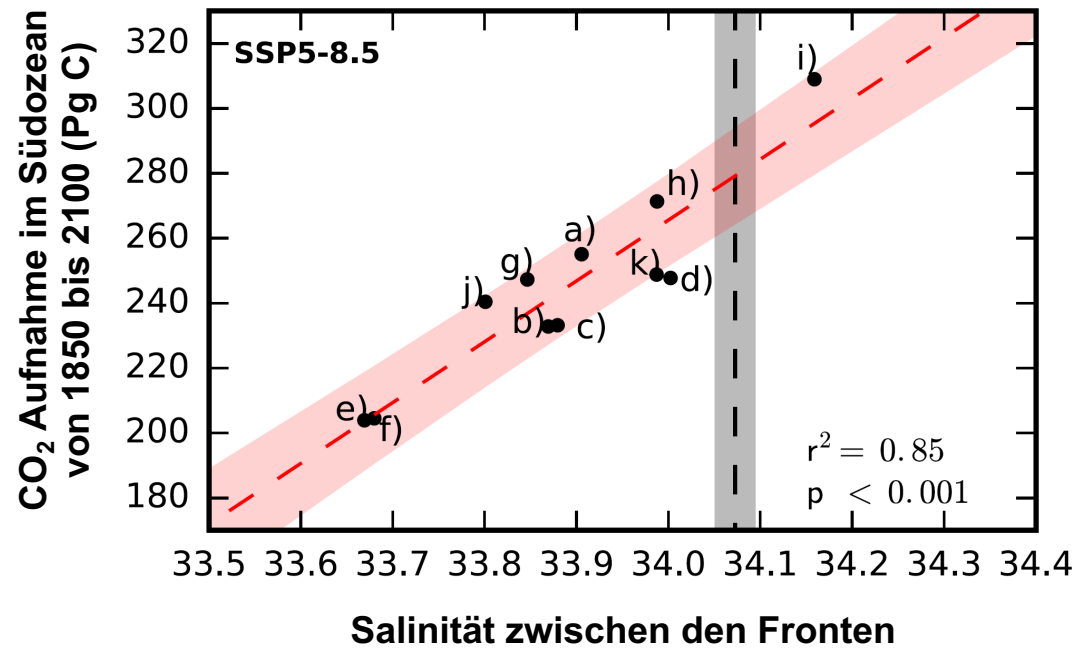
Höherer Salzgehalt an der Oberfläche  
 → Schwereres Oberflächenwasser  
 → mehr Tiefenwasserbildung  
 → mehr CO<sub>2</sub> Aufnahme



# Linearer Zusammenhang zwischen dem Salzgehalt zwischen den Fronten und der zukünftigen CO<sub>2</sub>-Aufnahme im Südozean



# Beobachtungen des Salzgehaltes erlauben es die CO<sub>2</sub>-Aufnahme besser vorherzusagen



- Die Unsicherheit der zukünftigen CO<sub>2</sub> Aufnahme im Südozean ist nun 50% kleiner
- Ein systematischer Bias in den Modellen wurde korrigiert → CO<sub>2</sub> Aufnahme 14-18% grösser als gedacht

# Schlussfolgerungen

- 1) Die korrekte Simulation des Frischwasserkreislaufes ist von entscheidender Bedeutung für die Simulation der Zirkulation und  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  im Südozean
- 3) Unsere Studie erlaubt es die Unsicherheiten im Bezug auf die zukünftige  $\text{CO}_2$  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*