

# Der Ozean im Klimawandel

Beobachtungen und Vorhersagen

Dr. Torben Struve

ICMB - Institut für Chemie und Biologie des Meeres

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Produziert vom  **ZMML**  
Zentrum für Multimedia in Lehre

---

## Kapitel

Kapitel 0: Organisation und Einführung

Kapitel 1: Klimamodelle und – projektionen – Naturwissenschaftliche Grundlagen

Kapitel 2: Natürlicher vs. anthropogener Klimawandel

Kapitel 3: Planetary Boundaries

**Kapitel 4: Der Ozean im Klimawandel**

Kapitel 5: Biodiversität

Kapitel 6: Klimakrise und Gesundheit

Kapitel 7: Klimaökonomik – Transformation der Gesellschaft

Kapitel 8: Entscheidungsprozesse für den Klimaschutz

Kapitel 9: Nachhaltige Finanzwirtschaft

Kapitel 10: Klimagerechtigkeit und Klimapolitik

Kapitel 11: Klima und Gesellschaft/Soziale Nachhaltigkeit

Kapitel 12: Klimapsychologie

Kapitel 13: Klimaaktivismus

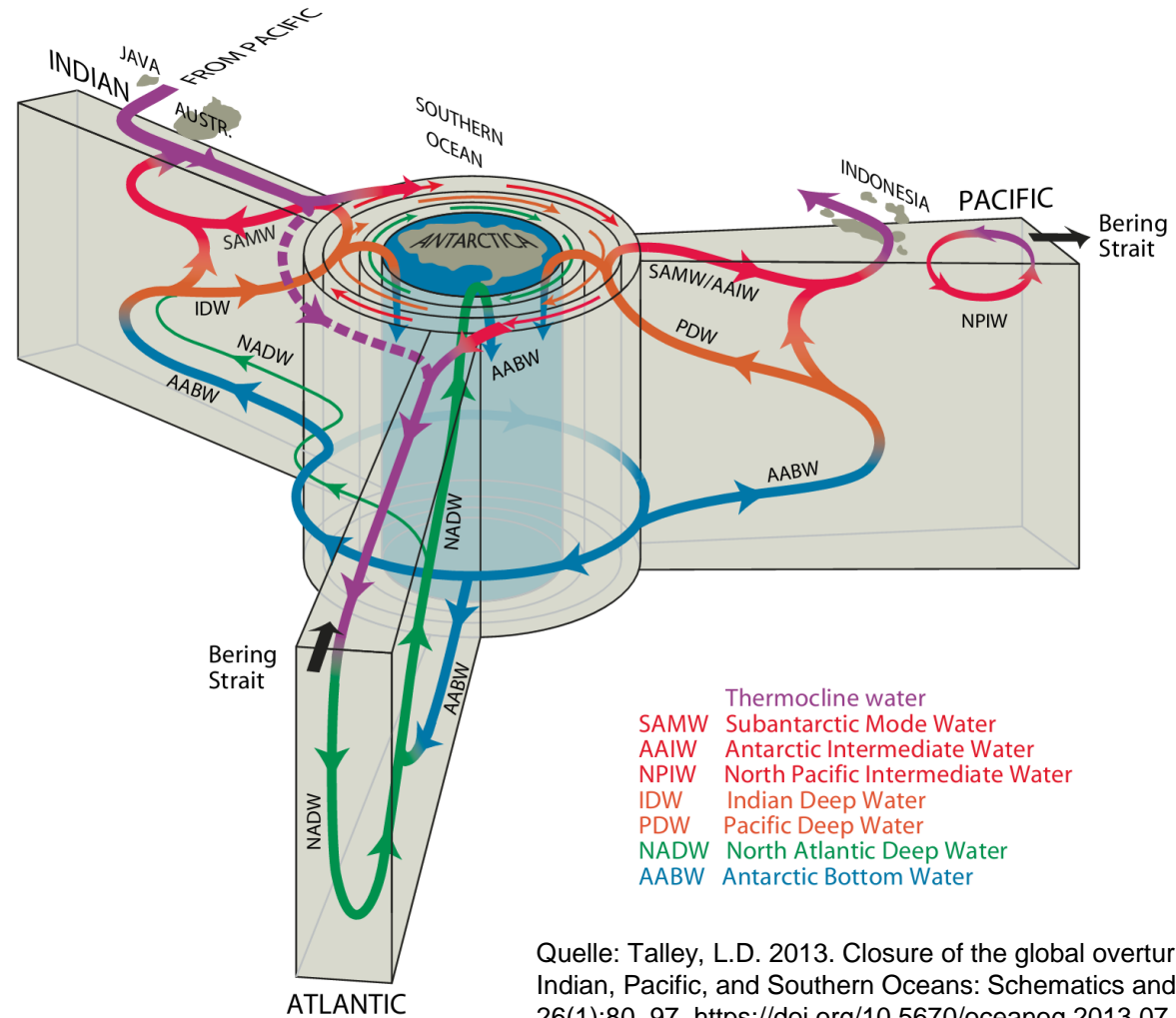
Kapitel 14: Praxisbeispiel: KI und Nachhaltigkeit

---

# Der Ozean im Klimawandel

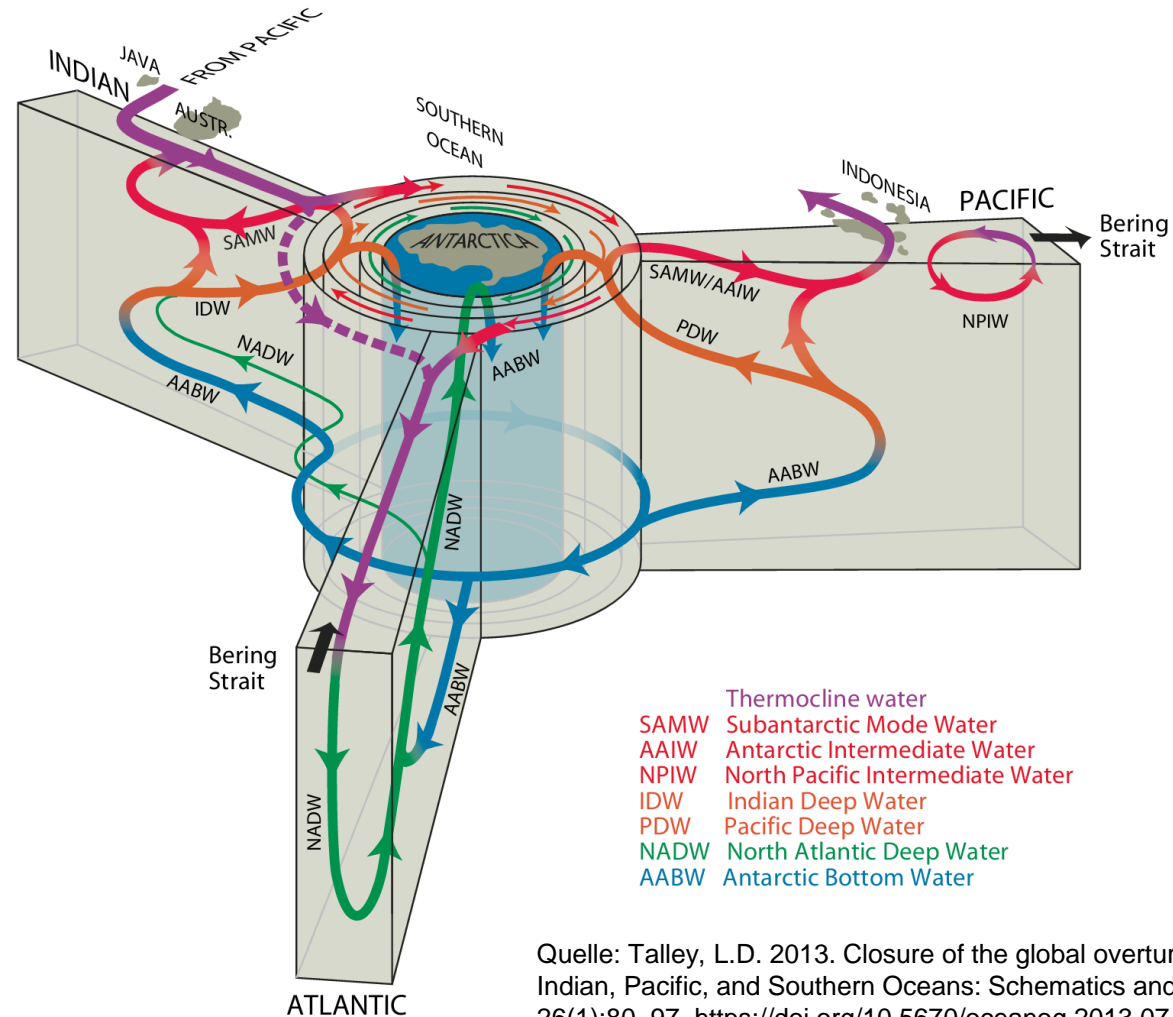
- Beobachtungen und Vorhersagen (Temperatur, Kohlenstoffdioxid, Sauerstoff)
- Lehren aus der Klimageschichte

# Der Ozean im Klimawandel



Quelle: Talley, L.D. 2013. Closure of the global overturning circulation through the Indian, Pacific, and Southern Oceans: Schematics and transports. *Oceanography* 26(1):80–97, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2013.07>.

# Der Ozean im Klimawandel



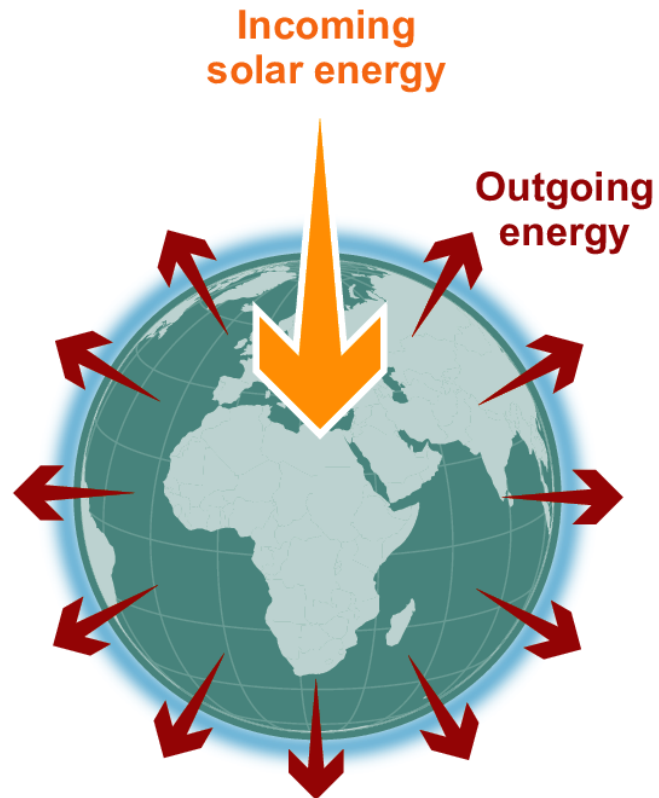
Thermocline water  
 SAMW Subantarctic Mode Water  
 AAIW Antarctic Intermediate Water  
 NPIW North Pacific Intermediate Water  
 IDW Indian Deep Water  
 PDW Pacific Deep Water  
 NADW North Atlantic Deep Water  
 AABW Antarctic Bottom Water

Quelle: Talley, L.D. 2013. Closure of the global overturning circulation through the Indian, Pacific, and Southern Oceans: Schematics and transports. *Oceanography* 26(1):80–97, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2013.07>.

Der Ozean ist ein großer **Speicher** und **Verteiler** von Nährstoffen, Wärme, Salzgehalt etc.

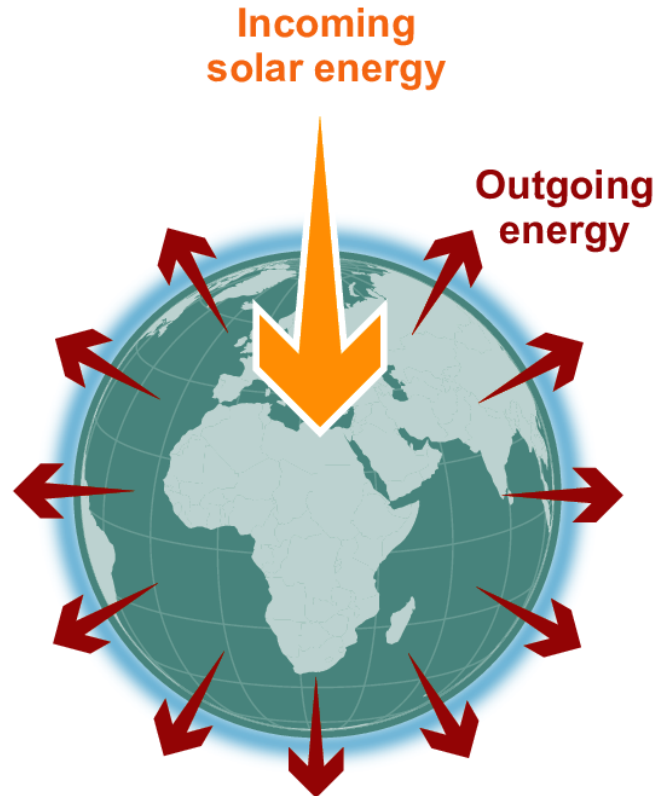
# Der Ozean im Klimawandel

## Stable climate: in balance

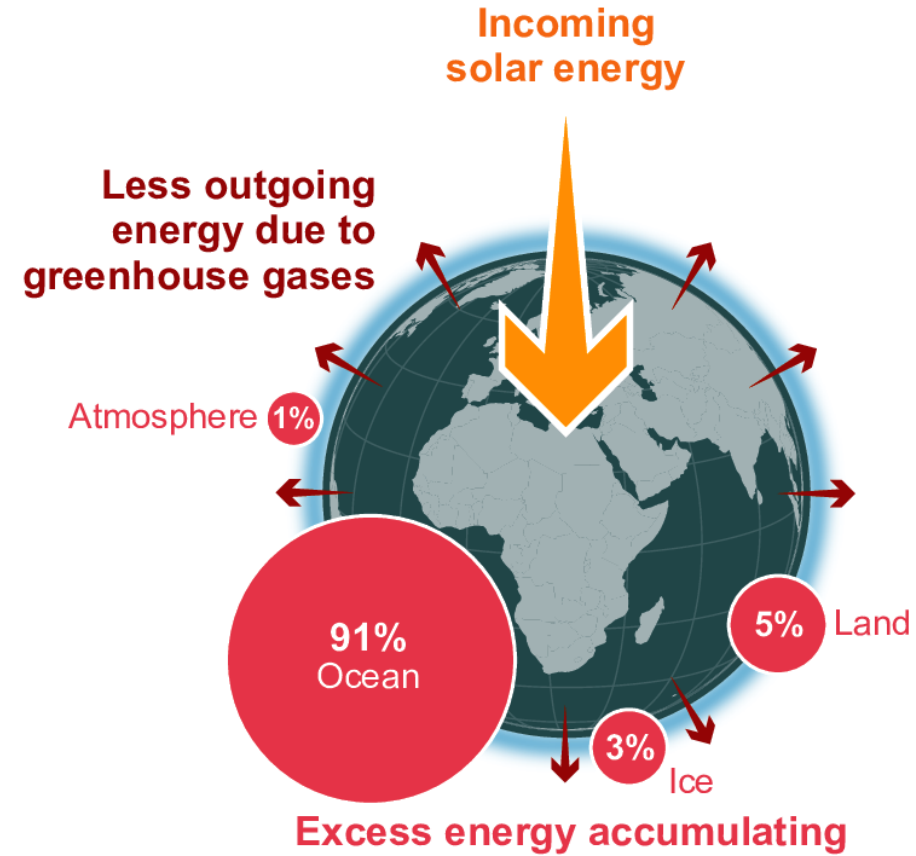


# Der Ozean im Klimawandel

Stable climate: in balance

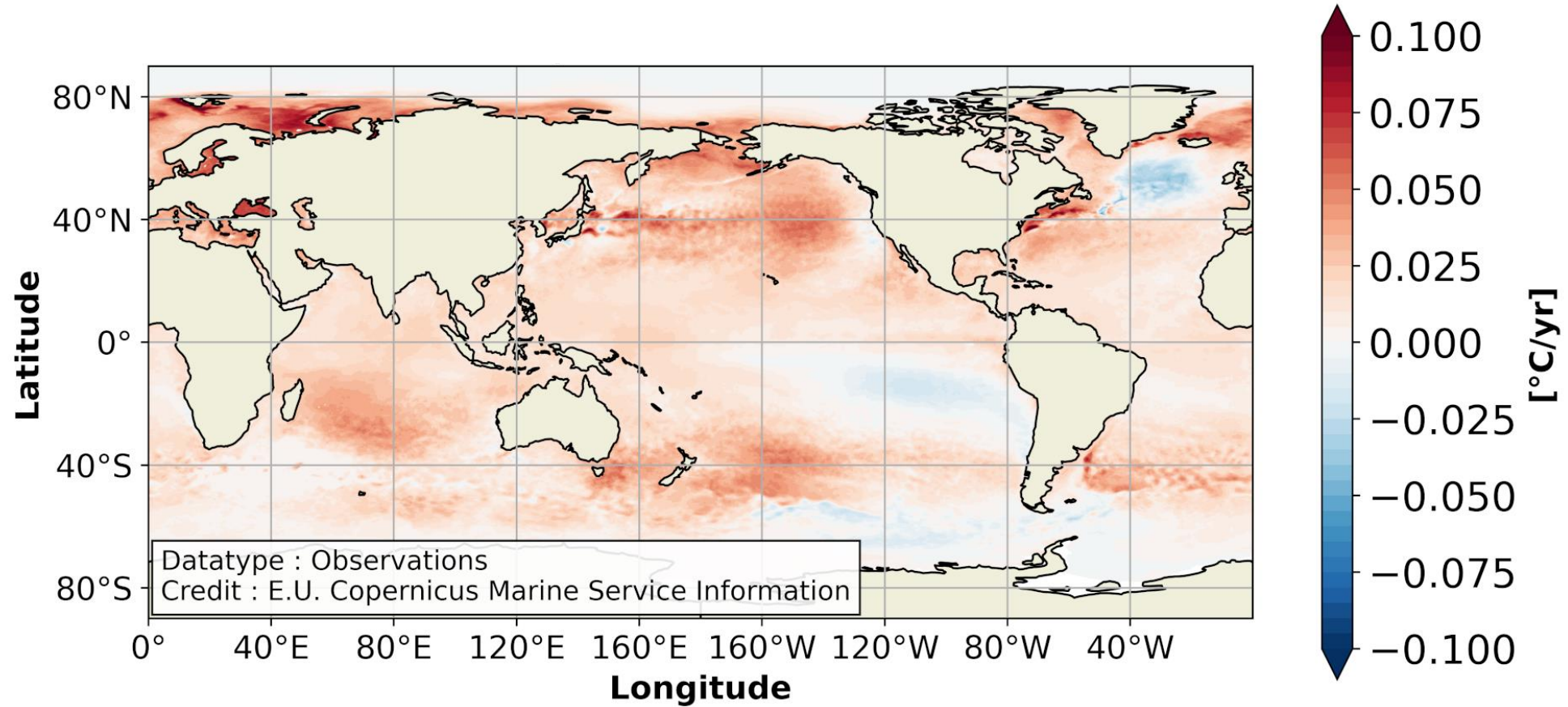


Today: imbalanced



Der Ozean hat fast die gesamte überschüssige Wärme aufgenommen, die Atmosphäre nur 1%!

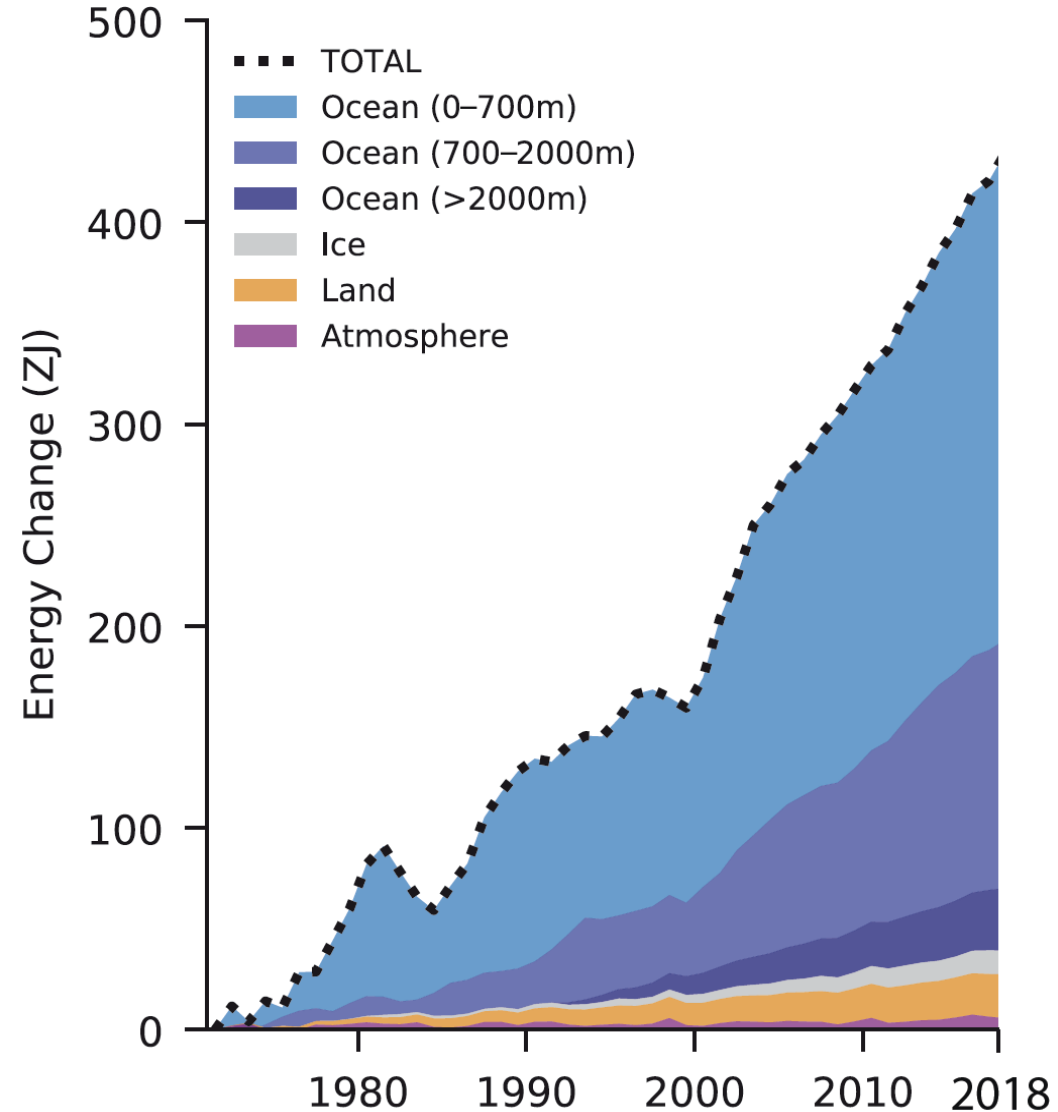
# Meeresoberflächentemperaturen (1993-2021)





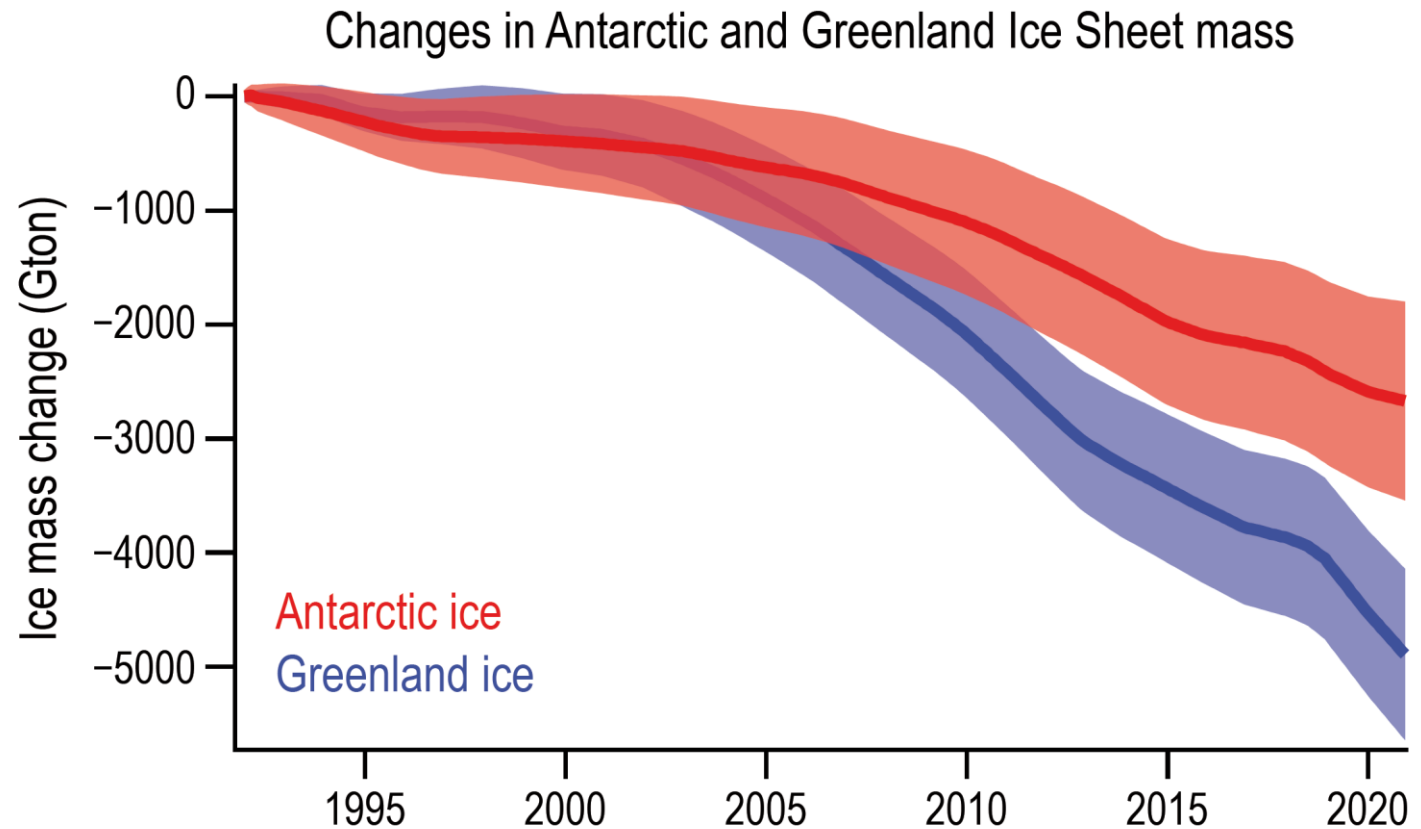
# Temperatur

Erhöhte Temperaturen in der  
Wassersäule:  
Meeresspiegelanstieg von  
derzeit ~1,2 mm pro Jahr



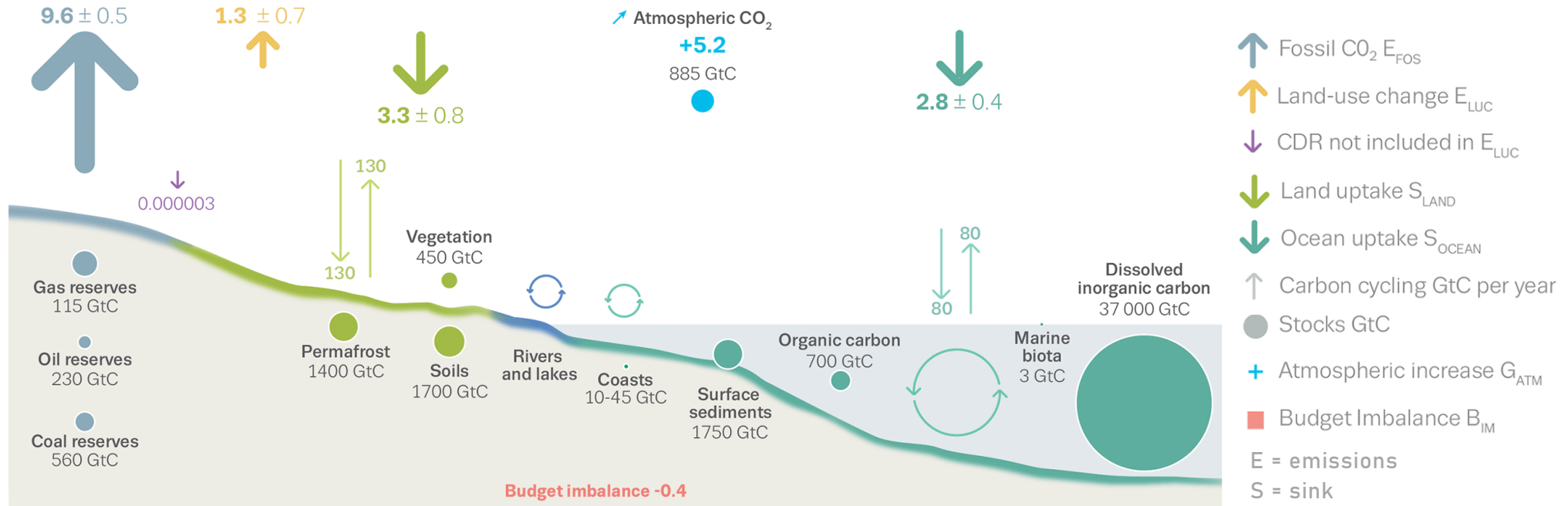
## Temperatur + Meeresspiegelanstieg

- Große Eisschilde reagieren verzögert
- Beitrag zum Meeresspiegelanstieg derzeit etwa 0,8 mm pro Jahr, längerfristig große Unsicherheit



# Kohlenstoffdioxid

## Kohlenstoffkreislauf 2013-2022

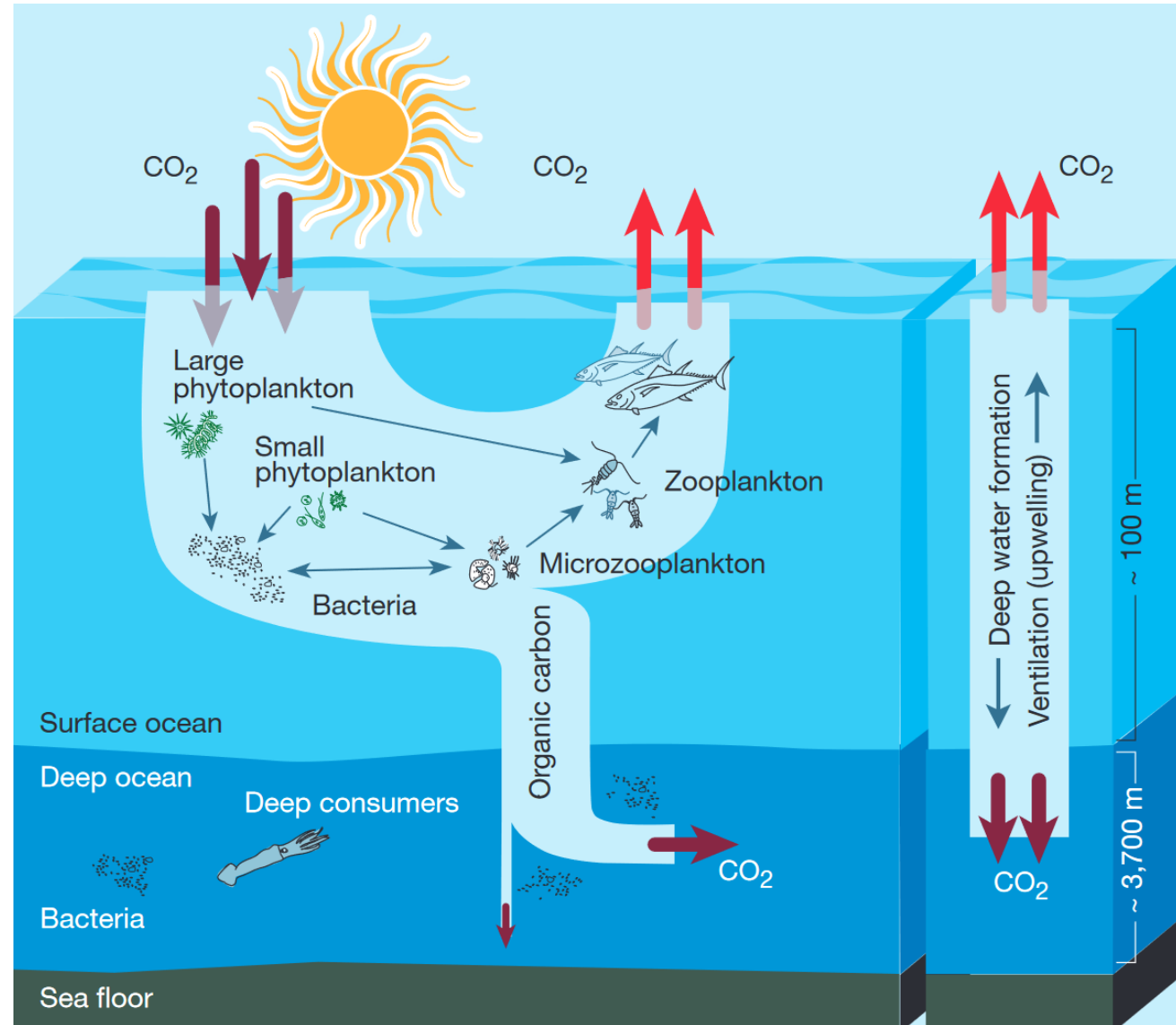


Der Ozean ist ein riesiger Kohlenstoffspeicher:  
Aufnahme von ~30% des anthropogenen CO<sub>2</sub>

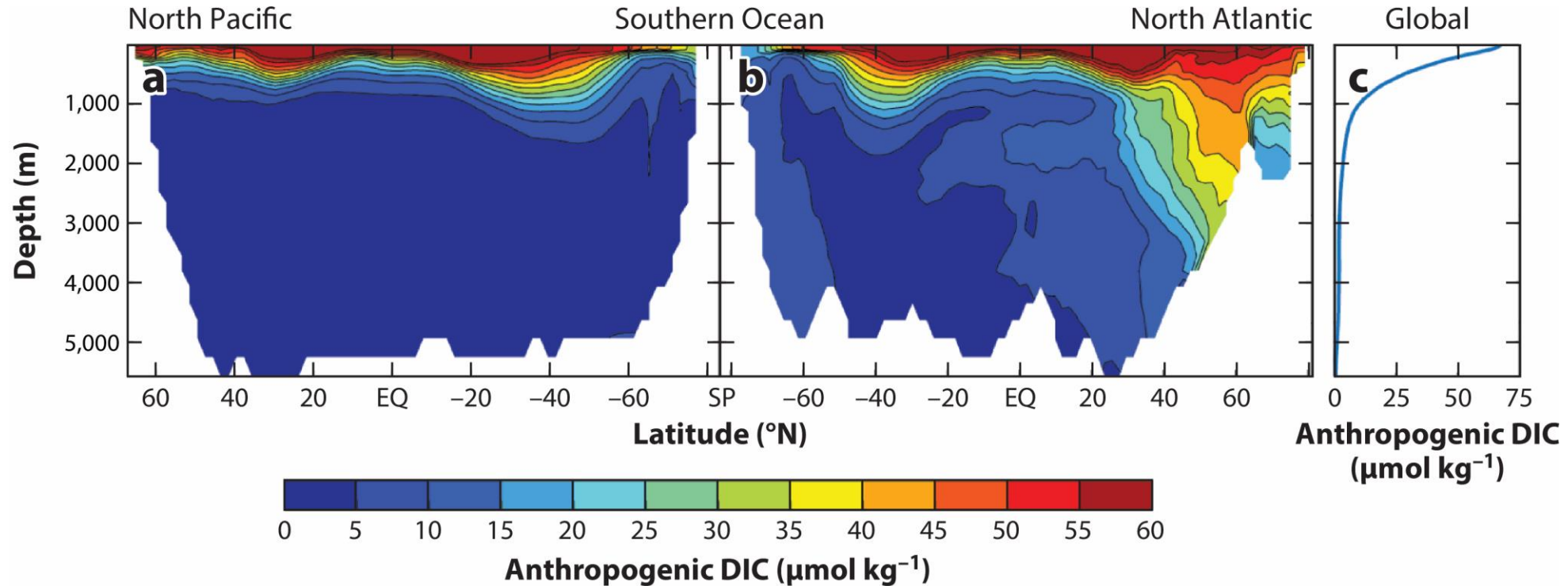
# Kohlenstoffdioxid

“Kohlenstoffpumpen”  
(C Transfer in die Tiefe):

- **Biologisch:** C in Biomasse + Remineralisierung → C Anreicherung in der Tiefe
- **Physikalisch:** CO<sub>2</sub> als lösliches Gas + Verteilung mit Tiefenströmungen

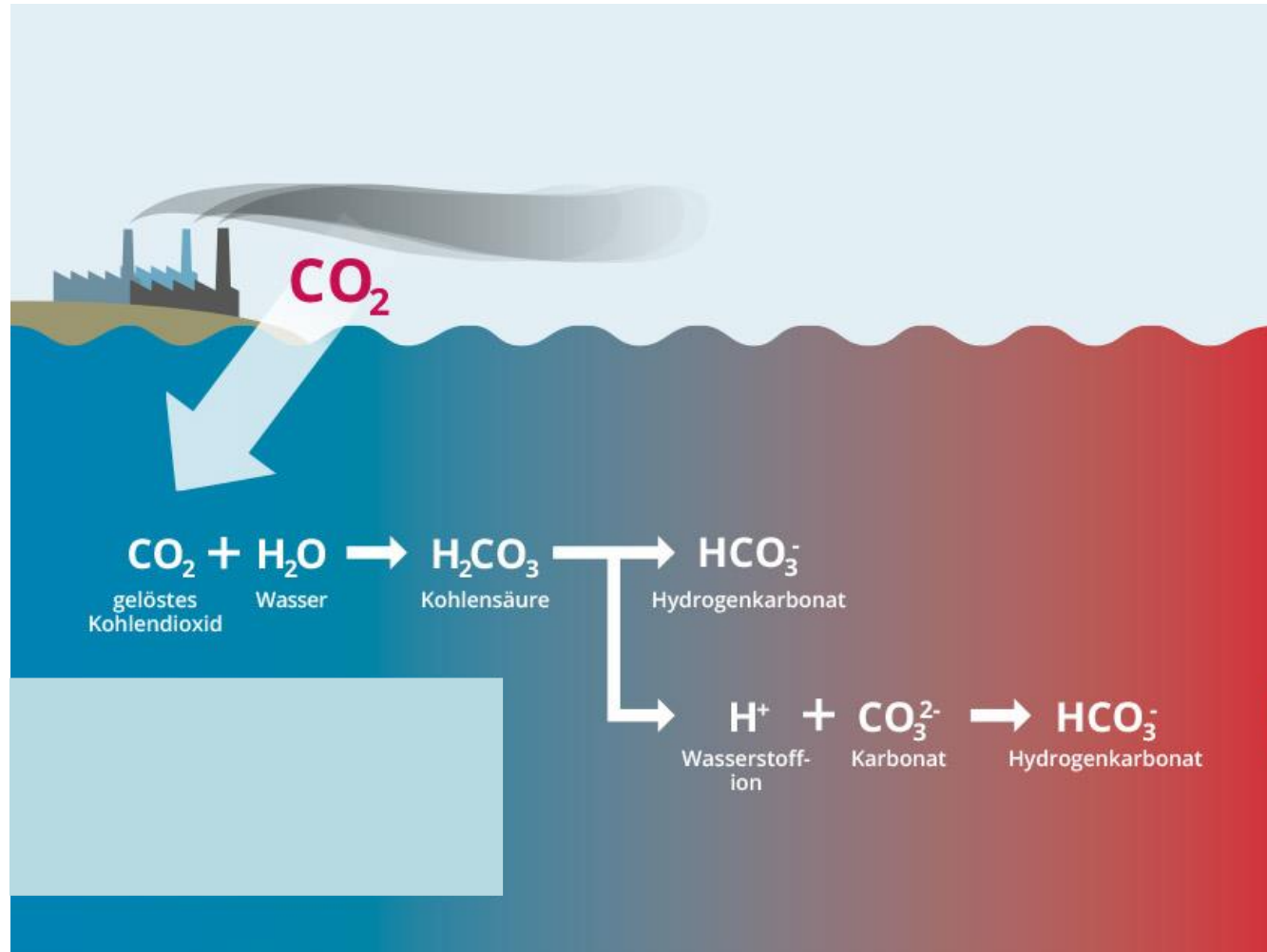


# Kohlenstoffdioxid



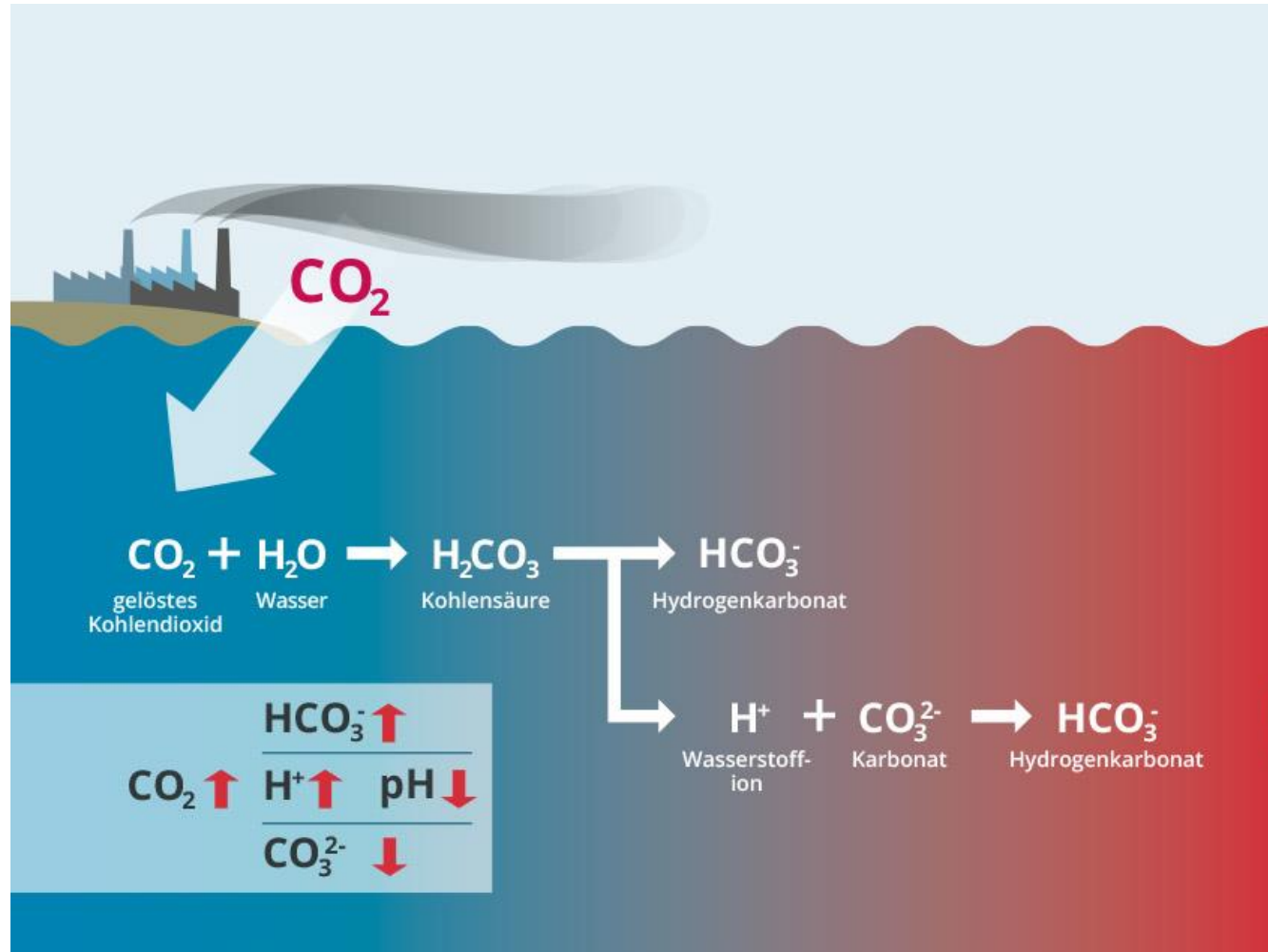
Anthropogenes  $\text{CO}_2$  im Ozean: Verteilung folgt Zirkulationsmustern

# Kohlenstoffdioxid + Ozeanversauerung



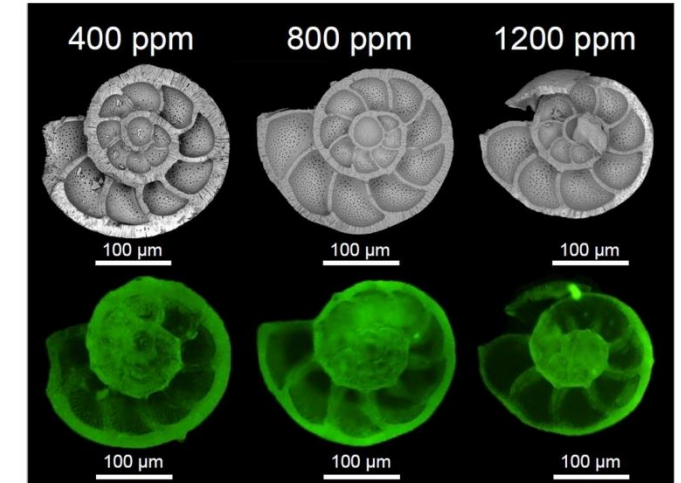
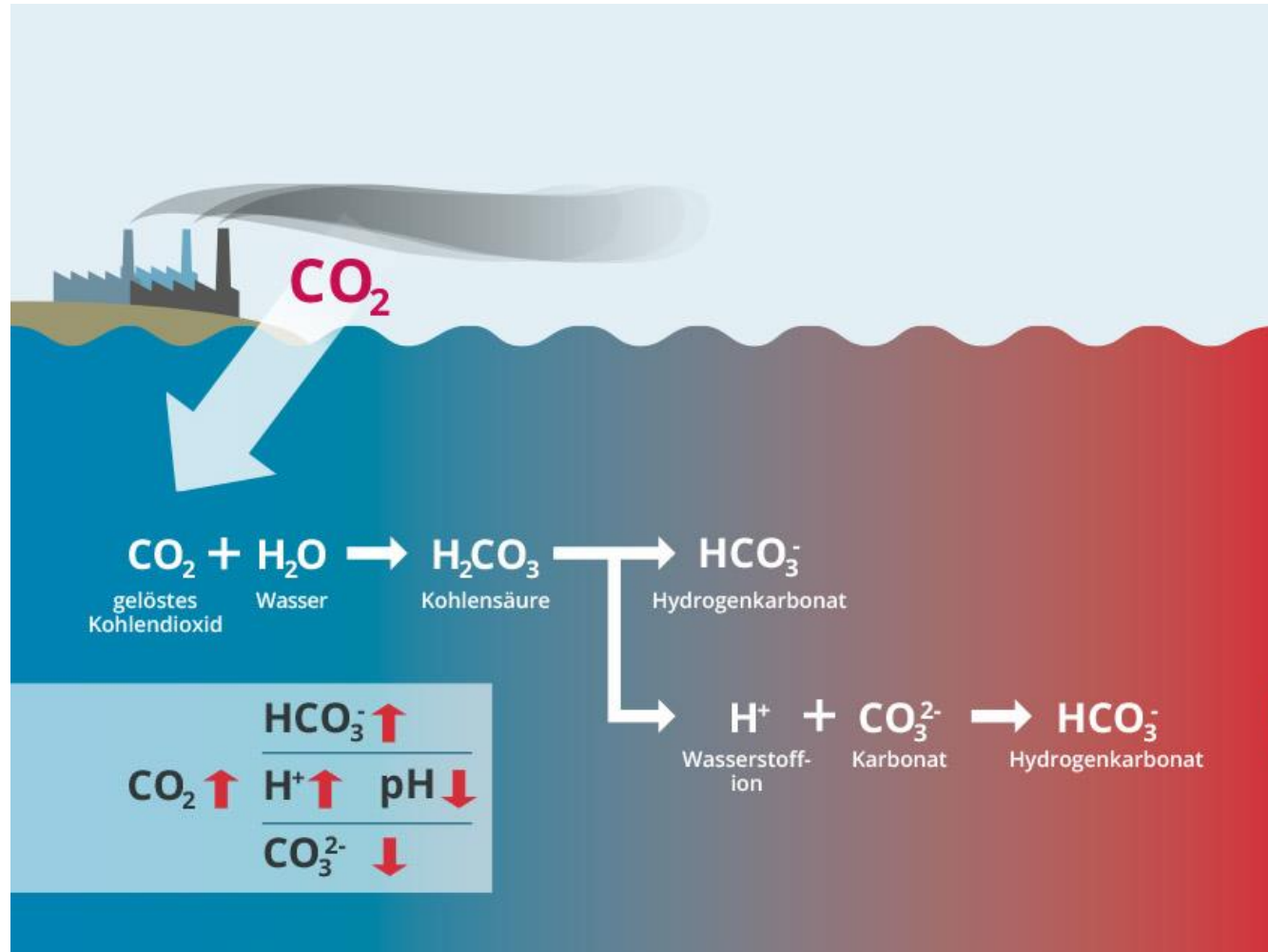
Quelle: <https://www.bioacid.de/ozeanversauerung/>

# Kohlenstoffdioxid + Ozeanversauerung



Quelle: <https://www.bioacid.de/ozeanversauerung/>

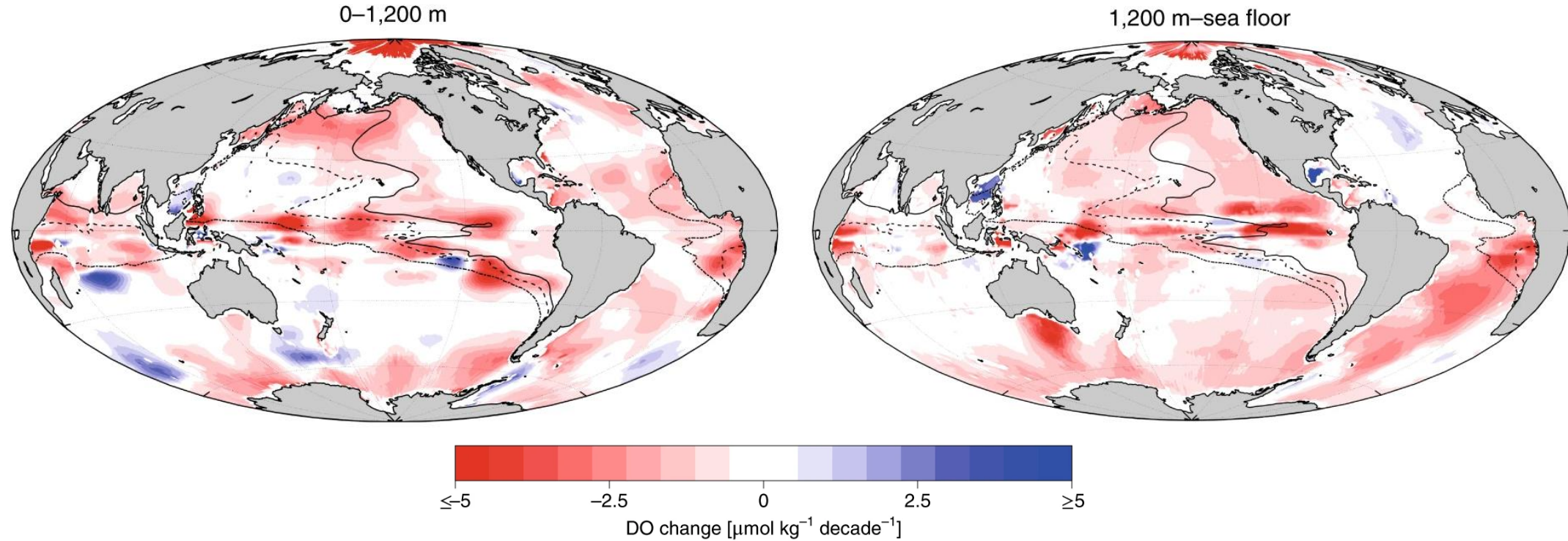
# Kohlenstoffdioxid + Ozeanversauerung



Quelle: Shuaishuai Dong et al, Biocalcification crisis in the continental shelf under ocean acidification, *Geoscience Frontiers* (2023). DOI: [10.1016/j.gsf.2023.101622](https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101622)



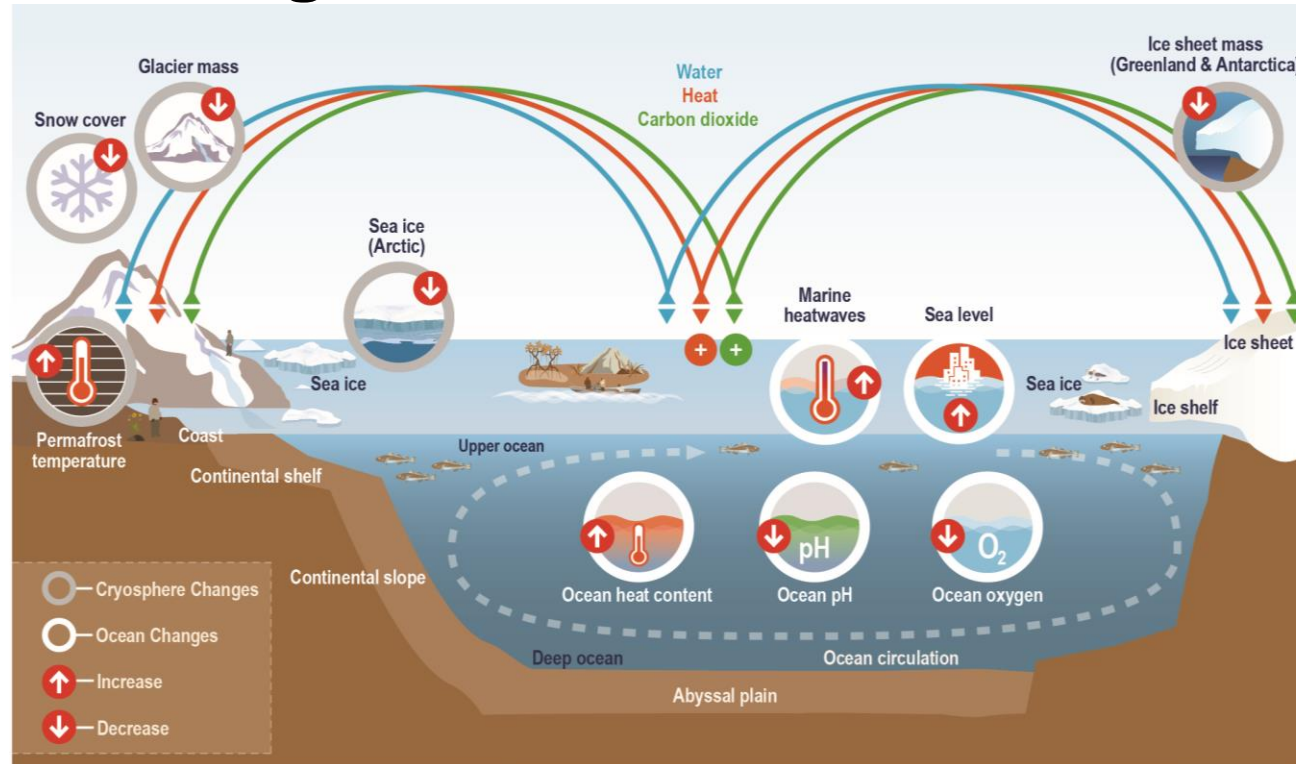
# Sauerstoff



Quelle: Oschlies, A., Brandt, P., Stramma, L. et al. Drivers and mechanisms of ocean deoxygenation. *Nature Geosci* 11, 467–473 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0152-2>

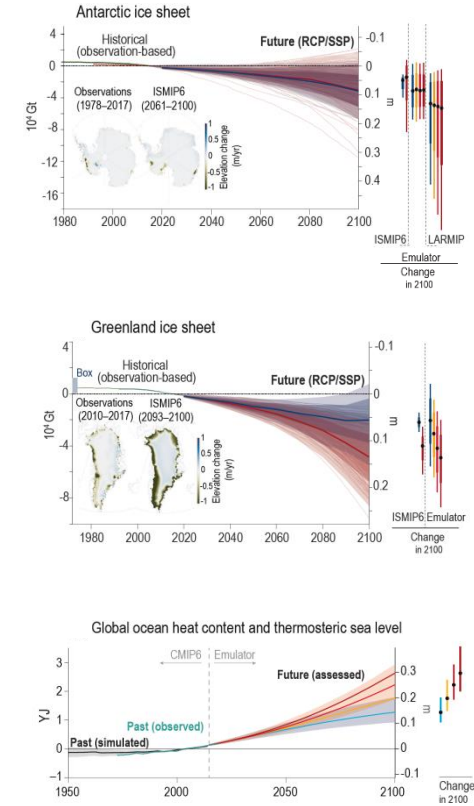
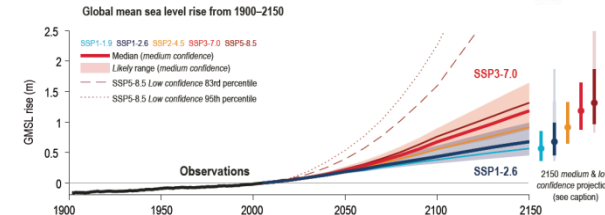
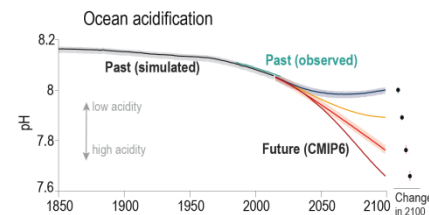
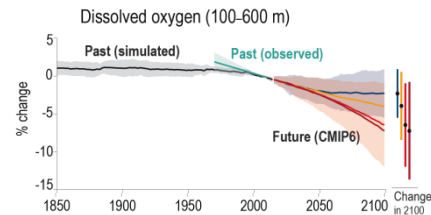
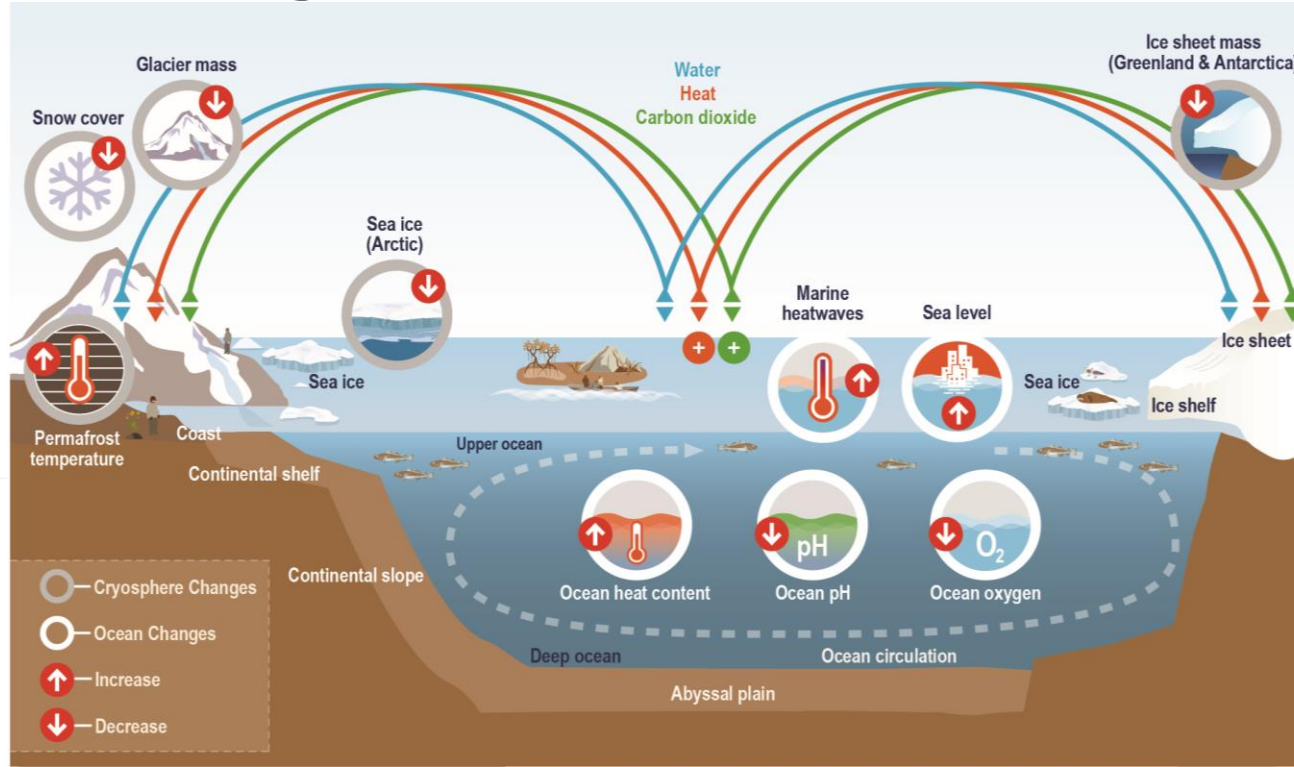
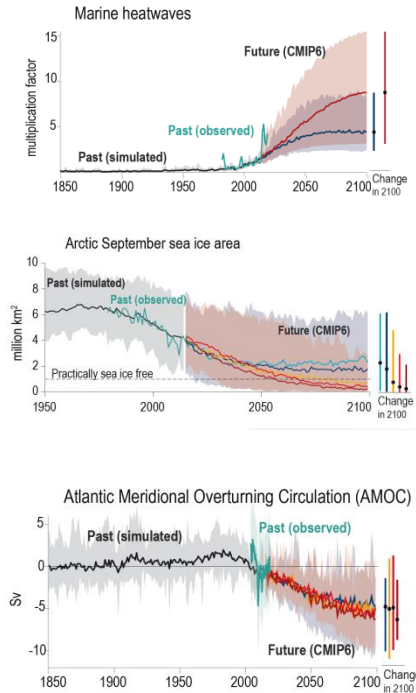
- Wärmere Oberflächen: reduzierte Gasaufnahme
- Tiefe: verstärkte Schichtung/reduzierte Durchmischung, verlangsamte Tiefenzirkulation und erhöhte Respiration

# Zukünftige Änderungen



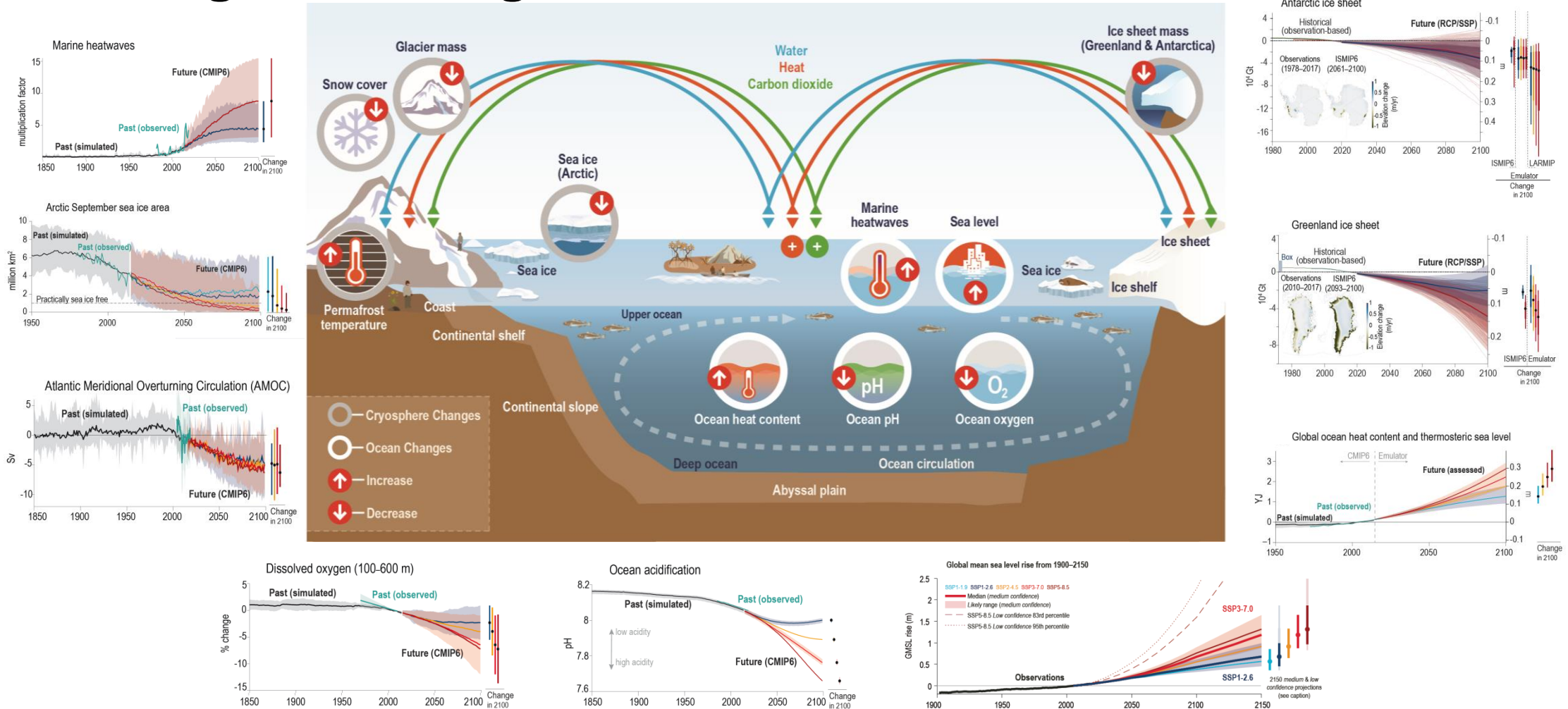
Quellen: IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, doi:10.1017/9781009157896.  
 IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 755 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157964>

# Zukünftige Änderungen



Quellen: IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, doi:10.1017/9781009157896.  
IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 755 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157964>

# Zukünftige Änderungen



→ Reaktion von Tiefenozean + Eisschilden verzögert!

Quellen: IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, doi:10.1017/9781009157896.  
 IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 755 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157964>