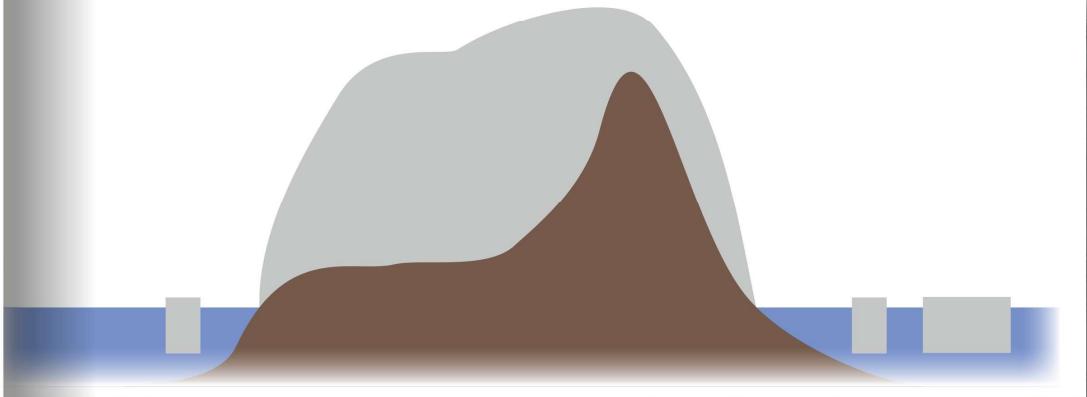
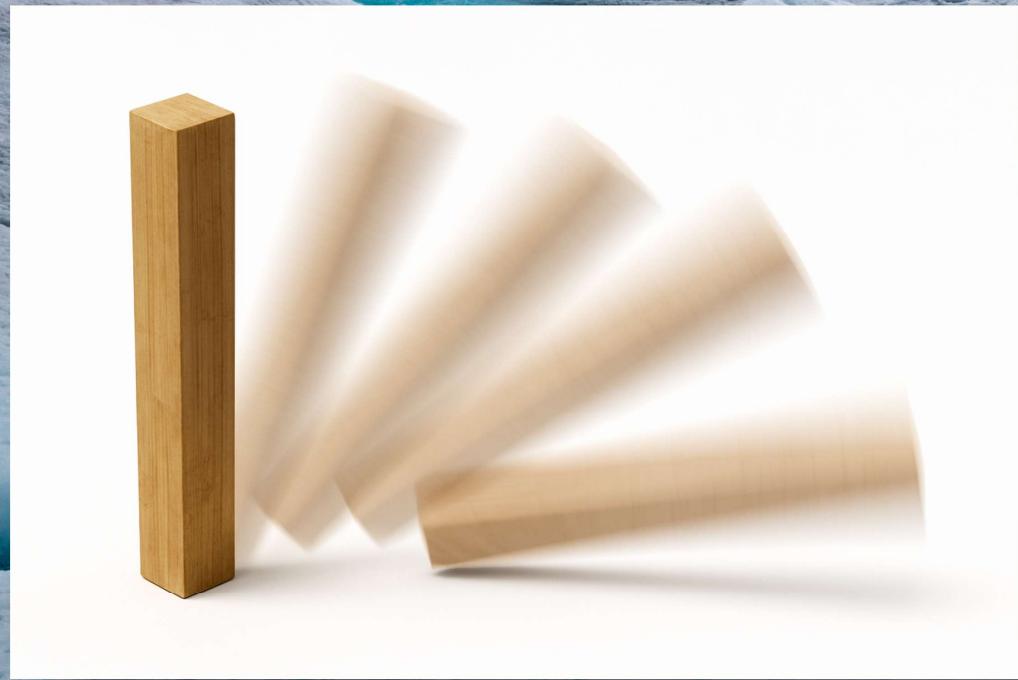


Kippunkte - Was kippt denn da?



Wo gibt es Kippunkte im Alltag?



Triggerwarnung: Es werden zwei Gleichungen auftauchen

Kipppunkte im Erdsystem

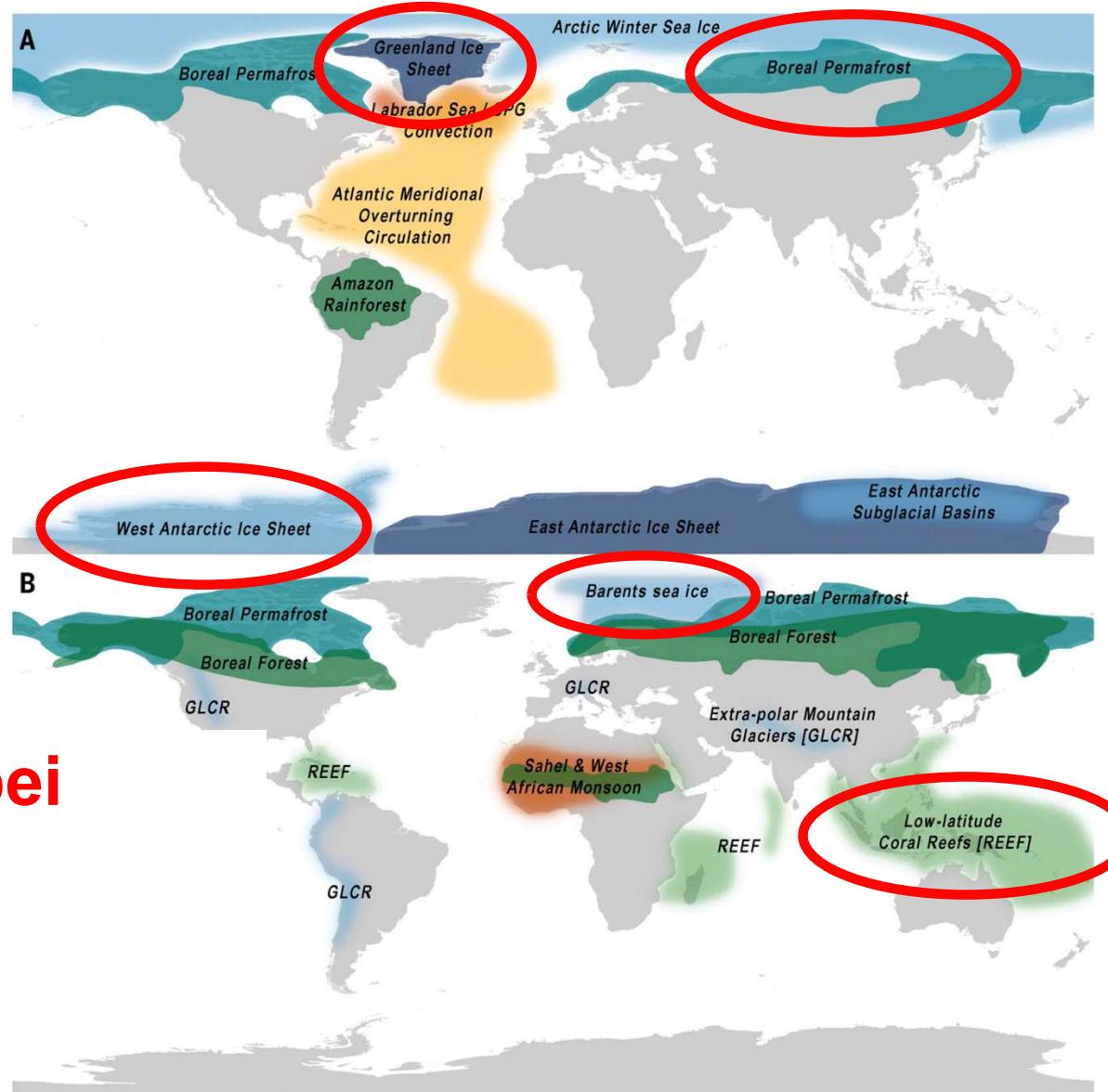
Globale Kipppunkte
Einfluss auf das gesamte Erdsystem

Kipppunkte mit regionalen Folgen
bedroht > 100 Mio Menschen

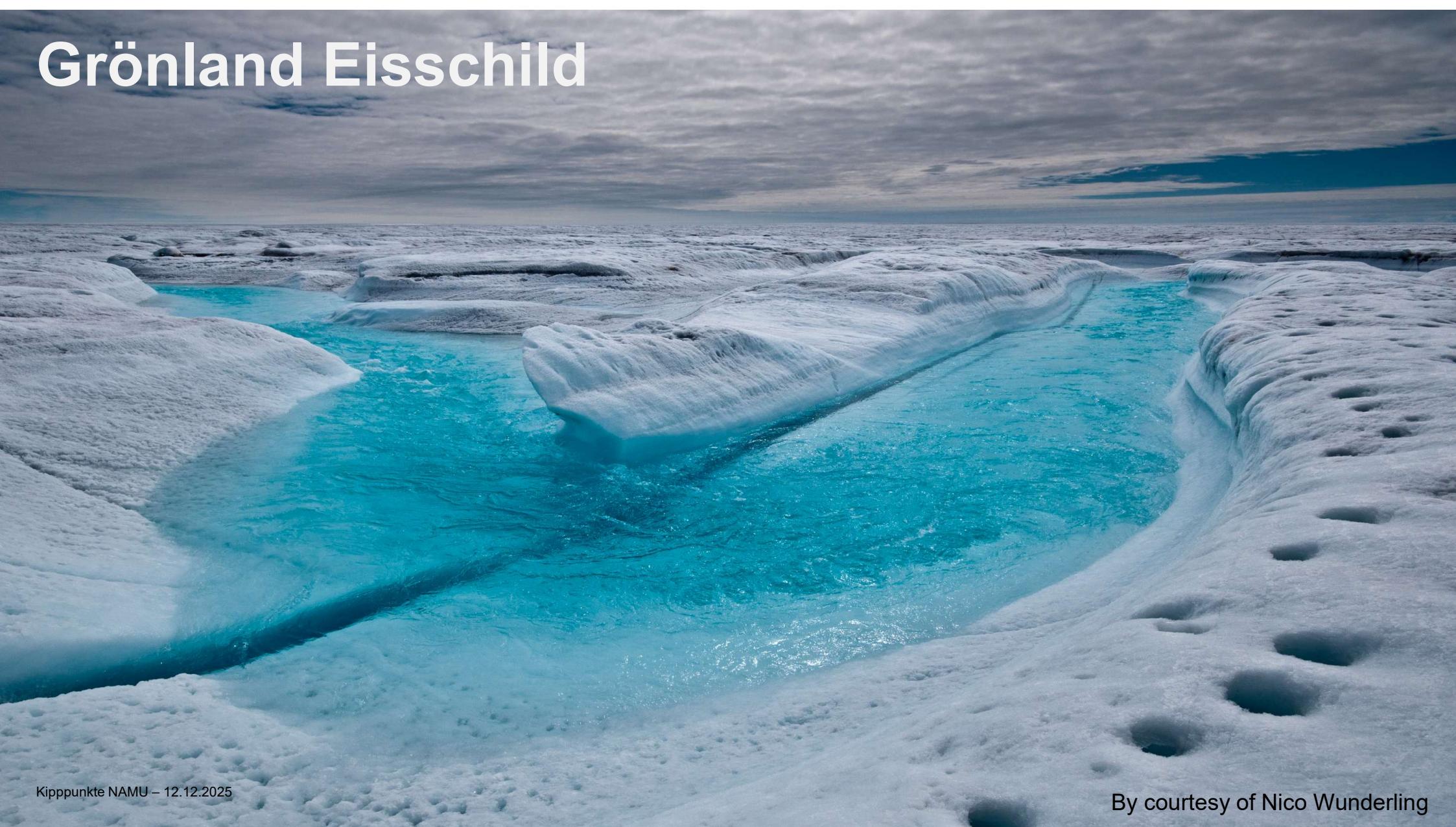
> 50% Wahrscheinlichkeit bei
Einhalten von 2°C Ziel

D. I. Armstrong McKay, et al.,
Exceeding 1.5°C global warming could
trigger multiple climate tipping points.
Science 377 (2022) eabn7950.

Kipppunkte NAMU – 12.12.2025



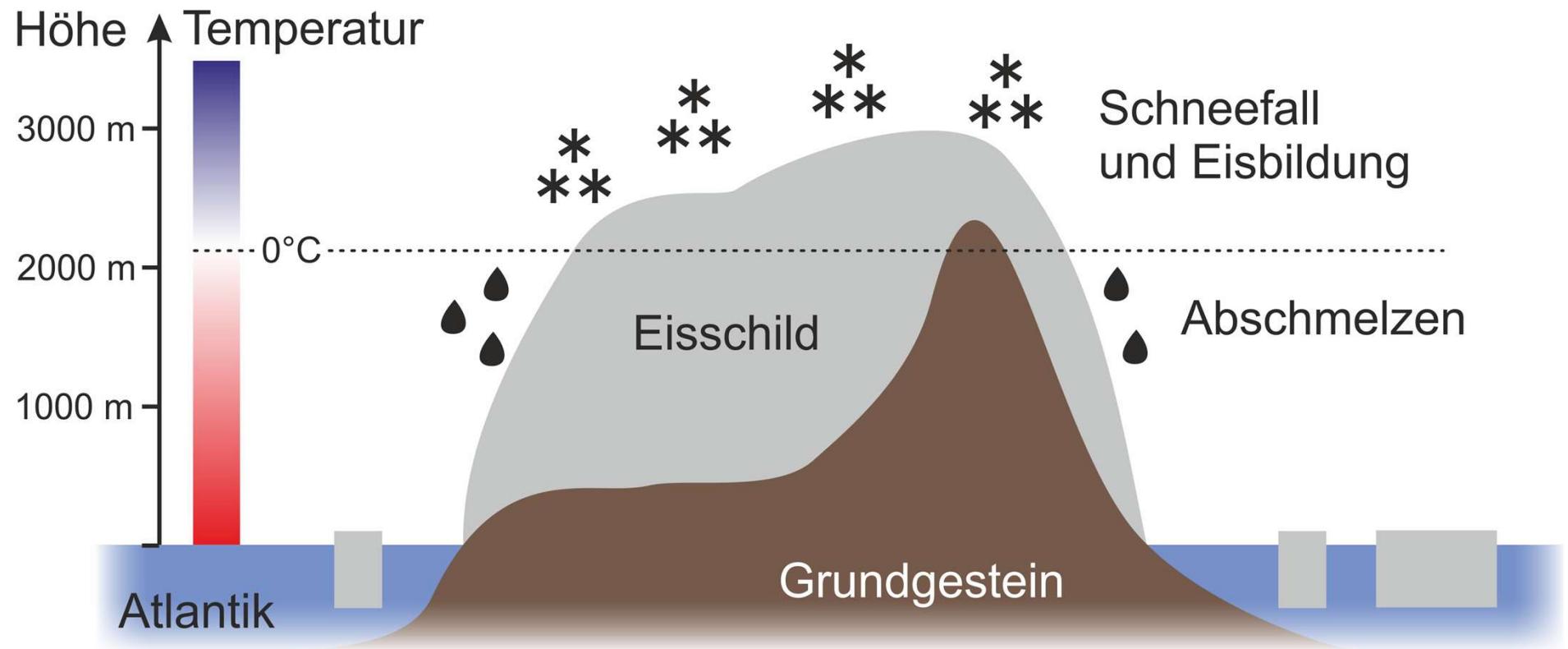
Grönland Eisschild



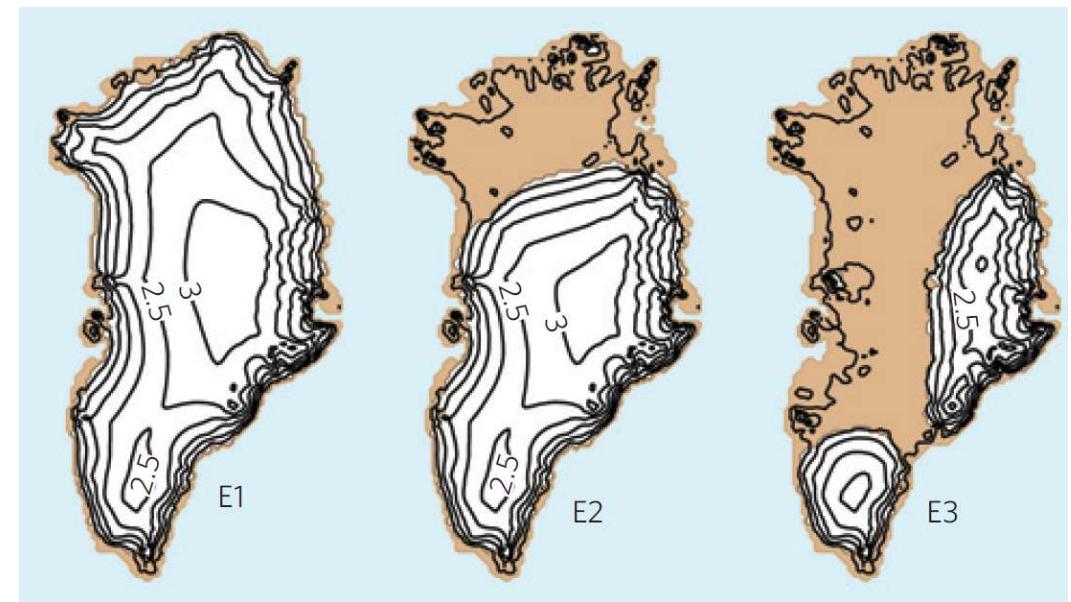
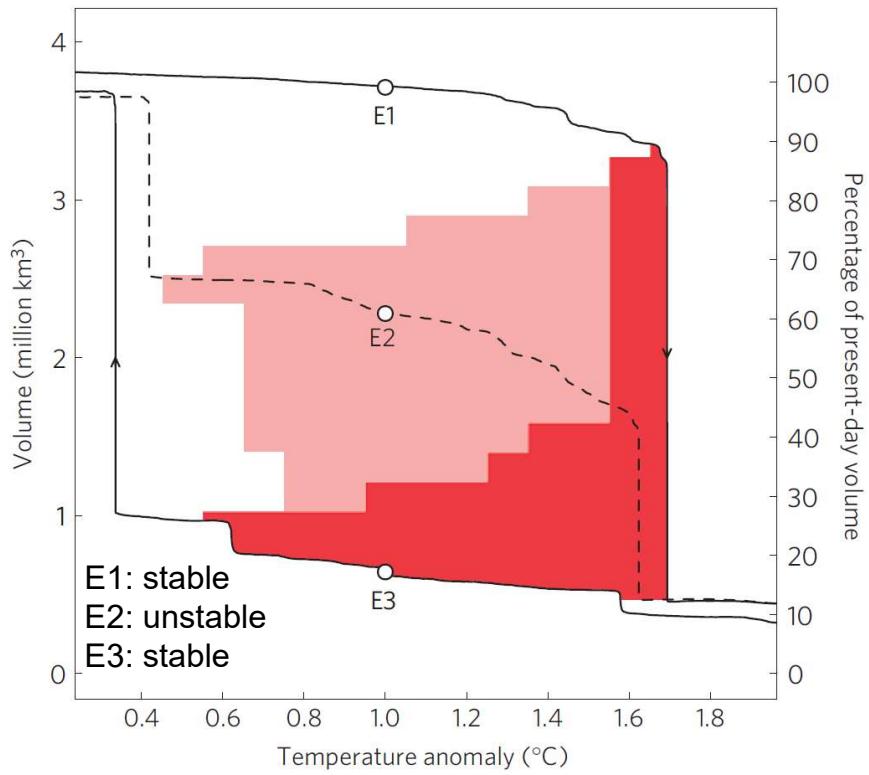
Kippunkte NAMU – 12.12.2025

By courtesy of Nico Wunderling

ca. 7m Meeresspiegelanstieg



Bistabilität des Eisschildes



A. Robinson, R. Calov, A. Ganopolski, Multistability and critical thresholds of the Greenland ice sheet. *Nature Clim. Change* **2** (2012) 429.

Grönland Eisschild

Komplettes
Abschmelzen
bedeutet Anstieg
des Meeresspiegels
um 7 m

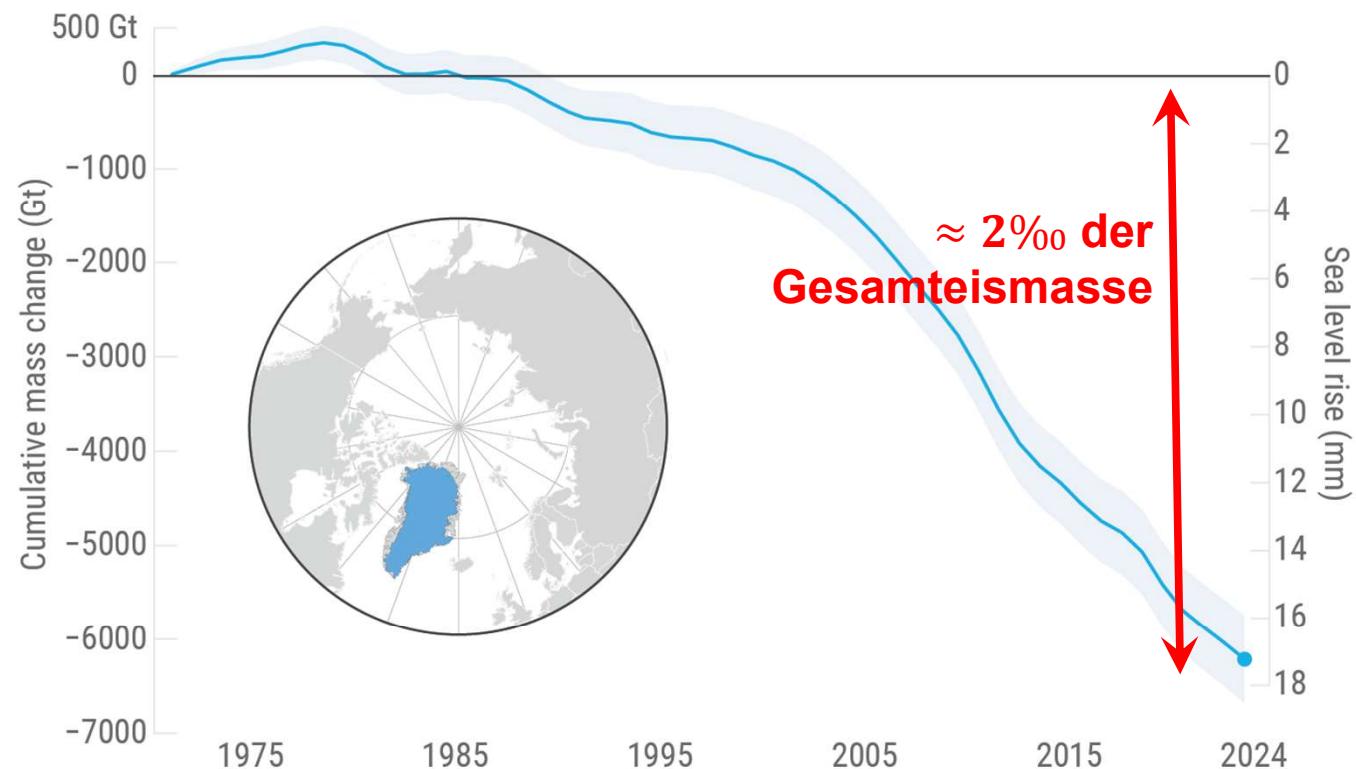
Zeitskala 1000+ Jahre

Wir können etwas tun!

Kippunkte NAMU – 12.12.2025

Mass balance of the Greenland Ice Sheet and its corresponding contribution to sea level rise

https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/custom-uploads/indicators-2024/ice-sheets/fig1/fig1_ice_sheets_indicators_greenland.pdf



The shading represents the cumulative uncertainty.
Data: IMBIE • Credit: ESA/NASA/C3S/ECMWF



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY



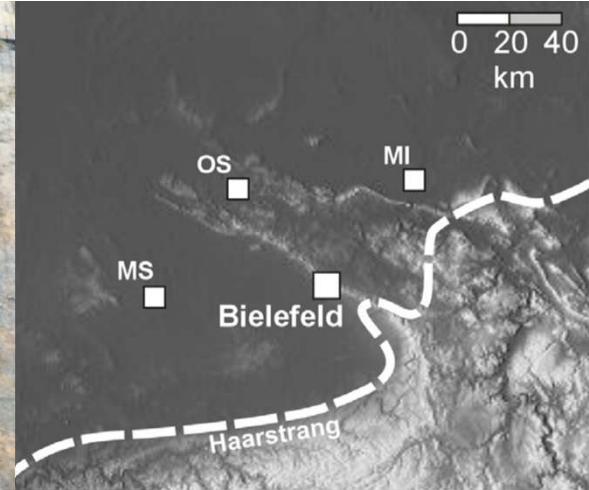
Kippunkte im Klimasystem sind nichts Neues

Warmzeit

Kaltzeit

Eiszeiten

Eiszeitfindling



Beispiel Bielefeld
April 2016, Jöllenbeckerstr.
M. Keiter, et al. (2016)

Rätsel des 19. Jahrhunderts

Charles Lyell
Louis Agassiz

Astronomische Hypothese

Joseph Adhémar (1842)
James Croll (1864)
Milutin Milanković (1941)

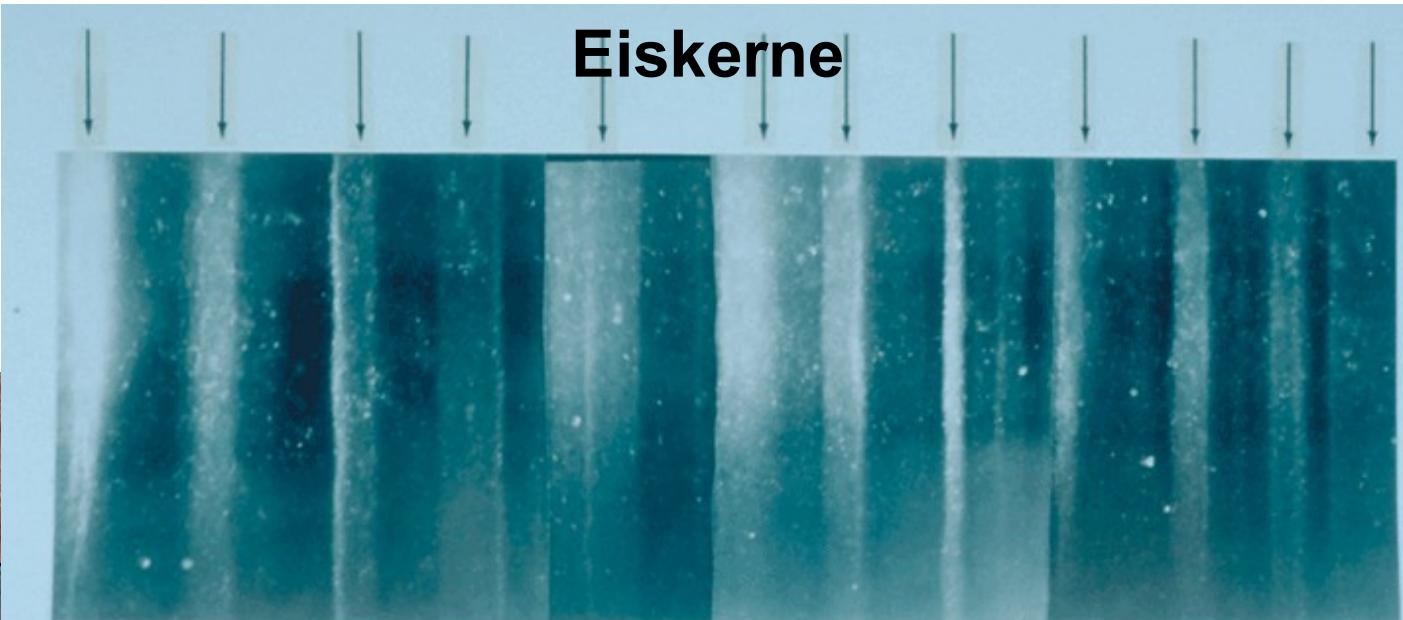
Milankovitch Zyklen

Geochemische Hypothese

Joseph Fourier (1824)
John Tyndall (1860)
Svante Arrhenius (1896)

Treibhauseffekt

Klimaarchive



https://en.wikipedia.org/wiki/Ice_core#/media/File:GISP2_1855m_ice_core_layers.png

Sedimentkerne



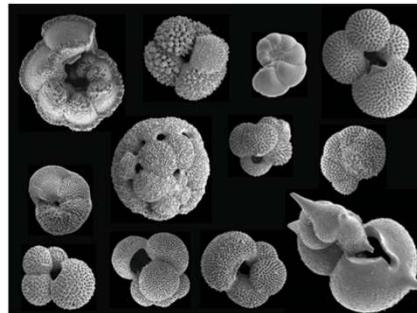
Baumringe



https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_isotope_stage#/media/File:PS1920-1_0-750_sediment-core_hg.jpg

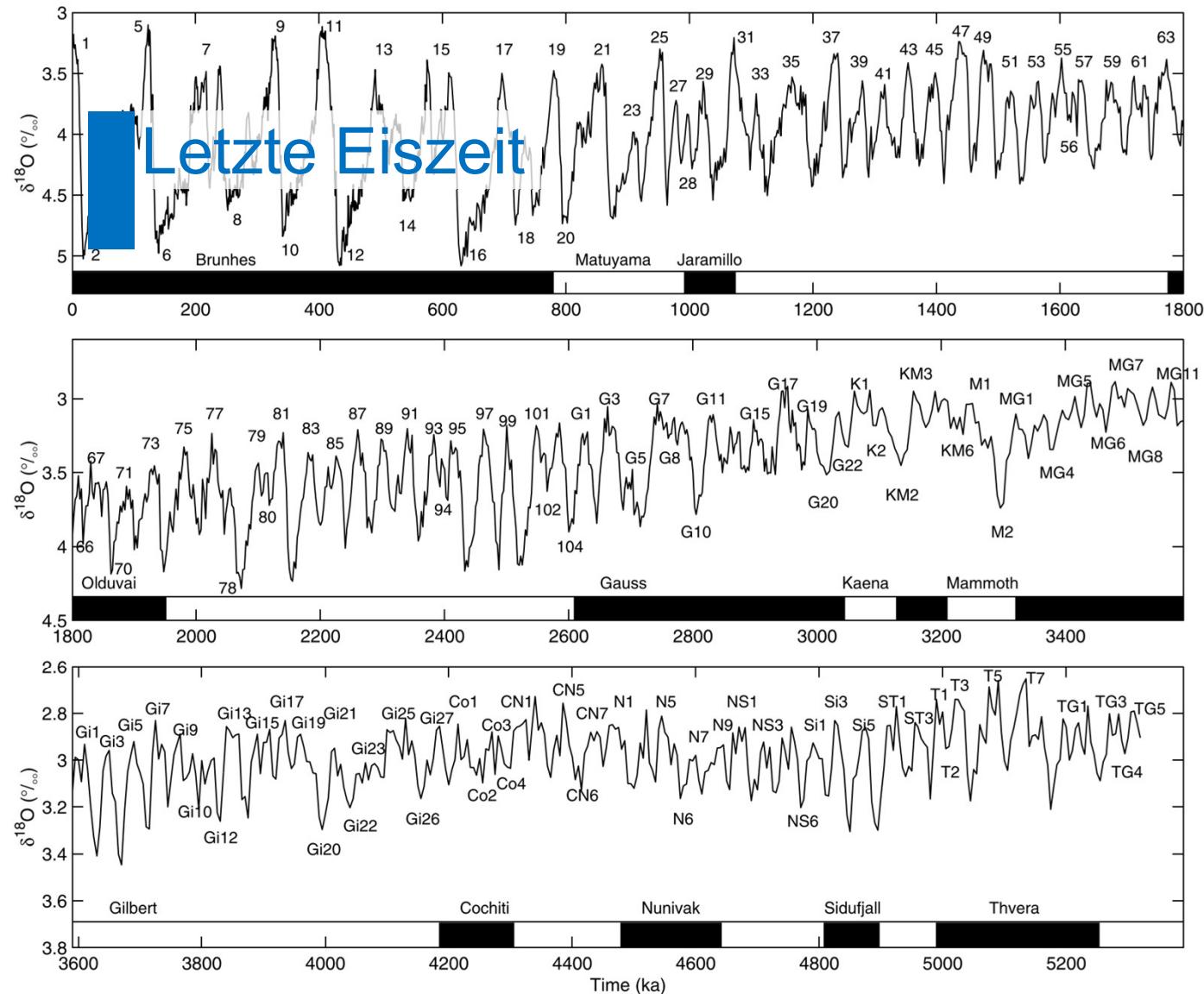
Klima der letzten 5.000.000 Jahre

$\delta^{18}\text{O}$ in CaCO_3 Schalen von
Plankton in Tiefseesedimenten
(57 global verteilte Sedimentkerne)



Archiv für Tiefseetemperatur

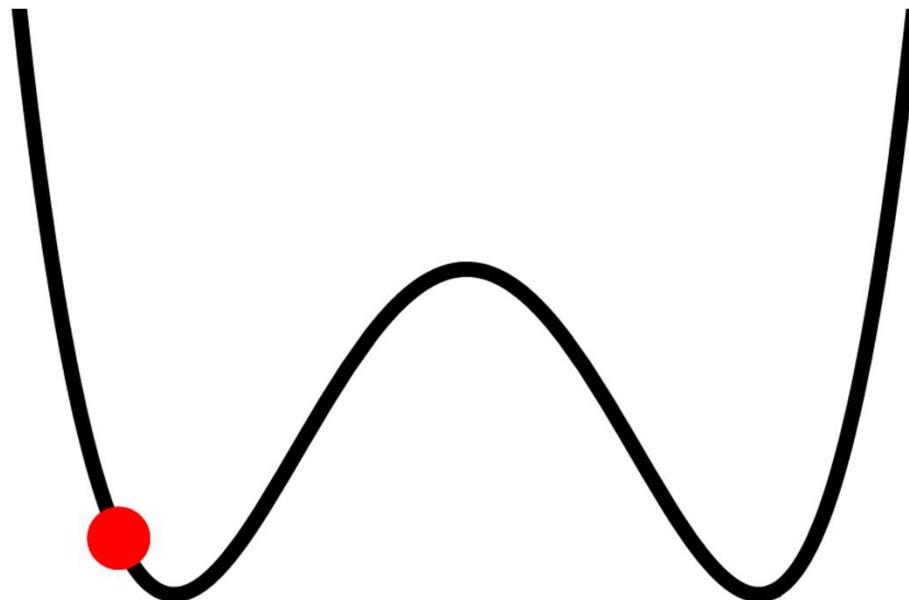
L. E. Lisiecki, M. E. Raymo,
Paleoceanography **20** (2005),
doi:10.1029/2004PA001071



Bistabilität

$$V(x) = \frac{x^4}{4} - \frac{x^2}{2}$$

Angeregt durch statistische Fluktuationen



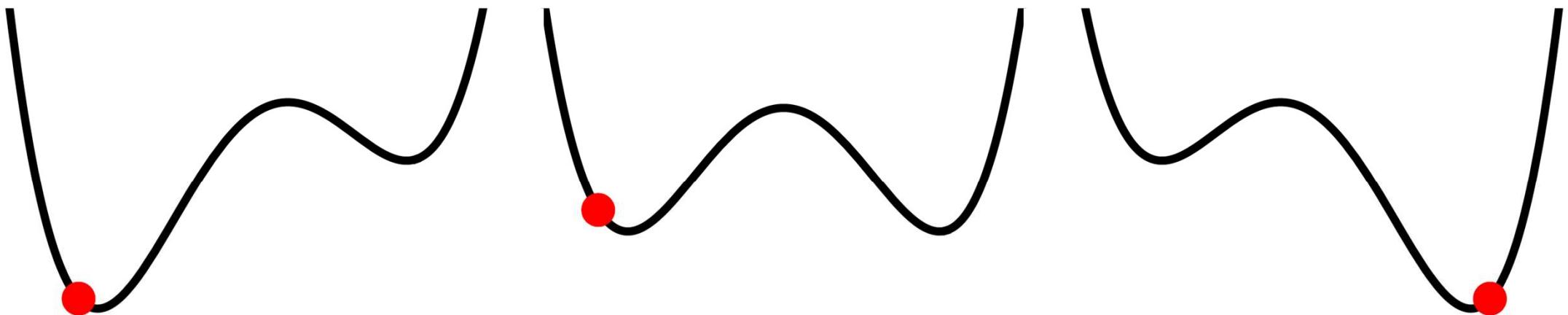
$$V(x) = \frac{x^4}{4} - \frac{x^2}{2} - p x$$

Kontrollparameter p

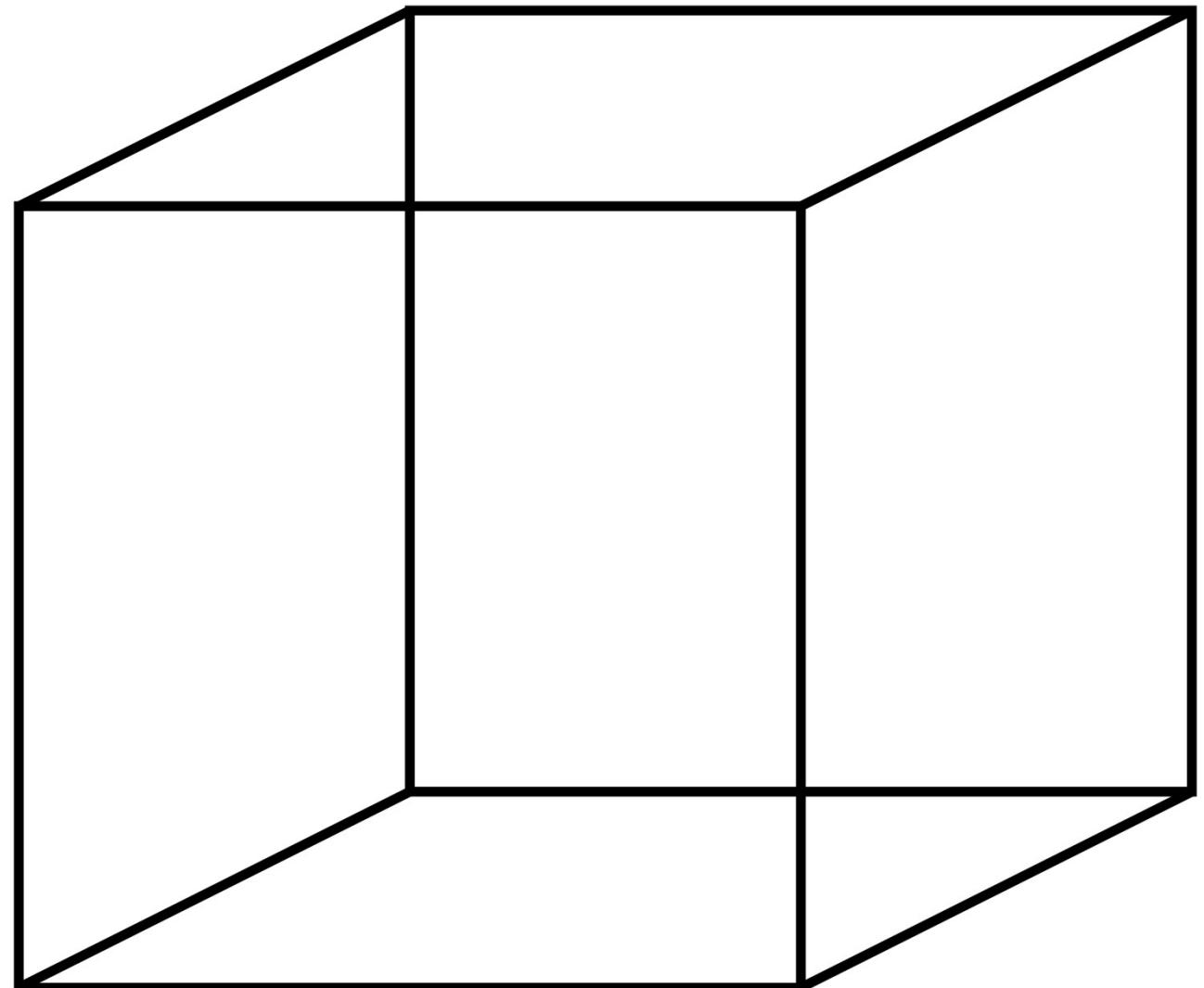
$p = -0.15$

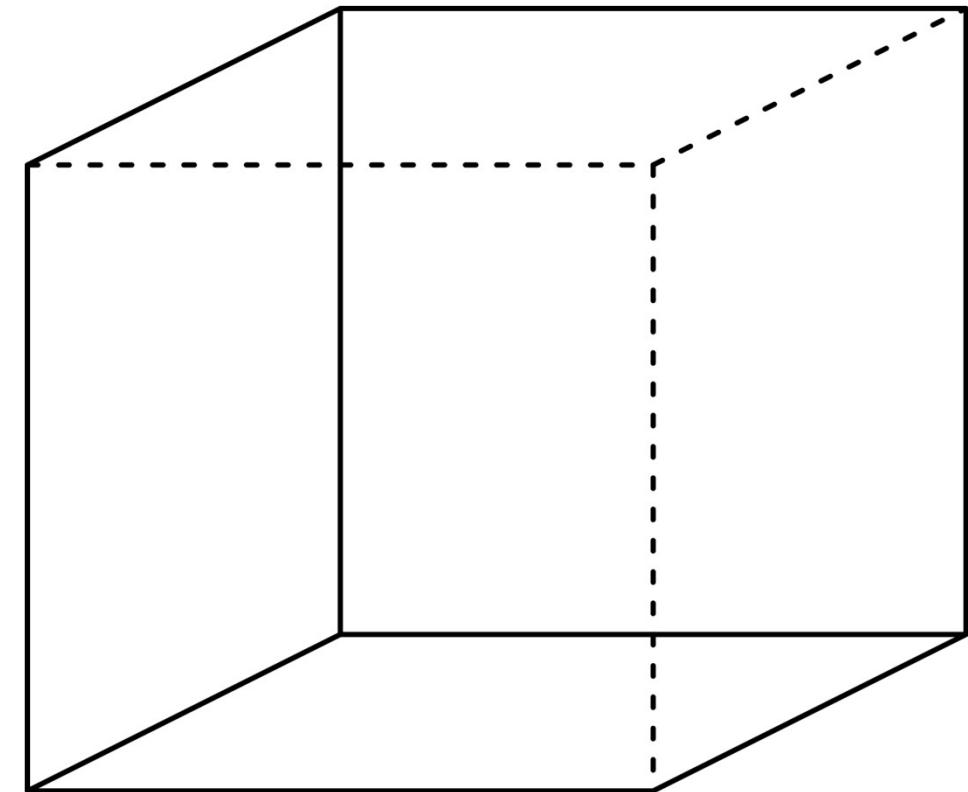
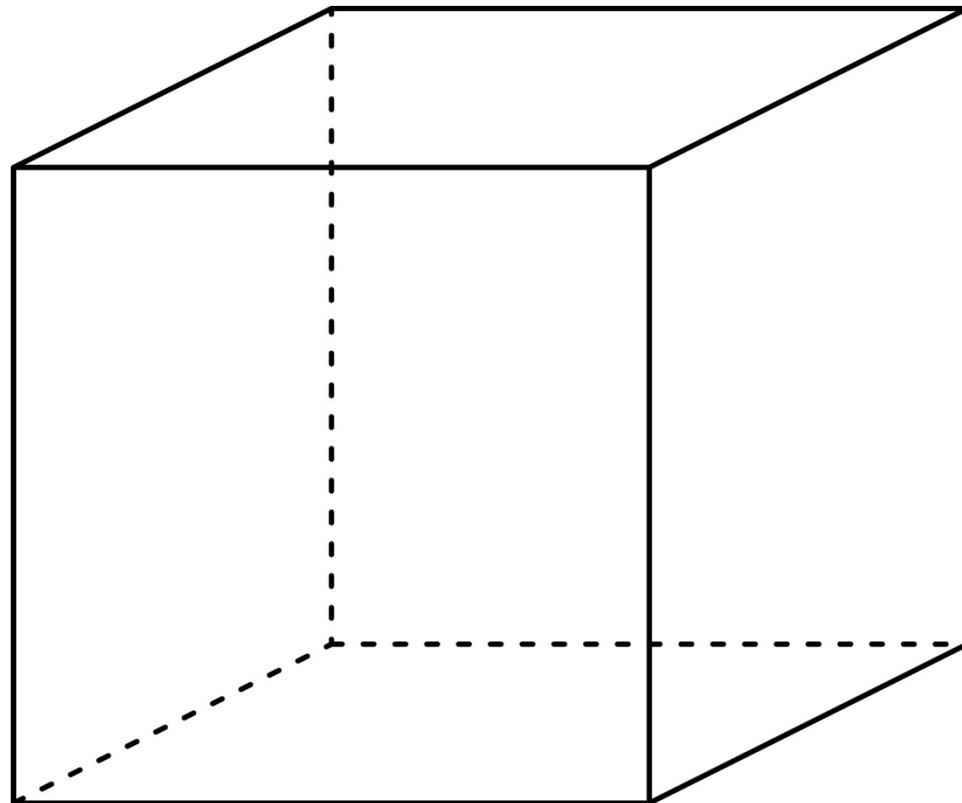
$p = 0.0$

$p = 0.15$



Was sehen Sie?

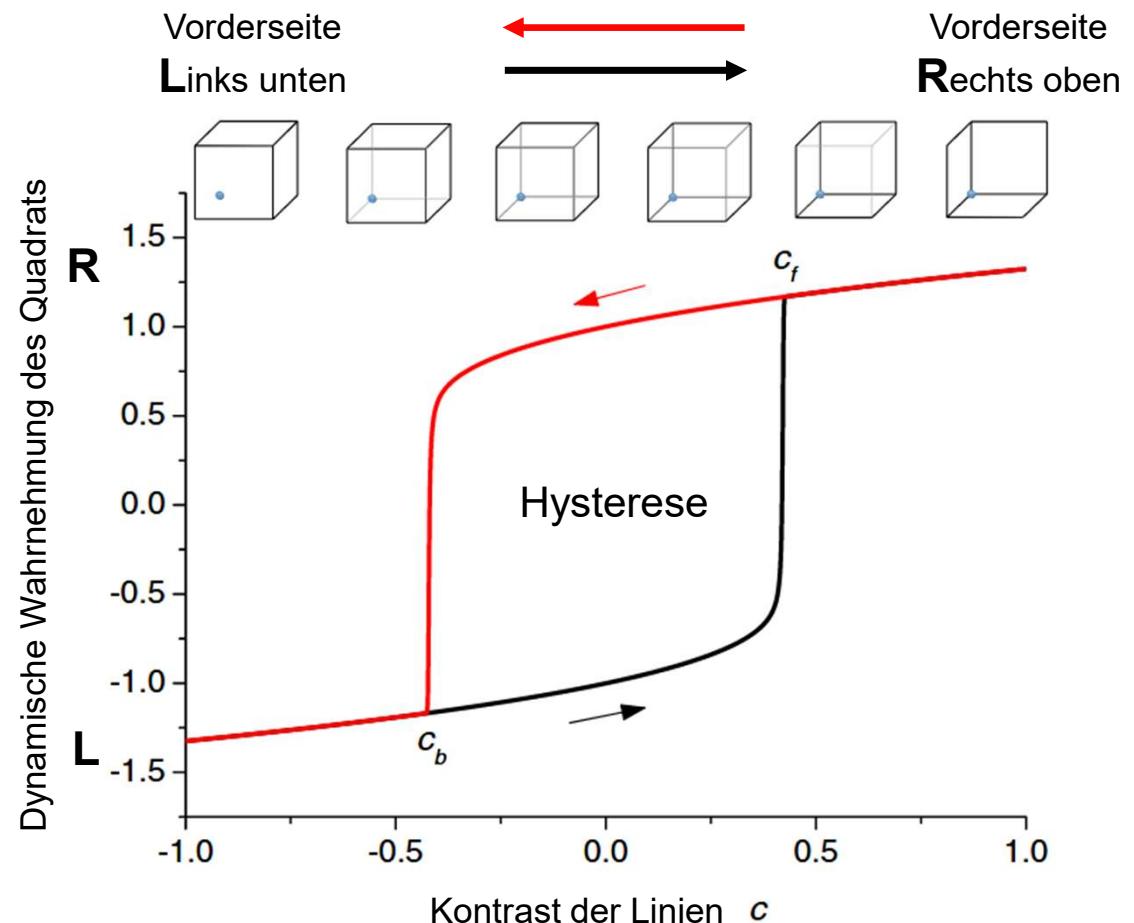




Kippunkte in der Wahrnehmung

A. N. Pisarchik, et al.

Critical slowing down and noise-induced intermittency in bistable perception: bifurcation analysis.
Biol Cybern **108** (2014) 397.

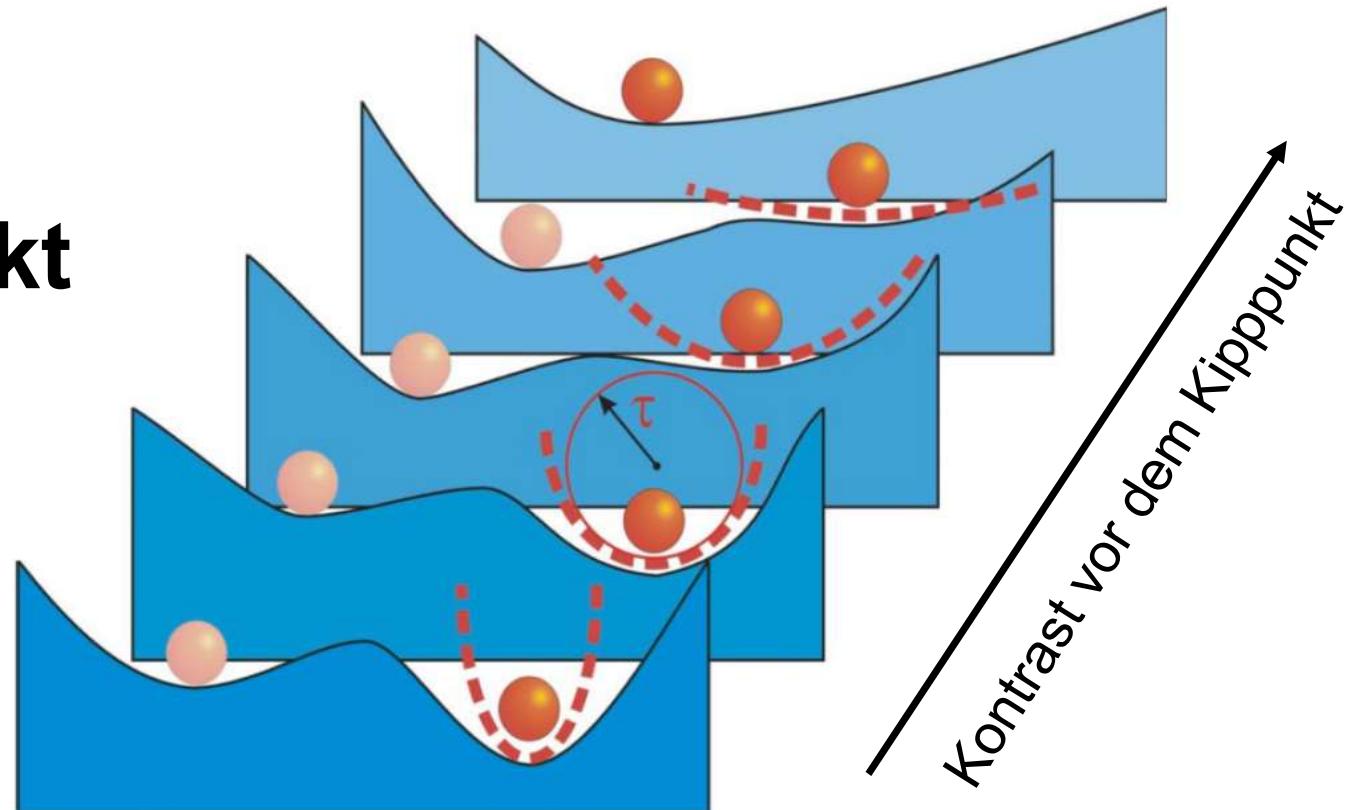


Die Breite der Hysterese wächst mit der Geschwindigkeit der Kontraständerung

→ **Kritische Verlangsamung der Dynamik am Kippunkt**

Kritische Verlangsamung vor dem Kippunkt

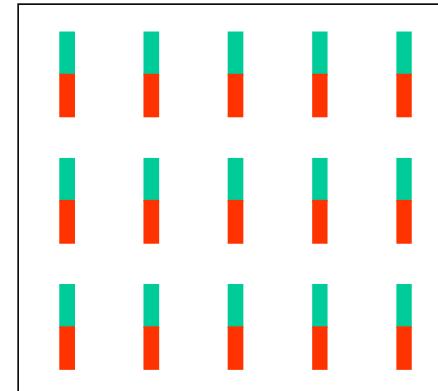
es gibt
Warnzeichen
vor einem
Kippunkt



Analogie Ferromagnetismus

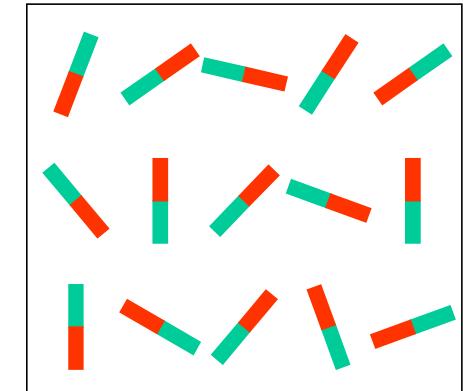


Ferromagnet bei kleiner
Temperatur $T < T_{\text{krit}}$



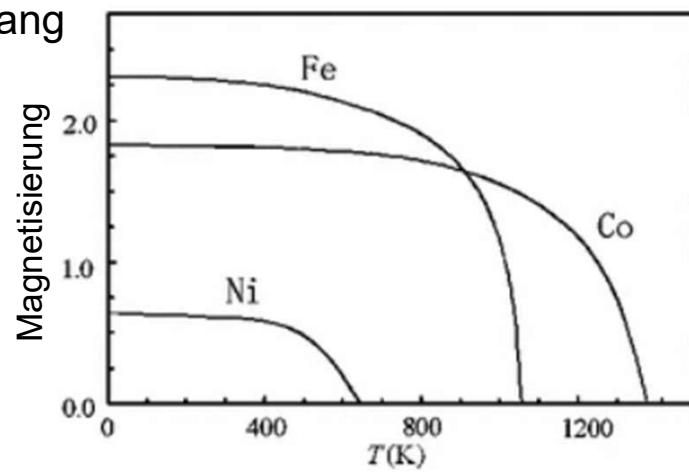
Netto Magnetisierung

Ferromagnet bei hoher
Temperatur $T > T_{\text{krit}}$

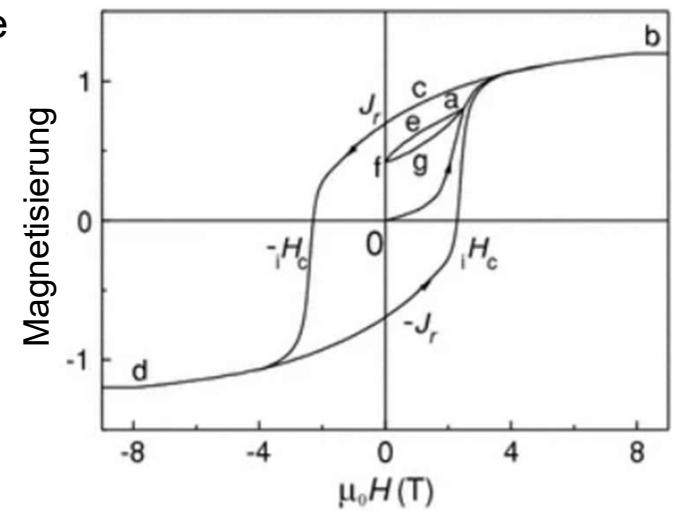


Keine Magnetisierung

Phasenübergang



Hysterese



Kooperation in Netzwerken

**Eisennägel
an Ferromagnet**

Ameisenbrücken

**Kooperation ist eng mit
Kipppunkten in
Netzwerken verbunden**

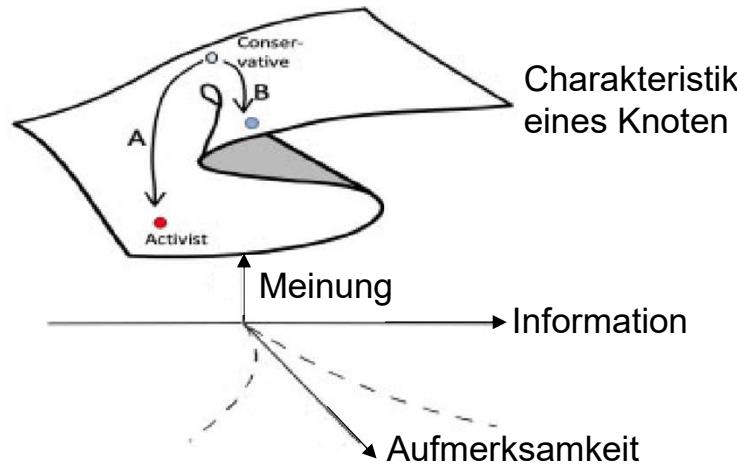
Vogelschwarm

Überall sind Netzwerke

• • • Vernetzte Neuronen Netzwerk von
Regionen im Gehirn Vernetzte Gehirne Soziale Netzwerke • • •

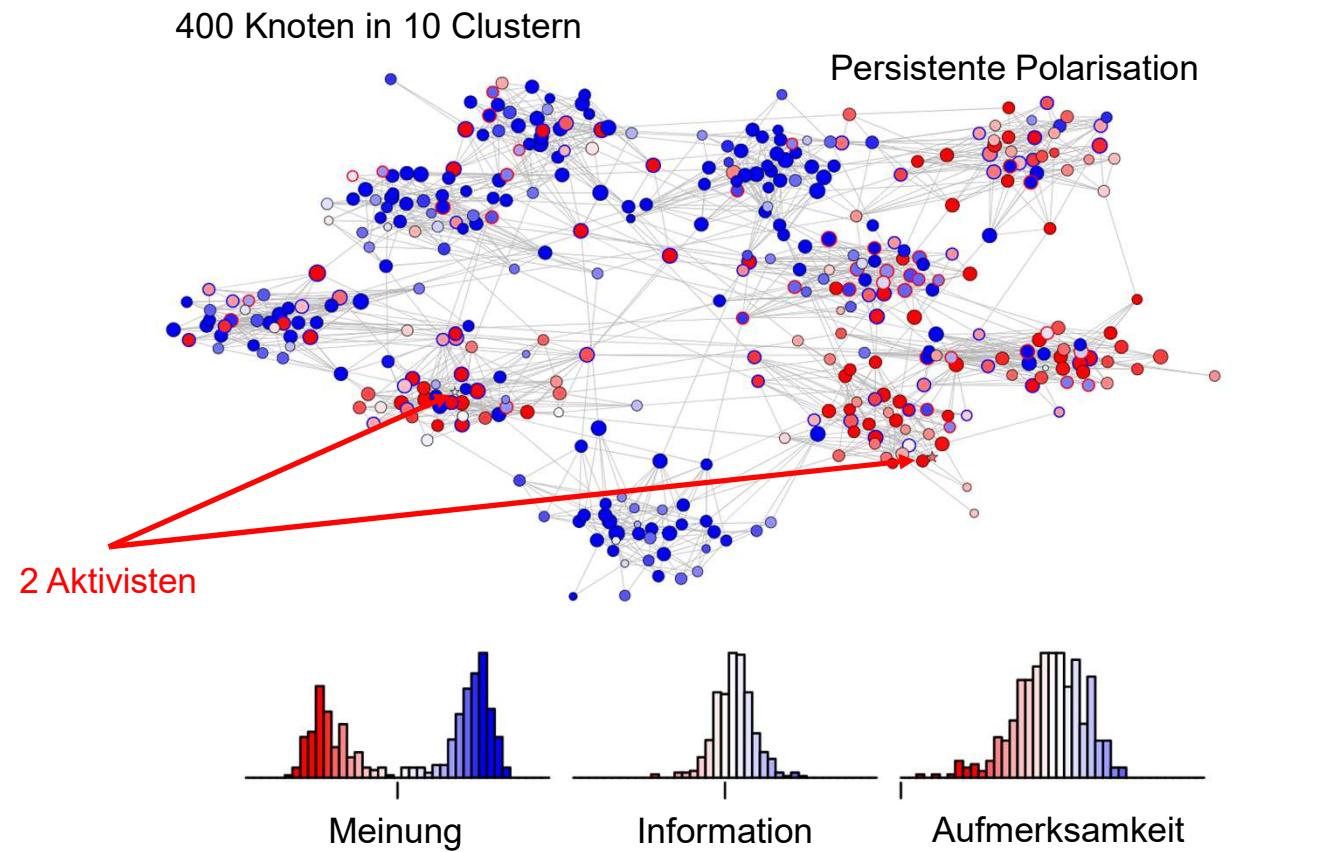
Phasenübergänge, Kollaps, Stabilisierung, Synchronisation, Polarisation, Epidemien, Meinungsbildung, ...

Polarisierung der Gesellschaft



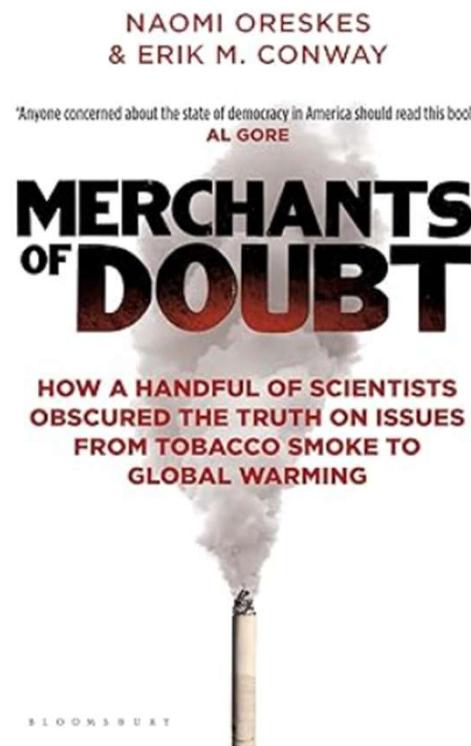
H. L. J. van der Maas, et al.
The polarization within and across individuals:
the hierarchical Ising opinion model.
J. Complex. Netw. **8** (2020) cnaa010.

Netzwerk von wechselwirkenden Knoten mit variabler Hysterese



Gesteigerte Aufmerksamkeit aufgrund von z.B. Skandalisierung
fördert Polarisierung

„Händler des Zweifels“



Verschleierung von Wissenschaft

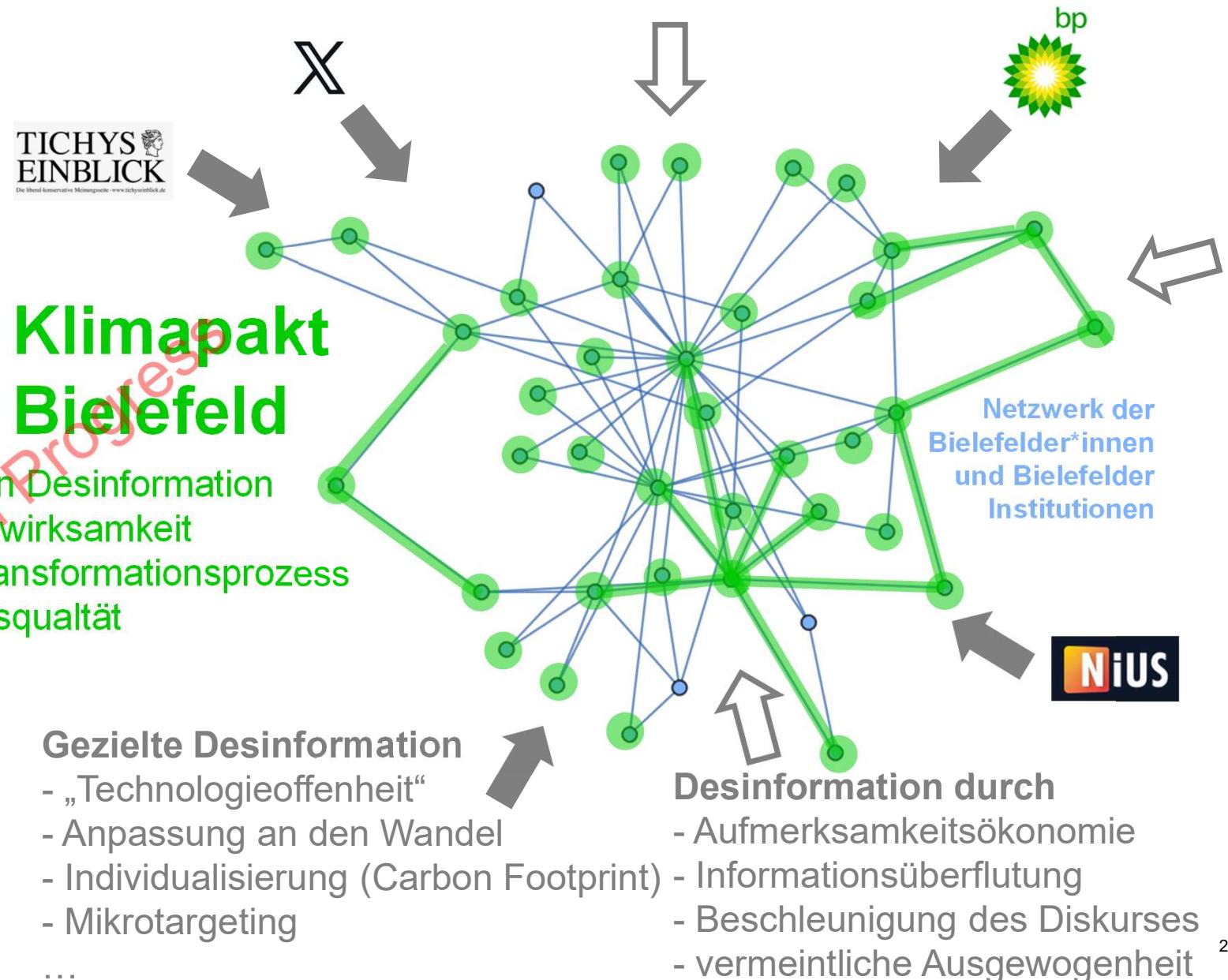
- Risiken des Rauchens
- Saurer Regen
- DDT
- Risiken des Passivrauchens
- Ozonloch
- Globaler Klimawandel

Frederick Seitz, Edward Teller,
Robert Jastrow, William Nierenberg, Fred Singer, ...

George C. Marshall Institute, Heartland Institute,
CO₂ Coalition, CATO institute, ...

Lokales Netzwerk für Zukunft

- Immunisiert gegen Desinformation
- Ermöglicht Selbstwirksamkeit
- Katalisiert den Transformationsprozess
- Erhöht die Lebensqualität
- ...



Kritische Masse

*"I do genuinely believe that the political system is **not linear**. When it reaches a **tipping point** fashioned by a **critical mass of opinion**, the slow pace of change we're used to will no longer be the norm. I see a lot of signs every day that we're moving closer and closer to that tipping point."*

Al Gore

*"We should not underestimate ourselves, because if **lots of individuals go together** then we can accomplish almost anything."*

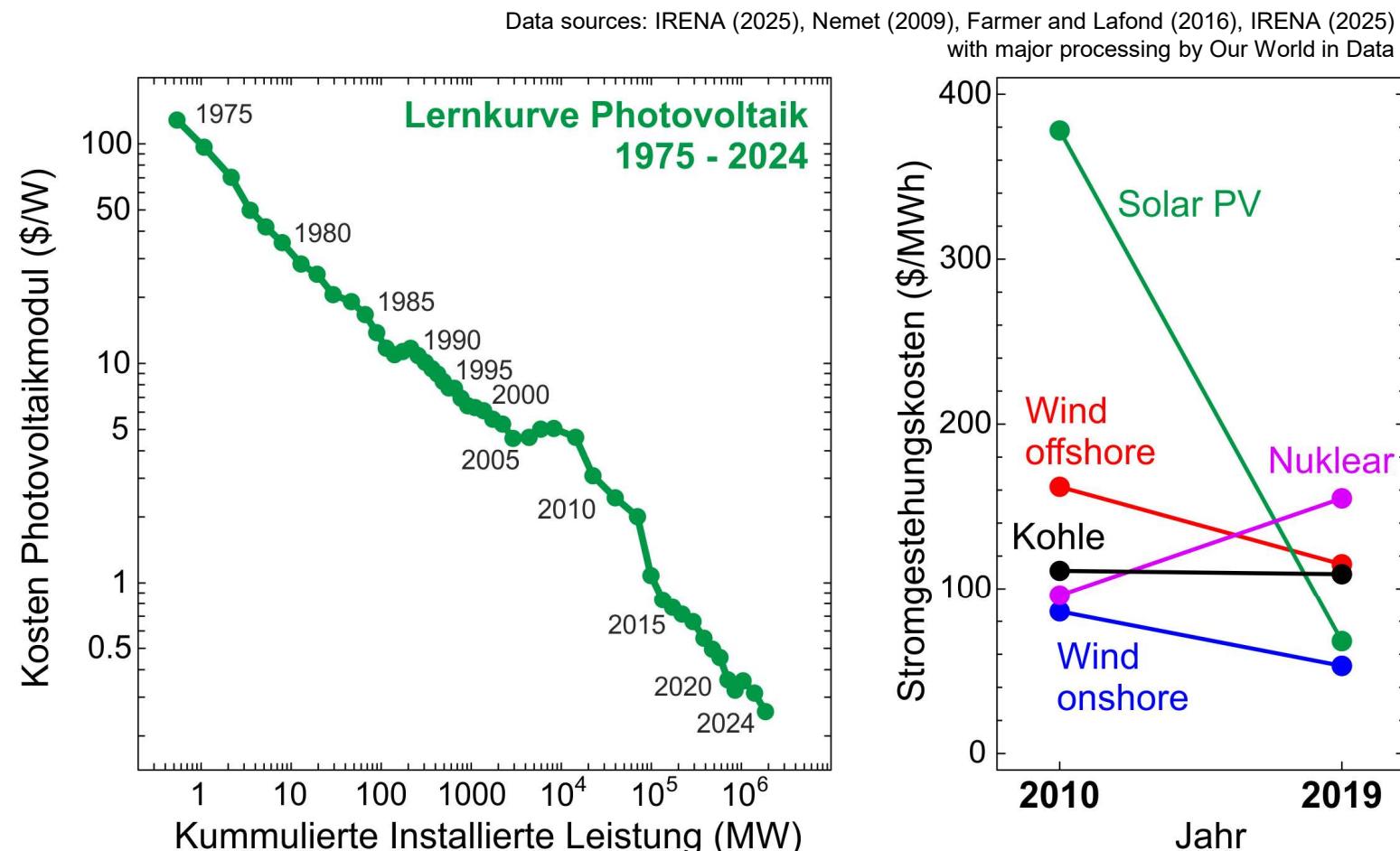
Greta Thunberg

Good News

Lernkurve Photovoltaik

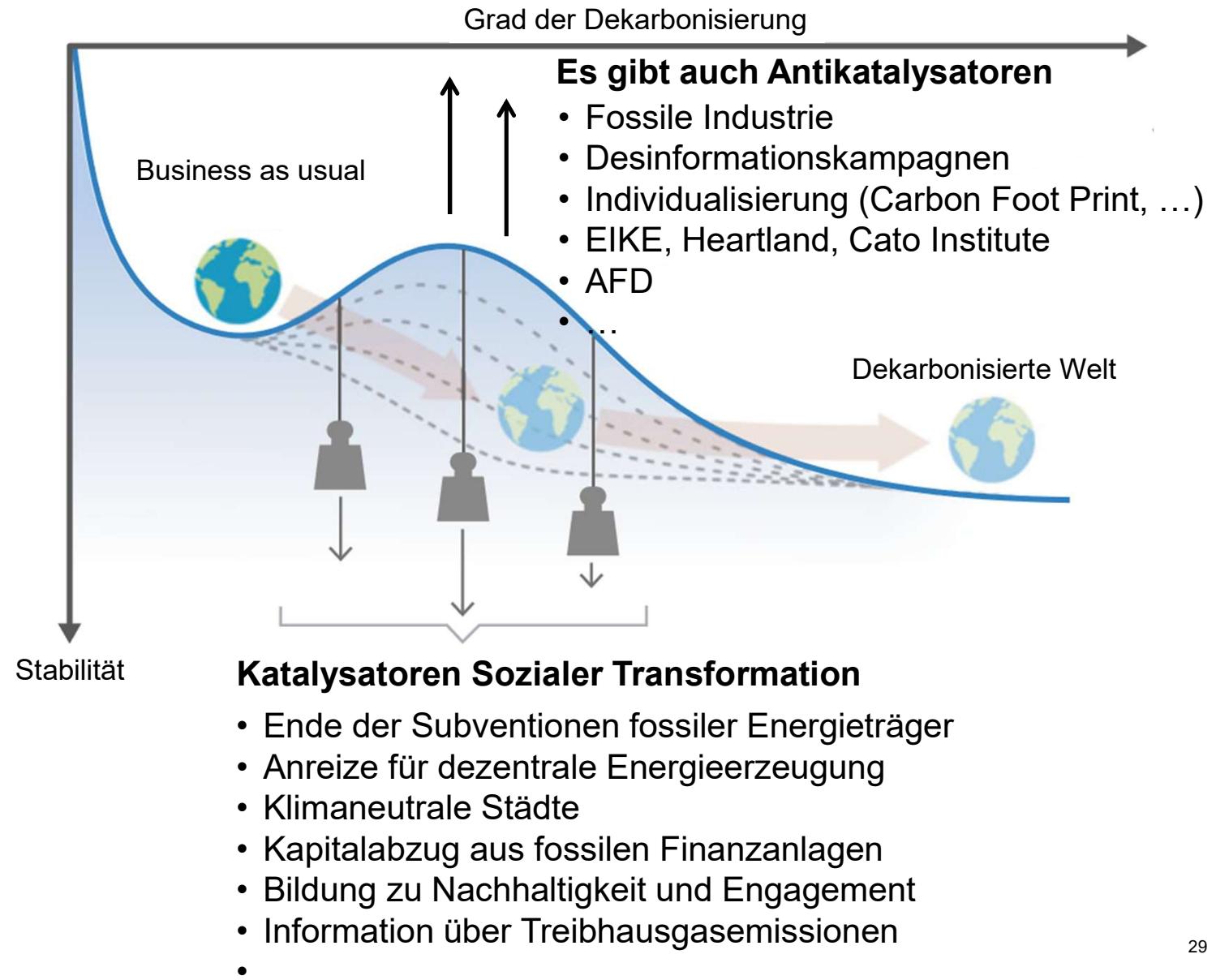
Adaptiert von:
Max Roser (2020)

Why did renewables become so cheap so fast?
Published online at OurWorldinData.org.



Soziale Kipppunkte

I. M. Otto, et al.
Social tipping dynamics for stabilizing
Earth's climate by 2050
Proc. Nat. Acad. Sci. **117** (2020) 2354



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Take Home Messages

Kipppunkte sind allgegenwärtig

Kipppunkte sind verantwortlich für abrupte Änderungen

Kipppunkte sind verstehbar (Eisschild, Magnetisierung, Polarisation)

Kipppunkte treten in Netzwerken auf (Wahrnehmung, Polarisation)

Kipppunkte in unserem sozialen Netz ermöglichen die Transformation zu einer nachhaltigen Wirtschaftsform