

Der Klimawandel: Verstehen und Handeln

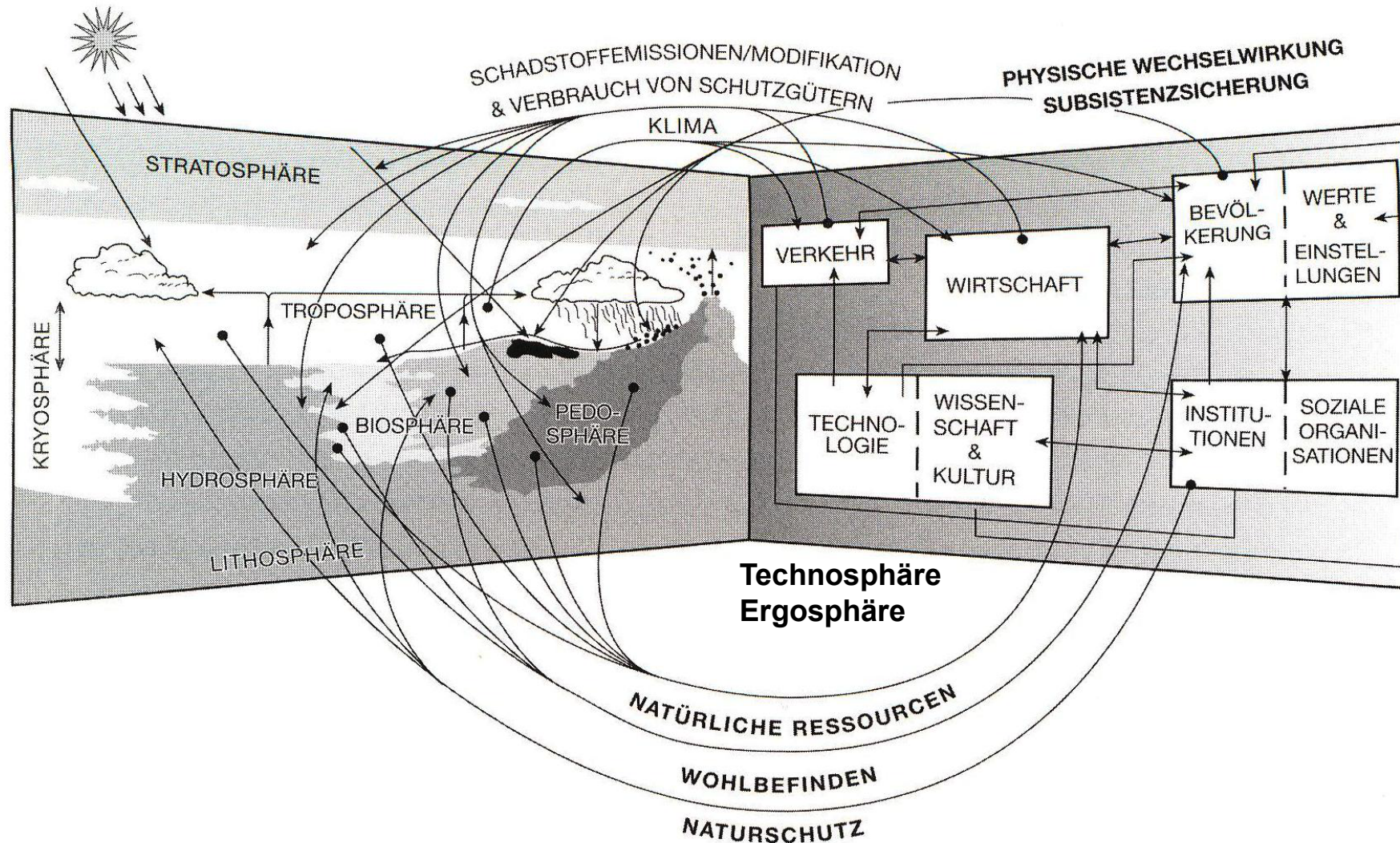


Dr. Cecilia Scorza, Moritz Strähle & Prof. Dr. Harald Lesch
LMU Physik Fakultät

Natursphäre – Anthroposphäre

Alle Schulfächer sind daran beteiligt!

Physik
Chemie
Biologie
Geographie
Mathematik
Informatik
Technik

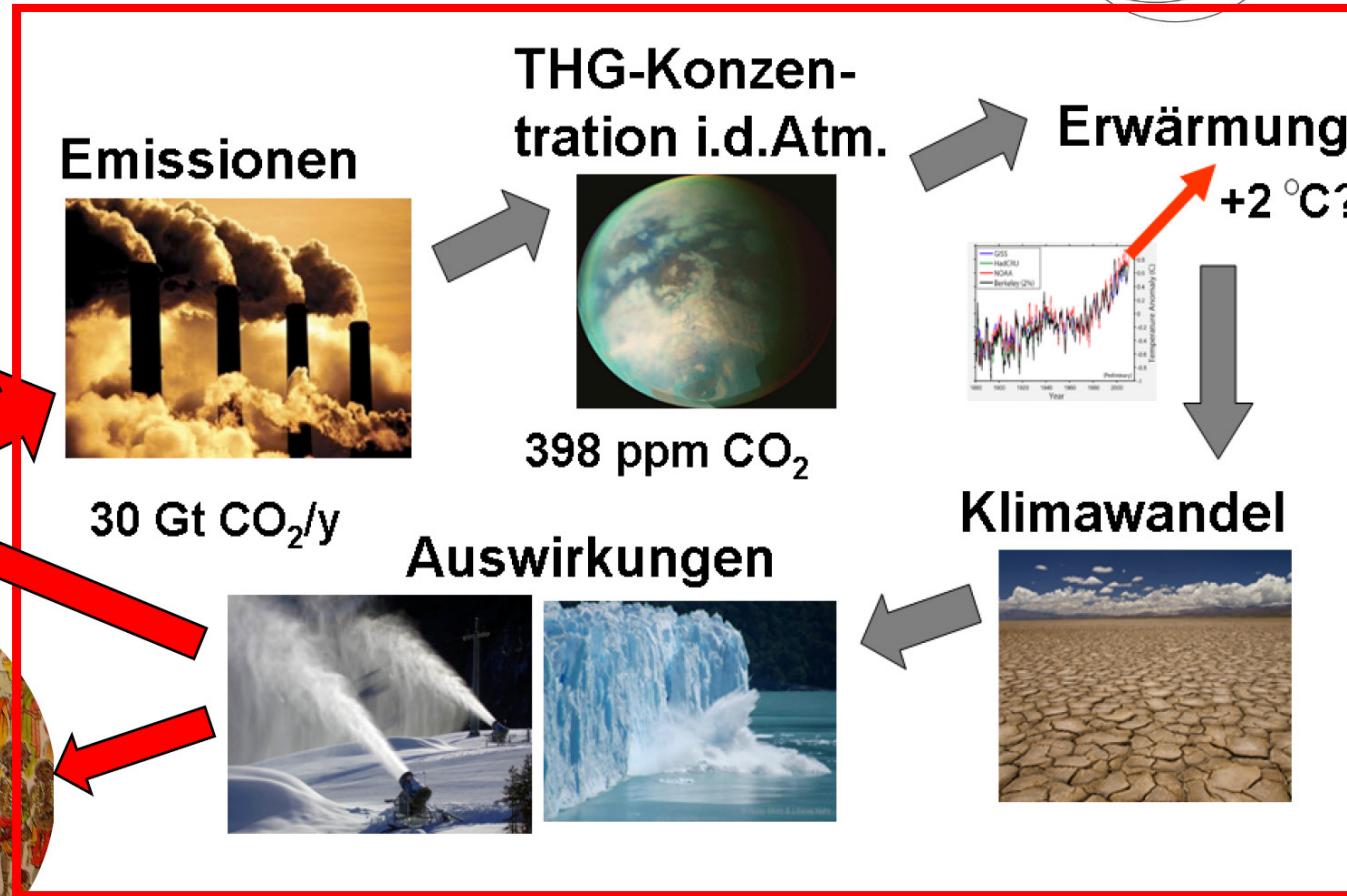


Sprachen
Sozialkunde
Politik
Wirtschaft
Ethik
Religion
Sport
Kunst
Musik

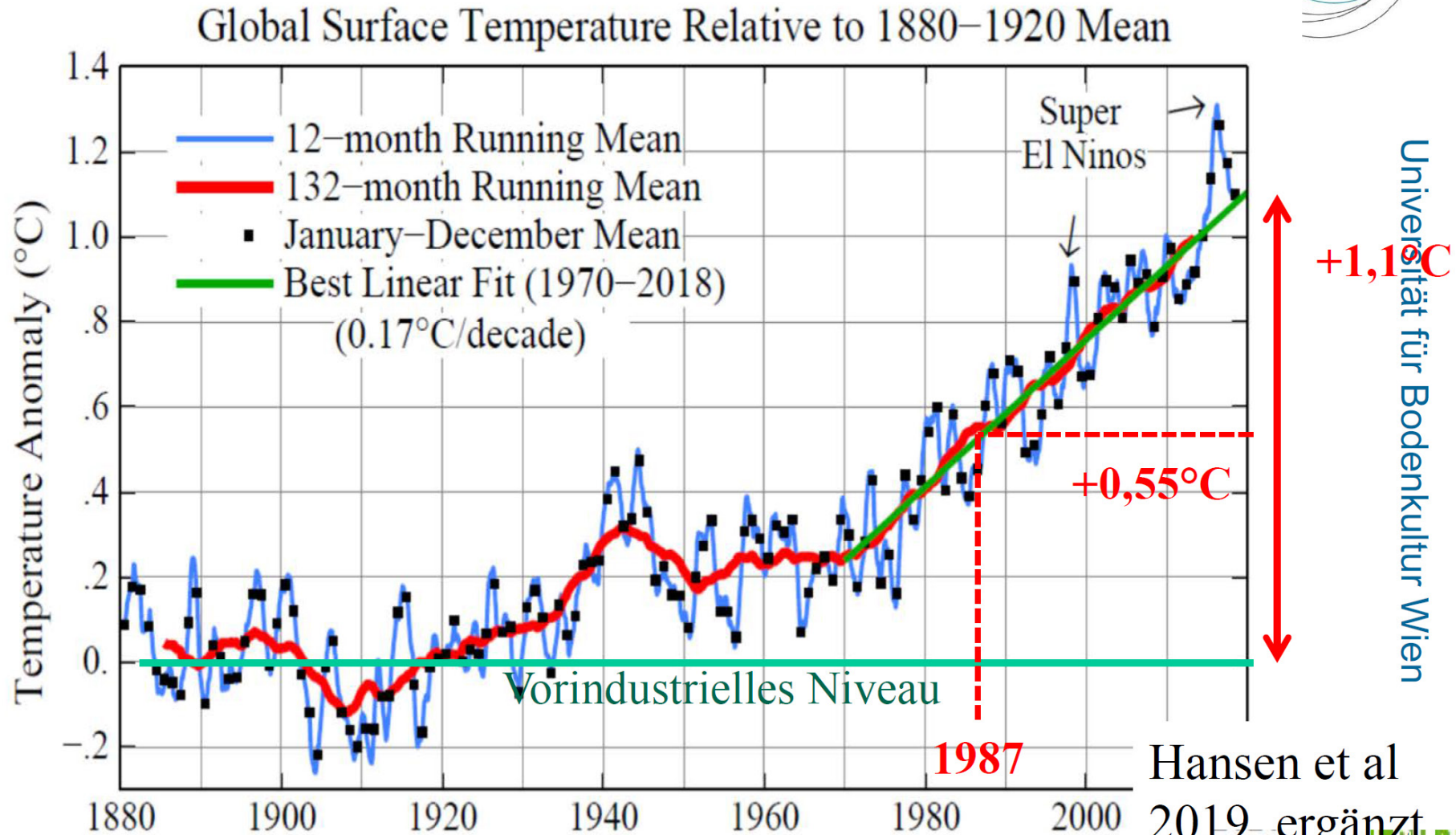
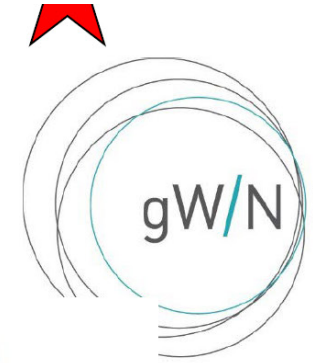
Klimawandel in Kurzform



Menschen;
Lebensstil



Temperaturanstieg global



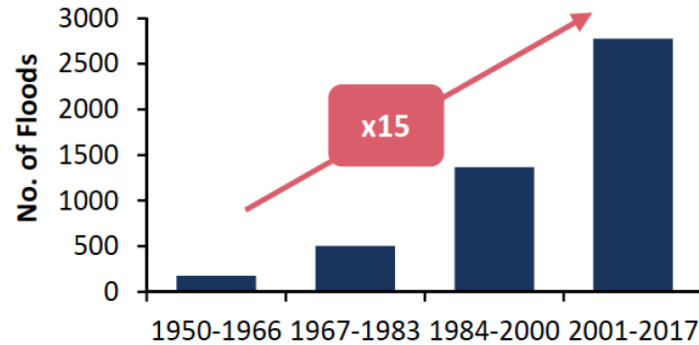
Universität für Bodenkultur Wien



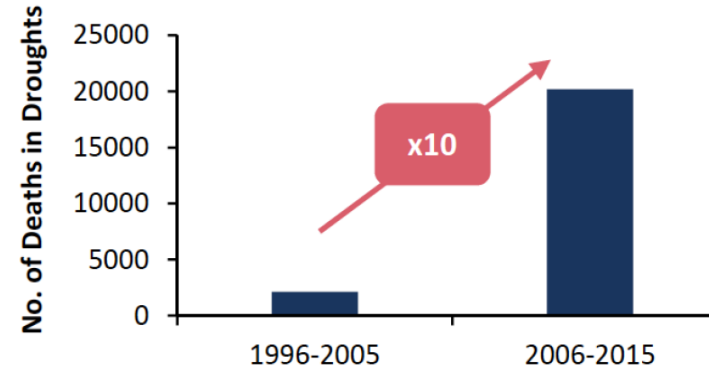
Extremereignisse nehmen zu



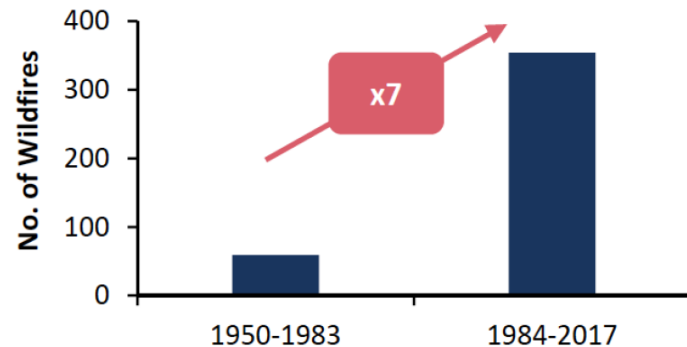
Floods



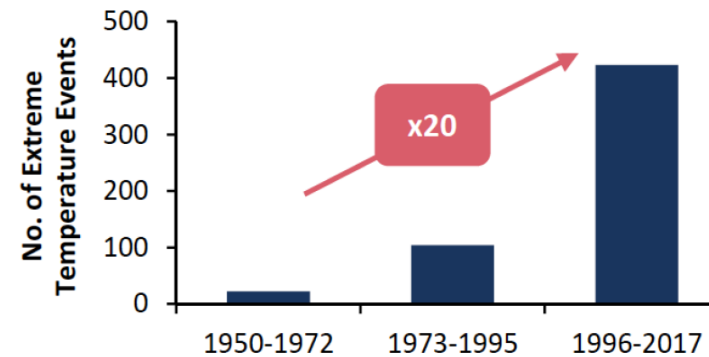
Drought Mortality



Wildfires



Extreme Temperature Events



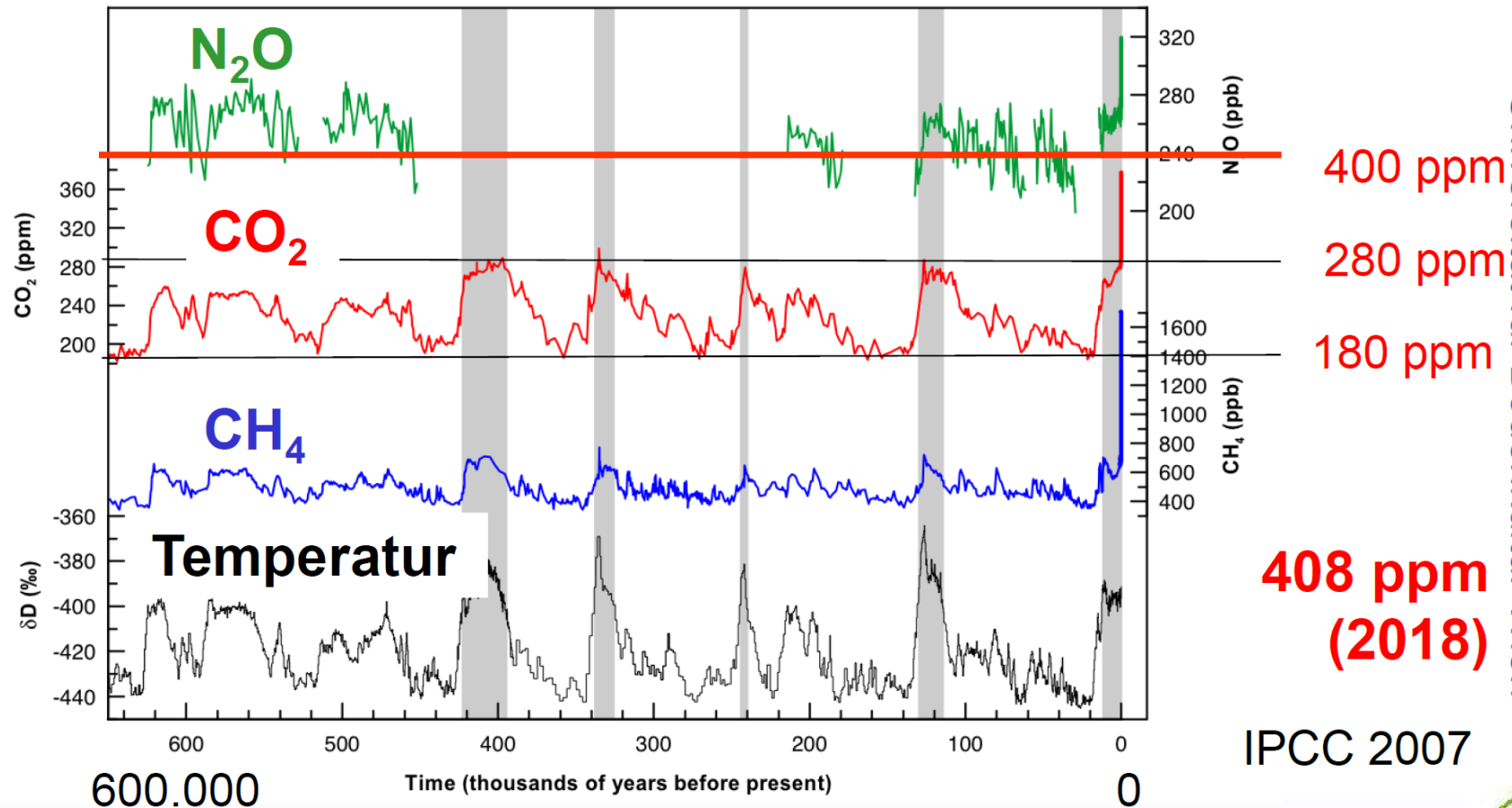
Universität für Bodenkultur Wien

Grantham 2018; EM-DAT database



THG Konzentrationen (Eisbohrkerndaten)

Glacial-Interglacial Ice Core Data

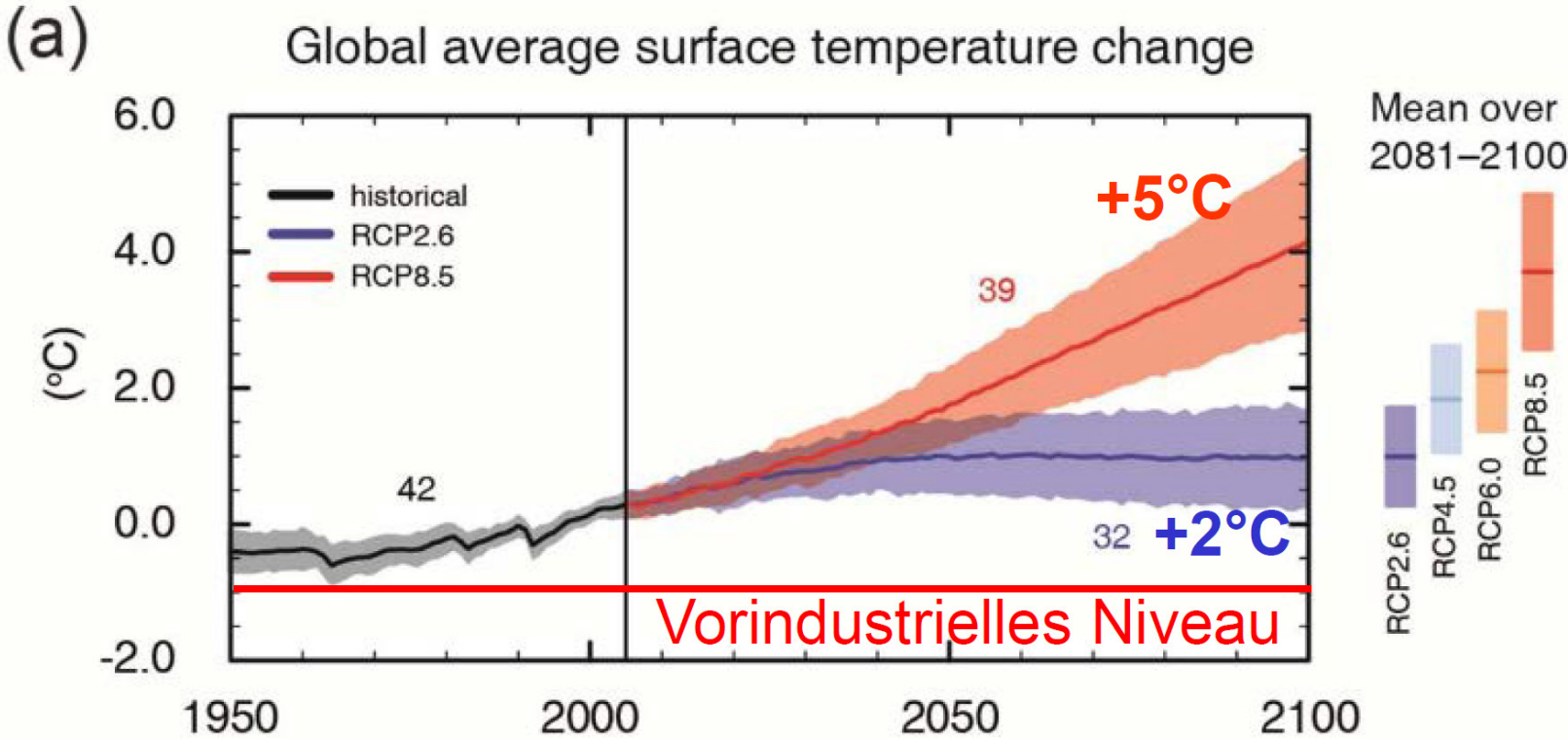


IPCC 2007

Universität für Bodenkultur Wien



Szenarienberechnungen Globale Temperaturänderung



Universität für Bodenkultur Wien

IPCC AR5 WG1 2013





Pariser Klimaabkommen 2015/16



- Verpflichtung, **globale Erwärmung *deutlich unter* 2 °C** zu halten
- Anstrengungen, **die Erwärmung auf 1,5 °C zu begrenzen**
- Weltweit ab 2050 **keine Netto-CO₂ Emissionen**
- Bis 2030 Verbrennung von **Kohle** fast vollständig beenden
- Bis 2050 alle **fossilen Energieträger** durch klimaneutrale Energiequellen ersetzen
- Im Sinne Klimagerechtigkeit: **In Europa schneller**

Universität für Bodenkultur Wien

IPCC SP15



- 2°C viel gefährlicher als gedacht
- 1,5°C statt 2°C macht Unterschied
- 1,5°C erreichbar, wenn wir sofort zupacken;
bis 2030 Halbierung möglich
- Die nächsten Jahre kritisch;
große Sprünge unter Beteiligung aller

IPCC SR15 (2018)

- Every half of degree matters.
- Every year matters.
- Every decision matters.

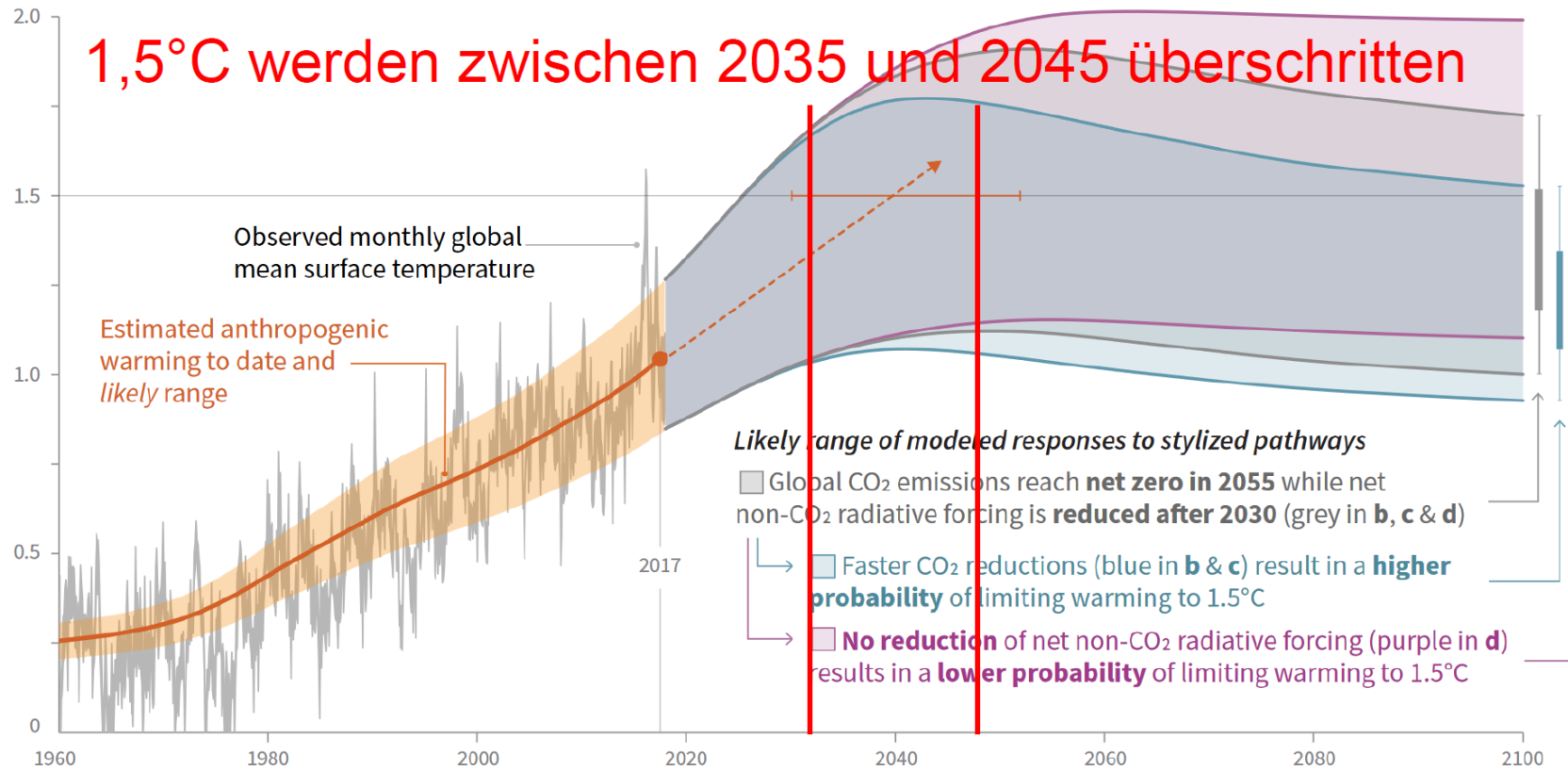
Jean-Pascal van Ypersele
IPCC Vice President

Universität für Bodenkultur Wien

IPCC SR15



Global warming relative to 1850-1900 (°C)



Universität für Bodenkultur Wien

IPCC SR15 (2018)



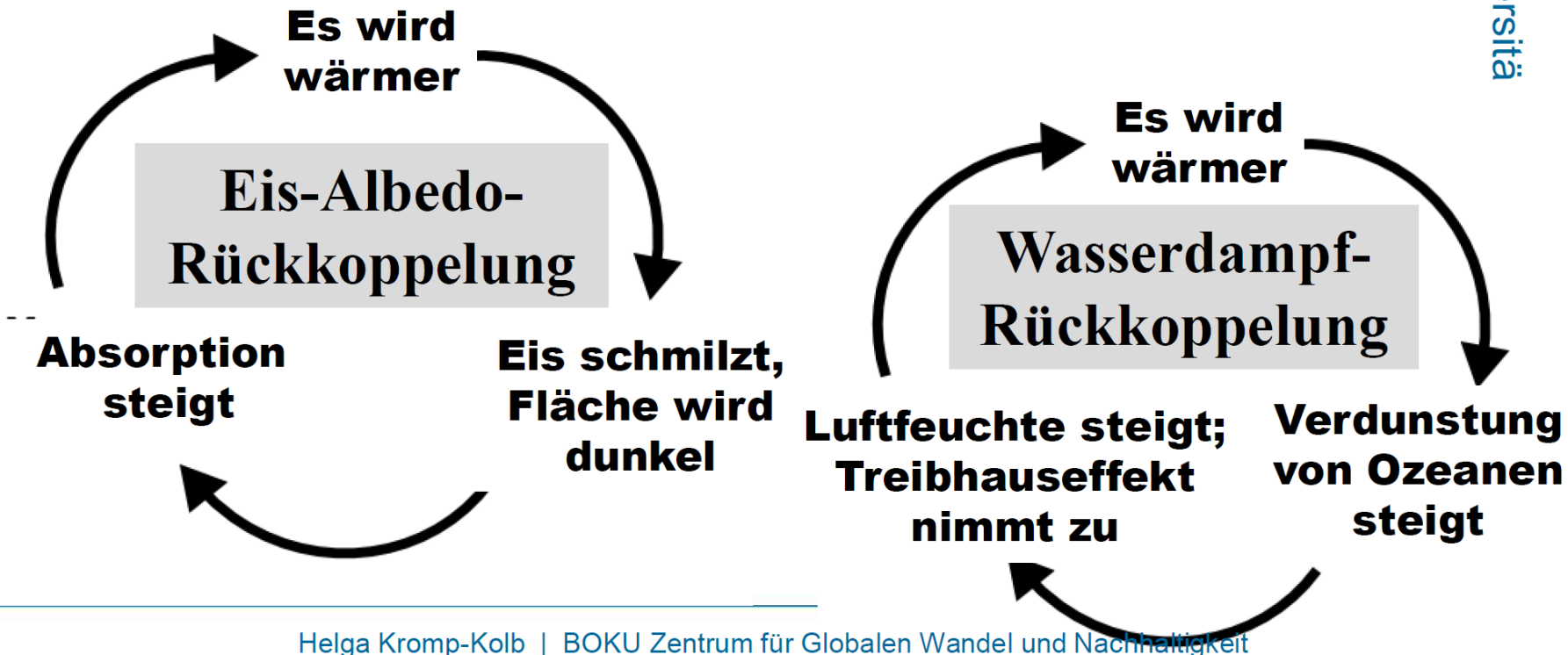


Verstärkende Rückkoppelungen

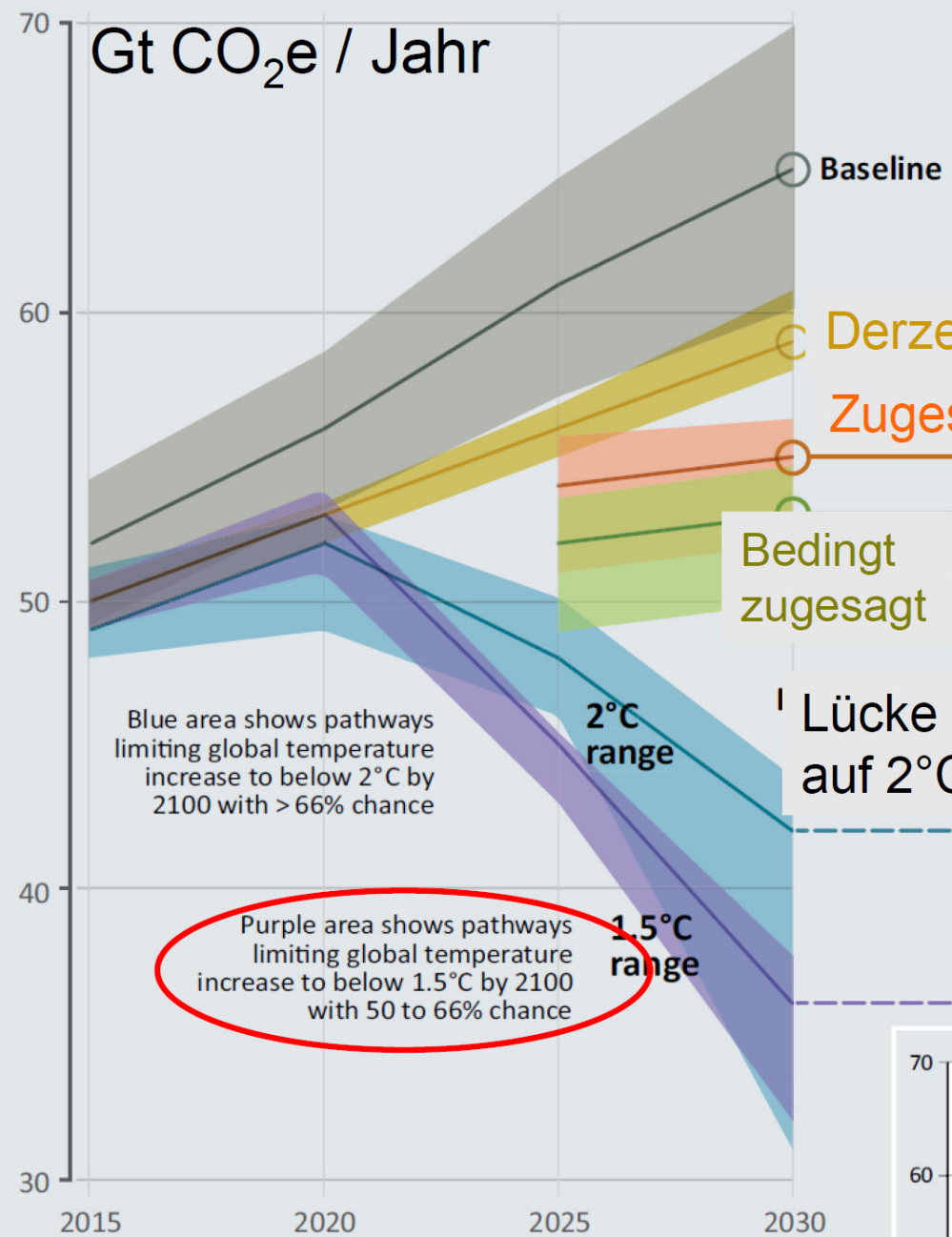


Durch selbst verstärkende Prozesse werden klimatische Kipppunkte immer wahrscheinlicher

Universität



Annual Global Total Greenhouse Gas Emissions (GtCO₂e)



Derzeitige Maßnahmen
Zugesagte Maßnahmen

Bedingt zugesagt

Lücke auf 2°C

11 GtCO₂e (Cond. NDC case)

13.5 GtCO₂e (Uncond. NDC case)

Median estimate of level consistent with 2°C: 42 GtCO₂e (range 31-44)

Lücke auf 1,5°C

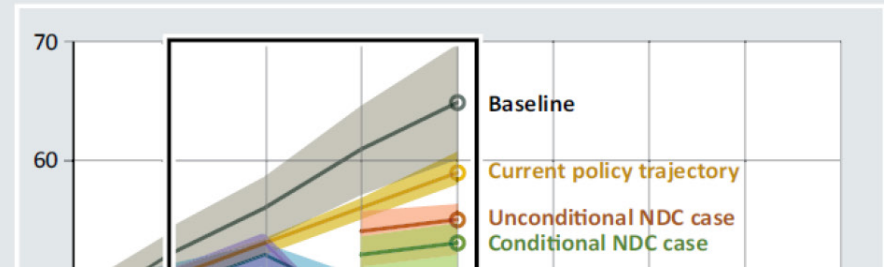
16 GtCO₂e (Cond. NDC case)

19 GtCO₂e (Uncond. NDC case)

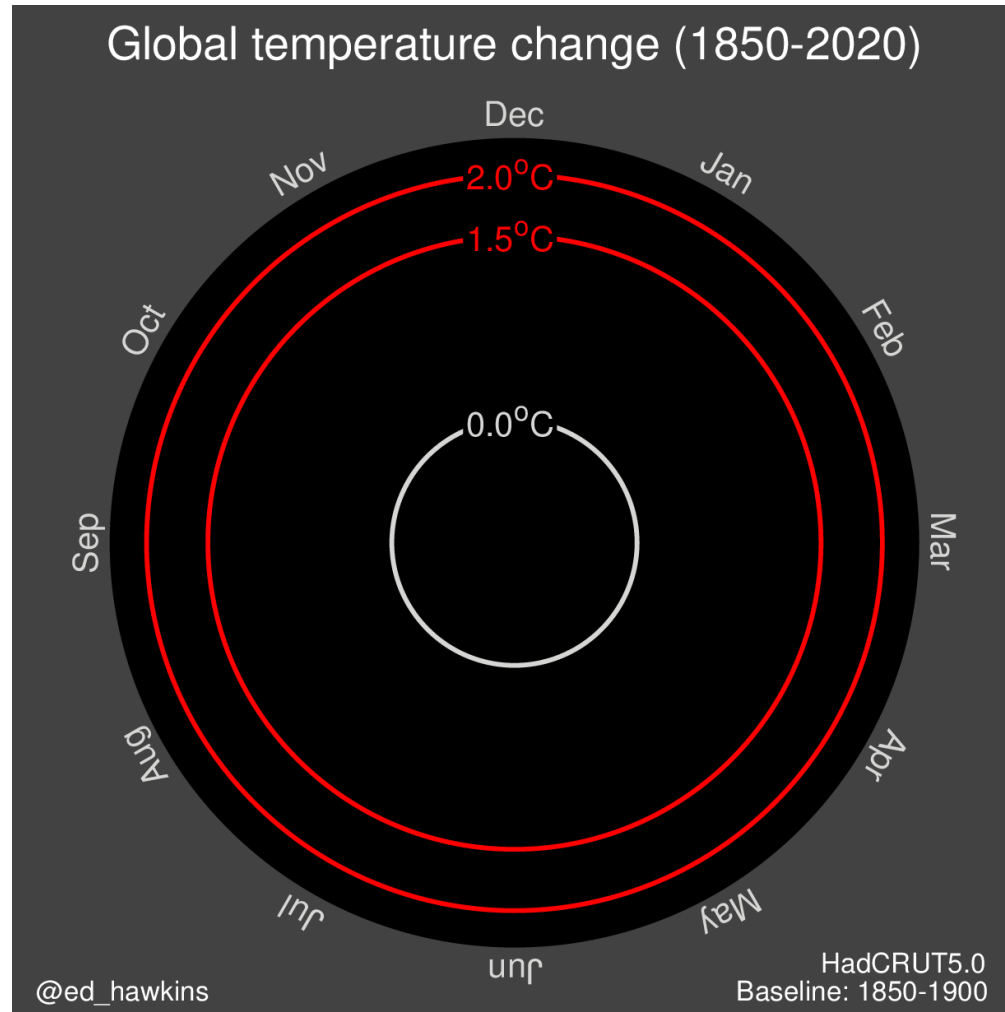
Median estimate of level consistent with 1.5°C: 36 GtCO₂e (range 32-38)

Blue area shows pathways limiting global temperature increase to below 2°C by 2100 with > 66% chance

Purple area shows pathways limiting global temperature increase to below 1.5°C by 2100 with 50 to 66% chance



Seit 1850 bis heute: Es wird wärmer!







Schlittenhunde, die über Wasser laufen
.....Grönland 17°C anstatt 6 °C!



Weil es mit 17 Grad ein besonders warmer Tag in der Arktis ist, taut eine dünne Eisschicht auf dem zugefrorenen Fjord und verwandelt die Oberfläche in einen See aus Schmelzwasser!





Buschbrände weltweit

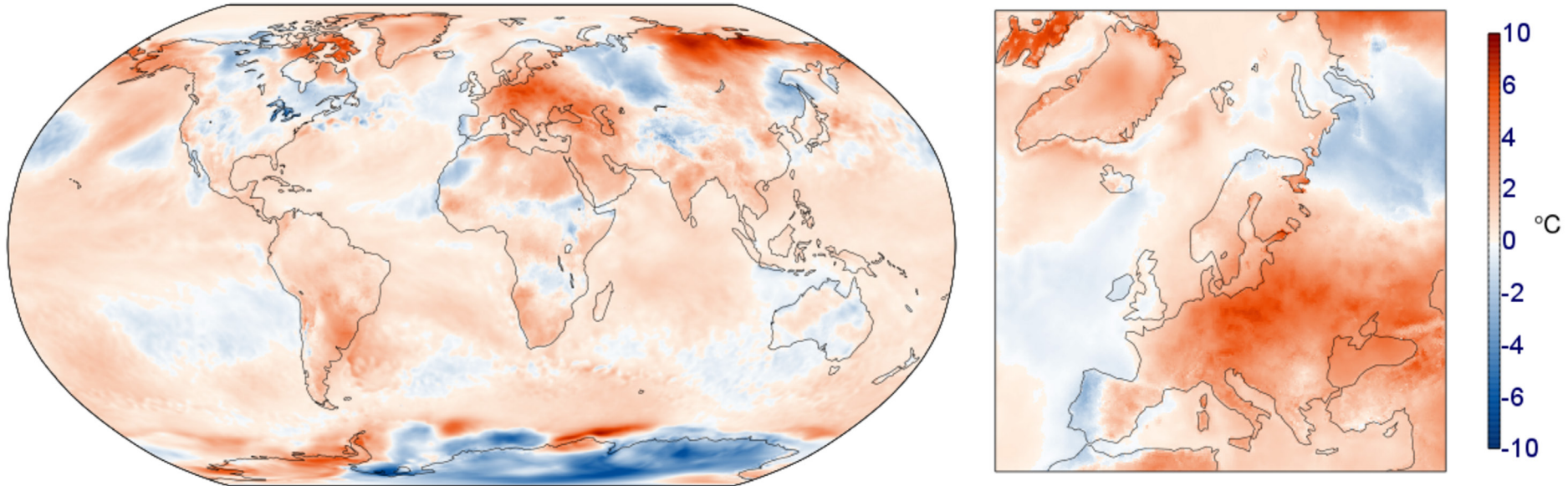
24h, 07.02.21





SZ: 30. Dezember 2019, 14:38 Uhr
Brandjahr 2019: Die Welt erscheint im Pyrozän

Surface air temperature anomaly for June 2019 relative to 1981-2010



<https://climate.copernicus.eu/>

Auffällig: In Sibirien brachen vor allem dort Brände aus, wo die Oberflächentemperaturen ungewöhnlich hoch waren, wie eine aktuelle Analyse des Erdbeobachtungsprogramms Copernicus zeigt. Laut Parrington lagen die Temperaturen dort bis zu zehn Grad Celsius über der Durchschnittstemperatur aus den Jahren 1981 bis 2010.



Der andere arktische Klima-Teufelskreis

Tausende Quadratkilometer Torflandschaft brennen. Die Feuer gefährden auch den Permafrost - und könnten dadurch einen sich selbst verstärkenden Prozess in Gang setzen.

Dunkles Blau in Schmelztümpeln und schwarze Ruß-Emissionen beschleunigen den Rückgang des Meereises rund um den Nordpol.





Lutz Schirrmeister/ Alfred-Wegener-Institut

Ein Kliff in der sibirischen Arktis mit Überresten von Mooregebieten: Im Boden liegen alte Pflanzenreste verborgen. Diese sind ein riesiger Kohlenstoffspeicher, so lange sie gefroren sind. Wenn sie auftauen, gibt es Mikroorganismen, die sich darüber hermachen - und so CO₂ freisetzen.



Lutz Schirrmeister/ Alfred-Wegener-Institut

Abrutschende Küsten in Sibirien: Wenn ehemalige Permafrostregionen an den arktischen Küsten erodieren und ins Meer fallen, dann fallen auch die ehemaligen Pflanzenreste mit dorthinein. Und so bekommen marine Mikroorganismen zusätzliche Nahrung.



Sibirische Insel Sobo-Sise im Lena-Delta: Meerwasser ist wärmer als der Permafrostboden. Dadurch taut das organische Material schneller auf.

In Sibirien hat sich aus dem Nichts dieser riesige Krater (50 Meter Durchmesser) aufgetan — schuld ist wohl die Erderwärmung



VASILY BOGOYAVLENSKY/AFP via Getty Images

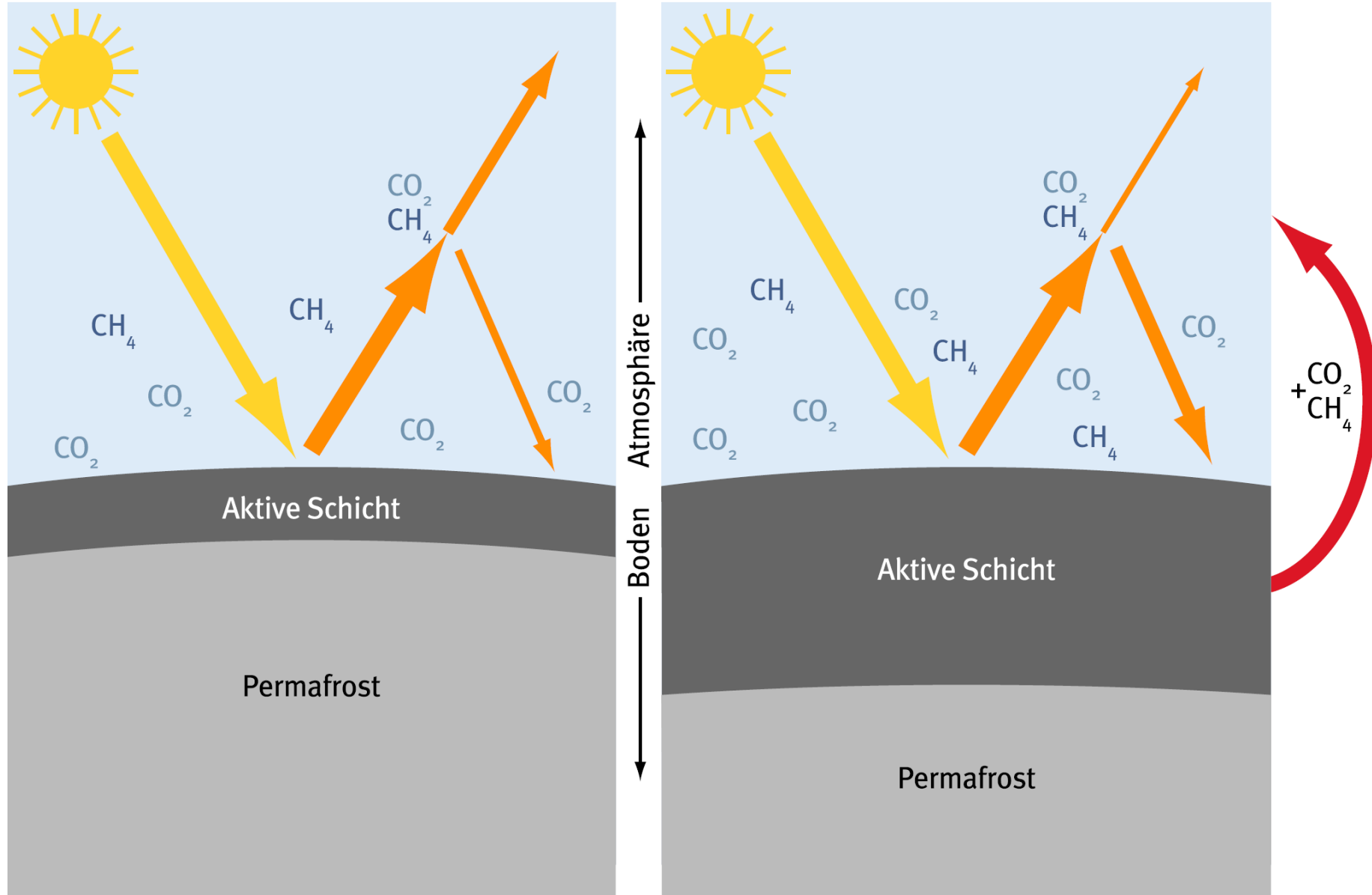


Das Auftauen des Permafrostes in der sibirischen Tundra lässt tiefe Erdlöcher entstehen. Der Batagajka-Krater ist mit 696 Metern Länge und 86 Metern Tiefe der mit Abstand größte.

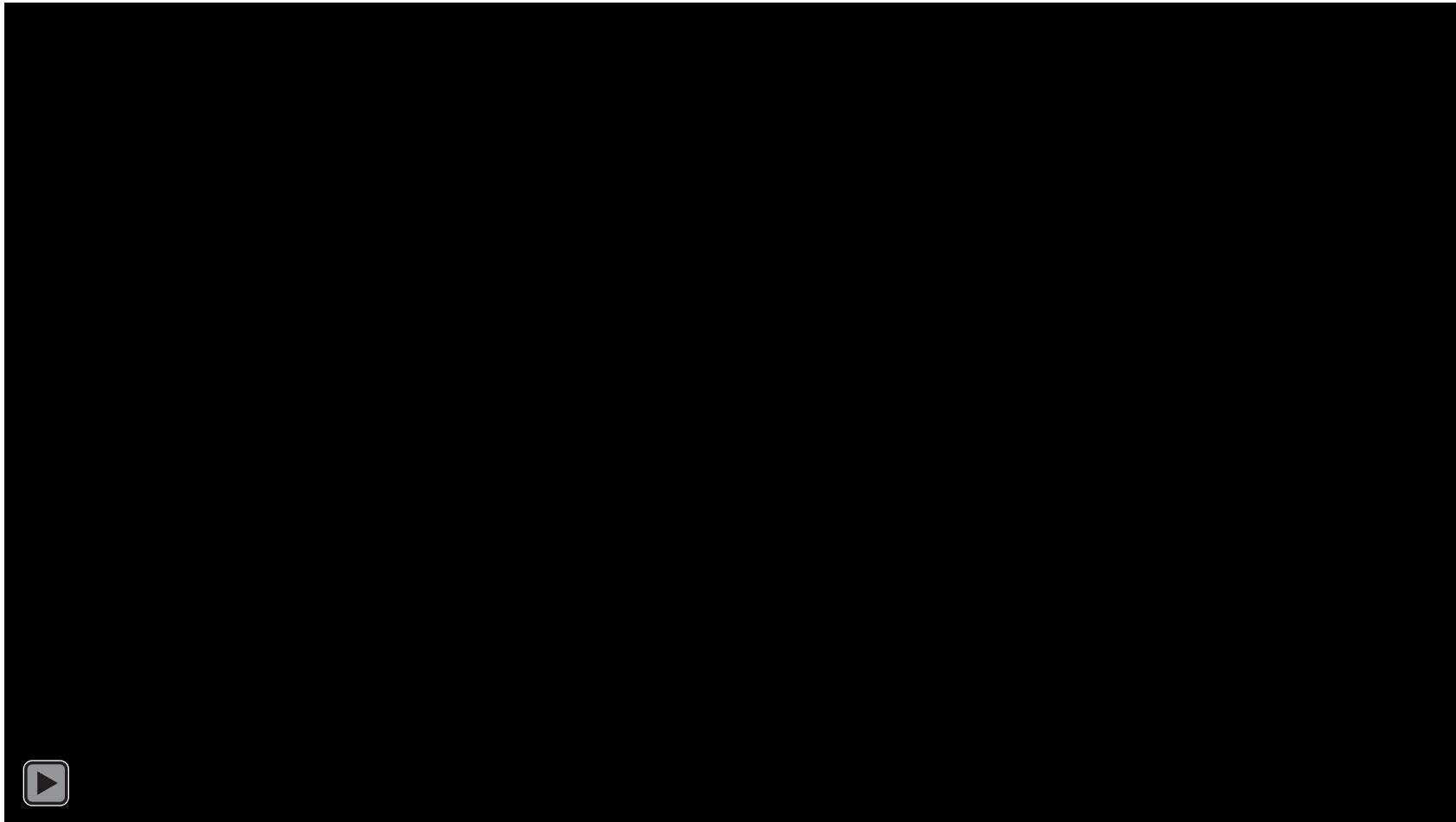


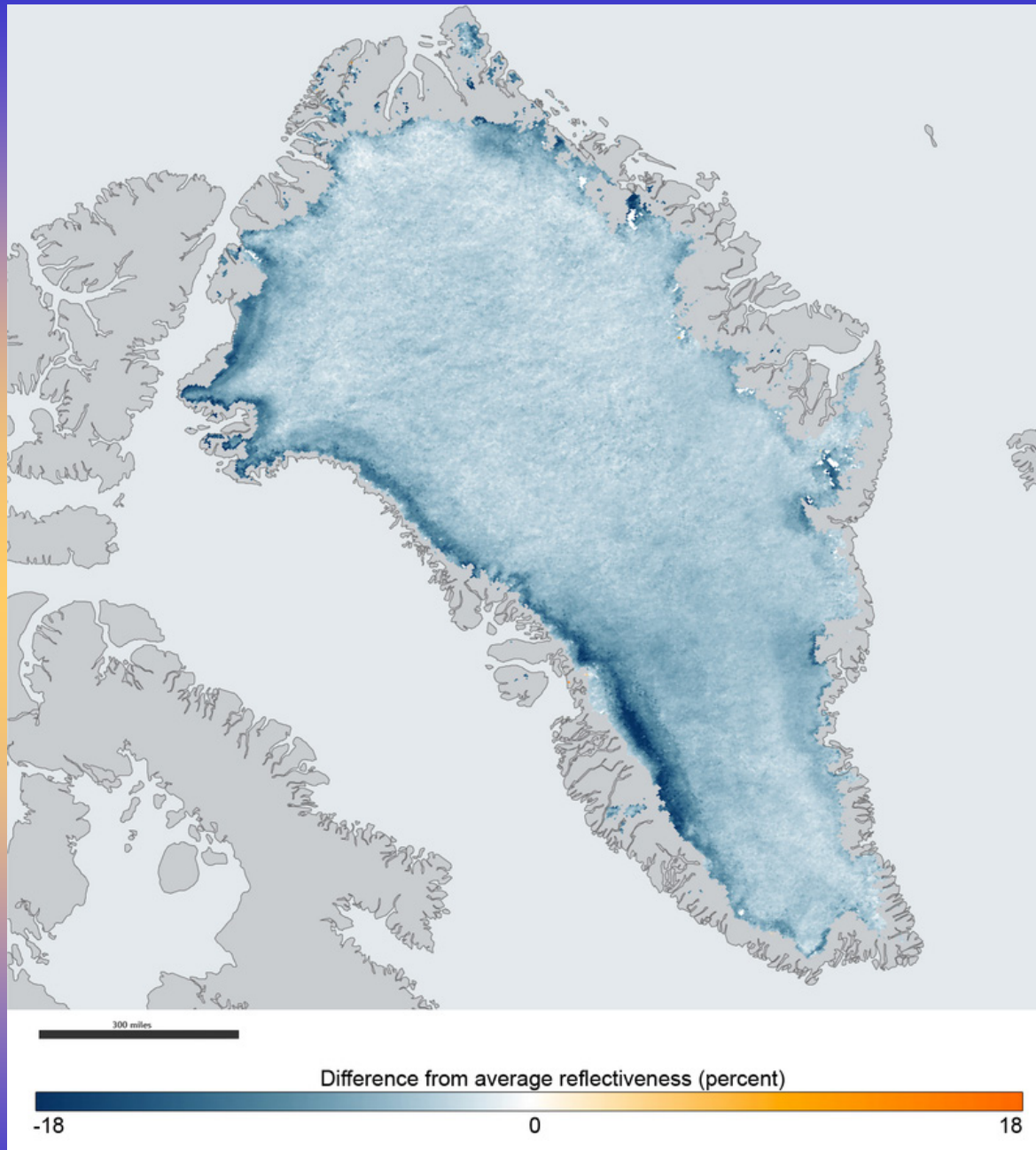
- Permafrost**
- Isolated
 - Sporadic
 - Discontinuous
 - Continuous

Rückkopplung durch Permafrost



Gletscher auf Grönland verschwinden!





Immer weniger
wird reflektiert!

GLETSCHERSCHMELZE

So viel **Eis** verliert
Grönland jeden Tag:

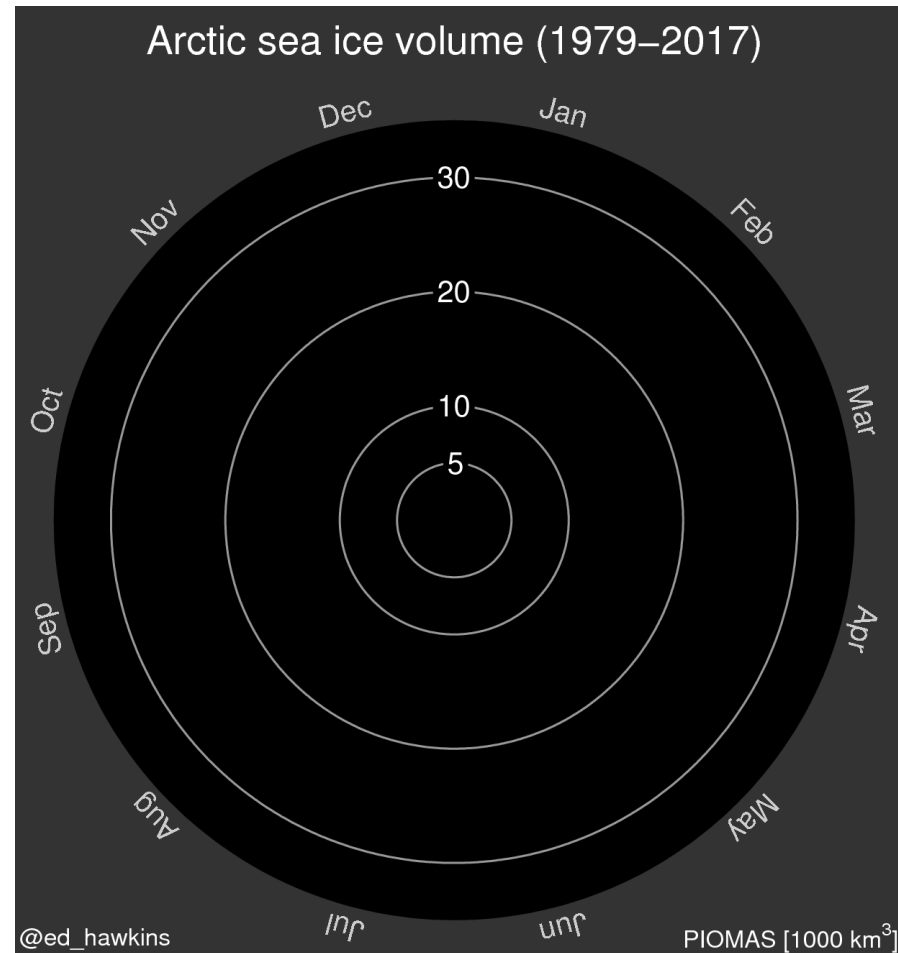


762 Mio m³

Zum Vergleich:

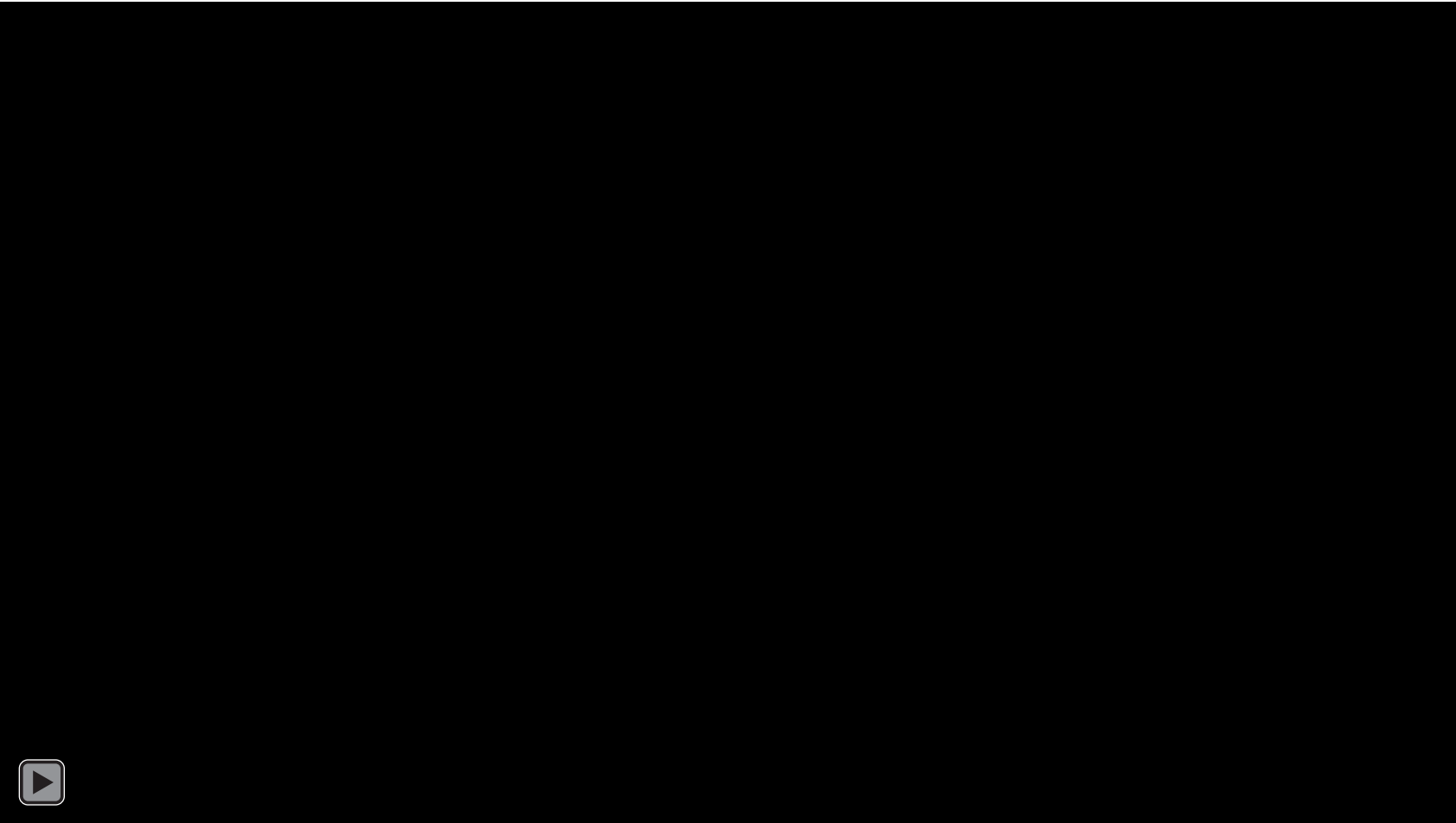
Um die gleiche Menge Wasser ins Meer
abzugeben, braucht der **Rhein** drei Tage.

Das arktische Eis schmilzt





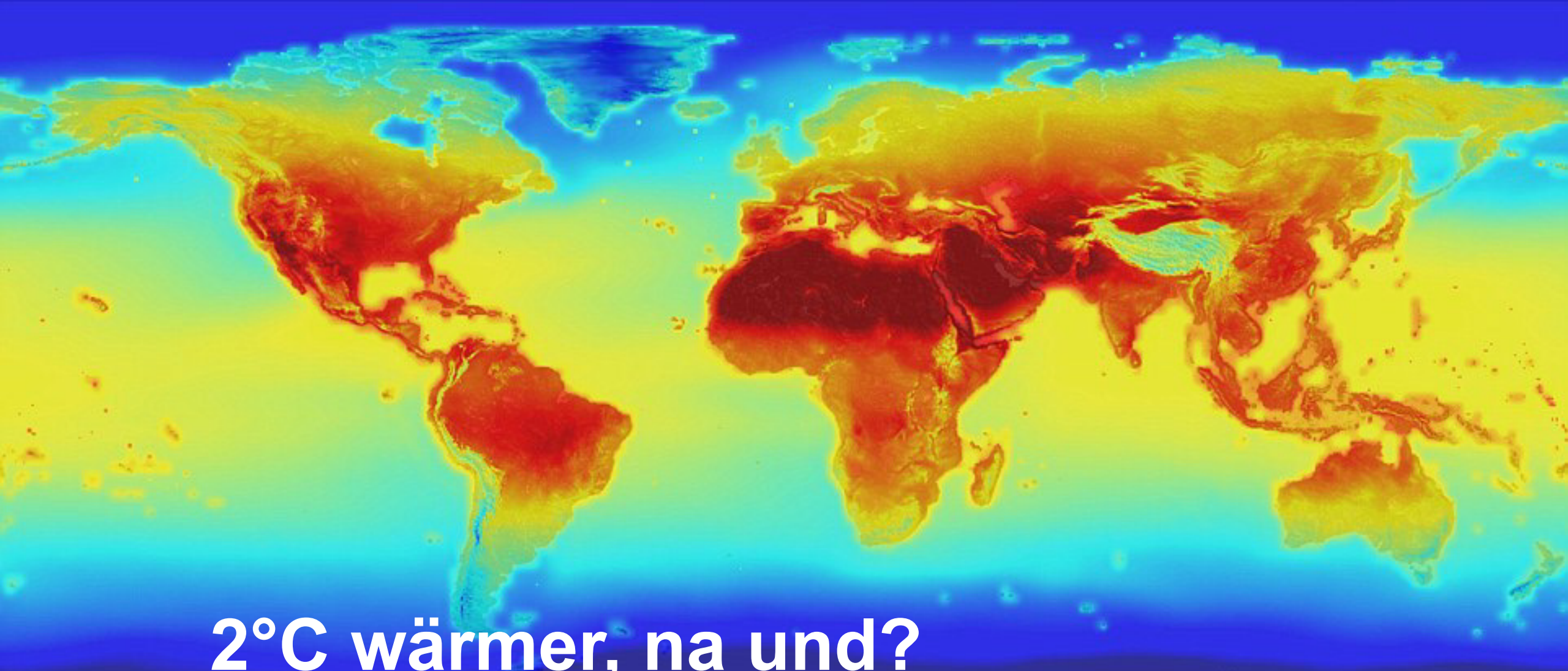
Auch am Südpol wird es weniger!



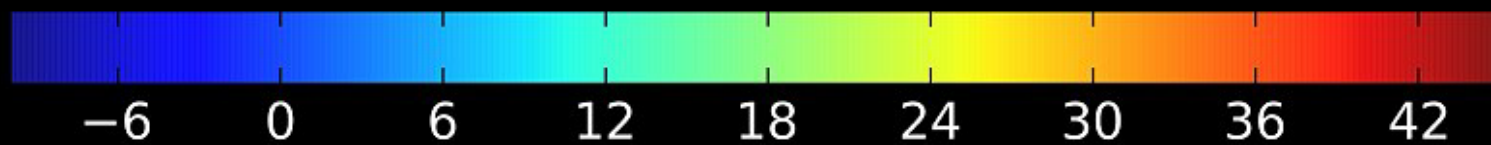
**Polarkappen &
Gletscher schmelzen:
Anstieg Meeresspiegel um 66m**







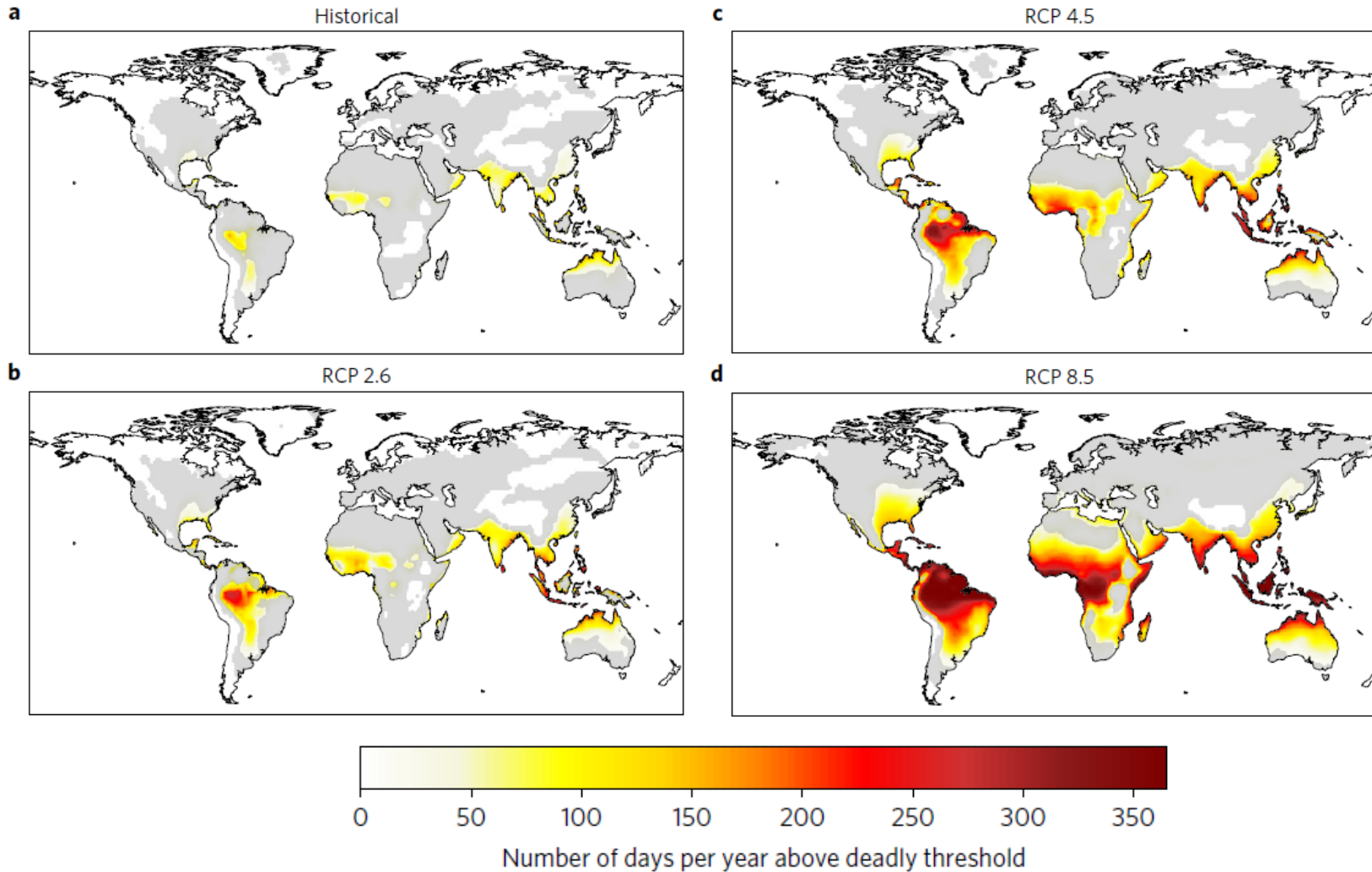
2°C wärmer, na und?



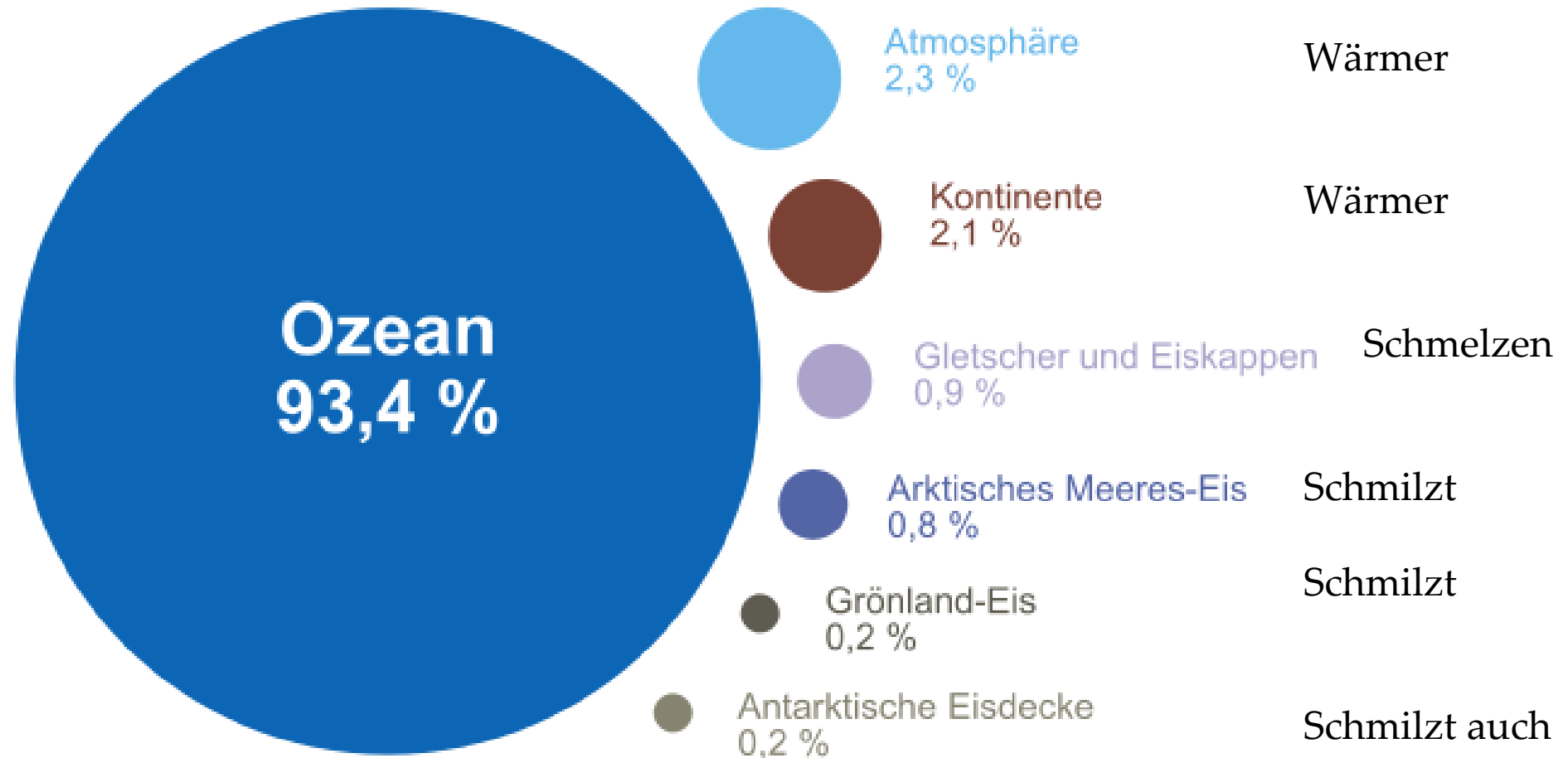
July 2100 RCP 8.5

Klimawandel und Hitzerisiko: Die Grenzen menschlicher Wärmeregulierung

Geographische Verteilung **tödlicher Klimazustände** unter verschiedenen Emissionsszenarien



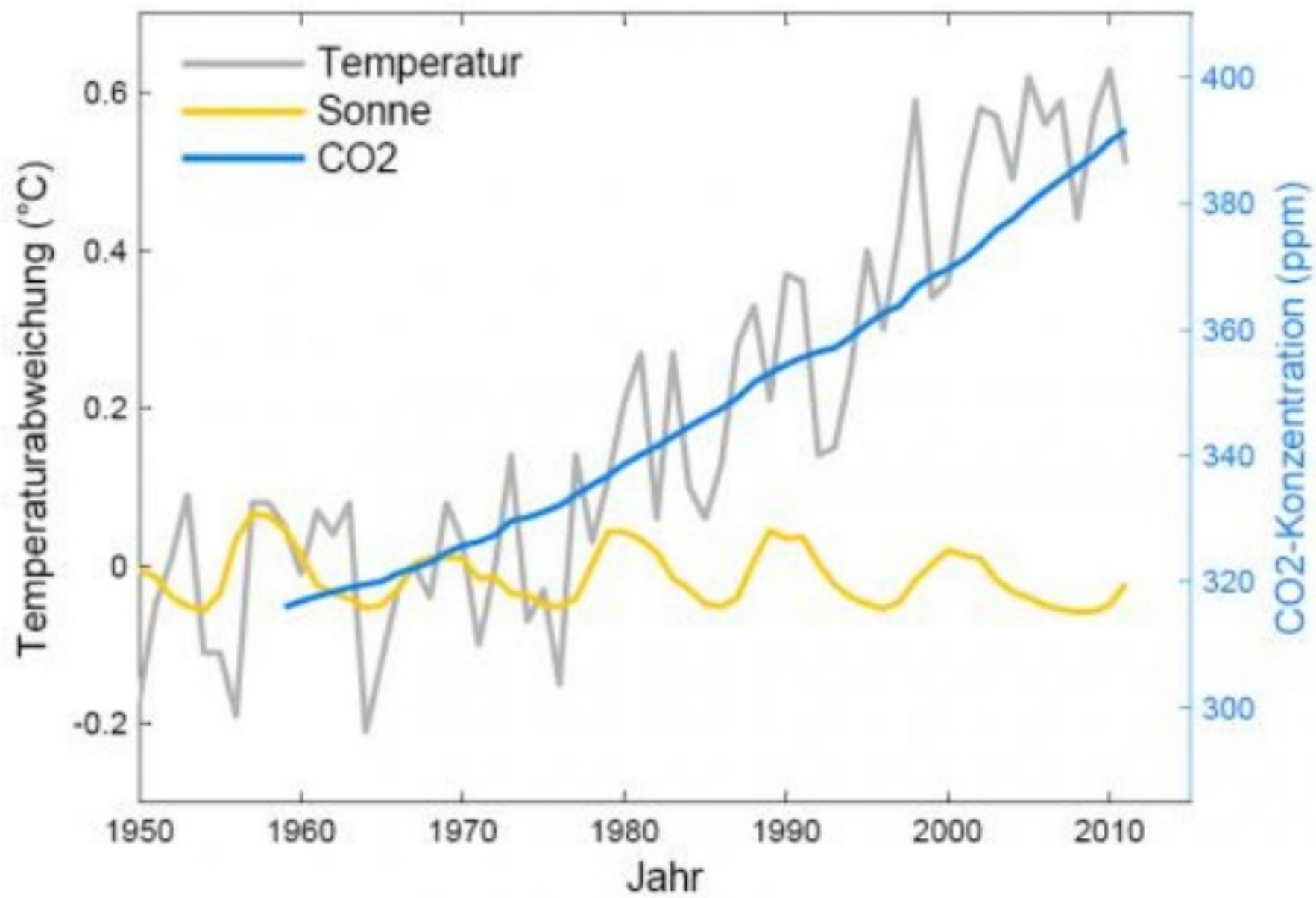
Wohin geht die Erderwärmung?




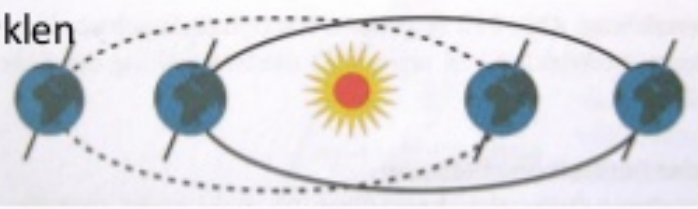


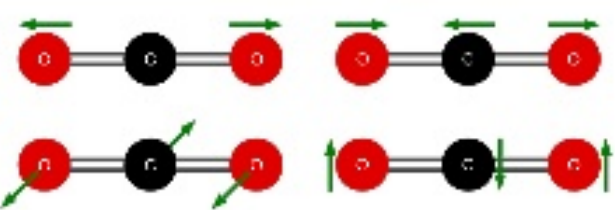
Wann wird der Ozean-Speicher spürbar?

100%ig gesicherte Erkenntnisse der Klimaforschung:

- **CO₂-Konzentration ist seit 1850 stark gestiegen**
(280 (typischer Wert seit 400.000 Jahren) → Heute: 406 ppm).
- Für den Anstieg der CO₂-Konzentrationen ist der **Mensch verantwortlich**.
- CO₂ ist ein klimawirksames Gas, das den Strahlungshaushalt der Erde verändert.
- Das Klima hat sich **im 20.Jht. deutlich erwärmt und es geht weiter**
- Der überwiegende Teil der Erwärmung ist auf den Anstieg von CO₂ und anderen klimawirksamen Gasen zurückzuführen.

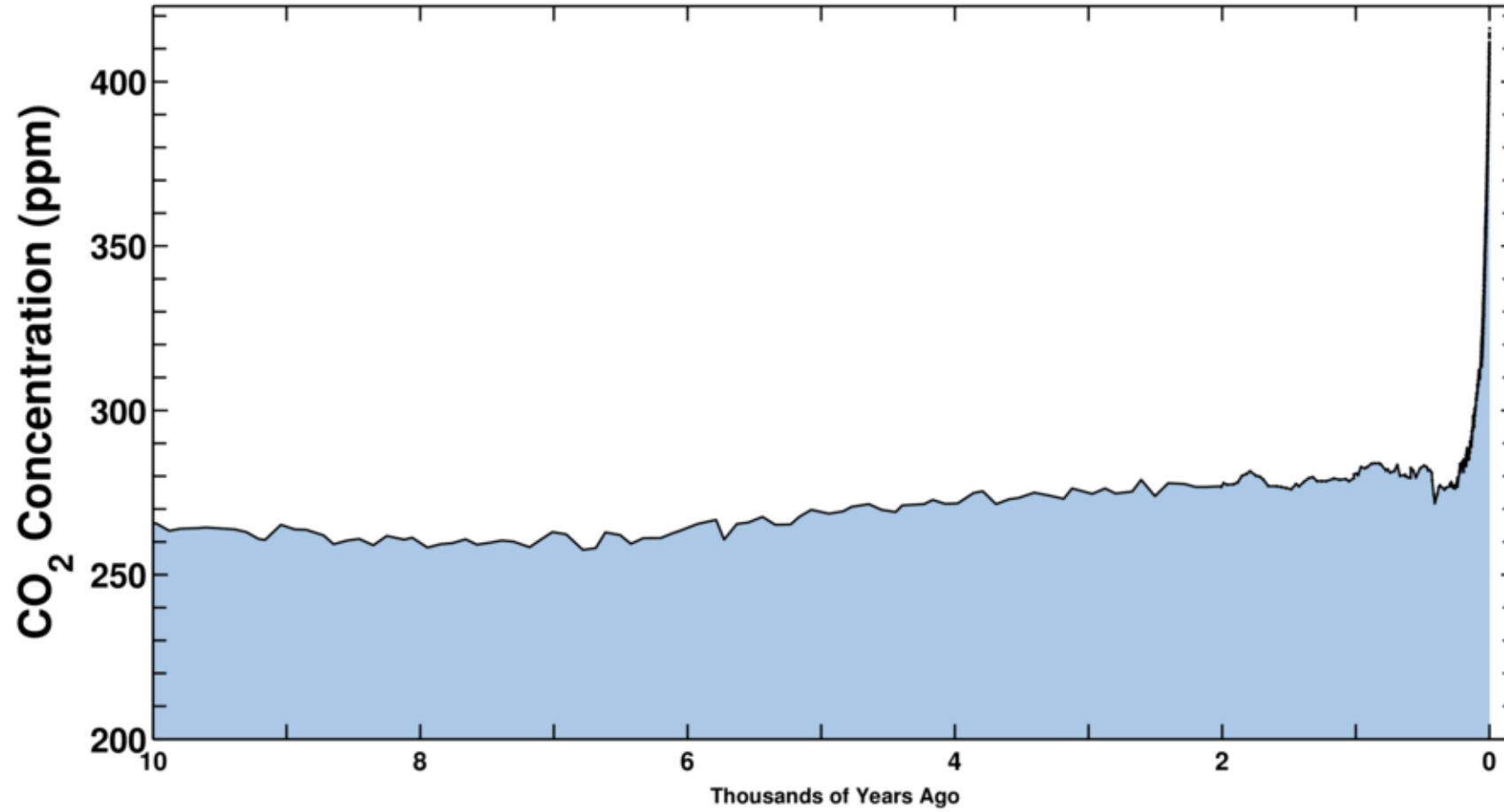


Zusammenfassung: Einflussfaktoren auf Temperatur der Erde

Faktor	Ursache für derzeitige Erwärmung
Plattentektonik 	<i>nein, wirkt über Jahrtausende</i>
Milankovic-Zyklen 	<i>nein, wirkt über Jahrtausende, derzeit eher Trend zur Abkühlung</i>
Sonnenaktivität 	<i>nein, derzeit keine bedeutenden Schwankungen</i>
Vulkane 	<i>nein, derzeit keine bedeutenden Schwankungen</i>
Treibhauseffekt 	ja, durch anthropogen freigesetzte Treibhausgase

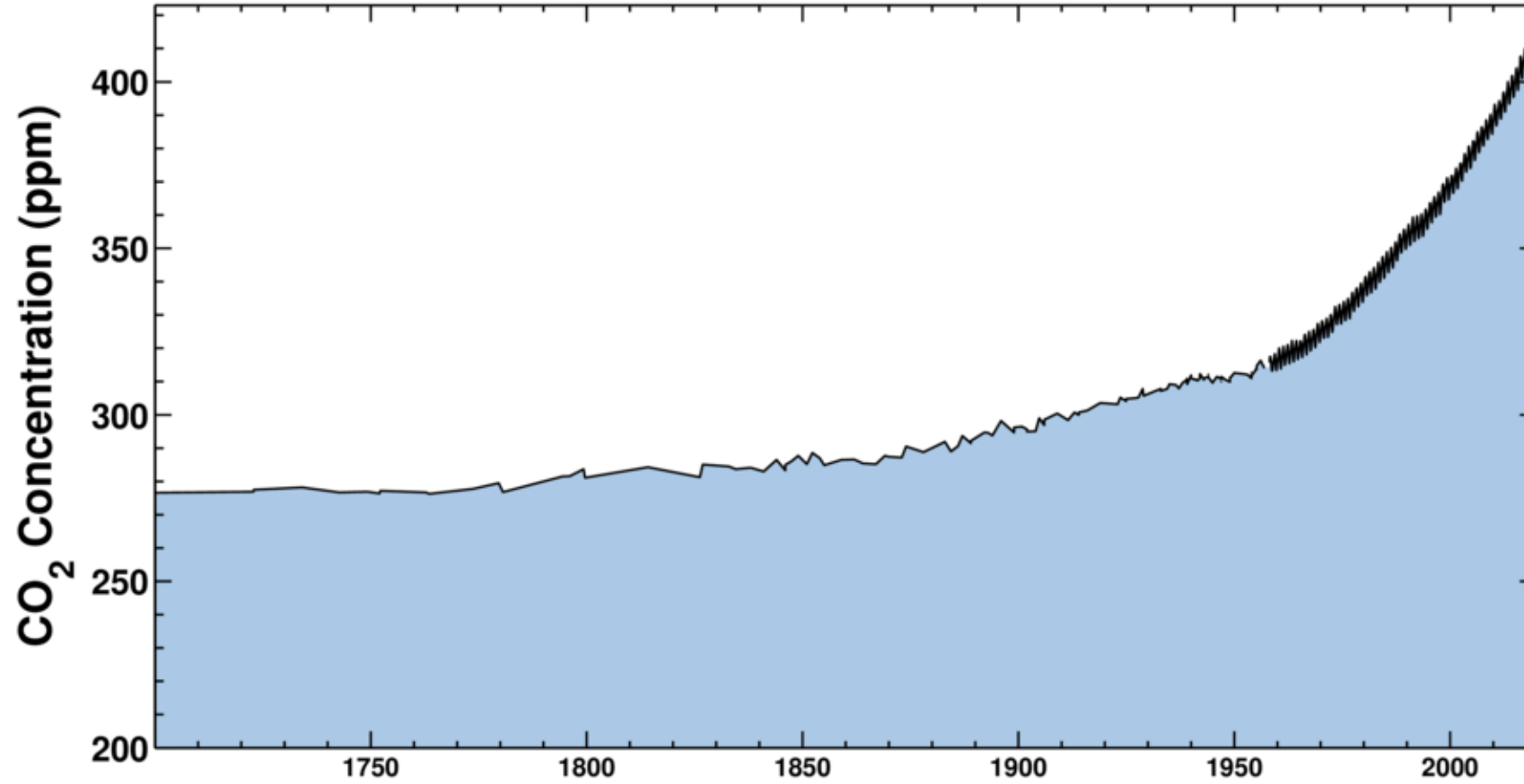
May 12, 2020

Ice-core data before 1958. Mauna Loa data after 1958.



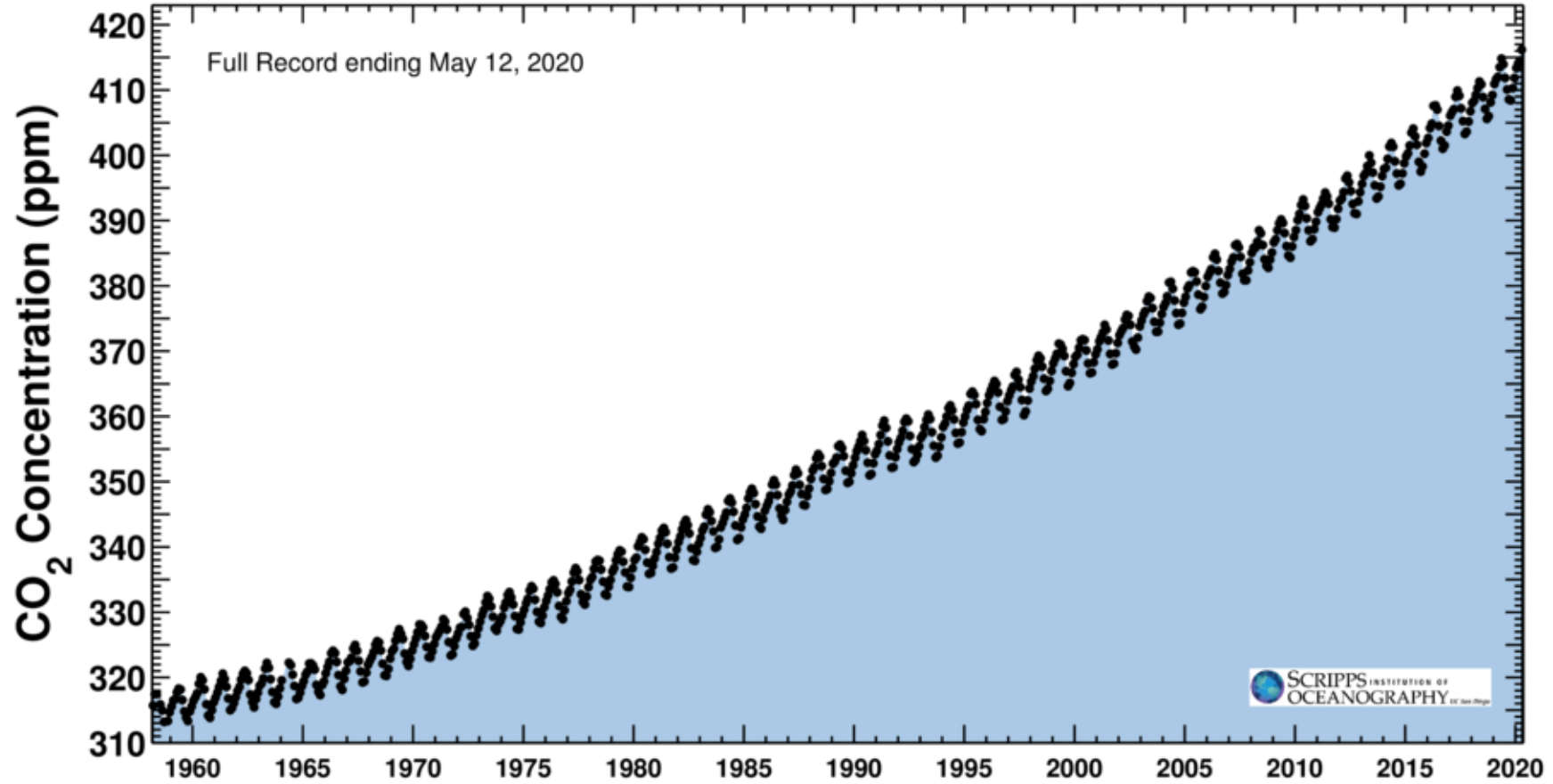
May 12, 2020

Ice-core data before 1958. Mauna Loa data after 1958.

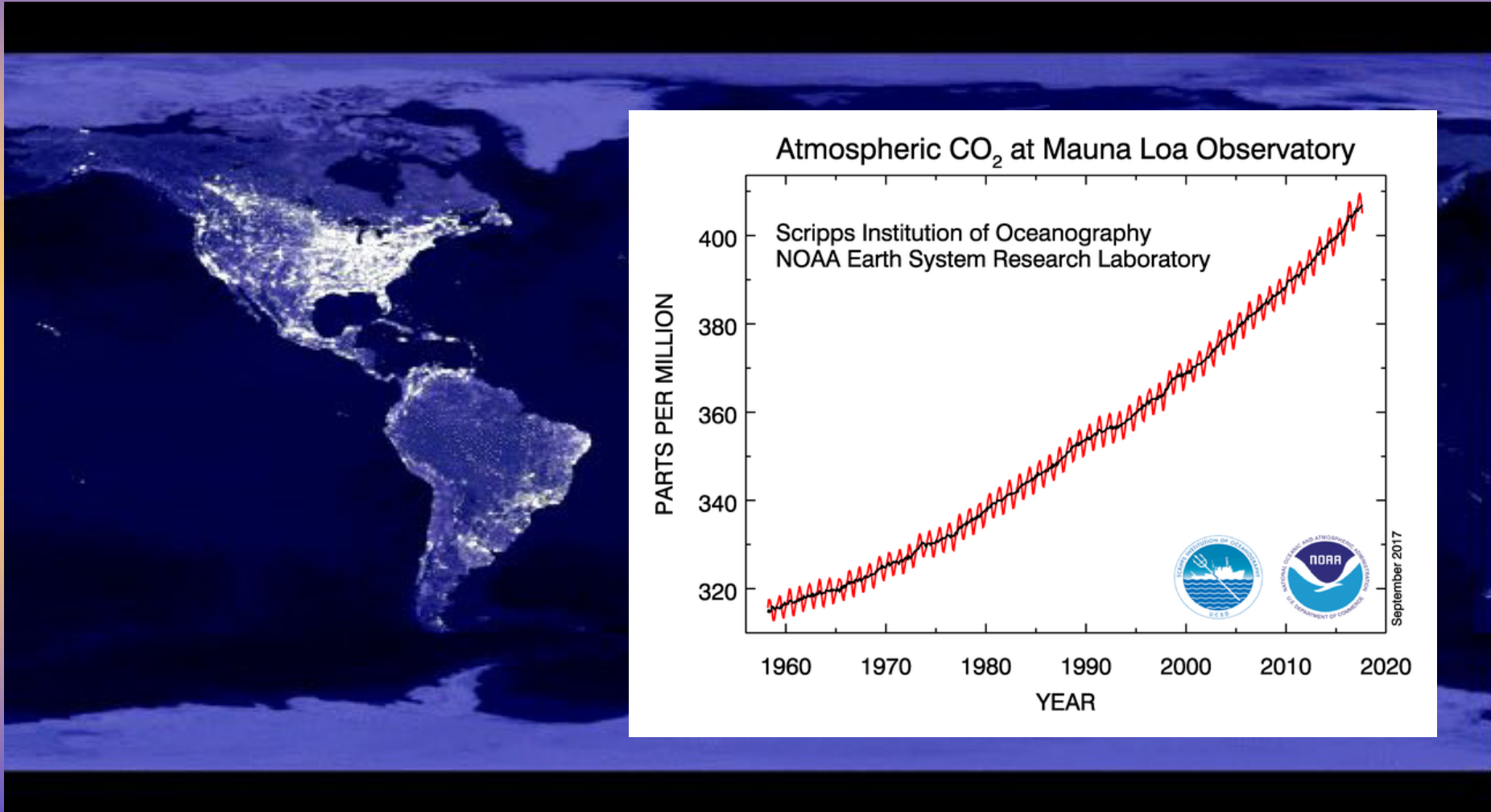


May 12, 2020

Carbon dioxide concentration at Mauna Loa Observatory

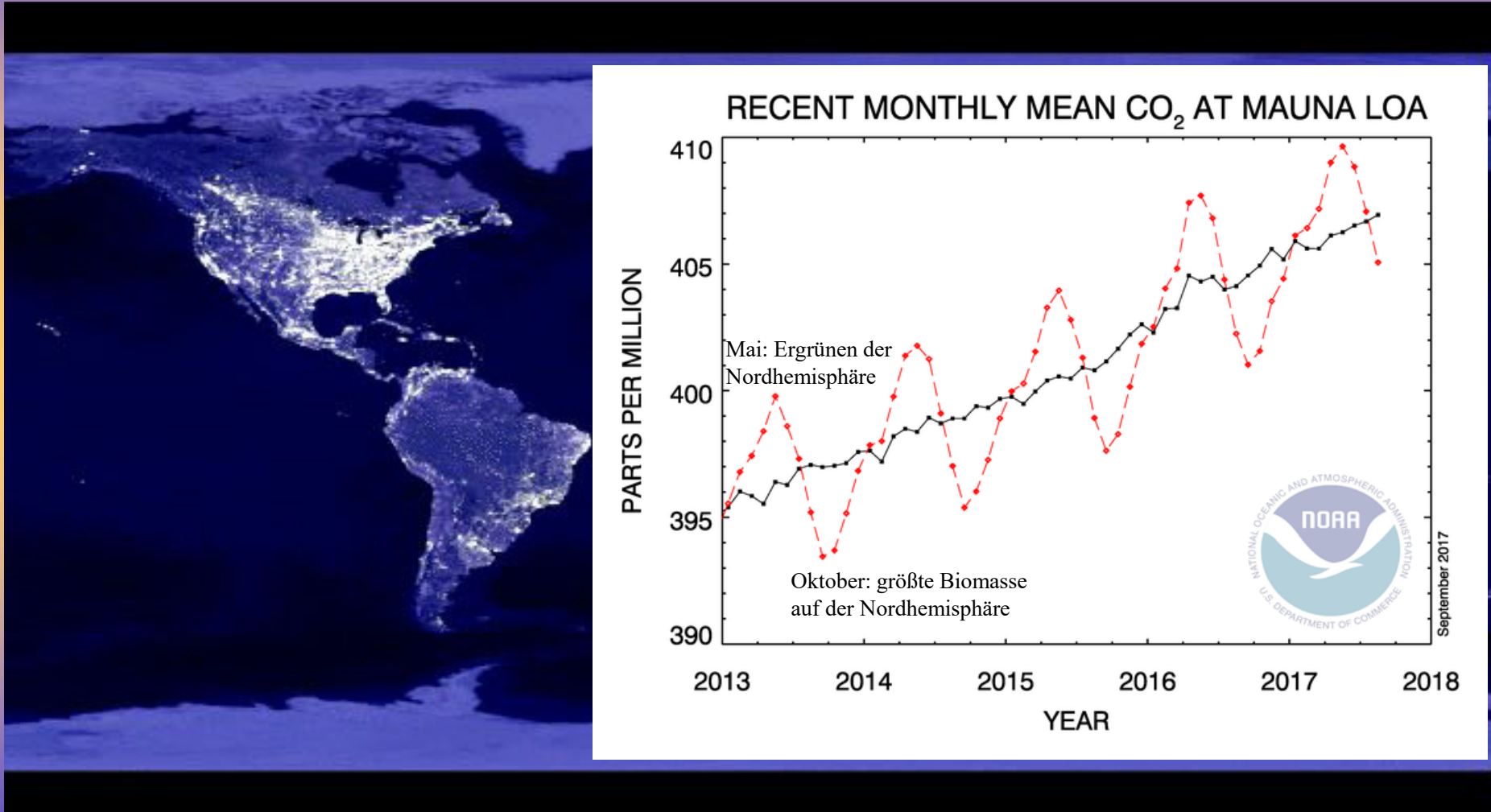


Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß



In der „Globalen Nacht“ ist der Einfluss des Menschen unübersehbar – Mosaik aus wolkenfreien Satellitenbildern (NASA). Die nächtlichen Lichter sind ein recht guter **Indikator für den Energieverbrauch** und CO₂-Ausstoß.

Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß



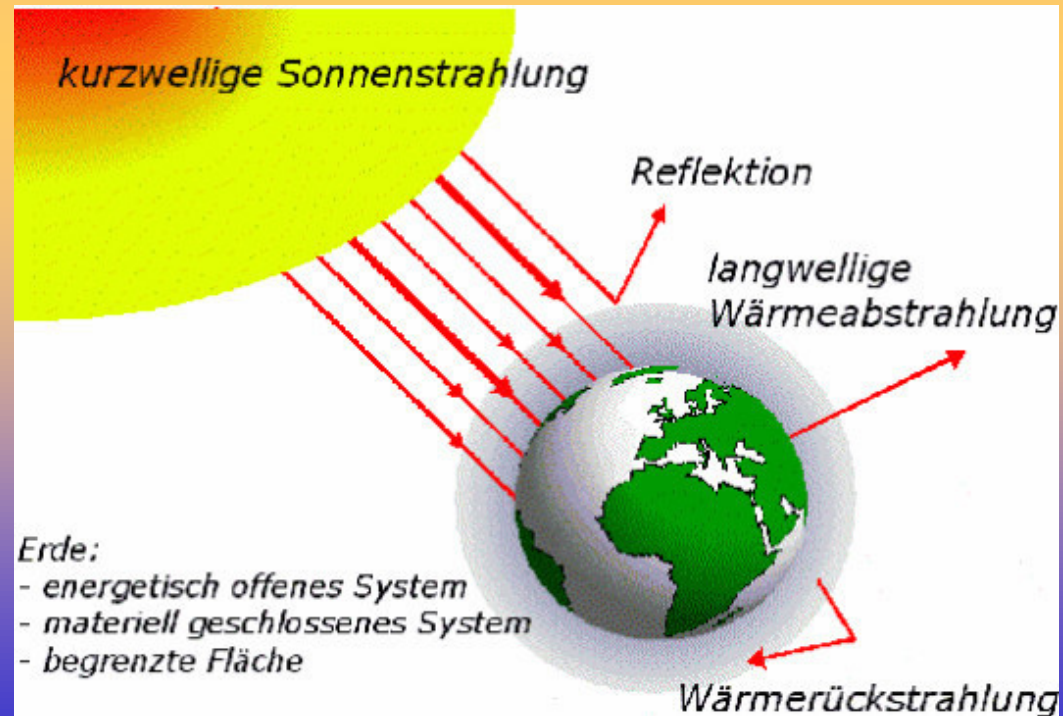
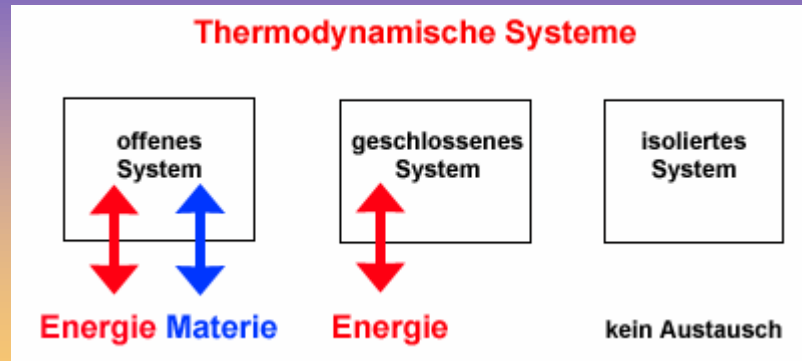
In der „Globalen Nacht“ ist der Einfluss des Menschen unübersehbar – Mosaik aus wolkenfreien Satellitenbildern (NASA). Die nächtlichen Lichter sind ein recht guter **Indikator für den Energieverbrauch** und CO₂-Ausstoß.

Treibhausgas CO₂

Die Menschheit verbrennt derzeit jährlich etwa so viel fossile Brennstoffe, wie sich in einer Million Jahre gebildet haben.

Noch verbleiben nur knapp die Hälfte des dabei freigesetzten CO₂ in der Atmosphäre.

Die Erde und ihre Atmosphäre ist ein offenes System



Terrestrische Ausstrahlung

Ausstrahlung

Das **Stefan Boltzmann Gesetz** (Joseph Stefan, 1878 und Ludwig Boltzmann, 1884)

$$Q = \varepsilon \sigma T^4$$

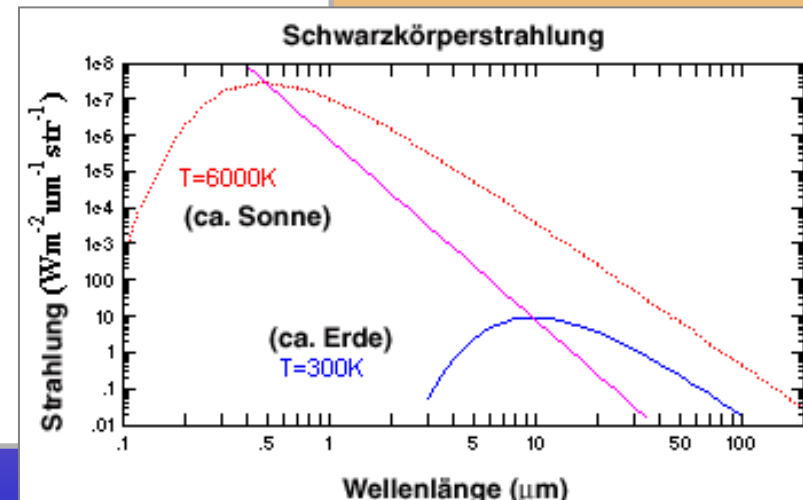
$\sigma = 5.6704 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ Stefan Boltzmann Konstante

$\varepsilon =$ **Emissionsvermögen**

Schwarzer Körper: $\varepsilon = 1$

Erde: $\varepsilon = 0.95$

Die Strahlungsleistung Q steigt mit der **vierten Potenz der Temperatur** T . Also für Sonne und Erde: ~ 20 fache Temperatur – $\sim 160\,000$ fache Strahlungsleistung



Der Treibhauseffekt

Die Erde gewinnt also **Energie** durch den Anteil der **Sonnenstrahlung**, der **nicht** reflektiert wird (z.B. von Wolken, Schnee).

Weil die Erde wesentlich kälter als die Sonne ist, strahlt sie nicht sichtbares Licht, sondern **Infrarotstrahlung** ab (Wärmestrahlung).

Bei klarem Himmel dringt der Großteil der **kurzwelligen Sonnenstrahlung ungehindert** bis zur Erdoberfläche. Die **langwellige Infrarotstrahlung** von der Erdoberfläche wird nun aber teilweise von **Treibhausgasen** absorbiert.

Diese geben auch Infrarotstrahlung ab, einen Teil nach oben, einen Teil nach unten. Der Teil, der **nach unten** abgestrahlt wird, **erwärmt** die Erdoberfläche.

Der Treibhauseffekt (3)

Mit **zunehmender Temperatur** der Erdoberfläche wird **immer mehr Infrarotstrahlung** abgegeben. Auf der Erdoberfläche stellt sich schließlich eine Temperatur ein, bei der **der Teil** der Infrarotstrahlung, der die Atmosphäre durchdringen kann, die Sonnenstrahlung genau ausgleicht.

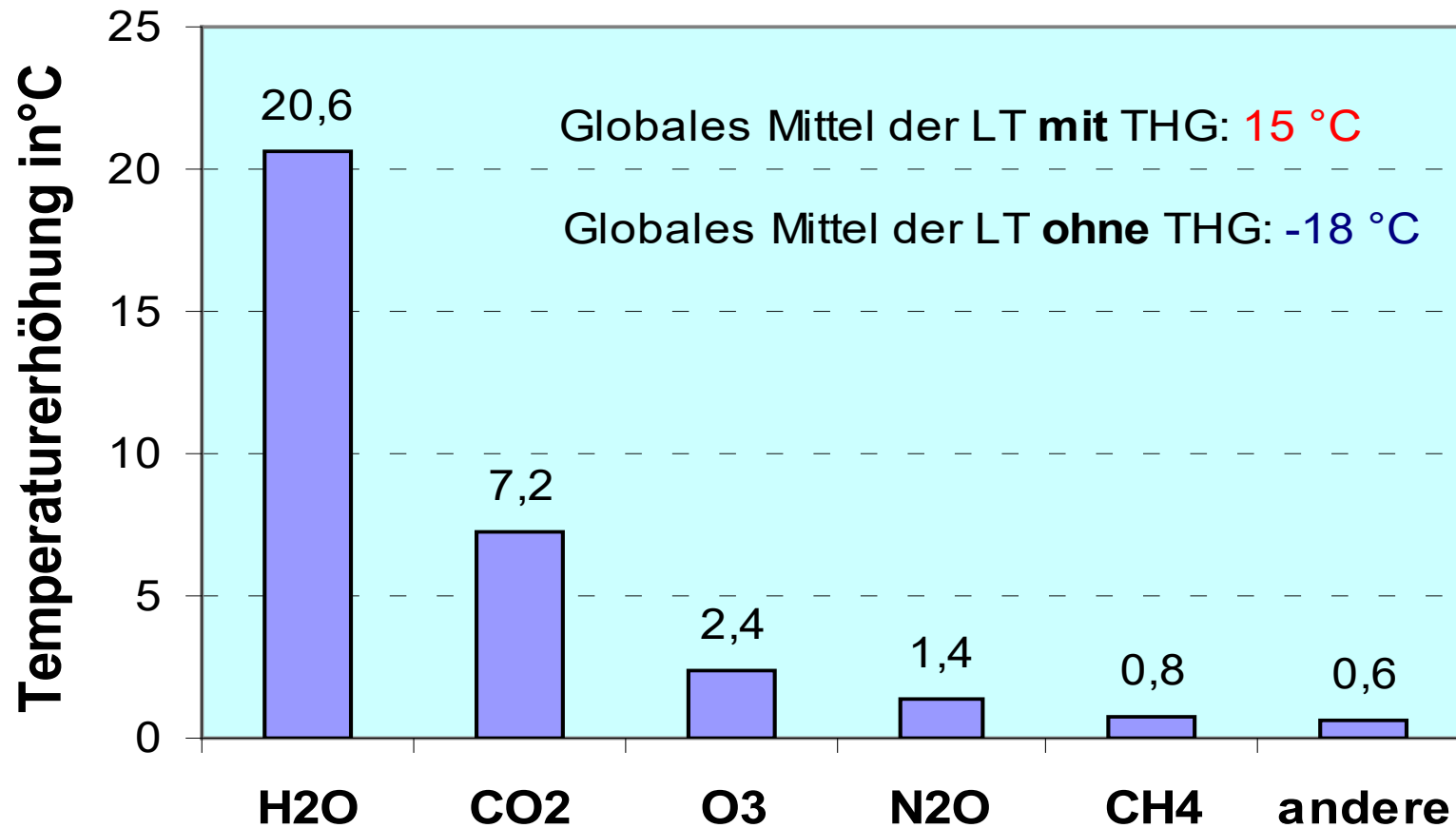
Durch den **natürlichen Treibhauseffekt** wird die Erde +15°C erwärmt. Bei ihm leistet **Wasserdampf** den wichtigsten Beitrag.

Durch **menschliche Aktivitäten** gelangen nun aber zusätzliche Treibhausgase (vor allem **Kohlendioxid**) in die Atmosphäre. Dieser **anthropogene Treibhauseffekt** bereitet uns Sorgen.

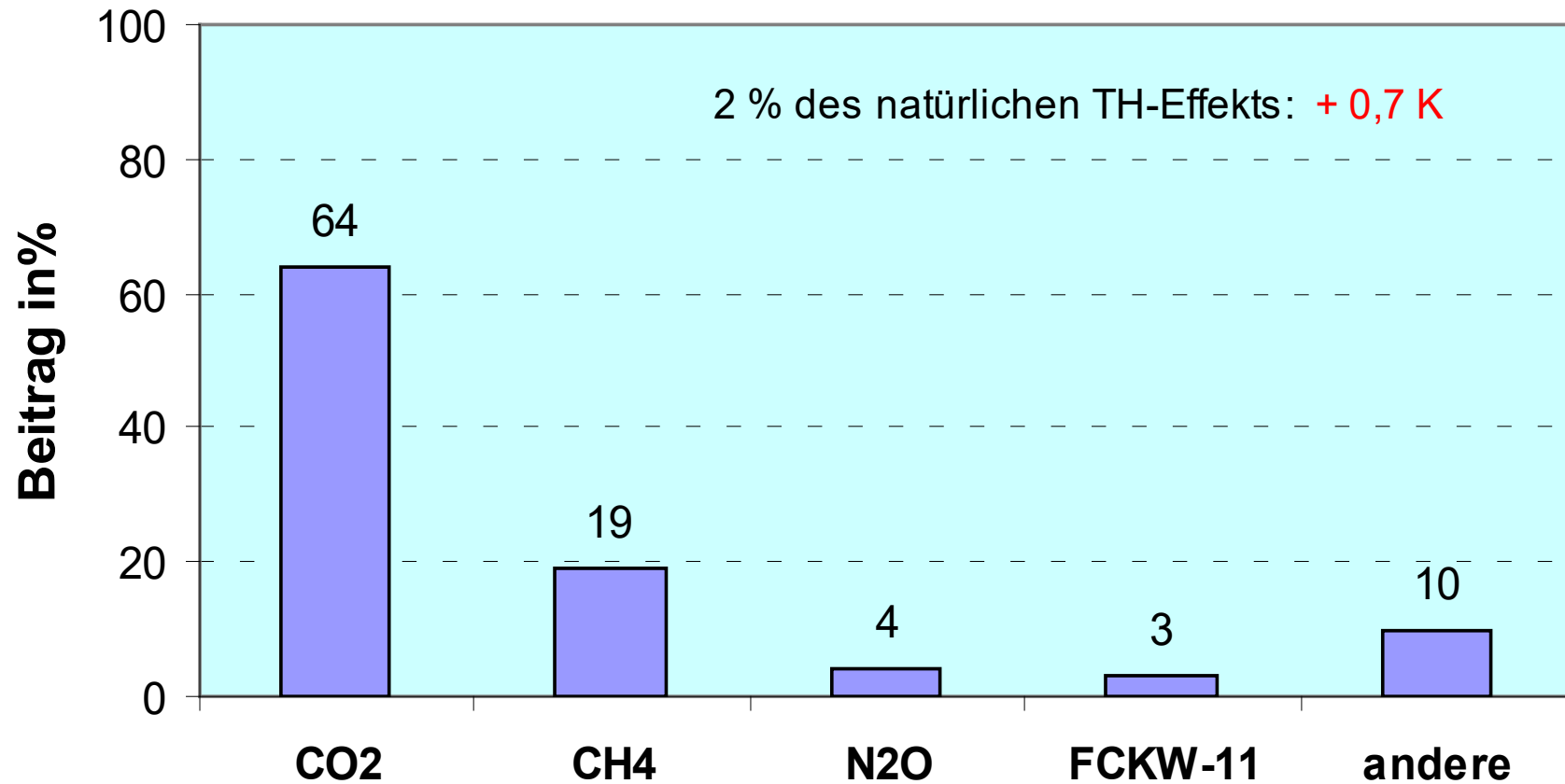
H₂O	62 %
CO ₂	22 %
O ₃	7 %
N ₂ O	4 %
CH ₄	3 %
Rest	2 %

CO₂	52 %
CH ₄	17 %
O ₃	13 %
FCKW	12 %
N ₂ O	5 %
Rest	1 %

Beitrag zum natürlichen Treibhauseffekt



Beitrag zum anthropogenen Treibhauseffekt



Die Messungen bestätigen, dass die Rate des CO₂-Anstiegs immer weiter zunimmt.

**1970er Jahren: rund 0,7 ppm jährlich,
1980ern: rund 1,6 ppm pro Jahr.**

Im letzten Jahrzehnt: 2,2 ppm jährlich.

Der Rekordwert vom Mai 2019 allerdings liegt sogar um 3,5 ppm über dem Vorjahreswert.

Die Messwerte zeigen, dass wir das schnelle Tempo des Klimawandels sogar eher unterschätzen

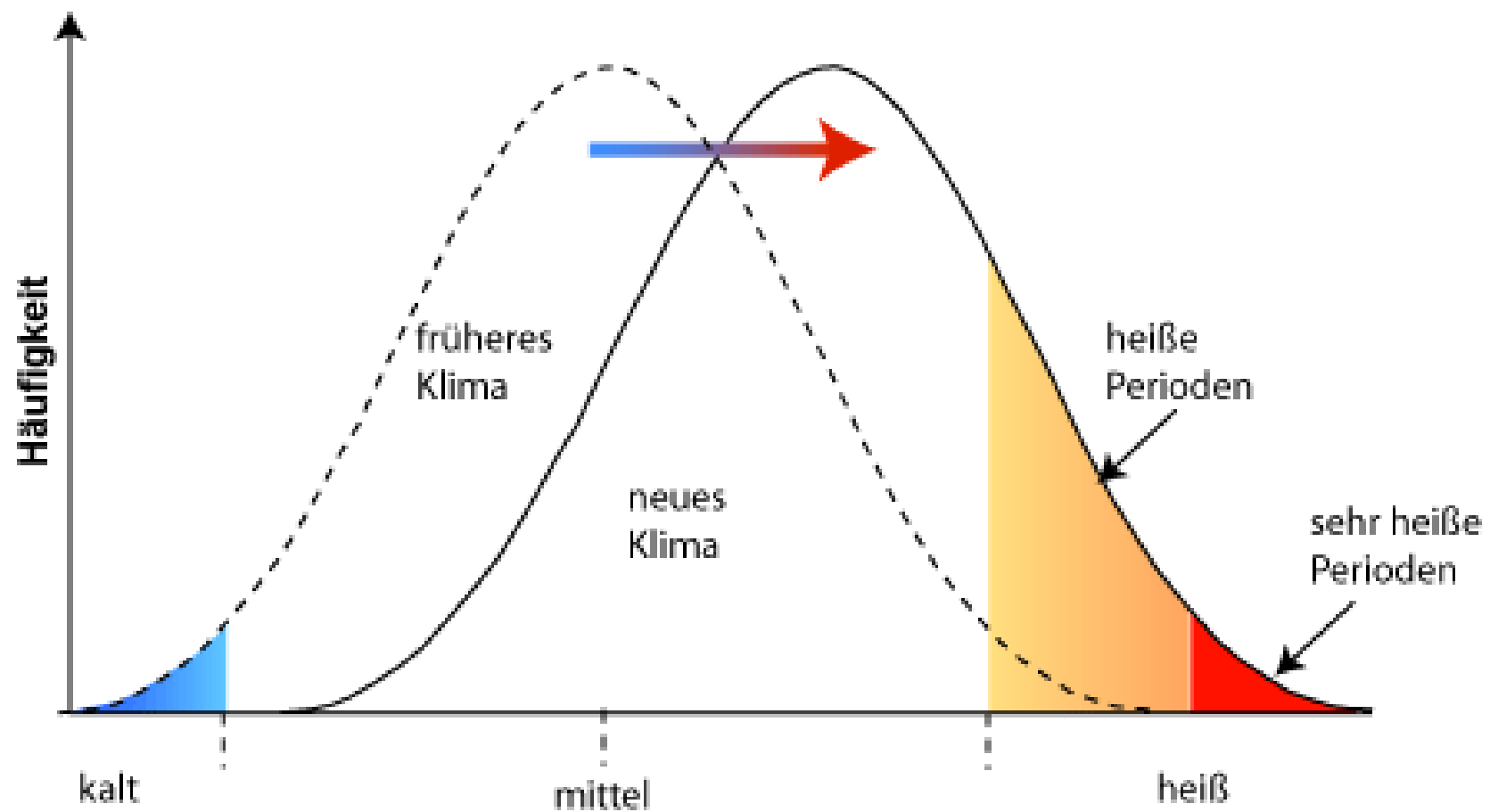
Klimagas seit 1990 um 41 Prozent angestiegen. Die Folge ist eine sich immer mehr verstärkende globale Erwärmung.

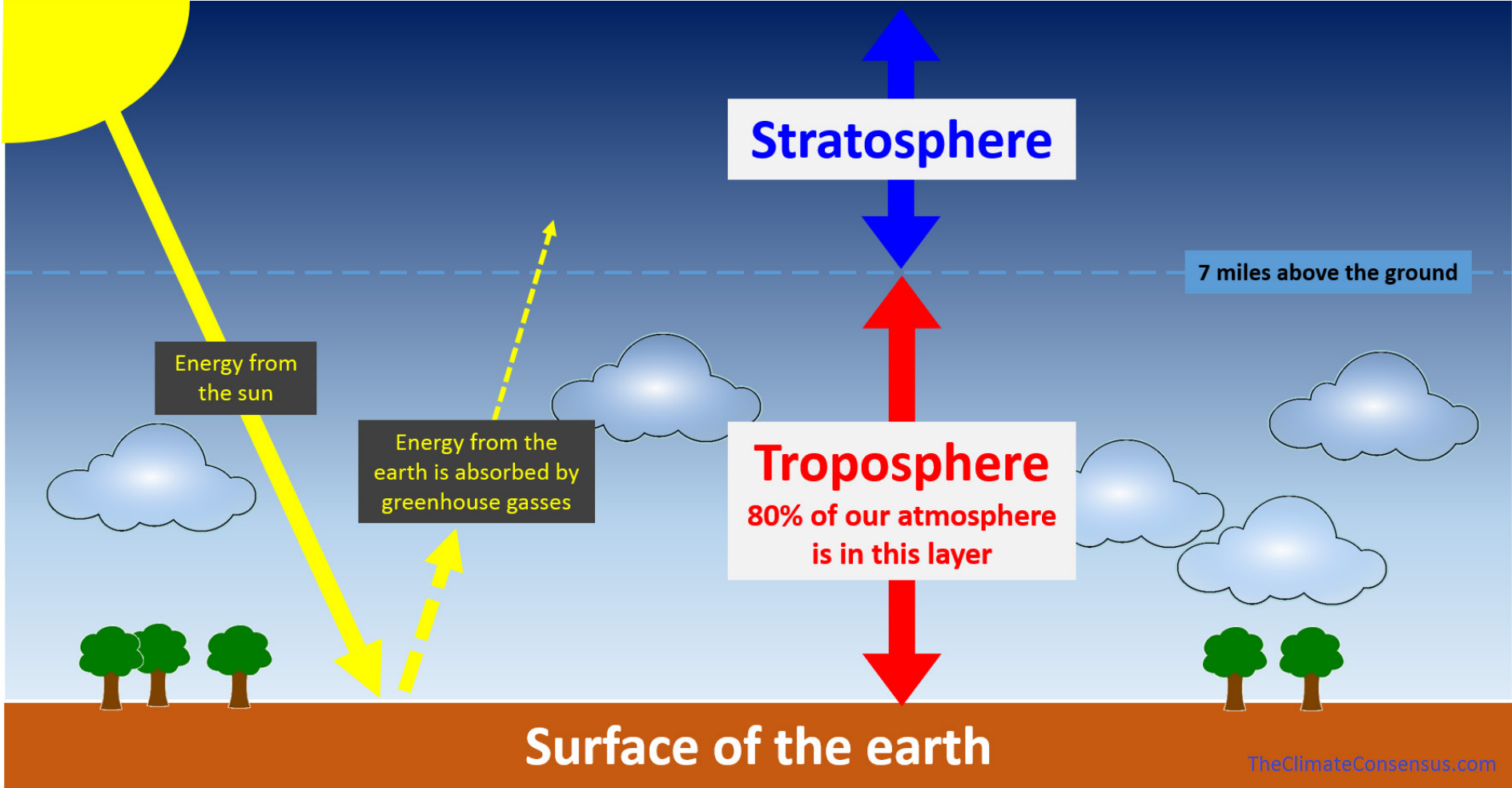
Kohlendioxid: 146% des vorindustriellen Wertes

Methan: 257 % des vorindustriellen Wertes

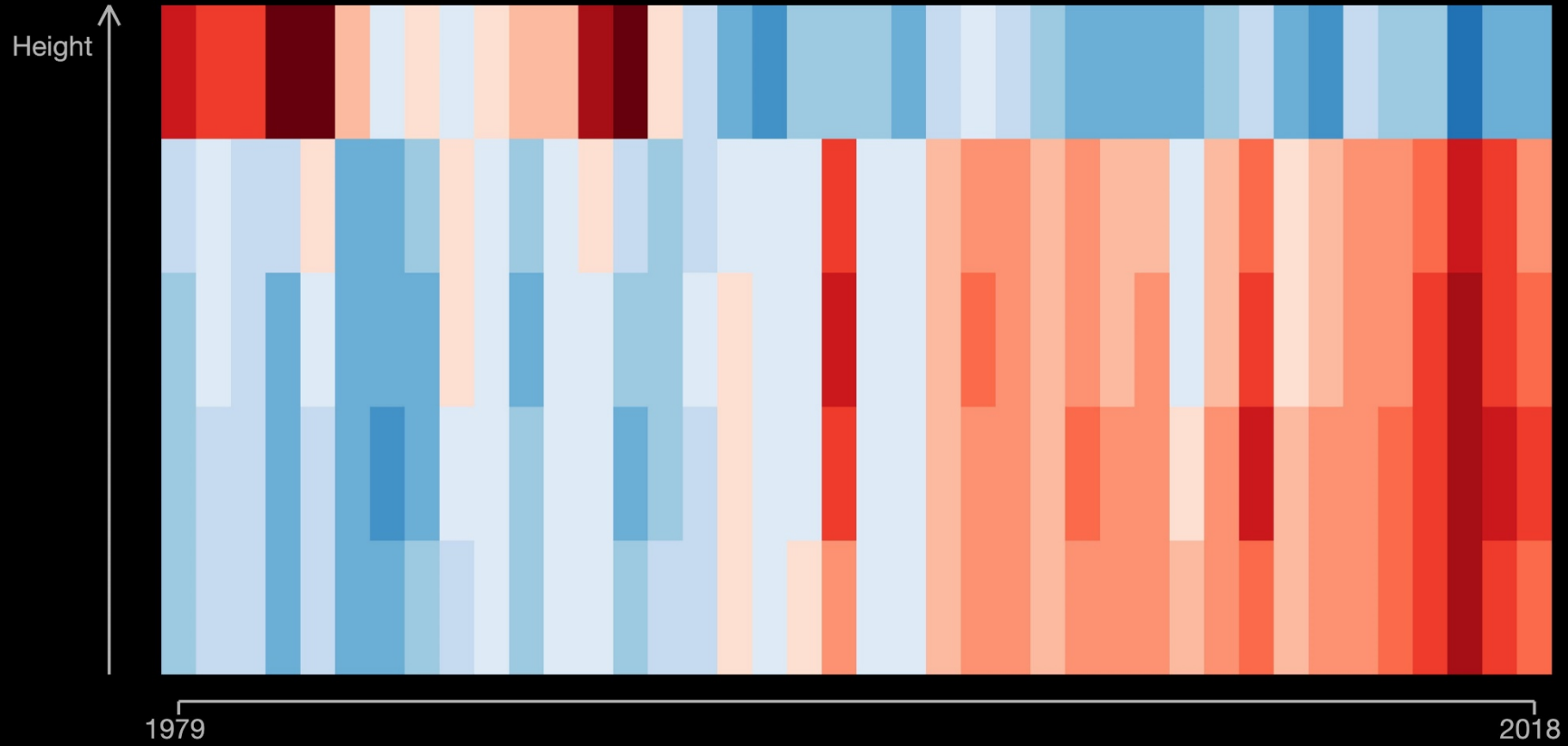
Distickstoffoxid: 122% des vorindustriellen Wertes

Treibhauswirkung seit 1990 fast verdoppelt





Global atmospheric temperature change (1979-2018)



Data: Cowtan & Way (surface) and RSS (TLT, TTT, TMT, TLS)

@ed_hawkins

Klimaänderungen

Im einfachen Modell gibt es immerhin drei Möglichkeiten das Klima, und damit die Oberflächentemperatur der Erde zu ändern, für alle drei gibt es auch Beispiele in der Erdgeschichte.

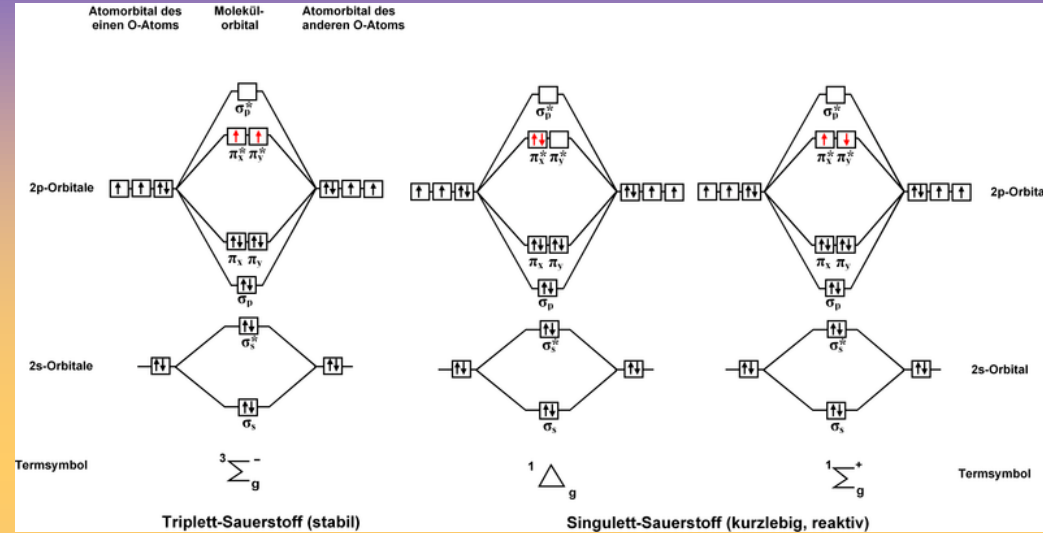
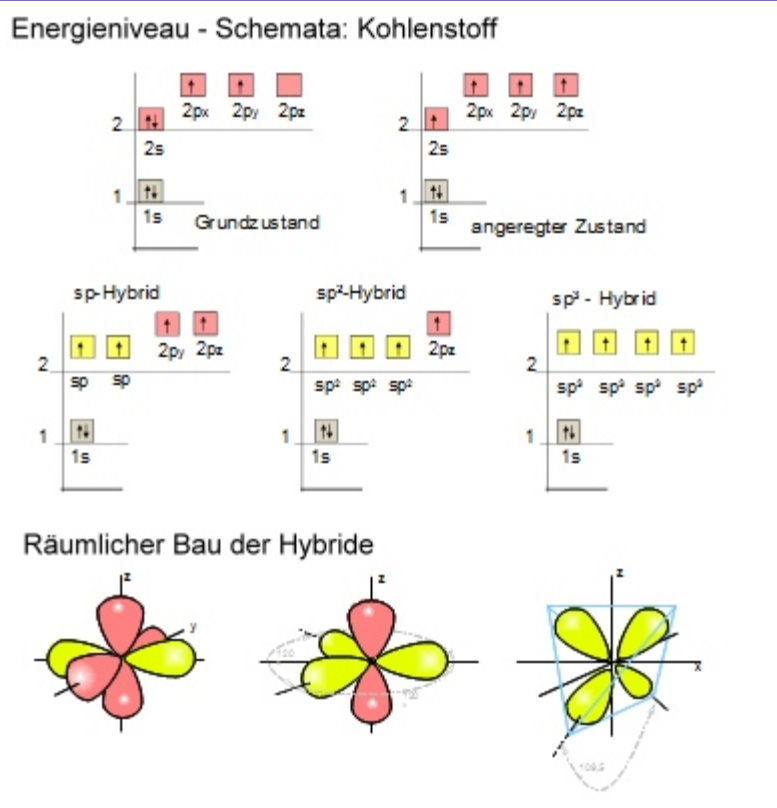
- **Änderung der Solarkonstante**
„Kleine Eiszeit“. Anstieg der Temperatur zu Beginn des 20. Jhdts (zumindest teilweise).
- **Änderung der Albedo**
Abkühlung nach explosiven Vulkanausbrüchen durch **Schwefelsäure-Aerosole** in der Stratosphäre. „Impaktwinter“ nach Asteroideneinschlag an der Kreide/Tertiär Grenze.
- **Änderung der Treibhausgaskonzentration**
Anthropogener Treibhauseffekt, Supertreibhaus an der Paläozän/Eozän Grenze.

Außerdem können wir, wenigstens qualitativ einige **Rückkoppelungen** im Klimasystem verstehen.

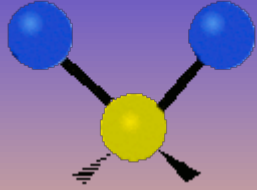
Positive Rückkoppelungen verstärken die ursprüngliche Störung.

Negative Rückkoppelungen stabilisieren das Klima.

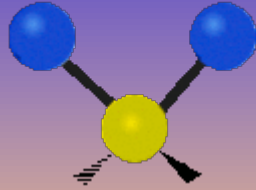
Klimawandel und Quantenmechanik



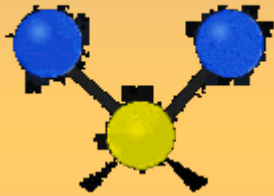
Moleküle speichern Energie in Form von
elektrostatischen Potentialen,
in Bindungen!!



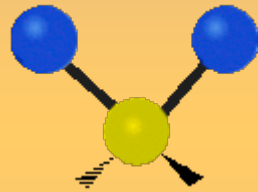
Symmetrische
Streckschwingung



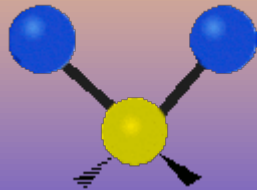
Antisymmetrische Streckschwingung



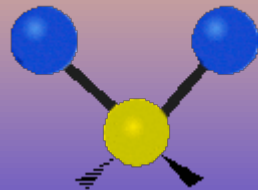
Schaukelschwingung



Scher-/Deformations-
schwingung



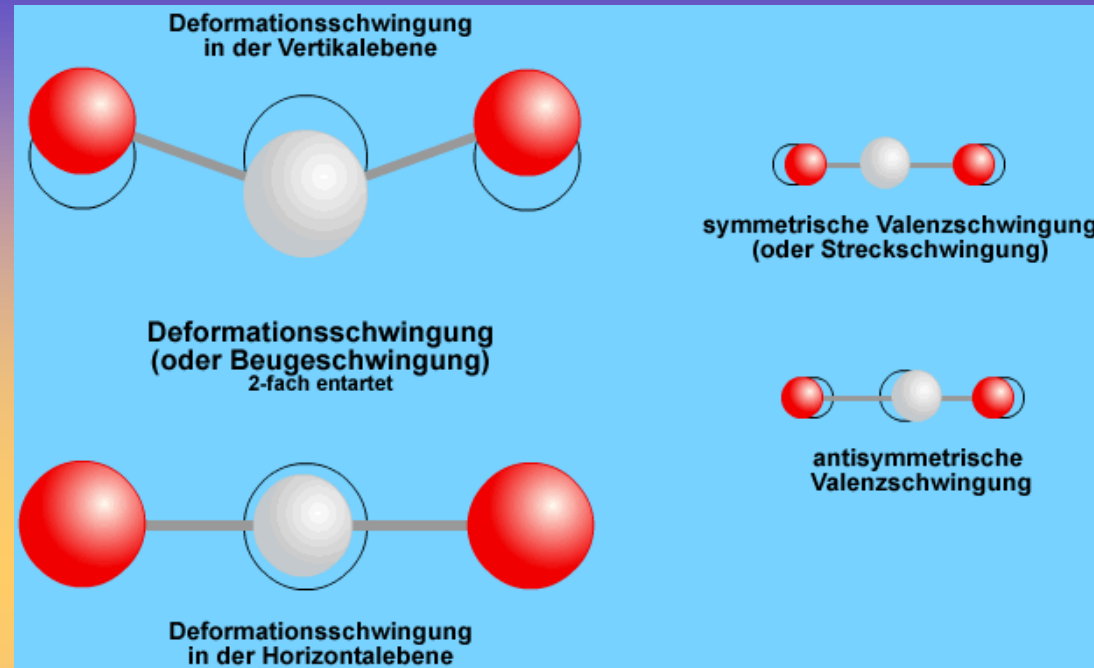
Drehschwingung



Wippschwingung“

Vibration & Rotation der Moleküle

Klimawandel und Quantenmechanik



$$E_{\text{Bindung}} = \frac{m_e}{m_p} \alpha^2 m_e c^2$$

<http://www.chf.de/eduthek/Treibhauseffekt/Treibhauseffekt.swf>

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$$

Elektromagnetische Feinstrukturkonstante

Aufnahme und Abgabe von Energie im Infraroten → Quantenmechanik

Klimawandel und Quantenmechanik

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \quad \text{Elektromagnetische Feinstrukturkonstante}$$

$$\alpha = \frac{\frac{e^2}{r_p}}{m_p c^2} \quad \text{Sommerfeldsche Betrachtung}$$

$$r_p \geq \frac{\hbar}{m_p c} \quad \text{Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation}$$

$$r_e \geq \frac{\hbar}{m_e c} \quad \text{Compton-Wellenlängen}$$

$$a_0 = \frac{1}{\alpha} r_e = \text{Atomradius} = 10^{-8} \text{ cm}$$

$$E_b = \frac{e^2}{a_0} = \frac{e^2 \alpha}{r_e} = \frac{e^2}{\hbar} m_e c \alpha = \alpha^2 m_e c^2$$

Das ist die atomare Energieskala: einige eV!!

Energie = Masse mal Geschwindigkeit²

$$m_p * a_0^2 \omega_0^2 \sim \alpha^2 m_e c^2 \quad \begin{array}{l} \text{Auslenkung um einen Atomradius} \\ a_0 \end{array}$$

$$E_{osz} = \hbar \omega_0 \sim \sqrt{\frac{m_e}{m_p}} * \alpha^2 m_e c^2$$

Rotationsenergie => Drehimpuls²/(Masse * Auslenkung²)

Drehimpuls J ist quantisiert ~ ħ [Wirkung = Energie mal Zeit]

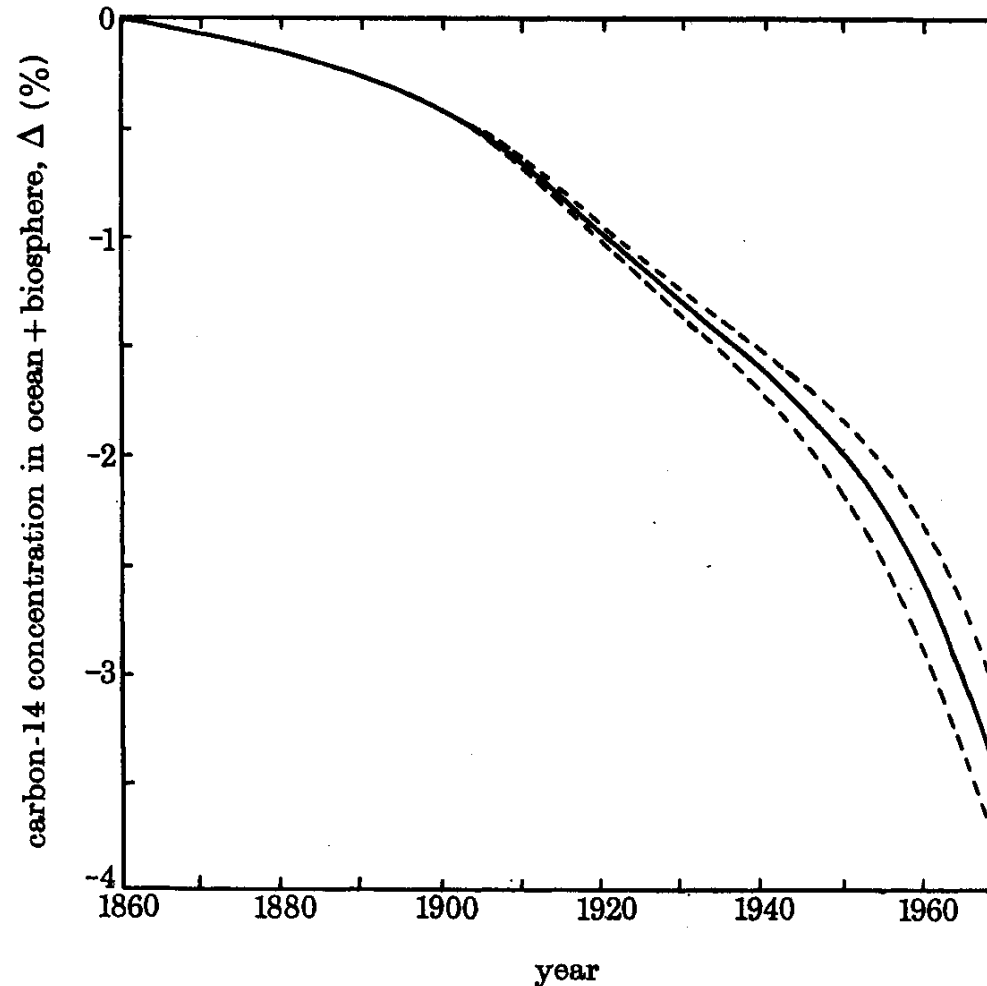
$$E_{rot} \sim \frac{J^2}{m_p a_0^2} \sim \left(\frac{m_e}{m_p}\right) * \alpha^2 m_e c^2 \quad \sim 10^{-2} - 10^{-3} eV \sim 10^{11-12} \text{ Hz}$$

C14-Messungen erlauben zwischen CO₂ aus biogenen Quellen und fossilem CO₂ zu unterscheiden, da das in der Atmosphäre als Folge der kosmischen Höhenstrahlung gebildete C14 bei fossilen Brennstoffen bereits zerfallen ist. Durchgeführte C14-Messungen von atmosphärischem CO₂ belegen, dass tatsächlich dieses Isotop fehlt oder gemindert ist und der atmosphärische CO₂-Anstieg auf Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe zurückzuführen ist.

Kohlenstoff-13

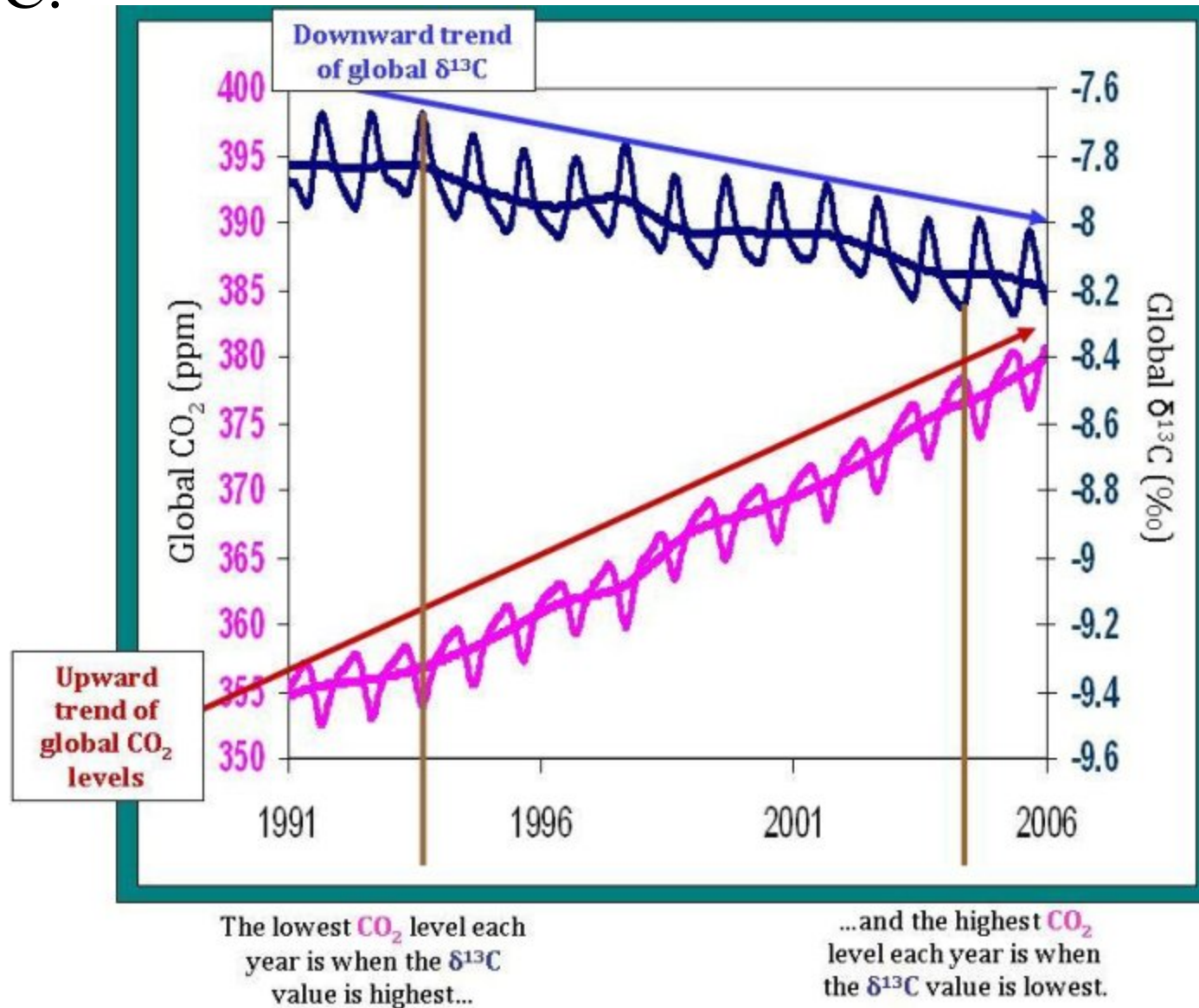
- a. Fossile Brennstoffe (Alter 15-600 Mill. Jahre) enthalten **kein ¹⁴C** ($t_{1/2} = 5.730$ Jahre) und **weniger ¹³C** als Luft
- b. das Verhältnis ¹³C/¹²C ist in Pflanzen (→ Photosynthese) niedriger als in der Luft und in Meeren
- c. Rückschluss auf **Herkunft des atmosph. CO₂**

If increasing carbon dioxide in the atmosphere is due to fossil fuel combustion, rather than some sort of natural change in current source-sink relationships, then the isotopic ratio should have changed over time due to the release of carbon with an enormously reduced C^{14} content. The reduced ratio is called the **Suess effect**. It is clearly evident.



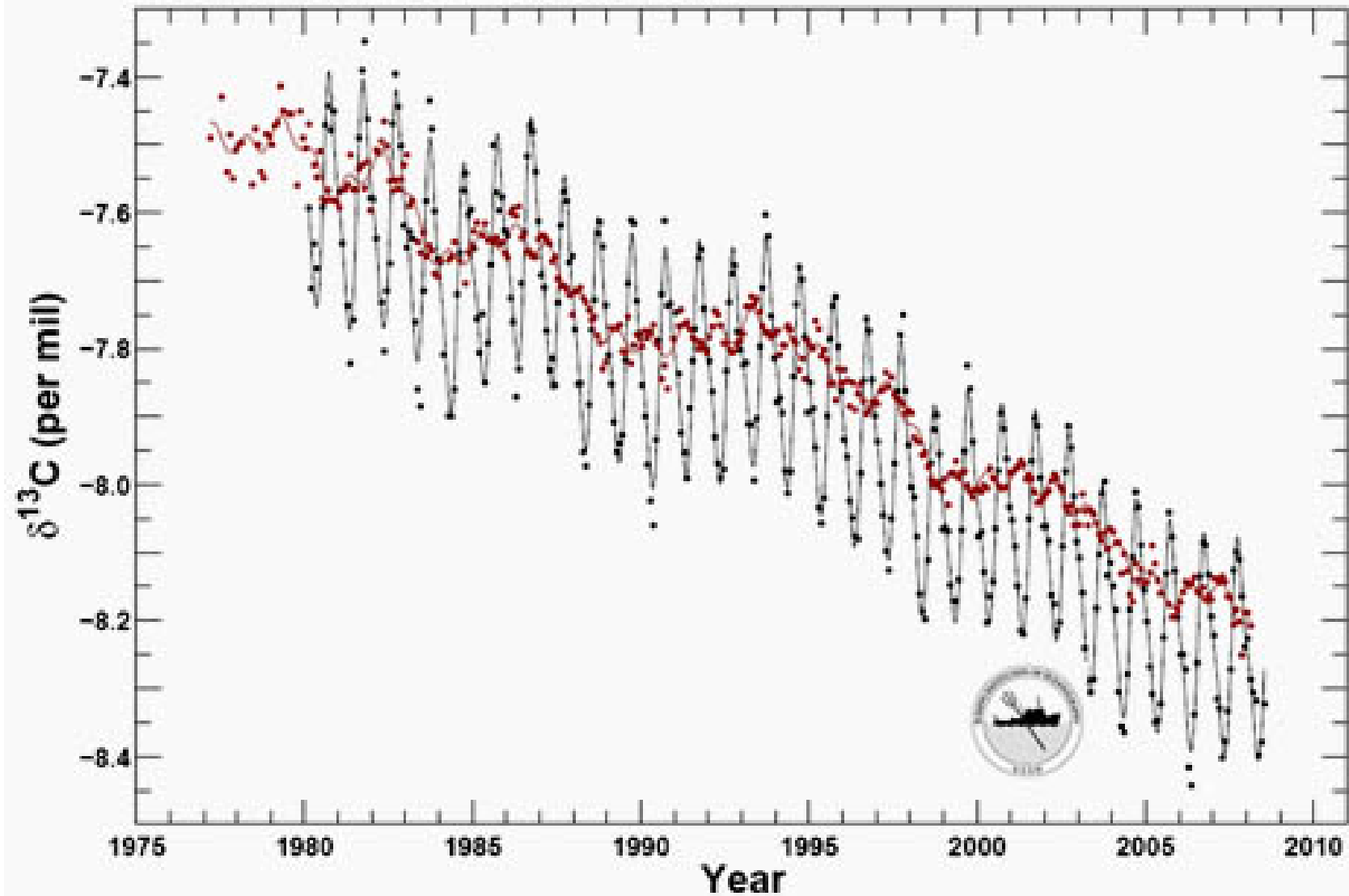
from Baxter and
Walton (1970)

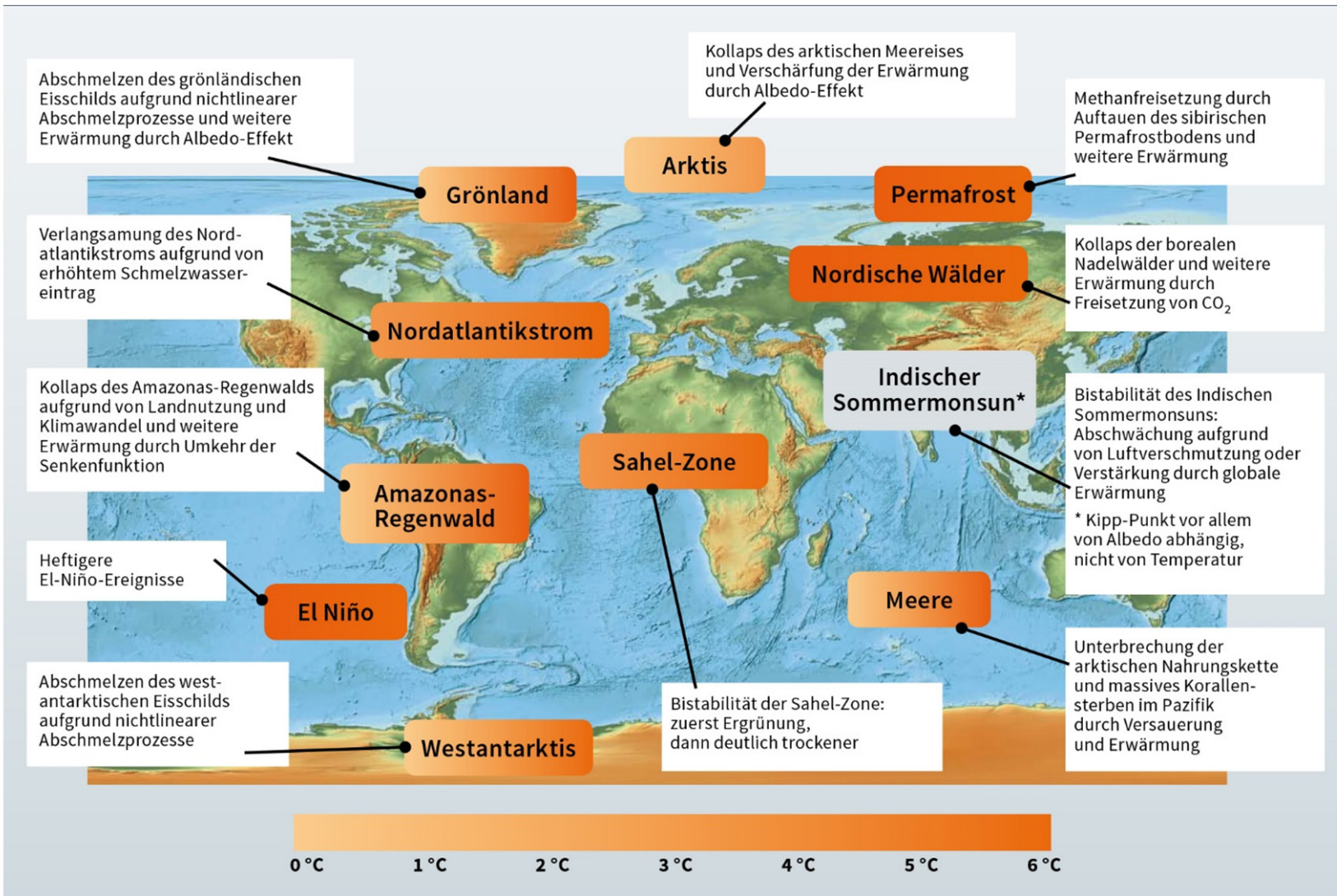
When plants take up carbon dioxide, they prefer ^{12}C over ^{13}C .



Mauna Loa Observatory, Hawaii and South Pole, Antarctica Monthly Average Carbon Isotopic Trends

Data from Scripps CO₂ Program Last updated March 2009





Die Natur lässt nicht mit sich verhandeln

➔ wir müssen bis 2050 weit unter 2 Grad bleiben!

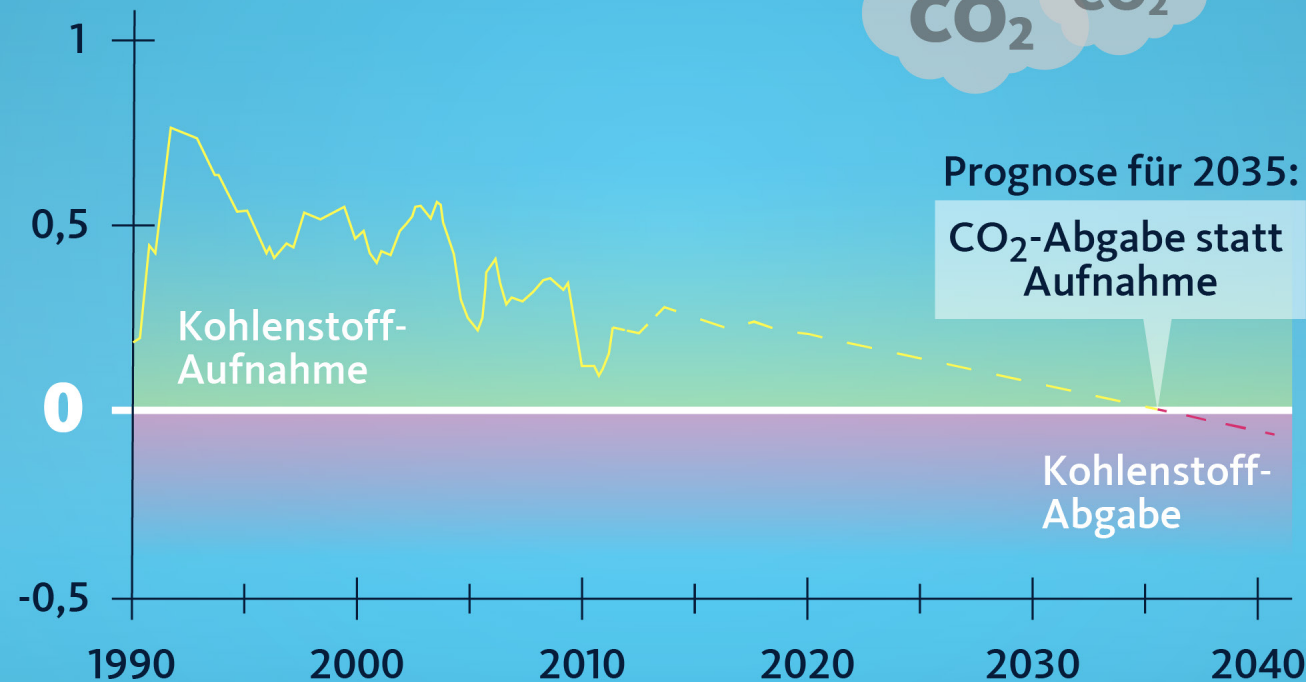
Kippelemente im globalen Klimasystem



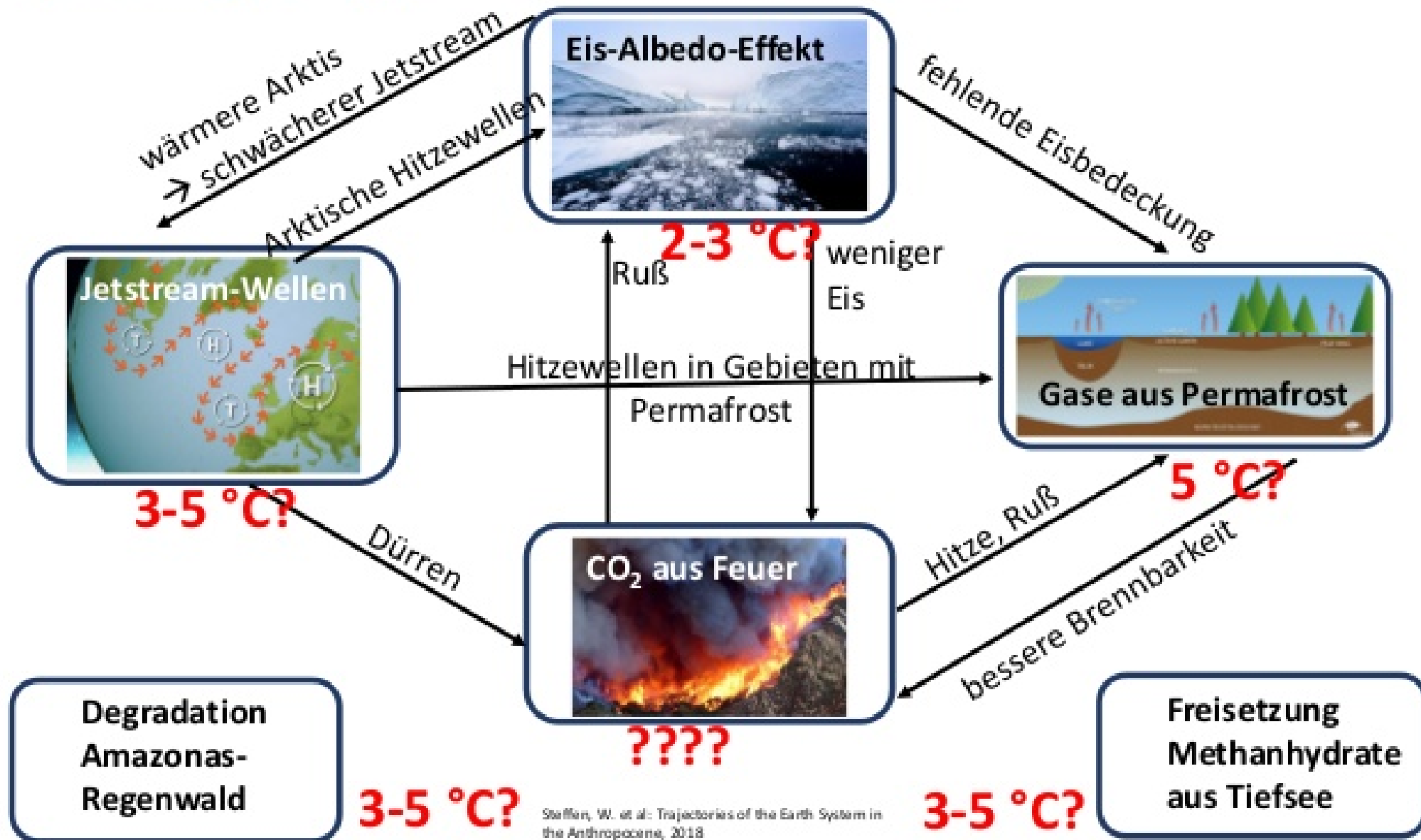
ERDERWÄRMUNG

Der Amazonas-Regenwald nimmt immer weniger CO₂ auf:

Kohlenstoff-Speicherkapazität
in Tonnen pro Hektar



Gefahr: „Galoppierender“ Klimawandel



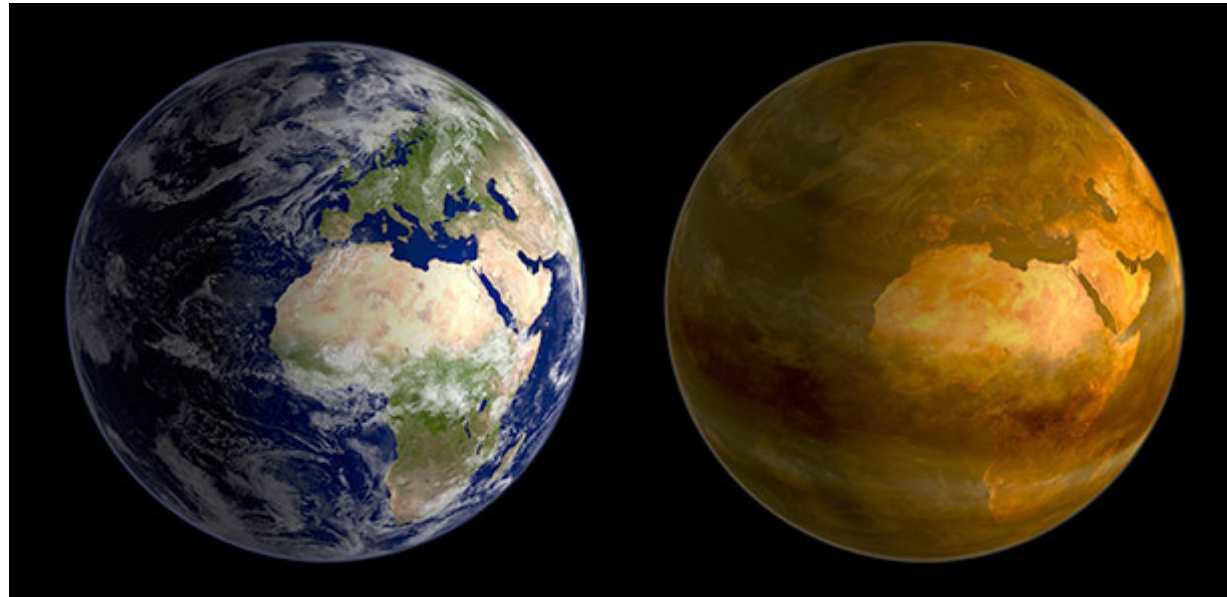
Klimawandel: Droht ein Domino-Effekt?

Positive Rückkopplungen könnten das Erdklima schon bei zwei Grad Erwärmung destabilisieren

Fatale Rückkopplung: Das Erdklima ist möglicherweise labiler als bisher gedacht.

Relativ geringe Erwärmung könnte eine Kaskade von positiven Rückkopplungen auslösen, die das Klima irreversibel destabilisiert.

Die Folge: "Umkippen" des irdischen Klimasystems zu einer "Treibhaus-Erde" – einem Klimaregime, in dem die Erwärmung sich selbst verstärkt und kaum mehr aufzuhalten ist.

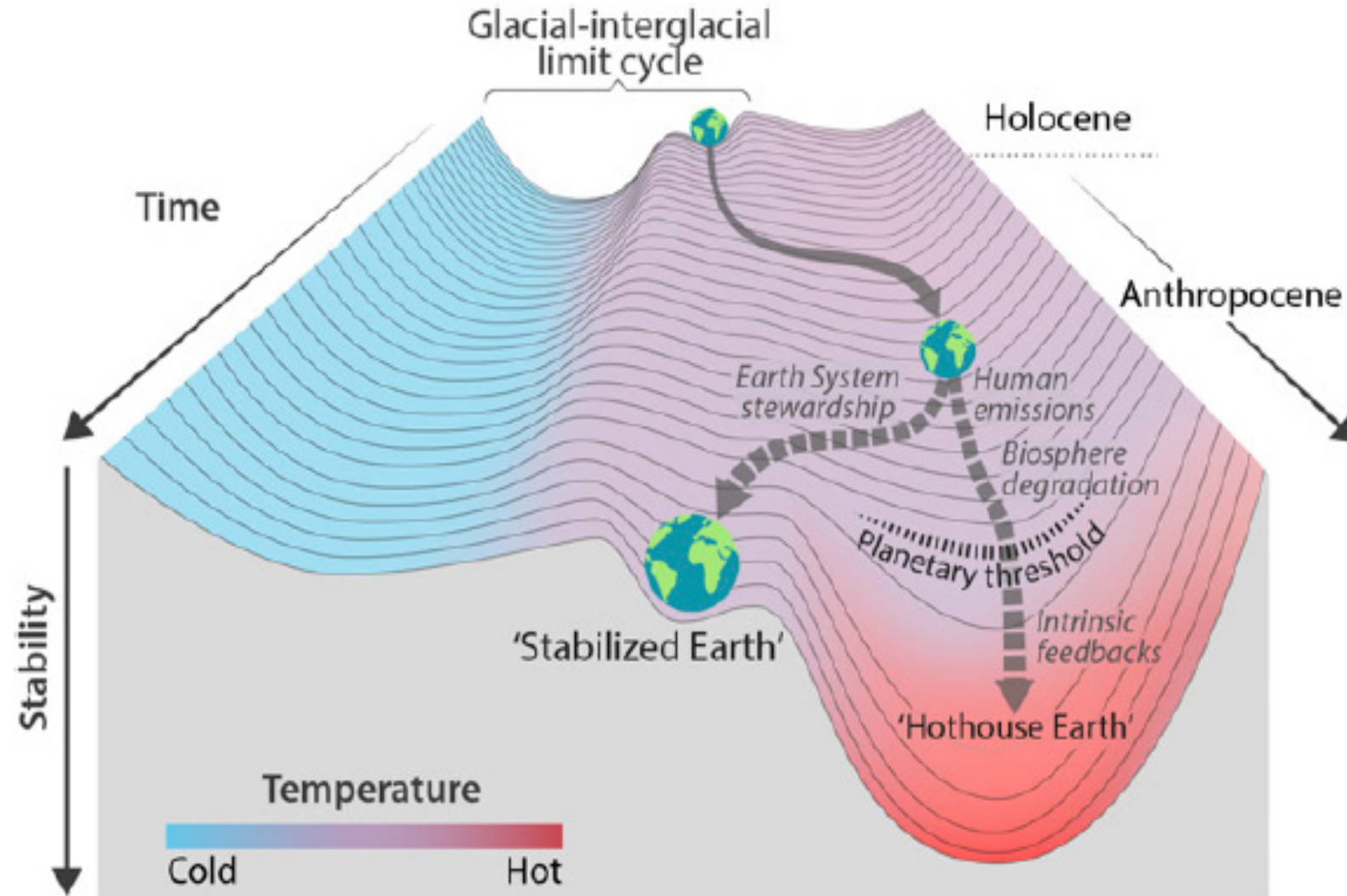


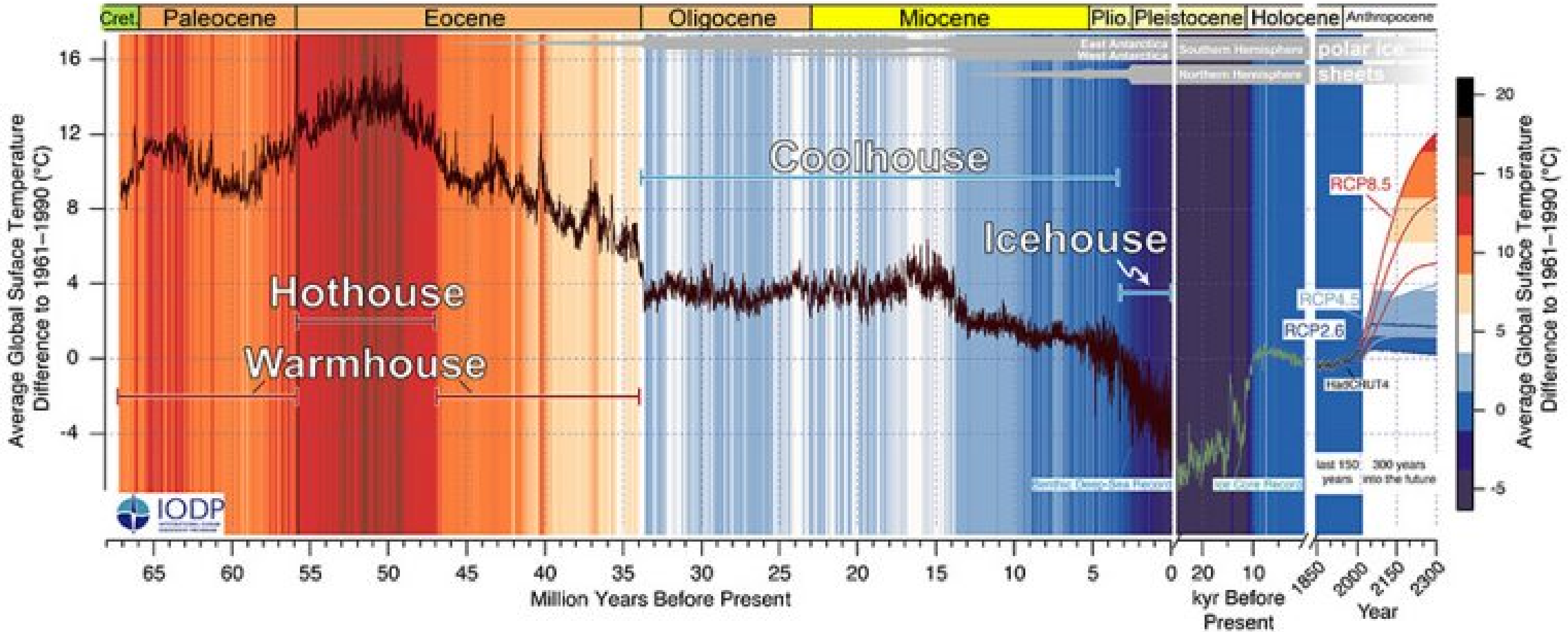
Stockholm Resilience Centre,
Potsdam-Institut für
Klimafolgenforschung, Australian
National University, 07.08.2018 -
NPO

Trajectories of the Earth System in the Anthropocene

Will Steffen^{a,b,1}, Johan Rockström^a, Katherine Richardson^f, Timothy M. Lenton^d, Carl Folke^{a,e}, Diana Liverman^f, Colin P. Summerhayes^g, Anthony D. Bamosky^b, Sarah E. Cornell^f, Michel Crucifix^{h,i}, Jonathan F. Donges^{a,k}, Ingo Fetzer^a, Steven J. Lade^{a,b}, Marten Scheffer^l, Ricarda Winkelmann^{k,m}, and Hans Joachim Schellnhuber^{a,k,m,1}

Edited by William C. Clark, Harvard University, Cambridge, MA, and approved July 6, 2018 (received for review June 19, 2018)



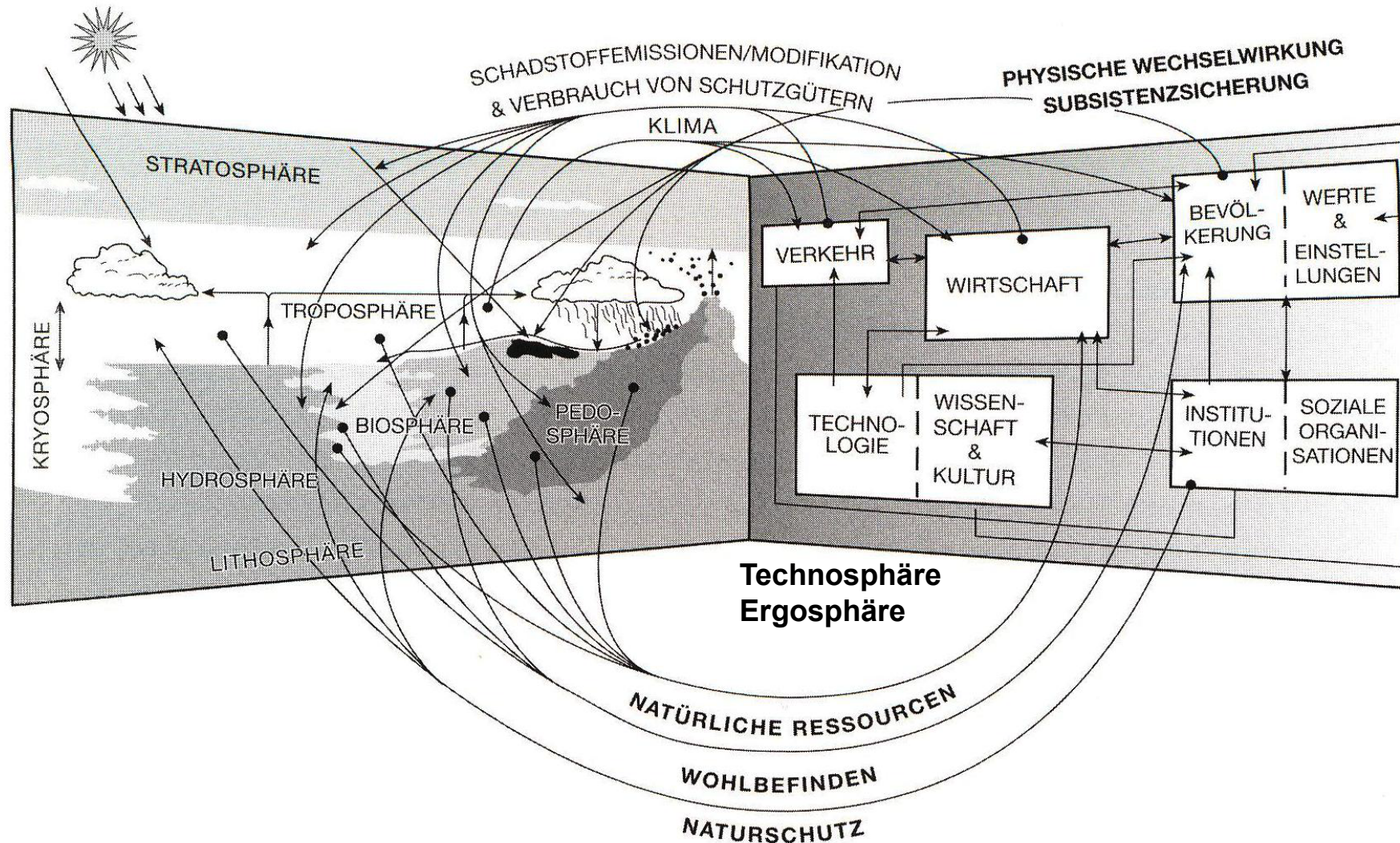


An astronomically dated record of Earth's climate and its predictability over the last 66 million years, T. Westerhold et al. Science 11 Sep 2020: neue Bohrkernanalysen!!!!

Natursphäre – Anthroposphäre

Alle Schulfächer sind daran beteiligt!

Physik
Chemie
Biologie
Geographie
Mathematik
Informatik
Technik



Sprachen
Sozialkunde
Politik
Wirtschaft
Ethik
Religion
Sport

Mehr menschengemachte Strukturen als Organismenarten auf unserem Planeten

Unser Planet ist von einer Hülle menschengemachter Strukturen umgeben. Die gesamte Technosphäre der Erde hat eine Masse von 30 Billionen Tonnen. Gleichmäßig verteilt entspräche dies einer Last von 50 Kilogramm auf jedem Quadratmeter der Erdoberfläche.

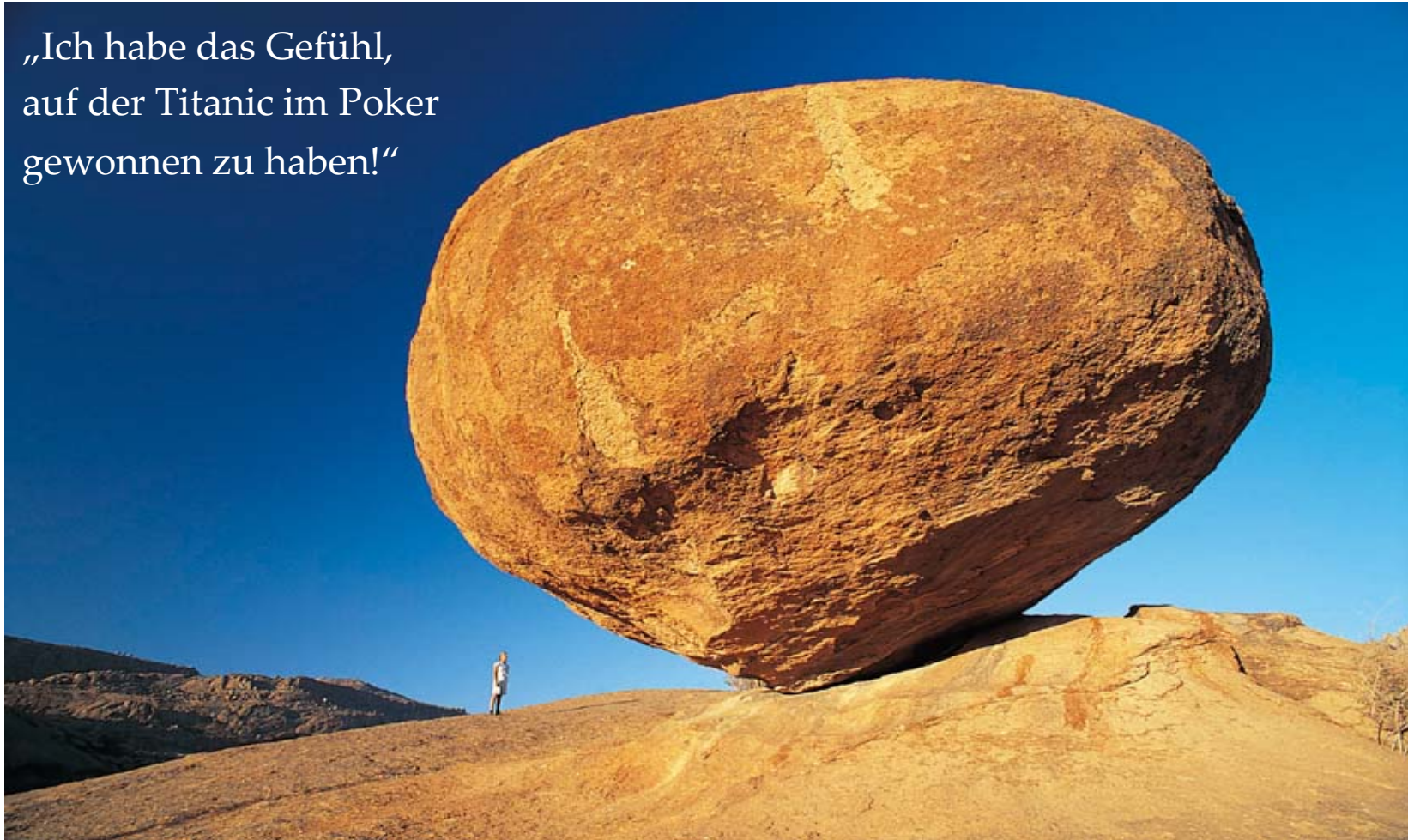
Die Vielfalt der menschengemachten Objekte übertrifft bereits die heutige biologische Artenvielfalt.



The Anthropocene Review, 2016; [doi: 10.1177/2053019616677743](https://doi.org/10.1177/2053019616677743))

Die heutige Lage

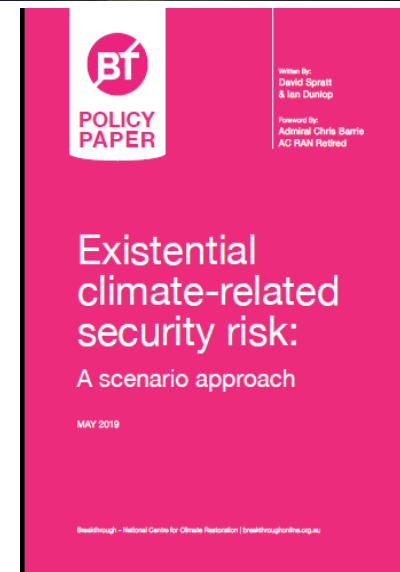
„Ich habe das Gefühl,
auf der Titanic im Poker
gewonnen zu haben!“





Der Klimawandel wird das Leben auf der Erde massiv verändern, daran besteht kaum ein wissenschaftlicher Zweifel. Die Autoren eines neuen australischen Klima-Berichts aber glauben, das Ausmaß der Zerstörungen könnte aktuelle Vorhersagen übertreffen – und bereits in 30 Jahren

...



**Wir müssen endlich die Natur und
die in ihr wirkenden
Kräfte ernst nehmen!**

Das wird Geld kosten, viel Geld!

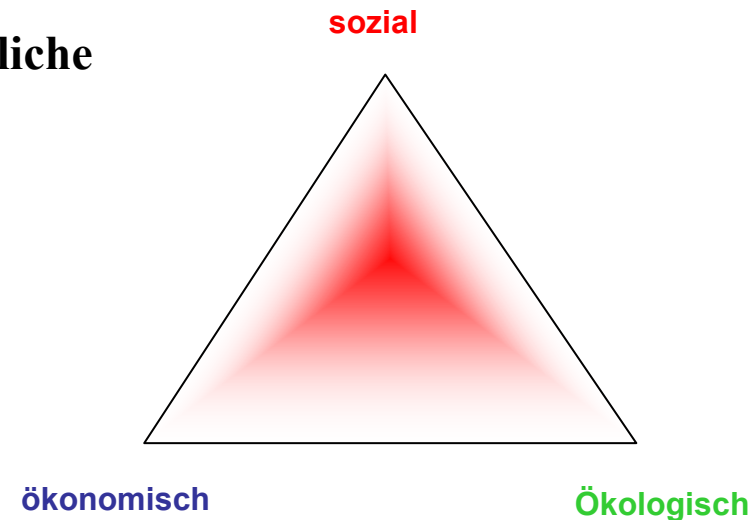
Das wird viele Privilegien kosten!

Das wird unser Leben verändern!

Die Standardfolklore

Die Antwort auf den Klimawandel kann nur eine nachhaltige Industrie-, Energie und Klimapolitik sein, die

- **Klima tatsächlich schützt,**
- **industrielle Entwicklung und Innovationen fördert,**
- **eine langfristige, umwelt- und klimaverträgliche Energieversorgung sichert,**
- **sozialen Fortschritt voranbringt.**



Handle so, dass die Wirkungen deiner Handlung
nicht zerstörerisch sind für zukünftige
Möglichkeiten echten menschlichen Lebens auf Erden

Hans Jonas, Prinzip Verantwortung

Überleben als Gattung und das humane Leben im sozio-kulturellen Kontext

Hier muss ein ZIEL her – eine VISION!

„Brauchen wir brauchen einen großen Zukunftsentwurf?“

- Karl Poppers „Step-by-step-Vorgehen“ ist intelligenter: Nach jedem Schritt genau diskutieren, ob der Weg noch stimmt, ob die Richtung noch stimmt und aus der neuen Perspektive heraus neue Entscheidungen treffen - leider ist die „Strahlkraft“ geringer
- **Aber die Richtung muss klar sein!**

Vision von einer Gesellschaft, in der Menschen kooperieren und nach Ausgleich und Nachhaltigkeit streben.

→ **Lediglich kein fertiges Programm, um Vision zu realisieren, sondern step-by-step-vorgehen**

Erst durch die Vision mit einem klaren Ziel gelingt es, Aktivitäten in eine gemeinsame Richtung zu bündeln

- **Bewusstseinsänderung in Wirtschaft und Politik**

Optimismus und Aufbruchstimmung in der Bevölkerung erzeugen

Deutschland in drei Jahrzehnten ähnlich verändern wie von der Nachkriegszeit bis 1980

Konsistente Entscheidungen treffen

Persönliche, privatwirtschaftliche und öffentliche Investitionen auf das gemeinsame Ziel ausrichten

Forschung und Entwicklung in Unternehmen und an Hochschulen anstoßen

Technologien verbessern und neue Produkte entwickeln (z. B. Energiespeicher, energieautarke Geräte, ...)

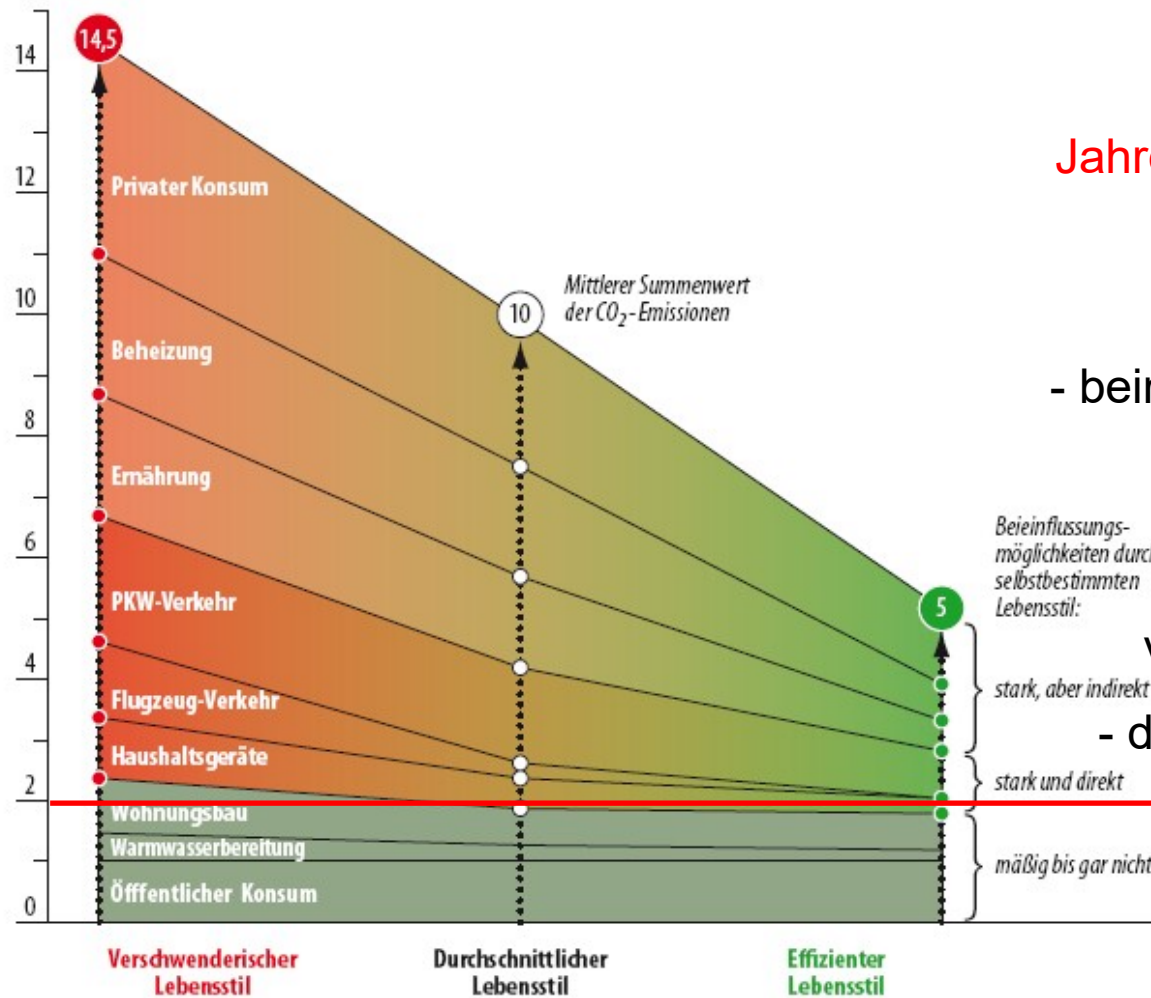
Innovatives, positives Image der Energieautonomie vermitteln

Staatliche Förderungen und Gesetze konsequent aufeinander abstimmen

Erneuerbare Energien fördern, Subventionen für überholte Techniken auslaufen lassen

Handlungsmöglichkeiten

CO₂-Emissionen in Tonnen pro Kopf und Jahr

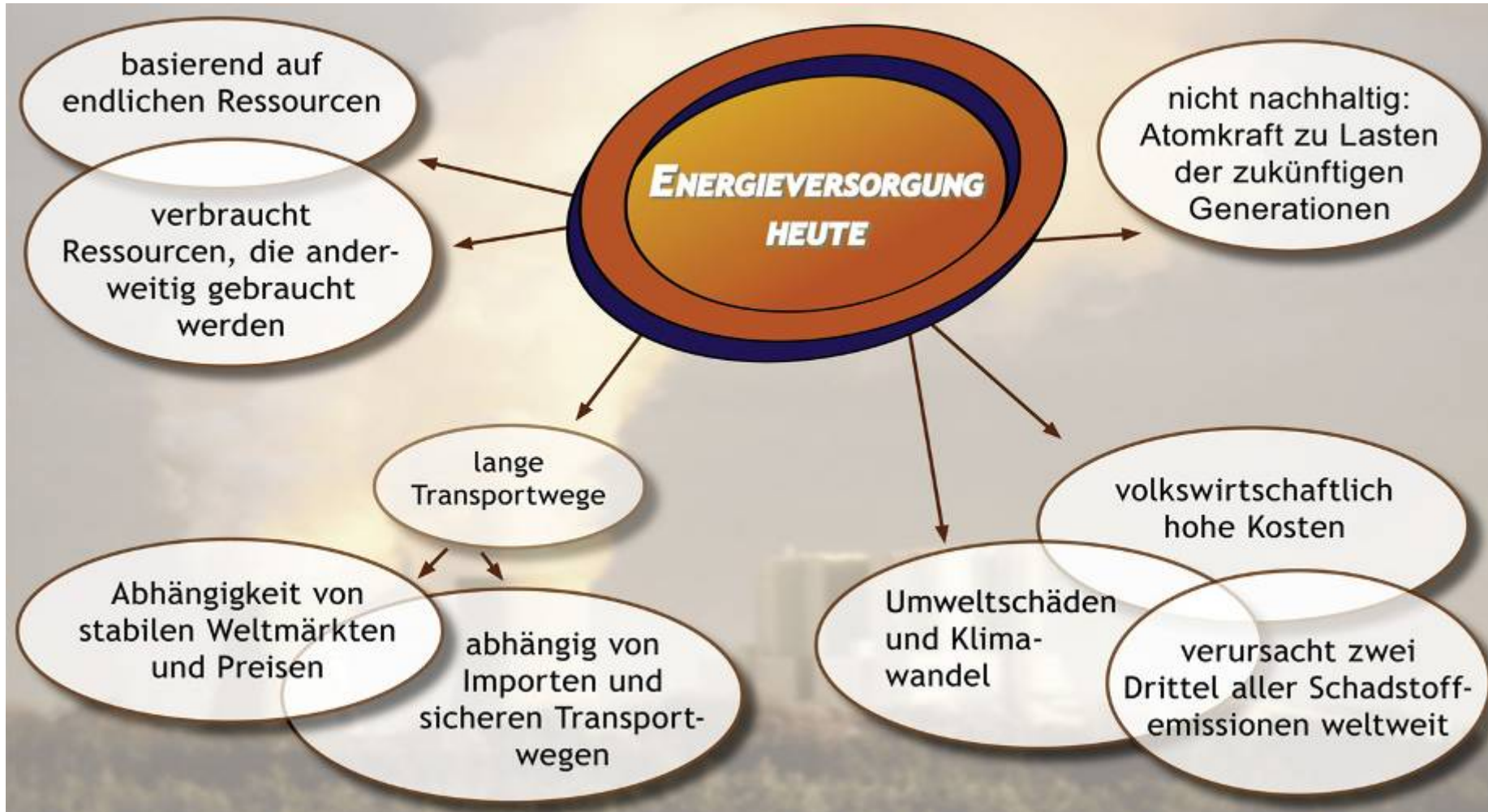


Rolle des Einzelnen:

Deutschland heute: 10 t CO₂ pro Person und Jahr

Langfristig klimagerechtes Jahresbudget eines Erdenbürgers: 2 t CO₂ pro Jahr

- grünen Strom beziehen
- beim Neukauf von Elektrogeräten besonders effiziente Modelle kaufen
- Flugreisen weitestgehend vermeiden oder kompensieren
- durch nachhaltige Geldanlagen Mikrokreditsysteme und Klimaschutztechnologien unterstützen





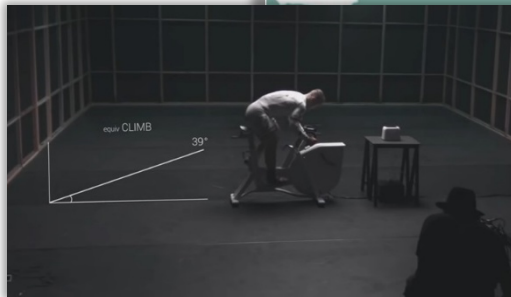


WAS MUSS SICH ÄNDERN?

- regenerativ statt fossil und atomar
- Sparsamkeit statt Verschwendung
- Erzeugung dezentral statt zentral
- Verkauf von Energiedienstleistungen statt von Energieträgern
- Kraft-Wärme-Kopplung statt Abgabe von Abwärme in die Umwelt
- kommunale Betriebe und Mittelstandsunternehmen statt Großkonzerne



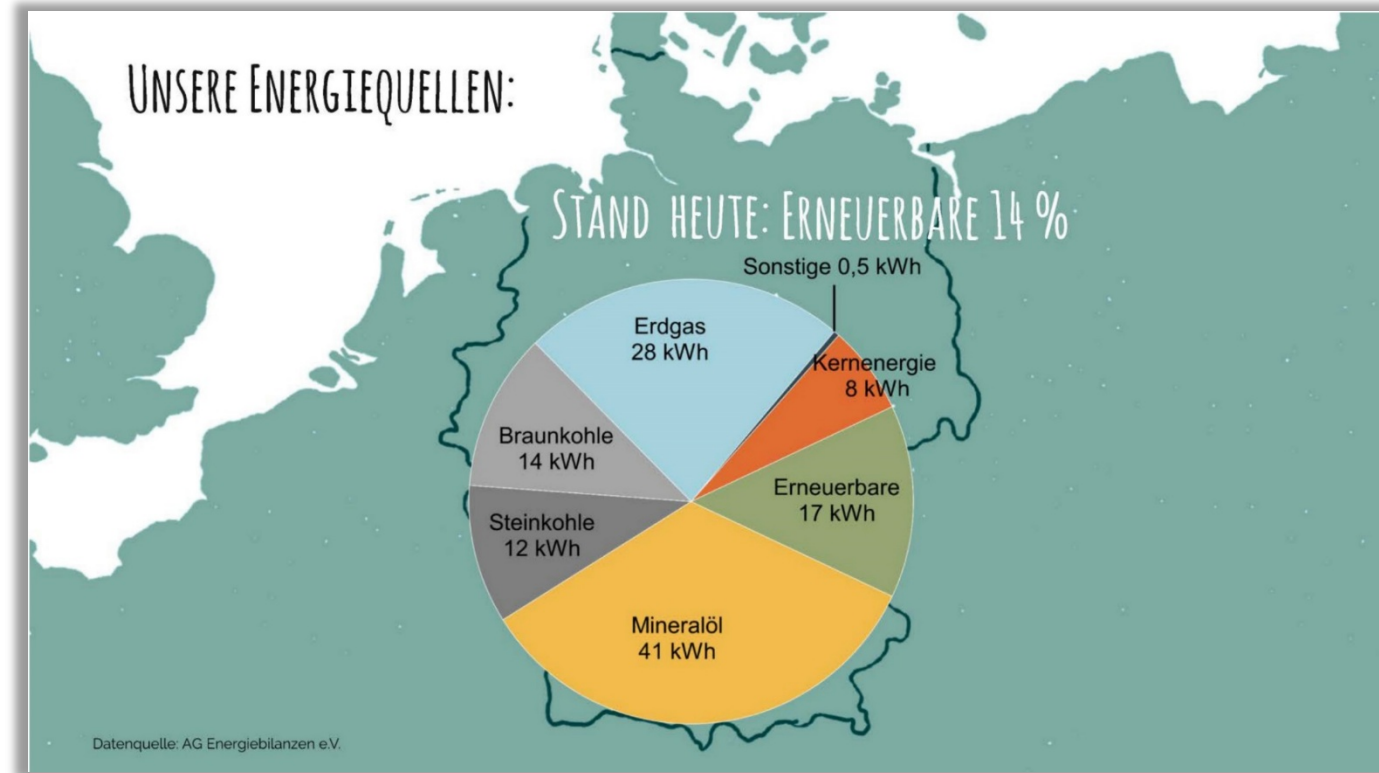
Unser täglicher Energieverbrauch pro Person



Olympic Cyclist Vs. Toaster: Can He Power It?
<https://www.youtube.com/watch?v=S4O5voOCqAQ>

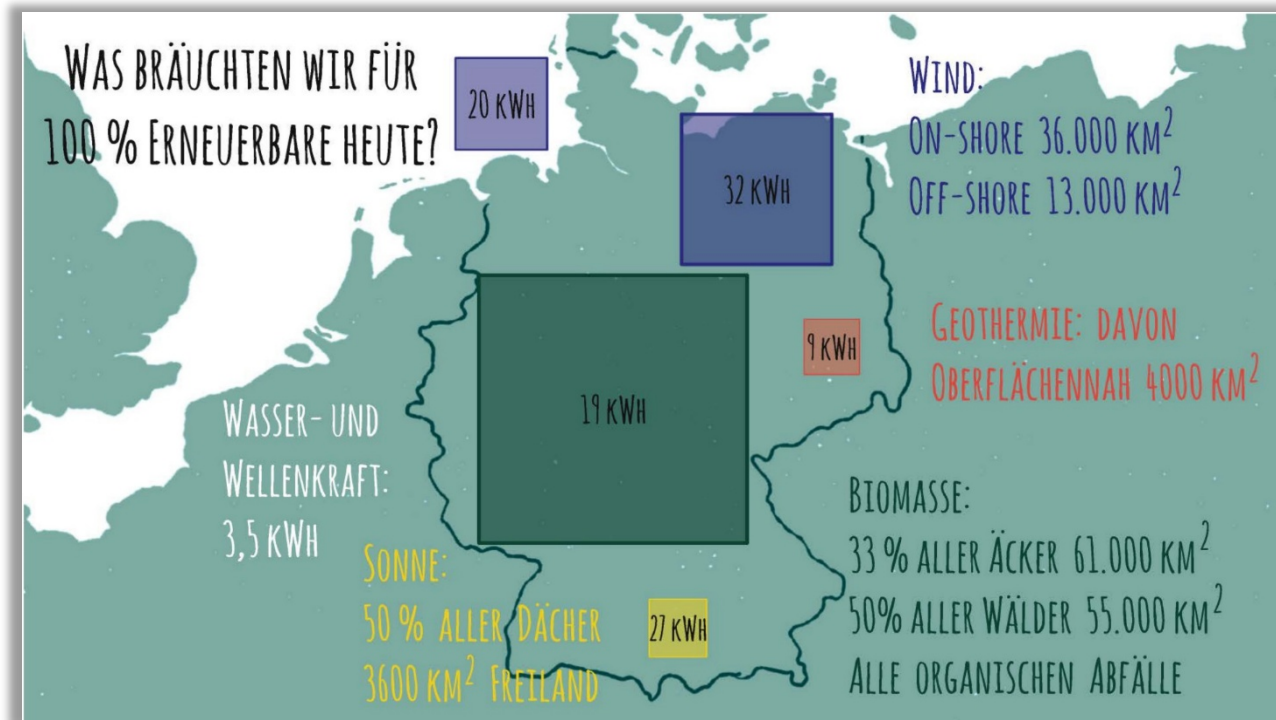
Prof. Christian Holler

Unsere jetzigen Energiequellen



Prof. Christian Holler

Wie sähe die Energiewende in Deutschland aus?



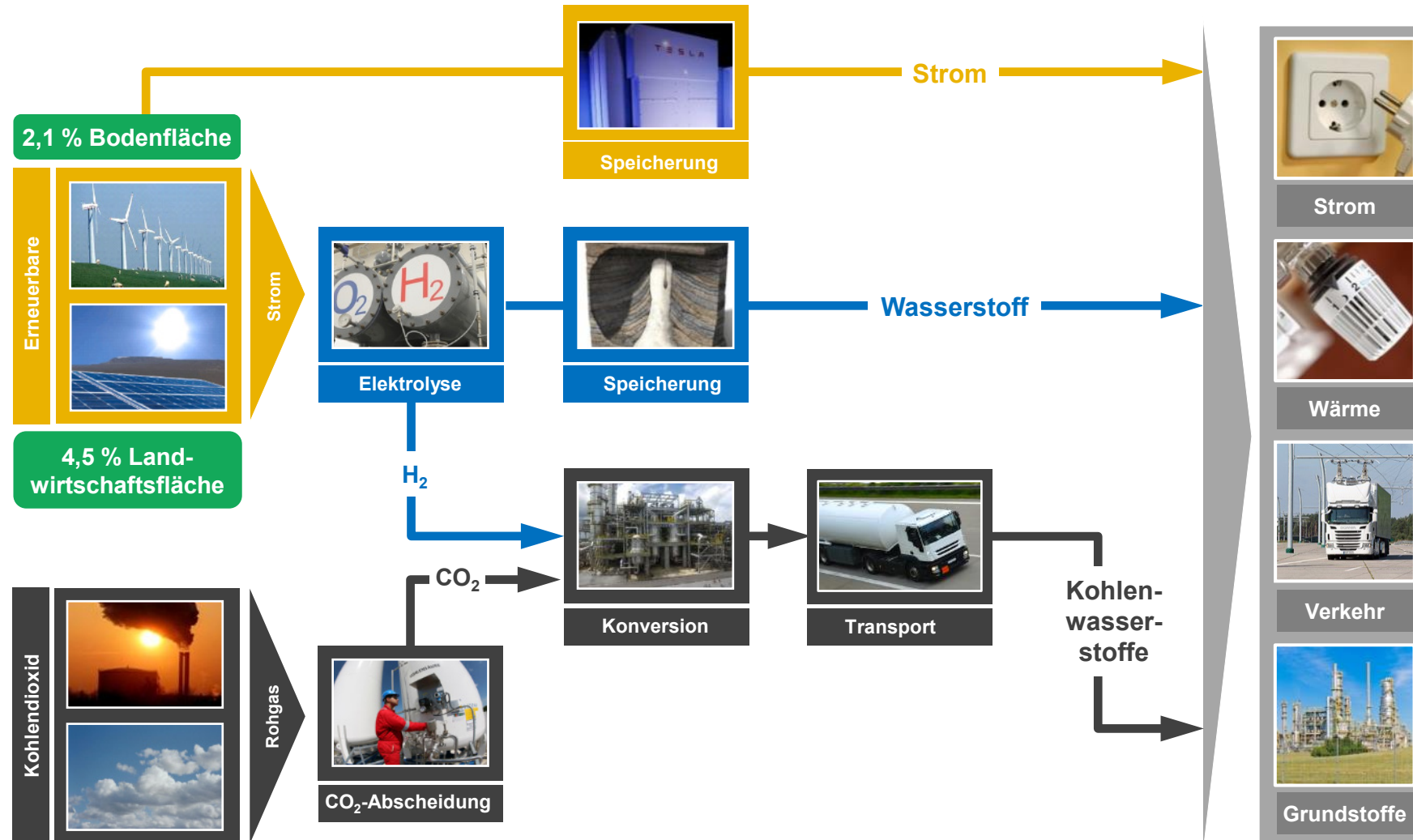
Gesucht werden!:

- IngenieurInnen
- TechnikerInnen
- ElektrotechnikerInnen
- PhysikerInnen
- ChemikerInnen

MINT-Fächer!!

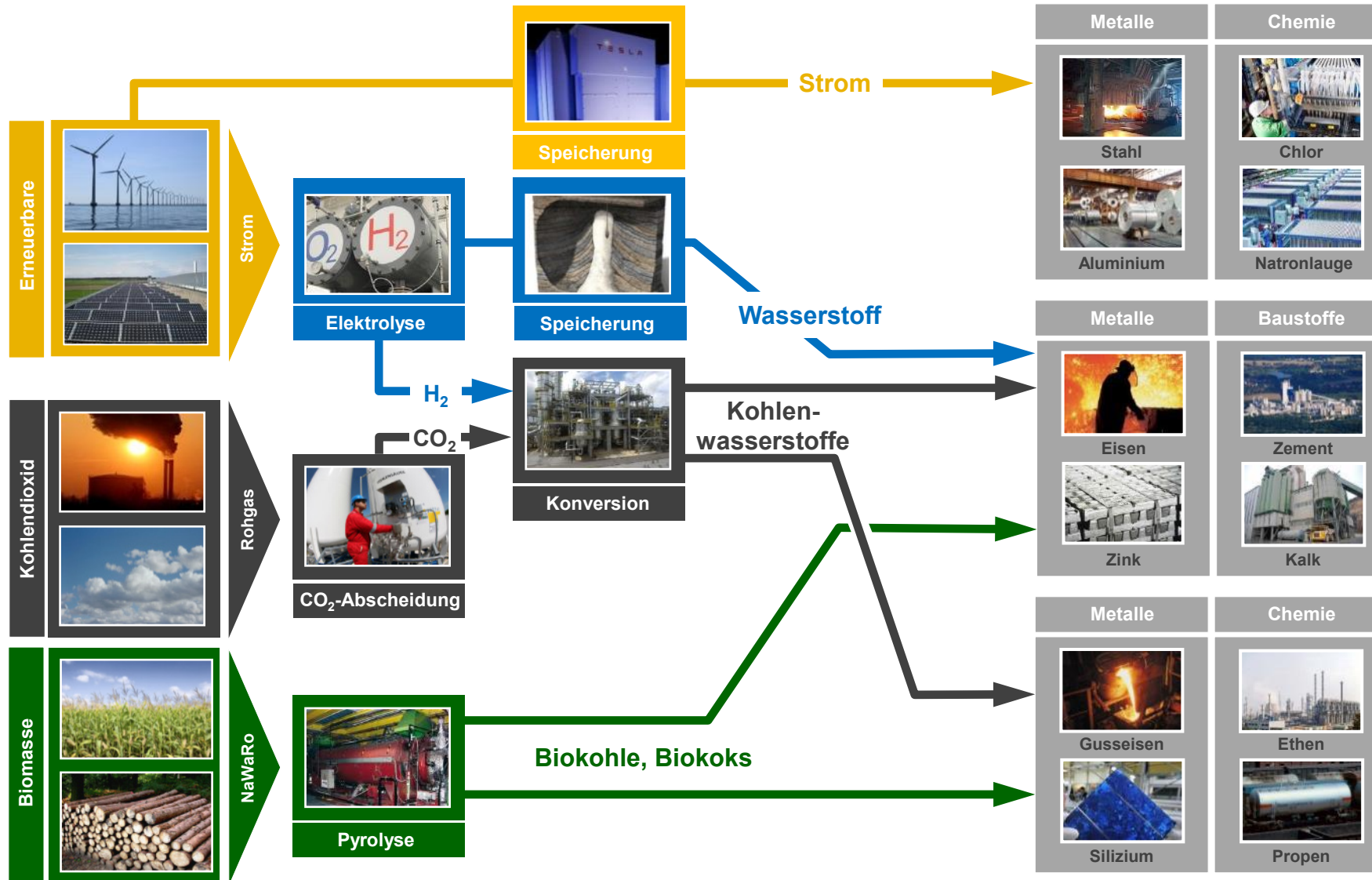
Wandel in der Energieversorgung

Power to All – Power, Heat, Gas, Liquid



Wandel in der Industrie

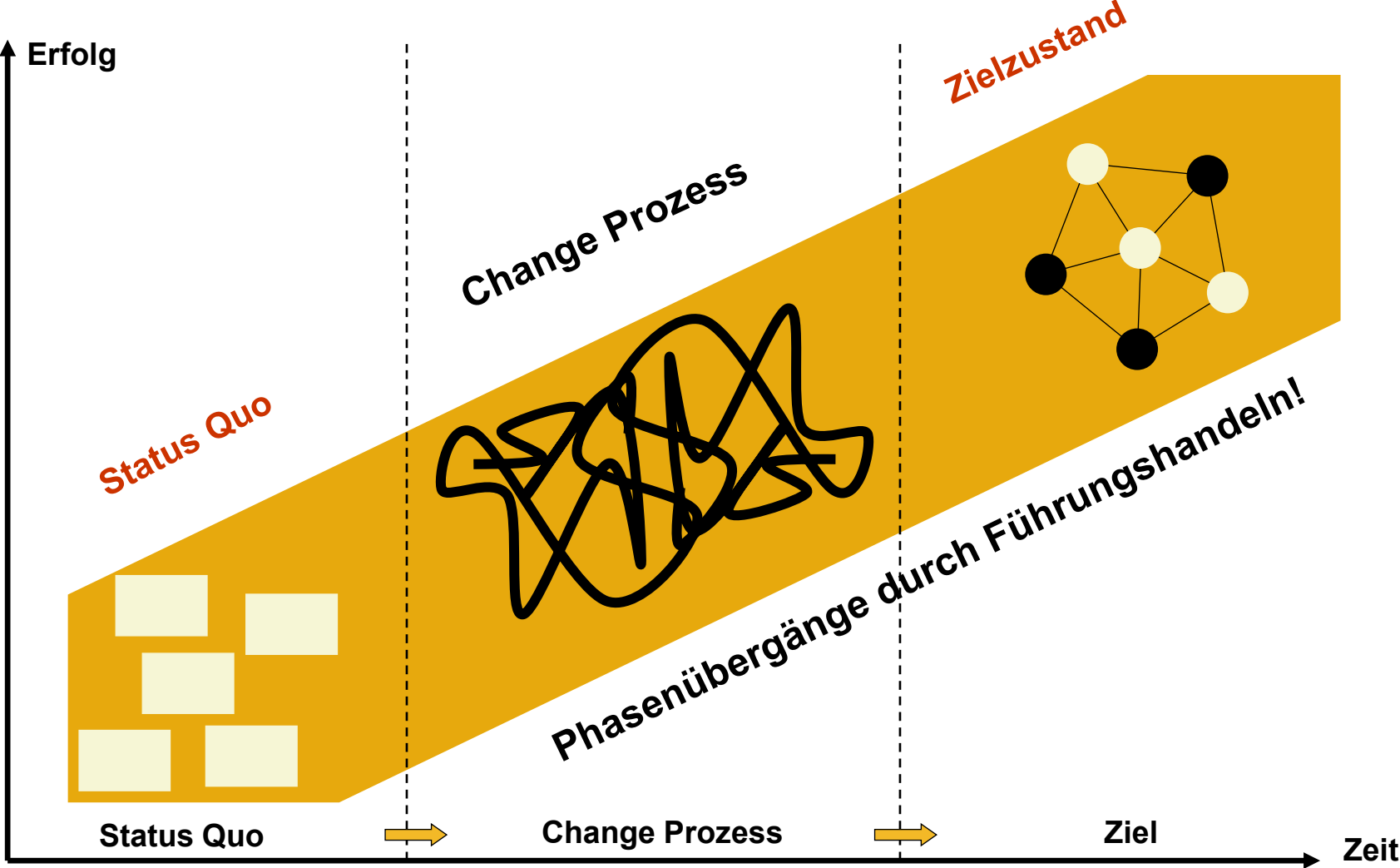
Dekarbonisierung der Grundstoffindustrie



Notwendiger Strukturwandel

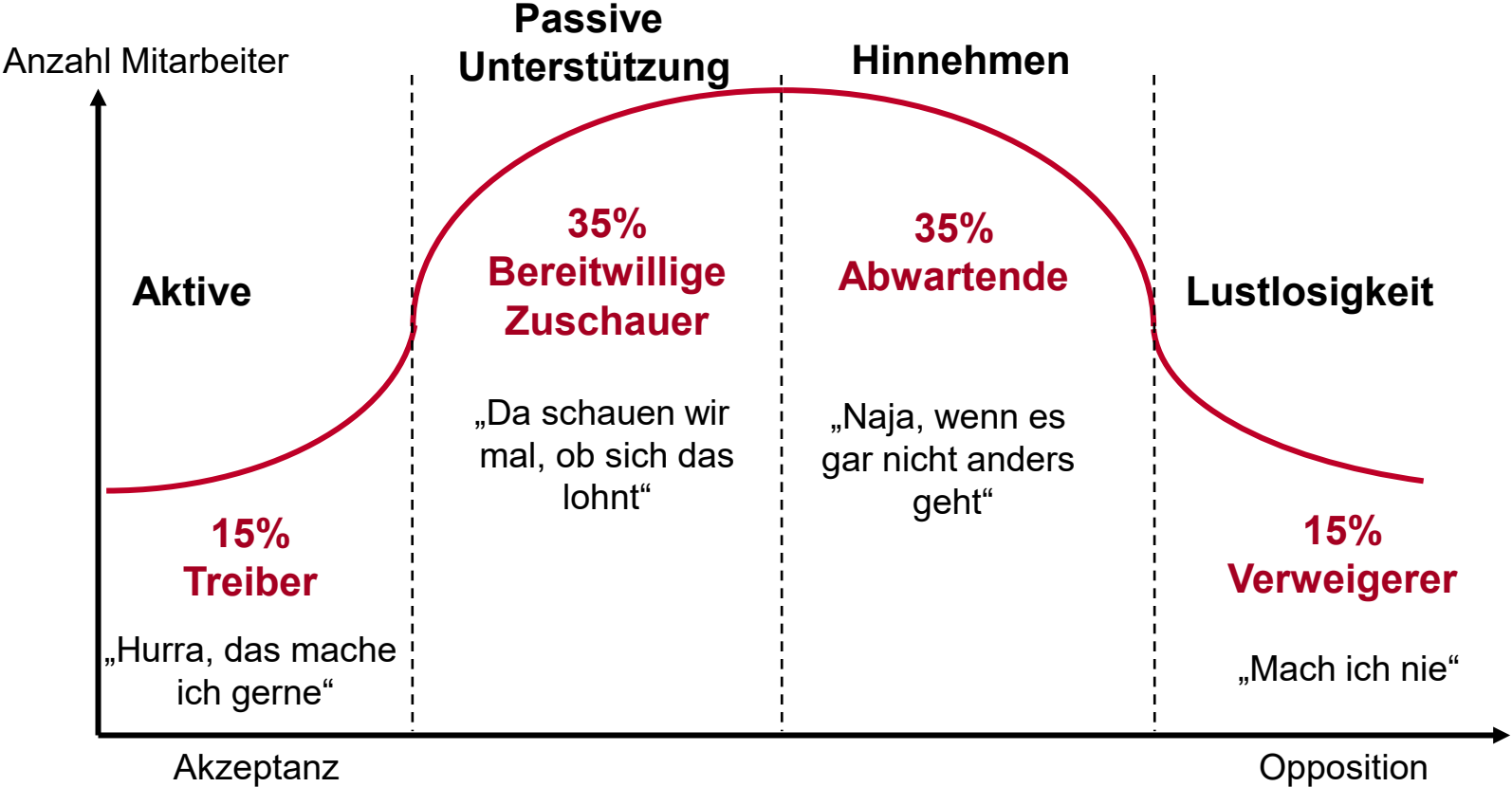


**Veränderungsprozesse werden meist als
chaotische Zustände erlebt**



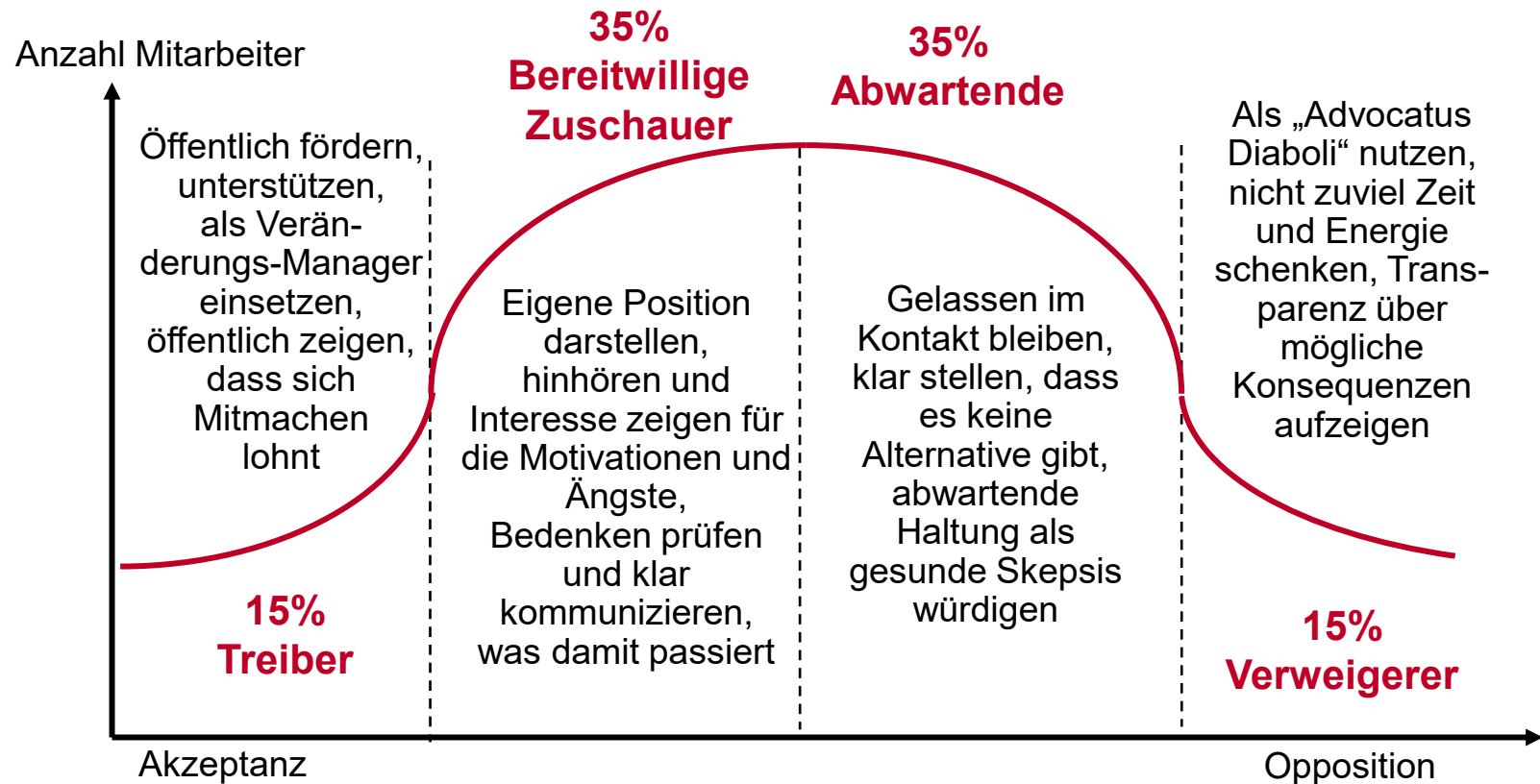
Menschen sind unterschiedlich motiviert bei Veränderungen

Personengruppen in Veränderungsprozessen



Deshalb müssen sie unterschiedlich angesprochen werden

Personengruppen in Veränderungsprozessen: Strategien zum Umgang



**»Jede Reise beginnt mit dem
ersten Schritt«**

(Lao Tse)