

# Was bedeuten die Pariser Klimaziele und wie lassen sie sich global umsetzen?

Stuttgart  
5. November 2019

***Prof. Dr. Hermann Held***

*Leitung Forschungsstelle  
'Nachhaltige Umweltentwicklung'  
Universität Hamburg*

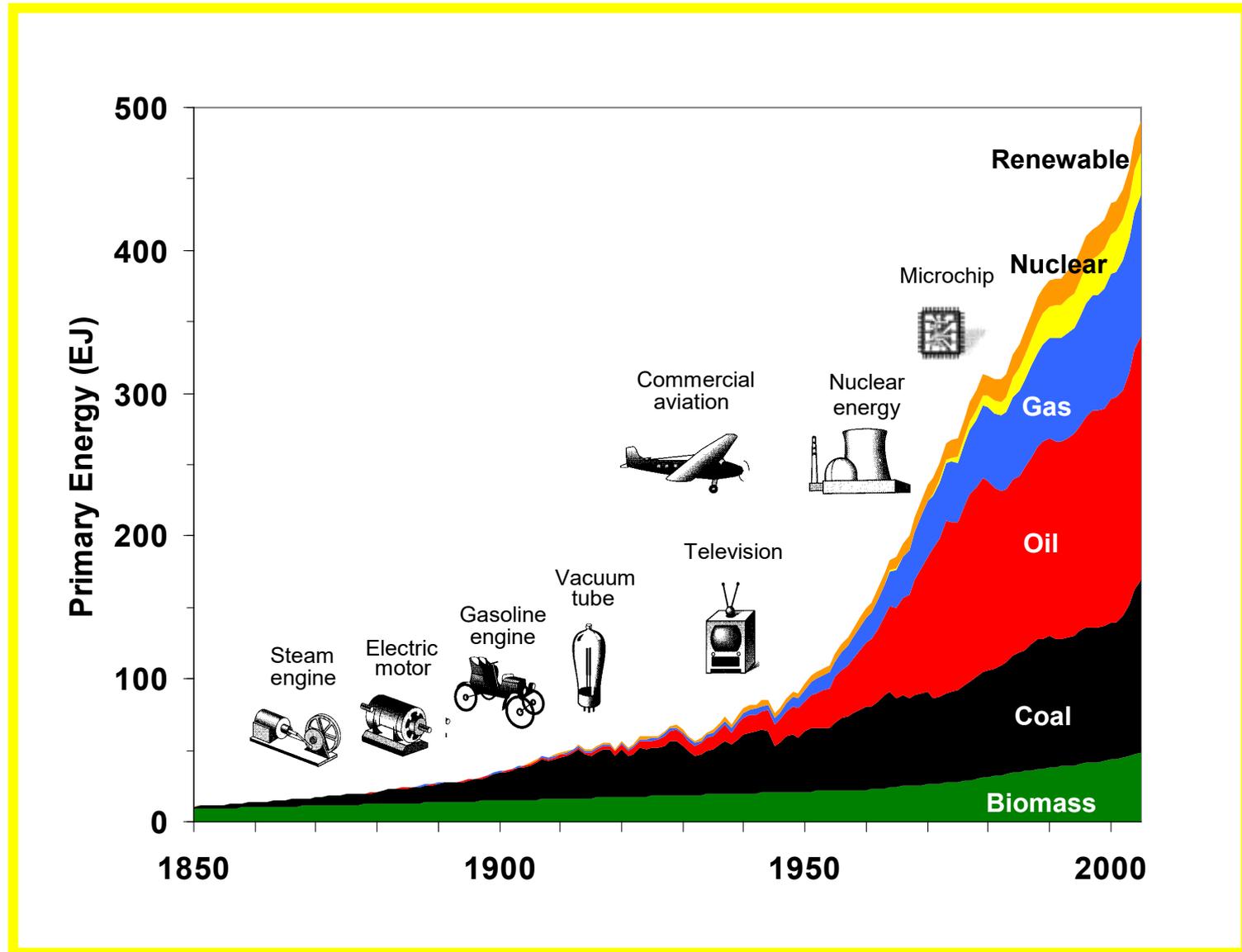


*Email: [hermann.held@uni-hamburg.de](mailto:hermann.held@uni-hamburg.de)*

# Gliederung

- Wie wird Klimadynamik zum Klima,problem'?
- Welche Lösungen bietet die Ökonomie an?
- Warum ist Klimapolitik so schwierig?

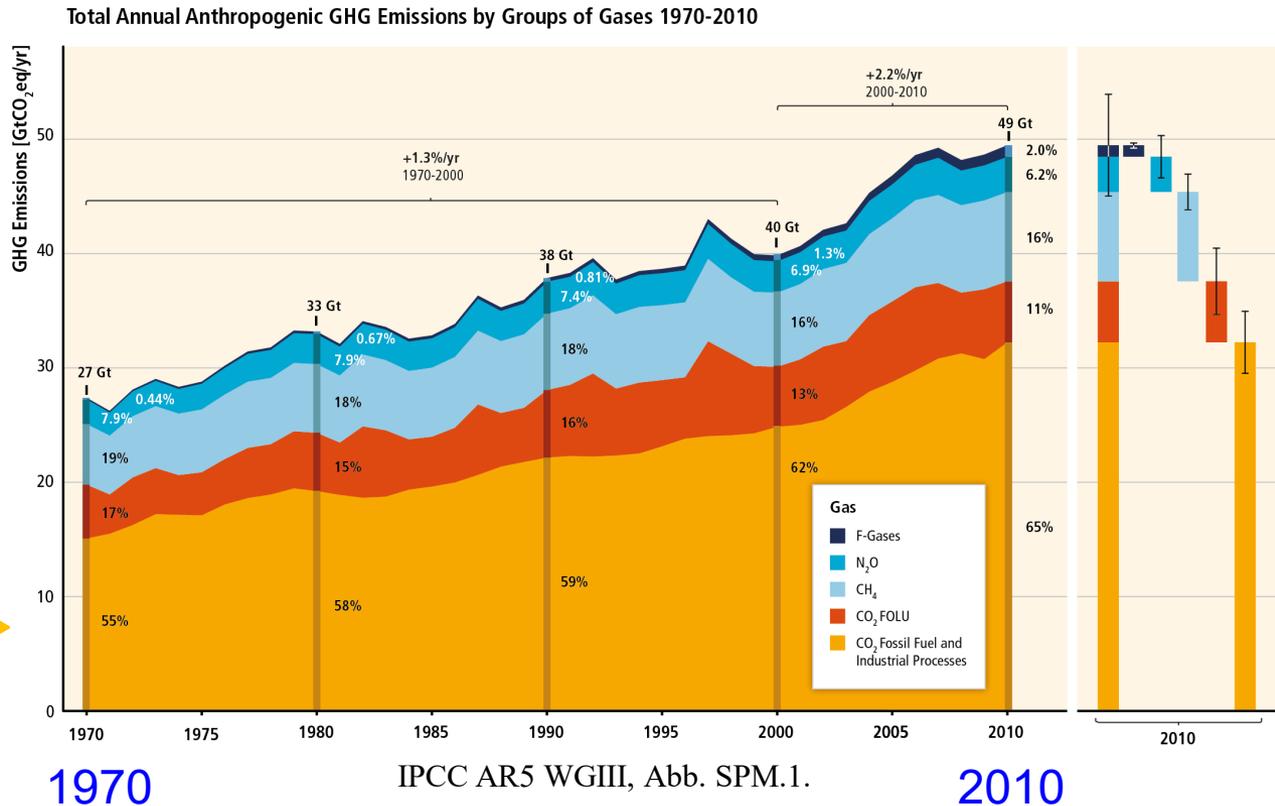
# Wohlstand & Welt-Energieverbrauch



(Nakicenovic 2009)

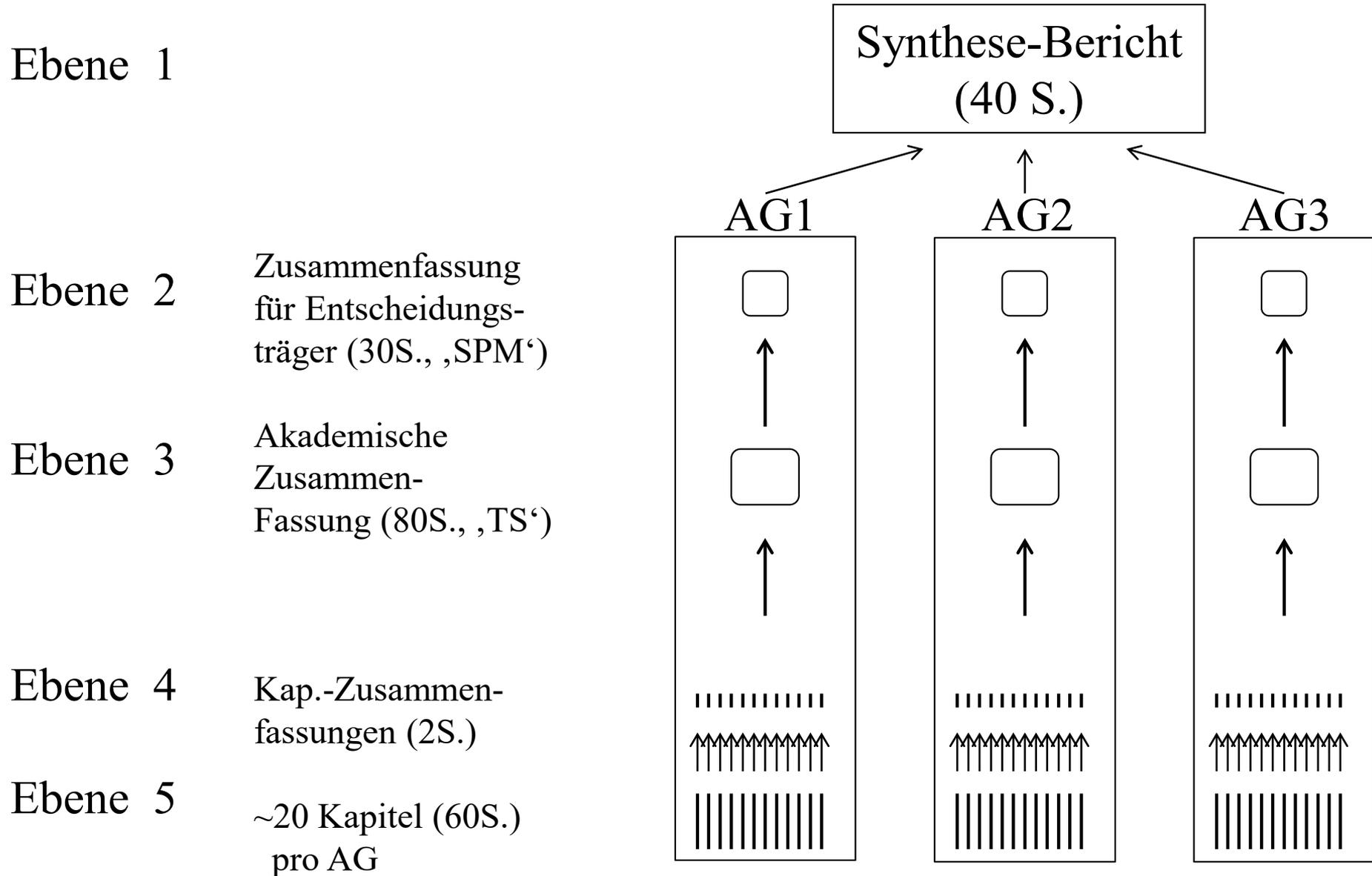
# Die globalen Treibhausgasemissionen steigen unvermindert

## Aufschlüsselung nach Treibhausgas-Typ

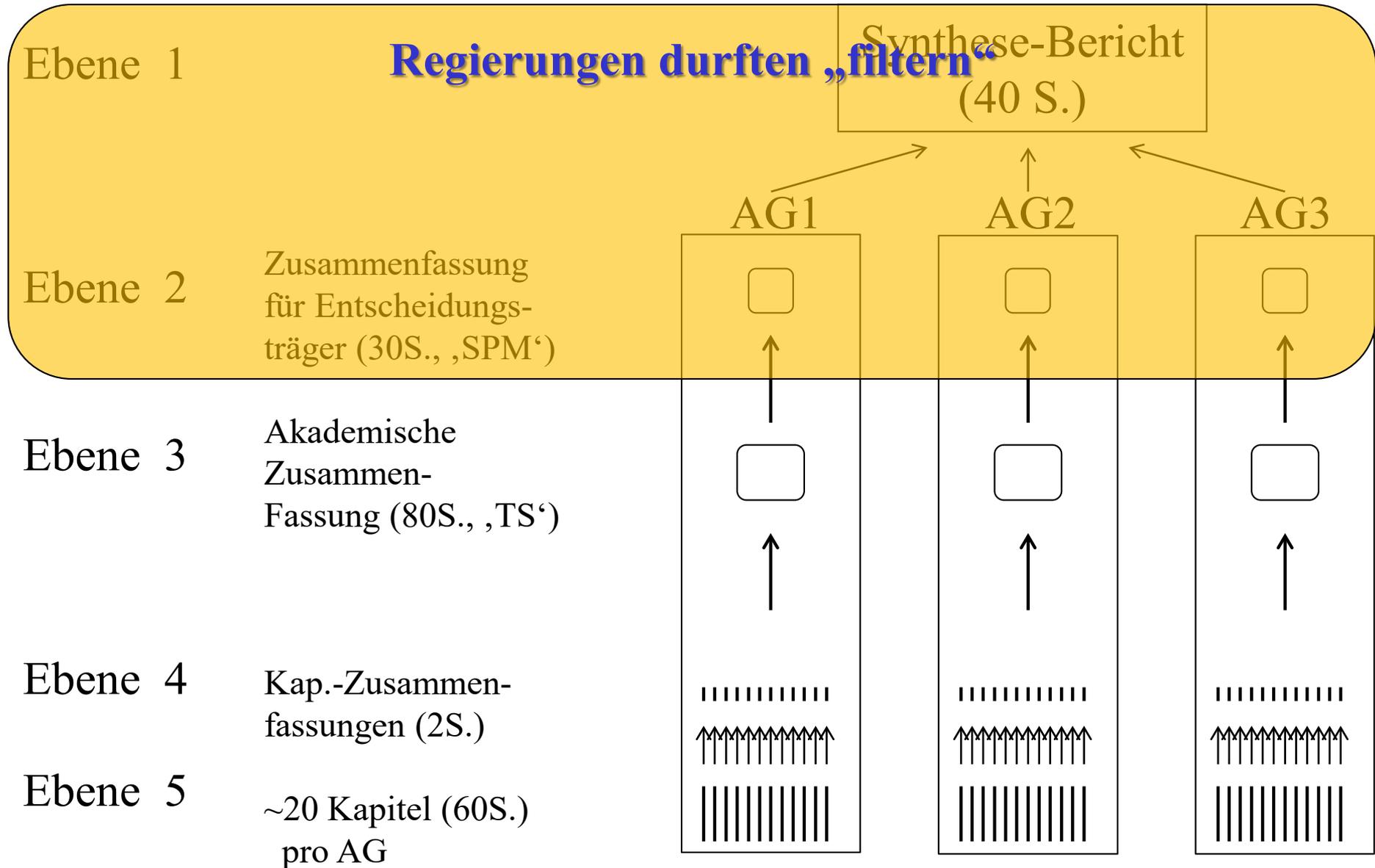


- Kohlendioxid aus fossilen Brennstoffen und industriellen Prozessen trägt den größten Anteil bei.
- Genaue Aufschlüsselung s. Anhang

# Gliederung des 5. IPCC-Berichts

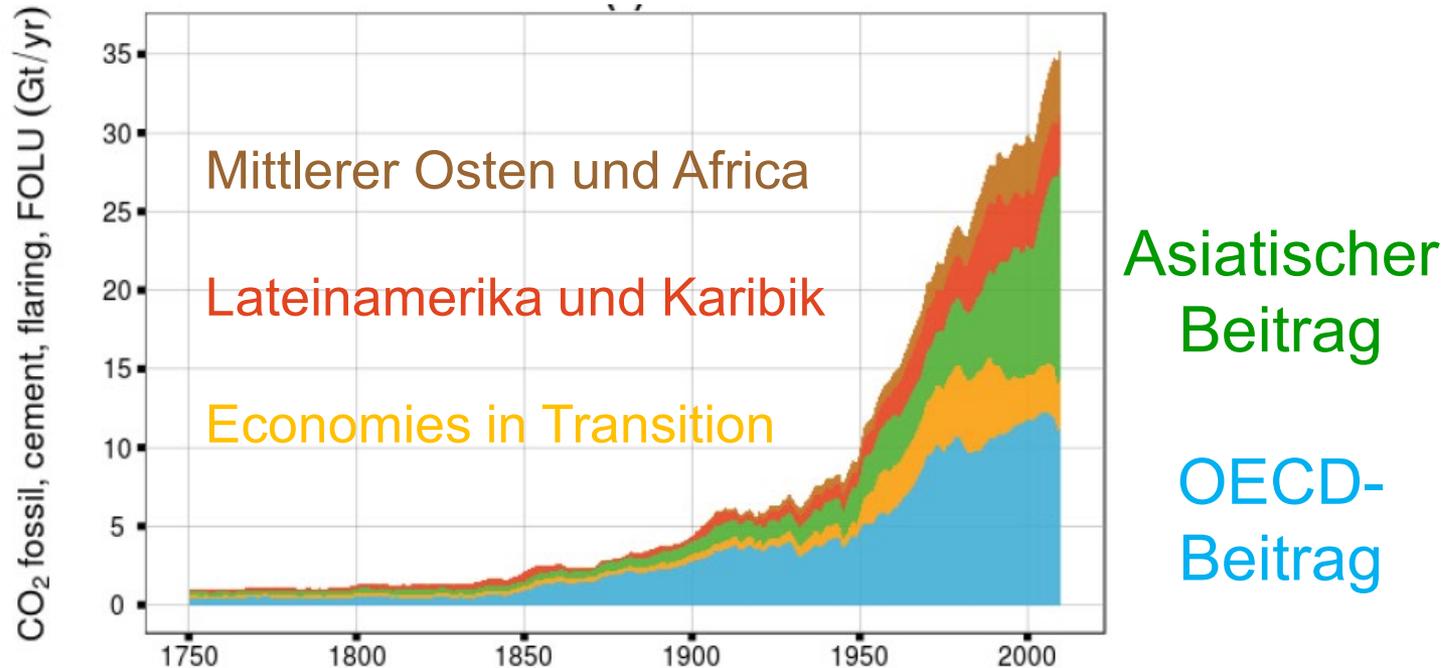


# Gliederung des 5. IPCC-Berichts



# Die globalen Treibhausgasemissionen steigen unvermindert

## Aufschlüsselung der industriellen CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Ländergruppen



IPCC AR5 WGIII, Abb. TS.2a

- Dies wird in den letzten Jahrzehnten vor allem durch asiatisches Emissions-Wachstum getrieben, während die Emissionen der OECD vergleichsweise stabil sind.

# Die Kausalkette der globalen Erwärmung

Größere & häufigere Impacts von globaler Erwärmung

Erhöhung der globalen Mitteltemperatur

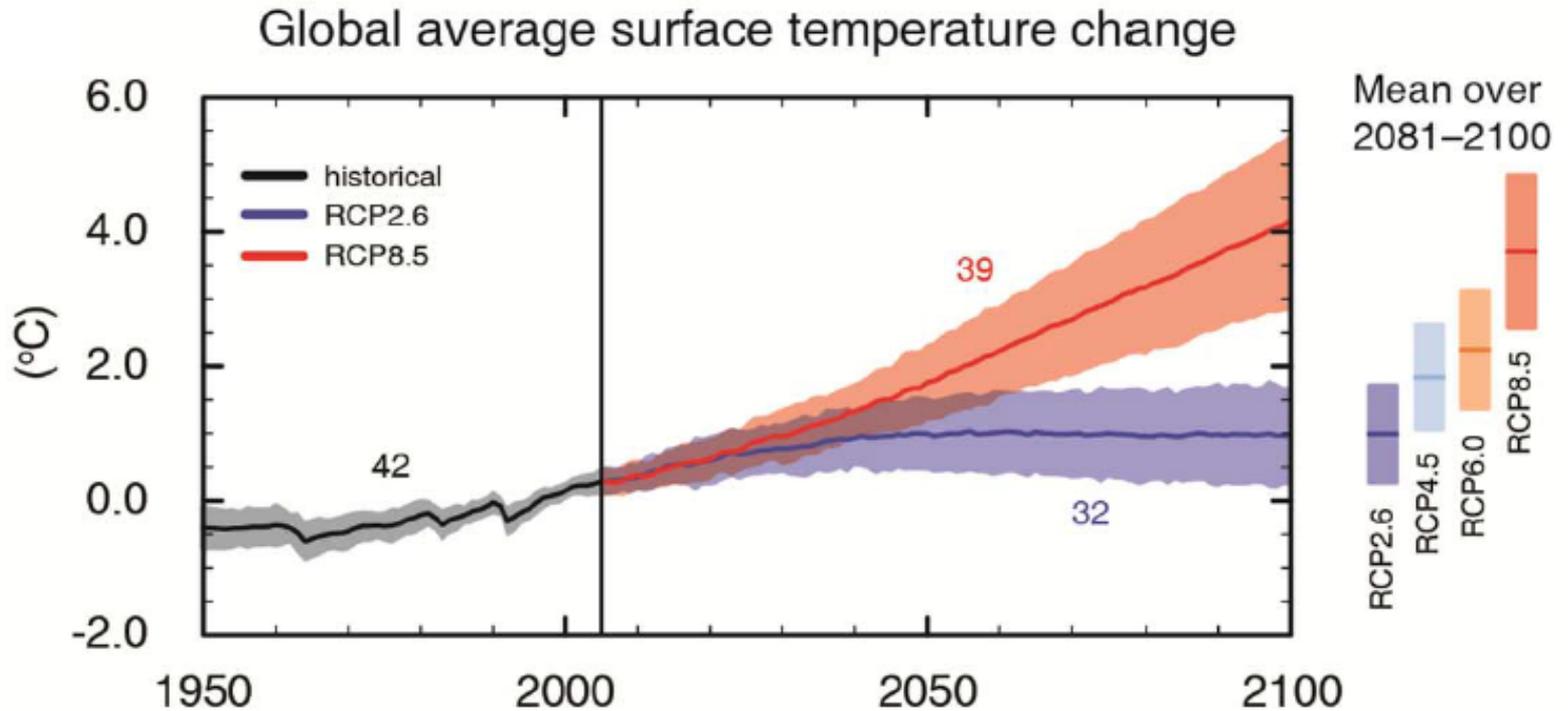
*Treibhaus-Effekt*

Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre

CO<sub>2</sub>-Emissionen



# Mögliche Zukünfte mit und ohne Klimapolitik



*IPCC AR5 WG-I SPM*

# Bereits gewusste Konsequenzen

## Illustration anhand Wetter-Extremereignissen



Überschwemmungen in England



Waldbrände in Südeuropa



Überschwemmungen in Südost-Asien



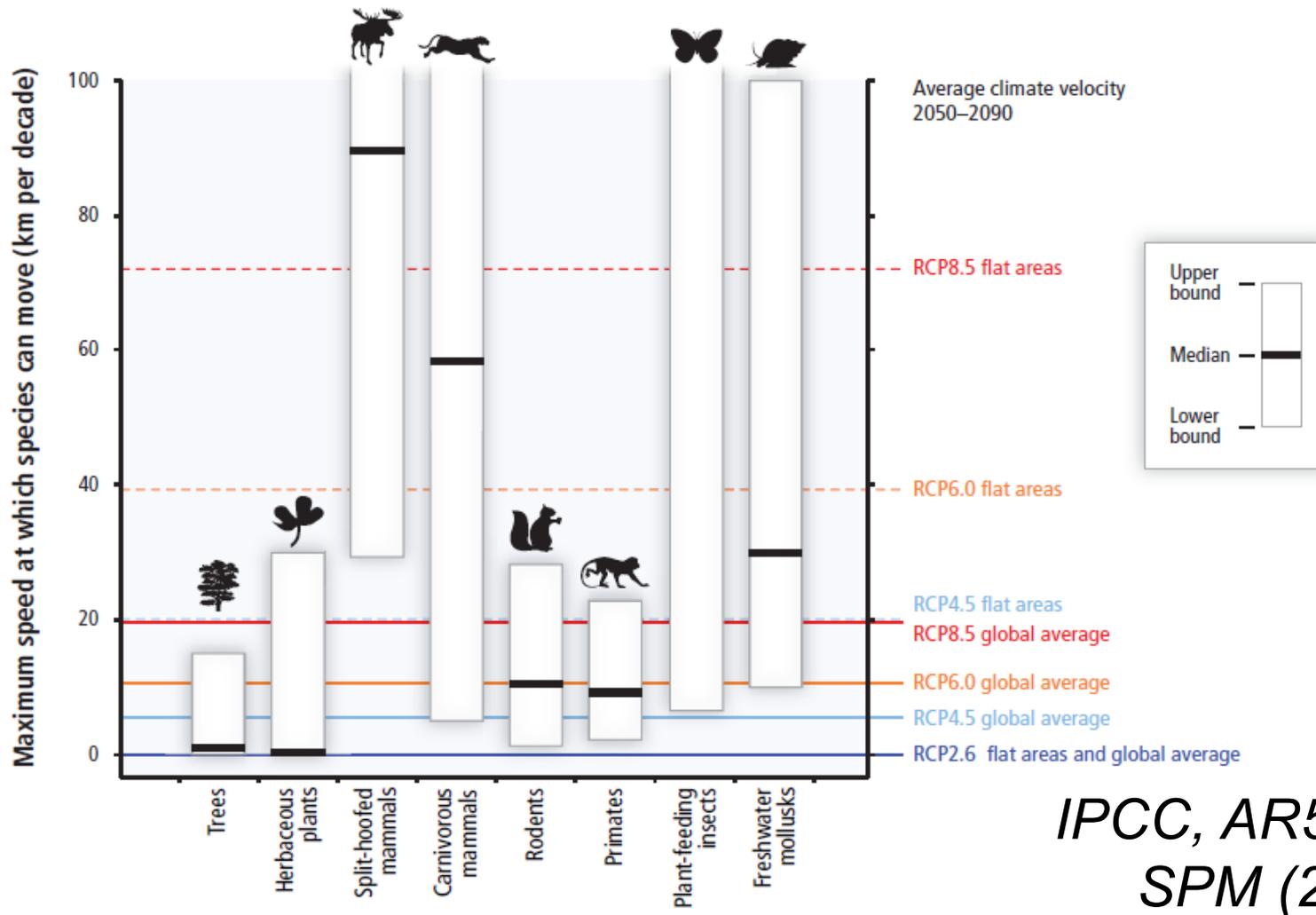
Orkan Kyrill



Taifun Sepan



# Verschiebung der Klimazonen: Welche Arten halten Schritt?



*IPCC, AR5, WGII, SPM (2014)*

**Figure SPM.5** | Maximum speeds at which species can move across landscapes (based on observations and models; vertical axis on left), compared with speeds at which temperatures are projected to move across landscapes (climate velocities for temperature; vertical axis on right). Human interventions, such as transport or habitat fragmentation, can greatly increase or decrease speeds of movement. White boxes with black bars indicate ranges and medians of maximum movement speeds for trees, plants, mammals, plant-feeding insects (median not estimated), and freshwater mollusks. For RCP2.6, 4.5, 6.0, and 8.5 for 2050–2090, horizontal lines show climate velocity for the global-land-area average and for large flat regions. Species with maximum speeds below each line are expected to be unable to track warming in the absence of human intervention. [Figure 4-5]

# Temperatur und Klimaschäden

Klima-ziel	Hinzutretende Klimaschäden
1,5°C	+3° der heißesten Tage
2°C	8% → 16% Pflanzenarten; Korallen; Selbstverstärkung?*
	Risikoeintritt Eisschilde +>100 Millionen Arme betr. (2050)
3°C	Abs. 10% BIP-Verlust**
4°C	Sicherer Verlust des grönländ. Eisschildes -> +7m

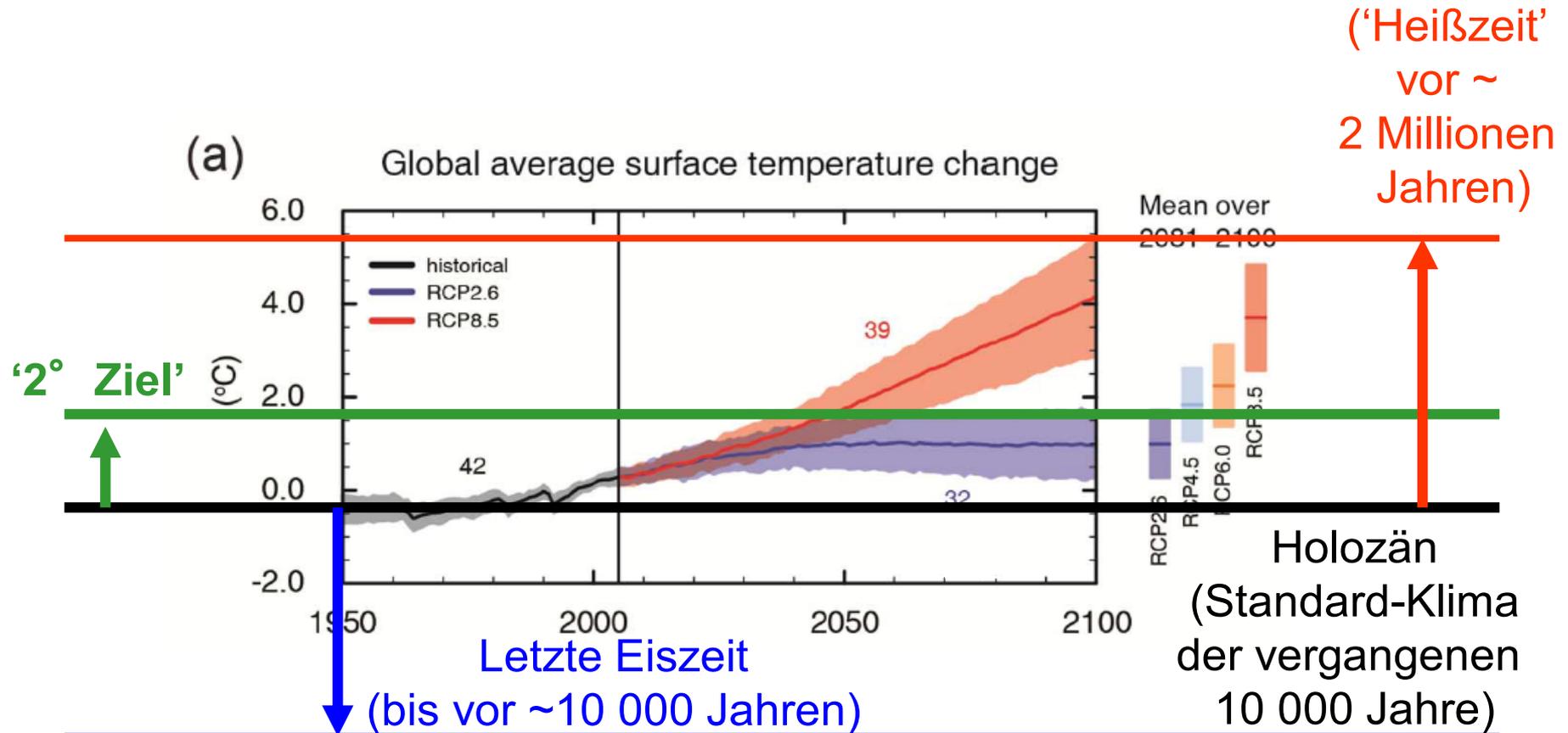
*IPCC AR5 WGII SPM & 1,5° (2018)*

*\*Steffen et al., 2018*

*\*\*Dietz et al., 2018*

# Eine mögliche Interpretation des Vorsorgeprinzips:

## Historische Temperaturänderungen auf geologischer Skala zu vermeiden



# Was Bedeutet das 2° – Ziel?

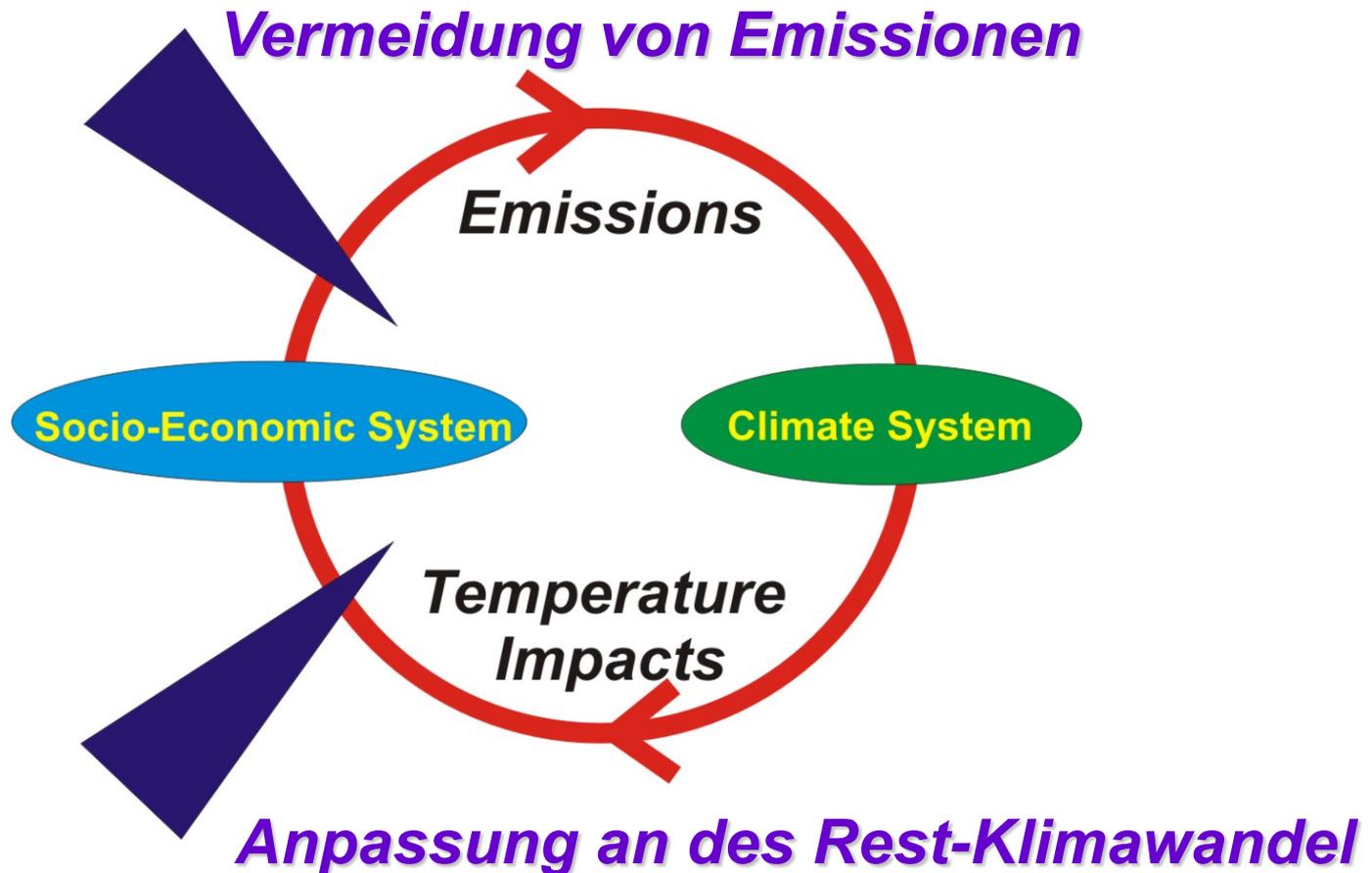
## I. Setzt das Vorsorgeprinzip um

- ‚Maßstab setzen angesichts der geologischen Vergangenheit‘

## II. Wissenschaftlich informiertes politisches Ziel

- i. Kein scharfer Übergang in der Natur
- ii. Analog zur Geschwindigkeitsbeschränkung im Straßenverkehr
- iii. Falls Ziel nicht einzuhalten ist, kein Argument, nun alles aufzugeben. Stattdessen sollte man ihm möglichst nahe kommen.

# Zwei Reaktionen auf das Klimaproblem



# Grenzen der Anpassung?

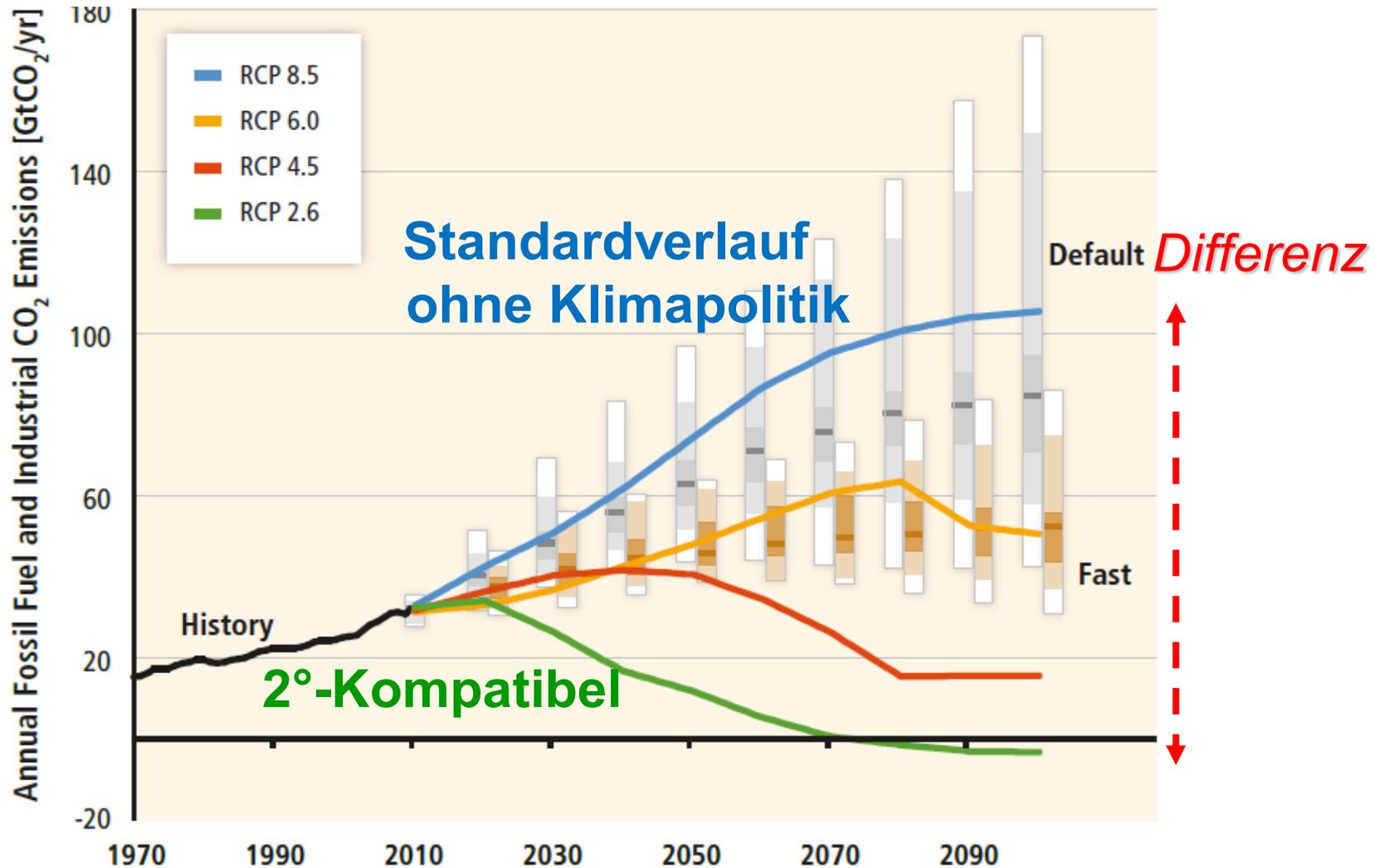


Das  
holländische  
Rind:

Auf den  
Klimawandel  
vorbereitet?

© Bill Hare

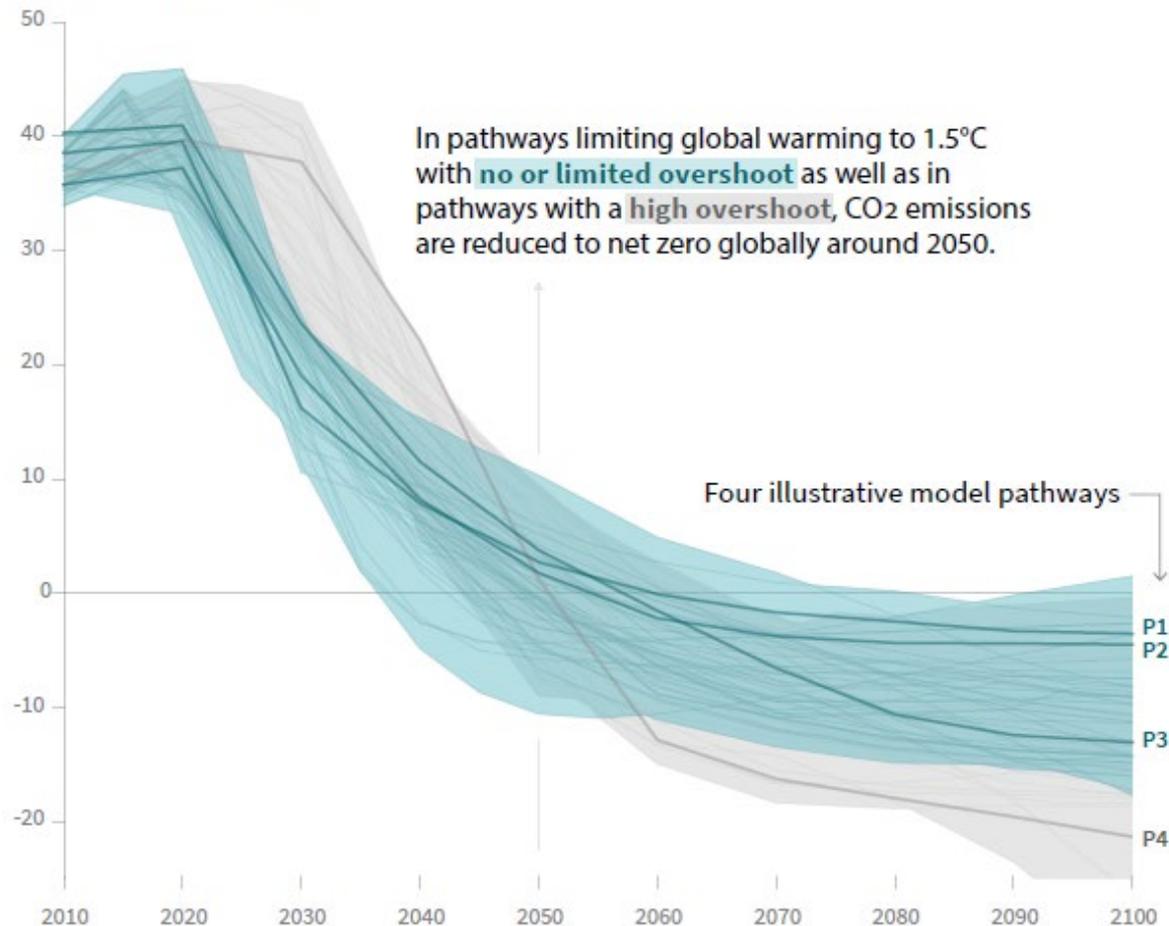
# CO<sub>2</sub>-Emissionen mit und ohne 2°C-Ziel



# 1,5°C-Emissions-Szenarien

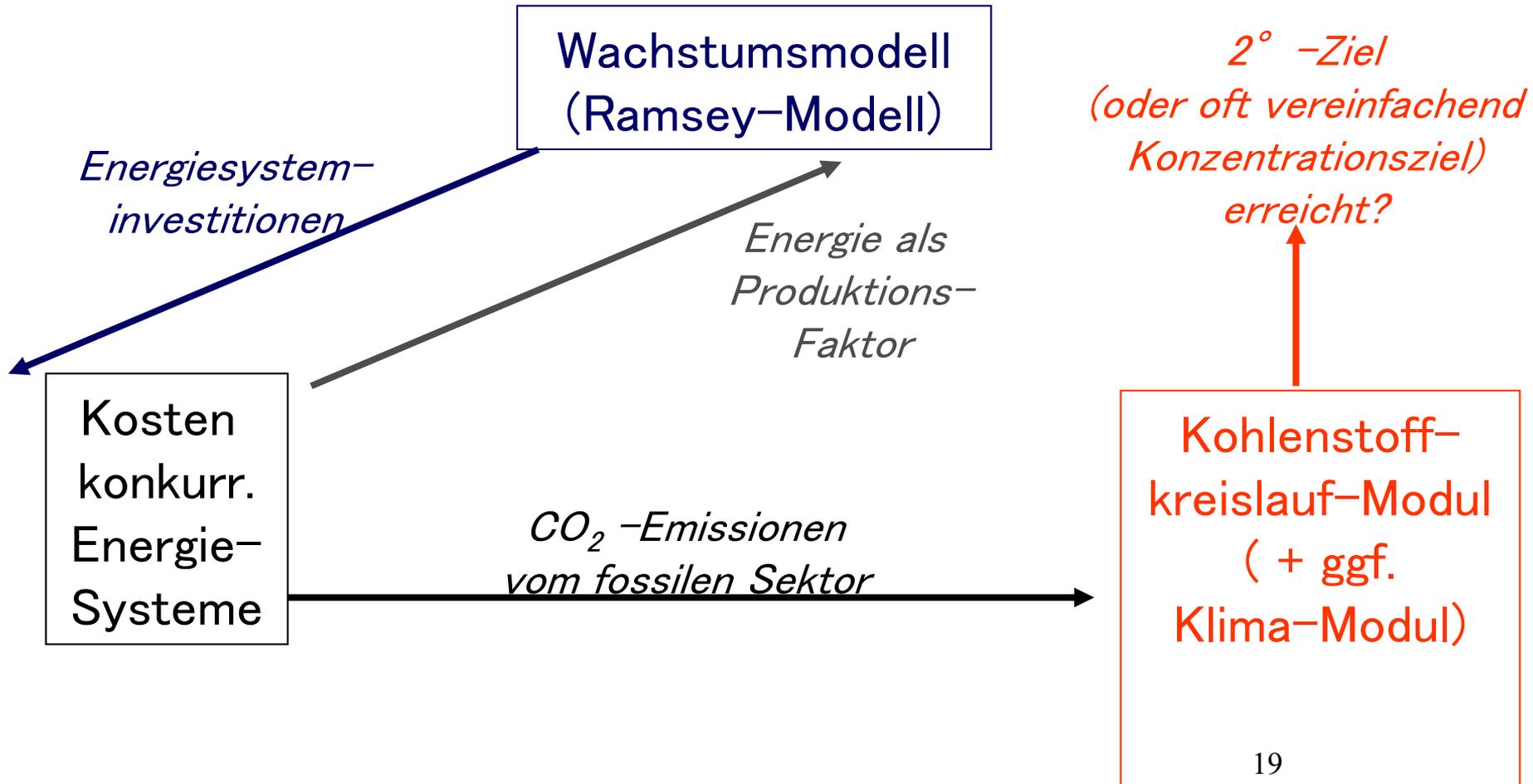
## Global total net CO<sub>2</sub> emissions

Billion tonnes of CO<sub>2</sub>/yr



*IPCC  
SR1.5  
2018*

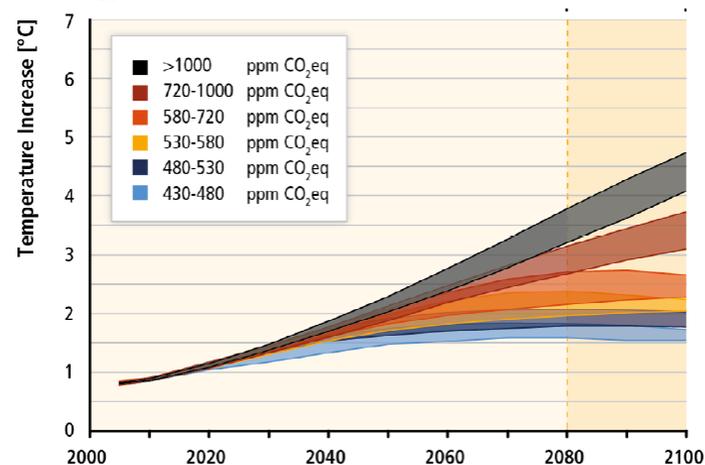
# Schema hinter der Mehrzahl der in IPCC-AR5-WGIII zusammengefassten Szenarien



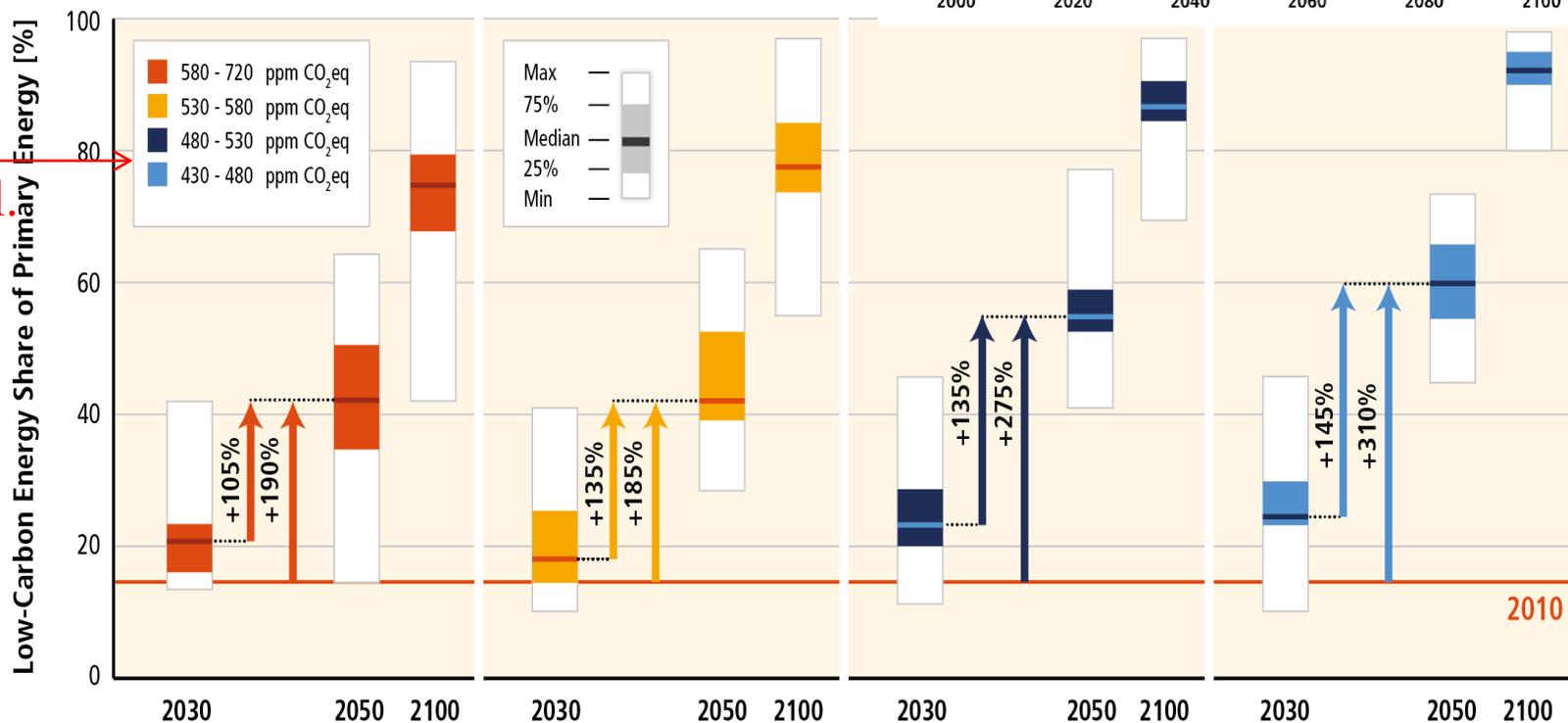
# Das 2°-Ziel kann erreicht werden, indem Niedrigemissionstechnologien ausgebaut werden.

Anteil am Primärenergieverbrauch:  
„Faktor 4“ 2010 → 2050

IPCC AR5 WGIII, Figure SPM.4.



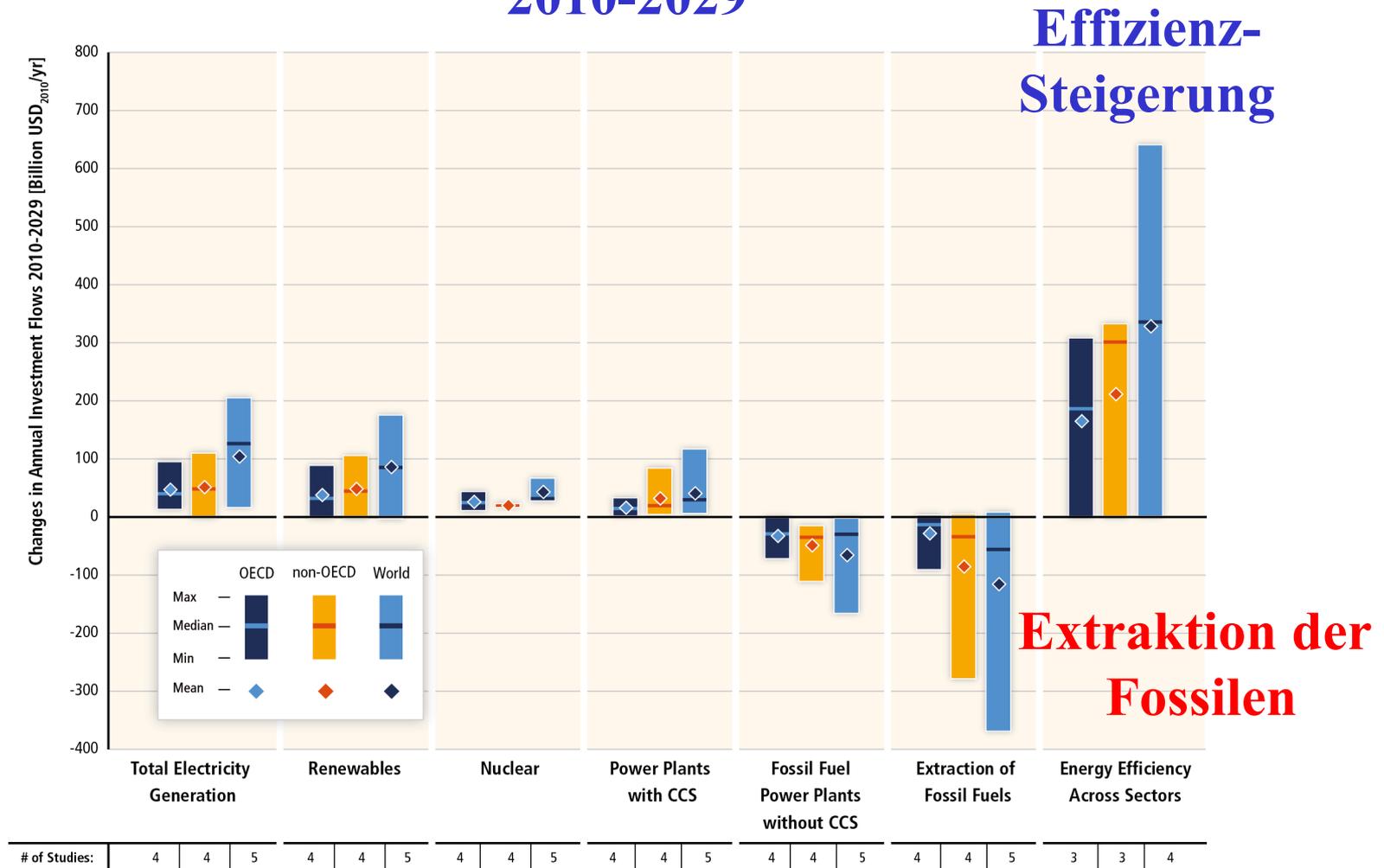
Associated Upscaling of Low-Carbon Energy Supply



2°-kompatibel.

# Substantielle Emissions-Reduktionen erfordern großskalige Änderungen der Investitionsströme im Energiesektor

## 2010-2029



stabilize concentrations within the range of approximately 430–530 ppm CO<sub>2</sub>eq by 2100

IPCC AR5 WGIII, Figure SPM.9.

# Was wäre der ökonomische Einsatz zur Verringerung von Klimarisiken? IPCC-AGIII (2014):

- Die ökonomische Bezugsgröße:  
Ein Szenario ohne Klimaschäden und ohne Klimapolitik („business as usual“-Szenario)
- Dieses ist durch ein globales Wachstum von **1,6 - 3 % / Jahr** charakterisiert.
- Klimaschutz-Szenarien, die sich am 2°-Ziel orientieren, stehen im Einklang mit fortgesetztem globalem Wirtschaftswachstum.
- Die Wachstumsrate würde sich um **0,06 %-Punkte / Jahr** verringern.
- Hierbei sind vermiedene Klimaschäden noch nicht eingepreist.
- „Versicherungsprämie gegen Klimaschäden“

- Man kann zeigen, dass die damit kompatiblen Szenarien im Median auf **1% Konsumverlust** für die Gegenwart hinausliefe.

- Diese Kosten werden von vielen Ökonomen als „gering“ eingestuft.
- Dadurch Auflösung des Kosten-Nutzen-Patts
  - Klimaschützer sehen ev. ihre Minimalforderung des 2°-Ziels berücksichtigt.
  - Kosten-Nutzen-orientierte Akteure können ev. mit der „Versicherungsgebühr“ leben.

# Temperatur und Klimaschäden

Klima-ziel	Hinzutretende Klimaschäden	Konsum-Verlust 2030
1,5°C	+3° der heißesten Tage	3.8%?*
2°C	8% → 16% Pflanzenarten; Korallen; Selbstverstärkung?*	1.7%
	Risikoeintritt Eisschilde +>100 Millionen Arme betr. (2050)	
3°C	Abs. 10% BIP-Verlust**	0.3%
4°C	Sicherer Verlust des grönländ. Eisschildes -> +7m	

*IPCC AR5 WGII SPM & 1,5° (2018)*

*\*Steffen et al., 2018*

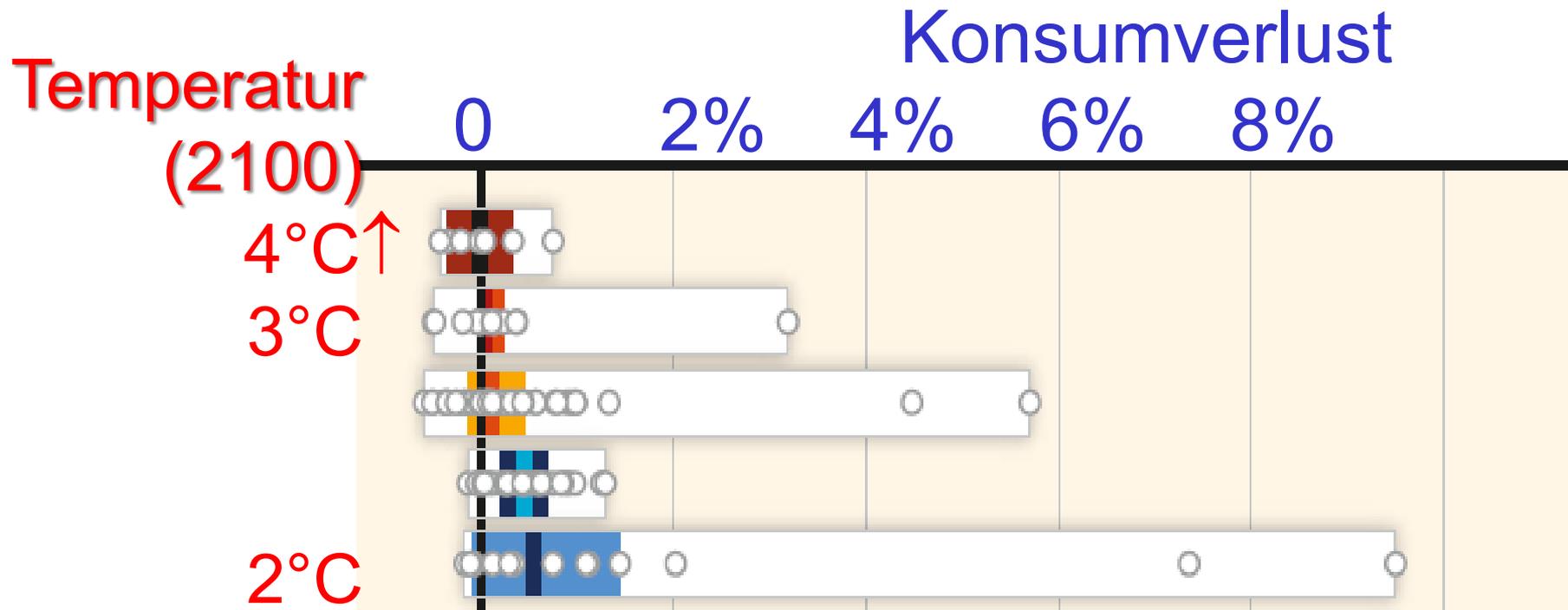
*\*\*Dietz et al., 2018*

*IPCC AR5 WGIII SPM*

*\*Extrapoliert aus*

*Rogelj et al., 2015*

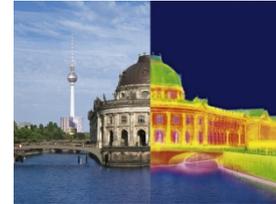
# Konsumverluste je Klimaziel im Jahre 2020



*(Kombiniert aus Abb. IPCC-AR5-WGIII-Ch6 6.13 & 6.21)*

# Hierbei sind folgende Technologien berücksichtigt

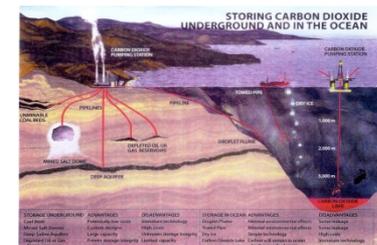
- Energieeffizienz



- Erneuerbare Energien



- Kohlendioxid-Verpressung (CCS)

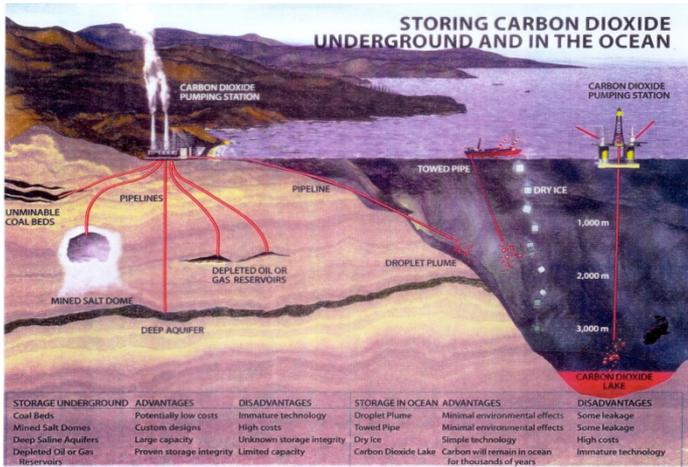


- Kernenergie (Kernspaltung)



# Wie wichtig sind einzelne Vermeidungstechnologien?

Wie stark würden die Aufwendungen für das 2°-Ziel steigen, wenn man eine bestimmte Technologie *nicht* einsetzte?



CCS

(CO<sub>2</sub>-Abscheidung & Verpressung)

+50% bis +250%

Kernenergie

+5% bis +15%

(Aus Abb TS.13 abgelesene & gerundete Zahlen)

Hypothese (HH):

*Damit Nachhaltigkeitspfade langfristig verfolgt werden können, müsste auch in „soziales Brückenskapital“ investiert werden.*



- Klimapolitik nützt der (über)nächsten Generation
- ...die Umsetzung betrifft bereits die heutige.





ABBILDUNG 1: Plakat der Bürgerinitiative „CO<sub>2</sub>ntraEndlager“ in Neutrebbin, Brandenburg, Juni 2010.



ABBILDUNG 2: Greenpeace unterstützte mit einer Protesttour im Juni 2010 den Widerstand der örtlichen Bürgerinitiative gegen das von Vattenfall geplante CO<sub>2</sub>-Endlager in Neutrebbin, Brandenburg.

# Verständigung zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Politik, Öffentlichkeit

- Klimapolitik nützt der (über)nächsten Generation
- ...die Umsetzung betrifft bereits die heutige.

(Schulz et al., 2010)



ABBILDUNG 1: Plakat der Bürgerinitiative „CO<sub>2</sub>ntraEndlager“ in Neutrebbin, Brandenburg, Juni 2010.



ABBILDUNG 2: Greenpeace unterstützte mit einer Protesttour im Juni 2010 den Widerstand der örtlichen Bürgerinitiative gegen das von Vattenfall geplante CO<sub>2</sub>-Endlager in Neutrebbin, Brandenburg.

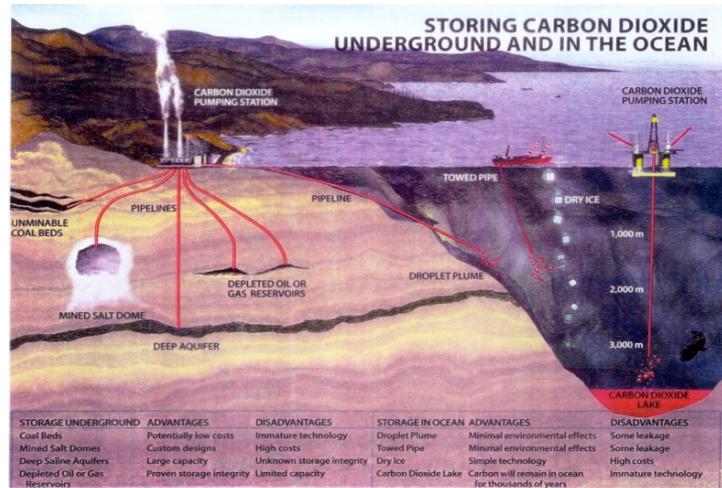
- Regionen über Auswirkungen von Klimapolitik-Optionen informieren.
- Regionale Präferenzen in Wohlfahrtsanalysen zurückspiegeln.
- *Energiewende - Modellregion Deutschland?*



# Wettbewerb



# Die Rolle der potentiell riskanten Technologie CCS



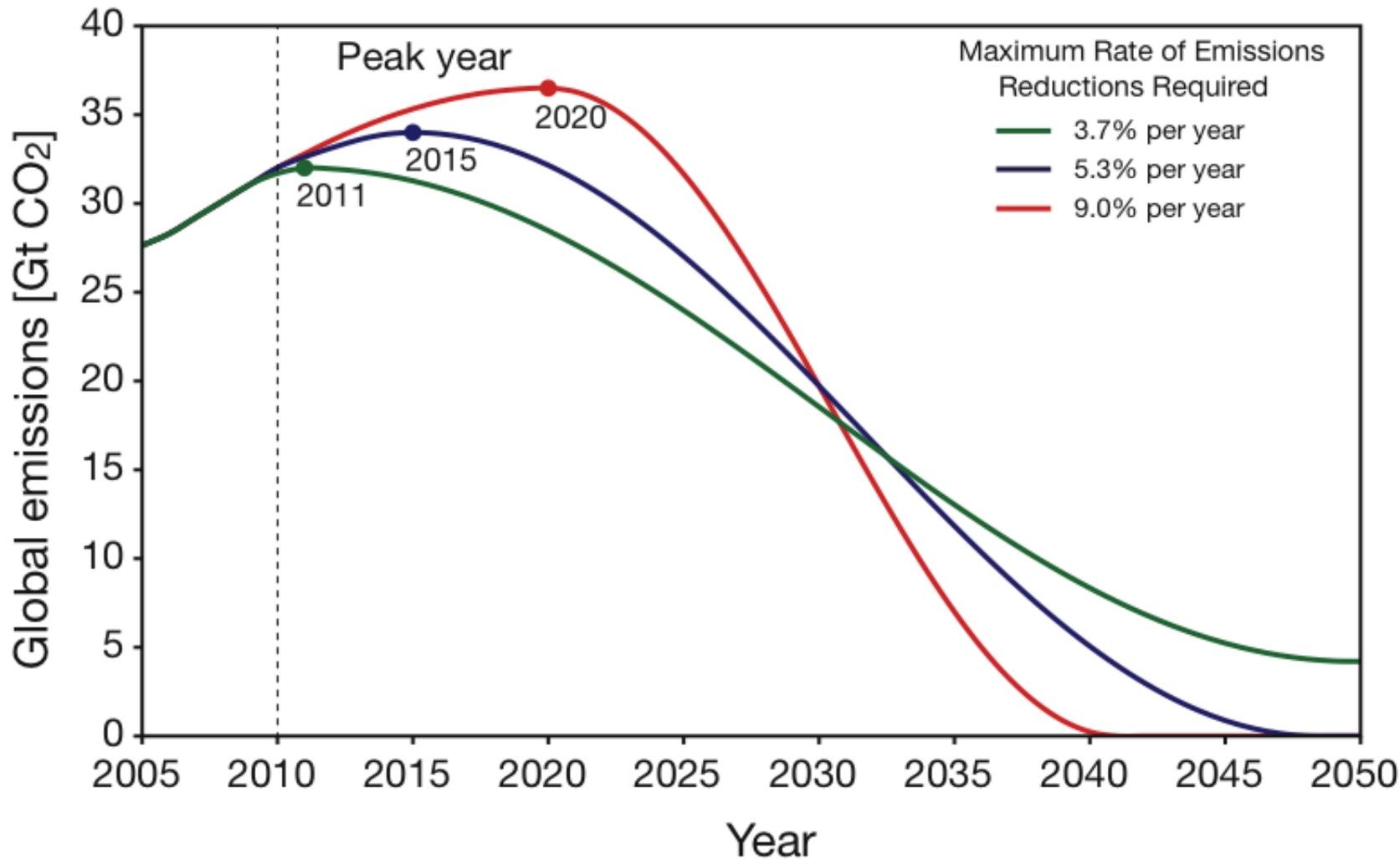
- CCS= Carbon Capture & Storage
- Einsatz im Mitigation-Portfolio senkt Kosten.
- Wird sogar notwendig, wenn negative Emissionen notwendig werden.

Erinnerung:  
Einfacher Zusammenhang  
Emission → Maximale Erwärmung ?

Der Budget-Ansatz:

- Im wesentlichen lässt sich die Emissions-Information auf die **zeitkumulierten Emissionen reduzieren**, um daraus die künftige **Maximaltemperatur** zu prognostizieren.
- Meinshausen et al., 2009: 2000-2049 dürfen **1000GtCO<sub>2</sub>** emittiert werden, um das 2°-Ziel zu erreichen.

## Emissionspfade mit einer 75%igen Chance, die globale Erwärmung auf 2°C zu begrenzen



Kopenhagen-Diagnose Abb.22

Dies bedeutet auch:

- Wenn wir zu viel emittieren, benötigen wir danach negative Emissionen, um das Temperaturziel noch einzuhalten.
- Negative Emissionen können durch
  - Entnahme von Kohlendioxid und Verpressen in geologischen Formationen („S“ von CCS) oder durch
  - Bioenergienutzung in Kombination mit CCS erzeugt werden.

# Klimapolitische Gesamtschau CCS

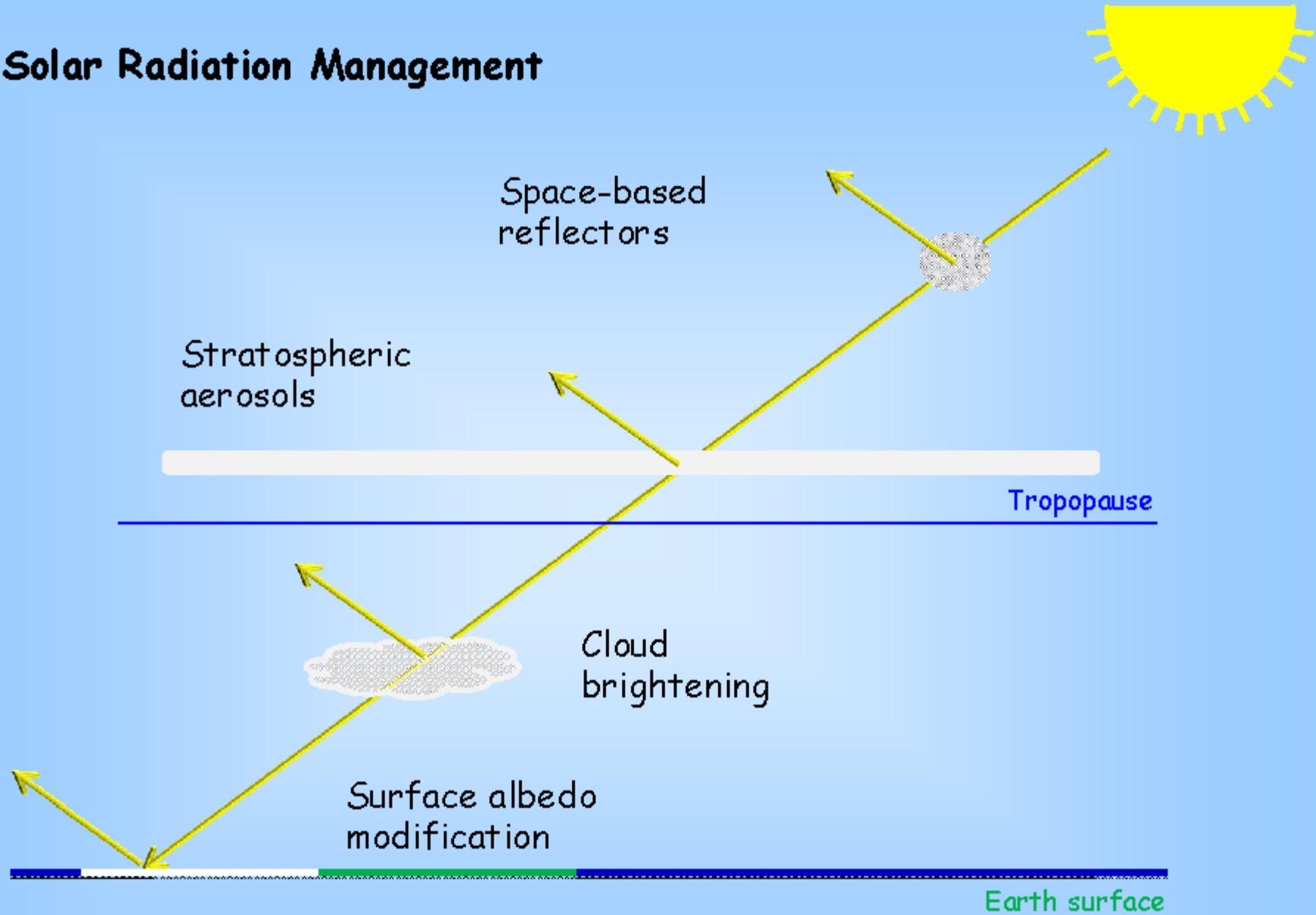
- Das 2°-Ziel wäre noch zu moderaten Kosten erreichbar.
- Hierbei stellt CCS eine Option dar, Klimaschutz volkswirtschaftlich angenehmer einzuführen.
- Ob dieses die Risiken von CCS aufwiegt, ist noch nicht integral diskutiert worden
- CC,S‘ könnte bei verzögerter Klimapolitik (negative Emissionen) oder Versagen der Erneuerbaren zwingend erforderlich werden.
- Regionale Gefährdungspotentiale könnten bei der Standortsuche stärker berücksichtigt werden, weil Abscheidung und nicht Transport der kostentreibende Faktor ist
  - ‚Standleitung zurück nach Russland?‘
- Instrumente zur Beweislastumkehr (‚Sichere Lagerung?‘; Held & Edenhofer, 2009) sind gesellschaftlich kaum diskutiert worden.
  - Hätten das Potential, Konsens zu schaffen.

## - Einschub -

Es gibt neben Anpassung und Vermeidung noch eine dritte Klasse von Klimapolitik-Maßnahmen:

- Direkte Manipulation des Strahlungshaushaltes

# Solar Radiation Management



# Solar Radiation Management

Von diesen vieren  
techno-ökon. am  
realistischsten

Stratospheric  
aerosols

Space-based  
reflectors

Cloud  
brightening

Surface albedo  
modification

Tropopause

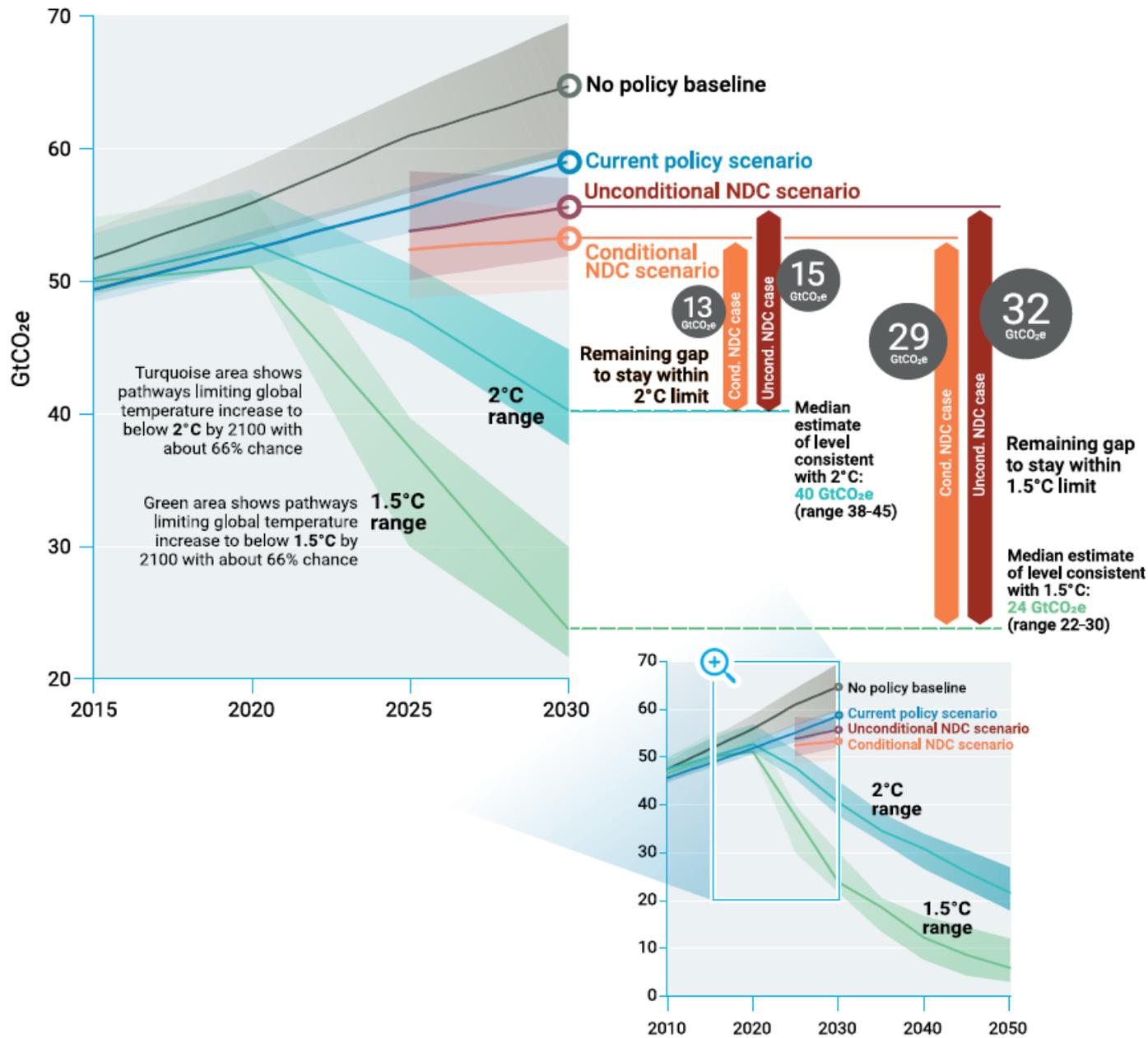
Earth surface

# Vor- und Nachteile dieser Technologie

- Kostengünstiger als CO<sub>2</sub>-Emissions-Vermeidung
- Jedoch ~20 mögliche Nebenwirkungen (A. Robock)
- Wir haben eine untersucht: Fehl-Allokation der Niederschlagsmuster.
  - Nach Einbeziehung nur einer von 20 Nebenwirkungen verringern sich die Kostenvorteile bereits um einen Faktor 2 (Roshan et al., 2019).
- Gegenwärtige Forschung: Was geschieht, wenn man weitere Risiken in die Analyse einbezieht?
- Zu früh, um in die Politik-Planungen einbezogen zu werden.

# Dilemmata internationaler Klimapolitik

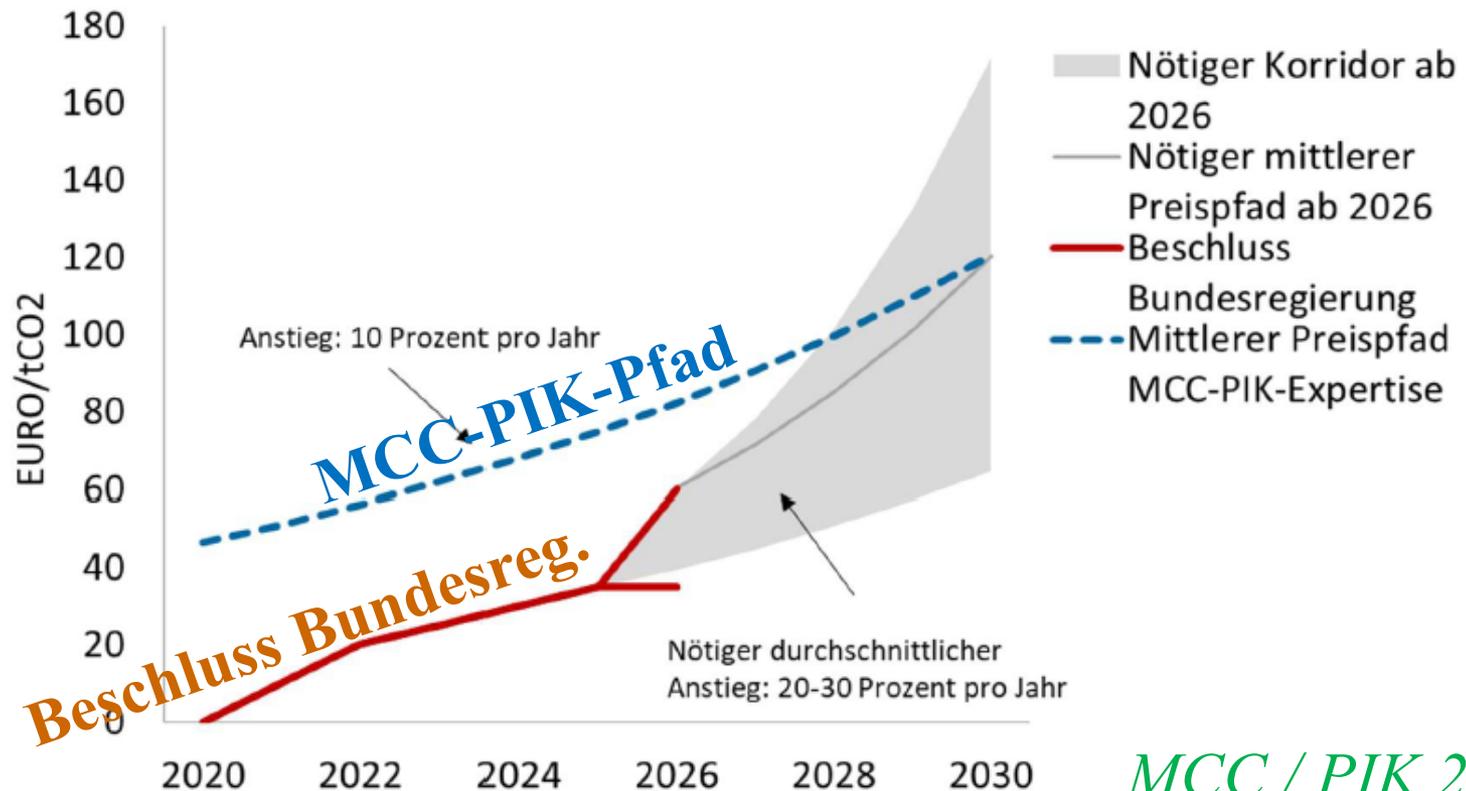
- In 2010 (Cancún): 2°-Ziel proklamiert
- Eingegangene Reduktions-Verpflichtungen (COP\* 2015 in Paris) entsprechen jedoch eher einem (UNEP, 2018)
  - 3,0°C (inkl. konditionierte Verpflichtungen) oder
  - 3,2°C-Ziel (nur unkonditionierte Verpflichtungen).
- \* *COP= Conference of the Parties*



UNEP Emissions Gap Report (2018)

# – Einschub –

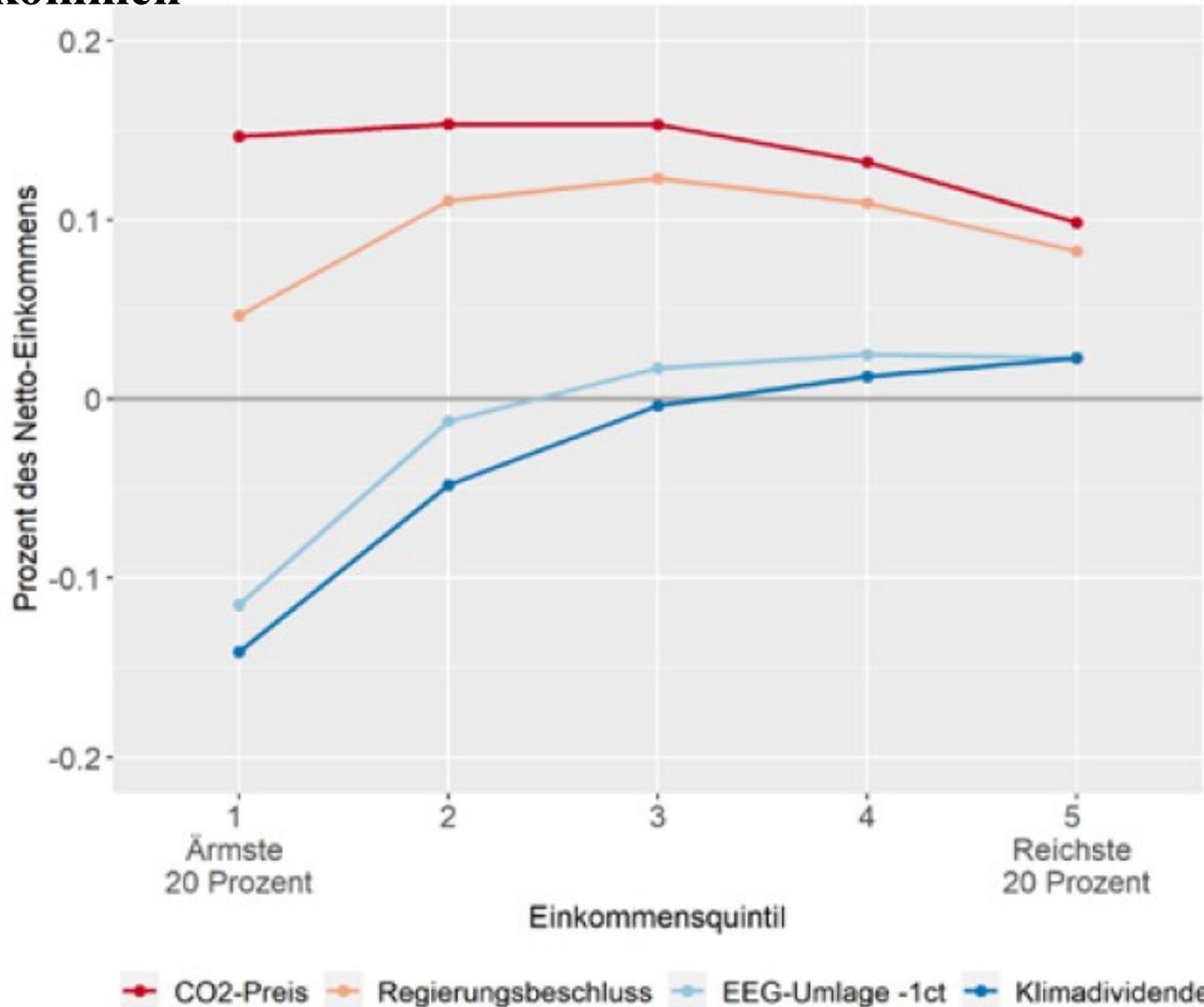
## Das Klimapakete der Bundesregierung vom 9. Oktober 2019



*MCC / PIK 2019*

# Verteilungswirkungen 2021 (10€ / t CO<sub>2</sub>)

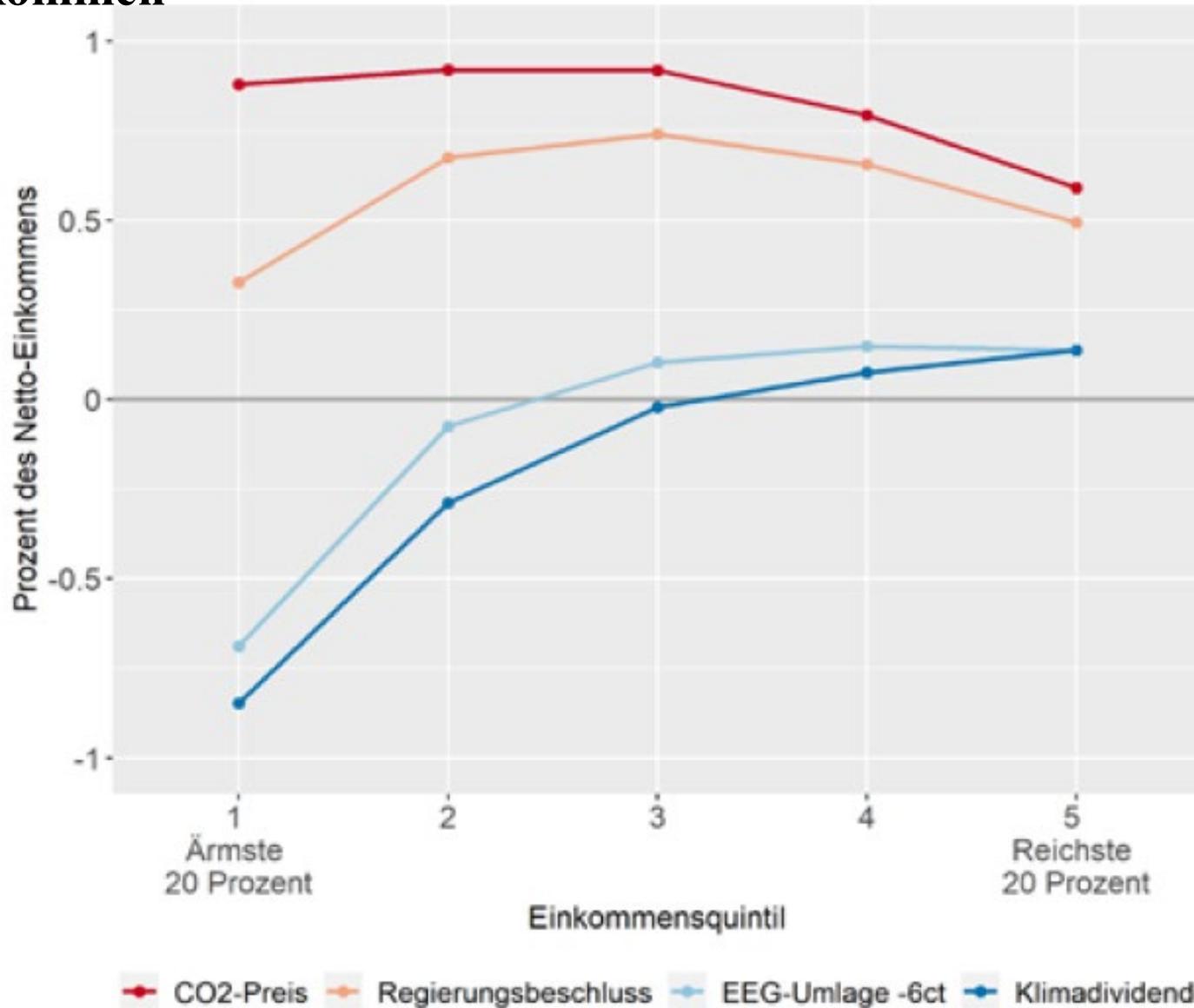
% Netto-  
Einkommen



*MCC /  
PIK 2019*

# Verteilungswirkungen 2026 (max mögl.: 60€ / t CO<sub>2</sub>)

% Netto-  
Einkommen



*MCC /  
PIK 2019*

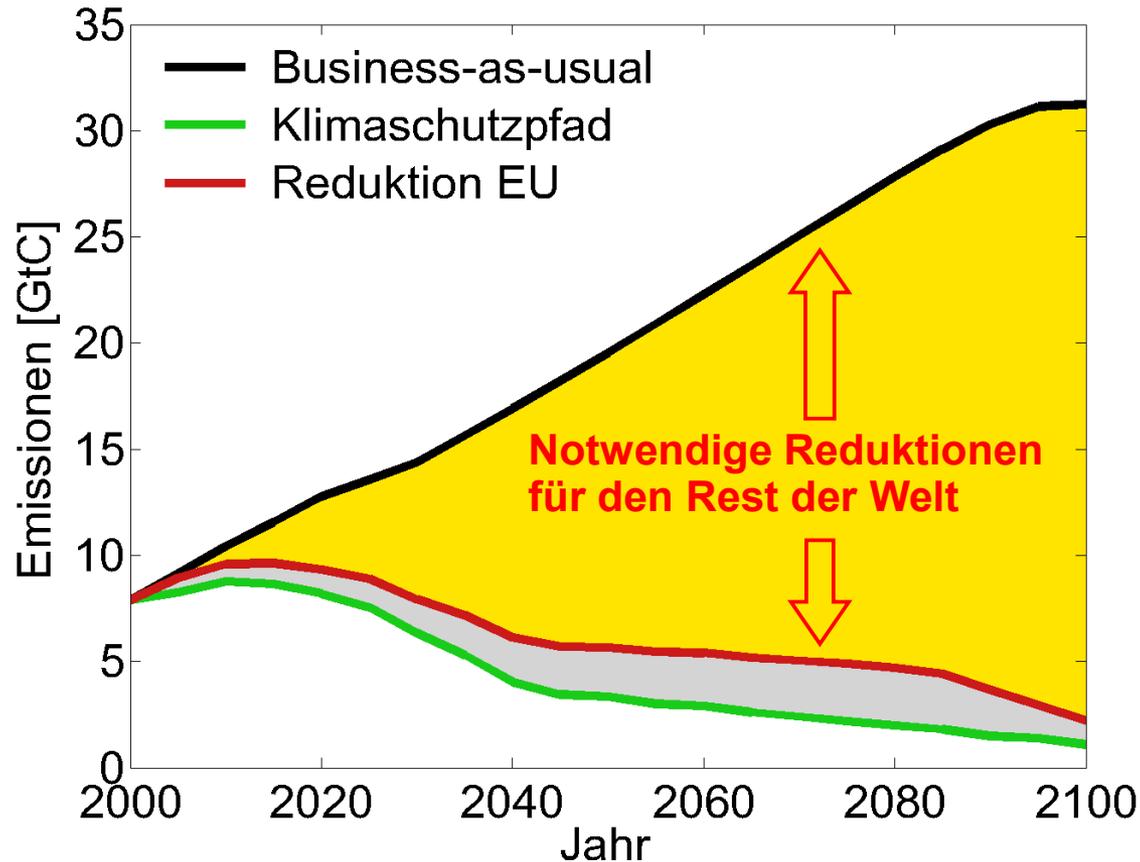
# Gründe für Diskrepanz zwischen Temperatur-Ziel und zugesagten Emissions-Minderungen auf globaler Ebene?

- Eine persönliche Hypothesen-Liste...:

Bremsender Effekt	Lösung	Wer kann aktiv werden?
Trittbrett-Fahrer-Problem	Globale Beobachtung; Koalitionsbildung / Grenzabgaben	Zivilgesellschaft, Regierungen, Wiss.
Lobbydruck der Besitzer fossiler Ressourcen	Aufklärung & Lobby- gegendruck	Zivilgesellschaft, Regierungen- >Klimabildung, Wiss.
Unklare Lastenverteilung	Diskussion alternativer Lastenmodelle, Transparenz	Gesamtgesellschaft, Wissenschaft
Wissenschaftliche Infragestellung der Sinnhaftigkeit von Klimazielen	Wissenschaftliche Aufnahme des Diskurses; Transparenz und wiss. Weiterentwicklung Starker Nachhaltigkeit	Wissenschaft, Diskurs mit Gesellschaft darüber, was uns wichtig ist
Nebenwirkungen von Klimaschutzmaßnahmen	Wiss. Ausarbeitung von Alternativ-Szenarien	Bürgerdialoge & Wiss.

# Emissions-Vermeidung:

Der europäische Beitrag ist bescheiden, aber...

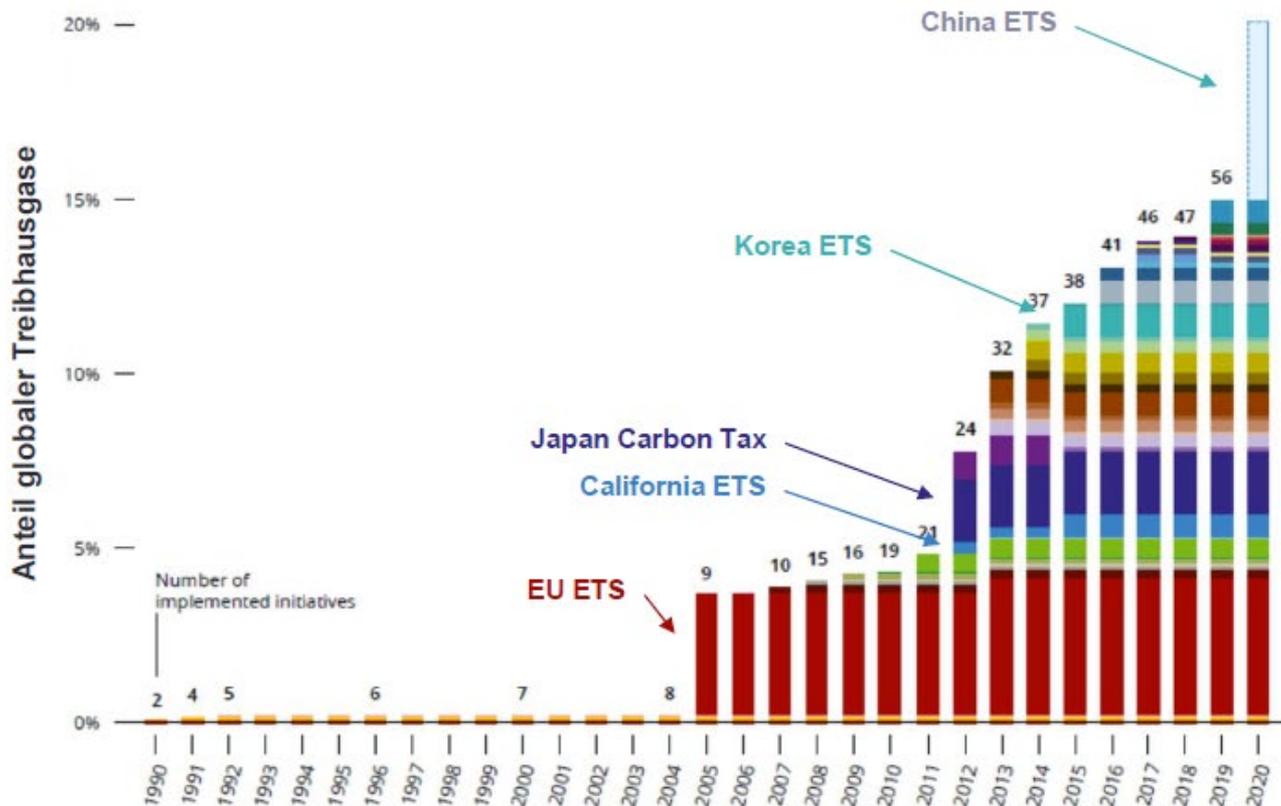


Lüken et al.

# 'Plan B':

## Verknüpfung Regionaler CO<sub>2</sub>-Handelssysteme

Die Zahl der CO<sub>2</sub>-Zertifikate- und Besteuerungssysteme nimmt zu:



Über 50 Länder und Regionen mit CO<sub>2</sub>-Preisen – aber mit unterschiedlichem Ambitionsniveau

Quelle: World Bank 2019

Bremsender Effekt	Lösung	Wer kann aktiv werden?
Trittbrett-Fahrer-Problem	Globale Beobachtung; Koalitionsbildung / Grenzabgaben	Zivilgesellschaft, Regierungen, Wiss.
Lobbydruck der Besitzer fossiler Ressourcen	Aufklärung & Lobby- gegendruck	Zivilgesellschaft, Regierungen- >Klimabildung, Wiss.
Unklare Lastenverteilung	Diskussion alternativer Lastenmodelle, Transparenz	Gesamtgesellschaft, Wissenschaft
Wissenschaftliche Infragestellung der Sinnhaftigkeit von Klimazielen	Wissenschaftliche Aufnahme des Diskurses; Transparenz und wiss. Weiterentwicklung Starker Nachhaltigkeit	Wissenschaft, Diskurs mit Gesellschaft darüber, was uns wichtig ist
Nebenwirkungen von Klimaschutzmaßnahmen	Wiss. Ausarbeitung von Alternativ-Szenarien	Bürgerdialoge & Wiss.

Bremsender Effekt (II)	Lösung	Wer kann aktiv werden?
Resignation	Klimaschäden im Verbund mit Lösungen kommunizieren, Partizipation	Bildungssektor, Wiss., Politik
Unsicherheit über Folgen unserer Entscheidungen	Entscheidung unter Unsicherheit offensiv als normative Frage kommunizieren; angepasstere Entscheidungsregeln	Wissenschaft & Regierungen
Welches Klimaziel ist angemessen?	Transparenz über Vor- und Nachteile	Wissenschaft, Bildungssektor
Entkopplung von Ursache und Wirkung entlang Raum und Zeit	Empathie und Vernunft über Generationen- und Nationengrenzen hinweg	Zivilgesellschaft, langfristig orientierte wirtschaftliche Akteure

# Ein weiterer Stolperstein:

- Bei instantan gleichen Pro-Kopf-Emissions-Rechten hätte danach die EU ihr Budget bereits in ca. **10 Jahren** aufgezehrt.

- Legt Emissions-Handelssysteme mit Entwicklungsländern nahe.
- Die EU könnte sich Zertifikate so Zeit hinzukaufen.
- Diejenigen Entwicklungsländer, die ihre Zertifikate nicht vollständig benötigen, könnten sie verkaufen und so Wirtschaftsförderung in ungekanntem Ausmaß erlangen.

# Zusammenfassung

- Das 2° – Ziel kann als Anwendung des Vorsorgeprinzips beim Klimaproblem verstanden werden.
- Bei optimalem Management wären die Kosten „überschaubar“ (Verringerung der Wachstumsrate um 0,06%-Punkte; entsprechend derzeit 1% Konsumverlust).
- Eine Beweislastumkehr bei der Kohlendioxid-Sequestrierung könnte helfen, großskaligen Einsatz von CCS risikoarm zu halten.
- Internationale Klimapolitik hat sich mit zahlreichen Mechanismen auseinanderzusetzen, die eine globale Klimapolitik behindern. Sind diese Mechanismen verstanden, können sie jedoch durch Politik-Instrumente adressiert werden.