15 Jahre Geothermie und 2. Kongress zur
kommunalen Daseinsvorsorge,
Pullach, 21 November 2019

Der Ausstieg aus den fossilen Energieträgern: Warum, wie und Wann!

Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Joachim Schellnhuber

Direktor Emeritus, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK);
Mitglied, Päpstliche Akademie der Wissenschaften;
Mitglied, Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen (WBGU)

P I K

Fridays for Future

Extinction Rebellion

Keine Panik ?

Quelle: Berliner Zeitung; Logodesignlove 2019

Extremes Wetter als neue Normalität

Neuer deutscher Rekordwert:

42,6 °C

Station Lingen im Emsland

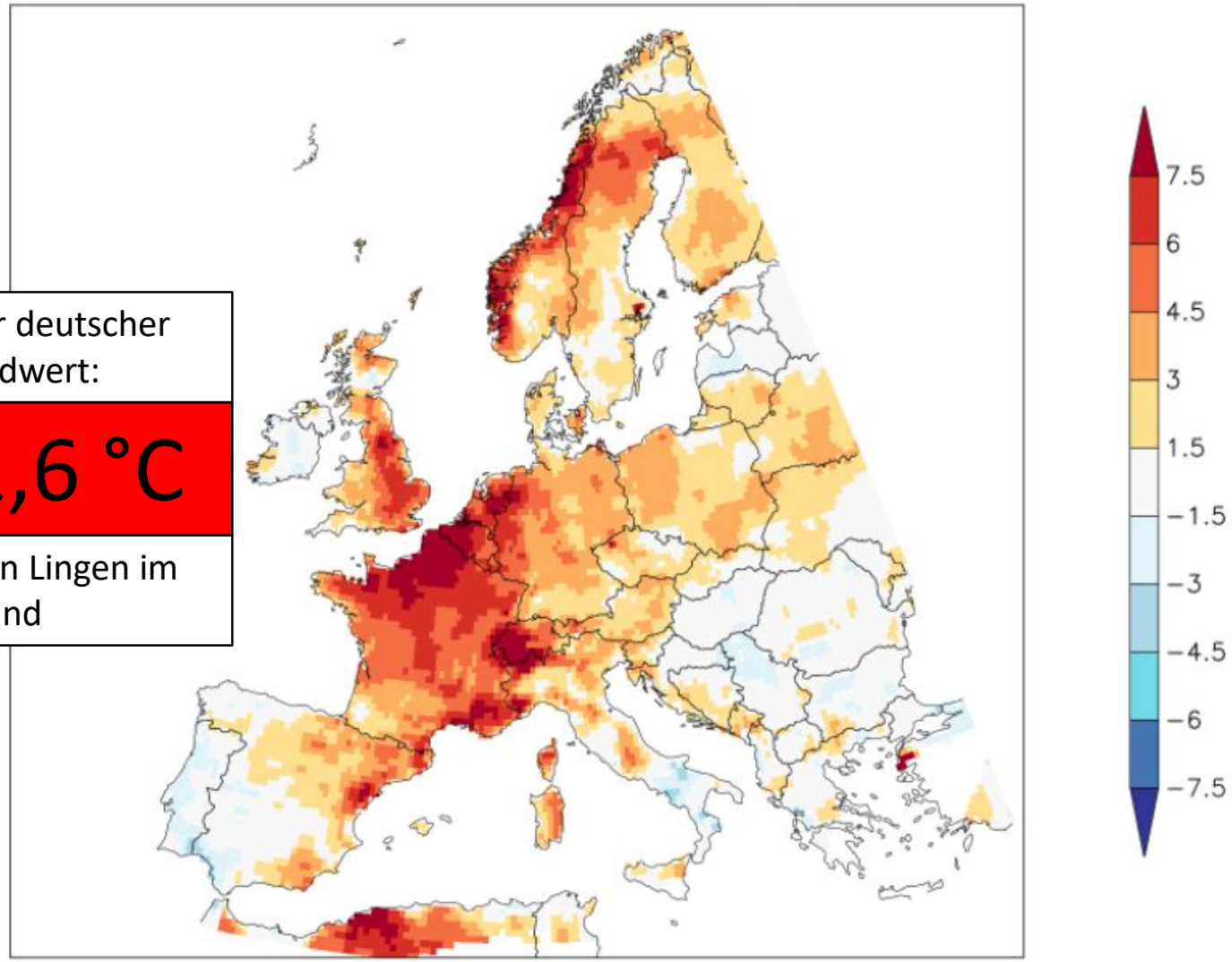
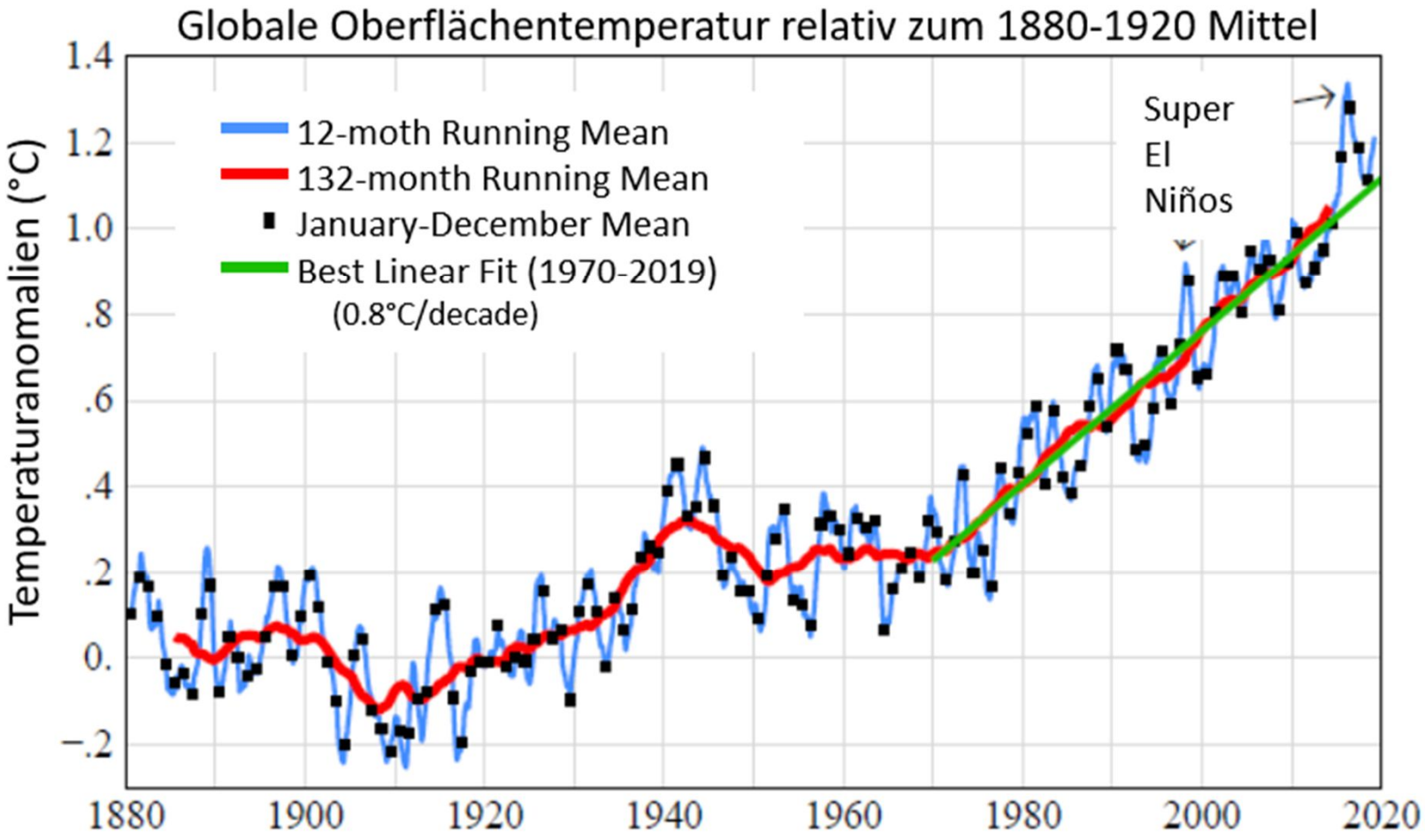


Abb. 3: *Differenz zwischen den bisherigen Maximumtemperaturen im Sommer 2019 und dem mittleren heißesten Tag im Zeitraum 1981-2010 für Europa. Quelle: KNMI/E-OBS.*

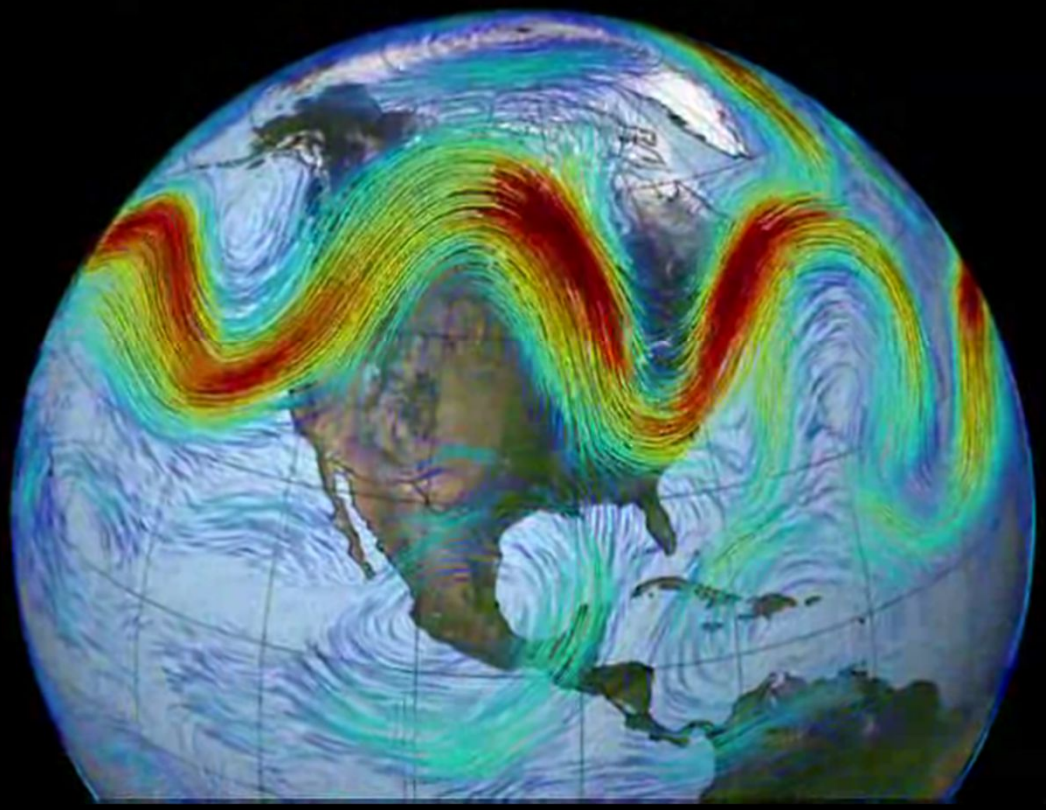
Quelle: Deutscher Wetterdienst 2019

Globale Durchschnittstemperatur 1850-2018



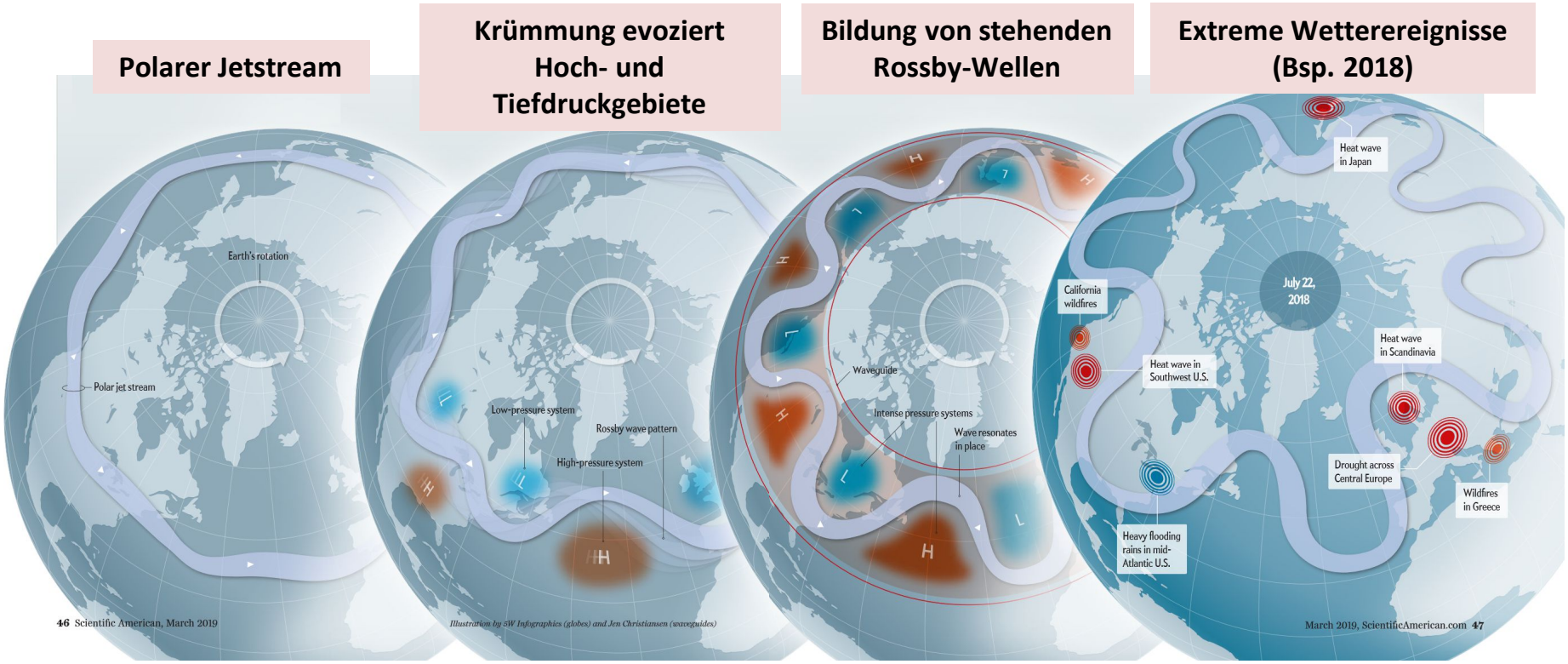
http://www.columbia.edu/~mhs119/Temperature/

Das Schlängeln des Jetstreams



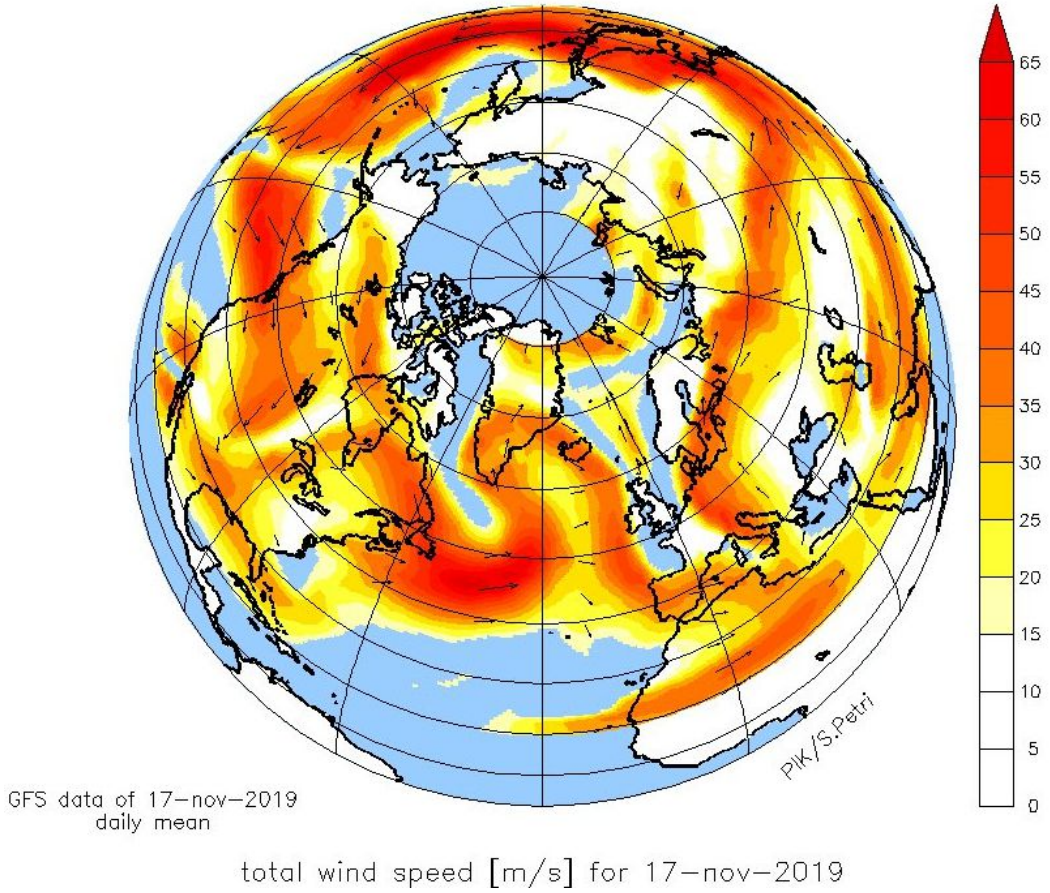
Animation NASA Goddard Space Flight Center

Petoukhov-Effekt:
Wetterextreme durch stehende Rossby-Wellen

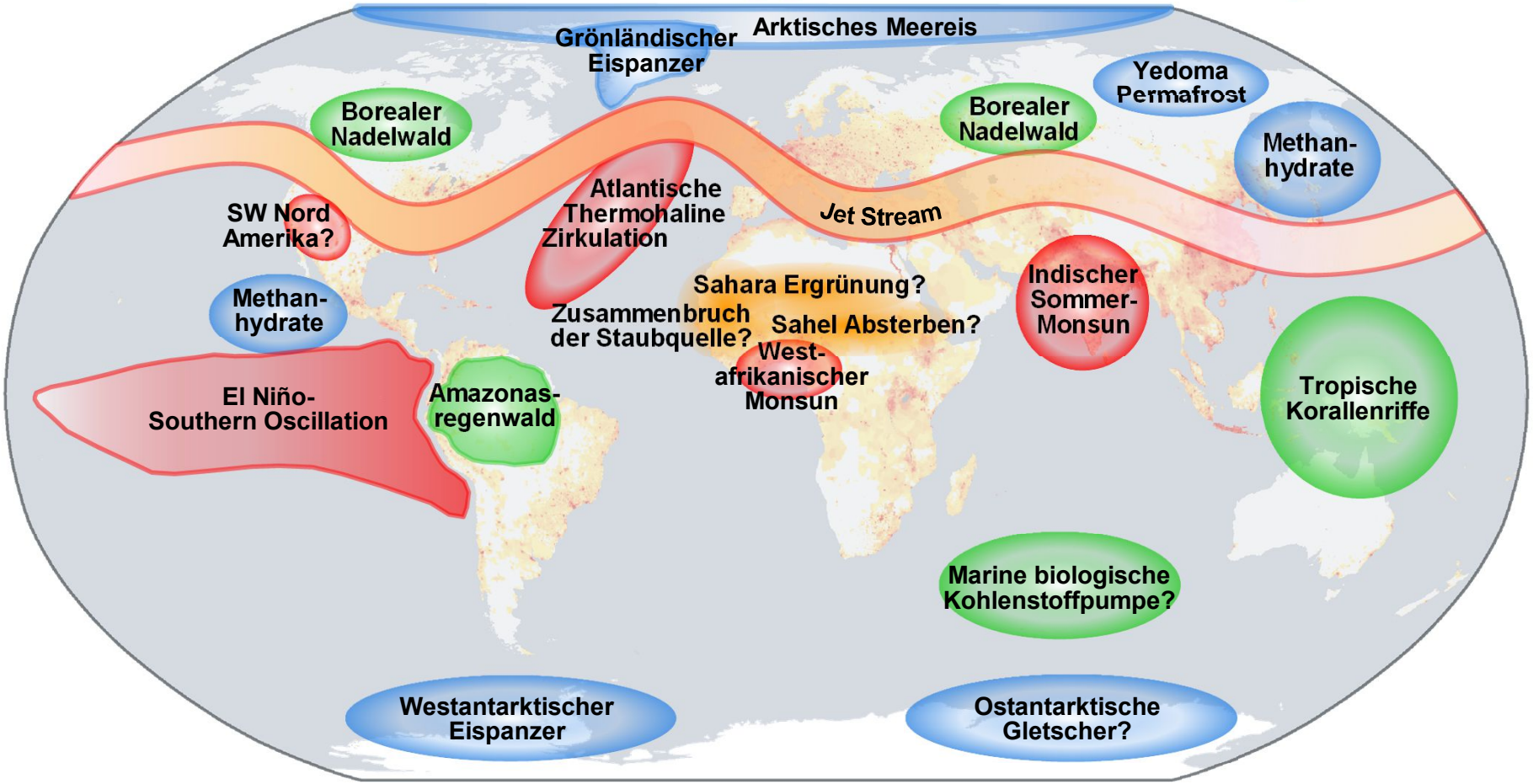


Petoukhov et al., PNAS, 2013; Graphik: Mann, M., Scientific American, 2019

Aktuelle Rossby-Wellen

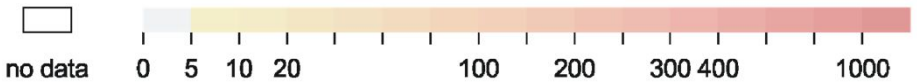


Risiken am Horizont: Kippelemente im Erdsystem



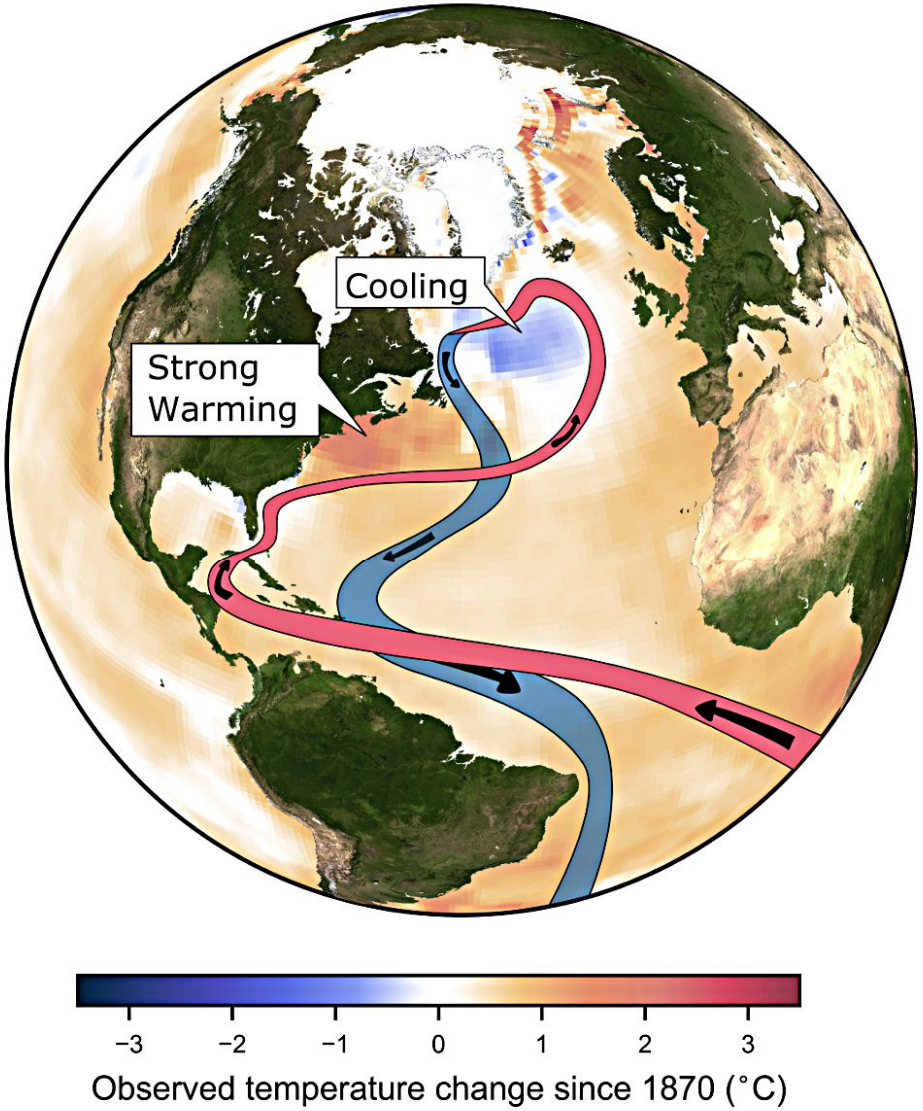
- Elemente der Kryosphäre
- Zirkulationsmuster
- Elemente der Biosphäre

Bevölkerungsdichte [Personen pro km²]



PIK, nach Lenton et al. 2008

Stärkere Belege für Abschwächung des Golfstromsystems

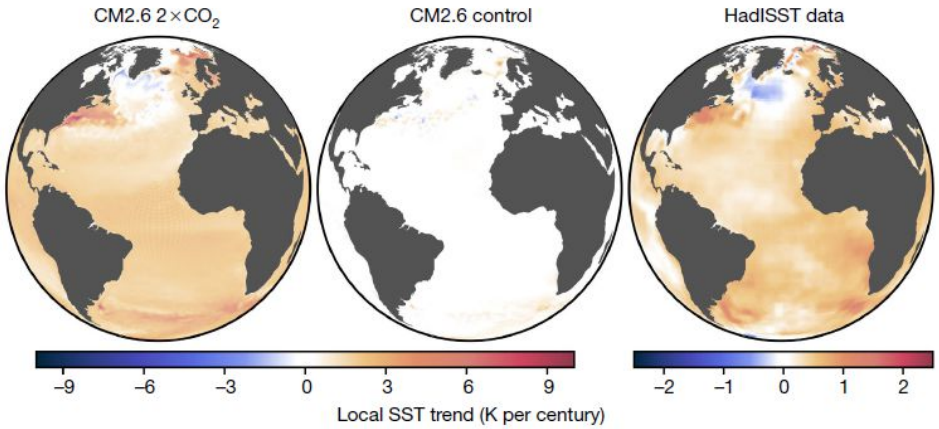


https://doi.org/10.1038/s41586-018-0006-5

Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation

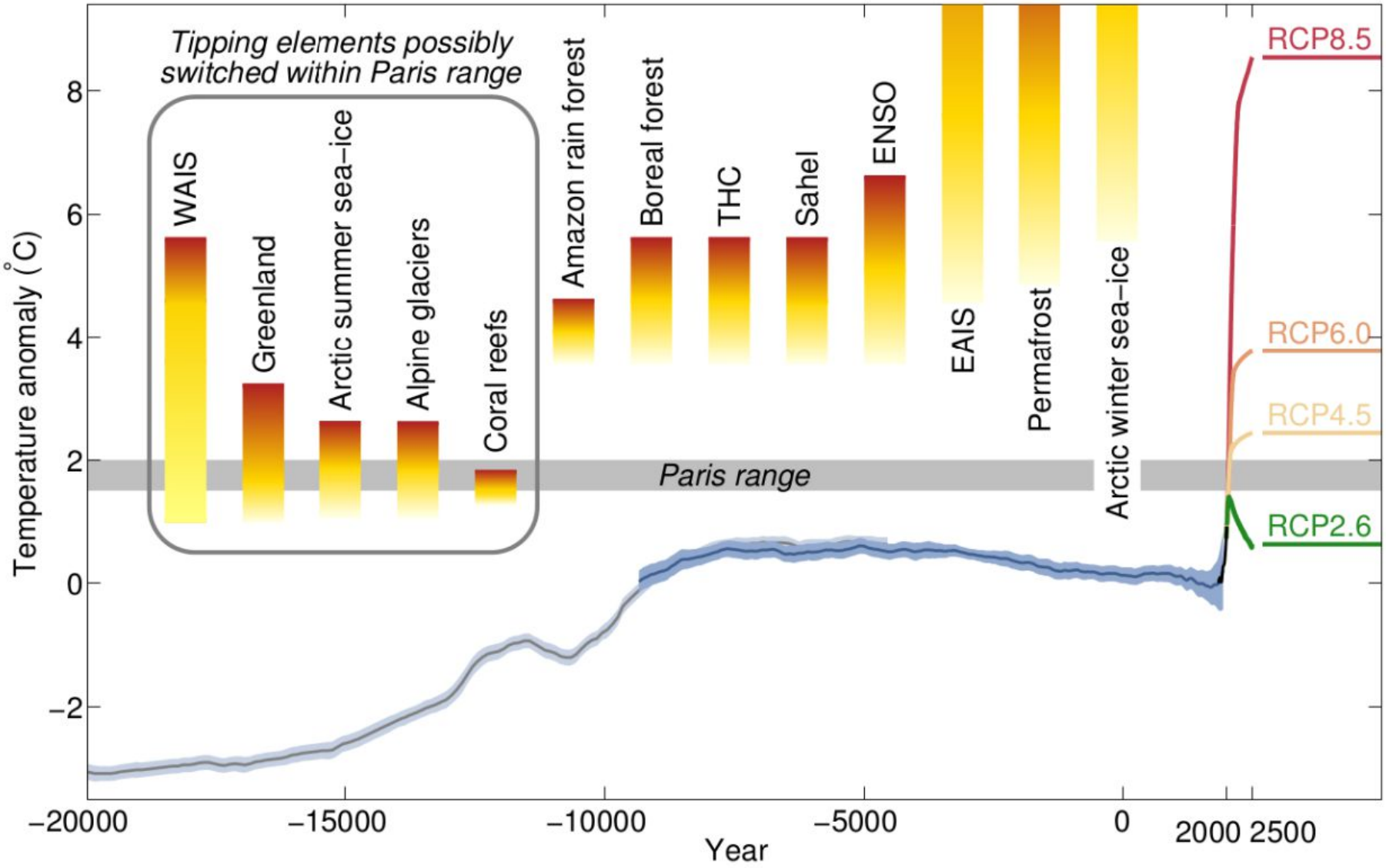
L. Caesar[1,2]*, S. Rahmstorf[1,2]*, A. Robinson[1,3,4,5], G. Feulner[1] & V. Saba[6]

The Atlantic meridional overturning circulation (AMOC)—a system of ocean currents in the North Atlantic—has a major impact on climate, yet its evolution during the industrial era is poorly known owing to a lack of direct current measurements. Here we provide evidence for a weakening of the AMOC by about 3 ± 1 sverdrups (around 15 per cent) since the mid-twentieth century. This weakening is revealed by a characteristic spatial and seasonal sea-surface temperature 'fingerprint'—consisting of a pattern of cooling in the subpolar Atlantic Ocean and warming in the Gulf Stream region—and is calibrated through an ensemble of model simulations from the CMIP5 project. We find this fingerprint both in a high-resolution climate model in response to increasing atmospheric carbon dioxide concentrations, and in the temperature trends observed since the late nineteenth century. The pattern can be explained by a slowdown in the AMOC and reduced northward heat transport, as well as an associated northward shift of the Gulf Stream. Comparisons with recent direct measurements from the RAPID project and several other studies provide a consistent depiction of record-low AMOC values in recent years.



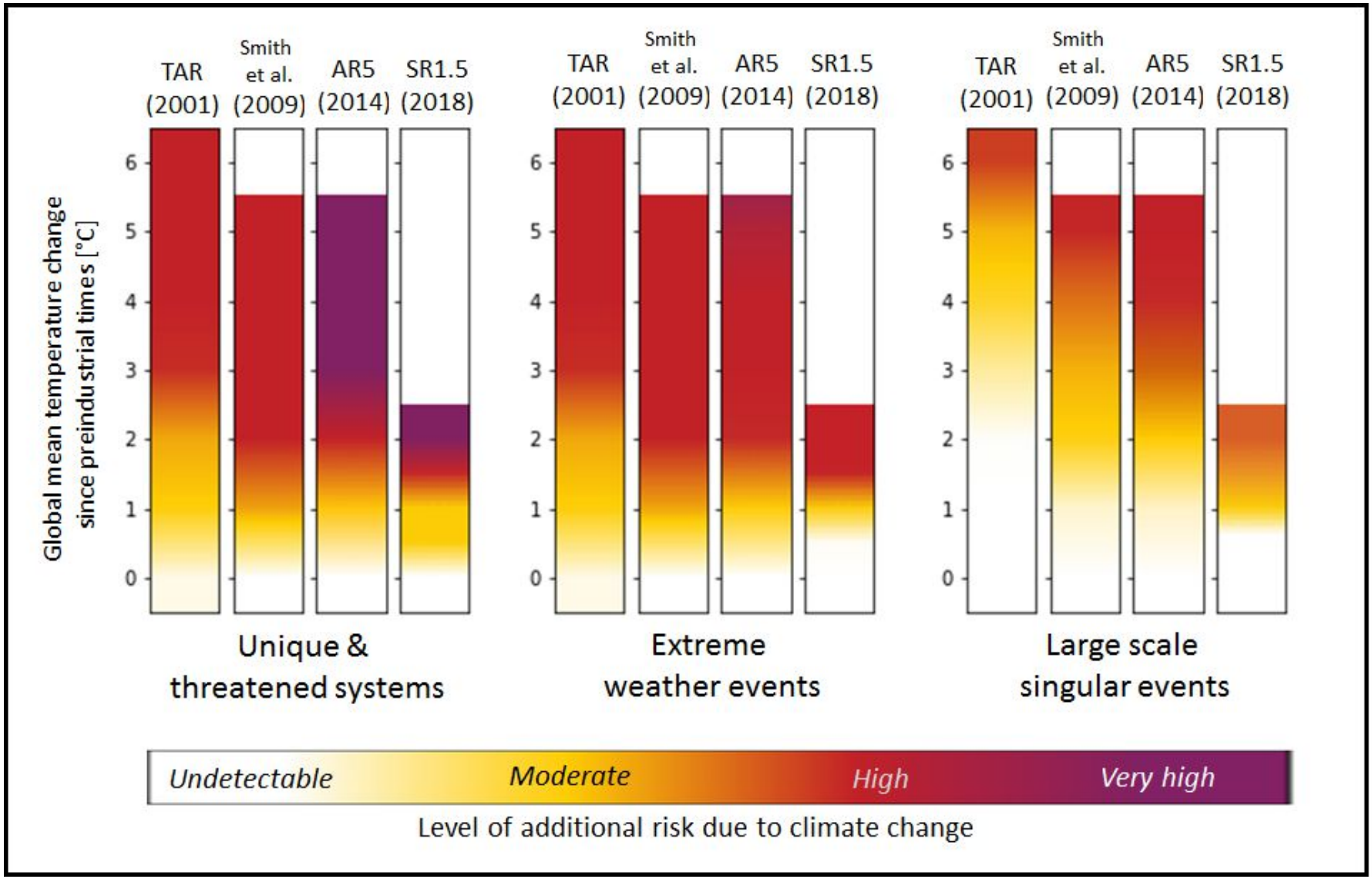
Caesar et al. 2018, Nature

Kipp-Punkte relativ zur 2°C-Leitplanke



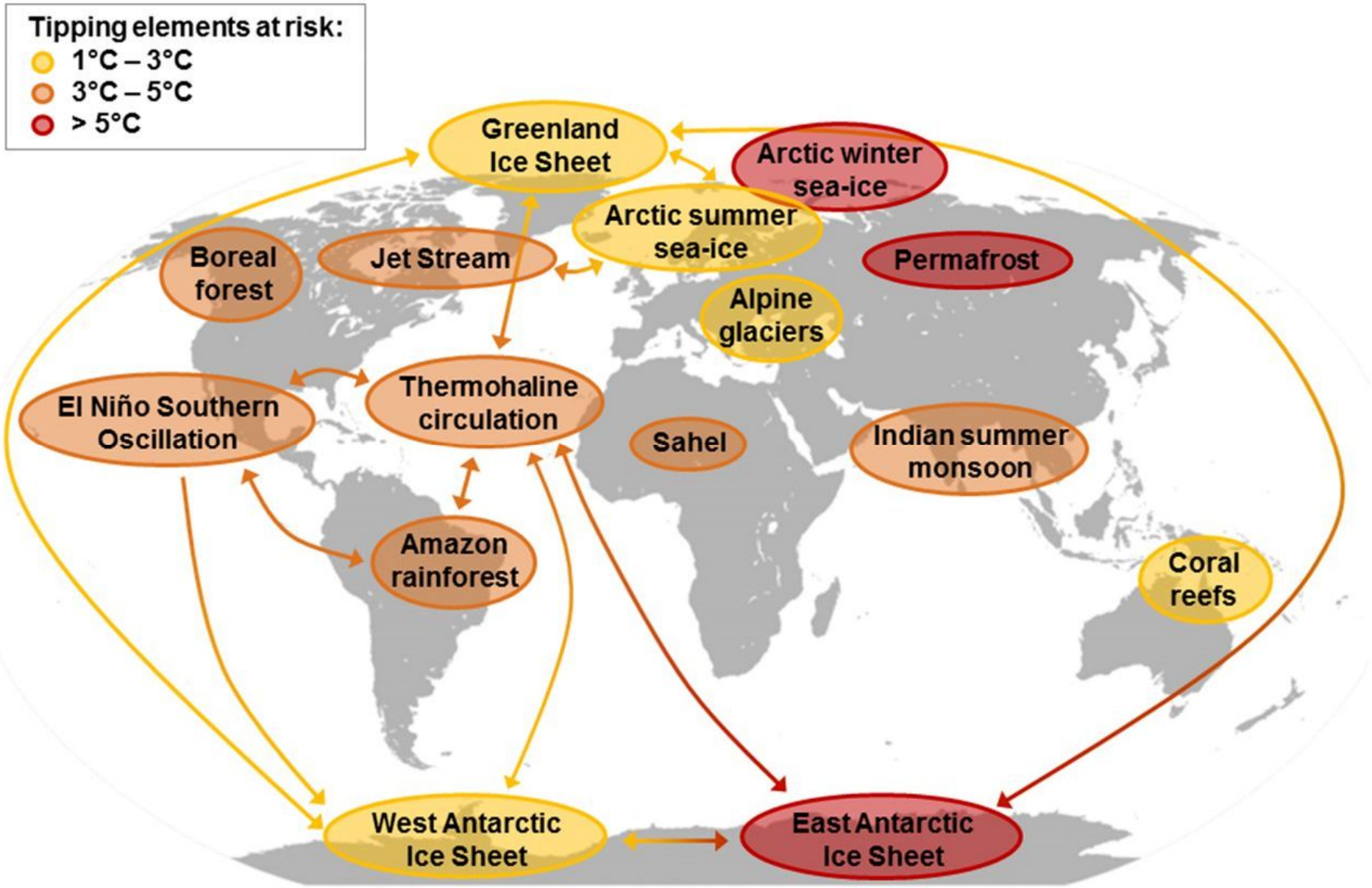
Schellnhuber et al. , Nature Climate Change, 2016

Notfall Klima – der Klima-Notstand



Reproduced at the Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK)

Weltkarte potentieller Kippelemente

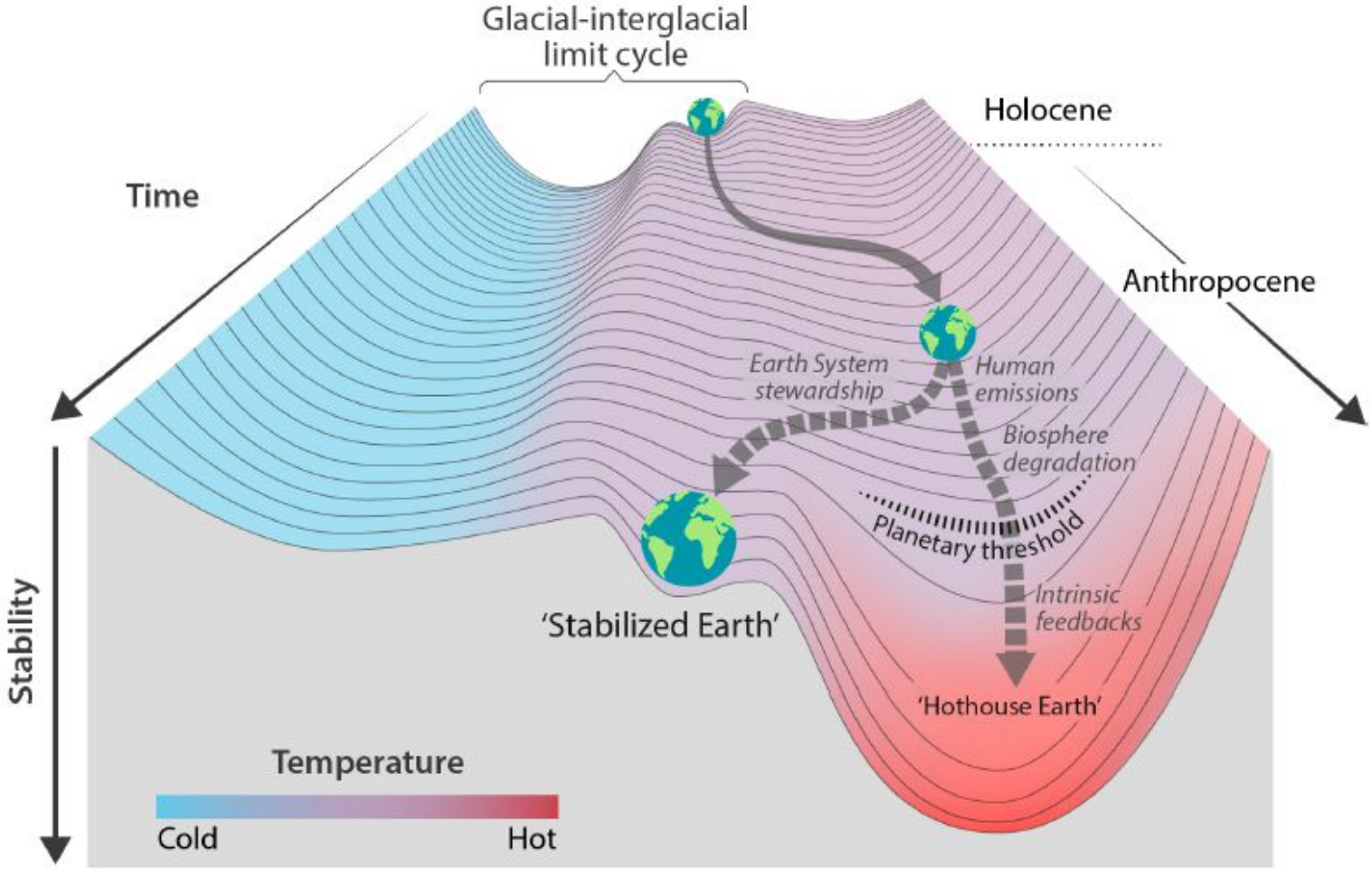


Steffen et al, 2018, PNAS

Trajectories of the Earth System in the Anthropocene

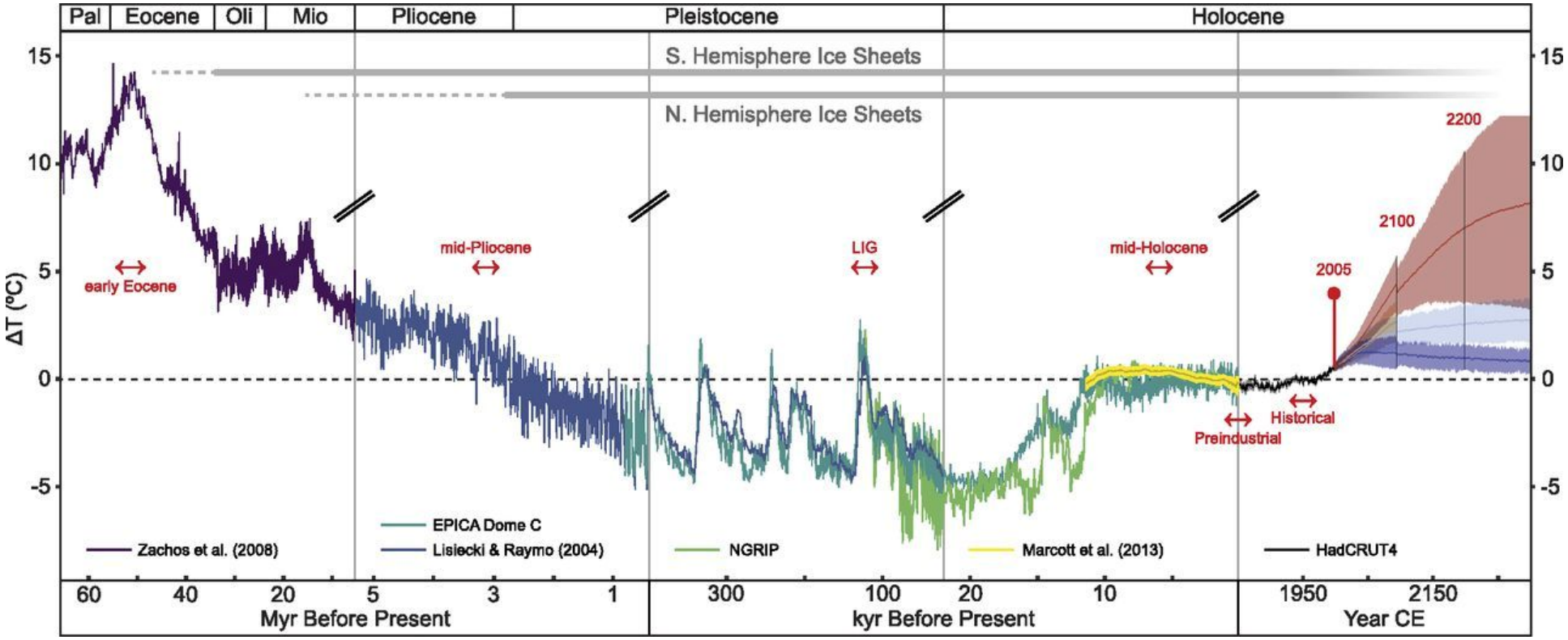
Will Steffen[a,b]*, Johan Rockström[a], Katherine Richardson[c], Timothy M. Lenton[d], Carl Folke[a,e], Diana Liverman[f], Colin P. Summerhayes[g], Anthony D. Barnosky[h], Sarah E. Cornell[a], Michel Crucifix[i,j], Jonathan F. Donges[a,k], Ingo Fetzer[a], Steven J. Lade[a,b], Marten Scheffer[l], Ricarda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

PNAS 2018



Stabilitätslandschaft zeigt den Weg der Erde aus dem Holozän

Temperaturentwicklungen der letzten 65 Mio Jahre und potentielle geohistorische Analoge für zukünftiges Klima



Burke et al. 2018, PNAS

The Monthly

„Verdoppelung von CO_2 könnte

2.8 bis 5.8 °C

globale Erwärmung verursachen.“

The latest science is alarming, even for climate scientists

Source: Gergis 2019

Von bewölkten Tagen träumen

Eine bessere Auflösung der Wolkendynamik deutet auf eine Erwärmungsverstärkung über 1200ppm hin.

nature geoscience

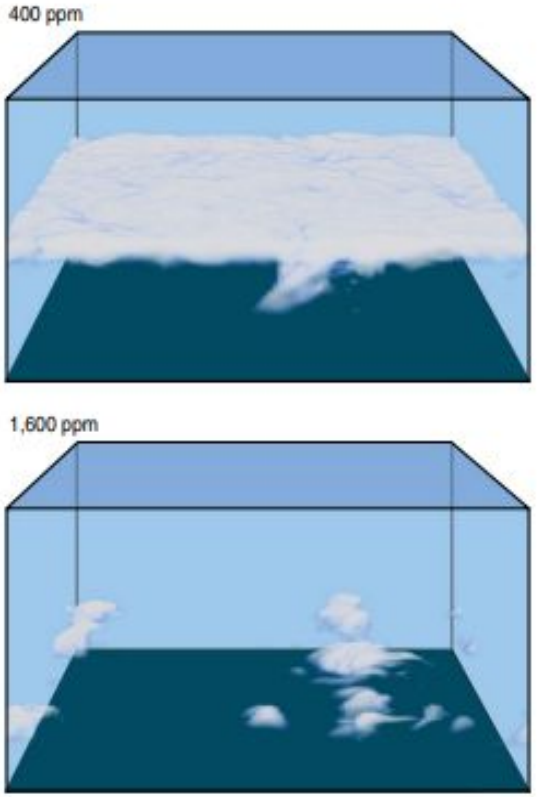
ARTICLES

https://doi.org/10.1038/s41561-019-0310-1

Possible climate transitions from breakup of stratocumulus decks under greenhouse warming

Tapio Schneider[1,2]*, Colleen M. Kaul[1] and Kyle G. Pressel[1]

Stratocumulus clouds cover 20% of the low-latitude oceans and are especially prevalent in the subtropics. They cool the Earth by shading large portions of its surface from sunlight. However, as their dynamical scales are too small to be resolvable in global climate models, predictions of their response to greenhouse warming have remained uncertain. Here we report how stratocumulus decks respond to greenhouse warming in large-eddy simulations that explicitly resolve cloud dynamics in a representative subtropical region. In the simulations, stratocumulus decks become unstable and break up into scattered clouds when CO_2 levels rise above 1,200 ppm. In addition to the warming from rising CO_2 levels, this instability triggers a surface warming of about 8 K globally and 10 K in the subtropics. Once the stratocumulus decks have broken up, they only re-form once CO_2 concentrations drop substantially below the level at which the instability first occurred. Climate transitions that arise from this instability may have contributed importantly to hothouse climates and abrupt climate changes in the geological past. Such transitions to a much warmer climate may also occur in the future if CO_2 levels continue to rise.



Munich Security Conference,
Munich, 16 February 2019

Is This How Our Civilization Ends?

Professor H. J. Schellnhuber CBE
Director Emeritus, Potsdam Institute for Climate Impact Research;
Member of the German Advisory Council on Global Change (WBGU);
Member, Pontifical Academy of Sciences

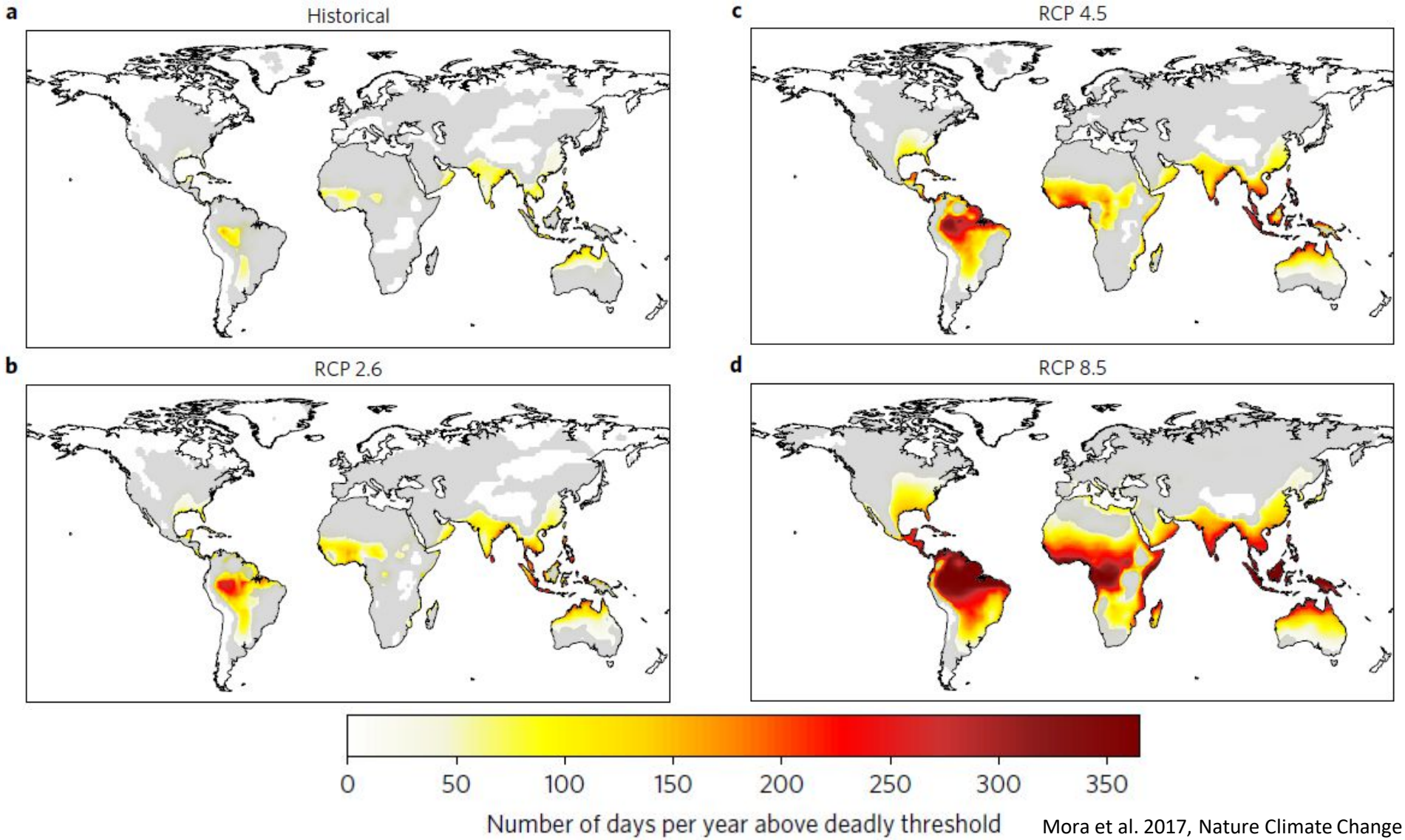
P I K

Wenn das ganze Eis schmilzt

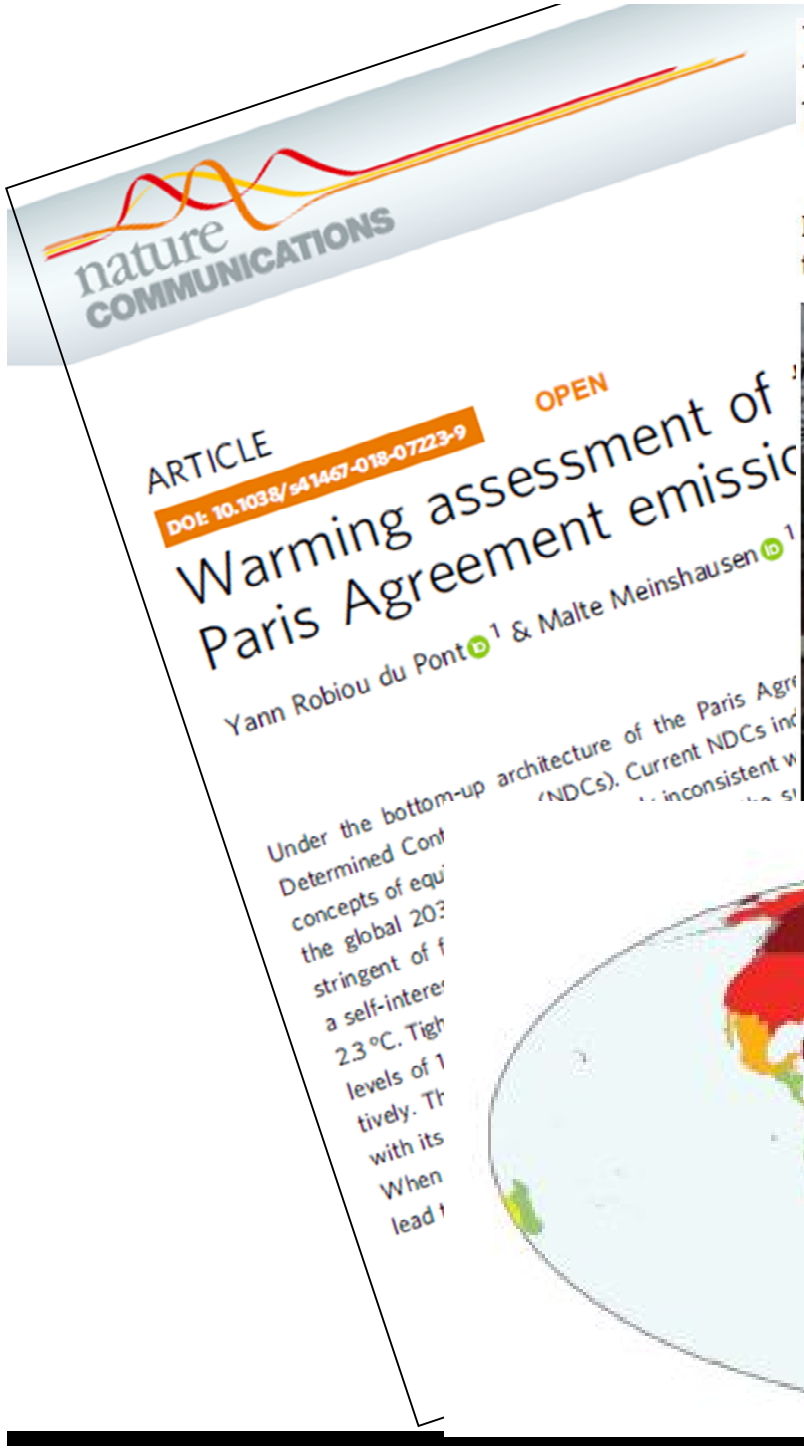
National Geographic, 2013

Klimafolgen können die menschliche Thermoregulationskapazität überschreiten

Geographische Verteilung der lebensbedrohenden klimatischen Bedingungen in verschiedenen Emissionsszenarien.



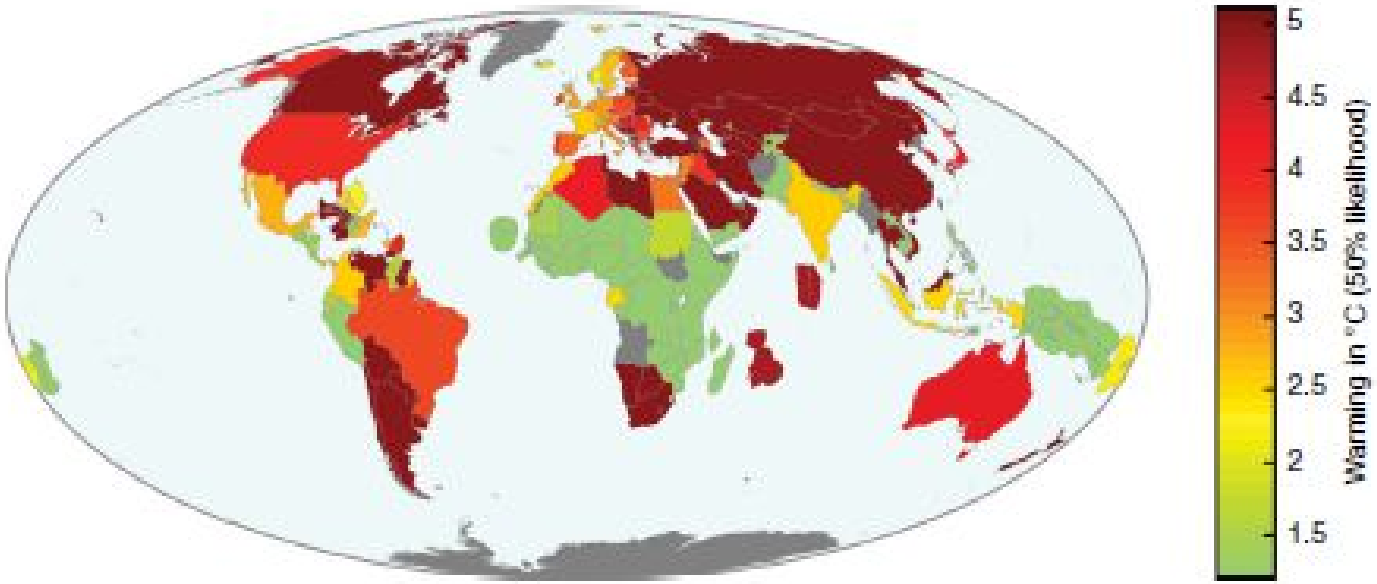
Mora et al. 2017, Nature Climate Change



Policies of China, Russia and Canada threaten 5C climate change, study finds

Ranking of countries' goals shows even EU on course for more than double safe level of warming

The Guardian 16 November 2018



WBGU

German Advisory Council on Global Change

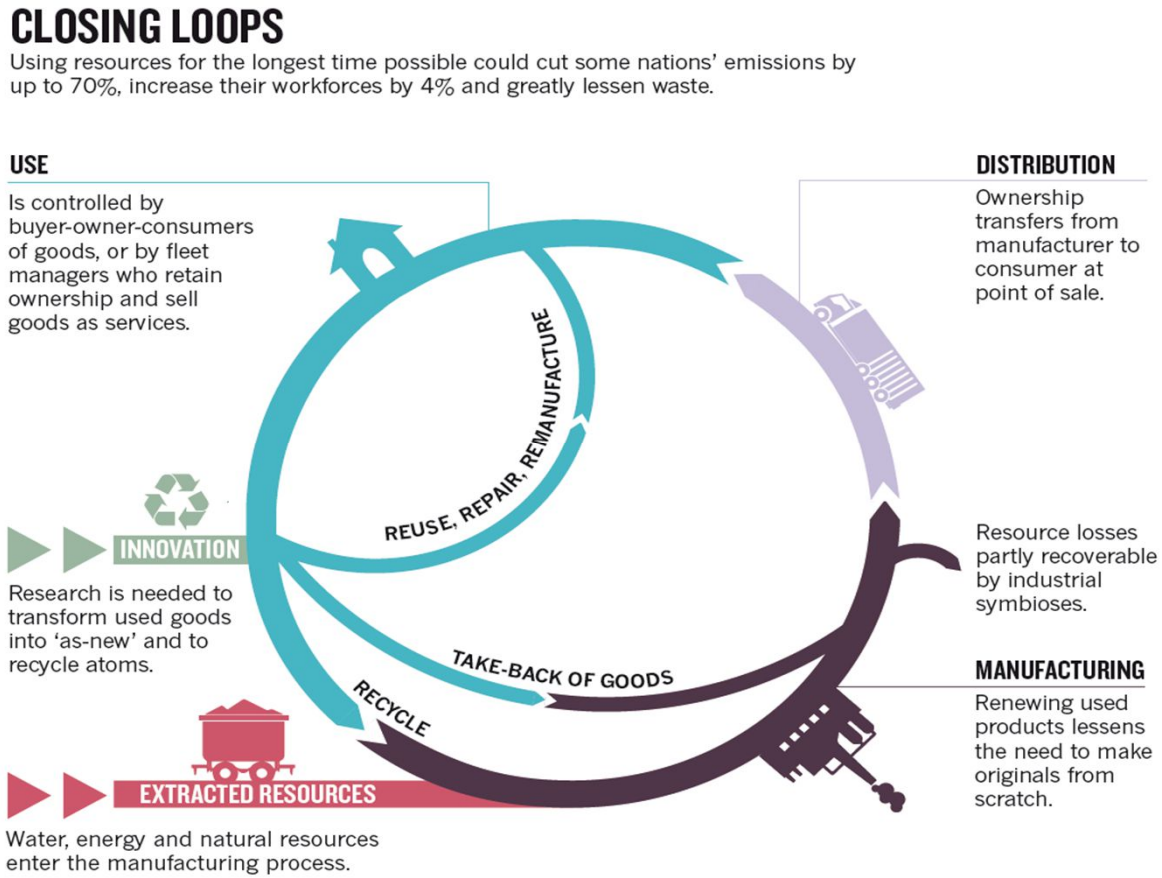
Summary for Policy-Makers

World in Transition

A Social Contract for Sustainability

WGBU 2011

Der Traum der digitalen Kreislaufwirtschaft



Quelle: Stahel, 2016

- 3-D Druck
- Internet der Dinge
- Automatisierung der Produktion
- Automatisierung der Dekonstruktion

→ Mehr Effizienz
→ Weniger Material- und Energieeinsatz
→ Besseres Monitoring der Materialströme

WBGU

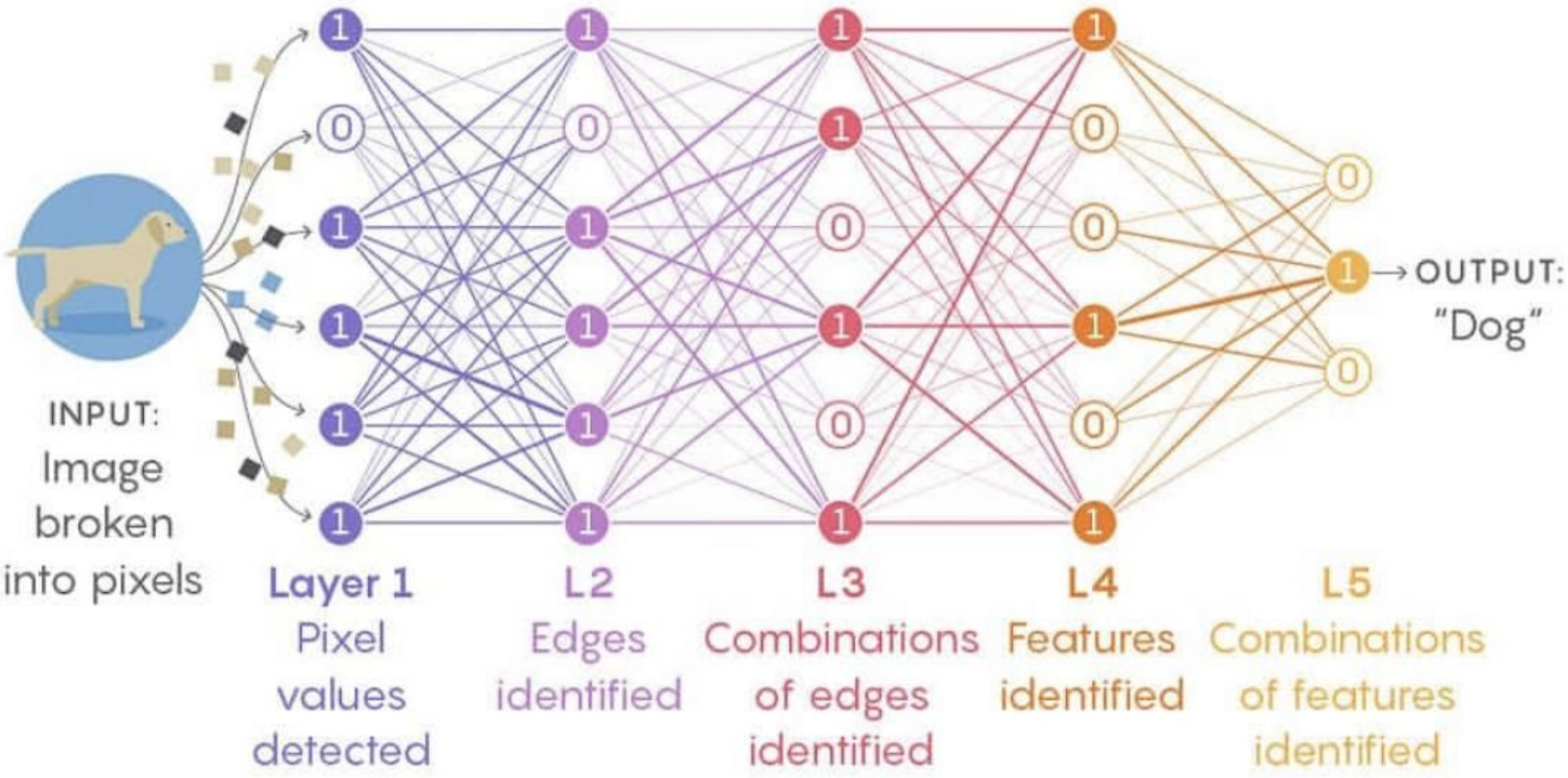
Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen

Hauptgutachten

Unsere gemeinsame digitale Zukunft

WGBU 2019

Deep Machine Learning



Source: https://www.quantamagazine.org/new-theory-cracks-open-the-black-box-of-deep-learning-20170921/

nature
International journal of science

Mastering the game of Go without human knowledge

David Silver[1]*, Julian Schrittwieser[1]*, Karen Simonyan[1]*, Ioannis Antonoglou[1], Aja Huang[1], Arthur Guez[1], Thomas Hubert[1], Lucas Baker[1], Matthew Lai[1], Adrian Bolton[1], Yutian Chen[1], Timothy Lillicrap[1], Fan Hui[1], Laurent Sifre[1], George van den Driessche[1], Thore Graepel[1] & Demis Hassabis[1]

A long-standing goal of artificial intelligence is an algorithm that learns, *tabula rasa*, superhuman proficiency in challenging domains. Recently, AlphaGo became the first program to defeat a world champion in the game of Go. The tree search in AlphaGo evaluated positions and selected moves using deep neural networks. These neural networks were trained by supervised learning from human expert moves, and by reinforcement learning from self-play. Here we introduce an algorithm based solely on reinforcement learning, without human data, guidance or domain knowledge beyond game rules. AlphaGo becomes its own teacher: a neural network is trained to predict AlphaGo's own move selections and also the winner of AlphaGo's games. This neural network improves the strength of the tree search, resulting in higher quality move selection and stronger self-play in the next iteration. Starting *tabula rasa*, our new program AlphaGo Zero achieved superhuman performance, winning 100–0 against the previously published, champion-defeating AlphaGo.

Source: Silver et. al 2017

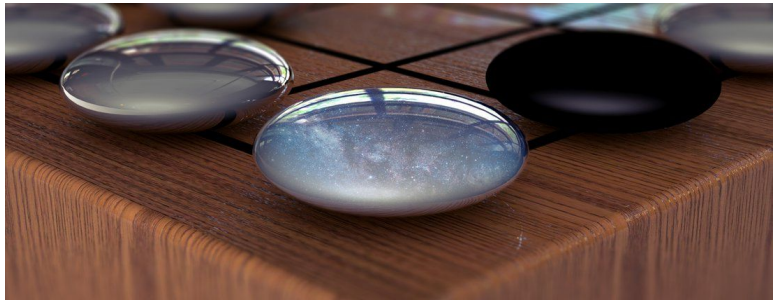


Image: DeepMind Technologies Ltd

The Telegraph 18 OCTOBER 2017

AlphaGo Zero: Google DeepMind supercomputer learns 3,000 years of human knowledge in 40 days

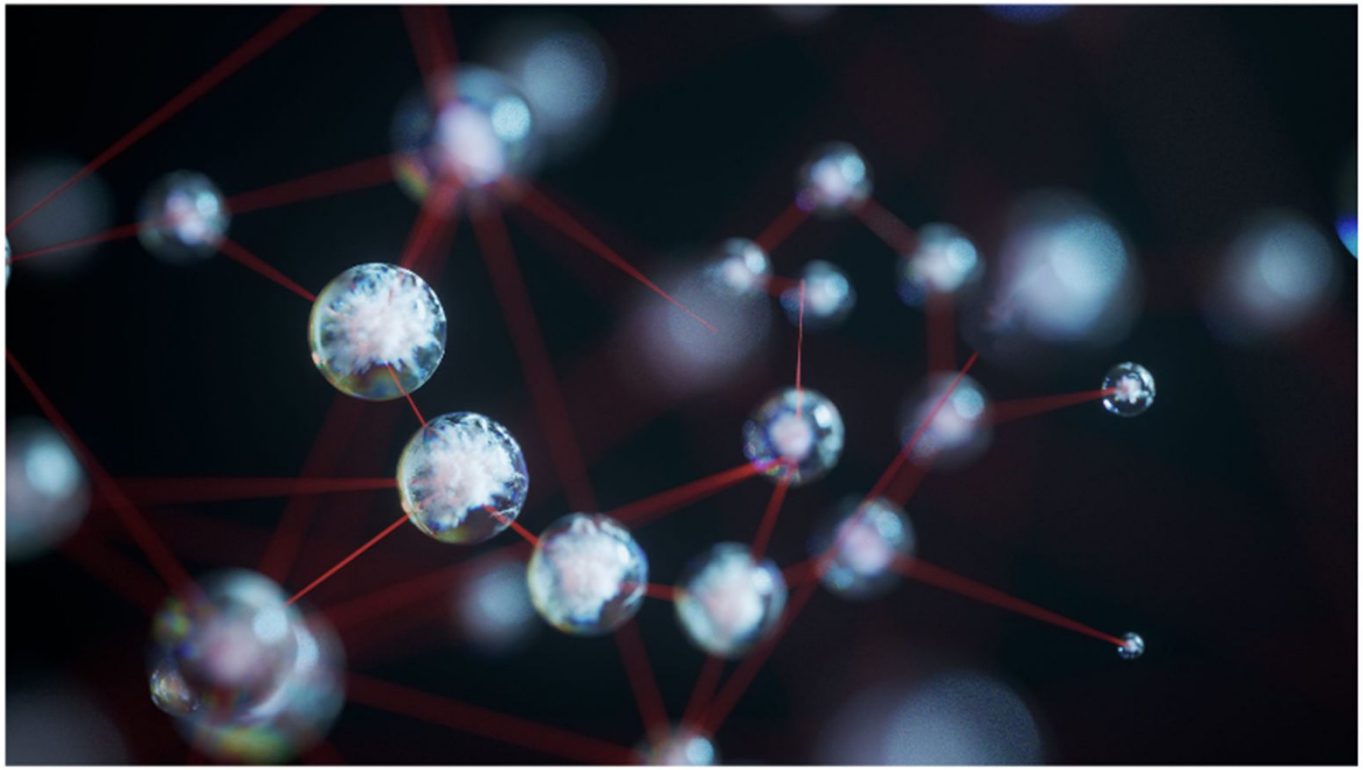
Fusion of Neural Networks and Quantum Computing

Quantamagazine

By George Musser

Job One for Quantum Computers: Boost Artificial Intelligence

The fusion of quantum computing and machine learning has become a booming research area. Can it possibly live up to its high expectations?



www.quantamagazine.org

The road to global decarbonization must involve renewable energy, as from these wind turbines in Germany, and improved transportation technologies.

CLIMATE POLICY

A roadmap for rapid decarbonization

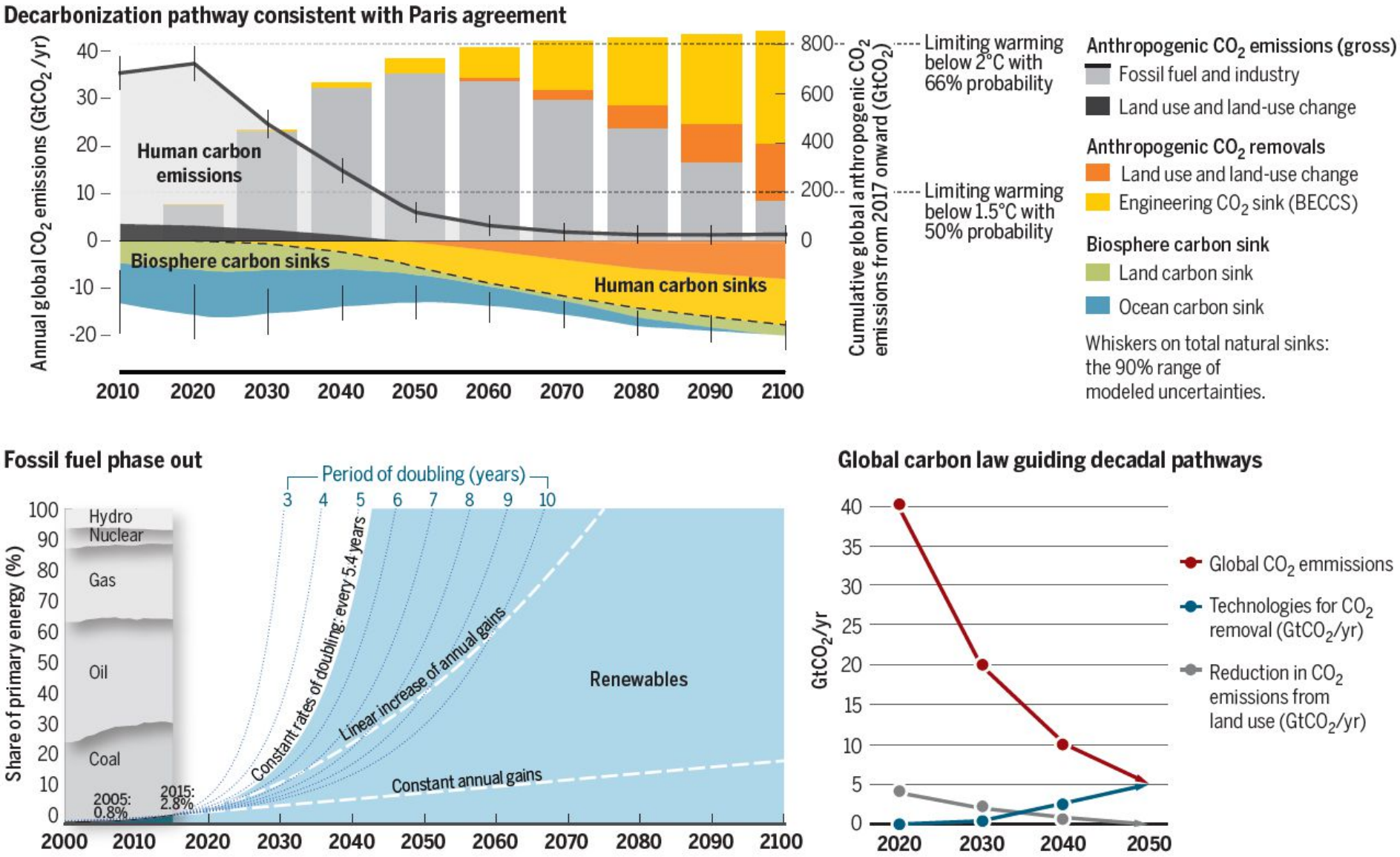
Emissions inevitably approach zero with a "carbon law"

By **Johan Rockström,[1] Owen Gaffney,[1,2] Joeri Rogelj,[3,4] Malte Meinshausen,[5,6] Nebojsa Nakicenovic,[4] Hans Joachim Schellnhuber[1,5]**

pose framing the decarbonization challenge in terms of a global decadal roadmap based on a simple heuristic—a "carbon law"—of halving gross anthropogenic carbon-dioxide (CO_2) emissions every decade. Consistent with the trajectory of the past decade (see the figure, bottom left). All sectors (e.g., agriculture, construction, finance, manufacturing, transport) need comparable transformation pathways. In addition, in the absence of viable alternatives, the world must aim at rapidly scaling up CO_2 removal by technical means from zero to at least 0.5 $GtCO_2$/year by 2030, 2.5 by 2040, and 5 by 2050. CO_2 emissions from land-use must decrease along a nonlinear trajectory from 4 $GtCO_2$/year in 2010, to 2 by 2030, 1 by 2040, and 0 by 2050 (see the figure, bottom right). The endgame is for cumulative CO_2 emissions since 2017 to be brought back from around 700 $GtCO_2$ to below 200 $GtCO_2$ by the end of the century (see the figure, top) and atmospheric CO_2 concentrations to return to 380 ppm by 2100 (currently at 400 ppm).

Roadmaps are planning instruments, linking shorter-term targets to longer-term goals. They help align actors and organizations to instigate technological and institutional breakthroughs to meet a collective challenge. An explicit carbon roadmap for halving anthropogenic emissions every decade, codesigned by and for all industry sectors, could help promote disruptive, nonlinear technological advances toward a zero-emissions world. The

Der Fahrplan für die Transformation



Rockström et al., Science 2017

nature energy

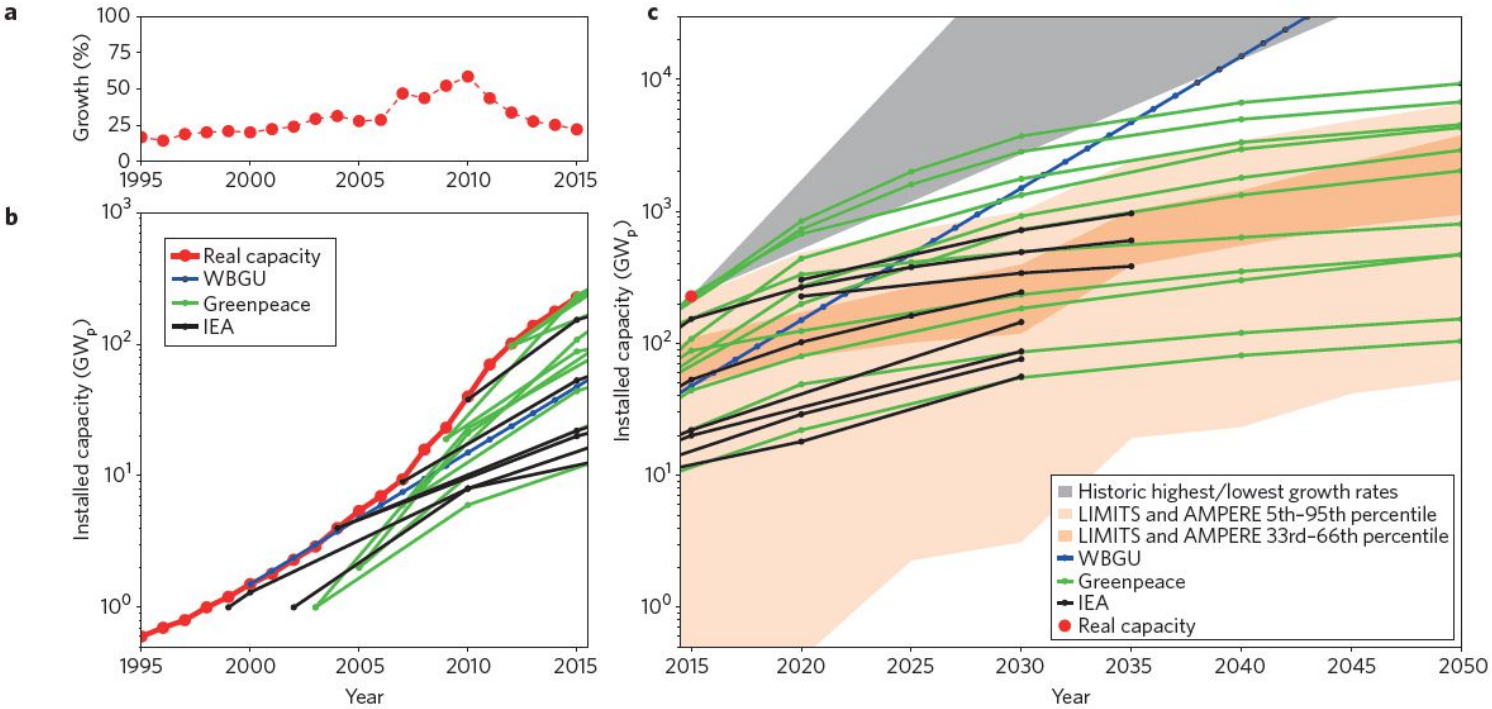
PERSPECTIVE

PUBLISHED: 25 AUGUST 2017 | VOLUME: 2 | ARTICLE NUMBER: 17140

The underestimated potential of solar energy to mitigate climate change

Felix Creutzig[1,2]*, Peter Agoston[1], Jan Christoph Goldschmidt[3], Gunnar Luderer[4], Gregory Nemet[1,5] and Robert C. Pietzcker[4]

The Intergovernmental Panel on Climate Change's fifth assessment report emphasizes the importance of bioenergy and carbon capture and storage for achieving climate goals, but it does not identify solar energy as a strategically important technology option. That is surprising given the strong growth, large resource, and low environmental footprint of photovoltaics (PV). Here we explore how models have consistently underestimated PV deployment and identify the reasons for underlying bias in models. Our analysis reveals that rapid technological learning and technology-specific policy support were crucial to PV deployment in the past, but that future success will depend on adequate financing instruments and the management of system integration. We propose that with coordinated advances in multiple components of the energy system, PV could supply 30–50% of electricity in competitive markets.



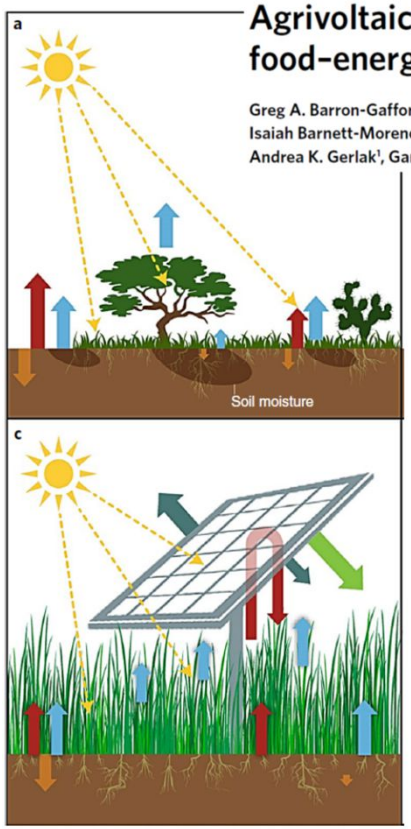
Growth in PV capacity and scenario projections.

Die Zukunft der Solarenergie: Weltweite Innovationsprojekte

ARTICLES
https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5
nature sustainability

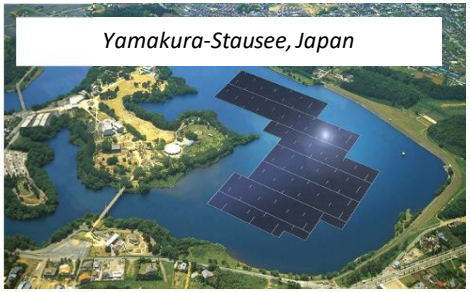
Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands

Greg A. Barron-Gafford[1,2*], Mitchell A. Pavao-Zuckerman[3], Rebecca L. Minor[1,2], Leland F. Sutter[1,2], Isaiah Barnett-Moreno[1,2], Daniel T. Blackett[1,2], Moses Thompson[1,4], Kirk Dimond[5], Andrea K. Gerlak[1], Gary P. Nabhan[6] and Jordan E. Macknick[7]



Blackfriars-Brücke, London, UK

Riyuetan-Weipai-Gebäude, China


Yamakura-Stausee, Japan

Solarfarm, Punjab, Indien

Cochin International Airport, Indien

Solaranlage, Noor, Marokko

Zugtunnel, Holland-Belgien

nature COMMUNICATIONS

ARTICLE

https://doi.org/10.1038/s41467-019-08855-1 OPEN

Radical transformation pathway towards sustainable electricity via evolutionary steps

Dmitrii Bogdanov[1], Javier Farfan[1], Kristina Sadovskaia[1], Arman Aghahosseini[1], Michael Child[1], Ashish Gulagi[1], Ayobami Solomon Oyewo[1], Larissa de Souza Noel Simas Barbosa[2] & Christian Breyer[1]

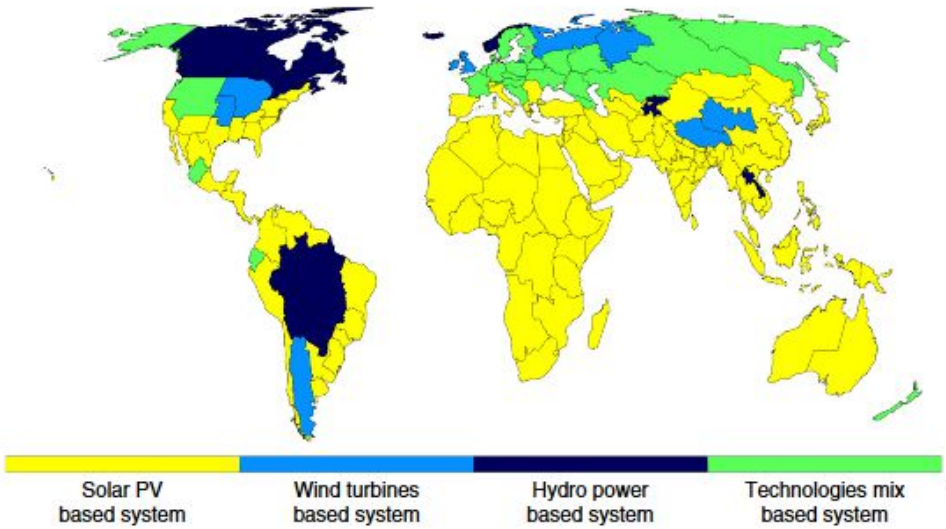


Fig. 1: Main types of 100% renewable electricity systems based on their main source of electricity (>50% share of electricity generation). If none of the technologies have a share exceeding 50% defined as "Technology mix-based system"

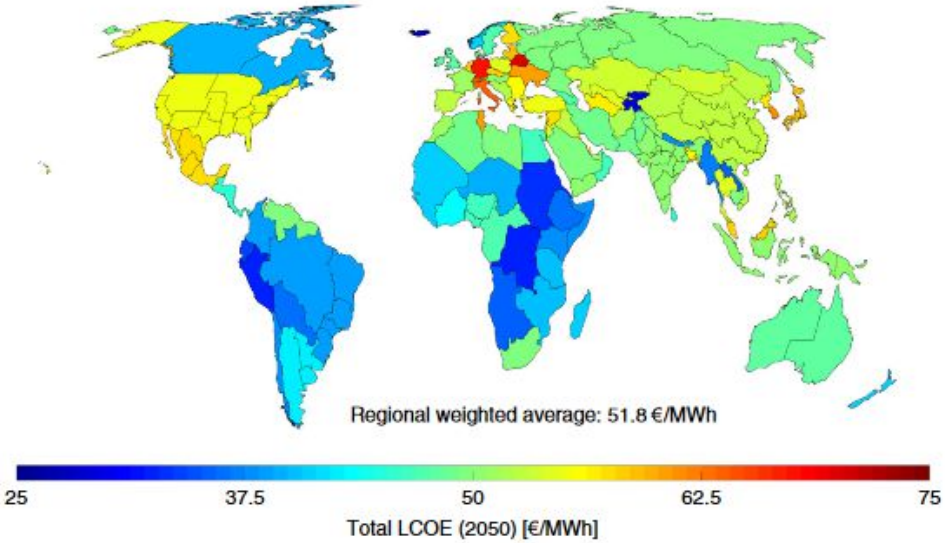


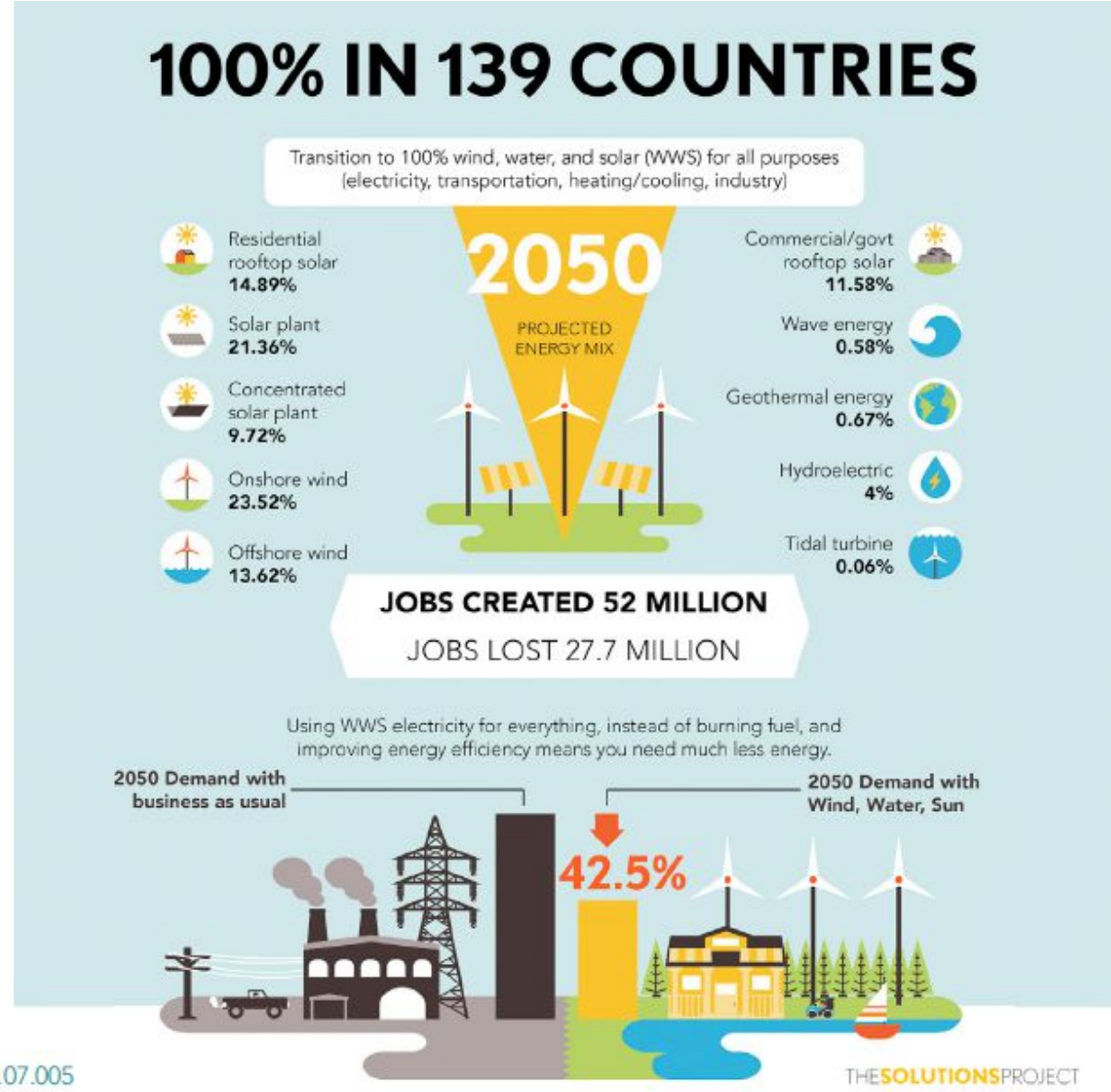
Fig. 2: Levelized cost of electricity for 100% renewable electricity systems in 2050. Numbers are calculated based on the generation mix for 2050 and financial and technical assumptions for all electricity system components.

Quelle: Bogdanov et al. 2019

Article

100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World

Mark Z. Jacobson,[1,5,*] Mark A. Delucchi,[2] Zack A.F. Bauer,[1] Savannah C. Goodman,[1] William E. Chapman,[1] Mary A. Cameron,[1] Cedric Bozonnat,[1] Liat Chobadi,[3] Hailey A. Clonts,[1] Peter Enevoldsen,[4] Jenny R. Erwin,[1] Simone N. Fobi,[1] Owen K. Goldstrom,[1] Eleanor M. Hennessy,[1] Jingyi Liu,[1] Jonathan Lo,[1] Clayton B. Meyer,[1] Sean B. Morris,[1] Kevin R. Moy,[1] Patrick L. O'Neill,[1] Ivalin Petkov,[1] Stephanie Redfern,[1] Robin Schucker,[1] Michael A. Sontag,[1] Jingfan Wang,[1] Eric Weiner,[1] and Alexander S. Yachanin[1]

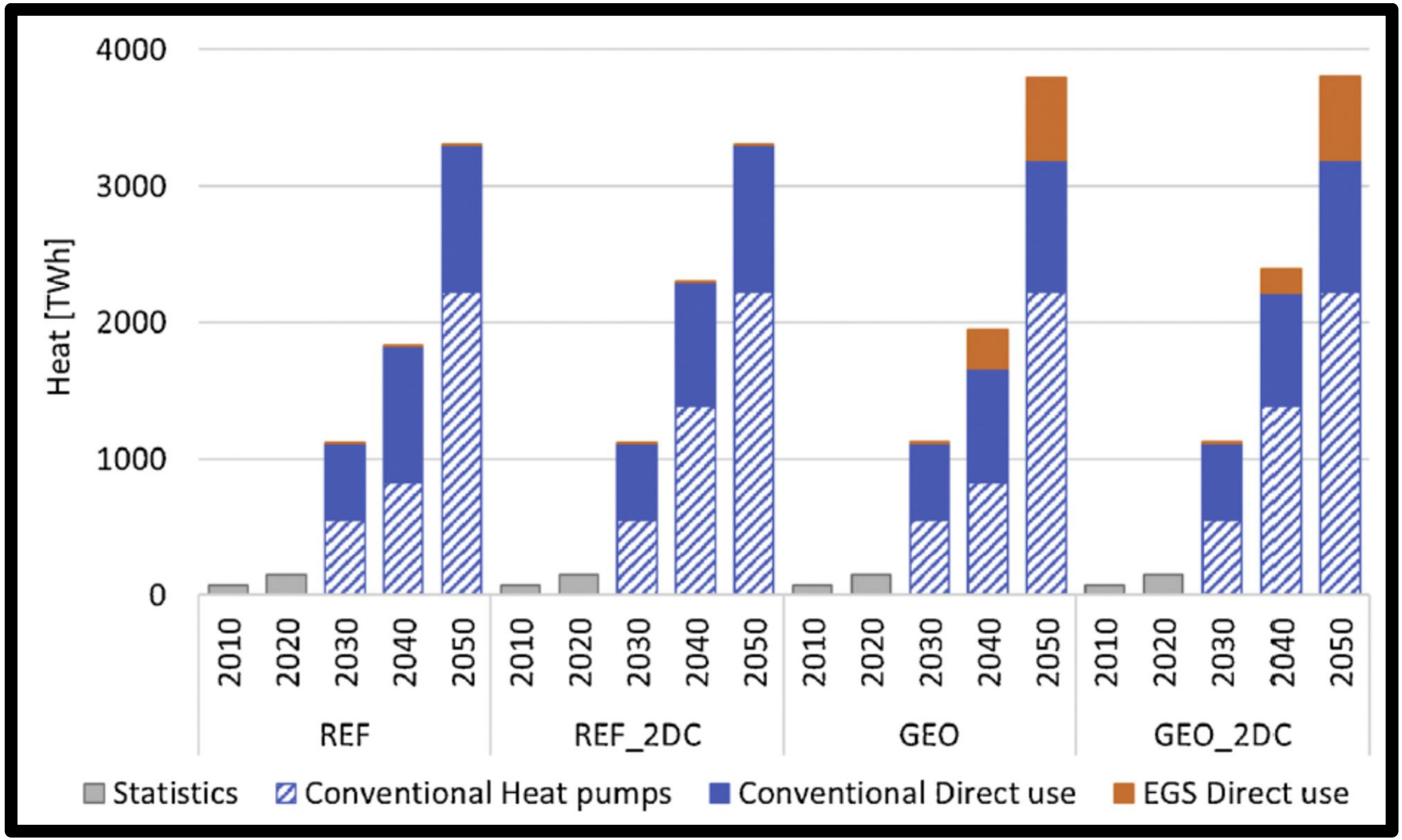


Joule

http://dx.doi.org/10.1016/j.joule.2017.07.005

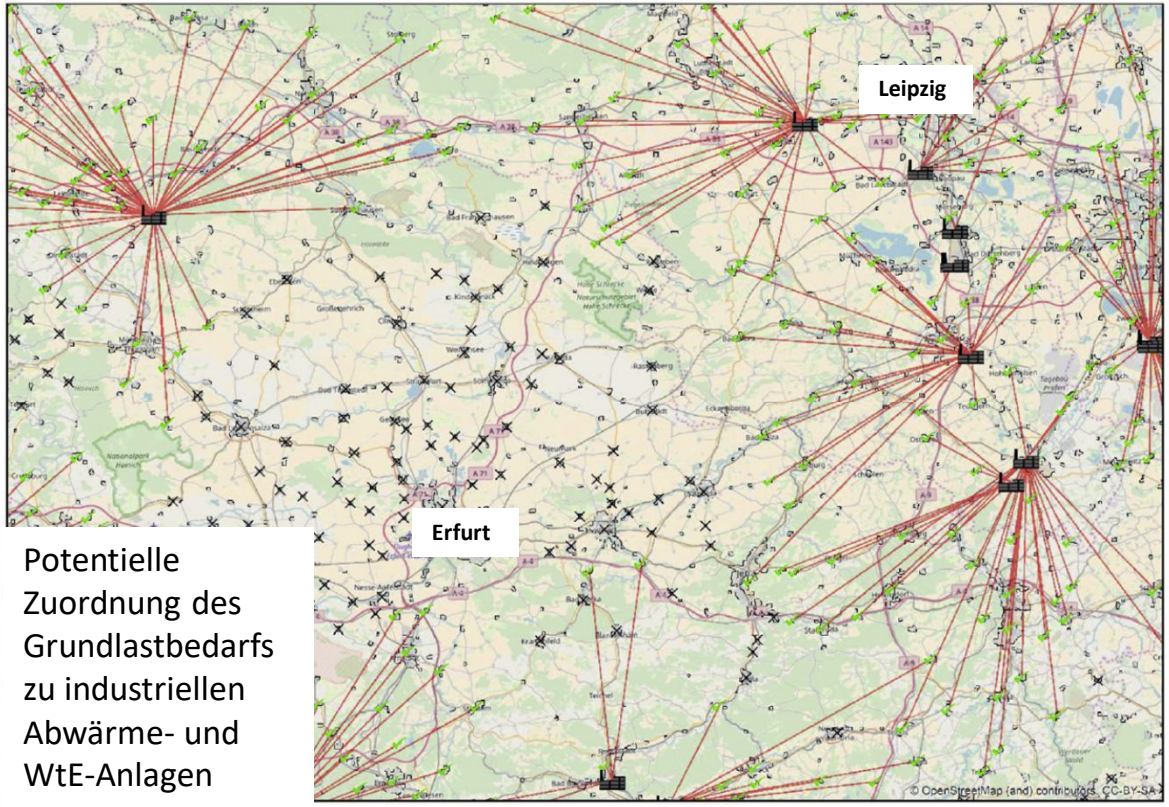
Mögliche Größenordnung globaler geothermaler Wärmeproduktion im Jahr 2050:

3300–3800 TWh/Jahr



B. van der Zwaan and F. Dalla Longa; Geothermics 82 (2019) 203–211

Von europäisch zu regional und vice versa



Potentielle Zuordnung des Grundlastbedarfs zu industriellen Abwärme- und WtE-Anlagen

B. Möller et al. / Energy 177 (2019) 554e564

In 14 EU-Staaten könnten mehr als 70% des Wärmebedarfs in Gebäuden in Städten durch Fernwärme gedeckt werden bis zum Jahr 2050.

Ein dekarbonisierter Wärmesektor als Teil eines intelligenten Energiesystems für Europa ist möglich.

Kommission Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung

Kohle-Ausstieg bis Ende 2038

1

Einsetzung der Kommission

Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung

Die Politik der Bundesregierung dient der Schaffung von Vollbeschäftigung
...d gleichwertigen Lebensverhältnissen in ganz Deutschland. Um dies zu er-
..., ist es erforderlich, den in vielen Bereichen stattfindenden Struktur-
...ktiv und umfassend zu begleiten, um so Wachstum und Beschäfti-
...ndere in den betroffenen Regionen zu stärken.

... bekennt sich zu den national, europäisch und im Rah-
...bkommens vereinbarten Klimaschutzzielen bis zum
...zplan der Bundesregierung aus dem Jahre 2016
...isen Weg in Richtung einer weitgehend treib-
...esellschaft in Deutschland bis Mitte des
...ch den Klimaschutzplan für die einzel-
... Verkehr, Landwirtschaft) konkrete
...teren Erreichung wir durch ge-
...erden wir das Zieldreieck
... Wirtschaftlichkeit ein-

...ndel in vie-
...m Sek-
...fen

Mit der Umsetzung des ...
len Regionen und Wirtsch...
tor der Energieerzeugung. Die ...
nicht einseitig zu Lasten der koh...
sen vielmehr Chancen für eine nachh...
tiv hochwertiger Beschäftigung eröffnen. ...
Strukturbrüche sowie Einschränkungen der in...
keit vermeiden.

Die Bundesregierung setzt deshalb eine Kommission „...
wandel und Beschäftigung (WSB)" ein, die bis zum Ende die...
krete Vorschläge erarbeiten soll. Zu ihrem Auftrag gehört insb...
Erarbeitung eines Aktionsprogrammes mit folgenden Schwerpunkten:

1. Schaffung einer konkreten Perspektive für neue, zukunftssichere A...
beitsplätze in den betroffenen Regionen im Zusammenwirken zwischen
Bund, Ländern, Kommunen und wirtschaftlichen Akteuren (z.B. im Be-
reich Verkehrsinfrastrukturen, Fachkräfteentwicklung, unternehmerische
Entwicklung, Ansiedlung von Forschungseinrichtungen, langfristige
Strukturentwicklung).

...ionsziels bis 2020 so...
...VSB rechtzeitig vor de...
...ezember stattfindet, so...
...undesregierung überg...
...e der Kommission. Di...
...dsentschädigung.

... Bundesregierung wird d...
...e Kommission wird von e...
...s Vertretern des BMWi, B...
...MVI und BMBF zusamme...
...anderen Ressorts werden b...
...end zum Fortgang der Bera...
...ßiger Austausch zwischen d...
...den Bundesministern der S...
...der Staatskanzleien der be...
...gelmäßig einbezogen. Zur o...
...Geschäftsstelle der Kommis...
...Vertreter der Ministerien de...
...sowie der Bundesländer Br...
...Saarland, Sachsen und Sac...
...mission teil, Vertreter des BI...

3. De...
...del be...
...Förderins...
...in den betrof...
...ein Fonds für S...
...eingesetzt wird.

4. Maßnahmen, die das 20...
...reichen, einschließlich ...
...dem Klimaschutzplan e...
...der Emissionen aus der ...
...2030 gegenüber dem Ja...
...soll die Kommission gee...
...ziels 2030 der Energiew...
...zur Umsetzung des Klim...

5. Darüber hinaus ein Plan ...
...der Kohleverstromung, ...
...notwendigen rechtlichen ...
...strukturpolitischen Begle...

6. Ebenso Maßnahmen zu...
...zur Erreichung des 40%...
...zieren. Hierzu wird die ...
...Größe der zu erwartend...
...2017 veröffentlichen.

Zu Mitgliedern der Kommission...

Vorsitzende
Matthias Platzeck
Ronald Pofalla
Prof. Dr. Barbara Praetorius
Stanislaw Tillich

Mitglieder
Prof. Dr. h.c. Jutta Allmendinger
Antje Grothus
Gerda Hasselfeldt
Christine Herntier
Martin Kaiser
Steffen Kampeter
Stefan Kapferer
Prof. Dieter Kempf
Stefan Korzell
Michael Kreuzberg
Dr. Felix Matthes
Claudia Nemat
Prof. Dr. Kai Niebert
Prof. Dr. Annekatrin Niebuhr
Reiner Priggen
Katherina Reiche
Gunda Röstel
Andreas Scheidt
Prof. Dr. Hans Joachim Schellnhuber
Dr. Eric Schweitzer
Michael Vassiliadis
Prof. Dr. Ralf Wehrspohn
Hubert Weiger
Hannelore Wodtke

Als Personen mit Rede-, aber ohne ...
Deutschen Bundestages benannt:

Andreas G. Lämmel, MdB
Dr. Andreas Lenz, MdB
Dr. Matthias Miersch, MdB

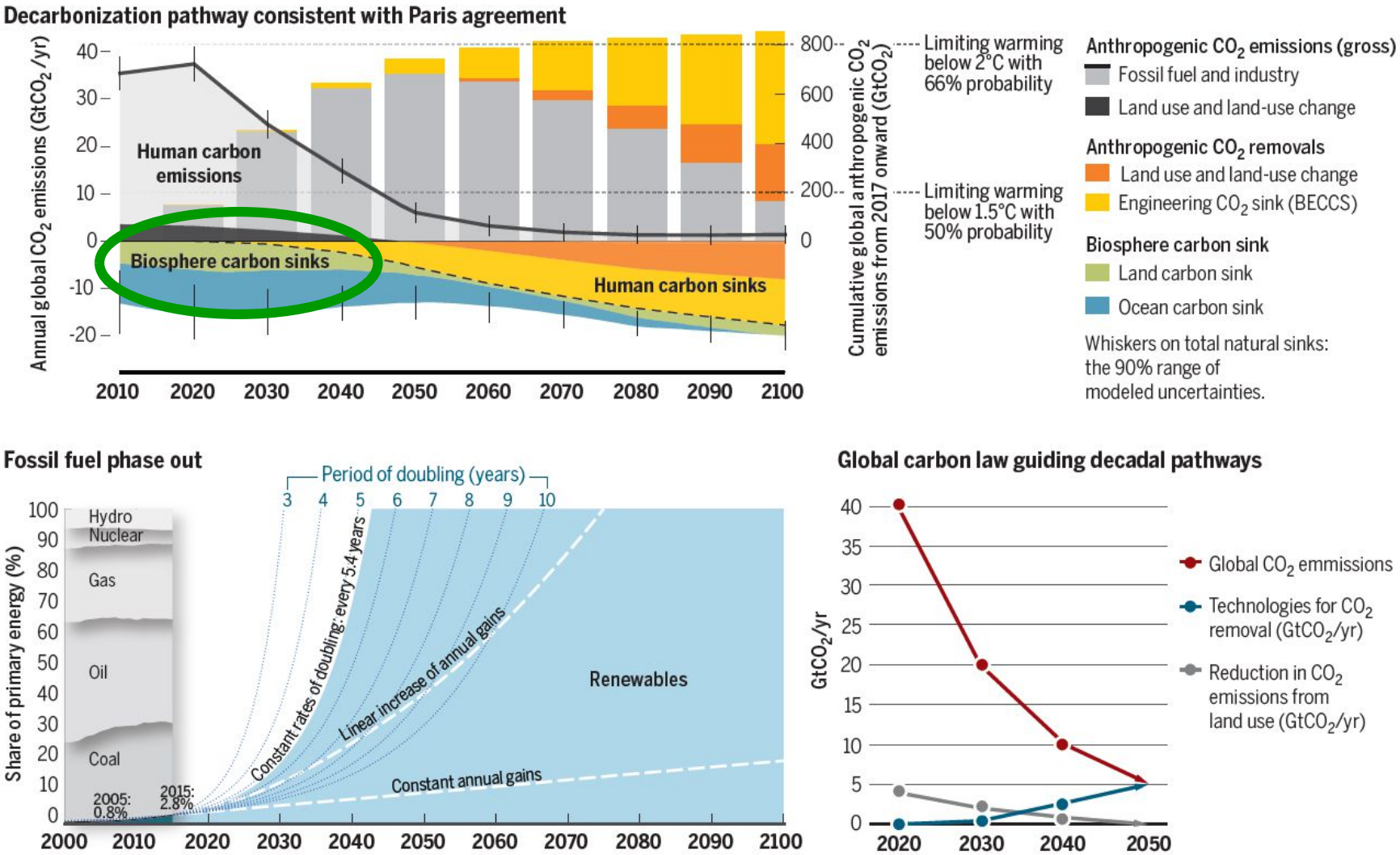
Die Kommission WSB legt ihre Arbeitsergebnisse in schriftlichen Berichten an den Staatssekretärsausschuss nieder. Ihre Empfehlungen für Maßnahmen zur sozialen und strukturpolitischen Entwicklung der Braunkohleregionen sowie zu ihrer finanziellen Absicherung legt die Kommission WSB bereits Ende Oktober 2018 schriftlich vor. Ihre Empfehlungen für Maßnahmen zum Beitrag der Energiewirtschaft, um die Lücke zur Erreichung des 40 Prozent-

Kommission Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung

Ergebnisse:

- **Ausstieg aus der Kohleverstromung bis spätestens 2038, ggf. 2035**
- **Einigung auf einen Ausstiegspfad:**
  - **2022: 15 GW Braunkohle + 15 GW Steinkohle (minus 12,7 GW ggü. 2017)**
  - **2030: 9 GW Braunkohle + 8 GW Steinkohle (stetiger Reduktionspfad ab 2022 angestrebt)**
- **Umfassende Unterstützung der betroffenen Bundesländer: €40 Mrd. über 20 Jahre**
- **Weitreichende Maßnahmen für Beschäftigte und möglichst einvernehmliche Lösungen mit Kraftwerksbetreibern**
- **Umfangreiche Strompreiskompensationen**

Der Weg der Transformation



Rockström et al., 2017, Science

Die Arktis steht in Flammen

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.

von Lars Fischer

„Mit 50 Millionen Tonnen CO_2 gaben die Brände allein im Juni so viel Klimagas ab **wie eine mittelgroße Industrienation** in einem **ganzen Jahr**."

Fischer (Spektrum.de) 2019

Foto: faz.net

Spektrum.de

20-25% Entwaldung reichen zum Kippen des Amazonas Regenwaldes

SCIENCE ADVANCES | EDITORIAL

Amazon Tipping Point

In the 1970s, Brazilian scientist Eneas Salati shattered the long held dogma that vegetation is simply the consequence of climate and has no influence on climate whatsoever (*1*). Using isotopic ratios of oxygen in rainwater samples collected from the Atlantic to the Peruvian border, he was able to demonstrate un-

is dramatically lower in the dry season. As a consequence, models suggest a longer dry season after deforestation.

In recent decades, new forcing factors have impinged on the hydrological cycle: climate change and widespread use of fire to eliminate felled trees and clear weedy vegetation. Many studies show that in the absence of other

Thomas E. Lovejoy is University Professor in the Department of Environmental Science and Policy at George Mason University. Email: tlovejoy@unfoundation.org

Carlos Nobre is a Member of the Brazilian Academy of Sciences and Senior Fellow of World Resources Institute Brazil.

Special Assembly of the Synod of Bishops for the Pan-Amazon Region - 6 to 27 October

Amazonia: New Paths for the Church and for an Integral Ecology

© flickr/ Synod.va

Keine Frage!

Waldbrände im Amazonas
Source: AFP

Die Dekarbonisierung muss durch die Erhaltung und Regeneration natürlicher Kohlenstoffsenken unterstützt werden.

Unsichtbare Kosten: Bauwesen und Beton

© Omar Chatriwala/flickr

- Das globale Bauwesen wird bis 2050 so viel neue Infrastuktur benötigen wie bereits seit 1850 errichtet wurde.
- Dadurch wird der größte Teil des CO2 Budgets (1.5°C) aufgebraucht, wenn konventionelle Materialien wie Beton verwendet werden.
- Allein in China wurde zwischen 2008 und 2010 so viel Beton verbaut, wie im gesamten 20. Jahrhundert in den USA

→ Klimaschutz wird in den Städten entschieden

ZEIT ONLINE

Rohstoffmangel

Der Sand wird knapp

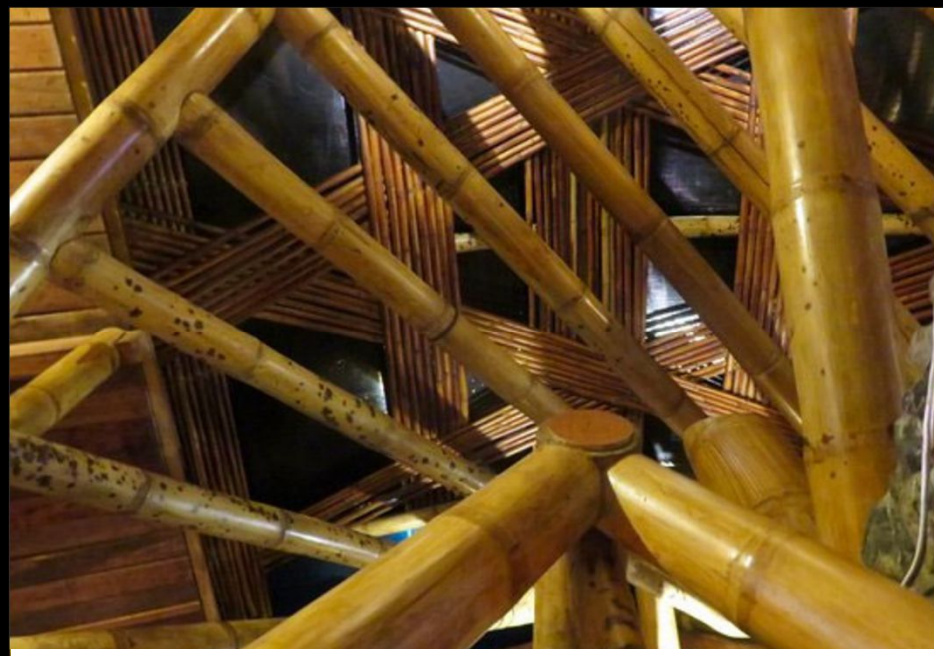
Gemessen am Volumen ist Sand die zweitgrößte gehandelte Ressource der Welt. Doch sein Abbau schadet der Umwelt. Die Vereinten Nationen fordern eine strengere Regulierung.

7. Mai 2019, 10:36 Uhr / Quelle: ZEIT ONLINE, dpa, vk / 128 Kommentare

2019 | Sand and Sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resources

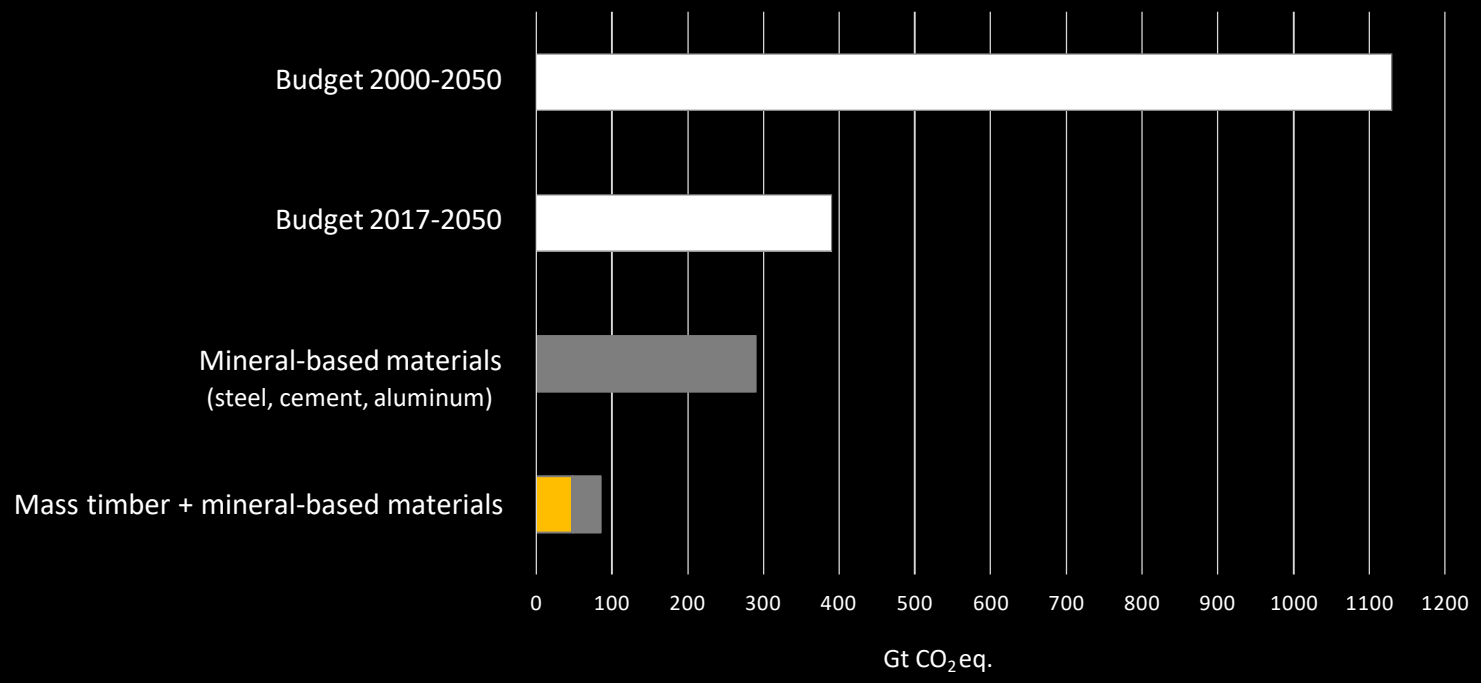
UN environment
United Nations Environment Programme

Quelle: Zeit Online 07.06.2019, UNEP 2019



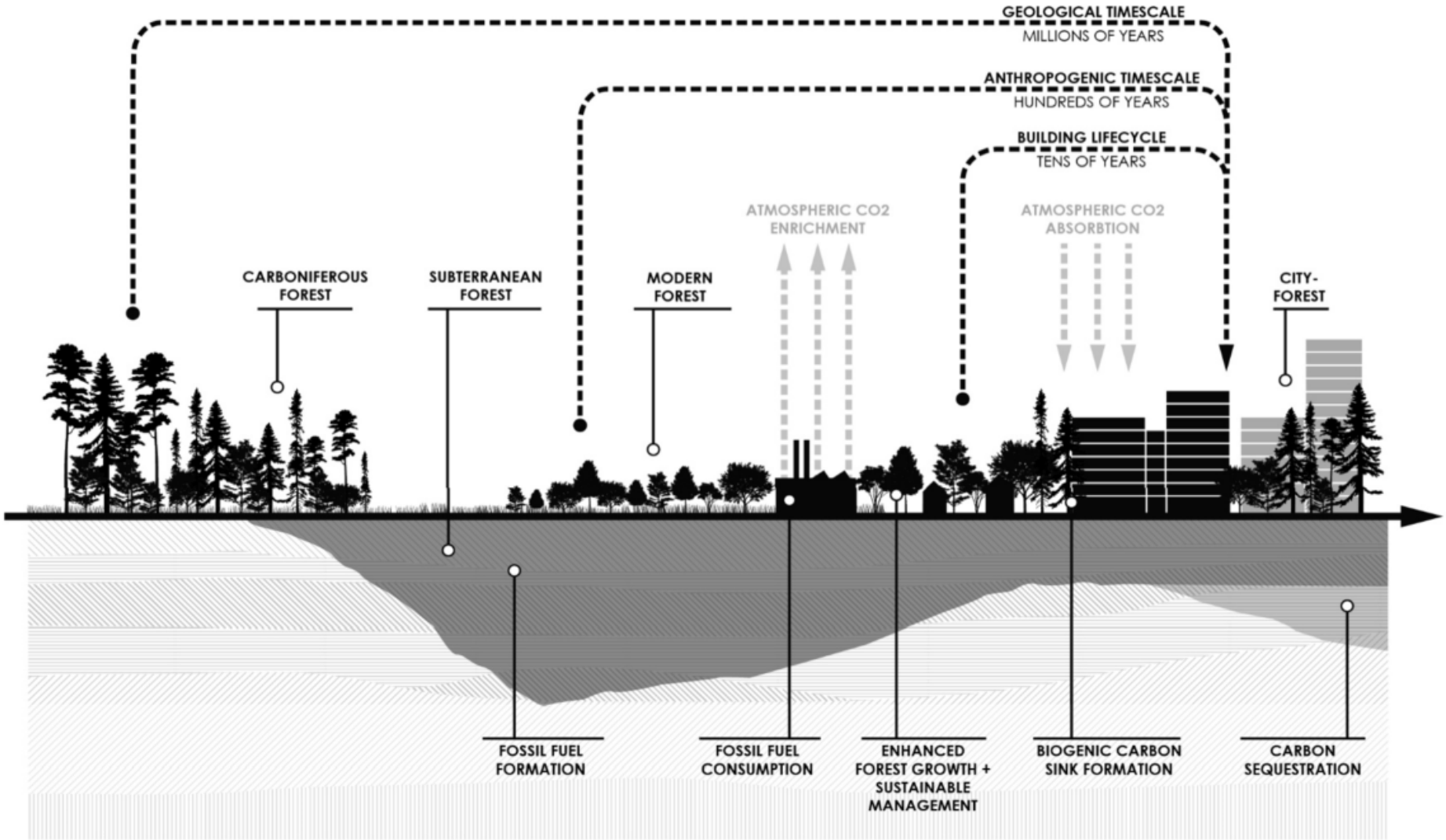
Biomaterialien im Baubereich

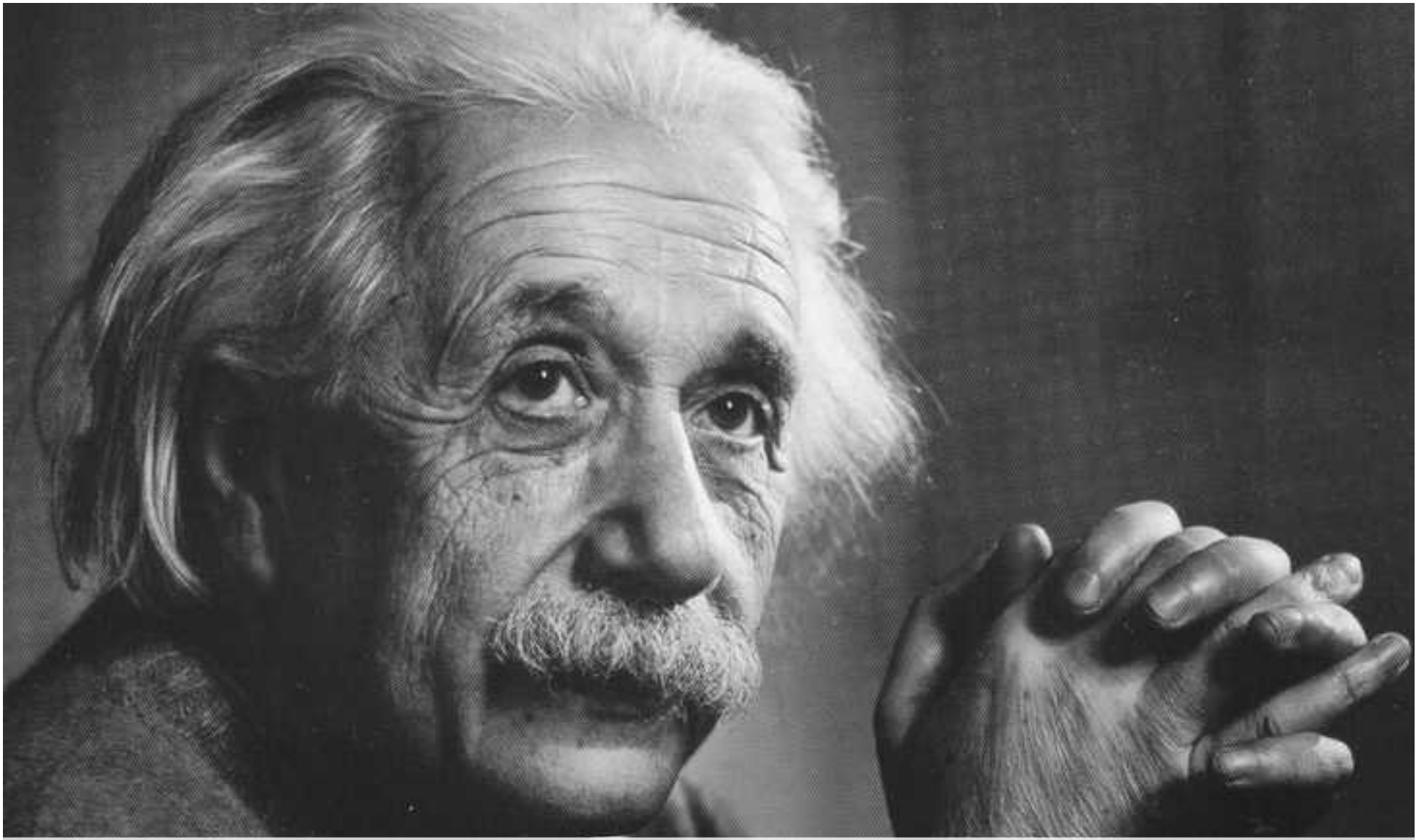
Treibhausgasemissionen (Gt CO_2 eq.)



IPCC 2014, Olivier et al. 2017, Müller et al. 2013

Städte in der Evolution des Kohlenstoffkreislaufs





Probleme kann man niemals mit derselben Denkweise lösen, durch die sie entstanden sind.

Albert Einstein