

Klimawandel und Energiewende

Einsichten und Aussichten

Hardo Bruhns

Universität Heidelberg

hardo @ bruhns . Info

Bad Honnef DPG/AKE 21.10.2021

Mit kleinen Korrekturen 23. 10.2021



125 Years Anniversary

Green House Effect: Svante Arrhenius 1896

- What Arrhenius got right:

- Temperature determined by solar in vs IR out
- Need to determine balance by satisfying top-of-atmosphere radiation budget
- IR Opacity due to CO_2 and water vapor
- Water vapor is a feedback, CO_2 is a forcing
- Logarithmic relation between CO_2 concentration and temperature
- Greenhouse effect works via atmosphere radiating at a colder temperature than ground
- Alkalinity effects limit ocean uptake (?)
- Built on Fourier, Tyndall, Kirchhoff, Stefan and Boltzmann



What Arrhenius got wrong:

- One-layer atmosphere model too simple
- Atmospheric vs. ground temperature dominated by convection, not radiation balance
- Quantitative absorption characteristics

*Citing R. Pierrehumbert: AGU Tyndall Lecture 2012, https://www.youtube.com/watch?v=RICBu_P8JWI

Der Arbeitskreis Energie in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

- 1980: Erste Arbeitstagung des Arbeitskreises Energie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. (Horst Rollnik, Bonn, Vorsitzender AKE, DPG Präsident 1980)
- Horst Rollnik : «Meinungen über die Notwendigkeiten und Lösungsmöglichkeiten bei der Energieversorgung [sind] unter Physikern ebenso kontrovers und breit gestreut sind wie in anderen Bevölkerungskreisen. Darüber hinaus sind auch die meisten Physiker keine «Energiefachleute».
- Daher sollen sich im «Arbeitskreis Energie « Experten und Nichtexperten zusammenfinden, um in erster Linie ... zu klären, ob und wie sich eine unkontroverse Basis für die Diskussion von Energieproblemen finden läßt, die breit genug für nichttriviale konkrete Aussagen ist.

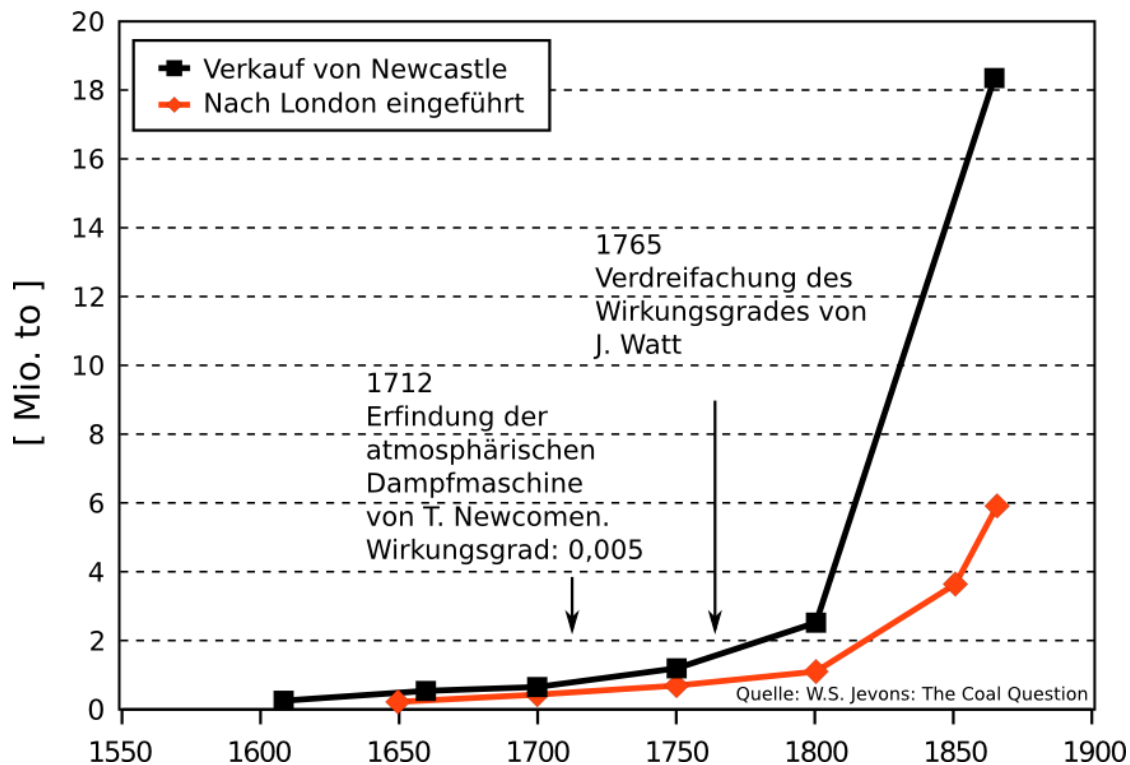
DPG/AKE: Studien und Stellungnahmen

- **1987: Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen** (mit der DMG), Phys. Bl. 43, 347 (1987)
- **1995: Energiememorandum der DPG** über die zukünftige klimaverträgliche Energienutzung und den politischen Handlungsbedarf zur Markteinführung neuer emissionsmindernder Techniken
- **1997: Erklärung der DPG zur CO₂-Emissionsminderung**
- **1999: Stellungnahme der DPG zur Energiepolitik und dem geplanten Ausstieg aus der Kernenergie (DPG/AKE)**
- **2005: Klimaschutz und Energieversorgung in Deutschland 1990–2020**
- **2005: Climate Protection and Energy Supply in Germany 1990 – 2020**
- **2005: Fortschritte im Klimaschutz zu langsam** (Pressemitteilung zur Studie)
- • **2010: Elektrizität: Schlüssel zu einem nachhaltigen und klimaverträglichen Energiesystem**
2011: Electricity: The key to a sustainable and climate-compatible energy system
- **2015: Wärmepumpe schlägt oft Kraft-Wärme-Kopplung** (Physik konkret 24, Sept. 2015)
- **[2020: Climate Change and Energy Transition, „The Perspective of Physics,** (Red. C. v. Savigny, D. Meschede, H. Bruhns, transl. C. Ford) Entwurf für Parl. Abend der naturwiss. Fachgesellschaften]

AKE: 2009-2020: 216 invited, symposium and plenary talks at DPG Conferences,
90 talks in Bad Honnef (halforganised by M. Keilhacker until 2014)

Das Jevons Paradoxon (1865)

Je effizienter ein Rohstoff genutzt werden kann,
desto höher wird sein Verbrauch



W. Jevons: höhere Effizienz führt zu Energiekrisen. → Vorhersage der britischen Stahlkrise

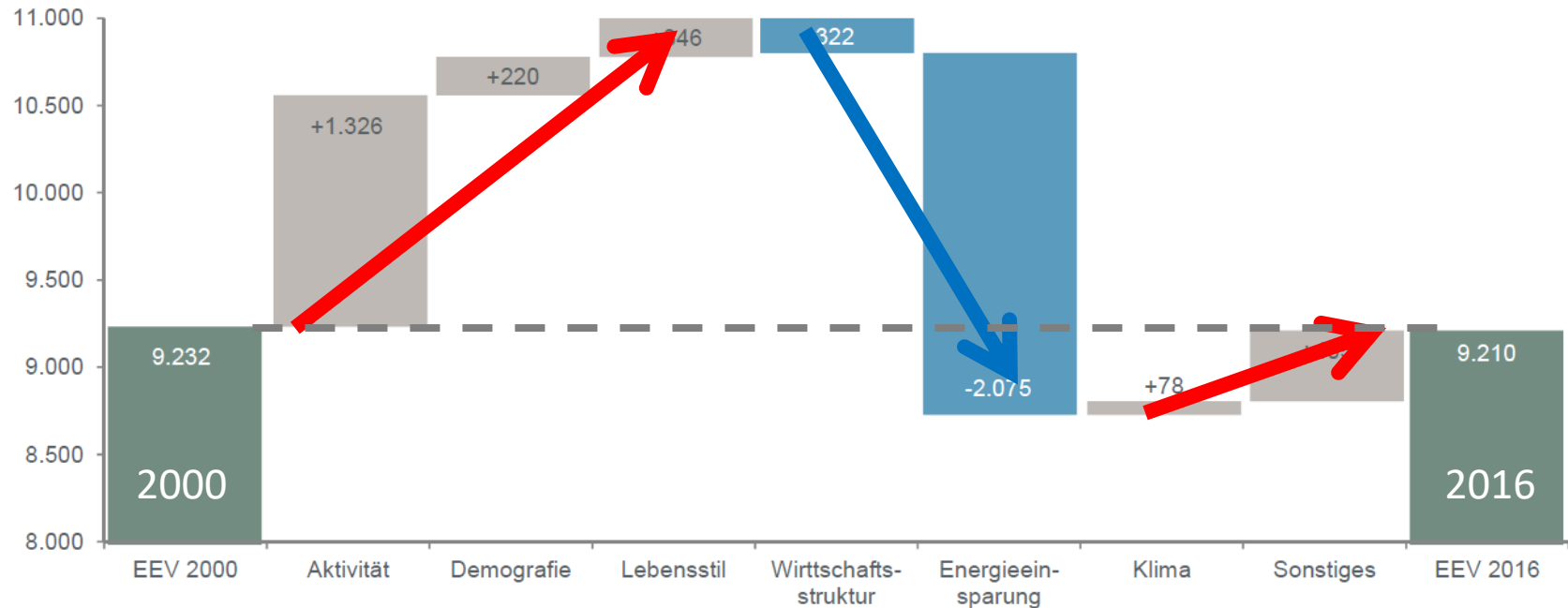
[https://editors.eol.org/eoearth/wiki/The_Coal_Question_\(e-book\)](https://editors.eol.org/eoearth/wiki/The_Coal_Question_(e-book))

Endenergieverbrauch 2000 - 2016

Trotz Effizienzsteigerung um 22,5% bleibt der Endverbrauch gleich

→ Jevons Paradoxon: Effizienz bewirkt Einsparungen aber letztlich Mehrverbrauch

In Petajoule (PJ)



KFW Resarch Nr. 213, Juli 2018

Quelle: www.indicators.odyssee-mure.eu (Stand: 28.05.18)

Was haben wir erreicht?

Stromwende Deutschland 2002 - 2018:

180 TWh EE ersetzen 43 TWh fossile Energie

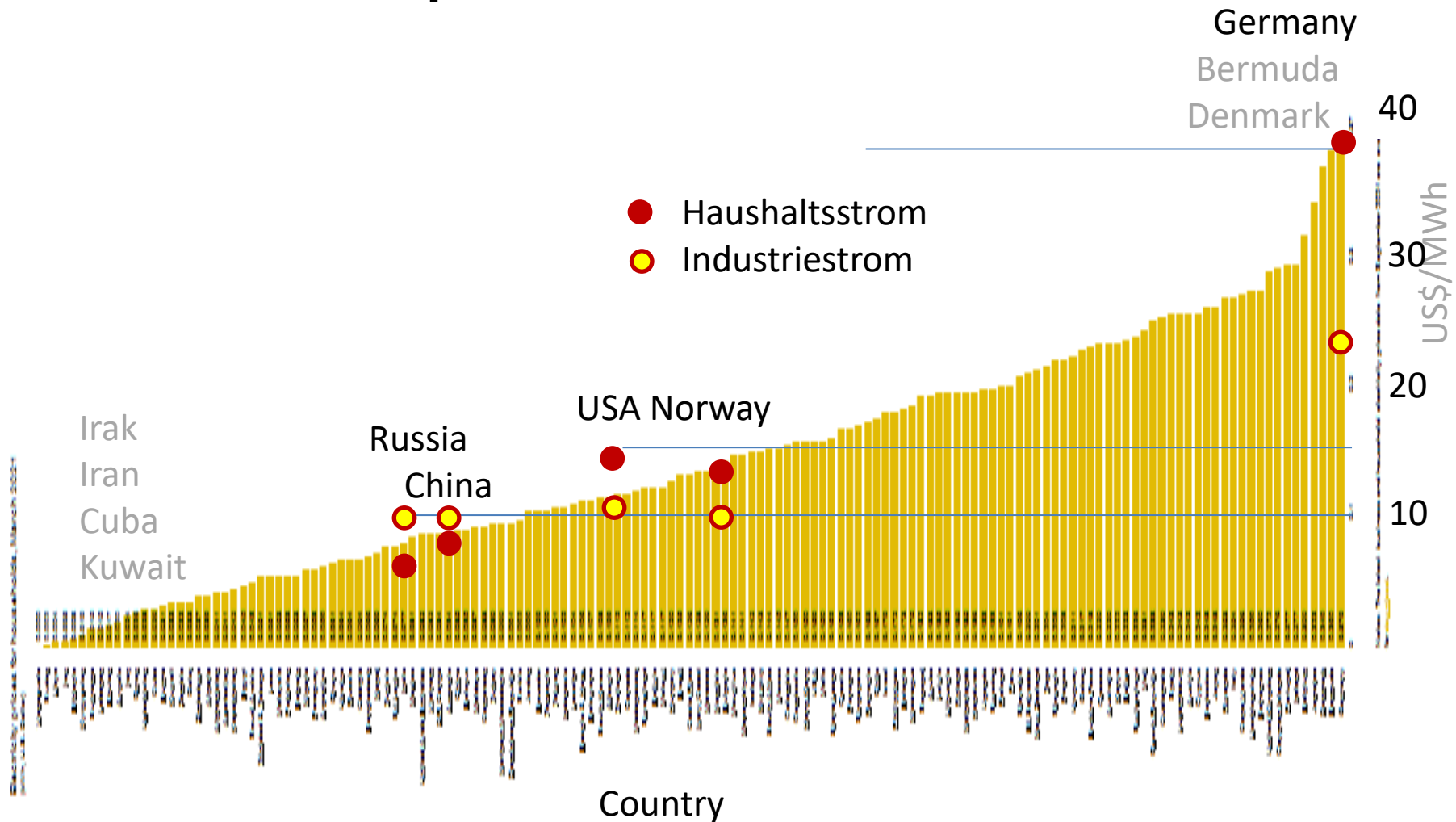
Stromproduktion in TWh	2002	2018	delta
Kernenergie	156,9	72,2	-84,7
Fossile Energien	313,4	269,8	-43,6
Erneuerbare Energien (EE)	39,9	219,5	179,6
Nettoexport	0,7	-51,0	-51,7
Summe negativer Werte			-180

F. Wagner: Zwischenbilanz der Energiewende – ein Diskussionsbeitrag (2019)

Die Ziele der Energiewende erreicht Deutschland überwiegend nicht ... treibt enormen Aufwand in krassem Mißverhältnis zum bisher dürftigen Ertrag
Der Ressourcenaufwand ... ist beispiellos.

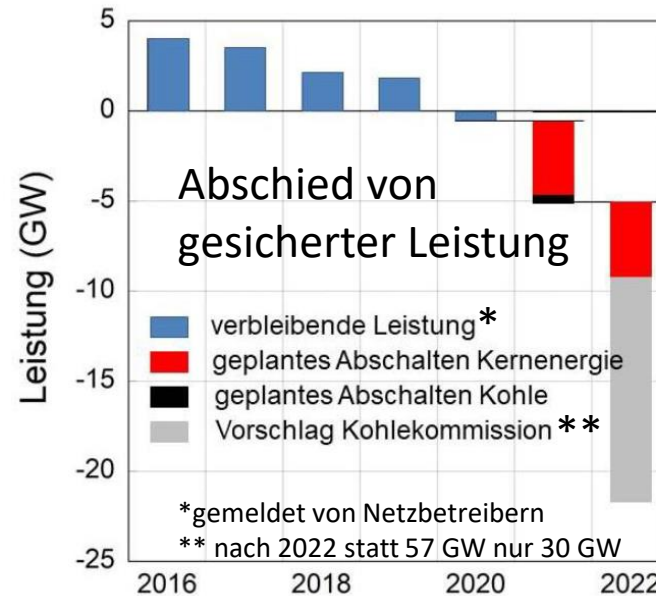
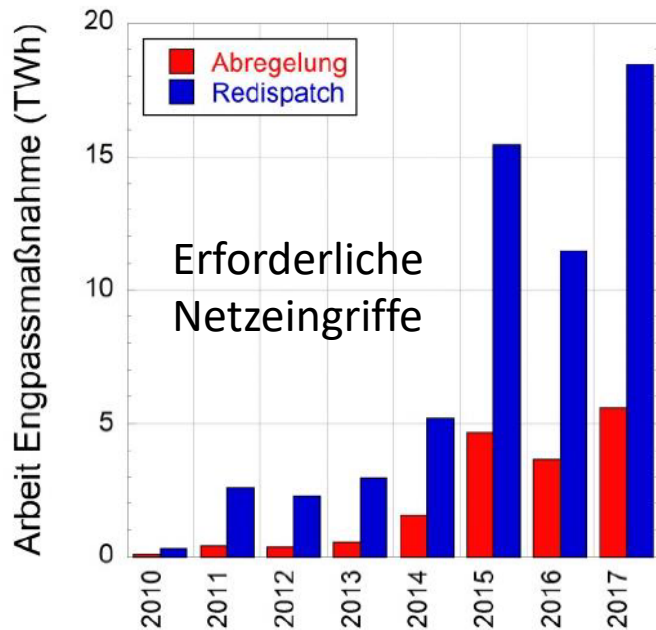
[Auszüge aus dem Communiqué des Präsidenten des Bundesrechnungshof, 27. September 2018]

Strompreis für Endkunden

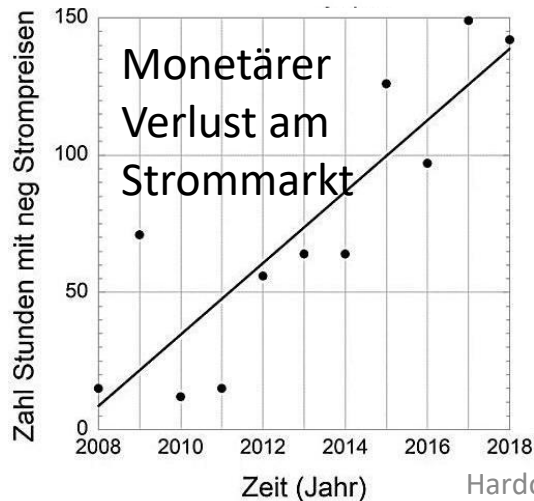


Stromwende Deutschland

Problem Intermittency = Fluktuationen bei Wind und PV



F. Wagner: Zwischenbilanz der Energiewende – ein Diskussionsbeitrag (2019)



Dringend erforderlich aber noch kaum in Angriff genommen:

- Back-up durch Reservekraftwerke (Gas, H2-ready)
- Ausbau des deutschen Stromnetzes
- Ausbau des europäischen Stromverbunds
- (Strom-) Speicher

Klimaneutrale Energie: Die Dimension der Energiewende

Energie (GWh = Gigawattstunden)

	Welt (2017) 100%	Deutschland (2018) 3% Anteil
• Primärenergieverbrauch:	113.000.000 GWh	3.390.000 GWh
In 1000 MW Kraftwerksblöcken:	13.000	387
Davon erzeugt durch		
• fossile Brennstoffe:	81%	80%
• Konv. Bioenergie und Abfall	9,5%	8,3%
• Wasserkraft (kaum steigerbar)	2,5%	0,5%
• Photovoltaik, Wind, Geothermie etc.	1,8%	4,8%
• Kernkraft	4,9%	6,3%

Quellen: Welt: IEA, Paris, Deutschland: AGE (AGEE-Stat). Prozentangaben gerundet.

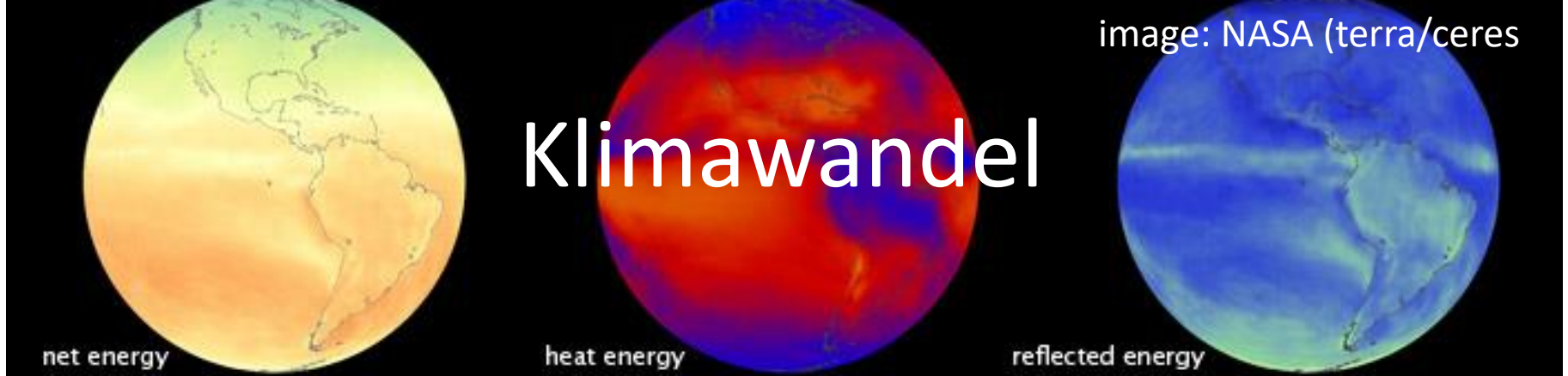
Anmerkung: Am deutschen Endenergieverbrauch machten Erneuerbare Energien 16,5% aus (2017)

Notwendig innerhalb 10-30 Jahren für globale Klimaneutralität:

- PV, Wind etc. und Kernkraft: x 12
- Falls nur PV, Wind etc. (Energie): x 45
- (Nominalleistung = Kapazität): x >100

(zusätzlich: Netzausbau, Speicher + Überschußstromnutzung)

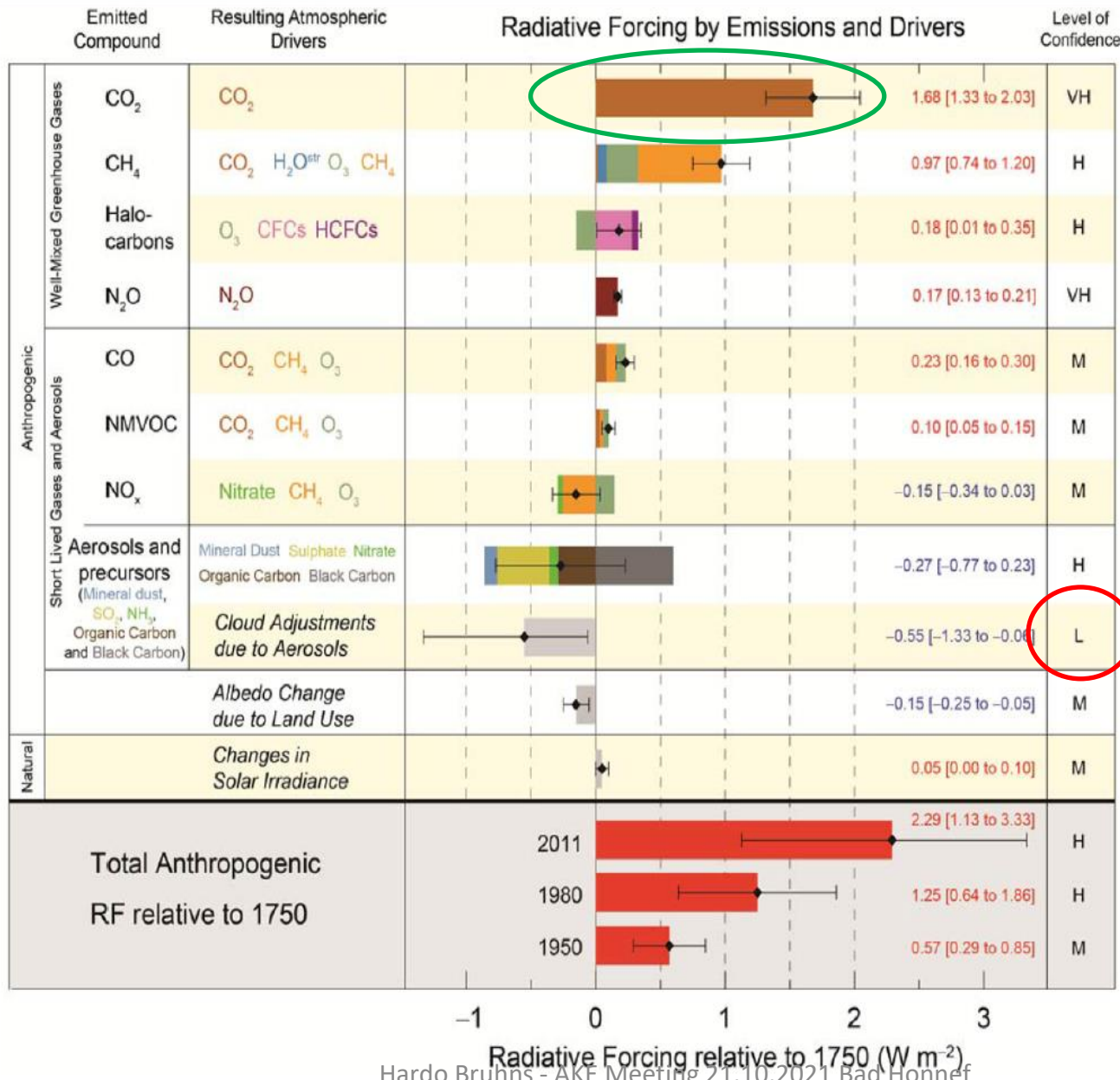
10



Massive Datensubstanz für Modellierungen

Aktuell erweitert u.a. durch

- CERES Mission (Clouds and the Earth's Radiant Energy System)
 - ERBE (Earth Radiation Budget Experiment)
 - TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)
- Partielle Unsicherheiten u.a.
 - Wolkenbildung (→ u.a. Albedo)
 - Aerosole
 - Oceanic response



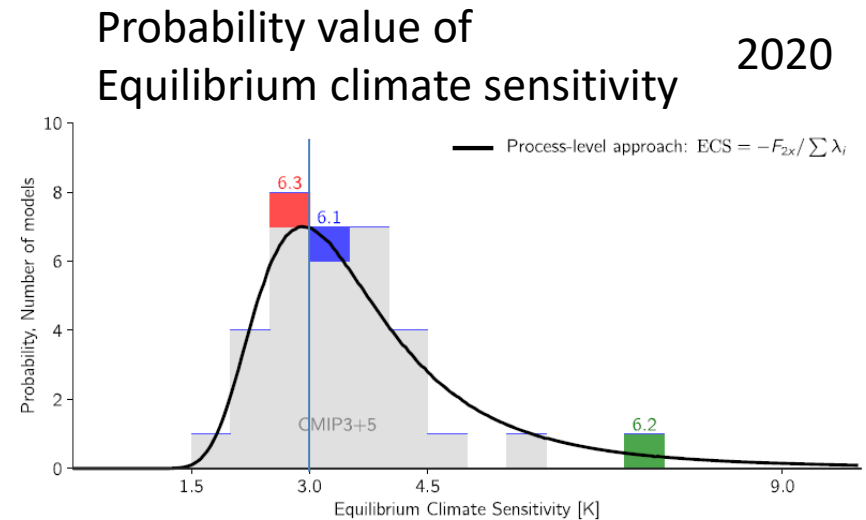
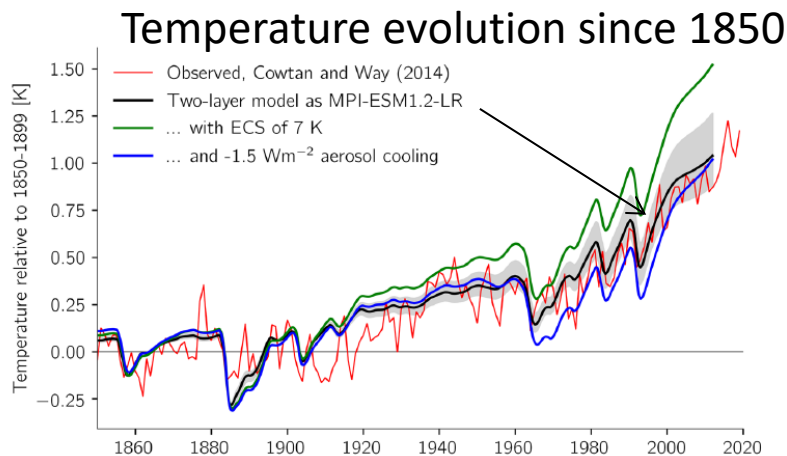
H. Schmidt,
AKE 2019F

Auch e.g.:
C.-D. Schönwiese
AKE 2013H

Herr Schönwiese
hat dem AKE über
zwei Jahrzehnte
immer wieder zum
aktuellen Stand
der Klima-
wissenschaft
berichtet. Danke!!

2020: A global climate model adapted to improve the match with instrumental records: MPI-ESM1.2*

- Reducing the equilibrium climate sensitivity to 3 K (with less aerosol cooling) compared to earlier tuning with up to 7 K

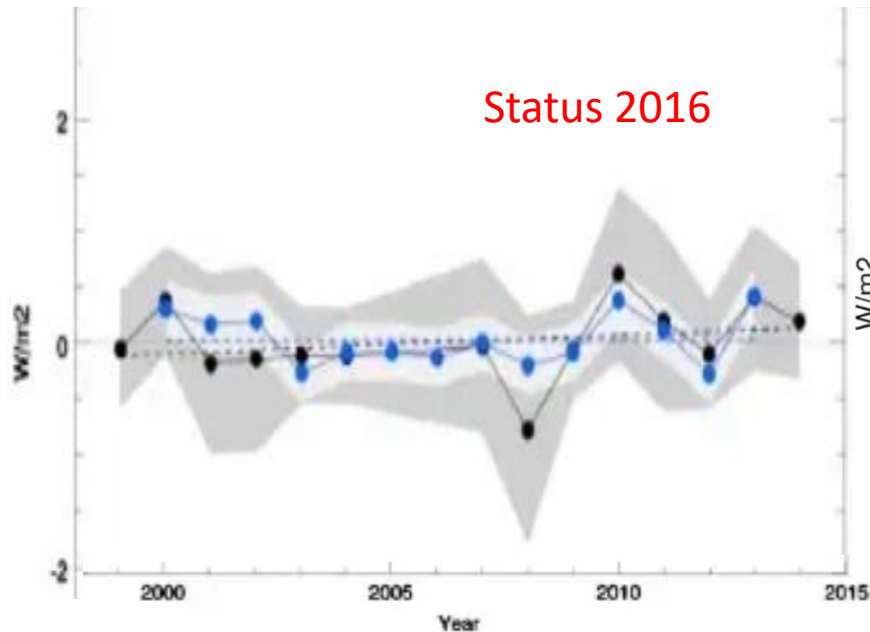


Equilibrium climate sensitivity: average change in earth surface temperature in response to changes in radiative forcing - temperature increase for doubling the CO₂ concentration

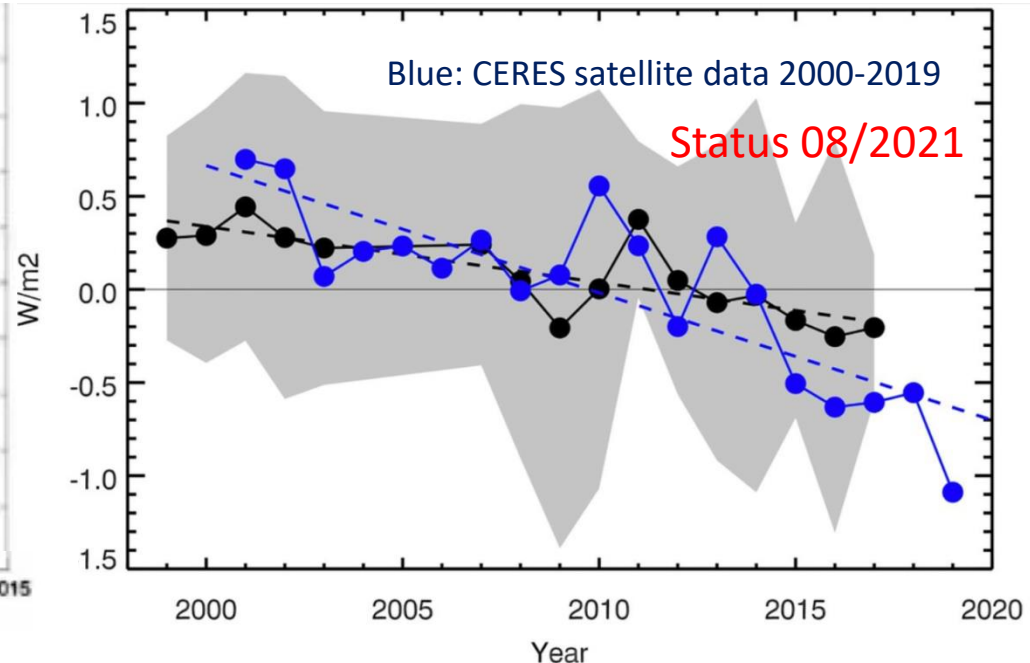
*Mauritsen, T., & Roeckner, E. (2020). Tuning the MPI-ESM1.2 global climate model to improve the match with instrumental record warming by lowering its climate sensitivity. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12, e2019MS002037. <https://doi.org/10.1029/2019MS002037>

One of the difficult parameters: The Earth Albedo

New analysis shows reduced reflected radiation „due to less polar ice and less clouds“



Earth's albedo variations 1998–2014 as measured from ground-based earthshine observations, Pallé, E., et al. (2016), Geophys. Res. Lett. 43, 4531–4538 (2016), doi:10.1002/2016GL068025



Earth's Albedo 1998–2017 as Measured From Earthshine
P. R. Goode, E. Pallé, A. Shoumko, S. Shoumko, P. Montañes-Rodriguez, S. E. Koonin, <https://doi.org/10.1029/2021GL094888>
First published: 29 August 2021

Folgen des Klimawandels

- Erwärmung
- Veränderung der Lebensbedingungen in der Biosphäre
- Veränderung von Feucht- und Dürreregionen
- Wetterextreme
- Meeresspiegel steigt
- ...
- Kipp-Punkte
 - Wieviel Spielraum bleibt?

→ Wir müssen handeln! Handeln wir?

Energiewende

Nutzbare Energiequellen auf der Erde

– Kernenergie

Grün: „Erneuerbar“

- Kernfusion

AKE/DPG 2021 T. Pütterich, C. Linsmeier

- Solarenergie

- » Direktkonversion: Photovoltaik

AKE/DPG 2021 S. Abrecht

- » Wärmeenergie: Solarthermie, CSP

AKE/DPG 2021 R. Pitz-Paal

- atmosphärische Energie: Windenergie

AKE/DPG 2021 A. Kleidon

- Meeresenergie (Wellen, Strömung)

- Wasserdampf – Wolken – Regen – (Fließ)wasser - Osmose

- » Leben / Bioenergie

- Biomasse (fossile Brennstoffe) → Feuer

- Org. Chemie / Biologie → Bioenergie

AKE/DPG 2021 K. Bühler

- Kernspaltung

AKE/DPG 2021 T. Stumpf

- Geothermie

AKE/DPG 2021 S. Regenspurg et al.

- Gravitation (Gezeiten, Strömung), Erdrotation/Coriolis ...

Photovoltaik:

1839 observes E. Bequerel, 1907 explains Einstein the photoelectric effect

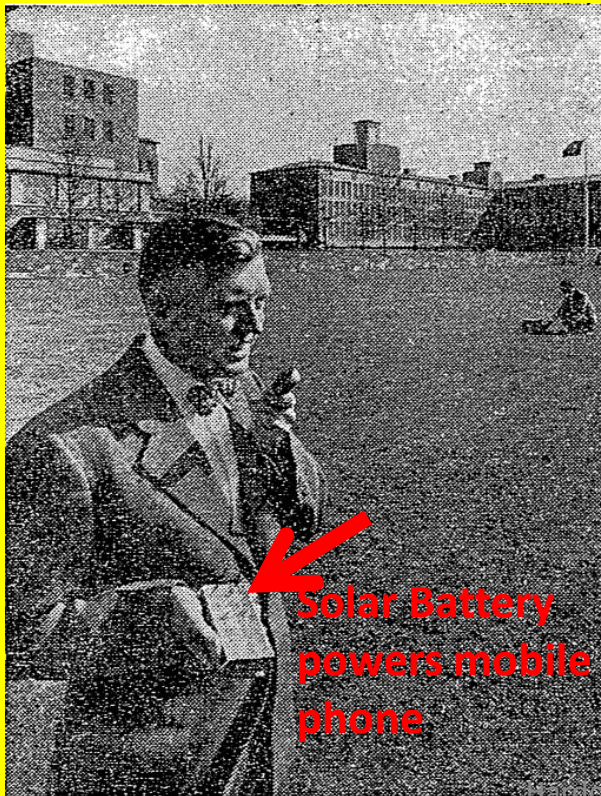
1954 PV on the front page

PV for the first time on a front page
(Chaplin, Fuller, Pearson, Bell Labs, a
silicium cell with 4% efficiency)

New York Times 25. 04. 1954

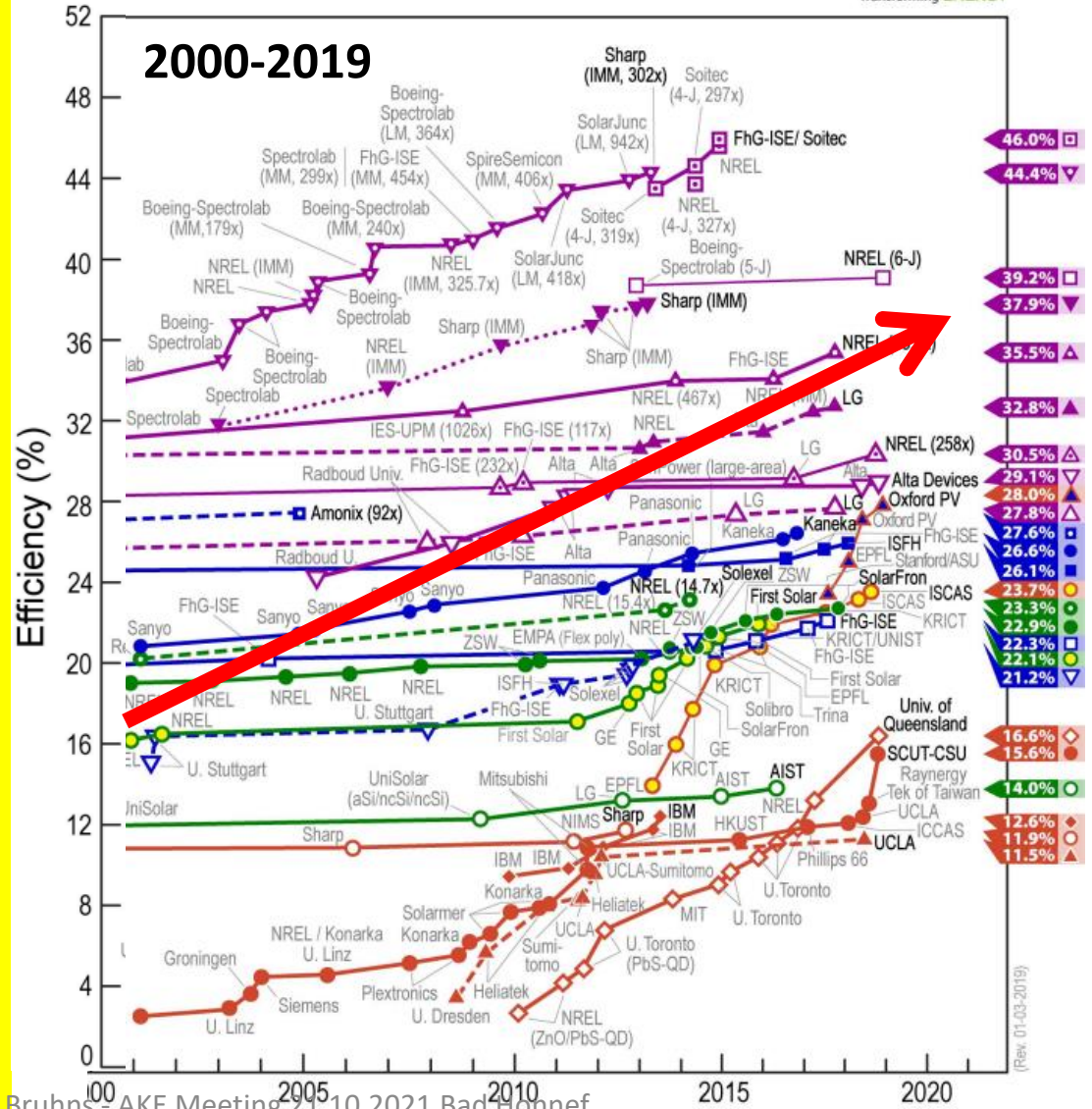
***Vast Power of the Sun Is Tapped
By Battery Using Sand Ingredient***

Special to The New York Times.



Solar Battery
powers mobile
phone

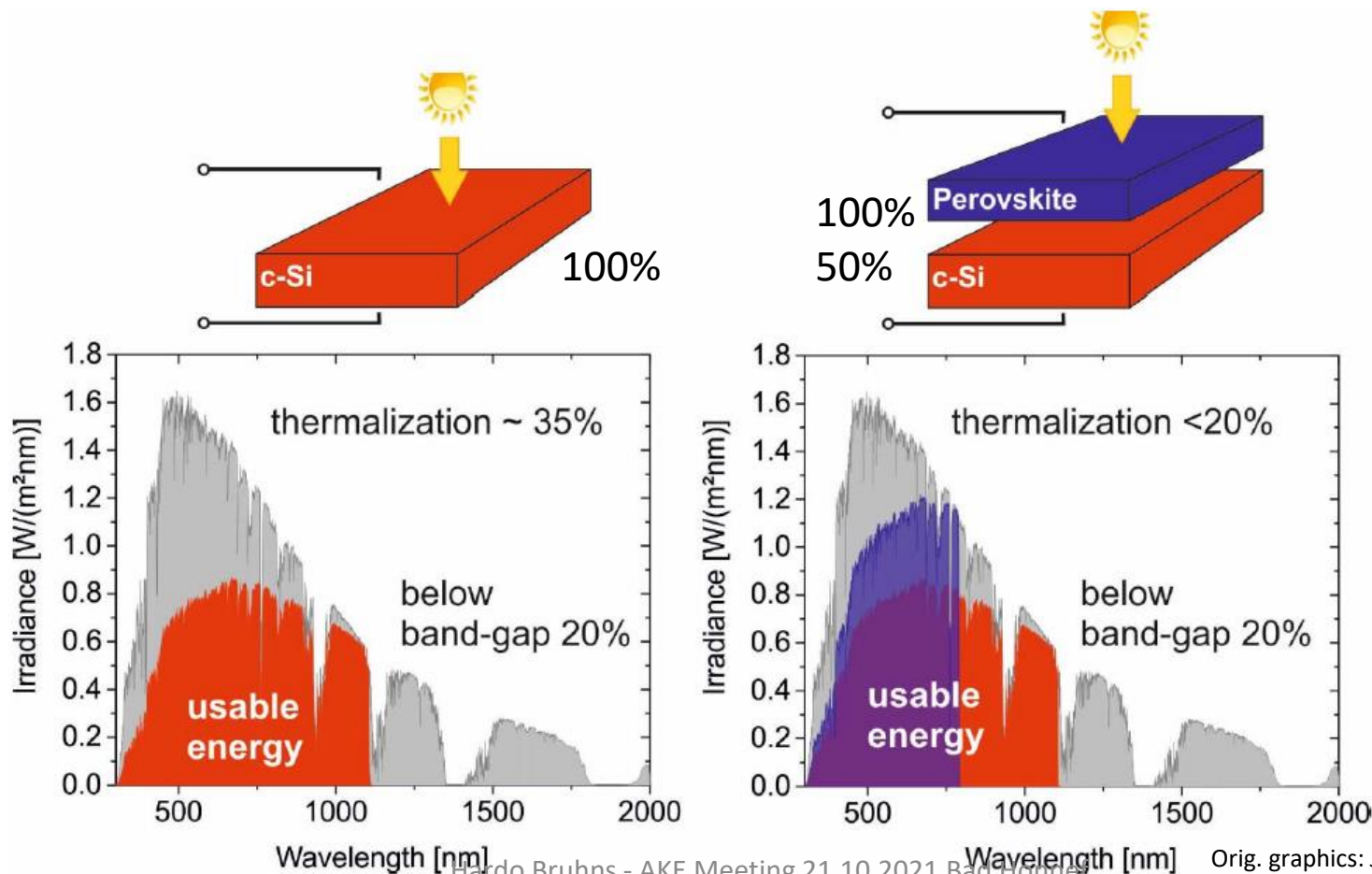
Best Research-Cell Efficiencies



Photovoltaics: New developments:

Commercial Photovoltaic Tandem Cells → 30% efficiency

C-SI / PEROVSKITE TANDEM



Adapted from
S. Albrecht et al.,
DPG/AKE 2021

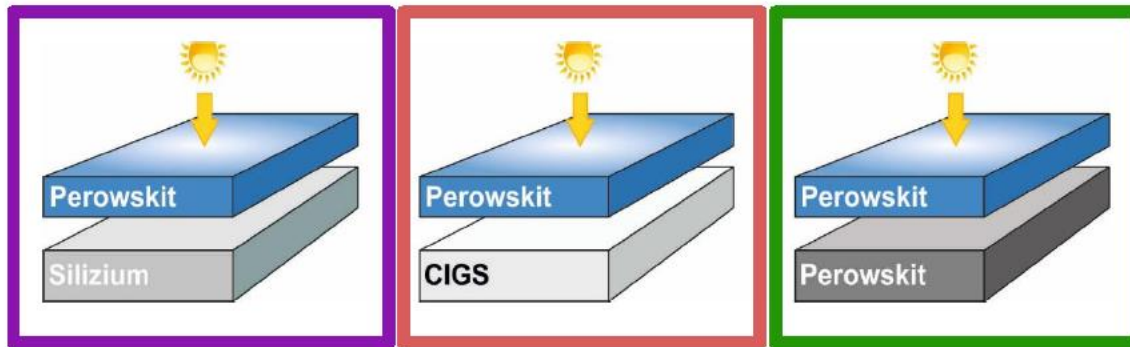
S. Albrecht et al.,
DPG/AKE 2016

M. Saliba, E. Unger
DPG/AKE 2017

Perovskites offer new perspectives Tandem (and triple) Photovoltaics

Finally >30%

HZB Helmholtz
Zentrum Berlin



- Tandem (and triple) photovoltaic cells allow **new optimization strategies**
- **Perovskites as a crystal class**
 - organic – inorganic composition can be designed for desired spectral behaviour
 - New device architectures
 - Combination with flexible substrates → high power-to-weight ratios
 - Stability & Degradation is still a research priority (needed 20 – 30 years)
 - Improved thin-film fabrication processes: Sheet-to-Sheet, Roll-to-Roll

So far Perovskite-cells contain as crystal **core element Pb** which may conflict in future with **environmental standards**. Replacement e.g. by Sn may offer ways forward*

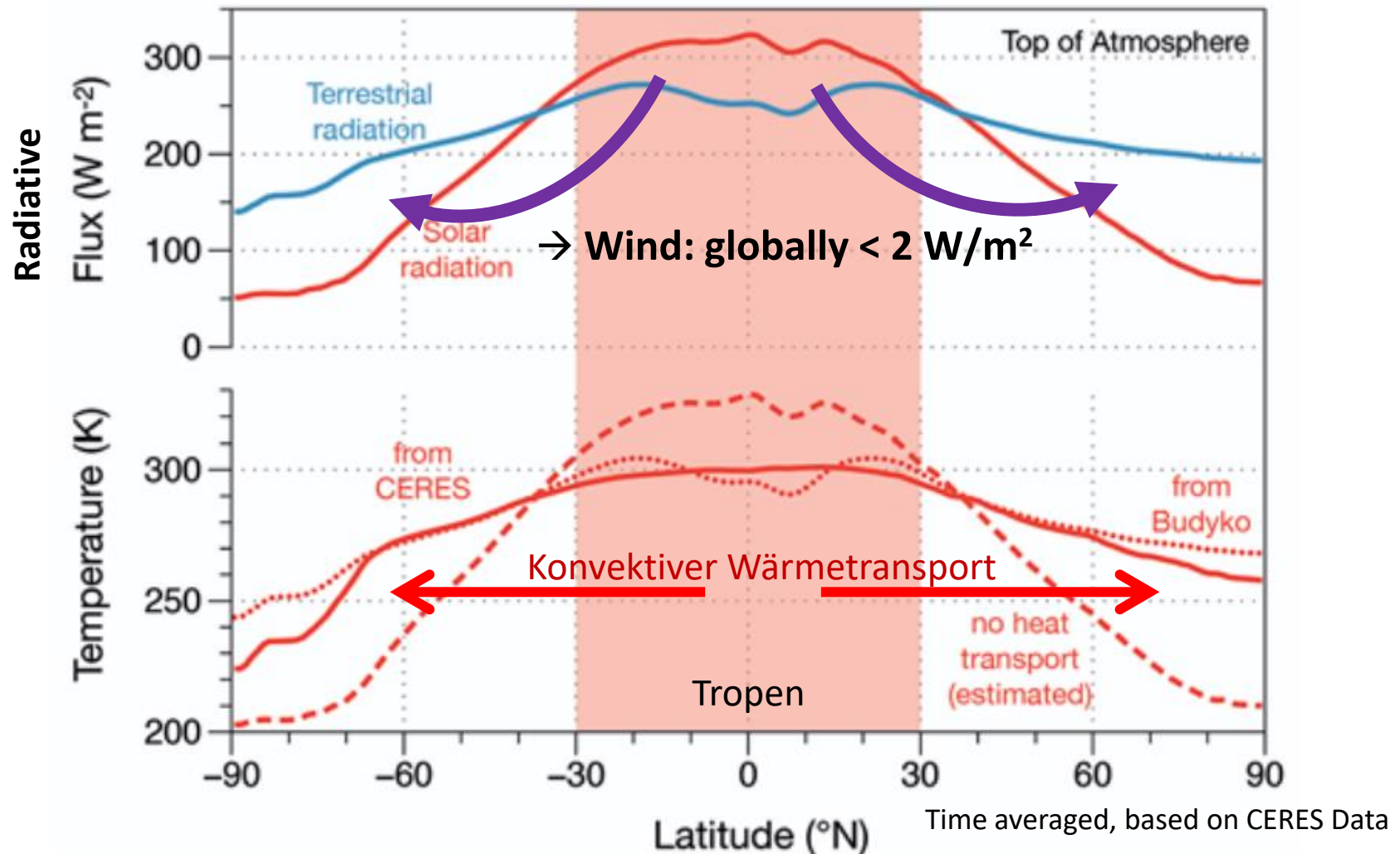
AKE2009 N. Brabec

*Noel, N., Stranks, S. et al. *Energy Environ. Sci.*, 2014,7, 3061-3068

Weitere Information: https://www.helmholtz-berlin.de/forschung/oe/se/perovskite-tandemsolarcells/index_en.html

Wind - the Atmospheric Heat Engine

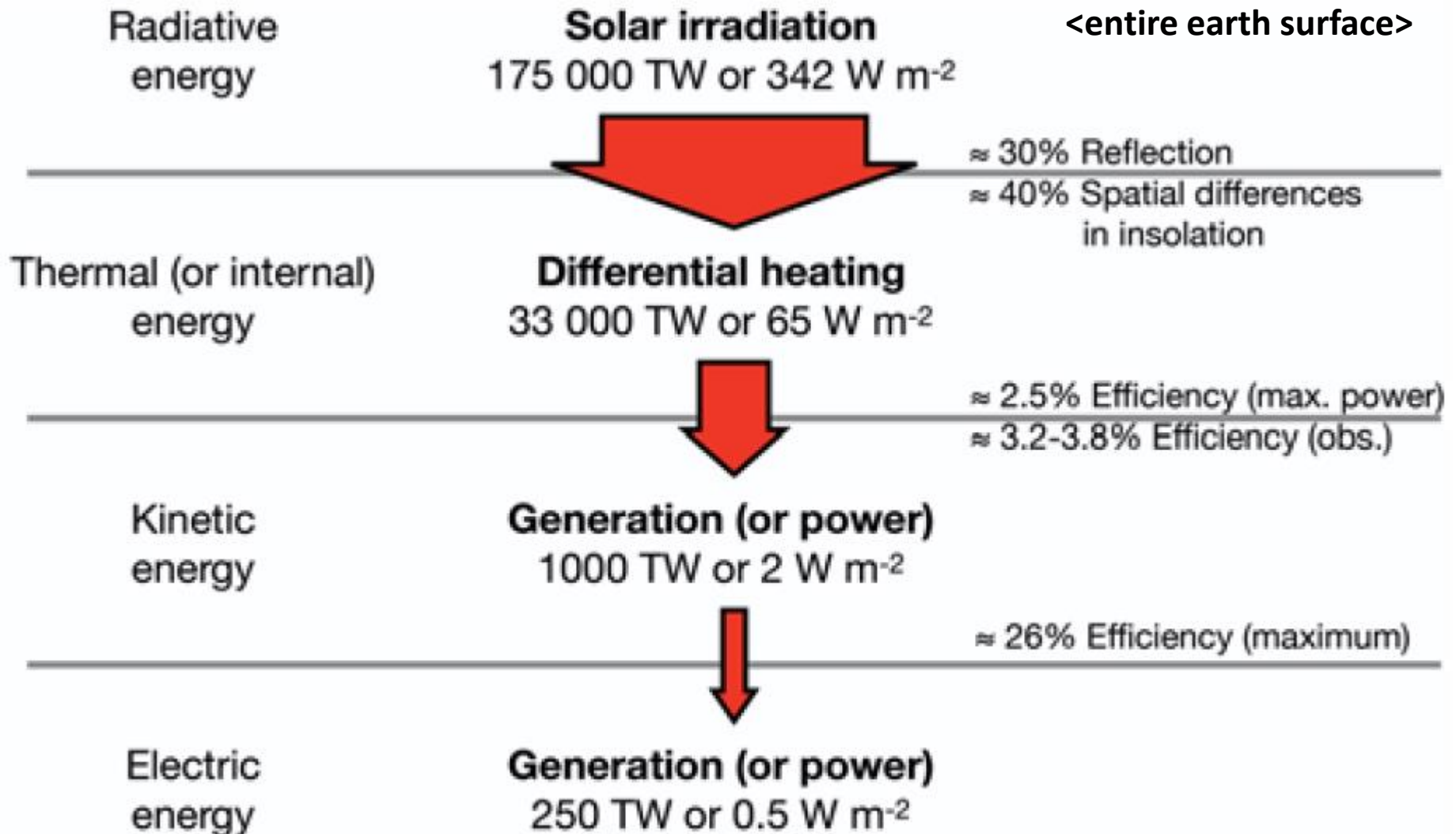
A. Kleidon, AKE 2021 (2020)



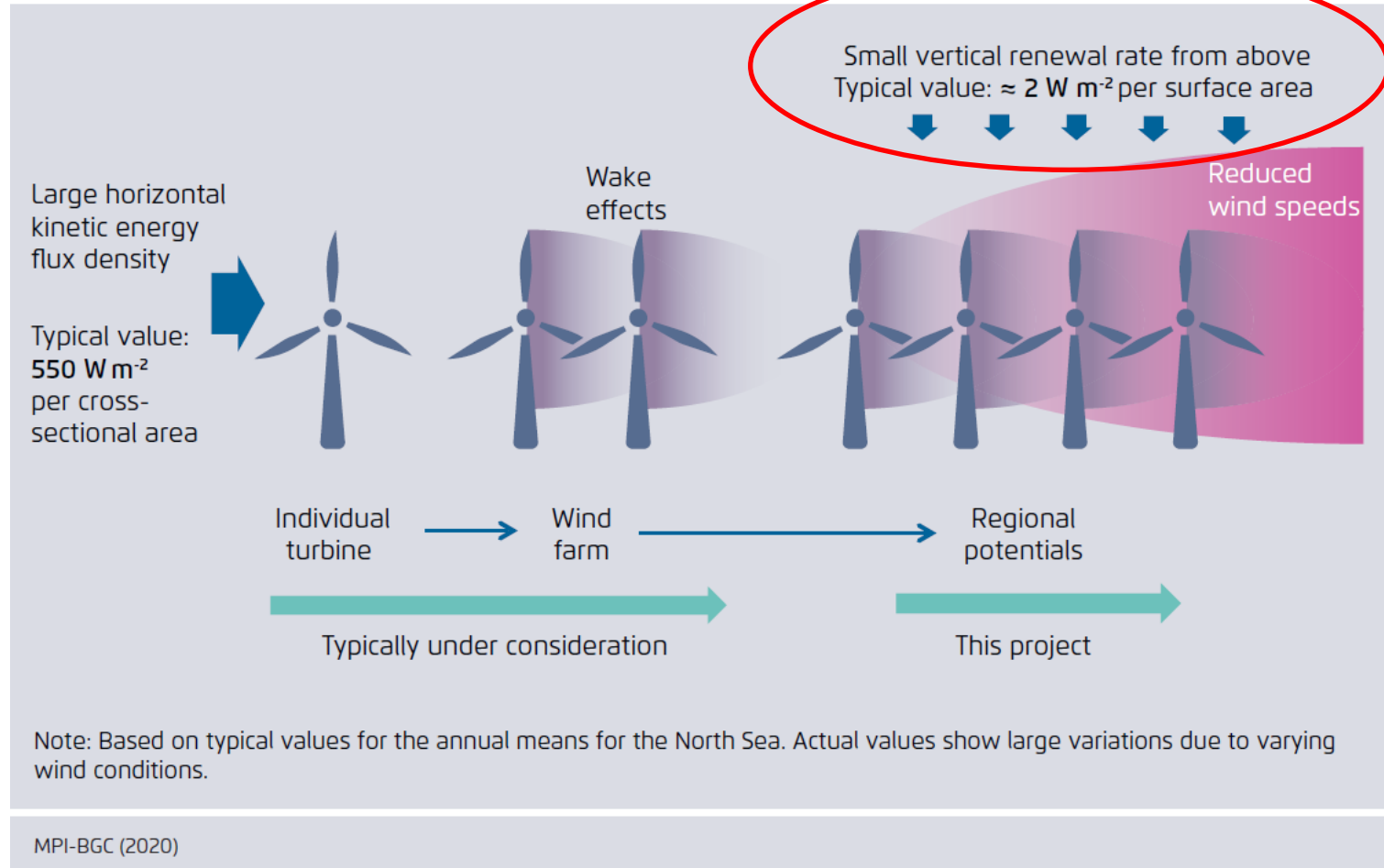
A. Kleidon: Physical limits of wind energy, Meteorol. Z. (Contrib. Atm. Sci.) 30, 2021 p. 205

Solar energy → Wind → Electrical Energy

A. Kleidon, AKE 2021



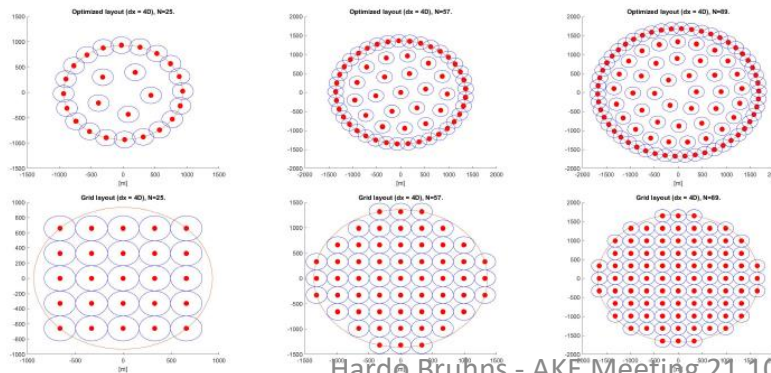
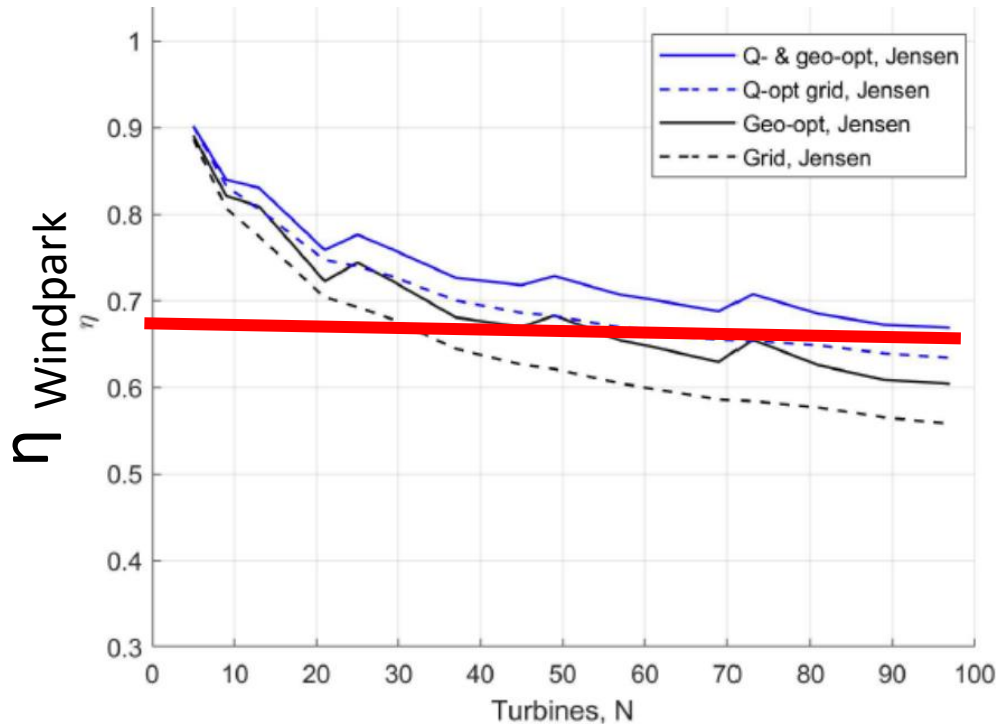
Wind yield declines with number of turbines – horizontal wind energy must be maintained by vertical influx (A. Kleidon, AKE 2021/2020)



A. Kleidon: Physical limits of wind energy, Meteorol. Z. (Contrib. Atm. Sci.) 30, 2021 p. 205

Optimizing Windpark Efficiency

(M. Greiner et al. - AKE-DPG 2019)



OUTLOOK:

-- Heterogeneous wind rose,

$$\min \sum_{i < j = 1}^N \frac{1}{d_{ij}(\theta)}$$

-- Optimal cable layout,

-- Optimal maintenance:
traveling salesman
problem.

Deutschland 2021: → 2% Fläche für Wind!!

Deutschland	357581	qkm
A: 2% Fläche	7152	qkm
Leistung Windturbine	7	MW _{el}
Marginaler Abstand	550	m
Fläche je Windturbine	0,3	qkm
Maximale Zahl Turbinen	23 642	
Nominalleistung	165	GW _{el}
Vollaststunden	2500	h
Erwarteter Jahresertrag	414	TWh _{el}
- entspricht Flächenleistung bezogen auf A	6,6	W _{el} /m ² Jahresmittel
- erforderliche Windleistung ($\eta = 0,59$, Betz)	11,2	W _{wind} /m ² Jahresmittel
Tatsächl. Erforderlich ($\eta = 0,28$, Kleidon)	23,6	W _{wind} /m ² Jahresmittel Windpark

A. Kleidon, Meteorol. Z. (Contrib. Atm. Sci.) 30, 2021 p. 205, dort zit. Miller et al. und weitere: Mittlere global verfügbare Windleistung: 2 W/m²; In ausgedehnten Windparks sinkt die mittlere verfügbare Windleistung auf <1 W/m². BRD: Problematisch offshore, ggf.

Norddeutschland

Energiespeicher



19 - 21 October 2021

A PRIMARILY DIGITAL EVENT WITH
ON-SITE SESSIONS IN BRUSSELS

MARKET - POLICY - TECHNOLOGY

REGISTER NOW ON WWW.ESGC.ORG

- **Batterien**, derzeit noch großer CO₂-Rucksack (Konstruktion E-Auto: 12 t CO₂, Verbrenner: 5 t CO₂) – gleichauf erst nach 120.000 km (Buchal/Karl/Sinn 2019; Johanneum Res./ADAC 2019; H.-W. Sinn, AKE 2020H; Emilsson, Dahllöf, IVL C444, Nov. 2019)
 - Rasche Fortschritte: Lithium und Beyond-Lithium (M. Fichtner, AKE 2017F)
 - „behind the meter“ – dezentrale Speicher
- **Wasser** für Netzdienstleistungen, ggf. kurz- mittelfristige Zeiten
 - Heimisch: Pumpspeicher 8 GW für 6 Stunden, kaum erweiterbar
 - Skandinavien, Alpen → attraktives Geschäftsmodell für Speicherländer
 - Norwegen /Skandinavien ökonom. Potential 200 TWh (theor. Pot. 3x) (W. Rondeel, AKE-DPG 2012, Berlin)
 - E-Storage Project (EU): 1,6 TWh
 - Pumpspeicher im Ex-Tagebau, Ozean ... (G. Luther, AKE 2019H)
- **Chemisch** für Langzeit und größten Maßstab
 - **H₂** (R. Schlögl, DPG 2021, AKE 2020H, L. Blum, AKE 2019H)
 - **LOHC** P. Wasserscheid AKE 2019H, C. von der Heydt AKE/DPG 2019
 - **E-Fuels /Synfuels**, AKE 2020H, R. Zellner, AKE 2018F M. Waidhas
- **Wärme** für saisonale und kürzere Zeiten, F. Schütz, 2021 CSP R. Pitz-Paal AKE/DPG 2021, für Gebäude und Quartiere W. Feist AKE/DPG 2018

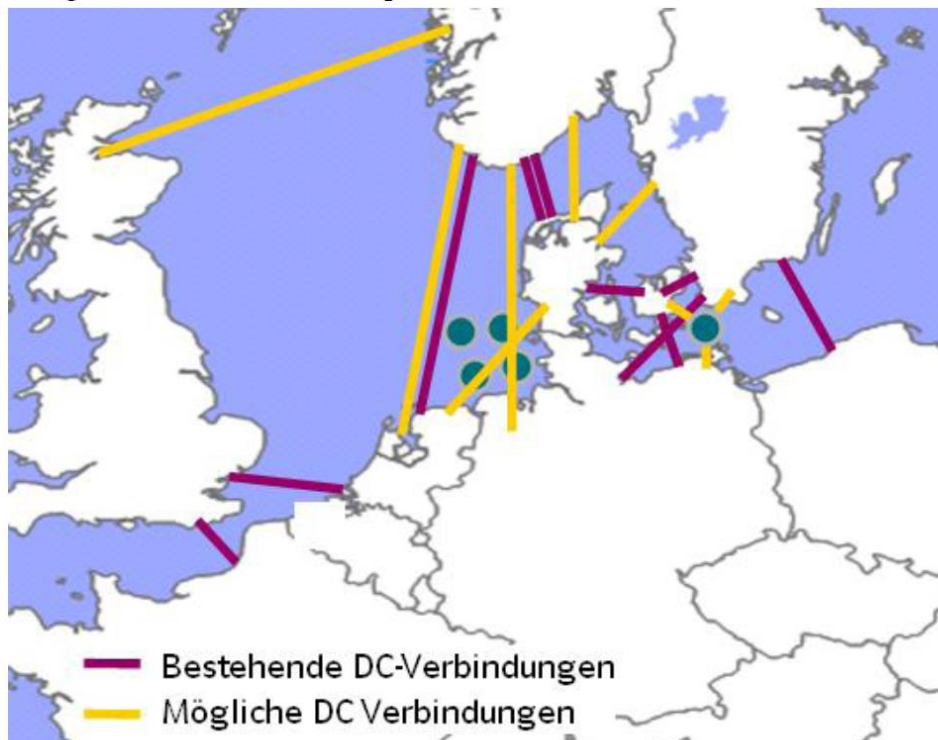
Deutschland ist und bleibt Energieimportland

- 2020: 70% der Primärenergie werden importiert.
- Verfügbare Flächen in D für Ausbau EE z. T. begrenzt
- Dominant nationale PV- und Windstromerzeugung erhöht Kosten und Speicheraufwand
- Offshore Windenergie: Verbund mit Skandinavien, UK, F erforderlich
- Solar: Ergänzung durch Südeuropa und MENA- Region?
 - Solarleistung in MENA-Region 1,5 – 2,5x größer
 - Flächenkosten 2-5 x niedriger
 - Transportkosten im Vergleich dazu gering.
- Kernspaltung ist auf absehbare Zeit keine Option in D. (???)
- Voraussetzungen
 - Europäisches oder internationales Energierecht (Steuer, Subventionen)
 - Effiziente europäische und internationale E-fuel und Stromtransportsysteme
 - Friedliche und stabile Entwicklung

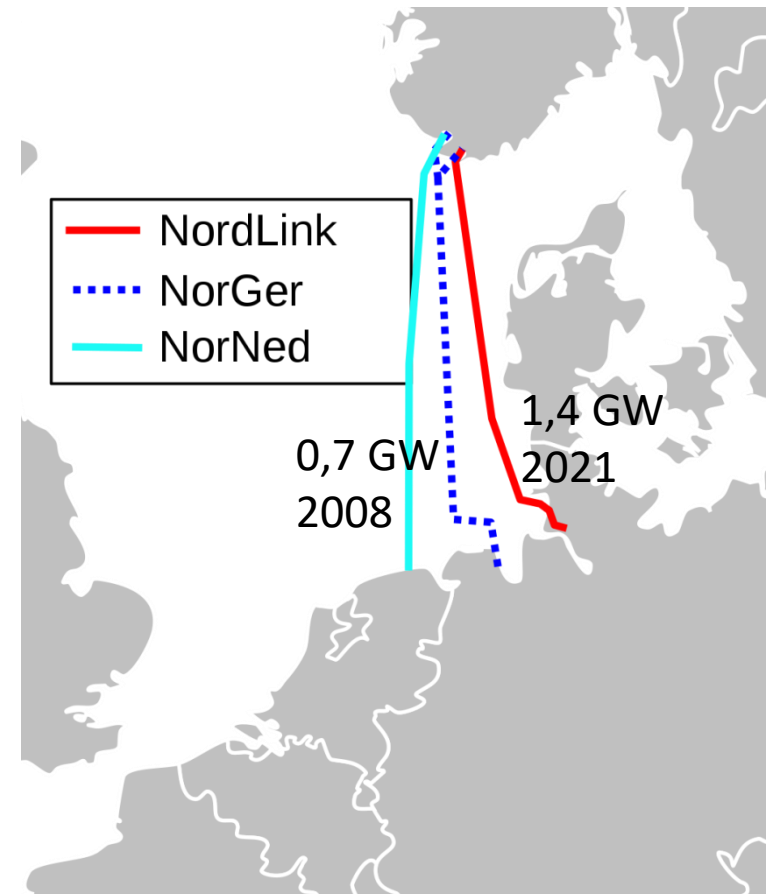
Pumpspeicher in Norwegen – Nutzung für Deutschland?

Bisher: max 180 TWh/a , in trockenen Jahren >90 TWh/a

Ökonom. Potential 200 (100) TWh/a (theor. Pot. 600 (300) TWh/a)



Quelle: EWIS



Existierende Kabel :3,6 GW

Konzepte: 4-5 GW, erfordern Ausbau der norwegischen Pumpspeicher-Infrastruktur

Kernenergie (in Deutschland) Schlecht in jeder Hinsicht (??)

Vorgebrachte Argumente gegen Kernspaltung (in der Hauptsache)

- Kernenergie International Auslaufmodell → Klarstellungen z.B. L. Mohrbach AKE2018H, R. Stieglitz AKE/DPG 2014
- Unwirtschaftlichkeit?
- Begrenzte Ressourcen ?
- Großtechnik?
- Baseload nicht mehr benötigt?
- Strahlenbelastung in Umgebung bei Betrieb? → R. Friedrich, AKE 2011F, DPG/AKE 2011 (Dresden)
- Strahlenbelastung bei Unfall / GAU? → W. Tromm, AKE2016F, Symposium „Fukushima und die Folgen, AKE/DPG 2012 Berlin
- Langwieriger und teurer Rückbau zu green field?
- Abfall / Endlager/Rückholbarkeit? → D. Bosbach AKE 2016H,
- Wiederaufarbeitung (P&T)? → G. Kirchner, (E. Gelfort) AKE 2016H
- Proliferation?
- CO2-Bilanz? Sovacool, B. et al. Nature Energy 5.11: 928-935 (2020), Fell, H. et al.,
Reply to Sovacool et al. <https://ssrn.com/abstract=3762762>, Jan. 8, 2021
- Neue Spaltungsreaktorkonzepte, Gen IV, small+modular, distributed core – USA, Russland, SA etc.



Kernfusion und Kernspaltung

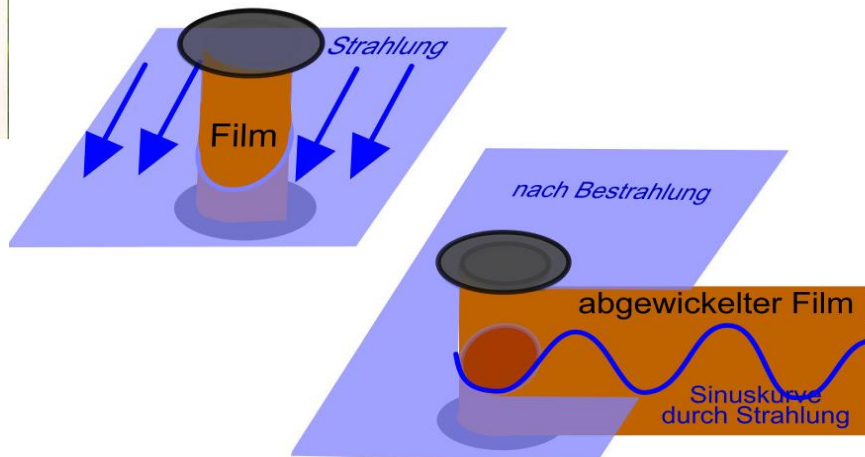
- Veraltet: „Raus aus dem Dampfzeitalter“ M. Kleinert in „Die ZEIT“ No. 14, März 2021
- Kernenergie fossil ? (EU Einstufung als „nachhaltig“ offen, erhebliche Kostenauswirkung).

Wichtig, /Problem – beherrschbar, zu bedenken– Unfug, grober Unfug

Wim Wenders' Fukushima Erlebnis



Gepäckscanner am Flughafen



- Besucht ein Dorf bei Fukushima und misst dabei mit einem Dosimeter 8 - 10 μSv (niedriger als Dosis bei Flug Tokyo-Los Angeles).
- Macht Fotos mit seiner Rollfilmkamera. Monate später entwickelt, zeigen sie Signaturen wie nebenstehend skizziert.
- Zeigt diese Fotos weltweit in seinen Ausstellungen als unheimliches Menetekel der Strahlenbelastung und der Gefahren der Kernenergie

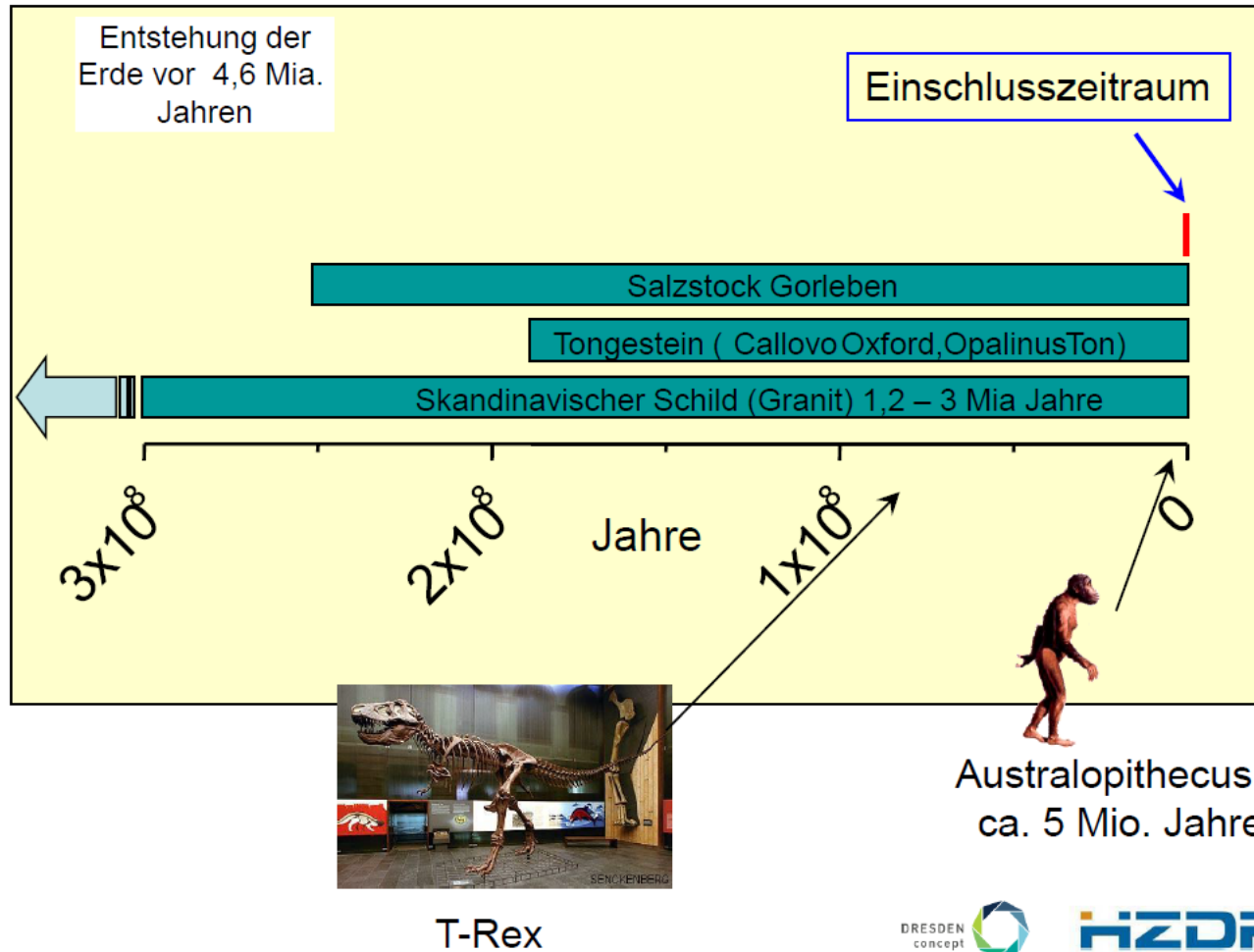
Erstaunlich, dass ein so erfahrener Fotograf die Kodak-Webseite nicht kannte:
Farbnegativfilm nach Passieren eines
Gepäckscanners am Flughafen



Endlagerung nuklearen Abfalls

Zeitskalen

T. Stumpf, AKE/DPG 2021



Rückholzeit:
500 Jahre

DRESDEN
concept

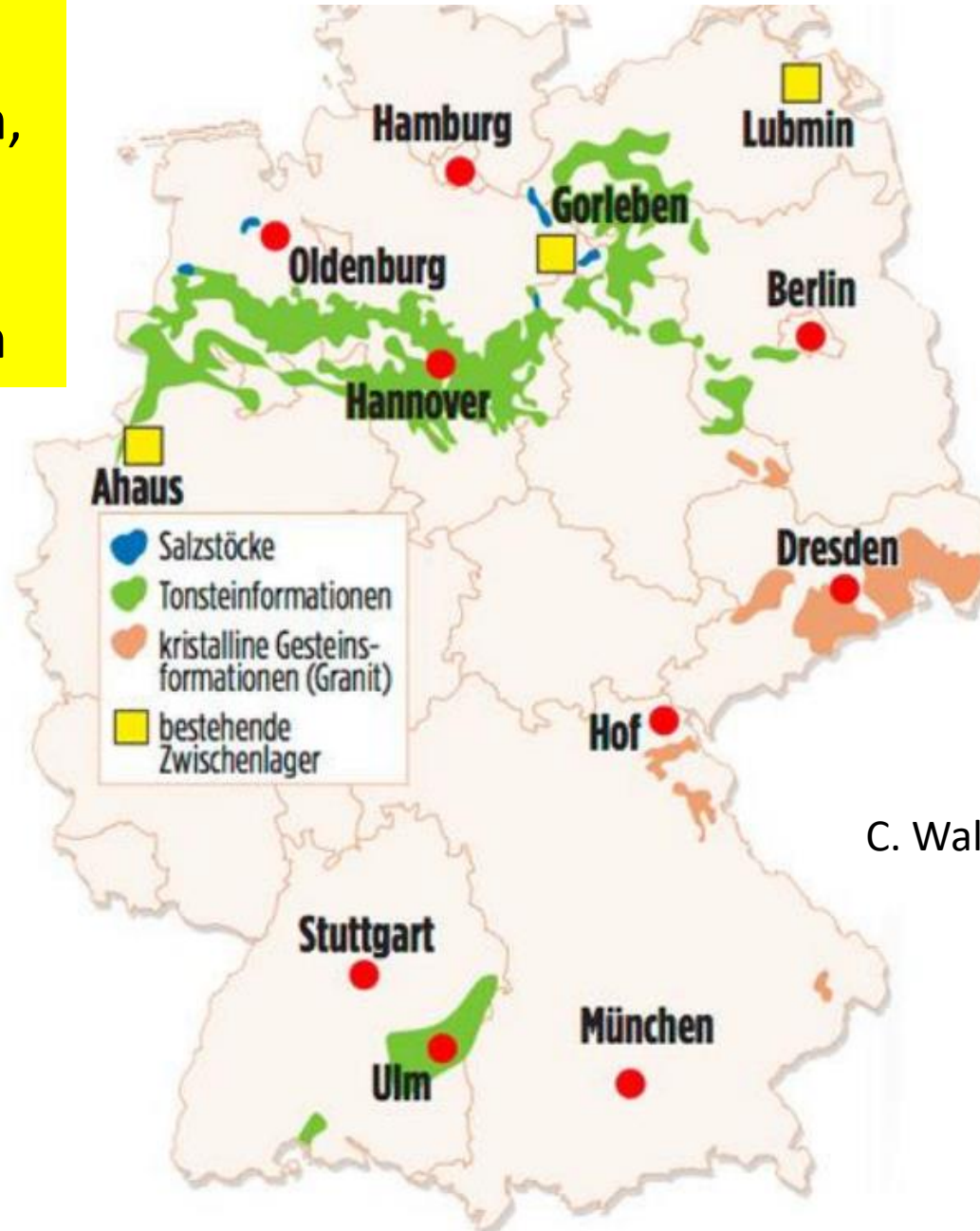
HZDR

Endlagerung in Deutschland

- Radioaktive Abfälle (Medizin, Forschung ...) mit geringer Hitzeentwicklung: 280.000 cbm
- Nukleare Abfälle (Kernkraftwerke) mit Hitzeentwicklung
 - 28.000 cbm (spent fuel 21.000 cbm)
 - **Lagerung oberirdisch ohne substantiellen Schutz**
 - Lagerung derzeit an 18 Kraftwerksstandorten und
 - 3 Zwischenlager (Ahaus, Gorleben, Lubmin)
 - (z. Zt. Dry storage konvektive Luftkühlung, wet storage active cooling)
 - **massive Gefahr durch Terroristen, militärische Konflikte, Nachlässigkeit**
- In Deutschland ist wohl keine Endlagerung möglich bevor nicht alle Sicherheitsaspekte für die langfristige Zukunft seriös geklärt sind. Alle bisherigen Indikationen wurden verworfen und ein neuer Findungsprozess begonnen.

→ C. Walther, AKE/DPG 2019

Abfall von Kernkraftwerken, Zwischenlager und Lager bei Kernkraftwerken



C. Walther, AKE/DPG 2019

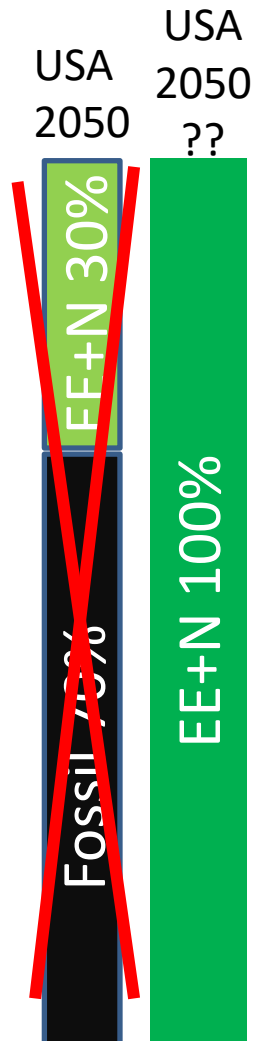
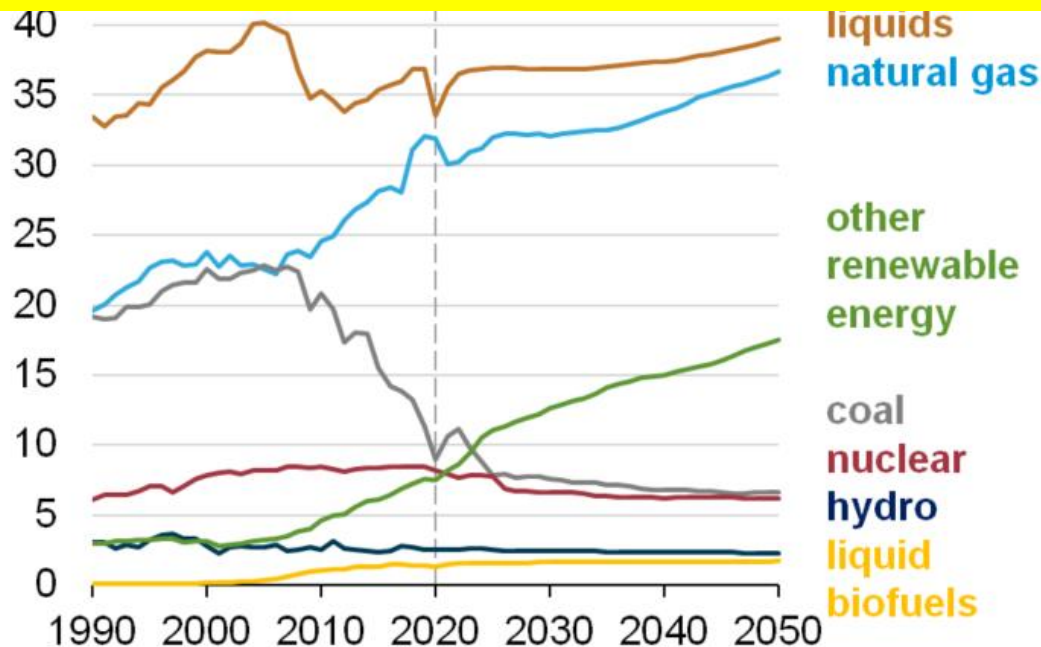
US energy consumption projection to 2050 by fuel

President Biden: US returns to Paris Agreement

President Biden announces two targets:

1. Net-zero Carbon Emissions by 2050
2. 100% clean electricity by 2035
 - by installing until 2030 2030: 30 GW offshore,
 - Reducing cost of PV by -60%

So far executive orders, no binding legislation Source DOE April 19, 2021

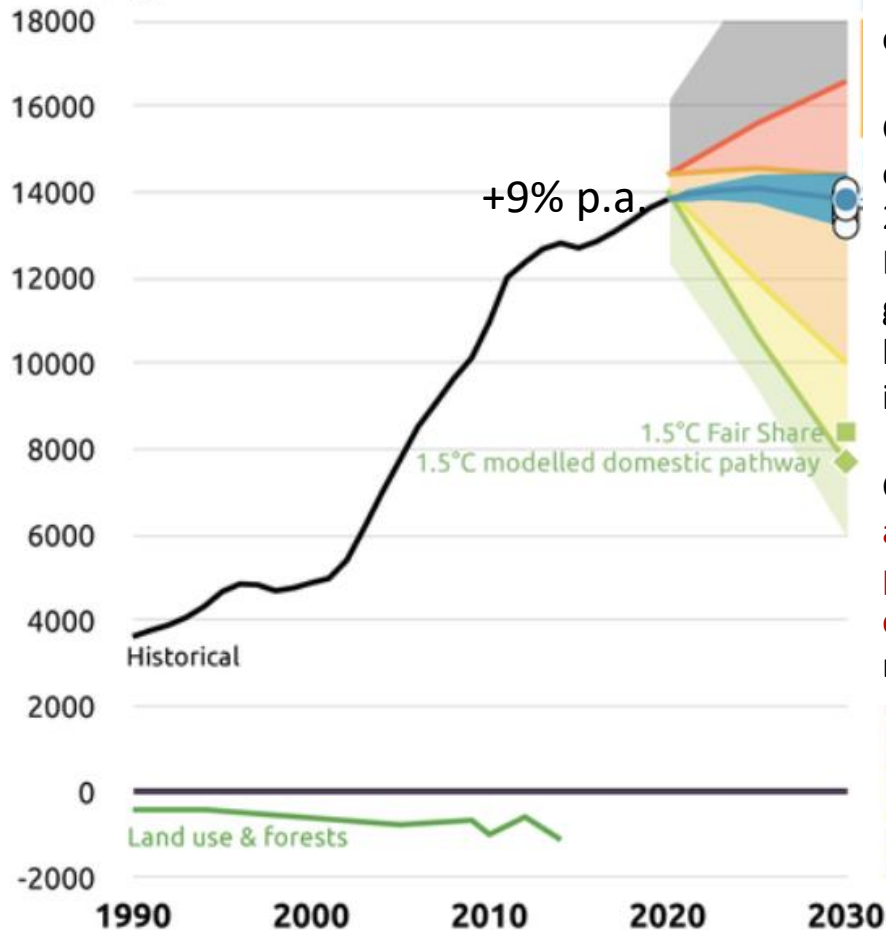


China: 27% of the world's GHG Emissions

China 2020: +30 GW coal power plants built

Rest of the world 2020: -17.2 GW net coal power capacity reduction

Emissions excl. LULUCF
MtCO_{2e} / year

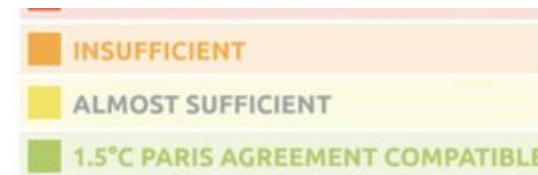


China has 1200 GW coal power plant capacity and is the world's largest public financier of coal power plants abroad, currently 68.8 GW expected to cause 525 Mt CO_{2e} per year.

China's 14th Five Year Plan (March 2021): little change in earlier NDC targets leaving 5-10% space for emissions until 2025.

Leader's Climate Summit (April 2021): domestic coal generation should decrease beyond 2025 and EE + N should be fostered. „Dual Control Policy“: targets on energy intensity and energy consumption → black outs

China's Xi Jinping announced on 22.9.2021 that **investment abroad in coal will be stopped in favor of RES and in particular to power transmission & distribution in the context of the Belt and Road initiative**. However, China also massively invests in LNG import (USA and Yamal)



Sources: NY Times, Carbon Brief

China: Strom nach Europa?

Hochspannungsgleichstromübertragung macht es möglich. AKE 2017F (Xianzhang Lei).



China will deliver in 10 years electric power at 6ct/kWh to Europe.

Update 2021

China Global Energy Interconnection crossing continents and the ocean, In the context of the Belt and Road Initiative

By 2050 China plans

- 720 GW transboundary power flow at investments of
- 38 trillion US\$ including 11 trillion US\$ power grid investment.

China moves rapidly forward

- China is expanding its already extensive HV AC and DC network with **13 to 20 new HVDC lines**
- Chinese companies have announced **83 projects** for building or acquiring power transmission infrastructure in Latin America, Africa, Europe **for 102 billion US\$**
- **30 bn US\$** were spent by China State Grid in Brazil, Australia, Italy, Greece, Philippines, Hong Kong, Portugal for buying grids and utility companies

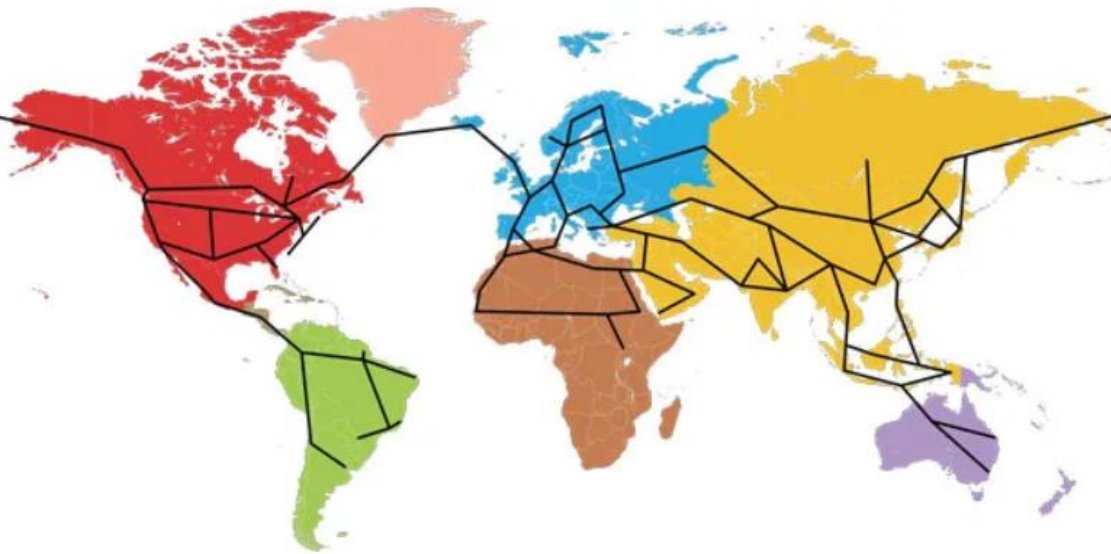
Source: <https://climate-diplomacy.org/magazine/environment/risks-global-supergrid>

Weiterführende Information: Global Energy
Interconnection Development and Cooperation
Organization GEIDCO, Peking
en.geidco.org.cn

Global Energy Grid

Will China do it alone?

Possible elements for a global supergrid?



IEEE: Proposals and Projects for Supergrids

Desertec

Medgrid

Supergrid China

Gobitec

Supergrid SE Asia

Supergrid Asia

Nordic Grid → Report Q3 2021

North Sea Offshore Grid

IceLink

Supergrid Brasil

Supergrid Hydrogen-Electric Energy*

US Atlantic Wind Connection

<https://spectrum.ieee.org/lets-build-a-global-power-grid#toggle-gdpr>

*[http://www.w2agz.com/Library/SuperGrid/EPRI%20Program/EPRI%20White%20Paper%20\(Website%20Version\)%2000000000001013089.pdf](http://www.w2agz.com/Library/SuperGrid/EPRI%20Program/EPRI%20White%20Paper%20(Website%20Version)%2000000000001013089.pdf)

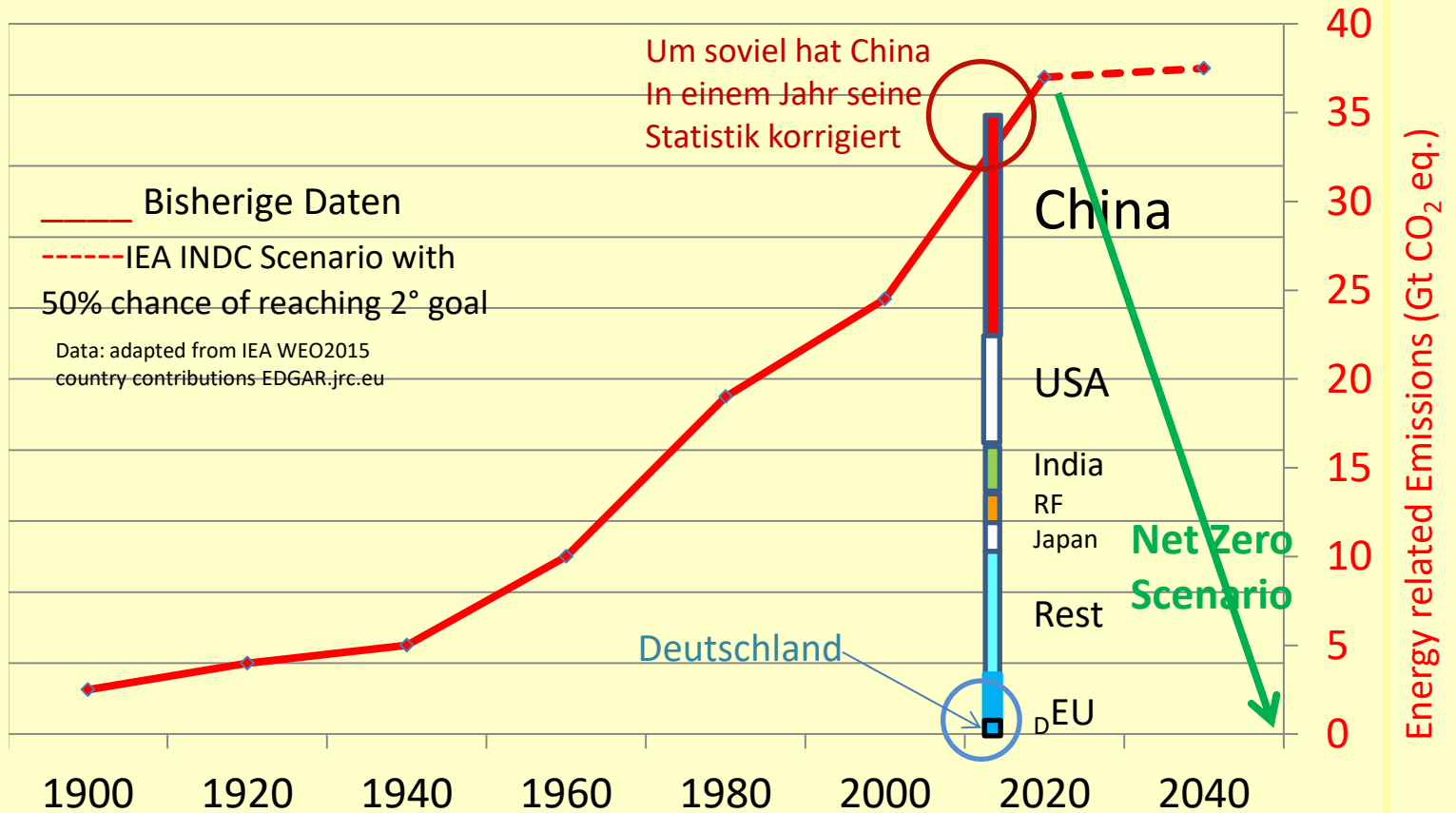
Russia

K. Westphal AKE 2020H

- Russia's economy depends critically on its fossil fuels.
- Fossil fuel production and consumption (2017 data):
 - 90% share of fossil fuels in primary energy supply
 - 23,6% share of government's general revenue
 - 60% of Russia's export value
 - 20% of global gas proved reserves, 6% for oil, 15% for coal
 - Mature fields in western Siberia and Volga-Ural starting slow decline
 - New higher cost developments in Eastern Siberia, Far East and Arctic
 - Fuel market is expanded from Europe to the Asia-Pacific region (China)
- Joined the Paris agreement in 2019
- Aim (NDC): 2030 GHG emissions 70% of 1990
- July 2, 2021: First legislation signed that will require businesses to report GHG emissions starting Jan. 2023 to a government body.
- Putin: warns against using carbon neutrality as a tool of „unfair competition“

Weltweite CO₂ Emissionen pro Jahr

Der komplette Verzicht auf Emissionen in Deutschland würde gerade einmal den Anstieg in China für ein einziges Jahr kompensieren.
(Aber Kleinvieh muss auch Mist machen.)



31 OCT - 12 NOV 2021

GLASGOW

COP26

20. 10. 2021:

Now Including Australia

Goals

1. Secure global net zero by mid-century and keep 1.5 degrees within reach
2. Adapt to protect communities and natural habitats
3. Mobilise finance
4. Work together to deliver (finalise paris Rulebook, accelerate through collaboration)

Well in time
for COP26

International Energy Agency, Paris

Net Zero by 2050

A Roadmap for the Global Energy Sector

Siehe Vortrag von Ch. Buchal – AKE 22.10.2021

IEA (2021), *Net Zero by 2050*, IEA, Paris
<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

Flagship report — May 2021



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften

 **acatech**
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

 **UNION**
DER DEUTSCHEN AKADEMIEN
DER WISSENSCHAFTEN

Just in time
for COP26?

Oktober 2021
Impuls

Wenn nicht jetzt, wann dann – wie die Energiewende gelingt

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Union der deutschen Akademien der Wissenschaften

Hardo Bruhns - AKE Meeting 21.10.2021 Bad Honnef

Released Oct. 20 2021
Just in time for COP26?

EU Commission:

Clean Energy Transition for a Clean Energy Society

EERA „Clean Energy Transition“ Conceptual Approach

- Materials
- Energy technologies
- Cross sectoral approach - Interdisciplinary
- Systems Aspects – defragment policy making
- Address the Societal System
- Devise Transition Scenarios to a Clean Energy Society
- Energy efficiency – energy saving
- Challenge the dominance of current economic paradigm (market → regulations)

20 Policy Recommendation, in particular:

- EU-wide and International Collaboration
- Multiply the Technology Investments – half of technologies needed beyond 2030 not yet available
- Embrace the Citizens
- Humans need fictions:
- **Design a Narrative of a better Future: a „Clean Energy Transition Narrative“**

Stronger impact control of measures
climate-neutral cities – bottom up development
with citizens → **European Bauhaus Projects**



White Paper EERA Clean Energy Transition: From Vision to Reality, Presentation Townhall Brussels, Oct. 20, 2021

Hardo Bruhns - AKE Meeting 21.10.2021 Bad Honnef

Just in time
for COP26?

Verschiedene News:

Ölindustrie kannte bereits in den
1970er Jahren die Gefahr des
Klimawandels und hat diese
heruntergespielt.

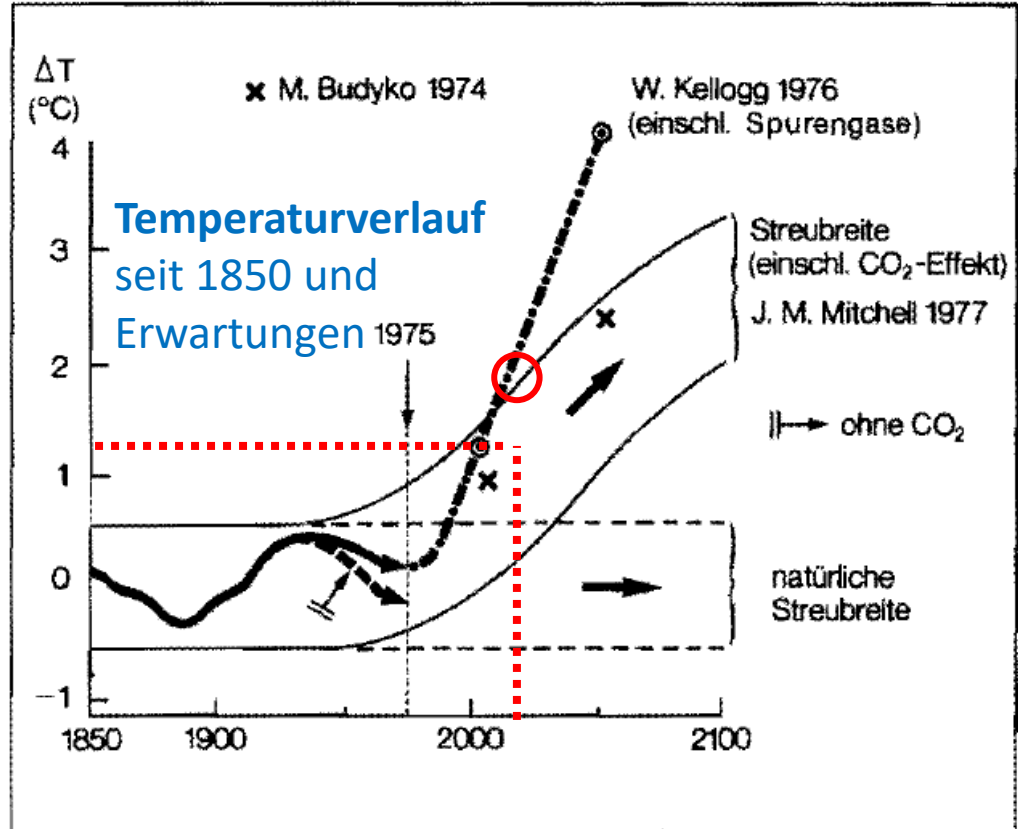
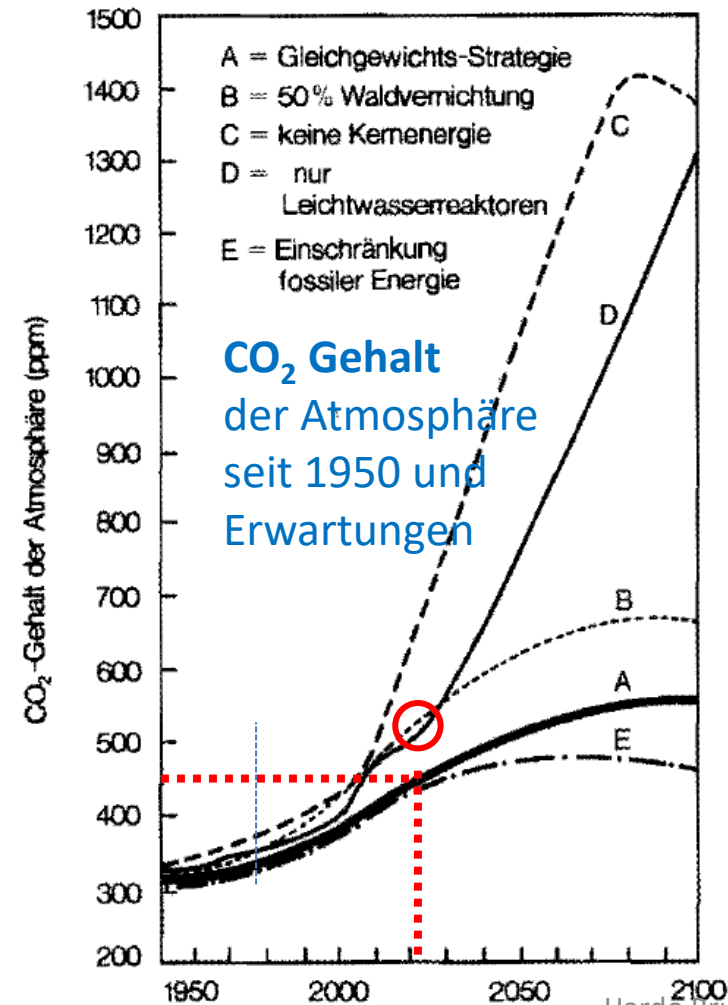
„refreshed“ information, not really new

Klimawandel: Natürlich wußte man in den 1970ern, was Sache ist

Schwarz: Stand u. Projektionen 1977

Rot: Stand 2021

Hermann Flohn, Meteorol. Inst. U. Bonn, Umschau 77, Heft 17 (1977)



Published 7.8.2021
In preparation of COP26

Sixth Assessment Report

The Working Group I contribution to the Sixth
Assessment Report is now out

Something is moving?

131 Countries with Net Zero Statements covering
72% of global emissions !

16.9.2021 Just in time
For COP26

Communication | [Published: 16 September 2021](#)

Wave of net zero emission targets opens window to meeting the Paris Agreement

[Niklas Höhne](#) , [Matthew J. Gidden](#) , [Michel den Elzen](#), [Frederic Hans](#), [Claire Fyson](#), [Andreas Geiges](#), [M. Louise Jeffery](#), [Sofia Gonzales-Zuñiga](#), [Silke Mooldijk](#), [William Hare](#) & [Joeri Rogelj](#)

[Nature Climate Change](#) **11**, 820–822 (2021) | [Cite this article](#)

1971 Accesses | **243** Altmetric | [Metrics](#)

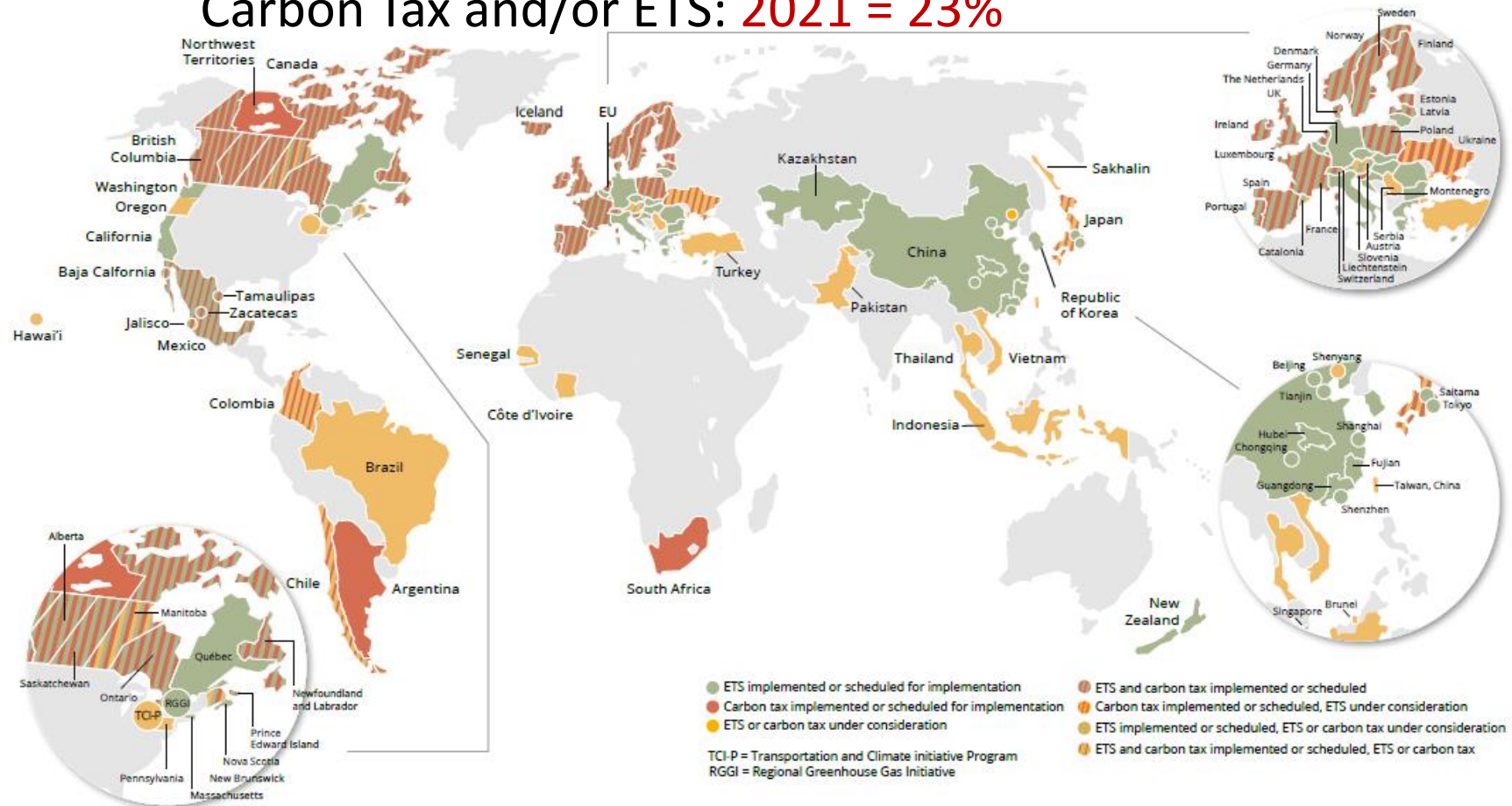
Abstract

National net zero emission targets could, if fully implemented, reduce best estimates of projected global average temperature increase to 2.0–2.4 °C by 2100, bringing the Paris Agreement temperature goal within reach. A total of 131 countries are discussing, have announced or have adopted net zero targets, covering 72% of global emissions. These targets could substantially lower projected warming as compared to currently implemented policies (2.9–3.2 °C) or

Map of Carbon Tax and Emission Trading Systems

Share of global GHG emissions covered by

Carbon Tax and/or ETS: **2021 = 23%**



Source: World Bank, State and Trends of Carbon Pricing 2021

Wie werden Emissionen berechnet?

Quelle: Prof. Dr. Evi Hartmann FAU

– Emissionsberechnung nach GHG-Protokoll*

- A: Emissionen innerhalb des Unternehmens durch fossile Brennstoffe (chem. Produktionsprozesse, Fuhrpark, selbst erzeugter Strom etc.)
- B: Strom, der am Markt eingekauft wird
- C: Emissionen entlang der eigenen Wertschöpfungs-Liefer- und Nutzungskette.

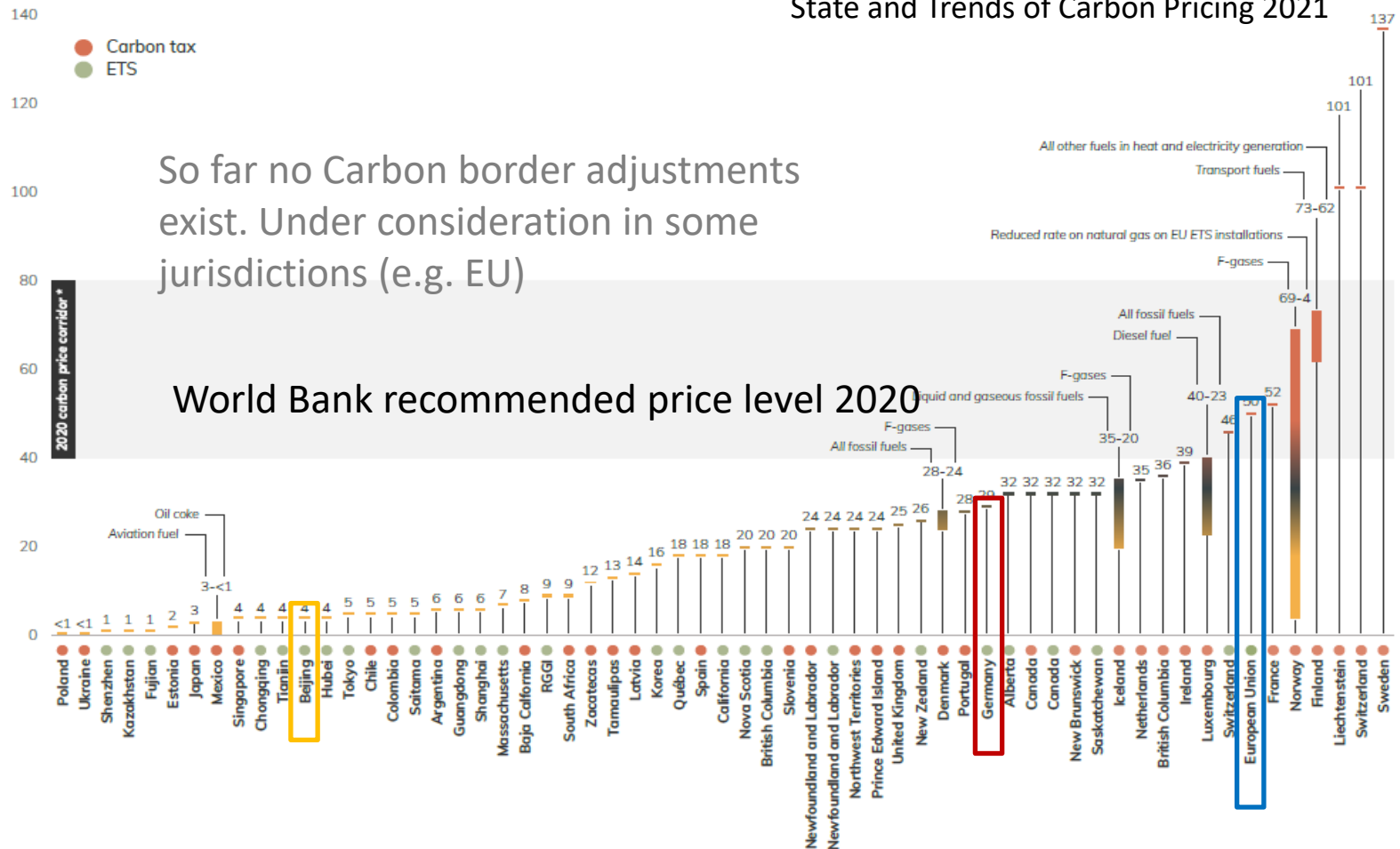
Beispiele VW: C=98%, A+B 2%, Continental: A+B = 11 MtCO₂ (2017) -> A+B+C = 11+101 MtCO₂ (2018), Für die Berechnung von C nutzt VW 200.000 km pro Fahrzeug, BMW 150.000 km. Adidas ignoriert C.

*GHG Protocol: eine private transnationale Bilanzreihe des „World Resources Institute und World Business Council for Sustainable Development“

Carbon Prices as of April 1, 2021

Carbon prices as of April 1, 2021

Source: World Bank,
State and Trends of Carbon Pricing 2021

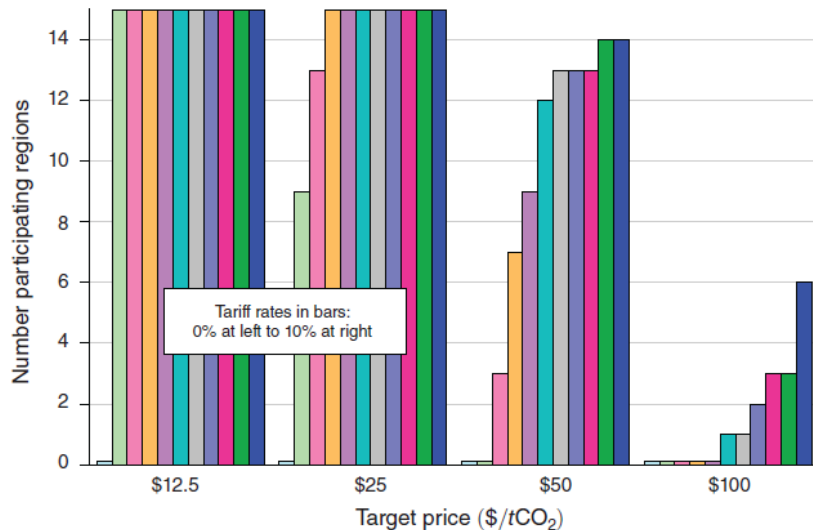


Nominal prices on April 1, 2021, shown for illustrative purpose only. China national ETS, Mexico pilot ETS and UK ETS are not shown in this graph as price information is not available for those initiatives. Prices are not necessarily comparable between carbon pricing initiatives because of differences in the sectors covered and allocation methods applied, specific exemptions, and different compensation methods.

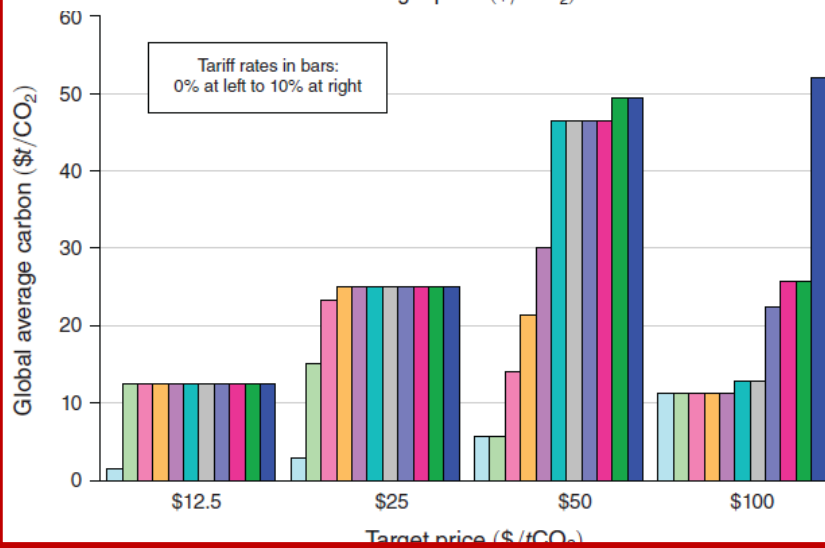
*The 2020 carbon price corridor is the recommendation of the World Bank's 2017 High-Level Commission on Carbon Prices Report.

The „Climate Club“ Concept against „free ride“ among some or all countries in the world

(W. Nordhaus 2015, mentioned by H.-W. Sinn, AKE 2020H)



15 Country-example:
only at low carbon price and low levy all are joining the club.



Consequently, at higher target carbon price the actual world market carbon price will, depending on the levy, remain below the target

Carbon pricing may be a burden for economy

If some countries agree to form a „club for introducing carbon pricing“ others may benefit avoiding that burden („free ride“).

Assume a levy (here 0 ... 10%) on imports from non-members to members then one can calculate for different carbon prices (\$12,5 ... \$100) whether it would be beneficial for non-members to join the club.

William Nordhaus, *American Economic Review* 2015, 105(4): 1339–1370
<http://dx.doi.org/10.1257/aer.15000001>

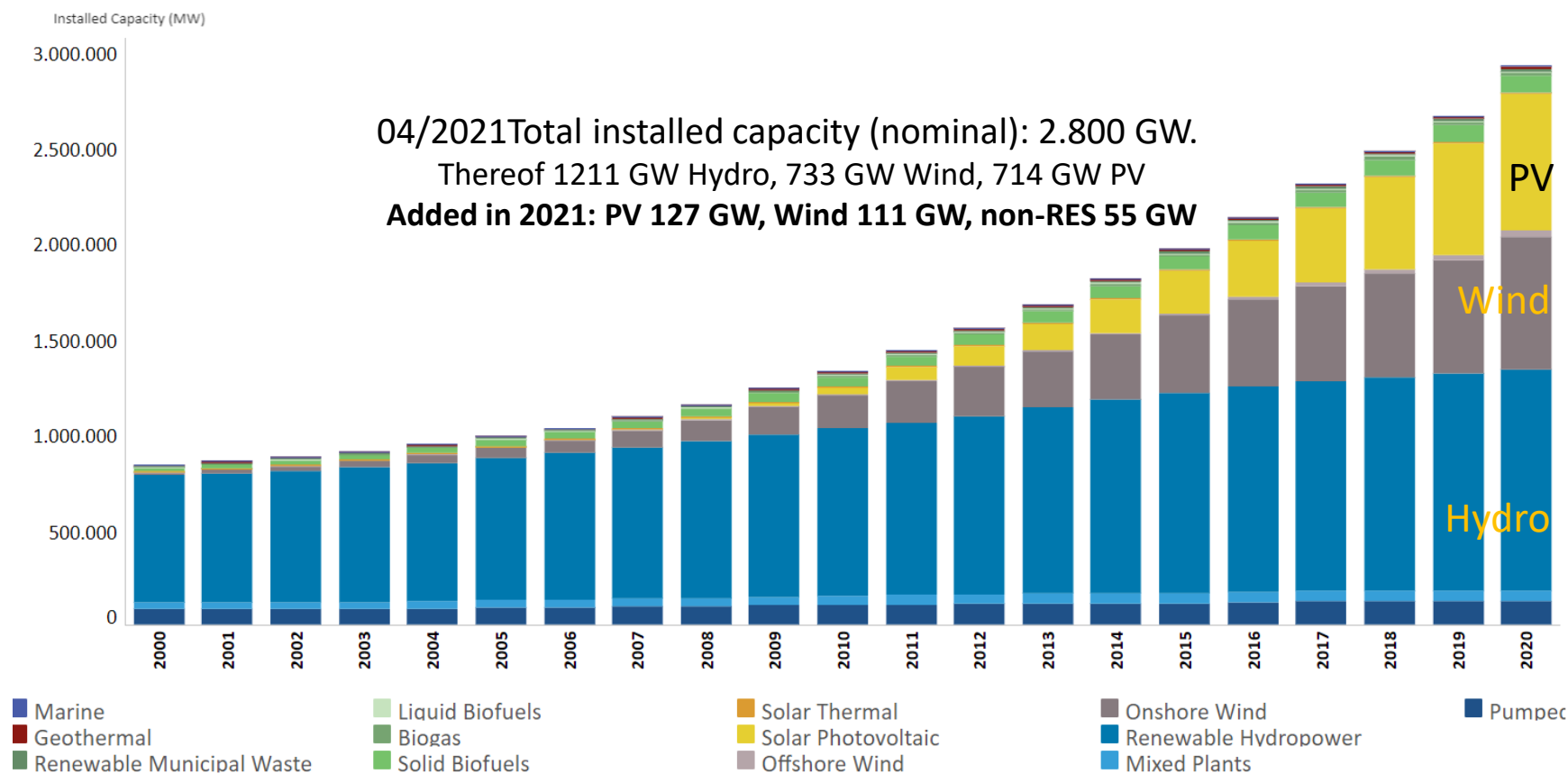
Emissionshandel

EU Carbon Border Tax

- Grenzsteuer auf Importe nach deren CO₂-Wert
 - Abwandern CO₂-intensiver Industrie (mit bisher kostenlosen Zertifikaten)
 - wirtschaftlich nachteilig und
 - carbon leakage
 - Klimapolitisches versus finanzpolitisches Interesse
 - Ausgestaltung WTO-konform (d.h. nichtdiskriminierend und zum Schutz einer globalen Ressource = Erdatmosphäre)
 - Grenzsteuer
 - Viele Hürden – siehe Versuch, 2012 das EU ETS-System auch für den internationalen Flugverkehr einzuführen.
 - Wahrscheinliches Konzept:
 - EU-weite CO₂-Steuer (ähnlich MwSt)
 - Zertifikatepflicht für ausländische Unternehmen

Quelle: S. Dröge, <https://www.swp-berlin.org/publikation/die-co2-grenzabgabe-der-eu-klima-oder-fiskalpolitik/>

Renewables dominate the world electric power investment market



© IRENA



<https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series>

Coal-Exit

The fossil tipping point?

- The world pipeline for **new coal power plants** was in 2015 (at the time of the Paris agreement) **1.553 GW**. As of today, **1,175 GW of these have been scrapped**, 327 GW went into operation (source: carbonproject.org)
- The near-term replacement will be gas and, more slowly, renewables (plus nuclear)
- Reasons for scrapping coal
 - Changes in governmental policies, Competition with renewables and gas, Financing becomes difficult or more expensive
- Investors change their long-term perspectives but try to secure profits from available fossil resources
 - Norwegian state fund: no new carbon/fossil investment (Statoil → Equinor), but Norway strives for exploiting massively its fossil resources
 - big oil companies: loss of stock market value expected but at the current high energy prices not yet visible.
 - ARAMCO (Saudi Arabia): enters stock market at \$2,000 bn value. Saudis begin selling of shares, so far 1.5% for \$ 23 bn.
 - RWE advances coal exit to <2030, substituting power generation with gas and renewables
 - Deutsche Bank „ *Wir werden keine neue kohlebezogene Infrastruktur auf der grünen Wiese finanzieren, unabhängig davon, ob sie mit neuen oder bestehenden Minen verbunden ist.*“ (but e.g. Loan for new investment in Whitehaven Coal, Australia)



Stranded Assets?

Risks for Banks in the EU-Zone

Data 2019 in bn €	BNP Paribas	Crédit Agricole	Société Générale	BPCE	Deutsche Bank	Commerzbank	Intesa Sanpaolo	UniCredit	Santander	BBVA	ING Group	Total
Total assets	2165	1596	1356	1338	1298	464	816	856	1523	699	892	13001
Total investment assets	835	380	592	369	581	93	281	155	280	158	164	3890
Total credit assets	936	834	507	812	430	294	468	626	995	439	612	6952
Total other assets	393	232	258	157	287	77	67	74	247	101	116	2008
Fossil assets (credit)	41	53	27	38	21	24	21	38	35	24	28	352
Fossil assets (investment)	39	18	27	17	27	4	13	7	13	7	8	180
Total fossil assets	80	71	54	55	48	28	34	45	48	31	36	532*
Equity	81	54	44	66	44	24	42	43	71	44	48	560
Ratio fossil assets / equity	99 %	131 %	124 %	84 %	109 %	117 %	83 %	105 %	68 %	72 %	75 %	95 %

*thereof 323 billion € are held by French Banks

Les « actifs fossiles » sont définis comme tous les actifs (produits financiers) nécessaires au financement des activités fossiles, qui regroupent l'exploration, l'exploitation, la distribution – y compris le transport, le raffinage, etc. – des énergies fossiles – pétrole, le gaz et le charbon –, et la production d'électricité à partir de ces ressources.

L'étude se base sur deux documents publiés par les banques : le rapport financier annuel – ou document d'enregistrement universel – et le rapport Pillar III – ou rapport sur les risques.

Source: C Nicol, G. Giraud (Institut Rousseau, Juin 2021) « Une chute de la valeur des actifs fossiles mettrait en danger les 11 plus grandes banques de la zone euro » <https://www.institut-rousseau.fr/app/uploads/2021/06/Rapport-actifs-fossiles-VF-FR-LIGHT.pdf>



Stranded Assets?

Risks for Banks in the EU-Zone

Data 2019 in bn €	BNP Paribas	Crédit Agricole	Société Générale	BPCE	Deutsche Bank	Commerzbank	Intesa Sanpaolo	UniCredit	Santander	BBVA	ING Group	Total
Total assets	2165	1596	1356	1338	1298	464	816	856	1523	699	892	13001
Total investment assets	835	380						155	280	158	164	3890
Total credit assets	936	834						626	995	439	612	6952
Total other assets	393	232						74	247	101	116	2008
Fossil assets (credit)	41	53						38	35	24	28	352
Fossil assets (investment)	39	18						7	13	7	8	180
Total fossil assets	80	71						45	48	31	36	532*
Equity	81	54						43	71	44	48	560
Ratio fossil assets / equity	99 %	131 %						105 %	68 %	72 %	75 %	95 %

Klimastresstest der EZB beginnt im März 2022

FAZ 19.10.2021

brn. FRANKFURT. Als Teil des jährlichen aufsichtlichen Stresstests für die von ihr beaufsichtigten Finanzinstitute wird die Europäische Zentralbank (EZB) von März bis Juli 2022 einen Klimastresstest durchführen.

Für Banken und Aufseher zugleich soll dieser erste Test Ergebnisse dazu liefern, wie gut Banken auf die Risiken, verursacht durch den Klimawandel und den Übergang hin zu einer emissionsneutralen Wirtschaft, vorbereitet sind. Der Test besteht aus

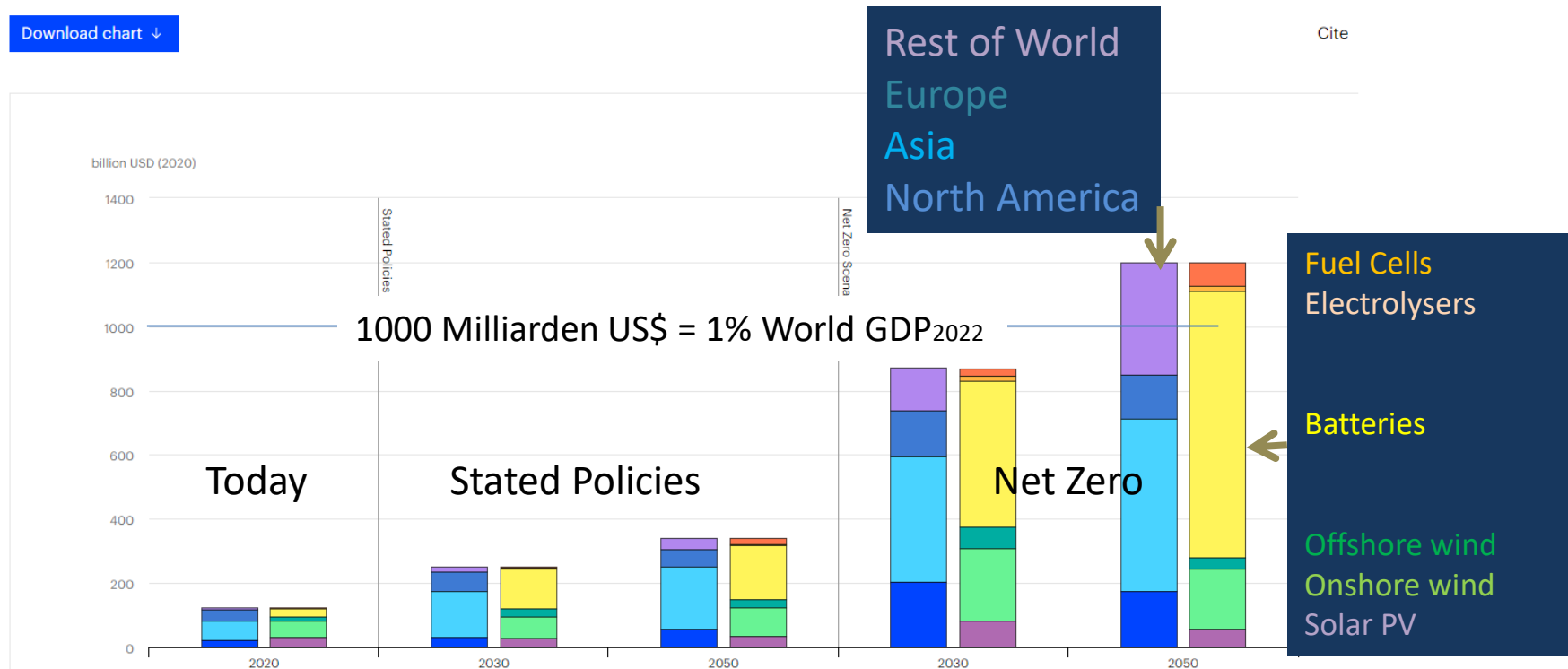
reof 323 billion € are held by French Banks

Klimawandel schafft neue Märkte

Estimated market sizes for selected clean energy technologies by technology and region, 2020-2050 Without installation cost

Last updated 11 Oct 2021

Download chart ↓



Source IEA, Oct. 2021 <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/estimated-market-sizes-for-selected-clean-energy-technologies-by-technology-and-region-2020-2050>

World GDP today: 100.000 Milliarden US\$

A special new market

Climate Change Attribution

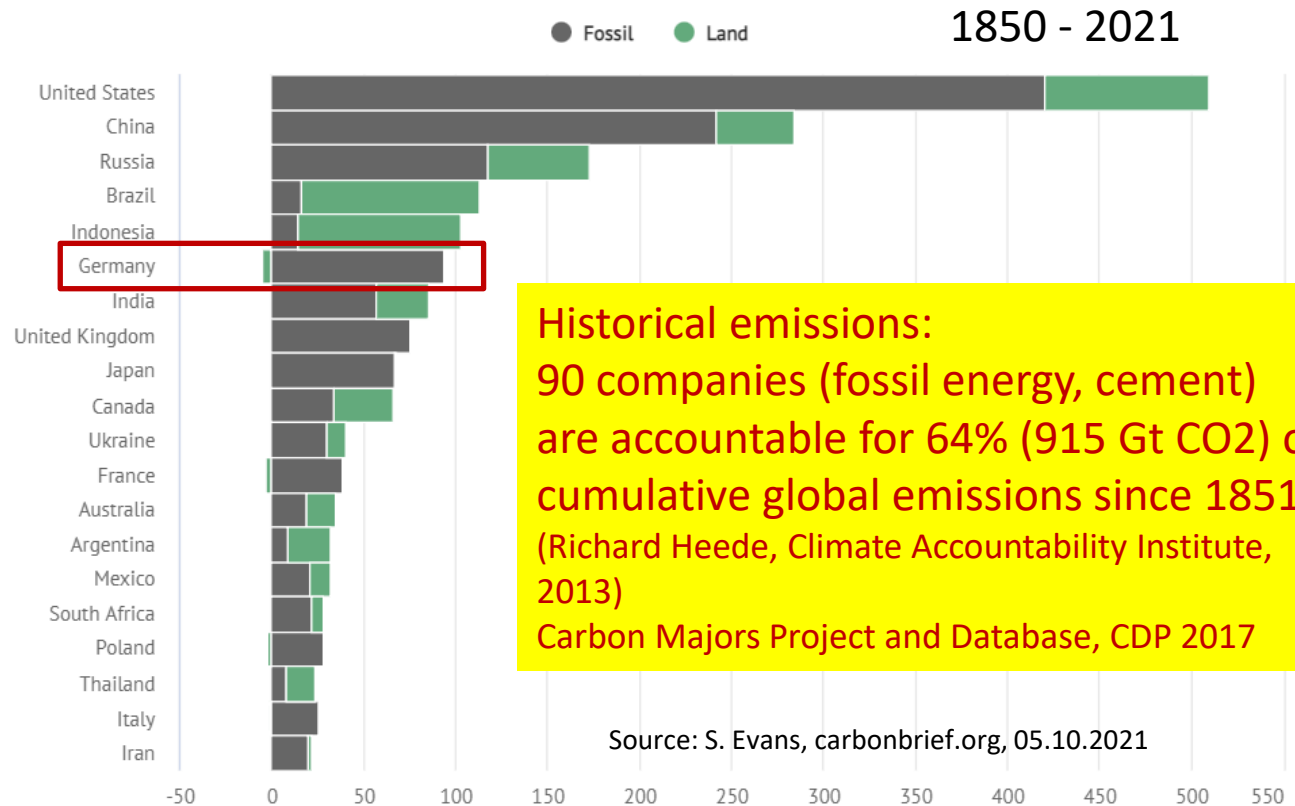
- Schäden des Klimawandels (Dürre, Waldbrände, Überflutungen etc.) sind i.A. (noch) nicht eindeutig bestimmten anthropogenen Faktoren und noch weniger bestimmten Verursachern zuzuordnen.
 - Versuch mit Klimamodellierung die Zuordnung von Extremereignissen zu einzelnen Verursachern zu ermöglichen → F. Otto (PIK, Oxford „Wütendes Wetter“) **eingeladen zu AKE2019H aber nicht zugesagt**
 - Anpassung von Rechtsnormen, um Haftungsforderungen transnational gerichtlich durchzusetzen → F. Ekardt (AKE-DPG 2019)
 - „Carbon budgets“ for individual **countries** as basis for holding them (and emitters in their jurisdiction) accountable → the Global Carbon Project

Historical Emissions

Which **countries** are accountable for Climate Change?

- World cumulative CO2 emissions since 1850: 2,500 Gigatonnes → 1,2° C warming today
- < 500 Gt CO2 = 14% (11%) remaining budget to stay below 1,5° C warming at 50% (66%) chance.
- The largest historical emitters are (territorial without carbon leakage):

- USA: 20%
- China: 11%
- Russia: 7%
- Brazil: 5%
- Indonesia: 4%
- Germany: 4%
- UK: 3%



Historical emissions:
90 companies (fossil energy, cement)
are accountable for 64% (915 Gt CO2) of
cumulative global emissions since 1851
(Richard Heede, Climate Accountability Institute,
2013)
Carbon Majors Project and Database, CDP 2017

Source: S. Evans, carbonbrief.org, 05.10.2021

COLUMBIA JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LAW

Creating a legal basis for court cases

ABOUT ▾ SUBMISSIONS CURRENT ISSUE ARCHIVES ▾ SYMPOSIUM ENVIRONMENTAL LAW REVIEW SYNDICATE CONTACT ▾

Vol. 45 No. 1 (2020)

The Law and Science of Climate Change Attribution

ARTICLES

<https://doi.org/10.7916/cjel.v45i1.4730>

Published 2020-02-02

Michael Burger, Jessica Wentz, Radley Horton

Abstract

In recent years, there has been a marked increase in the number of lawsuits seeking to hold governments and private actors accountable for failure to take action on climate change. Climate change attribution science—which examines the causal links between human activities, global climate change, and the impacts of

How to Cite

Burger, M., Wentz, J., & Horton, R. (2020). The Law and Science of Climate Change Attribution. *Columbia Journal of Environmental Law*, 45(1). <https://doi.org/10.7916/cjel.v45i1.4730>

ne Logic:

Unprecedented natural catastrophes

- 2017 Atlantic hurricane season → flooding/devastation damages 370 bn US\$
- 2017 Southeast Asia: unusual heavy monsoon rains → 1200 killed, 45 Mio people affected
- 2018 Heat waves, Record breaking wildfires in western US/Canada, Europe, Siberia
- 2017/18 severe droughts in Central/South America, Middle East
- 2017/18 Record breaking Rainfalls and floodings across all continents

Spike in deaths, costs and irreversible impacts inspire **lawsuits**, e.g.

- Dozen US state and local governments against major oil and gas producers to knowingly obscuring the consequences of their business
- Peruvian farmer against RWE (glacier melting being attributable to RWE's direct GHG emissions)
- Indigenous people, Individuals and NGOs against national governments (for failing to reduce national GHG emissions)

2021: Urteil des Bundesgerichtshofes zu den Klimamaßnahmen der Bundesregierung. Das **Gericht beansprucht politische Autorität?**

Three Steps

- Climate change attribution – impact attribution – source attribution

Three „Pillars“ (S. Marjanac, L. Patton, J. Energy&Natural Resources Law 36, 3, 2018)

- the quality of the **observational record**;
- understanding of the **physical processes** that drive the event and link it to climate change.
- the ability of **models** to simulate the event **with and without anthropogenic influence**

General basis: IPCC which, however, uses (so far) probabilistic language

- „evidence“: limited, medium, robust
- Level of agreement about findings : low, medium, high
- Confidence in findings: very low, low, medium, high, very high

Expertise for testimony: only Climate Attribution Science Community, qualified by ... Peer Review

Reasons for dismissal: **lack of standing** (causal connection too attenuated), **political question doctrine**, **doctrine of legislative displacement**, **doctrine of foreign affairs preemption**

Klimawandel und Gesellschaft

„Niemandem weh tun“ ist im Wahlkampf 2021 weitgehender politischer Konsens: Technologische Entwicklungen sind für Klimaneutralität das bestimmende Feld.

Kritik an rein technologisch orientiertem Lösungspfad in einer globalen Wachstums-Ökonomie → Schellnhuber et al., WBGU: Welt im Wandel - Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation (2011)

Weltgesellschaftsvertrag für eine klimaverträgliche und nachhaltige Weltwirtschaftsordnung ...

... In Analogie zur Herausbildung der Industriegesellschaften im 19. Jh., die erst durch Einbettung ungesteuerter Marktdynamiken und Innovationsprozesse in Rechtsstaat, Demokratie und wohlfahrtsstaatliche Arrangements gelang.

Verzicht (Suffizienz) als wesentliche/wichtige Komponente für ein neues Gleichgewicht (Gesellschaft und Natur)?

F. Ekdorf, AKE/DPG 2019 (Rostock)

Wie zuversichtlich können wir sein?

IPPC–AR6 WG 1: Projections on the future evolution

- „Shared Socioeconomic Pathways“ (SSP) describe human-dependent trends
 - population growth
 - economic growth
 - technological developments
 - geopolitical aspects
- Five different SSP are presented. They depend on assumptions for these developments and lead to different GHG reductions and corresponding radiative forcings
 - SSP1-1.9 very optimistic – compatible with $<2^{\circ}\text{C}$
 - SSP2-2.6 optimistic - compatible with $< 2^{\circ}\text{C}$
 - SSP3-4.5 moderately optimistic (actual NCPs $\rightarrow +2.7^{\circ}\text{C}$)
 - SSP4-7.0 pessimistic
 - SSP5-8.5 even more pessimistic and nevertheless optimistic

Useful summary: <https://www.nationalgeographic.de/umwelt/2021/08/klimawandel-weltklimarat-zeigt-fuenf-moegliche-szenarien-fuer-die-zukunft-auf>

Geoengineering?

Siehe:

U. Platt, AKE 2019H,

J. Heintzenberg AKE/DPG 2017 Erlangen

... ein problematisches aber möglicherweise relevantes Thema.

Zusammenfassung:

- Nach 25 Klimakonferenzen scheint sich eine Bewegung hin zu Klimaneutralität in einer großen Zahl von Staaten zu zeigen.
- Noch ist unklar, ob die Absichten in wirksame und zeitkonforme Maßnahmen umgesetzt werden.
- Die IPCC (AR6) Szenarien 1 und 2 zielen auf $1,5^{\circ}$ – 2° Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs. Ihre Erreichbarkeit hängt nicht nur vom anthropogenen Faktor, dem weiteren Verhalten der Menschheit ab, sondern auch davon, ob die Klima-Modellparameter belastbar sind (Aerosole, Wolkenbildung, Albedo ...) und ob das Überschreiten von Kipp-Punkte unvermeidbar bleibt.
- Als Voraussetzung für die Vermeidung starker gesellschaftlicher Einschränkungen (Suffizienz) wird kräftiges Wirtschaftswachstum und eine stabile friedliche Kooperation unter den Staaten als erforderlich angesehen.
- Wirtschaftliche Aspekte werden entscheidend die Geschwindigkeit der Transformation zu einer klimaneutralen Gesellschaft bestimmen.
- Climate Engineering wird voraussichtlich in der Diskussion bleiben und – ggf. vorübergehend - eine Rolle spielen können.

Und dann noch:

- Für das fünfte IPCC–AR6 –Szenario ist zu hinterfragen, ob seine gesellschaftlichen wie technologischen Annahmen belastbar sind –es kann wohl als apokalyptisch bezeichnet werden..
- Es trifft den Zeitgeist, dass in Heidelberg das *Center for Apocalyptic and Post-Apocalyptic Studies (CAPAS)* gegründet wurde.
- Praktische Postapokalypsik:
 - Entwicklung von Piktogrammen, die noch nach zukünftigem Niedergang, Verlust von Sprache und Kultur, verständlich vor Nukleargefahren warnen; siehe z.B.
<https://www.srf.ch/kultur/gesellschaft-religion/achtung-atommuell-wie-warnten-wir-unsere-nachfahren>
 - Geschäftsmodelle für Dienstleistungen nach dem Weltuntergang, z.B.: <https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/sekte-haustier-service-fuer-den-weltuntergang-1638919.html>
(Weitere Ideen sind sicher entwicklungsfähig).
- „Klimawanden und Energiewende -Einsichten und Aussichten“: Bislang scheint sich die Menschheit nach dem Motto zu verhalten:
„The situation is hopeless but not serious.“

Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit