

KAPITEL: MOTIVATION UND HEMMNISSE

KLASSISCHE PROBLEMFELDER DER NUTZUNG FOSSILER ENERGIETRÄGER

PROF. MARIO ADAM



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>
Weitere Lizenz- und Quellenhinweise siehe Ende des Foliensatzes

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für
Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen





Erneuerbare Energien und Effizienztechnologien

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

E² - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz
ZIES - Zentrum für Innovative Energiesysteme

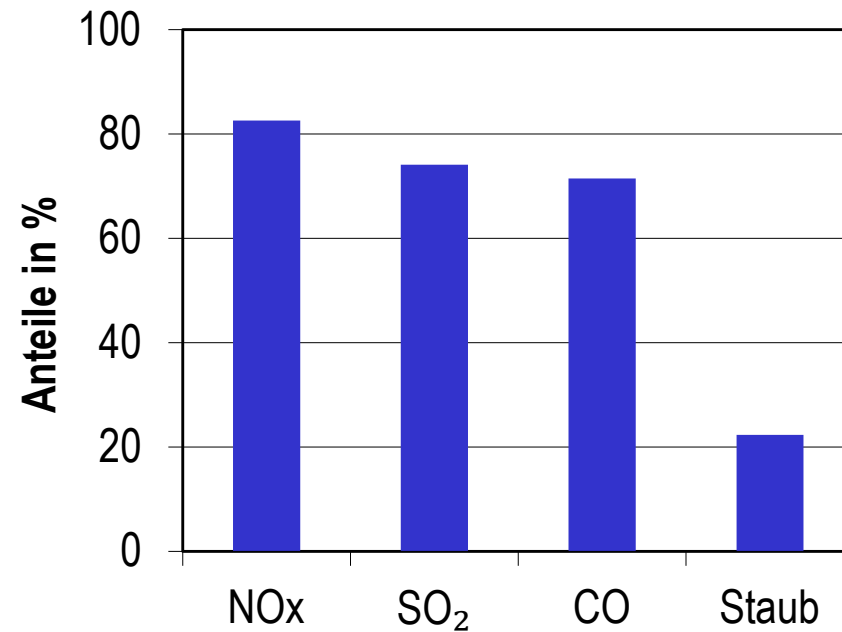
Hochschule Düsseldorf
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Kapitel „Motivation und Hemmnisse“

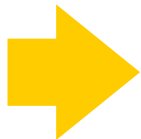
Klassische Problemfelder der Nutzung fossiler Energieträger

Problemfeld - Luftverschmutzung

Anteile der energiebedingten Emissionen an den Gesamtemissionen der „klassischen“ Luftschadstoffe in der BRD



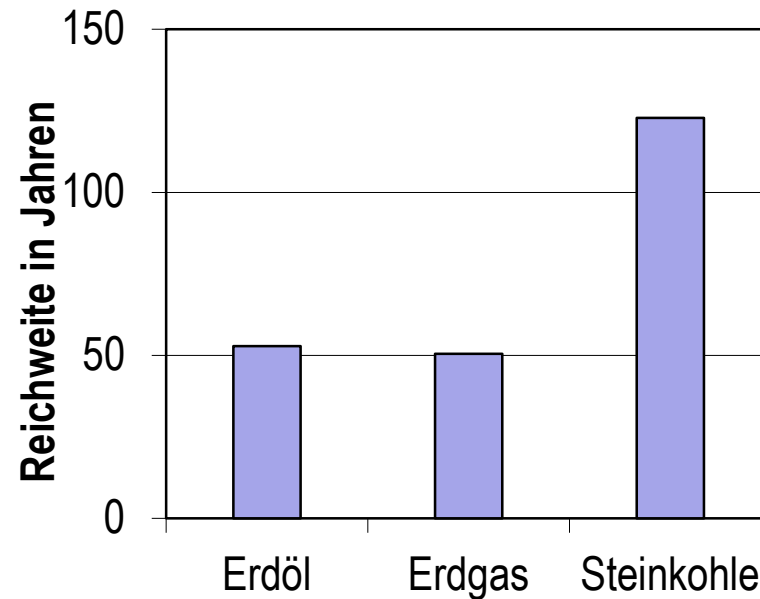
Quelle: BMWi Energiedaten 01/2022 Tab. 9 (Werte zu 2019)



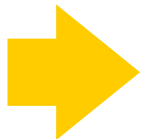
- Waldsterben (durch sauren Regen), Krebserkrankungen (durch Rußpartikel), Smog, Gewässerversauerung etc. (→ auch volkswirtschaftliche Belastung)
- in BRD: mittlerweile wenig relevant, Ausnahme „Sommer-Smog“ (hohe bodennahe Ozonkonzentrationen v.a. durch NO_x aus Verkehr + Sonne)

Problemfeld - Reichweite fossiler Energieträger

- Reichweite =
sicher gewinnbare Vorräte /
gegenwärtige Förderung
- seit Jahrzehnten etwa konstant
- Neuentdeckung von Vorräten hält
Schritt mit der Ausbeutung
- Erschließung meist
aufwändiger als bislang
 - größere Meerestiefen
 - abgelegene Regionen
 - Ölsande
 - Fracking



Quelle: BMWi Energiedaten 01/2022 Tab. 33-35 + 40-42, (Werte zu 2019)



- Sicherlich sind die fossilen Energieträger endlich! Sie stehen aber noch viele Jahrzehnte zur Verfügung.
- Ihre Förderung wird immer aufwändiger und damit teurer!

Problemfeld - Politische Abhängigkeiten, Kriegsgefahr

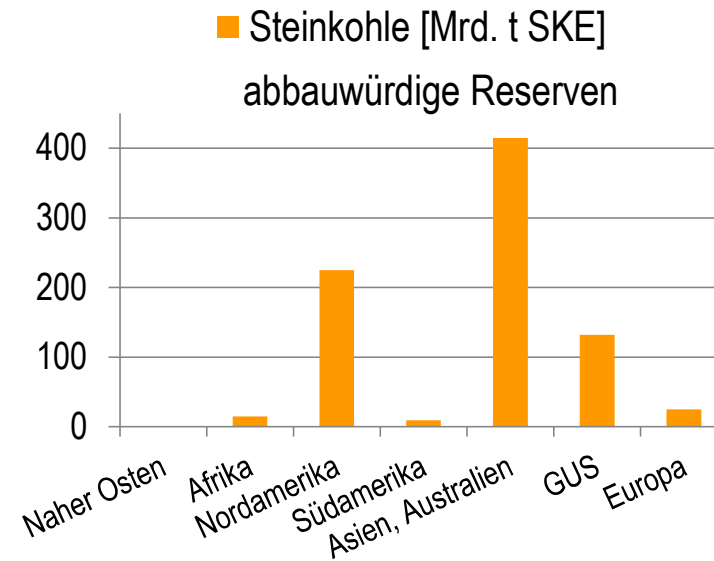
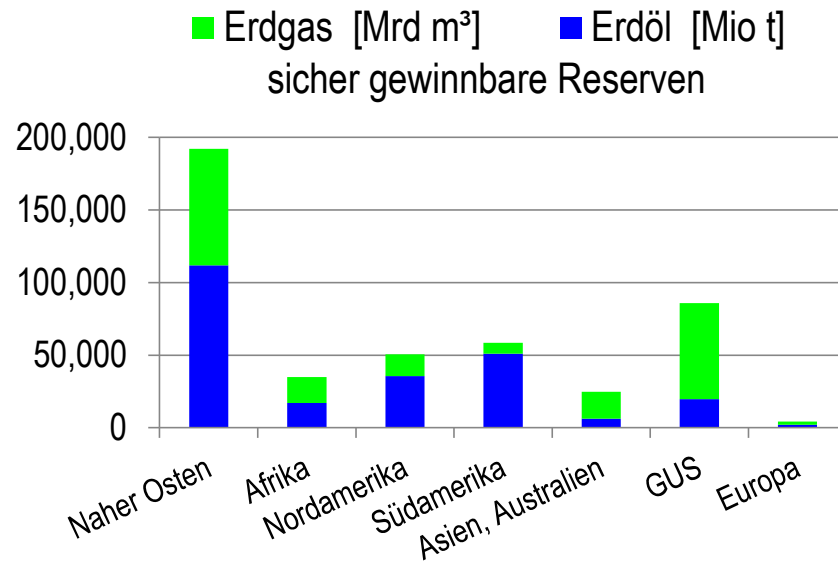


Foto: Pixabay

„Strategische Ellipse“

große Teile der
weltweiten Erdöl-
/Erdgasreserven
konventioneller Art

Steinkohle-Reserven

geographisch anders verteilt
als Öl und Gas!

Quelle: BMWi Energiedaten 01/2022 Tab. 40-42 (Werte zu 2019)

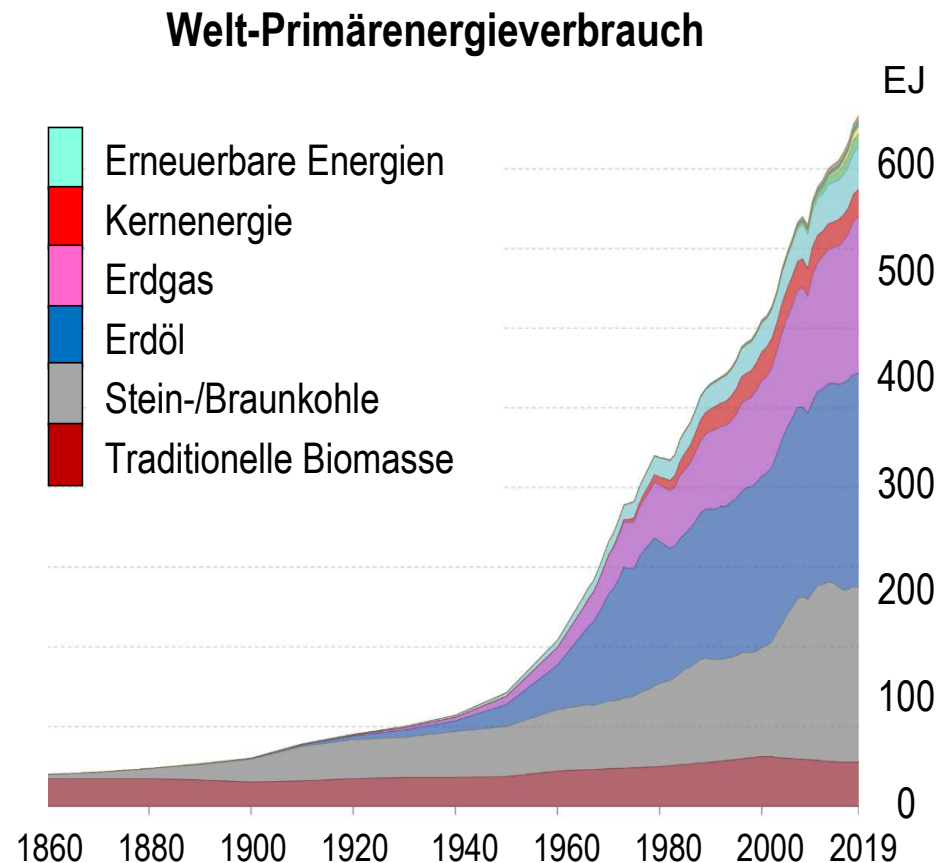
Problemfeld - Wachsender Energieverbrauch

- Traditionelle Biomasse: nicht kommerziell gehandelte Energieträger wie Holz, pflanzliche und tierische Abfallstoffe; Nutzung vor allem in Entwicklungsländern

Ursachen für Anstieg

- Industrialisierung und wachsender Wohlstand, insbesondere in den Industrie- und Schwellenländern
- wachsende Bevölkerung
1950 = 2,5 Mrd.
12.10.1999 = 6 Mrd.
31.10.2011 = 7 Mrd.
24.8.2022 = 7,98 Mrd.

Quelle: <http://www.weltbevoelkerung.de/>



<https://ourworldindata.org/energy-mix> CC-BY
Quelle: Vaclav Smil (2017) & BP Statistical Review of World Energy

Energieverbrauch - Länderspezifische Differenzierung

Pro-Kopf-Primärenergieverbrauch in [GJ/EW]

Weltdurchschnitt

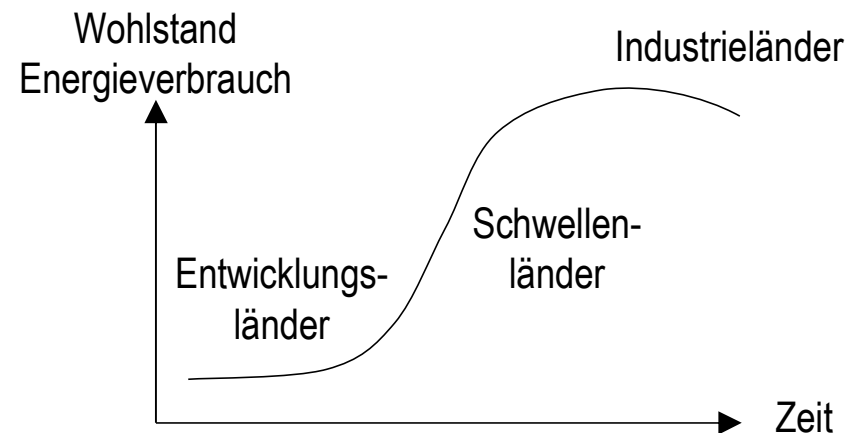
- 1990 = 70 GJ/EW
- 2000 = 69 GJ/EW
- 2010 = 78 GJ/EW
- 2019 = 79 GJ/EW

Quelle: BMWi Energiedaten 01/2022 Tab. 32

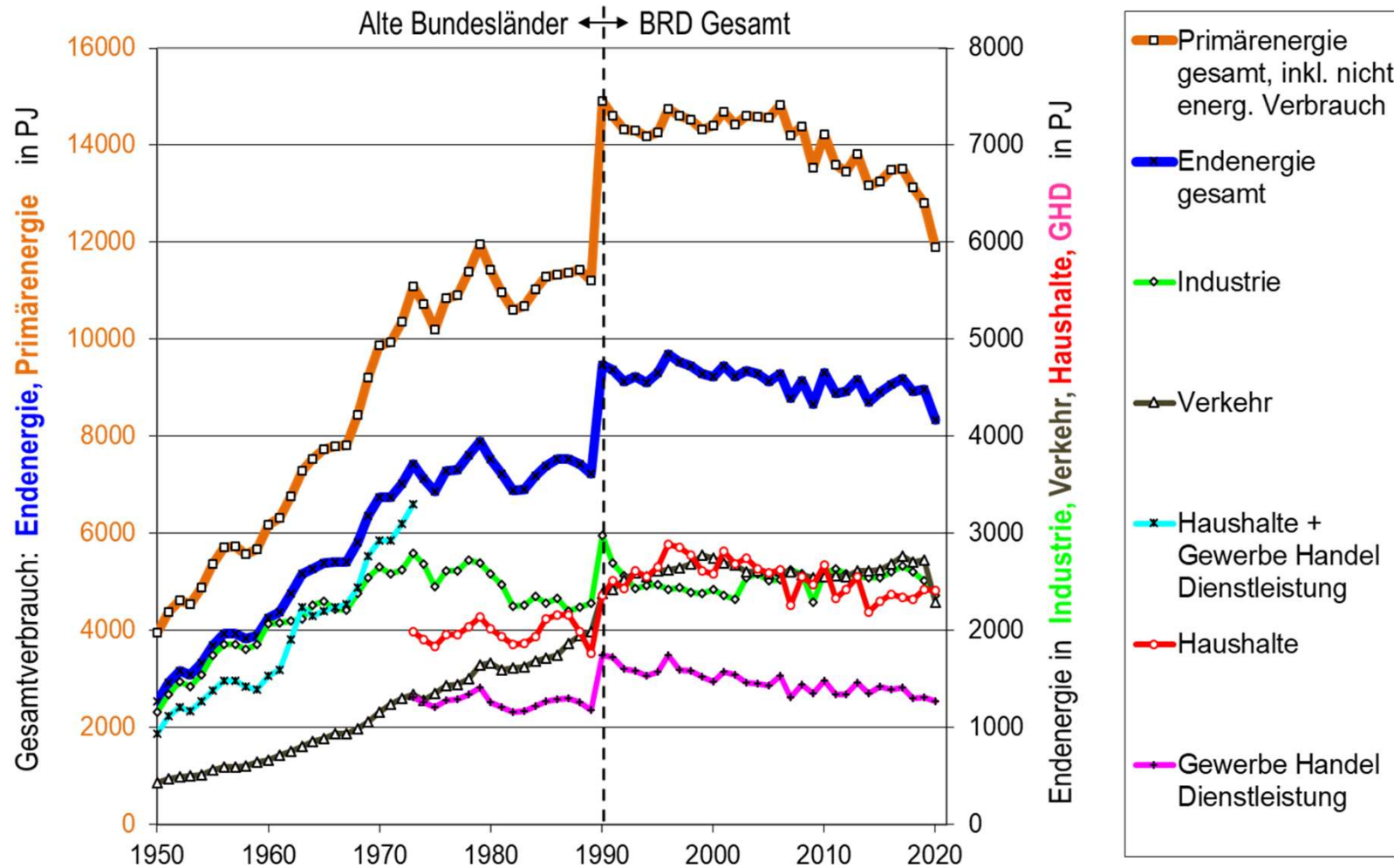
Land	1990	2000	2010	2019
Afrika	26	26	28	28
China	32	38	79	101
Indien	15	18	24	29
BRD	185	173	170	148
USA	321	337	300	282
Europa (EU 27)	143	144	145	131

Entwicklungs- und Schwellenländer

- großer „Nachholbedarf“ bzgl. Wohlstand bzw. Energieverbrauch
- gleichzeitig große + stark wachsende Bevölkerungszahl z.B. China, Indien



„Vorreiter“ BRD - Energieverbrauch

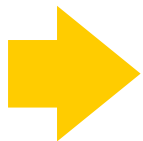
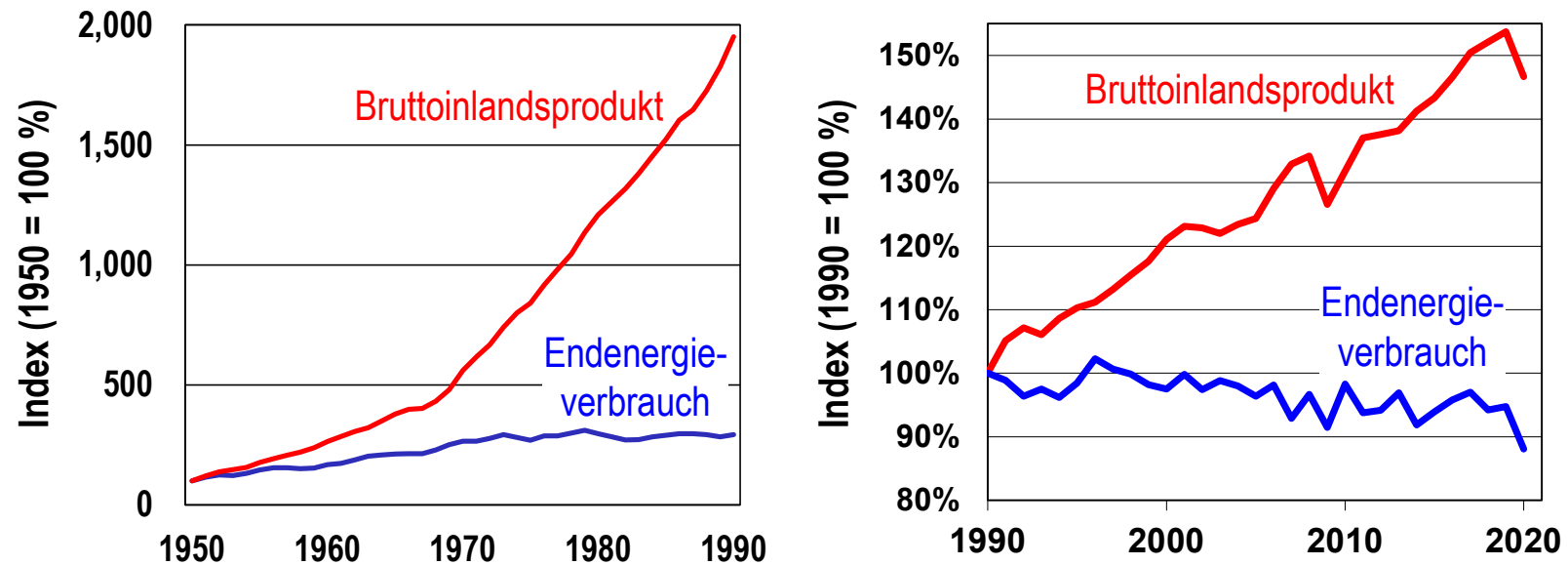


Quelle: BMWi Energiedaten 01/2022 Tab. 5

a d a m

Entkopplung von Wohlstand und Energieverbrauch

„Vorreiter“ BRD



Entkopplung von Bruttoinlandsprodukt und Energieverbrauch durch

- Einsatz von Kapital statt Energie
- stagnierende bzw. nur leicht steigende Bevölkerungszahl

Eigene Darstellung. Datenquellen: Bruttoinlandsprodukt: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen - Lange Reihen ab 1925, Tab. BIP in jeweiligen Preisen, Statistisches Bundesamt (Destatis), 2021. Endenergie vor 1990: AG Energiebilanzen e. V., Berlin. Internetseite, Abruf im August 2022; ab 1990: BMWi Energiedaten 01/2022 Tab.5

Technische Effizienz ↔ Wohlstand und Komfort

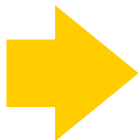
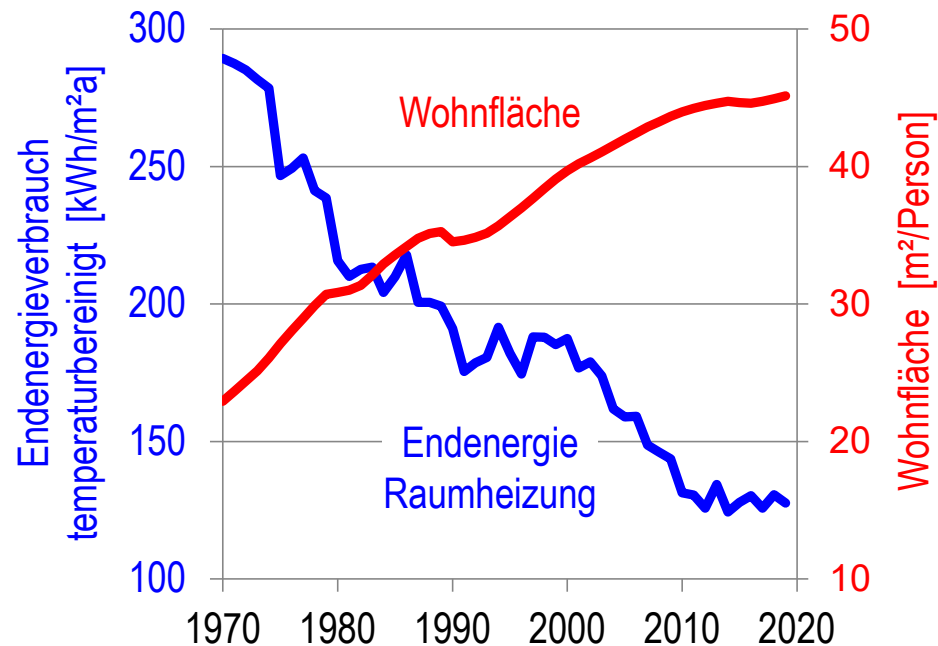
BRD, Raumheizung, private Haushalte

Steigerung der technischen Effizienz

- Wärmeschutz der Gebäude
- Höhere Wirkungsgrade der Heizgeräte

Steigerung der Komfortansprüche

- Wohnflächenzunahme, EFH statt MFH
- Beheizung aller Räume einer Wohnung



Komfort- und Effizienzsteigerung heben sich gegenseitig auf

Eigene Darstellung. Datenquellen: Statistisches Jahrbuch für die BRD, Band 1952 bis 1990, Tabelle Wohnbevölkerung nach Ländern. Statistisches Bundesamt (Destatis), 2021

Lizenz- und Quellenhinweise

Folie 4:

Bild Deutschlandkarte von Clker-Free-Vector-Images:

<https://pixabay.com/de/vectors/weltkarte-karte-welt-schwarz-erde297446/>

Pixabay-Lizenz:

<https://pixabay.com/service/terms/>

Folie 5:

BMWI Energiedaten, CCBY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

KAPITEL: MOTIVATION UND HEMMNISSE

TREIBHAUSEFFEKT, TREIBHAUSGASE UND PROGNOSEN ZUM KLIMAWANDEL

PROF. MARIO ADAM



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>
Weitere Lizenz- und Quellenhinweise siehe Ende des Foliensatzes

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für
Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen





Erneuerbare Energien und Effizienztechnologien

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

E² - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz
ZIES - Zentrum für Innovative Energiesysteme

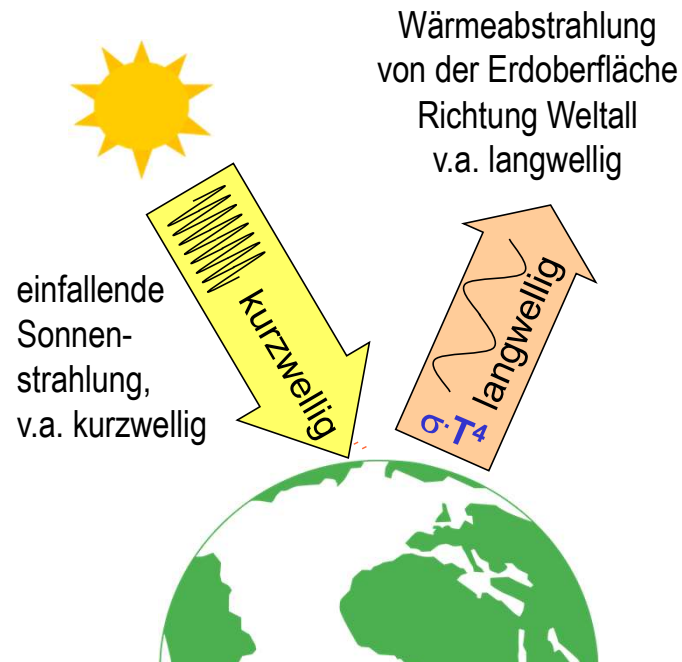
Hochschule Düsseldorf
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Kapitel „Motivation und Hemmnisse“

Treibhauseffekt, Treibhausgase und Prognosen zum Klimawandel

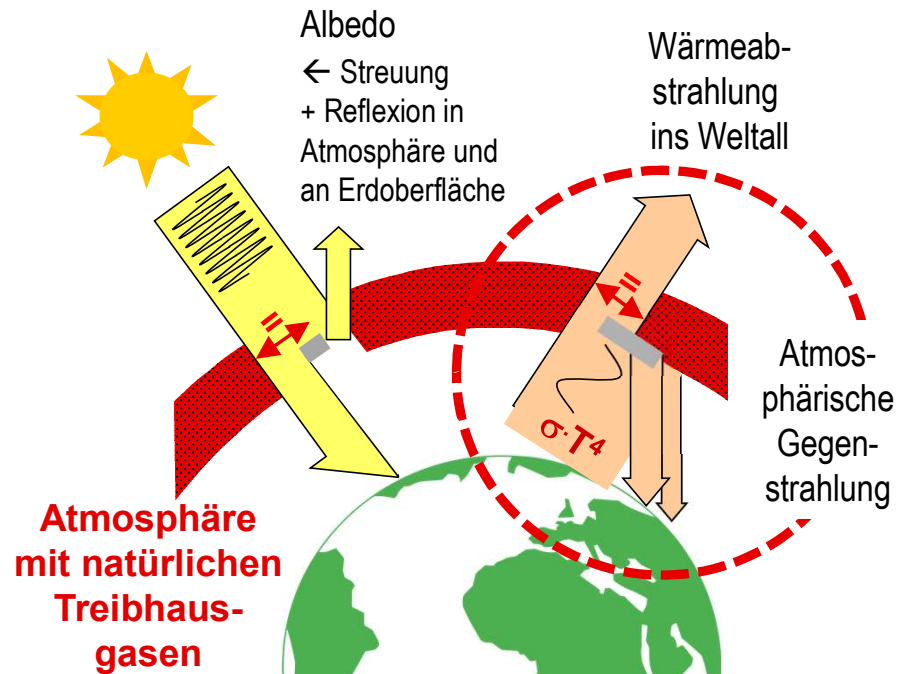
Natürlicher Treibhauseffekt

ohne Atmosphäre



thermisches Gleichgewicht
(Abstrahlung = Einstrahlung)
bei **Erdtemperatur $T = -18^\circ\text{C}$**

mit Atmosphäre



thermisches Gleichgewicht bei
Erdtemperatur $T = +15^\circ\text{C}$
= **natürlicher Treibhauseffekt (+33 K)**

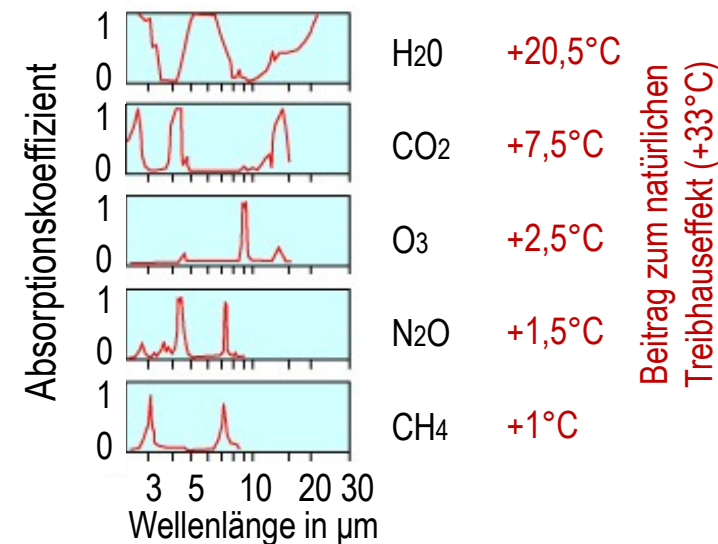
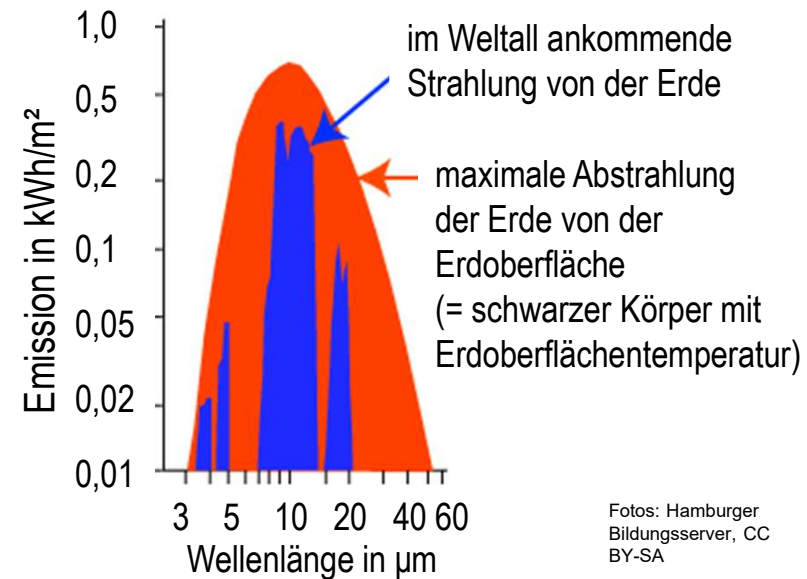
Physikalische Wirkung der Treibhausgase

Natürliche Treibhausgase

- Natürlich in der Atmosphäre vorkommende Gasmoleküle (H_2O , CO_2 , O_3 ...)
- mit Absorptionsbanden zwischen 3...60 mm Wellenlänge → absorbieren Strahlung von der Erde Richtung Weltall

Anthropogene Treibhausgase

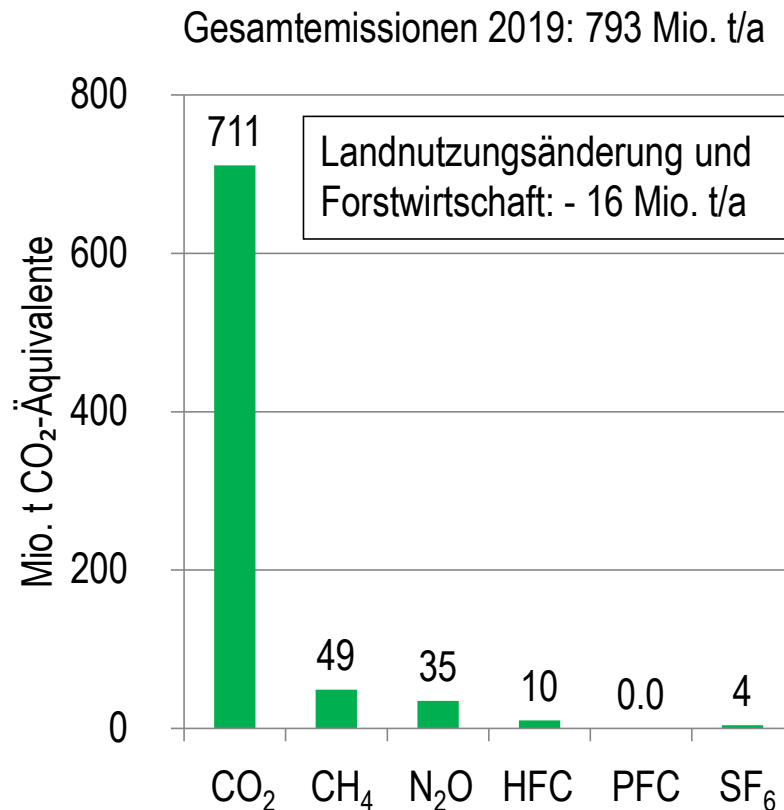
- Durch menschliche Aktivitäten zusätzlich in die Atmosphäre eingebracht
- Absorptionsbanden bei Wellenlängen, in denen die Erde noch ins Weltall abstrahlt
- Wirken umso stärker, je größer ...
 - ihr „Global Warming Potential“ in Relation zur Wirkung eines CO_2 Moleküls ($\text{GWP}_{\text{CO}_2} = 1$, $\text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}} = 310$)
 - ihre Konzentration in der Atmosphäre



Anthropogene Treibhausgase in Deutschland

Quellen anthropogener Treibhausgase

- CO₂ (Kohlendioxid): Verbrennung fossiler Energieträger (vor allem), Industrieprozesse
- CH₄ (Methan): Rinderverdauung, Faulung von Biomasse z.B. in Deponien und unter Wasser, Erdgaslecks
- N₂O (Lachgas): Stickstoffdünger
- HFC, PFC (H/P-Fluorkohlenwasserstoffe): Kältemittel in Kühlgeräten, Lösungsmittel
- SF₆ (Schwefelhexafluorid): elektrisch isolierendes Gas (z.B. in Trafostationen)



Quelle: BMWi Energiedaten 03/2021 Tab 10 (Werte für 2019)

Klimawandel - Stand heute und Prognosen

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

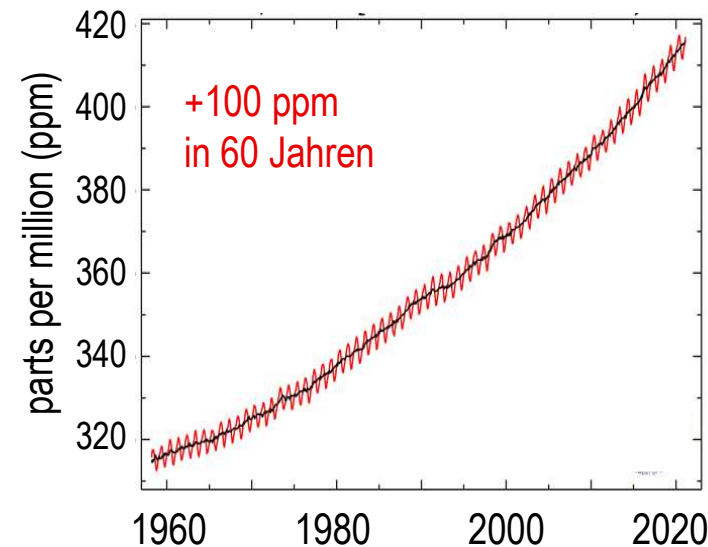
- 1988 von der UN gegründet
- Zusammenfassungen der weltweiten wissenschaftlichen Erkenntnis
- bislang 6 große Berichte: 1990, 1995 (vor Rio de Janeiro), 2001, 2007, 2013/14 (vor Paris), 2021/22

Kernelement der IPCC-Berichte

- Simulationen zu den klimatischen Veränderungen bis 2100
- für 4...5 Treibhausgas-Szenarien
 - „RCP2.6“ (2best): 421 ppm CO₂ (475 ppm CO_{2,äq})
 - „RCP8.5“ (worst): 936 ppm CO₂ (1313 ppm CO_{2,äq})

Zur Einordnung der Szenarien

- CO₂ Konzentration am Mauna Loa Observatory auf Hawai



- Während der letzten 650.000 Jahre: Werte zwischen rd. 200 und 300 ppm
- „schlechte Raumlufte“ ab 1000 ppm

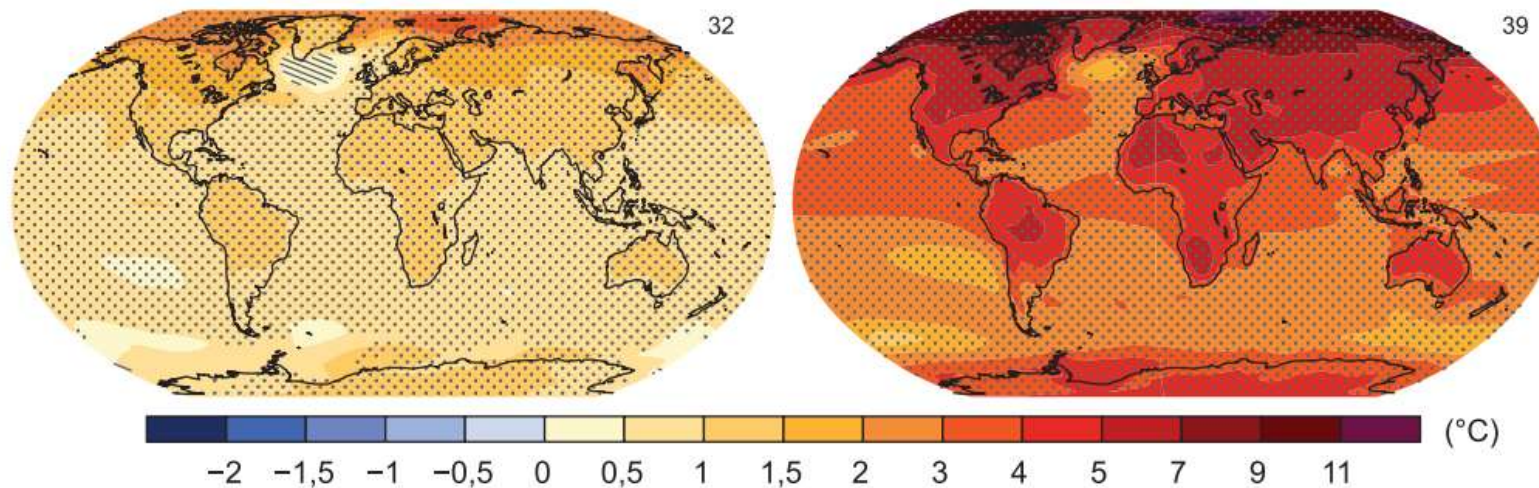
Quelle: IPCC, 2013/14: Beitrag der Arbeitsgruppe I zum 5. IPCC-Sachstandsbericht
Foto: NOAA/ Scripps Institution of Oceanography UC San Diego

IPCC-Prognosen zur Erderwärmung

2Best-Case: max. 475 ppm CO₂,äq

Worst-Case: max. 1313 ppm CO₂,äq

Änderung der mittl. Erdoberflächentemperatur (2081 – 2100 bezogen auf 1986-2005)



- lokal unterschiedliche Erwärmungen
 - Kontinente schneller als Ozeane, weil geringerer Wärmetransport in tiefere Schichten
 - am stärksten in der Arktis, weil Selbstverstärkung durch reduzierte Schnee-/Eisflächen
→ Jet Stream schwächt sich ab → längere „stabile“ Wetterlagen

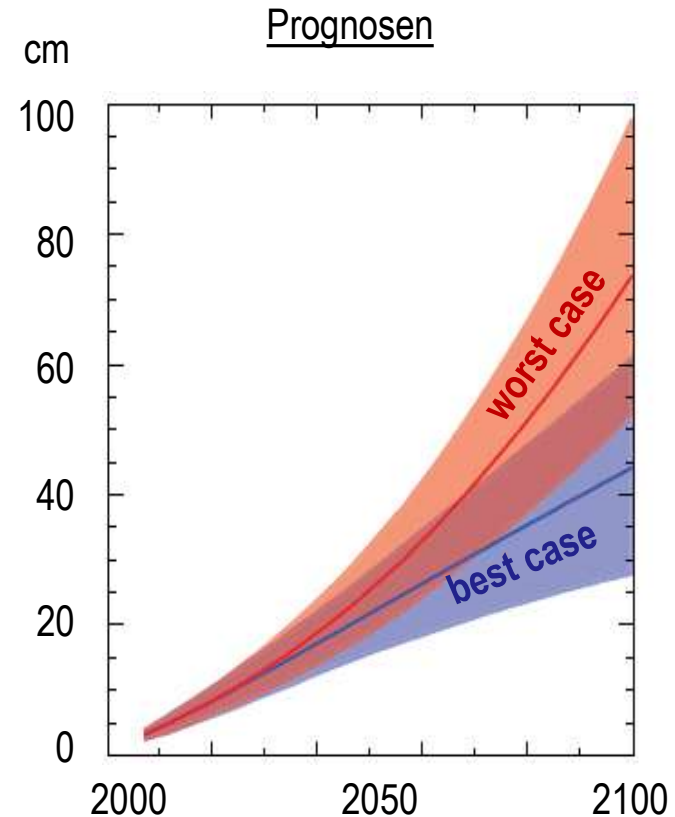
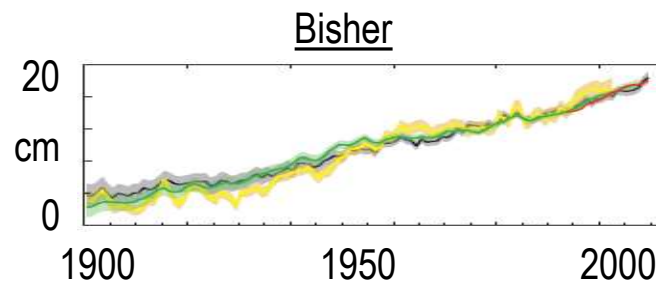
Fotos: Karten der CMIP5-Multimodell-Mittel-Ergebnisse für die Szenarien RCP2.6 und RCP8.5, IPCC, 2013/14, Summary for Policymakers

IPCC-Prognosen zum Meeresspiegel-Anstieg

- Grafiken: globale Mittelwerte (lokale Unterschiede)
- Ursachen: Erwärmung, Landeisschmelze
- Weitere Auswirkungen: Änderung der Ozeanzirkulationen (z.B. Golfstrom-Abschwächung), Dämpfung des atmosphärischen Temperaturanstiegs, etc.

Lange Zeiträume

- für Temperaturanpassung der Meere
- Anstieg des Meeresspiegels >> 10 m
- abgeleitet aus erdhistorischen Meeresspiegel-/Temperaturdaten



Fotos. IPCC-Bericht, 2013/14, Summary for Policymakers

Verbleibende CO₂-Budgets

Global Warming Between 1850-1900 and 2010-2019 (°C)		Historical Cumulative CO ₂ Emissions from 1850 to 2019 (GtCO ₂)				
1.07 (0.8–1.3; likely range)		2390 (± 240; likely range)				
Approximate global warming relative to 1850–1900 until temperature limit (°C) ^a	Additional global warming relative to 2010–2019 until temperature limit (°C)	Estimated remaining carbon budgets from the beginning of 2020 (GtCO ₂) Likelihood of limiting global warming to temperature limit ^b				
		zum Vergleich, Emission 2019: 43 Gt CO ₂				
		17%	33%	50%	67%	83%
		900	650	500	400	300
		1450	1050	850	700	550
1.5	0.43	2300	1700	1350	1150	900
1.7	0.63					
2.0	0.93					
		Variations in reductions in non-CO ₂ emissions ^c				
		Higher or lower reductions in accompanying non-CO ₂ emissions can increase or decrease the values on the left by 220 GtCO ₂ or more				

Quelle: IPCC-Bericht 2021, Summary for Policymakers

Lizenz- und Quellenhinweise

Folie 1:

Creative Commons C0
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>
Erde von <https://svgsilh.com/>

Folie 4:

IPCC, Klimaänderungen 2013, Zusammenfassung politischer Entscheidungsträger, Seite 16
<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5-wg1-spmgerman.pdf>

Folie 5:

IPCC, Klimaänderungen 2014, Synthesebericht, Seite 63
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf

Folie 6:

IPCC, Klimaänderungen 2013, Naturwissenschaftliche Grundlagen, WGI-24
<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5-wg1-spmgerman.pdf>

Folie 7:

IPCC, Climate Change 2021, The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, Seite 29
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf

KAPITEL: MOTIVATION UND HEMMNISSE

KLIMAWANDEL – WAHRHEIT ODER LÜGE?

PROF. MARIO ADAM



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für
Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen





Erneuerbare Energien und Effizienztechnologien

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

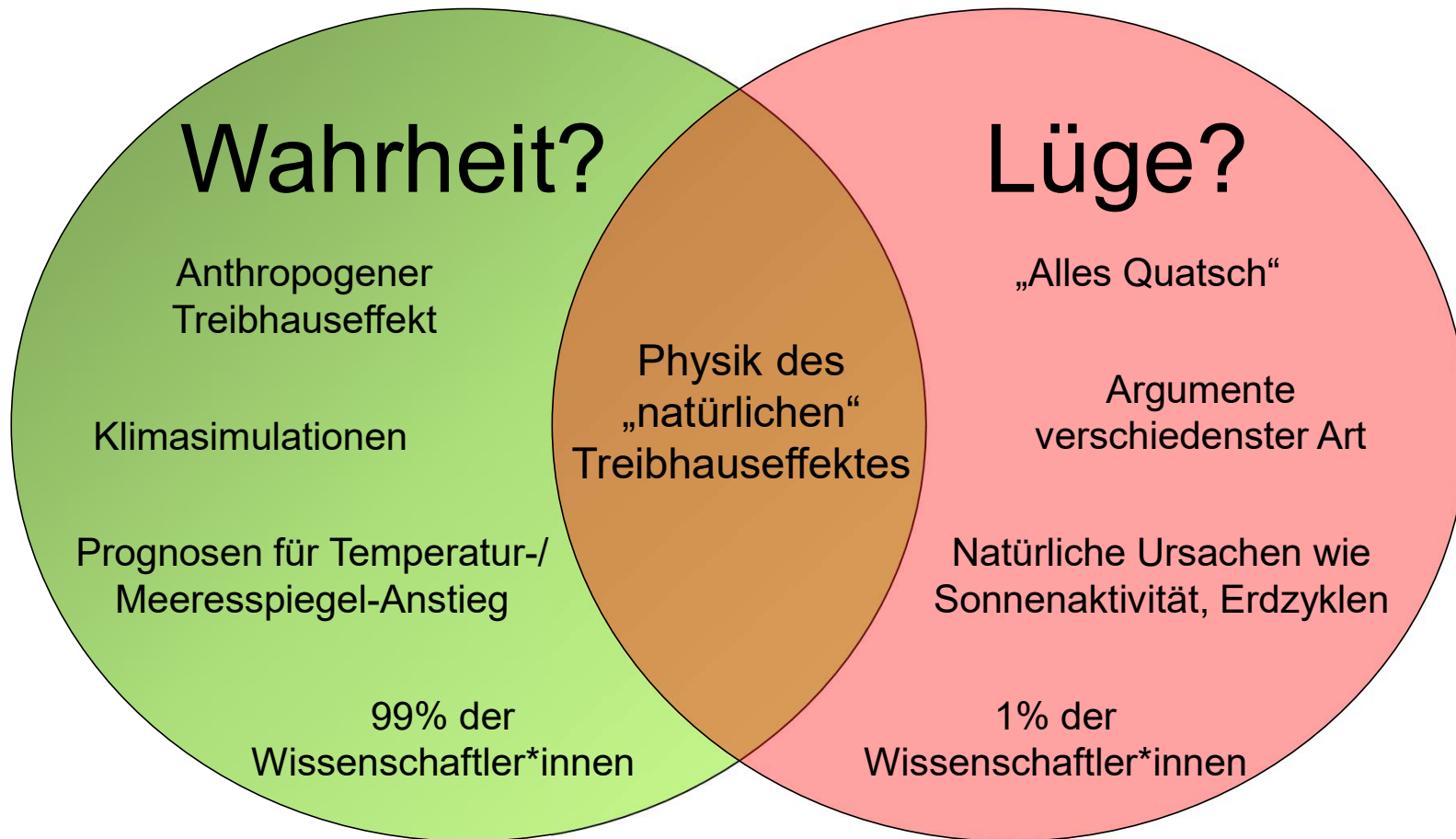
E² - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz
ZIES - Zentrum für Innovative Energiesysteme

Hochschule Düsseldorf
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Kapitel „Motivation und Hemmnisse“

Klimawandel – Wahrheit oder Lüge?

Klimawandel



Argumente der Klimawandel-Skeptiker / Leugner

augenscheinlich unqualifiziert, z.B.

- „Klimaforscher machen Panik, um mehr Fördergelder zu erhalten“
- „das von Lebewesen ausgeatmete CO₂ ist weitaus entscheidender als das aus der Verbrennung fossiler Energieträger“
- „Rosinenpicken“, Beispiel „Erwärmungs-Pause“ von 1998 bis 2012

Erdtemperatur-Verlauf hat andere Ursachen z.B.

- Abwärme aus Verbrennungsprozessen (aber: CO₂ wirkt 100.000-fach stärker)
- kosmische Strahlung beeinflusst Wolkenbildung (aber: sehr schwach)
- Sonnenaktivität bzw. Sonnenflecken
- langjährige periodische Erdzyklen

Quelle: <https://www.eike-klima-energie.eu>, Abruf 12.9.2019

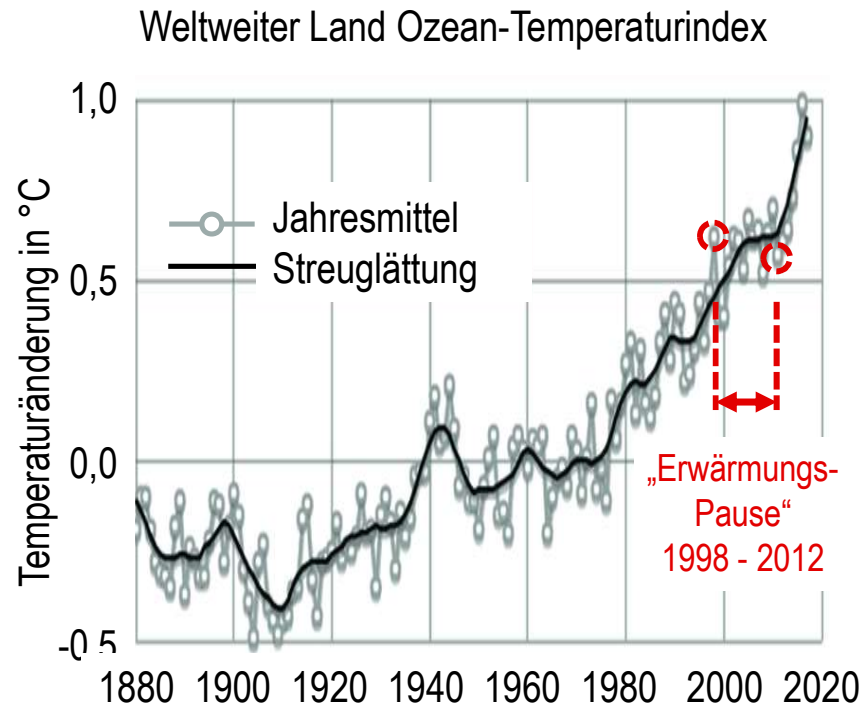


Foto: MDPI

Ursachen

- 1998: sehr warmes El-Niño Jahr (wiederkehrendes Phänomen im Pazifik)
- bis 2012: verstärkte Wärmeaufnahme durch Ozeane

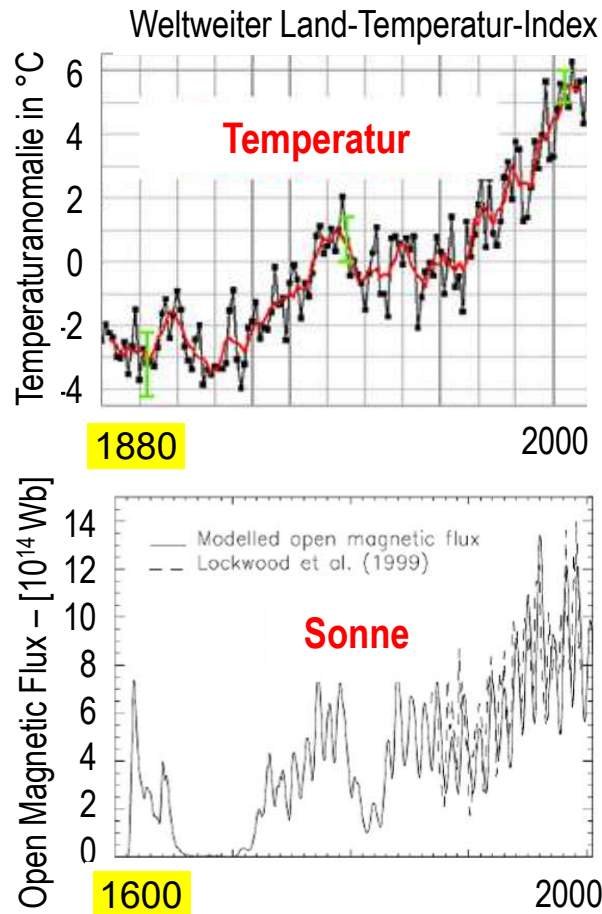
Einfluss der Sonnenaktivität

Fachartikel zum Einfluss der Sonnenaktivität

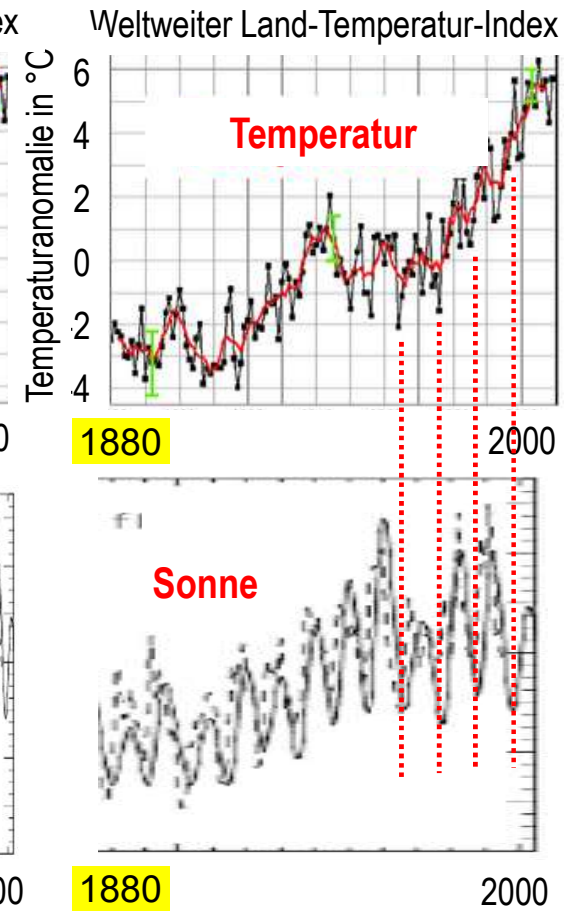
- Sonnenaktivität anhand Sonnenmagnetfeld quantifiziert
- Abbildungen im Artikel legen Zusammenhang zwischen Sonnenaktivität und Temperaturverlauf nahe
- aber: Zeitachse stimmt nicht überein
- dennoch: für 11 jährige Zyklen mitverantwortlich

Quelle: Kaltesonne/Sebastian Lüning, Fachartikel „Klimawandel in Deutschland: Eine geowissenschaftliche Betrachtung“ von Sebastian Lüning, Geologe;); Abruf von <https://www.eike-klima-energie.eu> am 12.9.2019

Darstellung im Artikel
→ legt Zusammenhang nahe



mit richtiger Zeitachse
→ kein Zusammenhang

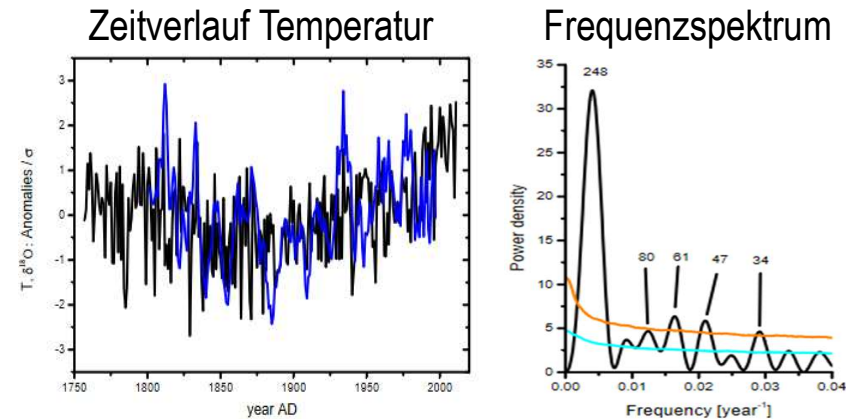


Periodische Erdzyklen – Größenordnung 100 Jahre

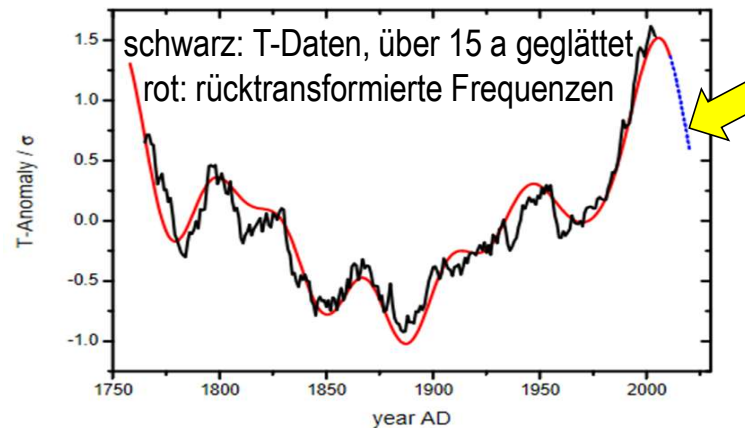
Fachartikel zum Einfluss periodischer Erdzyklen

- Fourieranalyse von gemessenen Temperatur-Zeitverläufen
 - Überführung in Frequenzbereich
→ relevante Zyklen
z.B. bei 248 a und 61 a (Atlantische Multidekadische Oszillation)
 - Rücktransformation: gute Übereinstimmung mit Temperaturverlauf
- aber: Übereinstimmung bei der Art von Vorgehensweise nicht verwunderlich
- aber: T müsste nach 2010 drastisch sinken

Quelle: Fachartikel „Multiperiodic climate dynamics: spectral analysis of long-term instrumental and proxy temperature records“, von H.-J. Lüdecke (HTW Saarbrücken; retired), A. Hempelmann (Uni Hamburg), C. O. Weiss* (PTB Braunschweig; retired); Abruf von <https://www.eike-klima-energie.eu> am 12.9.2019



Rücktransformation der 6 wichtigsten Frequenzen > 30 Jahre in Zeitverlauf



Periodische Erdzyklen - Größenordnung 100.000 Jahre

Abfolge der Eiszeiten in der „jüngeren“ Vergangenheit

- Abstände in der Größenordnung von 100.000 Jahren
- verbunden mit Schwankungen der CO₂-Konzentration von rund 100 ppm
- aktuell: „Warmzeit“ auf dem Weg in die nächste Eiszeit (d.h. etwa - 5 K in 100.000 Jahren)
- CO₂-Anstieg bzw. Treibhauseffekt wirkt dem entgegen
- **aber: viel zu schnell, (bis +10 K in 100 Jahren)**

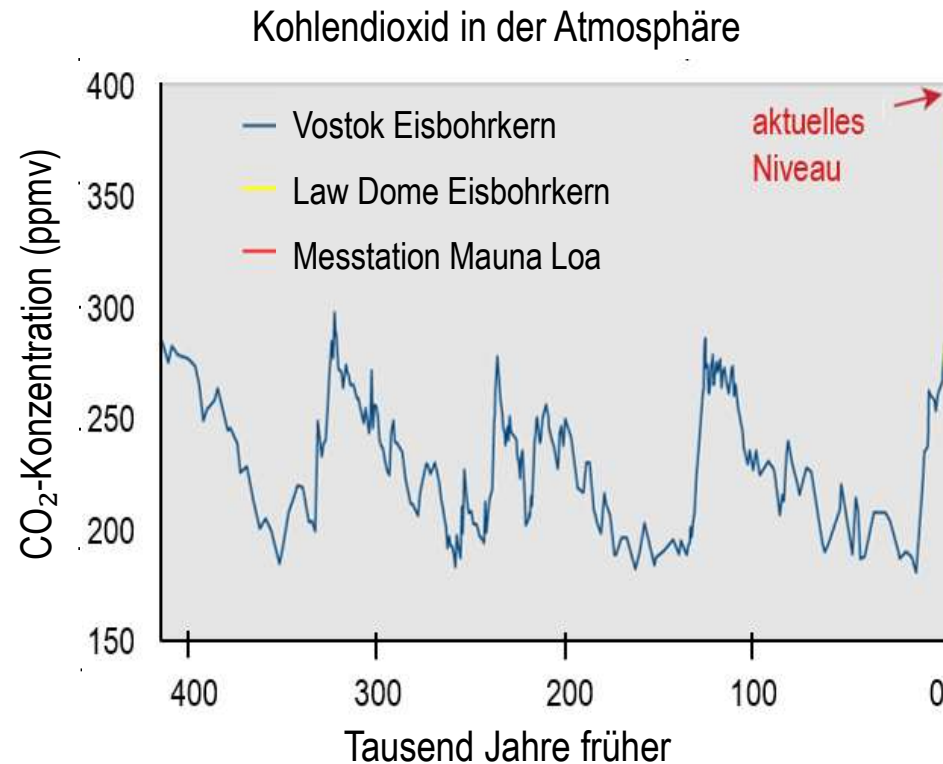
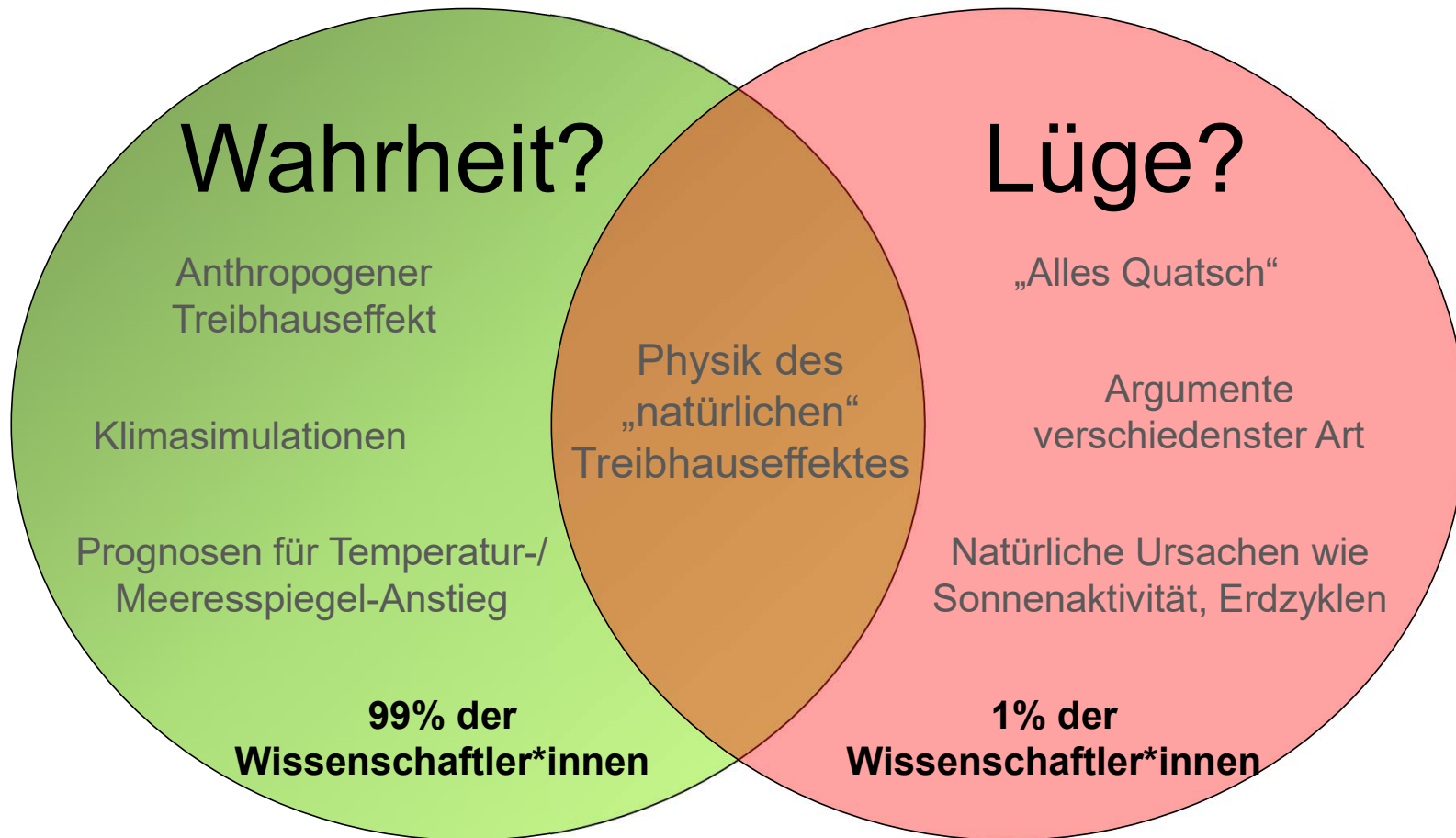


Foto: Skeptical Science

Klimawandel



KAPITEL: MOTIVATION UND HEMMNISSE

KLIMASCHUTZZIELE UND HEMMNISSE

PROF. MARIO ADAM



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>
Weitere Lizenz- und Quellenhinweise siehe Ende des Foliensatzes

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für
Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen





Erneuerbare Energien und Effizienztechnologien

Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

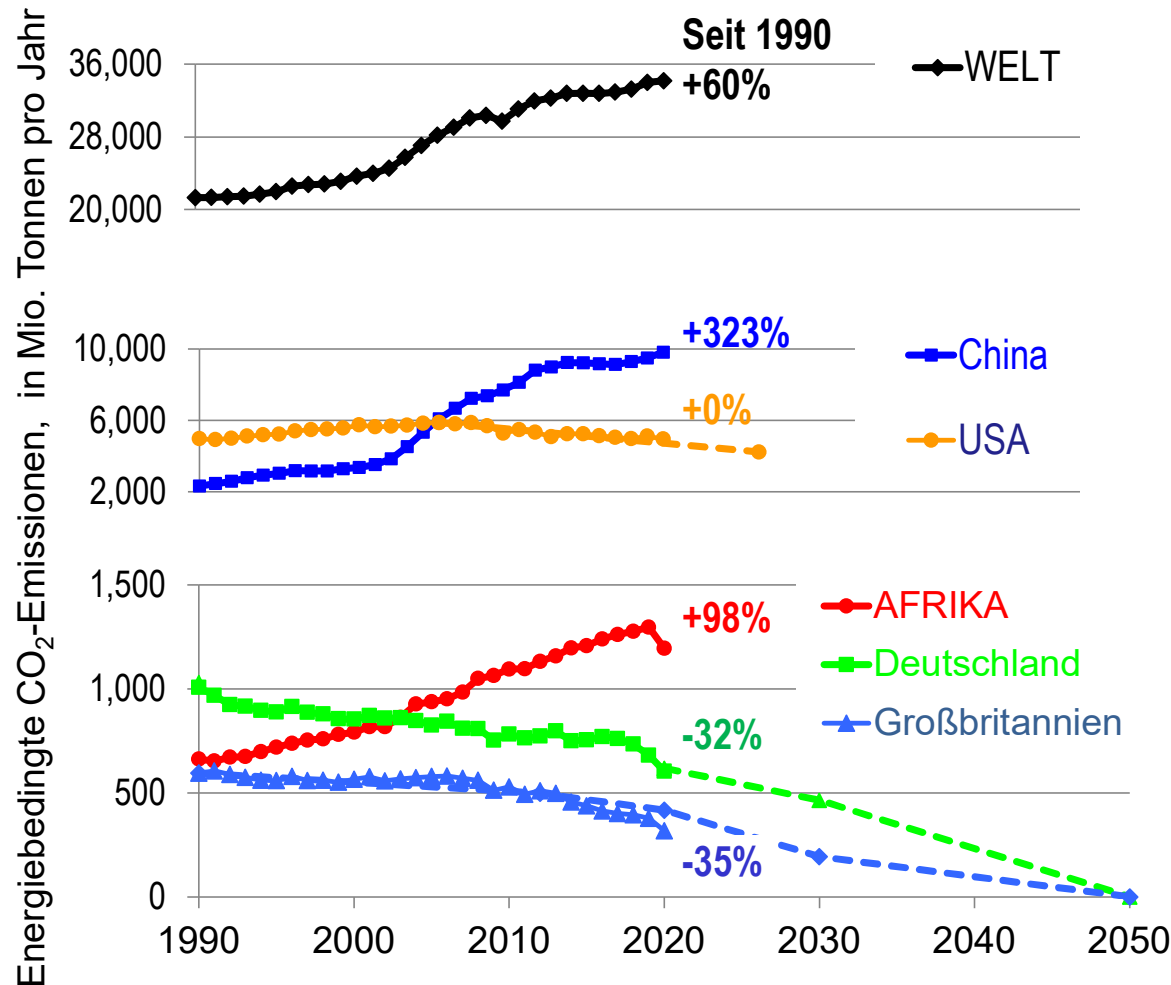
E² - Erneuerbare Energien und Energieeffizienz
ZIES - Zentrum für Innovative Energiesysteme

Hochschule Düsseldorf
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Kapitel „Motivation und Hemmnisse“

Klimaschutzziele und Hemmnisse

Ziele - global und langfristig



Minderungsziele

- gestrichelte Linien
- Pariser Klimakonferenz 2015:
 - < 2° Erderwärmung
 - Nationale Ziele mit Bezugsjahr 1990 oder 2005

Ziele	2030	2050
China	ab dann kein Anstieg	0 in 2060
USA	-50% (2005)	0
D'land	-55% (1990)	0
Großbr.	-68% (1990)	0
Japan	-25% (2005)	0

Quelle: BMWI Energiedaten 1/2022 Tab 12; Abkommen zur Pariser Klimakonferenz

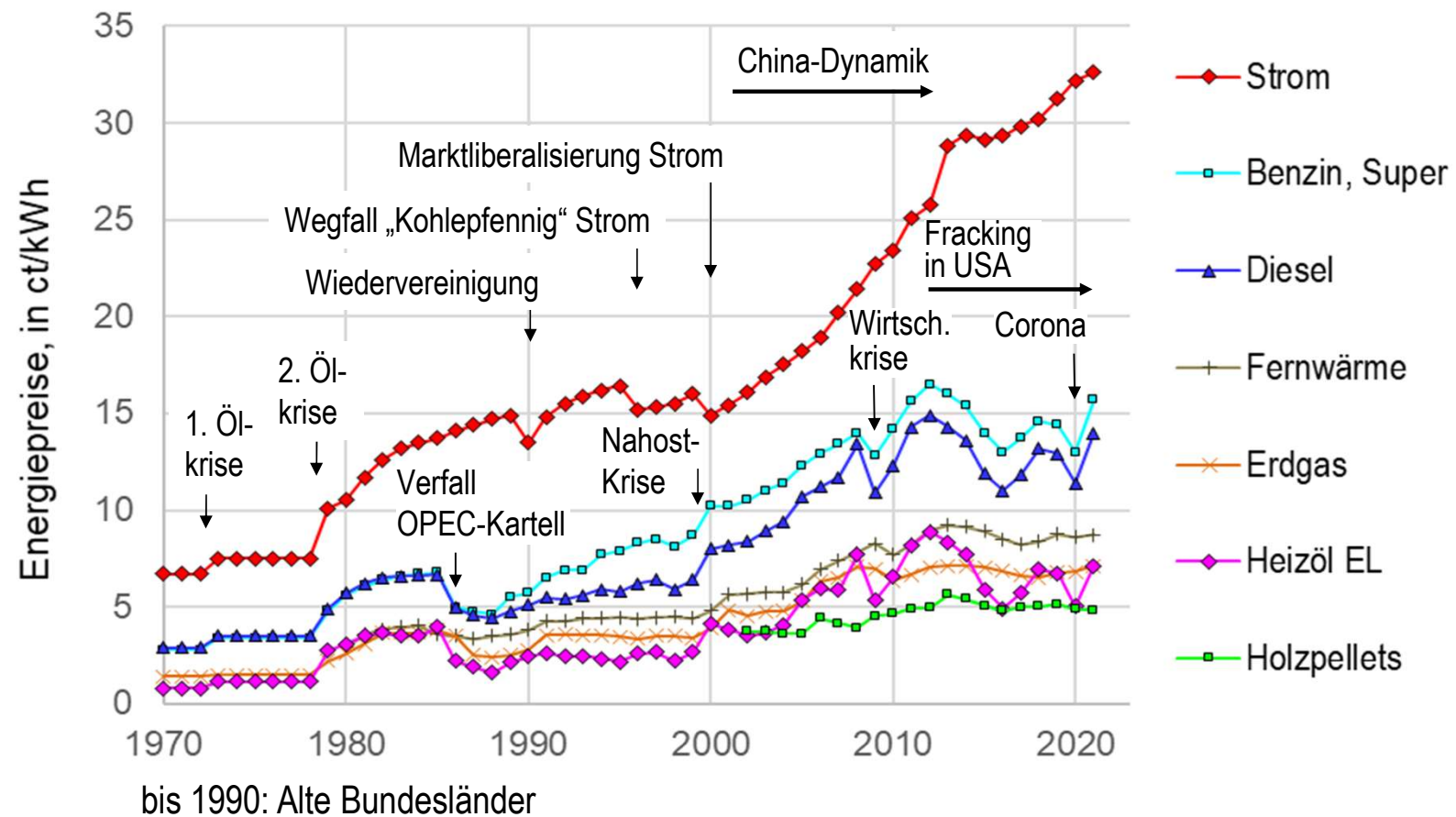
Hemmnisse - momentan und individuell

Kosten

- Lange Zeit niedrige Energiepreise
→ keine Wirtschaftlichkeit

Energiepreise in Deutschland

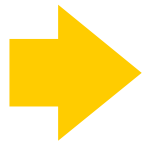
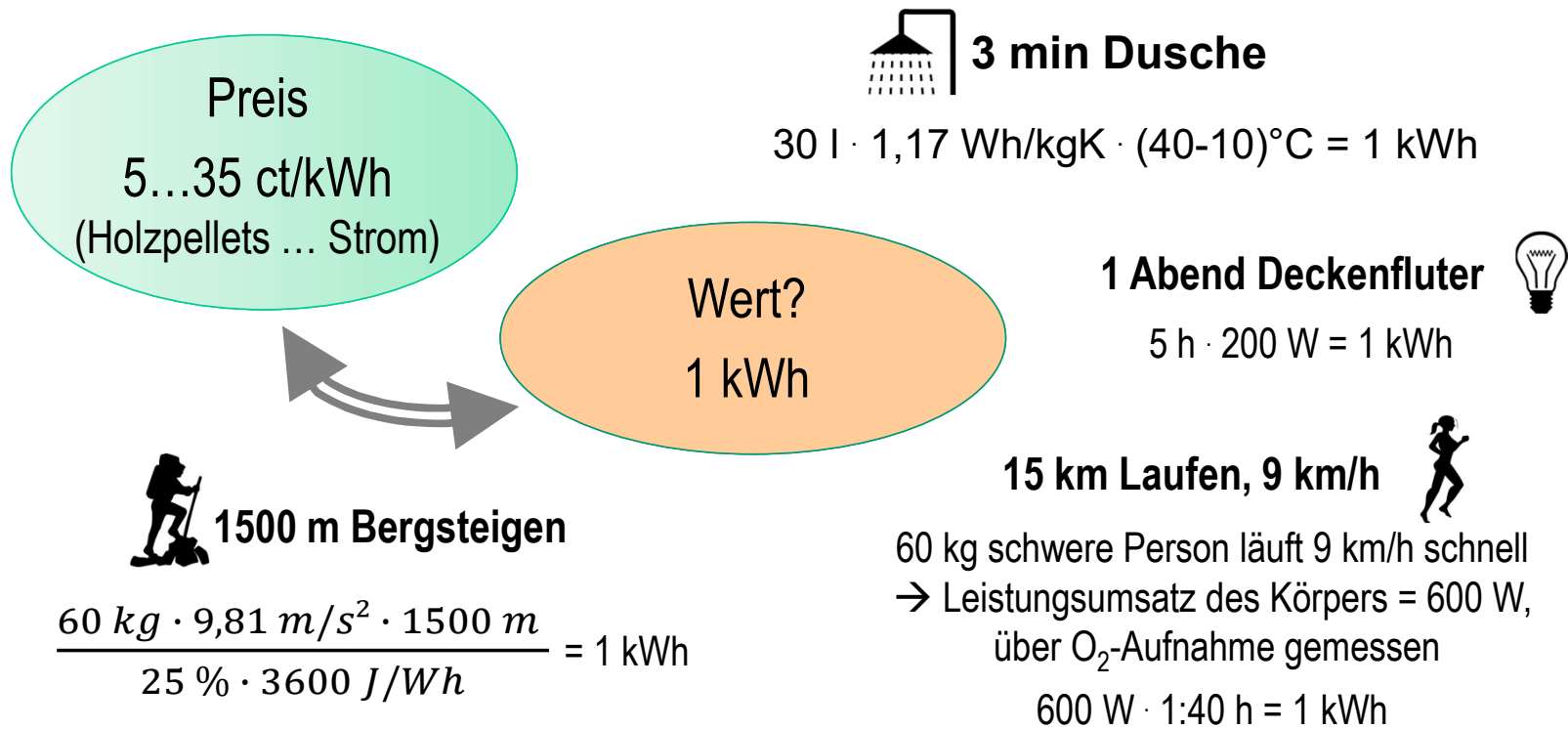
private Haushalte, inklusive Steuern und Abgaben



Quelle: BMWi Energiedaten 01/2022 Tab. 26, C.A.R.M.E.N.

Preis und Wert einer Kilowattstunde Energie

Was ist eine Kilowattstunde? Wie mache ich eine Kilowattstunde erlebbar?



1 kWh = viel Energie, lange Zeit sehr preiswert!

Hemmnisse - momentan und individuell

Kosten

- Lange Zeit niedrige Energiepreise
→ keine Wirtschaftlichkeit
- Höhere Investition
→ Geld nicht vorhanden (Personen, Entwicklungsländer ...)
- Investor \neq Nutzer
→ Interessenkonflikt (z.B. Vermieter / Mieter)
- Geringer Energiekosten-Anteil bei Produkten
→ nicht im Fokus von Unternehmen
- Amortisation > 3 Jahre in Industrie selten akzeptiert (sich ändernde Marktlage)

Kritische Aspekte

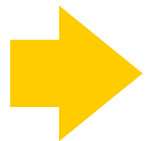
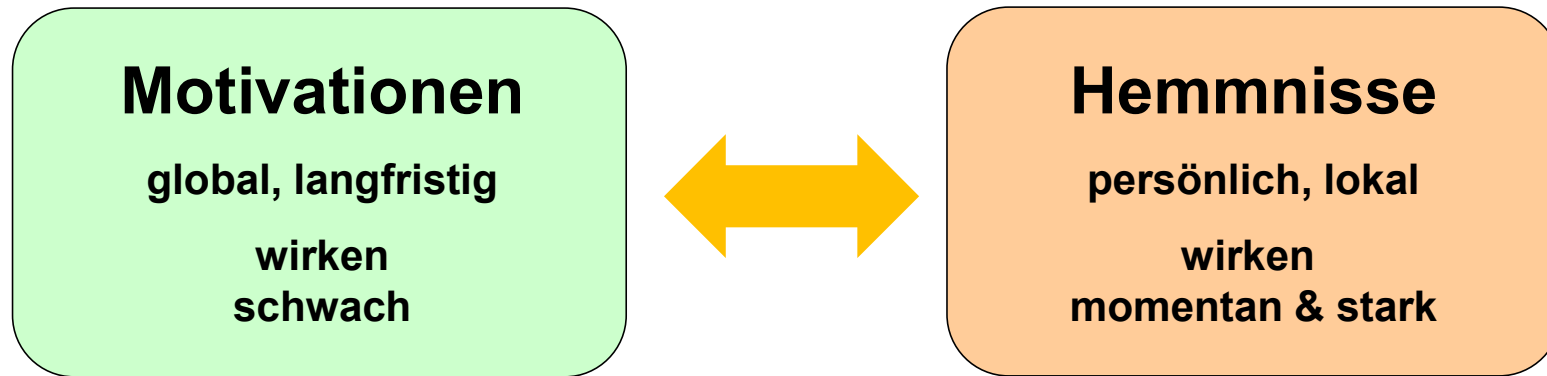
- Nachteile, die mit der Nutzung erneuerbarer Energien einhergehen
 - Windkraftanlagen
→ verändertes Landschaftsbild, Schattenwurf ...
 - Wasserkraftanlagen mit großen Stauseen
→ überschwemmtes Land, Umsiedlung von Menschen (2 Mio. bei Dreischluchten-Projekt in China)

Menschen

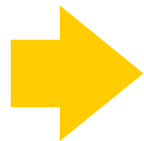
- Kenntnisdefizite bei Privatpersonen sowie Fachleuten
- Hoher Energieverbrauch meist mit Annehmlichkeit verbunden (lediglich etwas höhere Energiekosten), keine direkte negative Rückkopplung
- 100%ige Überzeugung, dass Klimaschutz bzw. Energiesparen notwendig sind, fehlt bei vielen Menschen
- Gefühlte Ohnmacht! Was kann ich als Einzelperson schon bewirken?



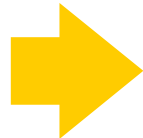
Resümee



Global denken, lokal handeln (jeder in seinem Umfeld)!



Kenntnisdefizite abbauen, in Ausbildung + Alltag!



Die „Energiewende“ muss & kann gelingen!

Lizenz- und Quellenhinweise

Folie 4 und 5:

Creative Commons C0

<https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>

Icons von <https://svgsilh.com/>

ORCA.nrw

Technology
Arts Sciences
TH Köln

RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM

RUB



Hochschule
Bonn-Rhein-Sieg

Hochschule Düsseldorf
University of Applied Sciences
HSD

ISEA

Stromrichter-
technik und
Elektrische
Antriebe

RWTH AACHEN
UNIVERSITY

FH AACHEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die:



INNOVATION DURCH KOOPERATION

Gefördert durch:

Ministerium für
Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz. Ausgenommen von der Lizenz sind die verwendeten Logos sowie alle anders gekennzeichneten Elemente. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

a d a m