



Verein zur Weiterentwicklung
der Energiewende Europas

Technologische und ökonomische Herausforderungen der Energiewende – Problemstellung –

Univ.-Prof. Dr. Georg Brasseur

Institut für Elektrische Messtechnik und Sensorik



Technische Universität Graz



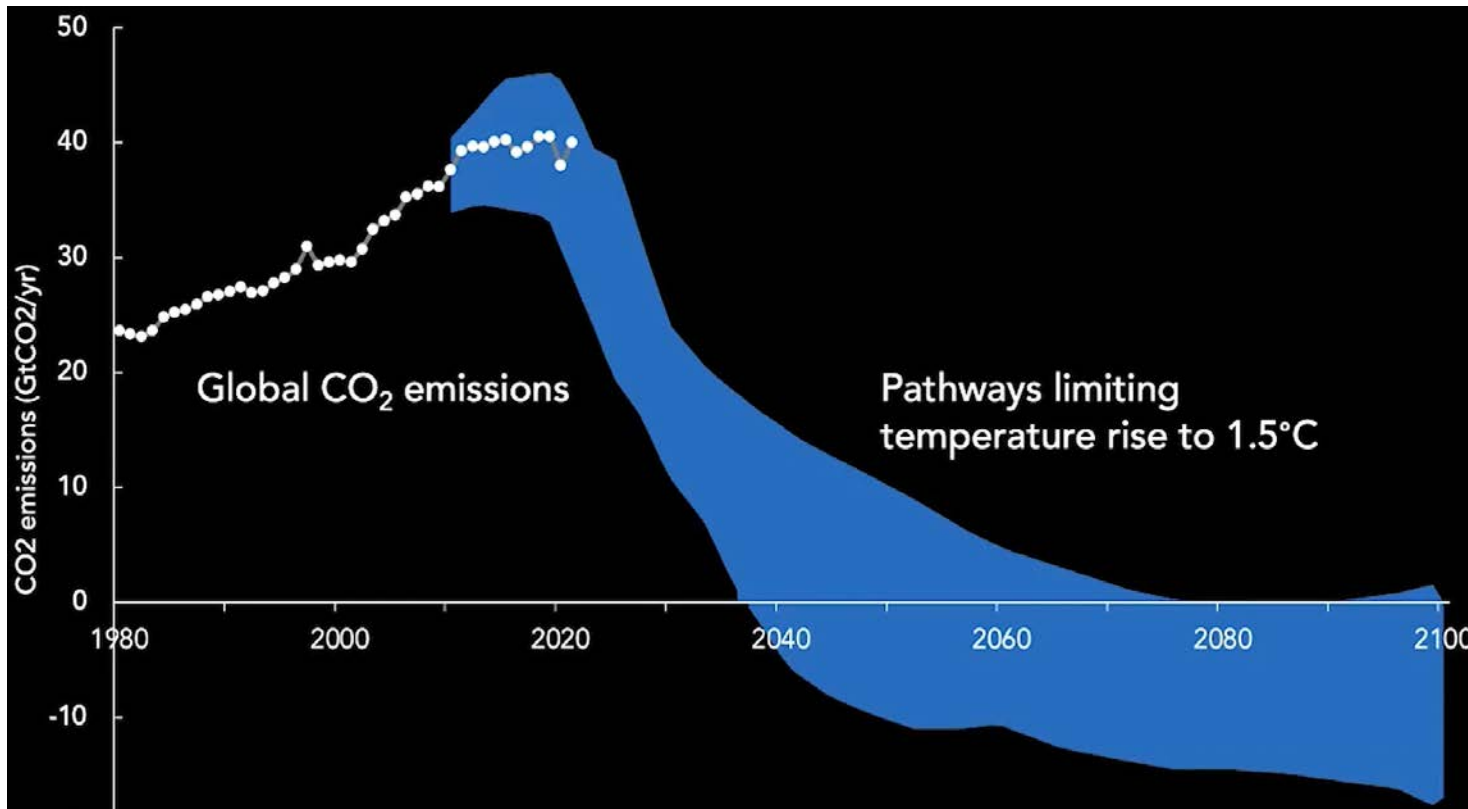
Warum braucht die Welt grüne Energie?

- Weil die **globale Erwärmung** mit **spürbaren Auswirkungen** voranschreitet.
- Weil **Treibhausgase** und insbesondere **CO₂-Emissionen** aus **fossiler Energie** wesentlich zum **Klimawandel** beitragen.

Das globale CO₂-Budget bis 2050

Zur Zeit werden jährlich ca. **36 Gt** fossiles CO₂ freigesetzt!

Um das **1,5 °C Ziel** mit 50 % Wahrscheinlichkeit zu erreichen, verbleiben **ab 2020: 500 Gt** CO₂



IPCC:

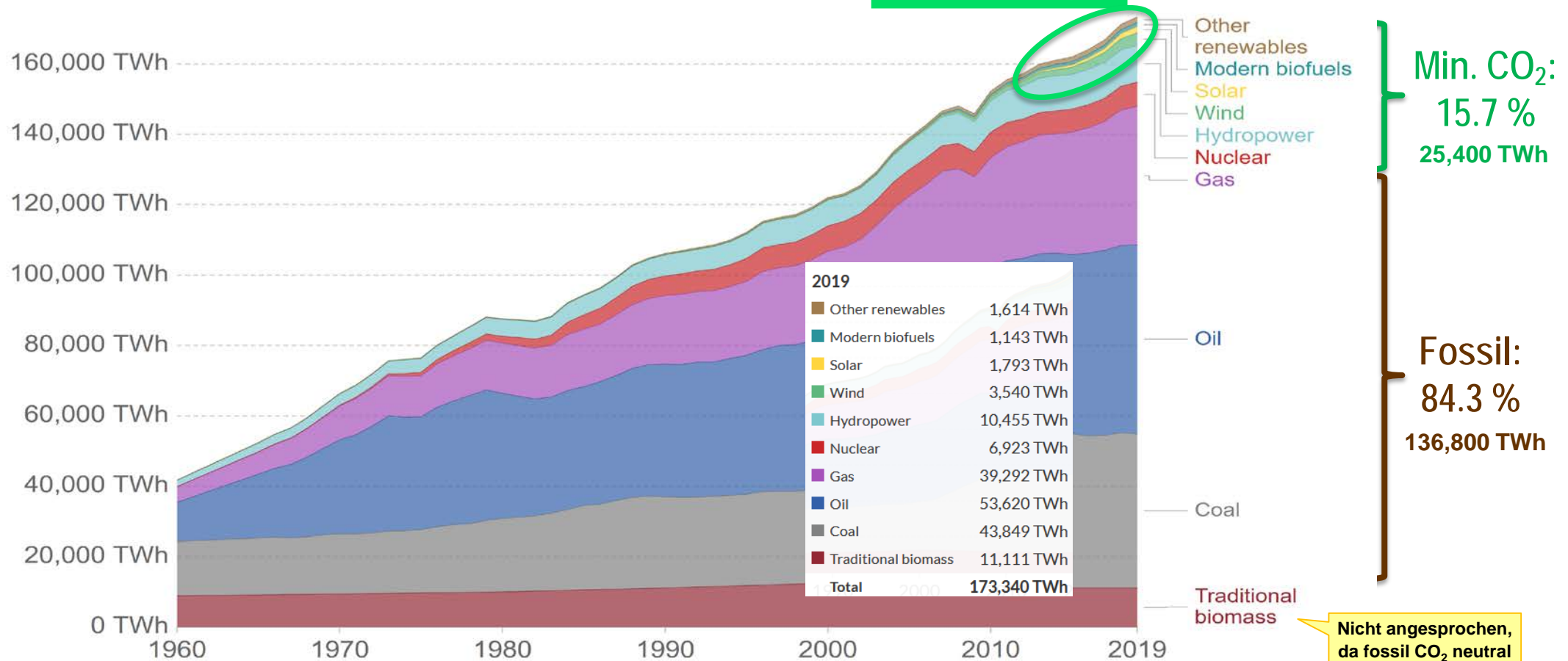
Alle globalen Modelle zur **Begrenzung der Erderwärmung** auf max. **1,5 °C** oder **2 °C** fordern **kurzfristige und signifikante Treibhausgasreduktionen** in allen Sektoren.

Globale Primärenergie nach Quellen von 1969 bis 2019

Our World in Data

In 2019: 162 200 TWh 2018 → 2019: +1,3 %

Erneuerbare:
Wind + Sun = 3,3 %



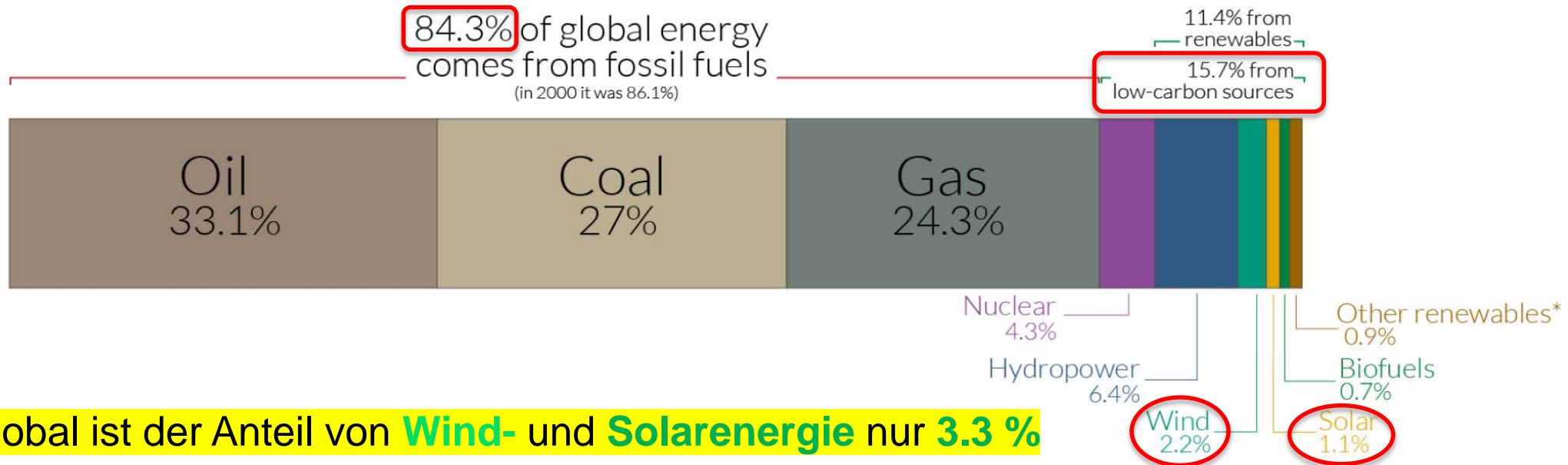
Nicht angesprochen, da fossil CO₂ neutral

Source: Vaclav Smil (2017) & BP Statistical Review of World Energy

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Im Jahr 2019 wurden **84,3 %** der **globalen Primärenergie** aus **fossilen Quellen** bezogen.

Im Jahr **2000** waren es **86,1 %**



Global ist der Anteil von **Wind- und Solarenergie** nur **3.3 %**

*'Other renewables' includes geothermal, biomass, wave and tidal. It does not include traditional biomass which can be a key energy source in lower income settings.
 OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.
 Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy (2020).

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Strom **erzeugung** nach Quellen im Jahr 2019

Globale Primärenergie 162 200 TWh = 100 %	Globaler Strombedarf 27 000 TWh = 16,7 %
---	--



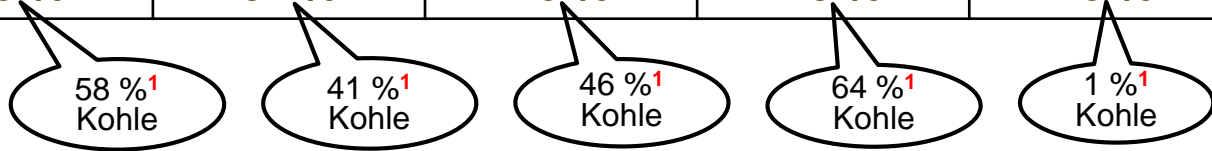
Die Welt braucht dringend mehr elektrische Energie. ABER: Die Welt braucht vorwiegend andere grüne und speicherbare Energieträger!

OECD Countries

- Australia
- Austria
- Belgium
- Canada
- Czech Republic
- Denmark
- Estonia
- Finland
- France
- Germany
- Greece
- Hungary
- Ireland
- Italy
- Japan
- Korea
- Luxembourg
- Mexico
- New Zealand
- Norway
- Poland
- Portugal
- Slovak Republic
- Spain
- Sweden
- Switzerland
- The Netherlands
- Turkey
- United Kingdom
- United States

Strom- erzeugung	Global 27 000 TWh 100 %	OECD 11 136 TWh 41 %	Europa 3993 TWh 15 %	Deutschland 612 TWh 2,2 %	Österreich 73 TWh 0,27 %
Min. CO ₂	37 %	46 %	60 %	55 %	77 %
Fossil	63 %	54 %	40 %	45 %	23 %

Muss wachsen (inklusive Kernenergie)



¹ Basierend auf der Bruttoproduktion

Analyse des globalen Energiebedarfs

- Die größten fossilen Energieverbraucher sind:
 - global Industrie & Dienstleistungen gefolgt von Gebäuden
 - in wohlhabenden Industrienationen zusätzlich der Erdöl basierte Verkehr.
- Energiewende heißt Defossilisierung der globalen Primärenergie und nicht nur der Primärenergie, die für die Generierung der 17 % elektrischer Energie notwendig ist.
- Das wichtigste Ziel muss Strom aus nicht fossilen Quellen sein und der grüne Strom muss rascher wachsen als die Stromzunahme.
- Ein dominant volatiles Energiesystem (Sonne & Wind) bedeutet ein angebotsbestimmtes Energiesystem. Die Gesellschaft und die Industrie brauchen aber wie bisher ein grünes verbraucherorientiertes Energiesystem.
- Deshalb müssen große Mengen grüner speicherbarer Energieträger generiert werden.

Analyse des **globalen** Energiebedarfs

- Die größten **fossilen Energieverbraucher** sind:
 - **global Industrie & Dienstleistungen** gefolgt von **Gebäuden**
 - in **wohlhabenden Industrienationen** zusätzlich der **Erdöl** basierte **Verkehr**.

Um die Energiewende zu schaffen, sind daher **drei Maßnahmen** notwendig:

- **Energie sparen,**
- **grünen Strom** ausbauen und
- **grüne speicherbare Energieträger generieren!**

Energiesystem. Die **Gesellschaft** und die **Industrie** brauchen aber wie bisher ein **grünes verbraucherorientiertes Energiesystem**.

- Deshalb müssen große Mengen **grüner speicherbarer Energieträger** generiert werden.

Analyse des europäischen Energiebedarfs

Die **Energiewende** bedeutet den fiktiven Ersatz von **17.100 TWh/a fossiler Primärenergie** durch **Wind-** und **Solarenergie**.

- **2019: 82.000 Windräder** → bis 2050 Anzahl **mal 36** → **3 Mio. Windräder** installieren.
- Jahresauslastung Windräder: ≈ 26 % → Nur 26 % der möglichen Energie werden geerntet.
 Installierte Leistung 2019: **205 GW** → **mal 36** → **7.600 GW in 2050** → Netze **vervielfachen!**

oder

≈ Fläche Rumäniens!

- **2019: 2.072 km² PV-Fläche** → bis 2050 Fläche **mal 111** → **228.000 km² PV-Fläche** errichten.
- Jahresauslastung Photovoltaik: ≈ 12 % → Nur 12 % der möglichen Energie werden geerntet.
 Installierte Leistung 2019: **148 GW** → **mal 111** → **16.400 GW in 2050** → Netze **vervielfachen!**

Gesamte europäische Kraftwerksleistung 2019 ≈ 1.450 GW

Analyse des europäischen Energiebedarfs

Die **Energiewende** bedeutet den fiktiven Ersatz von **17.100 TWh/a fossiler Primärenergie** durch **Wind-** und **Solarenergie**.

- **2019: 82.000 Windräder** → bis 2050 Anzahl **mal 36** → **3 Mio. Windräder** installieren.
- Jahresauslastung Windräder: ≈ 26 % → Nur 26 % der möglichen Energie werden geerntet.
 Installierte Leistung 2019: **148 GW** → **mal 111** → **16.400 GW in 2050** → Netze vervielfachen!
- **2019: 2.07** → **16.400 GW in 2050** → Netze vervielfachen!
- Jahresauslastung Photovoltaik: ≈ 12 % → Nur 12 % der möglichen Energie werden geerntet.
 Installierte Leistung 2019: **148 GW** → **mal 111** → **16.400 GW in 2050** → Netze vervielfachen!

Europa ist nicht und wird auch in Zukunft nicht energieautonom sein!

Gesamte europäische Kraftwerksleistung 2019 ≈ 1.450 GW

Rohstoffbedarf für Windräder

Für **Bau & Errichtung** von **3 Mio. On-shore Windrädern** à **2,5 MW** benötigt man:

(Der Rohstoffbedarf ist stark bauartabhängig)

36 Gt/a

- ≈ **3 000 Mio.** Tonnen **Beton** → **15 %** der Weltproduktion → 1 % der globalen CO₂-Emissionen
- ≈ **1 100 Mio.** Tonnen **Stahl** → **55 %** der Weltproduktion → 5 % der globalen CO₂-Emissionen
- ≈ **7 Mio.** Tonnen **Primäraluminium** → **10 %** der Weltproduktion → 0,3 % der globalen CO₂-Emis.
- ≈ **15 Mio.** Tonnen **Kupfer** → **70 %** der Weltproduktion → 0,4 % der globalen CO₂-Emissionen
- ≈ **52 Mio.** Tonnen **Polymer** → **13 %** der Weltproduktion → 0,3 % der globalen CO₂-Emissionen
- ≈ **52 Mio.** Tonnen **Carbon** → **x-faches** der Weltproduktion → ? % der globalen CO₂-Emissionen

Die **Errichtung** der **grünen Infrastruktur** benötigt **riesige Rohstoffmengen** und setzt große **Treibhaus-**
gasmengen frei → der **Ernteertrag** der Anlagen muss **hoch** sein → **optimale Standorte** auswählen

und **ENERGIE SPAREN !**

Arkona Ostsee
Windpark

Energiedichte von **grüner** versus fossiler Energie

- **1 GW Windpark** bei 44 % Auslastung mit Nennleistung: → **3,9 TWh pro Jahr**
- **Power-to-X**: z.B. in Flüssigmethan oder Diesel → $\eta = 71-43\%¹$ → **2,8 -1,8 TWh/a**
- LNG Tanker (-162 °C) ca. **250 Mio.** Liter; Diesel Tanker ca. **350 Mio.** Liter

Wie lange schätzen Sie, dauert es, bis der Tanker voll ist?



https://www.n-tv.de/wirtschaft/der_boersen_tag/Groesster-Offshore-Windpark-Hohe-See-steht-article21203487.html



<https://gcaptain.com/q-max-lng-tankers/>

Arkona Ostsee
Windpark

Energiedichte von **grüner** versus fossiler Energie

- **1 GW Windpark** bei 44 % Auslastung mit Nennleistung: → **3,9 TWh pro Jahr**
- **Power-to-X**: z.B. in Flüssigmethan oder Diesel → $\eta = 71-43\%¹$ → **2,8 -1,8 TWh/a**
- LNG Tanker (-162 °C) ca. **250 Mio.** Liter; Diesel Tanker ca. **350 Mio.** Liter

Betrieb des **Windparks** zur Füllung eines **LNG Tankers**: **7 - 10 Monate** oder **Diesel Tankers**: **1 – 1,5 Jahre**
(**Leerung des Tankers** dauert unter **24 h**)



https://www.n-tv.de/wirtschaft/der_boersen_tag/Groesster-Offshore-Windpark-Hohe-See-steht-article21203487.html



<https://gcaptain.com/q-max-lng-tankers/>

Arkona Ostsee Windpark

Energiedichte von grüner versus fossiler Energie

- 1 GW Windpark bei 44 % Auslastung mit Nennleistung: → 3,9 TWh pro Jahr
- Power-to-X: z.B. in Flüssigmethan oder Diesel → $\eta = 71-43\%^{1}$ → 2,8 -1,8 TWh/a
- L

Wind- und Solarenergie haben eine um Größenordnungen geringere „Energiedichte“ als Kohlenwasserstoffe und bezogen auf den Energieinhalt sind die Transportverluste von Kohlenwasserstoffen gering bis nahezu vernachlässigbar.

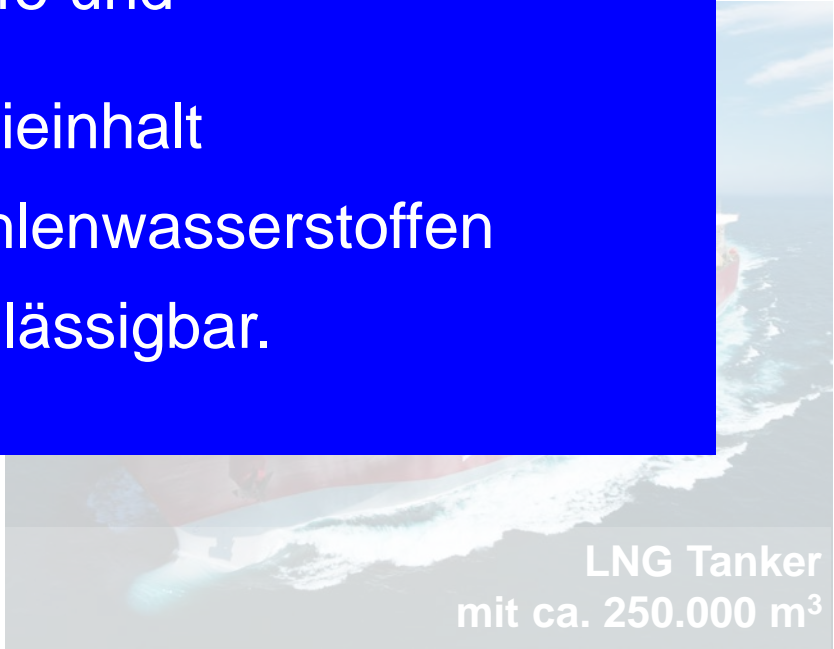
Betrieb d

1,5 Jahre



Windpark Arkona:
60 Windräder à 6 MW ≈ 385 MW | 39 km²

https://www.n-tv.de/wirtschaft/der_boersen_tag/Groesster-Offshore-Windpark-Hohe-See-steht-article21203487.html



LNG Tanker
mit ca. 250.000 m³

<https://gcaptain.com/q-max-lng-tankers/>

Was wäre der ideale **Transport-** und **Speicherbehälter** für **Wasserstoff**?

Druckbehälter oder kryogener Tank?

Gravimetrischer Heizwert (Energiedichte) von **Wasserstoff (H₂)**: = 33,3 kWh/(kg)

Volumetrischer Heizwert in kWh/(m³) von **H₂**: 3,0 @ 1 bar; 1335 @ 700 bar; 2361 @ -253 °C

Energiedichteverhältnis **Methan** (9,9 kWh/m³ @ 1bar) zu **Wasserstoff**:

CH₄/H₂: 3,3 @ 1 bar; 1,5 @ $\frac{200}{700}$ bar, 2,6 @ $\frac{-162}{-253}$ °C

Energiedichteverhältnis **Ammoniak** (3,8 kWh/m³ @ 1 bar) zu **Wasserstoff**:

NH₃/H₂: 1,27 @ 1 bar; 2,65 @ $\frac{9}{700}$ bar, 1,5 @ $\frac{-33}{-253}$ °C

Was wäre der ideale **Transport-** und **Speicherbehälter** für **Wasserstoff**?

Druckbehälter oder kryogener Tank?

Der ideale Transport- und Speicherbehälter für Wasserstoff ist eine chemische Bindung:

entweder (CH-Bindungen): Synthese von **Methan**
und von (flüssigen) **Kohlenwasserstoffen**

oder (NH-Bindungen): Synthese von **Ammoniak**

NH_3/H_2 : 1,27 @ 1 bar; 2,65 @ $\frac{1}{700}$ bar, 1,5 @ -253 °C

Europas Stromverbraucher wachsen

- IKT, Haushalte, E-Motoren, Bahn & Beleuchtung haben **keine andere Option!**
- **Gewerbe** und **Industrie** müssen die Prozesse **defossilisieren** & **Wirkungsgrade steigern**, womit auf Kosten von **mehr Strombedarf** der **Primärenergiebedarf sinkt**.
 - **Prozesswärme** z.B. mittels **Wärmepumpen** (und Geothermie).
 - **Heizung/Kühlung** von **Bürogebäuden & Fertigung** über **Wärmepumpen**

Mehr Strombedarf
 - Die **Umstellung** der **Rohstahlproduktion** von **Kohle** auf **grünen Wasserstoff** benötigt für die Rohstahlproduktion in Österreich (VOEST) **≈ 30 TWh/a Strom** und für Deutschland **≈ 163 TWh/a**.

D 2019: 612 TWh¹

A 2019: 73 TWh¹
 - Die **Umstellung** der deutschen **Chemischen Industrie** benötigt² **645 TWh elektrische Energie** pro Jahr, größtenteils zur Herstellung von **grünem Wasserstoff**.
 - Die Umstellung der deutschen **Raffinerien** von Wasserstoff aus Erdgas auf **grünen Wasserstoff** benötigt **≈ 21 TWh³ elektrische Energie** pro Jahr.
 - Die **Grundstoffindustrie** ist für **16 %** der Treibhausgase in der EU verantwortlich³. Große Mengen an **elektrischer Energie** sind zur Erzeugung von **grünem Wasserstoff** als Brennstoff für **Hochtemperaturwärme** (> 400 °C) notwendig.

¹ bp Statistical Review of World Energy June 2020, <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>, accessed 26.12.2020. ² Roadmap Chemie 2050, <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/2019-10-09-studie-roadmap-chemie-2050-treibhausgasneutralitaet.pdf>, accessed 26.2.2021. ³ Potentialatlas für Wasserstoff, ENCON Europe GmbH, 3-2018, Seite 47; <https://www.dww-info.de/wp-content/uploads/2018/04/Potentialstudie-f%C3%BCr-gr%C3%BCnen-Wasserstoff-in-Raffinerien.pdf>, accessed 1.6.2022.

Europas Stromverbraucher wachsen

- IKT, Haushalte, E-Motoren, Bahn & Beleuchtung haben **keine andere Option!**
- **Gewerbe** und **Industrie** müssen die Prozesse **defossilisieren** & Wirkungsgrade steigern, womit auf Kosten von **mehr Strombedarf** der Primärenergiebedarf sinkt.

Mehr
Strombedarf

Es ist dringend an der Zeit, objektiv und ohne Rücksicht auf ideologische Vorgaben zu untersuchen, in welchen Verbrauchssektoren die Elektrifizierung **bereits jetzt** nachhaltige Treibhausgaseinsparungen erzielen kann und **deshalb** staatlich gefördert werden sollte.

9: 612 TWh¹

Jahr,

nötigt

- Die **Grundstoffindustrie** ist für **16 %** der Treibhausgase in der EU verantwortlich³. Große Mengen an **elektrischer Energie** sind zur Erzeugung von **grünem Wasserstoff** als Brennstoff für **Hochtemperaturwärme** (> 400 °C) notwendig.

¹ bp Statistical Review of World Energy June 2020, <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>, accessed 26.12.2020. ² Roadmap Chemie 2050, <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/2019-10-09-studie-roadmap-chemie-2050-treibhausgasneutralitaet.pdf>, accessed 26.2.2021. ³ Potentialatlas für Wasserstoff, ENCON Europe GmbH, 3-2018, Seite 47; <https://www.dwv-info.de/wp-content/uploads/2018/04/Potentialstudie-f%C3%BCr-gr%C3%BCnen-Wasserstoff-in-Raffinerien.pdf>, accessed 1.6.2022.

Wie nutzt man den **in Europa generierten Strom optimal?** **Optimal = Minimierung** der **Treibhausgase** für die Anlagenerrichtung

- Wind- und Sonnenenergie liefern **elektrische Energie**, die verbraucht werden muss, da **Strom keine Energie hat**. → IKT, Haushalte, Beleuchtung, Bahn, e-Motoren, **Industrie** etc.
- In **einer** verlustbehafteten **Energieumwandlung** kann aus **Strom** mittels Elektrolyse **grüner Wasserstoff** hergestellt werden. → **Industrie** etc.
- Eine **zweite** verlustbehaftete **Energieumwandlung** generiert aus **grünem Wasserstoff** gut transportier- und speicherbare gasförmige und flüssige **synthetische Kraftstoffe** wie **Methan, Ammoniak, Methanol, Petroleum, Diesel oder Benzin**. **Haushalte, Verkehr, Industrie**, etc.

- Die Minimierung der **Anzahl an Energieumwandlungen**
 - **minimiert** den **Primärenergiebedarf**,
 - **minimiert** den **Rohstoffbedarf** und damit auch die Treibhausgase zur **Errichtung** der **Infrastruktur** für **grüne Energievektoren** und
 - **minimiert CAPEX und OPEX**.

Wie nutzt man den in Europa generierten Strom optimal? Optimal = Minimierung der Treibhausgase für die Anlagenerrichtung

- Wind- und Sonnenenergie liefern **elektrische Energie**, die verbraucht werden muss, da **Strom keine Energie hat**. → IKT, Haushalte, Beleuchtung, Bahn, e-Motoren, **Industrie** etc.

Das Optimierungsproblem

lässt sich anhand wissenschaftlich fundierter Fakten lösen und sollte von ideologischen wie politischen Meinungen unbeeinflusst sein.

- **minimiert** den Primärenergiebedarf,
- **minimiert** den Rohstoffbedarf und damit auch die Treibhausgase zur Errichtung der Infrastruktur für **grüne Energievektoren** und
- **minimiert** CAPEX und OPEX.

Auswirkungen der **Energiewende** auf den **Verkehr** in Europa

In **Industrienationen** werden **35 %** der **Primärenergie** (**Erdöl**) für den **Transportsektor** und davon ca. 2/3 (21 %) für den **Pkw-Verkehr** verwendet.

Energie am Rad zur Energie im Speicher (Tank)

In **Ballungsräumen** ist der Wirkungsgrad des Antriebsstranges:

- bei Pkw mit **Verbrennungsmotor** **15 – 20 %**
- bei **batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV)** **80 %**

Die trügerische Versuchung

Mit einem **BEV** kann man 80 bis 85 % **fossile Primärenergie** einsparen!

Trugschluss: Nicht die Batterie, sondern der **elektrische Antriebsstrang** bewirkt den **hohen Wirkungsgrad**, und damit **die Reduktion der CO₂-Emissionen**, denn

- **Strom** in Europa (**4.000 TWh/a**) ist zu **60 % grün** und zu **40 % fossil**. Damit **müssen kalorische Kraftwerke** alle **Zusatzverbraucher** wie Wärmepumpen, BEV, Waschmaschinen, etc. versorgen!

Auswirkungen der **Energiewende** auf den **Verkehr** in Europa

Der **fehlende grüne Strom** (Residualstrom) muss von **fossilen Kraftwerken** aufgebracht werden und diese sind auch für die **Netzstabilität essenziell** (Regelkraftwerke).

bei **batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) 80 %**

Die von der Politik praktizierte Ankurbelung der Mobilität mit BEV **verzögert die Energiewende!**

Das Ziel

– die **vollständige Defossilisierung des Stroms** – wird um Jahre verzögert.

Trugschl

- **Strom**
Kraftwe

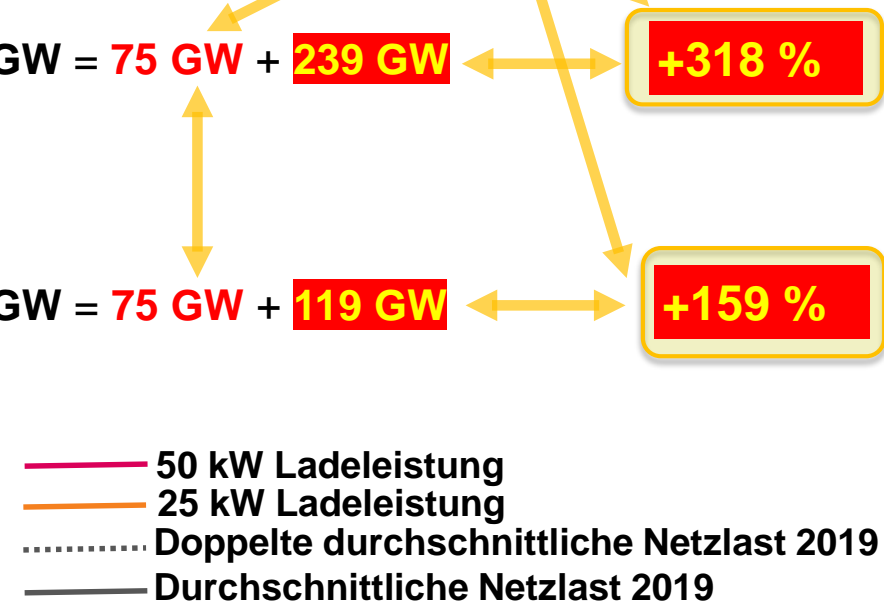
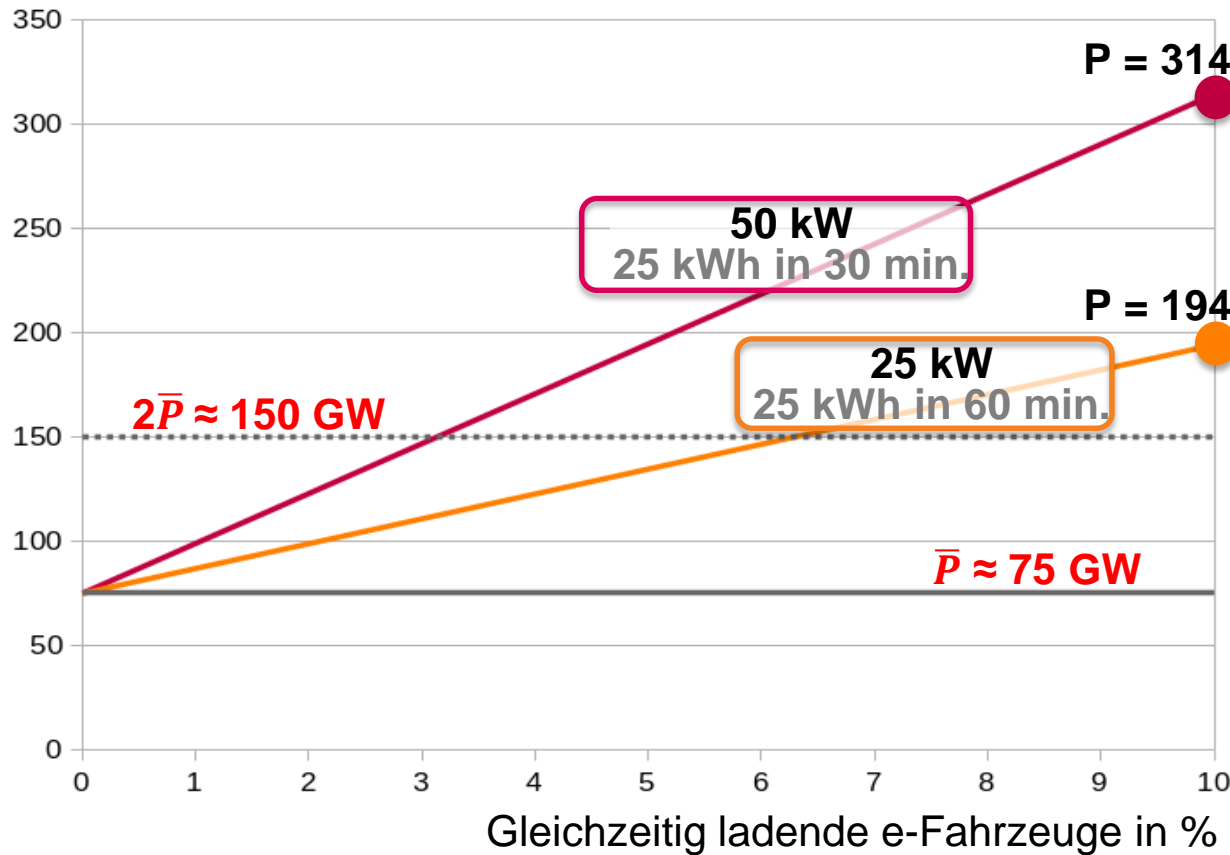
Elektromobilität in Deutschland 2019¹, alle Pkw sind elektrisch

Pkw: 47,72 Mio. Pkw, 15 000 km/a @ **25 kWh**/100 km inkl. Heizung + Kühlung → **179 TWh/a**

Installierte Kraftwerksleistung in Deutschland: **≈ 214 GW**; **612 TWh/a**

$\bar{P} \approx 75 \text{ GW}$

Erforderliche Netzleistung in GW



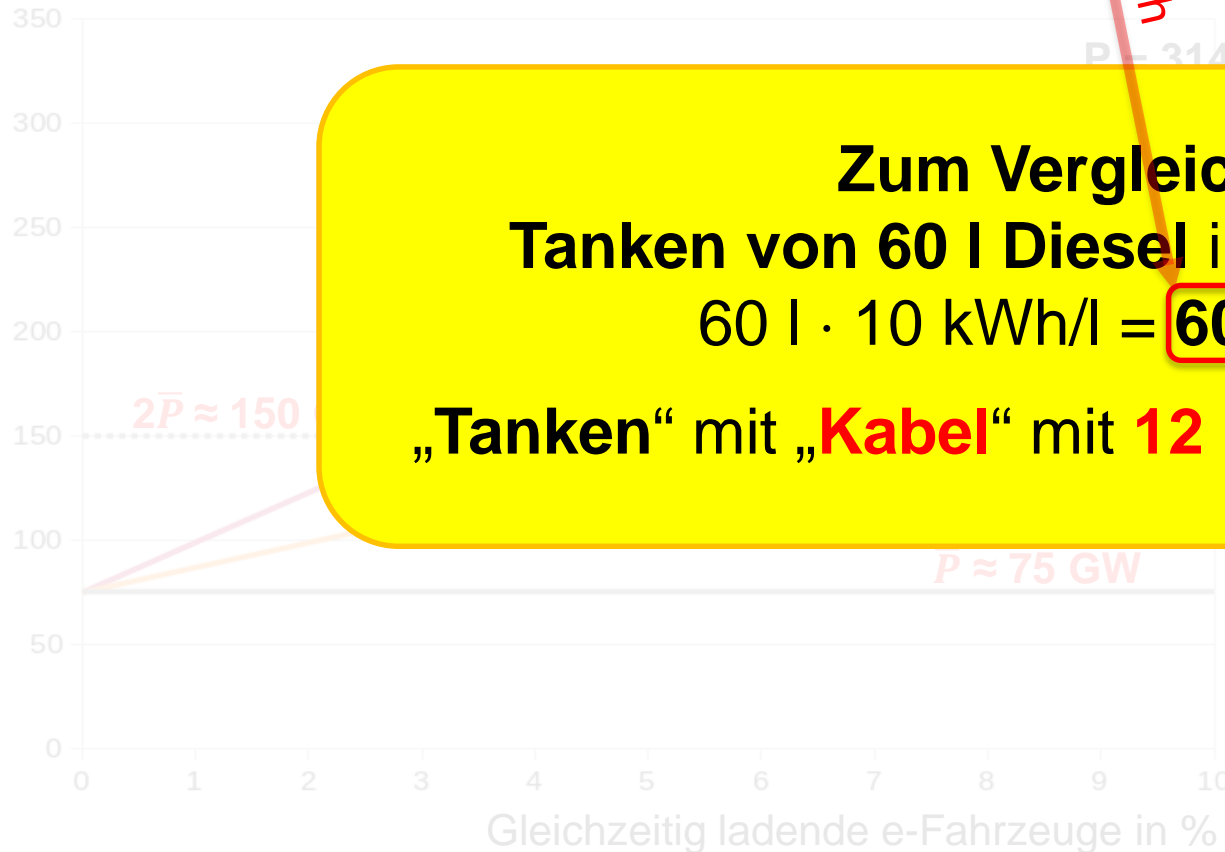
¹ bp Statistical Review of World Energy June 2020, <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>, accessed 25.12.2020.

Elektromobilität in Deutschland 2019¹, alle Pkw sind elektrisch

Pkw: 47,72 Mio. Pkw, 15 000 km/a @ **25 kWh**/100 km inkl. Heizung + Kühlung → **179 TWh/a**

Installierte Kraftwerksleistung in Deutschland: $\approx 214 \text{ GW}$; **612 TWh/a**

Erforderliche Netzleistung in GW



Zum Vergleich:
Tanken von 60 l Diesel in 3 min. bedeutet:
 $60 \text{ l} \cdot 10 \text{ kWh/l} = \mathbf{600 \text{ kWh}}$
„Tanken“ mit „Kabel“ mit 12 MW in 3 Minuten

+318 %

+159 %

¹ bp Statistical Review of World Energy June 2020, <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>, accessed 25.12.2020.

Resümee zum **Vollausbau** der **Elektromobilität** in **Deutschland** für 47,7 Mio. e-Pkw in 2019

IKT, Wärmepumpen, Haushalte, ... und insbesondere **Elektrolyseure** sind auf Strom angewiesen, um die Industrie mit **Wasserstoff** zu **defossilisieren**. Für **Mobilität** ist kein grüner Strom verfügbar.

Mobilität hat aber auch andere Optionen als **Strom**.

Der **elektrische Antriebstrang** ist genial einfach, kostengünstig und hat einen hohen Wirkungsgrad. Man sollte in einem E-Auto nicht die **On-board Energie in Batterien** speichern, sondern On-board aus grünen Kraftstoffen konvertieren.

Es ist von der Politik zu hinterfragen, ob es nicht unverantwortlich ist, eine **Mobilitätsform** durch öffentliche Mittel zu fördern, die im **Vollausbau nicht funktioniert**.

A white line-art architectural drawing of a large, multi-story building with a central dome and classical architectural details, serving as a background for the title text.

Technologische und ökonomische Herausforderungen der Energiewende

– Lösungsvorschläge –

Energiesparen beim Pkw-Verkehr

- Die gesetzliche **Regelung**, dass Elektrofahrzeuge keine CO₂-Emissionen verursachen, **muss fallen**. Sie ist physikalisch **falsch**, solange der Ladestrom nicht **100 % grün ist**.
- Damit verlieren Fahrzeughersteller die Möglichkeit, **Strafzahlungen** wegen Nichteinhaltung der CO₂-Flottengrenzwerte zu **vermeiden**.
- Leistungsstarke SUV wären unverkäuflich → CO₂-Emissionen des Verkehrs würden sinken.
- **Elektrofahrzeuge** ohne große Traktionsbatterie mit einem On-Board **Energiekonverter** für **transportfähige Kraftstoffe** wie Benzin, Diesel, Methanol, Ammoniak etc. zu Strom **fördern**.

Energiesparen durch Verwendung eines **elektrischen Antriebstranges** mit Verbrennungskraftmaschinen, die aber grundsätzlich **nur** beim **maximalen Wirkungsgrad**¹ betrieben wird.

¹ G. Brasseur, Hochwirkungsgrad Hybridantrieb für nachhaltige Elektromobilität, ÖAW-Verlag, 11.2.2020, https://epub.oeaw.ac.at/0xc1aa5576_0x003b46cd.pdf

Ein Lösungsvorschlag für das **Optimierungsproblem** der europäischen **Energiewende**

Der **in Europa** generierte **grüne Strom**

- **speist Verbraucher**, die keine andere Option haben: IKT, Haushalte, Beleuchtung, Bahn, e-Motoren, **Industrie** etc. und
- **speist Elektrolyseure** für **grünen Wasserstoff** zur **Defossilisierung** der **Industrie**.

Der **Rest** des **fossilen Primärenergiebedarfs aus Öl + Gas + Kohle** soll über **transportfähige Energieträger (Drop-in Fuels)** aus **grünem Strom** von außerhalb Europas importiert werden:
Methan (Netzregelung und Netzstützung bei Dunkelflauten), Ammoniak, Methanol, Benzin, Petroleum, Diesel etc.

Warum sollen **grüne Kraftwerke** und **Synthesanlagen** zur **Generierung grüner Energieträger außerhalb Europas** errichtet werden?

- 1) Weil in **optimalen Regionen außerhalb Europas** die Wind- und Solarernte 2-3 mal besser sind → 2-3 mal **weniger Rohstoffbedarf** → 2-3 mal **weniger Treibhausgase** und 2-3 mal weniger **CAPEX & OPEX** für die **gleiche Energieernte**.

Der **PtX-Atlas**¹ gibt gute Hinweise über die Verfügbarkeit von **viel Wind** und/oder **Sonne**.

- 2) Weil durch das **Wachstum in Schwellenländern** insgesamt auch **hohe CO₂ Emissionen** entstehen und Schwellenländer daher den **Zugang** zu **grünen Kraftstoffen** brauchen.

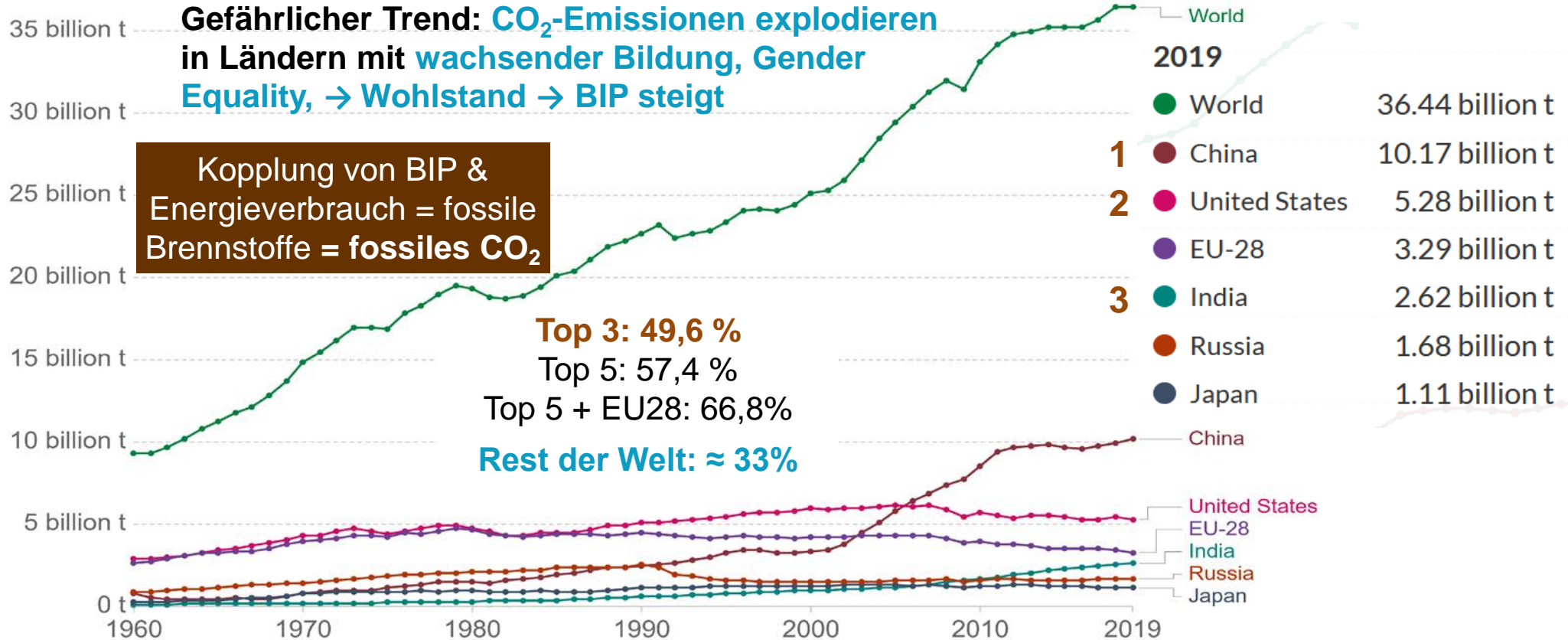
1 PtX-Atlas, <https://maps.iee.fraunhofer.de/ptx-atlas/> accessed 20.6.2021

Globale CO₂-Emissionen 1960 – 2019

Die größten CO₂-Emittenten

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from the burning of fossil fuels for energy and cement production. Land use change is not included.



Source: Global Carbon Project; Carbon Dioxide Information Analysis Centre (CDIAC)
 Note: CO₂ emissions are measured on a production basis, meaning they do not correct for emissions embedded in traded goods.
 OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

Eine **Umsetzung des aufgezeigten Weges** der Energiewende

- **bietet** industrialisierten Ländern einen **Absatzmarkt** für **Wind-** und **Solarkraftwerke** sowie **Synthesanlagen** in **gewaltigen Stückzahlen**,
- **sichert** die **Stabilität** des **europäischen Netzes**, bei aus CO₂ Gründen immer geringerem Einsatz fossiler Energieträger (Erdgas), => Ersatz durch synthetisches **grünes Methan**
- **verringert** die **derzeitige Abhängigkeit** von **Erdöl und Erdgas** exportierenden Ländern. **ABER NUR** wenn **jede Freisetzung** von **fossilem CO₂** angemessen bepreist ist,
- **unterstützt** in Wachstumsregionen die Zunahme des **bescheidenen Wohlstands** ohne CO₂-Zunahme → **Friedenssichernde Maßnahme!**,
- **schafft Arbeitsplätze** z.B. in der Middle East and North Africa (MENA) Region und
- **hilft** damit vermutlich, den **Flüchtlingsstrom** aus diesen Ländern **inzudämmen**.

Resümee zur **Energiewende** und zur Gründung des Vereins **netER**

- Die **Treibhausgasreduktion** ist ein **globales** und **kein lokales** Thema.
- Die reichen und technologisch führenden **Industrienationen** **und** die armen **Schwellenländer** bestimmen gemeinsam die **Erreichung der Paris-Ziele**.

Für die Umsetzung einer **erfolgreichen Energiewende** sind sofort **fünf Maßnahmen** notwendig:

1. Sofort wirksame **globale Strategien** zur **Treibhausgasreduktion**:
Energiesparen möglichst ohne Einbußen an **Lebensqualität** → **mit weniger Primärenergie**, insbesondere im Verkehr, **auskommen**. Siehe das gezeigte Beispiel des Hybridfahrzeuges.
2. Mit **höchster Priorität** das europäische **Elektrizitätsnetz defossilisieren**. Staatliche Subventionen nur an Stromverbraucher vergeben, die nachweisbar das **Effizienzkriterium¹ erfüllen** und damit zur Defossilisierung beitragen. Das gilt beispielsweise für **Wärmepumpen**, **nicht** jedoch für die **Elektromobilität mit BEV**.

¹ Maßnahmen zur Treibhausgasverringering erzeugen bei Umsetzung und Anwendung in der Regel zusätzlich neue Treibhausgase (z. B. durch den Bau und den Betrieb von Anlagen). Das Verhältnis von Verringerung und Erhöhung ist die **Effizienz**.

Resümee zur **Energiewende** und zur Gründung des **Vereins netER**

3. Weltweit an **ertragreichen Standorten** in Kooperation mit den lokalen Entscheidungsträgern **grünes Methan** und **synthetische flüssige Kraftstoffe produzieren** und zum Teil nach Europa importieren. Kein neuer **Kolonialismus!**
4. Schaffung **politischer Rahmenbedingungen** zur **Planungs- & Rechtssicherheit** für **Investitionen** mit Laufzeiten von gut **50 Jahren**. Die Energiewende erfordert **Investitionen** in **Milliardenhöhe**, die vorwiegend über **Risikokapital** aufgebracht werden müssen, um in Ländern mit günstigen Standortbedingungen **grüne Kraftwerke zu errichten**.
5. Die **Politik agiert technologieoffen**: Sie überlässt es der **Wissenschaft**, den **Unternehmen** und den **Verbraucher*innen**, funktionierende Lösungen zu erarbeiten, und **redet nicht** bei der **Auswahl von Energiewendetechnologien mit**.

Resümee zur **Energiewende** und zur Gründung des Vereins **netER**

3. Weltweit an **ertragreichen Standorten** in Kooperation mit den lokalen Entscheidungsträgern **grünes Methan** und **synthetische flüssige Kraftstoffe produzieren** und zum Teil

Die dargelegten Fakten und der Maßnahmenkatalog müssen in einem großen gesellschaftlichen Dialog diskutiert werden.

Es ist die Mission von netER, eine europäische Plattform zu einer wissenschaftlich fundierten und faktenbasierten Energiewende zu etablieren.

der **Auswahl von Energiewendetechnologien mit.**

**Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit
und
freue mich auf Ihre Fragen!**

(<https://www.rethink-energy-europe.org/>)

<https://www.neter.at/>

new **e**nergy **t**ransition **E**urope **R**esearchassociation

georg.brasseur@tugraz.at
g.brasseur@neter.at