



Verein zur Weiterentwicklung
der Energiewende Europas

Mobilität in der Energiewende Europas Fakten

Univ.-Prof. Dr. Georg Brasseur

Institut für Elektrische Messtechnik und Sensorik



Technische Universität Graz



Warum braucht die Welt grüne Energie?

- Weil **Treibhausgase** und insbesondere **CO₂-Emissionen** aus **fossiler Energie** wesentlich zum **Klimawandel** beitragen.
- Weil die **Verwertung** von **Kohle**, **Erdöl** und **Erdgas** die Hauptverursacher der **Treibhausgase** sind.
- Weil die **globale Erwärmung** mit **spürbaren Auswirkungen** voranschreitet.

Der Planet ist nicht am Ende, aber ob **die Zukunft für die Menschheit erstrebenswert** sein wird, entscheiden wir heute!

Globale Primärenergie nach Quellen von 1960 bis 2019

In 2019: 162 200 TWh

2018 → 2019: +1,3 %

3,3 %

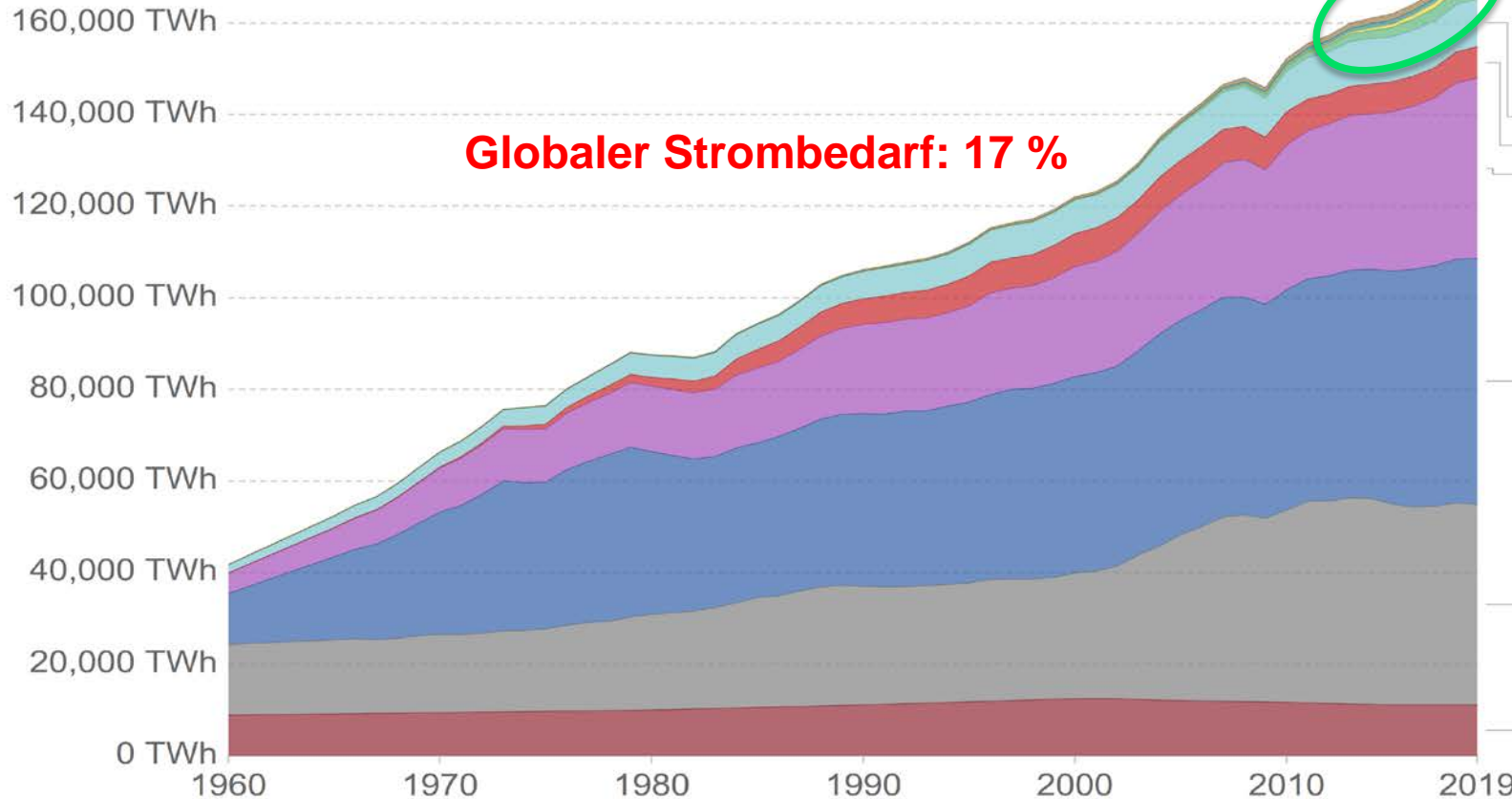
2019 → 2021: +2,0 %

4,6 %

Wind + Sonne

Our World in Data

Globaler Strombedarf: 17 %



- Other renewables
- Modern biofuels
- Solar
- Wind
- Hydropower
- Nuclear
- Gas

	2019	→	2021
Min. CO₂:	15.7 %		17.7 %
	25 400 TWh		29 301 TWh
Fossil:	84.3 %		82.3 %
	136 800 TWh		136 018 TWh

Nicht angesprochen, da fossil CO₂ neutral

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

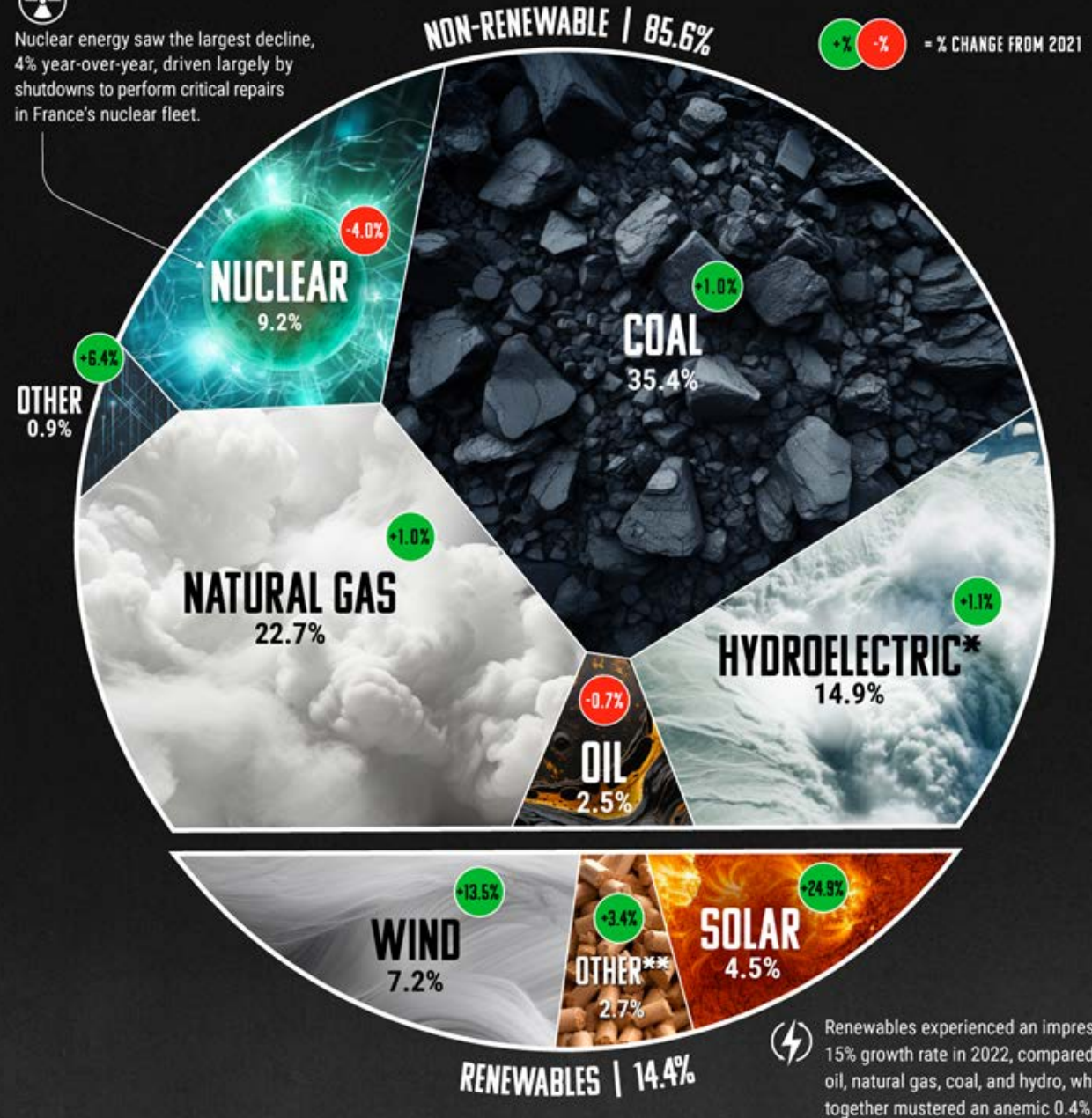
OurWorldInData.org/energy • CC BY

Elektrische Energie

Primärenergie zur globalen Stromerzeugung in 2022

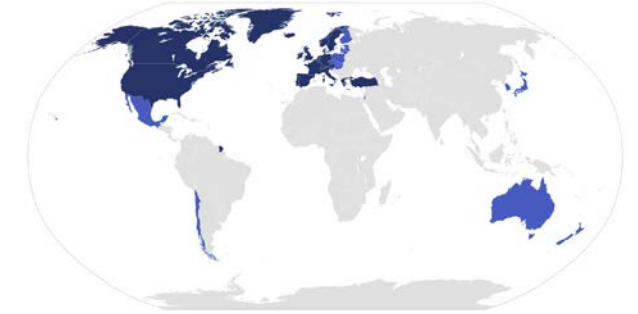


Nuclear energy saw the largest decline, 4% year-over-year, driven largely by shutdowns to perform critical repairs in France's nuclear fleet.



*The Statistical Review excludes hydroelectric energy in their renewable calculations; renewables, including hydro, represented 29% of global electricity generation in 2022.
** Other Renewables includes geothermal, biomass, and other renewable fuels.

Strom **erzeugung** nach Quellen im Jahr 2019

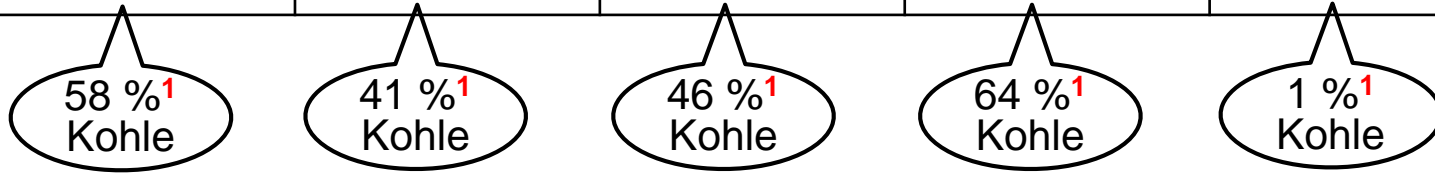


Globale Primärenergie 162 200 TWh = 100 %	Globaler Strombedarf 27 000 TWh = 16,7 %
---	--

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. CO₂	37 %	46 %	60 %	55 %	77 %
Fossil	63 %	54 %	40 %	45 %	23 %



**Muss wachsen
(inklusive Kernenergie)**

¹ Basierend auf der Bruttoproduktion

Stromerzeugung nach Quellen im Jahr 2019



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

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

Verbraucher-Strommix Europa gleich für ALLE Länder Europas

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. CO₂	37 %	46 %	60 %	55 %	77 %
Fossil	63 %	54 %	40 %	45 %	23 %

58 %¹
Kohle

41 %¹
Kohle

46 %¹
Kohle

64 %¹
Kohle

1 %¹
Kohle

¹ Basierend auf der Bruttoproduktion

Muss wachsen
(inklusive Kernenergie)

Globale Stromerzeugung oder Stromverbrauch in Echtzeit

Österreich
Geschätzt 22.10.2023, 09:00

105 g
spezifische CO₂-Emissionen
gCO₂eq/kWh

92%
CO₂-arm

88%
regenerativ

Stromverbrauch | CO₂-Emissionen

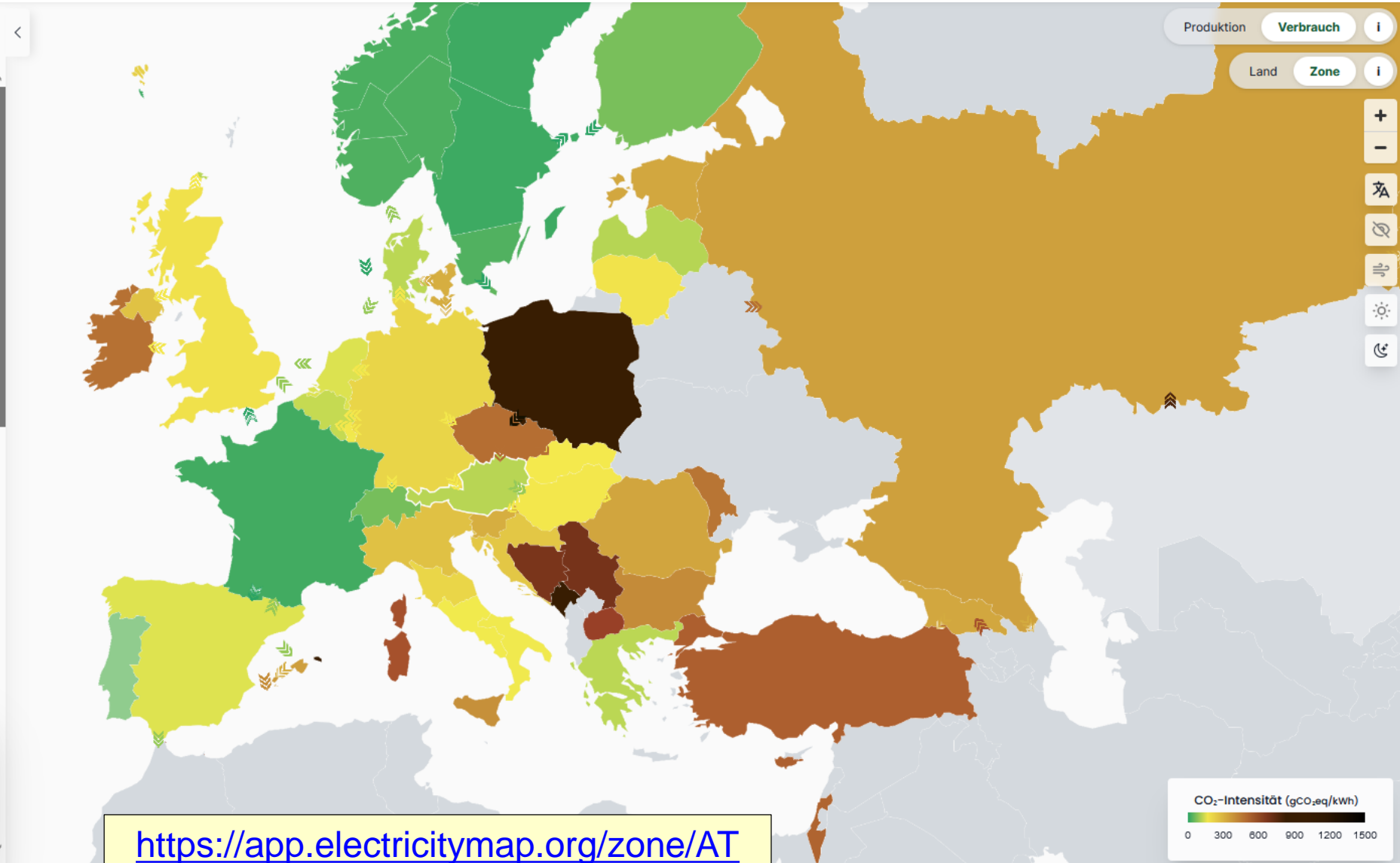
Stromverbrauch nach Quelle

Quelle	Beitrag (GW)
Kernenergie	0
Geothermie	0
Biomasse	~0.2
Kohle	0
Windenergie	~2.5
Solarenergie	~0.5
Wasserkraft	~3.5
Pumpspeicher	~2.5
Batteriespeicher	?
Erdgas	~0.5
Öl	~0.2
unbekannt	~0.2

Historische Daten anzeigen: 22.10.2023, 09:00

24 Stunden | 30 Tage | 12 Monate | 6 Jahre

09:00 15:00 21:00 03:00 **LIVE**



<https://app.electricitymap.org/zone/AT>

Analyse des **globalen** Energiebedarfs

- Die größten **fossilen Energieverbraucher** sind:
 - **global Industrie & Dienstleistungen** gefolgt von **Gebäuden** und
 - 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. **Gesellschaft** und **Industrie** brauchen aber wie bisher ein **grünes verbraucherorientiertes Energiesystem**.

Analyse des **globalen** Energiebedarfs

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

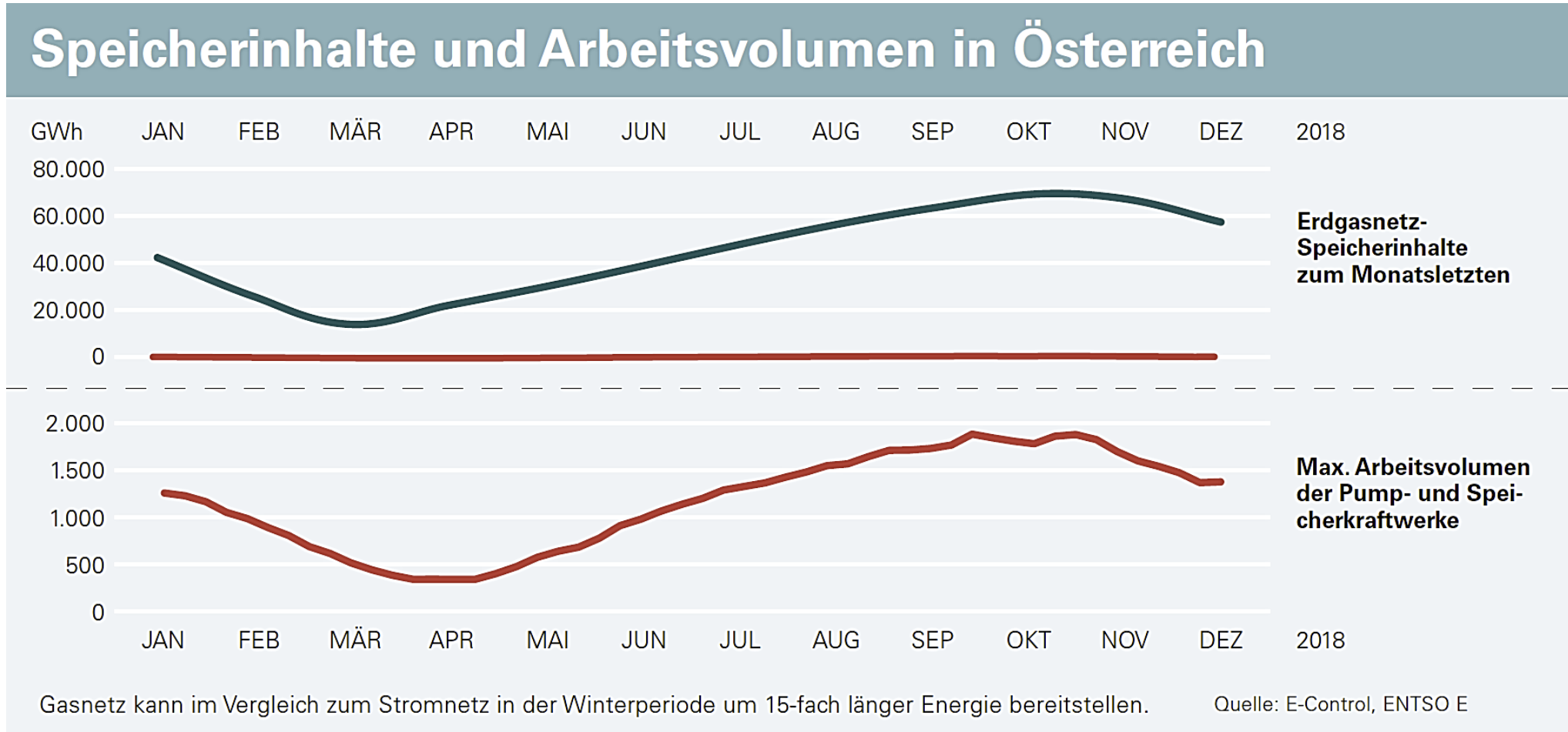
Um die Energiewende zu schaffen, sind daher **drei Maßnahmen** notwendig:

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

Ein **dominant volatiles Energiesystem** (Sonne & Wind) bedeutet ein **angebotsbestimmtes Energiesystem**. **Gesellschaft** und **Industrie** brauchen aber **wie bisher** ein **grünes verbraucherorientiertes Energiesystem**.

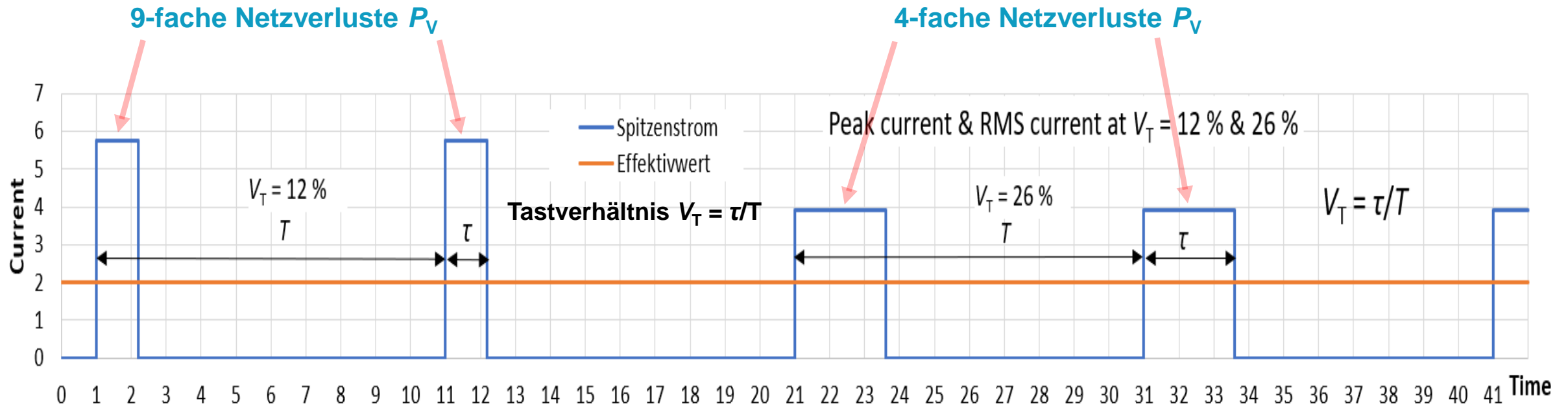
Das missing link: lang- und kurzfristige Energiespeicher

ca. Halbjahresspeicherung von **60 TWh Erdgas** und **1,7 TWh Pumpspeicher**
 x 24



Energieübertragung und Netzverluste

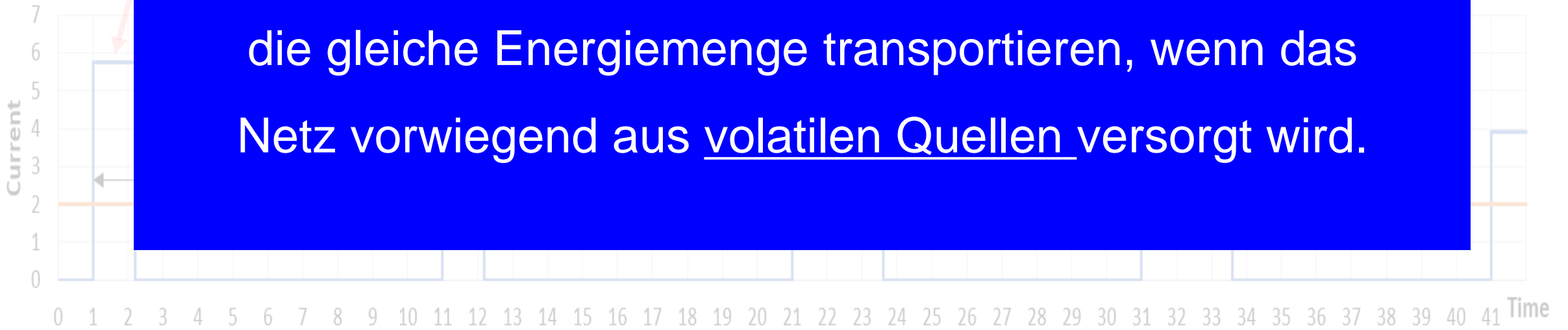
- **Strom** hat keine **Energie**, **Strom** kann nur Energie von A nach B transportieren.
- **Volatile** **Energie** bedeutet: mehr **Netzleistung** P_N für gleiche übertragene Energiemenge $W_N = P_N \cdot t$.
- Die **Netzverluste** P_V steigen quadratisch mit dem **Strom** I und linear mit den **Verlusten** $P_V = R_i \cdot I^2$.



Energieübertragung und Netzverluste

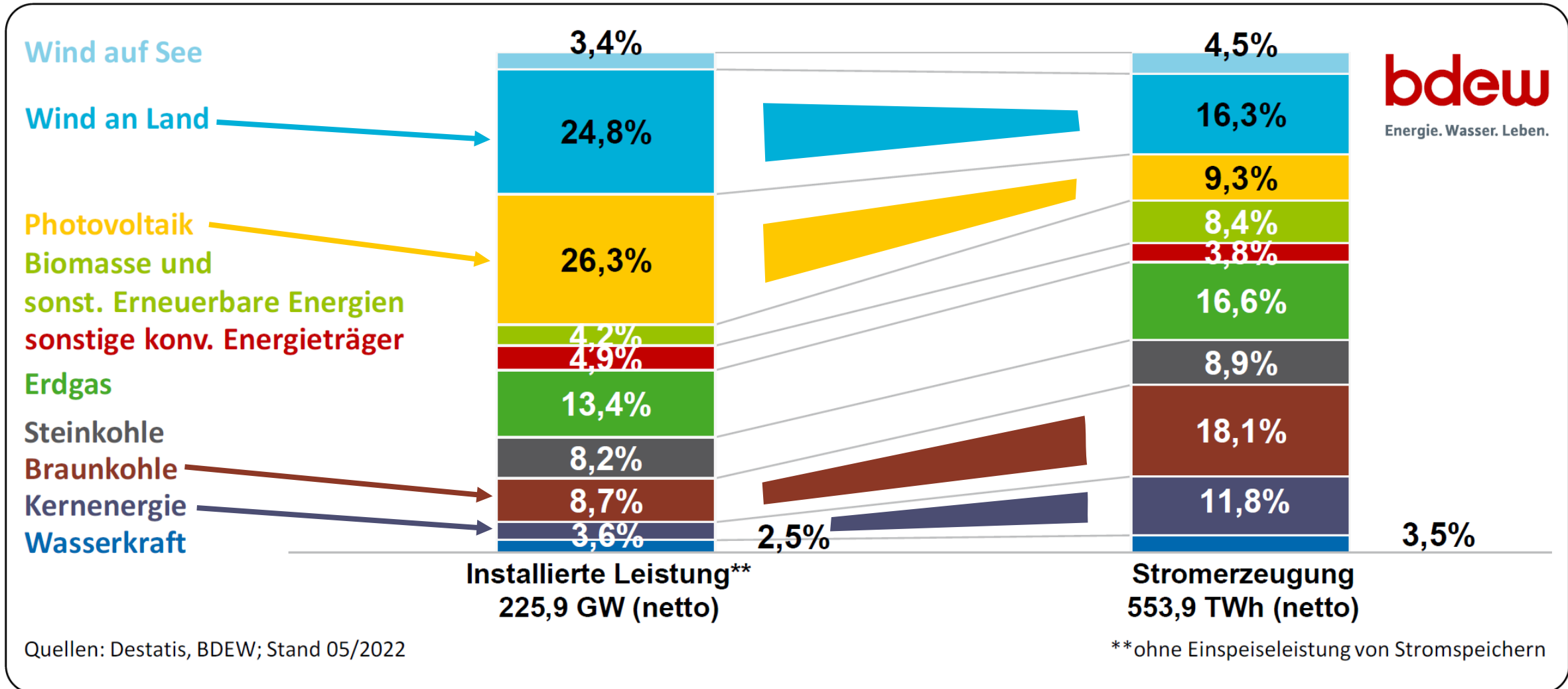
- **Strom** hat keine Energie, **Strom** kann nur Energie von A nach B transportieren.
- **Volatile** Energie bedeutet mehr **Netzleistung P** für gleiche übertragene Energiemenge $W = P_N \cdot t$.
- Die **Net** $R_i \cdot I^2$.

Ein für kalorische Kraftwerke (Grundlastkraftwerke) ausgelegtes Netz kann zu den Verbrauchern nicht die gleiche Energiemenge transportieren, wenn das Netz vorwiegend aus volatilen Quellen versorgt wird.



Elektrische Leistung und Erzeugung in Deutschland

grünen Strom ausbauen

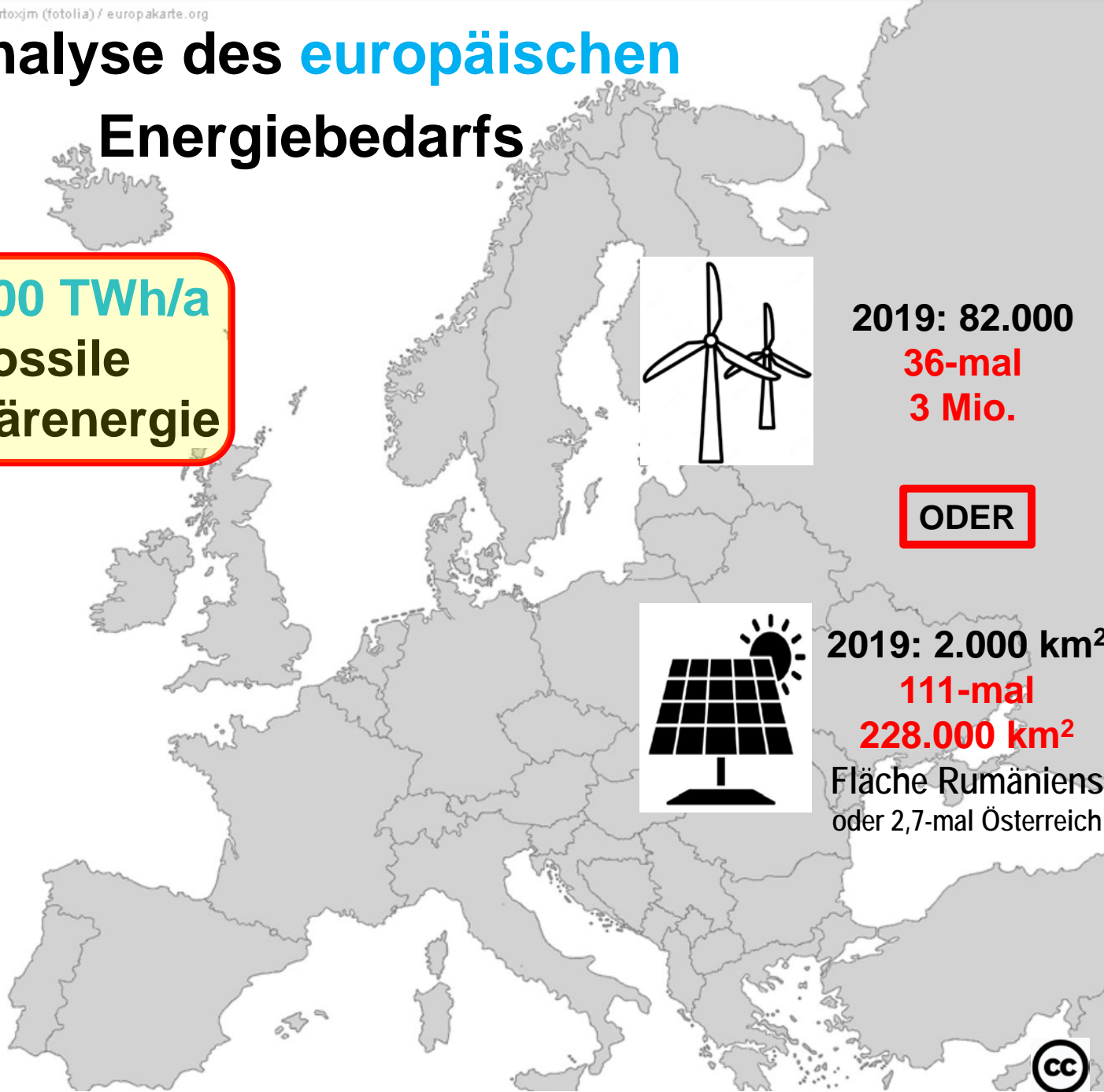


Analyse des europäischen

Energiebedarfs

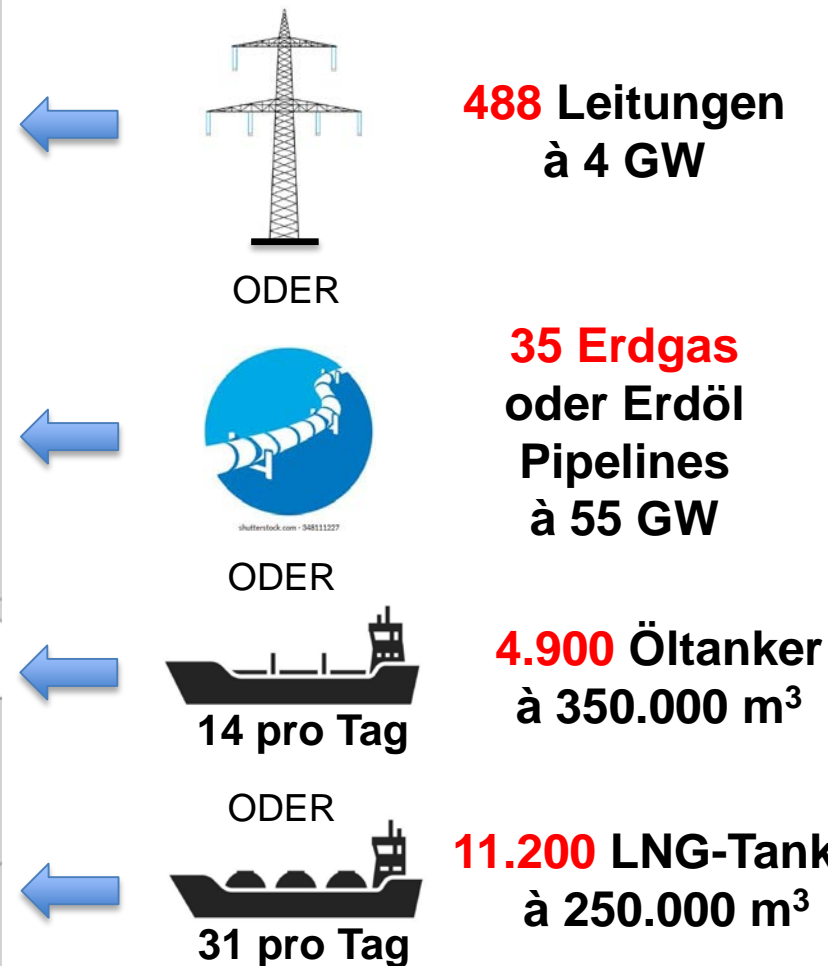
14

17.100 TWh/a
fossile
Primärenergie



Die EU-28 hat im Jahr 2019 Energieprodukte im Wert von **€320 Mrd.** eingeführt¹

Zum Ersatz von
17.100 TWh/a würden benötigt



¹ Bruegel-Report, M. Leonard et al., The geopolitics of the European Green Deal, <https://www.bruegel.org/wp-content/uploads/2021/02/PC-04-GrenDeal-2021-1.pdf>, accessed 11.2.2021.

Rohstoffbedarf für **Windräder** zur **Generierung von 17.100 TWh** in Europa

Der Rohstoffbedarf ist stark bauartabhängig



3 Mio.
à 2,5 MW
On-shore

≈ **3 000 Mio.** Tonnen **Beton** → **15 %** der Weltproduktion (22 000 Mio. Tonnen)

≈ **1 100 Mio.** Tonnen **Stahl** → **55 %** der Weltproduktion (2 000 Mio. Tonnen)

≈ **15 Mio.** Tonnen **Kupfer** → **70 %** der Weltproduktion (21 Mio. Tonnen)

Die **Errichtung** der **grünen Infrastruktur** benötigt

→ riesige Rohstoffmengen und setzt **große Treibhausgasmengen** frei

→ der **Ernteertrag** der Anlagen muss deshalb **hoch** sein

→ **Anlagen** an **optimalen Standorten** errichten und **ENERGIE SPAREN !**

Energietransport

- a) **Strom** aus PV & Wind **von Afrika nach Europa importieren** → Elektrolyse: Wasserstoff & Sauerstoff und ggf. **eFuels** mit N oder C (im Kreislauf) **in Europa erzeugen**.
- b) **Strom** aus PV & Wind **in Afrika erzeugen**, mit Elektrolyse Wasserstoff + Sauerstoff und eFuels mit N oder C (im Kreislauf) erzeugen → **eFuels (Methan!) nach Europa importieren**. Der Sauerstoff zur Freisetzung der Energie stammt aus Europa!
 - **Eine Pipeline** transportiert etwa so viel Energie wie **14 Stromleitungen à 4 GW**
Warum? Weil der Sauerstoff nicht transportiert werden muss, er kommt aus der Luft.
- b) **Masse eFuel** zu Masse Luft ca. **1 zu 14**: → Energiedichte eFuels ca. **12.000 Wh/kg**
- a) **Lithium Batterien**: Oxidationsmittel ist in der Batterie: → Energiedichte ca. **250 Wh/kg**

Energietransport

a) **Strom** aus PV & Wind von Afrika nach Europa importieren → Elektrolyse: Wasserstoff & Sauerstoff und ggf. **eFuels** mit N oder C (im Kreislauf) in Europa erzeugen.

b) **Strom** ... rstoff und

eFu ... oa

imp ... pa!

▪ **Eine** ... W

War ... r Luft.

b) **Mas** ... /h/kg

a) **Lithium Batterien**: Oxidationsmittel ist in der Batterie: → Energiedichte ca. **250 Wh/kg**

Für **Energietransport** und **Speicherung** sind
grüne Moleküle
viel wirkmächtiger als **grüne Elektronen**.

Die harten Tatsachen des europäischen Energiebedarfs

- **Europa** ist nicht und wird auch in Zukunft nicht energieautonom sein!
- **Europa** kann die benötigte Energie (17100 TWh) **nicht in Form von Strom einführen**, da es keine interkontinentalen Hochspannungsleitungen gibt.
- **Europa** kann die benötigte Energie **nicht in Form von Wasserstoff einführen**, da es keine interkontinentalen **Wasserstoff-Pipelines** oder **Tanker** gibt.

Europa muss daher die benötigte Energie als **eFuels einführen!**
Synthetische gasförmige oder flüssige **grüne** Kraftstoffe:
 Methan, Methanol, Benzin, Diesel, Kerosin, Ammoniak etc.

Was wäre der ideale Transport- und Speicherbehälter für gasförmige eFuels? Druckbehälter oder kryogener Tank?

Volumetrischer Heizwert von H_2 in kWh/m³: **3,0** @ 1 bar; **1335** @ 700 bar; **2361** @ -253 °C

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

CH_4/H_2 : **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**:

NH_3/H_2 : **1,27** @ 1 bar; **2,65** @ $\frac{9}{700}$ bar, **1,5** @ $\frac{-33}{-253}$ °C

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

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

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 eines **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**
- LNG Tanker (-162 °C) ca. **250 Mio.** Liter; Diesel Tanker ca. **350 Mio.** Liter

Wind- und Solarenergie
haben eine um Größenordnungen geringere
„Energiedichte“ als Kohlenwasserstoffe.

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/>

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 %**



Mit einem **BEV** kann man 80 bis 85 % **fossile Primärenergie** einsparen!
 Aber nur dann, wenn der **Ladestrom** zu **100 % grün** ist

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

Strom ist in Europa (4.000 TWh/a) **nur zu 60 % grün** und zu **40 % fossil**.

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.

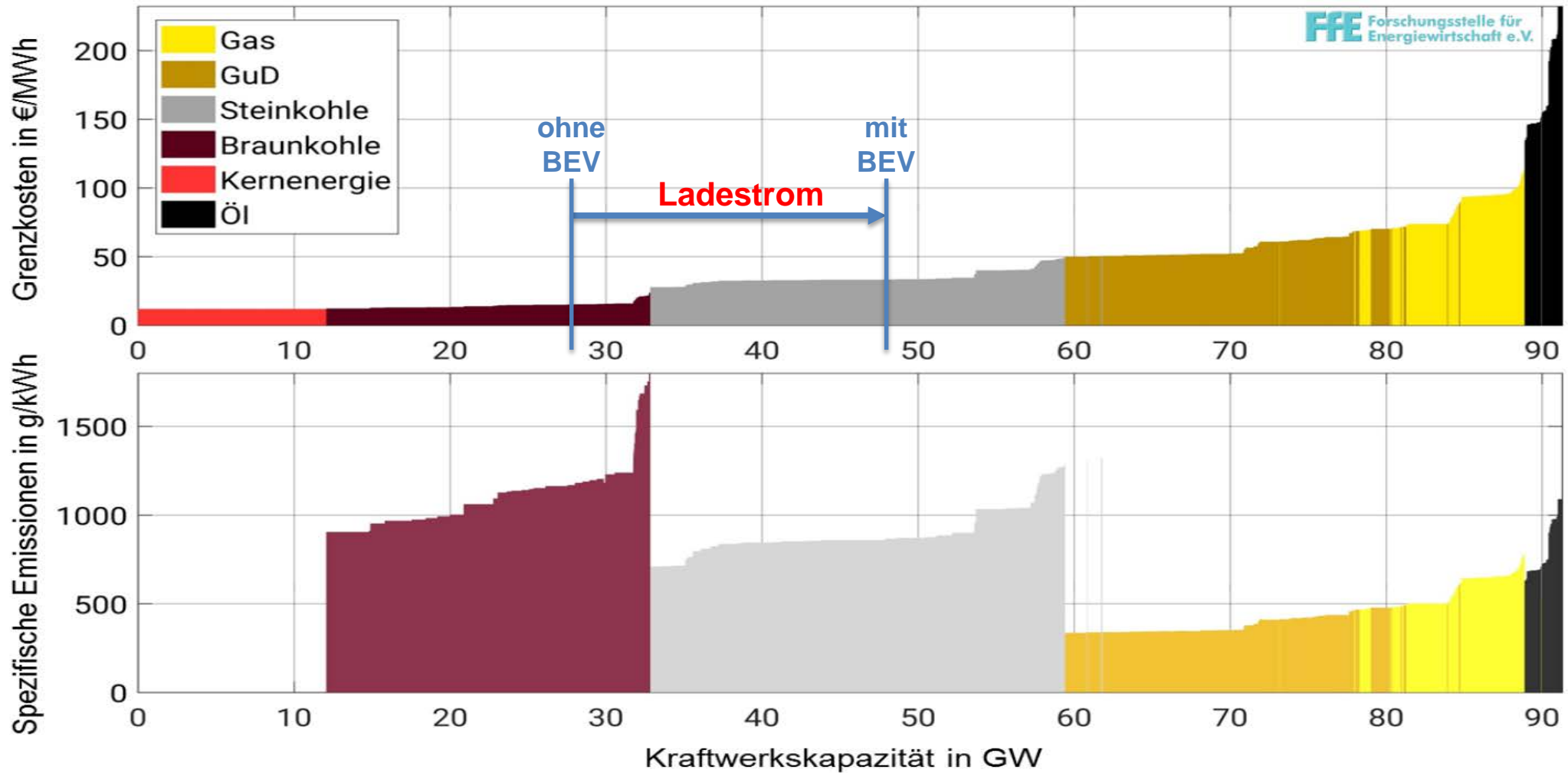
Der **fehlende grüne Strom** (Residualstrom) muss von **fossilen Kraftwerken** aufgebracht werden.

Deren Einsatzreihenfolge regelt die Merit-Order über die **Grenzkosten** der Erzeugung.

Strom ist in Europa (4.000 TWh/a) **nur zu 60 % grün** und zu **40 % fossil**.

Die „Merit-Order“ ist die Einsatzreihenfolge der Kraftwerke

Grenzkosten und spezifische Emissionen der Residualstrom-Kraftwerke in D



Die „Merit-Order“ ist die Einsatzreihenfolge der Kraftwerke

Grenzkosten und spezifische Emissionen der Residualstrom-Kraftwerke in D



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

Das Ziel

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

Was wären die Voraussetzungen für **Mobilität mit BEV**

Sorgenkind **Batterien**

- **Batterien** müssten das **Oxidationsmittel** aus der Umgebung nehmen, um eine signifikant höhere Energiedichte zu erreichen → so wie bei fossilen und synthetischen Kraftstoffen.
- **Batterien** müssten aus weltweit **gut verfügbaren Rohstoffen** bestehen, um keine neuen Abhängigkeiten (China!) zu begründen → Lithium, seltene Erden, ...

Sorgenkind **Strom**

- **Ausbau** von **grünem Strom** muss rascher erfolgen als die Zunahme des **Strombedarfs**. Sonst wächst der Residualstrom und die Energiewende findet nicht statt!
- **Elektrische Energie** muss zu 100 % aus **CO₂-armen Quellen** aus Europa kommen.
- **Elektrische Energie** zum Laden der BEV muss “Überschussstrom“ sein.
- **Das Angebot** (volatile Energie) muss mit **den Verbrauchern** synchronisiert sein, um bei Bedarf mehr grünen Strom zu liefern → großtechnische grüne Energiespeicher → **Rückverstromung** für BEV.
- Das **Netz** müsste im **Vollausbau einer BEV-Mobilität** sowohl die Ladeenergie wie die **Ladeleistung** bereitstellen können → **Beispiel: alle Pkw in Deutschland sind elektrisch funktioniert nicht!**

Elektromobilität in Deutschland 2019¹, alle Pkw sind elektrisch

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

Installierte Kraftwerksleistung in Deutschland: **≈ 214 GW;**

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

Gesamte elektrische Energie Deutschlands: **612 TWh/a**

27 %

47,72 Mio. Pkw, 150 mal mit 25 kWh laden → 179 TWh/a (+29 % von D).

Anzahl e-Pkw sequenziell in der Zeit $\Delta T = \frac{8760}{150} \text{ h} = 58,4 \text{ h}$ laden.

Die EU empfiehlt einen öffentlichen Ladepunkt pro 10 e-Fahrzeuge²

Nutzungszeit	Leistung in kW	Ladezeit in h	Anzahl e-Pkw in ΔT	Anzahl Ladepunkte	Gleichzeitig ladende e-Pkw	Auslastung Ladepunkte	Netzleistung in GW	Energie in TWh
0 – 24 Uhr	3.125	8	7,30	6 536 435	13,70%	100,00%	20,43	179
0 – 24 Uhr	25	1	58,40	817 054	1,71%	100,00%	20,43	179

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. ² Masterplan Ladeinfrastruktur Bundesregierung, [EU-Richtlinie 2014/94/EU](https://www.bmwi.de/SharedDocs/DEK/presse/2014/140904_eu-richtlinie.html), accessed 2.2.2021.

Elektromobilität in Deutschland 2019¹, alle Pkw sind elektrisch

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

Installierte Kraftwerksleistung in Deutschland: **≈ 214 GW;**

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

Gesamte elektrische Energie Deutschlands: **612 TWh/a**

41 %

47,72 Mio. Pkw, 150 mal mit 25 kWh laden → 179 TWh/a (+29 % von D).

Anzahl e-Pkw sequenziell in der Zeit $\Delta T = \frac{8760}{150} \text{ h} = 58,4 \text{ h}$ laden.

Die EU empfiehlt einen öffentlichen Ladepunkt pro 10 e-Fahrzeuge²

Nutzungszeit	Leistung in kW	Ladezeit in h	Anzahl e-Pkw in ΔT	Anzahl Ladepunkte	Gleichzeitig ladende e-Pkw	Auslastung Ladepunkte	Netzleistung in GW	Energie in TWh
0 – 24 Uhr	3.125	8	7,30	6 536 435	13,70%	100,00%	20,43	179
0 – 24 Uhr	25	1	58,40	817 054	1,71%	100,00%	20,43	179
0 – 24 Uhr	100	0,25	233,60	204 264	0,43%	100,00%	20,43	179
6 – 22 Uhr	100	0,25	155,73	306 395	0,64%	100,00%	30,64	179

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. ² Masterplan Ladeinfrastruktur Bundesregierung, [EU-Richtlinie 2014/94/EU](#), accessed 2.2.2021.

Elektromobilität in Deutschland 2019¹, alle Pkw sind elektrisch

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

Installierte Kraftwerksleistung in Deutschland: **≈ 214 GW;**

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

Gesamte elektrische Energie Deutschlands: **612 TWh/a**

67 %

47,72 Mio. Pkw, 150 mal mit 25 kWh laden → 179 TWh/a (+29 % von D).

Anzahl e-Pkw sequenziell in der Zeit $\Delta T = \frac{8760}{150} \text{ h} = 58,4 \text{ h}$ laden.

Die EU empfiehlt einen öffentlichen Ladepunkt pro 10 e-Fahrzeuge²

Nutzungszeit	Leistung in kW	Ladezeit in h	Anzahl e-Pkw in ΔT	Anzahl Ladepunkte	Gleichzeitig ladende e-Pkw	Auslastung Ladepunkte	Netzleistung in GW	Energie in TWh
0 – 24 Uhr	3.125	8	7,30	6 536 435	13,70%	100,00%	20,43	179
0 – 24 Uhr	25	1	58,40	817 054	1,71%	100,00%	20,43	179
0 – 24 Uhr	100	0,25	233,60	204 264	0,43%	100,00%	20,43	179
6 – 22 Uhr	100	0,25	155,73	306 395	0,64%	100,00%	30,64	179
6 – 22 Uhr	100	0,25	155,73	500 000	1,05%	61,28%	50,00	179
6 – 22 Uhr	50	0,5	77,87	1 000 000	2,10%	61,28%	50,00	179

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. ² Masterplan Ladeinfrastruktur Bundesregierung, [EU-Richtlinie 2014/94/EU](#), accessed 2.2.2021.

Elektromobilität in Deutschland 2019¹, alle Pkw sind elektrisch

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

Installierte Kraftwerksleistung in Deutschland: **≈ 214 GW;**

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

Gesamte elektrische Energie Deutschlands: **612 TWh/a**

159 %

47,72 Mio. Pkw, 150 mal mit 25 kWh laden → 179 TWh/a (+29 % von D).

Anzahl e-Pkw sequenziell in der Zeit $\Delta T = \frac{8760}{150} \text{ h} = 58,4 \text{ h}$ laden.

Die EU empfiehlt einen öffentlichen Ladepunkt pro 10 e-Fahrzeuge²

Nutzungszeit	Leistung in kW	Ladezeit in h	Anzahl e-Pkw in ΔT	Anzahl Ladepunkte	Gleichzeitig ladende e-Pkw	Auslastung Ladepunkte	Netzleistung in GW	Energie in TWh
0 – 24 Uhr	3.125	8	7,30	6 536 435	13,70%	100,00%	20,43	179
0 – 24 Uhr	25	1	58,40	817 054	1,71%	100,00%	20,43	179
0 – 24 Uhr	100	0,25	233,60	204 264	0,43%	100,00%	20,43	179
6 – 22 Uhr	100	0,25	155,73	306 395	0,64%	100,00%	30,64	179
6 – 22 Uhr	100	0,25	155,73	500 000	1,05%	61,28%	50,00	179
6 – 22 Uhr	50	0,5	77,87	1 000 000	2,10%	61,28%	50,00	179
6 – 22 Uhr	50	0,5	77,87	2 000 000	4,19%	30,64%	100,00	179
6 – 22 Uhr	25	1	38,93	4 771 600	10,00%	25,68%	119,29	179

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. ² Masterplan Ladeinfrastruktur Bundesregierung, [EU-Richtlinie 2014/94/EU](#), accessed 2.2.2021.

Elektromobilität in Deutschland 2019¹, alle Pkw sind elektrisch

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

Installierte Kraftwerksleistung in Deutschland: **≈ 214 GW**;

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

Gesamte elektrische Energie Deutschlands: **612 TWh/a**

318 %

47,72 Mio. Pkw, 150 mal mit 25 kWh laden → 179 TWh/a (+29 % von D).

Anzahl e-Pkw sequenziell in der Zeit $\Delta T = \frac{8760}{150} \text{ h} = 58,4 \text{ h}$ laden.

Die EU empfiehlt einen öffentlichen Ladepunkt pro 10 e-Fahrzeuge²

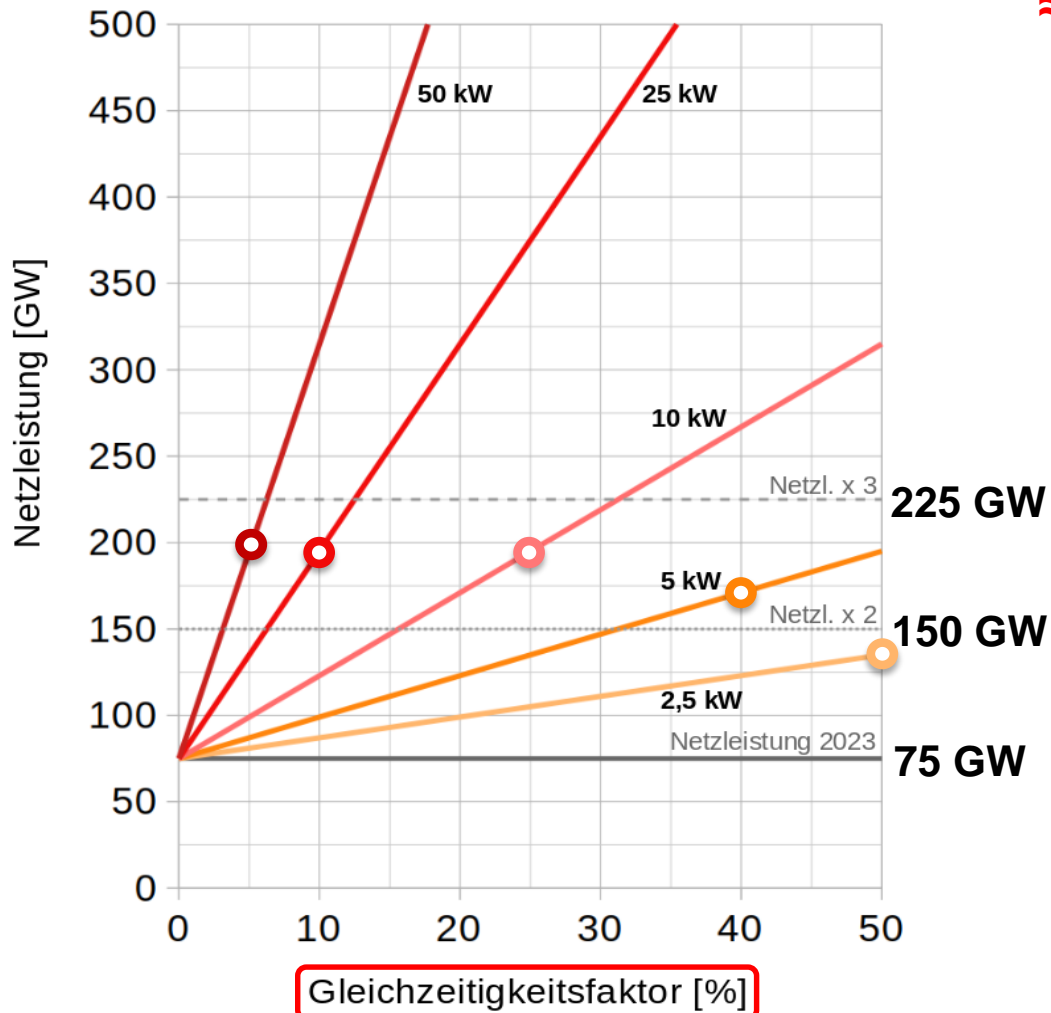
Nutzungszeit	Leistung in kW	Ladezeit in h	Anzahl e-Pkw in ΔT	Anzahl Ladepunkte	Gleichzeitig ladende e-Pkw	Auslastung Ladepunkte	Netzleistung in GW	Energie in TWh
0 – 24 Uhr	3.125	8	7,30	6 536 435	13,70%	100,00%	20,43	179
0 – 24 Uhr	25	1	58,40	817 054	1,71%	100,00%	20,43	179
0 – 24 Uhr	100	0,25	233,60	204 264	0,43%	100,00%	20,43	179
6 – 22 Uhr	100	0,25	155,73	306 395	0,64%	100,00%	30,64	179
6 – 22 Uhr	100	0,25	155,73	500 000	1,05%	61,28%	50,00	179
6 – 22 Uhr	50	0,5	77,87	1 000 000	2,10%	61,28%	50,00	179
6 – 22 Uhr	50	0,5	77,87	2 000 000	4,19%	30,64%	100,00	179
6 – 22 Uhr	25	1	38,93	4 771 600	10,00%	25,68%	119,29	179
6 – 22 Uhr	50	0,5	77,87	4 771 600	10,00%	12,84%	238,58	179

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. ² Masterplan Ladeinfrastruktur Bundesregierung, [EU-Richtlinie 2014/94/EU](https://www.bmwi.de/SharedDocs/DEK/presse/2014/04/140401_eu-richtlinie_2014_94_eu.pdf?__blob=publicationFile), accessed 2.2.2021.

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**

Ladestrombedingter Netzleistungsanstieg²



Installierte Kraftwerksleistung und Energie in Deutschland:
≈ 214 GW; **612 TWh/a;** **Mittlere Leistung $\bar{P} \approx 75$ GW**

24-fach

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

2 Zeit-online, Verträge das Stromnetz Millionen Wallboxen?, 25.11.2022, <https://www.zeit.de/news/2022-11/25/vertraegt-das-stromnetz-millionen-wallboxen>, accessed 10.10.2023 und Kai Ruhsert, Der Elektroauto-Schwindel, <https://derelektroautoschwindel.wordpress.com/fa-s-umweltbilanz-von-elektroautos/>, accessed 21.1.2023
 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.

Mobilität in der Energiewende Europas Lösungsvorschläge

Randbedingungen für eine funktionierende Energiewende

- Die **Staatengemeinschaft** (UNO?) muss für **globalen Frieden** sorgen. Im Krieg sind Treibhausgasemissionen irrelevant.
- Die **Implementierung** eines **weltweiten Emissionshandels** zur Kontrolle der Treibhausgase über einen „**Climate Club**“¹, an dem möglichst alle Länder teilnehmen. **Treibhausgase müssen global bepreist sein!**
- Die wohlhabenden **Industrienationen** finanzieren in Schwellenländern mit hohem Ernteertrag die grünen Kraftwerke inklusive Syntheseanlagen und erhalten als **Gegenleistung** einen **Teil** der **grünen Energie**. Kein neuer Kolonialismus!

¹ Nordhaus, William D., "Climate Club Futures: On the Effectiveness of Future Climate Clubs" (2021). Cowles Foundation Discussion Papers. 2619, <https://elischolar.library.yale.edu/cowles-discussion-paper-series/2619>, accessed 8.9.2023.

Umstieg von verbraucherorientierter **fossiler** zur **volatilen** Energie

- **1990 → 2020:** Die **EU reduziert** die GHG um **1/3** und emittiert heute 9,5 % der globalen GHG. **Global stiegen** die GHG um **2/3**. → Wegen **KOHLE!**
- Wenn die EU **fossile Energie verbannt**, dann **sinkt** deren Weltmarktpreis und damit **steigt** die Nachfrage in anderen Ländern.
- Es kommt zu Verlagerungseffekten zu diesen Ländern und **wir ruinieren uns selber, ohne dass es dem Weltklima in irgendeiner Weise hilft.**
- Solange andere Industrienationen (Kontinente) vorwiegend **billige fossile Energieträger** verwenden, verliert Europa durch dem Umstieg auf ein vorwiegend **volatiles Energiesystem**, die globale Wettbewerbsfähigkeit.

Ein Lösungsvorschlag für die europäische **Energiewende**

- **Europa** steigt möglichst rasch aus **Kohle** aus und drosselt die Verwendung von **Erdöl** und **Erdgas** nur soweit, dass **durch die steigenden Energiepreise die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie nicht gefährdet wird.**
- 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** muss durch **transportfähige Energieträger (Methan, eFuels, etc.)** aus **grünem Strom** von Anlagen aus Schwellenländern **außerhalb Europas** ersetzt werden.

Warum sollen **grüne Kraftwerke** und **Synthesanlagen** außerhalb Europas errichtet werden?

1) Weil **optimale Regionen außerhalb Europas** 2-3 mal mehr Wind- & Solarernte bieten: → 2-3 mal¹ **weniger Rohstoffbedarf, Treibhausgase** und **CAPEX & OPEX.**

2) Weil **Europa** mit dem aufgezeigten Energiewende-Lösungsvorschlag in **Schwellenländern bekämpft.**

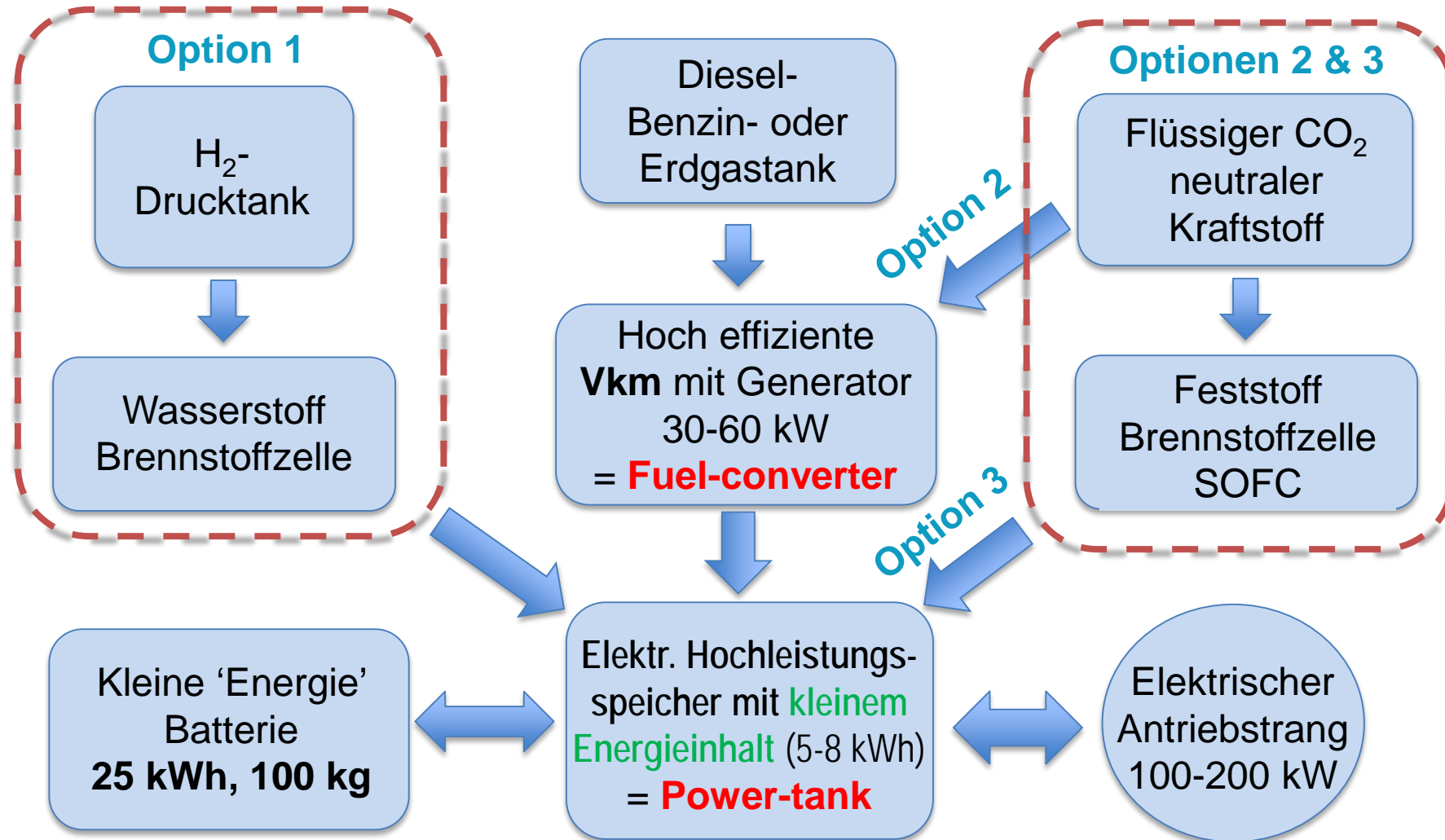


3) Weil durch das **Wachstum in Schwellenländern** insgesamt auch **hohe CO₂-Emissionen** entstehen und Schwellenländer daher den **Zugang** zu **grünen Kraftstoffen** ebenfalls dringend brauchen.

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

Beispiel für die Reduktion von CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs

Zusammenwirken eines **Fuel-Converters** mit ein oder zwei **elektrischen Speichern**: ein **flexibles und anpassungsfähiges Konzept**



Beispiel für die Reduktion von **CO₂-Emissionen** des Pkw-Verkehrs

- Die gesetzliche **Regelung**, dass Ladestrom für Elektrofahrzeuge keine CO₂-Emissionen verursacht, **muss fallen**. Sie ist physikalisch **falsch**, solange der Ladestrom nicht **100 % grün ist**.
- **Life Cycle Assessment** (LCA) oder zumindest „Well-to-Wheel“ sollte zur Beurteilung aller **CO₂-Reduktionsstrategien** verpflichtend sein.
- Damit würden Fahrzeughersteller die Möglichkeit verlieren, **Strafzahlungen** wegen Nichteinhaltung der CO₂-Flottengrenzwerte zu **vermeiden**.
- Leistungsstarke SUV wären am Markt nicht mehr wettbewerbsfähig
→ **die CO₂-Emissionen des Verkehrs würden signifikant sinken**.

Kernaussagen der Präsentation

- Mit **höchster Priorität** aber mit **Augenmaß** (**Energiekosten!**) das **Stromnetz defossilisieren**. Zuerst grüne Kraftwerke errichten und erst danach Stromverbraucher mit **Förderungen** ans Netz locken. Negativbeispiel: BEV
- Die **Politik agiert technologieoffen** => keine Technologieverbote(!) wie CCS, CCU, „Raus aus Gas“, Verbrennerverbot und setzt das Potenzial des **Privatsektors** durch **richtige politische Anreize & Instrumente** frei (Venture Capital).
- **Förderung von Pkw**, wenn die über **Life Cycle Assessment (LCA)** oder zumindest „**Well-to-Wheel**“ beurteilten **GHG-Emissionen** unter einem **Grenzwert** liegen.
- **Keine Ressourcen** (Rohstoffe, Fachkräfte, Finanzmittel) in den **Aufbau** einer zu Gas parallelen Wasserstoff-Infrastruktur investieren(!), sondern in eine **Verteil- und Speicherinfrastruktur** für den **kostbaren Rohstoff CO₂**.

Kernaussagen der Präsentation

- Mit **höchster Priorität** aber mit **Augenmaß** (**Energiekosten!**) das **Stromnetz defossilisieren**. Zuerst **grüne Kraftwerke** errichten und erst danach **Strom-**

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.

Gas parallelen **Wasserstoff-Infrastruktur investieren(!)**, sondern in eine **Verteil- und Speicherinfrastruktur** für den **kostbaren Rohstoff CO₂**.

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

Ich bitte um Spenden und/oder Mitgliedschaft für den gemeinnützigen Verein

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

new **e**nergy **t**ransition **E**urope **R**esearch-Association

georg.brasseur@tugraz.at

g.brasseur@neter.at