

Nordbayerische BNE-Tagung 2022 Höchstadt a. d. Aisch, 25. Oktober 2022

Energiewende in der Krise – Wie kalt und dunkel wird der nächste Winter?



Jürgen Karl
Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

1. Gibt's im Winter genug Gas für Deutschland?

- Entwicklung der Großhandelspreise und Liefermengen
- Künftige Entwicklung der Gaspreise

2. Gibt's im Winter auch noch genug Strom für die Metropolregion?

- Aktuelle Stromversorgung in Deutschland
- „Dunkelflauten“ im letzten Winter

3. Warum wird Strom so teuer?

- Entwicklung der Strompreise in Deutschland
- Prinzip der „Merit Order“

4. Wie können die Energiekosten wieder gesenkt werden?

- Gas- und Strompreis-Bremsen
- GreenLNG - Erneuerbare Gase für den Gassektor

5. Der Faktor vier

- Energiewende in der Metropolregion...
- ... und weltweit



Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

1. Gibt's im Winter genug **Gas** für Deutschland?

- Entwicklung der Großhandelspreise und Liefermengen
- Künftige Entwicklung der Gaspreise



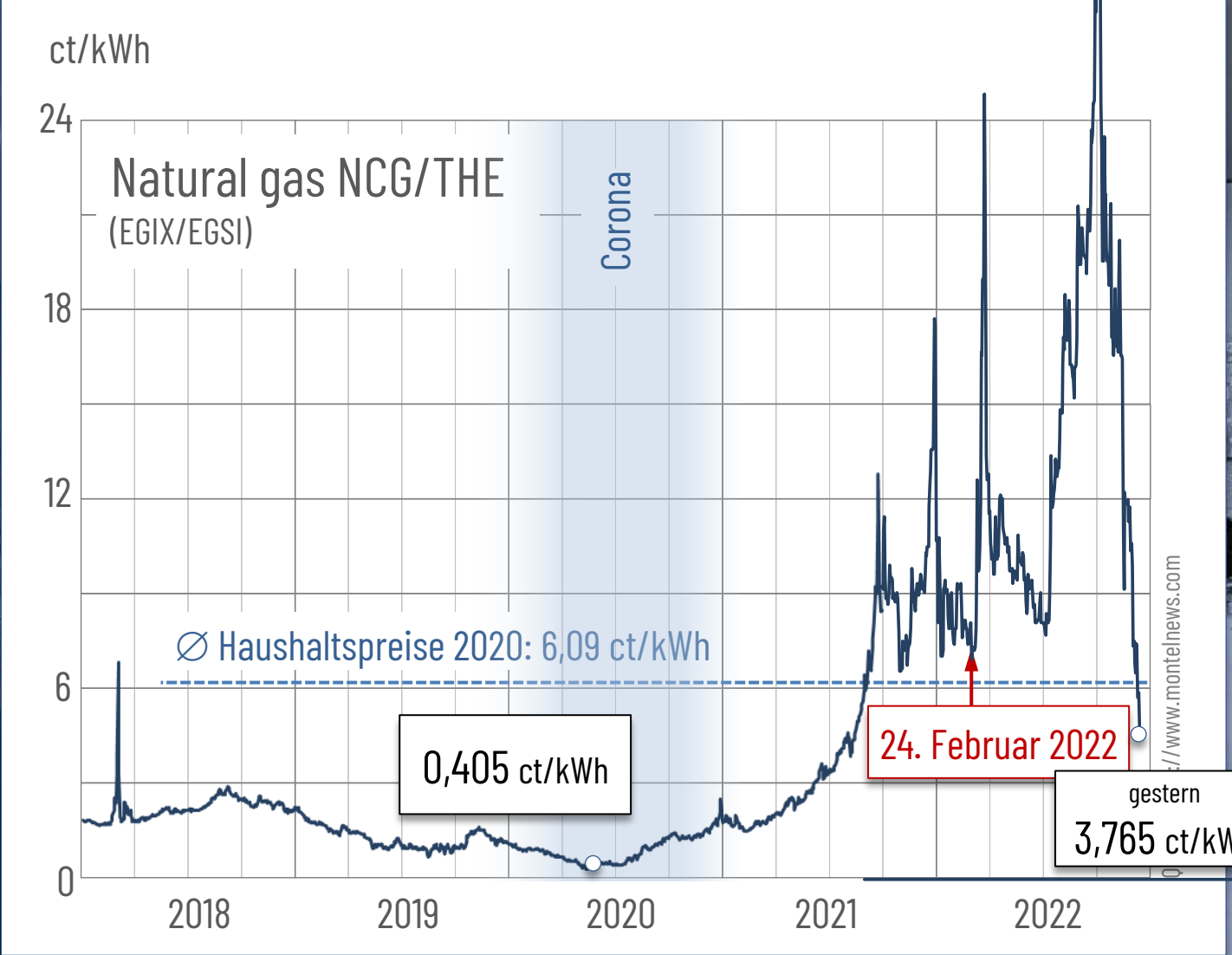
- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Fazit

Entwicklung der Erdgaspreise im Großhandel

- Erdgaspreise hatte sich bereits vor der Invasion in die Ukraine verzehnfacht...

Foto: Wikipedia /Kremlin.ru

29.8.2022
31,355 ct/kWh

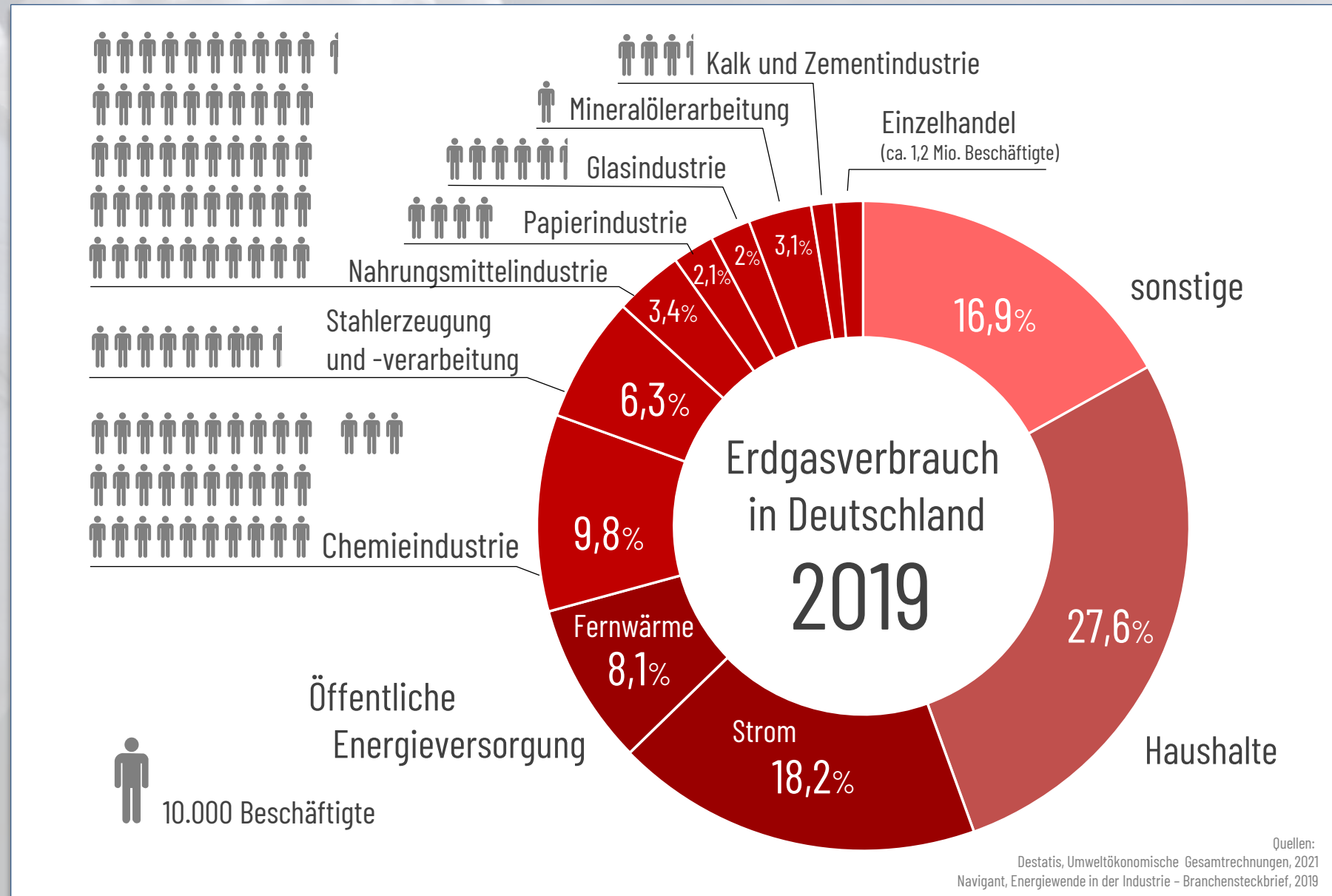


Unsere Gasversorgung

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Fazit

Betroffene Industriezweige

- Erdgas ist einer der wichtigsten Rohstoffe unserer Industrie
- Gasembargo würde in Deutschland viele Arbeitsplätze kosten...



Quellen:
 Destatis, Umweltökonomische Gesamtrechnungen, 2021
 Navigant, Energiewende in der Industrie - Branchensteckbrief, 2019

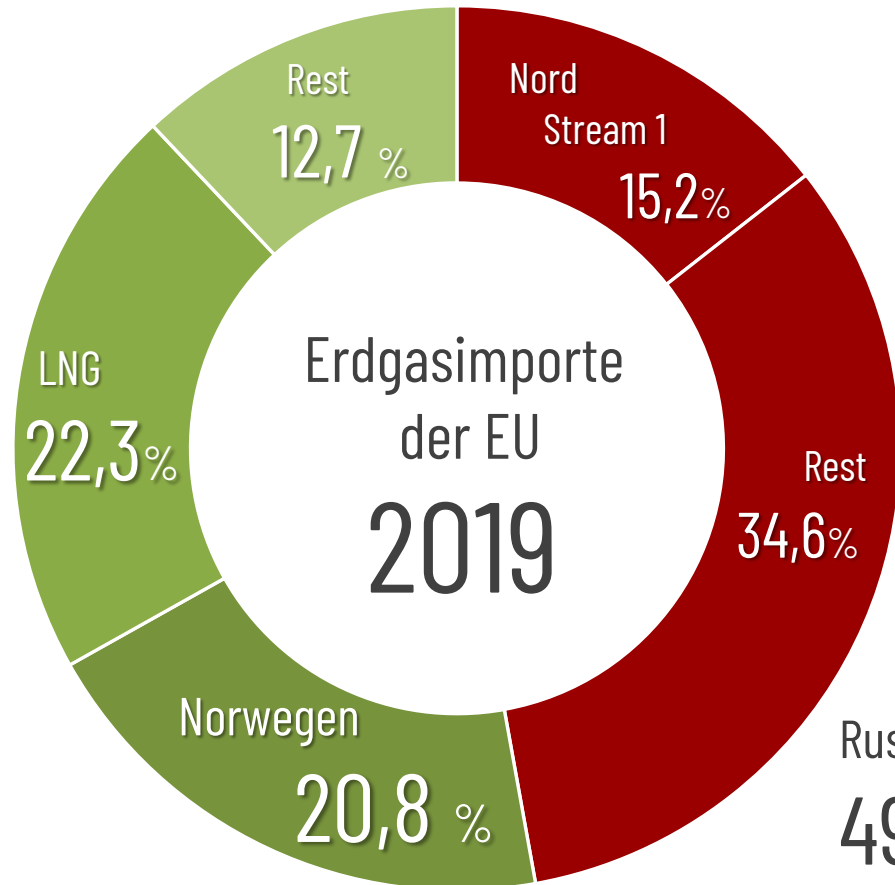
Unsere Gasversorgung

- Russland lieferte ca 50% des europäischen Gasverbrauchs
- Etwa 22% wurden als Liquefied Natural Gas (LNG) importiert

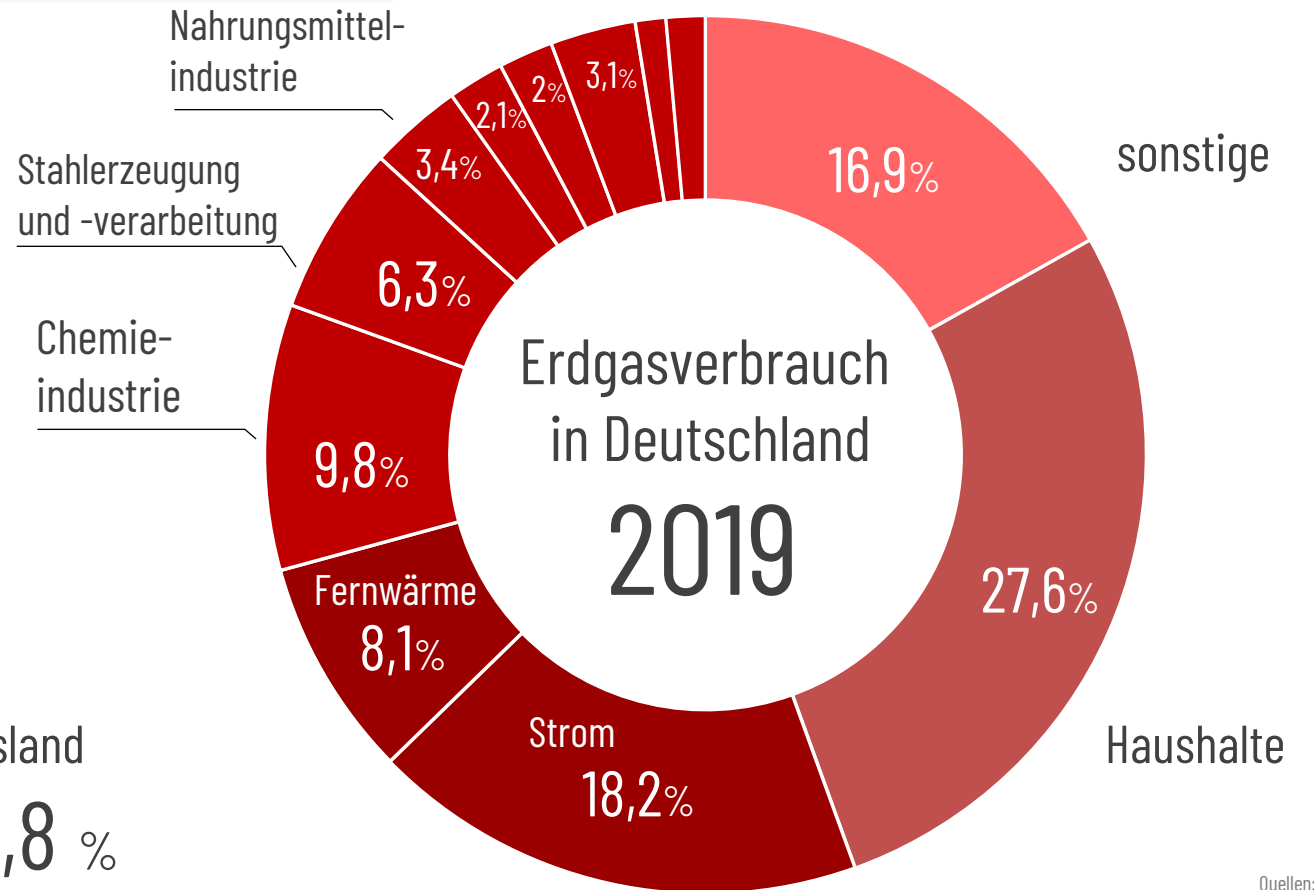
Winter ohne Gas

Gasbedarf der Haushalte könnte leicht gedeckt werden...

Wint
„Merit Ord
Wind gegen
Fazit



Russland
49,8 %

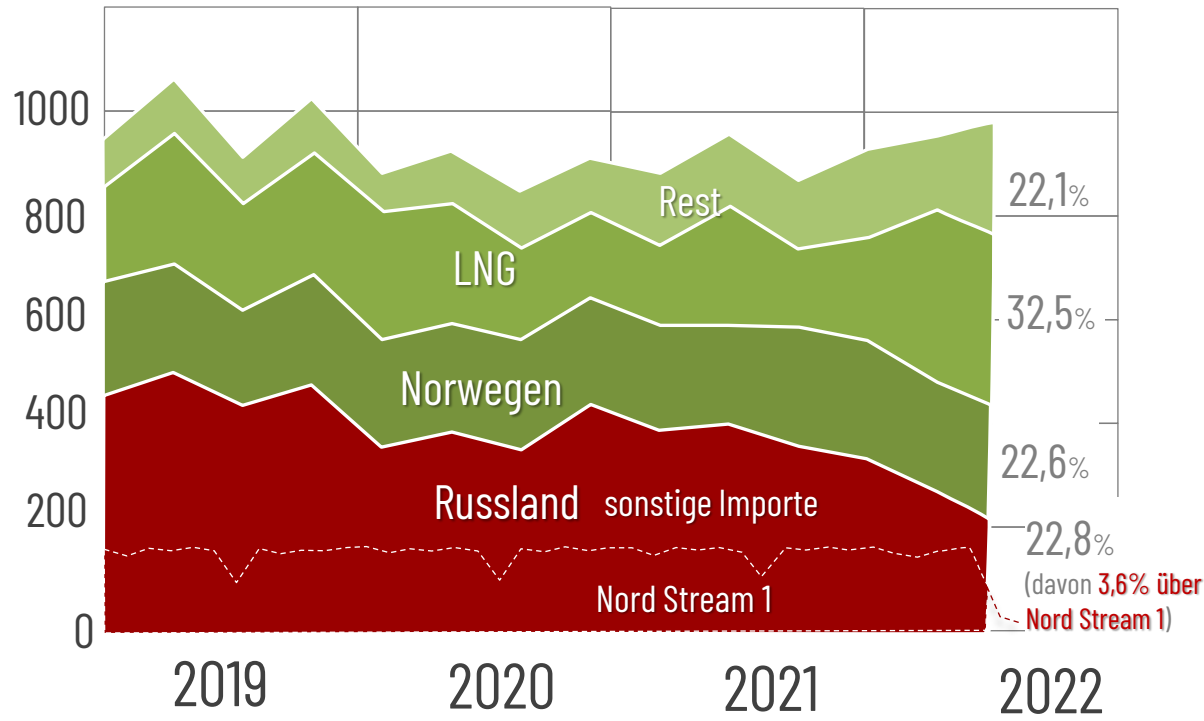


Unsere Gasversorgung

- Russland lieferte ca. 50% des europäischen Gasverbrauchs
- Etwa 22% wurden als Liquefied Natural Gas (LNG) importiert
- Importe aus Russland reduzierten sich von 49,8% auf zuletzt 22,8%
- Gleichzeitig **stiegen die Grenzübertrittspreise auf ein Vielfaches...**

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Fazit

Erdgas-Importe in die EU je Quartal in TWh



Grenzübertrittspreise in ct/kWh



Quelle: Quarterly report On European gas markets
DG Energy, Volume 15 (issue 2, covering second quarter of 2022)

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

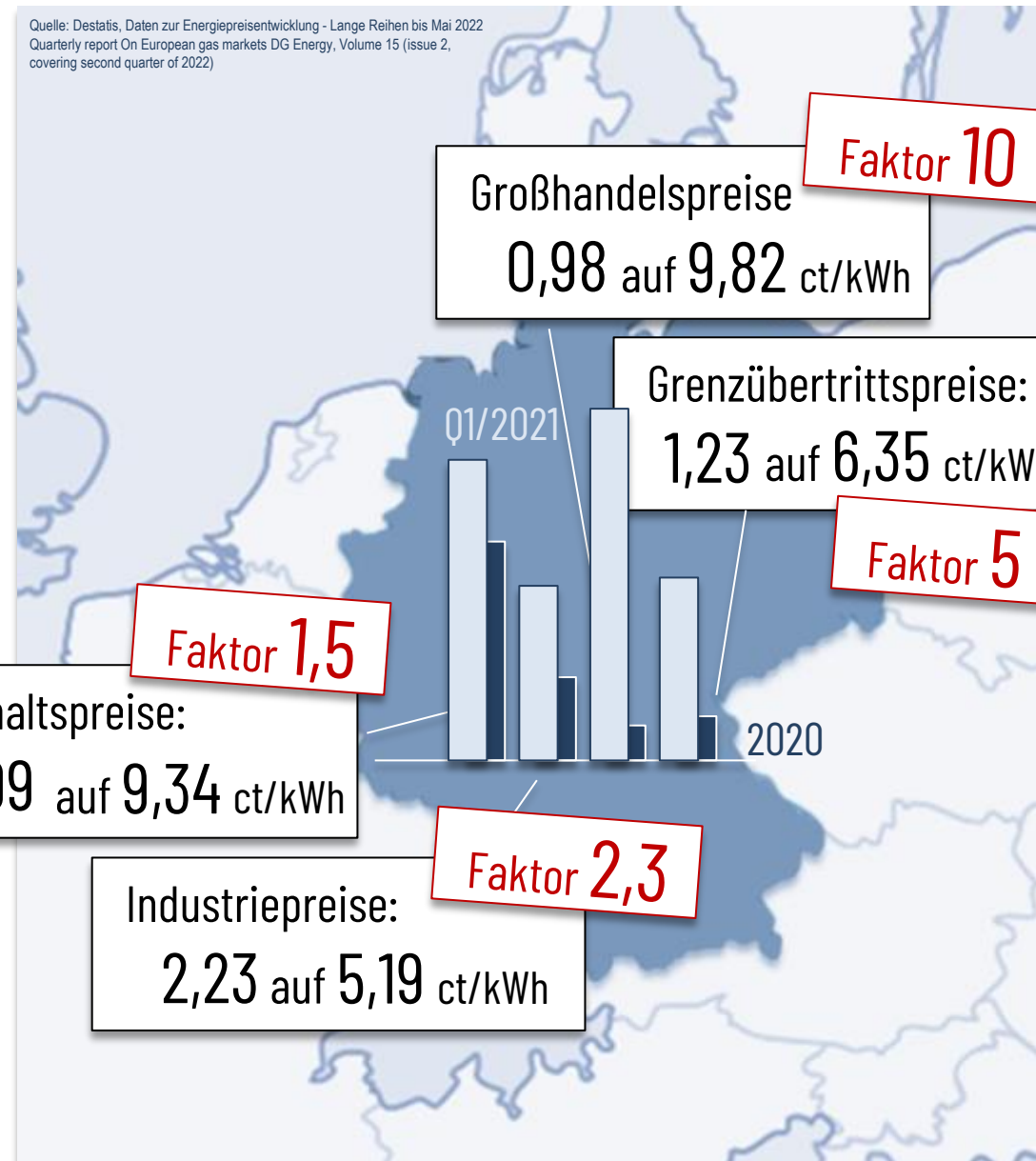
Preissteigerungen Erdgas 2020 bis 2. Quartal 2022

- Eklatante Preissteigerungen zeigten sich bislang vor allem bei **Großhandelspreisen** und **Grenzübertrittspreisen**
- Preissteigerungen sind bislang nur zu einem geringen Teil bei Haushalts- und Industriekunden angekommen

Trend 3. Quartal 2022

- Großhandelspreise stiegen zunächst noch weiter, und fallen derzeit wieder...
- Großhandels- und Industriepreise könnten **ohne russische Gaslieferungen** (derzeit noch ca. 230 TWh pro Quartal) **und ohne Einsparungen** dauerhaft auf über 20 ct/kWh steigen

*) Abschätzung aus Preiselastizität nicht-russischer Gaslieferungen in die EU 2000-2022:
 Preiselastizität: 8 ct/kWh / 190 TWh = 0,042 (ct/kWh)/TWh
 Mehrbedarf ohne russische Lieferungen 0,042 (ct/kWh)/TWh x 280 TWh = +11,8 ct/kWh



1.

Gas wird's wohl auch im Winter genug geben, aber die eigentliche Eskalation der Gaspreise steht uns wahrscheinlich noch bevor

Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

2. Gibt's im Winter auch noch genug **Strom** für die Metropolregion?

- Aktuelle Stromversorgung in Deutschland
- „Dunkelflauten“ im letzten Winter



Der Blick zurück: zwanzig Jahre Energiewende

- EEG löste beispiellosen Boom der Erneuerbaren Energien aus
- Die mittlere Erzeugung betrug 2020 bereits **50,9%^{*)}** der Netto-Stromerzeugung

***) 43,9% der Bruttostromerzeugung bzw. 51,4% des Strom-Letzverbrauchs**

installierte
Leistung
(kW)

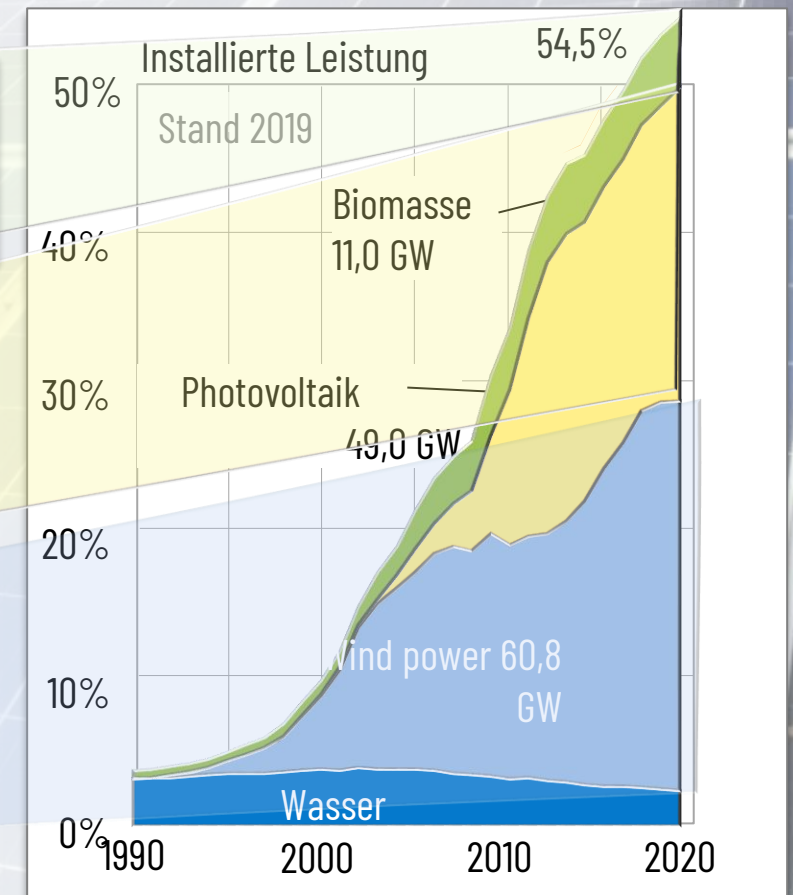
9 x



41 x



51 x



Historisches

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

Der Blick zurück: zwanzig Jahre Energiewende

- EEG löste beispiellosen Boom der Erneuerbaren Energien aus
- Die mittlere Erzeugung betrug 2020 bereits **50,9%*)** der Netto-Stromerzeugung

*) 43,9% der Bruttostromerzeugung bzw. 51,4% des Strom-Letzterverbrauchs

Historisches

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

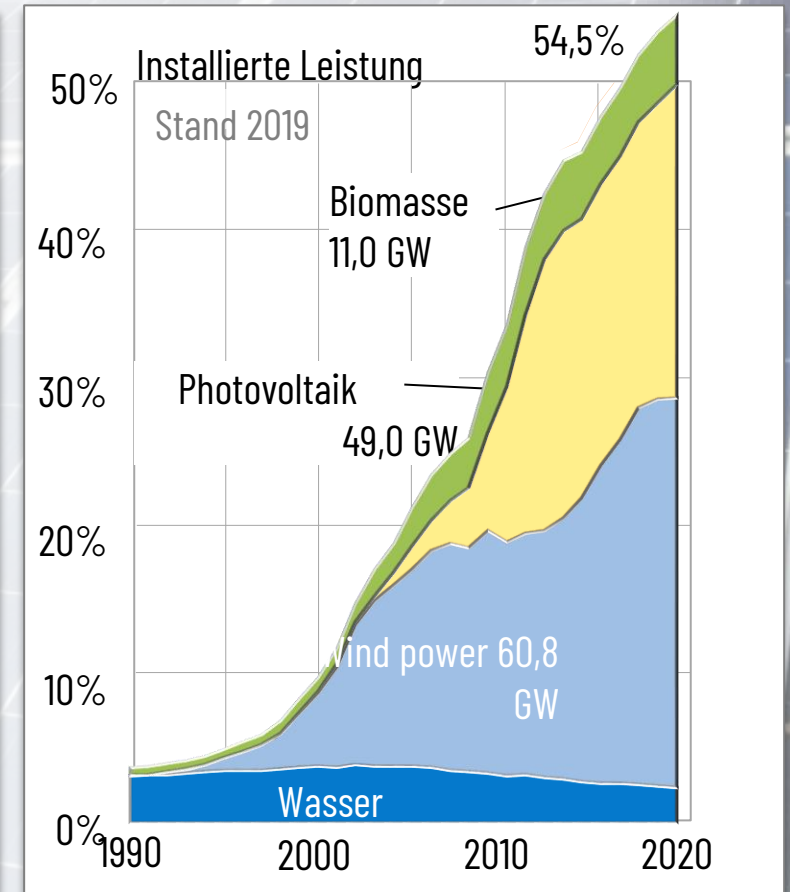
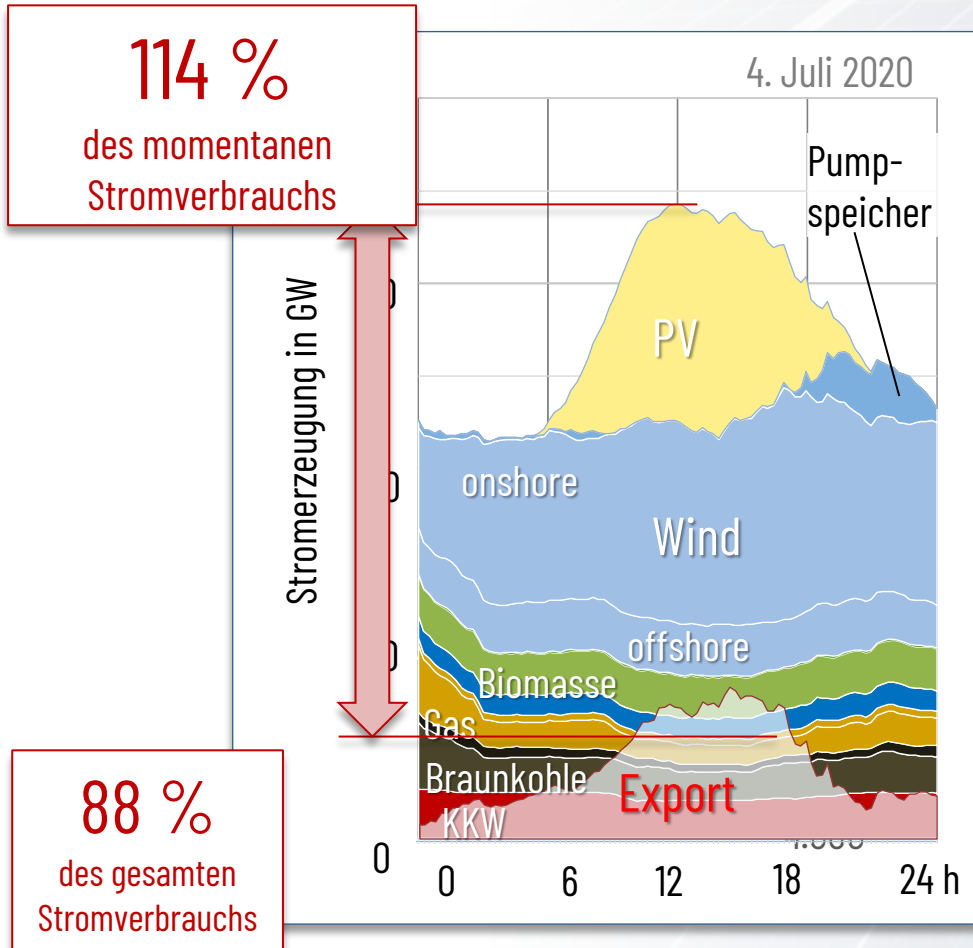
Der Faktor 4

57,6 GW

48 x



- zeitweise kann der Strombedarf Deutschlands schon vollständig mit Erneuerbaren Energien gedeckt werden



Der Blick zurück: zwanzig Jahre Energiewende

- EEG löste beispiellosen Boom der Erneuerbaren Energien aus
- Die mittlere Erzeugung betrug 2020 bereits **50,9%*** der Netto-Stromerzeugung

***) 43,9% der Bruttostromerzeugung bzw. 51,4% des Strom-Letzverbrauchs**

Historisches

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

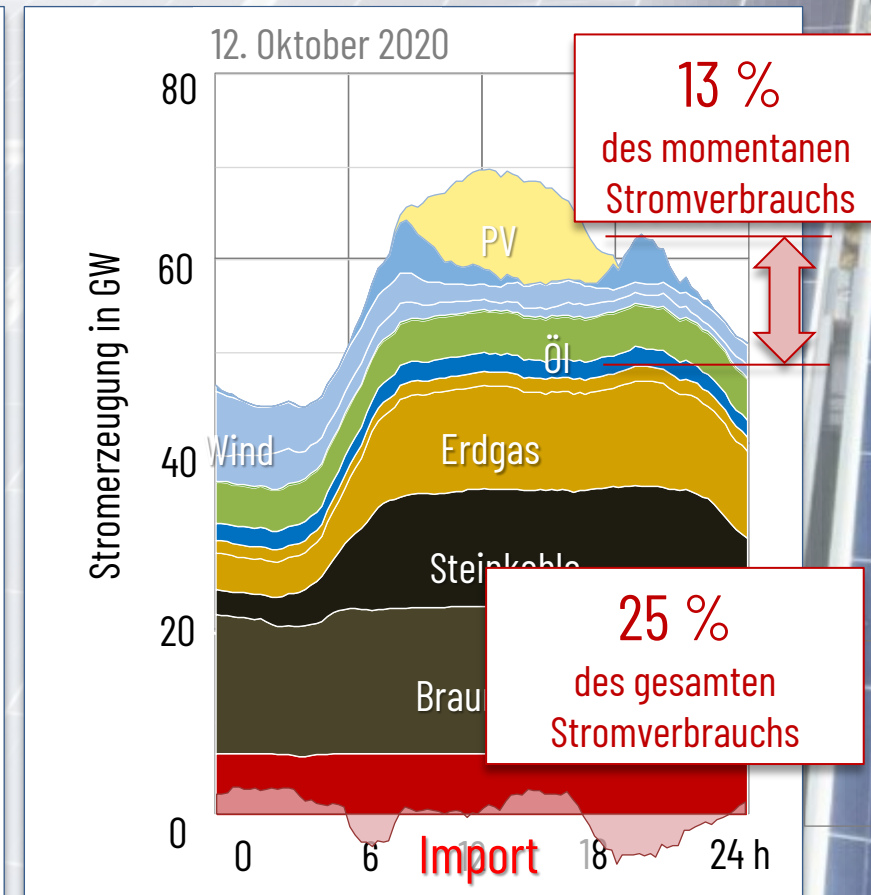
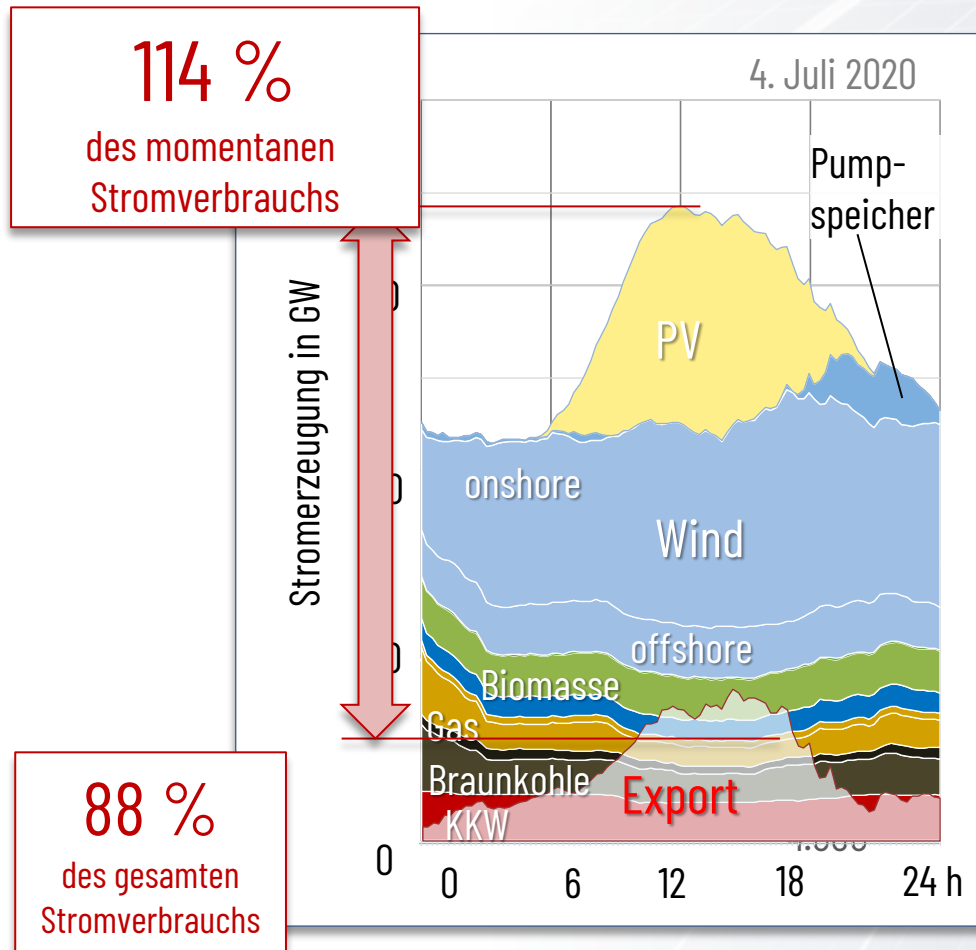
Der Faktor 4

57,6 GW

48 x

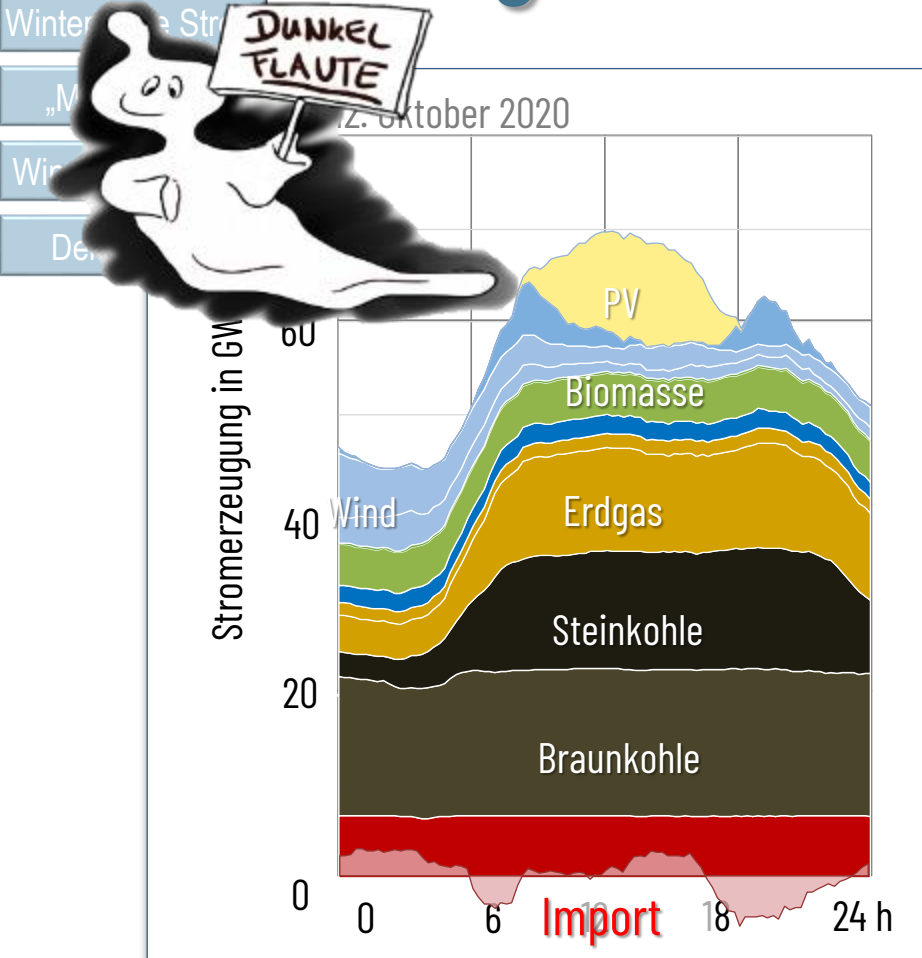


- zeitweise kann der Strombedarf Deutschlands schon vollständig mit Erneuerbaren Energien gedeckt werden

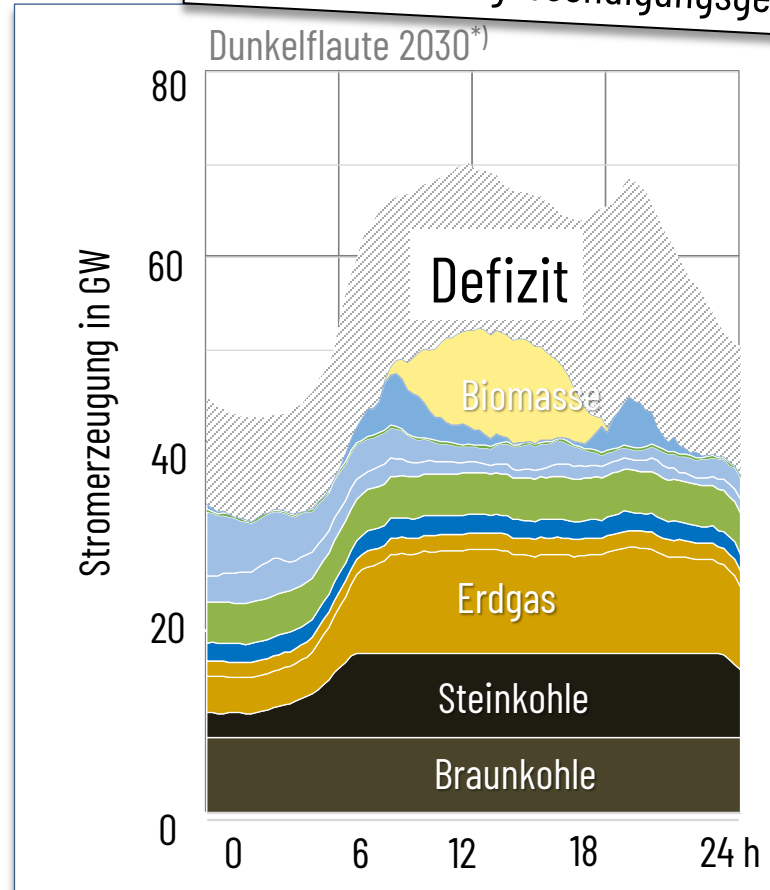


Prognose 2030

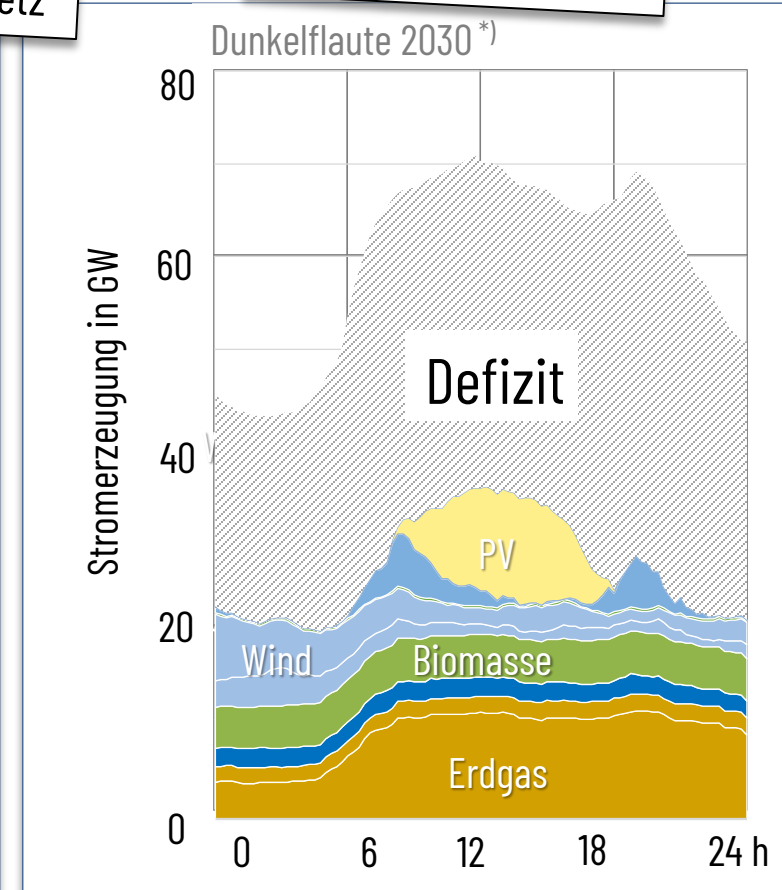
Historisches



Kohleausstieg nach
Kohleverstromungsbeendigungsgesetz



vollständiger
Kohleausstieg bis 2030

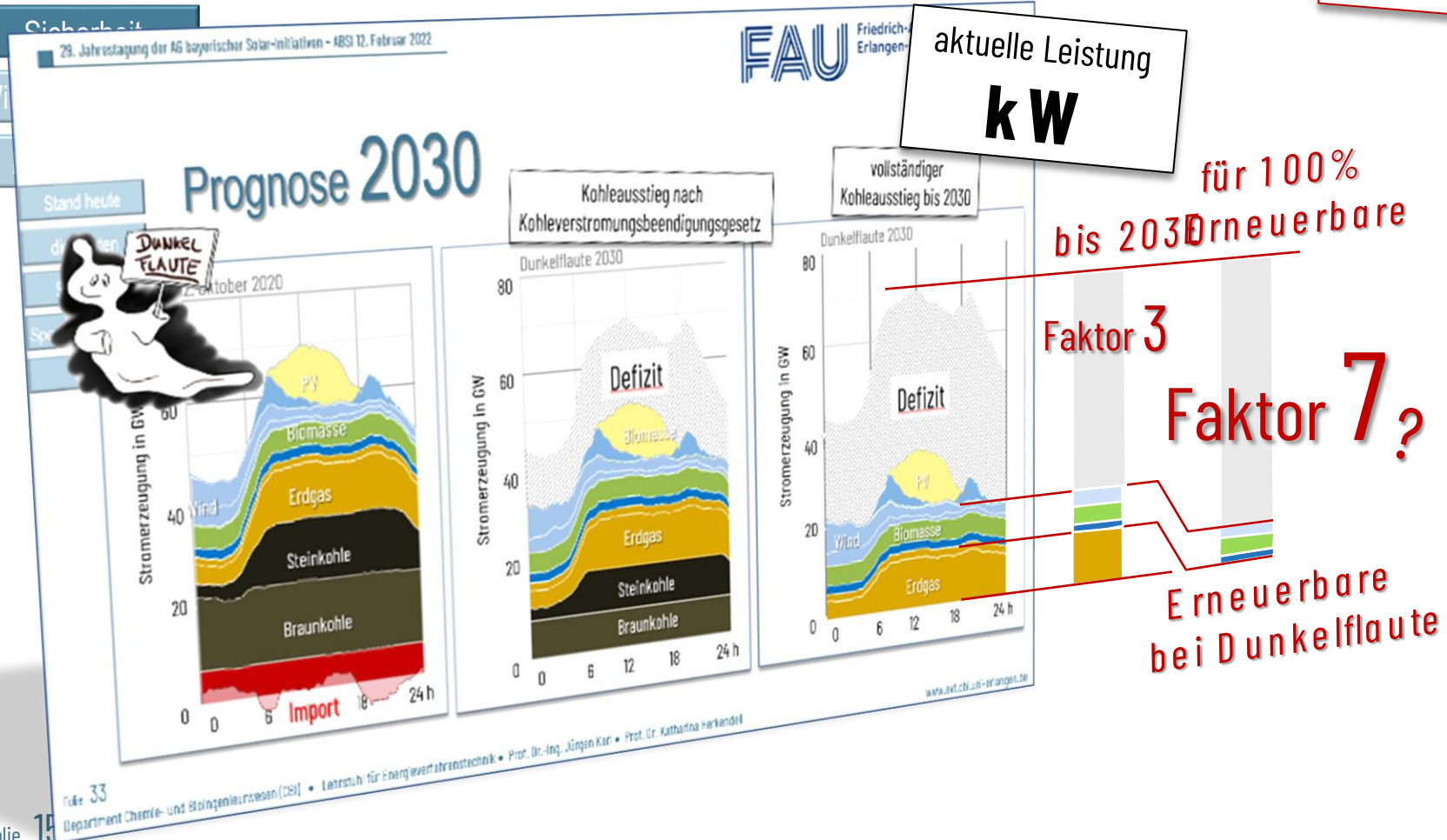


*) ohne weiteren Ausbau der Erneuerbaren

Energiebilanz für 100% Erneuerbare Energien

Winter ohne Gas
Winter ohne Strom
Sicherheit

Die Energiewende hat noch lange nicht erreicht, was erreicht werden muss



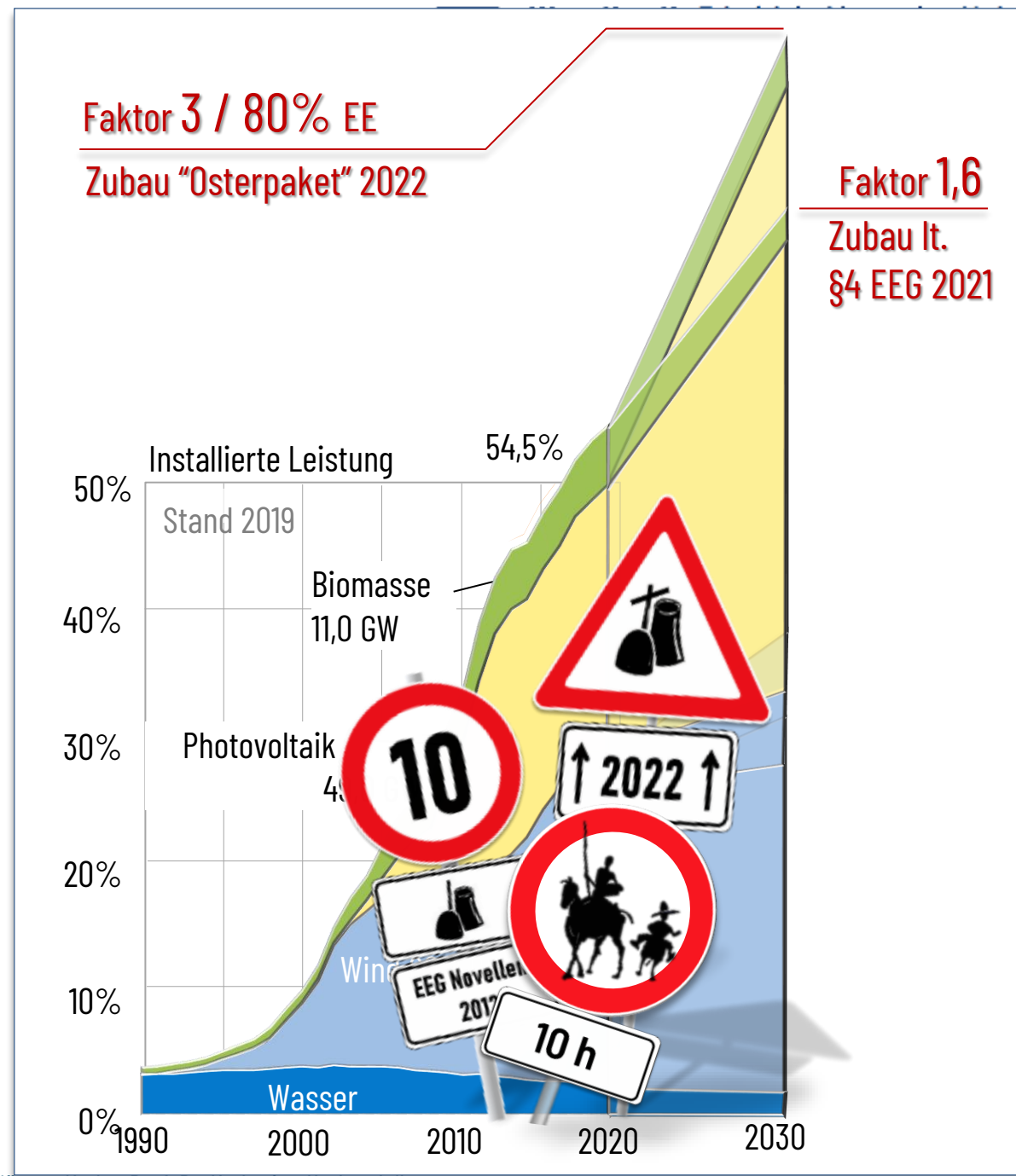
- Um die Versorgung auch bei Dunkelflaute aufrecht zu erhalten, muss der Beitrag Erneuerbarer um den **Faktor 7** gesteigert werden...
- ... oder die Dunkelflaute mit **Speichern** überbrückt werden!
- Problem: auch der Stromverbrauch wird steigen ...
- ... vor allem für den Wärme und Mobilitätssektor

geleistete "Arbeit" **kWh**

Die Situation am Strommarkt

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

- Konventionelle Kraftwerke sind **überaltert**, Gaskraftwerke waren unrentabel und wurden nicht gebaut
- Das EEG 2000 war ungeahnt erfolgreich und wurde erst mit dem EEG 2012 **massiv ausgebremst**
- Osterpaket 2022 erhöht den **Ausbaupfad** für Erneuerbare Energien auf 80% der Stromerzeugung bis 2030



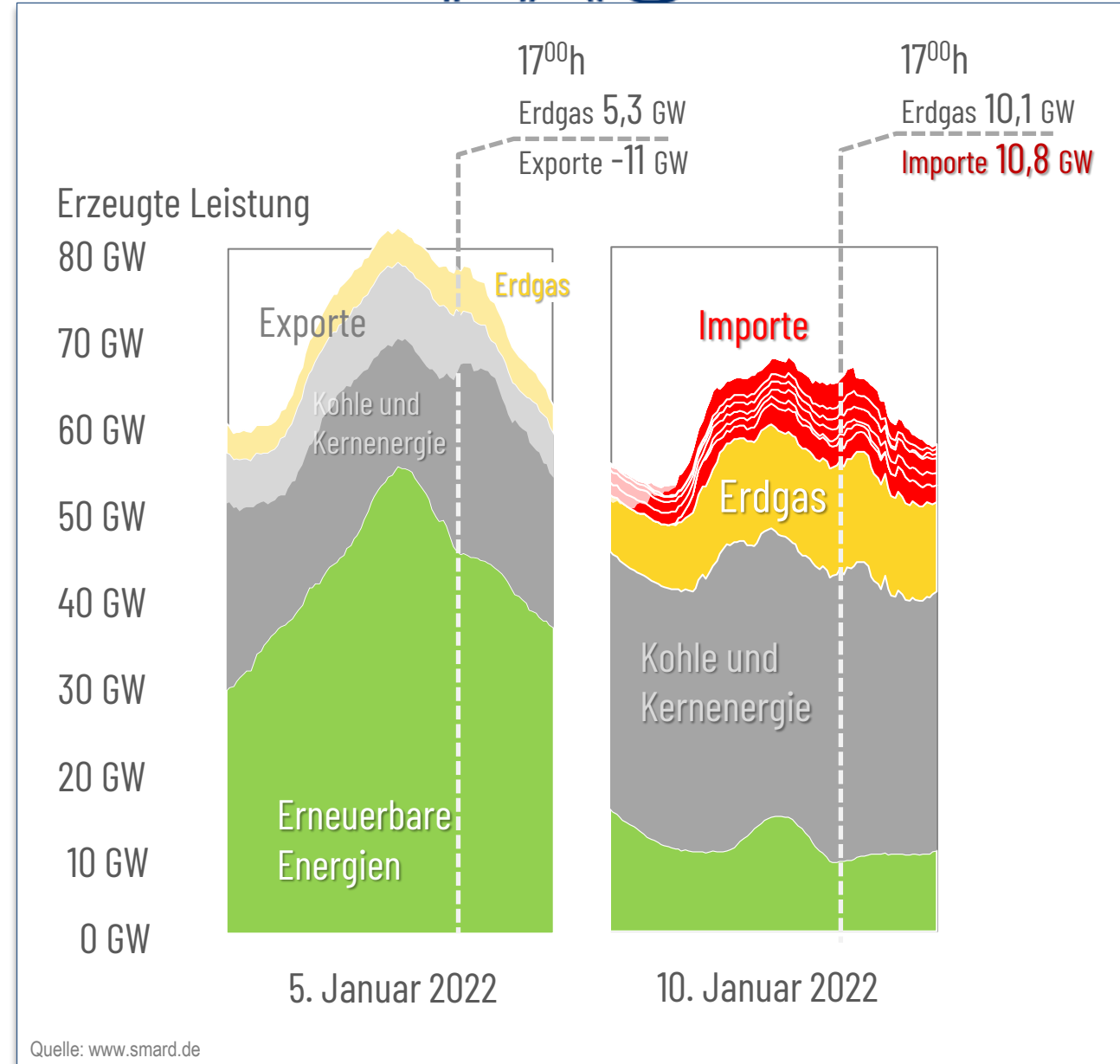
- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

Die Situation am Strommarkt

- Konventionelle Kraftwerke sind **überaltert**, Gaskraftwerke waren unrentabel und wurden nicht gebaut
- Das EEG 2000 war ungeahnt erfolgreich und wurde erst mit dem EEG 2012 **massiv ausgebremst**
- Osterpaket 2022 erhöht den **Ausbaupfad** für Erneuerbare Energien auf 80% der Stromerzeugung bis 2030

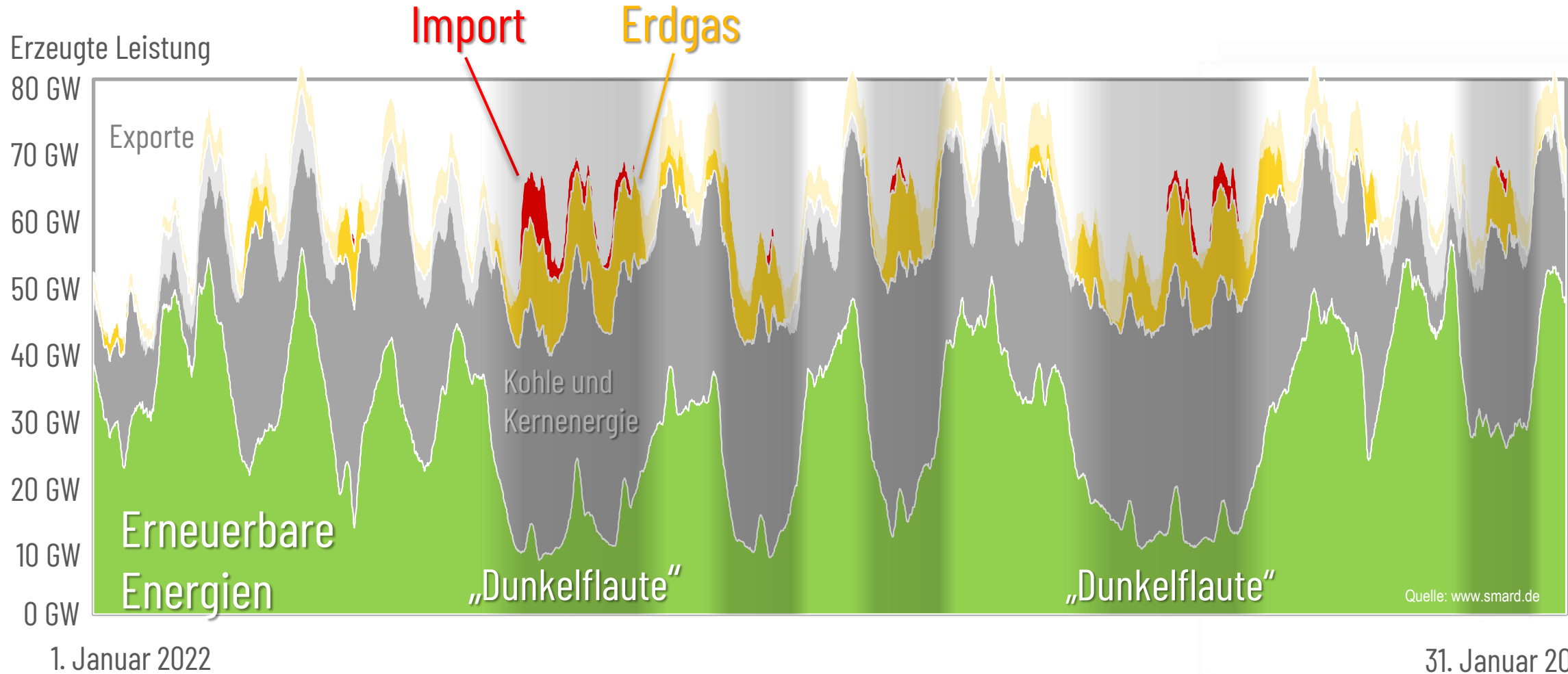
Status Quo

- Deutschland produziert meist mehr Strom als benötigt, **aber leider nicht immer...**



Stromversorgung im Winter 2021/2022

- Im Zeitraum vom Dezember 2021 bis März 2022 gab es insgesamt 16 **„Dunkelflauten“**
- Es mussten bis zu 10,8 GW importiert werden



Kernfrage: Ist die Versorgung bei "Dunkelflaute" weiterhin gewährleistet?

Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

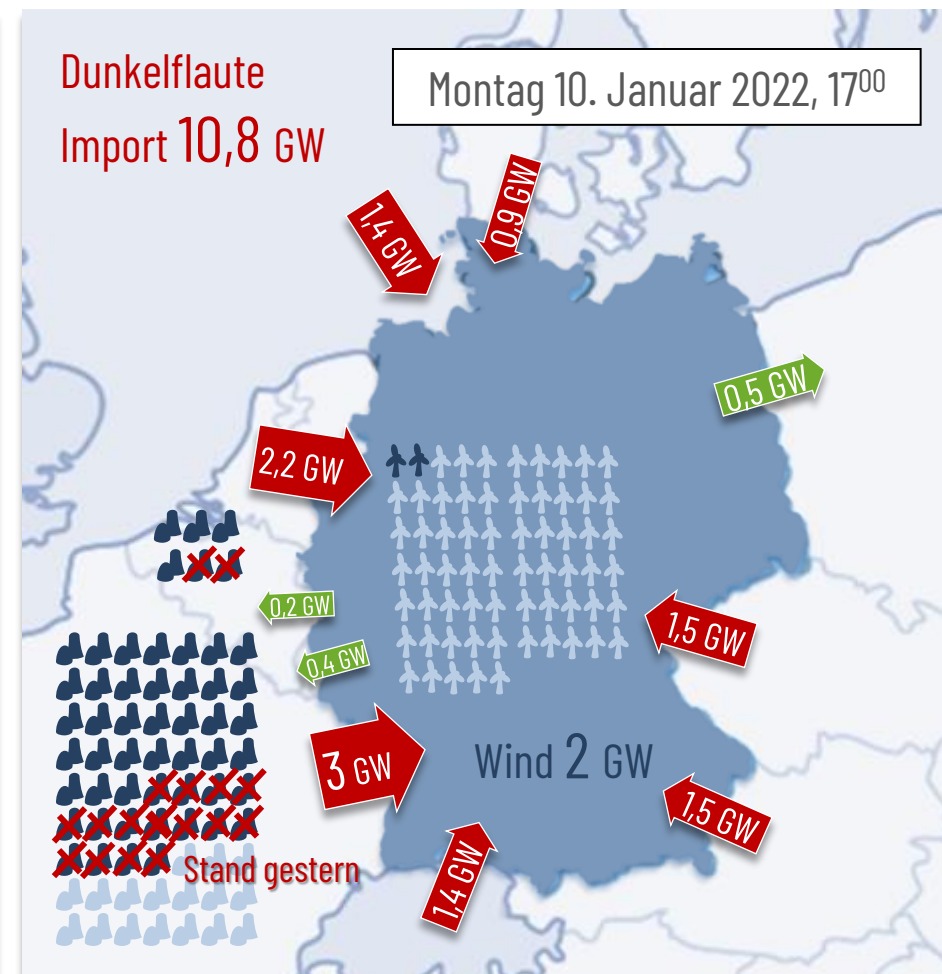
Situation
10.7.2022, 17⁰⁰h

• Gas war nahezu vollständig im Einsatz

• In Frankreich waren 46 Kernkraftwerke in Betrieb

Vergleichbare Situation Winter 2023

- Ohne Gas geht's nicht, weil 65% der Gaskraftwerke auch Wärme erzeugen (KWK)
- **Nachbarschaftshilfe wird's keine mehr geben**



Die große Unbekannte: Verfügbarkeit der Kernkraftwerke in Frankreich...

Fazit

1.

Gas wird's wohl auch im Winter genug geben, aber die eigentliche Eskalation der Gaspreise steht uns wahrscheinlich noch bevor

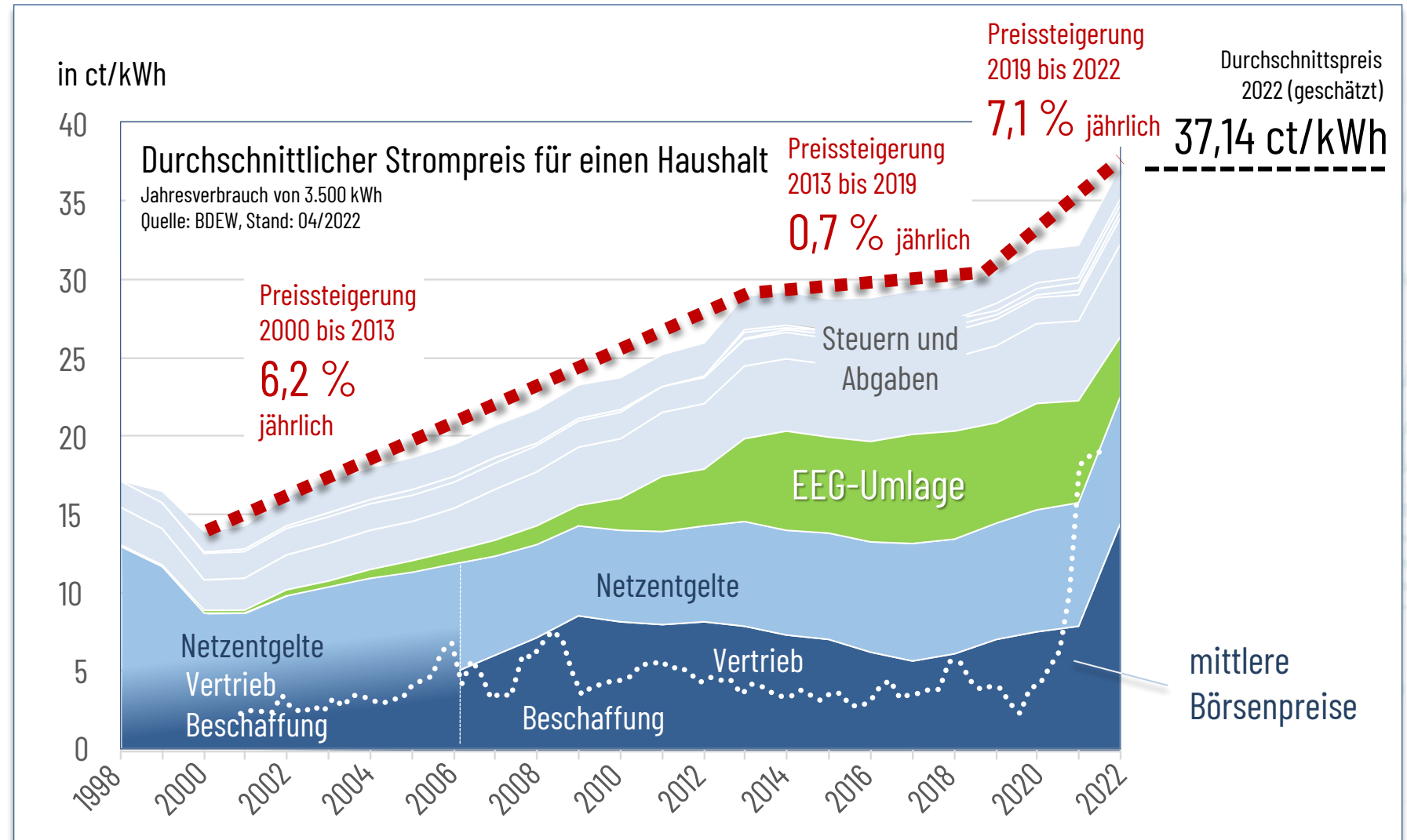
2.

Problematisch – d.h. teuer und unsicher – wird vor allem die Stromversorgung in der Dunkelflaute

Entwicklung der Strompreise

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

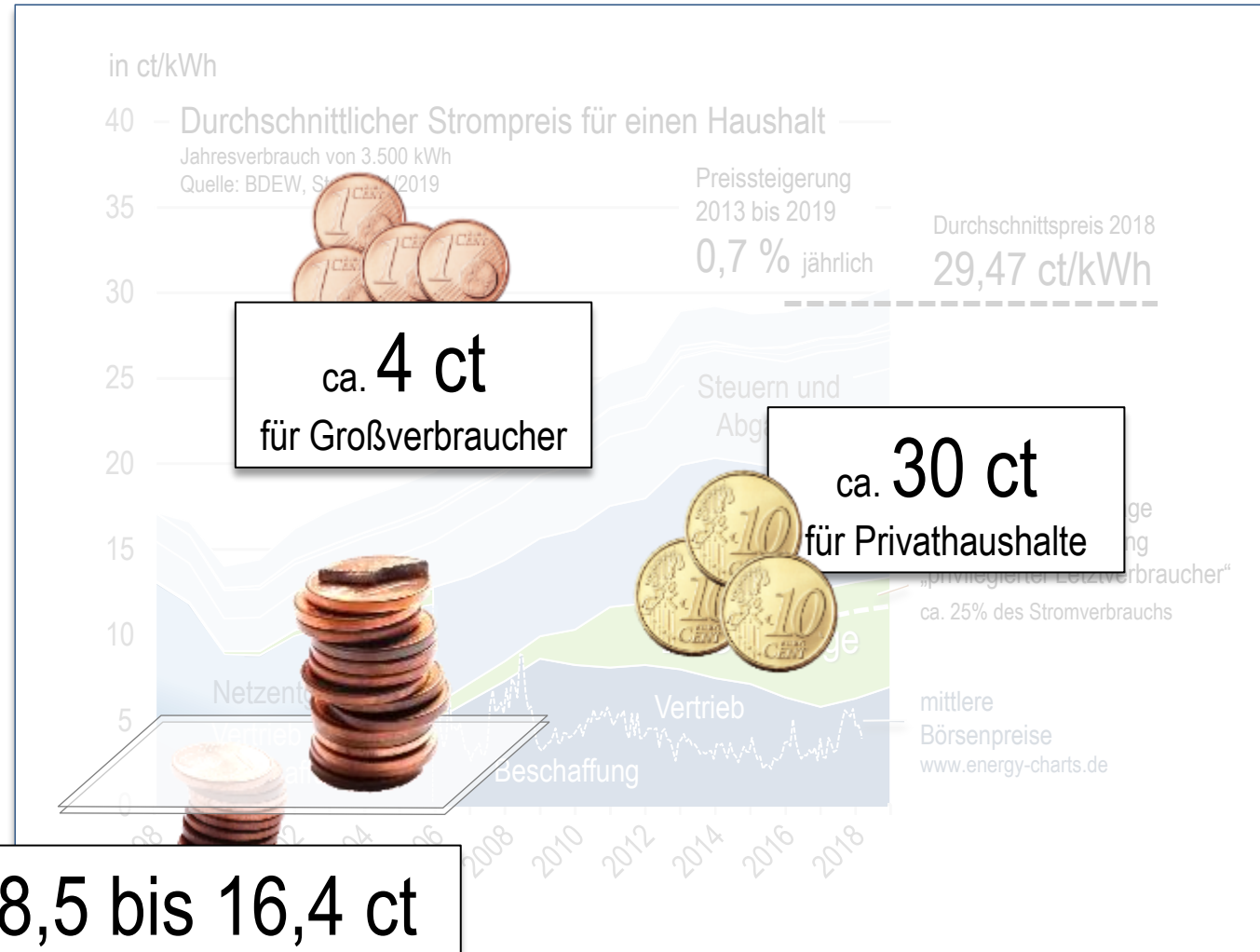
- **Strompreise** für Endverbraucher stiegen bereits seit 2000 steil an – und das schon **bevor Erneuerbare eine signifikante Rolle spielten**
- Die Energiewende **bremste seit 2012** den Preisanstieg...



Entwicklung der Strompreise

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

- **Strompreise** für Endverbraucher stiegen bereits seit 2000 steil an – und das schon **bevor Erneuerbare eine signifikante Rolle spielten**
- Die Energiewende **bremste seit 2012** den Preisanstieg...





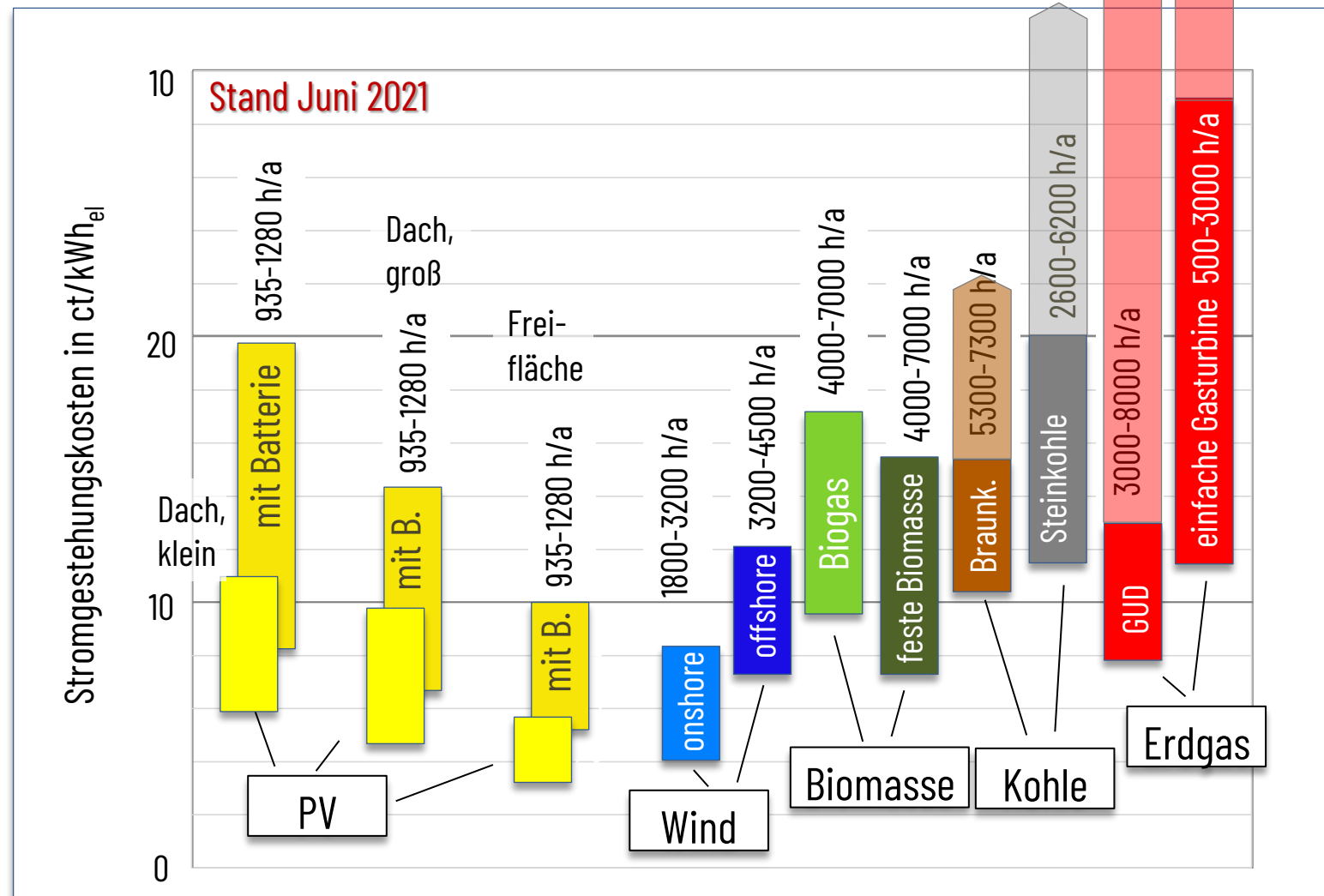
gratis-Download unter:

<https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html>

- Stromerzeugung aus Wind und PV ist heute **selbst in Deutschland** viel billiger als aus Kohle und Gas

... und fossiler Strom wird immer teurer!

Unsere Strompreise ≠ Stromerzeugungskosten



FAU Strompreisstudien 2015 und 2019

- ohne den Ausbau Erneuerbaren Energien wären Großhandelspreise und die Strompreise für Endverbraucher stark gestiegen
- Seit 2011 sparten erneuerbare Energien etwa 70 Milliarden Euro

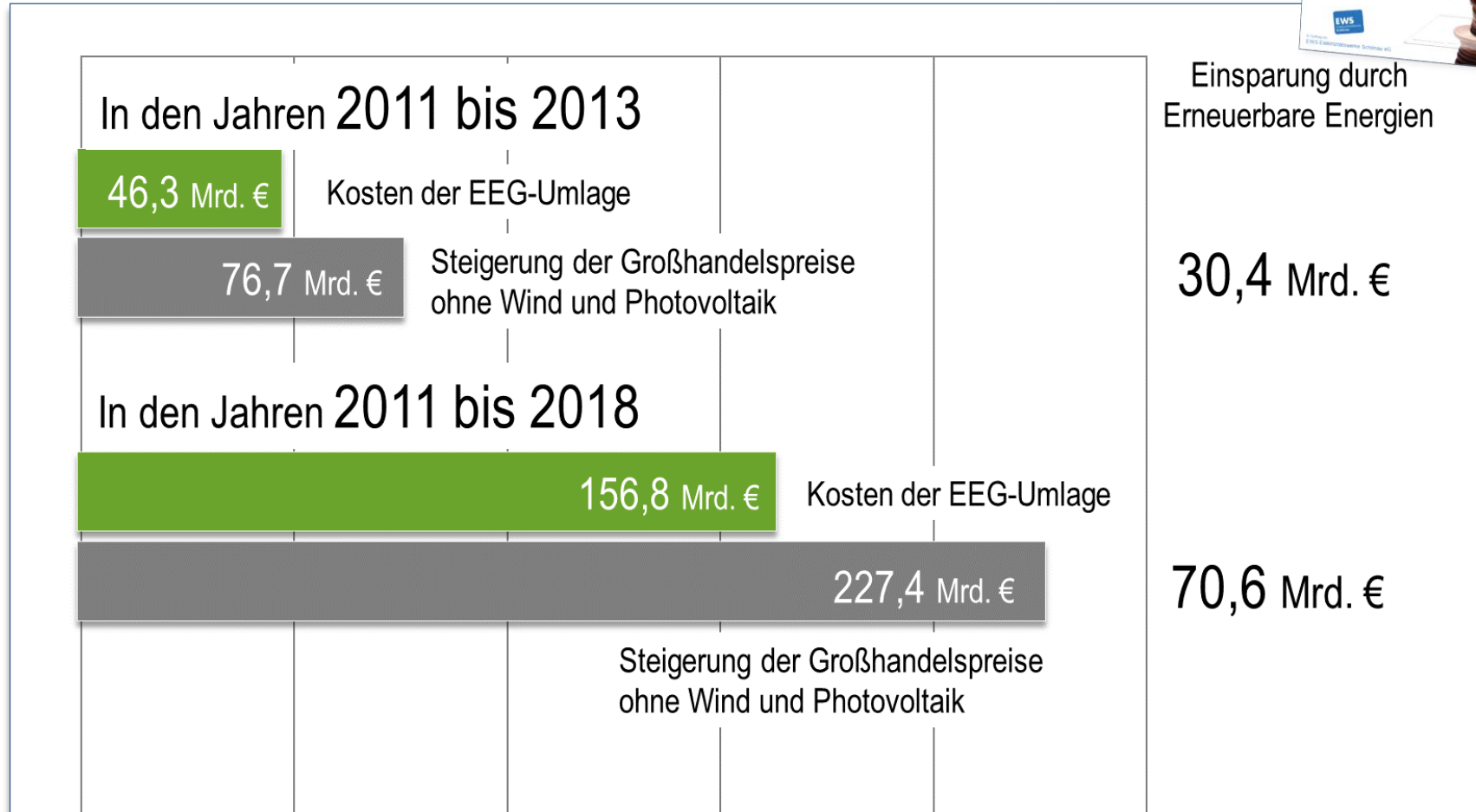
Download unter:

<https://www.evt.tf.fau.de/forschung/publikationen/fau-strompreisstudie-2019/>



- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

- ohne erneuerbare Energien hätte der Strombedarf in den vergangenen Jahren nicht gedeckt werden können



Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

3. Warum wird Strom so teuer?

- Entwicklung der Strompreise in Deutschland
- Prinzip der „Merit Order“

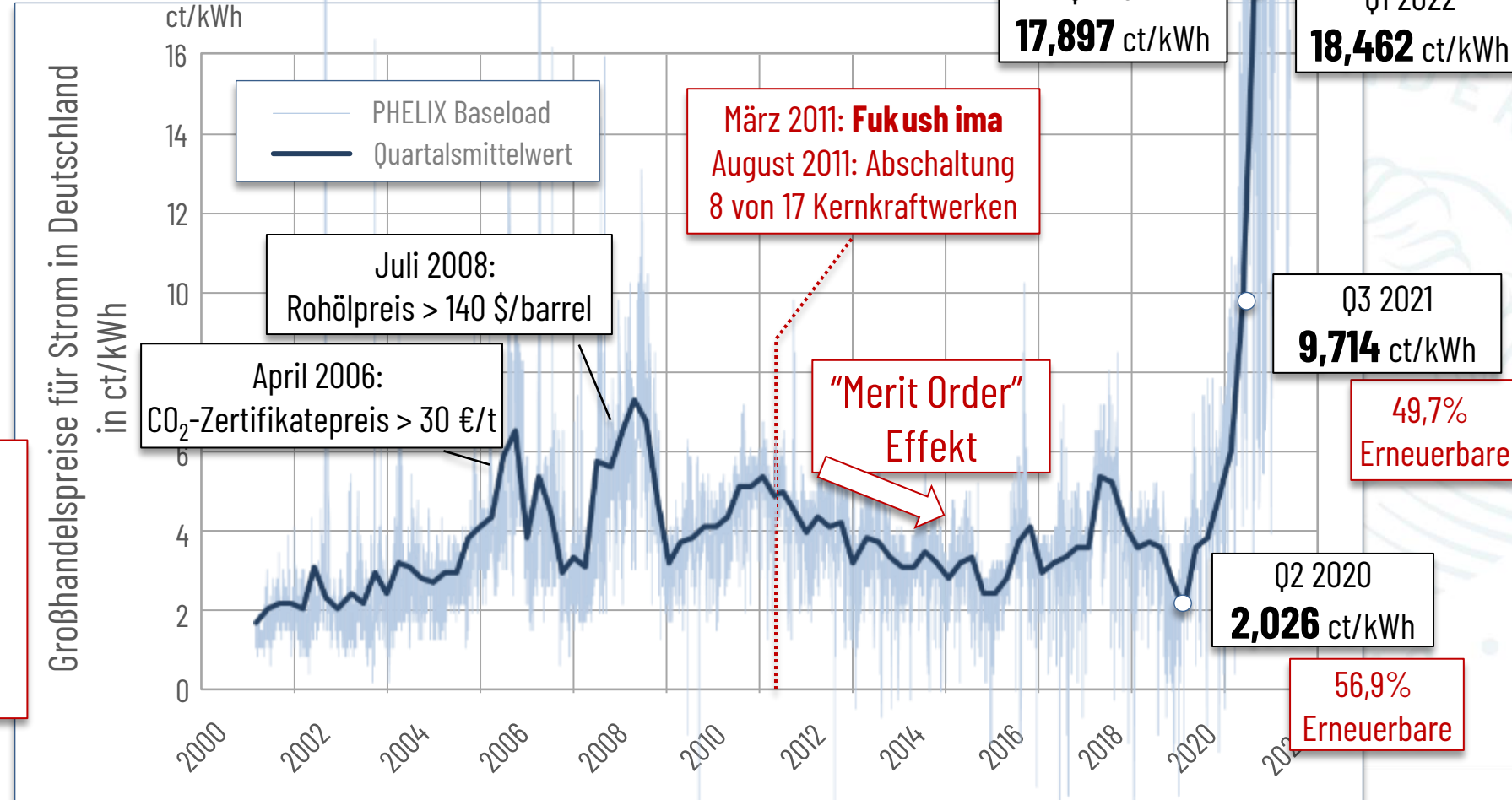


Warum senken Erneuerbare Energien den Börsenstrompreis?

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

- Grund ist der “Merit-Order Effekt:” **je mehr Erneuerbare, desto niedriger** ist der Großhandelspreis für Strom:

Quellen: www.smard.de, www.eex.de, www.montel.com



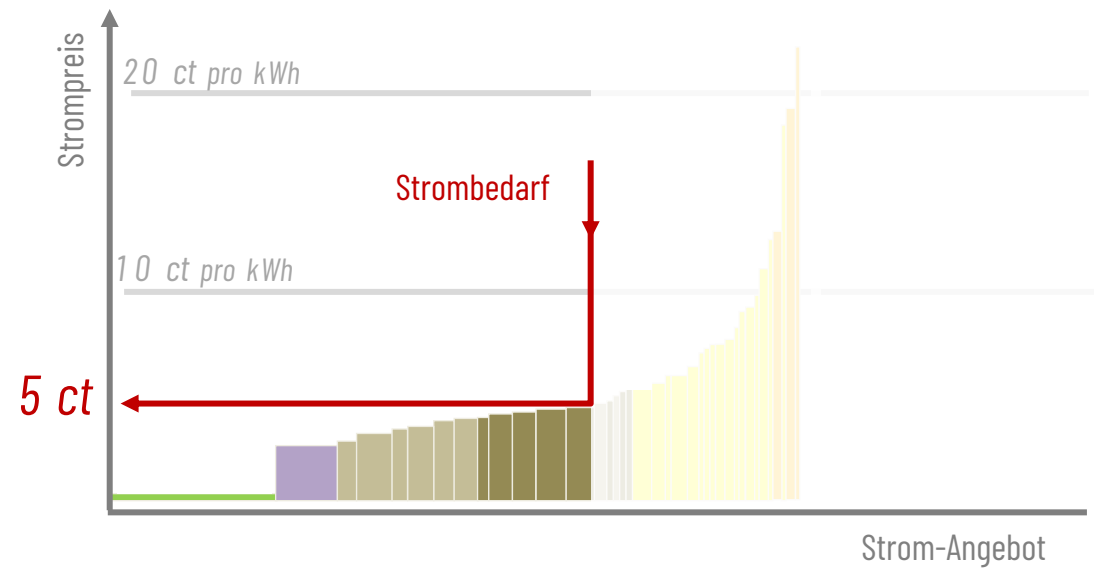
“privilegierte Verbraucher” profitierten in Bayern von den **niedrigsten Strompreisen** Europas!

- An der Börse gilt das Prinzip von Angebot und Nachfrage “Merit-Order-Effekt”

„Merit-Order“-Effekt

- An der Strombörse zählen nur die aktuellen „Grenzkosten“ der Stromerzeugung

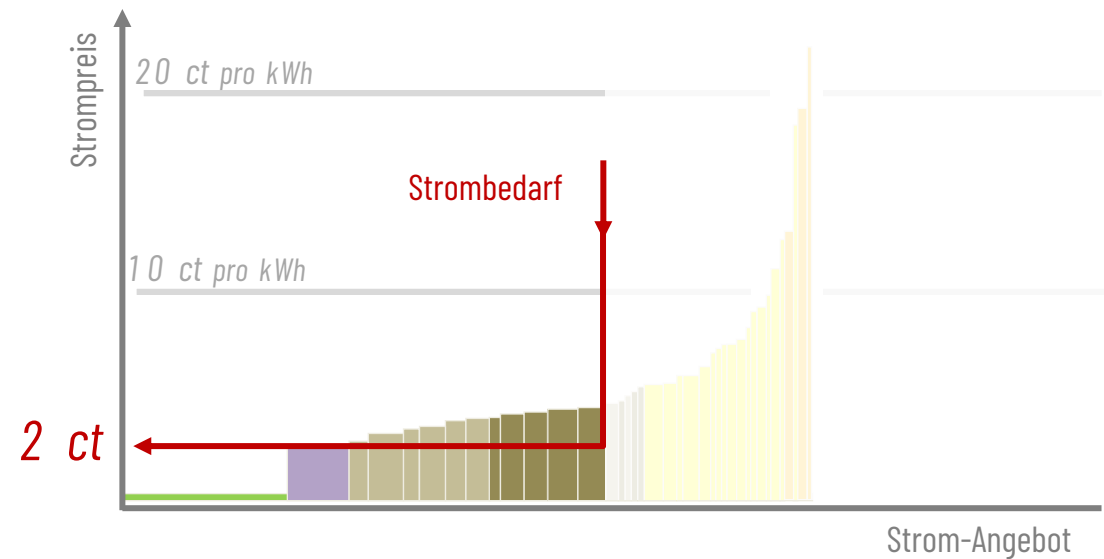
mit Wind und Sonne



„Merit-Order“-Effekt

- An der Strombörse zählen nur die aktuellen “Grenzkosten” der Stromerzeugung
- Bei Stromüberschuss (mit viel Wind und PV) wird der Börsenstrom billig

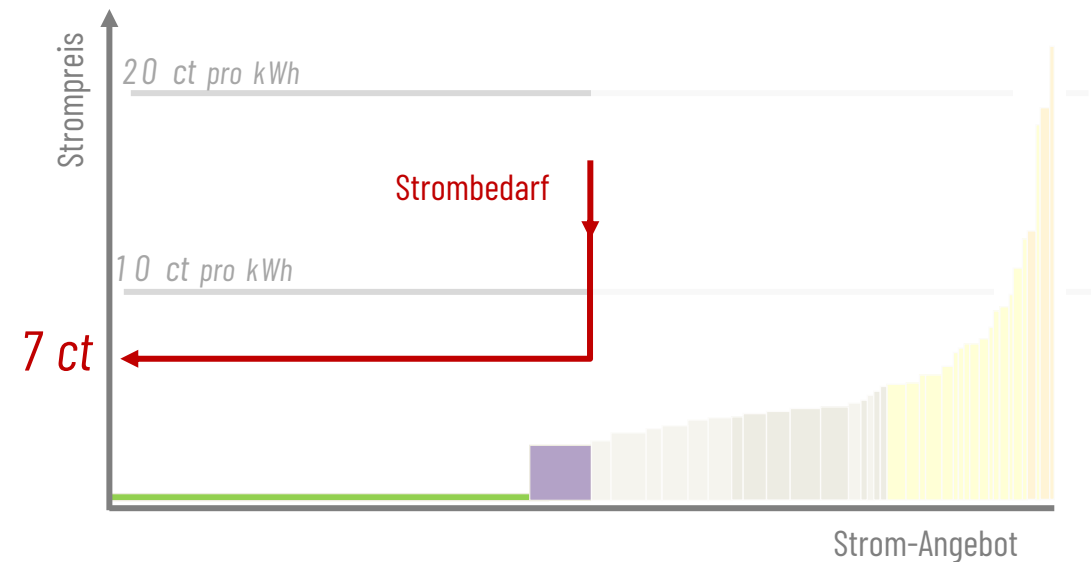
mit **viel** Wind und Sonne



„Merit-Order“-Effekt

- An der Strombörse zählen nur die aktuellen „Grenzkosten“ der Stromerzeugung
- Bei Stromüberschuss (mit viel Wind und PV) wird der Börsenstrom billig
- Bei Strommangel (z.B. bei Dunkelflaute) wird der Börsenstrom teurer

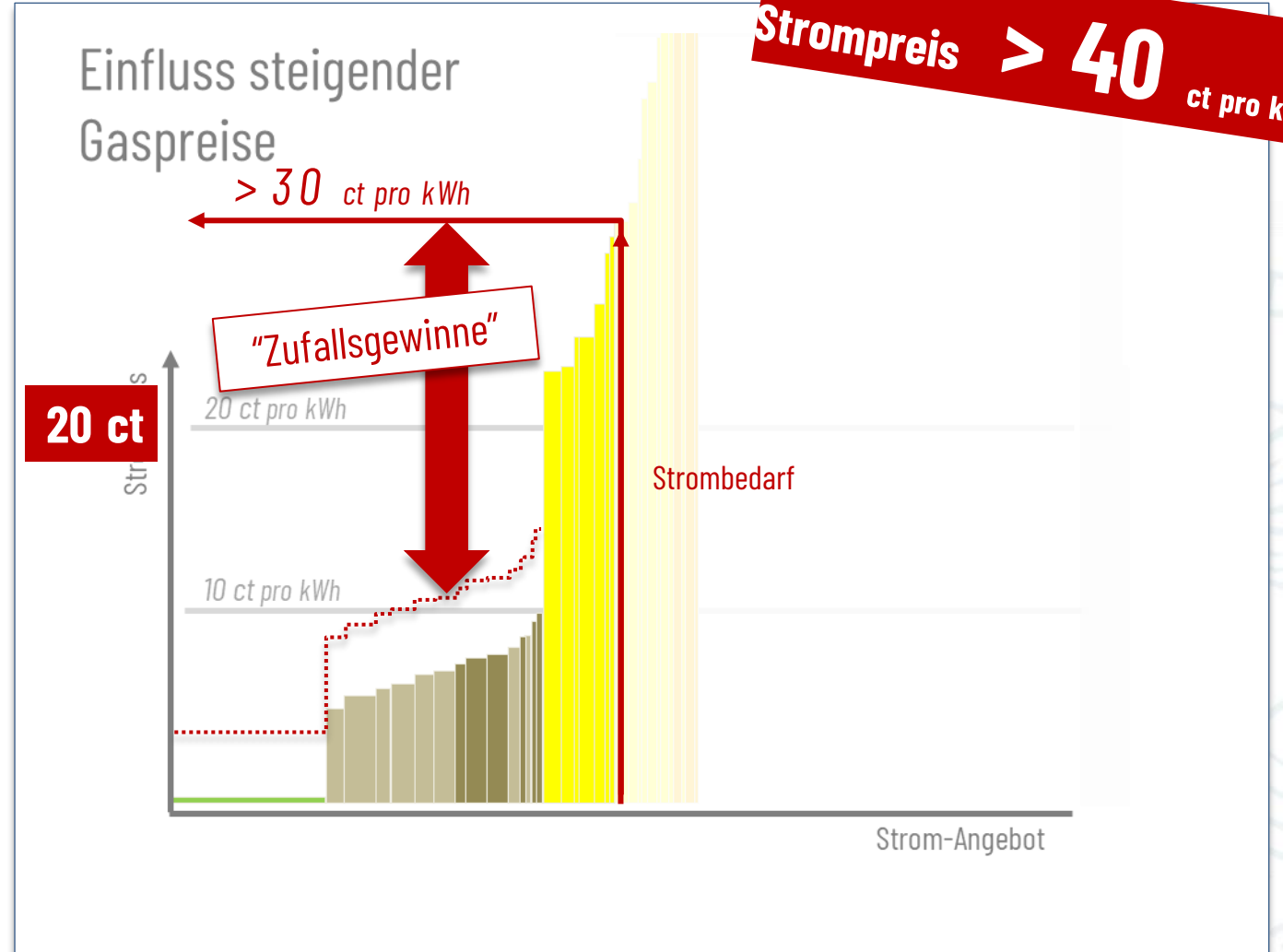
wenig Wind und Sonne



„Merit-Order“-Effekt

- An der Strombörse zählen nur die aktuellen „Grenzkosten“ der Stromerzeugung
- Bei Stromüberschuss (mit viel Wind und PV) wird der Börsenstrom billig
- Bei Strommangel (z.B. bei Dunkelflaute) wird der Börsenstrom teurer

Gas Das letzte notwendige Kraftwerk bestimmt den Börsenpreis



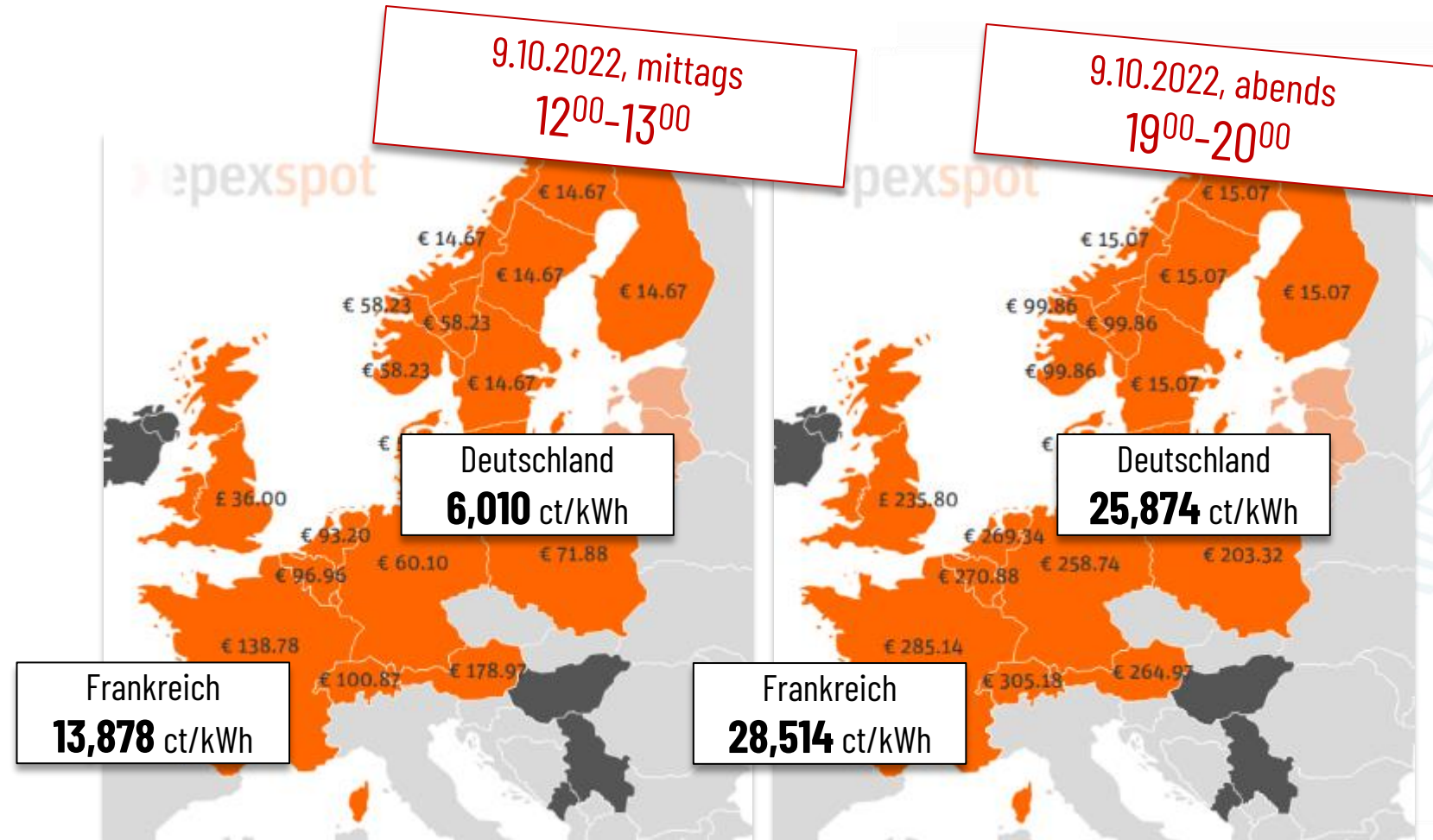
Warum senken Erneuerbare Energien den Börsenstrompreis?

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

- Grund ist der "Merit-Order Effekt:" **je mehr Erneuerbare, desto niedriger** ist der Großhandelspreis für Strom:
- An der Börse gilt das Prinzip von Angebot und Nachfrage "**Merit-Order-Effekt**"

Gründe für den Preisanstieg

- Gaspreis
- Risse in französischen Kernkraftwerken
- **Zu wenig Erneuerbare Energien**



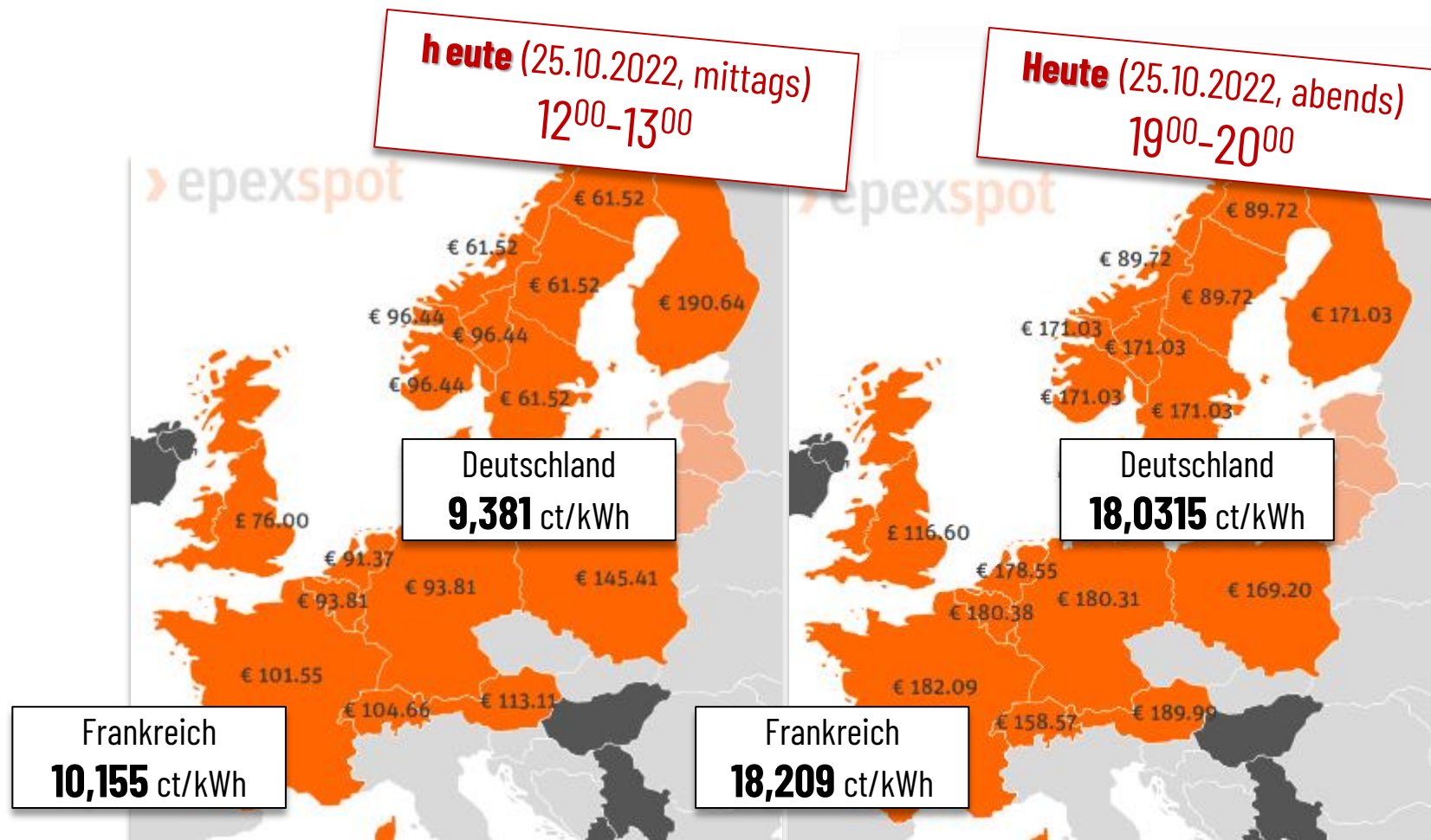
Warum senken Erneuerbare Energien den Börsenstrompreis?

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

- Grund ist der "Merit-Order Effekt:" **je mehr Erneuerbare, desto niedriger** ist der Großhandelspreis für Strom:
- An der Börse gilt das Prinzip von Angebot und Nachfrage "**Merit-Order-Effekt**"

Gründe für den Preisanstieg

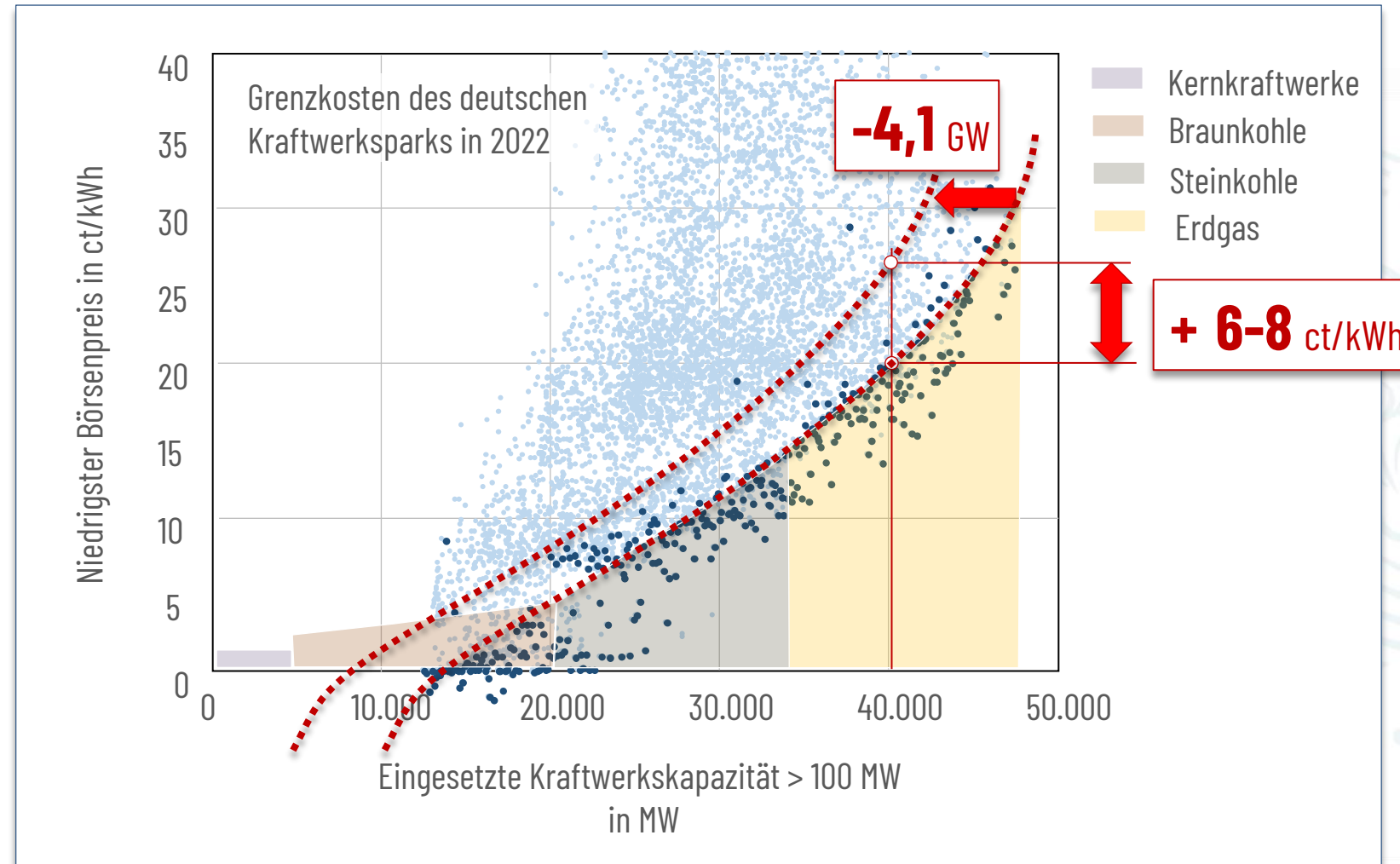
- Gaspreis
- Risse in französischen Kernkraftwerken
- **Zu wenig Erneuerbare Energien**



Wie wirkt sich die Abschaltung der verbliebenen drei Kernkraftwerke aus?

- Die "Merit Order" verschiebt sich um ca. 4 GW
- Gaskraftwerke sind "preissetzend"
- Strompreis wird sich ca 7-8 ct/kW erhöhen

aber:

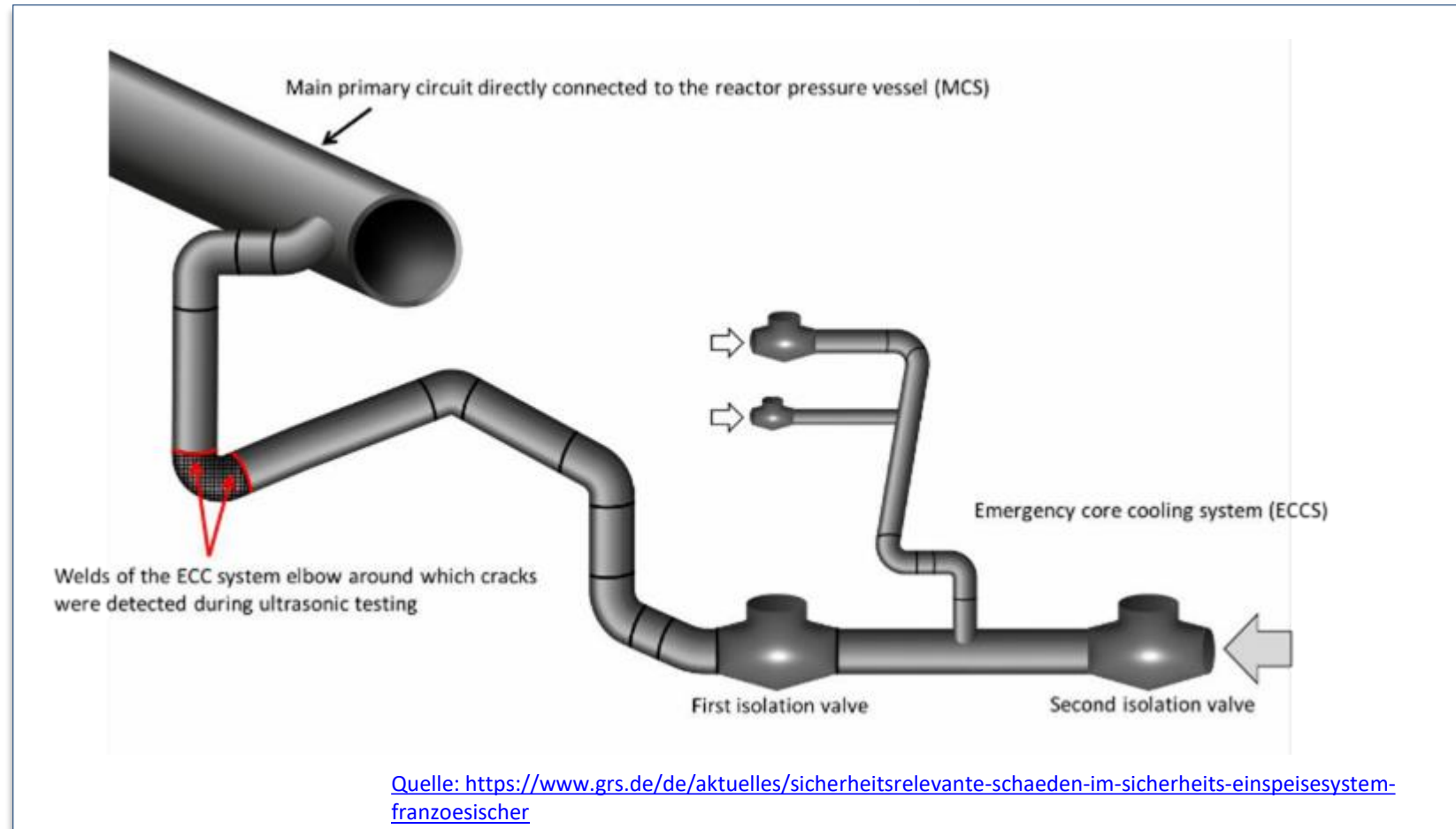


Wie wirkt sich die Abschaltung der verbliebenen drei Kernkraftwerke aus?

- Die "Merit Order" verschiebt sich um ca. 4 GW
- Gaskraftwerke sind "preissetzend"
- Strompreis wird sich ca 7-8 ct/kW erhöhen

aber:

- Auch die deutschen KKW sind an/über der Altersgrenze
- Die Risse der französischen Kraftwerke (bis 5,6 mm) traten bei deutlich jüngeren Kraftwerken auf



Fazit

1.

Gas wird's wohl auch im Winter genug geben, aber die eigentliche Eskalation der Gaspreise steht uns wahrscheinlich noch bevor

2.

Problematisch – d.h. teuer und unsicher – wird vor allem die Stromversorgung in der Dunkelflaute

3.

Durch den Anstieg der Gaspreise und Strommangel in Europa explodieren derzeit auch die Strompreise

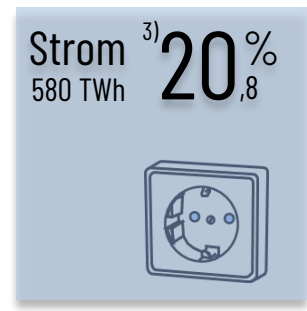
Energiewende im Wärme und Mobilitätssektor

Endenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2019

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4



davon ca. **13 %**
bzw. 185 TWh
aus Strom ⁴⁾



2.793 TWh
davon ca. **25 %**
bzw. 147 TWh für
Wärme- und
Kälteerzeugung ⁴⁾

²⁾ incl. Wärme/Kälte/Mobilität aus Strom

³⁾ Bruttostromverbrauch

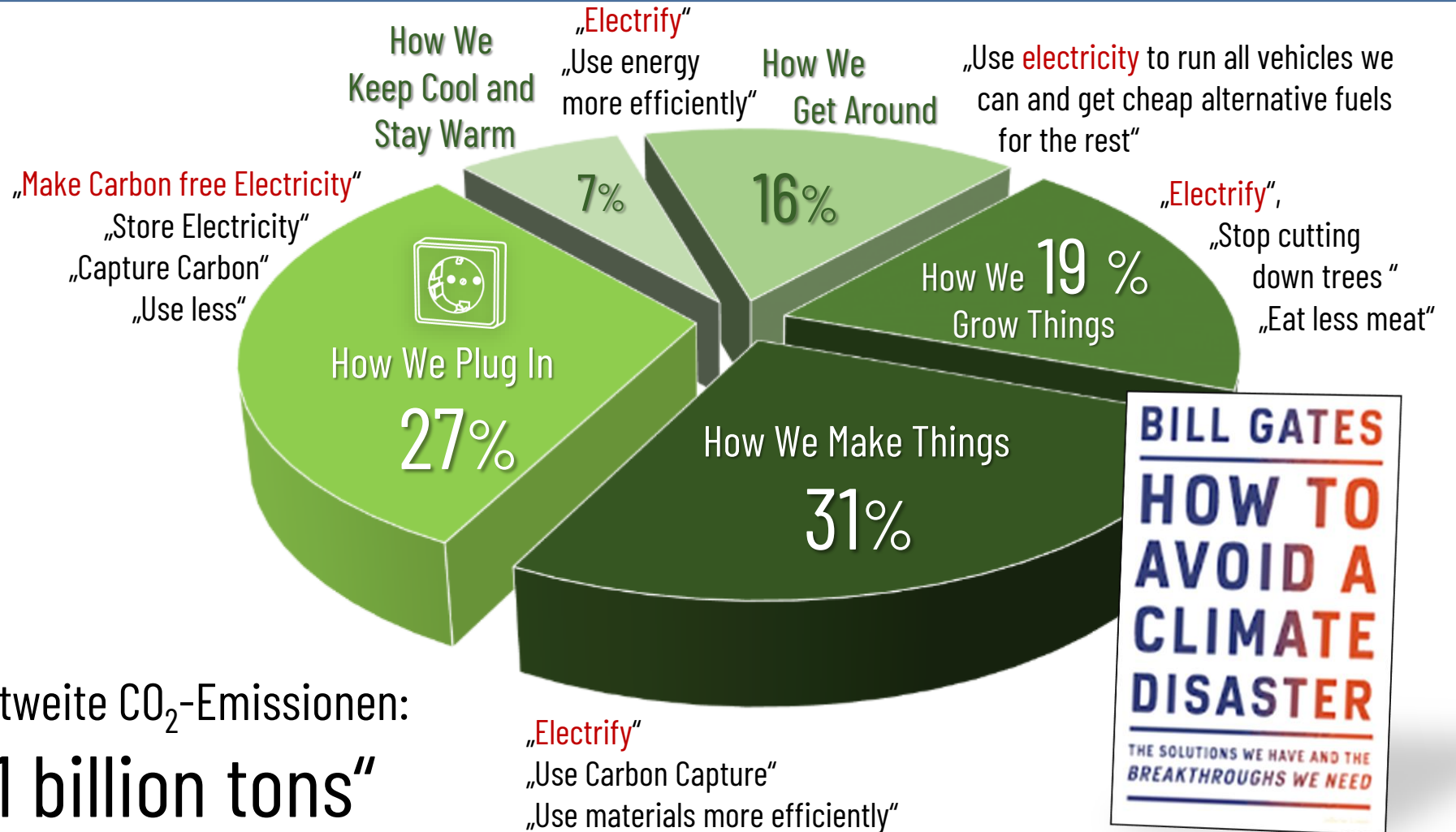
⁴⁾ Annahme: COP = 3 für Wärmepumpen und Kälte

„Sektorenkopplung“

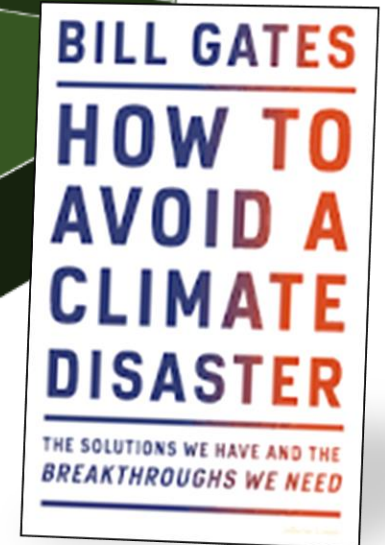


„To avoid a climate disaster,
we have to get to zero“

- Die Energiewirtschaft spielt die Schlüsselrolle für die Decarbonisierung unserer Gesellschaft



Weltweite CO₂-Emissionen:
„51 billion tons“



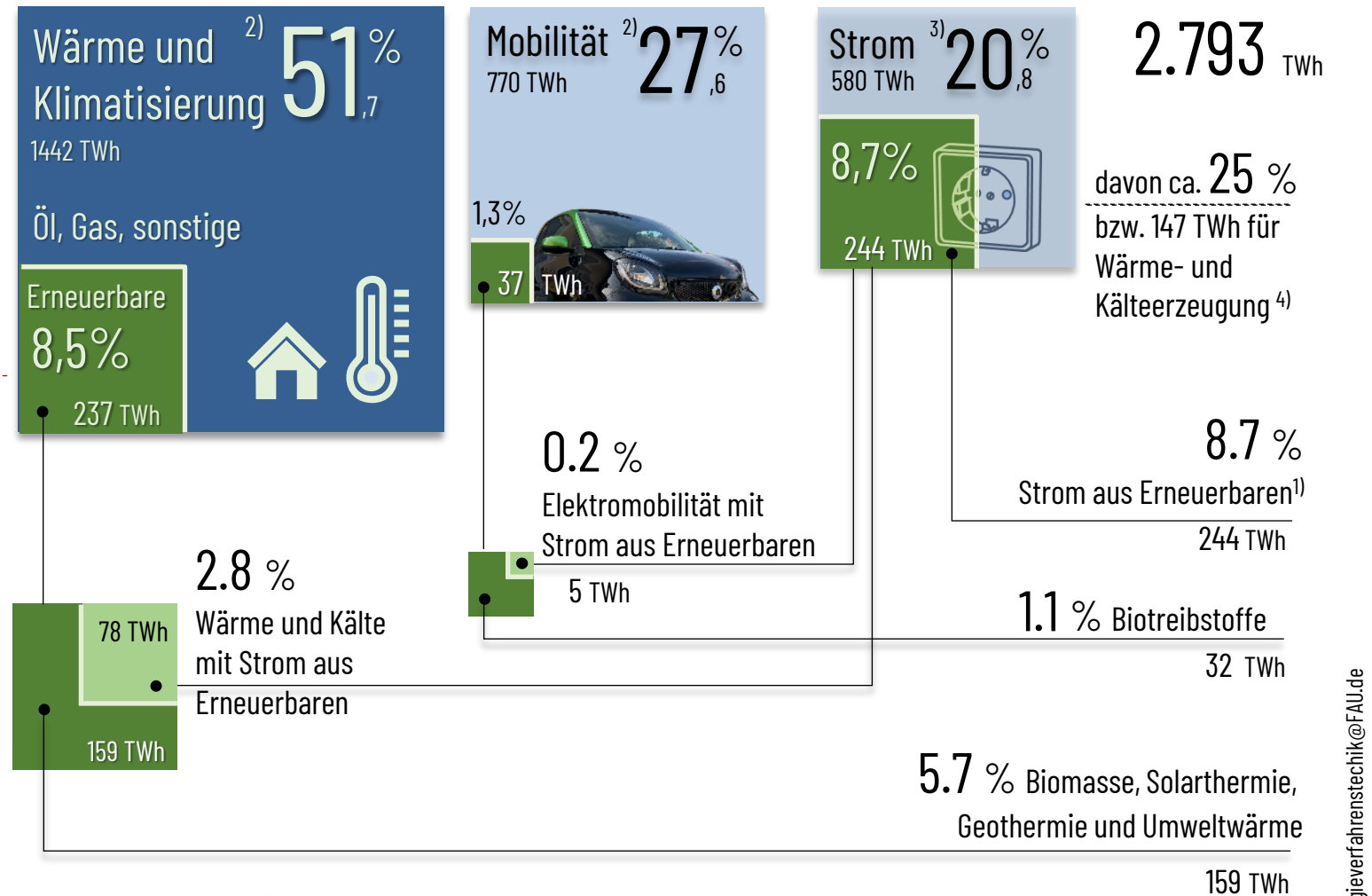
Energiewende im Wärme und Mobilitätssektor

Endenergieverbrauch der
Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2019

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

- die **Sektoren-Kopplung** bringt Erneuerbare Energien auch in die Mobilität und den Wärmesektor

davon ca. **13 %**
bzw. 185 TWh
aus Strom ⁴⁾



¹⁾ entspricht **42.1%** des dt. Bruttostromverbrauchs
²⁾ incl. Wärme/Kälte/Mobilität aus Strom

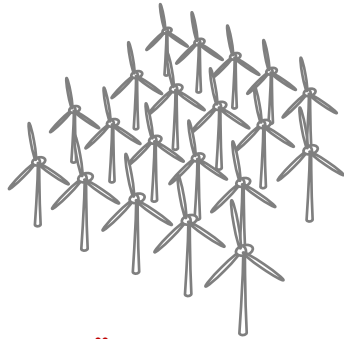
³⁾ Bruttostromverbrauch

⁴⁾ Annahme: COP = 3 für Wärmepumpen und Kälte

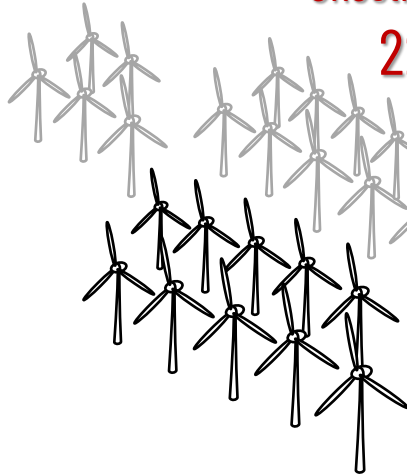
Szenario für Deutschland

mit 100% EE

geplanter
Ausbau
126 TWh



+ "Ökostromlücke"
225 TWh

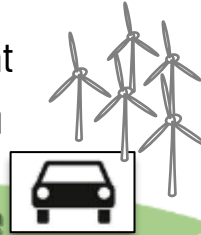


Erneuerbare
Stand heute
250 TWh

Wärme 
mind. 600 TWh
(mit Wärmepumpen)

How We
Keep Cool and
Stay Warm

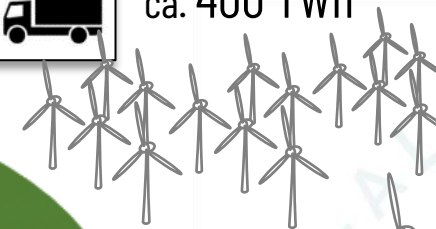
Elektromobilität
ca. 130 TWh



How We
Get Around

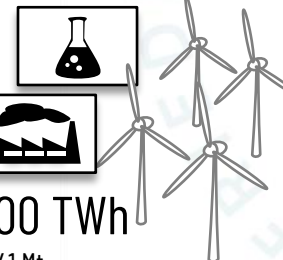


E-fuels
ca. 400 TWh



How We
Grow Things

Ammoniak:
ca. 20 TWh
(2,9 Mt_{NH3} mit 4,6 TWh_{el}/Mt_{NH3})



Stahl ca. 100 TWh
Direktreduktion von 41 Mt_{Stahl}
mit 2,5 MWh pro t

Kalk und Zement: ca. 40 TWh

Kunststoffe: ca. 25 TWh

(Faktor 7-8)

Bedarf morgen
ca. 1900 TWh

Quellen: Navigant (2020), Energiewende
in der Industrie Agora Energiewende und
Wuppertal Institut (2019):
Klimaneutrale Industrie, Berlin
eigene Abschätzungen

Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

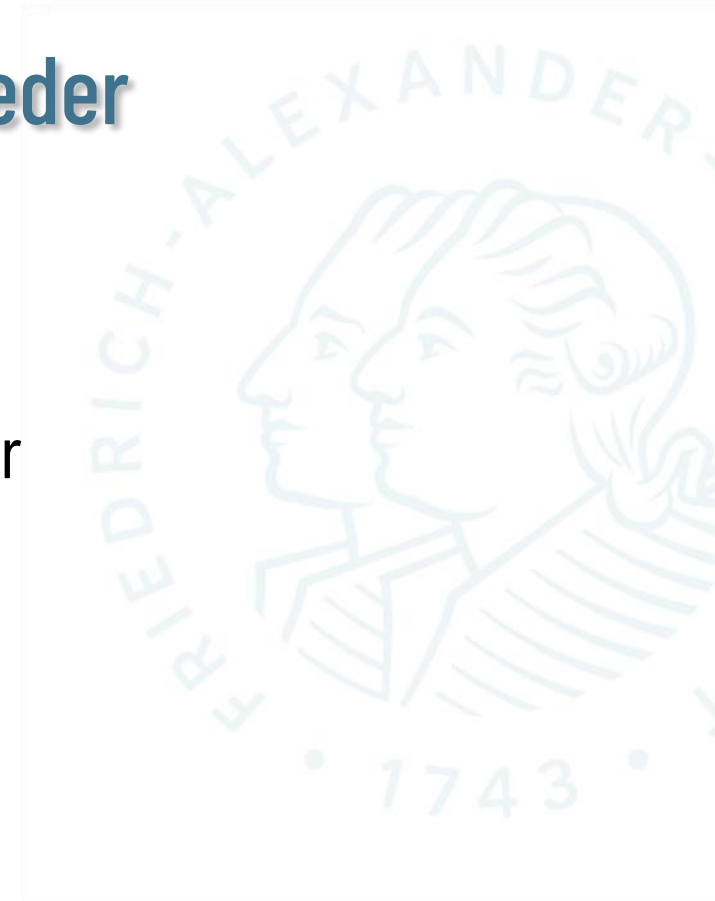
„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

4. Wie können die Energiekosten wieder gesenkt werden?

- Gas- und Strompreis-Bremsen
- GreenLNG - Erneuerbare Gase für den Gassektor
- Energiewende in der Metropolregion



Notwendige Maßnahmen zur Minderung der Energiekosten ...

Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

...am Strom-Markt:

- Schnellstmöglicher
**Ausbau Erneuerbarer
Energien**

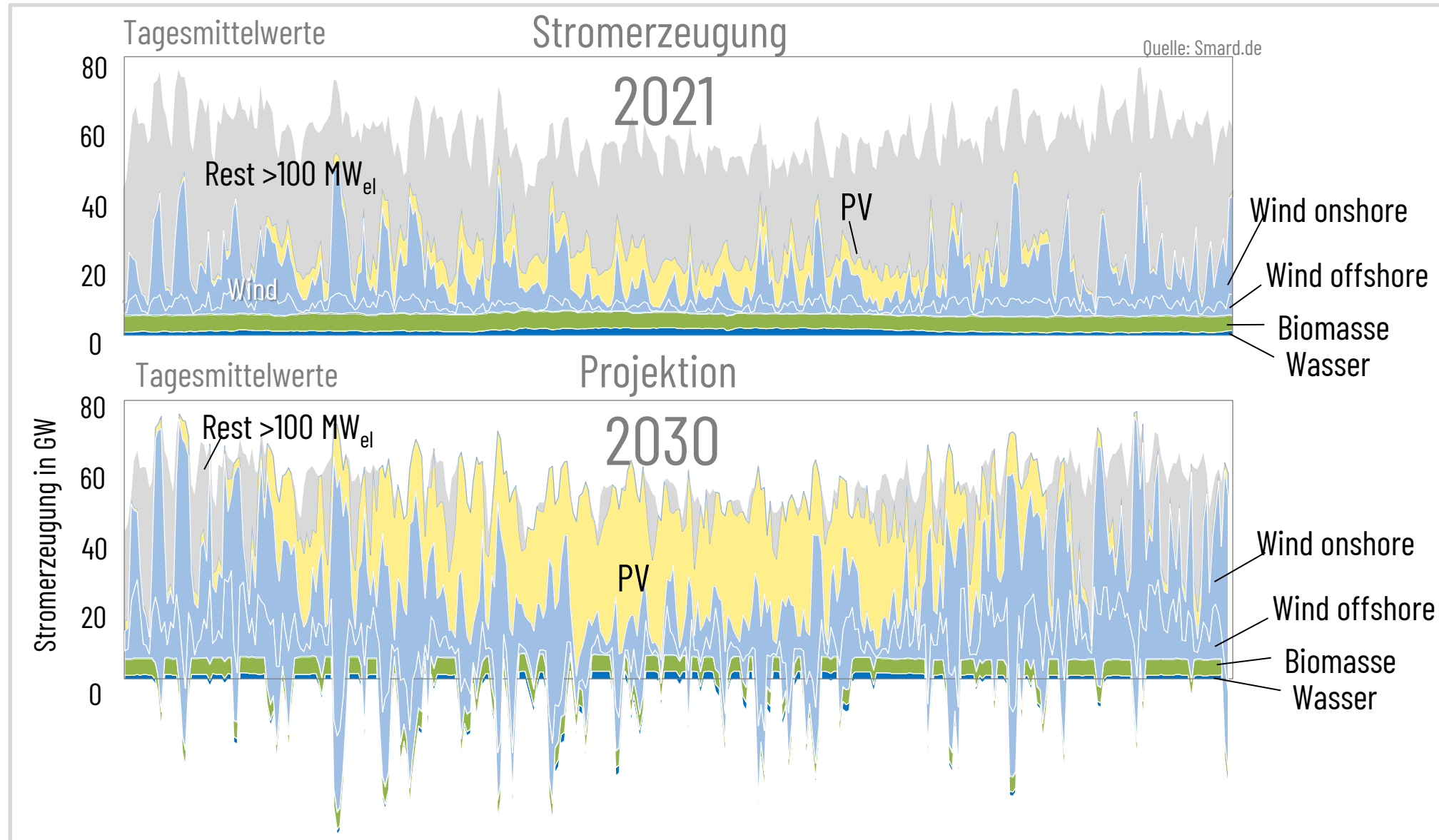


Projektion 2030

- Der Ausbauplan der Bundesregierung (Ziel: 80% EE) wird die Strompreise signifikant reduzieren
- Allerdings wird auch der Strombedarf massiv steigen

Annahmen:

- Ausbauplan Wind und PV nach Osterpaket
- Kohleausstieg nach Kohleverstromungsbeendigungsgesetz
- gleichbleibender Strombedarf



Notwendige Maßnahmen zur Minderung der Energiekosten ...

Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

...am Strom-Markt:

- Schnellstmöglicher
**Ausbau Erneuerbarer
Energien**
- noch schnellerer Zubau
von **Speicherkapazitäten**



Speicherlösungen

PV-Speicher

- 200-300 Zyklen pro Jahr
- Kapazität 100-200 GWh

Dunkelflauten-speicher

- 10-20 Zyklen pro Jahr
- Kapazität 5-10 TWh

Wasserstoff-Speicher

- 1 saisonaler Zyklus pro Jahr oder für den Import

“Erneuerbare Gase”...

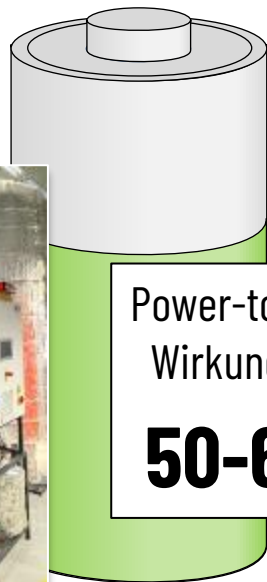
Beispiel
Batteriespeicher
12 kWh

**) zum Vergleich:
Batteriekapazität
der deutschen
e-Autos derzeit
ca. 50 GWh*

Power-to-Power
Wirkungsgrad
> 80%



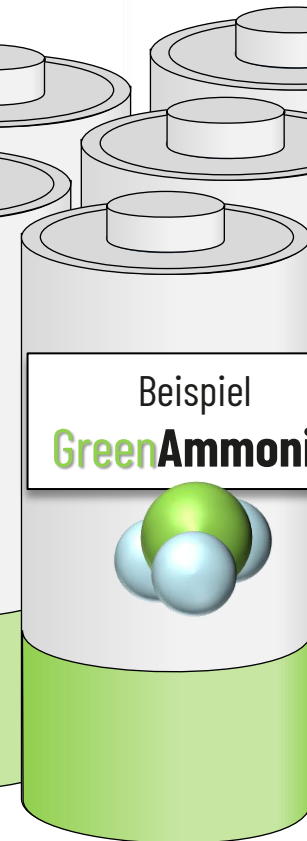
Beispiel
„Carnot-Batterie“



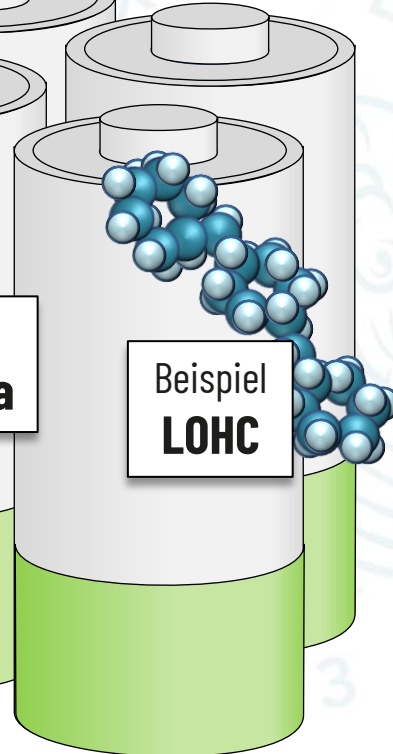
Power-to-Power
Wirkungsgrad
50-60%



Beispiel
GreenLNG
Power-to-Power
Wirkungsgrad
20-30%



Beispiel
GreenAmmonia



Beispiel
LOHC

Notwendige Maßnahmen zur Minderung der Energiekosten ...

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

...am Strom-Markt:

- Schnellstmöglicher **Ausbau Erneuerbarer Energien**
- noch schnellerer Zubau von **Speicherkapazitäten**

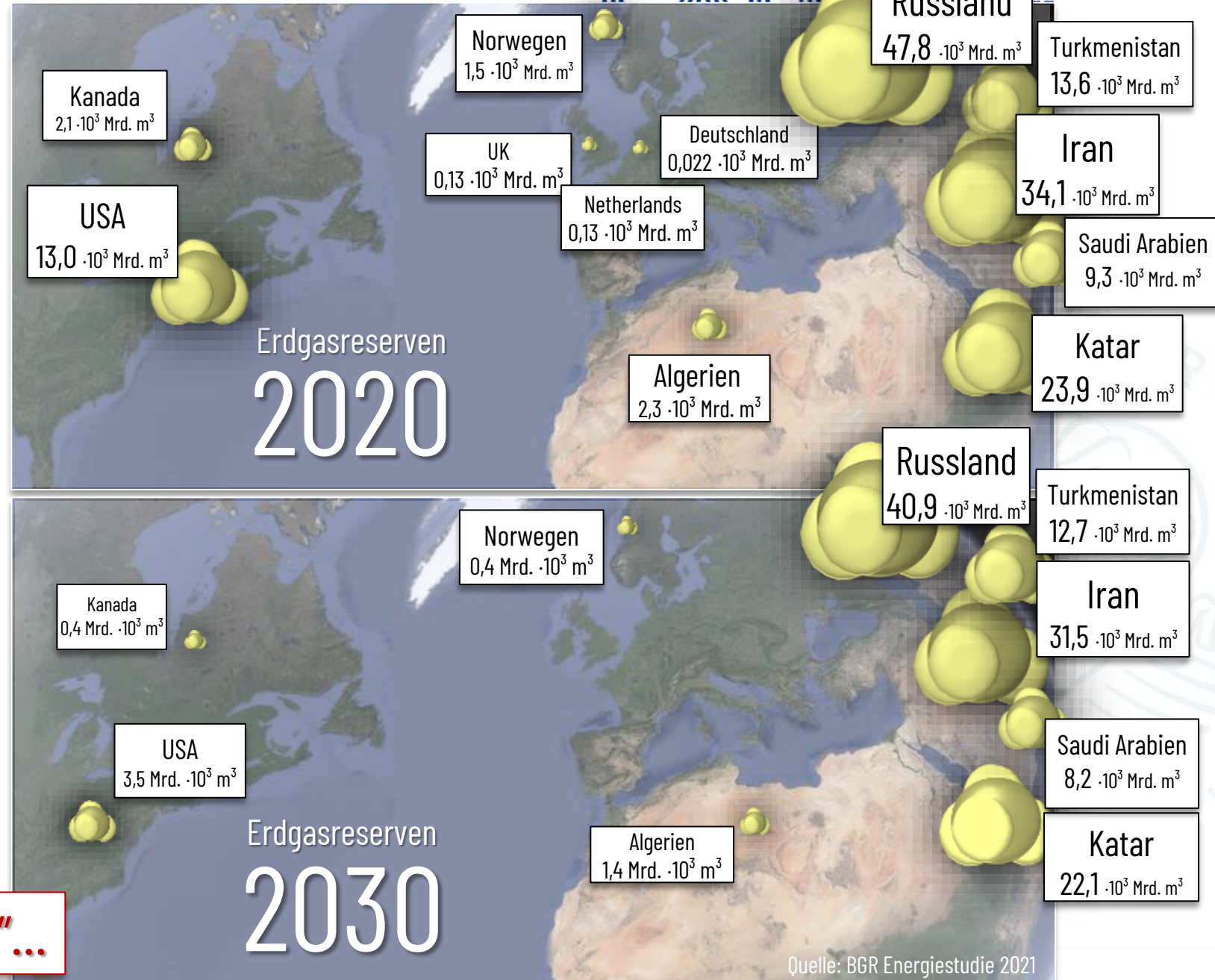
...am Wärme-Markt:

- Elektrifizierung (“**Sektorenkopplung**”)

...am Gas-Markt:

- Umstieg von fossilem Erdgas auf

“Erneuerbare Gase”...



Quelle: BGR Energiestudie 2021

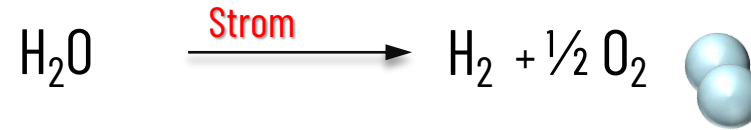
Erneuerbare Gase für die Energiewende: Wasserstoff und Power-to-Gas

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

• Power-to-X und e-Fuels sind immer Kohlen-Wasserstoffe C_xH_yO

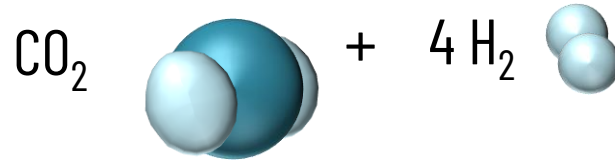
• Alle Prozessketten beginnen mit Wasserstoff aus der Elektrolyse...

1. Schritt: Elektrolyse

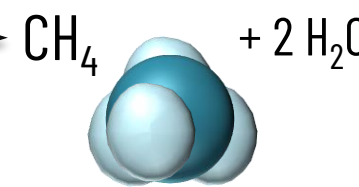


Power-to-Hydrogen

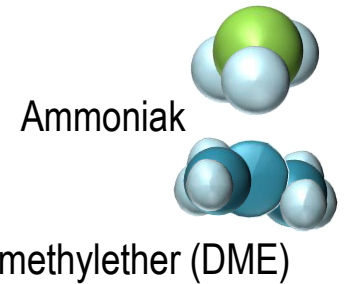
2. Schritt: Synthese



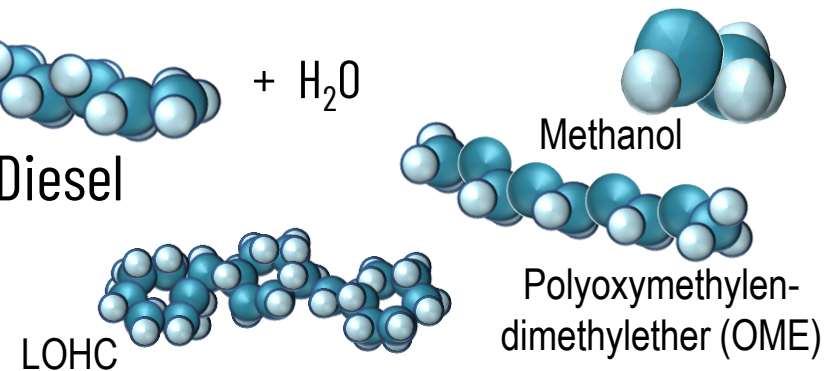
Katalysator



Power-to-Gas



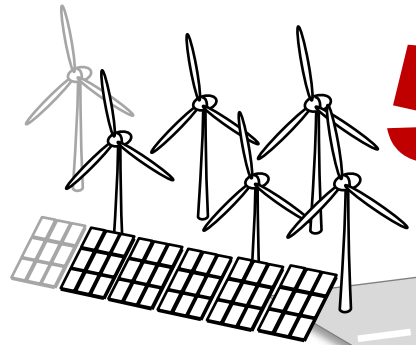
Power-to-Liquids („e-fuels“)



Einschub: Warum **Grüner Wasserstoff** nicht für's Autofahren gut ist

- Power-to-Power-Wirkungsgrad hängt extrem von den eingesetzten Prozessketten und vom Transport ab
- PKWs mit **Wasserstoff oder e-fuels brauchen 3-6 mal so viel Strom wie Batteriefahrzeuge...**

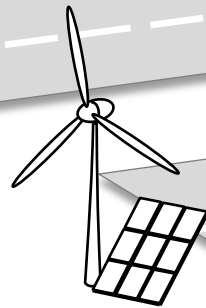
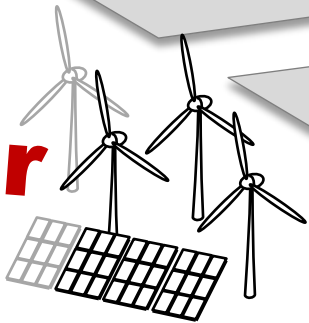
**Faktor
5-6**



E-fuels
 $\eta_{P2P} \approx 15\%$

Wasserstoff
 $\eta_{P2P} \approx 25\%$

**Faktor
3-4**



Elektromobilität
 $\eta_{P2P} > 80\%$

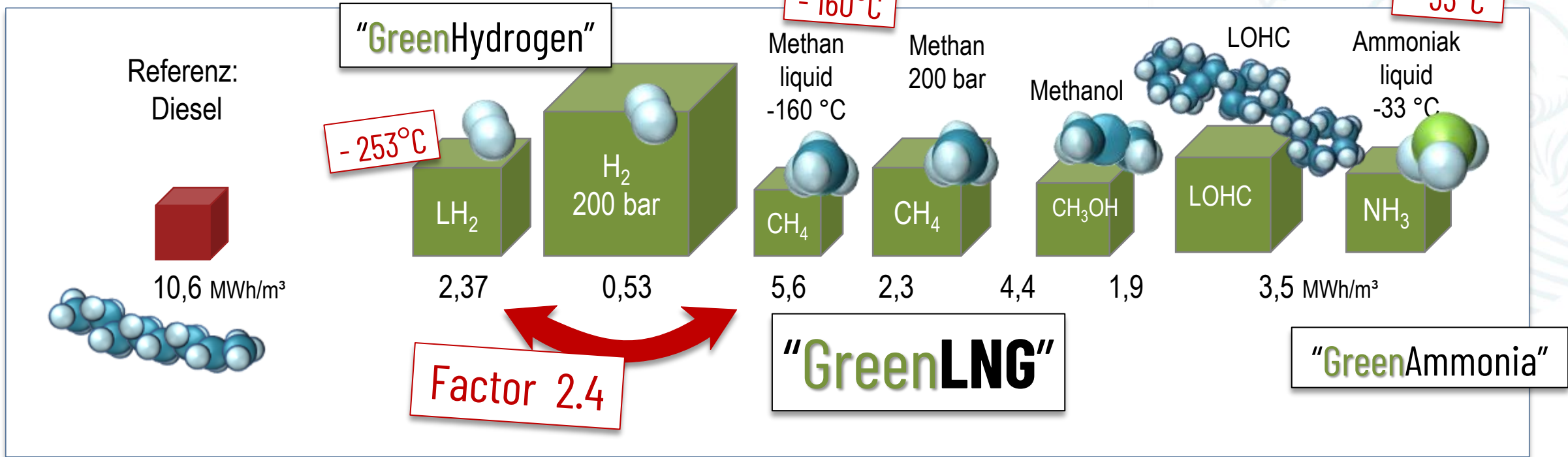
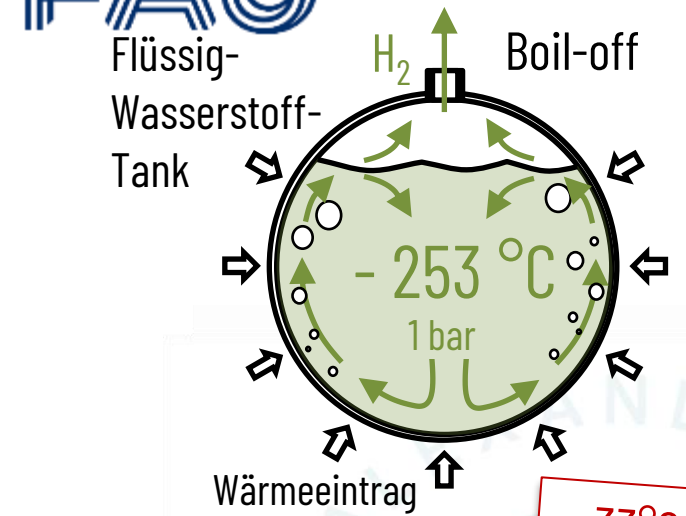


Wir brauchen grünen Wasserstoff viel dringender in Industrie und als Stromspeicher!

Der ideale „Wasserstoffträger“: GreenLNG

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

- Die Verflüssigung von Wasserstoff verursacht besonders hohe Verluste und bietet nur eine **geringe Energiedichte**



Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

5. Der Faktor vier

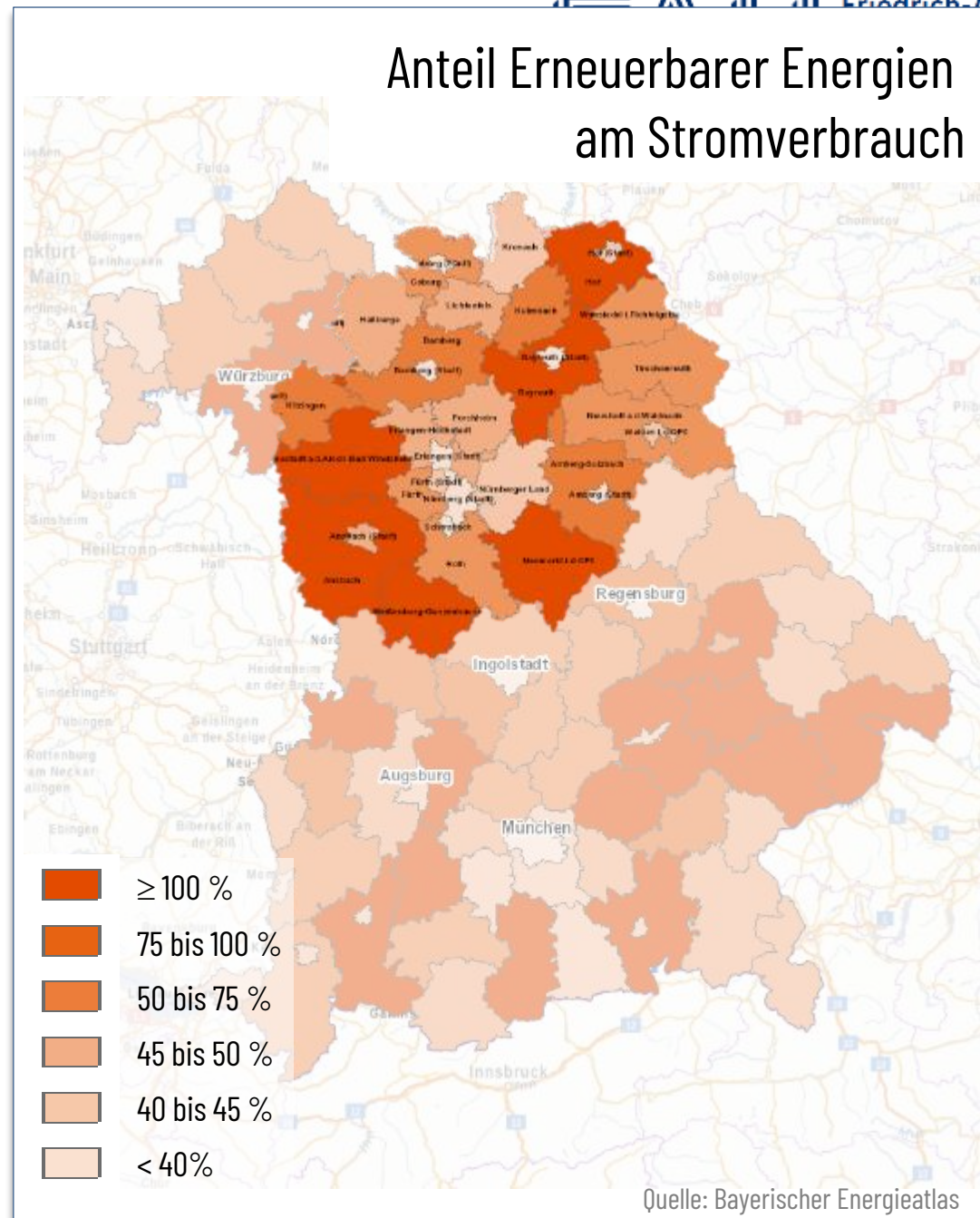
- Energiewende in der Metropolregion...
- ... und weltweit



Energiewende in der Metropolregion Nürnberg

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

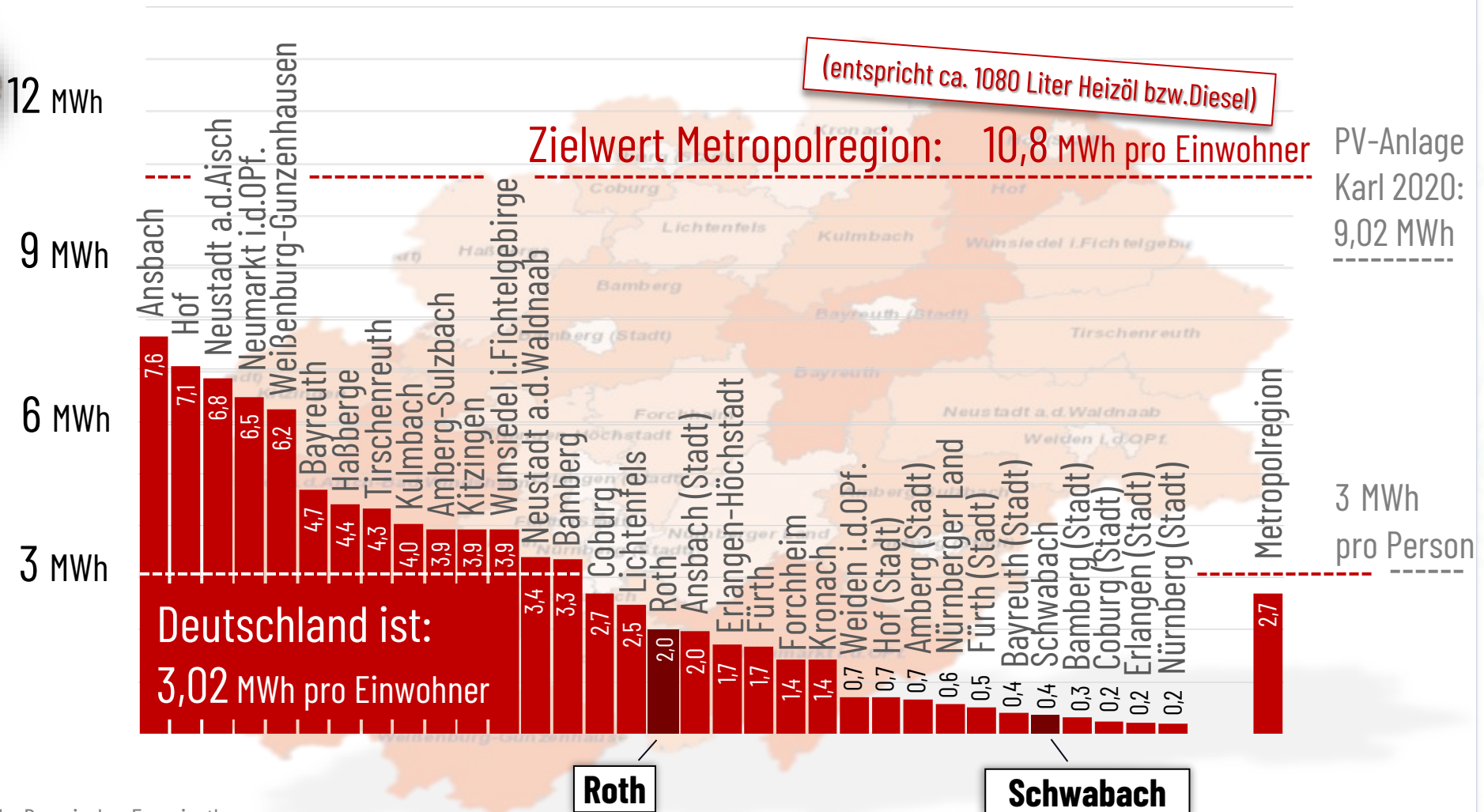
- In einigen Landkreisen wird bereits mehr EE-Strom erzeugt, als Strom verbraucht wird



Vorschlag für die erste Etappe:
Faktor 4 bis 2030
für die Metropolregion



Erzeugung Erneuerbarer Energien
in **MW h pro Einwohner**



- Zielwert: 10,8 MWh pro Person und Jahr
- Im Jahr 2019 produzierten Roth und Schwabach ca. 1,4 MWh pro Person
- bedeutet in Roth-Schwabach den Faktor **7,7...**

Quelle: Bayerischer Energieatlas

Energiewende in der Metropolregion Nürnberg

Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

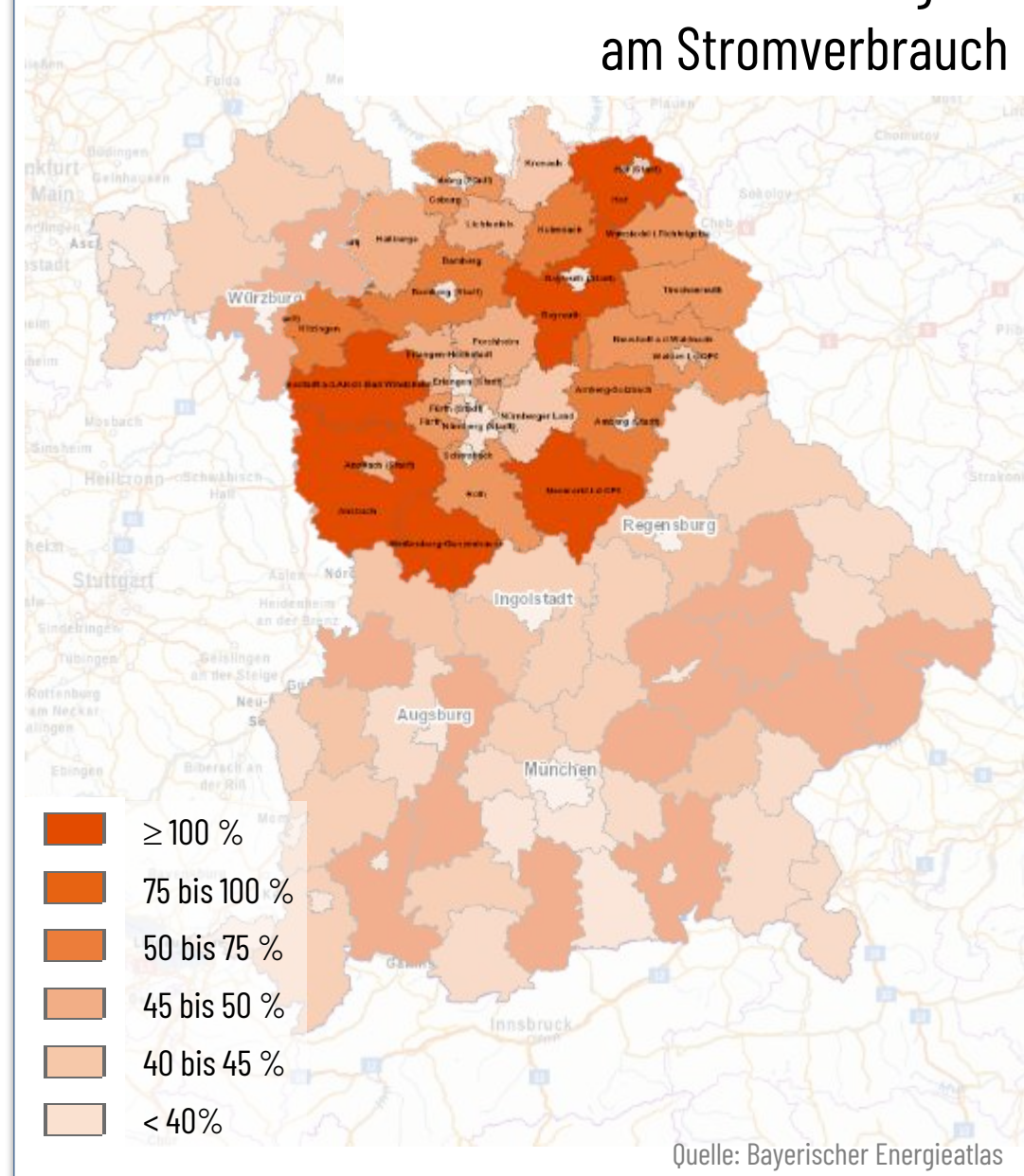
„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

- In einigen Landkreisen wird bereits mehr EE-Strom erzeugt, als verbraucht wird
- Insgesamt liegt die Erzeugung pro Einwohner aber unter dem Durchschnitt Deutschlands
- Besonders niedrig ist die Erzeugung in den Städten...
- **und der Nachholbedarf in Roth-Schwabach ist schon noch recht hoch ...**

Anteil Erneuerbarer Energien am Stromverbrauch



Zielwerte für Roth und Schwabach

Geht das überhaupt?

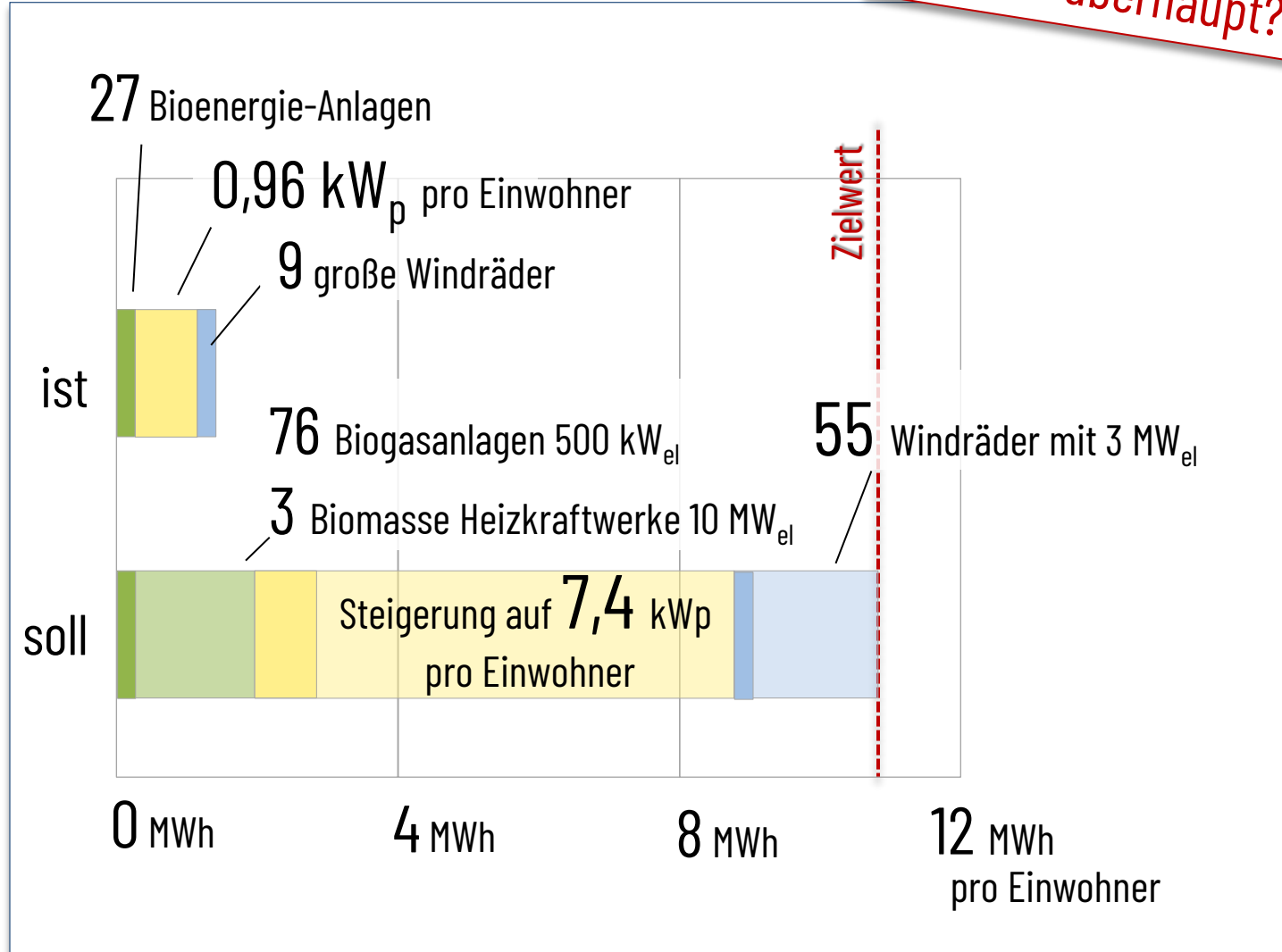
- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind geg
- Der Fa



Zielwert:
10,8 MWh/a
pro Einwohner

Ist-Wert Roth-Schwabach:

- In 2019 produzierten Roth und Schwabach ca. 1,4 MWh/a pro Einwohner
- d.h. **uns fehlen noch 9,4 MWh/a pro Einwohner...**



Potential Wind-Flächen in Roth-Schwabach

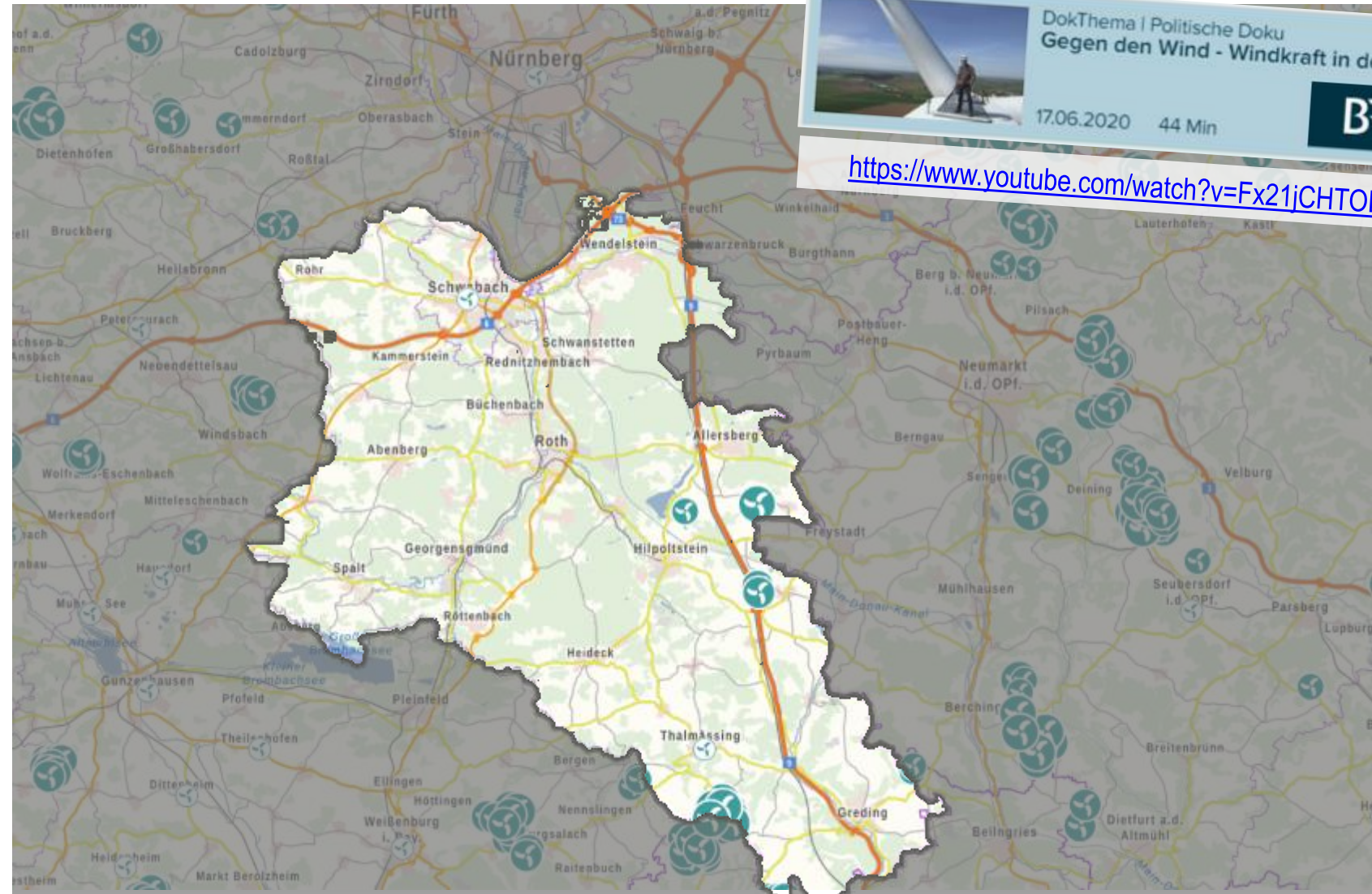
- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

- In den Landkreisen Roth und Schwabach stehen bislang nur 9 große Windenergieanlagen (und 2 Kleinwindanlagen)

- Grund:

10h Regel

... und noch ganz, ganz viele weitere verwaltungsrechtliche Verhinderungsmaßnahmen!



Potential Wind-Flächen in Roth-Schwabach

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“

Die Privilegierung von WEA im Außenbereich hängt davon ab, dass sie einen Mindestabstand vom Zehnfachen ihrer Höhe zu geschützten Wohngebäuden einhalten (10 H-Regelung, siehe Art. 82 Abs. 1 BayBO)



Potential Wind-Flächen in Roth-Schwabach

Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

- Trotz 10h könnten in Schwabach und Roth noch wenige Windenergieanlagen gebaut werden (wenn nicht gerade ein Rotmilan auf der Durchreise gesichtet wird...)
- Der notwendige Ausbau ist aber momentan in Bayern effektiv nicht möglich



Potential Wind-Flächen in Roth-Schwabach

Winter ohne Gas

Winter ohne Strom

„Merit Order“

Wind gegen Putin

Der Faktor 4

- Trotz 10h könnten in Schwabach und Roth noch wenige Windenergieanlagen gebaut werden (wenn nicht gerade ein Rotmilan auf der Durchreise gesichtet wird...)
- Der notwendige Ausbau ist aber momentan in Bayern effektiv nicht möglich



Potential PV-Flächen in Roth-Schwabach

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

- Sattelitenbilder*) weisen noch viele ungenutzte Dachflächen aus
- *) Google Maps
- Zusätzlich stehen Freiflächen, Flächen an Lärmschutzwänden, Agro-PV, auf Deponien etc. ungenutzt...

Schwabach



Schwabach



Georgensgmünd



Roth



Roth



Spalt

Potential PV-Flächen in Roth-Schwabach

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor 4

- Sattelitenbilder*)
weisen noch viele
ungenutzte
Dachflächen aus

*) Google Maps

- Zusätzlich stehen
Freiflächen, Flächen
an Lärmschutzwänden,
Agro-PV, auf Deponien
etc. ungenutzt...



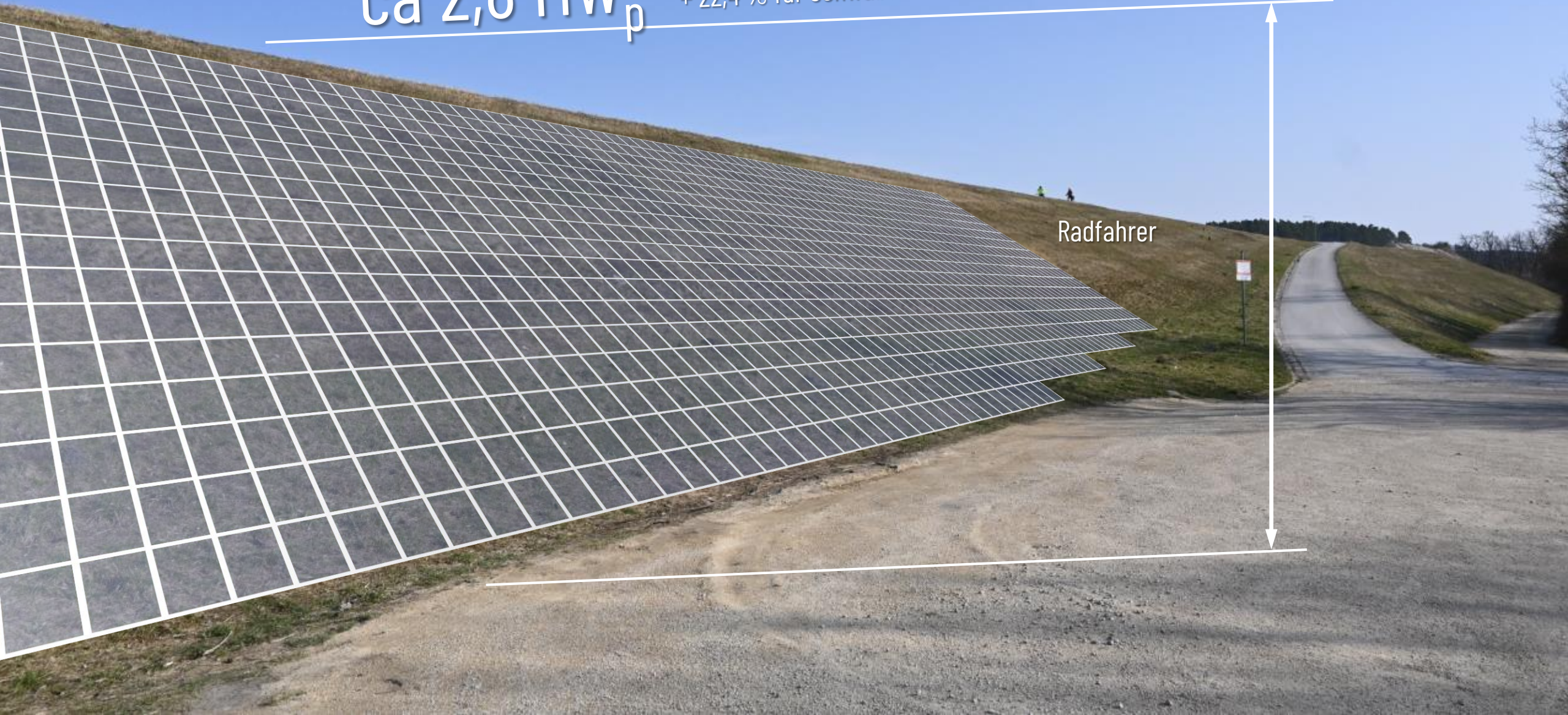
Main-Donau-Kanal
bei Neuses

Installierbare Leistung

ca 2,8 MW_p + 22,4 % für Schwabach ...

Höhe bis ca. 22 m
Länge ca. 750 m
Neigung ca. 30°

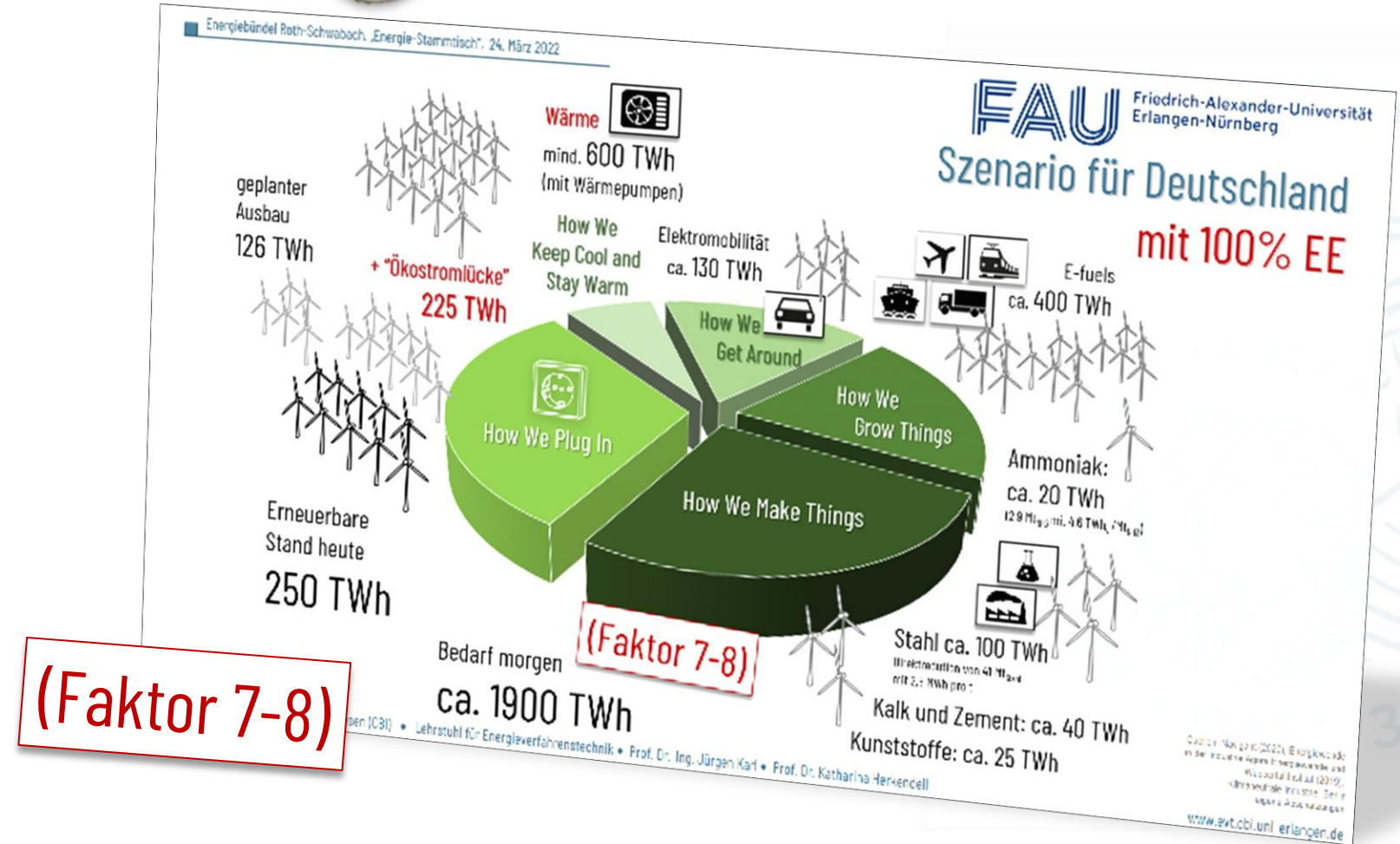
Radfahrer



Lösung für den Faktor 7:



- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- ~~Der Faktor 7~~

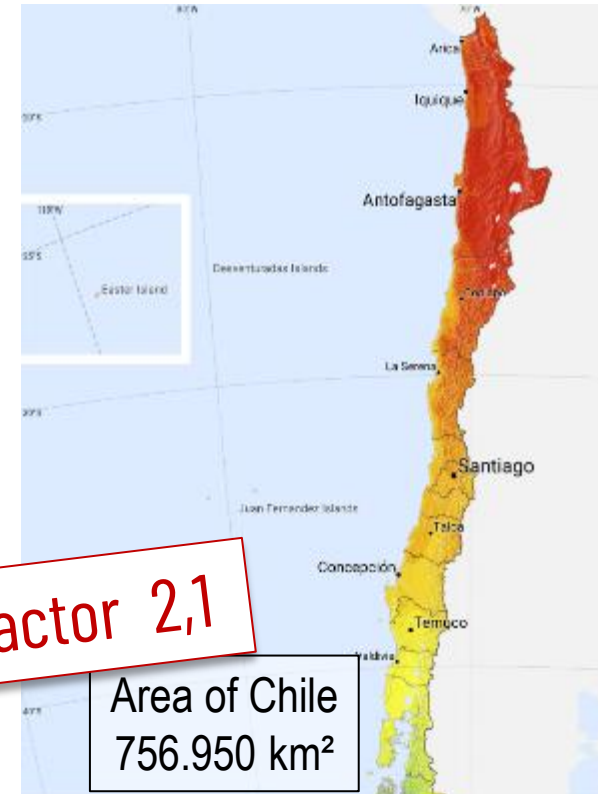
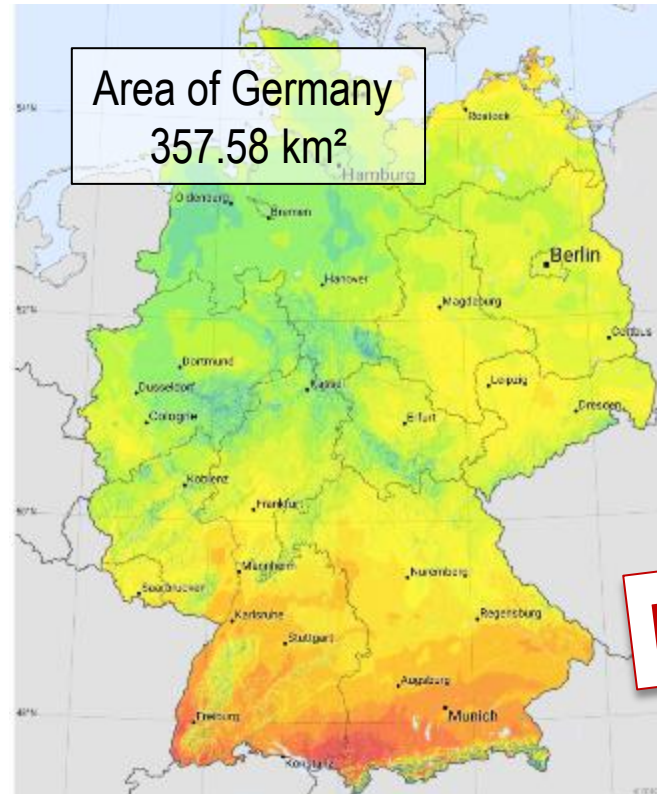


(Faktor 7-8)

Photovoltaics potential in Germany and Chile

Germany

- Total power consumption (as of 2021)
584.5 TWh
- Solar production:
49,9 TWh



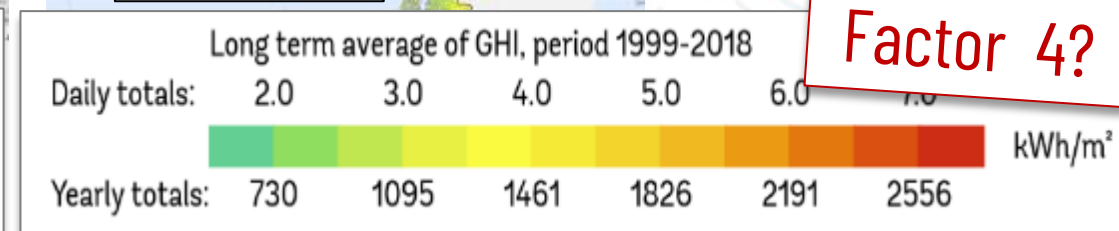
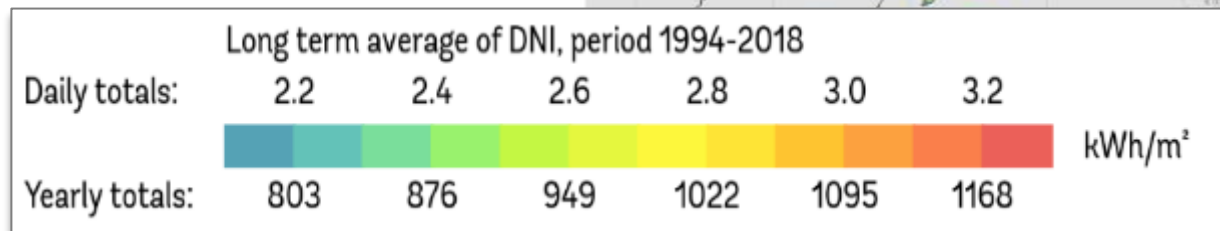
Factor 2,1

Chile

- Total power generation (as of 2021)
87.8 TWh
- PV-Power Potential:
420 TWh^{*)}

^{*)} based on today's German standards

Factor 4?



Wind potential in Germany and Chile

Germany

- Total power consumption (as of 2021)

584.5 TWh

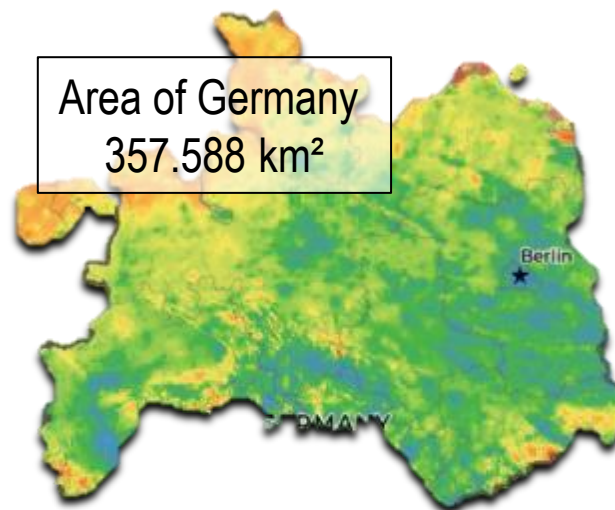
- Wind production:

111,7 TWh

- Wind potential for 10% windiest areas

595 W/m²

- Germany plans expansion by a **factor of 3 by 2030**



Area of Germany
357.588 km²

Factor 2,1

Area of Chile
756.950 km²

Factor 5,6

Chile

- Total power generation (as of 2021)

87.8 TWh

- Wind potential for 10% windiest areas

3358 W/m²

- Wind-Power Potential:

1314 TWh^{*)}

^{*)} based on today's German standards

Total Wind and PV-Potential for Chile:

More than **5200 TWh^{*)}**

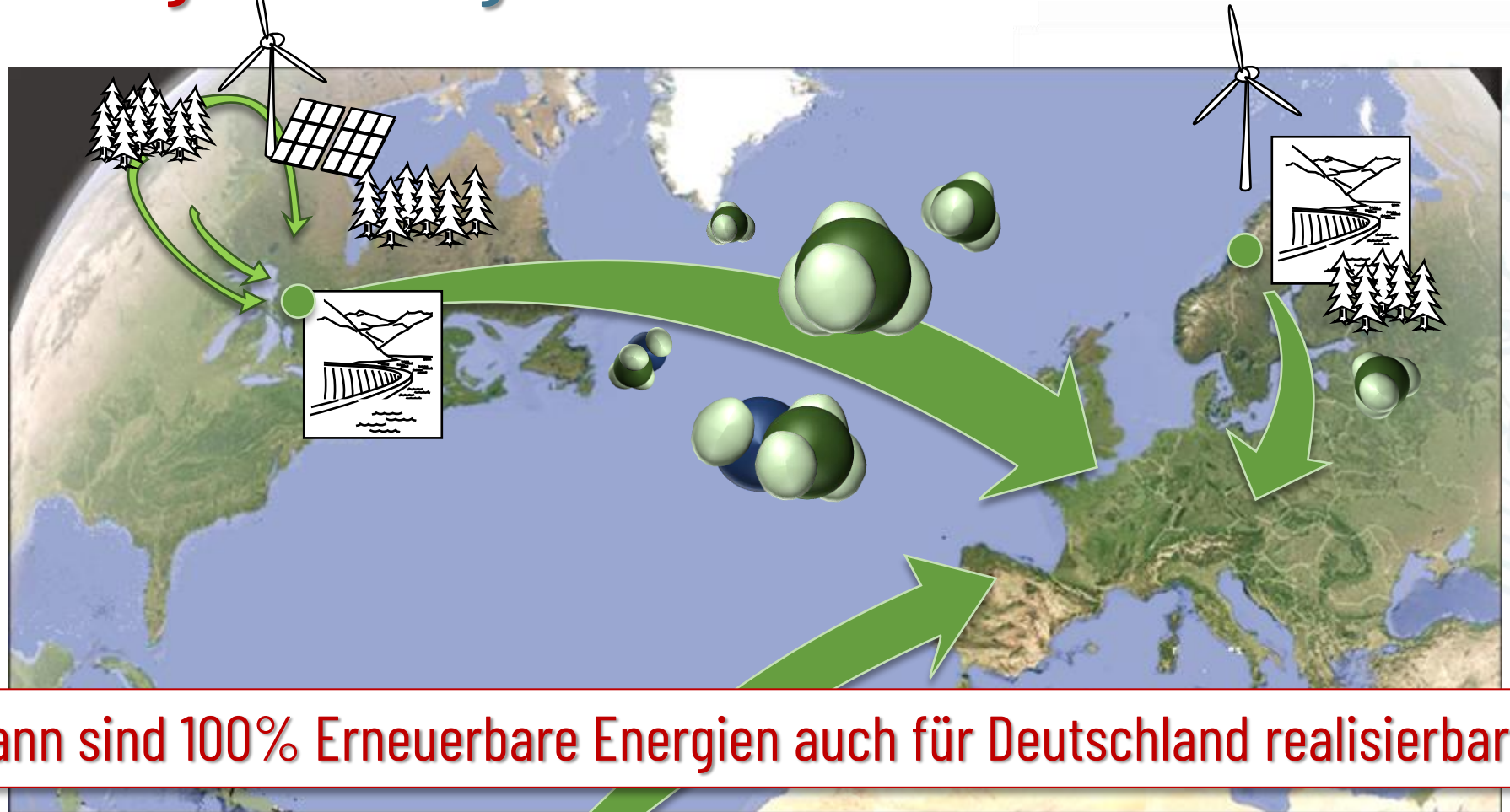
^{*)} 67 % of Chinas power consumption 2020



Lösung für den Faktor 7: Globalisierung der Energiewende

- Winter ohne Gas
- Winter ohne Strom
- „Merit Order“
- Wind gegen Putin
- Der Faktor ~~7~~

- Erneuerbare Energien müssen dort "geerntet" werden, wo Strom günstig ist und über viele Stunden zur Verfügung steht



... dann sind 100% Erneuerbare Energien auch für Deutschland realisierbar!

Fazit

1.

Gas wird's wohl auch im Winter genug geben, aber die eigentliche Eskalation der Gaspreise steht uns wahrscheinlich noch bevor

2.

Problematisch - d.h. teuer und unsicher - wird vor allem die Stromversorgung in der Dunkelflaute

3.

Durch den Anstieg der Gaspreise und Strommangel in Europa explodieren derzeit auch die Strompreise

und

4.

Wir brauchen auch in der Metropolregion viel mehr Erneuerbarer Energien **und vor allem Speicher...**