

# 100% Erneuerbare Energien

geht das?

“100% Erneuerbare sind der  
Kern des Klimaschutzes”



Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit

# 1. Der Kraftwerkspark in Deutschland (und Europa)

- Stromerzeugung gestern und heute
- Das Gespenst der Dunkelflaute

# 2. Warum Strom jetzt teuer wird

- FAU Strompreisstudie
- Der Merit-Order-Effekt
- Der Ausbauplan der (bisherigen) Bundesregierung

# 3. Bleibt die Versorgung wenigstens sicher?

- Die Prognose 2030
- Was heißt 100% Erneuerbare Energien?
- Können wir auf Nachbarschaftshilfe hoffen?

# 4. Speichertechnologien für die Dunkelflaute

- Speicheraufgaben
- Wasserstoff und Power-to-X für die Dunkelflaute



Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit

# 1. Unsere Stromerzeugung in Deutschland (und Europa)

- Stromerzeugung gestern und heute
- Das Gespenst der Dunkelflaute



# Stromerzeugung in Europa

Stand heute

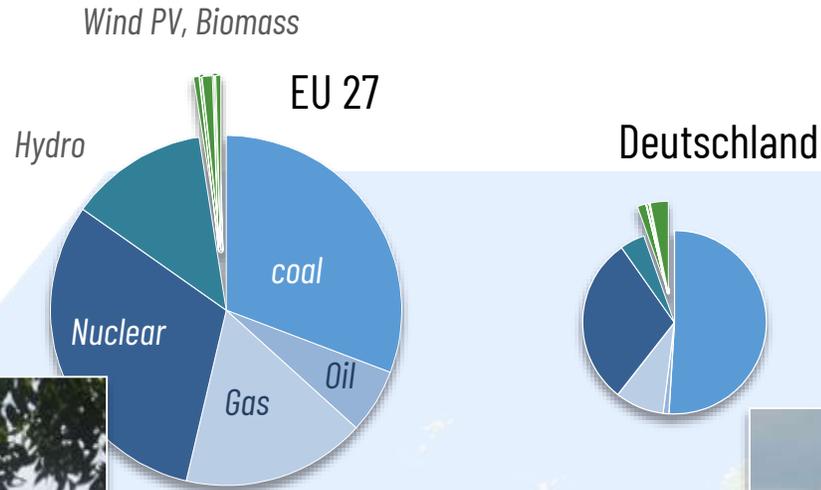
die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit

2000



- Deutschland repräsentiert 19% der europäischen Stromerzeugung
- **Großkraftwerke** dominieren die Stromerzeugung



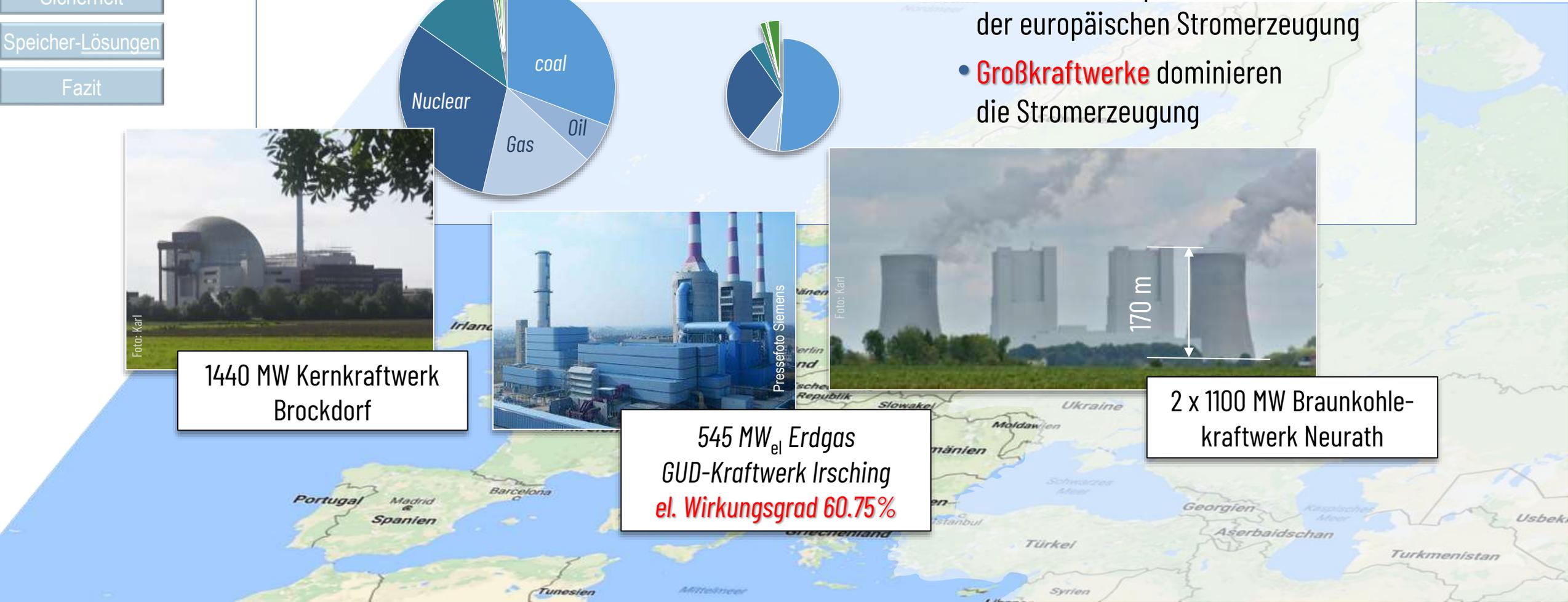
1440 MW Kernkraftwerk Brockdorf



545 MW<sub>el</sub> Erdgas  
GUD-Kraftwerk Irsching  
**el. Wirkungsgrad 60.75%**



2 x 1100 MW Braunkohle-  
kraftwerk Neurath



# Stromerzeugung in Europa

Stand heute

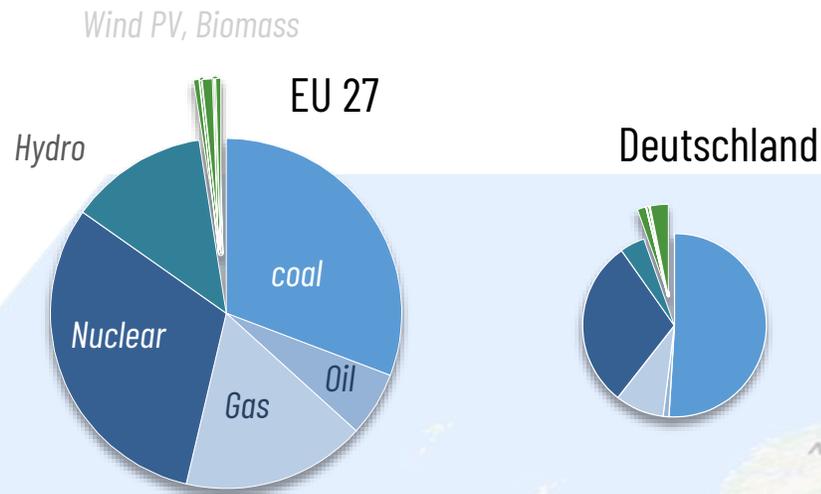
die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

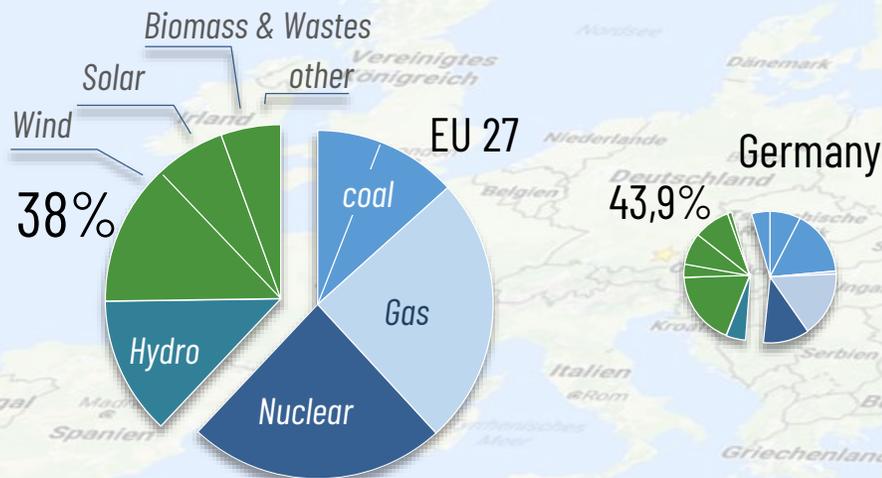
Fazit

2000



- Deutschland repräsentiert 19% der europäischen Stromerzeugung
- **Großkraftwerke** dominieren die Stromerzeugung

2020



- **Wind, PV** und **Biomasse** stiegen europaweit auf das 20-fache
- **aber:** Stromversorgung basiert noch immer maßgeblich auf Großkraftwerken...

Source: BMWi energiedaten 2021, Agora Energiewende, The European Power Sector in 2020

# Braunkohlekraftwerke in Deutschland

(Rheinisches Revier, NRW)



© J. Karl

Kraftwerk Neurath 4,3 GW  
3,6 x 

Kraftwerk Frimmersdorf 1,2 GW  
1,0 x 

Kraftwerk Niederaussem 3,4 GW  
2,8 x 

Kraftwerk Weisweiler 2,4 GW  
2,0 x 

Braunkohlekraftwerke im Rheinischen Revier  
7,8 x 

Stand 2020

© J. Karl

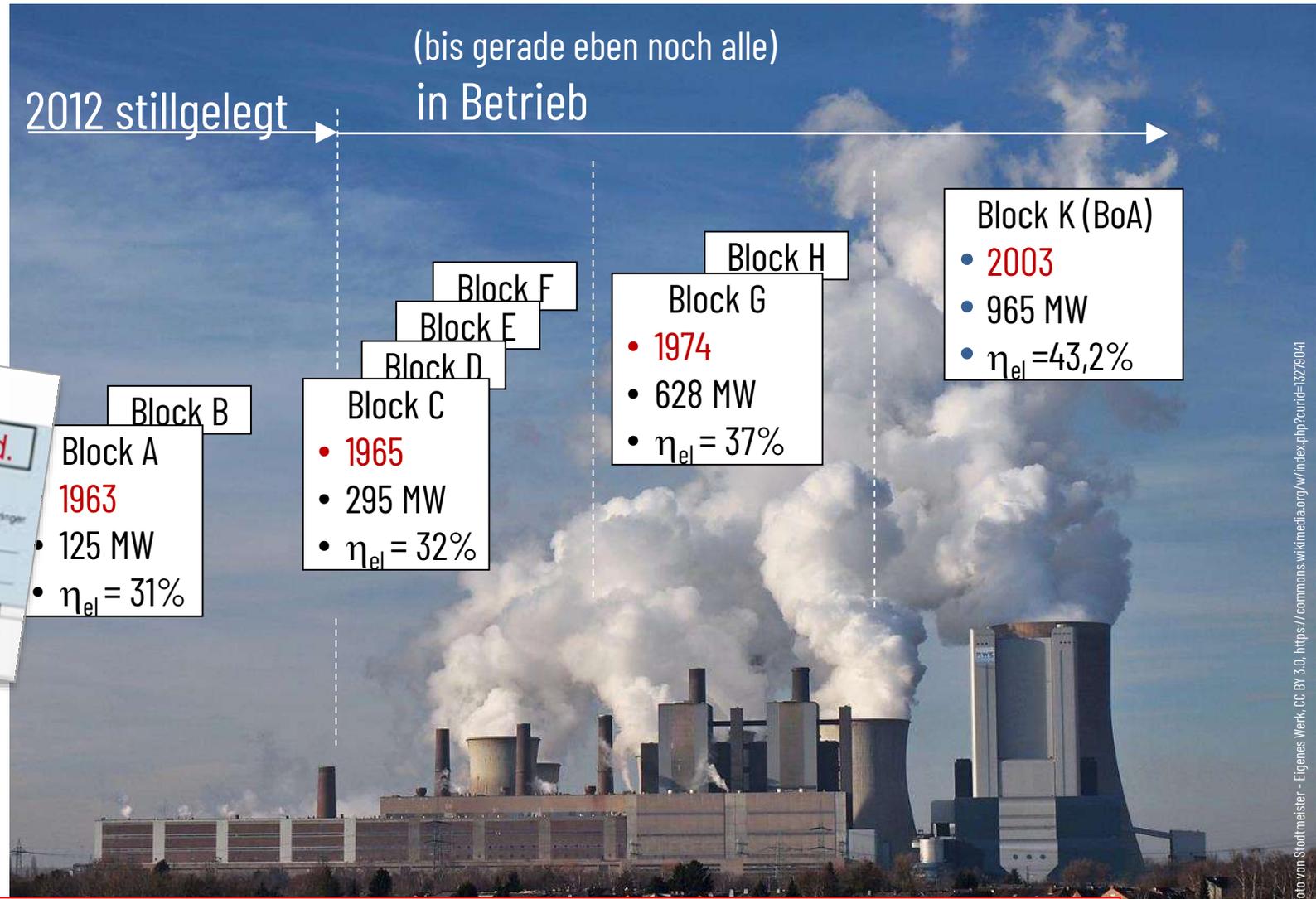
© J. Karl

# Beispiel: Braunkohlekraftwerk Niederaußem



**Entschädigung**  
bis 21.12.2029 nach §44 KVBG  
(Kohleverstromungsbeendigungsgesetz)

- RWE: 2,6 Mrd. € bzw. **510 €/kW<sub>el</sub>**
- LEAG: 1,75 Mrd. € bzw. **633 €/kW<sub>el</sub>**



**Die meisten deutschen Kohlekraftwerke sind hoffnungslos veraltet...**

Foto von Stadtmeister – Eigenes Werk, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=13278041>

mehr als

53 Mrd €

### Teil 3 Ausschreibungen zur Reduzierung der Steinkohle...

Stand der Ausschreibungen, Gebotstermine

desnetzage  
schlag.

### Teil 8 Anpassungsgeld

#### § 57 Anpassungsgeld für Arbeit...

(1) Zur sozialverträglichen schrittweisen Reduzierung und Beendigung d...  
des Bundeshaushalts Arbeitnehmerinnen und A... in den Brä...  
den Steinkohleanlagen, die mindestens 58 Jahre...  
Verb...

### Investitionsgesetz Kohleregion Kohleregionen - InvKG)

InvKG

Ausfertigungsdatum: 08.08.2020

Vollzitat:

"Investitionsgesetz Kohleregionen vom 8. August 2020"

### § 55 Überprüfung der Sicherheit, Zuverlässigkeit und P... Elektrizitätsversorgungssystem; Zuschüsse für stromk...

(5) Stromkostenintensive Unternehmen, die in einer international...  
Jahr 2023 einen jährlichen angemessenen Ausgleich für zusätzlic...  
Wettbewerbsfähigkeit zu schützen. Dazu soll das Bundesminister...  
mit dem Bundesministerium der Finanzen und dem Bundesmi...



Entschädigung  
bis 21.12.2029 nach §44 KVVG  
(Kohleverstromungsbeendigungsgesetz)

- RWE: 2,6 Mrd. € bzw. 510 €/kW<sub>el</sub>
- LEAG: 1,75 Mrd. € bzw. 633 €/kW<sub>el</sub>

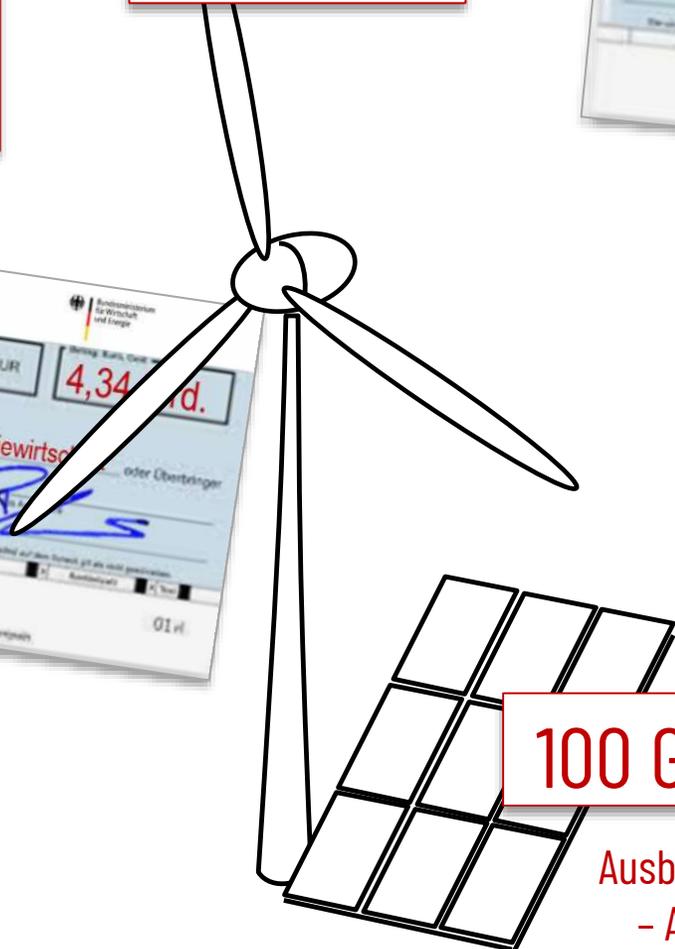
Die meisten deutschen Kohlekraftwerke sind hoffnungslos veraltet...

mehr als

**53 Mrd €**

entspricht

**38 GW Wind<sup>\*)</sup>**



**100 GW PV<sup>\*)</sup>**

**Ausbauziel Ampelkoalition  
– Ausbauziel EEG 2021**

<sup>\*)</sup> 1400 €/kW on-shore Wind. 530 €/kW Freiflächen PV

Quelle: [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021\\_ISE\\_Studie\\_Stromgestehungskosten\\_Erneuerbare\\_Energien.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf)

# Der Blick zurück: zwanzig Jahre Energiewende

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

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

installierte  
Leistung  
(kW)

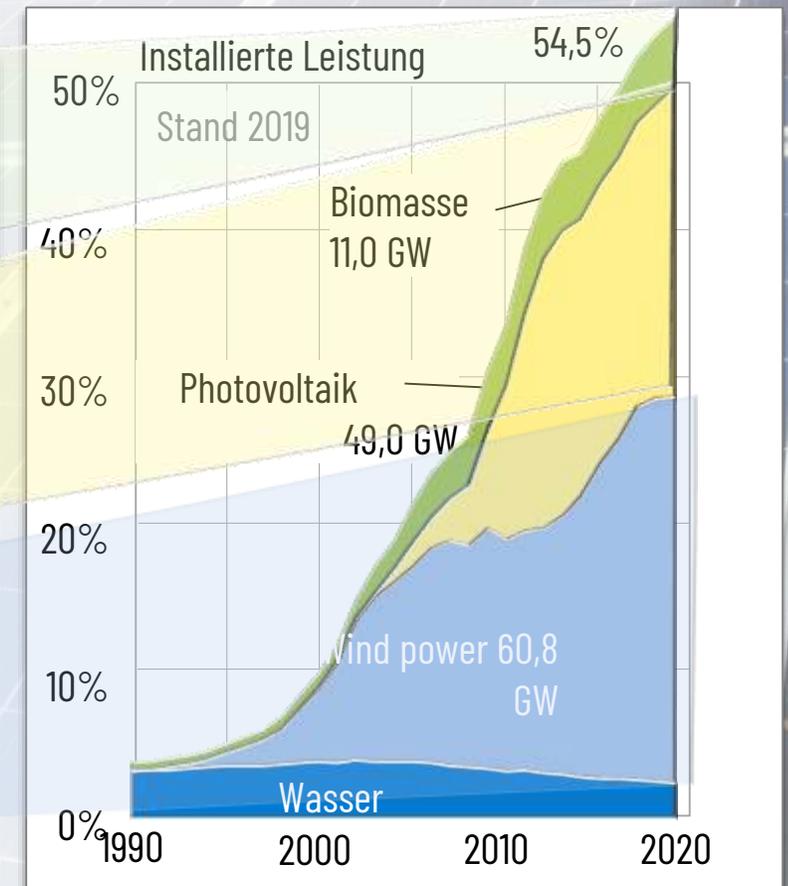
9 x



41 x



51 x



Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit

# 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**

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

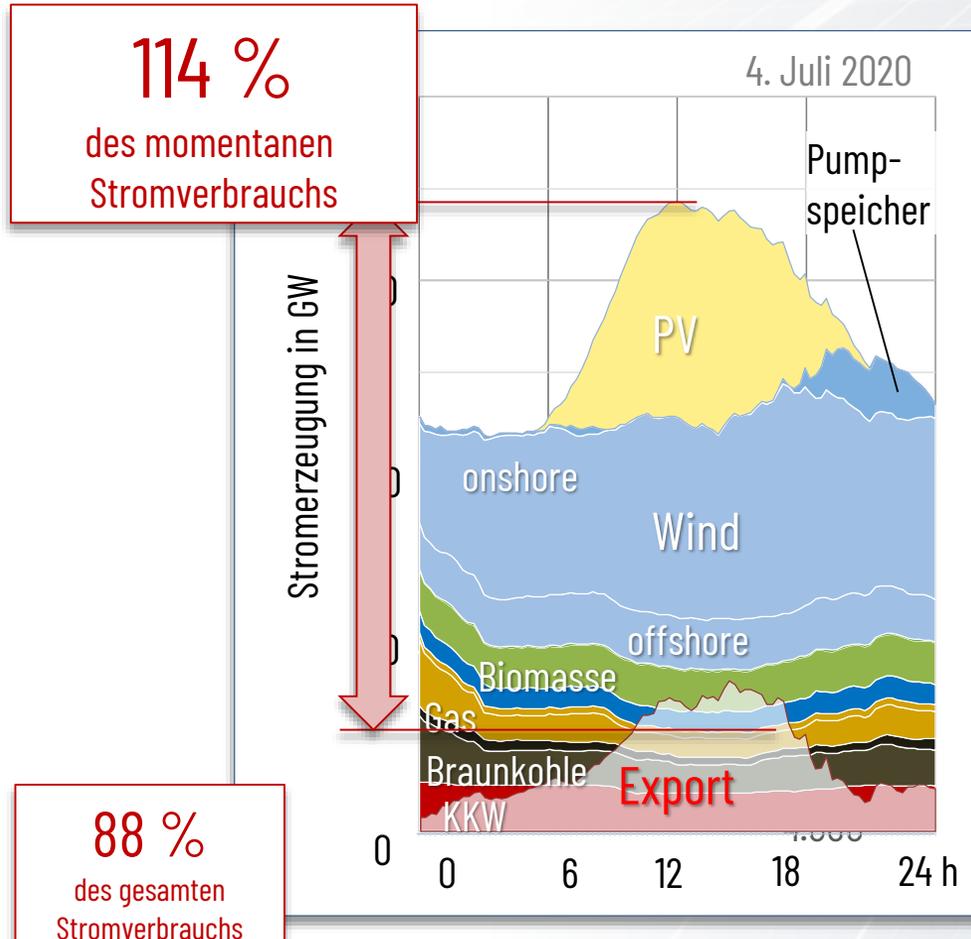
Fazit

57,6 GW

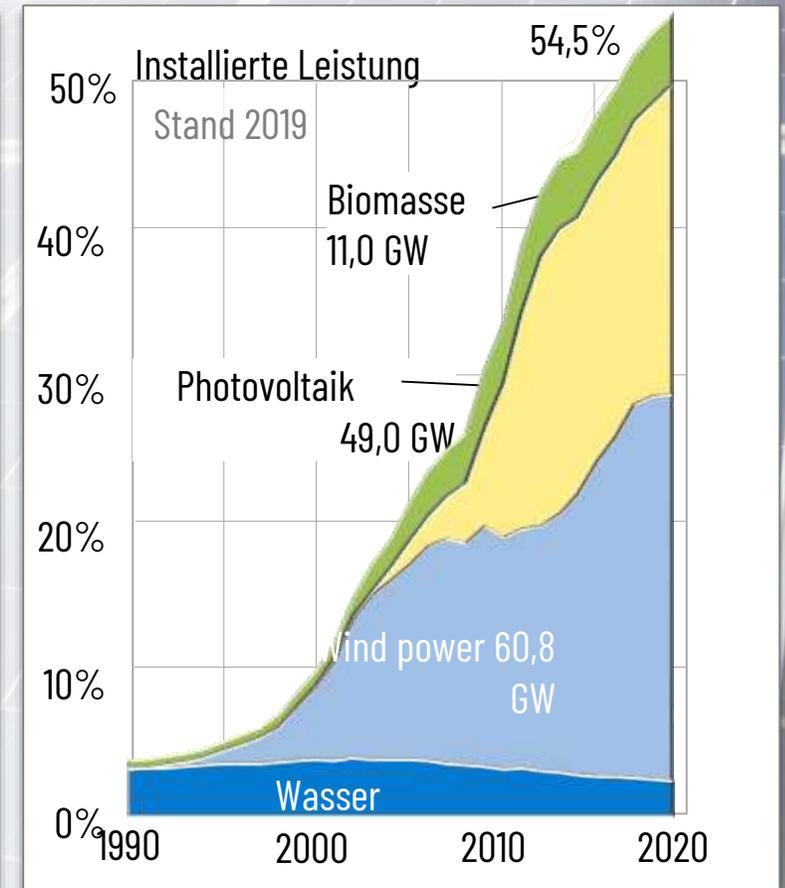
48 x



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



**88 %**  
des gesamten Stromverbrauchs



# 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**

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit

57,6 GW

**48 x**



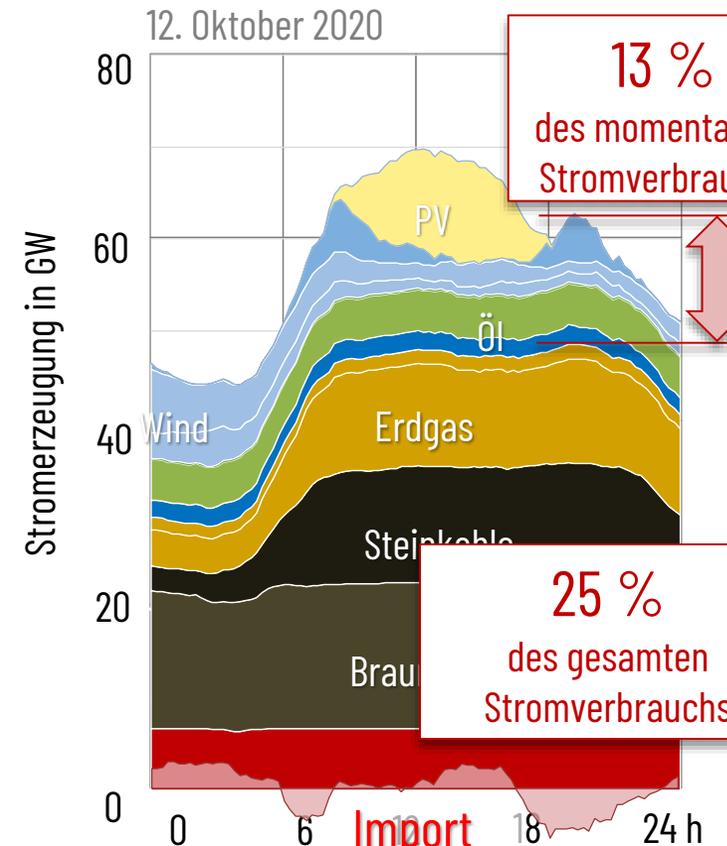
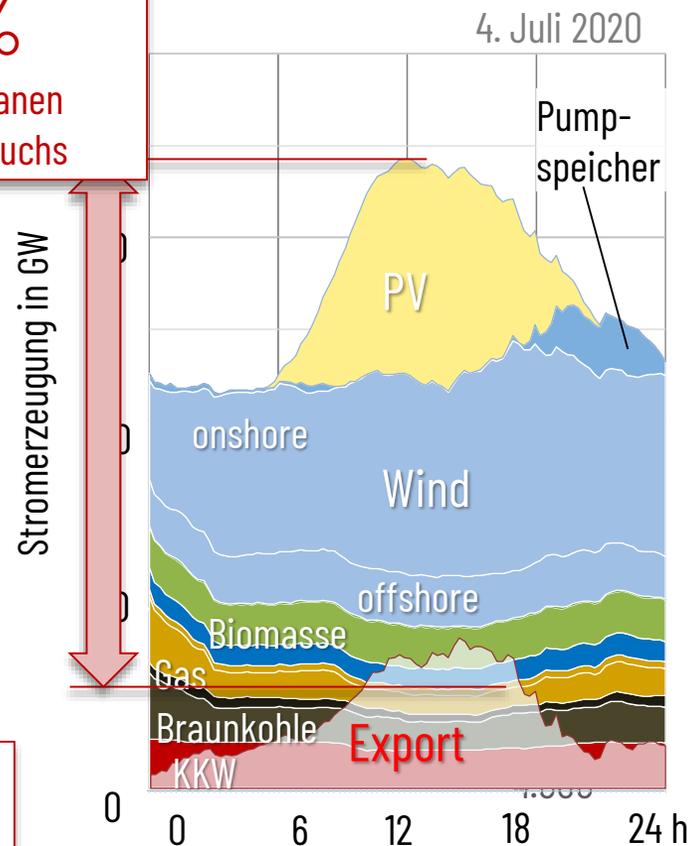
- zeitweise kann der Strombedarf Deutschlands schon vollständig mit Erneuerbaren Energien gedeckt werden

**114 %**

des momentanen  
Stromverbrauchs

**88 %**

des gesamten  
Stromverbrauchs



**13 %**

des momentanen  
Stromverbrauchs

**25 %**

des gesamten  
Stromverbrauchs

# Kernproblem „Dunkelflaute“

- Photovoltaik liefert im Winter nur einen geringen Beitrag
- Problematisch werden mehrtägige Perioden mit wenig Wind

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit

Scenario: Wind and PV x 3

Power in MW

80000  
70000  
60000  
50000  
40000  
30000  
20000  
10000  
0

10 Tage



Leistung in MW

80000  
70000  
60000  
50000  
40000  
30000  
20000  
10000  
0

Power plants > 100 MW

Wind

Photovoltaics

„Dunkelflaute“

2017

# Fazit

1

Die Erneuerbaren Energien reichen derzeit noch nicht aus, um alle fossilen Kraftwerke zu ersetzen

Stand heute

die Kosten

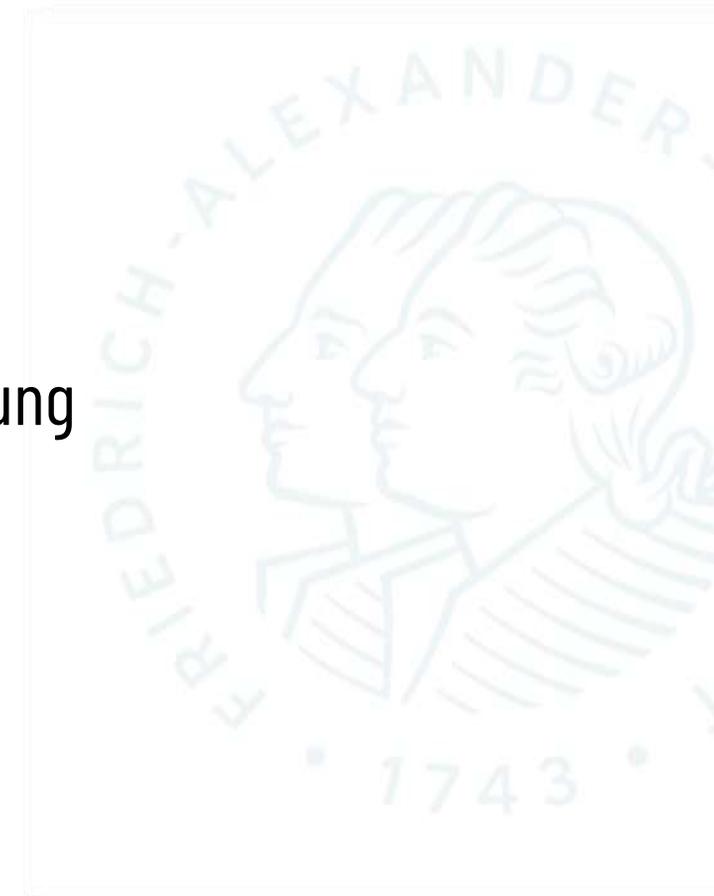
Sicherheit

Speicher-Lösungen

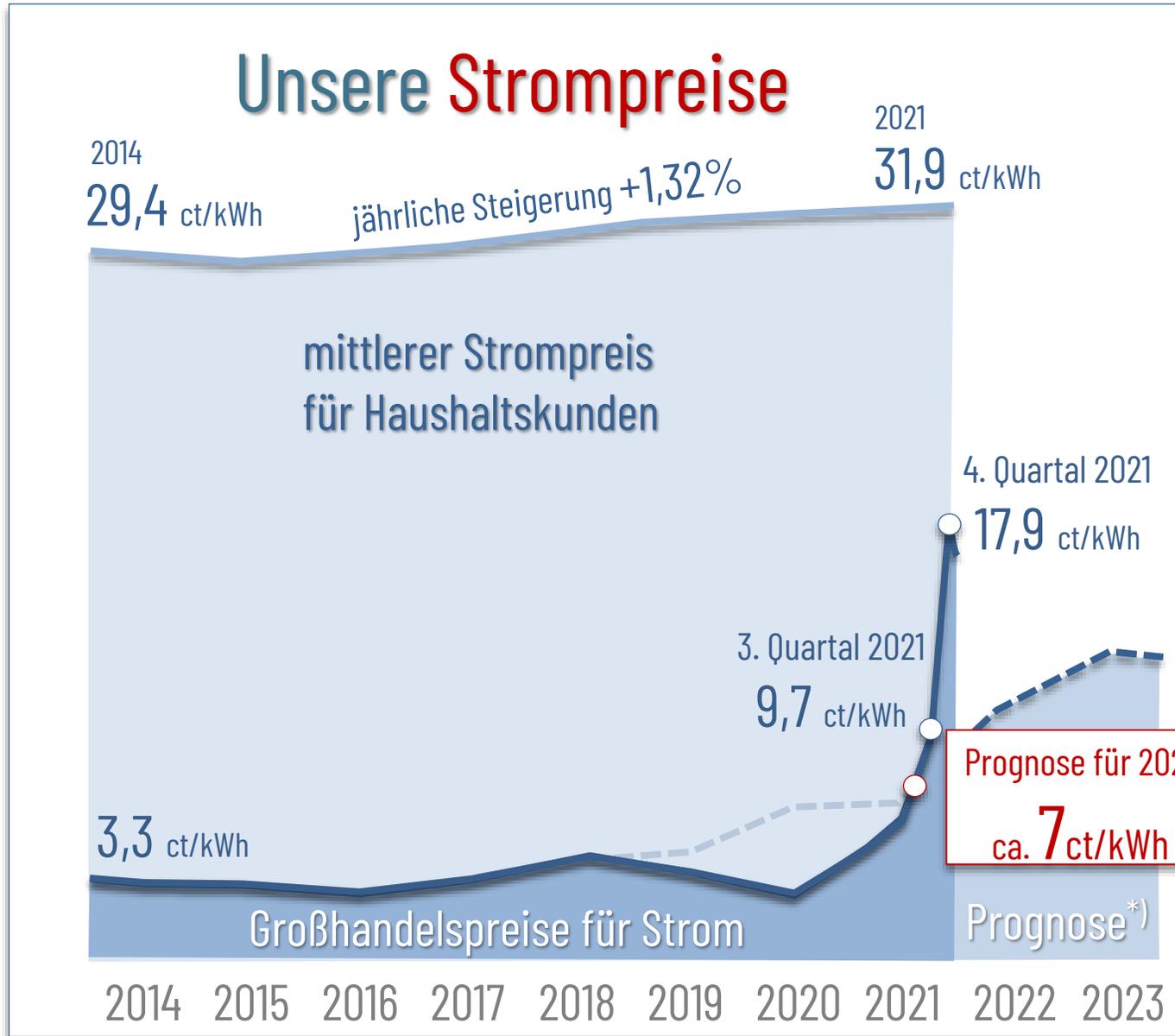
Fazit

## 2. Warum Strom jetzt teuer wird

- FAU Strompreisstudie 2019
- Der Merit-Order-Effekt
- Der Ausbauplan der (bisherigen) Bundesregierung



- Stand heute
- die Kosten
- Sicherheit
- Speicher-Lösungen
- Fazit



- derzeit explodieren die Strompreise

(erst mal nur)

im Großhandel...

\*) Prognose der FAU Strompreisstudie 2019





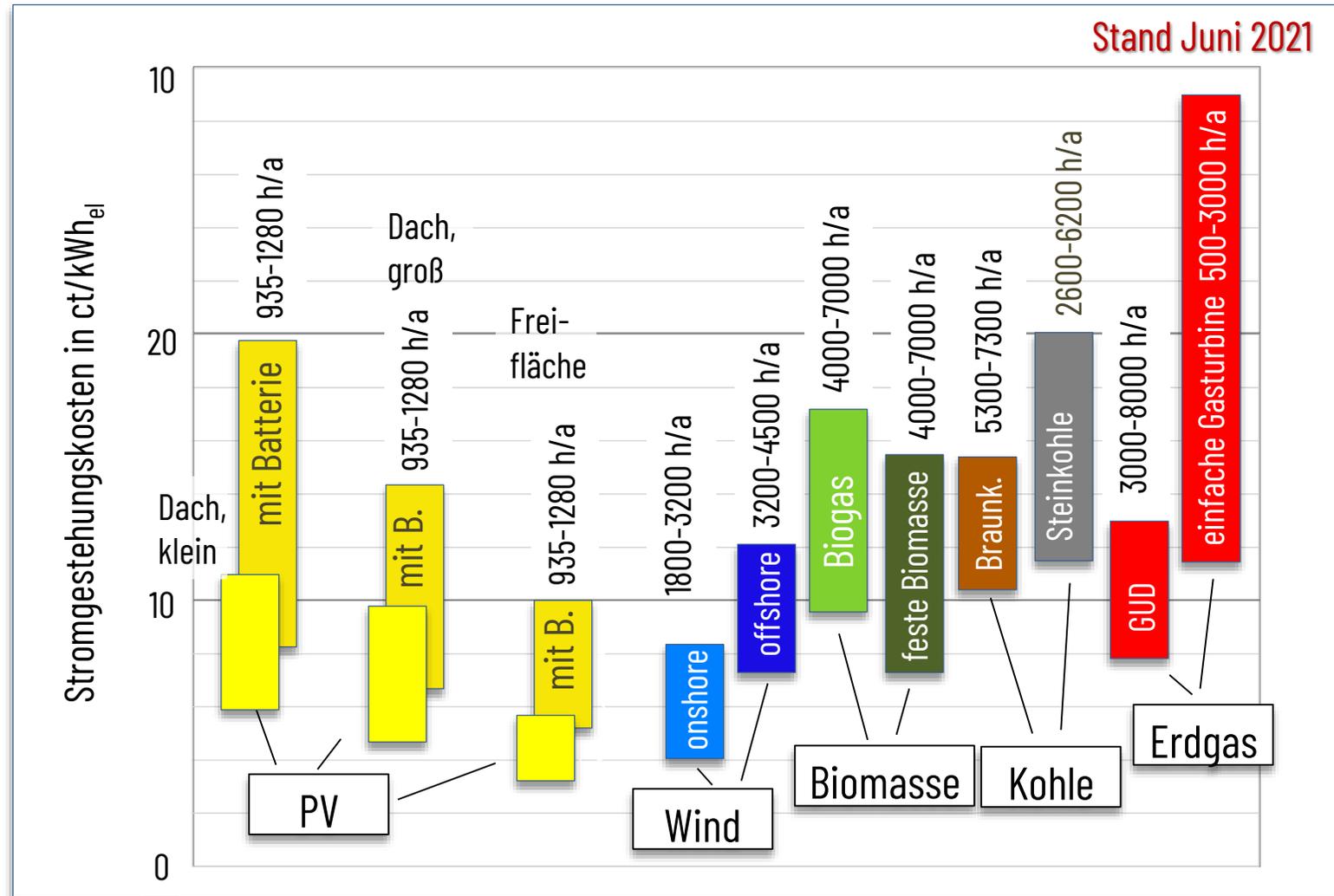
gratis-Download unter:

<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!

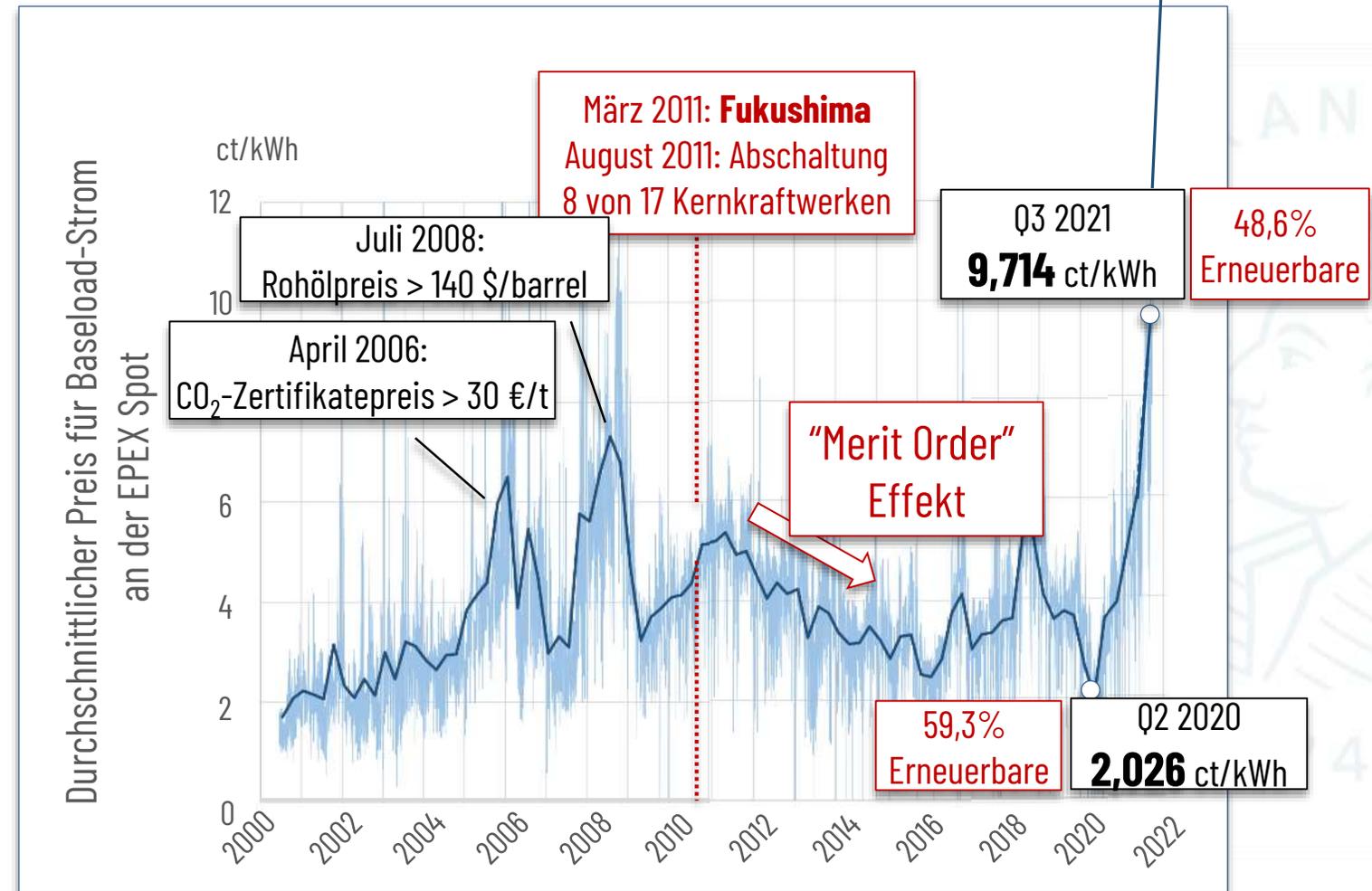
# Unsere Strompreise $\neq$ Stromerzeugungskosten



# Warum steigen die Strompreise ohne Erneuerbare Energien?

- 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**"

Q4 2021  
**17,897** ct/kWh  
42,2%  
Erneuerbare



"Wir brauchen erneuerbare Energien um den Strompreis zu senken"



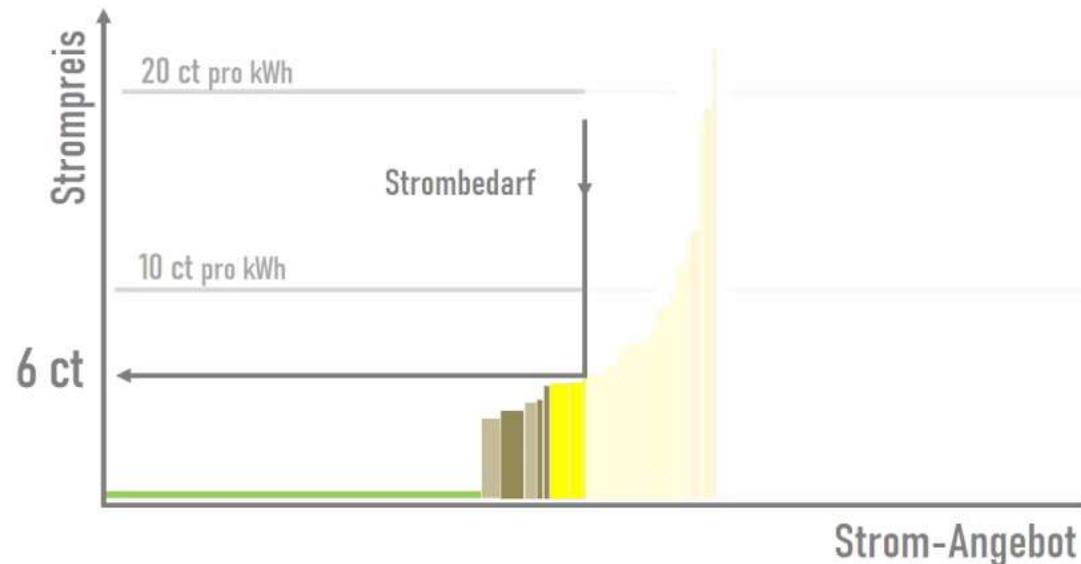
Bruno Burger, Fraunhofer ISE

# Warum steigen die Strompreise ohne Erneuerbare Energien?

- 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**”
- Bei Stromüberschuss (mit viel Wind und PV) wird der Börsenstrom billig
- Bei Strommangel (z.B. bei Dunkelflaute) wird der Börsenstrom teurer

**Das letzte notwendige Kraftwerk bestimmt den Börsenpreis**

## Kernenergie und Kohle-Ausstieg mit **ausreichendem Ausbau** von Wind und PV



# 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/>



Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit



“Die EEG-Umlage war noch nie schuld an Strompreis-Steigerungen”



Hans-Josef Fell

## Der Plan der (alten) Bundesregierung

- Selbst ohne Zunahme des Stromverbrauchs reicht der gesetzlich festgesetzte Zubau nicht aus, um Kernenergie- und Kohleausstieg zu kompensieren

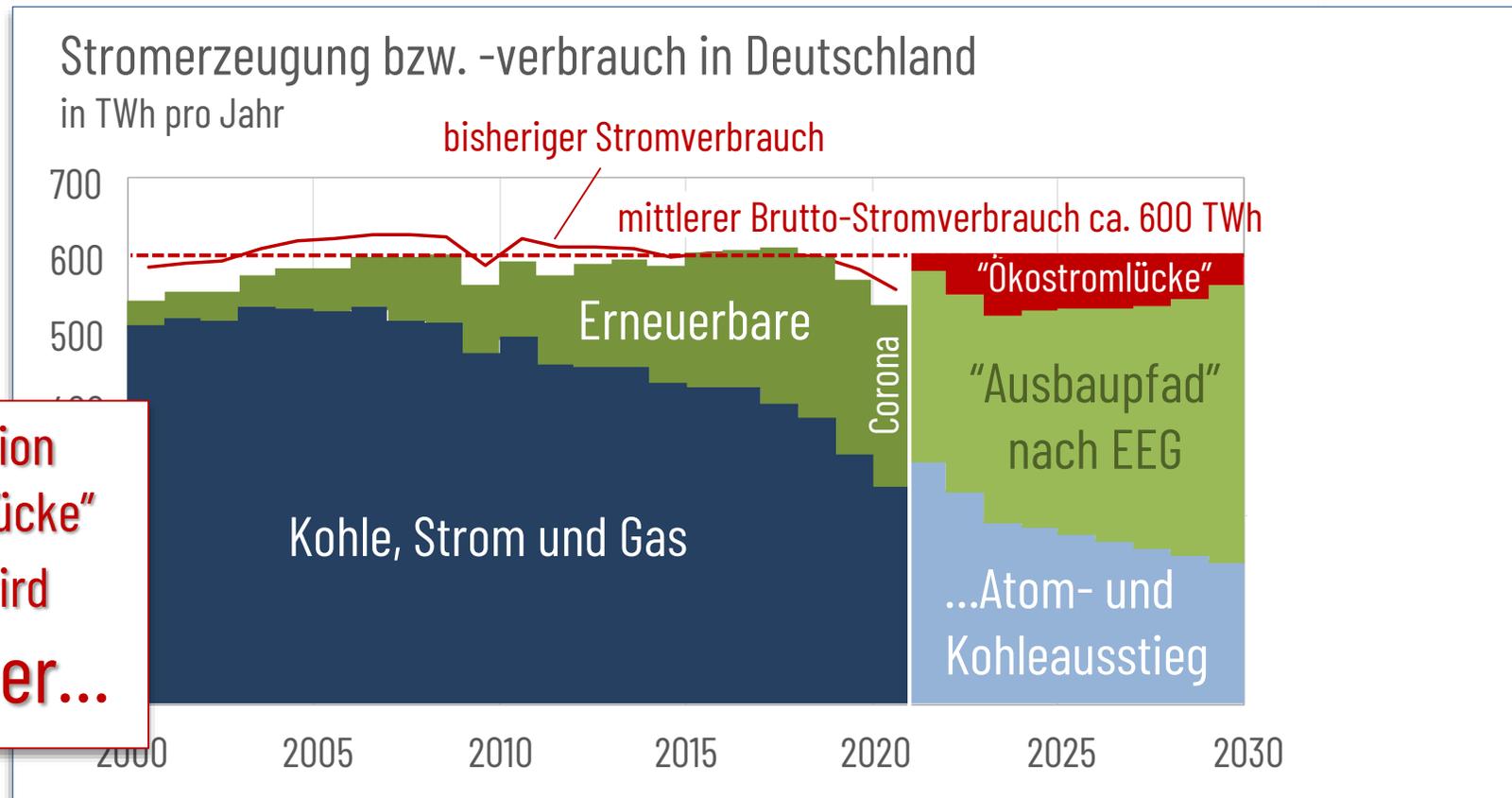
Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

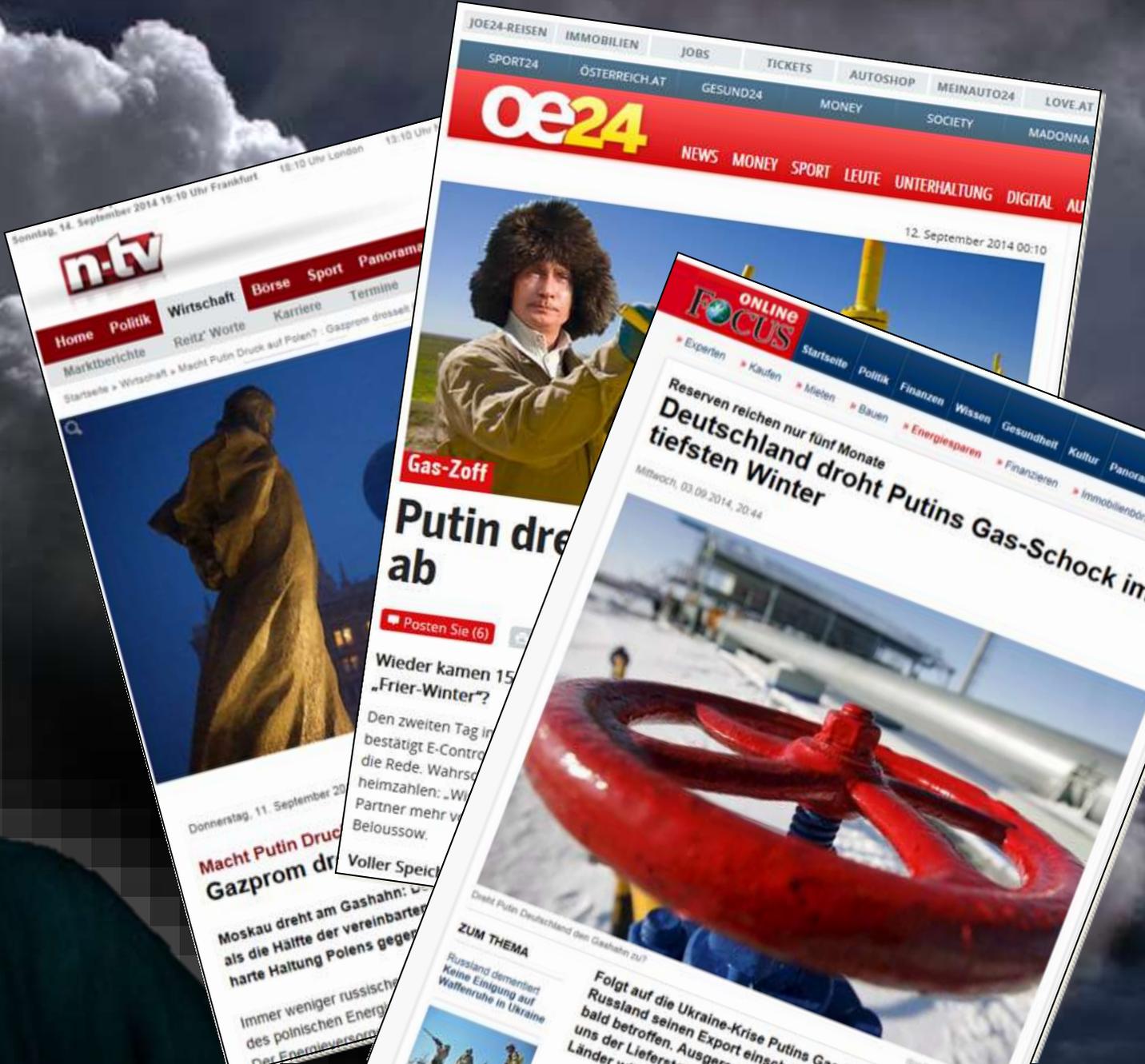
Fazit



...Kompensation  
der "Ökostromlücke"  
mit Erdgas wird  
**richtig teuer...**

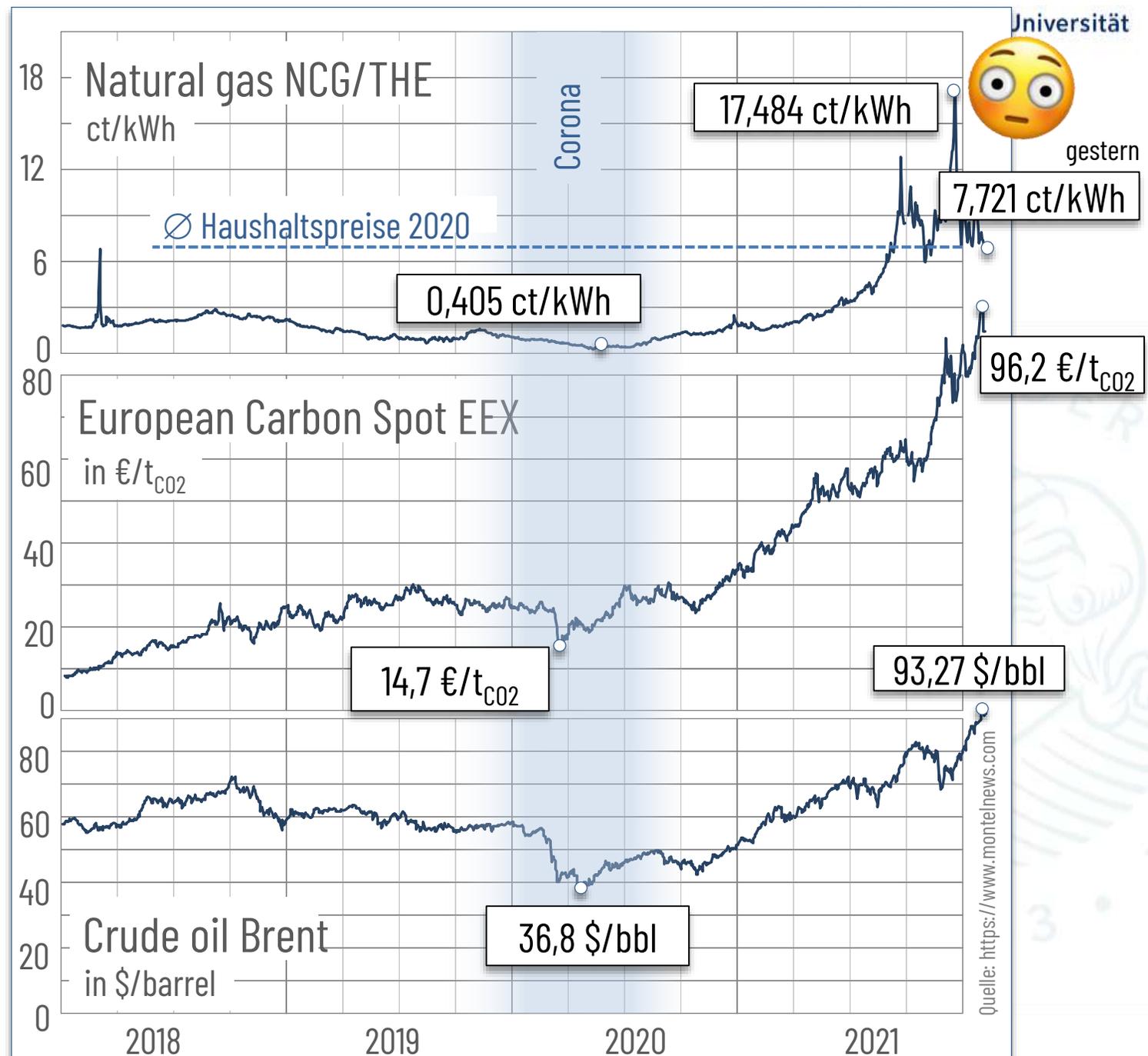


Kernfrage für die  
Energiewende  
**Wer liefert  
künftig Gas?**



# Entwicklung maßgeblicher Energiepreis-Indices

- Alle wichtigen Energiepreis-Indizes brachen aufgrund des geringeren Verbrauchs in der Corona-Pandemie ein
- Vor allem der Erdgaspreis hat sich seither vervielfacht und ist **derzeit ca. 5-6 mal teurer als vor der Pandemie..**



Kernfrage für die  
Energiewende  
**Wer liefert  
künftig Gas?**



Geschichte wiederholt sich tatsächlich...

Foto: Wikipedia /Kremlin.ru

# Fazit

1

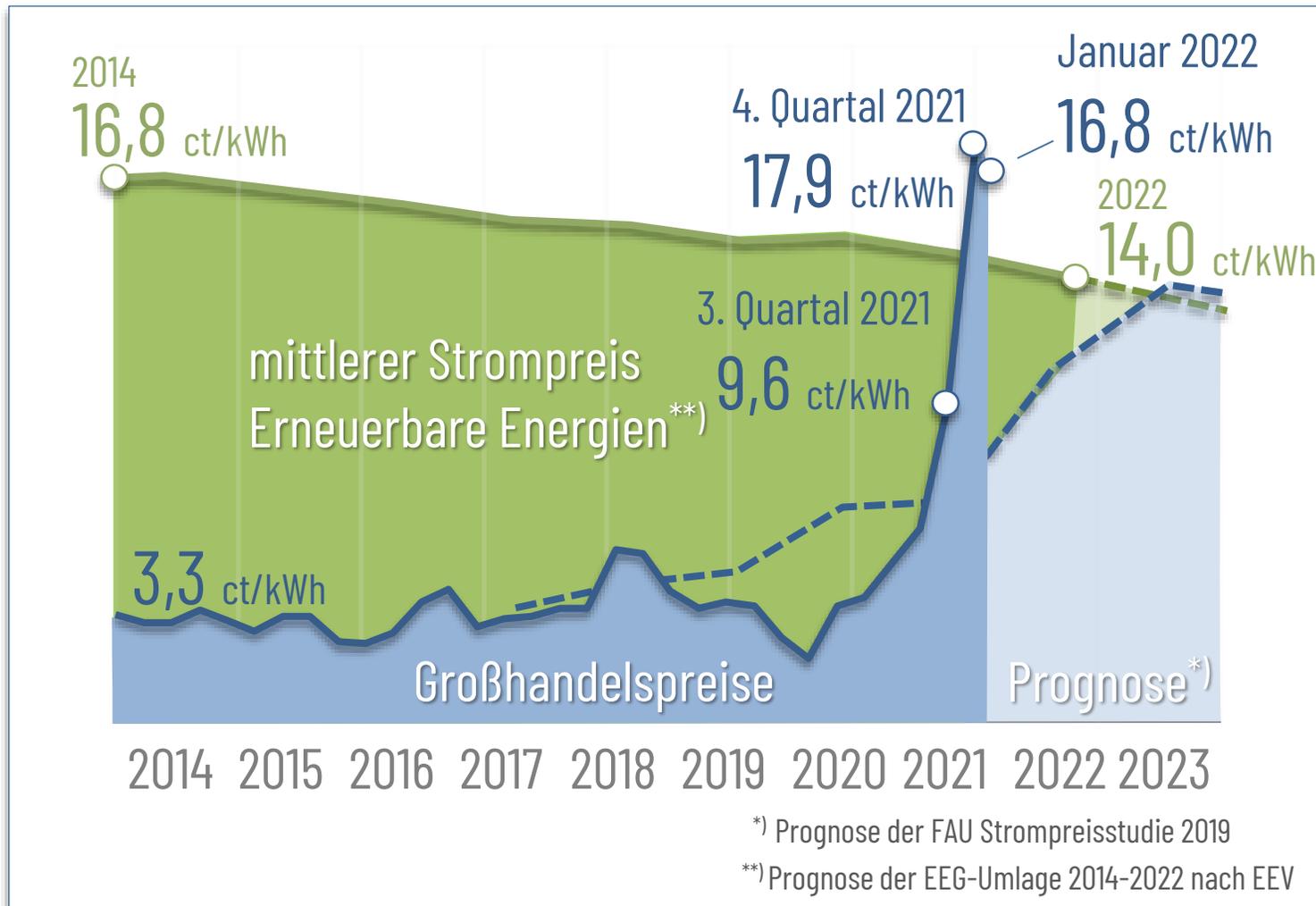
Die Erneuerbaren Energien reichen derzeit noch nicht aus, um alle fossilen Kraftwerke zu ersetzen

2

Der aktuelle Ausbauplan der Bundesregierung wird **richtig teuer** (und 100% Erneuerbare werden bei weitem nicht erreichen)

# Ganz aktuell: Wie geht's weiter mit der EEG-Umlage?

Zur Erinnerung: • EEG-Umlage errechnet sich aus der Differenz der mittleren Preise der Erneuerbaren und den Börsenpreis



- Durch den Anstieg der Börsenpreise errechnet sich im Oktober 2022 wahrscheinlich eine **negative EEG-Umlage**

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit

# EEG-Umlage abschaffen?

# Nein!

- Eine **negative EEG-Umlage** wär ein wichtiges Signal für die öffentliche Wahrnehmung der Rolle Erneuerbarer Energien
- Es gibt genug andere Gesetze die viel dringender abgeschafft werden müssten



Mittwoch, 9. Februar 2022    Newsletter   Podcasts   Club   ePaper   Archiv   Shop   Jobs   Inside   [Login](#)

## Handelsblatt

STROMKOSTEN

### Lindner: EEG-Umlage „schon in wenigen Wochen“ abschaffen



*Bundesfinanzminister Christian Lindner*

Der FDP-Politiker will die sogenannte EEG-Umlage so schnell wie möglich abschaffen.  
Pressefoto <https://www.christian-lindner.de/>

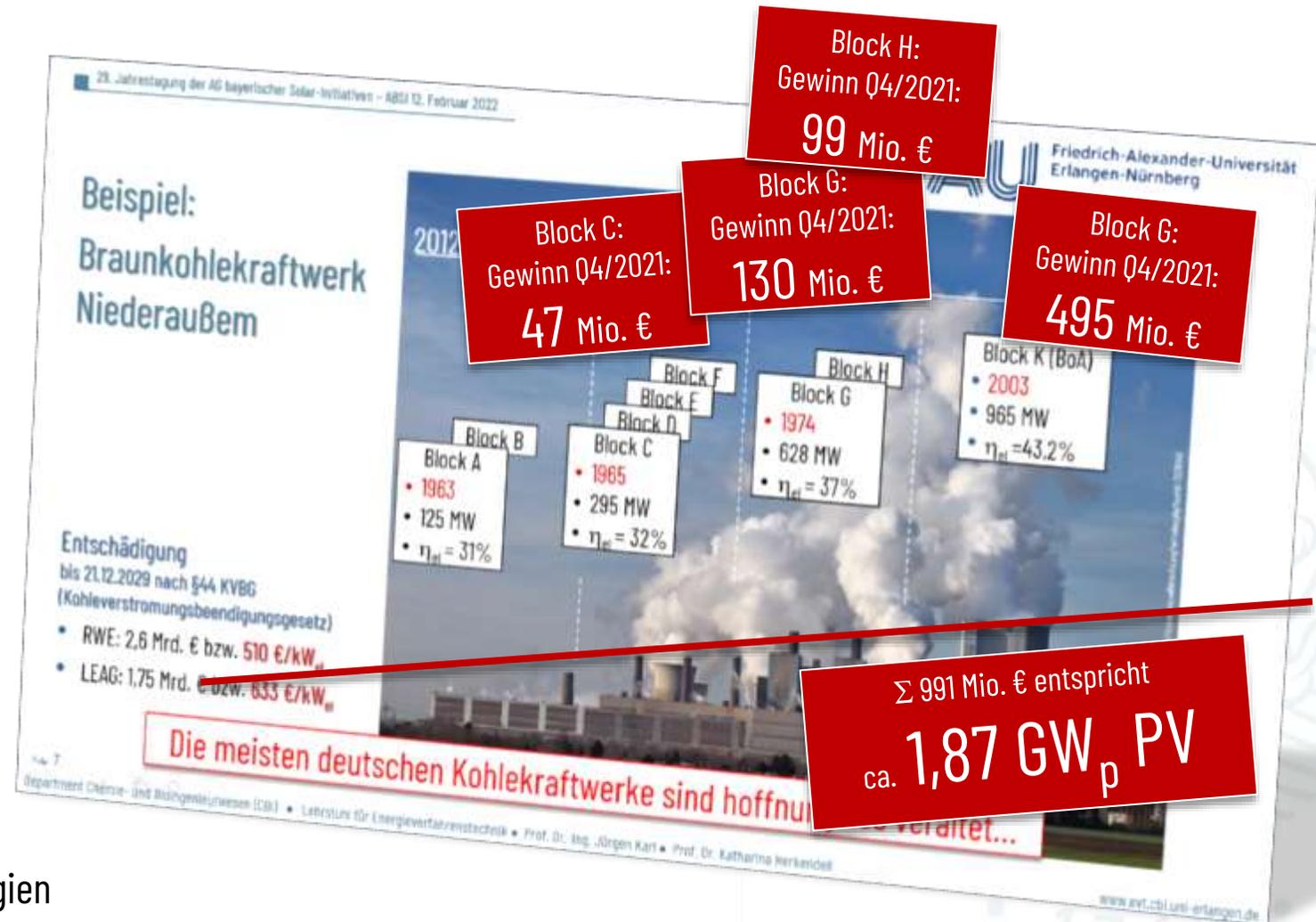
# EEG-Umlage abschaffen?

# Nein!

- Eine **negative EEG-Umlage** wär ein wichtiges Signal für die öffentliche Wahrnehmung der Rolle Erneuerbarer Energien
- Es gibt genug andere Gesetze die viel dringender abgeschafft werden müssten
- Durch hohe Börsenpreise entsteht derzeit genug Liquidität für Investitionen in Erneuerbare Energien



... und hoffentlich nicht für RWE-Aktionärs-Dividenden!



Stand heute

die Kosten

**Sicherheit**

Speicher-Lösungen

Fazit

### 3. Bleibt die Versorgung wenigstens sicher?

- Die Prognose 2030
- Was heißt 100% Erneuerbare Energien?
- Können wir auf Nachbarschaftshilfe hoffen?



# Prognose 2030

- Das EEG 2000 war ungeahnt erfolgreich und wurde erst mit dem EEG 2012 massiv ausgebremst
- Im EEG 2014 definierte die alte Bundesregierung einen **Ausbaupfad** für Erneuerbare Energien
- Kohleverstromungsbeendigungsgesetz beschränkt Braunkohle auf 8 GW und Steinkohle auf 9 GW

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

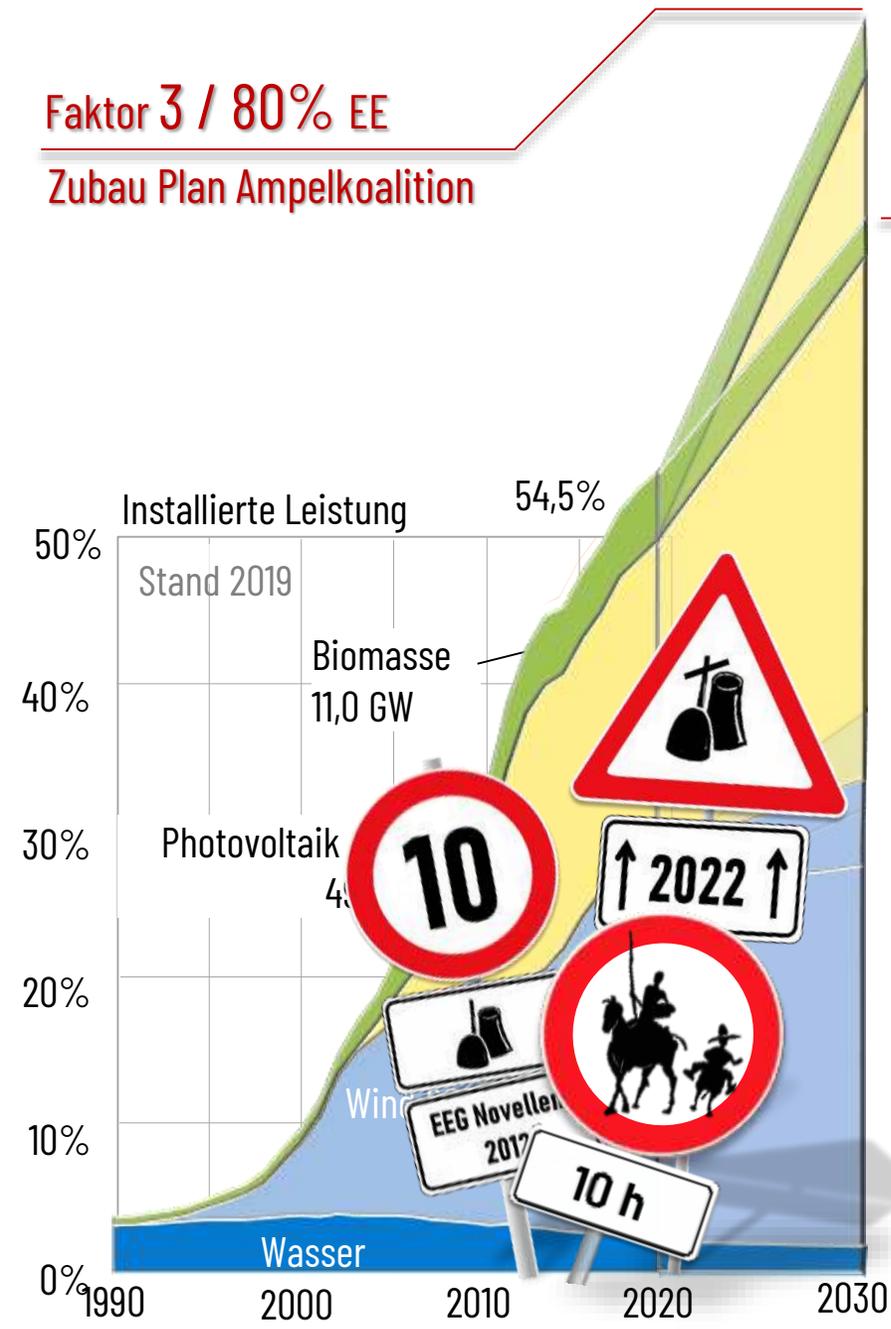
Fazit

**Faktor 3 / 80% EE**

Zubau Plan Ampelkoalition

**Faktor 1,6**

Zubau lt. §4 EEG 2021

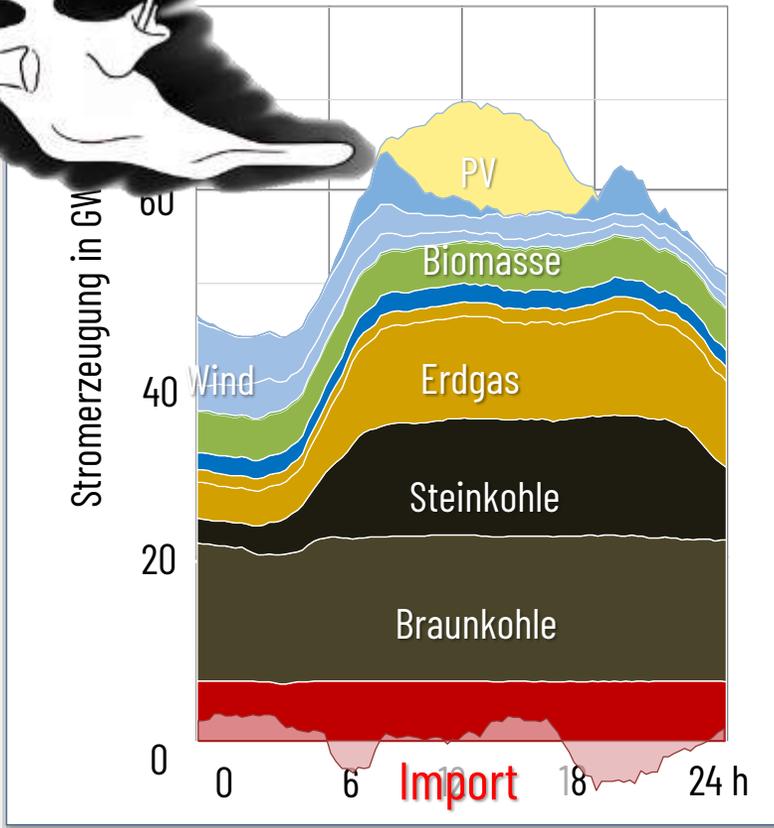


# Prognose 2030

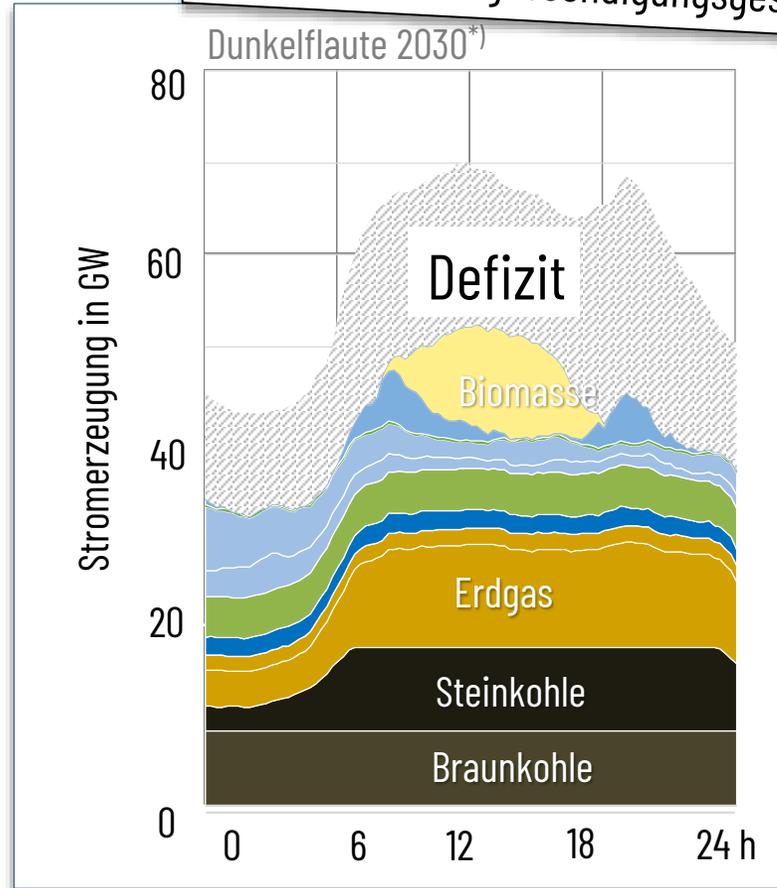
Stand heute



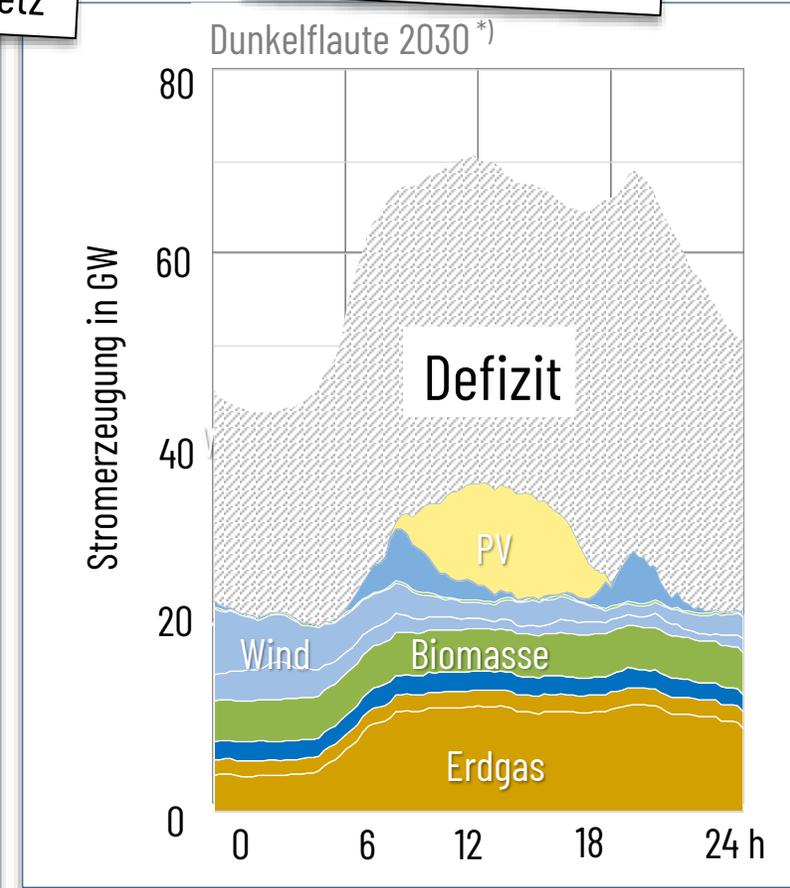
12. Oktober 2020



Kohleausstieg nach  
Kohleverstromungsbeendigungsgesetz



vollständiger  
Kohleausstieg bis 2030



\*) ohne weiteren Ausbau der Erneuerbaren

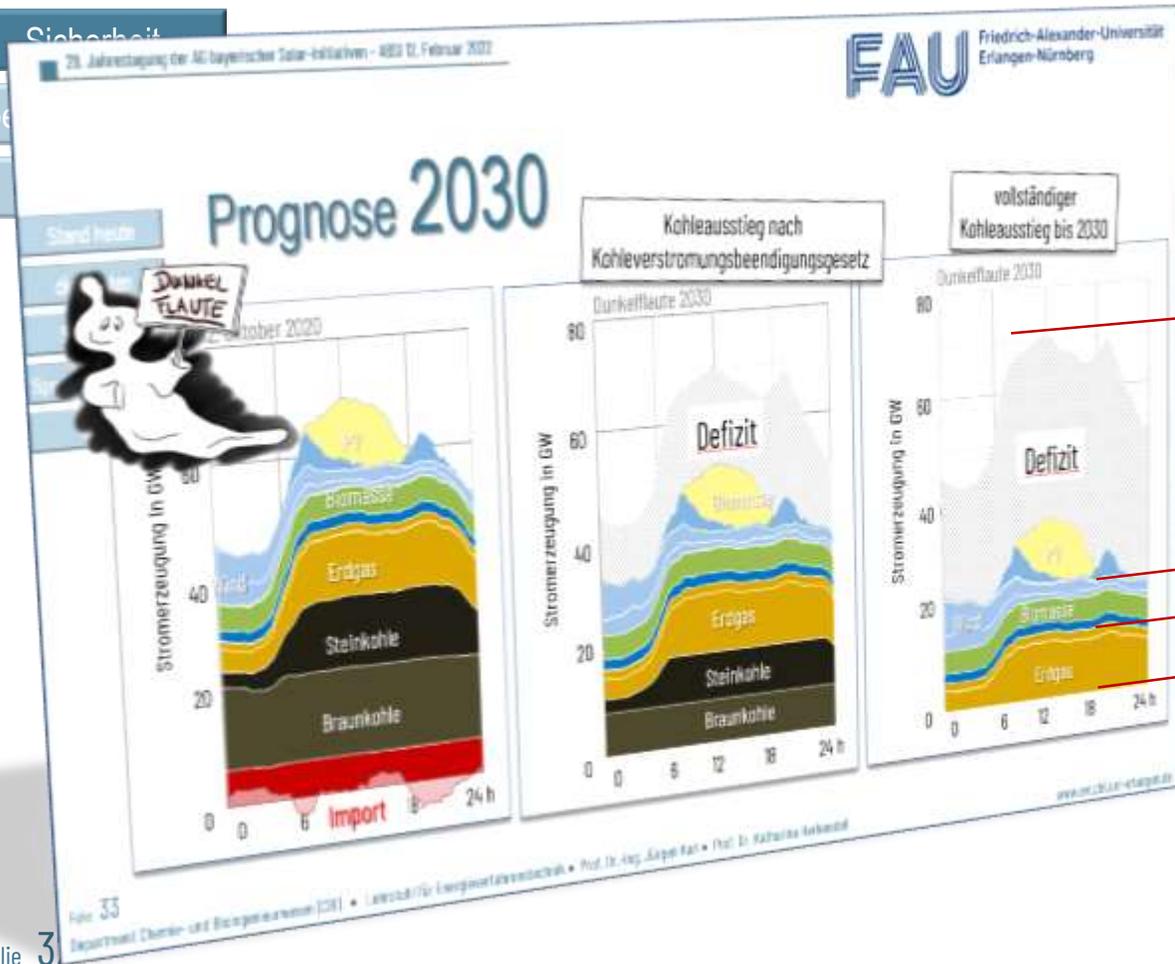
# Energiebilanz für 100% Erneuerbare Energien

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Spe



- 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:  
Stromverbrauch  
wird steigen ...**

# Energiewende im Wärme und Mobilitätssektor

Endenergieverbrauch der  
Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2019

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit

Wärme und <sup>2)</sup> **51%**  
Klimatisierung

1442 TWh

Öl, Gas, sonstige

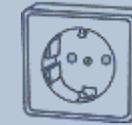


davon ca. **13 %**  
bzw. 185 TWh  
aus Strom <sup>4)</sup>

Mobilität <sup>2)</sup> **27%**  
770 TWh



Strom <sup>3)</sup> **20%**  
580 TWh



**2.793** TWh

davon ca. **25 %**  
bzw. 147 TWh für  
Wärme- und  
Kälteerzeugung <sup>4)</sup>

<sup>2)</sup> incl. Wärme/Kälte/Mobilität aus Strom

<sup>3)</sup> Bruttostromverbrauch

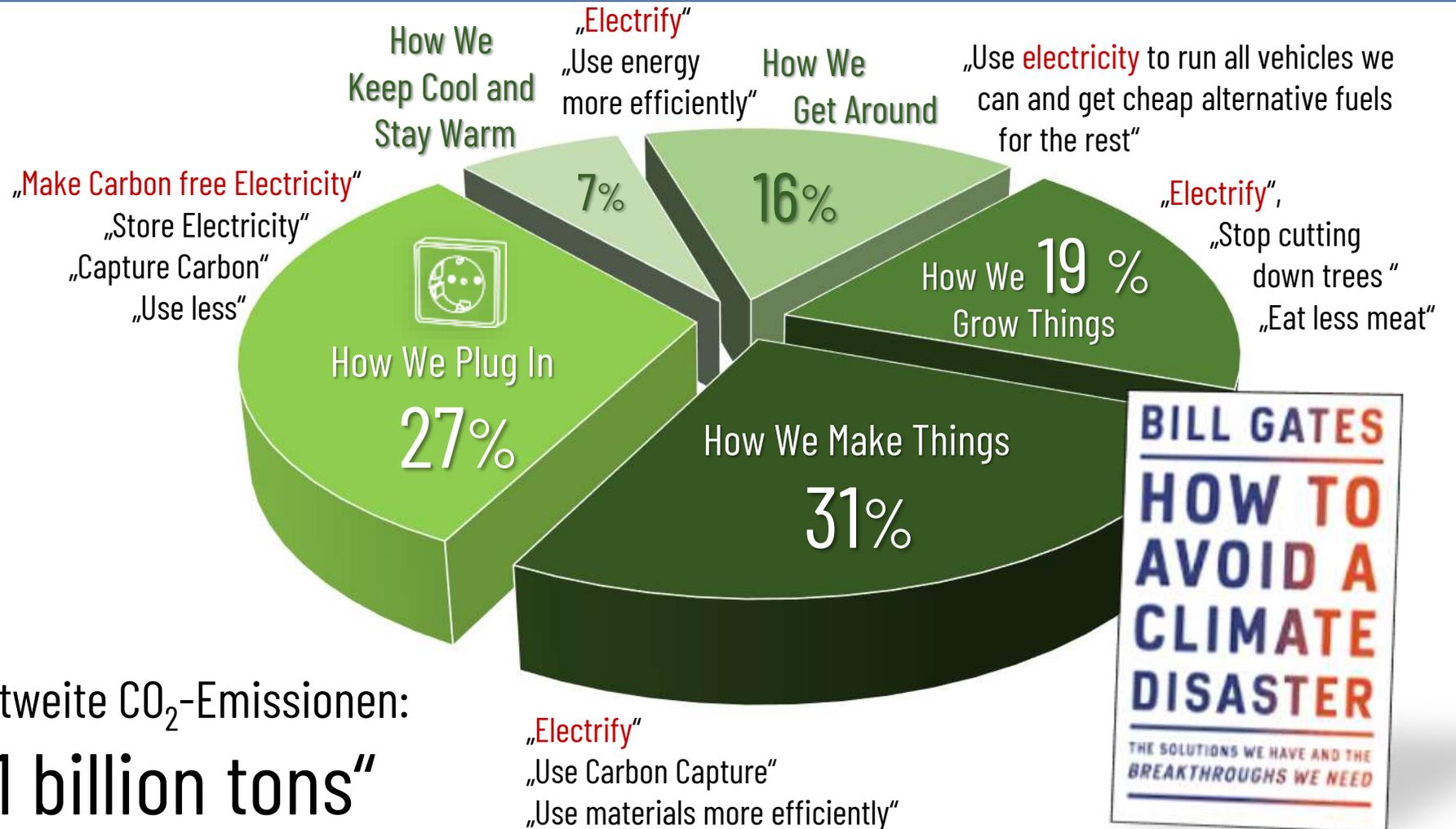
<sup>4)</sup> Annahme: COP = 3 für Wärmepumpen und Kälte



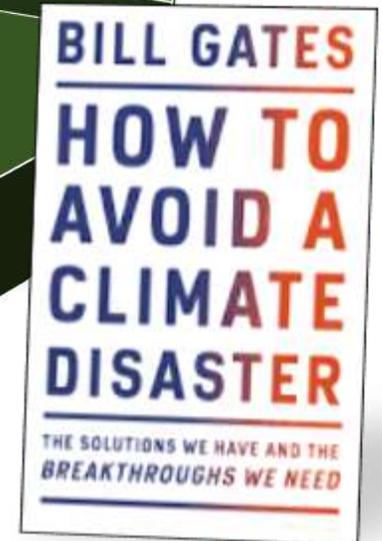
„To avoid a climate disaster, we have to get to zero“

„Sektorenkopplung“

- Die Energiewirtschaft spielt die Schlüsselrolle für die Decarbonisierung unserer Gesellschaft



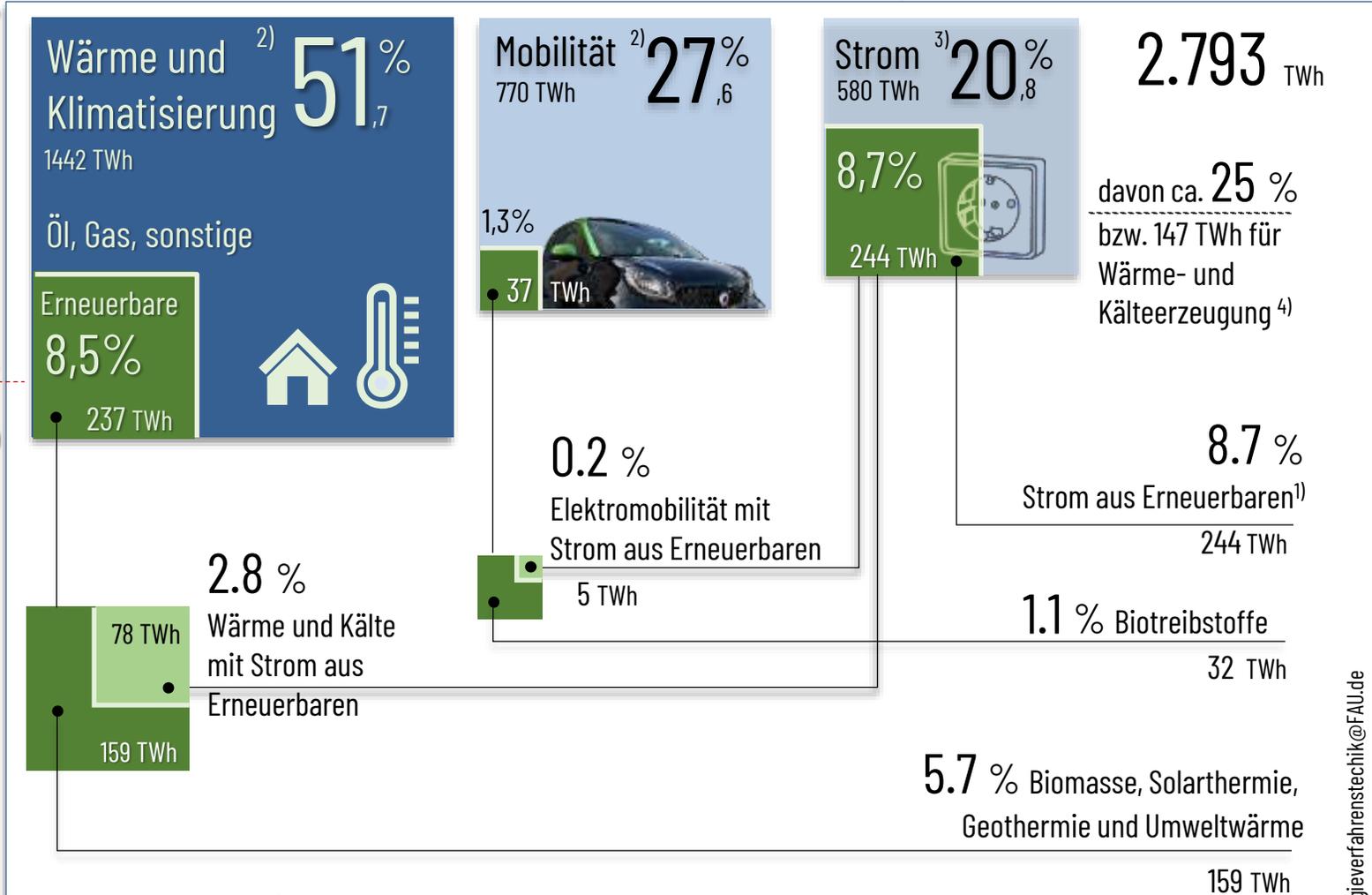
Weltweite CO<sub>2</sub>-Emissionen:  
„51 billion tons“



# Energiewende im Wärme und Mobilitätssektor

Endenergieverbrauch der  
Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2019

- Stand heute
- die Kosten
- Sicherheit
- Speicher-Lösungen
- Fazit



davon ca. **13 %**  
bzw. 185 TWh  
aus Strom <sup>4)</sup>

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

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

<sup>3)</sup> Bruttostromverbrauch

<sup>4)</sup> Annahme: COP = 3 für Wärmepumpen und Kälte

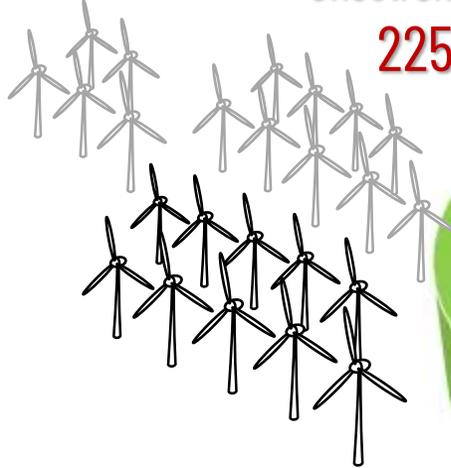
# Szenario für Deutschland

## mit 100% EE

geplanter  
Ausbau  
126 TWh



+ "Ökostromlücke"  
225 TWh

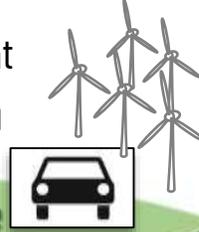


Erneuerbare  
Stand heute  
250 TWh

**Wärme**   
mind. 600 TWh  
(mit Wärmepumpen)

How We  
Keep Cool and  
Stay Warm

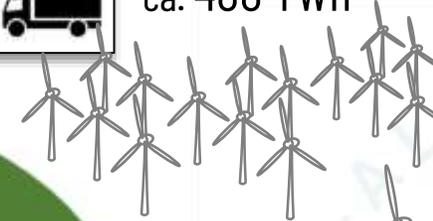
Elektromobilität  
ca. 130 TWh



How We  
Get Around

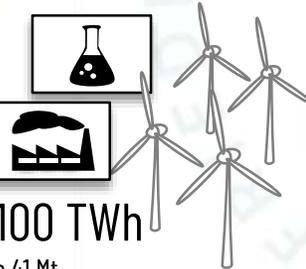


E-fuels  
ca. 400 TWh



How We  
Grow Things

Ammoniak:  
ca. 20 TWh  
(2,9 Mt<sub>NH3</sub> mit 4,6 TWh<sub>el</sub>/Mt<sub>NH3</sub>)



Stahl ca. 100 TWh  
Direktreduktion von 41 Mt<sub>Stahl</sub>  
mit 2,5 MWh pro t



Kalk und Zement: ca. 40 TWh

Kunststoffe: ca. 25 TWh

Bedarf morgen  
ca. 1900 TWh

**(Faktor 7-8)**

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

# Fazit

1

Die Erneuerbaren Energien reichen derzeit noch nicht aus, um alle fossilen Kraftwerke zu ersetzen

2

Der aktuelle Ausbauplan der Bundesregierung wird **richtig teuer** (und 100% Erneuerbare werden bei weitem nicht erreichen)

3

Wir müssen den Ausbau Erneuerbarer Energien **vervielfachen** um auch andere Sektoren zu defossilisieren

# Klappt im Notfall die Nachbarschaftshilfe?

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

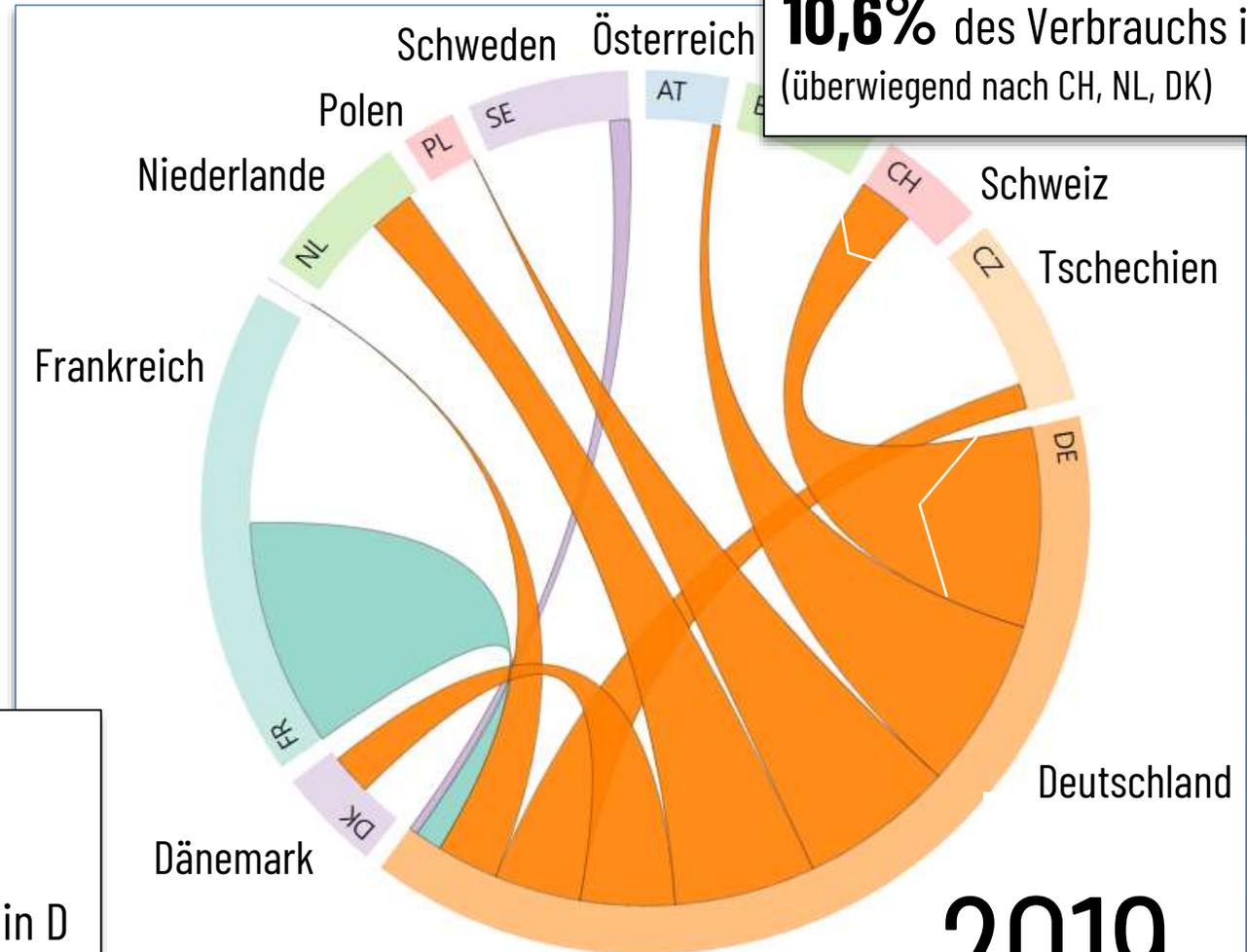
Fazit

- Deutschland ist derzeit Netto-Exporteur von Strom
- Importiert wird überwiegend Grundlast-Strom (Kernenergie) aus Frankreich<sup>\*)</sup>
- Exportiert wird überwiegend in die Schweiz, Österreich, Polen und die Niederlande

<sup>\*)</sup> **Durchschnittsalter**  
**36,2 Jahre**

Import:  
**27.5** TWh bzw  
**4,8%** des Verbrauchs in D  
(überwiegend aus FR, NL, DK)

Export:  
**61,3** TWh bzw  
**10,6%** des Verbrauchs in D  
(überwiegend nach CH, NL, DK)



2019

# Klappt im Notfall die Nachbarschaftshilfe?

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit

## Situation im Dezember 2021:

- Ausfall von bis zu 12 französischen Kernkraftwerken
- Strompreise bis 62 ct/kWh
- Deutschland musste netto **ca. 8,7 % der eigenen Stromerzeugung** an Nachbarländer (Schweiz, Österreich, Polen, Frankreich...) liefern

Export:

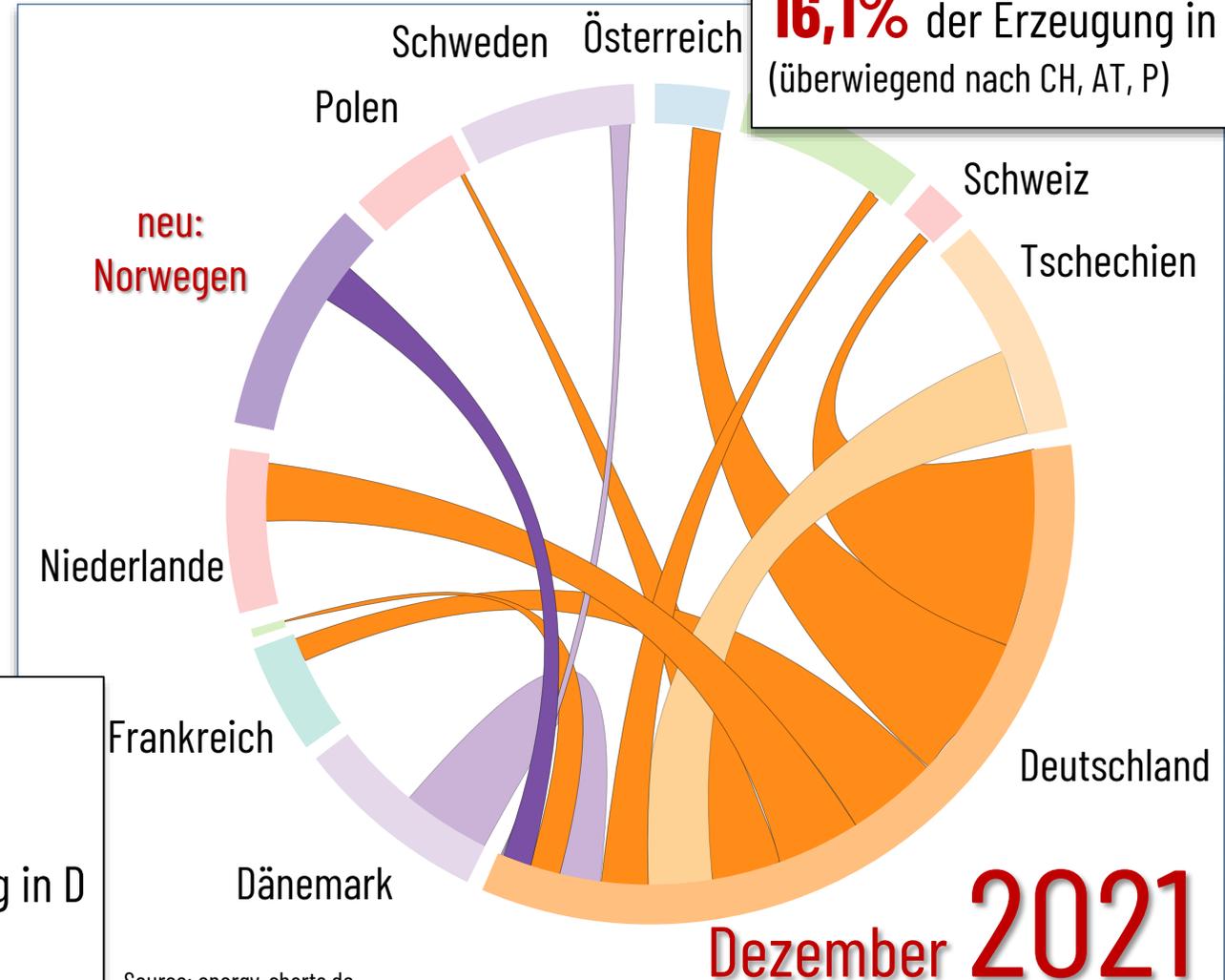
**7,2 TWh** bzw

**16,1%** der Erzeugung in D  
(überwiegend nach CH, AT, P)

Import:

**3.3 TWh** bzw

**7,5%** des Erzeugung in D  
(überwiegend aus DK, N, CZ)



# Klappt im Notfall die Nachbarschaftshilfe?

**Nein!**

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

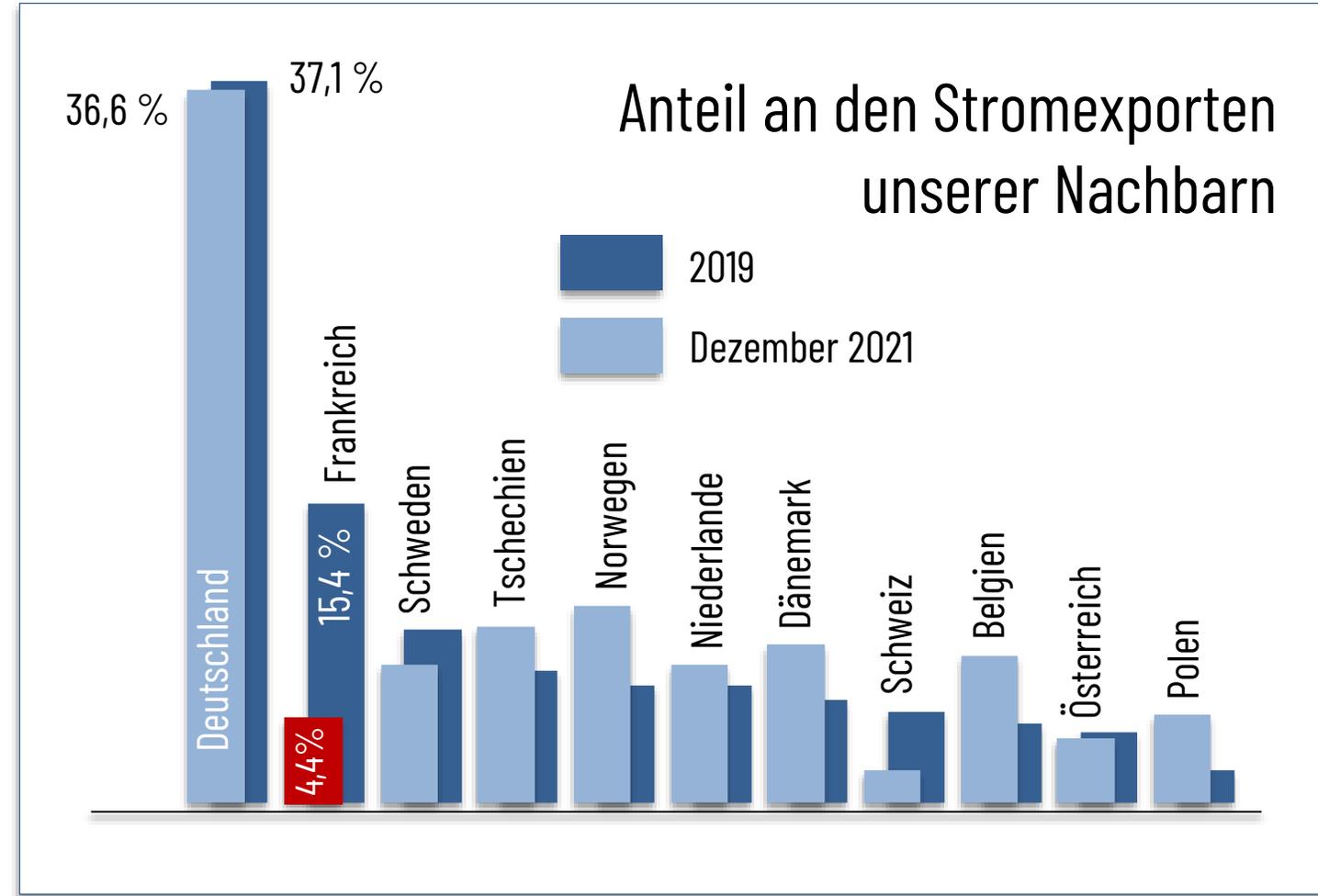
Fazit

## Situation im Dezember 2021:

- Ausfall von bis zu 12 französischen Kernkraftwerken
- Strompreise **bis 62 ct/kWh**

- Deutschland musste netto **ca. 8,7 % der eigenen Stromerzeugung** an Nachbarländer (Schweiz, Österreich, Polen, Frankreich...) liefern

Im Notfall helfen  
**nur Speicher!**



Stand heute

die Kosten

Sicherheit

**Speicher-Lösungen**

Fazit

## 4. Speichertechnologien für die Dunkelflaute

- Speicheraufgaben
- Wasserstoff und Power-to-X für die Dunkelflauten



# Speicheraufgaben

Stand heute

die Kosten

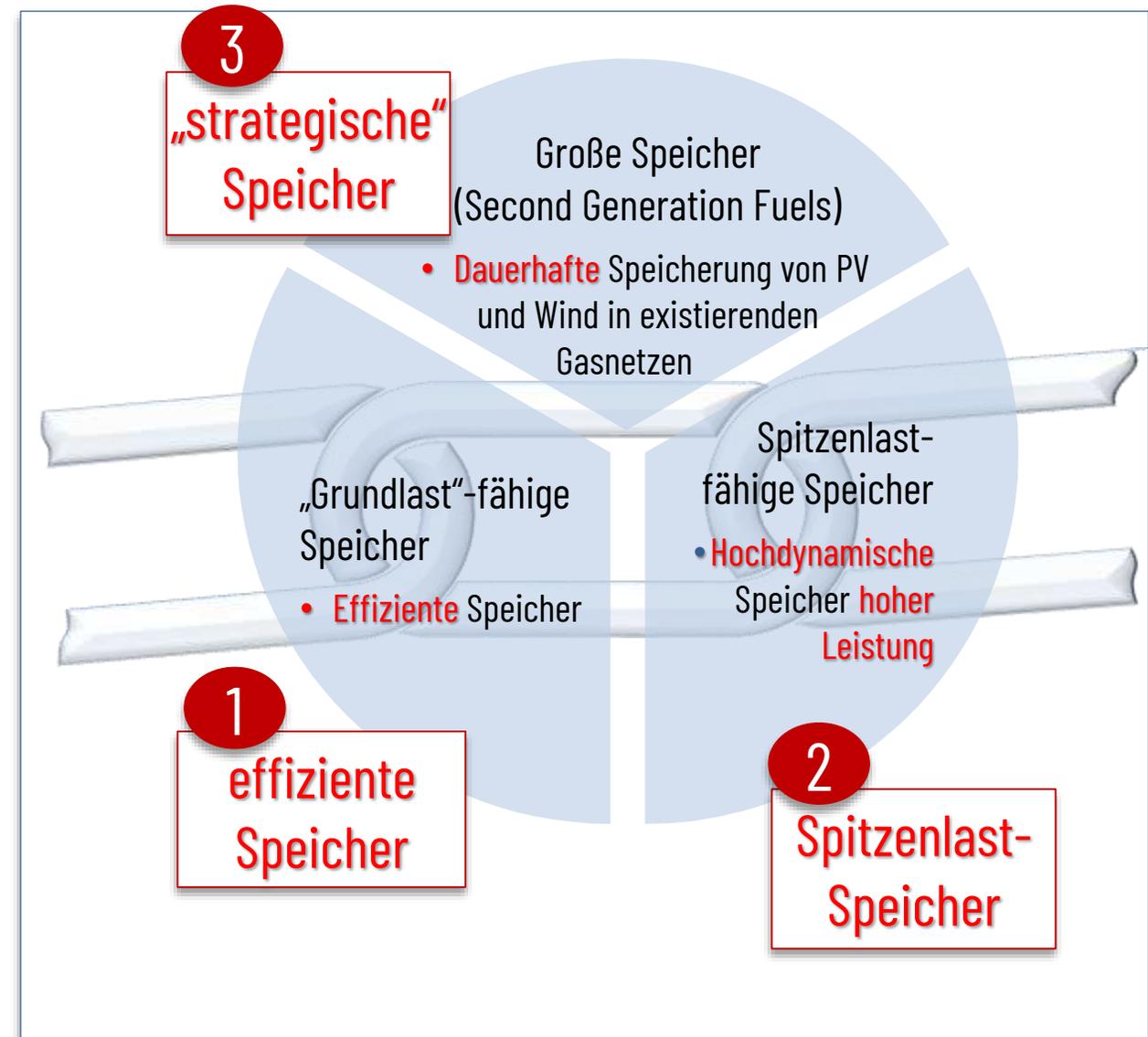
Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit

## Business-Cases für Speichertechnologien

- 1 Grundlastfähige Speicher (z.B. Batterien)
- 2 Spitzenlastfähige Speicher (z.B. Hochtemperaturspeicher, Pumpspeicherkraftwerke)
- 3 Systeme mit großen Speicherkapazitäten (Second Generation Fuels bzw. Chemische Speicher)



# Speicheraufgaben

Stand heute

die Kosten

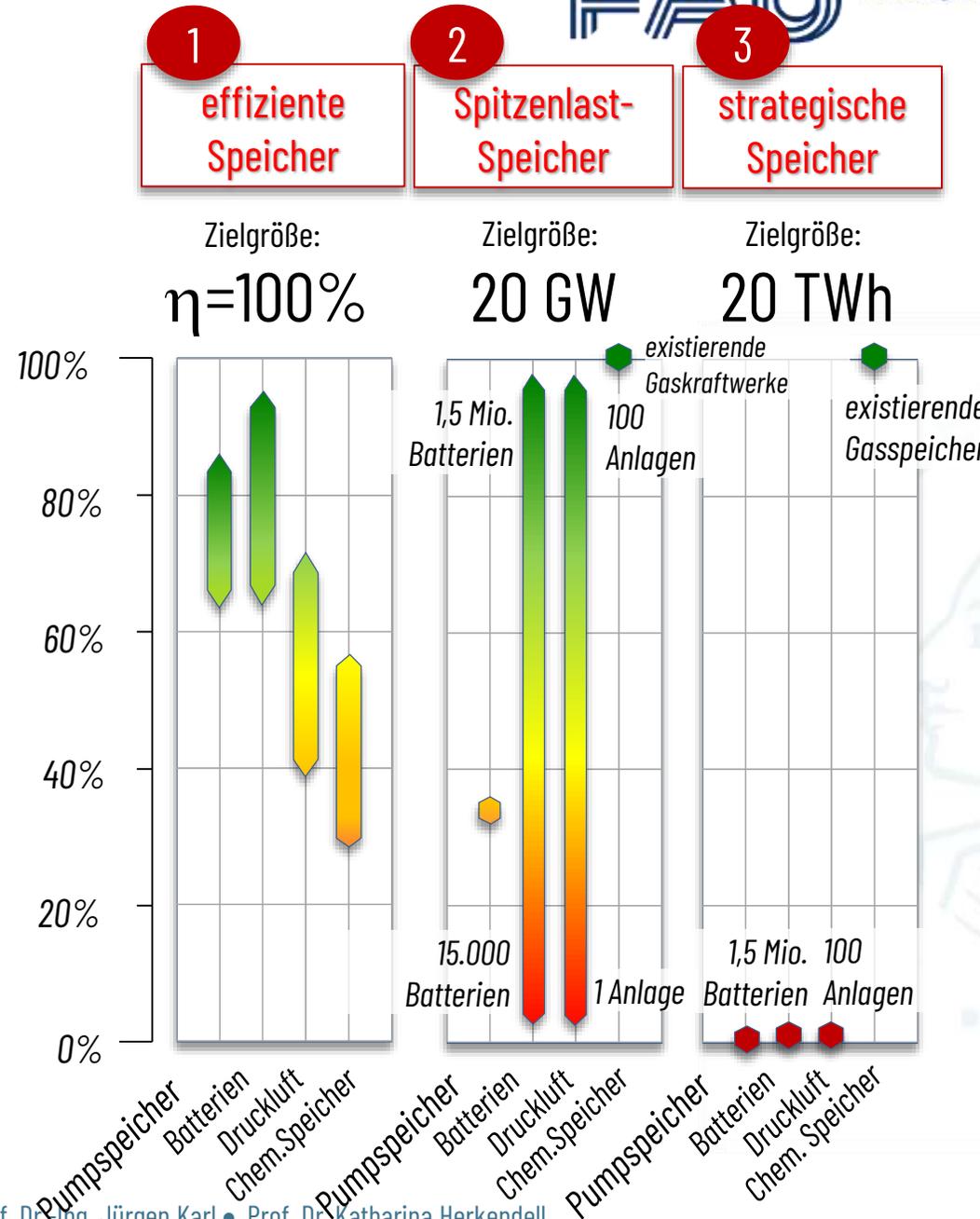
Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit

## Business-Cases für Speichertechnologien

- 1 Grundlastfähige Speicher (z.B. Batterien)
- 2 Spitzenlastfähige Speicher (z.B. Hochtemperaturspeicher, Pumpspeicherkraftwerke)
- 3 Systeme mit großen Speicherkapazitäten (Second Generation Fuels bzw. Chemische Speicher)



1

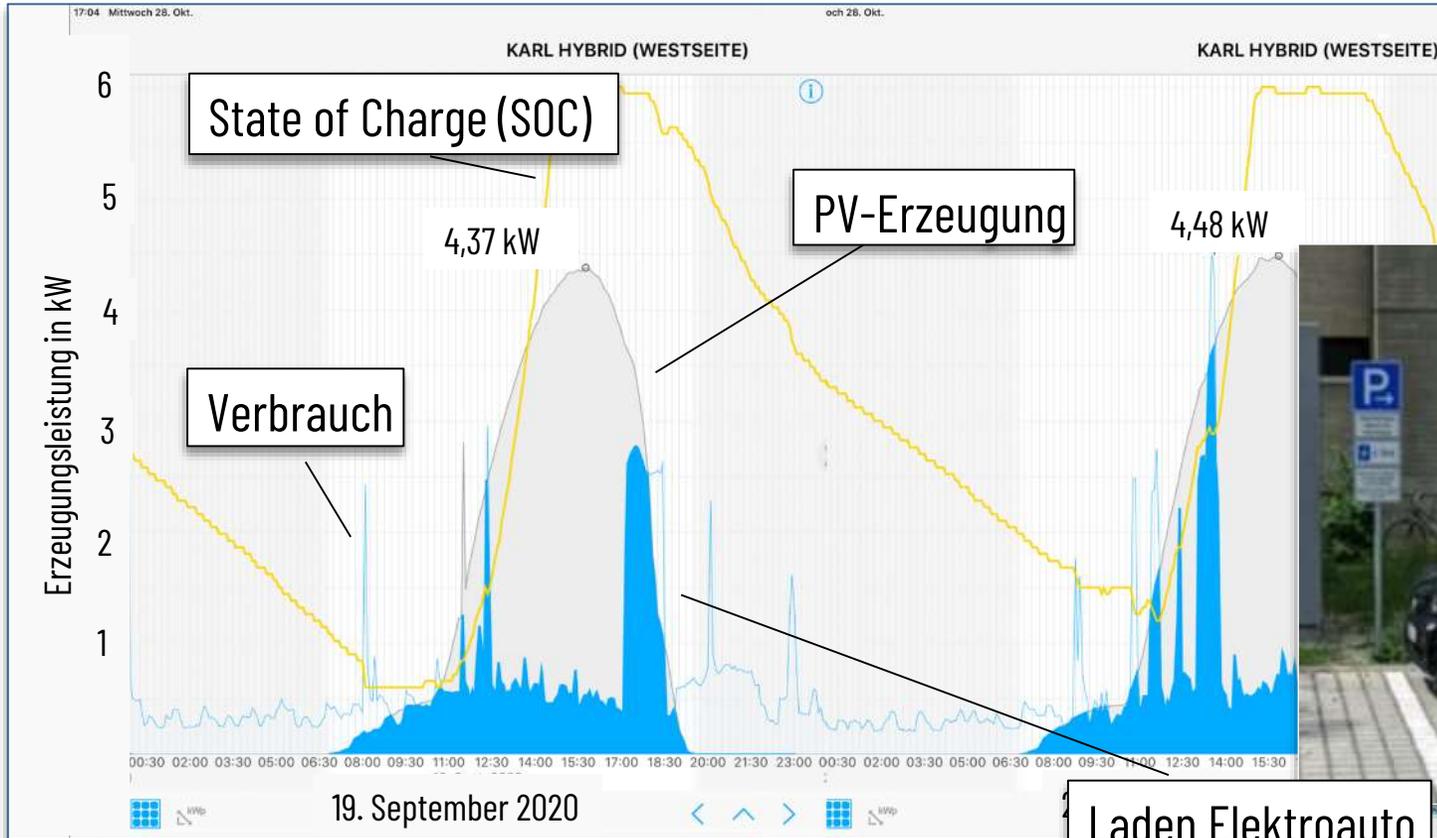
# Business-Case Aufgabe 1: Effiziente Speicher

- (effiziente) Batterie-Speicher sind heute schon wirtschaftlich
- Tag-Nacht-Verschiebung von Solarstrom klappt perfekt

(im Sommer)



Batteriespeicher 12 kWh (mit Notstromfunktion)



Laden Elektroauto

- Stand heute
- die Kosten
- Sicherheit
- Speicher-Lösungen
- Fazit

## 2

## Business-Case Aufgabe 2: Spitzenlast-Speicher („Peak-Shaving“)

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

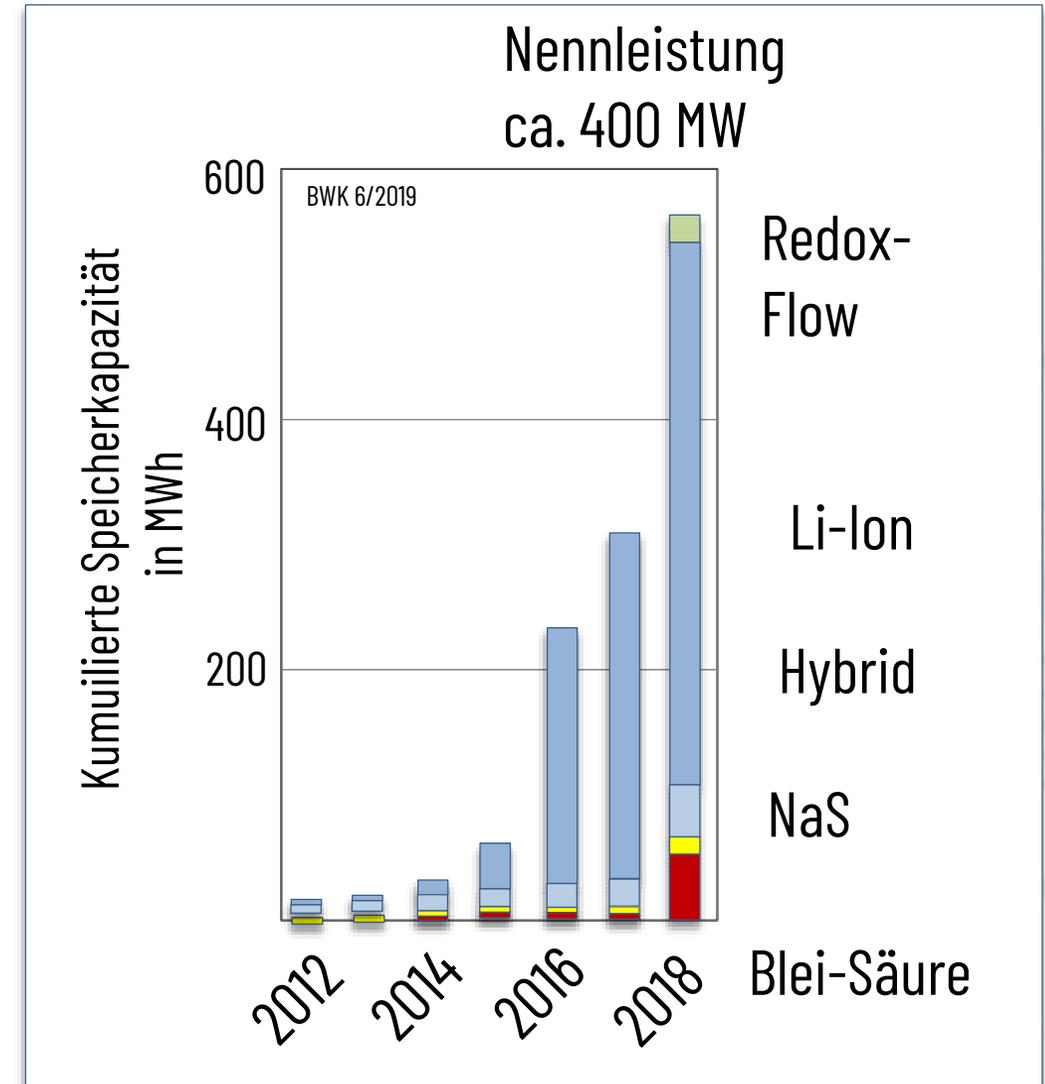
Speicher-Lösungen

Fazit

- Mit Spitzenlastspeichern wird heute schon am **Regelenergie-Markt** Geld verdient werden
- Vielfach werden „Second-Life“-Batterien eingesetzt

Kleingedrucktes:

- Regelenergie ist nur wenige Stunden (bzw. kWh) im Jahr im Einsatz
- für's "Peak shaving" könnte notfalls also auch erst mal fossiles Gas eingesetzt werden...



## Business-Case für Aufgabe 3: Speicher für die Dunkelflaute

Stand heute

die Kosten

Sicherhe

Speicher-Lös

Fazit



*Hoffentlich \*)*

# Gibt's nicht

"Für die Dunkelflaute werden  
Batterie-Speicher nicht helfen"



### Gründe:

- Zu hohe Investitionskosten
- Zu geringe Anlagenauslastung / Jahresvolllaststunden / Erlöse
- Zu geringe Wirkungsgrade

\*) "strategische Speicher" würden nur bei extrem hohen Strompreisen Geld verdienen...

# Technische Lösungen

## ~~Business Case~~ für Aufgabe 3: Speicher für die Dunkelflaute

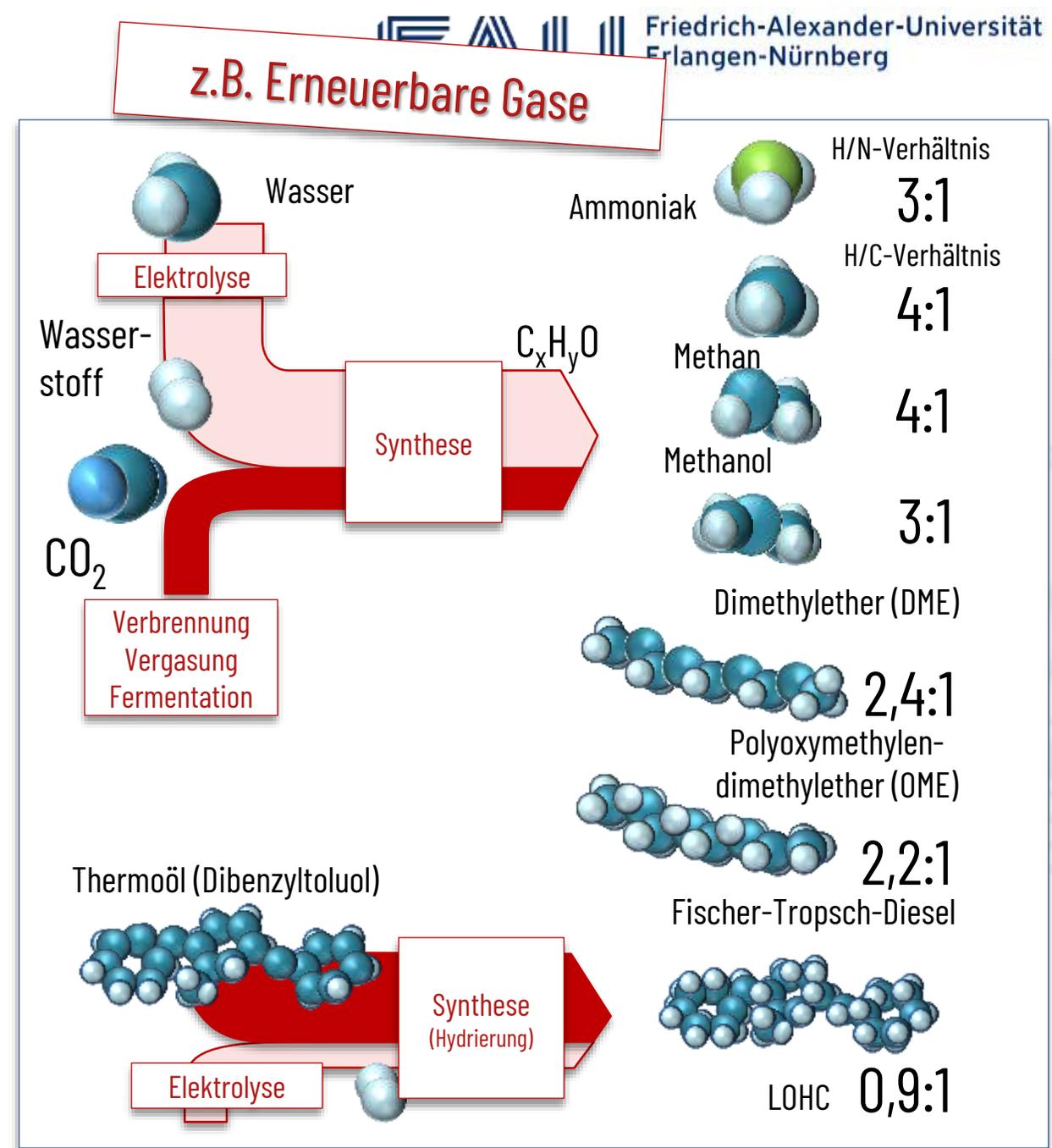
- Stand heute
- die Kosten
- Sicherheit
- Speicher-Lösung
- Fazit



- Dunkelflauten müssen (wie heute schon) mit billigen Gasturbinen / Gasmotoren überbrückt werden

aber

- Wir müssen dafür fossiles Erdgas/Erdöl ersetzen
- **Erneuerbare Gase / e-fuels / chemische Speicher** können Strom aus Erneuerbaren speichern



# Gehen 100% Erneuerbare Energien ohne Bioenergie?

- Unser künftiges Energiesystem braucht chemische Speicher!
- Chemische Speicher brauchen Wasserstoff **und** Kohlenstoff

**aus Biomasse!**

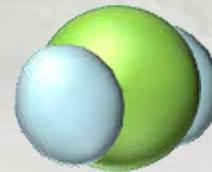
Wasserstoff



$H_2$



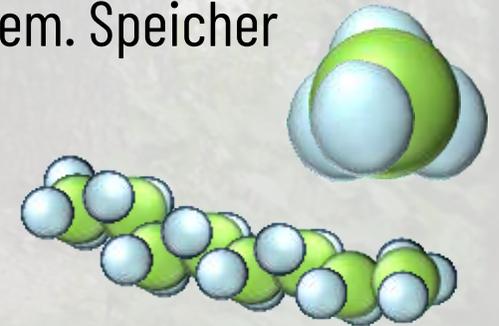
Kohlenstoff



$CO_2$



chem. Speicher



$C_xH_y$

# Gehen 100% Erneuerbare Energien ohne Bioenergie? **Nein!**

- Wir brauchen **grünen Kohlenstoff** für die Speicherung erneuerbarer Energien, e-fuels und für grüne Wärme

- Unser künftiges Energiesystem braucht chemische Speicher!
- Chemische Speicher brauchen Wasserstoff und Kohlenstoff

**aus Biomasse!**

Durchwachsene Silphie



Wasserstoff

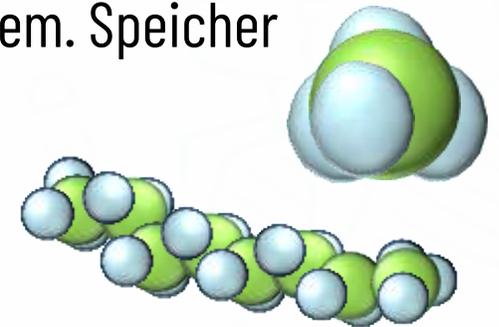


+

Kohlenstoff



chem. Speicher



# Idee des Power-to-X („Power-to-Gas“, „Power-to-Liquids“)

- Elektrolyse erzeugt Wasserstoff aus erneuerbarem Strom
- Wasserstoff wird direkt genutzt oder in synthetischen Energieträger **„gespeichert“**

Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicherung

„Die Industrie hat in vielen Bereichen keine Alternative zum Wasserstoff“

gratis-Download unter:

<https://www.evt.tf.fau.de/forschung/publikationen/encn-wasserstoffstudie-2021/>



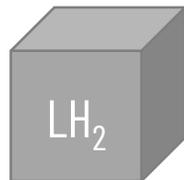
Michael Sterner, OTH Regensburg & SAMOS

Referenz:  
Diesel

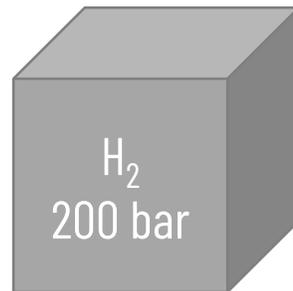


10,6 MWh/m<sup>3</sup>

Wasserstoff



2,37



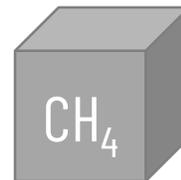
0,53

Methan  
flüssig  
-160 °C



5,6

Methan  
200 bar



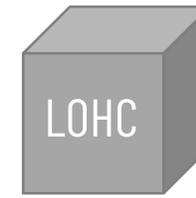
2,3

Methanol



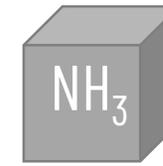
4,4

LOHC



1,9

Ammoniak  
flüssig  
-33 °C



3,5 MWh/m<sup>3</sup>

# Idee des Power-to-X („Power-to-Gas“, „Power-to-Liquids“)

- Elektrolyse erzeugt Wasserstoff aus erneuerbarem Strom
- Wasserstoff wird direkt genutzt oder in synthetischen Energieträger **„gespeichert“**

Stand heute

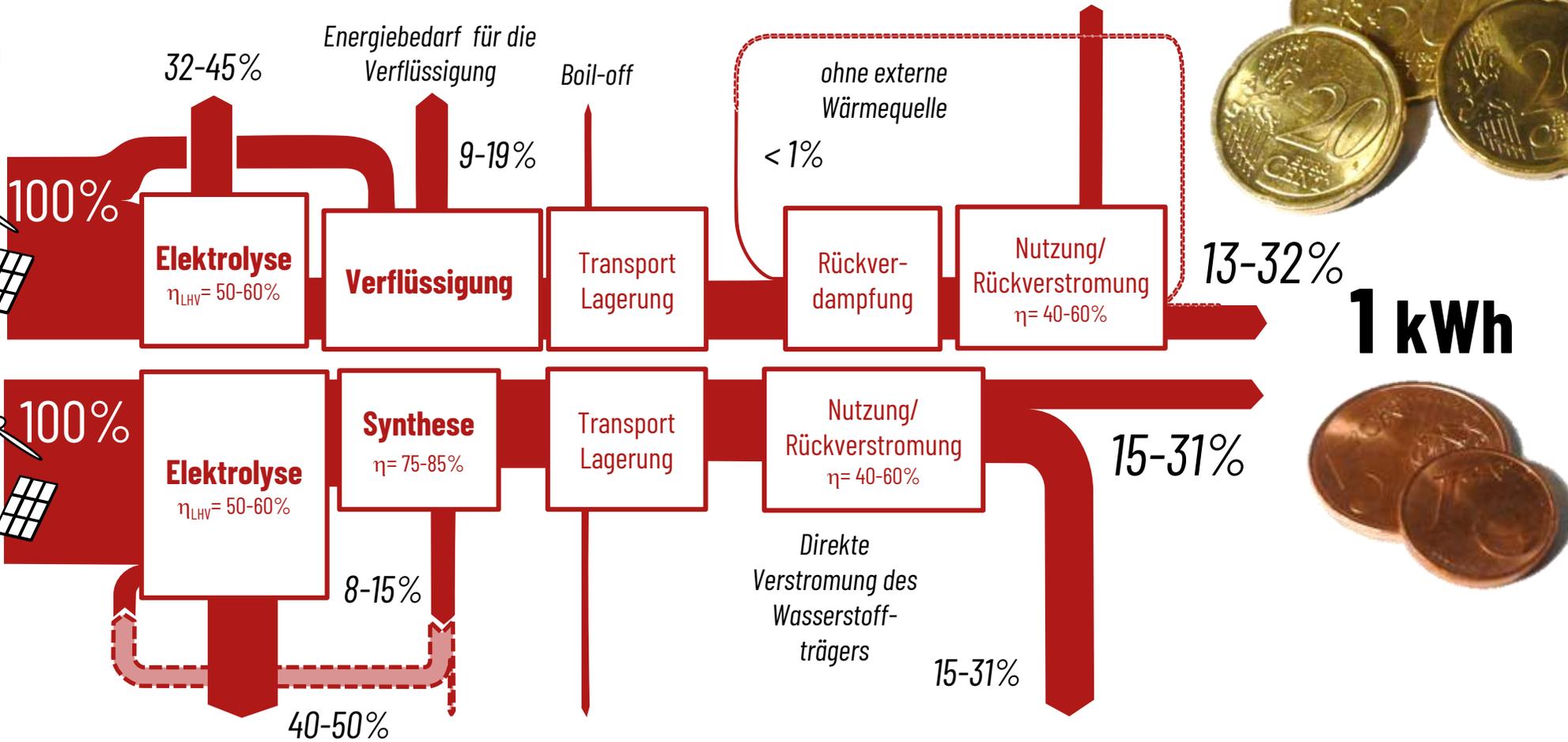
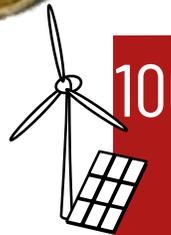
die Kosten

Sicherheit

Speicherung



**3 kWh**



**1 kWh**





- Prof. Gilberto Jannuzzi, São Paolo
- iSEneC, RLS Session, Nürnberg 12.7.2016



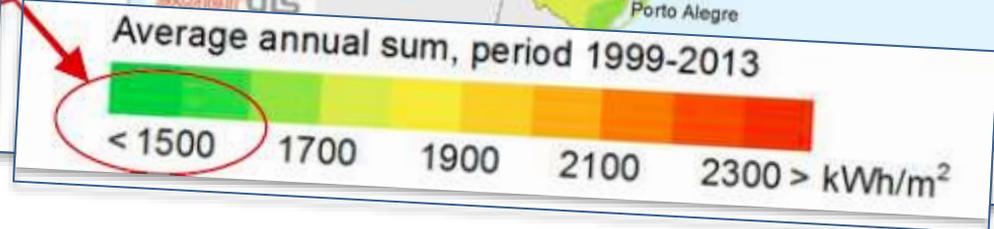
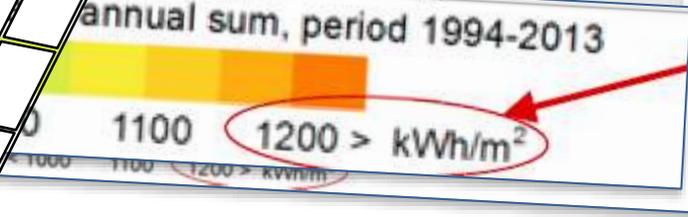
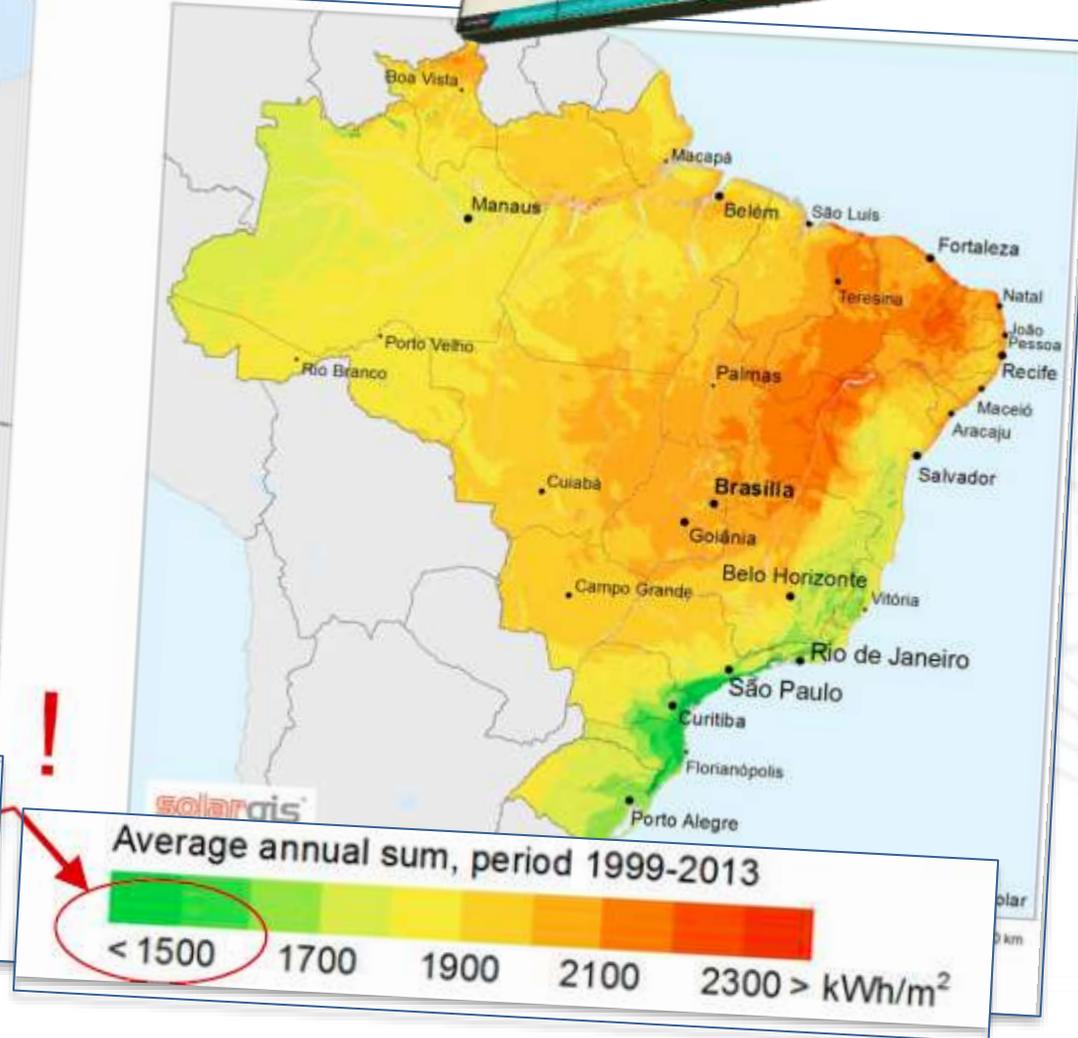
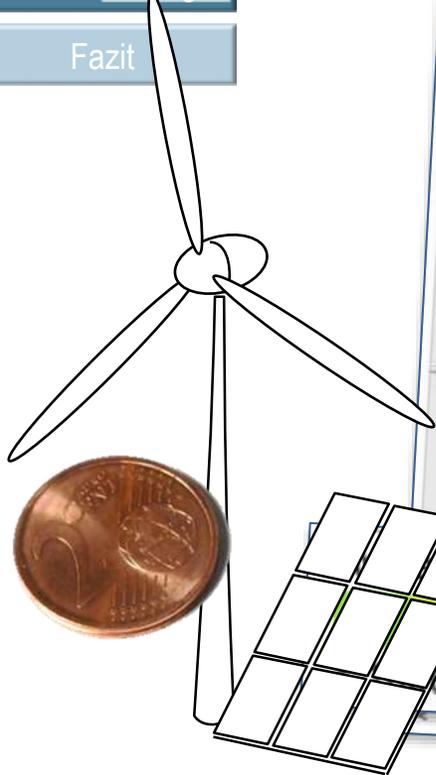
Stand heute

die Kosten

Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit





- Prof. Gilberto Jannuzzi, São Paolo
- iSEneC, RLS Session, Nürnberg 12.7.2017



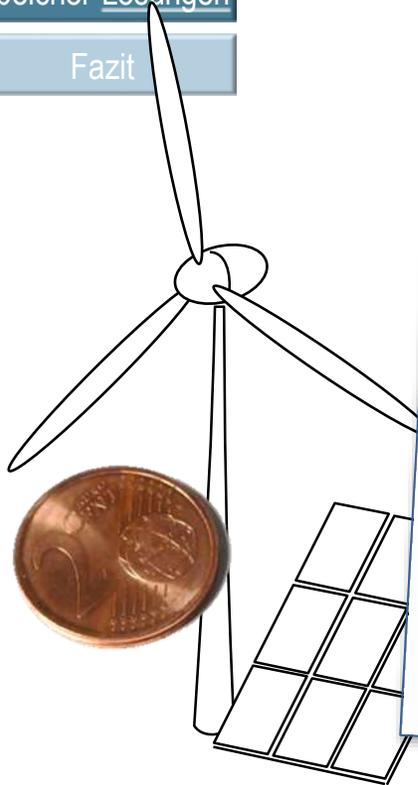
Stand heute

die Kosten

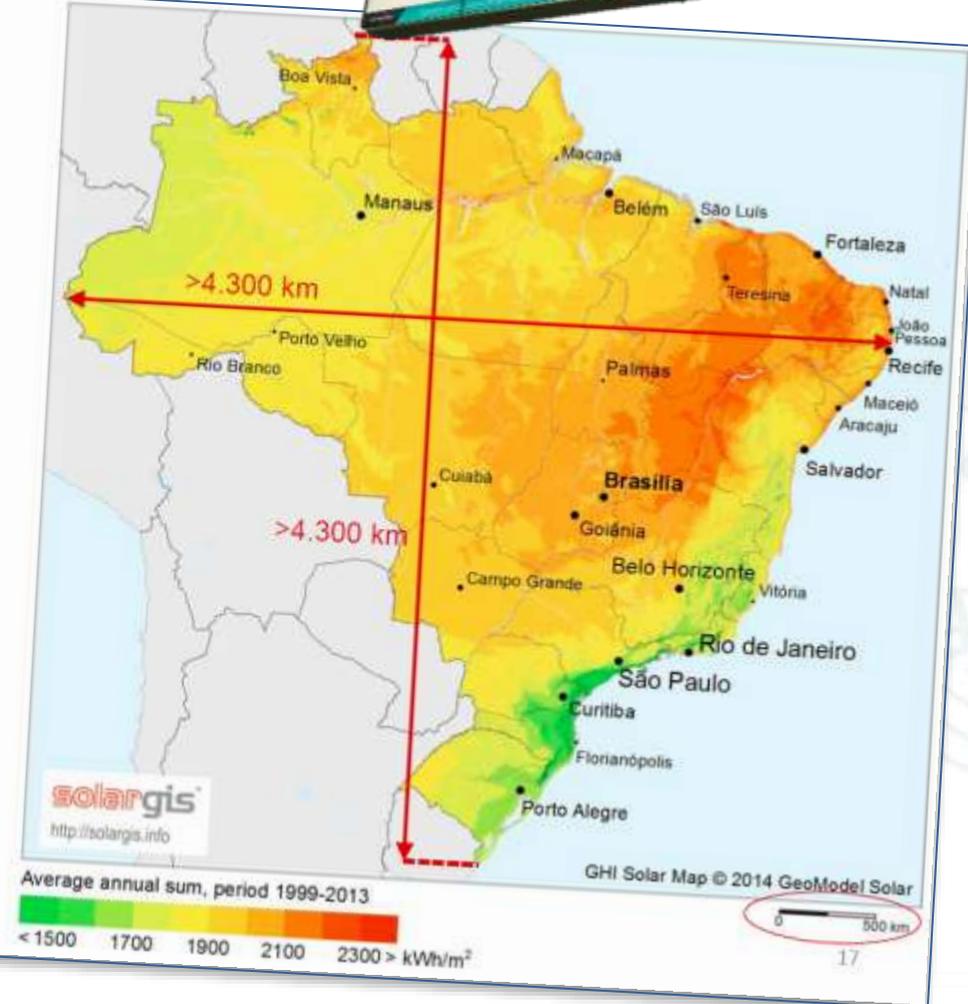
Sicherheit

Speicher-Lösungen

Fazit



# Germany and Brazil Comparison



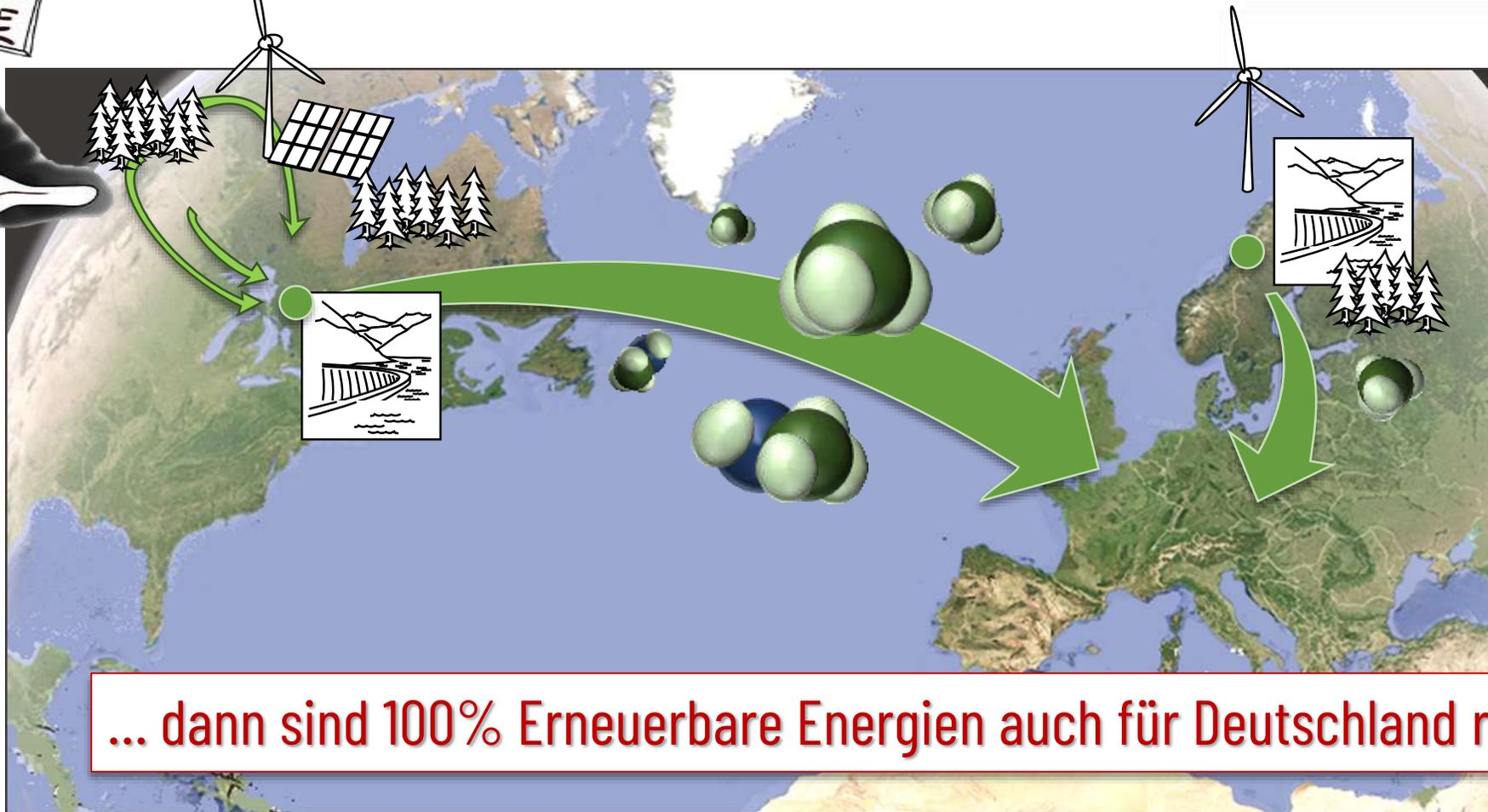
Sources: <http://solargis.info/doc/free-solar-radiation-maps-GHI>; [www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/](http://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/)



# Lösung: **Globalisierung** der Energiewende

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

- Stand heute
- die Kosten
- Sicherheit
- Speicher-Lösung
- Fazit



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

# Fazit

zum Nachlesen:



“Wir müssen das Notwendige  
möglich machen!”



Helga Kromp-Kolb, Universität fü...

1

Die Erneuerbaren Energien reichen derzeit noch nicht aus, um alle fossilen Kraftwerke zu ersetzen

2

Der aktuelle Ausbauplan der Bundesregierung wird **richtig teuer** (und 100% Erneuerbare werden bei weitem nicht erreichen)

3

Wir müssen den Ausbau Erneuerbarer Energien **vervielfachen** um auch andere Sektoren zu defossilisieren

4

100% Erneuerbare sind technisch machbar, wirtschaftlich sinnvoll und **für die Zukunft unsere Kinder unabdingbar...**