

Wir machen uns klimafit! – Energiefrühschoppen in Mindelstetten

05.05.2024

# Erneuerbare Energien im Fokus: Ein Blick auf Versorgungssicherheit und Strompreise

Nora Elhaus, M. Sc.  
Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



Kraftwerkspark 2023

Backup-Kapazitäten

Gasversorgung

Zukünftige Kosten

# 1. Die aktuelle Entwicklung des Kraftwerksparks und der Versorgungssicherheit

- Kraftwerkspark in Deutschland
- Status Quo: Versorgungssicherheit in Deutschland

# 2. Die notwendigen Backup-Kapazitäten und -Technologien für die Energiewende

- Nationale Wasserstoffstrategie
- Die Rolle von Speichern

# 3. Welche Rolle spielt die künftige Gasversorgung für die Versorgungssicherheit?

- Entwicklung der Gaspreise in Deutschland
- Alternativen zu Putins Gas

# 4. Was wird uns Versorgungssicherheit künftig kosten?

- Einfluss der erneuerbaren Energien auf den Strompreis
- Wirtschaftliche Bilanz der Energiewende

Kraftwerkspark 2023

Backup-Kapazitäten

Gasversorgung

Zukünftige Kosten

# 1. Die aktuelle Entwicklung des Kraftwerksparks und der Versorgungssicherheit

- Kraftwerkspark in Deutschland
- Ausbauplan der Bundesregierung

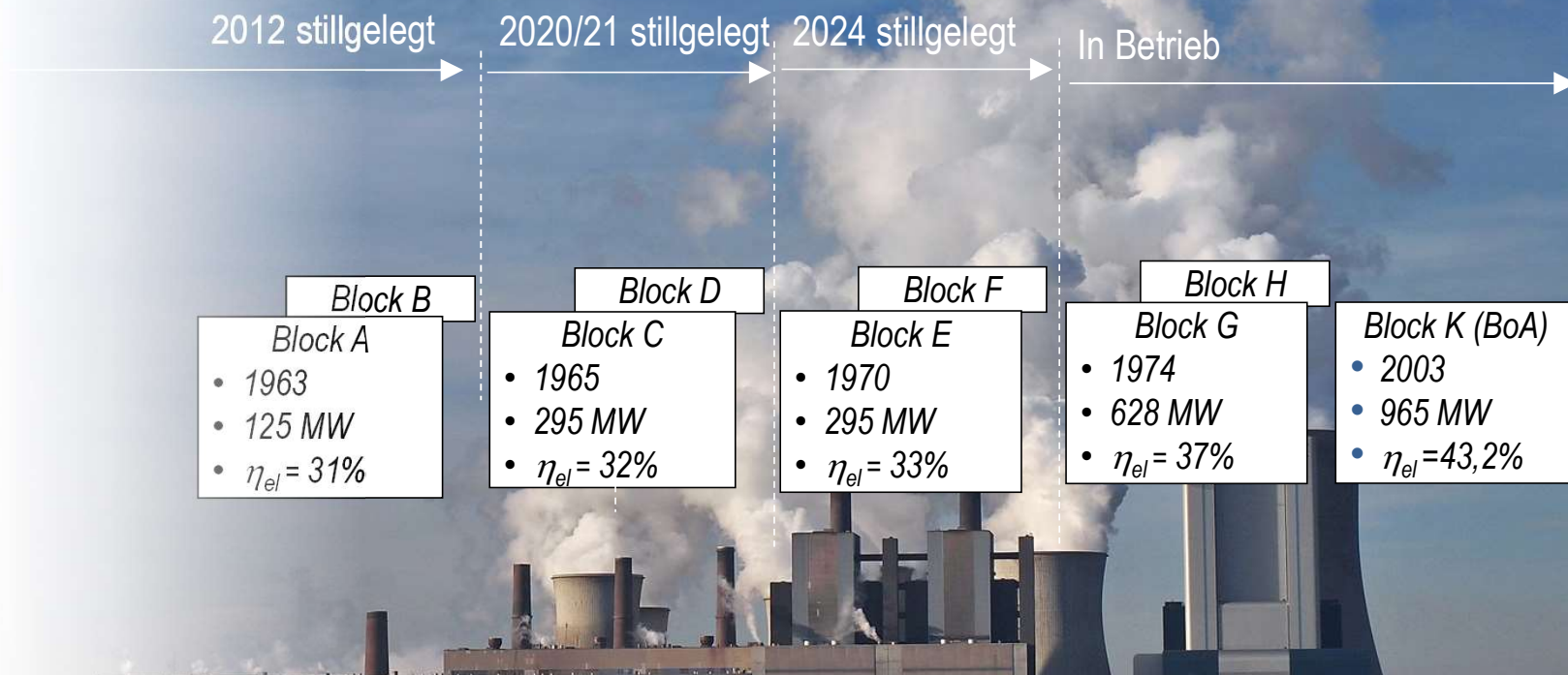


# Brennpunkt Versorgungssicherheit

- Kraftwerkspark 2023
- Backup-Kapazitäten
- Gasversorgung
- Zukünftige Kosten

## Deutschland im Frühjahr 2024:

- Beispiel:  
Braunkohlekraftwerk  
Niederaußem

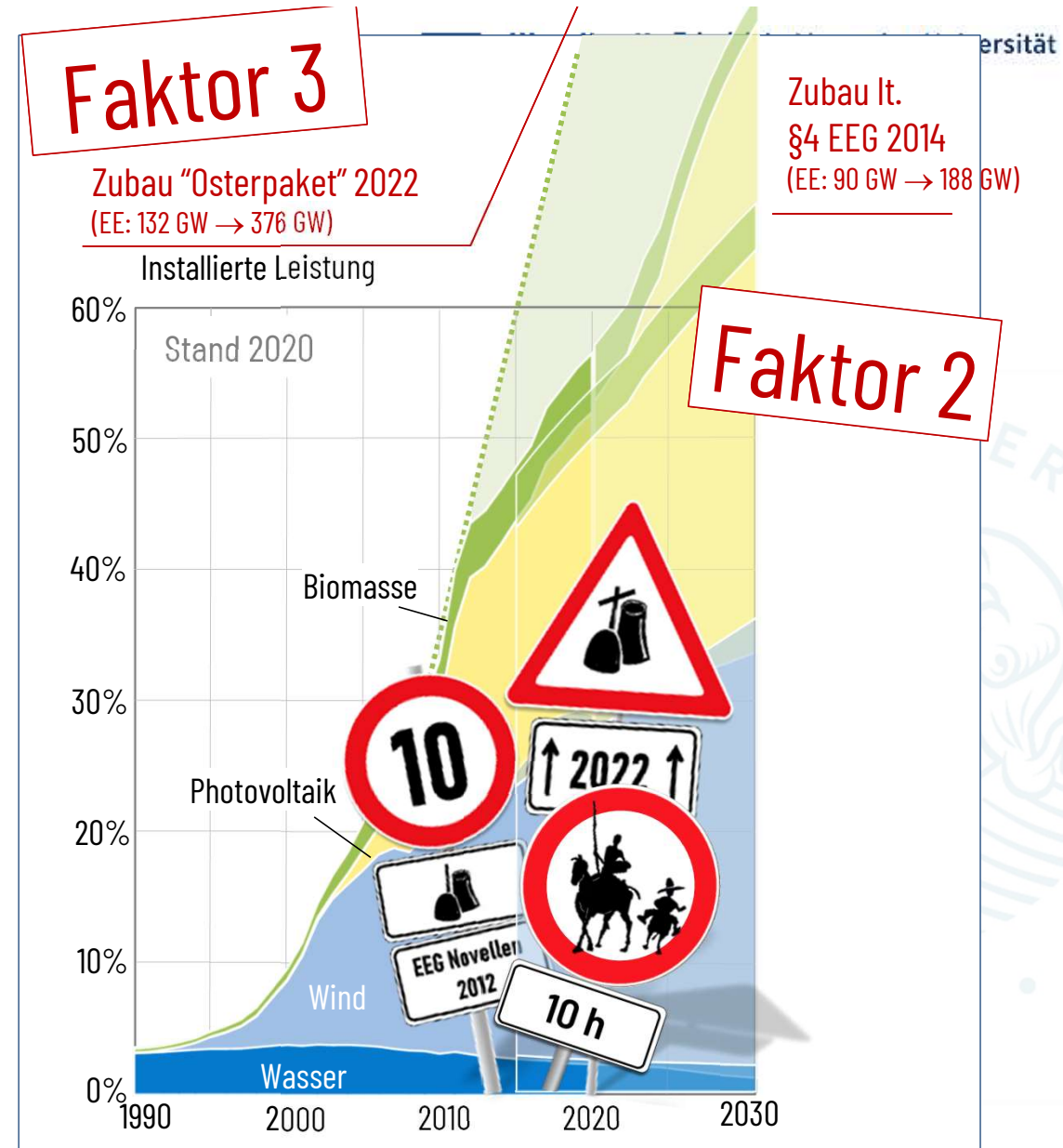


Die meisten deutschen Kohlekraftwerke sind hoffnungslos veraltet...

# Die Situation am deutschen Strommarkt

- Kraftwerkspark 2023
- Backup-Kapazitäten
- Gasversorgung
- Zukünftige Kosten

- 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



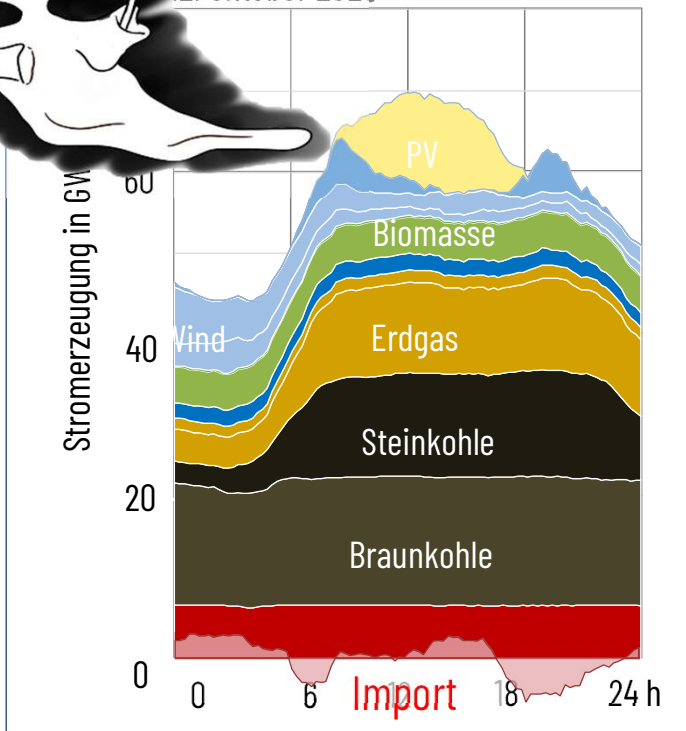
# Prognose 2030

Kraftwerkspark 2023

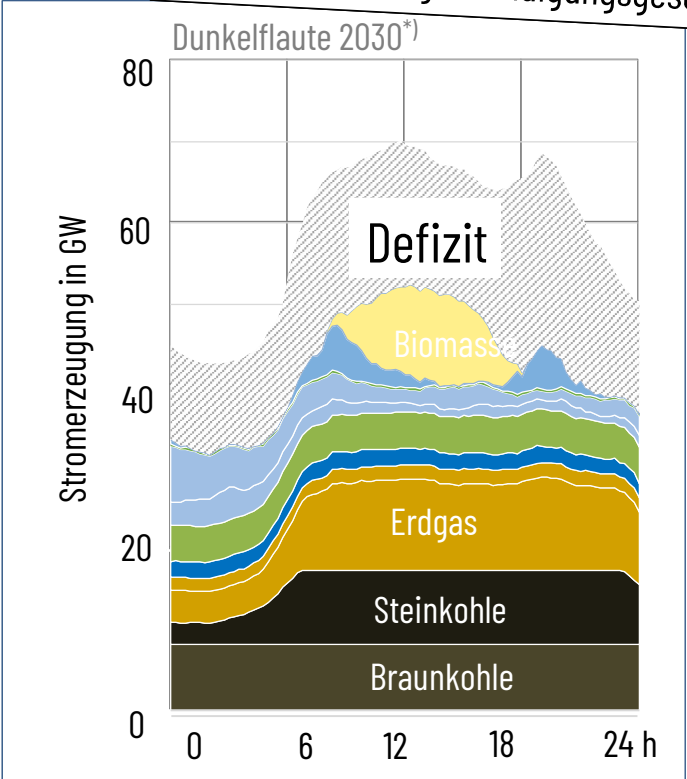
Backun...azität

Ga...z. Oktober 2020

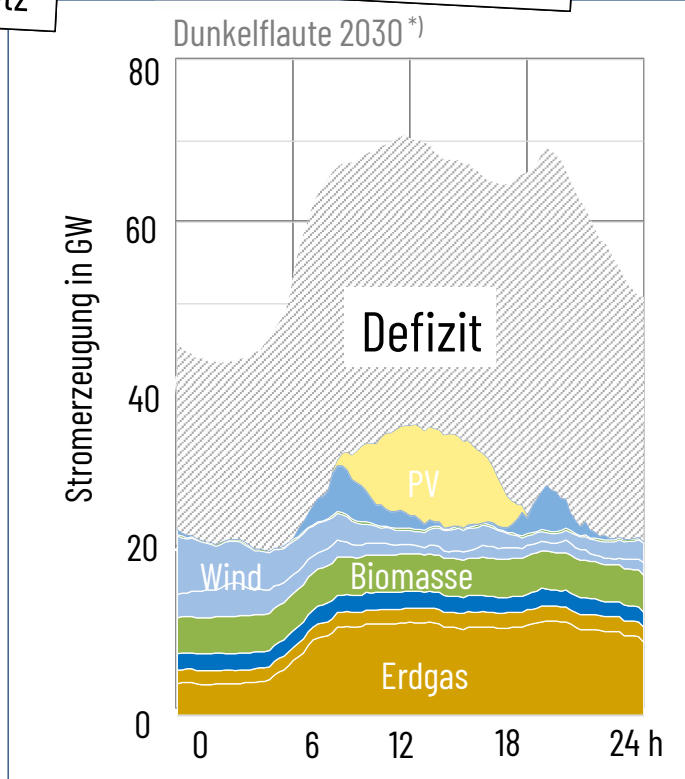
Zi...



Kohleausstieg nach Kohleverstromungsbeendigungsgesetz



vollständiger Kohleausstieg bis 2030



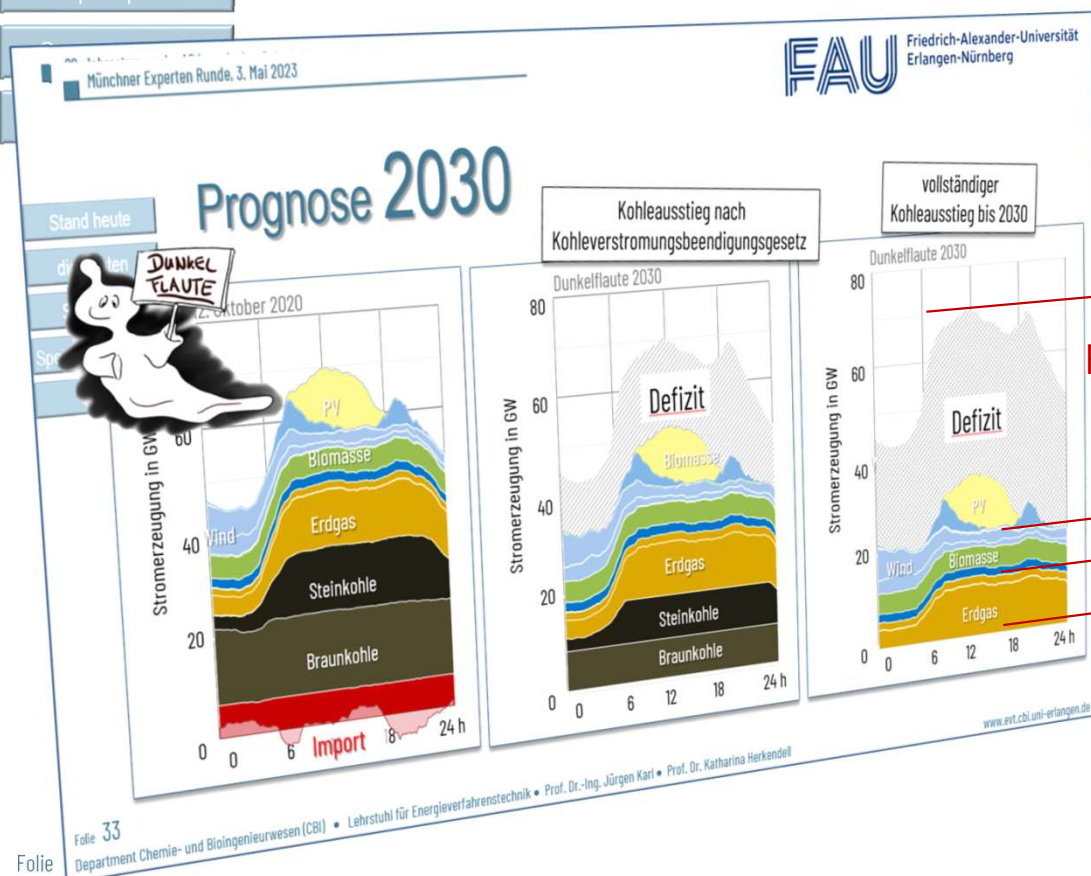
\*) ohne weiteren Ausbau der Erneuerbaren

# Energiebilanz für 100% Erneuerbare Energien

Kraftwerkspark 2023

Backup-Kapazitäten

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



- Um die Versorgung auch bei Dunkelflauten 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

# Fazit

1.

Der konventionelle Kraftwerkspark ist hoffnungslos veraltet. Wir brauchen viel mehr Wind und PV!





Kraftwerkspark 2023

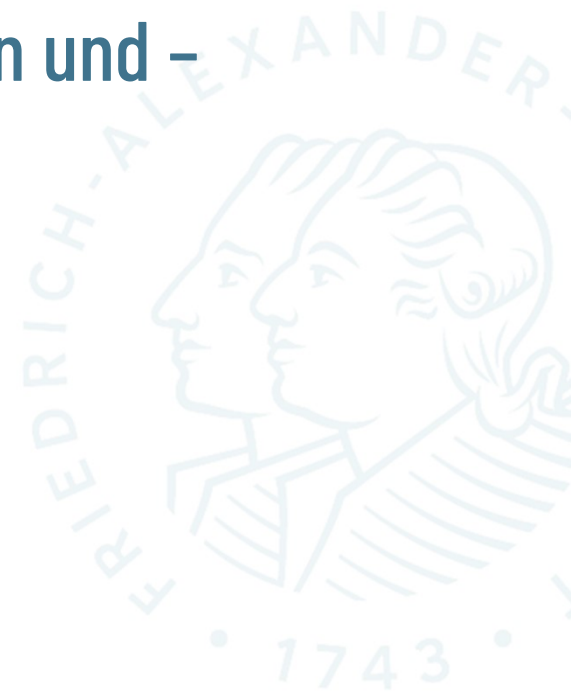
Backup-Kapazitäten

Gasversorgung

Zukünftige Kosten

## 2. Die notwendigen Backup-Kapazitäten und - Technologien für die Energiewende

- Nationale Wasserstoffstrategie
- Die Rolle von Speichern



# Die Stromversorgung im Jahr 2023

- Im Jahr 2023 kamen 46,9% der Bruttostromerzeugung (59,8 % der Nettostromerzeugung ) aus Erneuerbaren Energien

Kraftwerkspark 2023

Backup-Kapazitäten

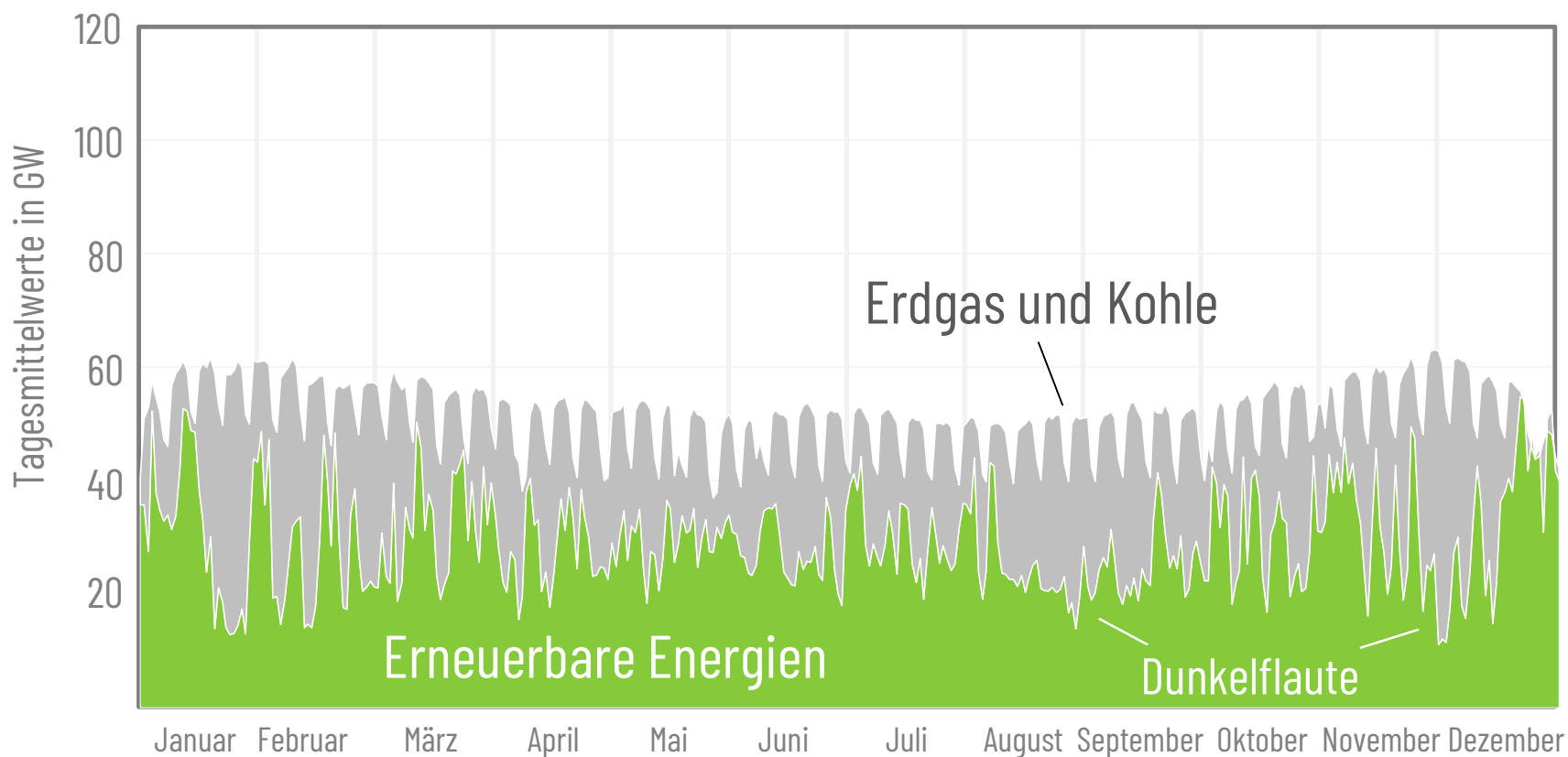


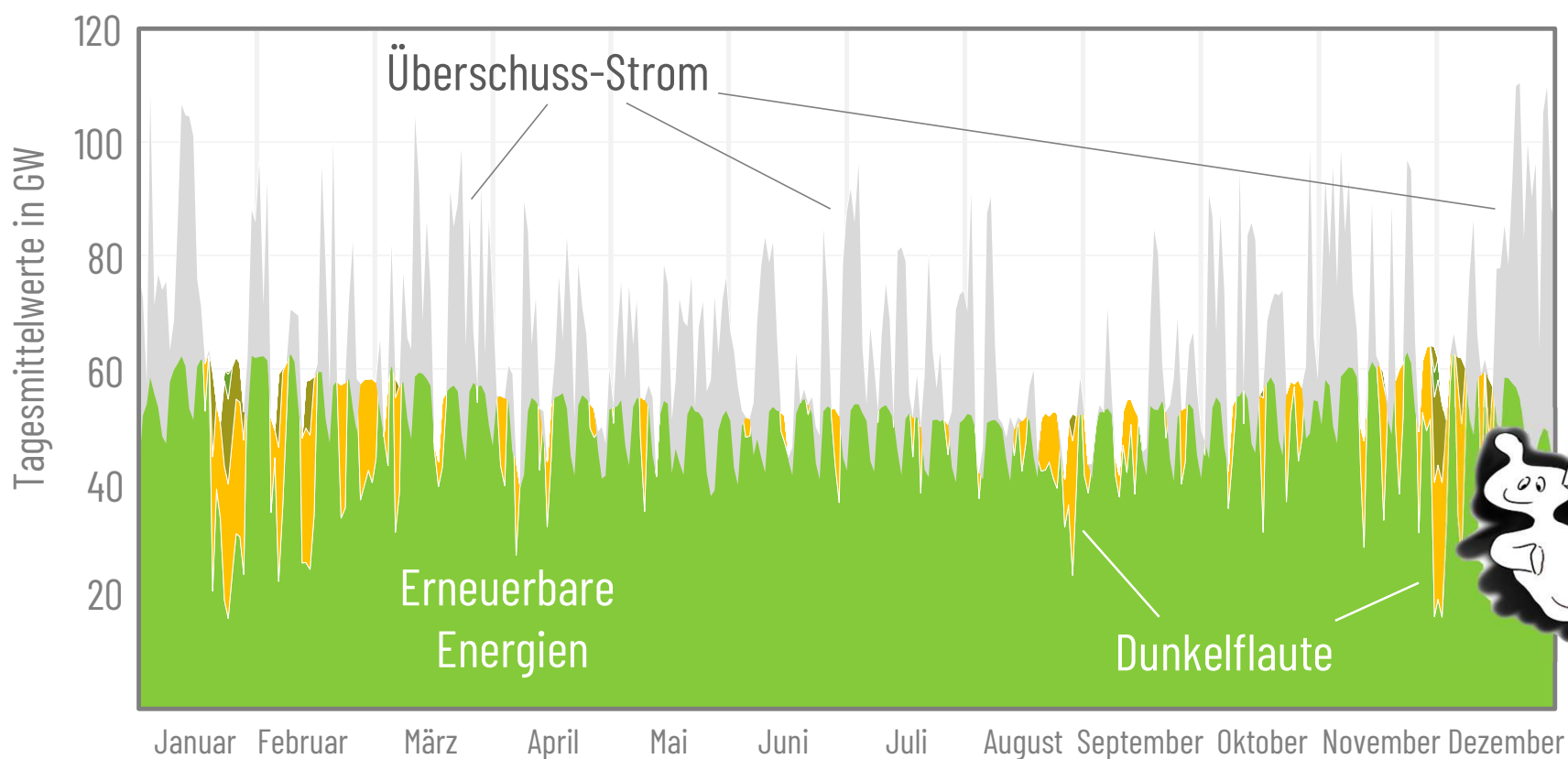
Foto: CBI

# Die Stromversorgung im Jahr 2030

- Im Jahr 2023 kamen 46,9% der Bruttostromerzeugung (59,8 % der **Nettostromerzeugung**) aus Erneuerbaren Energien
- Im Jahr 2030 wird genug kostengünstiger Strom vorhanden sein, um den Strombedarf an den meisten Tagen zu decken<sup>\*)</sup>

Kraftwerkspark 2023

Backup-Kapazitäten



<sup>\*)</sup> wenn der geplante  
Ausbau von Wind  
und PV gelingt

## Unsicherheiten

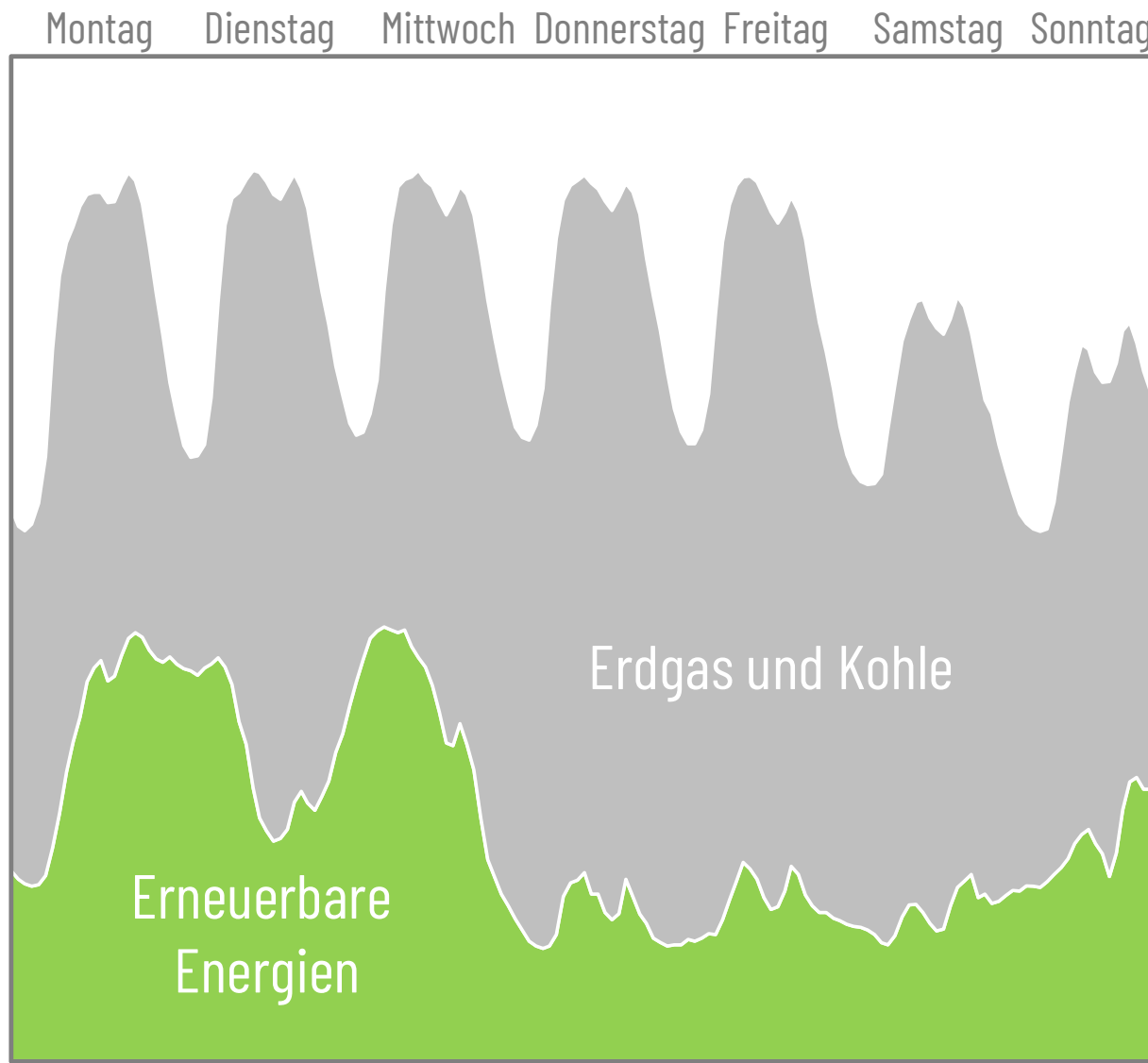
- Zunahme des Stromverbrauchs
- Versorgungssituation im Ausland
- **Versorgungssicherheit bei Dunkelflaute**

Foto: ...

# Versorgungssicherheit bei Dunkelflaute

“Dunkelflaute”  
Ende November

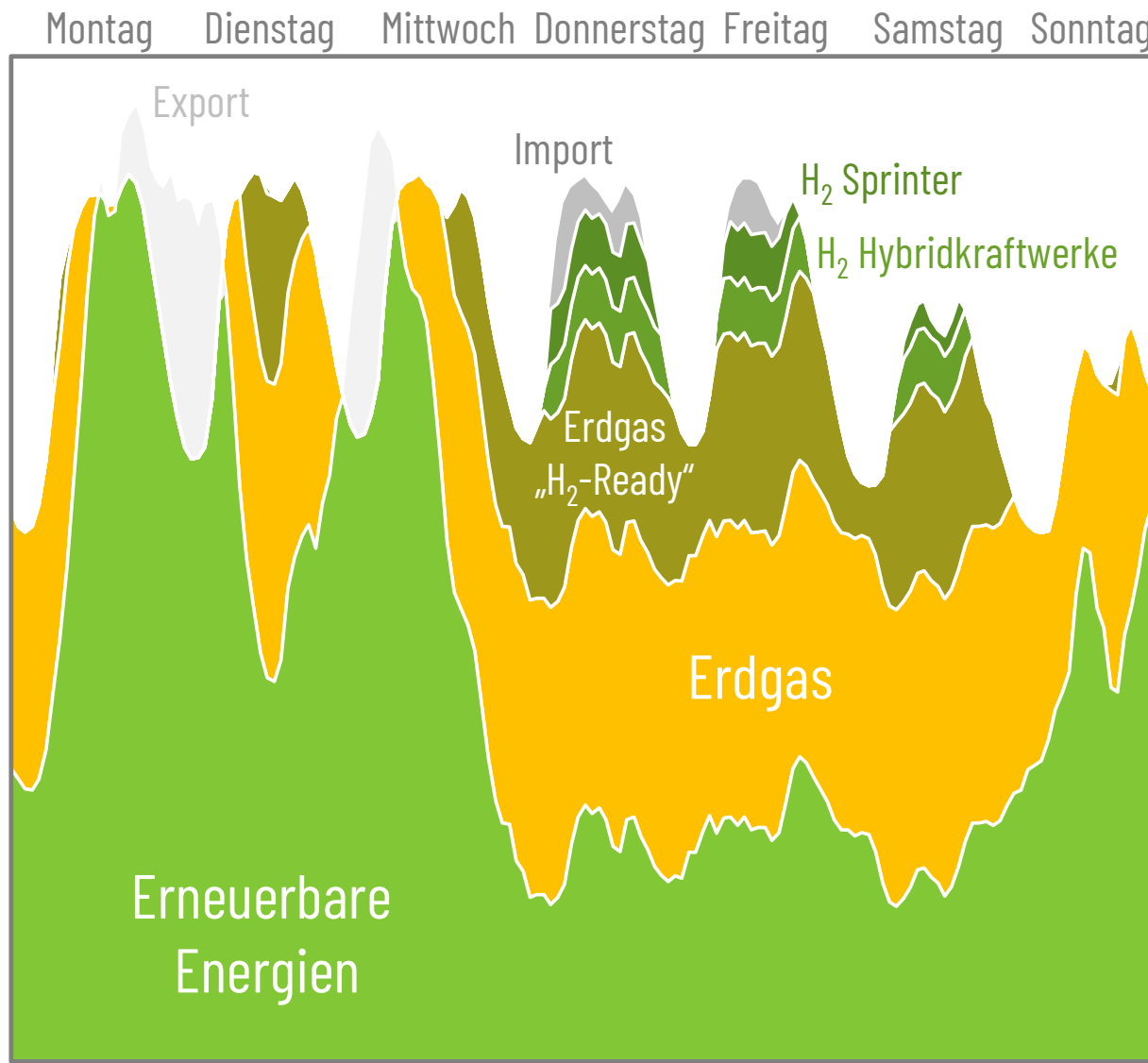
# 2023



# Versorgungssicherheit bei Dunkelflaute

“Dunkelflaute”  
nach Ausbau  
von Wind und PV

# 2030



## Nationale Wasserstoffstrategie

Zubau von

- 15 GW H<sub>2</sub>-Ready-Gaskraftwerken
- 4,4 GW H<sub>2</sub>-“Hybridkraftwerken”
- 4,4 GW “H<sub>2</sub>-Sprinter”



# 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

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

# Fazit

1.

Der konventionelle Kraftwerkspark ist hoffnungslos veraltet. Wir brauchen viel mehr Wind und PV!

2.

Speichertechnologien müssen den Ausbau erneuerbarer Energien dringend ergänzen.

Kraftwerkspark 2023

Backup-Kapazitäten

**Gasversorgung**

Zukünftige Kosten

# 3. Welche Rolle spielt die künftige Gasversorgung

## für die Versorgungssicherheit?

- Entwicklung der Gaspreise in Deutschland
- Alternativen zu Putins Gas

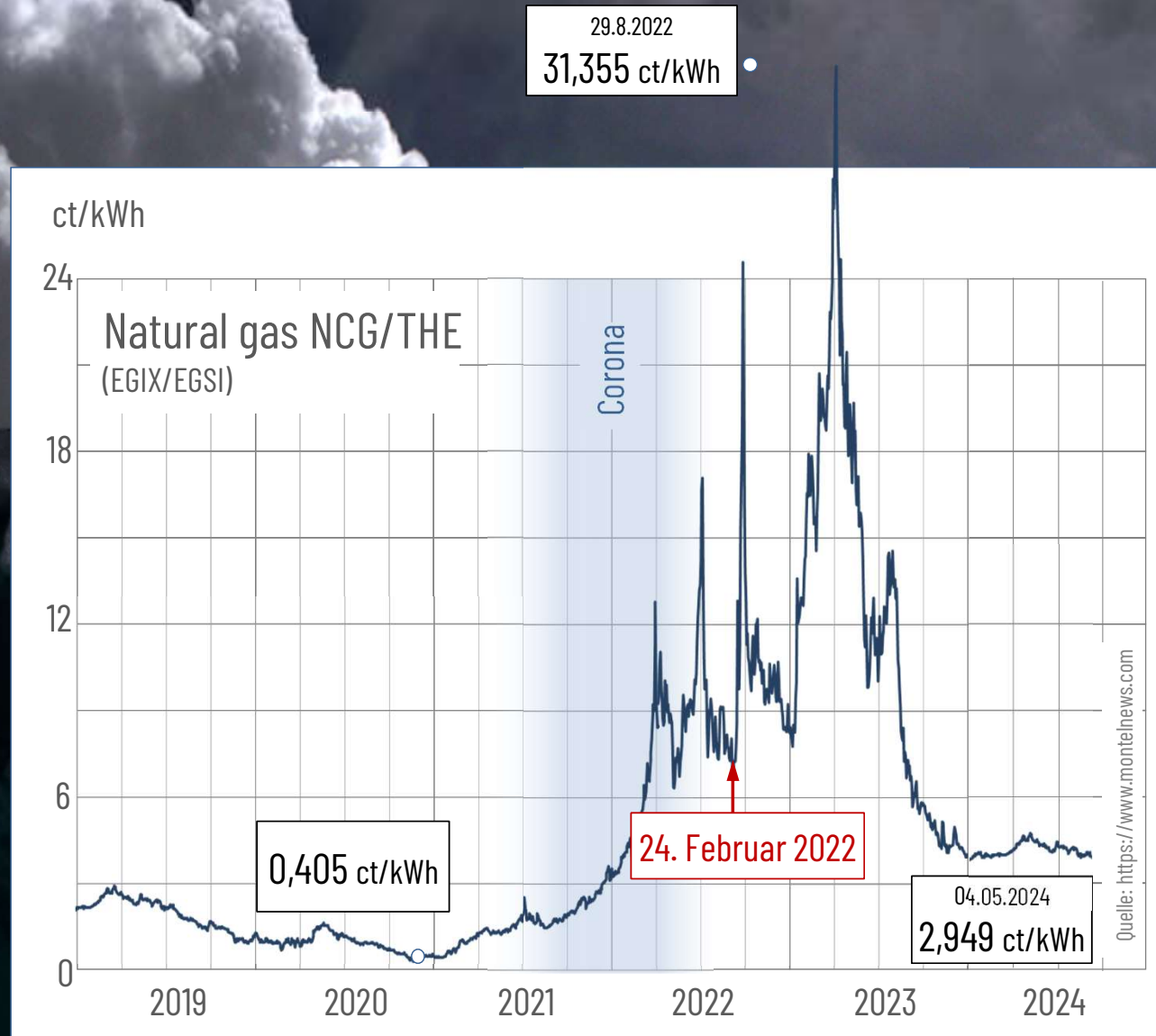




# Entwicklung der Erdgaspreise im Großhandel

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

Foto: Wikipedia /Kremlin.ru



# Notwendige Maßnahmen zur Minderung der Energiekosten ...

- Kraftwerkspark 2023
- Backup-Kapazitäten
- Gasversorgung
- Zukünftige Kosten

## ...am Strom-Markt:

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

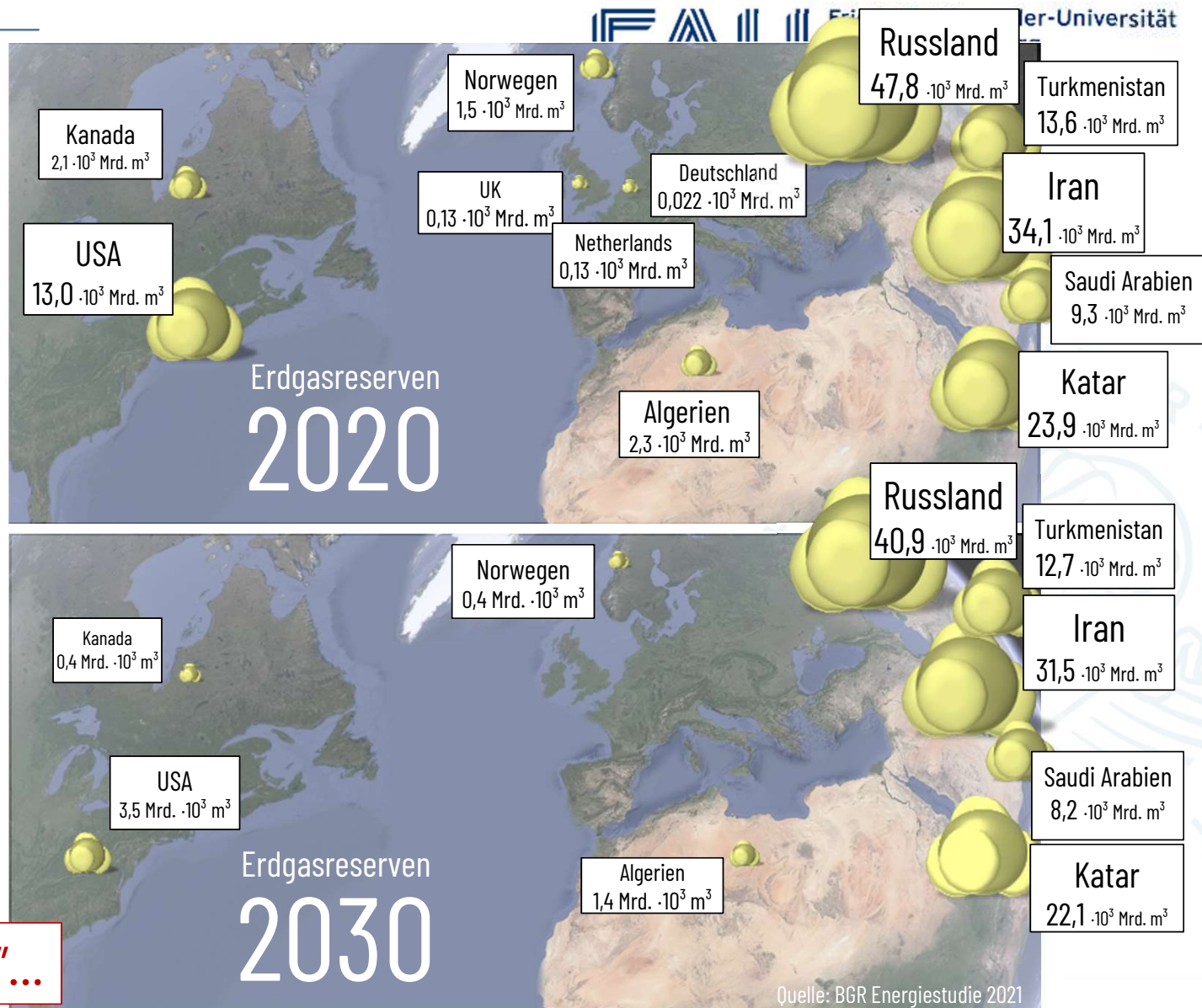
## ...am Wärme-Markt:

- Elektrifizierung ("**Sektorenkopplung**")

## ...am Gas-Markt:

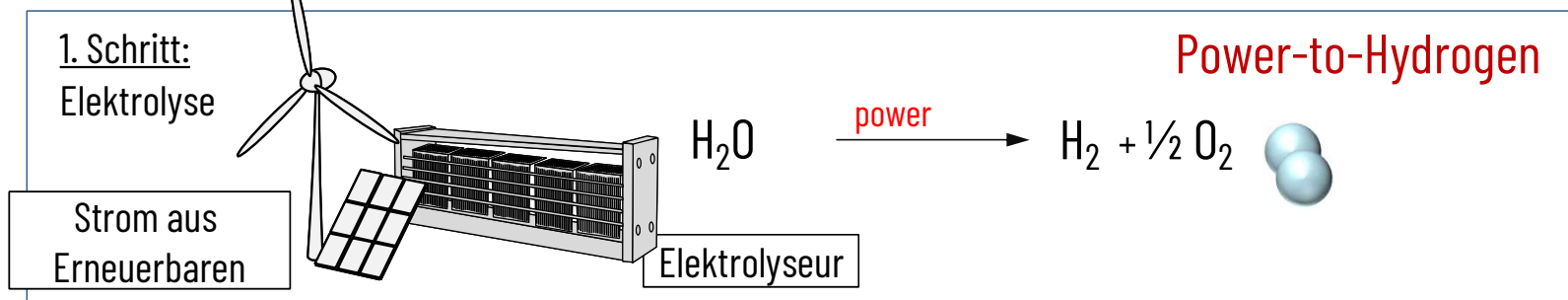
- Umstieg von fossilem Erdgas auf

**"Erneuerbare Gase"...**

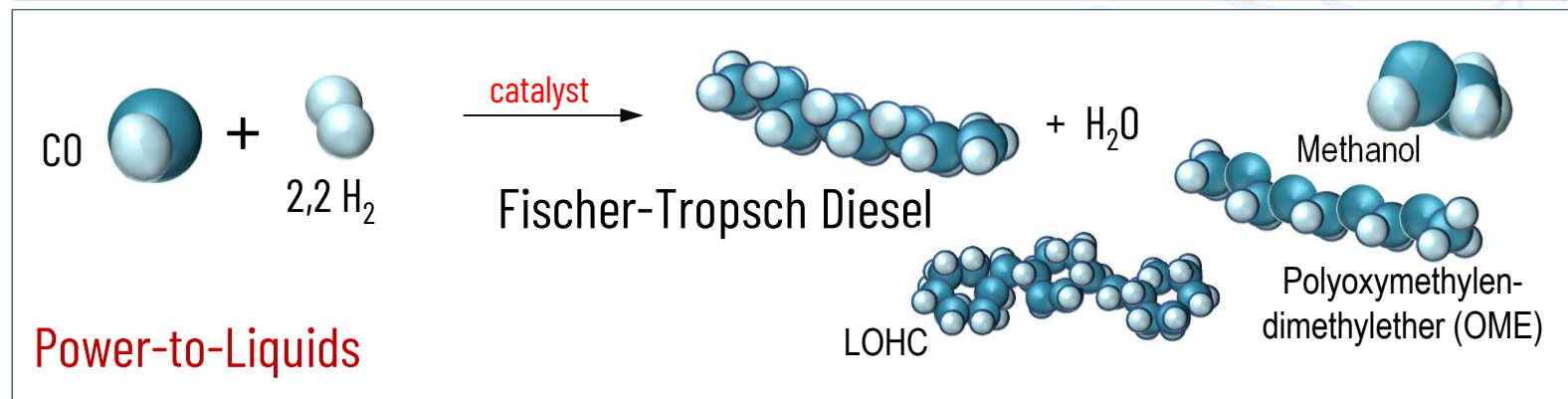
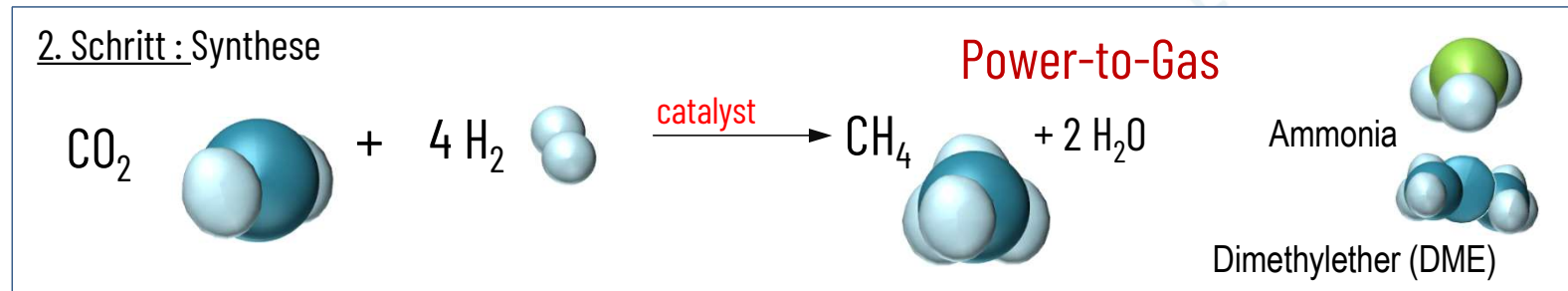


# Erneuerbare Gase: Power-to-X und e-Fuels

- Kraftwerkspark 2023
- Backup-Kapazitäten
- Gasversorgung
- Zukünftige Kosten



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



# Fazit

1.

Der konventionelle Kraftwerkspark ist hoffnungslos veraltet. Wir brauchen viel mehr Wind und PV!

2.

Speichertechnologien müssen den Ausbau erneuerbarer Energien dringend ergänzen.

3.

Die fossile Gasversorgung wird nicht sicherer werden – wir brauchen stattdessen **Erneuerbare Gase!**

Kraftwerkspark 2023

Backup-Kapazitäten

Gasversorgung

Zukünftige Kosten

## 4. Was wird uns Versorgungssicherheit künftig kosten?

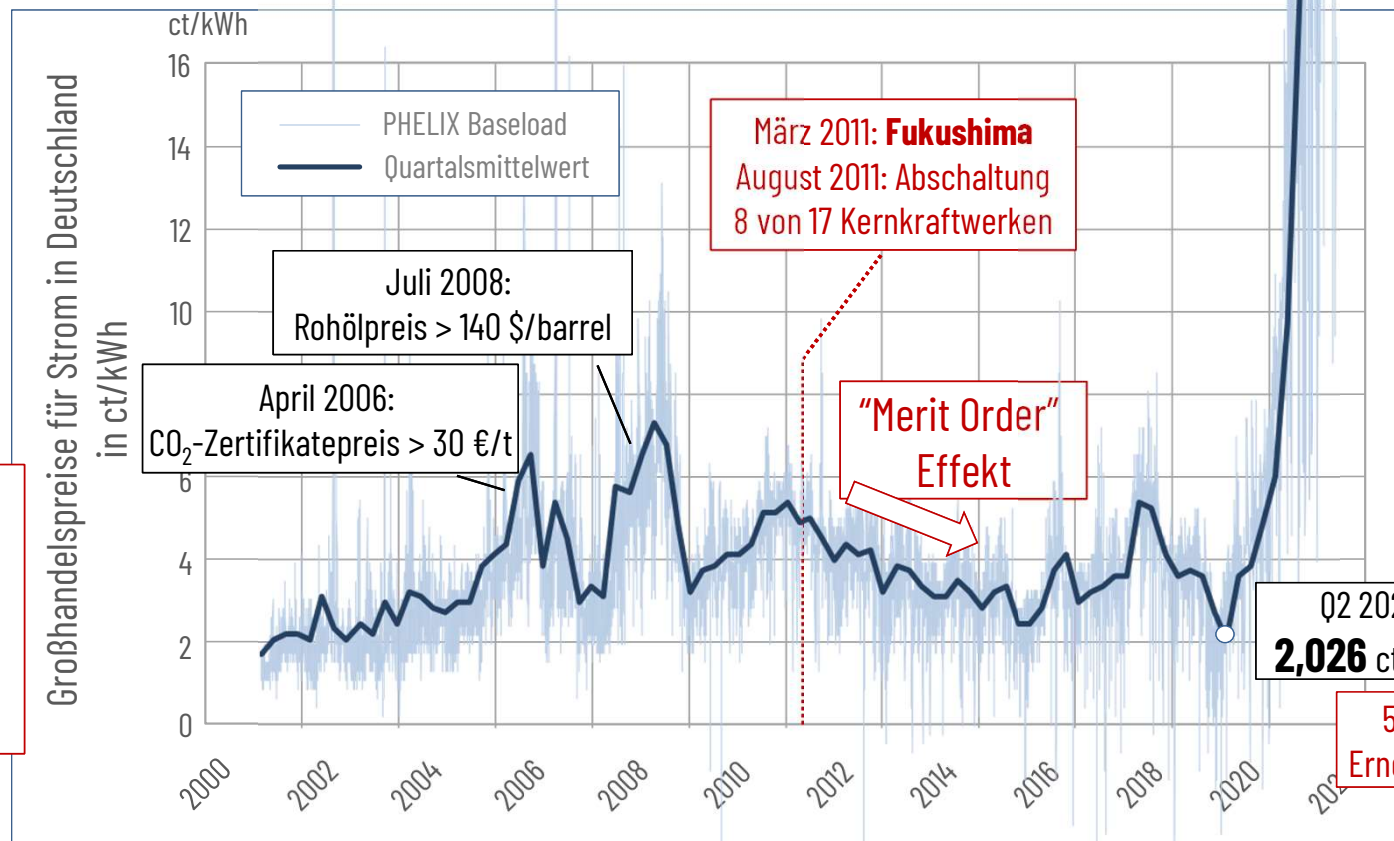
- Einfluss der erneuerbaren Energien auf den Strompreis
- Wirtschaftliche Bilanz der Energiewende



# Warum senken Erneuerbare Energien den Börsenstrompreis?

- 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

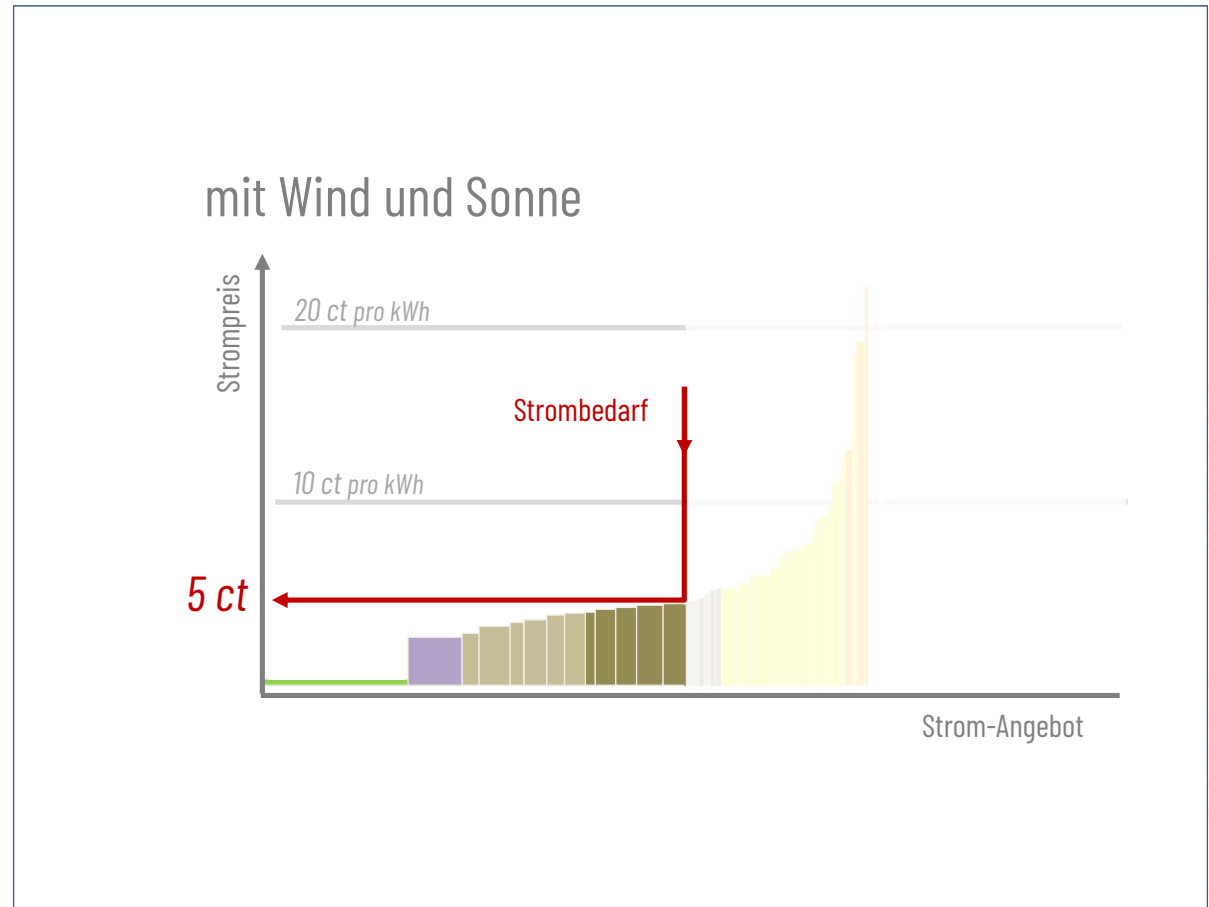


- An der Börse gilt das Prinzip von Angebot und Nachfrage "Merit-Order-Effekt"

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

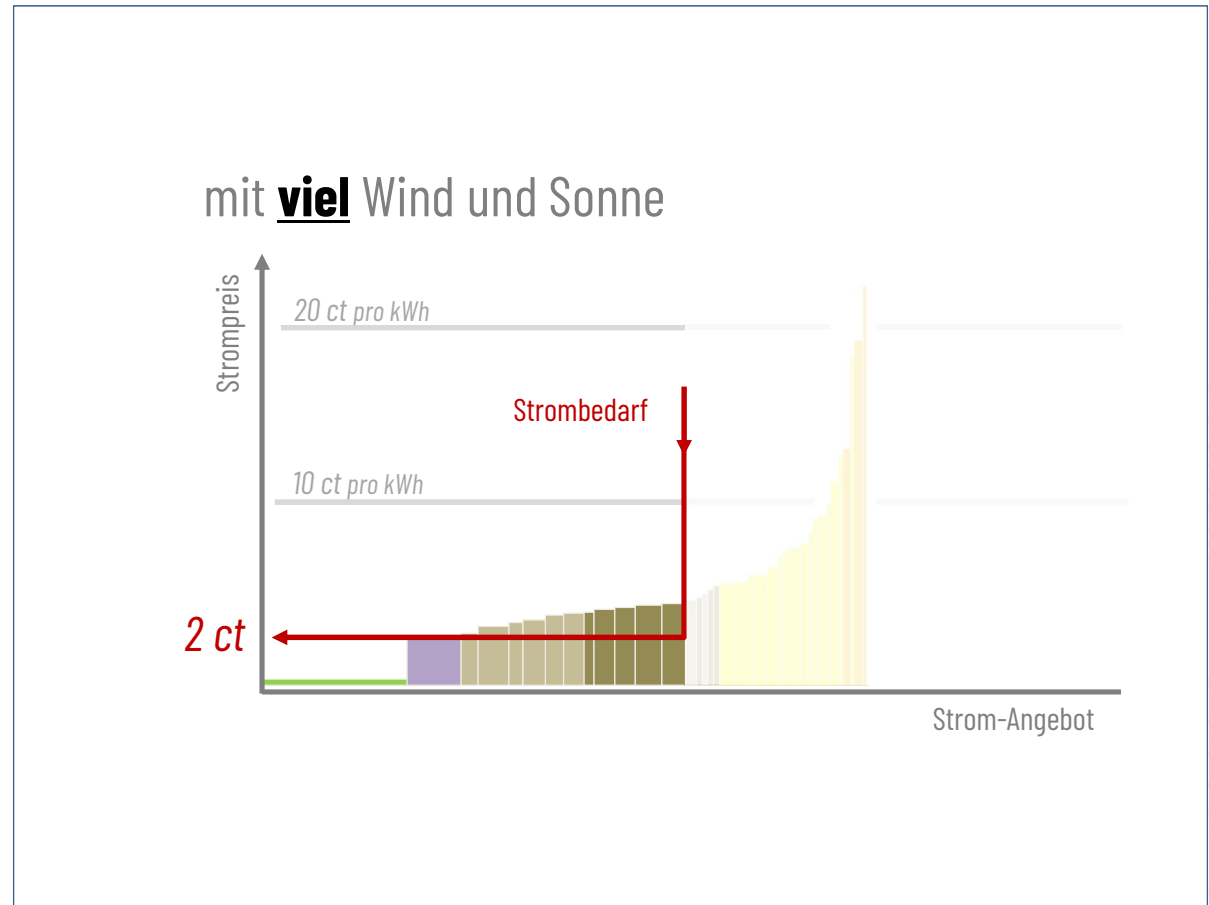
# „Merit-Order“-Effekt

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



## „Merit-Order“-Effekt

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

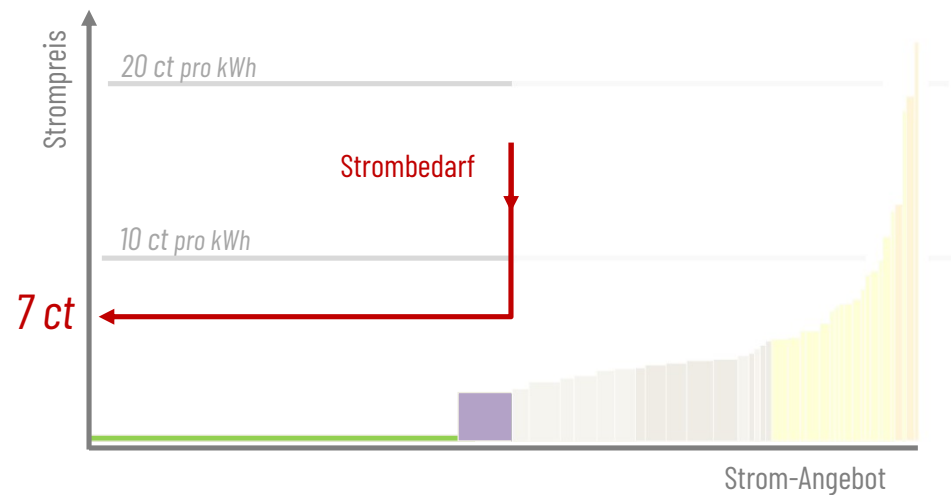




## „Merit-Order“-Effekt

- 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

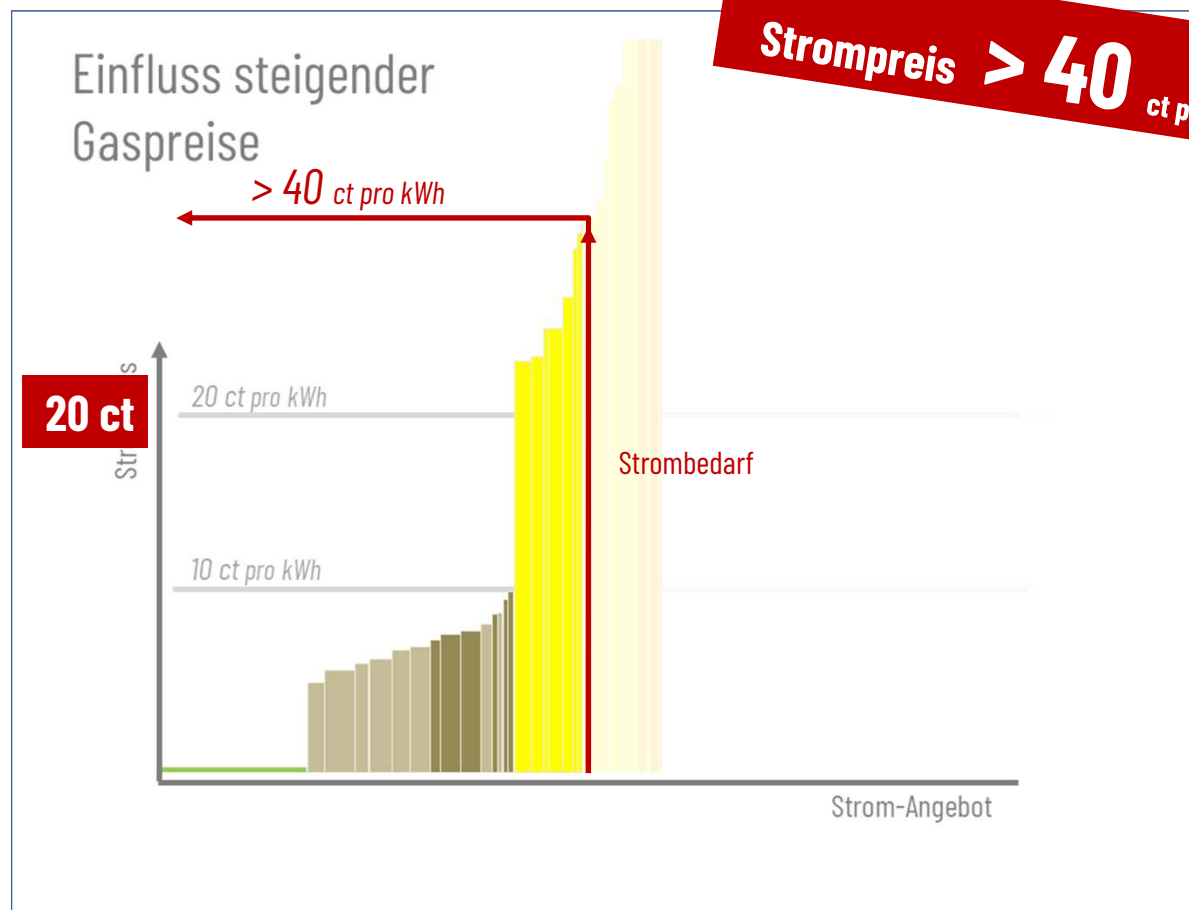
**wenig** Wind und Sonne



## „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

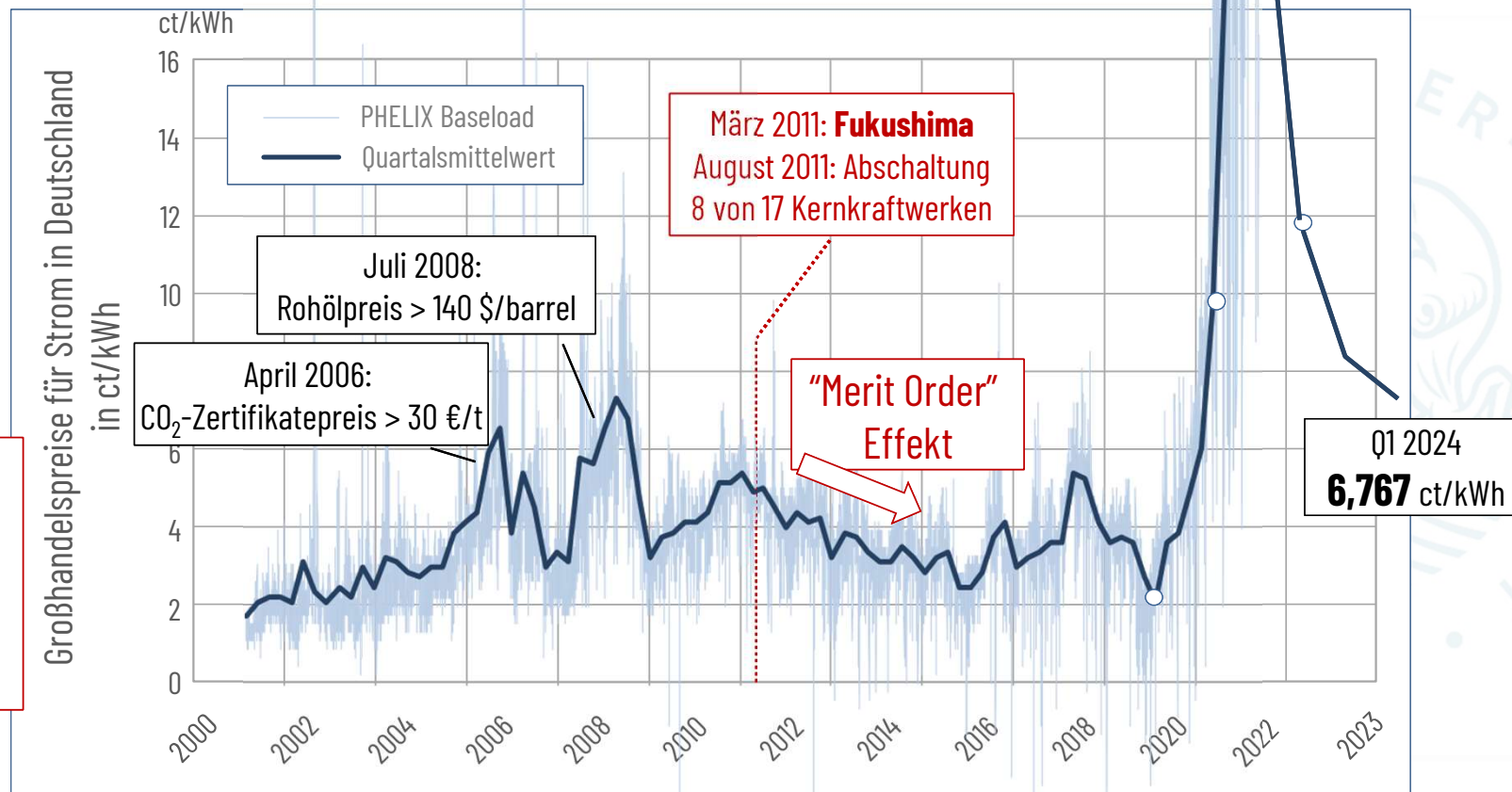


Strompreis > 40 ct pro kWh

# Warum senken Erneuerbare Energien den Börsenstrompreis?

- 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

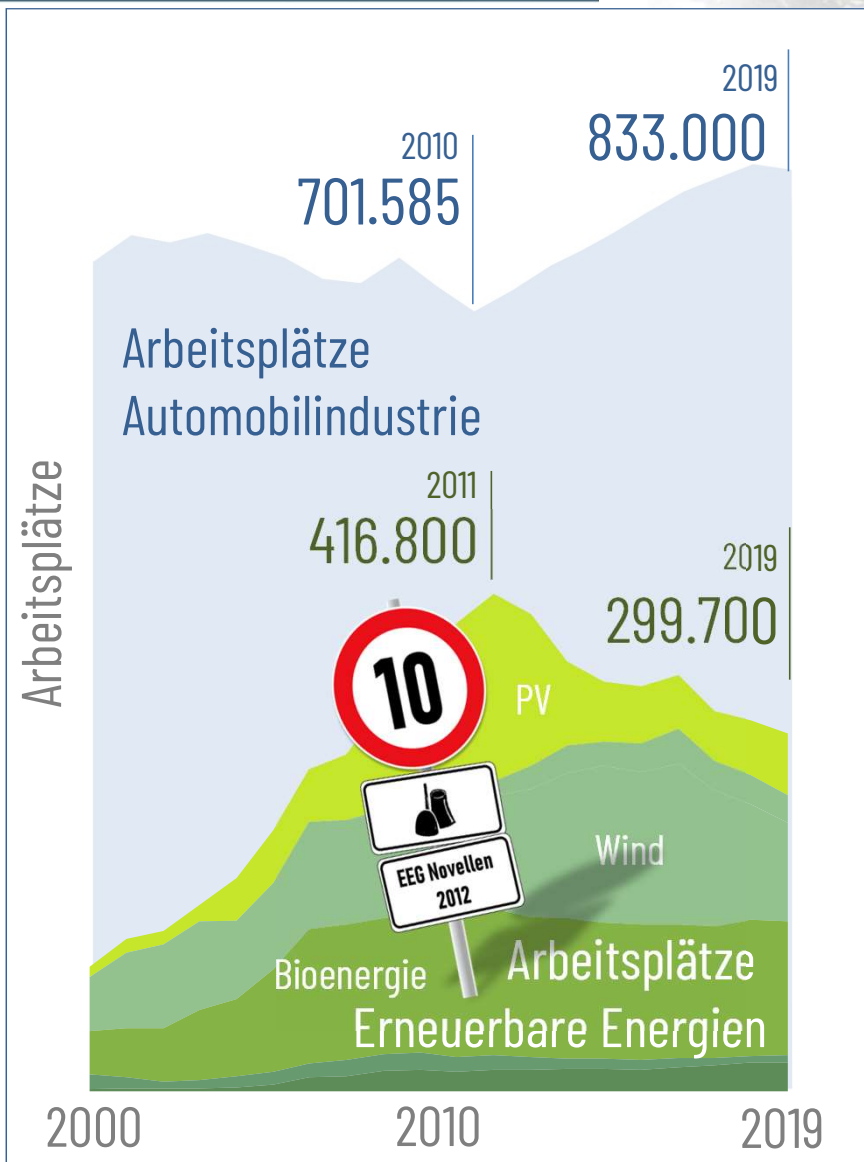


- An der Börse gilt das Prinzip von Angebot und Nachfrage "Merit-Order-Effekt"

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

<https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/zeitreihe-der-beschaeftigungszahlen-seit-2000.html>, Statista

- Kraftwerkspark 2023
- Backup-Kapazitäten
- Gasversorgung
- Zukünftige Kosten



- Erneuerbare Energien schaffen Arbeitsplätze
- und
- mindern die volkswirtschaftlichen Kosten der Klimakrise

## Wirtschaftliche Bilanz der Energiewende

# Fazit

1.

Der konventionelle Kraftwerkspark ist hoffnungslos veraltet. Wir brauchen viel mehr Wind und PV!

2.

Speichertechnologien müssen den Ausbau erneuerbarer Energien dringend ergänzen.

3.

Die fossile Gasversorgung wird nicht sicherer werden – wir brauchen stattdessen **Erneuerbare Gase!**

und

4.

Nur durch den Ausbau Erneuerbarer Energien (und die Sektorenkopplung) bleiben Energiepreise berechenbar.