

# Ringvorlesung: Energie-Umwelt-Nachhaltigkeit

---



am 29.04.2020, 18:30

## Energiewende - Der Veränderungsprozess der 2020er Jahre

Prof. Dr.-Ing. Uwe Holzhammer

Forschungsprofessur Energiesystemtechnik

TH Ingolstadt

# Vorstellung

## Prof. Dr.-Ing. Uwe Abraham Holzhammer



Seit 2016: Forschungsprofessur Energiesystemtechnik

Wissenschaft / ThinkTank:

- Fraunhofer IEE (ehemalig IWES), Kassel | 2010–2016
- Ecologic Institut gGmbH, Berlin | 2007–2010

Freie Wirtschaft:

- Internationales Projektentwicklungsunternehmen für EE, Regensburg | 2006–2007

Bildung:

- Universität Rostock / Rostock | 2012–2015, Promotion
- Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) / Berlin | 2001–2005, Studium
- Fachschule, Techniker Schule Butzbach (TSB) / Butzbach | 1998–2001, Techniker Ausbildung
- Industrie und Handelskammer (IHK) / Straubing | 1992–1996, Gesellenausbildung

# Transferprojekt: Mensch in Bewegung

im Rahmen der BMBF-Initiative „Innovative Hochschule“



Verbundprojekt der **Hochschule TH Ingolstadt** (koordinierende Hochschule) und der **Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt**

**Förderzeitraum: 2018 – 2022 (5 Jahre)**



## Ziele:

- **Ideen-, Technologie- und Wissensdrehscheibe der Region**
- Ausweitung der bestehenden Transfernetzwerke und Beteiligung der unterschiedlichen regionalen Anspruchsgruppen am **Innovationsprozess**
- Nutzung des technologischen, sozialen und intellektuellen Kapitals der Hochschulen als **gesellschaftliche und wirtschaftliche Akteure** im regionalen Innovationssystem
- Nachhaltige Stärkung der Zusammenarbeit von Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft zur Erhöhung von Resilienz und **Zukunftsfähigkeit der Region**



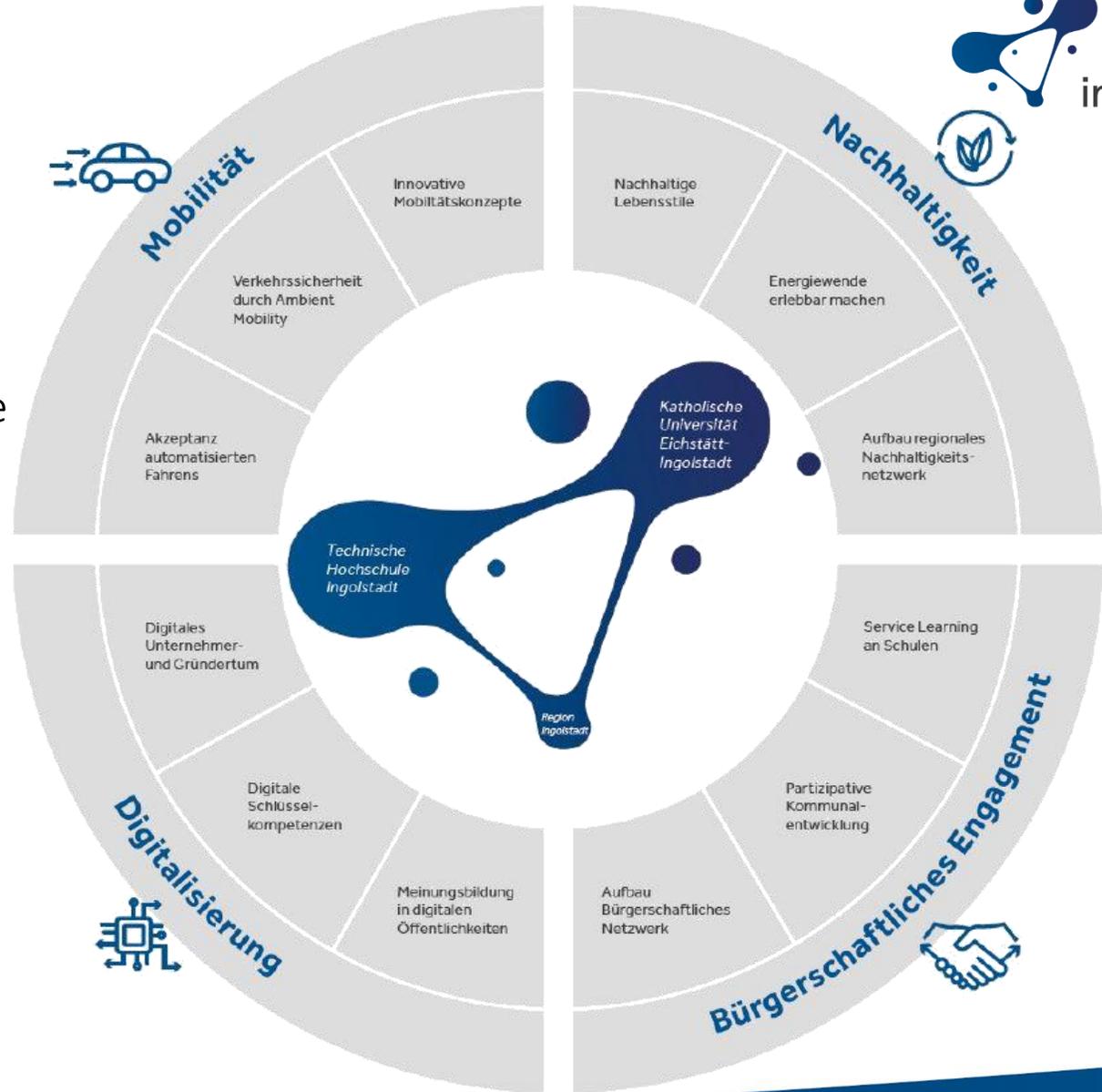
# Mensch in Bewegung

Projektübersicht



Das Projekt teilt sich in vier Themenbereiche auf:

- **Mobilität**
- **Digitalisierung**
- **Nachhaltigkeit**
- **Bürgerschaftliches Engagement**



# Cluster

Unterteilung in 3 Teilvorhaben innerhalb des Clusters



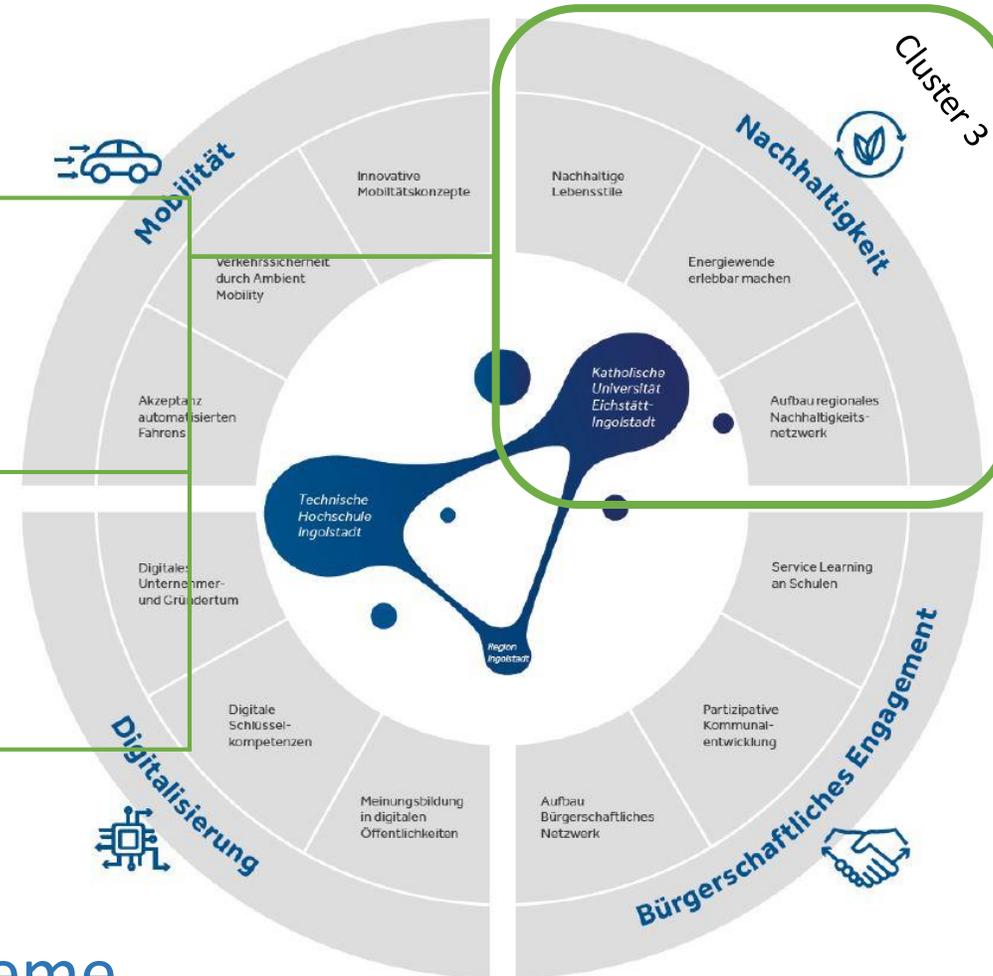
3.1  
Aufbau regionaler  
Nachhaltigkeitskapazitäten



3.2  
Nachhaltige Lebensstile



3.3  
Energiewende regionalisieren /  
Nachhaltige  
Organisationsentwicklung



Sprecher:  
Uwe Holzhammer

Clustermanagerin:  
Ann-Kathrin Roßner  
+ TEAM

Institut für neue Energie Systeme

Forschungsbereiche



*Industrielle  
Energiesysteme*

*Bedarfsorientierte  
Energieversorgung*

*Sektorübergreifende  
Bioenergienutzung*

*Energetische  
Prozessoptimierung*



*Energiesystemtechnik*

*Flexibilisierung des  
Energiesystems*

*Smart Markets*

*Energie- und  
Systemeffizienz*



*Gebäudeenergiesysteme*

*Sektorkollung im Gebäude  
und Quartier*

*Solare Energiesysteme*

*Wärmenetzsysteme*



*Technologietransfer & Internationale Projekte*

*Regionale Technologienetzwerke*

*Internationale Forschungs Kooperationen*

*Technologietransfer*

## Zahlen und Fakten

**2001**

Institutsgründung

**4**

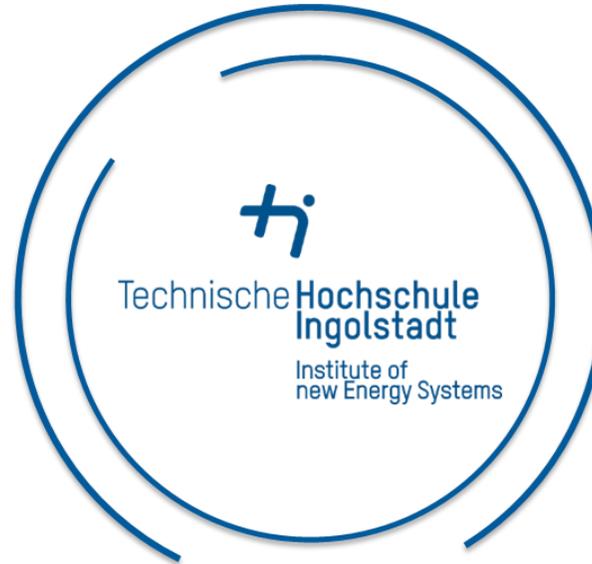
Forschungsbereiche

**5**

Professoren

**30**

Wiss. Mitarbeiter



**7**

abgeschlossene  
Promotionen

**17**

aktuelle  
Forschungsprojekte

**~ 2.5 Mio. €**

Jährliches Budget

**15+/a**

Wiss. Veröffentlichungen

**40+**

Industriepartner



**Prof. Dr.-Ing. Wilfried Zörner**  
Institutsleitung  
Wilfried.Zoerner@thi.de



**Dr. Christoph Trinkl**  
Institutsleitung  
Christoph.Trinkl@thi.de

**Professoren**



Prof. Dr.-Ing.  
Tobias Schrag



Prof. Dr.-Ing.  
Markus Goldbrunner



Prof. Dr.-Ing.  
Uwe Holzhammer



Prof. Dr.-Ing. Daniel  
Navarro Gevers

**Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (exemplarisch)**



**Bereichsleiter**



**Dr. Annika Tronnier**  
Energiesystemtechnik



**Mathias Ehrenwirth,**  
M.Eng.  
Gebäude-  
energiesysteme



**Stefan Schneider,**  
M.Sc.  
Technologietransfer &  
Internationale Projekte



**Abdessamad Saidi,**  
M.Sc.  
Industrielle  
Energiesysteme

# Struktur des weiteren Vortrages

- Notwendigkeit
- Anforderungen
- Veränderung der Energieversorgung
- Strompreis, Indikator für Angebot und Nachfrage
- Maßnahmen und Lösung
- Fazit
- Blick auf die Region 10

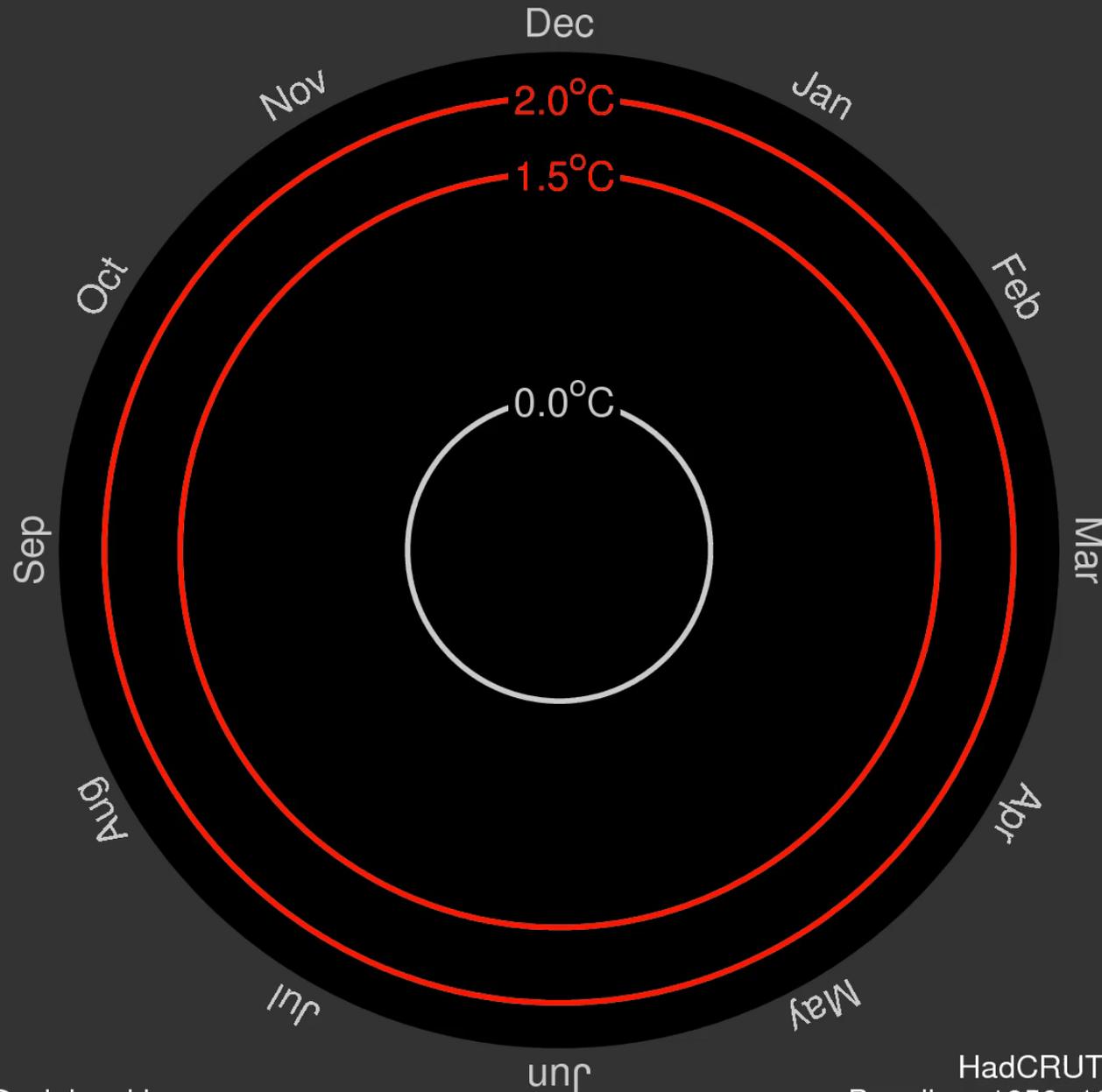


Notwendigkeit der >Nachhaltigen Entwicklung< im  
Handlungsfeld Energie

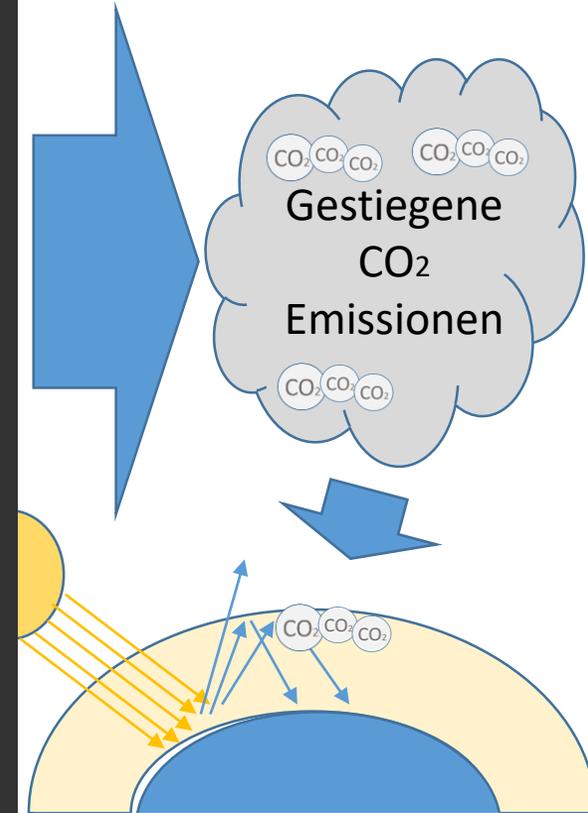
# Veränderung der globalen Temperatur

im Verhältnis zum Durchschnitt (1850 bis 1900)

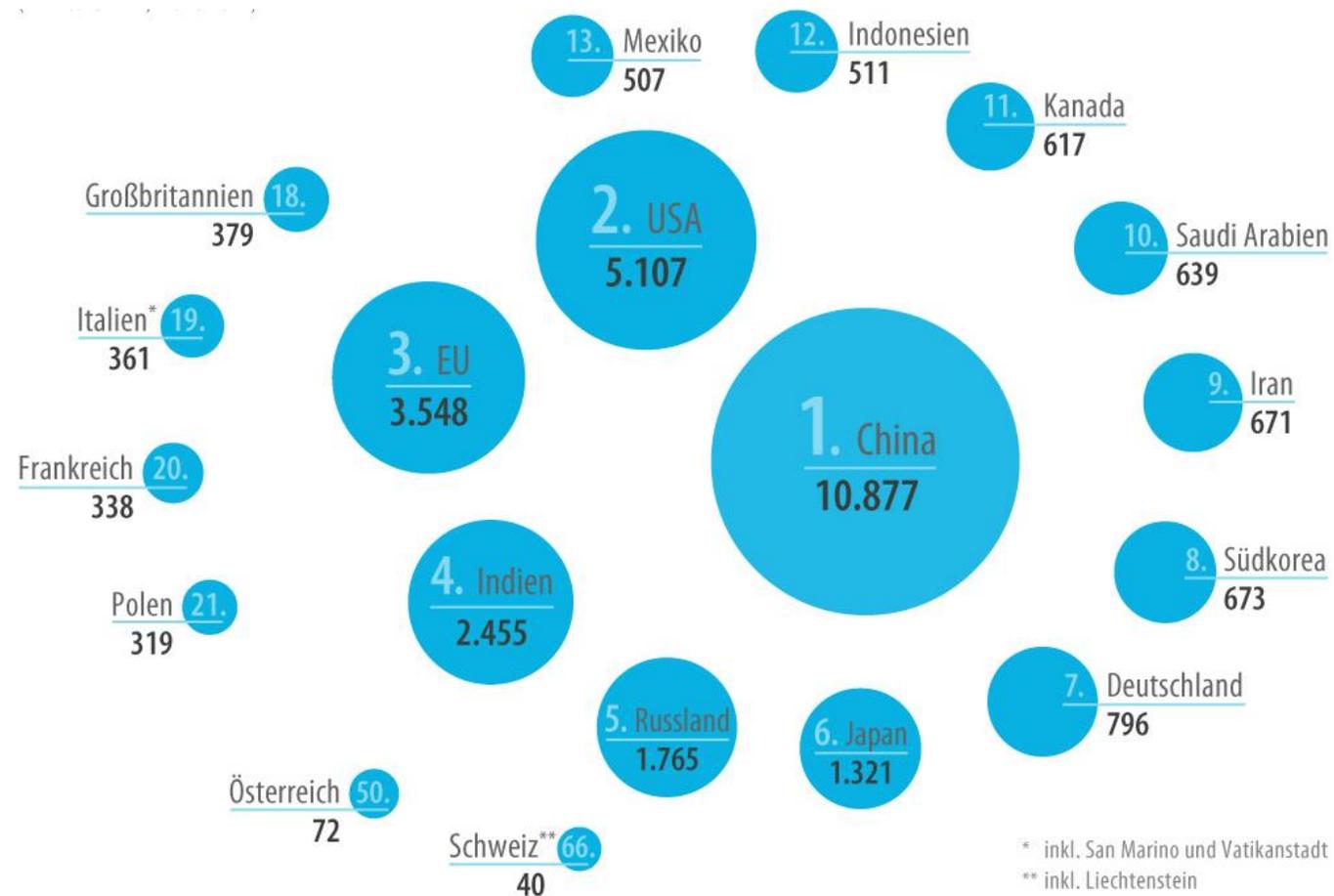
## Global temperature change (1850–2017)



Verantwortlich:



# Die weltweit größten Verursacher von CO<sub>2</sub> (Stand 2017), in Mio. Tonnen



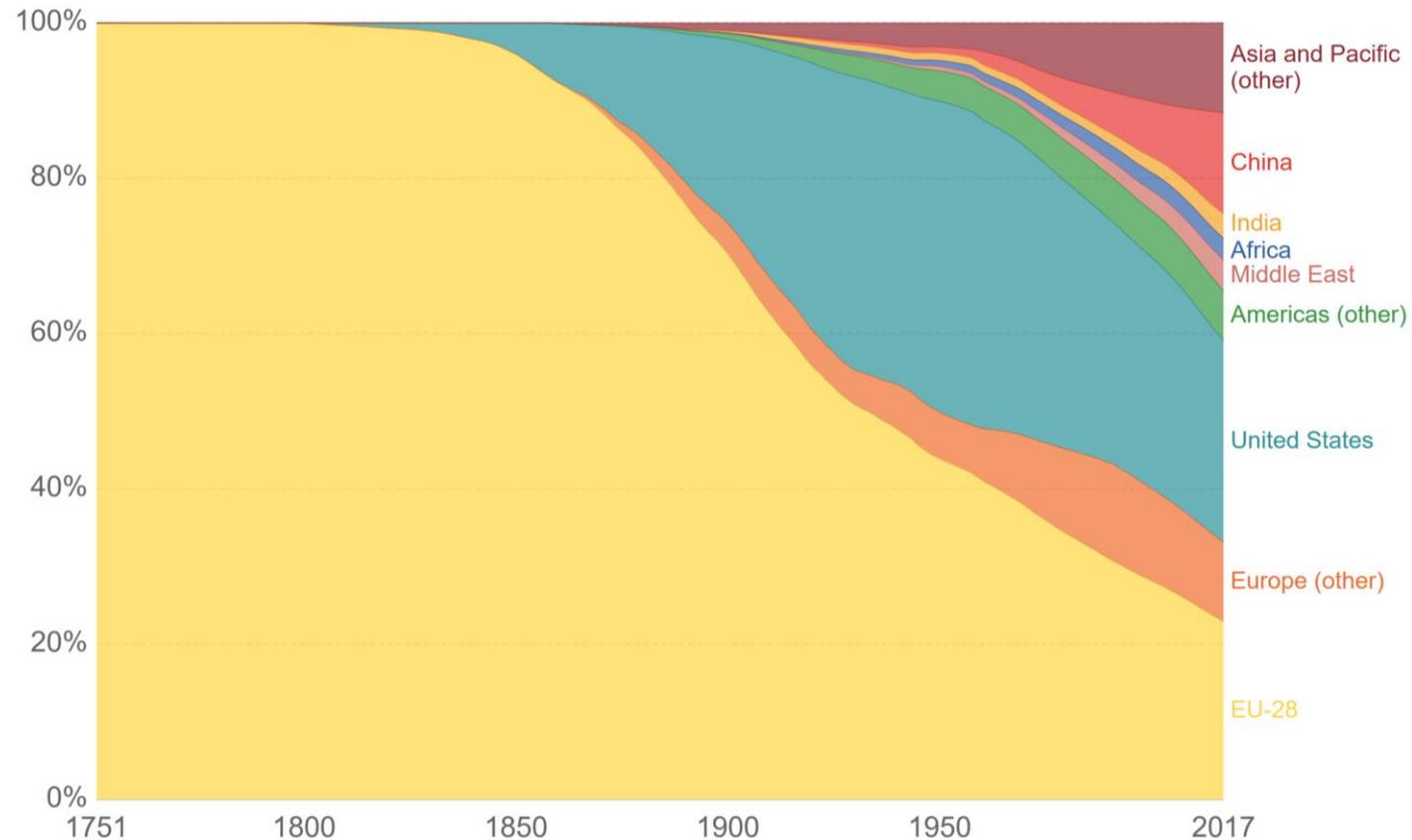
\* inkl. San Marino und Vatikanstadt

\*\* inkl. Liechtenstein

Quelle: EDGAR-Datenbank der EU (Emissions Database for Global Atmospheric Research),  
(erfasst CO<sub>2</sub>-Emissionen aus fossilen Energieträgern durch Verbrennung, Industrieprozesse u.a.)

# Kumulierte CO<sub>2</sub> Emissionen, in Weltregionen unterschieden

(seit 1751, territoriale Emissionen, Produktionsstandorte)



Quelle: Our World in Data

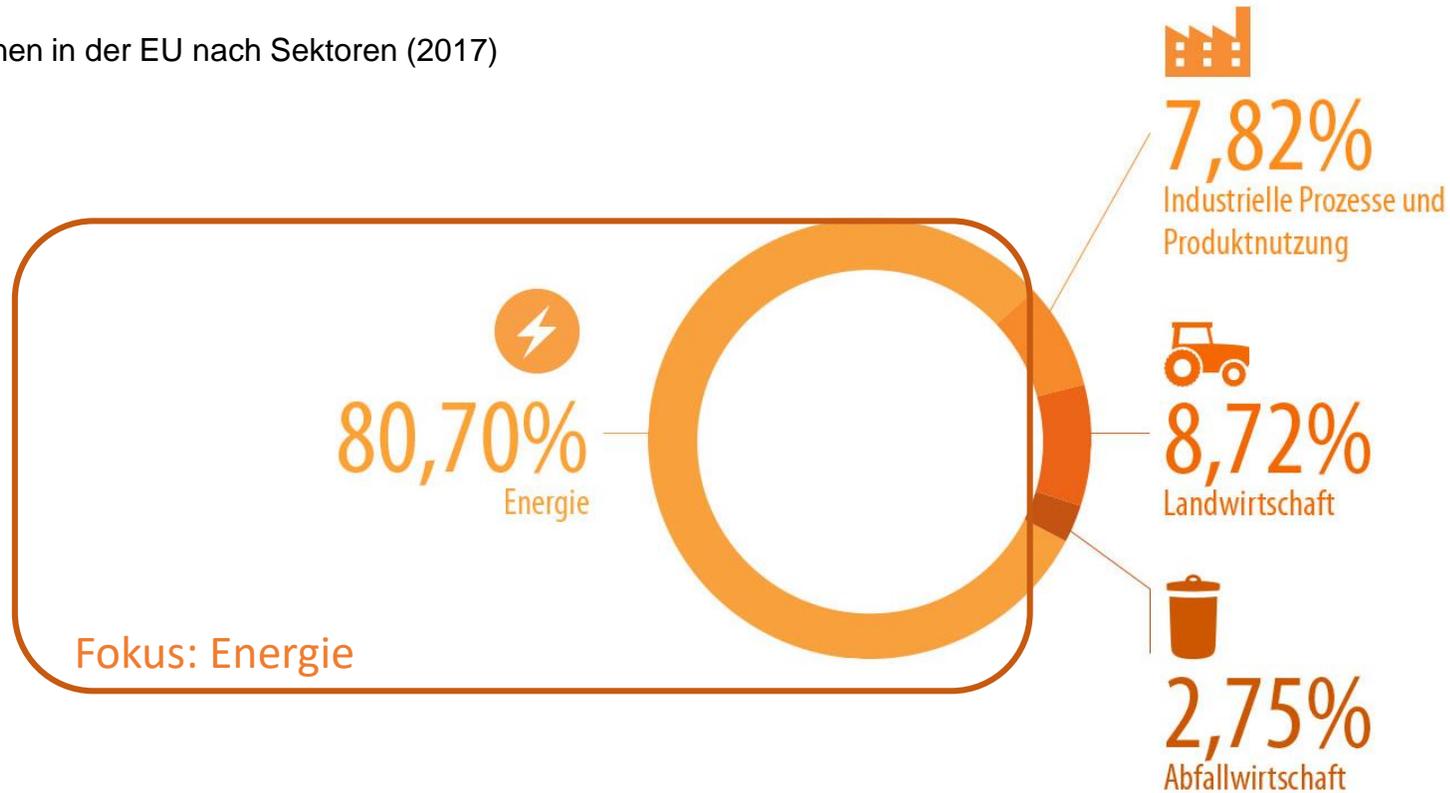
Source: OWID based on CDIAC & the Global Carbon Project (2018)

[OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions](https://OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions) • CC BY

# Warum der Fokus auf Energie bei den CO<sub>2</sub> Reduktionsbemühungen?

# Treibhausgase begründen sich auf unterschiedliche Sektoren

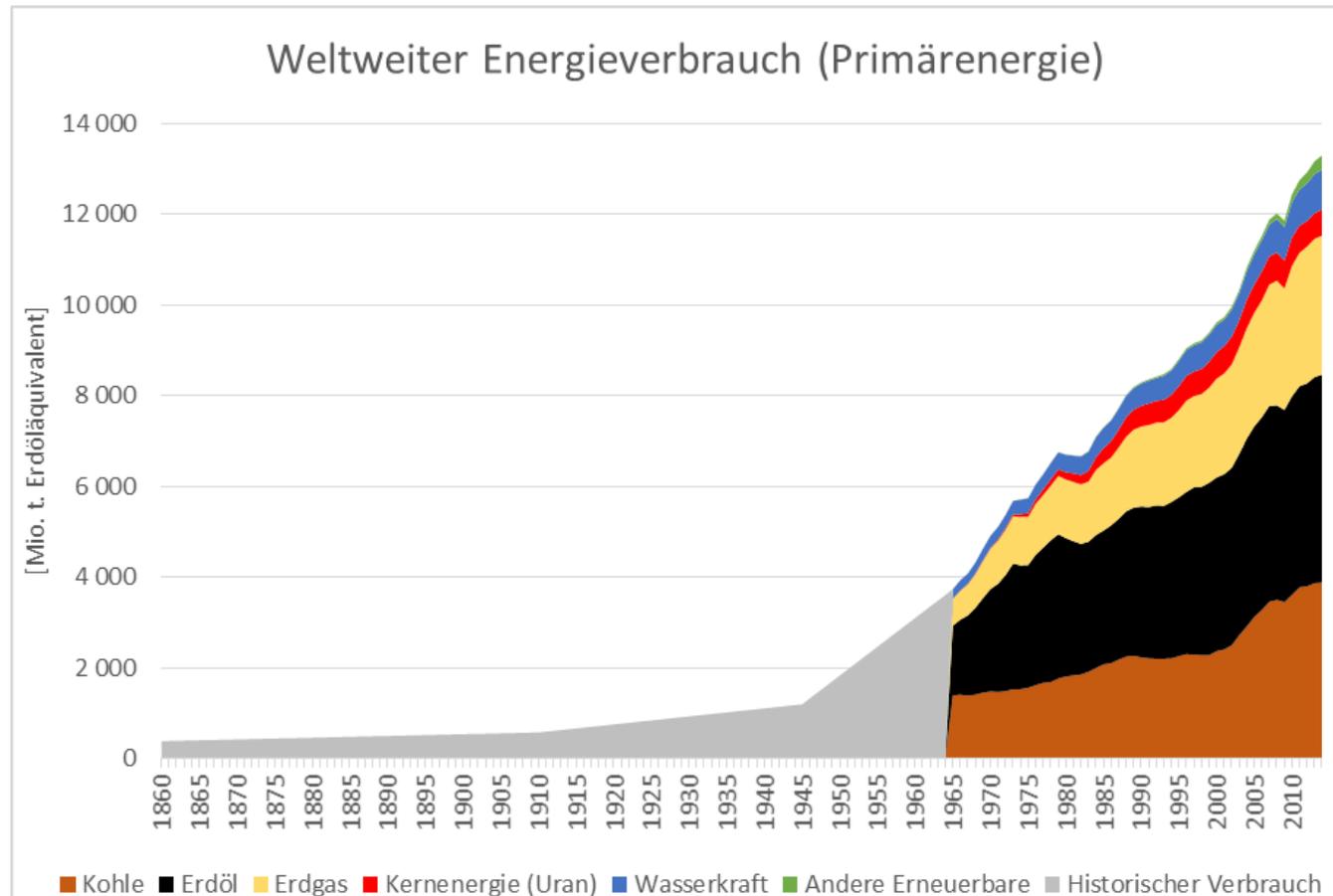
Treibhausgasemissionen in der EU nach Sektoren (2017)



\*Alle Sektoren exkl. Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)

# Entwicklung weltweiter Energieverbrauch:

- a) Mengen
- b) Quellen



Erneuerbare Energien weisen keine nukleare Risiken und geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen auf!

Hauptverantwortlich für die menschengemachten CO<sub>2</sub> Emissionen:  
Energieträger mit hohem CO<sub>2</sub>-Rucksack und hoher Energieverbrauch!

#### Datenquellen:

Bis 1965 -> Muck, Barbara (2005), environmental science, USA: John Wiley & Sons, Inc. (Drei ungefähre Datenpunkte: 1860, 1910, 1945)

Ab 1965 -> BP Statistical Review of World Energy June 2015

Lizenz: CC-0 Urheber: www.energie-info.info

# EE-Anteil in den Energienutzungssektoren in Deutschland

Sektoren:



## Strom

→ Deutschland liegt bei CO<sub>2</sub> Emissionen/Kopf im Strombereich im Mittelfeld der EU

## Wärme

→ Deutschland liegt bei CO<sub>2</sub> Emissionen/Kopf im Gebäudebereich 50 % über EU-Durchschnitt\*

## Verkehr

→ Deutschland liegt bei CO<sub>2</sub> Emissionen/Kopf im Verkehrsbereich gleich hinter USA, Kanada und Australien, 50 % über EU-Durchschnitt\*

Anteile der erneuerbaren Energien in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr

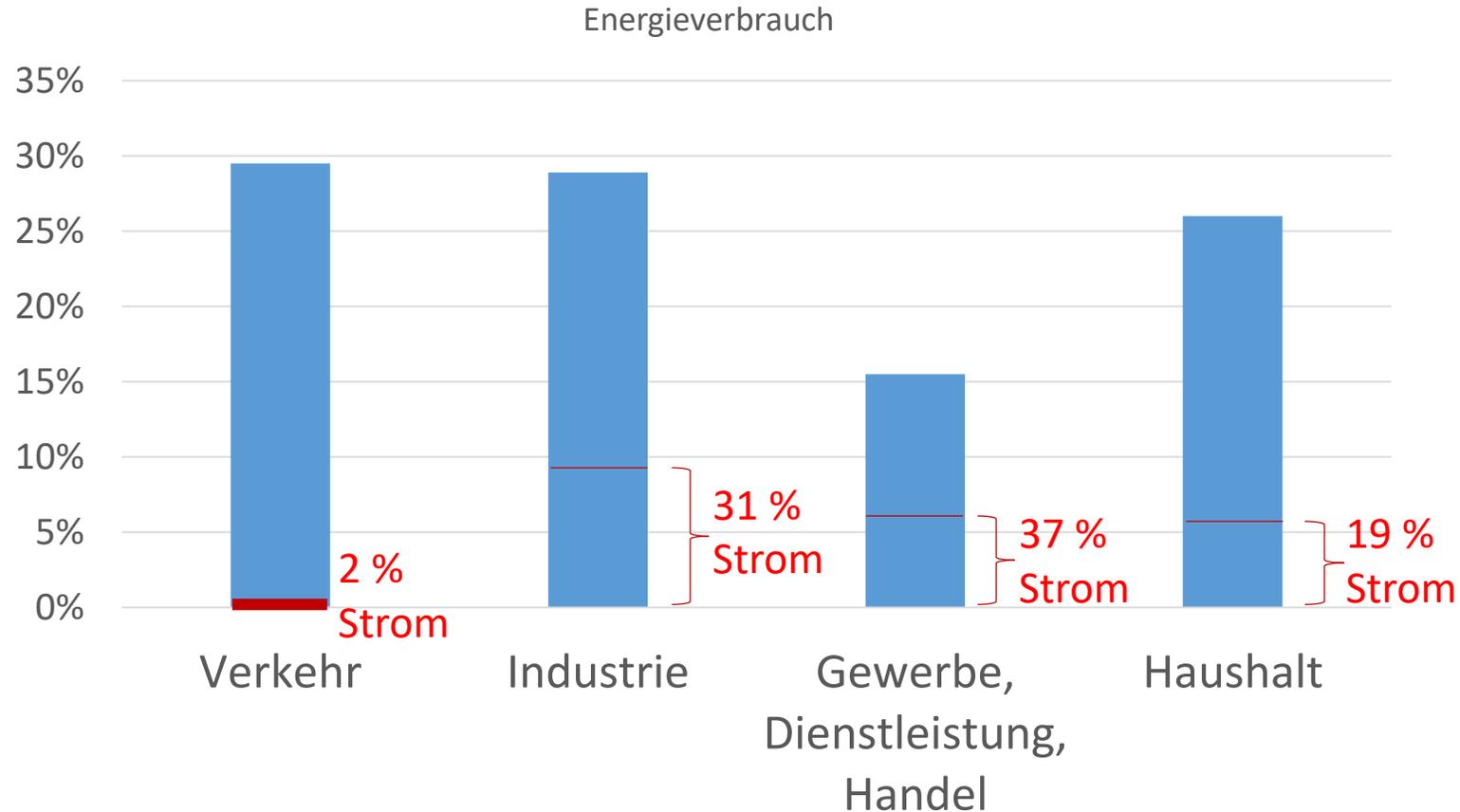


Quelle: Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am Umweltbundesamt

UBA, 2020

\*Brown-to-Green-Report 2019

# Gesamter Energieverbrauch aufgeteilt in Energieverbrauchssektoren, ausgewiesen der Anteil des Energienutzungssektors Stroms



Ausschließlich der Strombereich zeigt einen hohen EE-Anteil

Quelle: <https://www.ag-energiebilanzen.de/>  
Eigene Darstellung

$$1 + 1 =$$

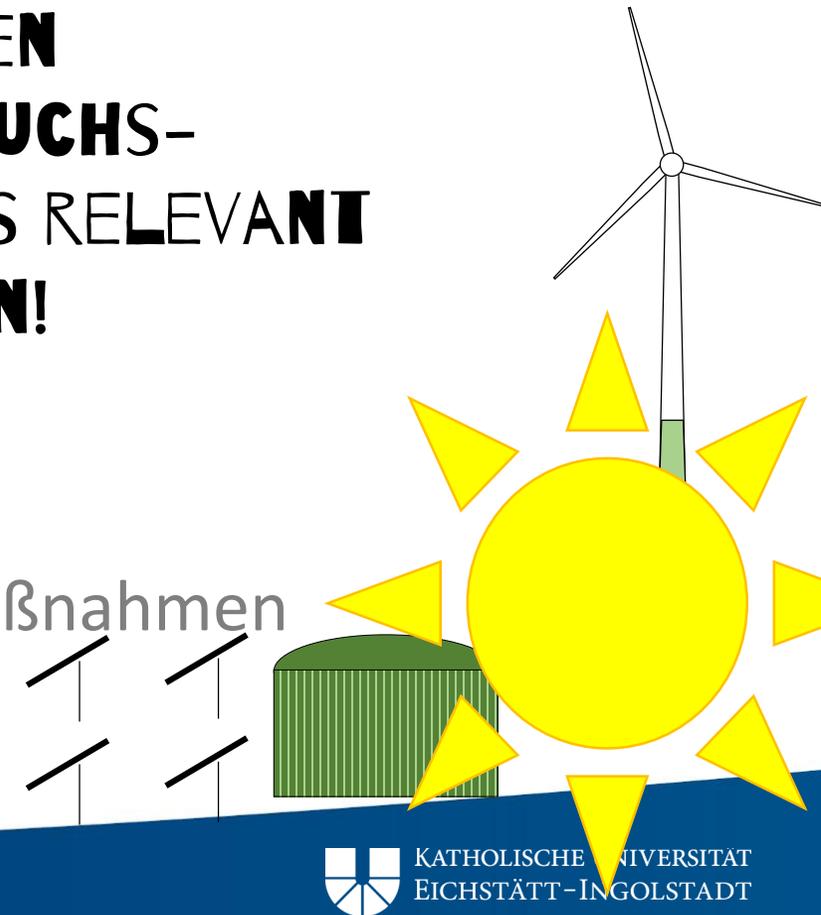
**DER STROMANTEIL  
IN DEN EINZELNEN  
ENERGIEVERBRAUCHS-  
SEKTOREN MUSS  
RELEVANT ERHÖHT  
WERDEN!**

1 + 1 =

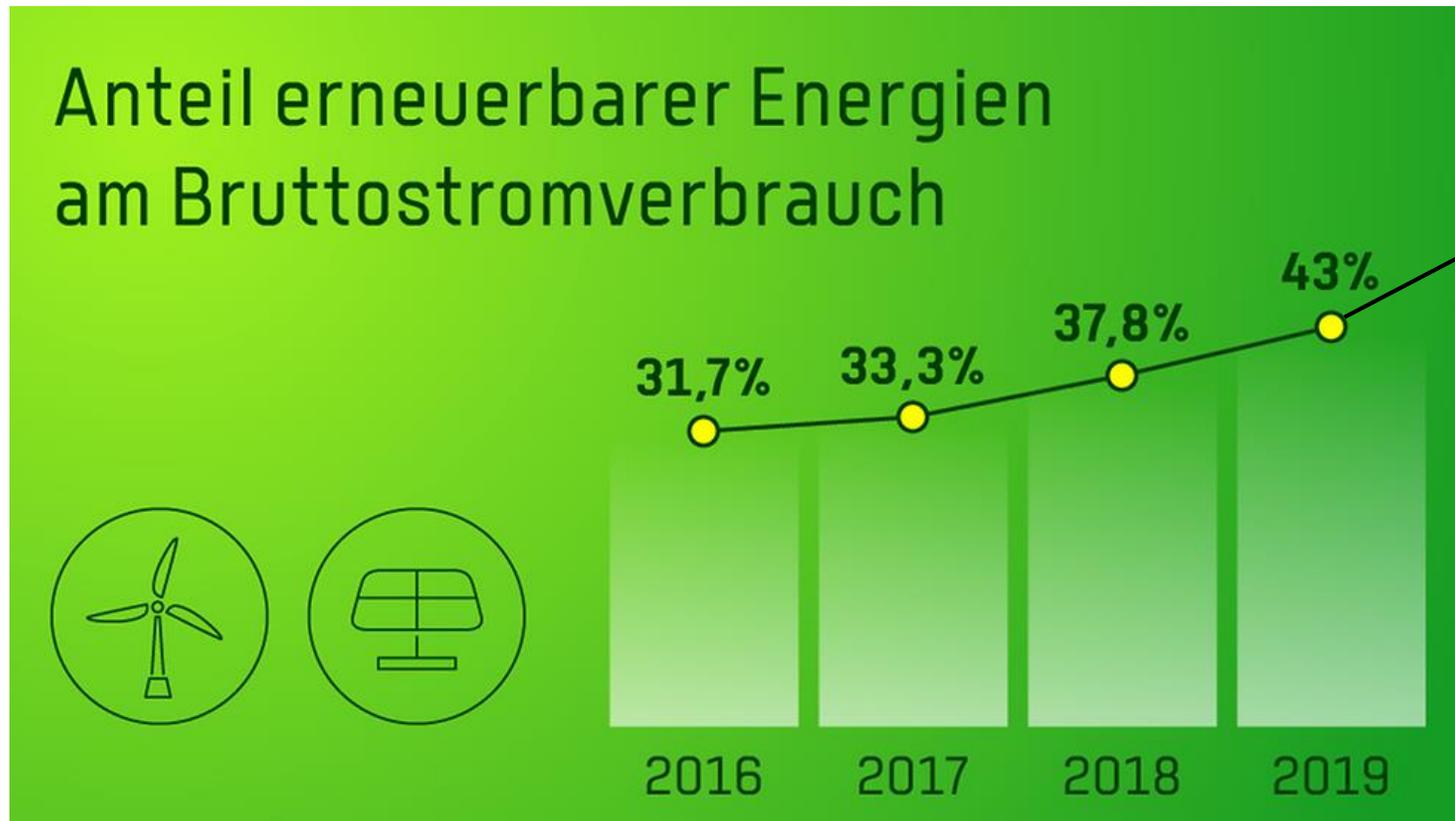
**DER STROMANTEIL  
IN DEN EINZELNEN  
ENERGIEVERBRAUCHS-  
SEKTOREN MUSS RELEVANT  
ERHÖHT WERDEN!**



starker Ausbau Erneuerbare Erzeugung  
massive Anstrengung bei Energieeinsparmaßnahmen



# Entwicklung des EE-Anteils bis 2050: Ziele der Bundesregierung



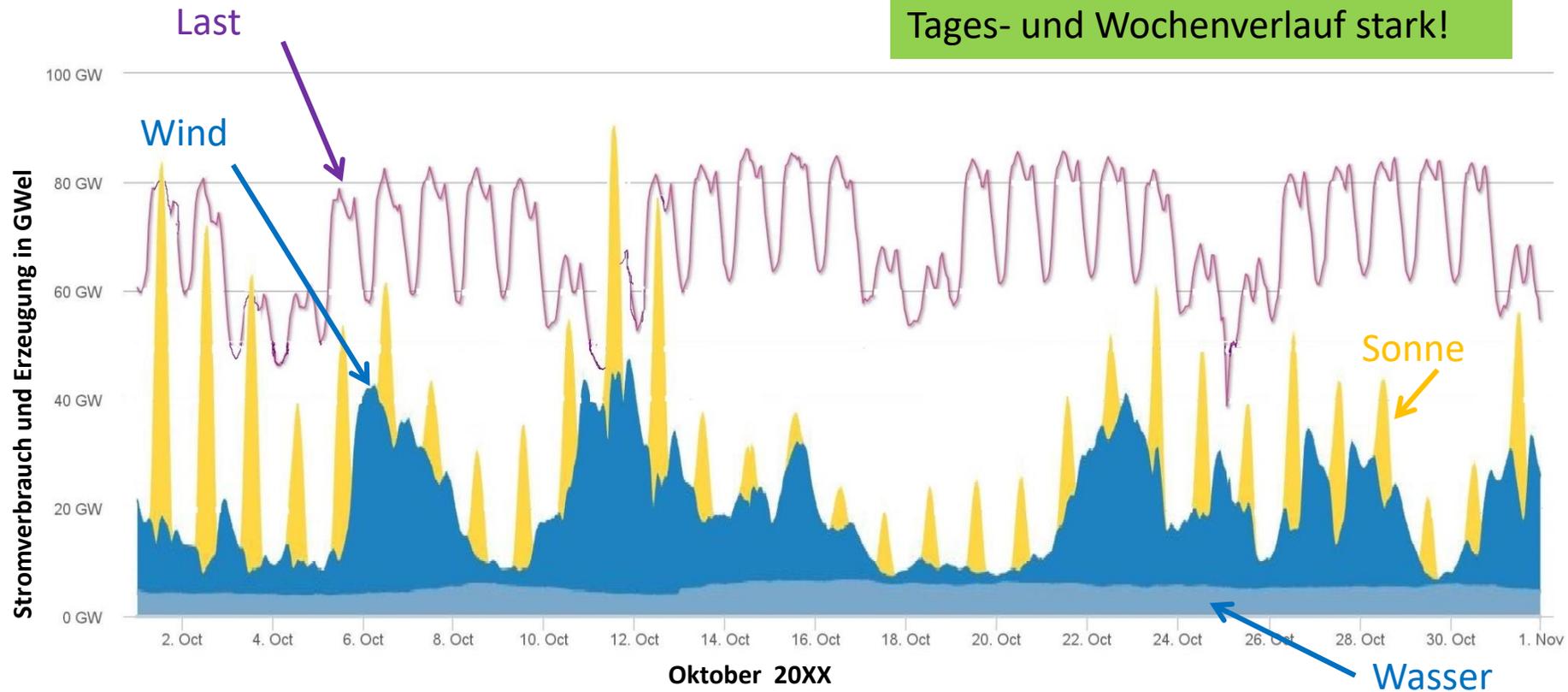
Nahezu 100 %  
2050

- 2030 mindestens 50 %  
EEG 2025: 40 bis 45 %
- 2040 mindestens 65 %  
EEG 2035: 55 bis 60 %
- 2050 mindestens 80 %

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/energiewende-schreitet-voran-1746718>

# EE – Stromerzeugung aus Wind und Sonne unabhängig vom Strombedarf!

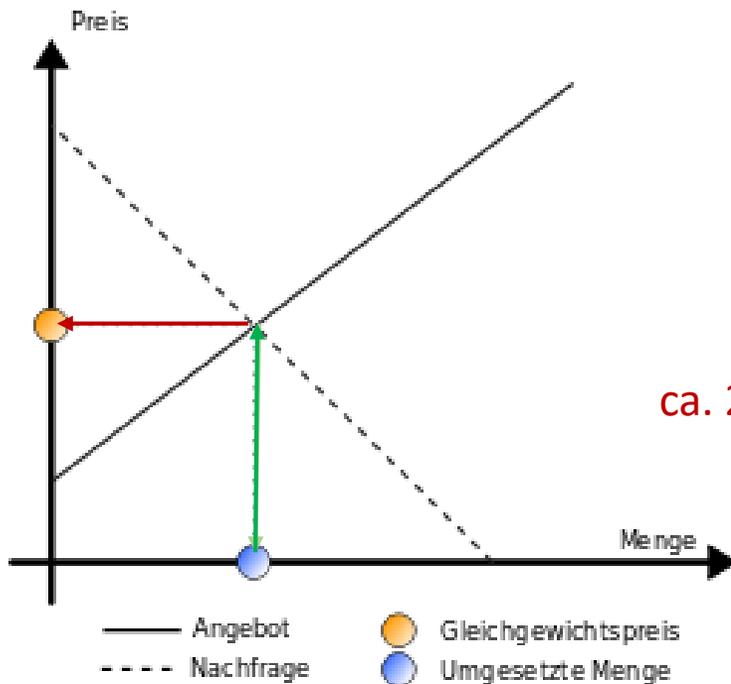
Angebot an Strom aus Wind- und Sonnenenergie schwanken im Tages- und Wochenverlauf stark!



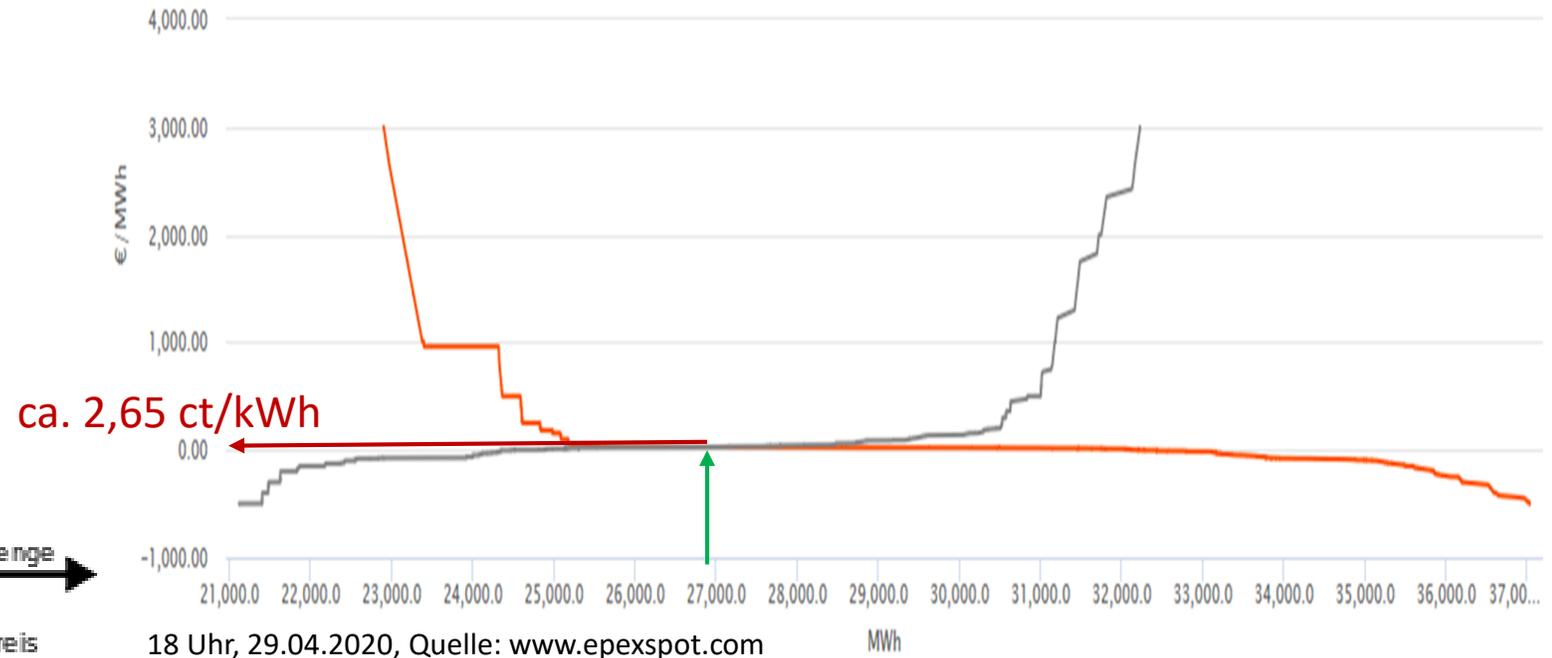
Quelle: Agora Energiewende (2015), Agorameter, Stromerzeugung und Stromverbrauch, Abruf 7. November 2015, grafische Anpassungen Holzhammer

# Preis für Strom wird an der Börse gebildet: Angebot und Nachfrage bestimmen den Preis

Price : 26.46 €/MWh | Volume : 26,868.4 MWh

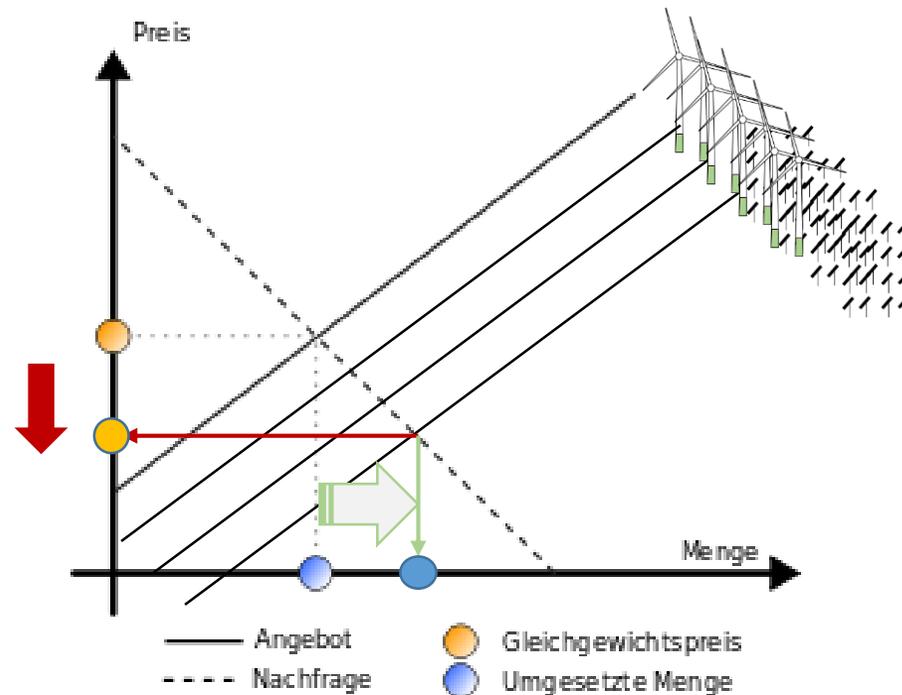


Bildquelle Wikipedia + eigene Anpassungen



Diese Gleichgewichtspreise werden an der Börse stündlich mittels einer Auktion (DayAhead) gebildet!

# Preis für Strom wird an der Börse gebildet: Angebot und Nachfrage bilden den Preis



Bildquelle: Wikipedia + eigene Anpassungen

Erkenntnis:  
Hohe Erzeugungsmengen aus Wind  
und PV – bei gleicher Nachfrage –  
**senken** den Gleichgewichtspreis!

# Der Strompreis an der Börse als Indikator für das Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage! (EnergyOnly-Markt)

Beispiel: Mittwoch 29. April 2020

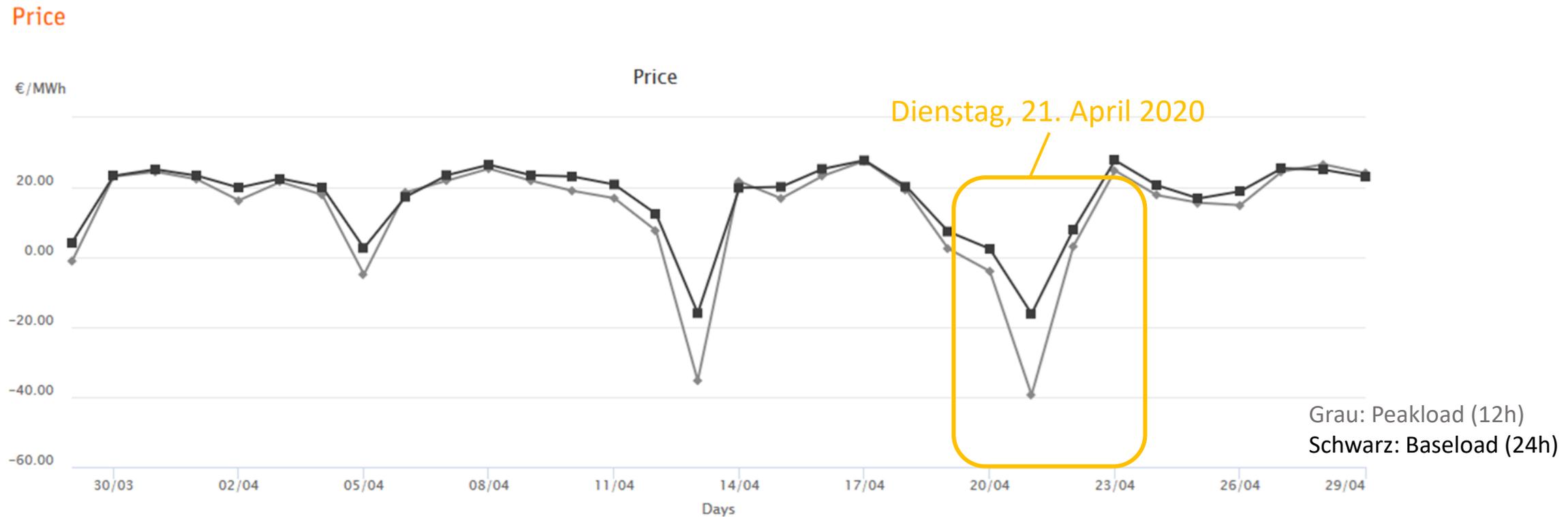
Price



Quelle: [www.epexspot.com](http://www.epexspot.com)

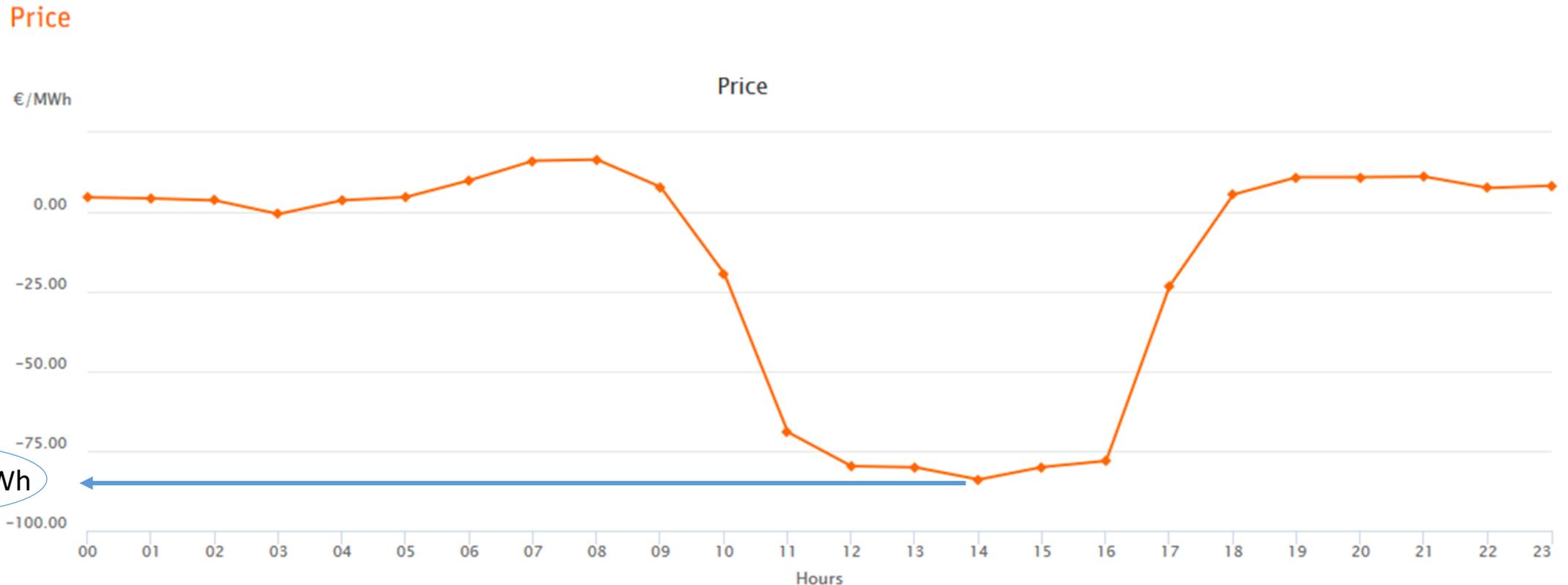
# Der Strompreis an der Börse als Indikator für das Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage! (EnergyOnly-Markt)

Beispiel: in den letzten 4 Wochen (BaseLoad und Peakload Preis an den einzelnen Tag)



Quelle: [www.epexspot.com](http://www.epexspot.com)

# Der Strompreis an der Börse als Indikator für das Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage! (EnergyOnly-Markt) Beispiel: Dienstag, 21. April 2020



Ca. - 8 ct/kWh

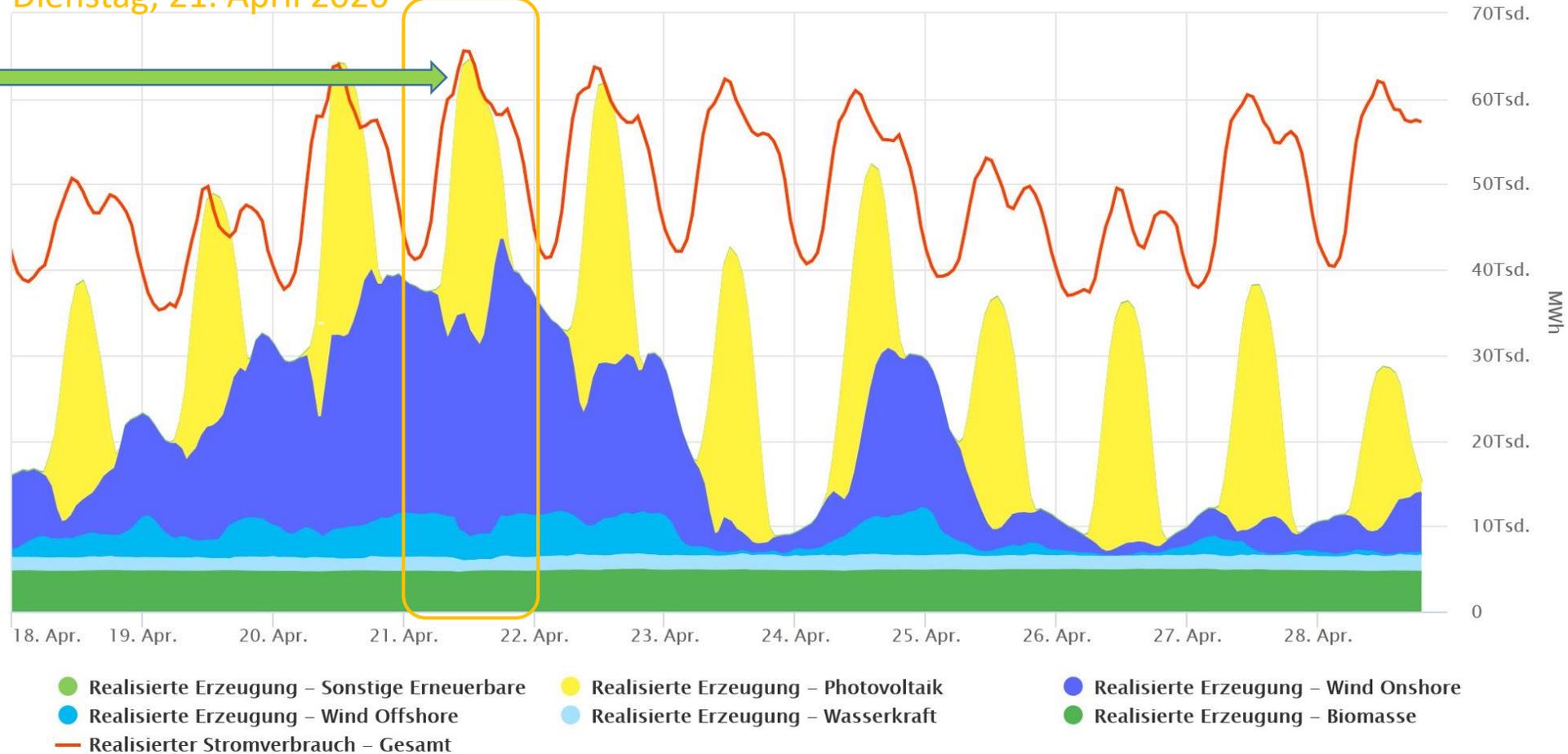
211 Stunden mit negativen Strompreisen im Jahr 2019

Quelle: [www.epexspot.com](http://www.epexspot.com)

# Kalenderwoche 17 – EE-Anteil bei 63,5 Prozent

Dienstag, 21. April 2020

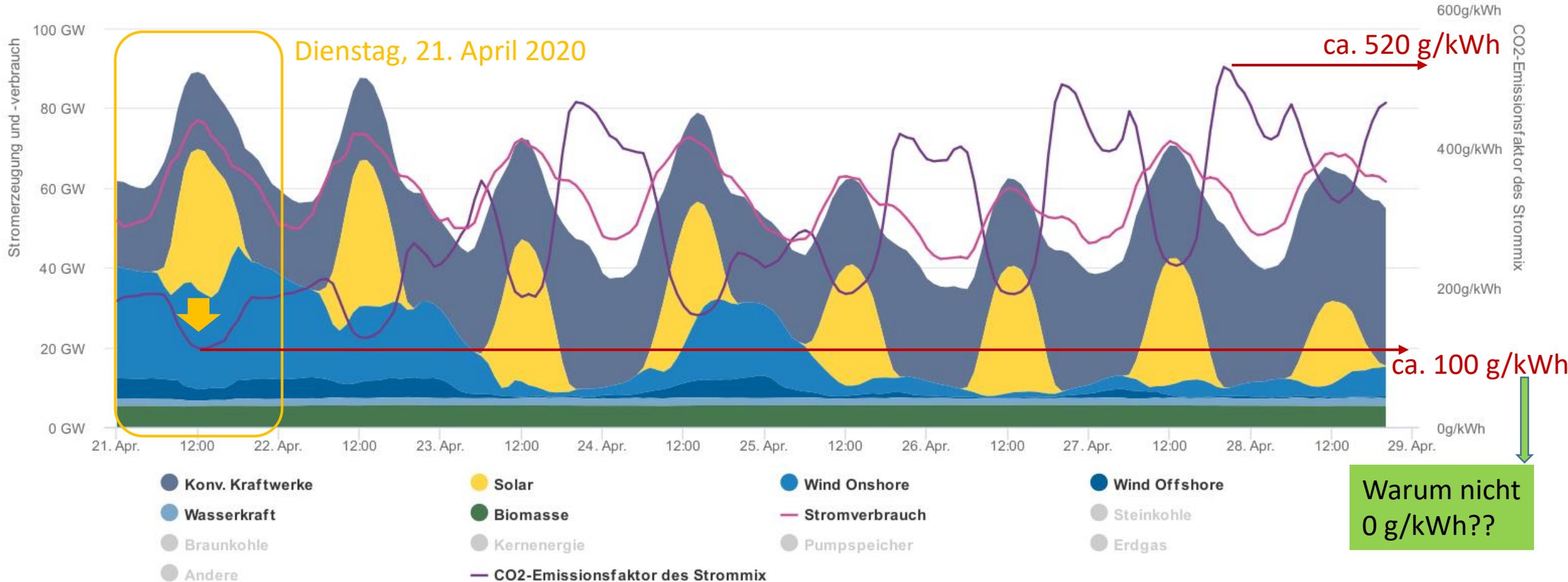
EE-Anteil  
hat Bedarf  
z. T.  
vollständig  
gedeckt!



<https://www.smard.de>

# Stromerzeugung / Verbrauch / CO-Emissionen für die Erzeugung des Stroms für den Endverbrauch:

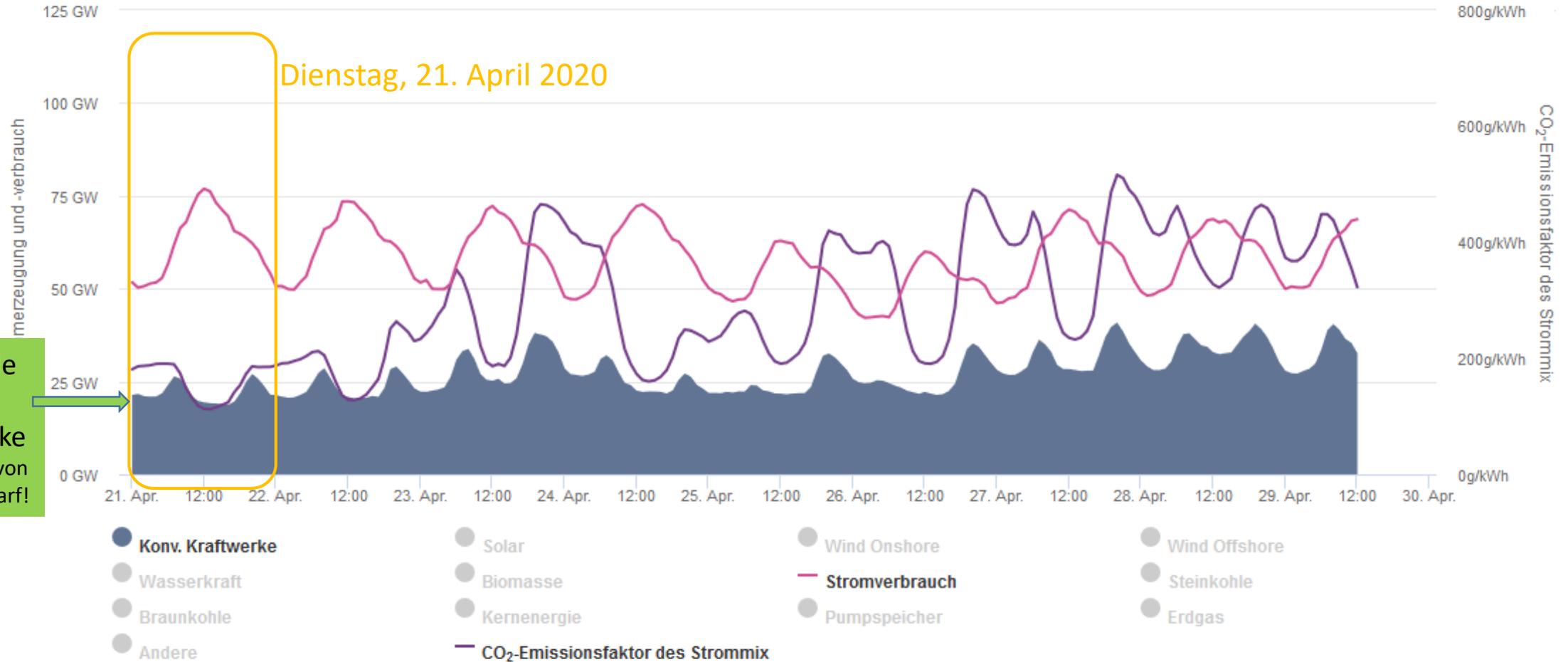
von 21. April bis heute



Agora Energiewende; Stand: 28.04.2020, 21:30

# Stromerzeugung konventionelle Kraftwerke / Verbrauch / CO-Emissionen:

von 21. April bis heute

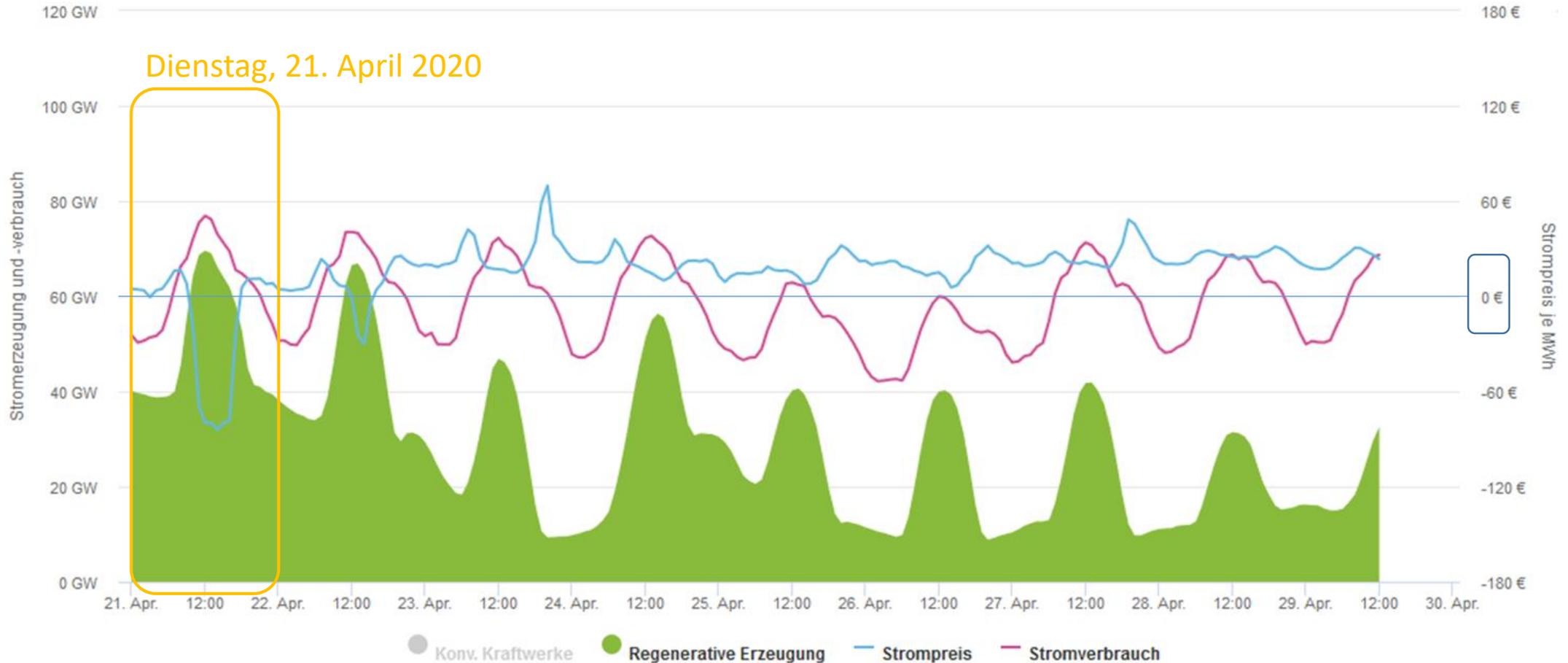


Unflexible  
konv.  
Kraftwerke  
Ca. 20 GW von  
76 GW Bedarf!

Agora Energiewende; Stand: 29.04.2020.

# Strompreis, EE-Stromerzeugung und Stromverbrauch:

von 21. April bis heute



Agora Energiewende; Stand: 29.04.2020.

# Zwischenfazit:

## Strompreisschwankung *Chance oder Risiko?*

Quelle: www.epexspot.com



**hohe** Strompreise (hohe Nachfrage oder geringe Stromerzeugung aus fluktuierenden EE)  
Hohe CO<sub>2</sub> Emissionen

Forcieren von:  
geringem  
Energieverbrauch

So kann die Energiewende auch eine ökonomische Chance für Unternehmen werden!

## Strompreis:

**niedrige** Strompreise (niedrige Nachfrage oder hohe Stromerzeugung aus fluktuierenden EE)  
Niedrige CO<sub>2</sub> Emissionen

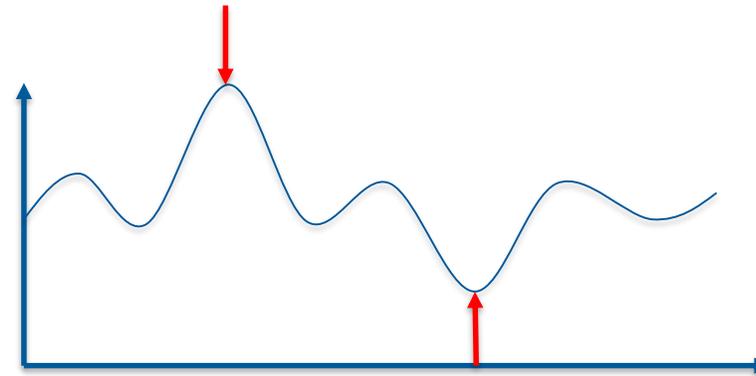
Forcieren von:  
gesteigertem  
Energieverbrauch

Dieses Verhalten sichert

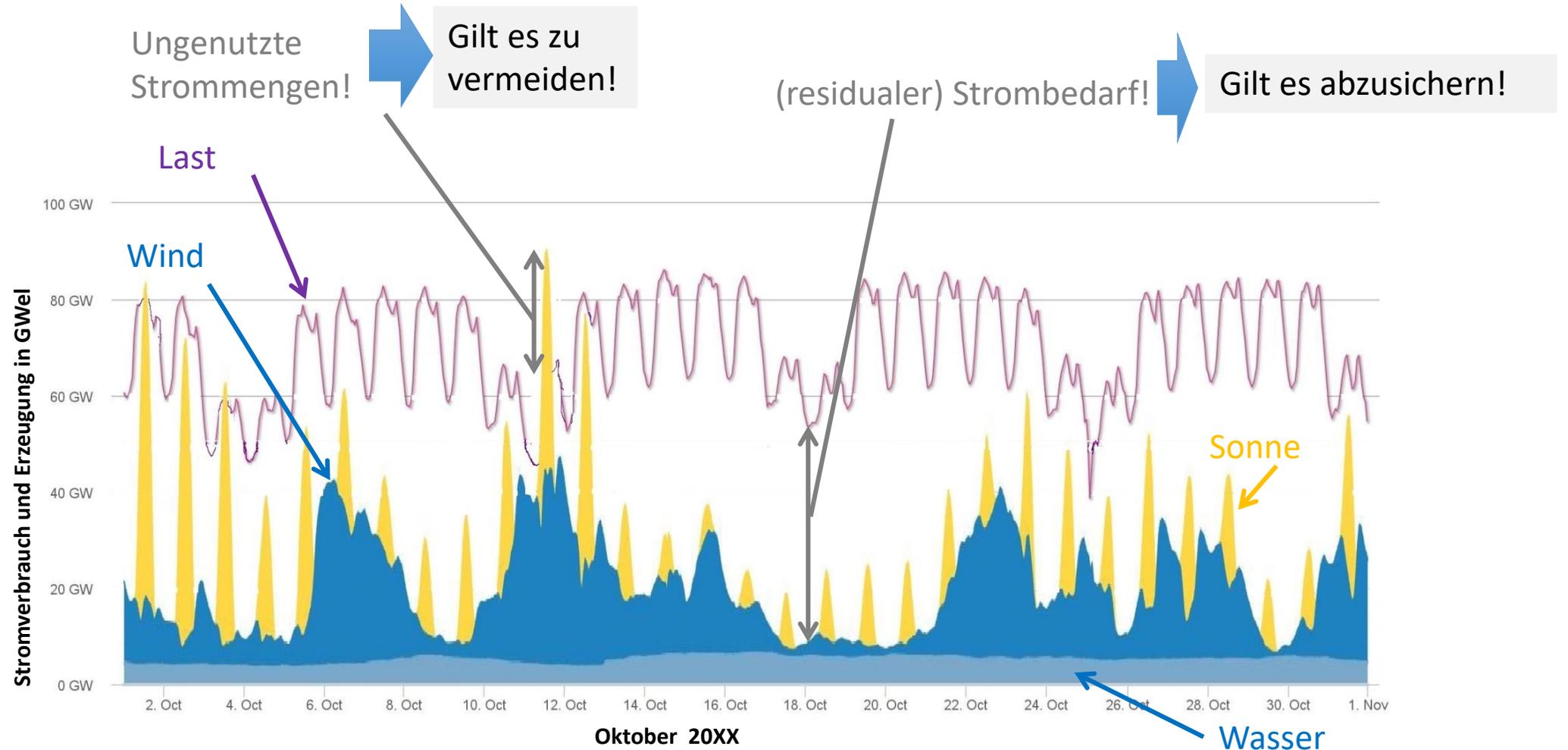
ökologische und betriebswirtschaftliche Effizienz

Bewertung:  
→ Aktuell Strommarktpreis  
z. T. zu geringen Einfluss  
auf Betriebskosten Strom!

# Flexibilität im Strombedarf und in der zukünftigen Nutzung notwendig!

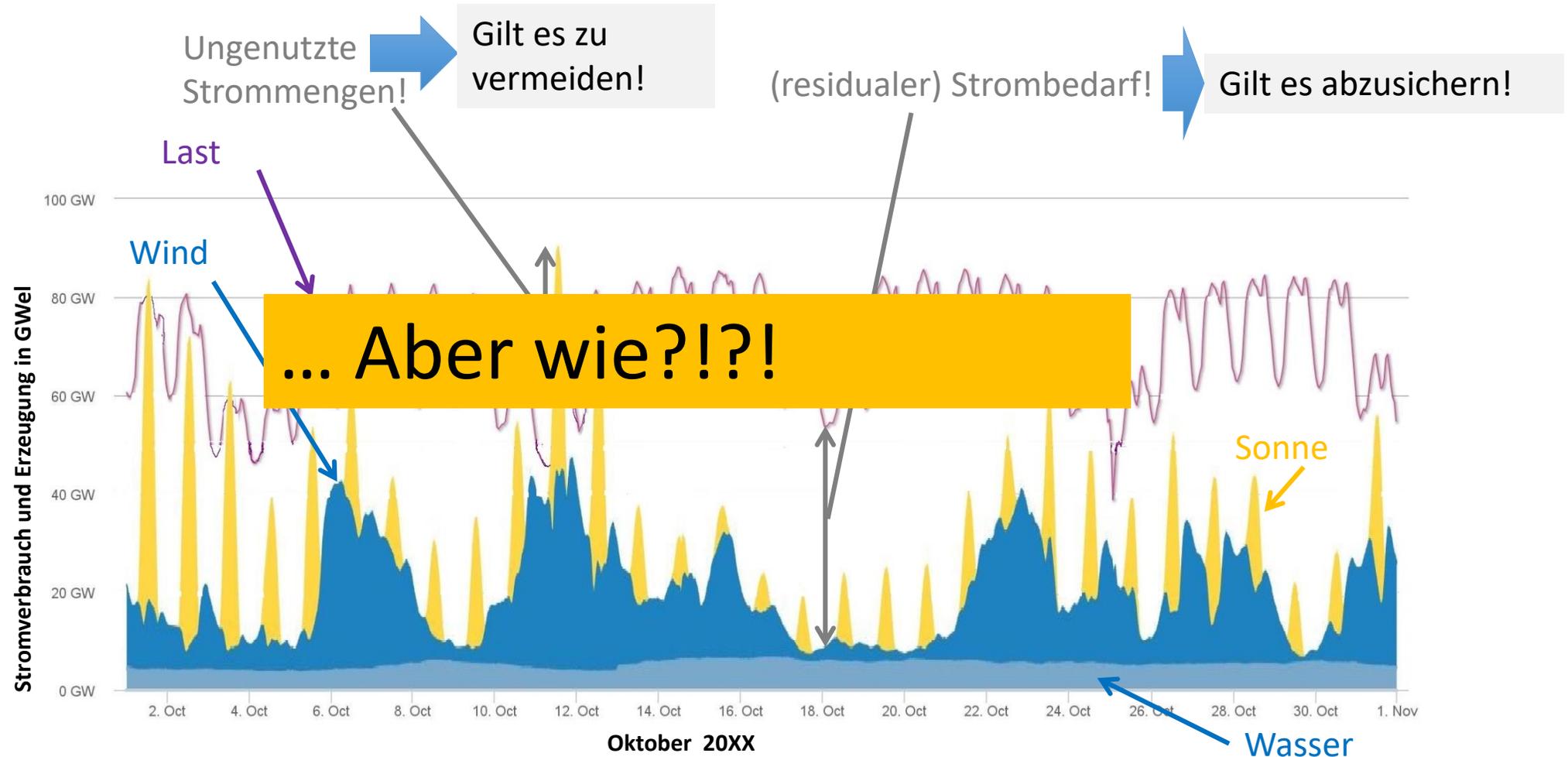


# Weitere Steigerung der EE – Stromerzeugung zeigt zukünftig Wirkung



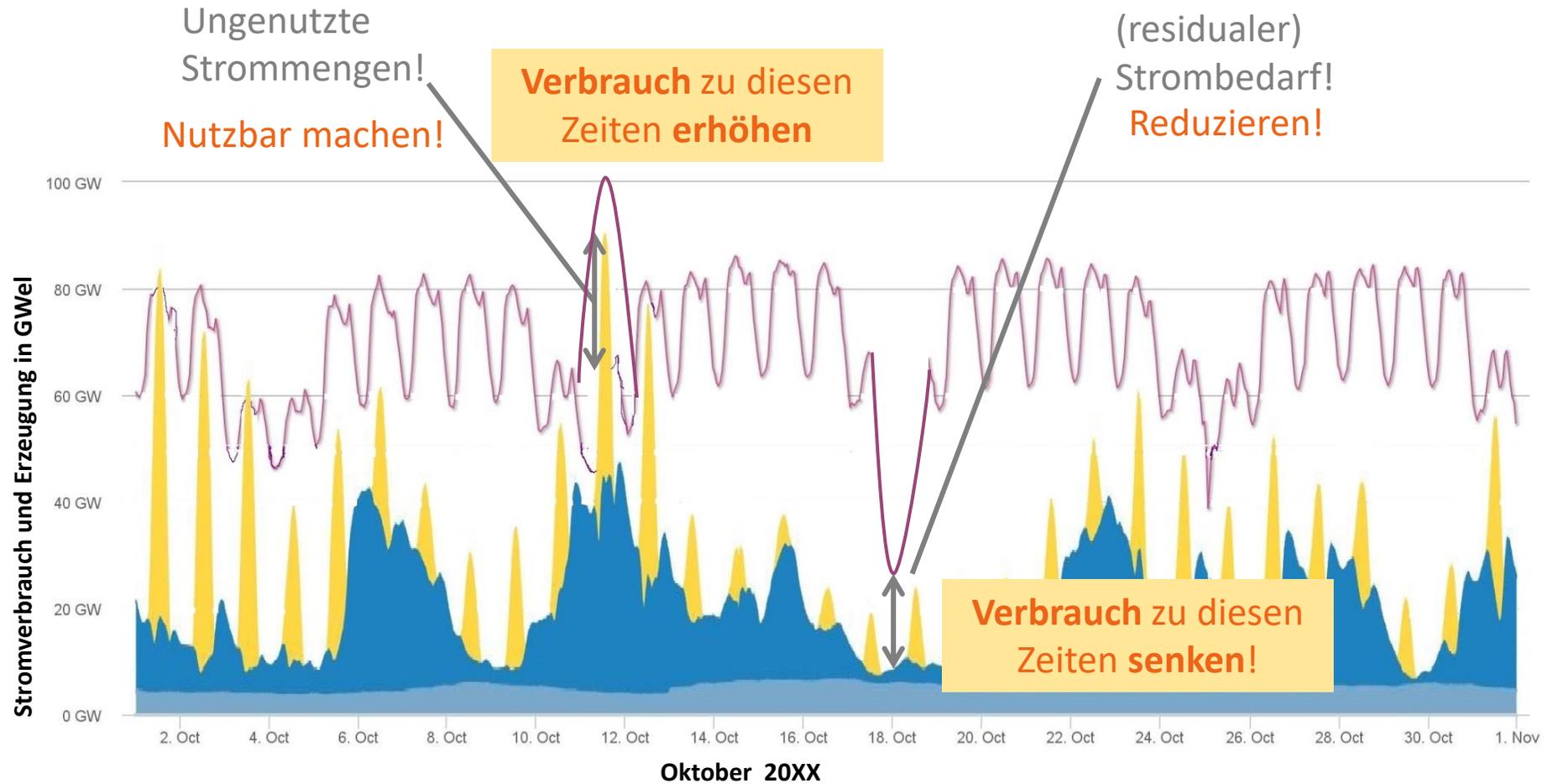
Quelle: Agora Energiewende (2015), Agorameter, Stromerzeugung und Stromverbrauch, Abruf 7. November 2015, grafische Anpassungen Holzhammer

# Weitere Steigerung der EE – Stromerzeugung zeigt zukünftig Wirkung



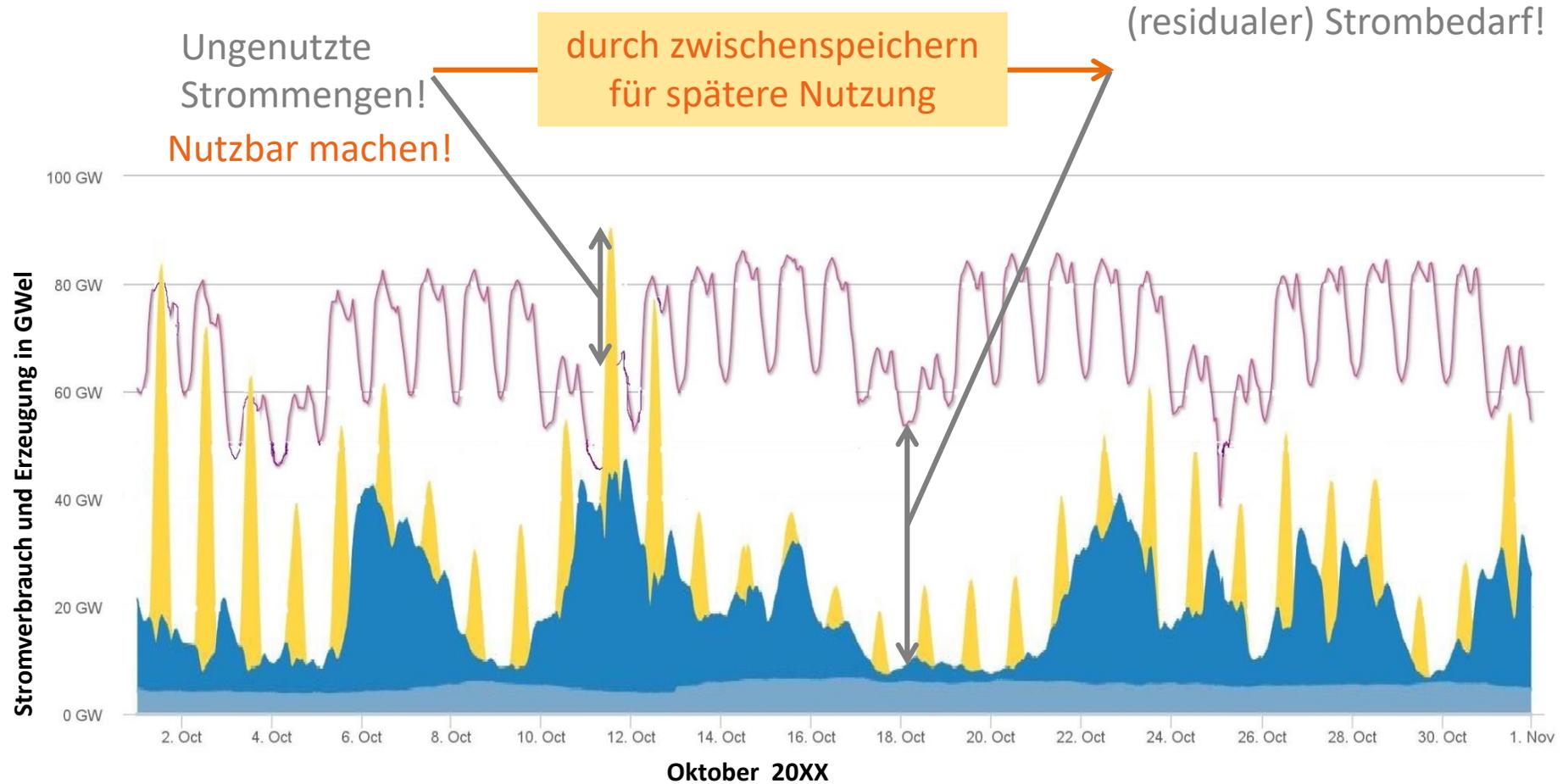
Quelle: Agora Energiewende (2015), Agorameter, Stromerzeugung und Stromverbrauch, Abruf 7. November 2015, grafische Anpassungen Holzhammer

# Maßnahme 1.: Vorziehen!



Quelle: Agora Energiewende (2015), Agorameter, Stromerzeugung und Stromverbrauch, Abruf 7. November 2015, grafische Anpassungen Holzhammer

# Maßnahme 2. : Zwischenspeichern

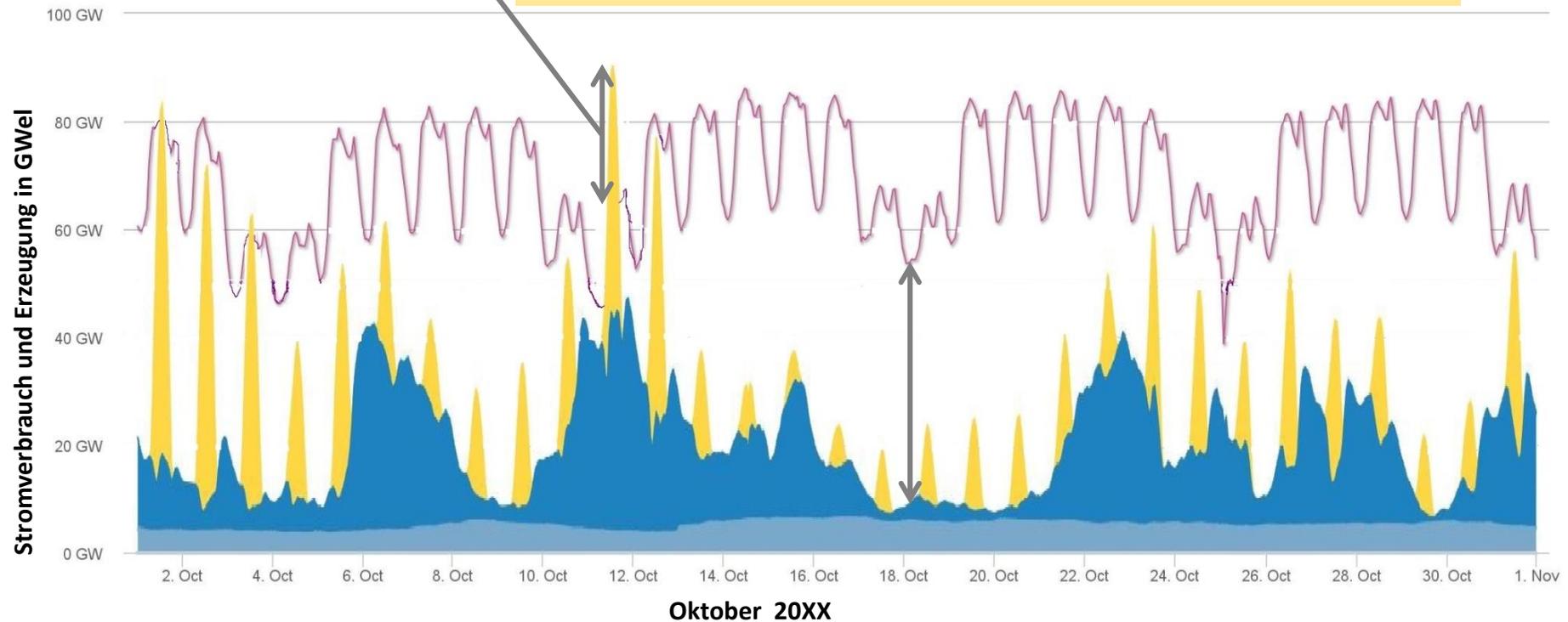


Quelle: Agora Energiewende (2015), Agorameter, Stromerzeugung und Stromverbrauch, Abruf 7. November 2015, grafische Anpassungen Holzhammer

# Maßnahme 3.: Gezielt verbrauchen!

Ungenutzte Strommengen  
nutzbar machen!

Gezielt neue Verbraucher zu diesen Zeiten aktivieren:  
Batterieladung E-Mobilität, Wasserstoffproduktion,  
PtL, PtH, Wärmepumpen, usw.!



Quelle: Agora Energiewende (2015), Agorameter, Stromerzeugung und Stromverbrauch, Abruf 7. November 2015, grafische Anpassungen Holzhammer

# Zwischenfazit:

Mit diesen 3 Maßnahmen werden verstärkt  
Energienmengen mit niedrigen CO<sub>2</sub>-Emissionen zur  
Energieversorgung eingesetzt!

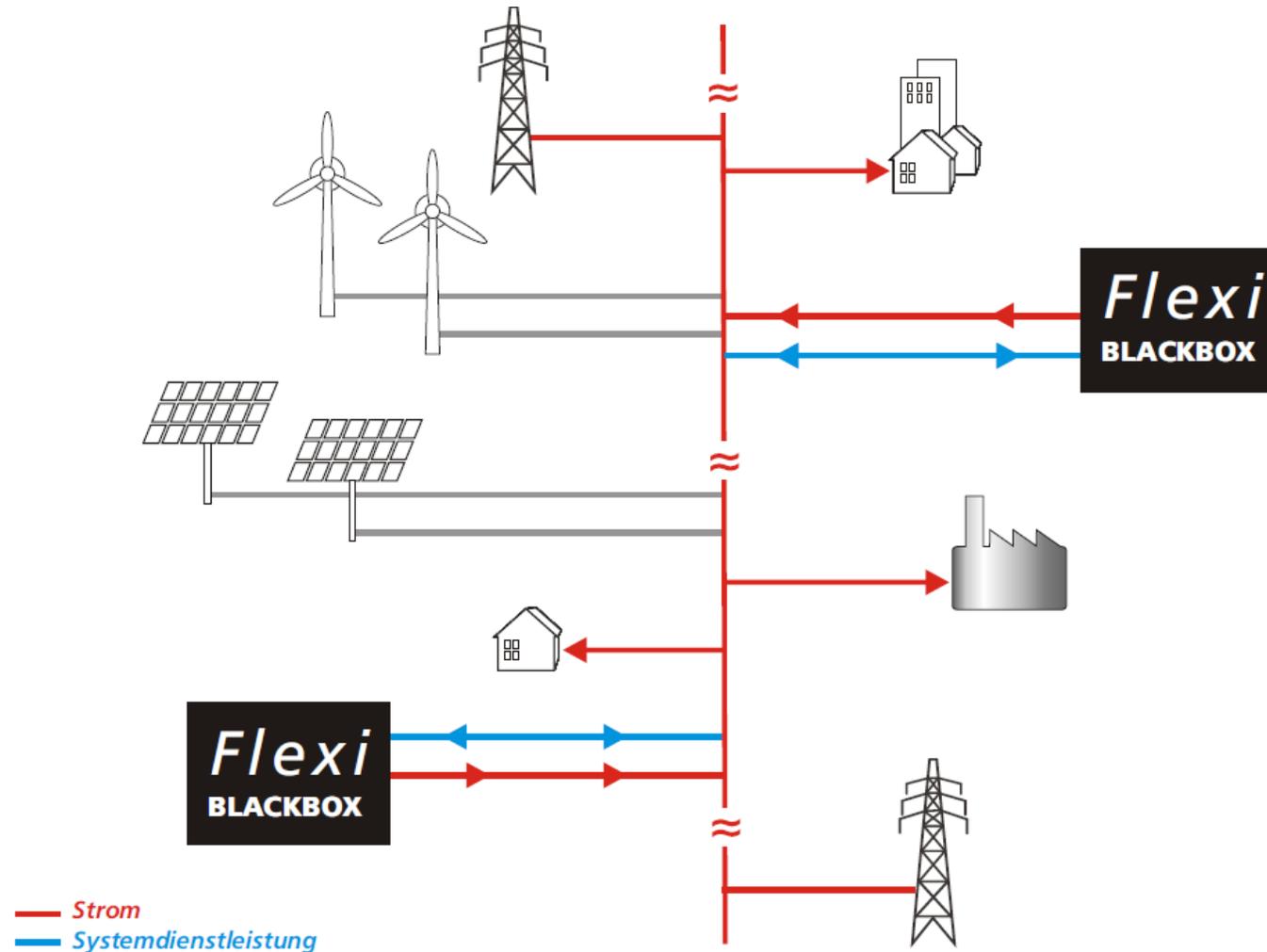
*... ja aber wie nun?!?!*



# Lösung: Die Flexi-Blackbox!

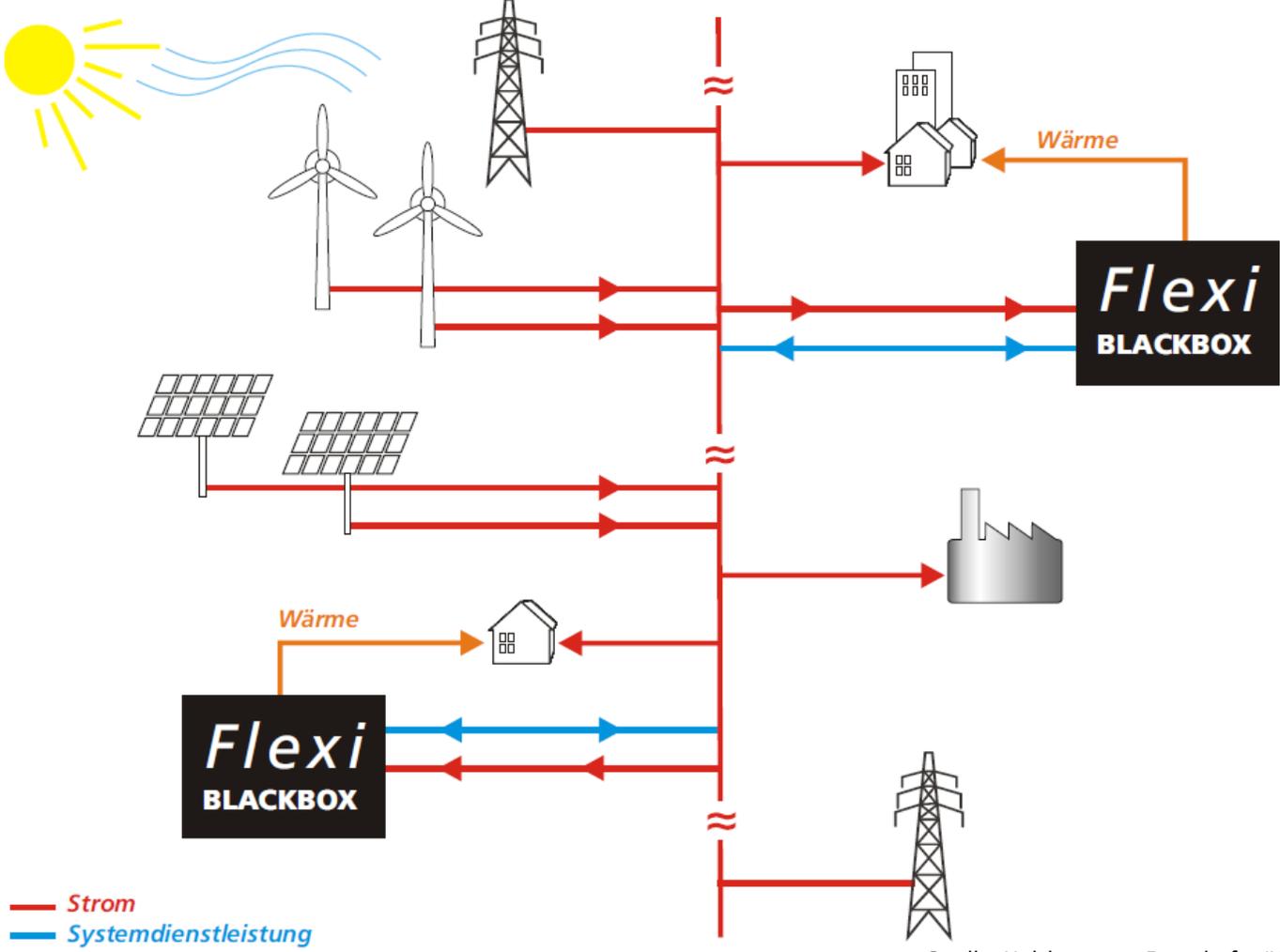


# Die FlexiBLACKBOX ! ...sie stellt **Strom** bereit, wenn kein Wind weht und keine Sonne scheint.



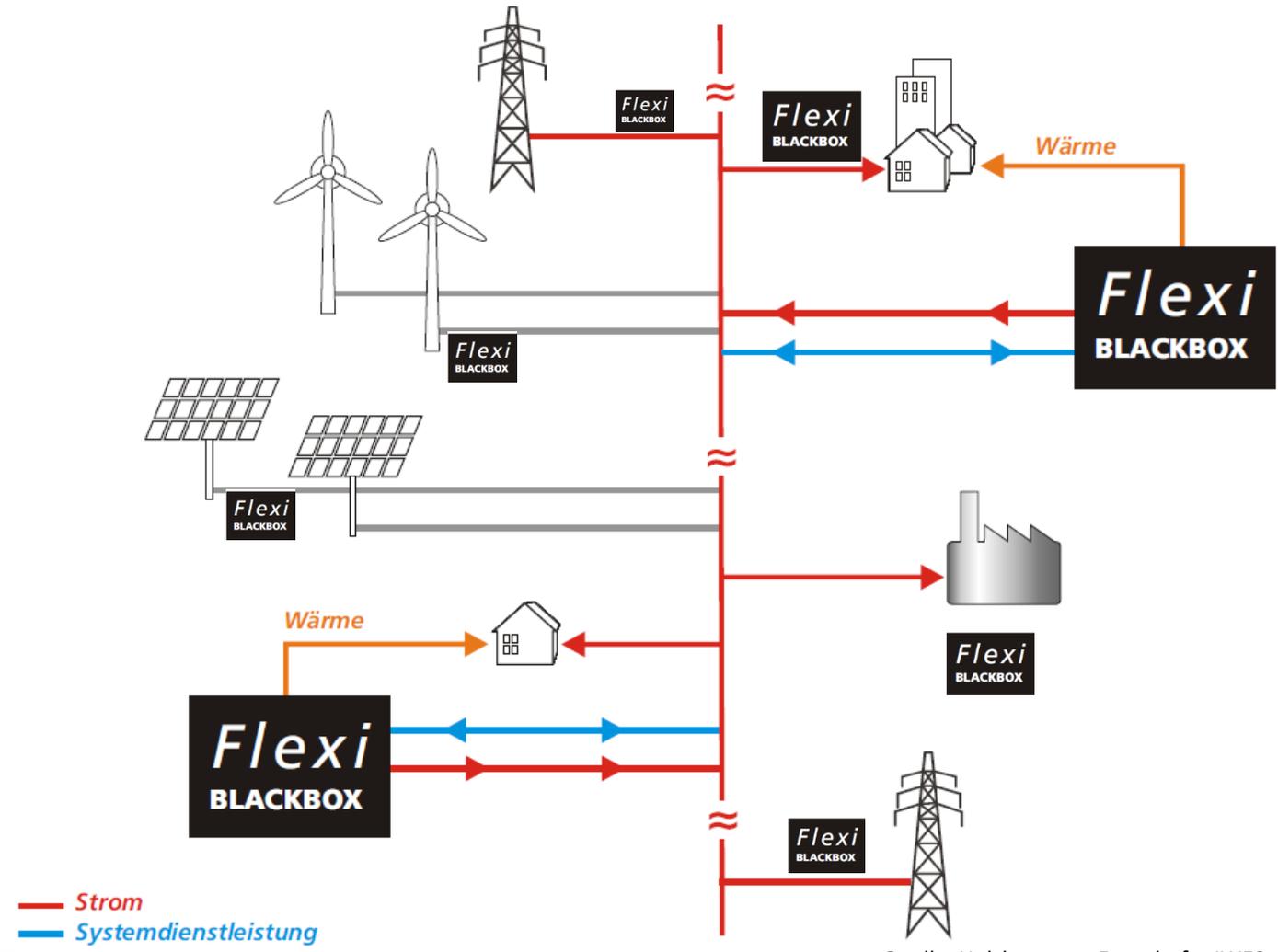
Quelle: Holzhammer, Fraunhofer IWES

... und nimmt **Strom** auf wenn viel PV und Wind-Strom im System ist (und stellt gleichzeitig bei Bedarf **Wärme** bereit).



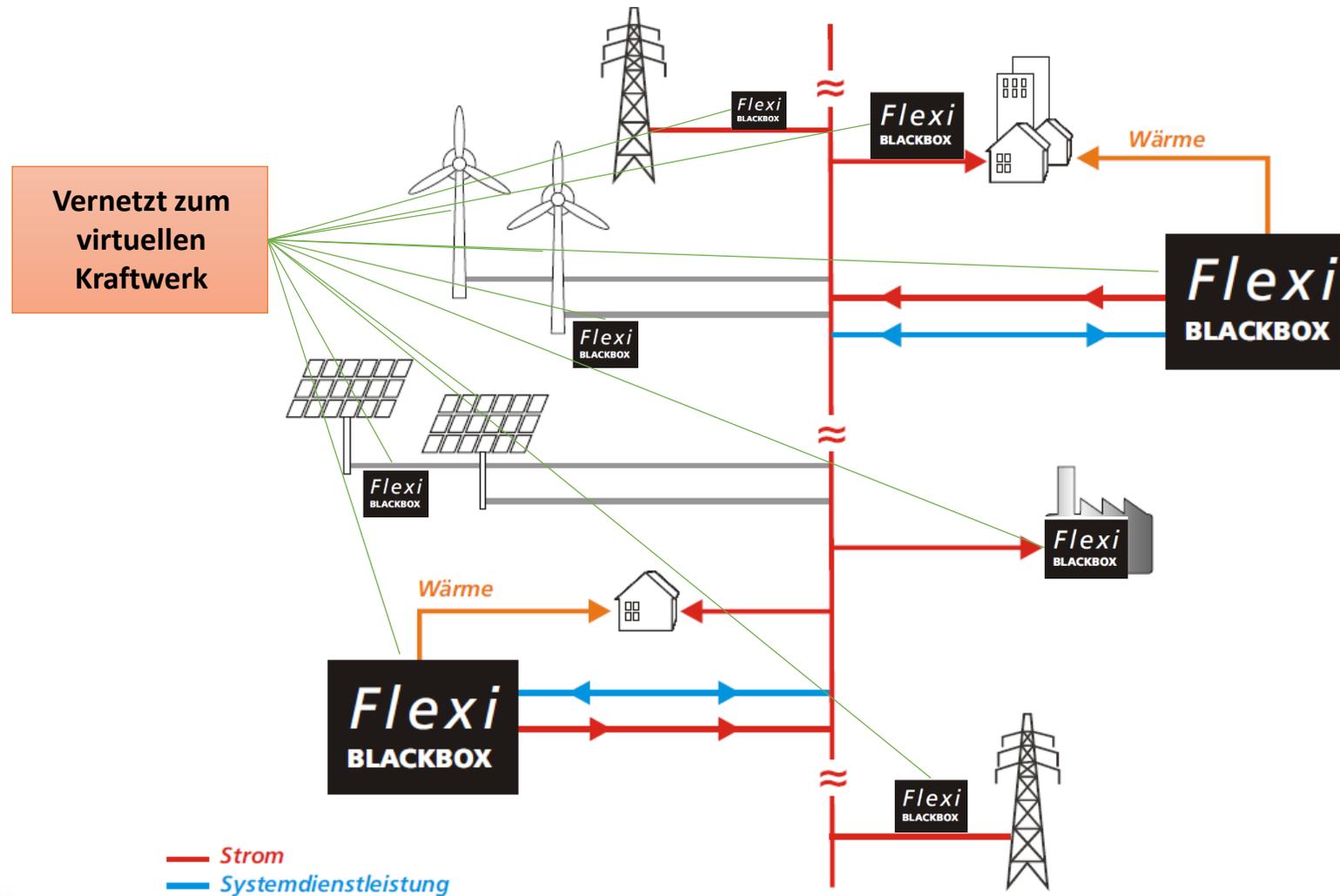
Quelle: Holzhammer, Fraunhofer IWES

# ... immer mehr FlexiBLACKBOXEN im Versorgungssystem ...



Quelle: Holzhammer, Fraunhofer IWES

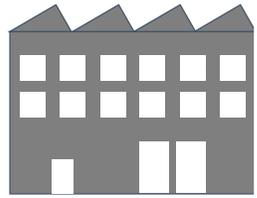
...werden koordiniert im *virtuellen Kraftwerk!*



Quelle: Holzhammer, Fraunhofer IWES

Die FlexiBLACKBOX

# WAS STECKT DAHINTER?



Flexible  
Industrieverbräuche



Flexible Strom-  
bereitstellung (BHKW)

Wasserstoffherzeugung  
mittels flexibel  
betreibbarer Elektrolyse

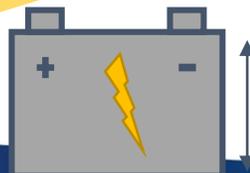
## Unternehmen, Haushalte (Verbraucher)

sind ein Teil des Energiesystems und zukünftig ein Teil der Flexibilität  
→ als Basis einer nachhaltigen Energieversorgung!

Wärmepumpe als  
Heizungstechnik

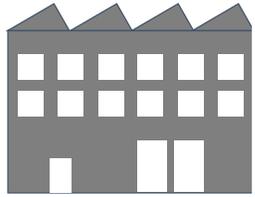


Batterietechnik



E-Mobilität

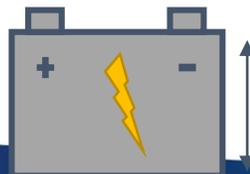




Bewertung:  
→ Wir sollten es zügig, mit  
Leidenschaft und guten  
Ideen anpacken!



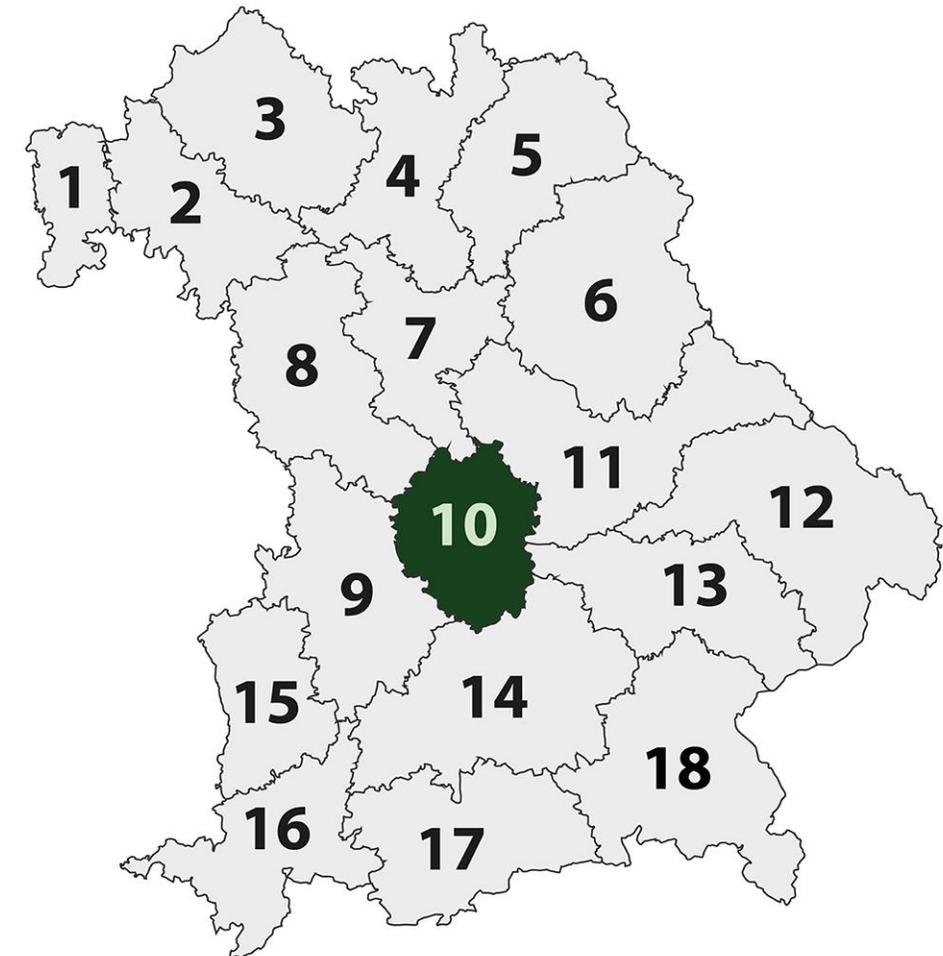
Fazit: Wir alle werden mit der Nachhaltigen Entwicklung,  
Handlungsfeld Energie, in unseren unterschiedlichen Rollen  
konfrontiert sein!





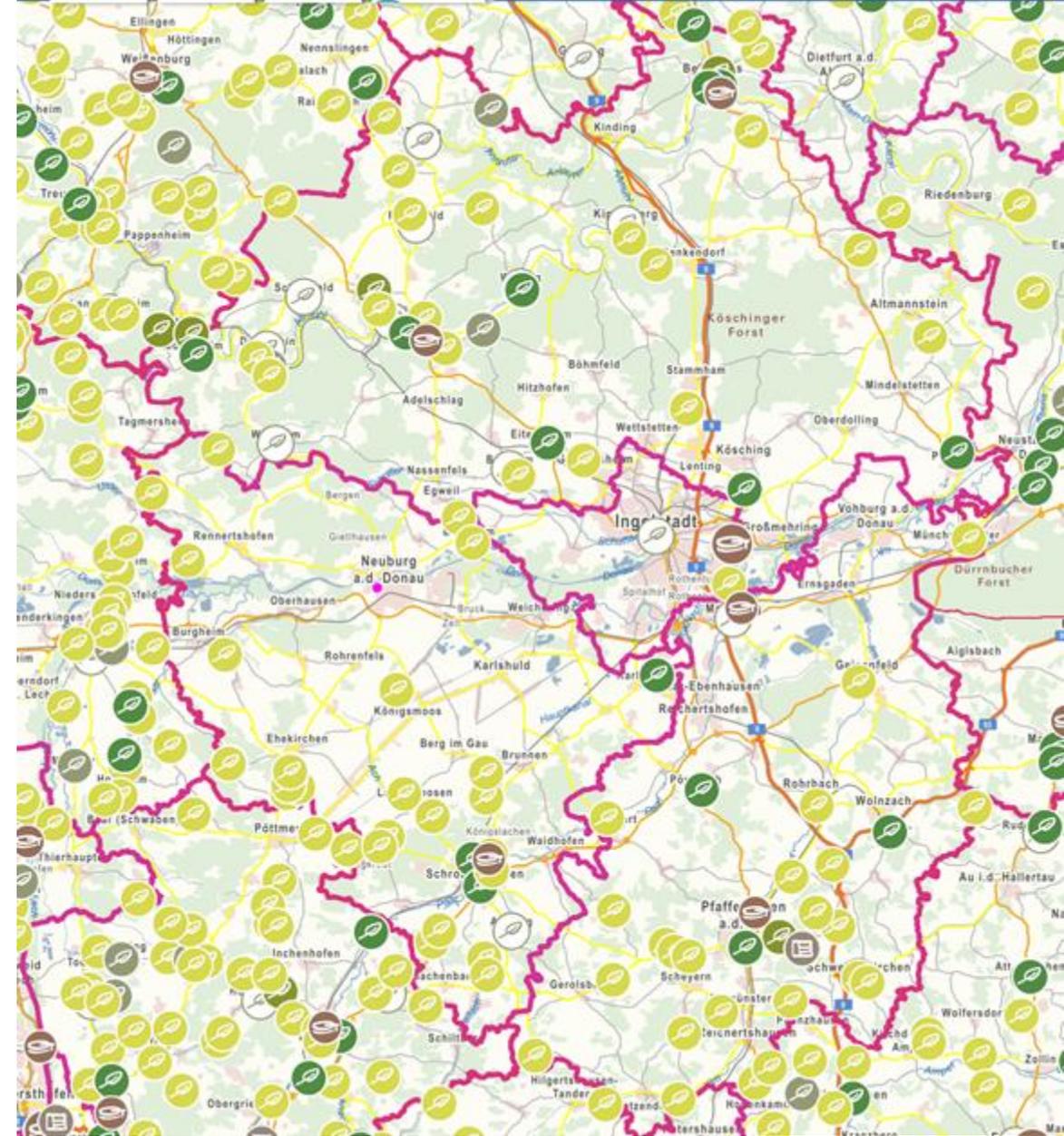
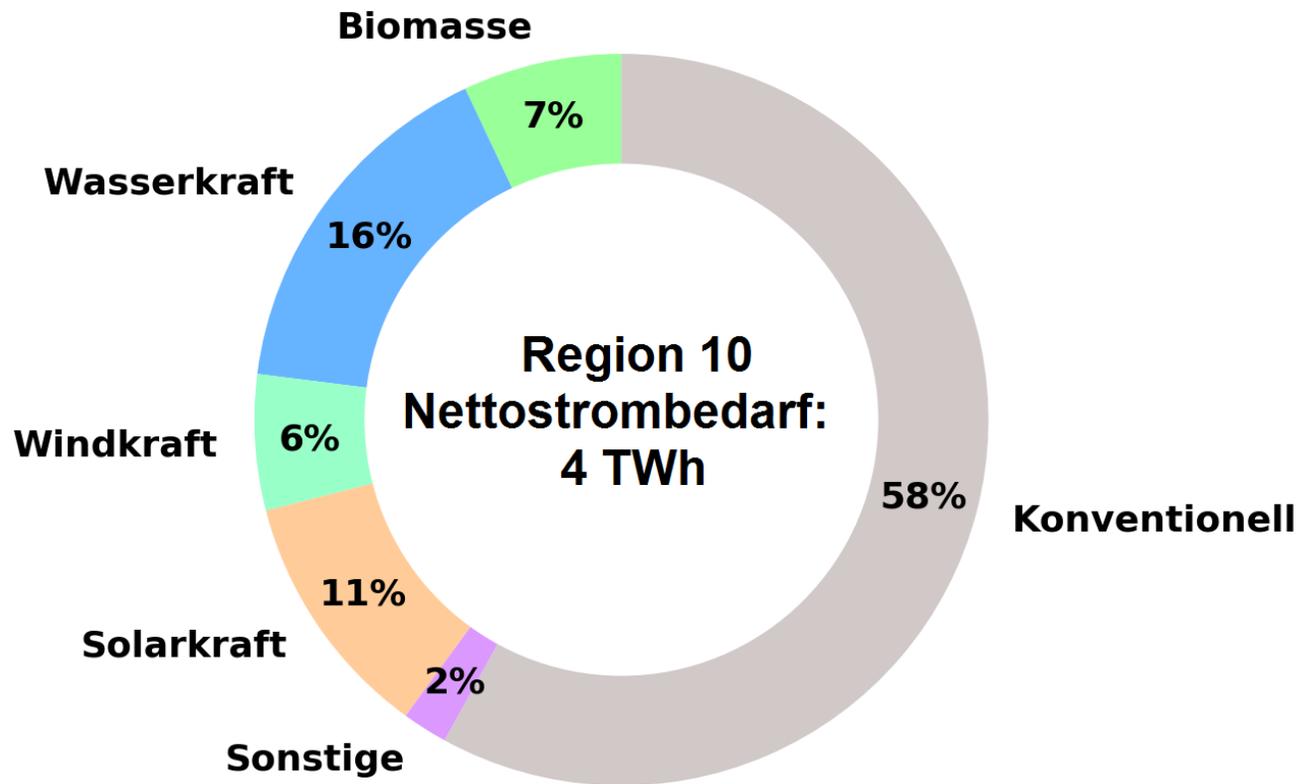
Akteure bilden sich eine Meinung

# DIE REGION 10 UND DIE THI

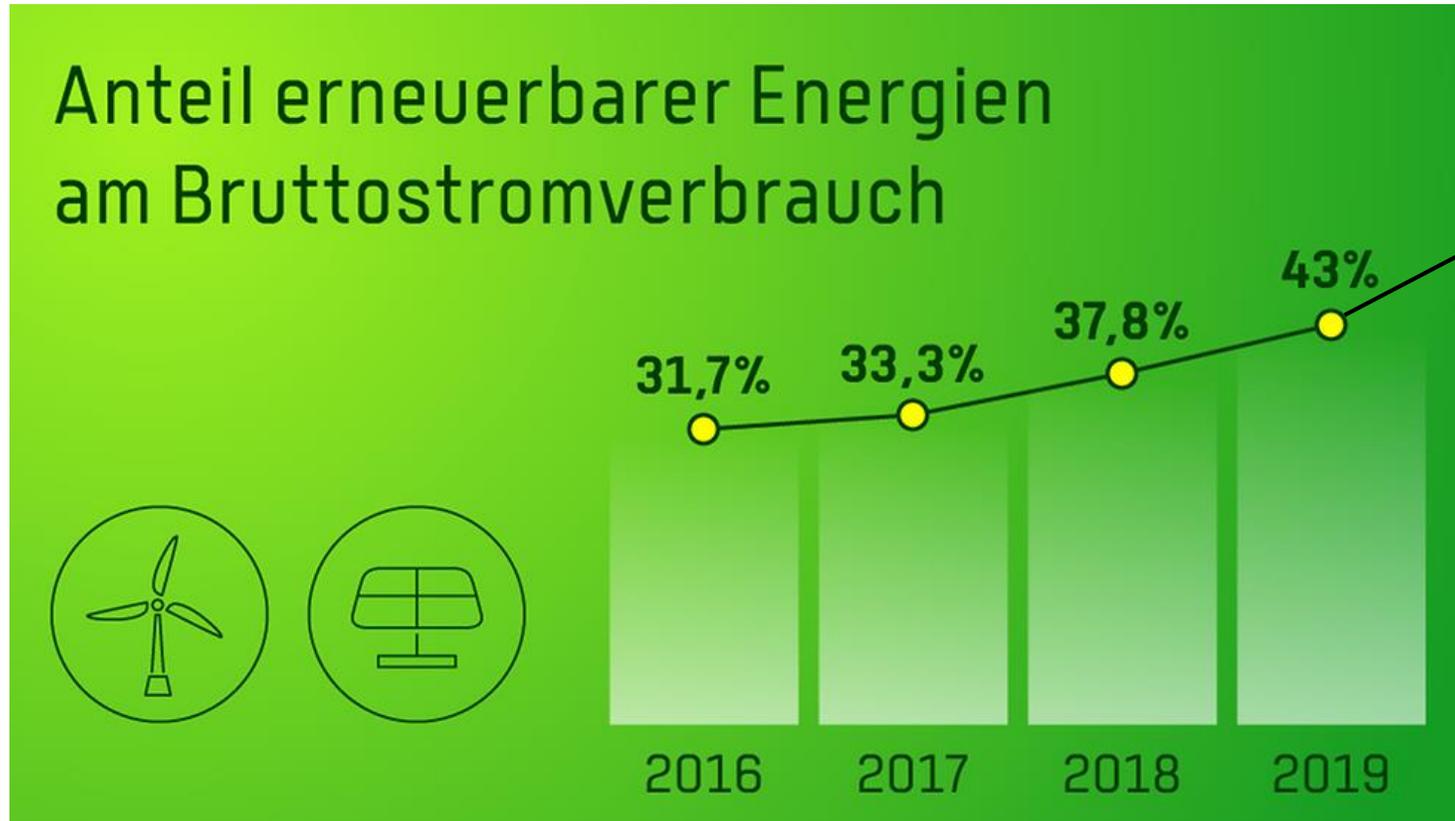


<https://www.region-ingolstadt.bayern.de/region/>

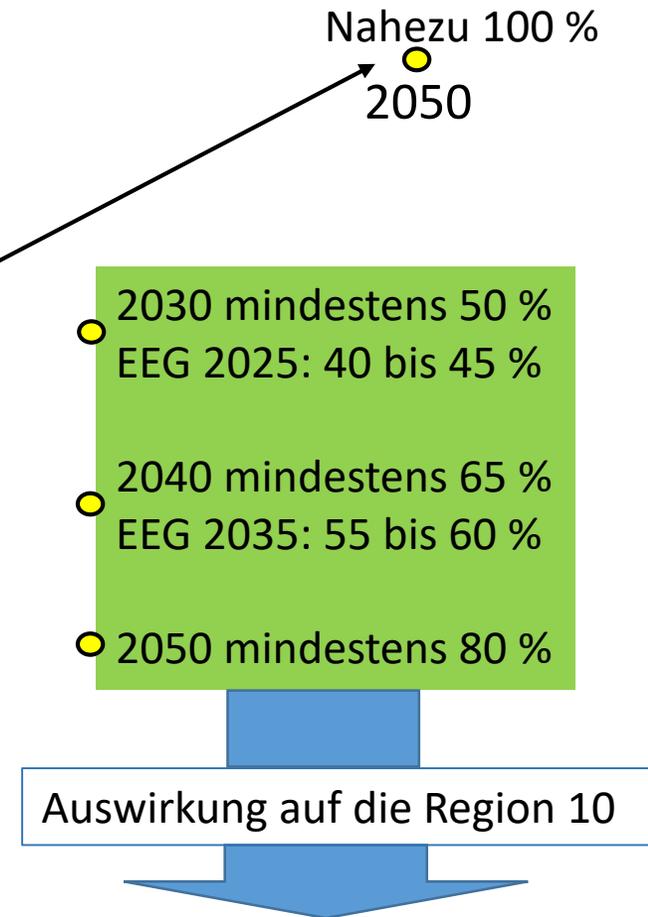
# Aufteilung der EE-Stromproduktion am Nettostrombedarf 2019: 42 %



# Entwicklung des EE-Anteils bis 2050: Ziele der Bundesregierung



<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/energiewende-schreitet-voran-1746718>



# Energiewende-Webtool



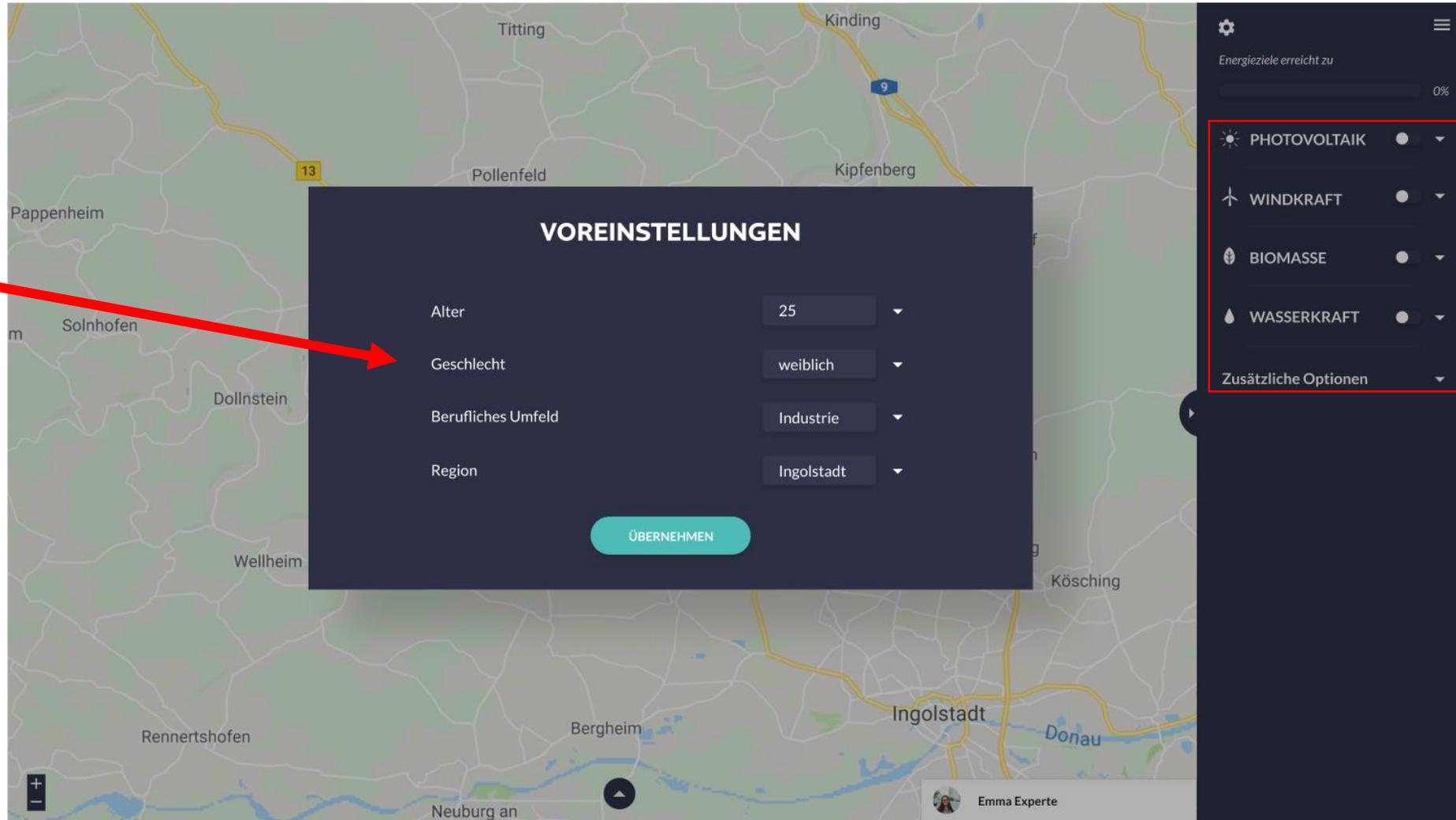
Darstellung  
der vom  
Nutzer  
eingestellten  
Energiewende-  
vision

# IHRE VISION



# Voreinstellungen und EE-Einstellungen

Wichtige Daten vom Nutzer können für die Auswertung abgefragt werden

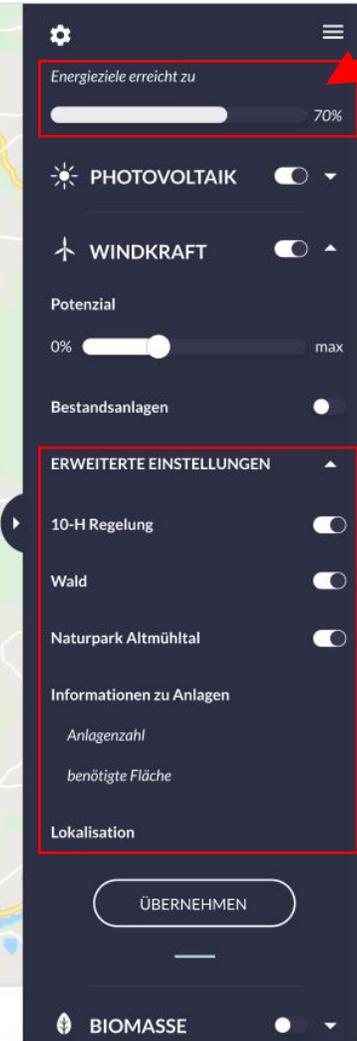
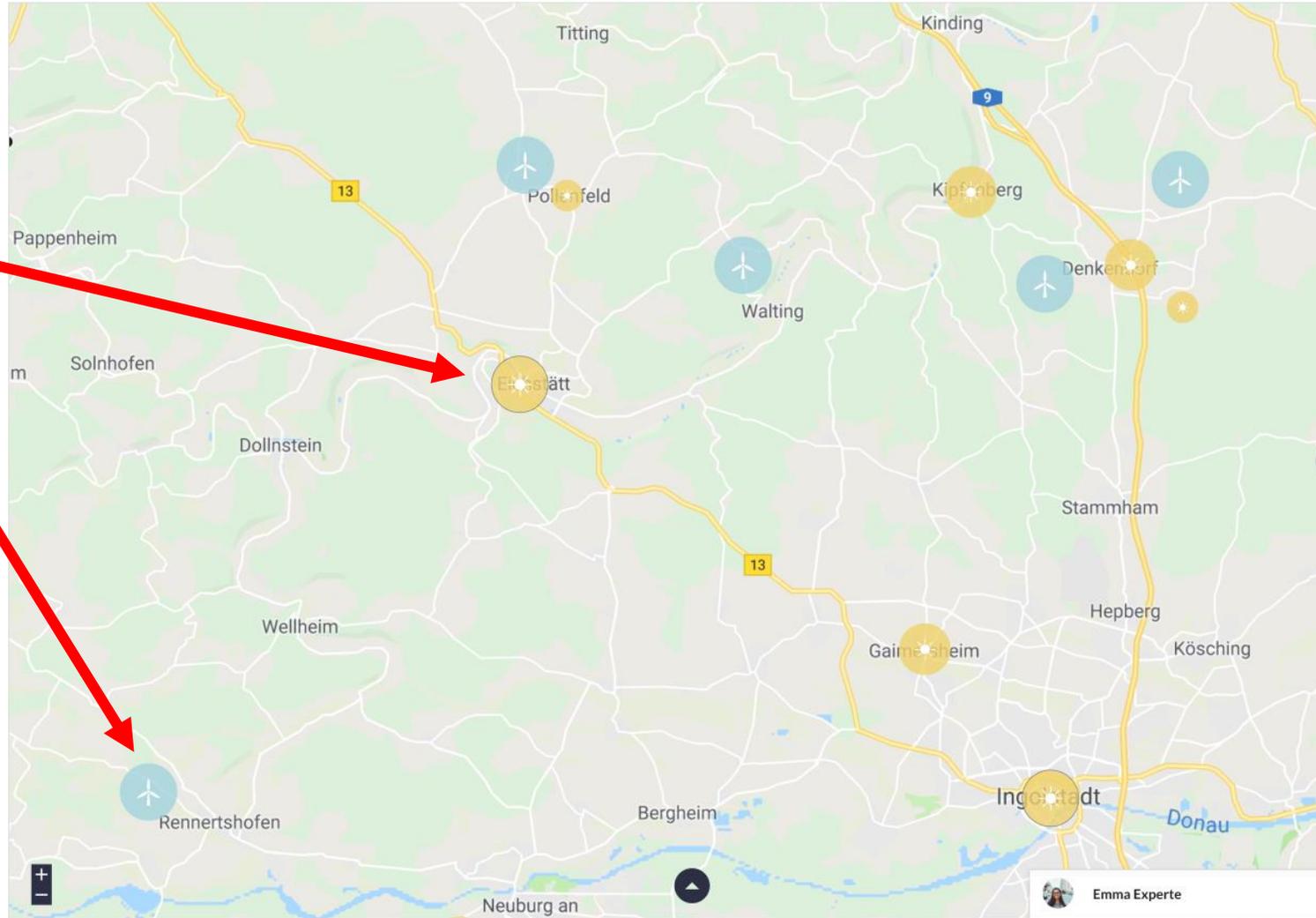


The screenshot displays a mobile application interface. On the left, a map shows the location of Ingolstadt. Overlaid on the map is a dark blue modal window titled 'VOREINSTELLUNGEN' (Pre-Settings). This window contains four dropdown menus: 'Alter' (Age) set to 25, 'Geschlecht' (Gender) set to weiblich (female), 'Berufliches Umfeld' (Professional environment) set to Industrie (Industry), and 'Region' set to Ingolstadt. A teal button labeled 'ÜBERNEHMEN' (Take) is at the bottom of the modal. To the right of the map, a dark blue sidebar menu is visible. It shows 'Energieziele erreicht zu' (Energy goals reached) at 0%. Below this, there are four energy technology options: PHOTOVOLTAIK (solar), WINDKRAFT (wind), BIOMASSE (biomass), and WASSERKRAFT (hydro), each with a radio button and a dropdown arrow. A red box highlights these four options, and a red arrow points from the text on the right towards this box. At the bottom of the sidebar, there is a dropdown menu labeled 'Zusätzliche Optionen' (Additional options). The user's name 'Emma Experte' is visible at the bottom right of the screen.

Einstellungs-  
optionen zu den  
EE-Technologien  
& zusätzliche  
Optionen

# Einstellungsmenü und Visualisierung

Visualisierung  
von Bestands-  
anlagen und  
Potenzialflächen  
auf einer Karte  
der Region

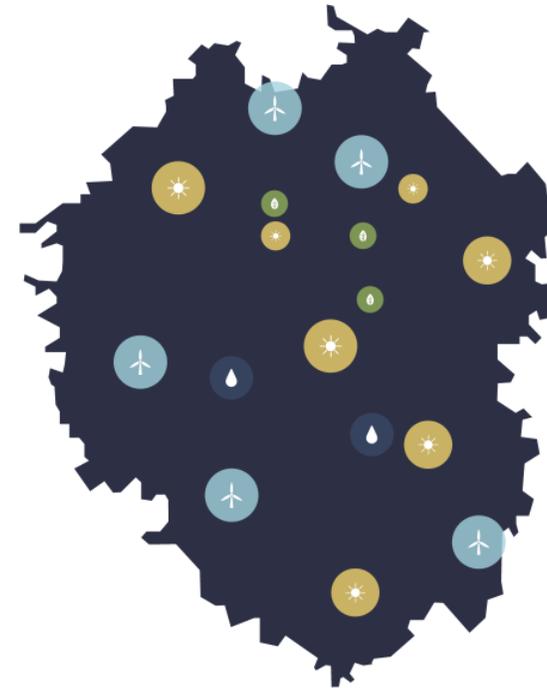


Kontrollanzeige  
für das Erreichen  
der politischen  
Energiewende-  
ziele

Erweiterte  
Einstellungs-  
optionen für die  
einzelnen  
Technologien

Wir freuen uns auf:

# IHRE VISION



der Energiewende  
für die Region 10!

# Kontakt Daten



Vielen Dank für Ihre geschätzte Aufmerksamkeit!

Prof. Dr.-Ing.

Uwe Holzhammer

0841 9348-5025

[uwe.holzhammer@thi.de](mailto:uwe.holzhammer@thi.de)

<https://www.thi.de/ines/personen/prof-dr-ing-uwe-holzhammer>

[https://www.xing.com/profile/Uwe\\_Holzhammer](https://www.xing.com/profile/Uwe_Holzhammer)