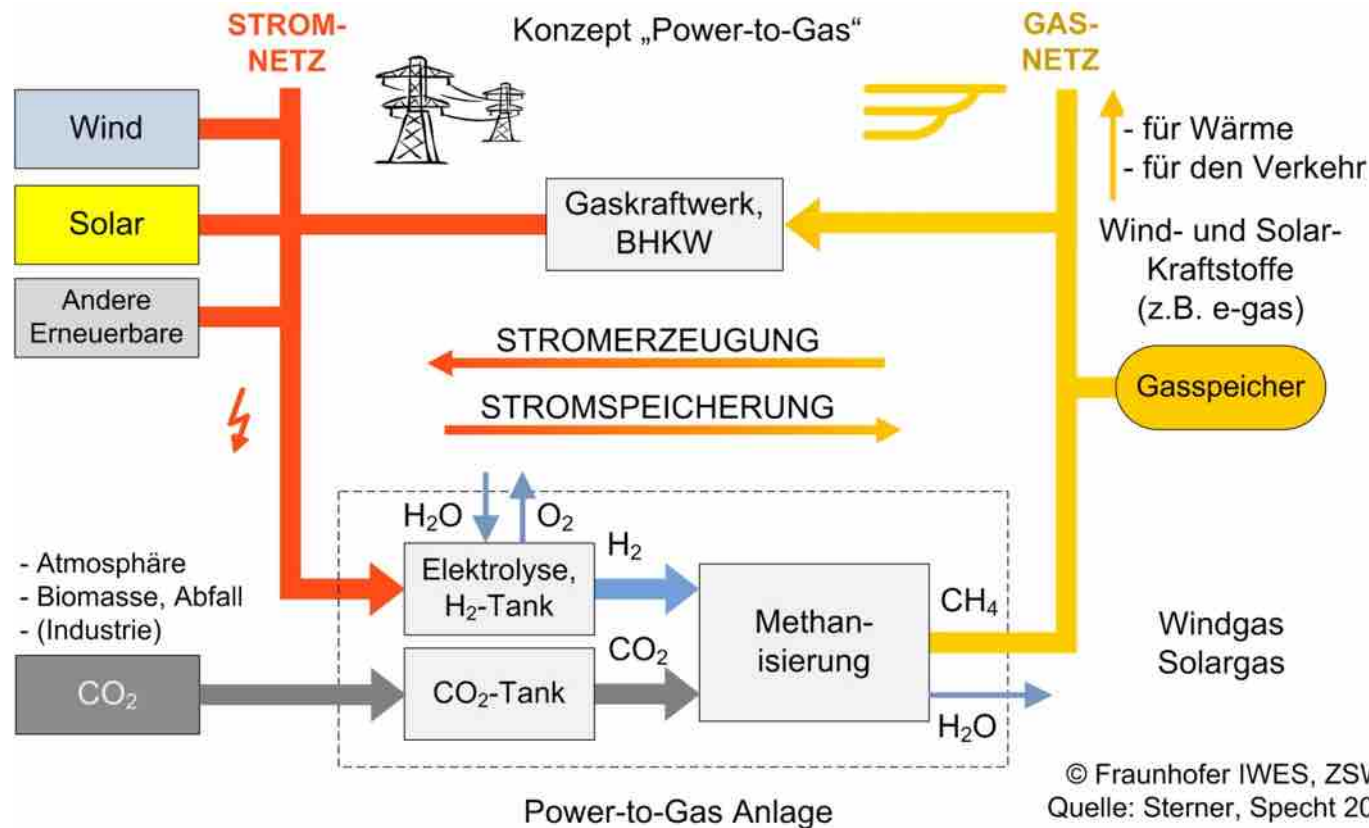


# Technische Aspekte der Energiewirtschaft und des Klimawandels

Prof. Dr.-Ing. Michael Sterner et al.



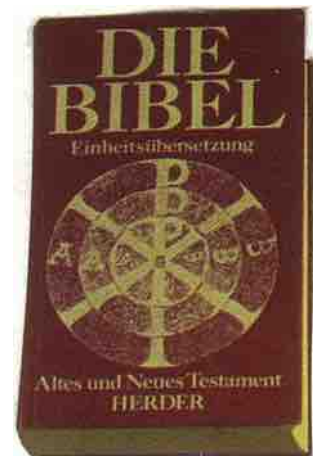
Bürgerdialog  
Klimaschutz

Klimaschutz in  
Landkreis und  
Kommunen

31. März 2022  
Dachau

© Fraunhofer IWES, ZSW  
Quelle: Sterner, Specht 2008

Fürchtet Euch nicht!

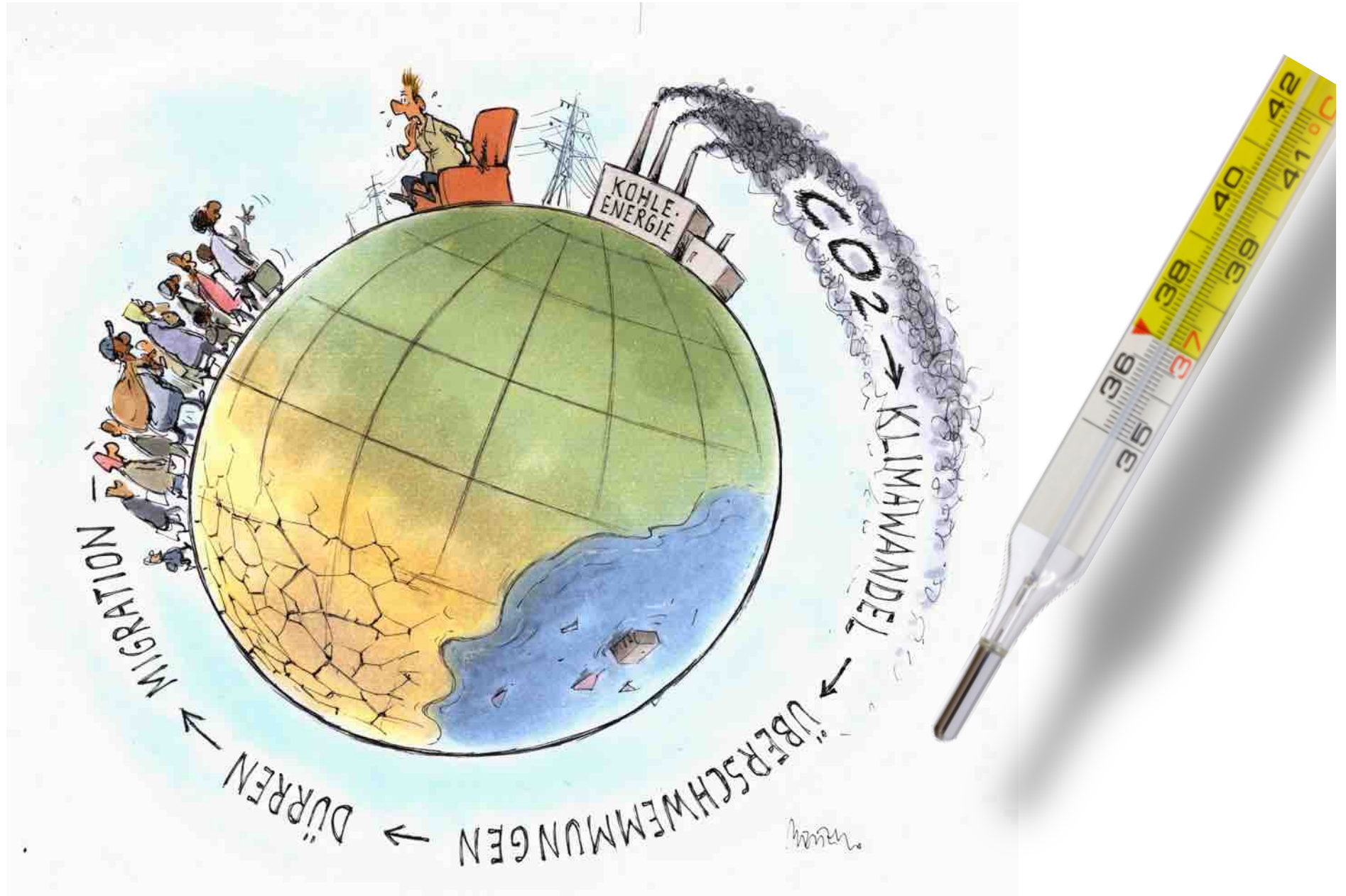


# Inhalt

- 1) Klimaschutz und Versorgungssicherheit
- 2) Energiewende
- 3) Wärmewende
- 4) Verkehrswende
- 5) Positive Beispiele
- 6) Fazit

Zeit zu handeln...

Paris: 1,5 °C





Prof. / Energieberater / Co-Autor Weltklimarat  
- WBGU Rahrnstadt, Schnellstudier; Szenarien vor 10 Jahren: 2 Grad  
- Dr. Speicher Power-to-Gas  
- Erstunterzeichner 149  
- Volle Unterstützung: Wichtigste Jugendbewegung seit 60ern!

4 Botschaften

1. Hinterfragt alles kritisch, nehmt nichts als selbstverständlich hin!  
- als Schüler: BMW / Straubing / Kenia Ostafrika – nicht zu jung!

2. Bringt Eure Perspektive ein!  
- 10 Jahre Beratung Bundesregierung, Diesel  
- Erfahrung? Wissen ist bekannt.



CAPITALISM KILLS OUR FUTURE

MAKE THE WORLD GREEN AGAIN

WHAT ABOUT PLEXIT?

Save Our Planet

STOP

CLIPPING is a better future

STOP THE ANTI-SCIENCE

ACT NOW OR LATER

DAS



THE SEAS ARE RISING AND SO ARE WE

BE THE CHANGE YOU WANT TO SEE IN THIS WORLD



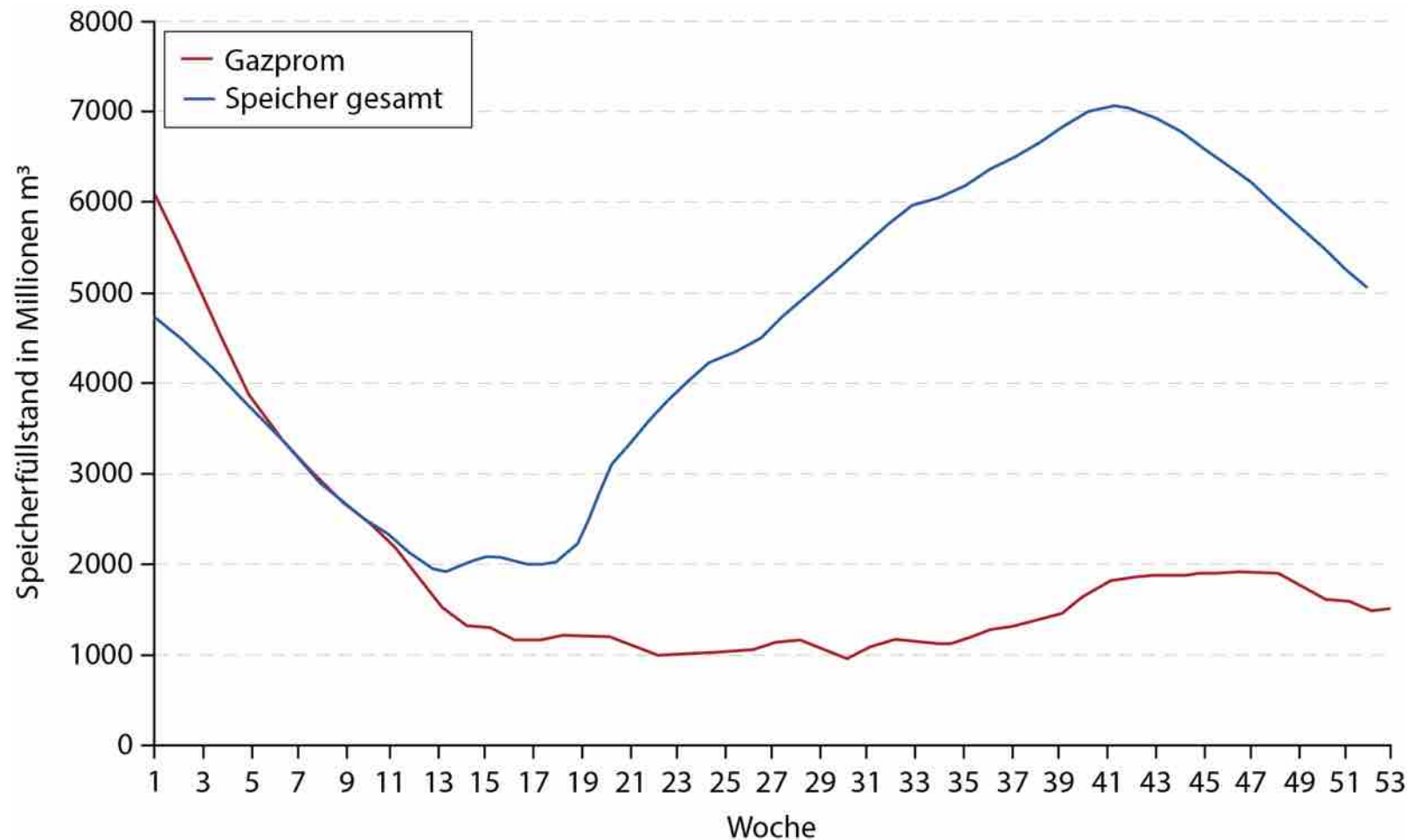
CLIMATE JUSTICE NOW!



# Zeit zu handeln...



# Gasspeicher Gesamt vs. Gazprom



→ Strategischer Einsatz seit Mitte 2021!

Source: AGSI: <https://agsi.gie.eu/#/>

Note: Minimum and Maximum values are calculated from the period 2015-2020.

Note: On 15 December 2021 we improved the methodology for the aggregation of Gazprom storage and revised the data accordingly

<https://www.bruegel.org/publications/datasets/european-natural-gas-imports/>

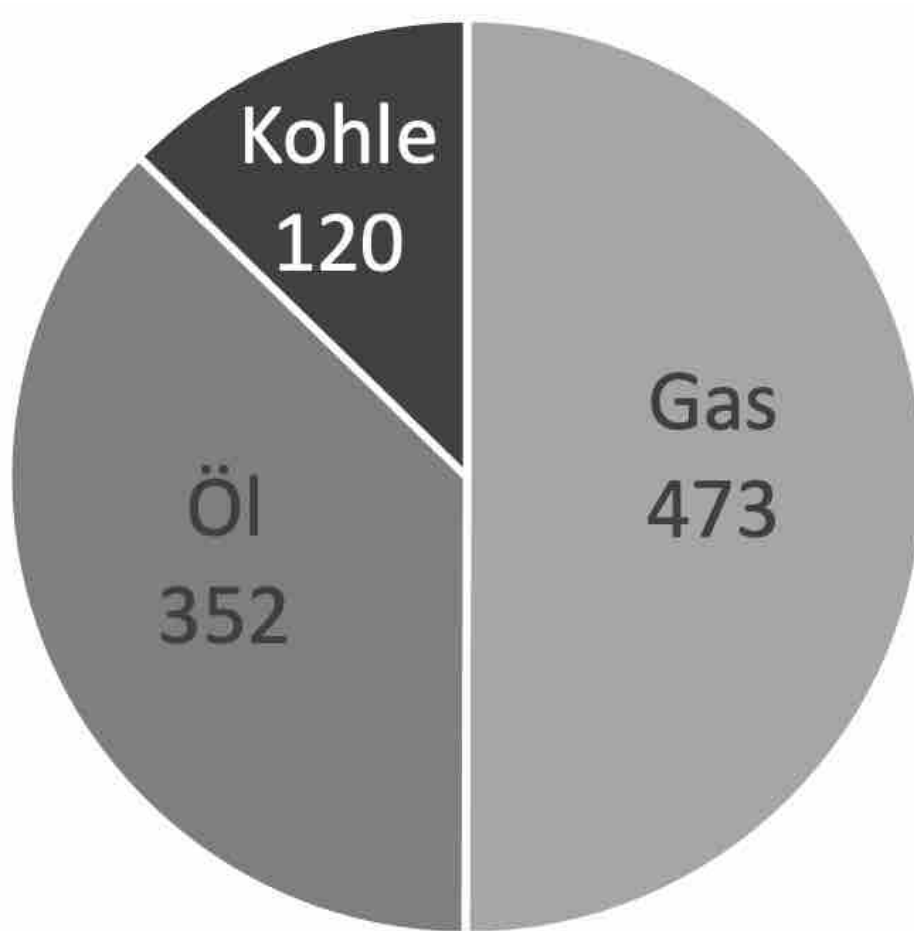






# Ausweg Atomkraft?

Importe aus Russland in TWh  
Bayern größter Importeur – bei Gas: 90 %



Laufzeitverlängerung reduziert um 3 %  
Nachteile:

- Sehr teuer (Brennstäbe, Rückbau)
- Unsicher (Atomkraft → Atomwaffe)
- Entsorgung
- Technisch aufwändig

Atom: 30

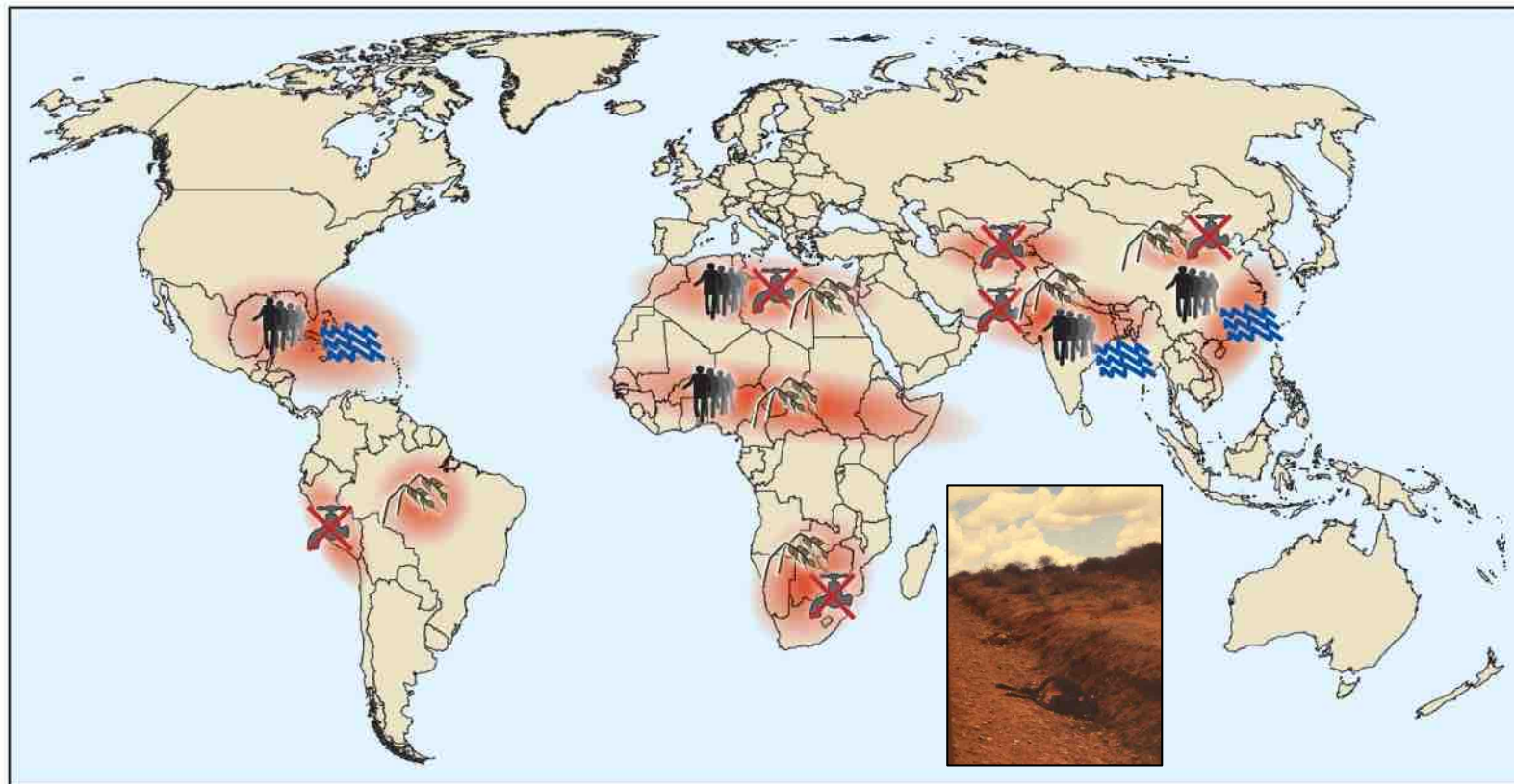


# UN: weltweit mehr Klimaflüchtlinge als Kriegsflüchtlinge (heute)

Kriege um Öl & Gas → Destabilisierung

Klimawandel → schwindender Lebensraum → neue Völkerwanderungen

Schäden & Kosten → **Alles andere als Klimaschutz ist wesentlich teurer**



**Weltbank  
140 Mio.  
Klima-  
flüchtlinge  
bis 2050**  
(nur  
innerhalb  
der Länder)

## Konfliktkonstellationen in ausgewählten Brennpunkten



Klimabedingte Degradation von Süßwasserressourcen



Klimabedingter Rückgang der Nahrungsmittelproduktion



Brennpunkt



Klimabedingte Zunahme von Sturm- und Flutkatastrophen



Umweltbedingte Migration

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung  
Globale Umweltveränderungen

# Es geht uns ... -> Wir gehen uns an die Substanz! Klimaschäden in Bayern

## Überschwemmungen in Niederbayern

### Tödliche Flut: Was das Unwetter von Simbach übrig ließ

### Die Sturm-Katastrophe im Landkreis Passau:

22.08.2017 70 - 100 Millionen Euro Waldschäden - 40 Millionen Euro Schaden an Gebäuden und Infrastruktur

Hagelsturm verwüstet Furth im Wald

Dürresommer sorgt für 2,5 Milliarden Euro Schaden bei Landwirten

Immer mehr tödliche Hitzewellen weltweit



Gesundheit

Landwirtschaft

Verkehr

Wirtschaft



**Tschechien,  
25.06.21:  
Tornado  
zerstört  
Häuser  
+ LKW**



**Kiel  
30.09.21:  
Tornado spült  
Menschen  
ins Wasser**

# Flutkatastrophe Westdeutschland 2021

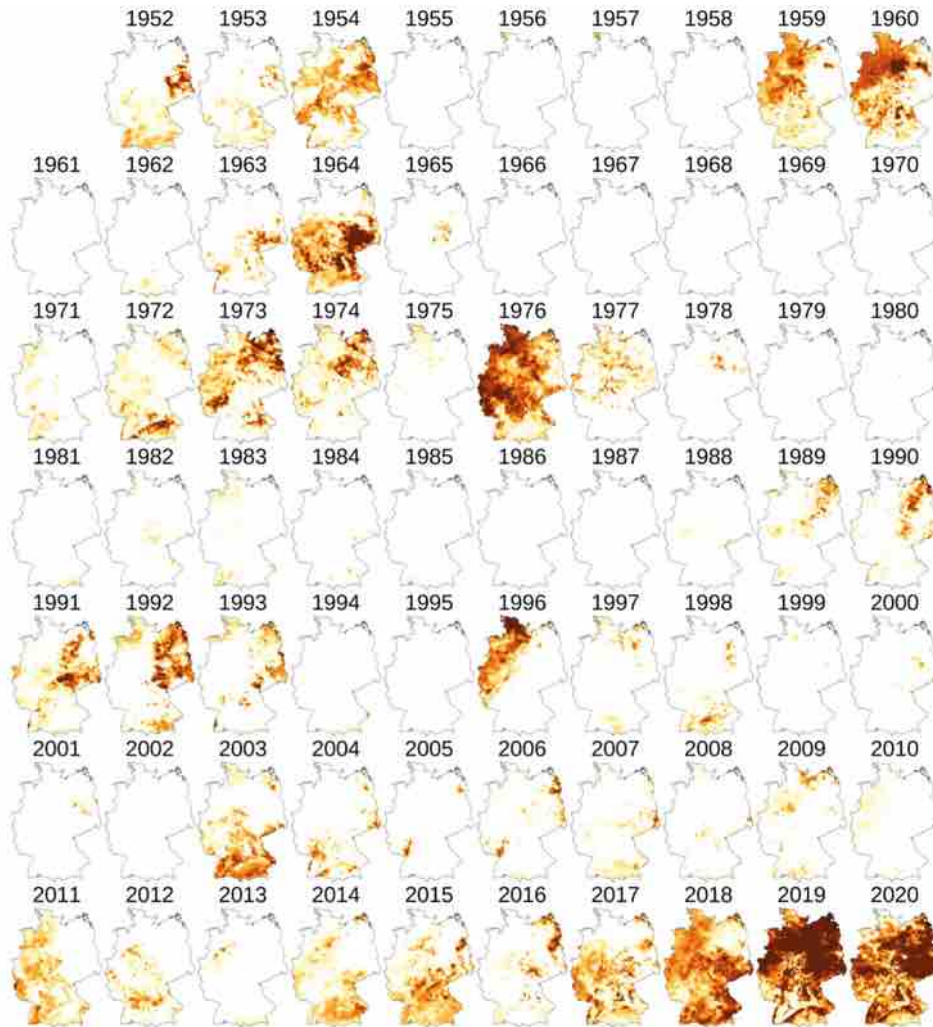


180 Opfer  
große volkswirtschaftliche Verluste

2025: Wegen der steigenden Zahl an Hitzetoten wurde in Europa erneut der Notstand ausgerufen.

2030: Wegen wiederkehrenden Überschwemmungen mussten Ortschaften in Hessen und Unterfranken aufgegeben werden

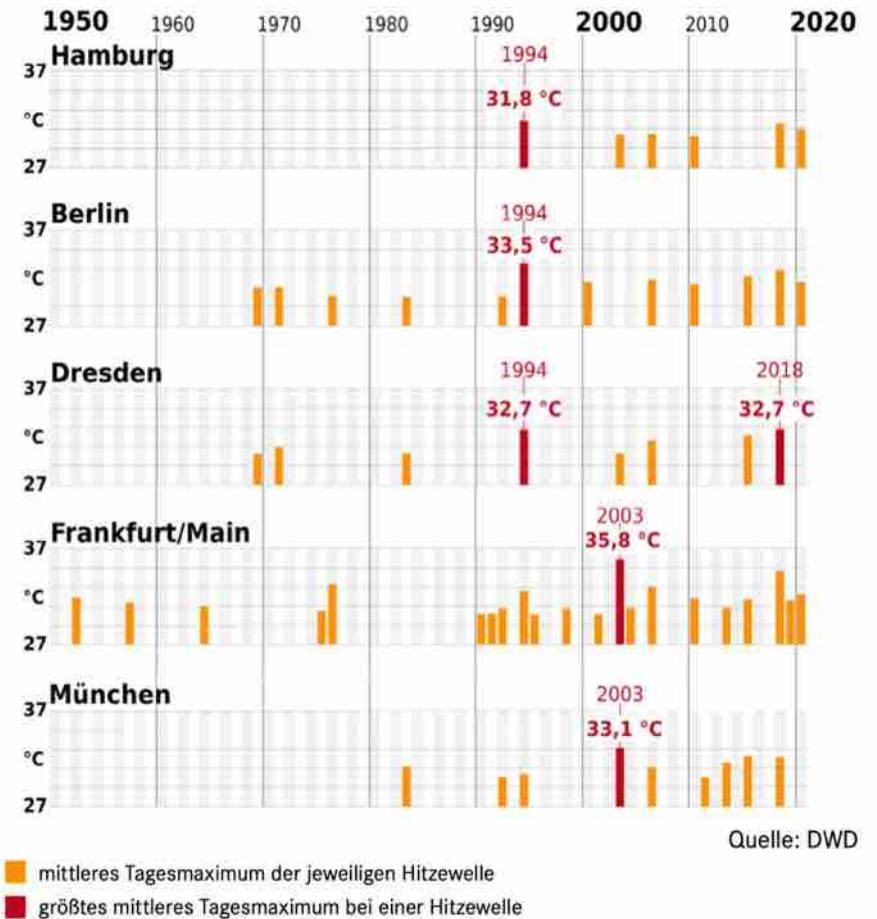
# Mehr Dürrestärke bis 1,8 m Tiefe



Grafik: UFZ-Dürremonitor/Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Friedrich Boeing

# Mehr Hitzewellen

14-tägige Hitzeperioden mit einem mittleren Tagesmaximum der Lufttemperatur von mindestens 30 °C für ausgewählte Städte



Quelle: DWD



Wir haben jetzt bei 1,2 °C bereits Katastrophen biblischen Ausmaßes – **Kosten die letzten 30 Jahre: 550 Mrd. € (EU)!**

**Ja, es kostet Geld, aber:**

→ Kein Klimaschutz kostet mehr Menschenleben und Geld als Corona & jede Energiewende

→ Ein “Weiter so” führt ins Verderben

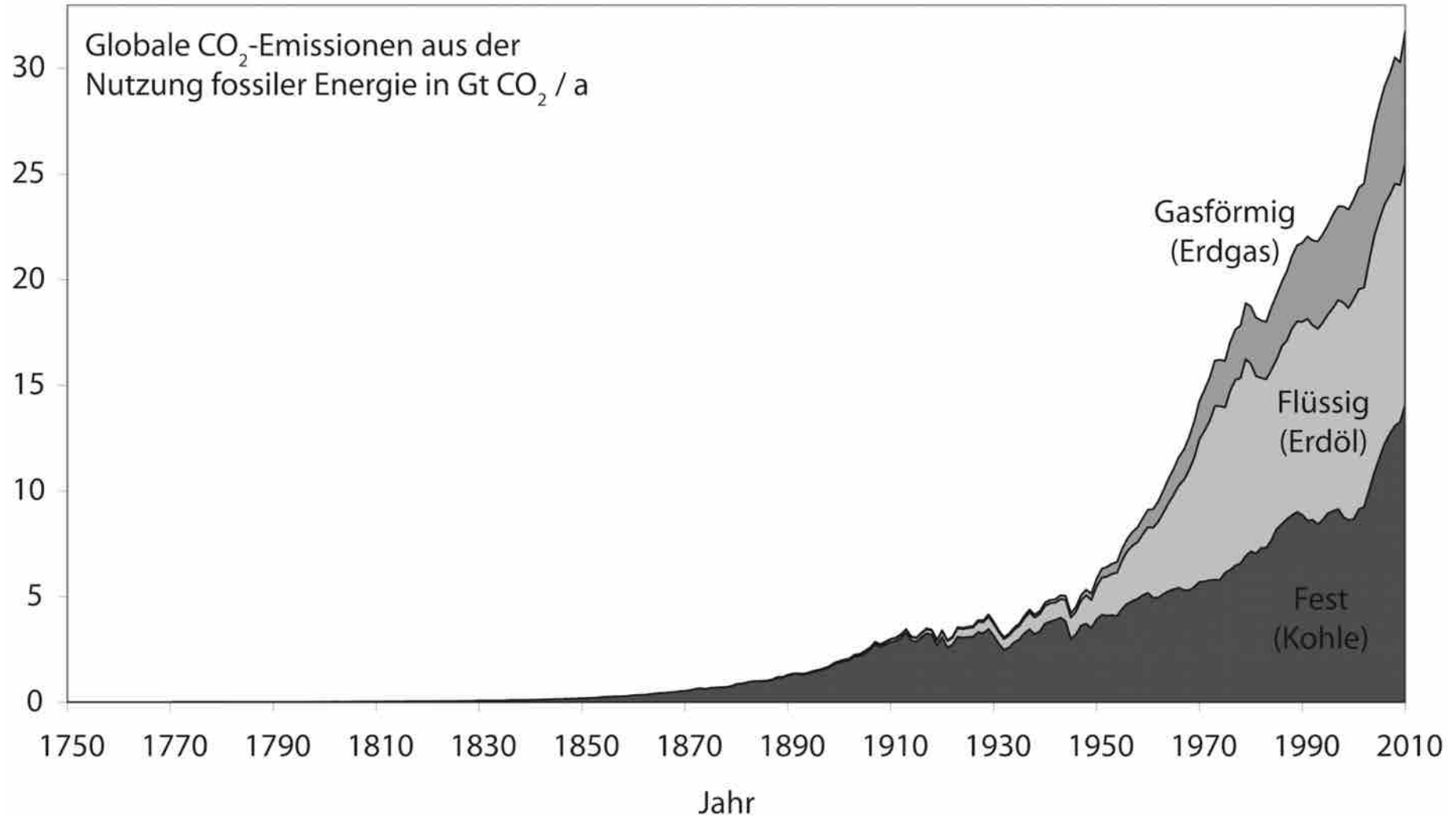
"Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen."

→ Egal, welche Regierung dran ist,  
Klimaneutralität = Grundgesetz

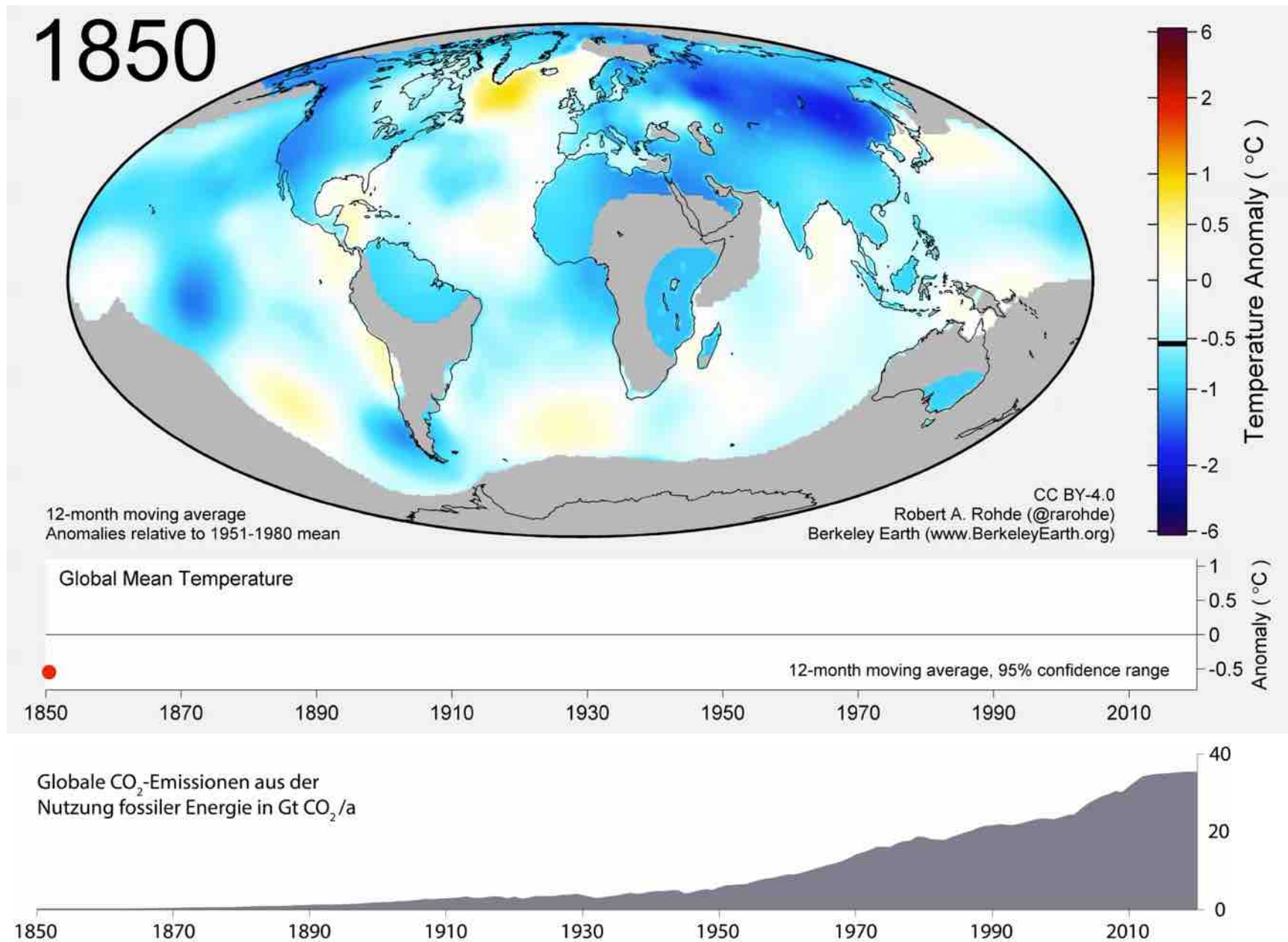


# Zeit, vom Berg wieder abzustiegen

## Energiebedingte Emissionen zw. 1750 und 2010



# CO<sub>2</sub>-Emissionen und **Temperatur** der letzten 170 Jahre



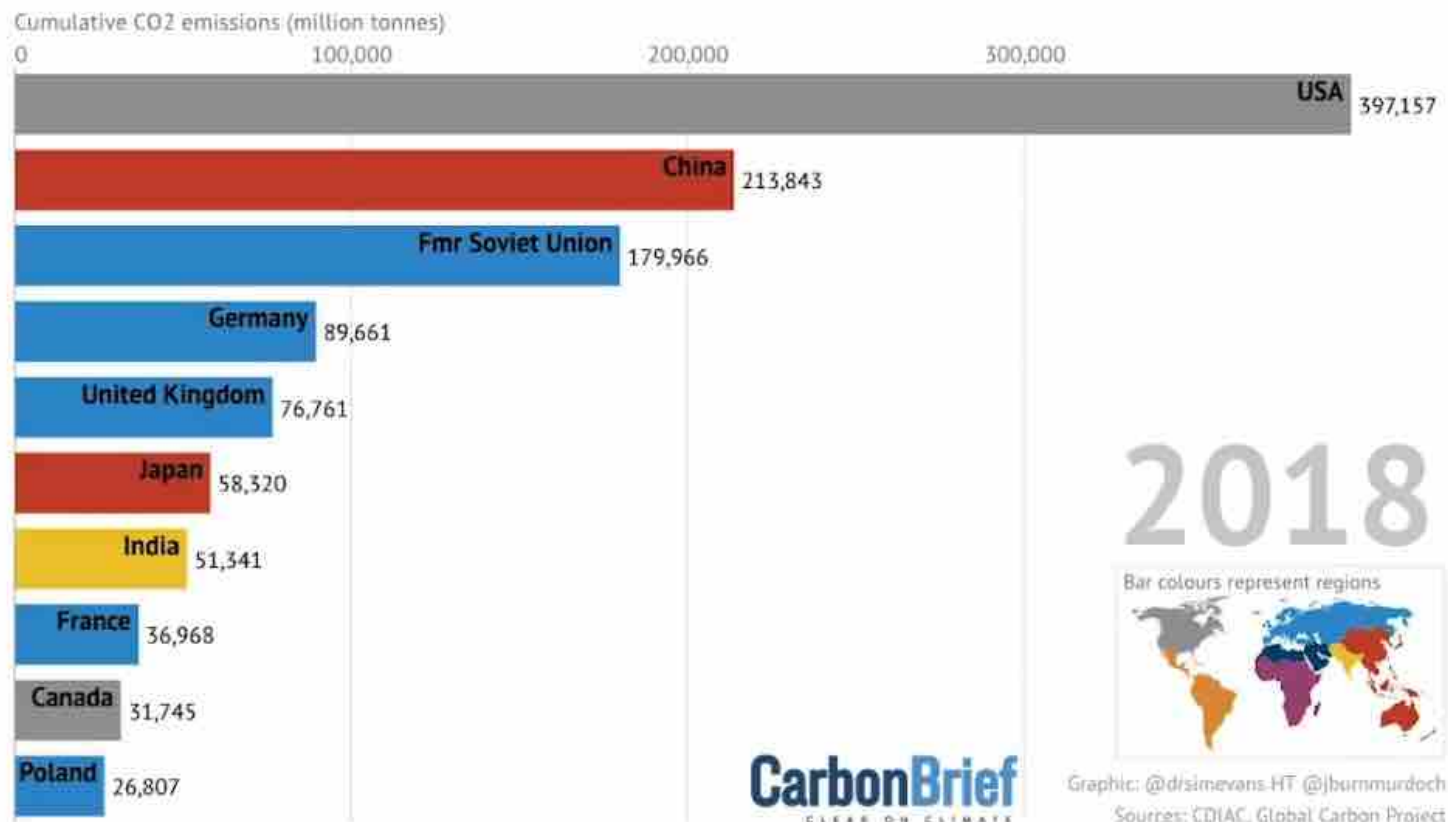


# Aber Deutschland hat ja nur 2 % der globalen Emissionen

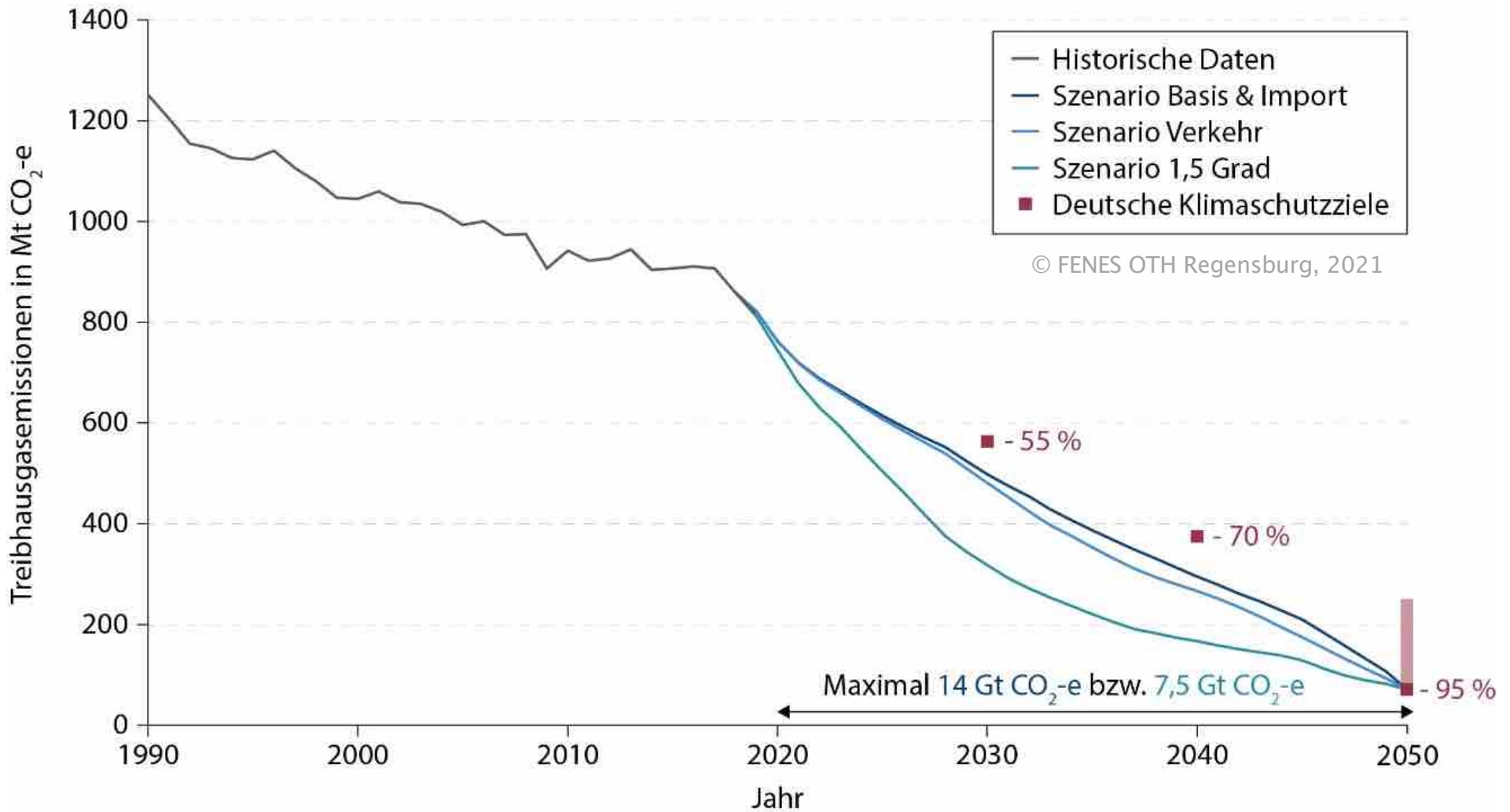
Ja, aber wir haben

- 1) nur **1 %** der Weltbevölkerung
- 2) sind **Exportweltmeister** für Klimaschutz oder nicht und
- 3) aufgerechnet der **4. größte globale Verursacher**:

## The countries with the largest cumulative CO2 emissions since 1750



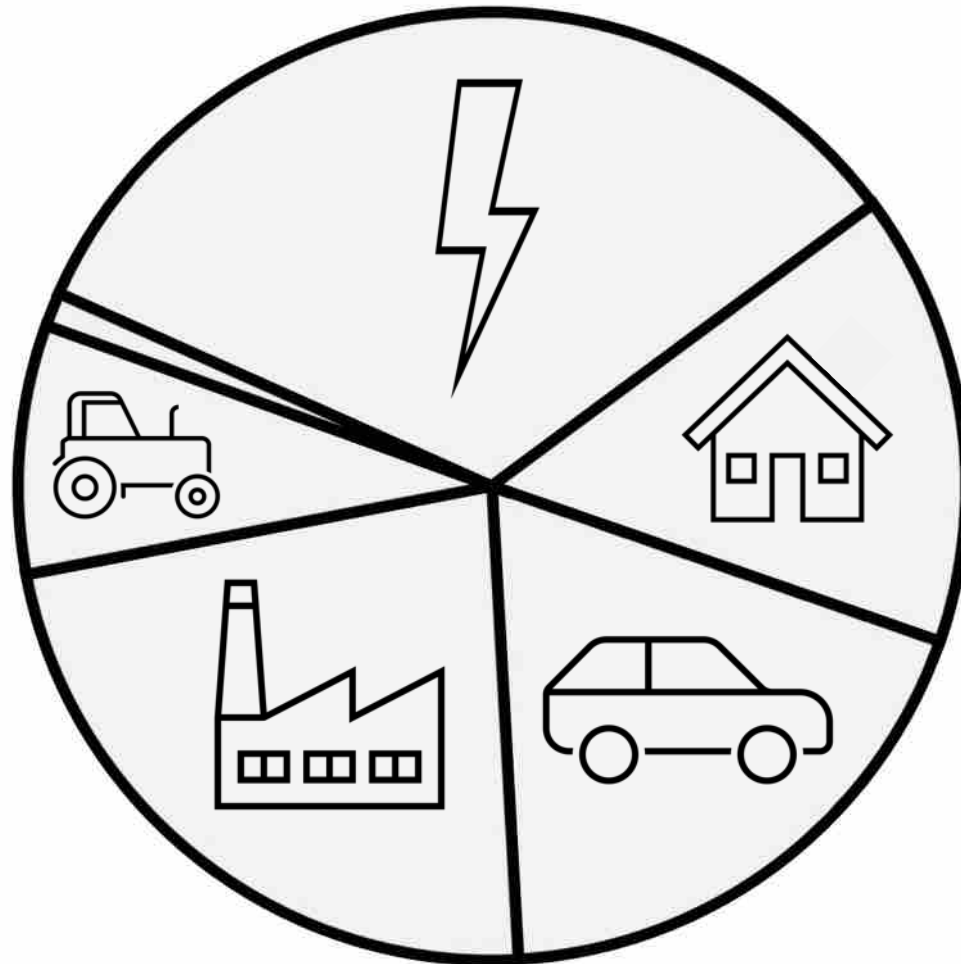
# Wie kann Deutschland klimaneutral werden?



© FENES OTH Regensburg, 2021



# CO<sub>2</sub>-äq. Emissionen in Deutschland nach Sektoren: 90 % aus Kohle, Öl und Gas!



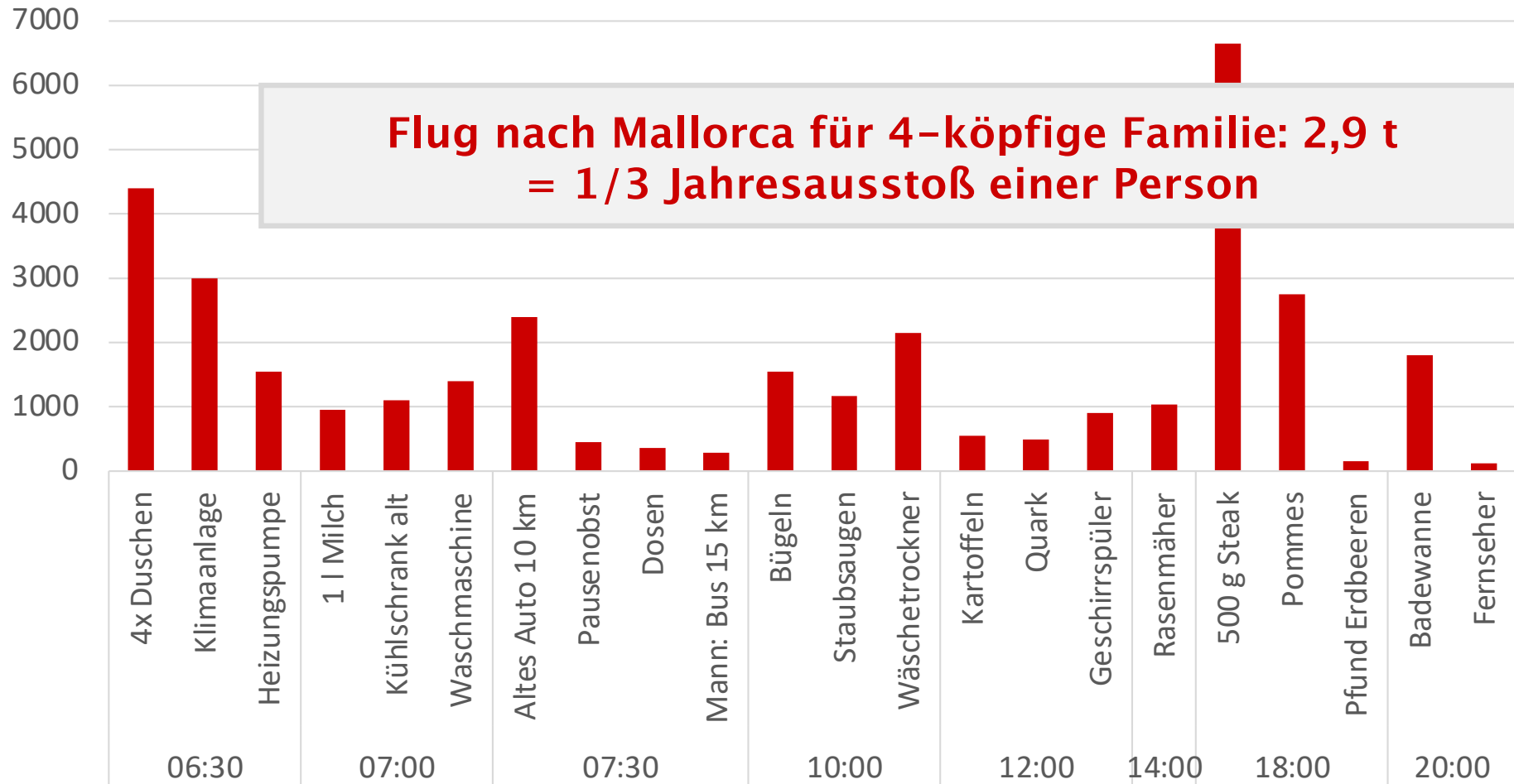


# Wie klimafreundlich essen? CO<sub>2</sub>-Fußabdruck Mensa



# Was kann ich tun?

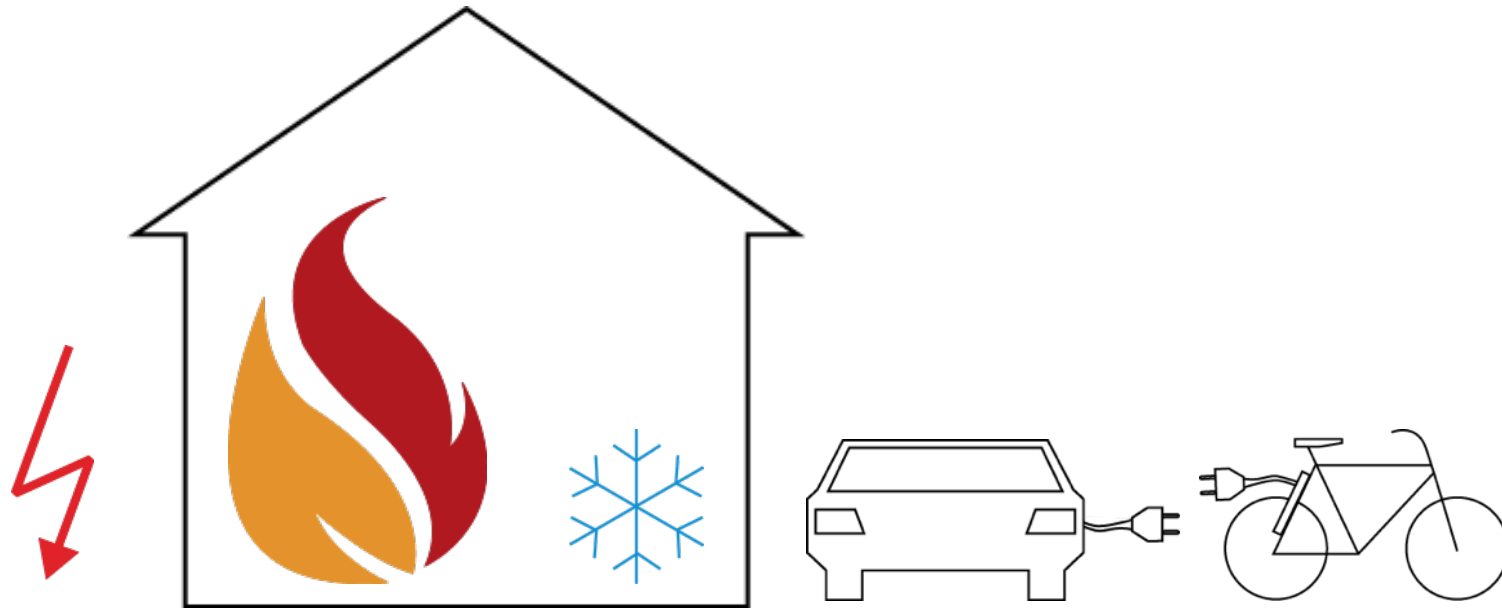
**Julia, 44, 2 Kinder + Mann, CO<sub>2</sub>-Ausstoß in g (ca. 35 kg/d)**



**→ Gewohnheiten hinterfragen → Lebensstil anpassen**

# Energiewende

# Wir brauchen Strom, Wärme (Kälte), Mobilität

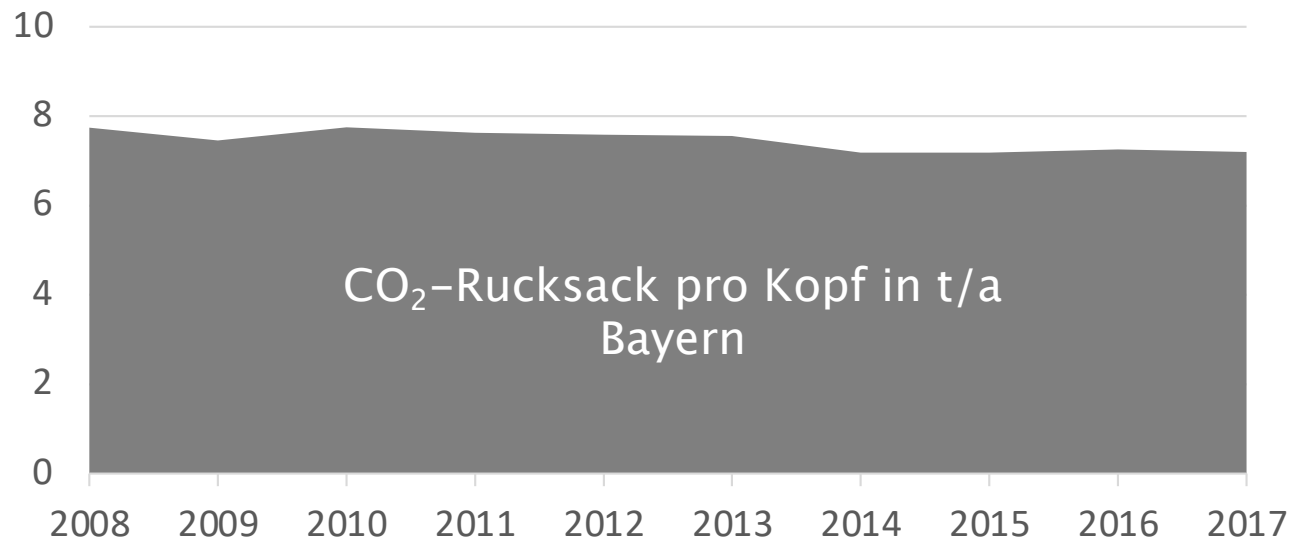


**1. Weniger verbrauchen → Energieeffizienz**

**2. CO<sub>2</sub>-neutral nutzen → Erneuerbare Energien**

# Status Quo Bayern

# Bayerns CO<sub>2</sub>-Emissionen stagnieren



Indikatoren und Kennzahlen

Tabellenband

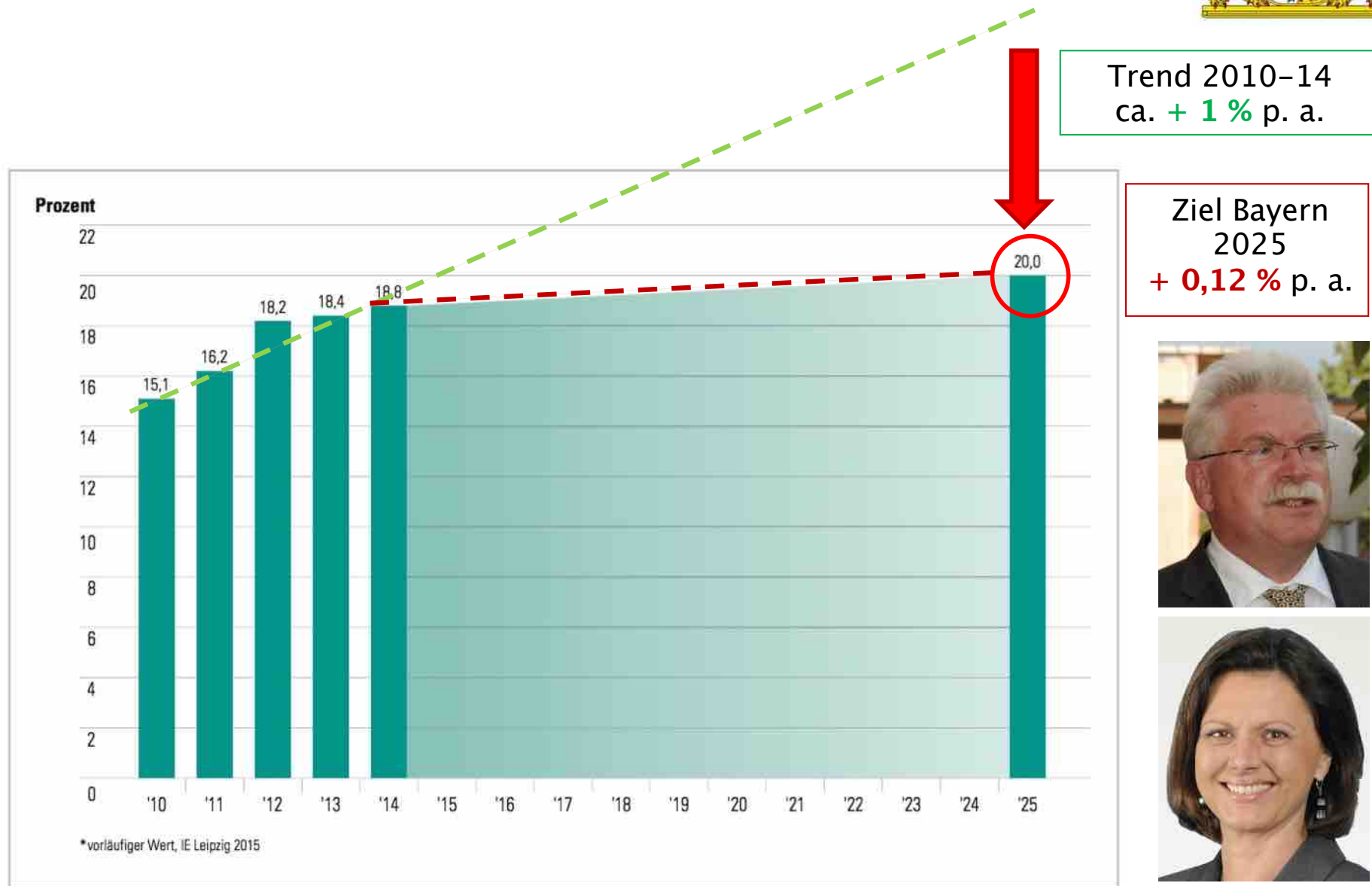
Ausgabe 2020

STATISTISCHE ÄMTER  
DER LÄNDER

Viele Organisationen vorhanden, aber keine Bilanzierung seitens Regierung:  
Carmen, LfU, LfStat, LENK, Energieagenturen, ECN, Energieatlas etc.

Wie will die Landesregierung das **Ziel** „Klimaneutrales Bayern 2040“ erreichen,  
wenn der **Status Quo** nicht vollständig erfasst & dokumentiert wird  
und entsprechend der **Effekt von Maßnahmen nicht quantifiziert** wird?

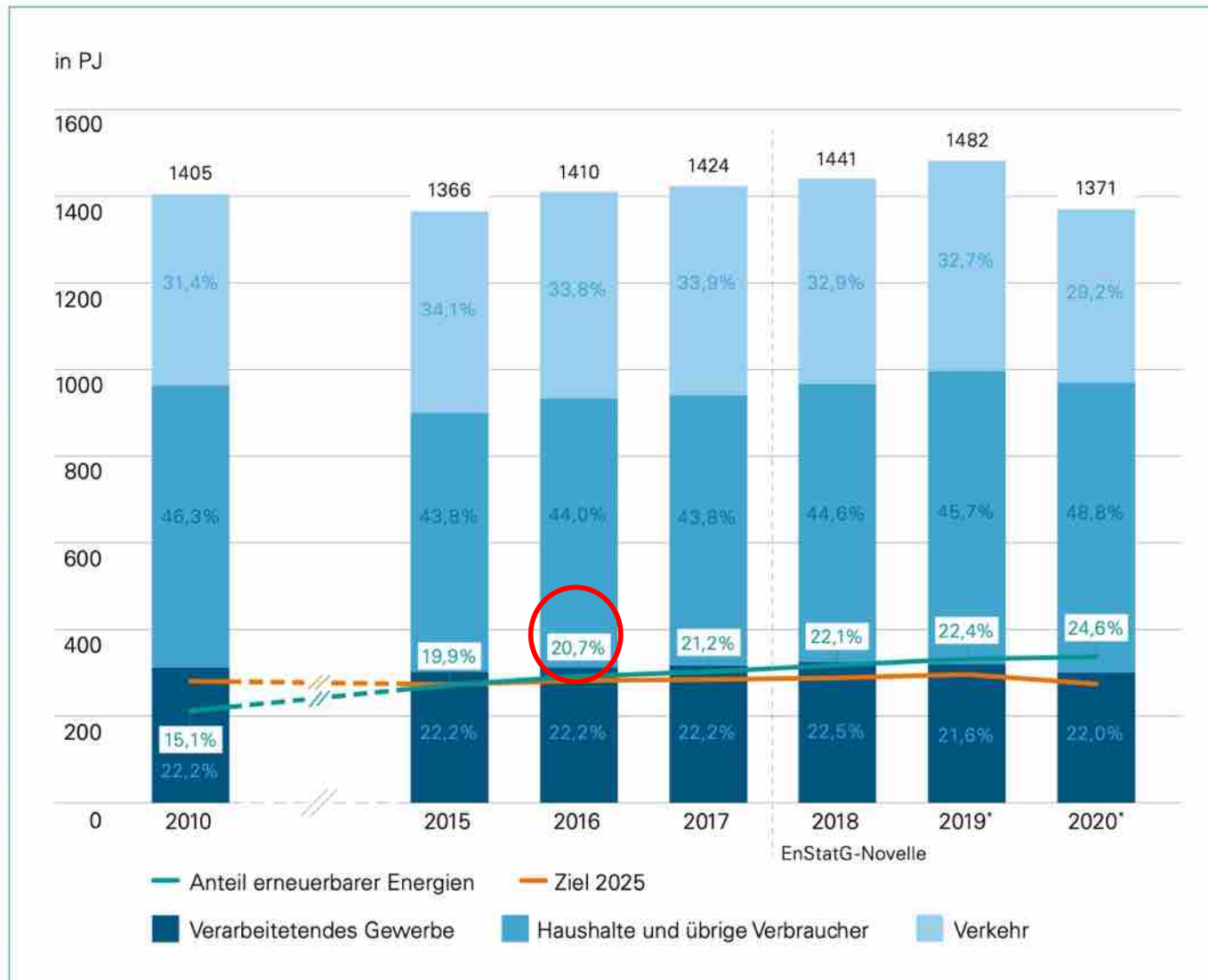
# Bay. Energiekonzept 2015 = wie 2011: wenig ambitioniert



Grafik 2.1 | Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch

Gesamte Energiewende: Strom, Wärme, Verkehr

# Ziel für 2025 bereits 2016 erreicht – ohne Zutun der Regierung

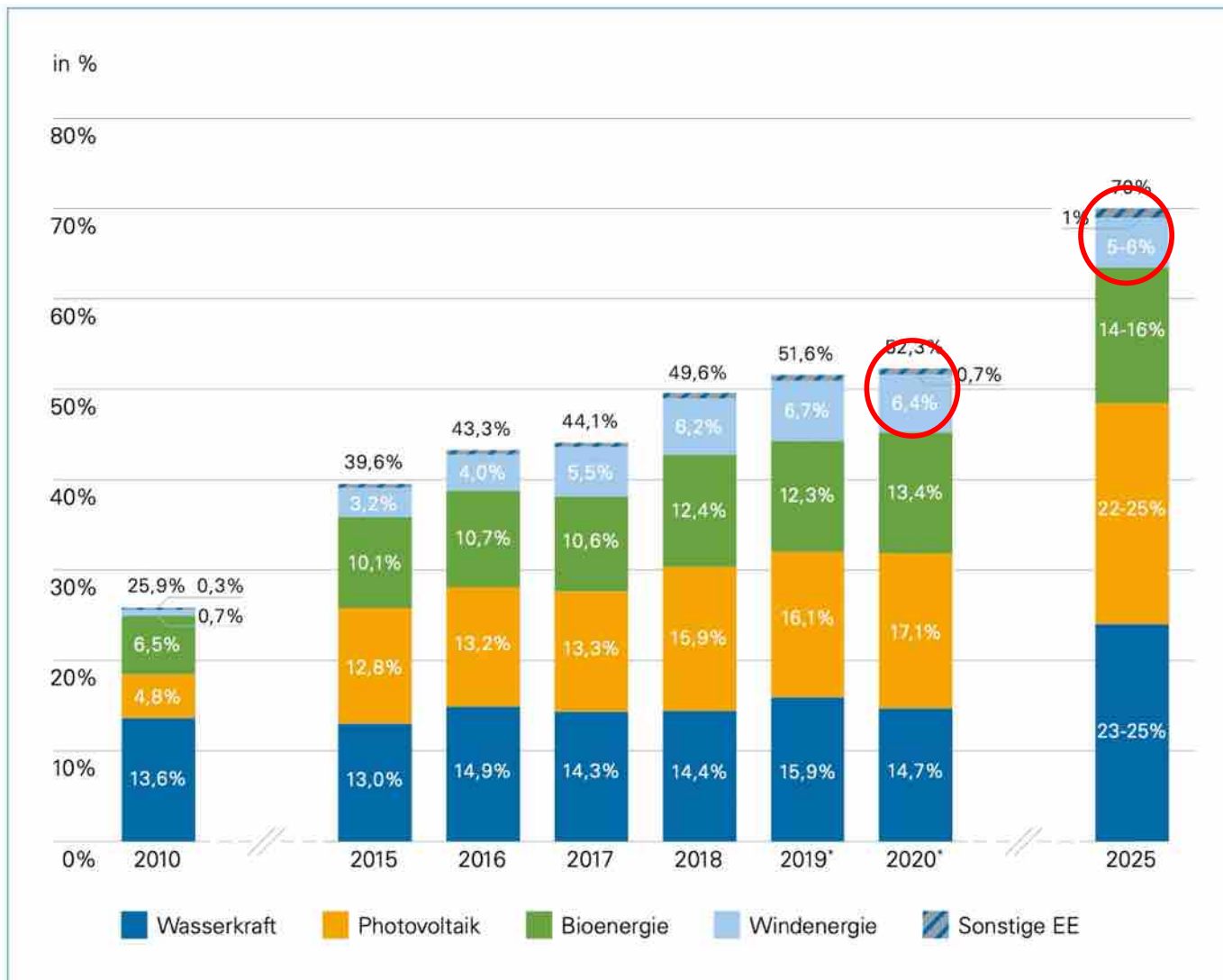


Grafik 1.3 | Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch in Bayern (Datenbasis: LfStat, IE Leipzig)

Gesamte Energiewende: Strom, Wärme, Verkehr



# Bay. Energiekonzept 2021 Strom = nur Solar + Wasserkraft nach vorne



Grafik 1.5 | Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung in Bayern (Datenbasis: LfStat)

# Windenergie in Oberfranken 2005–2020

“

Es muss nicht immer 10H sein, häufig reichen auch 1200 bis 1500 Meter Abstand. Ich bin daher für vernünftige Ausnahmen.



Hubert Aiwanger  
Bayerischer Wirtschaftsminister

@BayStMWi

Aiwanger, Feb. 2022:  
„Erneuerbare sind  
für den Erhalt des Wohlstands  
in Bayern nötig.“



# Söder: „Bayern ist Sonnenland“



Regierungserklärung  
 „Klimaland Bayern“ 2020:  
 Unzureichende Maßnahmen  
 für Klimaneutralität bis 2040

Bayern ist auch **Windland!**  
 und Wasserkraftland, und ...



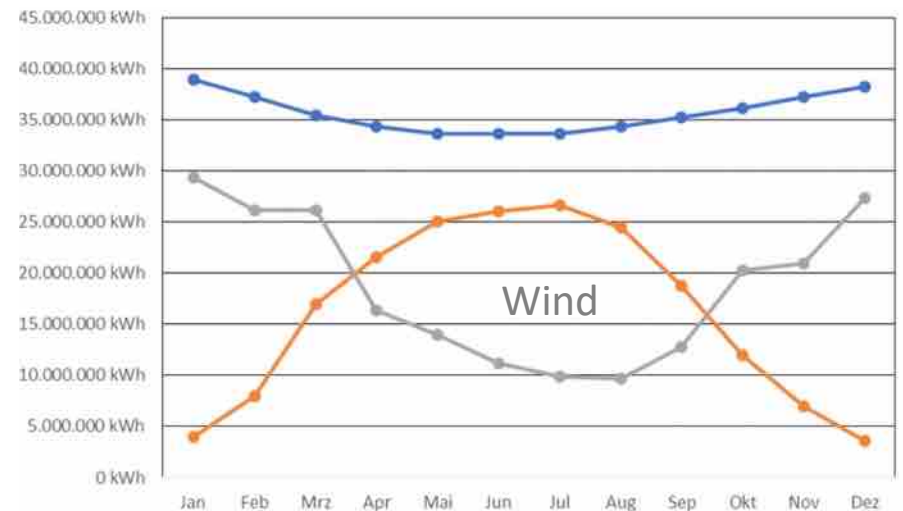
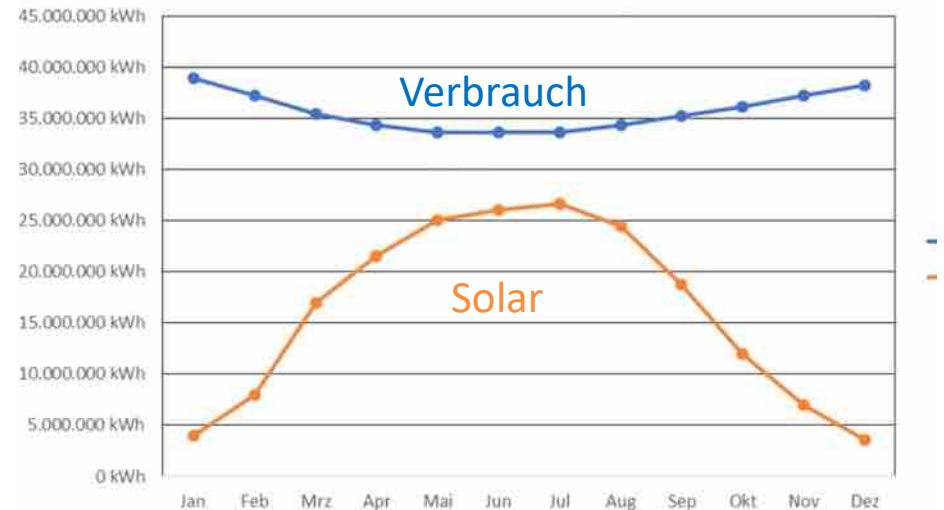
Falls nicht: schleichende  
**Deindustrialisierung** Bayerns!



→ **Erneuerbare:**  
 Entscheidender **Standortfaktor!**

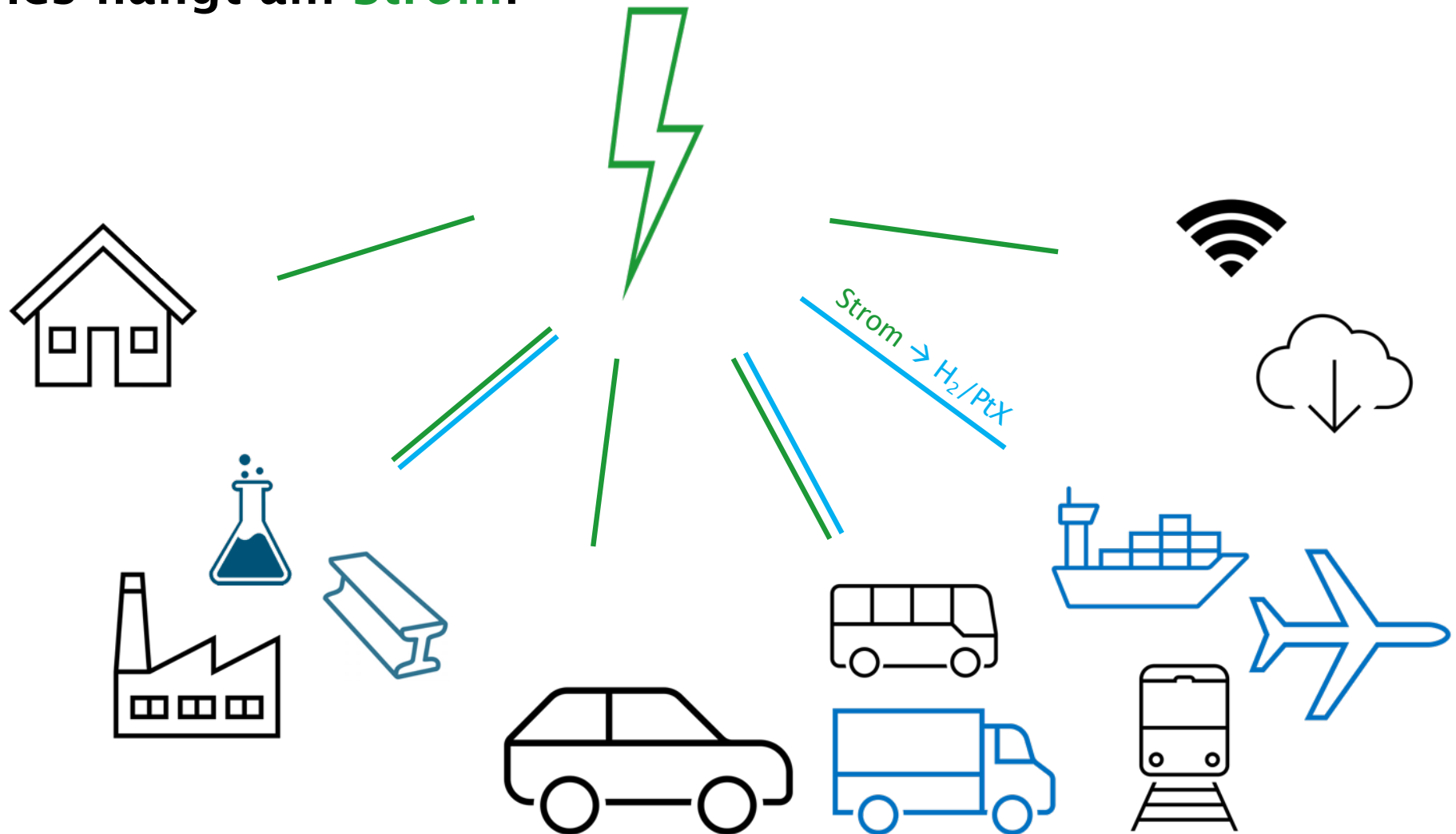


Energiewende Landkreis Haßberge (Strom)



Energiewende =  
Stromwende  
+ Wärmewende  
+ Verkehrswende  
+ Industriegewende

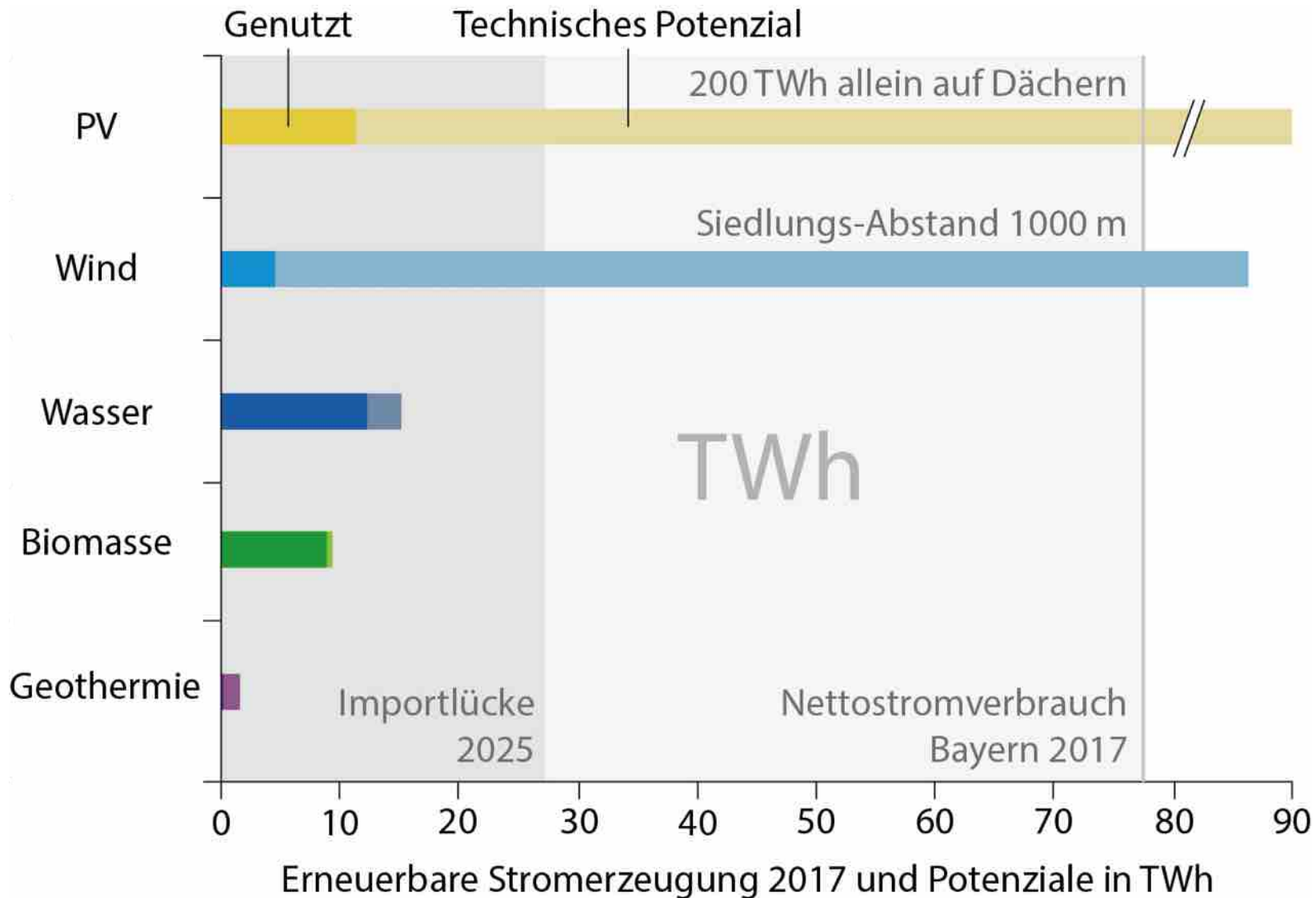
# Alles hängt am **Strom!**



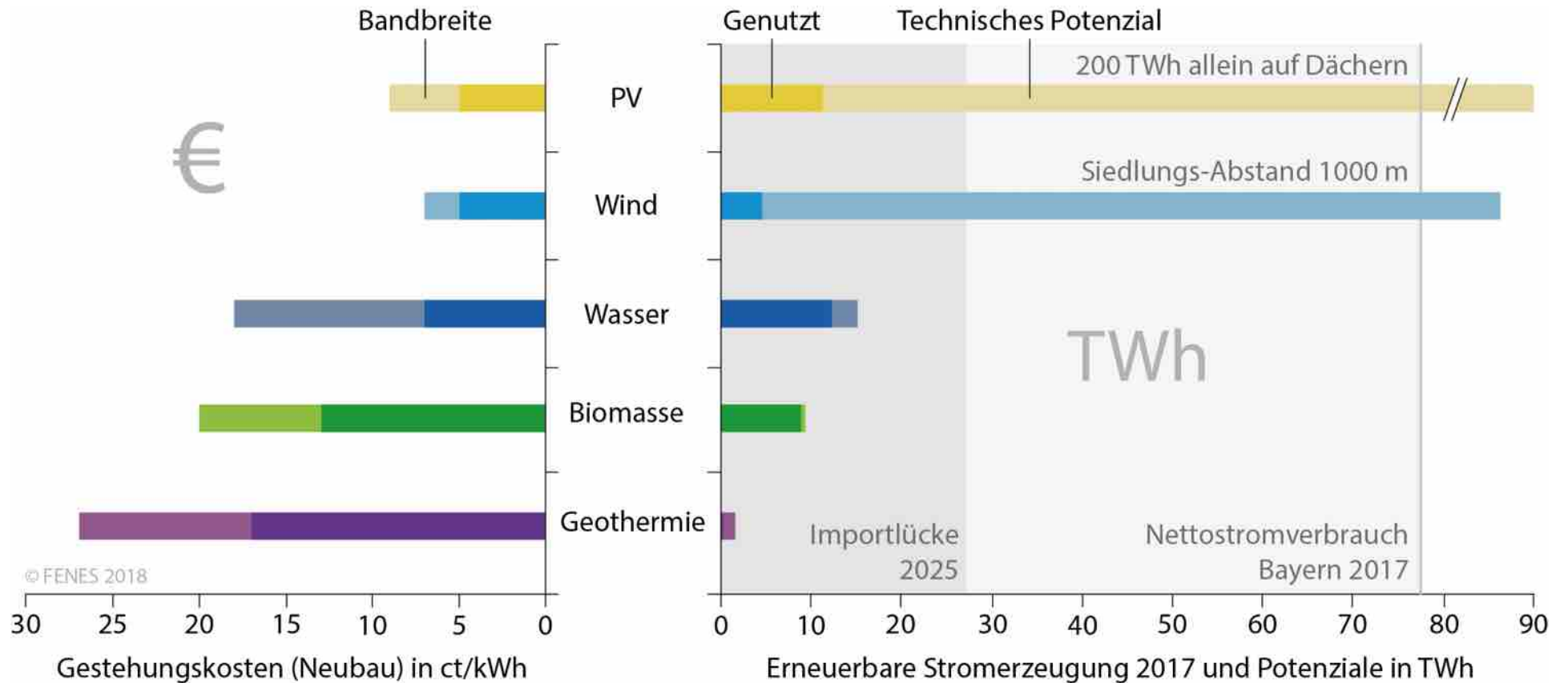
Klimaschutz steht und fällt mit dem Ausbau von Wind + Solar!



# Erneuerbare Energien in Bayern Potenzial

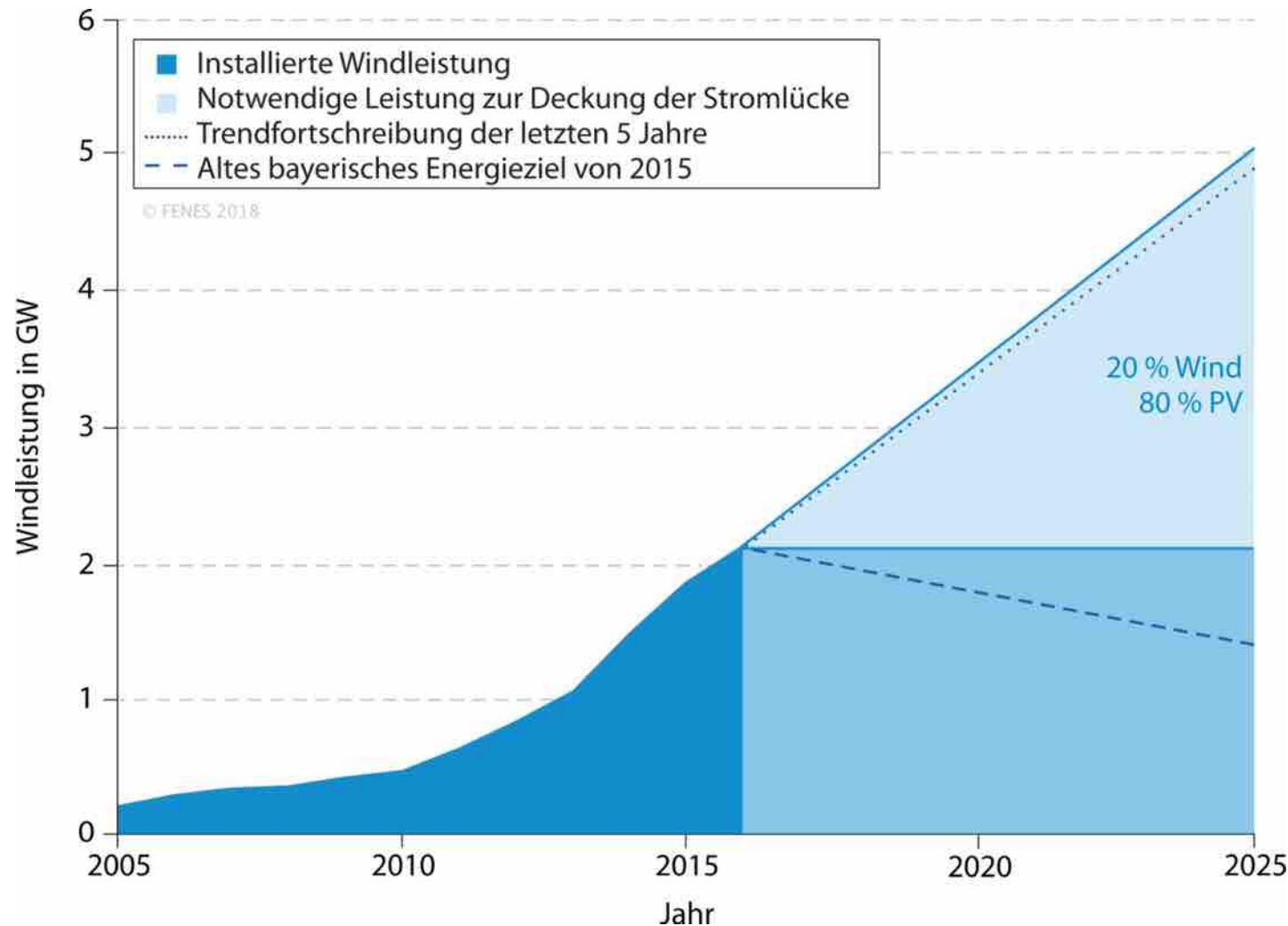


# Erneuerbare Energien in Bayern Kosten vs. Potenzial



Zum Vergleich: Kosten neuer Atom- / Kohle- / Gaskraft: 15-20 €-ct/kWh  
 → **3-4 x so teuer** wie Wind und Solarstrom

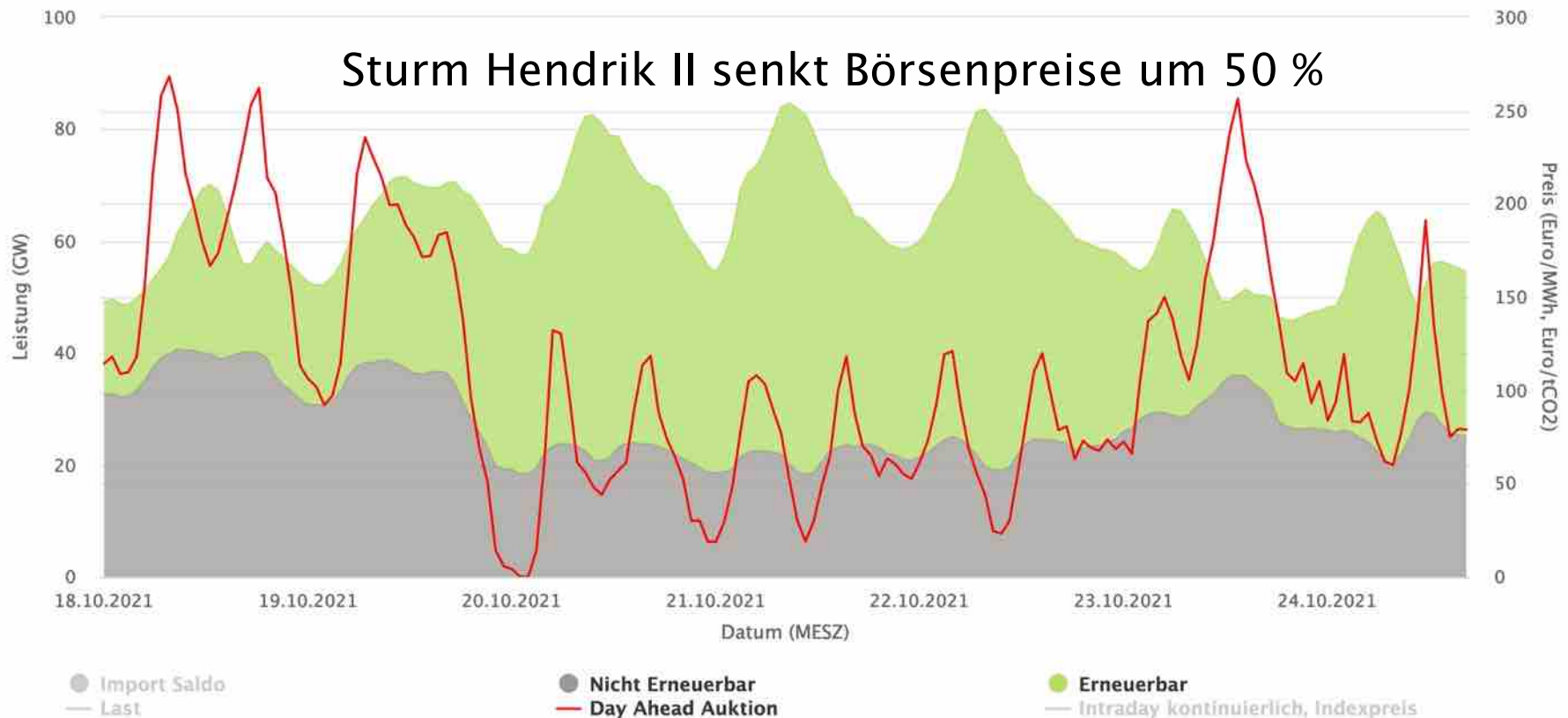
# Stromlücke aus Atom- und Kohleausstieg ohne Importe schließen über Solar- und Windstrom mit 80 % zu 20 %



Installierte Leistung der Windkraft für einen begrenzten Windausbau (2 Windkraftanlagen p. a. pro Landkreis) und der Bedingung, die Stromlücke von ca. 27 TWh aus Atom- und Kohleausstieg zzgl. keiner neuen Trassen zu schließen



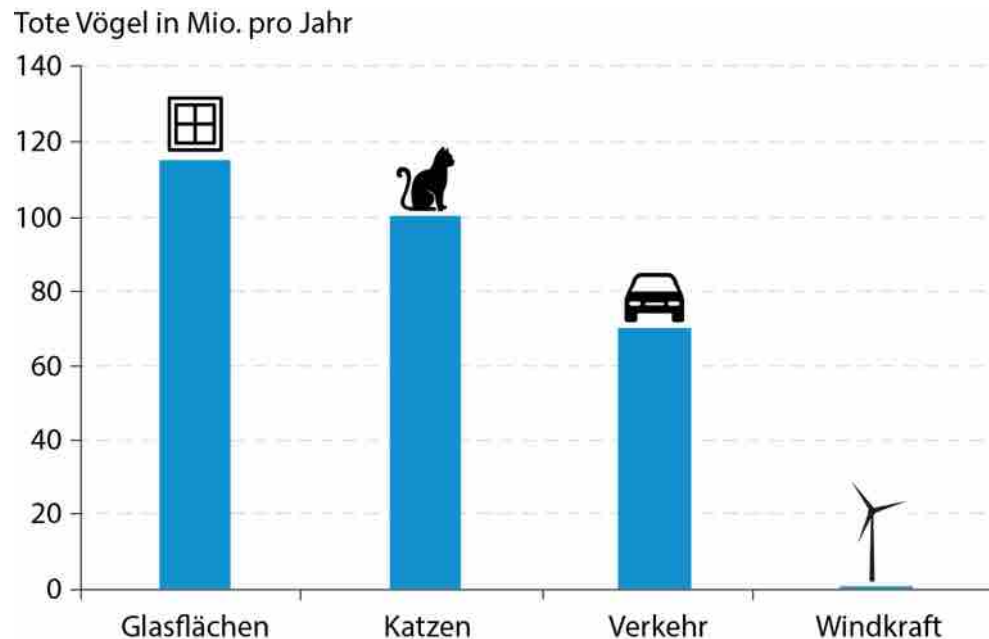
# Bezahlbarer Strom + Standortsicherung nur mit Windkraft



- Windkraft wird v. a. im Winter gebraucht: Wärmepumpe, E-Autos
- Wichtig für Versorgungssicherheit: z. B. Winterstromlücke Schweiz
  - Standortfaktor: Intel, Tesla nicht in Bayern!

# Vogelsterben durch menschengemachte Faktoren

- Vögel können mit WKA kollidieren und dabei sterben
- Bei Errichtung einer WKA gelten strenge Vorgaben des Bundesnaturschutzgesetzes → Artenschutz wird gewährleistet
- Durch WKA kommen ca. 10–100 T Vögel zu Fall, was ca. 1–4 Vögeln pro WKA entspricht bei über 30 T WKA in Deutschland derzeit
- Dazu verglichen sind anderen Einflüsse des Menschen wesentlich fataler:



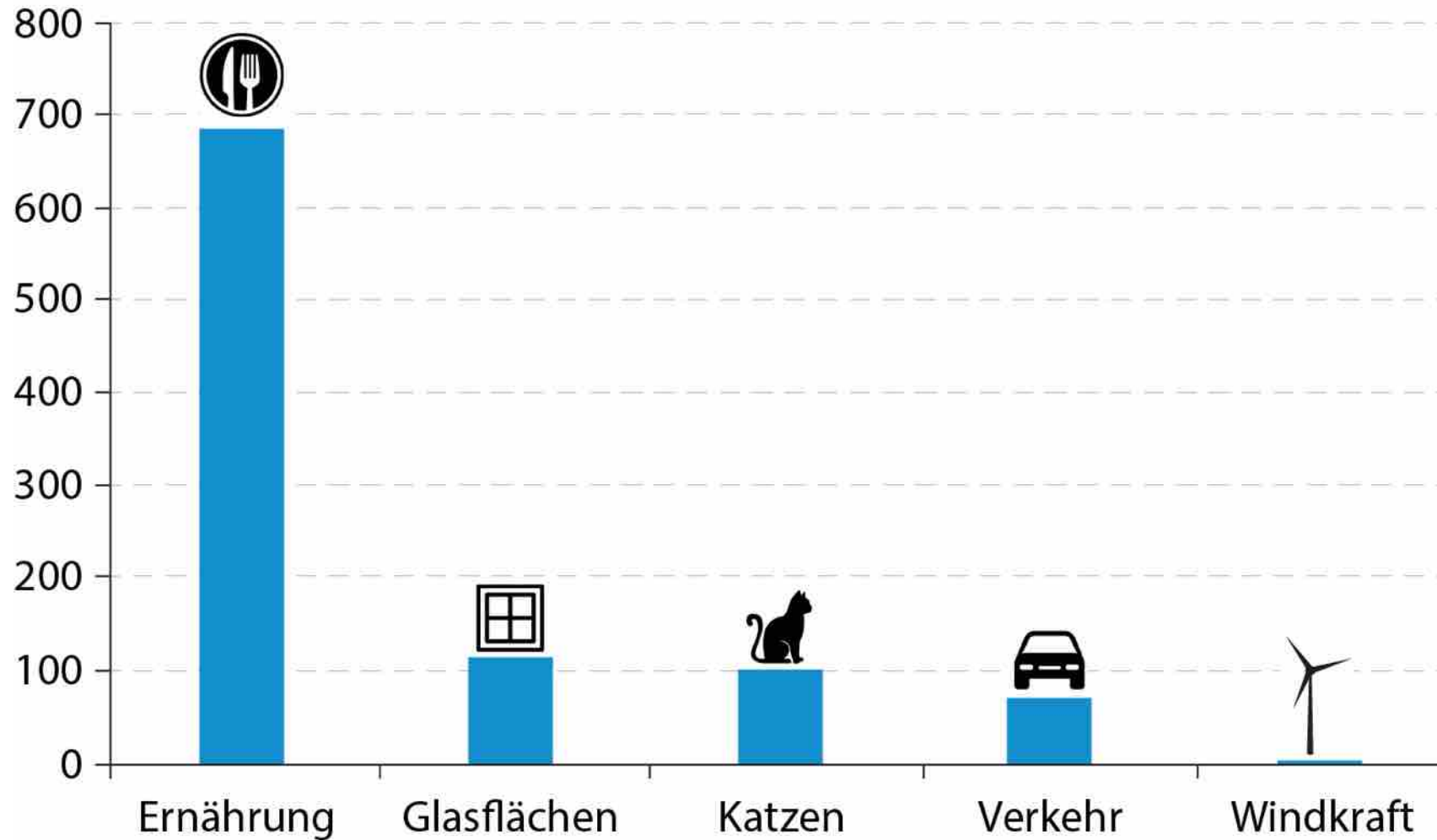
## Faktencheck Windkraft

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/FAQ/Windenergie/faq-windenergie.html>

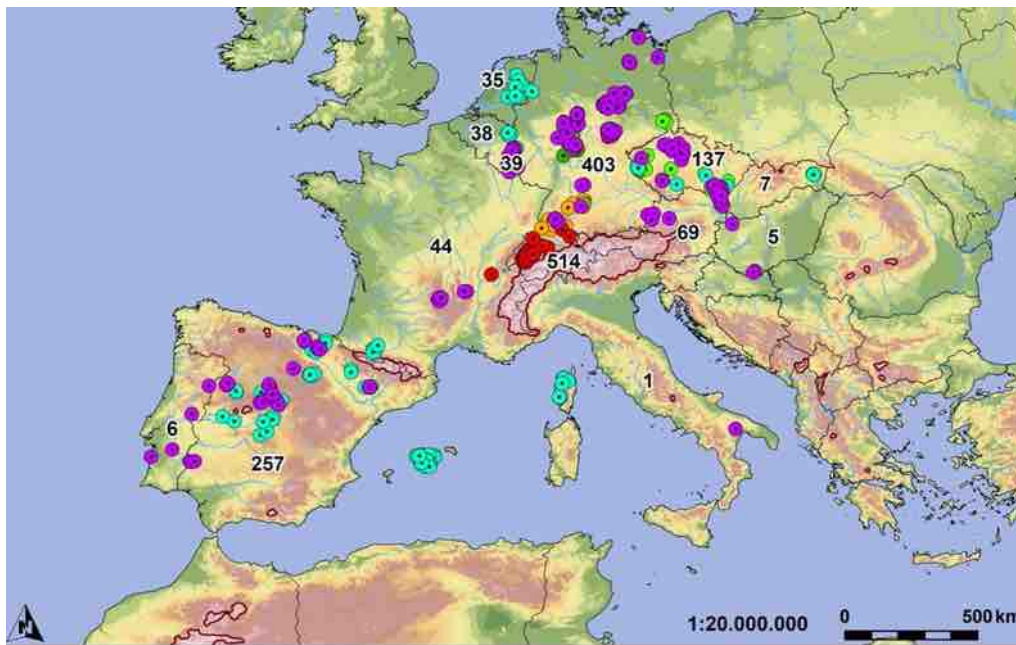


# Vogelsterben durch menschengemachte Faktoren in BRD

Tote Vögel in Mio. pro Jahr



# EU Projekt zum GPS-Monitoring von Wildvögeln



Rotmilan Telemetrie 2013 - 2022: Besenderung Rotmilane (Status: 3/2022)

## Besenderung von 1.555 Rotmilanen in ganz Europa

- LIFE EUROKITE (526 RM)
  - geteilt von SOI mit LIFE EUROKITE (516 RM)
  - geteilt von Partnern mit LIFE EUROKITE (242 RM)
  - geteilt von TB Raab mit LIFE EUROKITE (213 RM)
  - geteilt von MPIO mit LIFE EUROKITE (34 RM)
  - geteilt von TB Raab und AG Naturschutz, Philipps-Universität Marburg mit LIFE EUROKITE (24 RM)
- Höhenlage ab 2.000 m  
 Staatsgrenze

Kartenerstellung:  
Technisches Büro für Biologie  
Mag. Dr. Rainer Raab

Hintergrunddaten:  
GLOBE

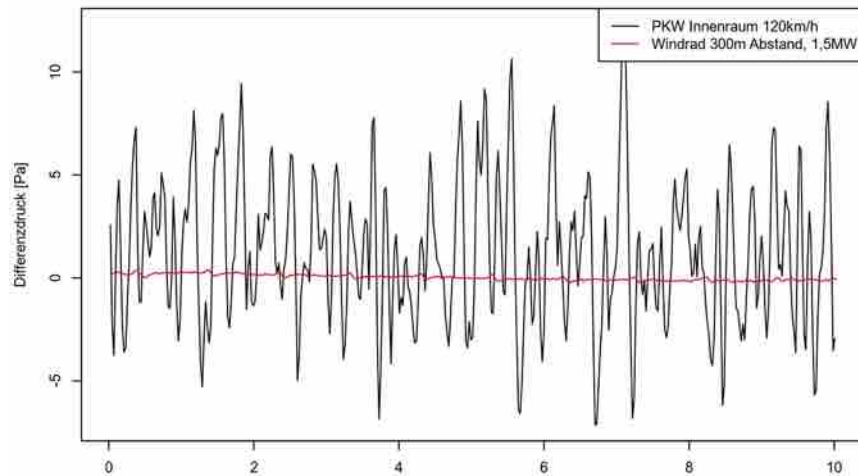
Die Erstellung dieser Karte wird von der Europäischen Union mit Mitteln des LIFE-Nature Fonds kofinanziert.

## Häufigste Todesursachen beim Rotmilan:

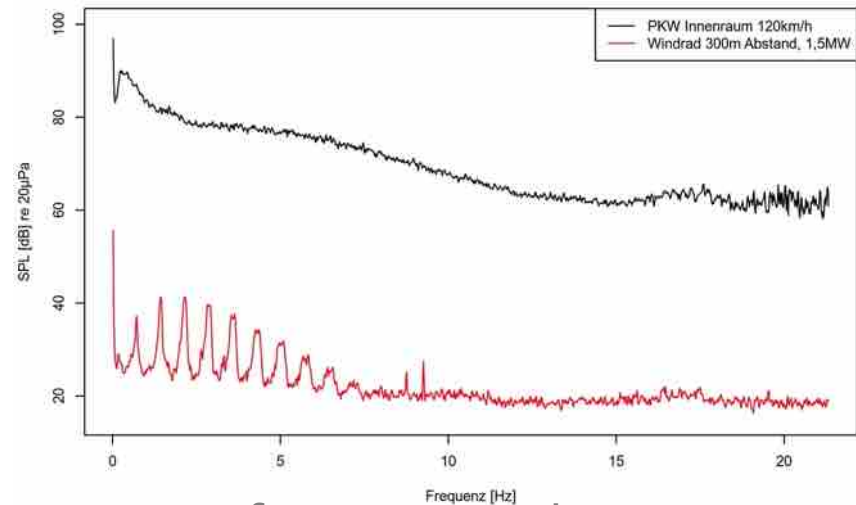
1. Fressfeinde
2. Vergiftung (z. B. Rattengift)
3. Straßenverkehr
4. Stromleitungen
5. Abschuss
6. Schienenverkehr
7. Windkraft

# Windkraft-Infraschall ist zu schwach, um Menschen zu schaden

## Messungen: PKW Innenraum vs. **Windkraft, 300 m Abstand**



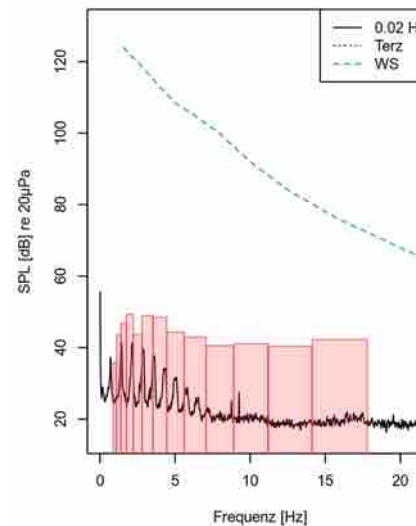
Messung über die Zeit



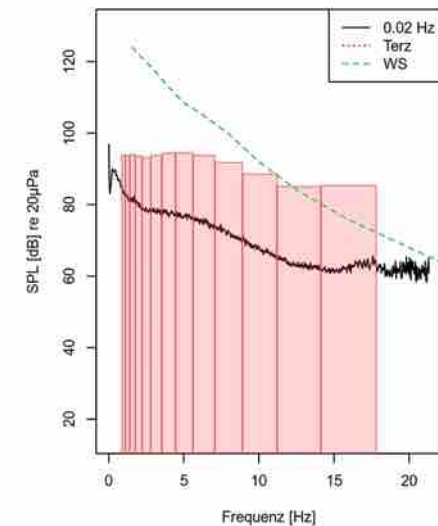
aufgetragen nach Frequenz



Windrad 300m Abstand



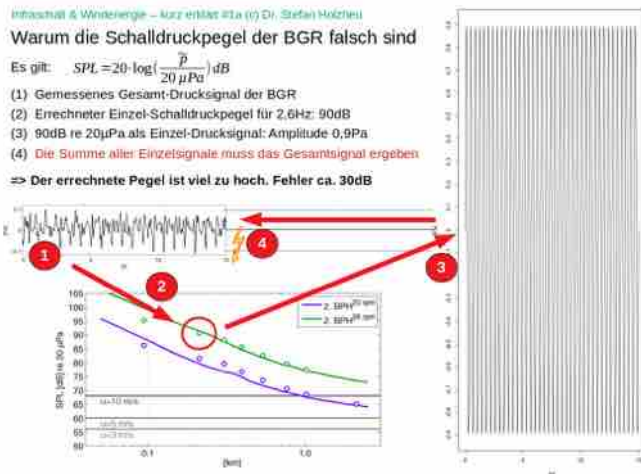
PKW Innenraum



Selbst bei nur 300 m Abstand liegt die **Windkraft deutlich unter** dem PKW bzw. der **Wahrnehmungsschwelle**

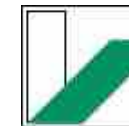
Der Windkraft-Infraschall ist viel zu schwach, um physikalische Zellschädigungen zu verursachen.

# 16 Jahre lang Verbreitung von Falschinformationen durch eine staatliche Bundesanstalt



aufgedeckt durch

Bayreuther Zentrum für Ökologie und Umweltforschung



UNIVERSITÄT BAYREUTH

- 2005 Messung an 0,66 MW Anlage & Eigenpublikation der BGR
- 2005–16 Keine Publikation oder Tätigkeit
- 2016 Fachpublikation (Zusammenhang mit bay. Windenergieerlass?)
- 2020 Aufdeckung durch Uni Bayreuth, Drohung mit BGR Rechtsabteilung, Öffentlichkeitsarbeit, Unterstützung weiterer Wissenschaftler
- 2021 Eingeständnis BGR, Entschuldigung durch Bundeswirtschaftsminister Altmaier  
Korrektur der Fachpublikation von 2016, neue Messungen an großen Windparks (16x3MW – 500m zur ersten WEA) die Pegel gehen kaum über 60 dB

Rechenfehler	36 dB, entspricht
Schalleistung	Faktor 4000
Schalldruck	Faktor 63 zu hoch!

## Nachteil: Windkraft verändert die Optik



# Windkraft vs. Denkmalschutz



z. B. Buch bei Fürstenfeldbruck:  
100 % sinnvoll und wirtschaftlich, aber:  
„Sichtbeziehung zur Kirche wird gestört“  
→ Windkraft nicht genehmigt

## Neuer Grundsatz:

Die Nutzung von erneuerbaren Energien  
liegt im **überragenden öffentlichem Interesse** und  
**dient der öffentlichen (nationalen) Sicherheit.**



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz



# Braunkohle in NRW: Immerrather Dom „Kirche im Weg → Muss der Energieversorgung weichen“

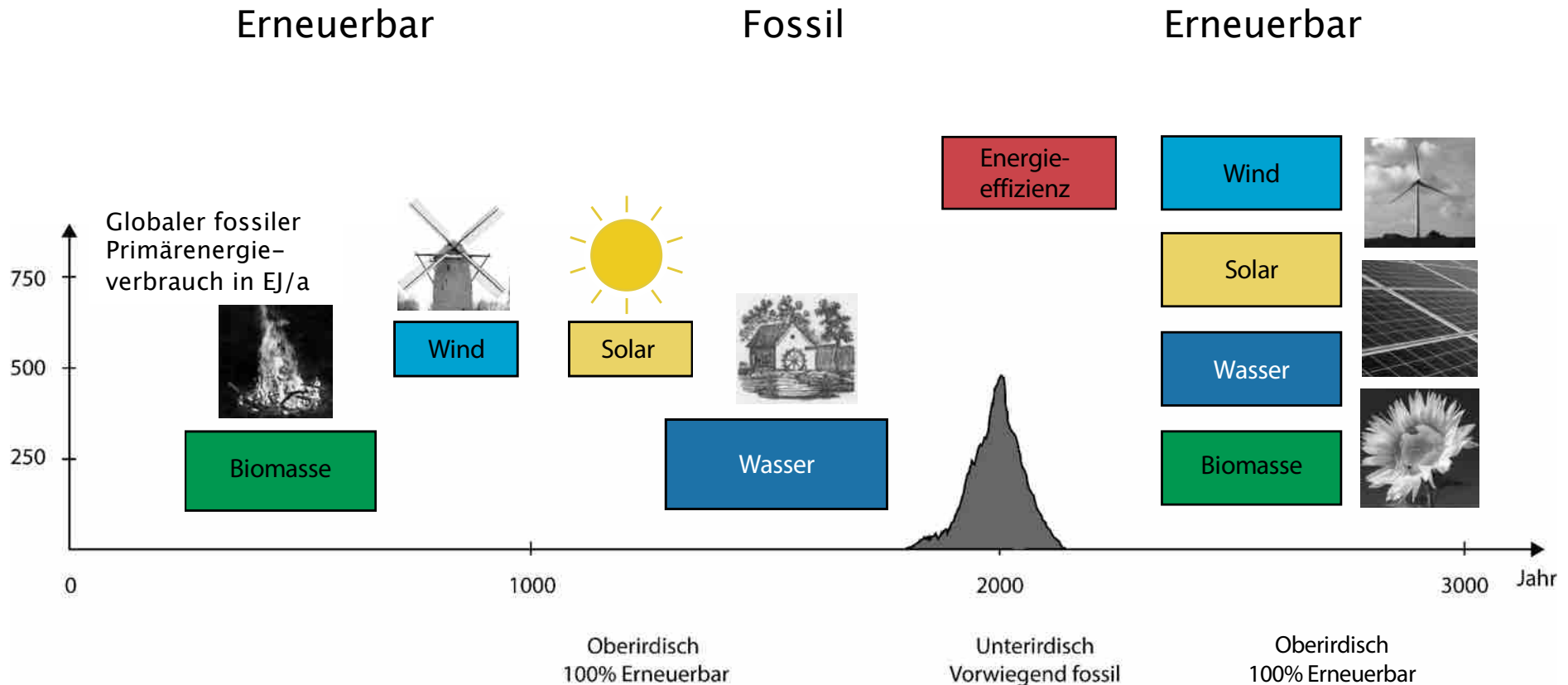


## Braunkohle in NRW: Immerrather Dom

„Kirche im Weg → Muss der Energieversorgung weichen“



# Die Energieversorgung wird wieder 100 % erneuerbar oberirdisch und damit sichtbar, wie früher



# 10 H Abstandsregel

Dafür



Dagegen



# CO<sub>2</sub>-Minderung durch Windkraft vs. Wald



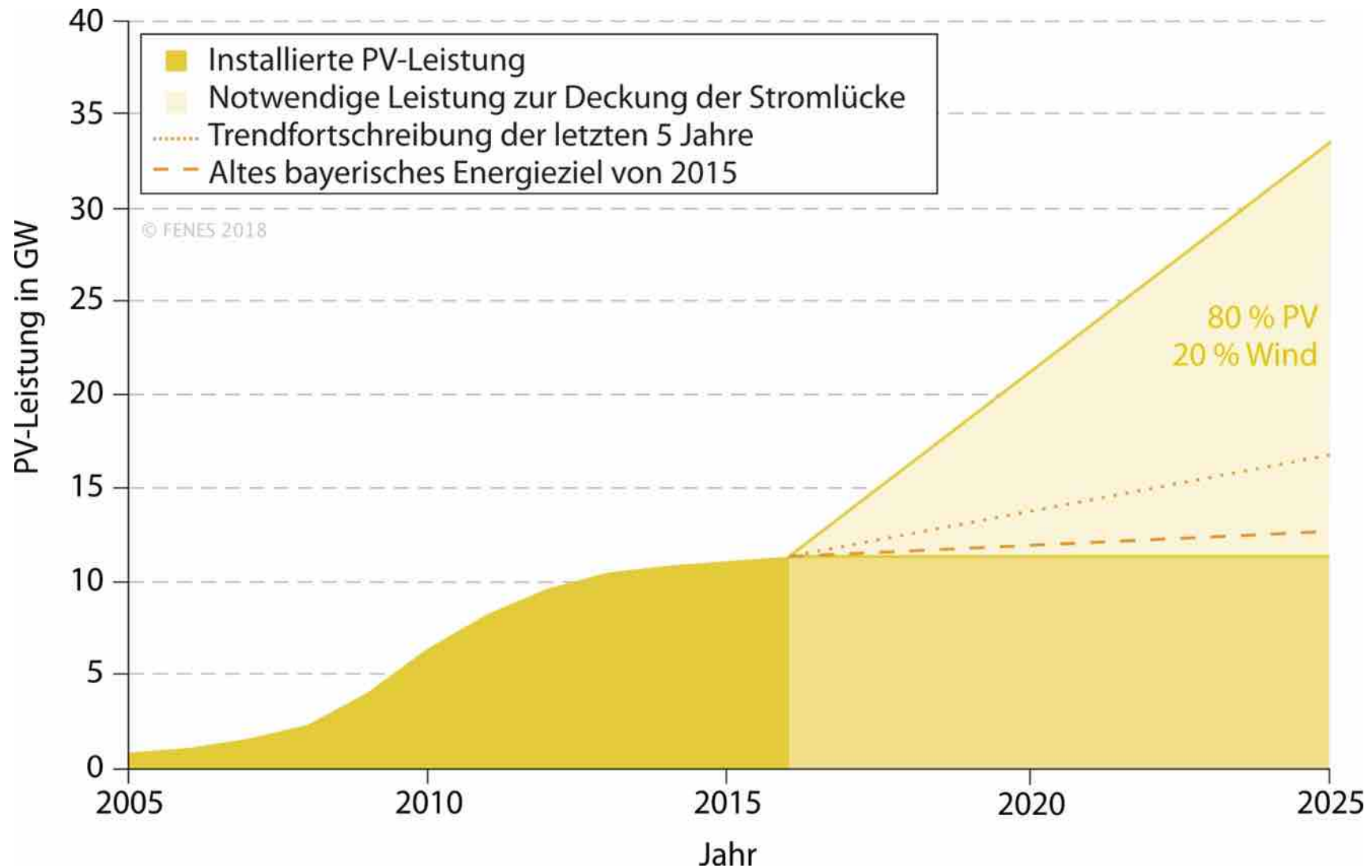
Wald „speichert“ ca.	12 t / ha und Jahr
CO <sub>2</sub> -Emissionen Strommix in Dtl.:	0,516 t / MWh
CO <sub>2</sub> -Emissionen Windkraft:	0,020 t / MWh
Flächenverbrauch Windkraft: (ohne Zuwegung)	0,5 ha / Anlage

Ertrag je Anlage (Mittelwert) 10.302 MWh/a  
x 0,496 t / MWh  
→ **5109 t pro Jahr** spart jede Windkraftanlage

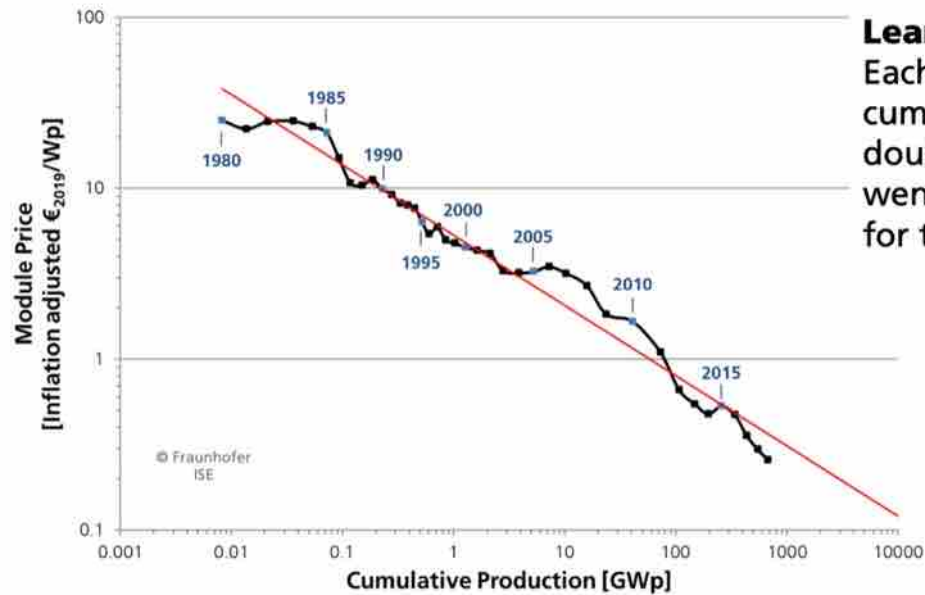
vs. Wald (0,5 ha): **6 t pro Jahr**

→ Eine Windkraftanlage spart **über 1.000 x mehr CO<sub>2</sub>**  
als der Wald auf der Fläche

# Stromlücke aus Atom- und Kohleausstieg ohne Importe schließen über Solar- und Windstrom mit 80 % zu 20 %



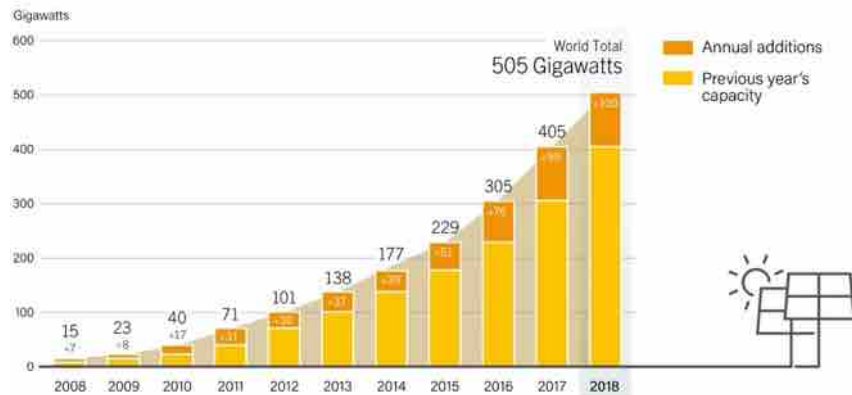
# PV: Kostensenkungen – heute: 200 €/kW Modulpreise



**Learning Rate:**  
Each time the cumulative production doubled; the price went down by 24 % for the last 39 years.

Information from different sources: Strategies Unlimited, Navigant Consulting, EUPD, pvXchange; from 2011: IHS Markit; for 2019 estimation from different sources. Graph: PSE GmbH 2020.

Solar PV Global Capacity and Annual Additions, 2008-2018



Note: Data are provided in direct current (DC). Totals may not add up due to rounding. Source: Becquerel Institute and IEA PVPS.

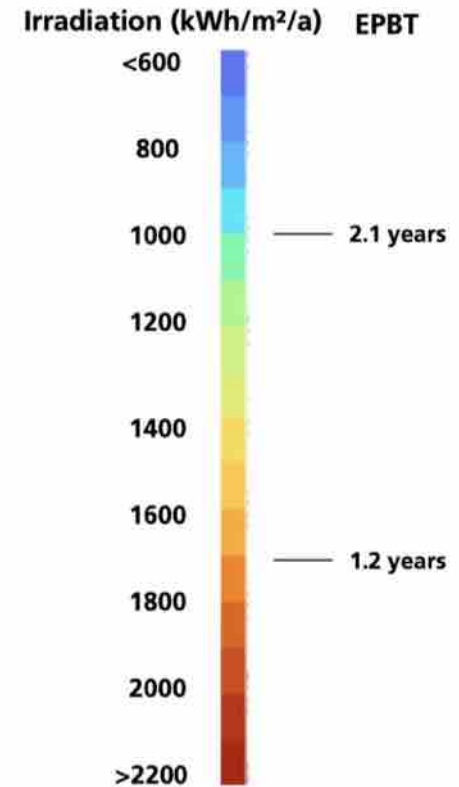
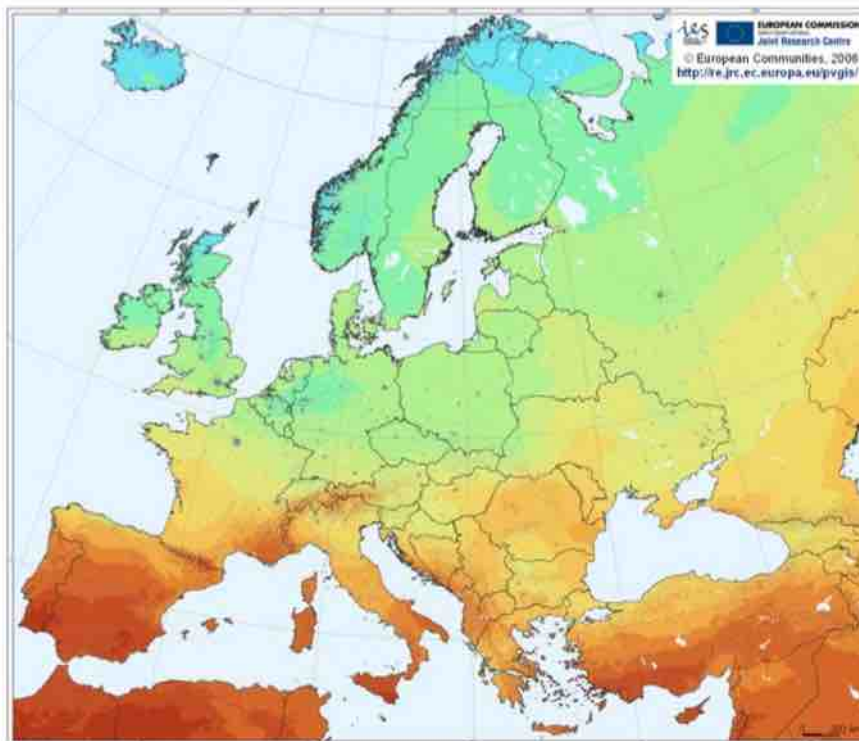
next2sun.de



# Wie lange dauert es, bis die Energie für die Solarmodul-Herstellung wieder raus ist?

in Bayern: 1-2 Jahre

Solarstrom = Gleichstrom = strahlt nicht



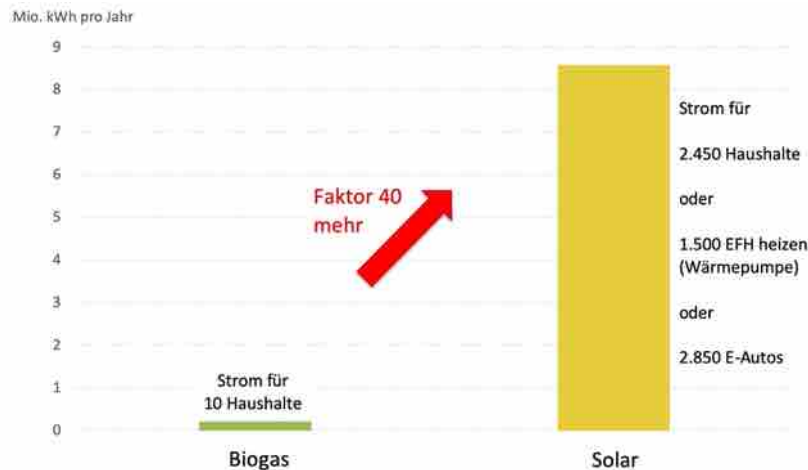
Data: M.J. de Wild-Scholten 2013. Image: JRC European Commission. Graph: PSE 2014 (Modified scale with updated data from PSE and FraunhoferISE)



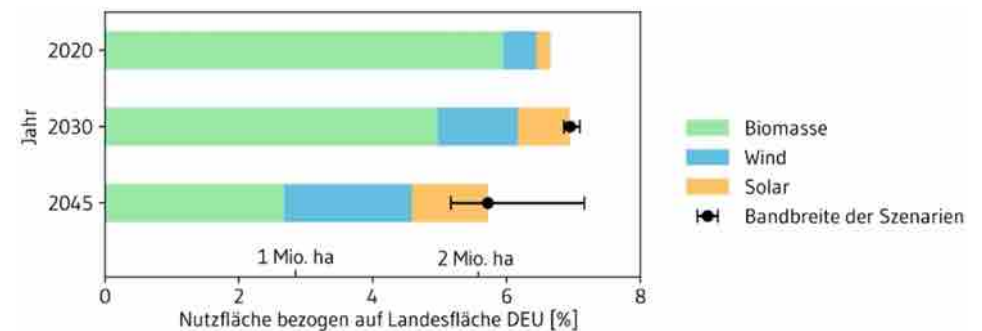
# Wird wertvolle Fläche für Nahrungsmittel verdrängt?



**6 % der BRD-Fläche derzeit für Energie (Biogasmais + Raps) genutzt**  
**→ Aus restlicher Fläche für Nahrung/Futter → Exportüberschuss!**

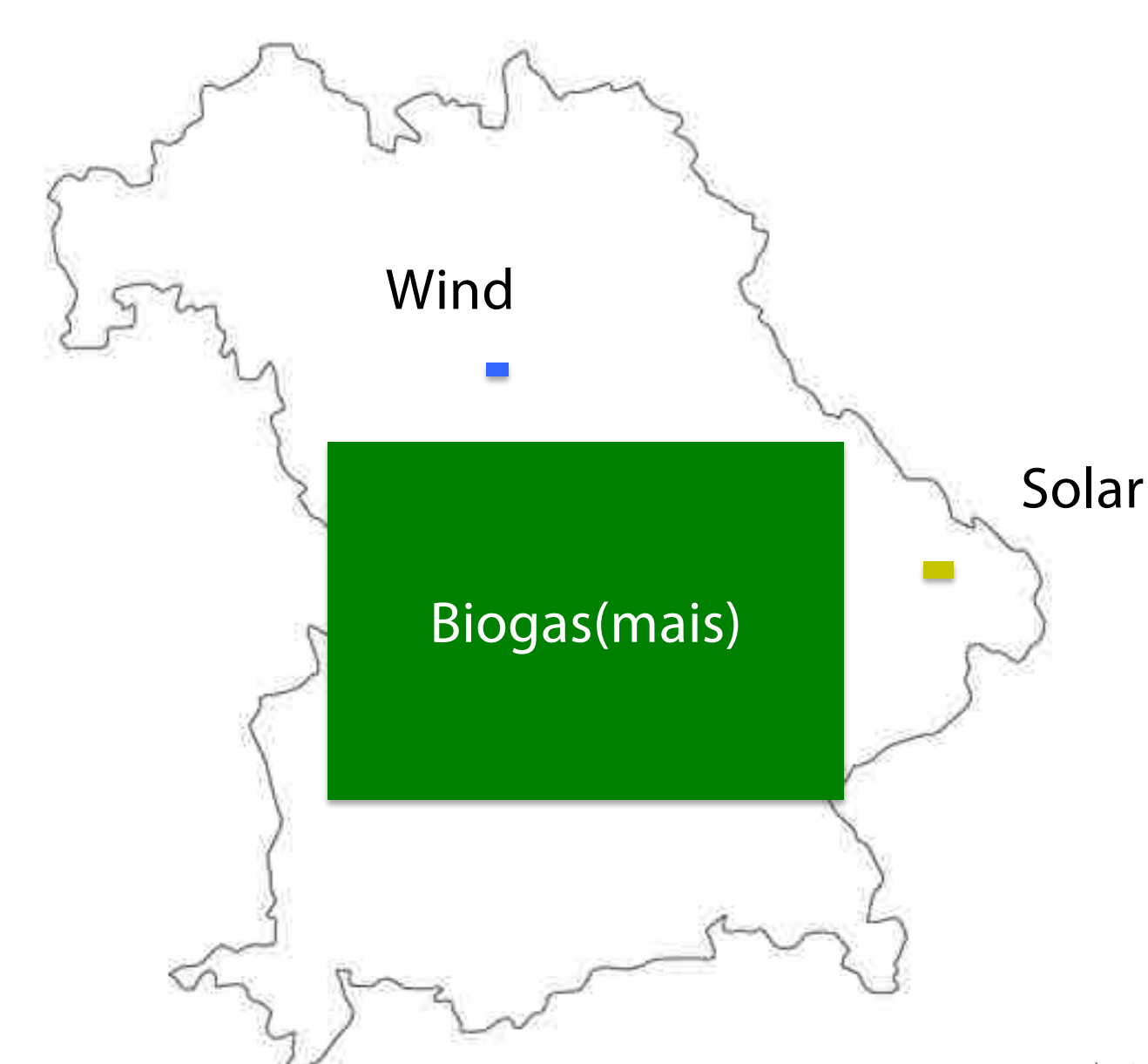


**1 ha Solarpark ersetzt 40 ha Biogasmais!**



**→ Ersatz von Mais & Raps durch Solar & Wind führt auch bei starkem Ausbau nicht zu mehr Flächenbedarf für Energie**

# Flächenverbrauch für den Ersatz aller bay. AKW



Flächenbedarf exemplarisch, Nicht maßstabsgetreu

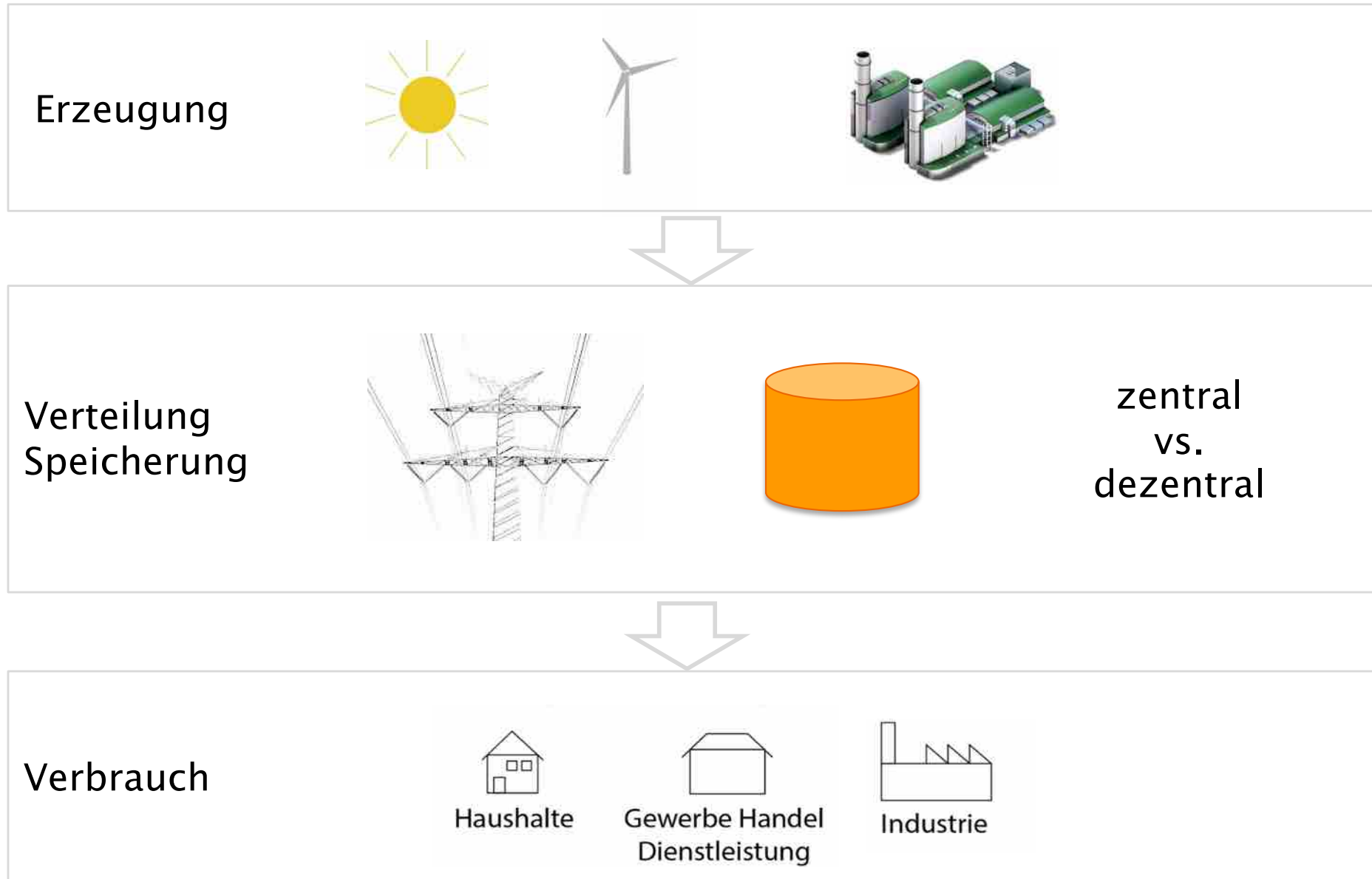
# Wind + Solar

## ich bin trotzdem dagegen

→ Dann sind Sie wofür?

→ Nur wer ein tragfähige, bezahlbare, technisch machbare und ökologisch vertretbare Alternative hat, ist **glaubwürdig!**

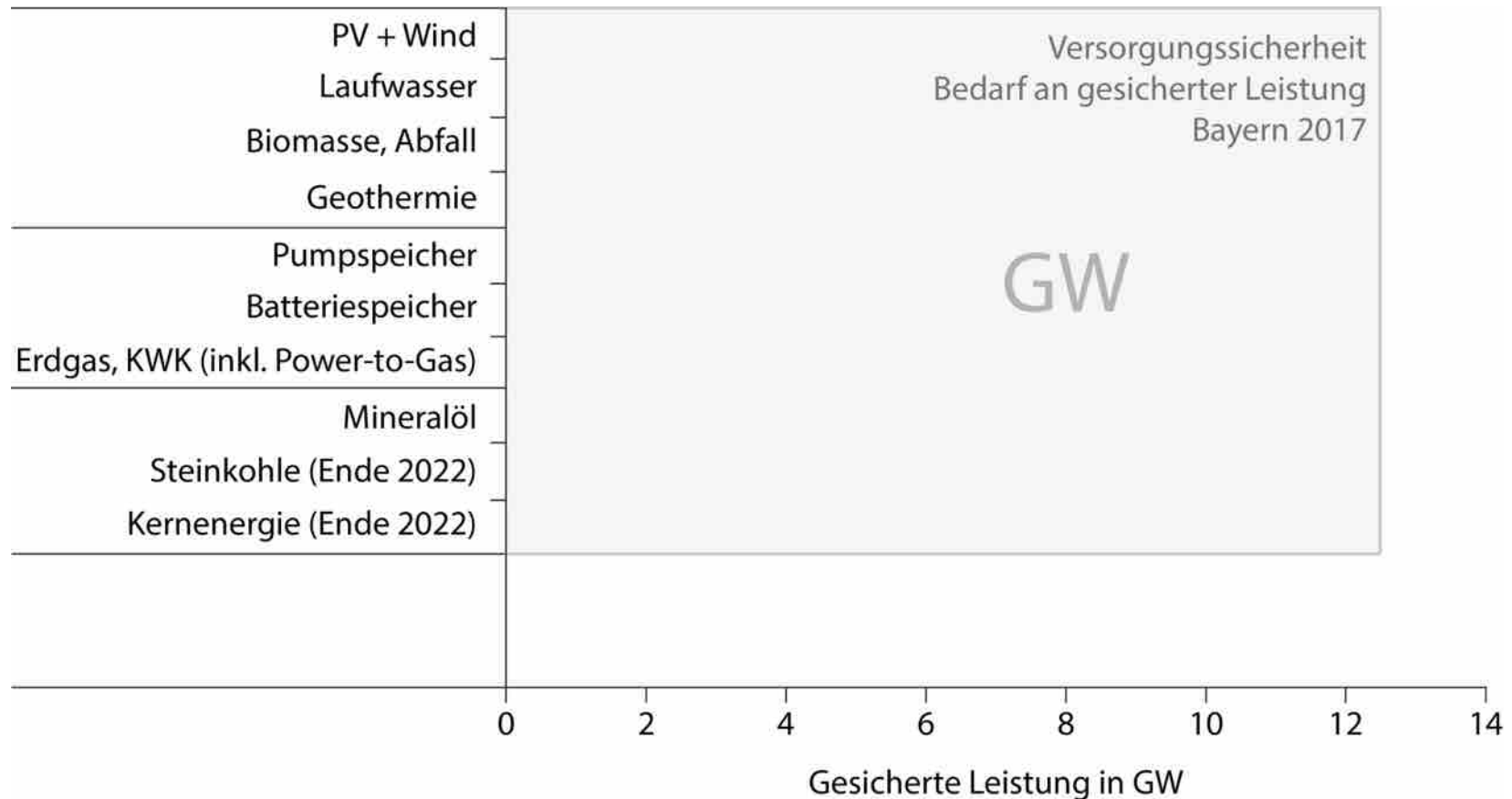
# Gesamtbild: Wir brauchen Netze und Speicher



# Versorgungssicherheit in Bayern

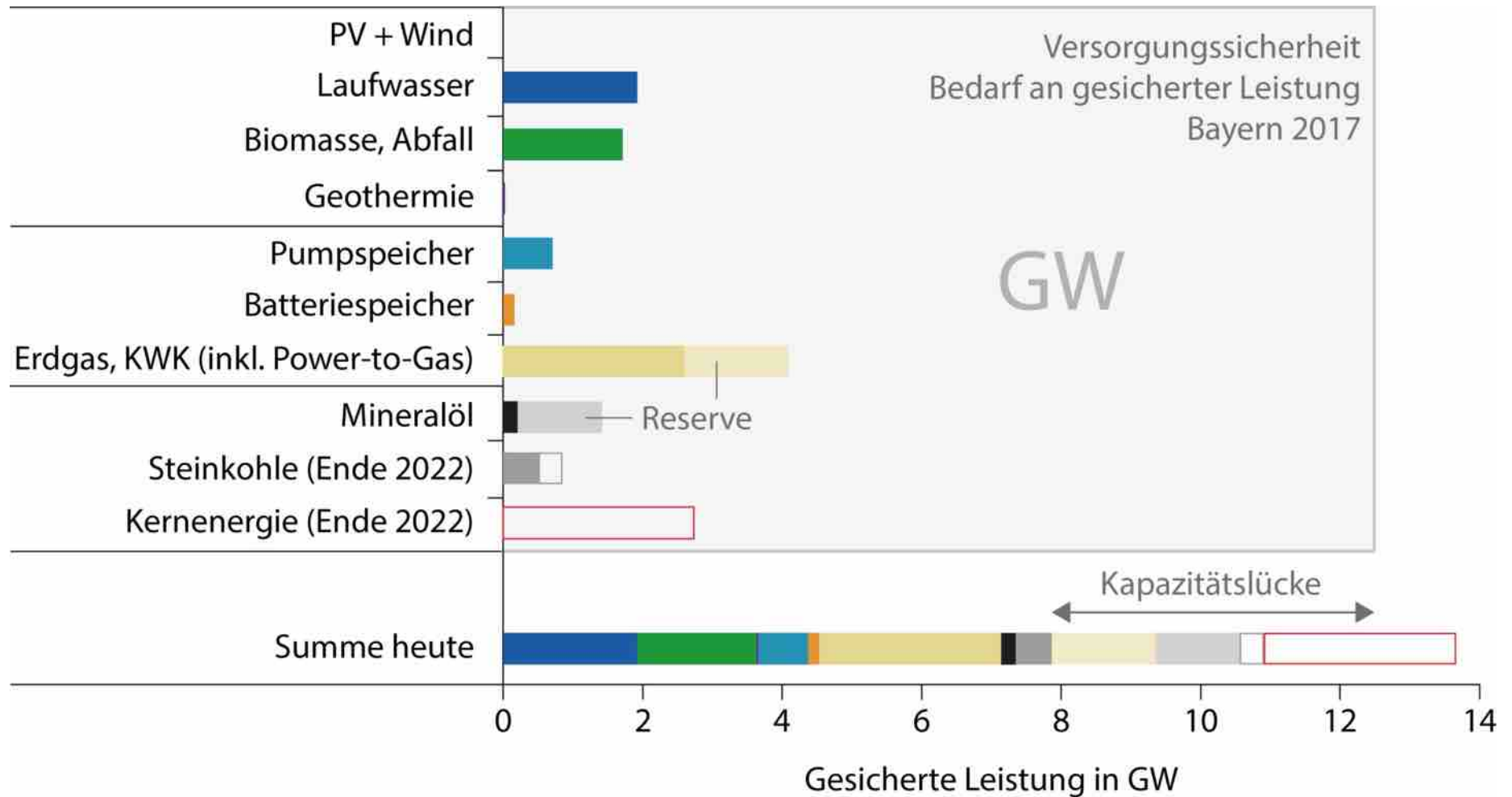
## Bedarf

**Stromleitungen bringen keine Versorgungssicherheit**  
**→ nur wenn Kraftwerke und Speicher dahinter sind**  
(Kohleausstieg, Nachbarländer?)



# Versorgungssicherheit in Bayern

## Kapazitätslücke schließen durch Speicher und Gaskraft/KWK

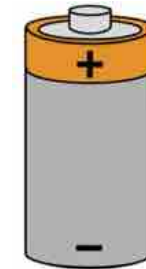


# Welche Speicher brauchen wir?



Kurzzeitspeicher  
 →  
 Stunden, Tage

## Pumpspeicher, Batterien



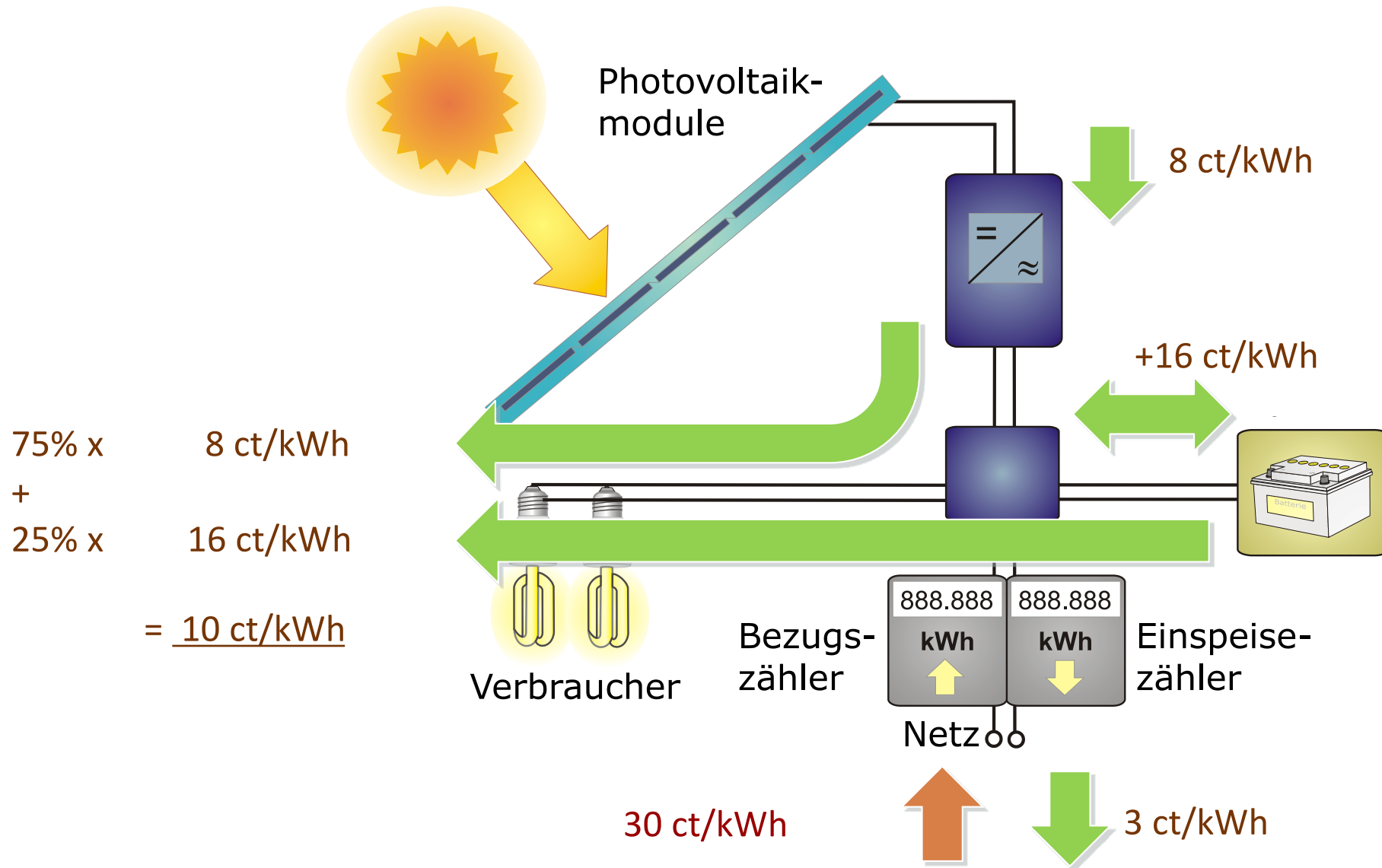
Langzeitspeicher  
 →  
 Wochen, Monate

## Power-to-Gas, Wasserstoff



Stand: 31.12.2013

# Hausbatteriespeicher bei günstigen Batteriekosten und hohem PV-Eigenverbrauch (ohne Steuern und Abgaben) wirtschaftlich





# Grenzen der Batteriespeicher: Rohstoff-Kosten, CO<sub>2</sub>-Bilanz



## Gesamter Lebenszyklus entscheidend

**Herstellung: 80 kg CO<sub>2</sub>/kWh Batterie (EU-Durchschnitt)**

\* 40 kWh ZOE Batterie → 3,2 t CO<sub>2</sub>

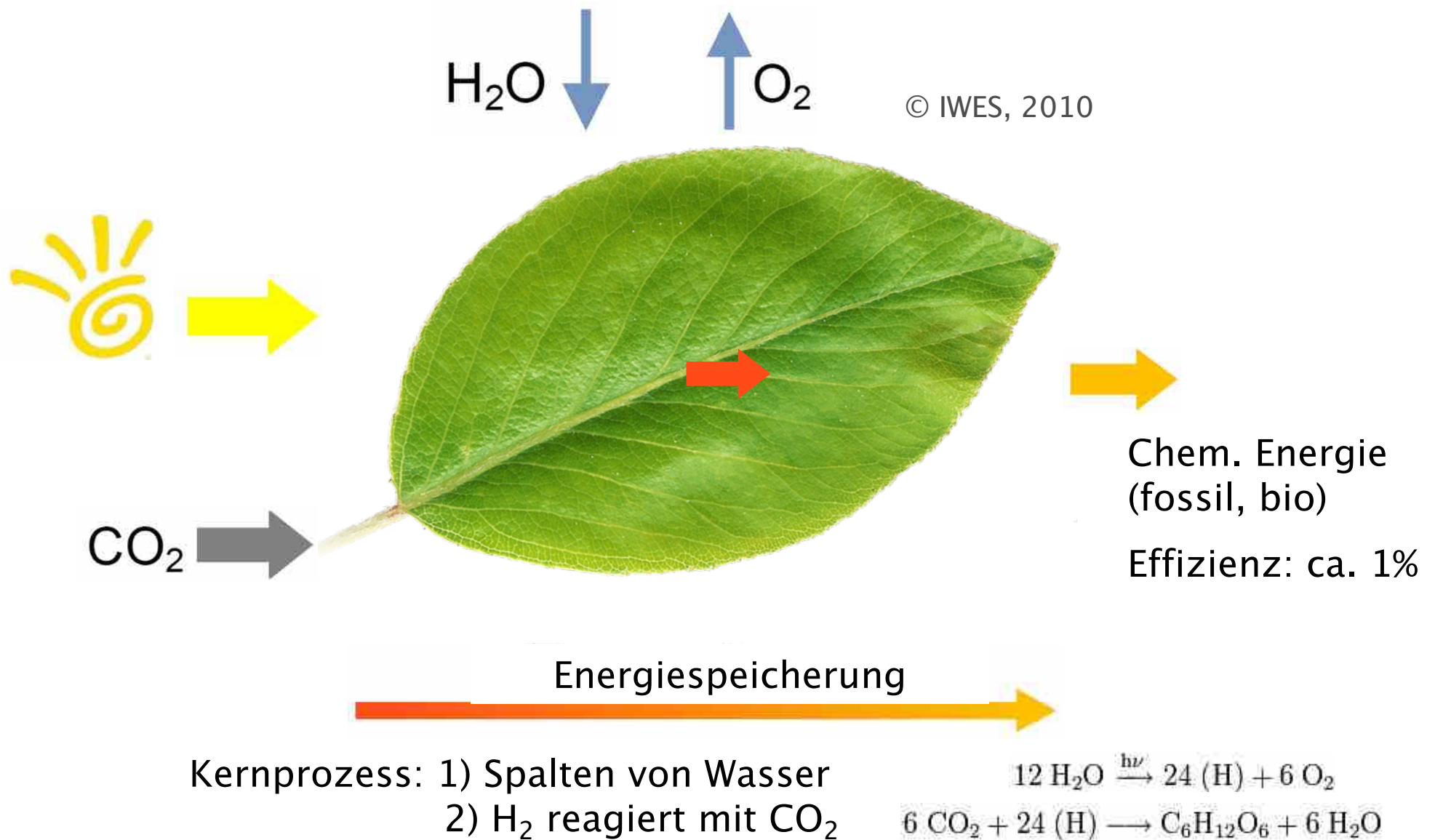
**Recycling: metallurgisch = energieintensiv**

→ **Herstellung + Recycling sehr energieintensiv → Erneuerbare!**

northvolt

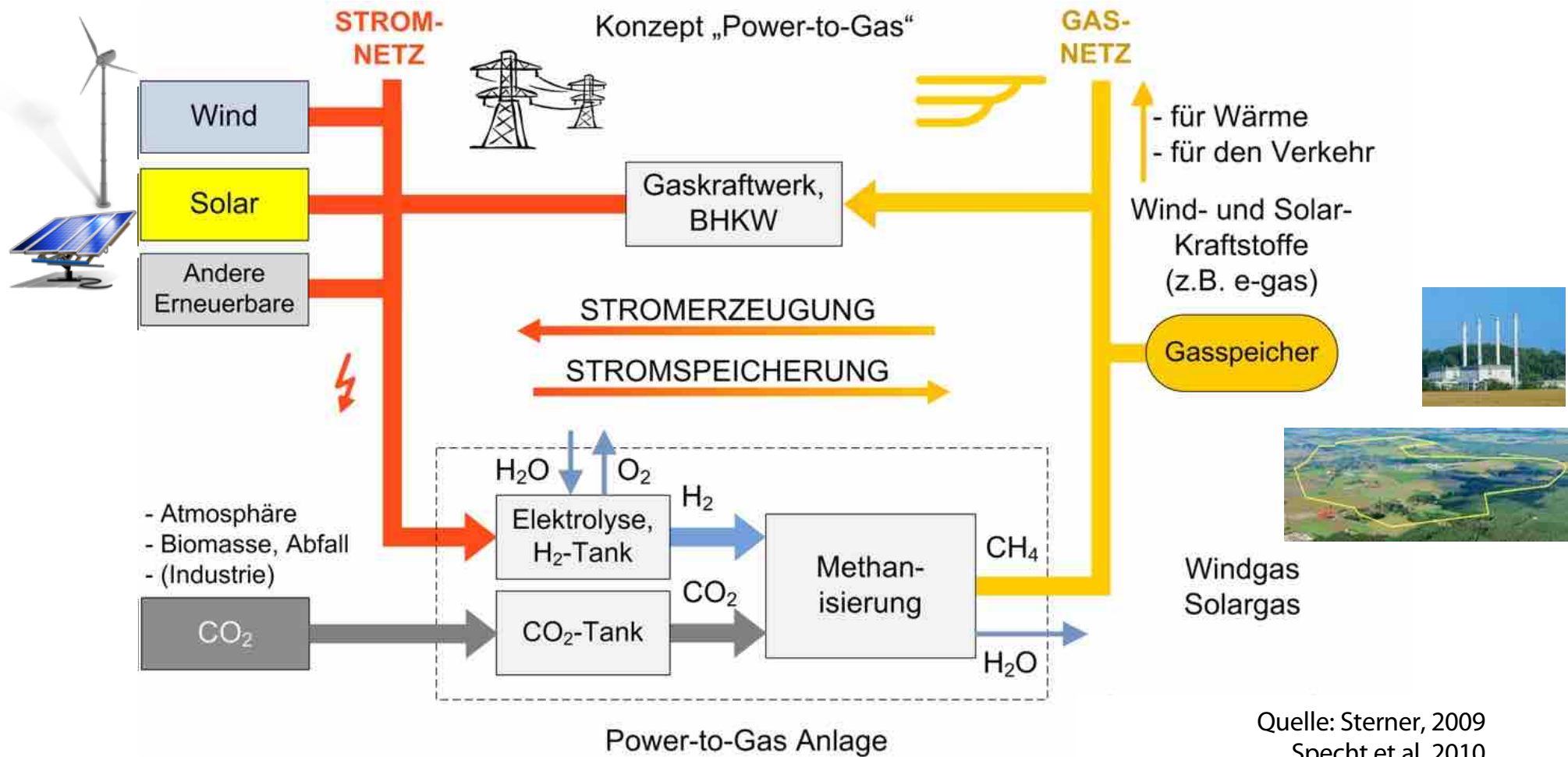
FREYR

# Wie speichert die Natur Energie über lange Zeiträume?



# Power-to-Gas Das Original

Energiespeicherung durch Kopplung von Strom- und Gasnetz  
 → Technische Nachbildung der Photosynthese



Sterner, M. (2009): Bioenergy and renewable power methane in integrated 100% renewable energy systems. Limiting global warming by transforming energy systems. Kassel University, Dissertation. <http://www.upress.uni-kassel.de/publi/abstract.php?978-3-89958-798-2>

# Das Speicherproblem ist technisch gelöst – es gibt ausreichend Kapazitäten für den Kohleausstieg



Batterien  
42 Mio. Kfz  
(Theorie)

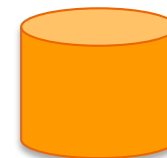
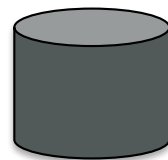
▮ Pumpspeicher



Kohle/Atom**aus**stieg

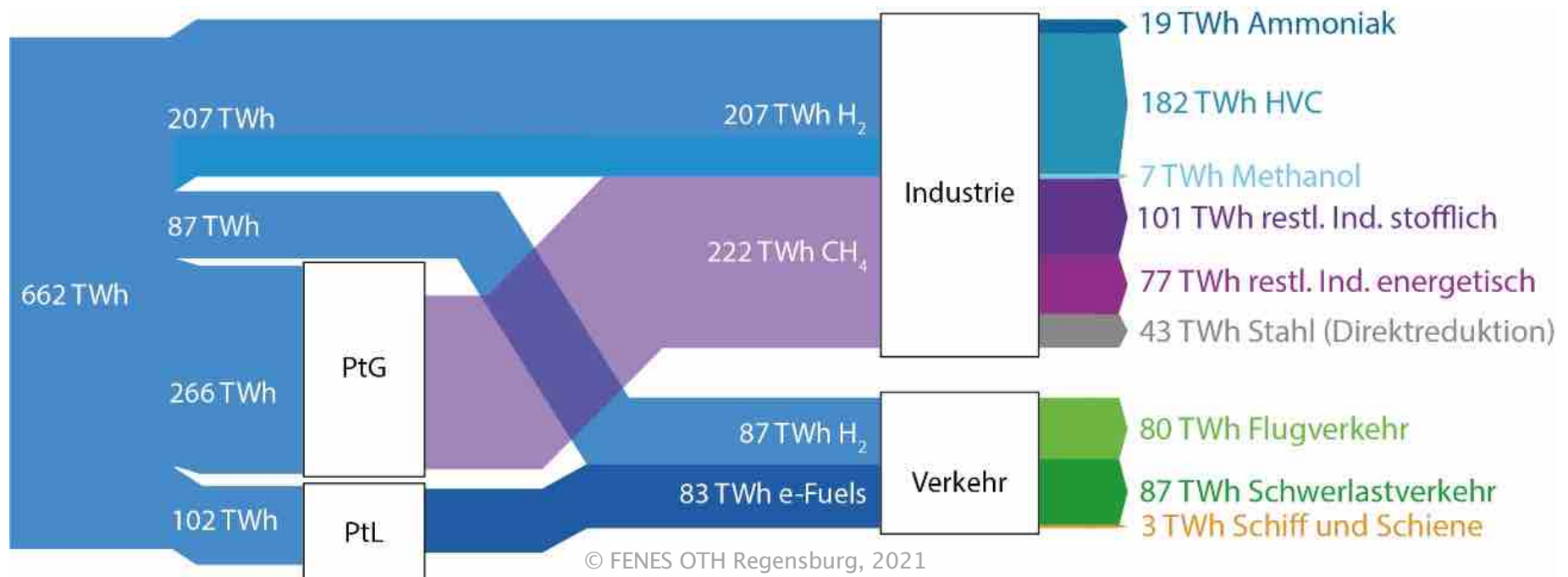


Speicher**ein**stieg



# Wasserstoff wird v. a. in Verkehr und Industrie gebraucht

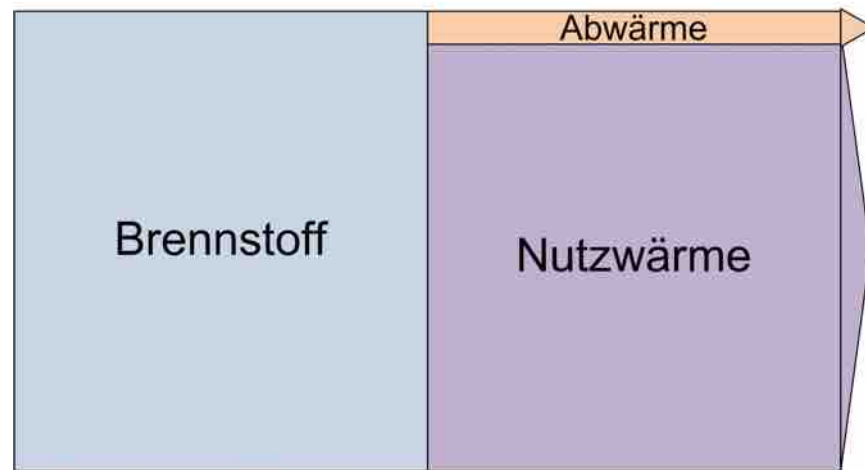
## Nutzungspfade für Wasserstoff in 2050



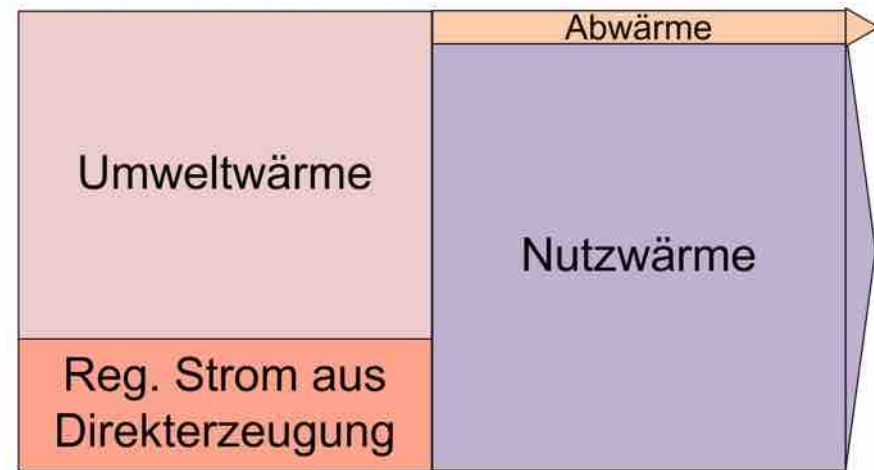
# Wärmewende

# El. Wärmepumpen

## Effizienzsprung im Wärmesektor → weniger Feuer!



Direkte Verbrennung



Elektr. Wärmepumpe








Effizienzsteigerung um Faktor 3–4

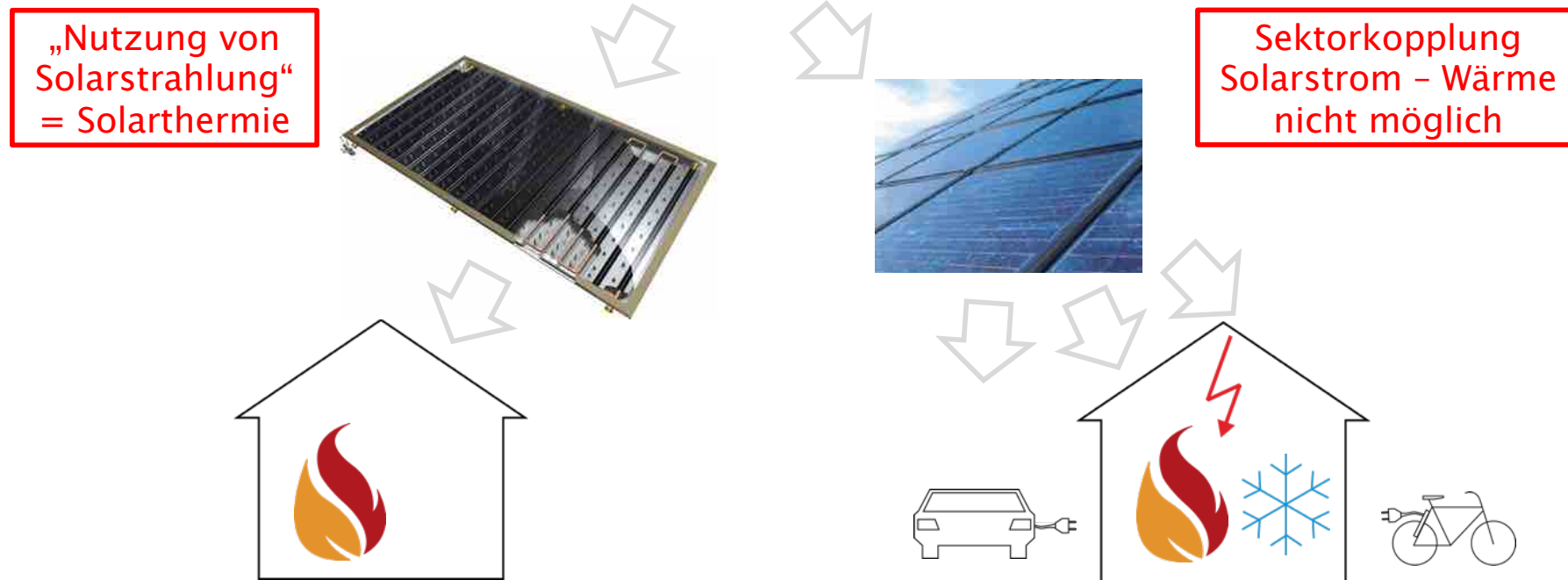
Allerdings nur mit erneuerbarem Strom!

→ **Wärmespeicher**

# Sektorenkopplung @ Home

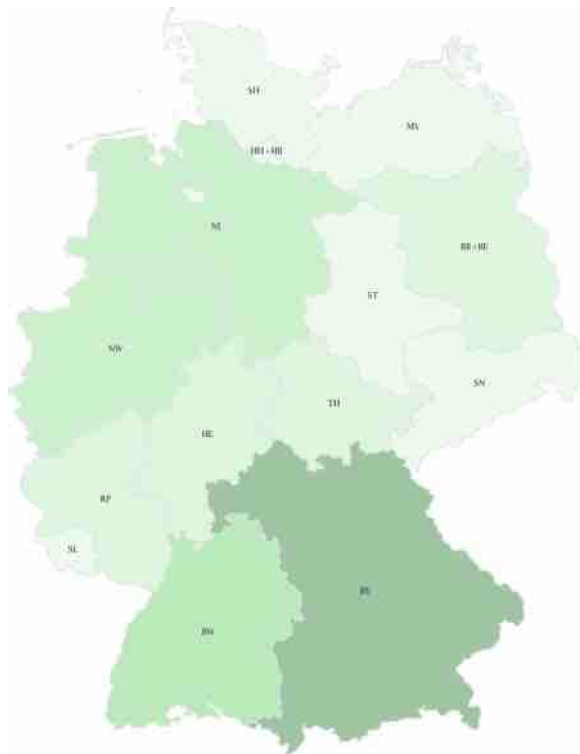
Reform in Gesetzgebung nötig, um volles Solarpotenzial zu nutzen

	Gastherme+ Solarthermie	Biogas + Solarthermie	Luft-Wärme-pumpe	Erd-WP mit Ökostrom	Pellets
Heizsystem					
Solaranlage					





# Holz = CO<sub>2</sub>-neutraler, heimischer Energieträger



**Bayern Holzland Nr. 1**  
(27 % aller Holzvorräte)

## Zuwachs und Nutzung in Bayern

- Privatwald: Zuwachs deutlich größer als Nutzung (75 %)
- Gesamt: Zuwachs 1 m<sup>3</sup> Festmeter Holz pro Sekunde

### Energetisch



Zuwachs entspricht  
bay. Heizölverbrauch  
(ca. 6000 Mio. Liter Öl)

Energiespeicherleistung  
ca. 6 000 MW  
(mehr als alle bay. AKW)

### Stofflich



Kohlenstoffspeicher

**Feinstaub kein Problem mit Filter**

→ der Wald ist **Bayerns größter Speicher für Solarenergie und CO<sub>2</sub>**

# Mythos: es gibt nicht genug Holz für die Wärmeversorgung

Privatwald viel ungenutzt → Umsetzung gesetzl. Vorrang Wald vor Wild

## „Nachwachsender“ Rohstoff Holz:

- Natürlich → Naturverjüngung  
fast kostenlos bis auf Waldpflege
- Künstlich → Anpflanzung  
Kosten: ca. 10 000 € / ha  
(2000 – 7000 Pflanzen, 400 m Zaun)



## Vorteile eines Gleichgewichts von Wild & Wald:

- **Mehr Ertrag**, mehr Energie (kürzere Umtriebszeiten)
- Mehr **kostenloser Klimaschutz** (CO<sub>2</sub>-Bindung)
- **Robustere Wälder** gegen Klimawandel
- Mehr **kostenloser Hochwasserschutz**
- **Mehr Artenvielfalt**, Mehr Humus- und Nährstoffaufbau
- **Weniger Wildunfälle** (LK Passau: 45 %),  
Besserer Schutz für Tiere
- **Geringere Personen- und Sachschaden** (KFZ-Versicherung)



# Solarpflicht?

Unser Bürgermeister:

„Nicht nötig,

jeder der keine PV-Solar + Wärmepumpe einbaut  
ist ein dummer Bauherr,  
weil er nicht rechnen kann“

hohe Gas- und Strompreise  
geringer Wärmebedarf

# Haushalte: hohe Autarkie in allen Bereichen möglich

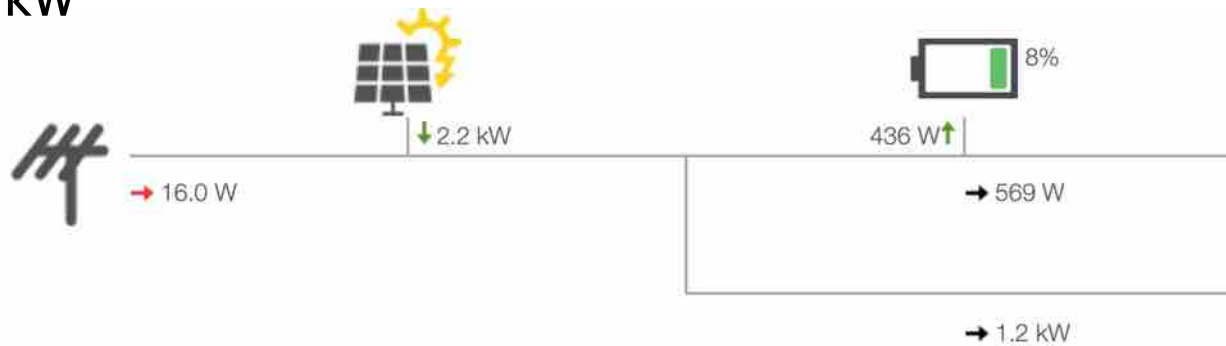
## Strom & Wärme & E-Mob: > 83 % nur mit Solar!



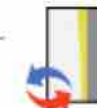
30 kW



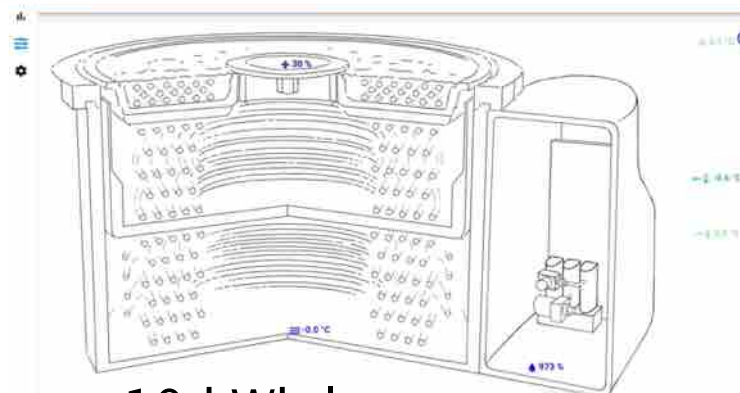
10 kW/10 kWh



< 20 kWh/qm  
2 | Haus



Go-E + eGolf  
11 kW/36 kWh



10 kWh latent



# Ein paar Bremser der Energiewende

## Manche Heizungsbauer

- „Die Ölheizung/Gasheizung ist ja noch gut“
- „Alles andere als Öl/Gas ist nicht ausgereift/zuverlässig“
- „Wenn wir die Ölheizung rauswerfen, entstehen mehr Emissionen durch die Anschaffung einer neuen Heizung“

→ Heizöl macht ca. 3 t CO<sub>2</sub>/1000 l → in weniger als 1 a ausgeglichen

## Manche Kaminkehrer

- „Wärmepumpen sind noch nicht ausgereift“

→ Wärmepumpen brauchen keinen Kaminkehrer

## Manche Autoverkäufer

- „E-Autos sind noch nicht ausgereift & die Batterie macht viel CO<sub>2</sub>“

→ Mit Ökostrom fahren & Batterie aus Skandinavien kein Problem

→ Mit Ökostrom und China-Batterie: ca. 50.000 km bis Ausgleich

**Erdgas und Erdöl ist zu schade und wertvoll,  
um es in Häusern zu verbrennen.**

**Beides ist endlich, wird importiert,  
verursacht CO<sub>2</sub> = Klimaschäden**

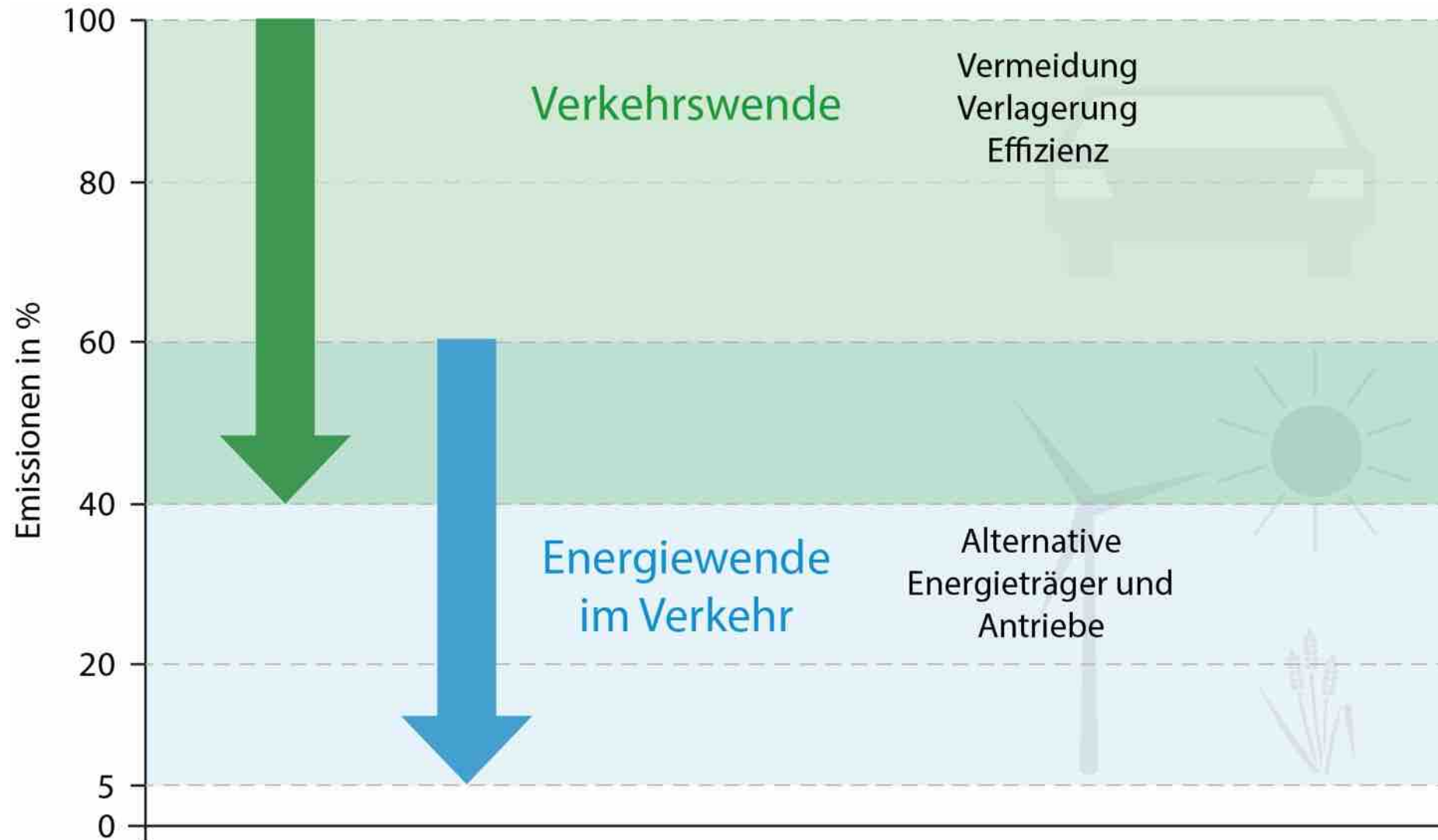
**Heute eingebaut → 20 Jahre Betrieb  
→ nicht zukunftskompatibel**

**Neue Öl- und Gasheizungen sind  
eine ökologische und ökonomische  
Fehlinvestition**

# Mobilitätswende

# Mobilitätswende – welche Prioritäten setzen wir?

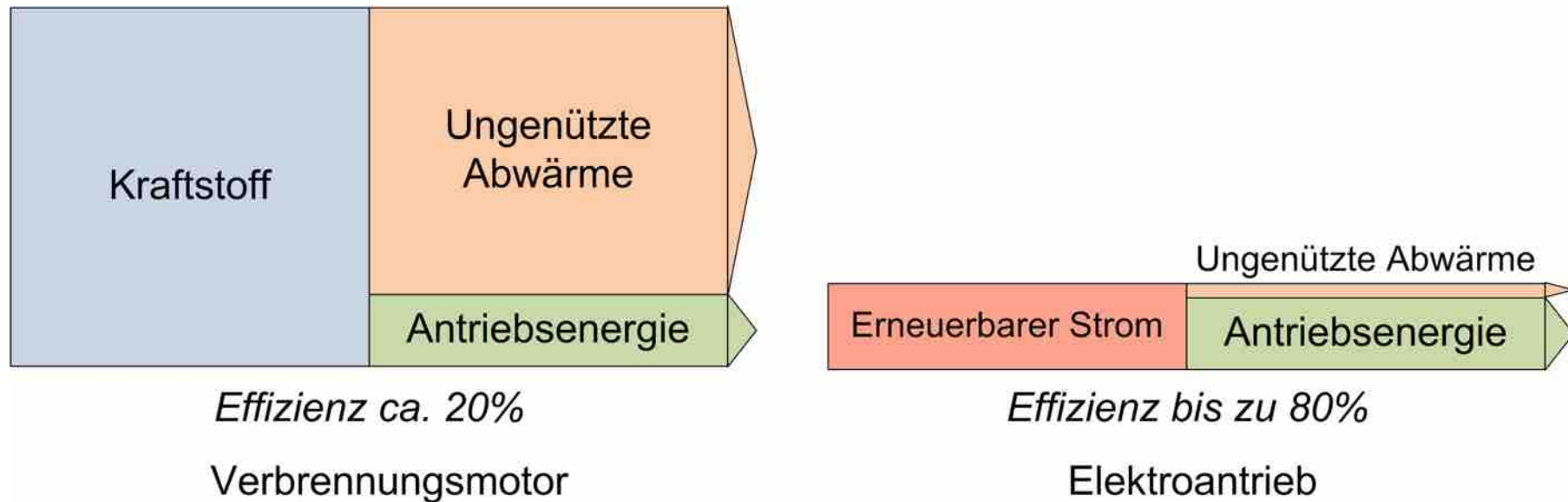
## Straße vs. Schiene vs. Fußwege vs. Fahr/Zweirad vs. Flug





# Elektromobilität

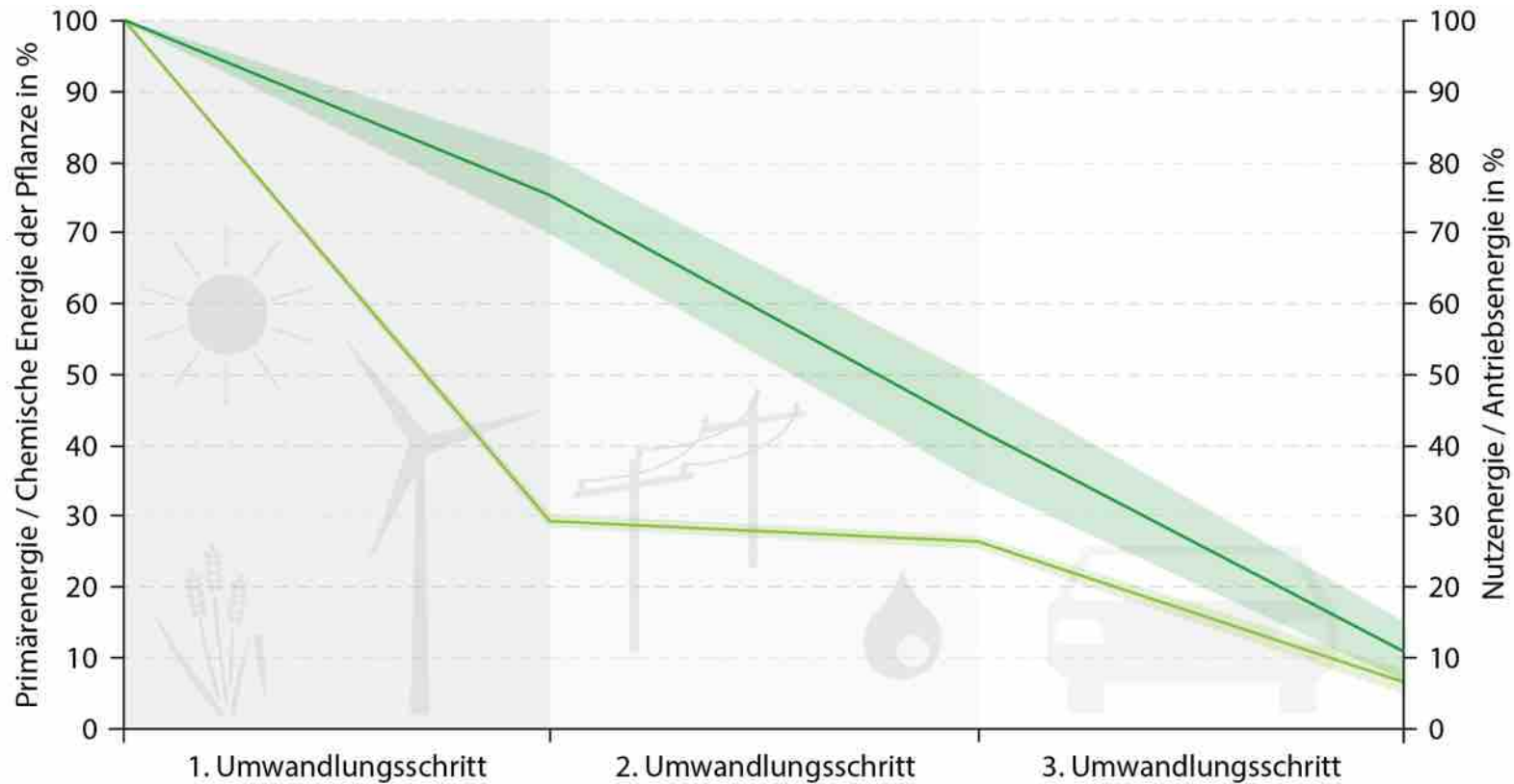
## Effizienzsprung im Verkehrssektor → weniger Feuer!



Effizienzsteigerung um Faktor 3–4  
Allerdings nur mit erneuerbarem Strom!  
→ **Batteriespeicher**

# Energiewandlung – Beispiel Mobilität: Biokraftstoffe

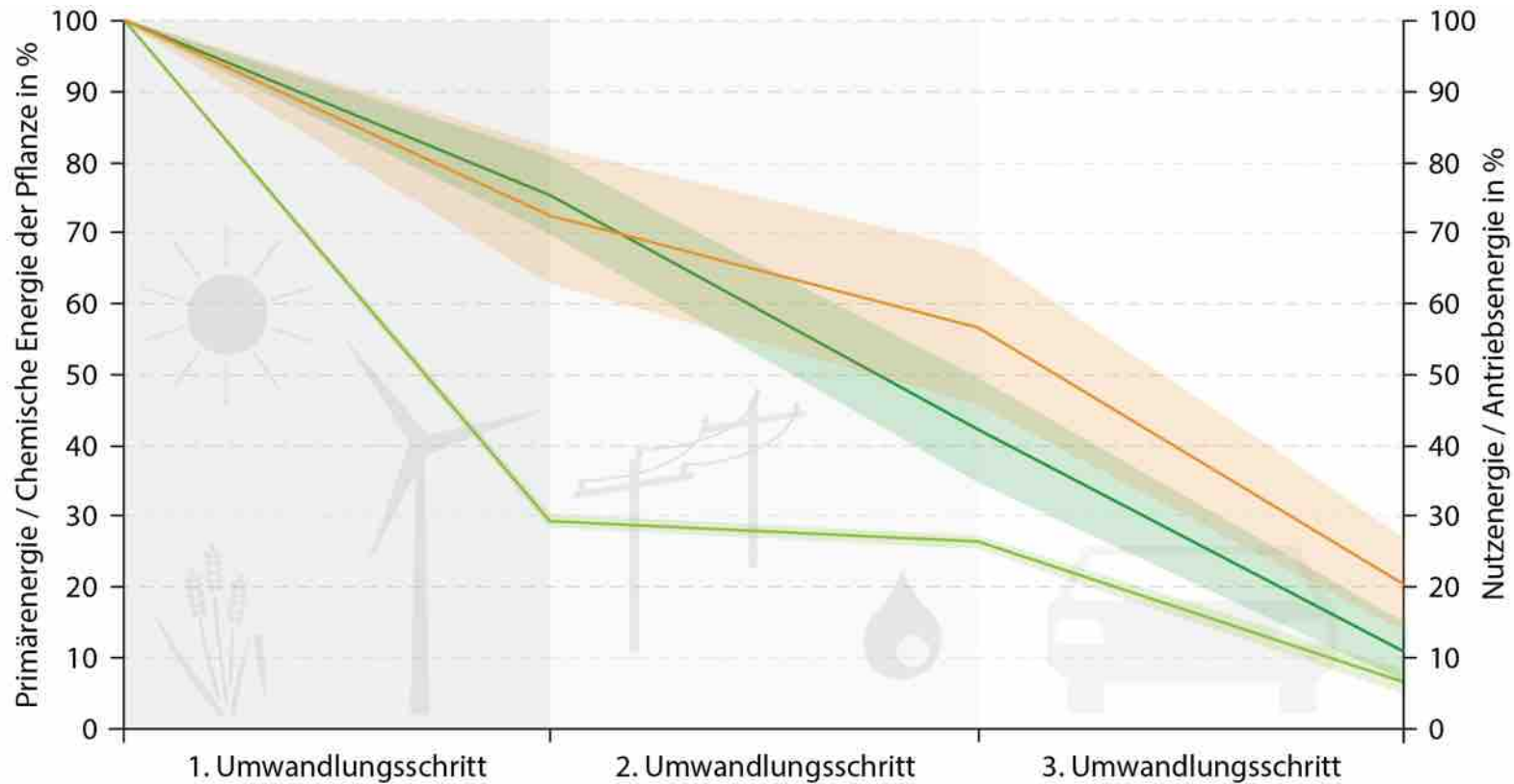
## Energieeffizienz der Kraftstoff-Antriebspfade



	1. Umwandlungsschritt	2. Umwandlungsschritt	3. Umwandlungsschritt
Elektrofahrzeug	Stromerzeugung	Transport	Elektromotor
Brennstoffzellenfahrzeug	H <sub>2</sub> -Elektrolyse	Aufbereitung und Transport	Brennstoffzelle
Gasfahrzeug	H <sub>2</sub> -Elektrolyse	Methanisierung, Aufbereitung und Transport	Gasmotor
Biodieselfahrzeug (1. Gen.)	Rapsölerzeugung	Umesterung	Dieselmotor
Biodieselfahrzeug (2. Gen.)	Biomassevergasung	Fischer-Tropsch	Dieselmotor

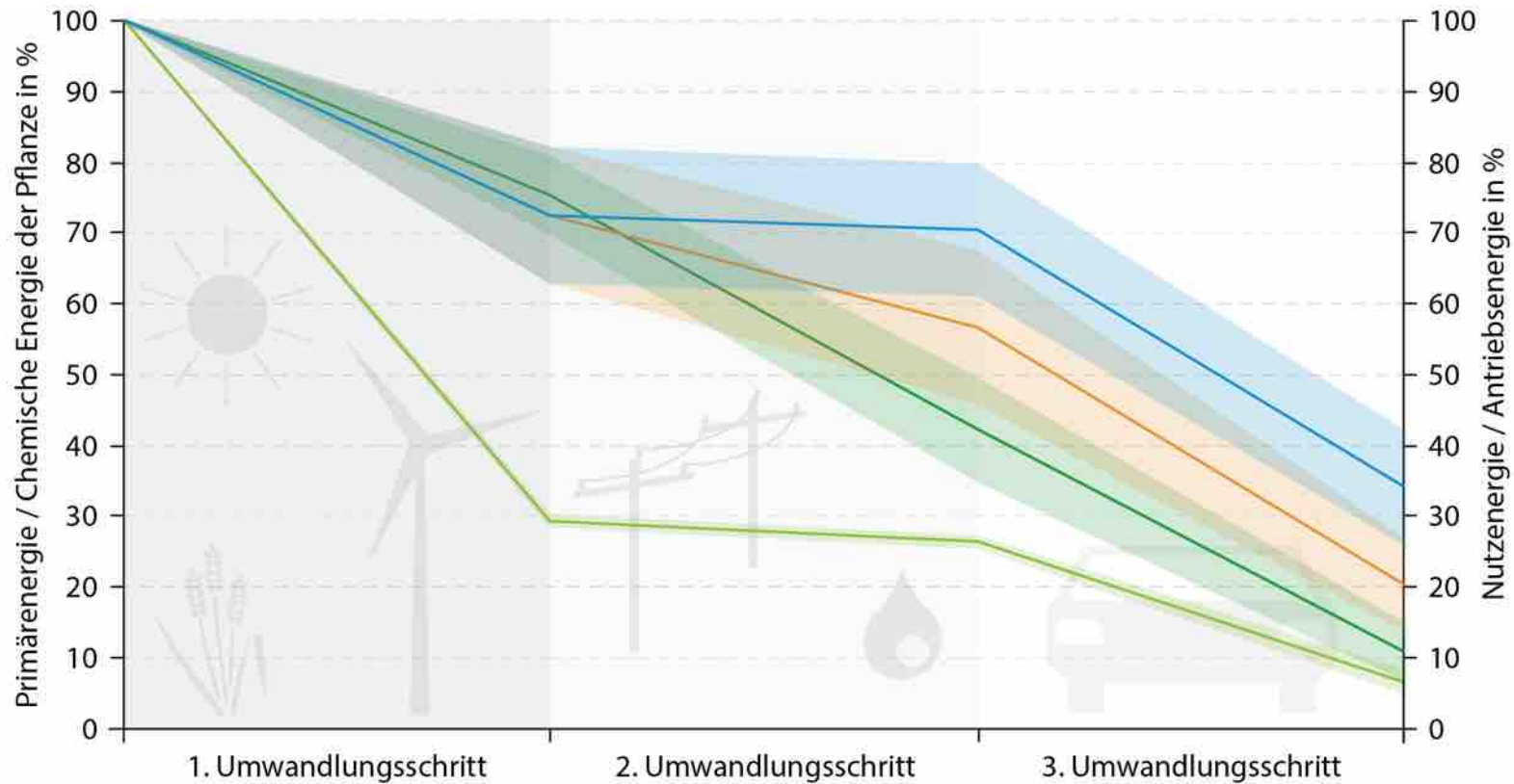
# Power-to-Gas - Gasmobilität im Mittelfeld

## Energieeffizienz der Kraftstoff-Antriebspfade



	1. Umwandlungsschritt	2. Umwandlungsschritt	3. Umwandlungsschritt
Elektrofahrzeug	Stromerzeugung	Transport	Elektromotor
Brennstoffzellenfahrzeug	H <sub>2</sub> -Elektrolyse	Aufbereitung und Transport	Brennstoffzelle
Gasfahrzeug	H <sub>2</sub> -Elektrolyse	Methanisierung, Aufbereitung und Transport	Gasmotor
Biodieselfahrzeug (1. Gen.)	Rapsölerzeugung	Umesterung	Dieselmotor
Biodieselfahrzeug (2. Gen.)	Biomassevergasung	Fischer-Tropsch	Dieselmotor

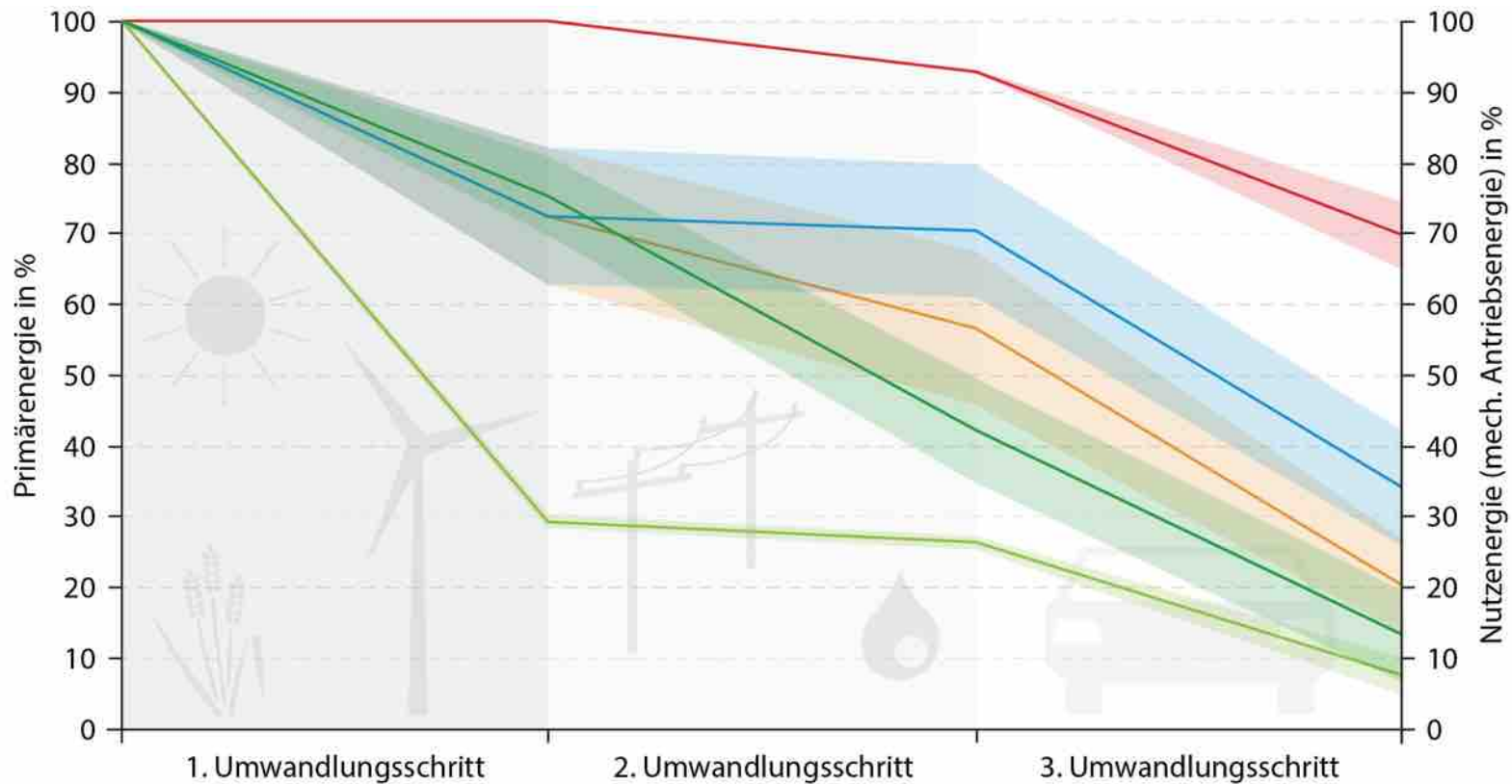
# Wasserstoff-Mobilität im Antrieb effizienter Energieeffizienz der Kraftstoff-Antriebspfade



	1. Umwandlungsschritt	2. Umwandlungsschritt	3. Umwandlungsschritt
Elektrofahrzeug	Stromerzeugung	Transport	Elektromotor
Brennstoffzellenfahrzeug	H <sub>2</sub> -Elektrolyse	Aufbereitung und Transport	Brennstoffzelle
Gasfahrzeug	H <sub>2</sub> -Elektrolyse	Methanisierung, Aufbereitung und Transport	Gasmotor
Biodieselfahrzeug (1. Gen.)	Rapsölerzeugung	Umesterung	Dieselmotor
Biodieselfahrzeug (2. Gen.)	Biomassevergasung	Fischer-Tropsch	Dieselmotor

# E-Mobilität ist mit Abstand am Effizientesten

## Energieeffizienz der Kraftstoff-Antriebspfade



© Sterner, FENES 2017

	1. Umwandlungsschritt	2. Umwandlungsschritt	3. Umwandlungsschritt
Elektrofahrzeug	Stromerzeugung	Transport	Elektromotor
Brennstoffzellenfahrzeug	H <sub>2</sub> -Elektrolyse	Aufbereitung und Transport	Brennstoffzelle
Gasfahrzeug	H <sub>2</sub> -Elektrolyse	Methanisierung, Aufbereitung und Transport	Gasmotor
Biodieselfahrzeug (1. Gen.)	Rapsölerzeugung	Umesterung	Dieselmotor
Biodieselfahrzeug (2. Gen.)	Biomassevergasung	Fischer-Tropsch	Dieselmotor

„Efficiency 1<sup>st</sup>“

**Erdgas und Erdöl ist zu schade und wertvoll,  
um es in Autos zu verbrennen.**

**Beides ist endlich, wird importiert,  
verursacht CO<sub>2</sub> = Klimaschäden**

**Heute eingebaut → 20 Jahre Betrieb  
→ nicht zukunftskompatibel**

**Neue Verbrenner sind eine  
ökologische und ökonomische  
Fehlinvestition**

# Positive Beispiele

# Solarpark-Biotop bei Landshut

- Kein Spritzen, kein Düngen → weniger Umweltbelastung
- Mehr Artenvielfalt
- Rückzugsgebiet für Wild- und Honigbienen





# Klärwerk der Kommune: PV-Anlage macht für **4 ct / kWh Strom!**

350 kW Klärwerk Nagel AZV Kronach Süd. Amortisation: **8 Jahre**



PV-Stromertrag:	363,9 MWh/a
Eigenverbrauch:	193,5 MWh/a
Netzeinspeisung:	170,4 MWh/a
Eigenverbrauchsanteil:	53,2 %
Solare Deckungsrate:	32,9 %
Stromverbrauch:	587,1 MWh/a



## Motivation:

### Wirtschaftlichkeit:

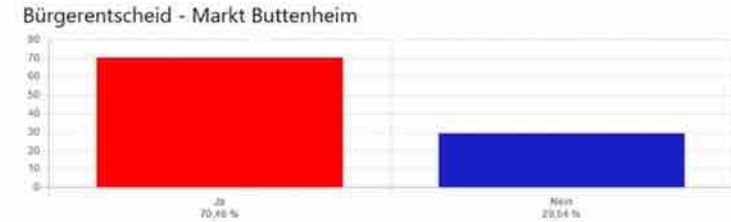
- Rendite ca. 10 %
- Amortisation ca. 8 Jahre
- Stromgestehungskosten ca. 0,04 €/kWh

### Nachhaltigkeit:

- CO2 Einsparung: 218,3 t/a
- Moduldegradation:  
nach 25 Jahren 83 %
- Flexibel für Speicherlösungen

# Windkraft Buttenheim

Erfolgsfaktoren für Akzeptanz:



- Formulierung von **Klimazielen** und **Maßnahmen** mit **zeitlichem Ablauf** in der jeweiligen **Kommune** und **Zielkontrolle**  
→ nationale Einspar- und Ausbauziele auf **kommunale Ebene** übertragen
- **Mitwirkung** der kommunalen Gremien beim **Planungsprozess** → **Bauleitplan**
- **Nachvollziehbare Kriterien** bei der **Flächenauswahl**
- **Beteiligung regionaler Umweltverbände** (LBV, BUND)
- **Infos** an Eigentümer + Bevölkerung durch **transparente Planungsprozesse**, **Homepage**, Infostände, bei Bedarf Bürgerentscheid
- **Schaffung finanzieller Anreize:**
  1. **Flächenpachtmodell** für Grundstückseigentümer
  2. Finanzielle **Beteiligungsmöglichkeit** für Kommune und Bevölkerung an der Projektgesellschaft
  3. **Gewerbesteuer** und **Ertragsbeteiligung** von **0,2 Cent/kWh** für Kommune gem. EEG § 6
  4. Besonders attraktiv: **Günstige Stromtarife für Anwohner**

# Wind-Erntedankfest der Bürgerwind Lamerdingen, Allgäu neu: Kamerabasierte Vogelerfassung → Warnung & Abschaltung



## 20 Prozent mehr Ertrag

**Windenergie** Lamerdinger feiern „Erntedank“ mit Segnung und Fest. Der Pfarrer geht persönlich in die Luft

VON KAROLA SCHENCK

**Lamerdingen** Um 20 Prozent übertraffen haben die beiden Windräder bei Lamerdingen die Ertrags-Prognosen der Betreiber. Um dies zu feiern, lud die Betreibergesellschaft alle Kommanditisten und die Bürger der umliegenden Gemeinden zu einem „Wind-Erntedankfest“ ein. Rund 500 Besucher und Interessierte waren gekommen.

Das Zelt am Windrad Nummer zwei an der Straße zwischen Lamerdingen und Schwabmühlhausen war bereits zum Festgottesdienst sehr gut gefüllt. Pfarrer Andreas Pela gestaltete den Gottesdienst. Passend dazu war die Lesung aus der Schöpfungsgeschichte. „Die Kraft der Natur darf genutzt werden. Seid aber Beschützer der Welt, nicht Räuber“, mahnte er an. Der Gottesdienst wurde musikalisch von den „Blechfreunden“, der kleinen Besetzung des Musikvereins Lamerdingen, begleitet.

Im Anschluss daran erklärte Robert Sing, einer der Geschäftsführer der Betreibergesellschaft, dass Pfarrer Pela zusammen mit einer Technikerin auf die Kanzel des Windrades fuhr und von dort oben die Windräder segnete.

Auf die Frage, wie es denn dort oben war, entgegnete Pfarrer Pela danach beeindruckt: „Ein erhebendes Gefühl. Ich war Gott ein Stückchen näher.“ Als technisch Interes-

siertem habe er bereits den Aufbau der beiden Windräder begeistert verfolgt.

Die Kinderbetreuung Fuchstal unter der Leitung von Jugendpfle-

ger Moritz Hartmann kümmerte sich um die jüngeren Gäste. Und 30 Musiker des Musikvereins Lamerdingen spielten engagiert auf. Schließlich ließen die Gäste die Mu-

siker nicht ohne Zugabe gehen. Am Fuß des Windrades informierte eine Bildergalerie über den Bau der Windräder. Interessante Daten über Windenergie konnte man zudem an den Zeltwänden erfahren. Zum Beispiel, dass der Ertrag der zwei Windenergieanlagen in Lamerdingen im Jahr 2017 bei 13827 228 Kilowattstunden lag. Diese Strommenge entspricht in etwa dem Jahresverbrauch von 4000 Haushalten.

In seinem kurzen Grußwort meinte Robert Sing: „Die zwei Windräder gehören inzwischen zum Lamerdinger Ortsbild. Dank ihrer und weiterer Anlagen zur Erzeugung umweltfreundlicher erneuerbarer Energien wird die Gemeinde Lamerdingen demnächst energieautark sein.“

### Erlös für den Sportverein

Die Fußballer des FSV Lamerdingen kümmern sich um die komplette Gastronomie.

38 Torten verkauften die Landfrauen Lamerdingen um Irmgard Ort und Jutta Jaser.

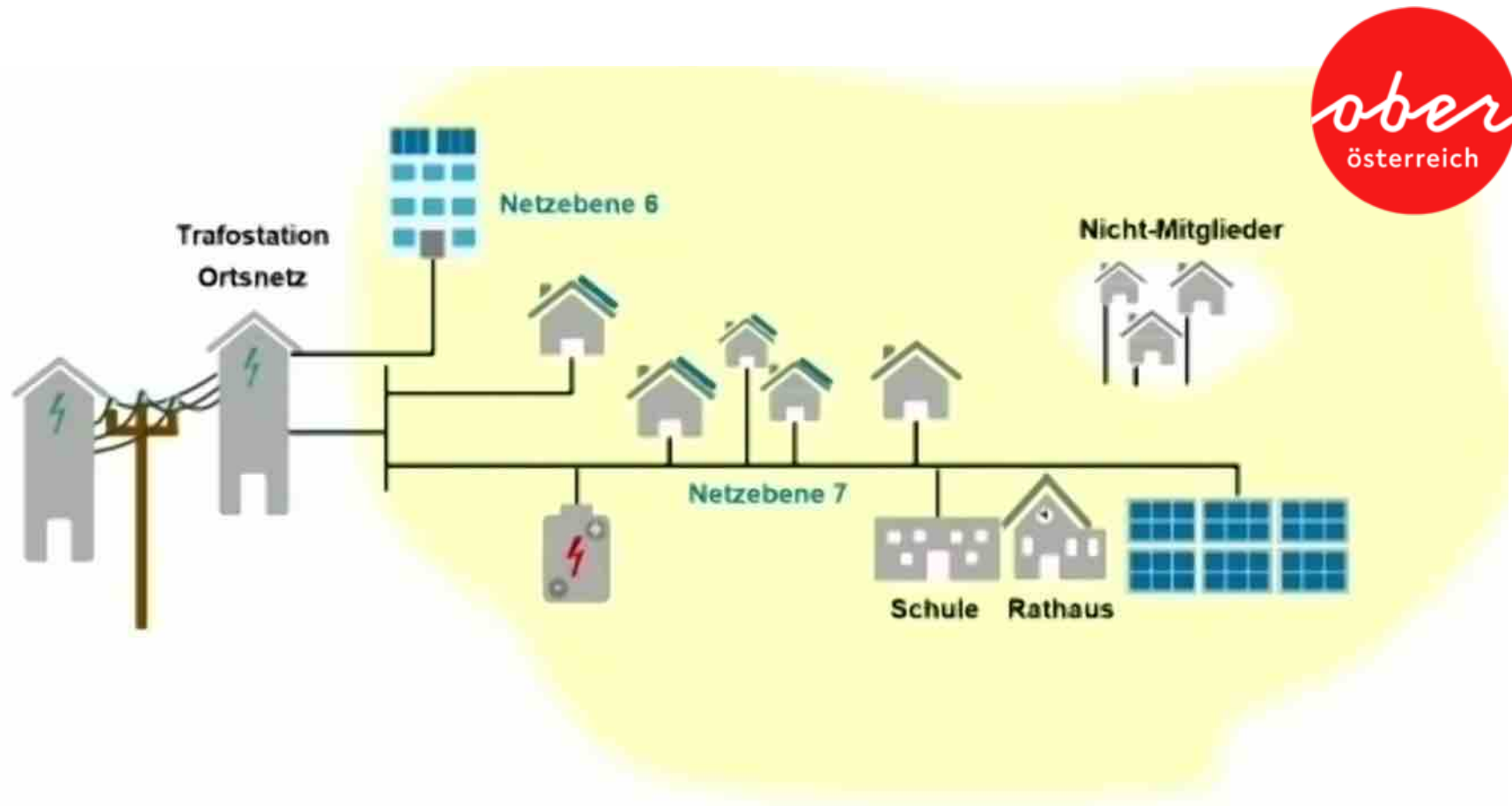
Bei sommerlichen Temperaturen ließ es sich im Schatten des Windrades trefflich feiern. Der Reinerlös des Wind-Erntedankfestes kommt dem FSV Lamerdingen zugute.



Dem Himmel so nah: Pfarrer Andreas Pela gemeinsam mit Technikerin Pia Zordick auf dem Windrad bei Lamerdingen.

Foto: Josef Trieb

# Energiegemeinschaften für regionale Eigenversorgung



- Mitglieder: Bürger, Gemeinden, Vereine, Kirche, KMU, Gewerbe
- Lokal hinter Trafo / Regional in der Mittelspannung
- Ziel: gemeinnützige Nutzung von günstigem Wind- und Solarstrom

# Wasserstoff für Raffinerie aus Windkraft in Staatsforsten



Flächenbereitstellung  
mit der Kommune



Kommunale  
Projektentwicklung  
in Abstimmung mit  
der Gemeinde



Bereitstellung der  
Technologie und  
Betrieb der Anlagen



Klimaeffizienter  
Einsatz des regenerativen  
Wasserstoffs



- Wasserstoff aus BY für ein klimaneutrales Bayern – Heimatwirtschaft
- vor Ort bei uns, konkret im großen Maßstab
- aus eigenen Kraft, aus der Industrie und Wirtschaft heraus

# Fazit

## „Die Wirtschaft ist & bleibt eine 100% Tochterfirma der Umwelt“



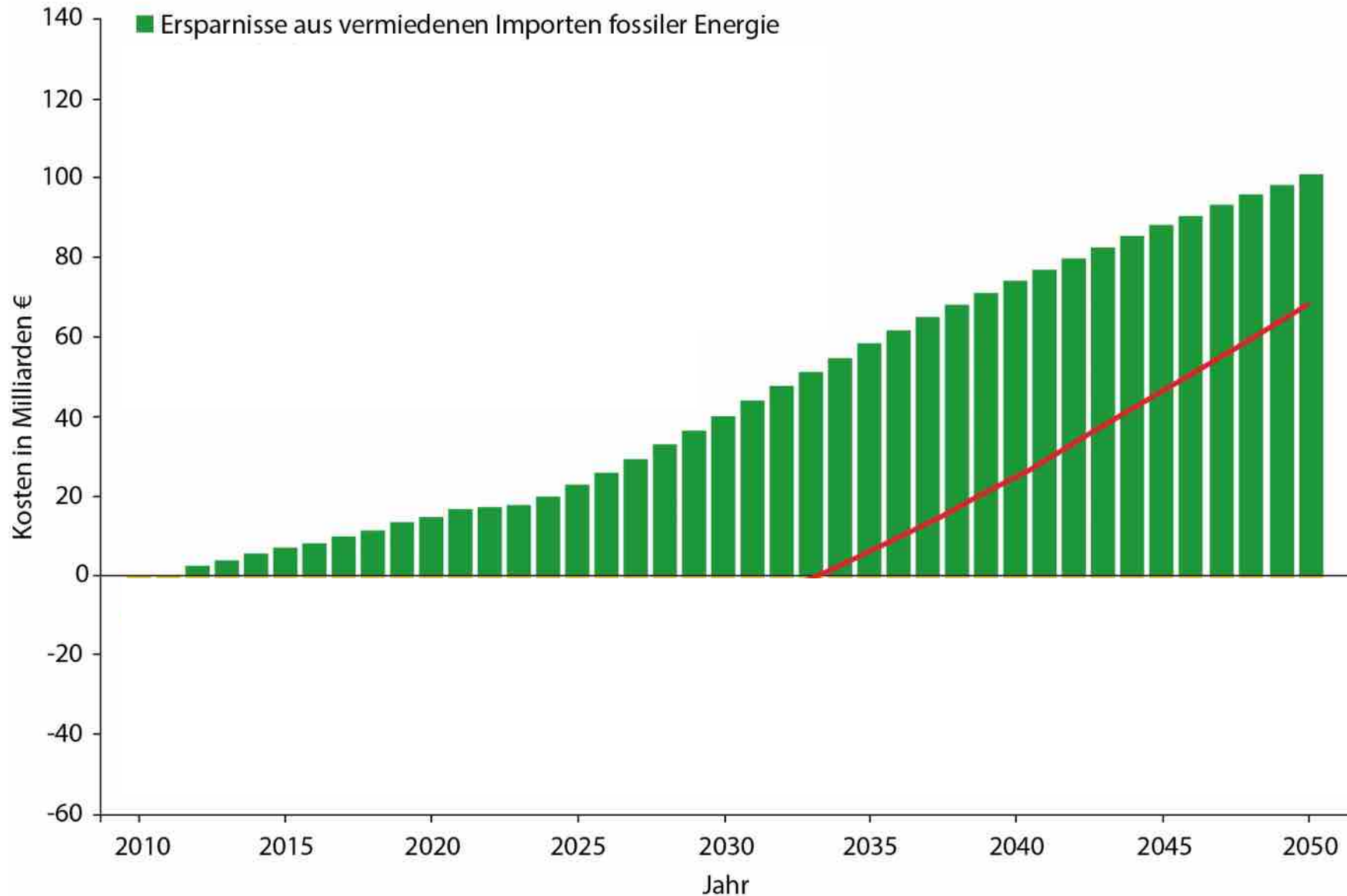
Deutschland importiert für  
**>400 Milliarden €**  
Primärenergie jedes Jahr,  
v. a. Kohle, Öl und Gas.

→ **Investition** in erneuerbare Energien &  
Infrastruktur (Netze + Speicher)  
ist eine **attraktive Kapitalanlage**



# Energiewende lohnt sich – Rendite 4 – 7 % bis 2050

## Kosten aller Sektoren inkl. Speicher enthalten



**Der Weg in die Klimaneutralität ist irreversibel!**



**BDI**

Holger Lösch



**Holger Lösch**

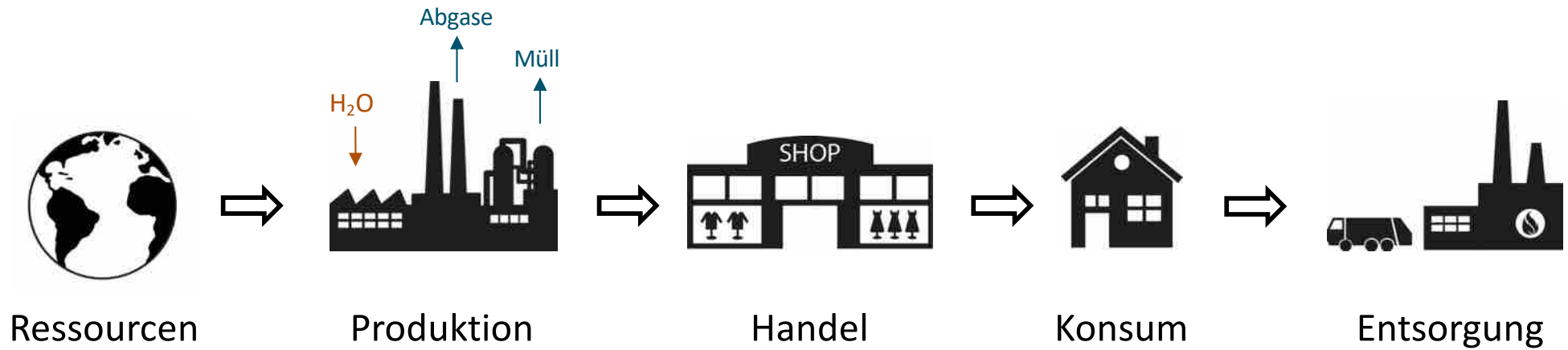
Stellvertretender Hauptgeschäftsführer  
Hauptgeschäftsführung  
BDI e.V.

T +493020281719  
F +493020282719  
E [H.Loesch@bdi.eu](mailto:H.Loesch@bdi.eu)  
W [www.bdi.eu](http://www.bdi.eu)

# Jobmotor Erneuerbare



# Regionale Kreislaufwirtschaft schafft mehr Unabhängigkeit



# Es lohnt sich – für uns, für unsere Kinder

## Klimaschutz + Energiewende sind ...



**1. technisch möglich – alle Lösungen sind da**

**2. wirtschaftlich sinnvoll – Planet retten = günstiger als nicht**

**3. ökologisch absolut notwendig – Existenzgrundlage**

**Nicht nur auf die Straße, sondern auch in die Hochschulen,  
in die Handwerksbetriebe: Klimaschutz = viel sinnvolle Arbeit!**



## Was ist zu tun?

### 1) Erneuerbare ausbauen: ~~10 H~~, Solarpflicht

Bis 2030: Wind an Land x 2, auf See x 3, Solar x 2

Bis 2050: Wind an Land x 4, auf See x 10, Solar x 9

### 2) Netze und Speicher ausbauen: Elektrolyse 1–2 GW/a

### 3) Gebäude dämmen, Heizung erneuern: ~~Ölheizung~~ 2030

Sanierungsrate: 2 %/a, Wärmenetze & –pumpe statt Gas

### 4) E-Mobilität und Wasserstoff ausbauen: Fahrzeuge + Infr. ~~Verbrenner~~ 2030 → 20 Mio. E-Pkw, H<sub>2</sub>-LKW, PtL-Schiff/Flug

### 5) Industrie klimaneutral machen → Komplettumbau

Grüner Stahl / Chemie etc. mit Strom + H<sub>2</sub>

### 6) Pol. Rahmen setzen: CO<sub>2</sub>-Preis sozial gestalten, Artenschutz & Denkmalschutz dem Klimaschutz unterordnen

# Klimaschutz + Versorgungssicherheit in alle Entscheidungen einbeziehen!

## Corona-Krise

Genehmigungsdauer Neubau:  
**1 Tag**



## Klima- und Versorgungskrise

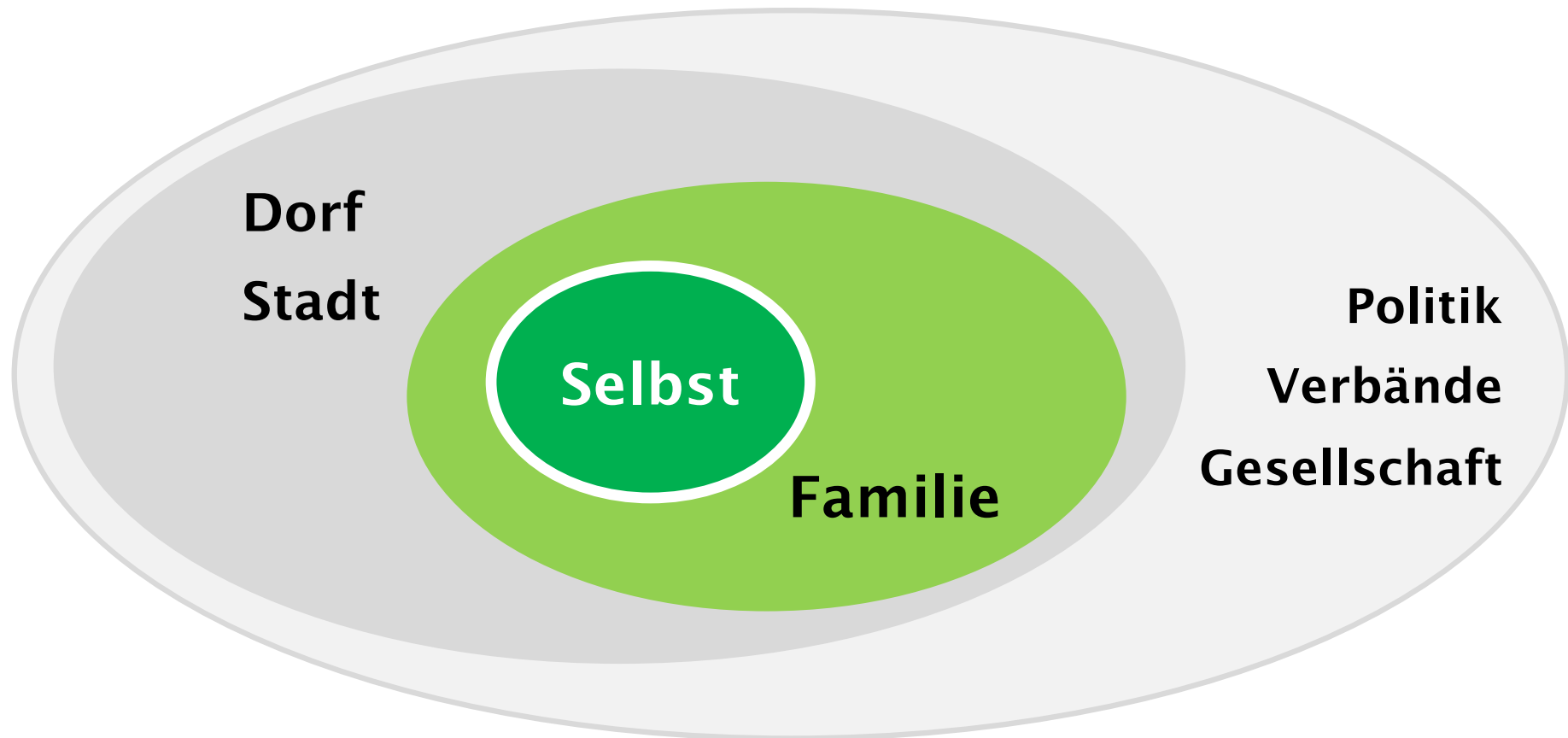
Genehmigungsdauer Neubau:  
**5-6 Jahre**





# Was kann ich tun?

**Setzen Sie sich für eine nachhaltige Lebens- und Wirtschaftsweise ein, leben Sie diese beispielhaft vor (so gut es geht)**



# Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Michael Sterner

info @ ifes.de

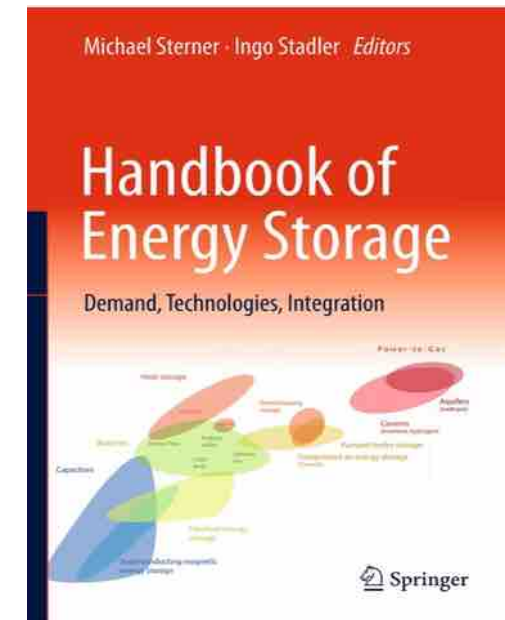
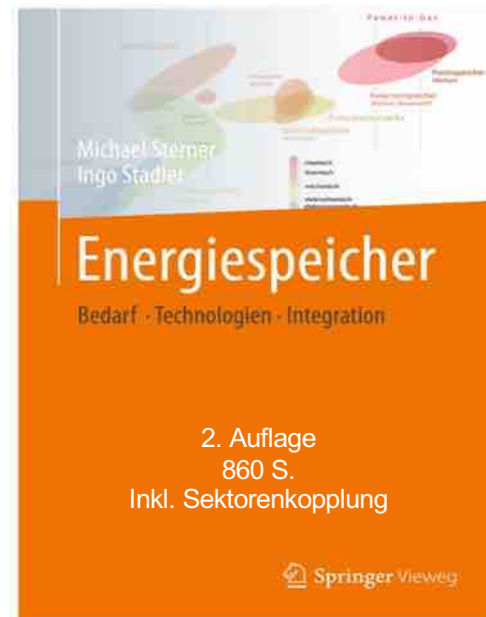
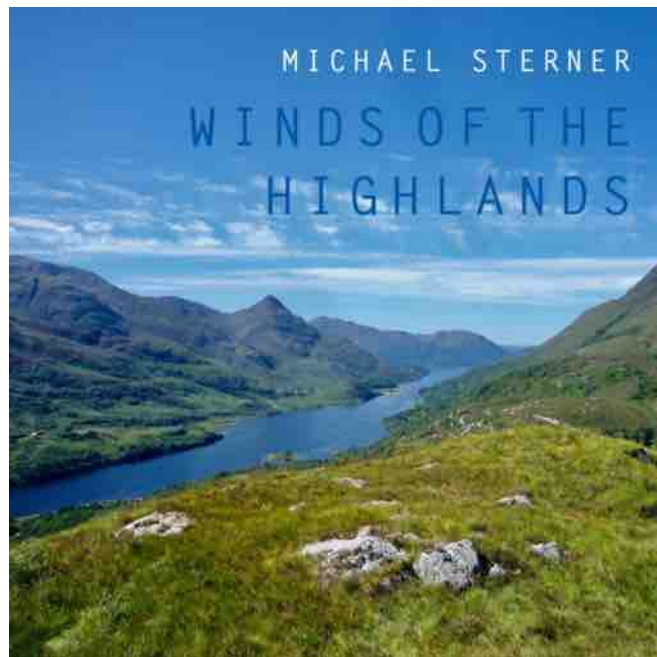
Twitter: @prof\_sterner

[www.ifes.de](http://www.ifes.de)

[www.fenes.net](http://www.fenes.net)



Neuerscheinung 2022



1st ed. 2019, XIX, 853 p. 549 illus. With online files/update.