

Die Rolle der PV bei der Energiewende

Dr.-Ing. Jann Binder

Tübinger Solartage, 23. März 2022



Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

- Gemeinnützige Stiftung bürgerlichen Rechts
- rund 300 Mitarbeiter*innen in Stuttgart und Ulm, sowie zwei Testfelder
- > 30 Jahre Erfahrung in Technologietransfer zur Photovoltaik, Batterien, Brennstoffzellen & Power-to-Gas
- Systemforschung, Vorhersage von Erzeugung aus PV und Windkraft, Integration Erneuerbarer Energien in die Netze
- Angewandte Forschung, Dienstleistung und Technologietransfer



➤ ZSW-Gebäude in Stuttgart-Vaihingen (STEP)
mit PV Fassade

Die Rolle der PV bei der Energiewende

- I. Sonne und Wind liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe
- II. Sonne und Wind ergänzen sich
→ 80% Stromversorgung aus EE möglich ohne Speicher
- III. PV in der Welt, Deutschland und BW – Ausbauziele
- IV. PV Initiativen im Land Baden-Württemberg
- V. Nutzung von Solarstrom vor Ort
- VI. PV an Fassaden und auf der Freifläche

Ökonom Jeffrey Sachs: „Der Umbau der Wirtschaft birgt Chancen und wird billiger als gedacht“

Frankfurter Allgemeine

Sonntag 07.02.2021



Wegen des Klimawandels sei der Abschied von fossiler Energie unausweichlich, sagt der amerikanische Ökonom Jeffrey Sachs. Der Umbau der Wirtschaft berge Chancen – und werde billiger als gedacht.

VON WINAND VON PETERSDORFF, WASHINGTON - AKTUALISIERT AM 07.02.2021 - 11:13

<https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/klima-energie-und-umwelt/oekonom-jeffrey-sachs-kohle-und-erdoel-sind-erledigt-17183478.html?premium>

Zitate von Prof. Jeffrey Sachs (Columbia Uni, New York)

- JS: Deutschland war mit großen Widerständen beim Kohleausstieg konfrontiert; USA: Öl-Lobby war 30 Jahre lang mächtig
- JS: die Kosten für Solar- und Windenergie sind dramatisch gesunken...
- JS: der Übergang fossiler zu regenerativer Energie kostet 1 % des Volkseinkommens ... die Vorzüge sind gigantisch

Zum Vergleich:

- Studie des Fraunhofer IEE in Kassel "Geschäftsmodell Energiewende"*** aus 2014 → "ein hochattraktives Geschäft"
 - 30 Jahre lang 33 Mrd € Invest sichern 100% EE in 2050
 - = 1 % des Volkseinkommens; +1% Beschäftigung
 - = **1.000 Mrd € Invest** in 30 Jahren
 - Vergleiche: 85 Mrd/Jahr **kostet** der Import von fossiler Energie!
- Zitat vom Feb. 2013 in der FAZ: „Erstmals spricht Umweltminister Peter Altmaier öffentlich über die Gesamtkosten der Energiewende: 1000 Milliarden Euro. Grund genug für den CDU-Politiker, die „Strompreisbremse“ zu ziehen.“

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

- Erneuerbare Energien gehören zu den wichtigsten Stromquellen in Deutschland und ihr Ausbau ist eine zentrale Säule der Energiewende. Unsere Energieversorgung soll klimaverträglicher werden und uns gleichzeitig unabhängiger vom Import fossiler Brenn-, Kraft- und Heizstoffe machen.



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



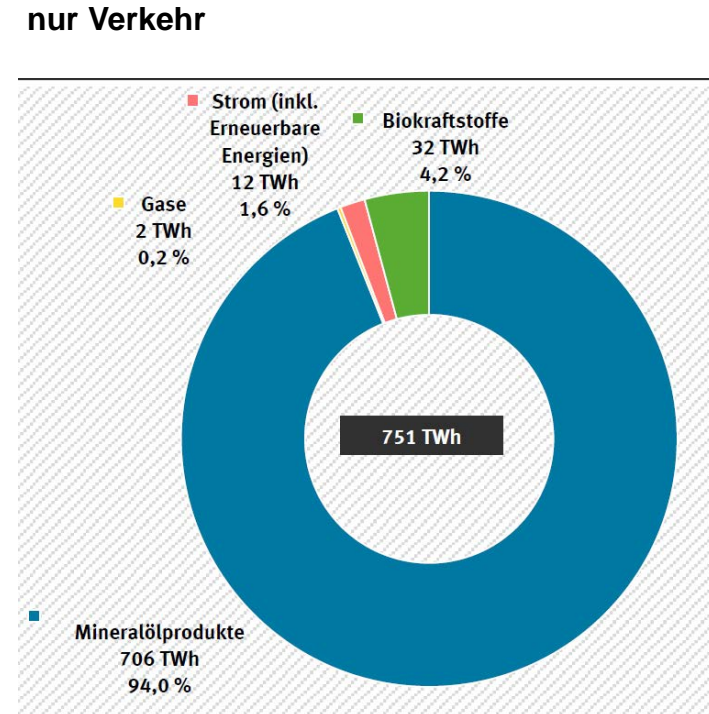
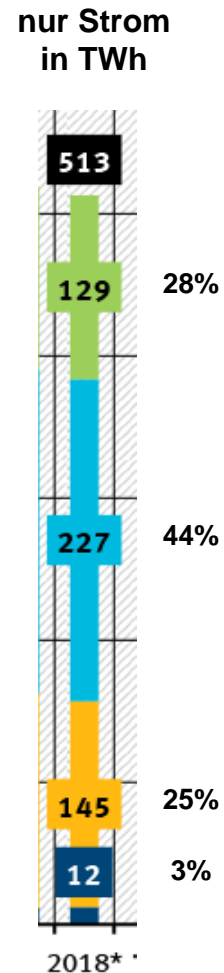
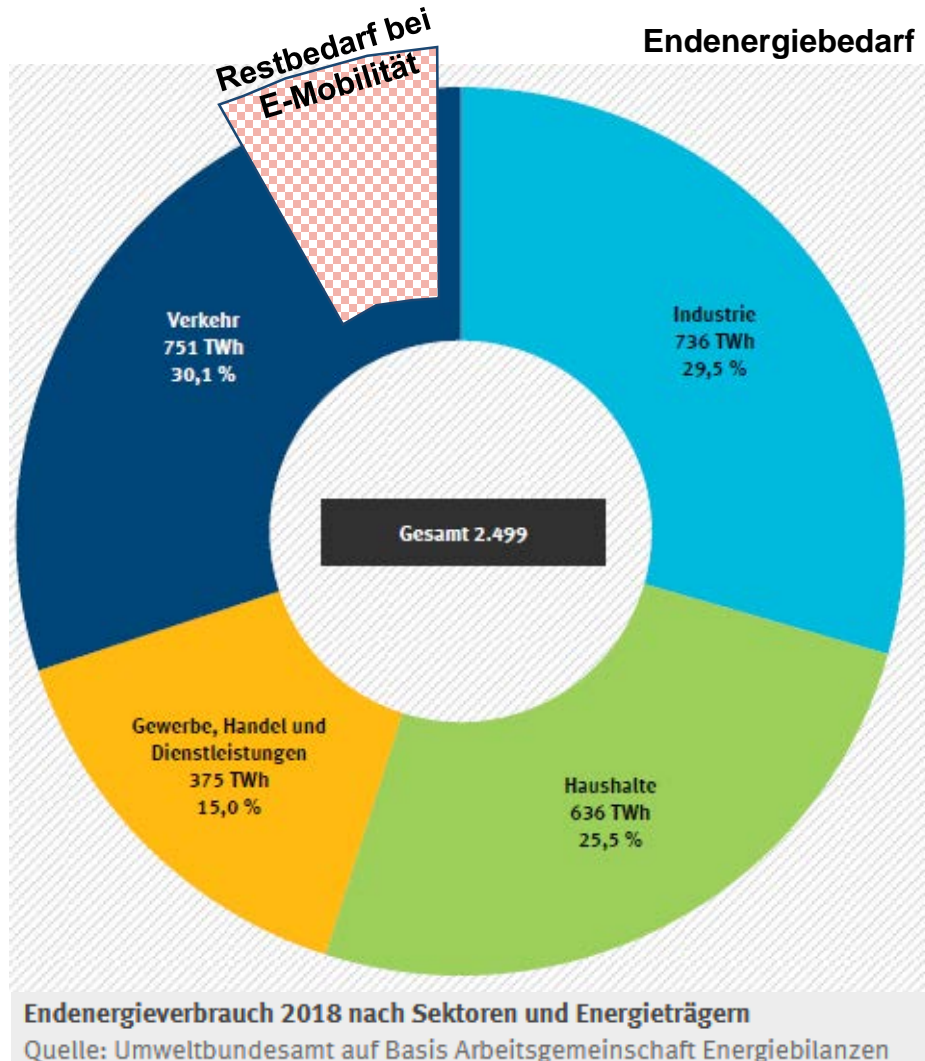
11/2019 am ZSW (Foto: ZSW)

- „Die Energieträger der Energiewende“
- **Wind- und Sonnenenergie** sind die wichtigsten erneuerbaren Energieträger. Daneben leisten Biomasse und Wasserkraft einen wertvollen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung.“
- Der neueste Begriff ist „Freiheitsenergie“. → (Neue) Geopolitische Erkenntnisse
- Wasserstoff (inkl. synthetische Treibstoffe) und Batterien sind dann umweltfreundlich („grün“), wenn ihre Primärenergie aus EE stammt.

→ **EEG Änderungen, 200GW PV, Oster- Sommerpaket**

Energie- und Strombedarf nach Sektoren

In 2018 verbrauchten Haushalte 129 TWh = 28% des Stroms; E-Mobilität als großer Hebel

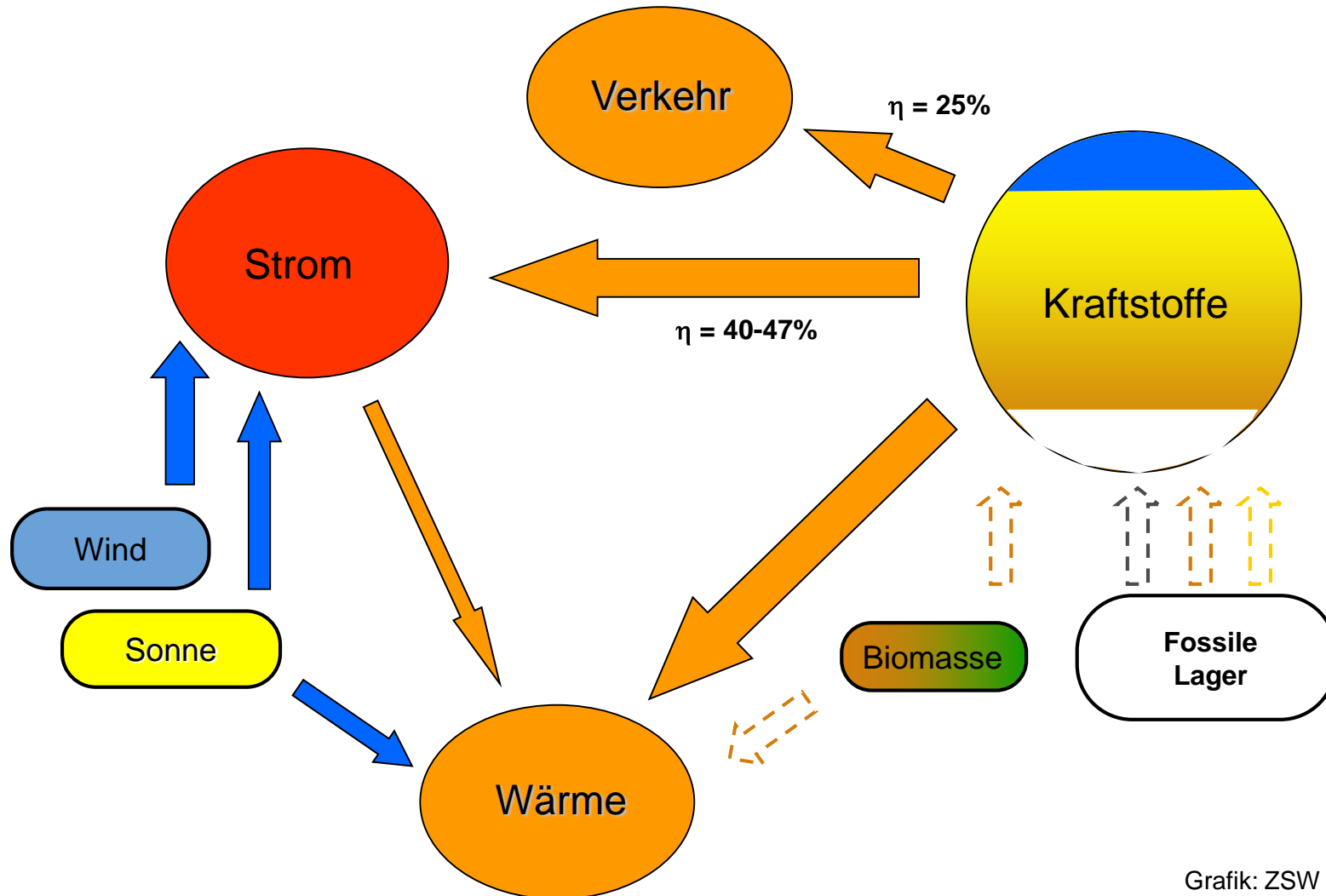


- durch E-Mobilität kann bis zu
- 706 TWh Benzinbedarf auf
 - 220 TWh Strombedarf sinken
 - und dieser Strom kann EE-Strom sein

(gerechnet mit 25% Wirkungsgrad beim Verbrennungsmotor und 80% Wirkungsgrad bei Elektromobilität)

Energieformen Strom, Wärme und Kraftstoffe

gespeist bisher aus fossilen Kraftstoffen



Grafik: ZSW

Fossile Energieträger und Klimaschutz

Britische Studie: Öl-, Gas- und Kohlereserven sollten größtenteils in der Erde bleiben

Um die Pariser Klimaziele zu erreichen, müsste die Erdöl- und Erdgasförderung laut einer britischen Studie schon in diesen Jahren ihren Höhepunkt erreichen. 60 Prozent aller Öl- und Gasreserven, die als wirtschaftlich förderbar gelten, dürften nicht angetastet werden – und sogar 90 Prozent der Kohle.

Von Volker Mrasek

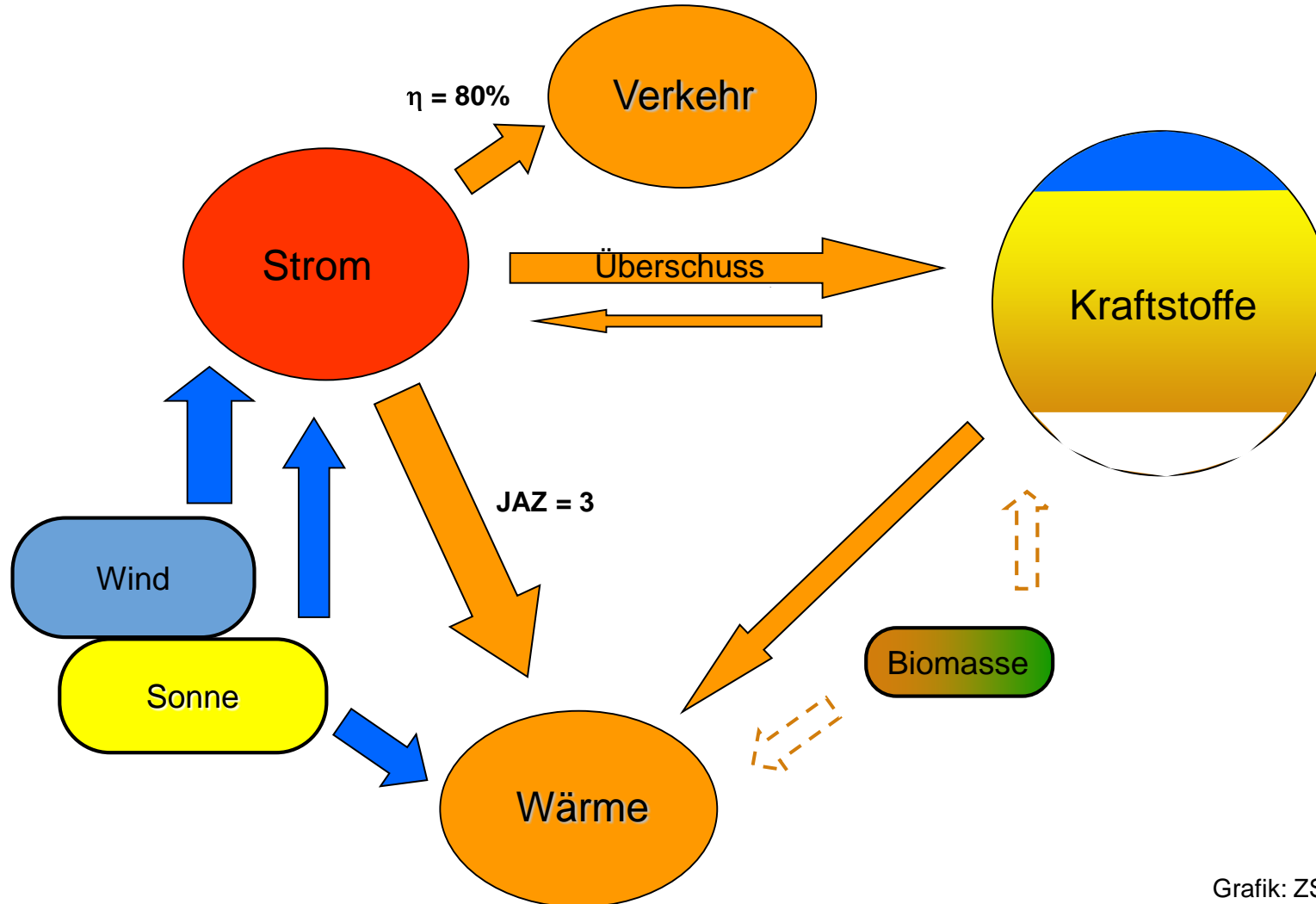


Für den Klimaschutz sollte 90 Prozent der förderbaren Kohle nicht gefördert werden, sagt eine Studie (picture alliance / Ralph Goldmann)

https://www.deutschlandfunk.de/fossile-energetraeger-und-klimaschutz-britische-studie-oel.676.de.html?dram:article_id=502880

Energieformen Strom, Wärme und Kraftstoffe

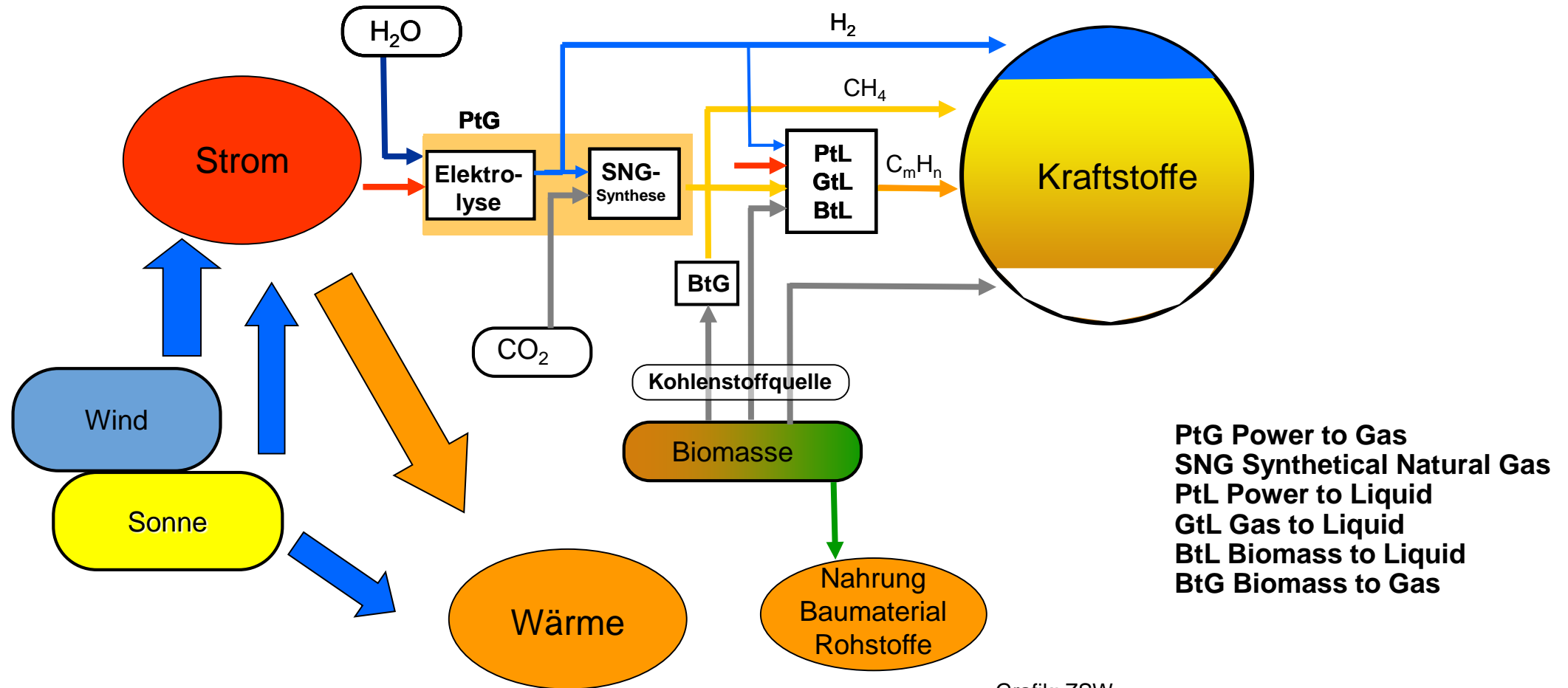
gespeist aus Wind- und Solarstrom



Grafik: ZSW

Strom aus Sonne und Wind als zentrale Energiequelle

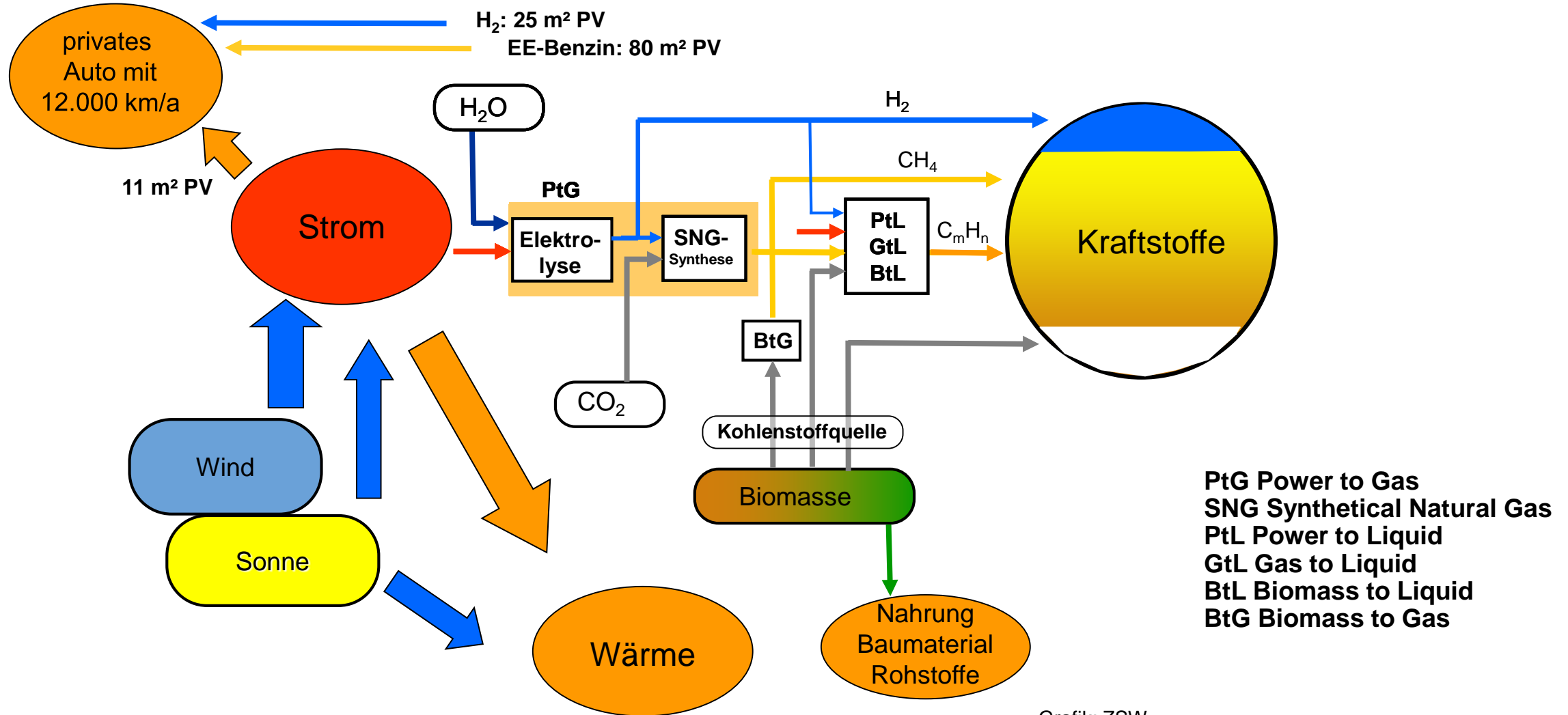
vom Strom zum regenerativen Kraftstoff



Grafik: ZSW

Strom aus Sonne und Wind als zentrale Energiequelle

vom Strom zum regenerativen Kraftstoff

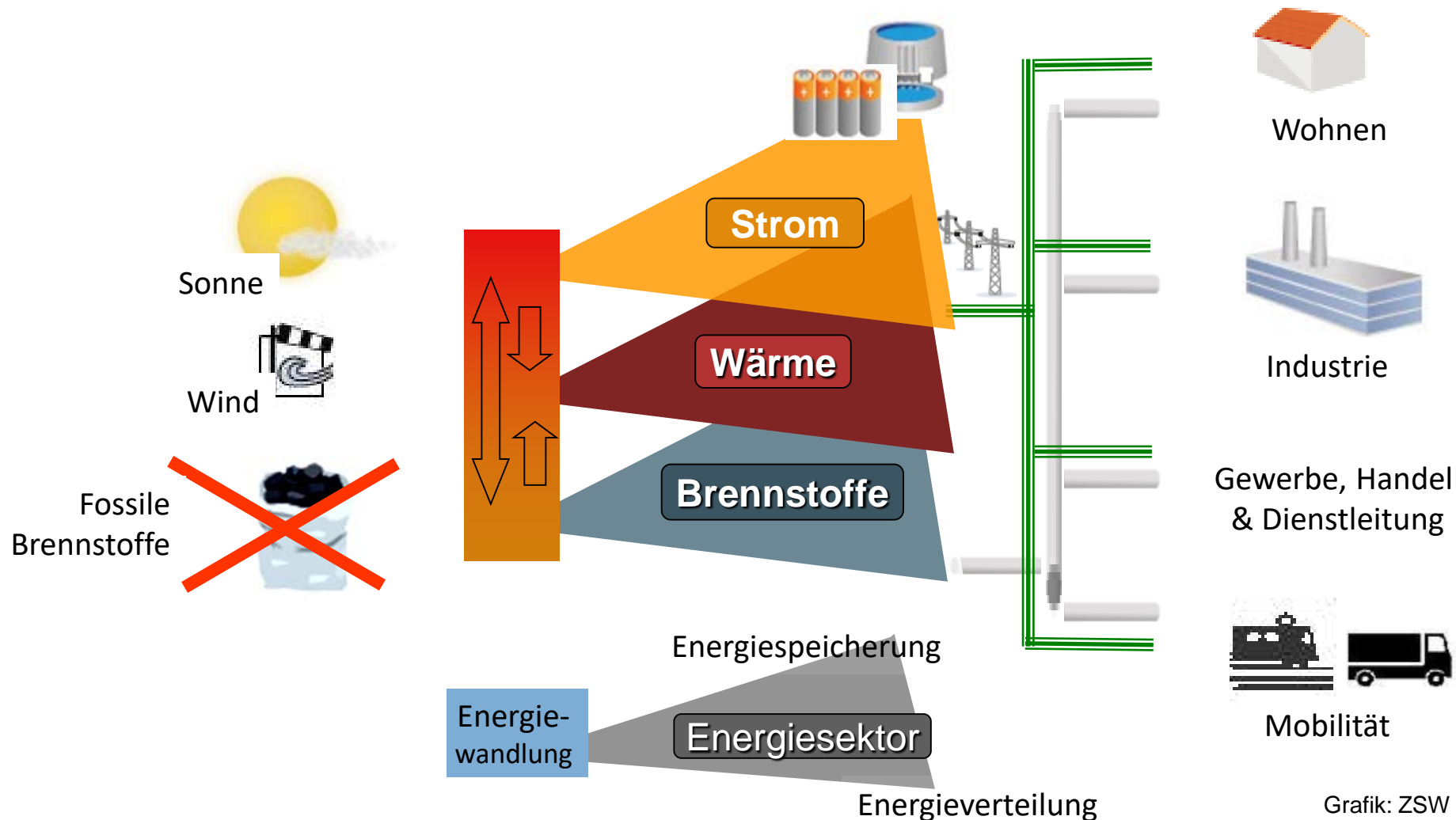


PtG Power to Gas
 SNG Synthetical Natural Gas
 PtL Power to Liquid
 GtL Gas to Liquid
 BtL Biomass to Liquid
 BtG Biomass to Gas

Grafik: ZSW

Sonne und Wind liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe

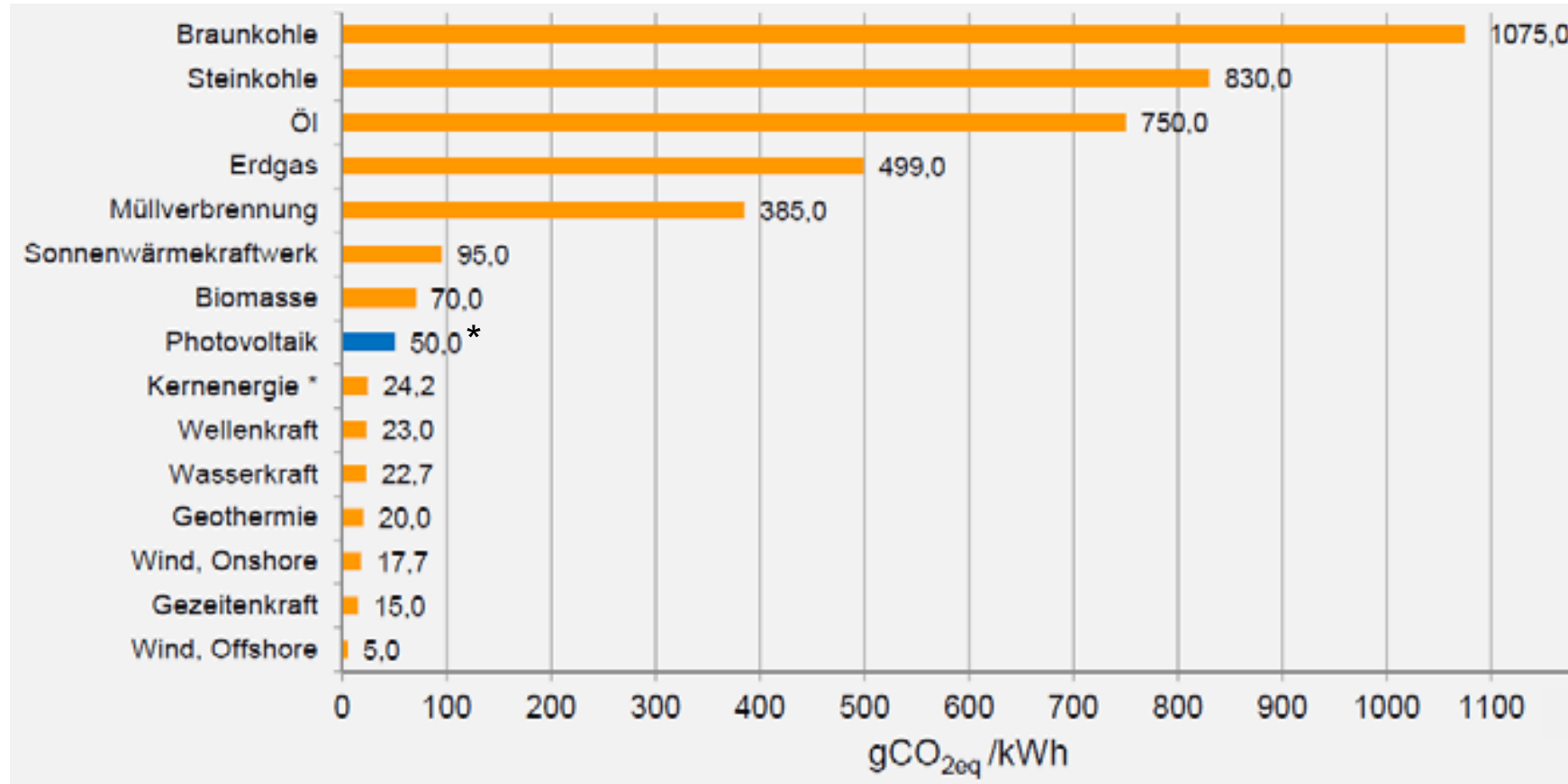
Abstimmung zwischen Erzeugung und Last durch **Sektorkopplung**, Lastmanagement und Speicherung



Grafik: ZSW

CO₂-Emissionen Strom-Erzeugungstechnologien

Durchschnittliche CO₂-Äquivalent Emissionen verschiedener Stromerzeugungstechnologien

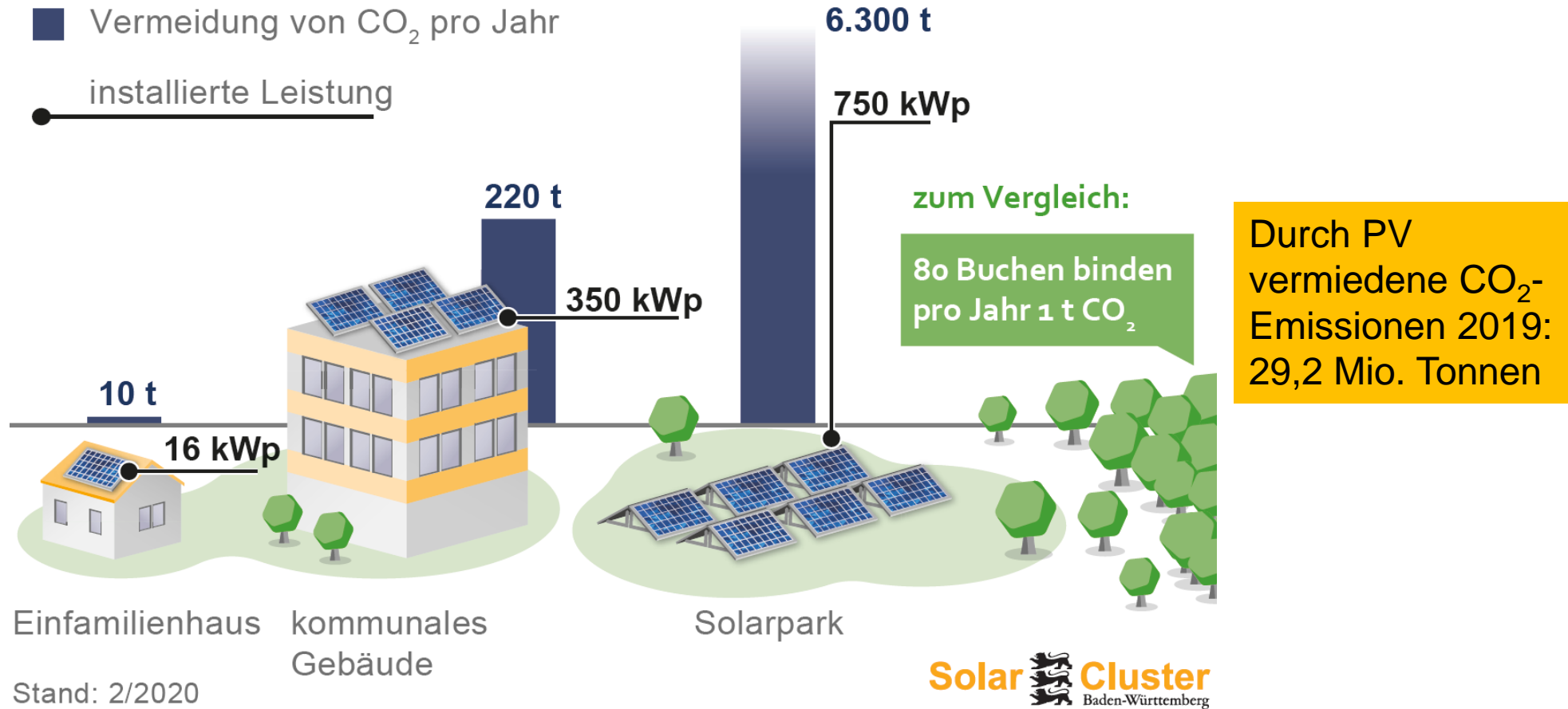


*PV CO₂ –Footprint weiter reduziert bei Betrieb über 30 Jahre und Modulherstellung mit nachhaltigem Strom; **20 (28) g/kWh** bei aktuellem Strommix von D (China) und 30 Jahren Betrieb

Quelle: Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 230, 15 September 2021, 111277 und eigene Berechnung

Quelle: Klimabilanz Photovoltaik - Wie groß ist der CO₂-Fußabdruck von Solarstrom, EnergieAgentur.NRW, 2017

Photovoltaik reduziert Kohlendioxid ausstoß



Die Rolle der PV bei der Energiewende

- I. Sonne und Wind liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe
- II. Sonne und Wind ergänzen sich
→ 80% Stromversorgung aus EE möglich ohne Speicher
- III. PV in Deutschland und BW – Ausbauziele
- IV. PV Initiativen im Land Baden-Württemberg
- V. Nutzung von Solarstrom vor Ort
- VI. PV an Fassaden und auf der Freifläche

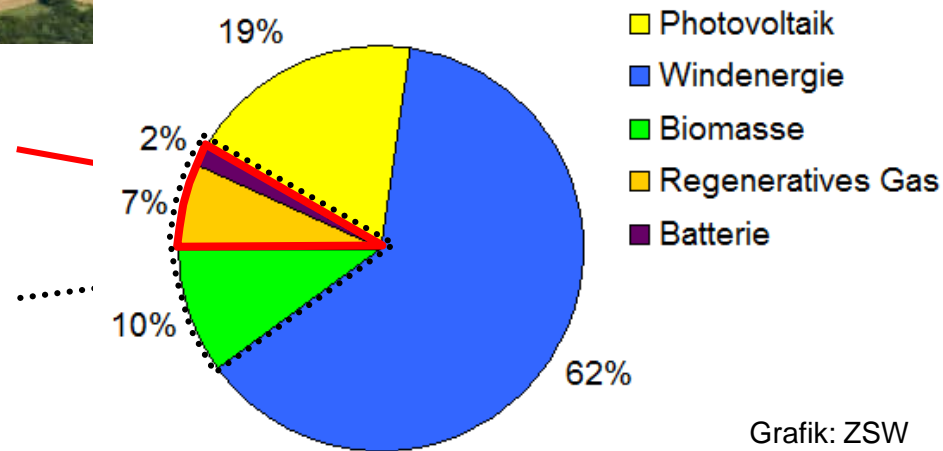
Wie hoch ist der Anteil aus Solarenergie beim kostenoptimalen Mix für 100% **Stromerzeugung** aus Erneuerbaren Energien?

am Beispiel der Region Heubach (10.000 Einwohner; 25 km² in Baden-Württemberg)



9% Speicherung von Überschüssen aus Photovoltaik- und Windstrom in Batterien (2%) und als regeneratives Gas (7%)

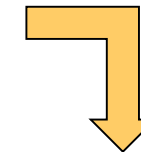
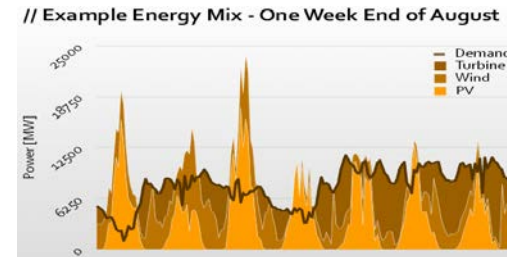
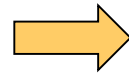
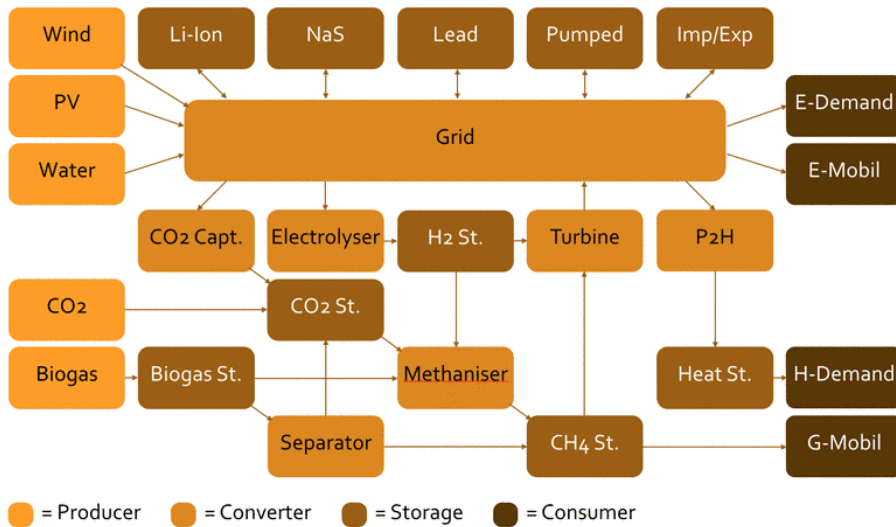
9% gespeicherter Überschuss und 10% Strom aus Biomasse decken den Bedarf bei zu geringer Sonneneinstrahlung und Windaufkommen



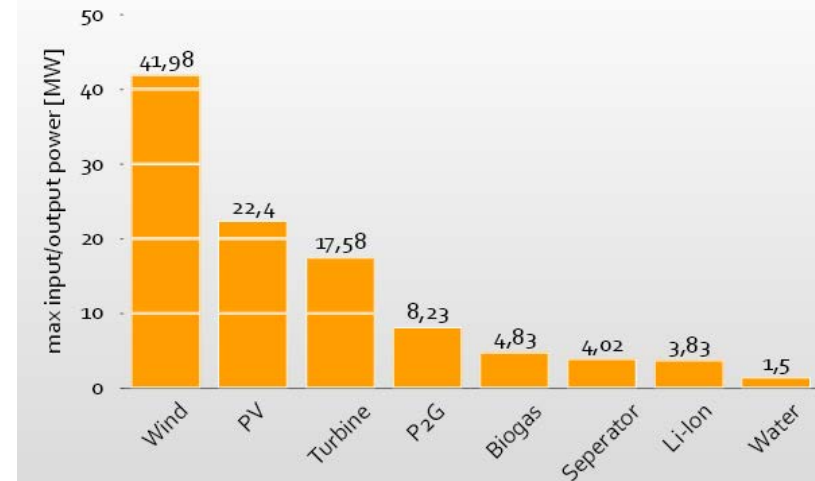
Grafik: ZSW

Berechnung eines kostenoptimierten Erzeugungsparks mit dem ZSW Optimierer P²IONEER

- liefert für eine vorgegebene EE-Durchdringung (z.B. 60%, 80% oder 100% EE) und Lastprofile den kostenoptimierten Mix aus EE, Gaskraftwerken und Speichern



// Example – Optimal Installed Capacities



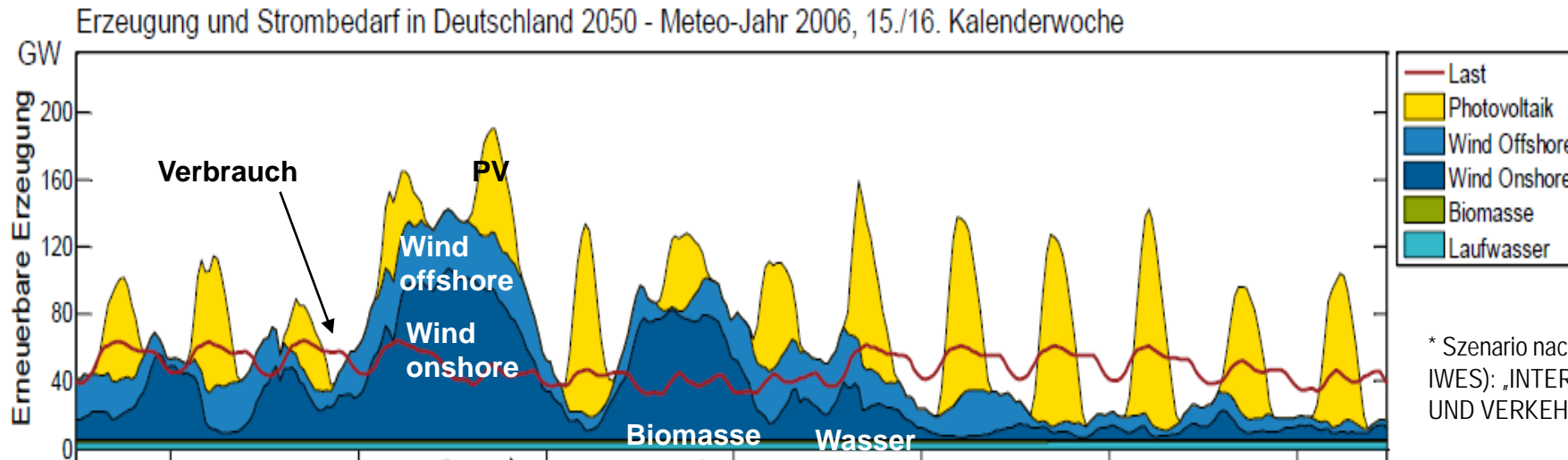
Alle Grafiken: ZSW

Ergebnis der Kostensimulation für den Stromsektor:

- im 100% EE-Szenario sind Erzeugung und Speicherung mit 10-12 ct/kWh bezahlt

Profile der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien

2 Beispielwochen im Jahr 2050*



* Szenario nach Norman Gerhard, (Fraunhofer IWES): „INTERAKTION EE-STROM, WÄRME UND VERKEHR“, Endbericht, Sept. 2015

- Der Überschuss aus Windkraft und solarer Stromerzeugung wird genutzt zur
 - Zwischenspeicherung von elektrischer Energie (für Dunkelflauten)
 - für Mobilität und Raumwärme über Wärmepumpen
 - zur Erzeugung von grünem Wasserstoff und Methan

Bedarf an Elektrolysekapazität zur Wasserstoffherstellung

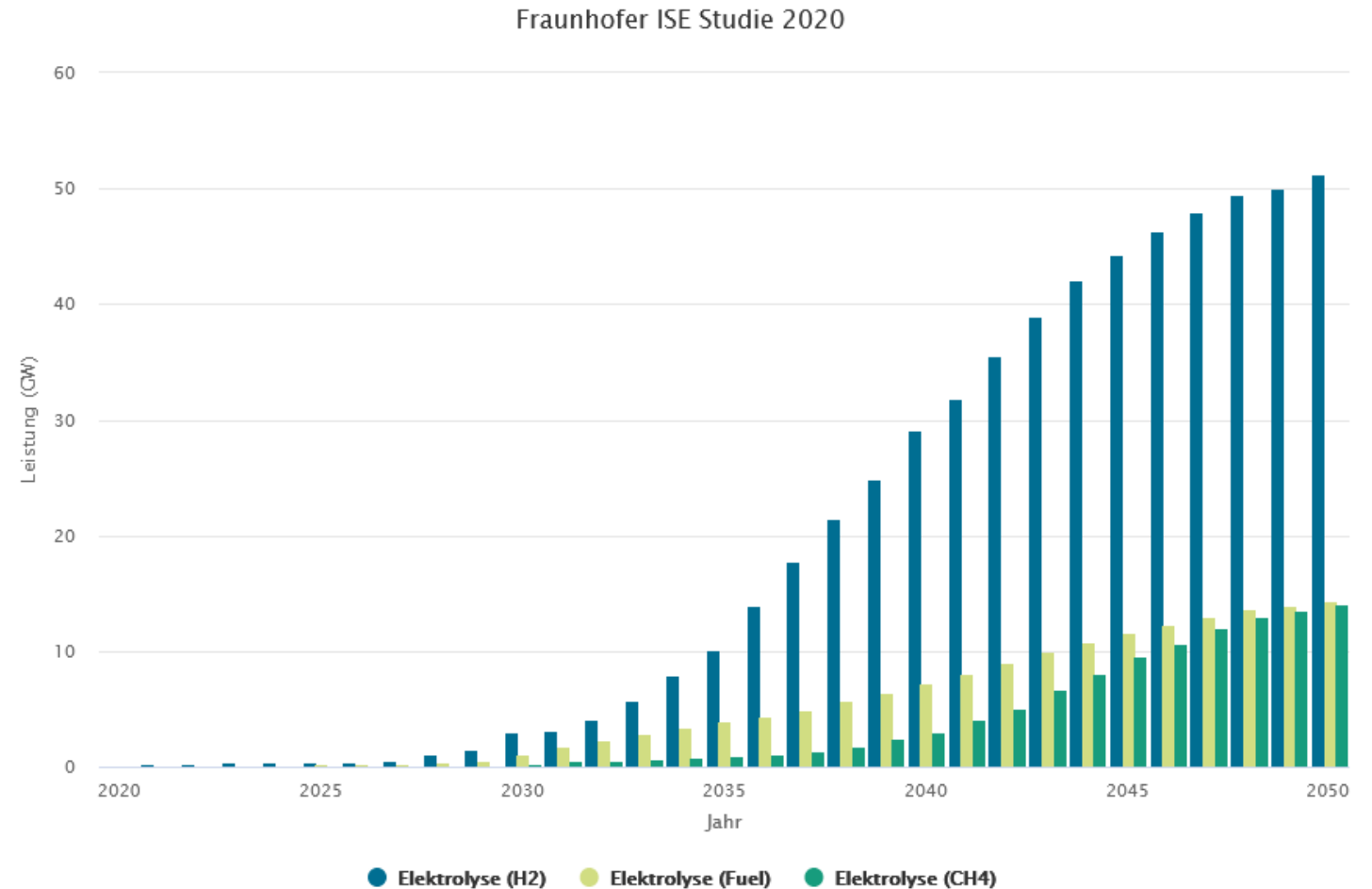
für das 100% EE-Szenario in 2050

Elektrolyse (H₂)

- ab 2026 in steigendem Maß notwendig
- frühzeitig in diese Technologie einsteigen → Arbeitsplätze

Elektrolyse (H₂ und weiter zu CH₄ und Fuel)

- für Schwerlastverkehr, Schiffsverkehr, Flugverkehr
- Hochtemperaturprozesse in der Industrie



Energy-Charts.info; Datenquelle: Fraunhofer ISE; Letztes Update: 18.01.2021, 23:20 MEZ

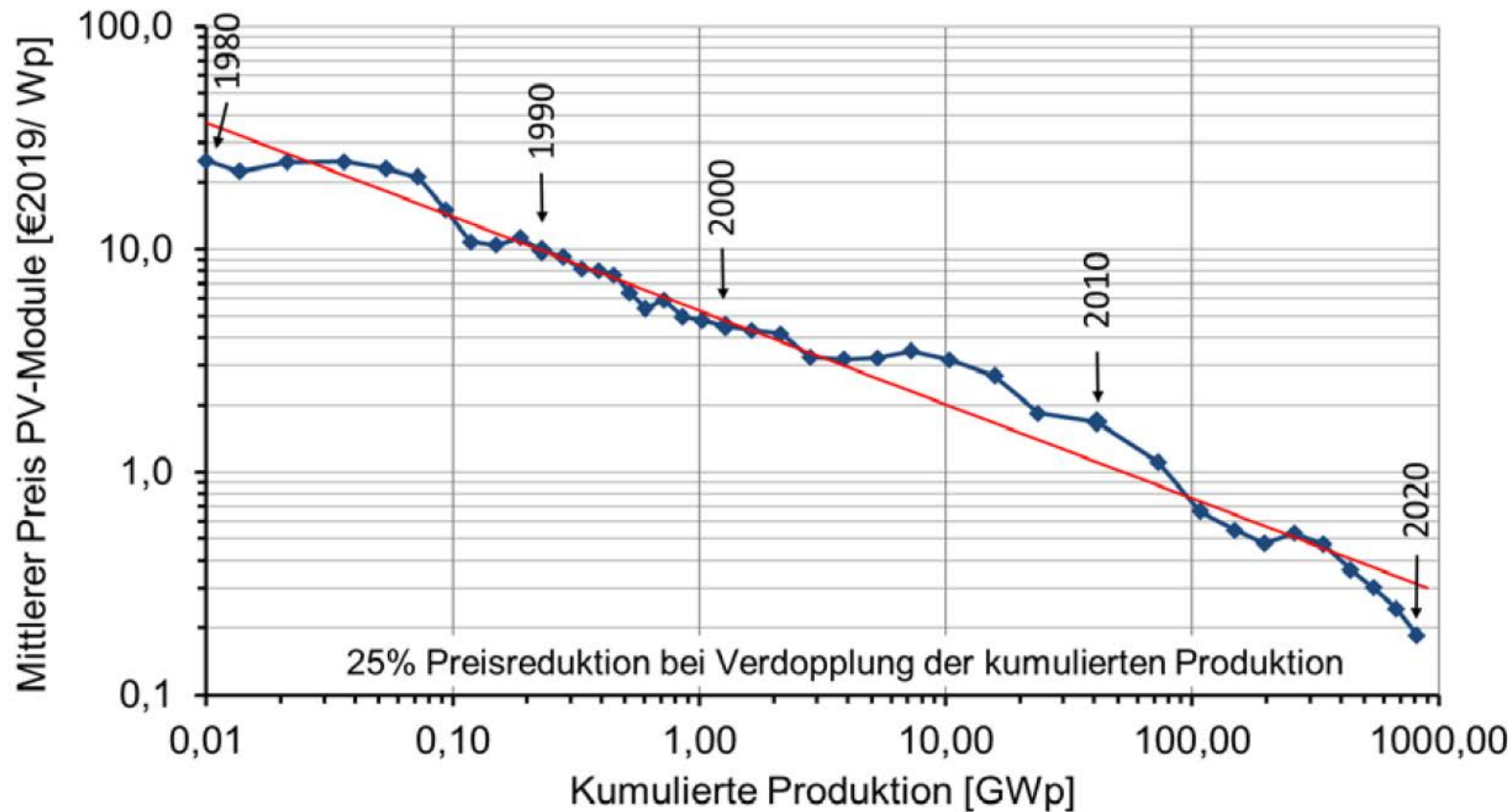
https://energy-charts.info/charts/remod_installed_power
(Referenz 100 – Szenario)

Die Rolle der PV bei der Energiewende

- I. Sonne und Wind liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe
- II. Sonne und Wind ergänzen sich
→ 80% Stromversorgung aus EE möglich ohne Speicher
- III. PV in der Welt, Deutschland und BW – Ausbauziele
- IV. PV Initiativen im Land Baden-Württemberg
- V. Nutzung von Solarstrom vor Ort
- VI. PV an Fassaden und auf der Freifläche

Preislernkurve: Module

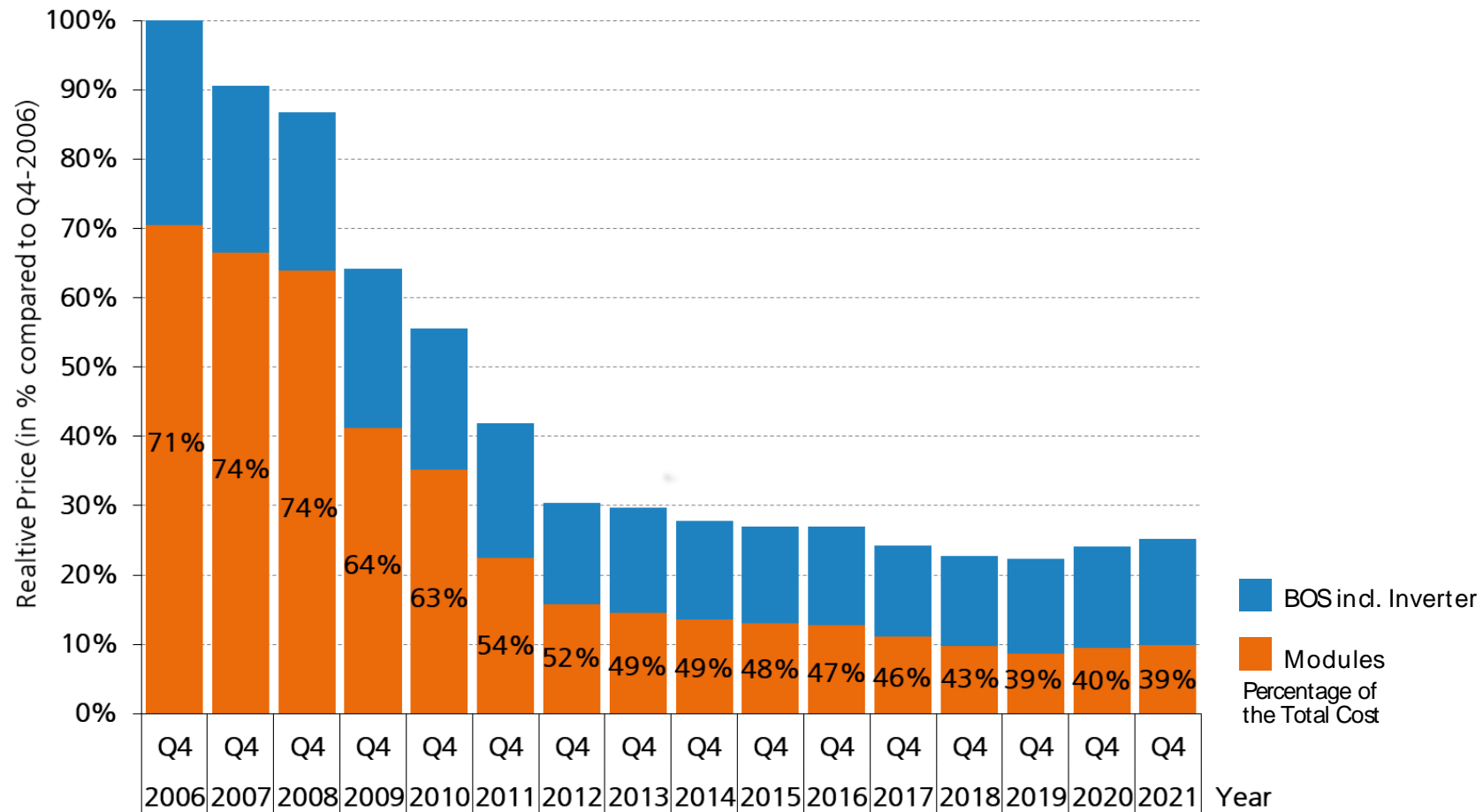
Seit 2010 sind die Preise für PV-Module um 90 % gesunken (für PV Kraftwerke um 75%).



Lernkurve in doppeltlogarithmischer Darstellung: über Jahrzehnte ca. 25% Preisreduktion bei Verdoppelung der installierten (kumulierten) Kapazität.

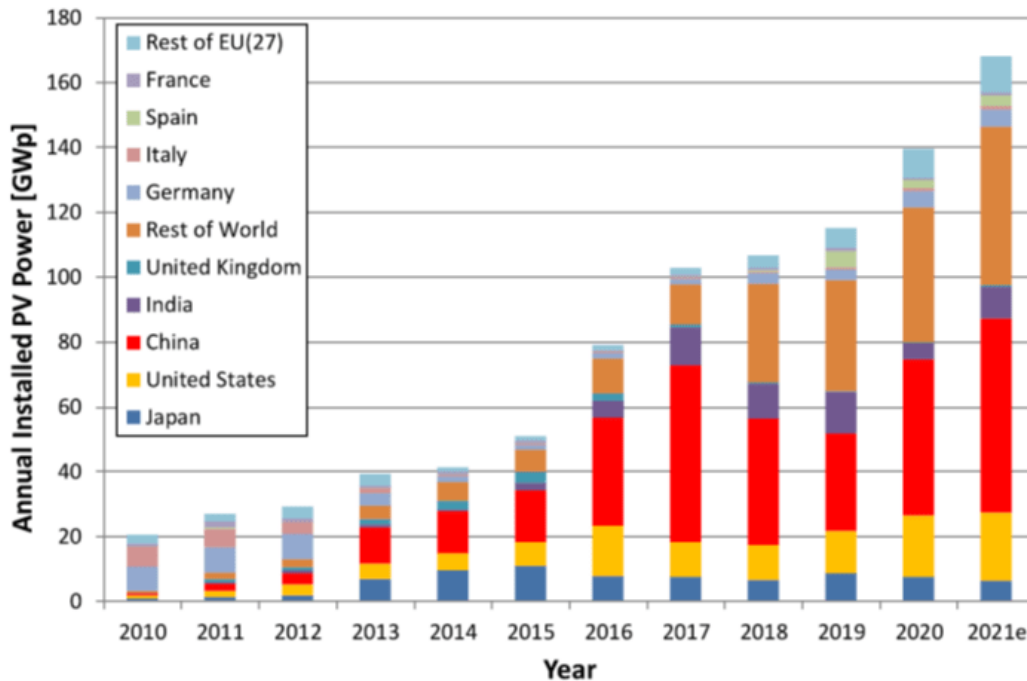
Quelle: PSE AG/Fraunhofer ISE 2022, Datenquelle: Strategies Unlimited/Navigant Consulting

Preise für Aufdachanlagen: Module / Systemkomponenten (10 bis 100 kWp Nennleistung in D)



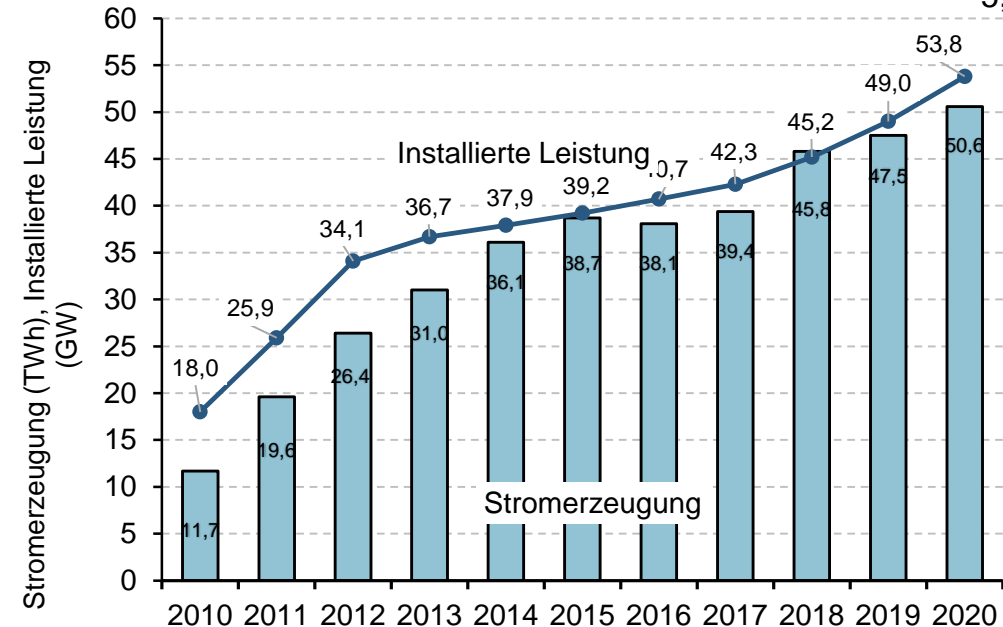
Photovoltaik: Tragende Säule der Energieversorgung am Beginn

2020 Welt: ca. 775 GW installiert



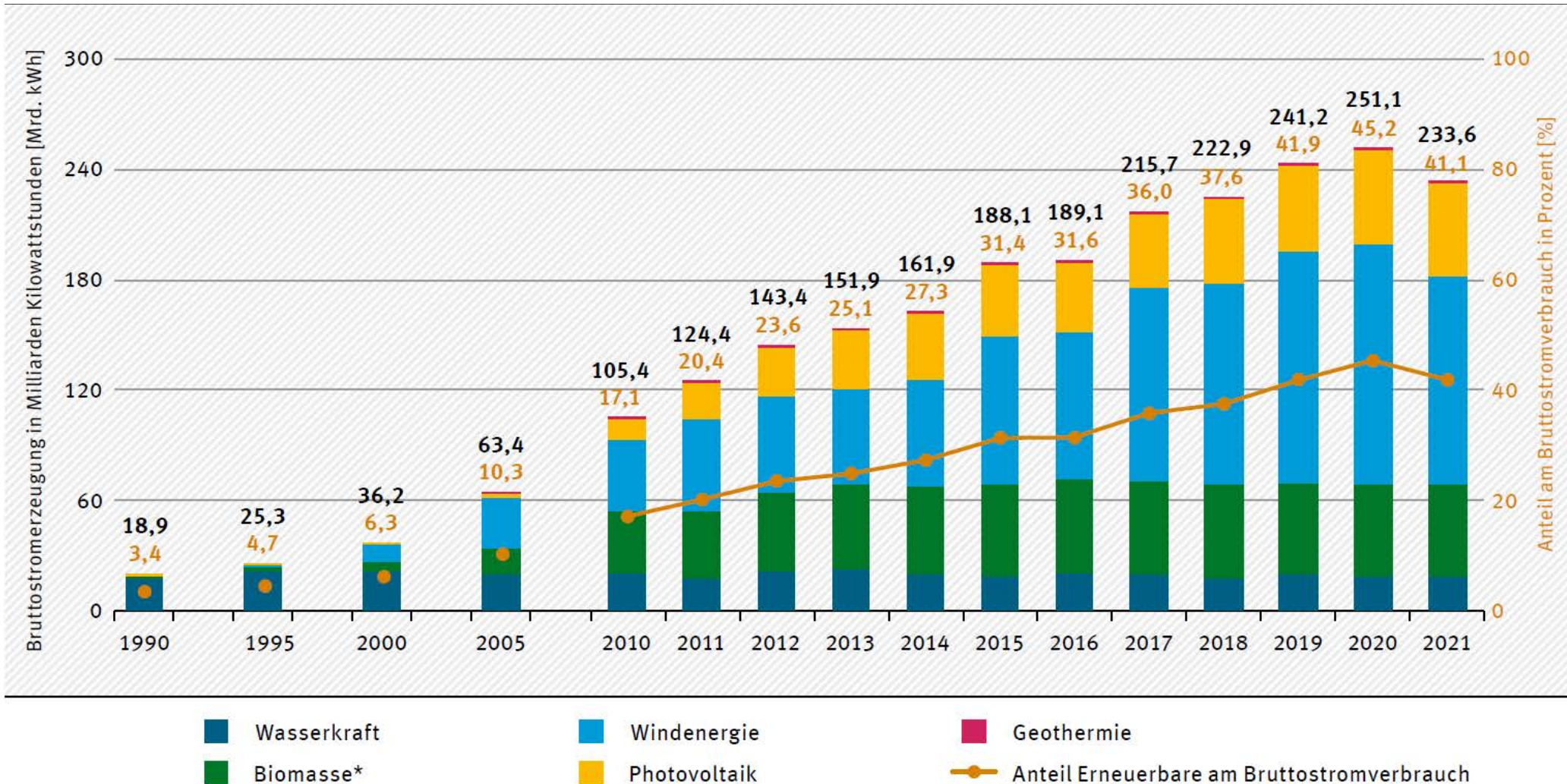
2020 Deutschland: ca. 54 GW installiert
(2 Mio. Solaranlagen)

2021:
5,3GW Zubau



- CHN: PV-Installationen: ca. 33%, PV-Produktion ca. 87% (Asien)
- Lieferketten und Abhängigkeit zunehmend schwierig
- Wachstum viel zu langsam: **15.3.2022 Welt: 1TW installiert, von benötigten 30-60TW**

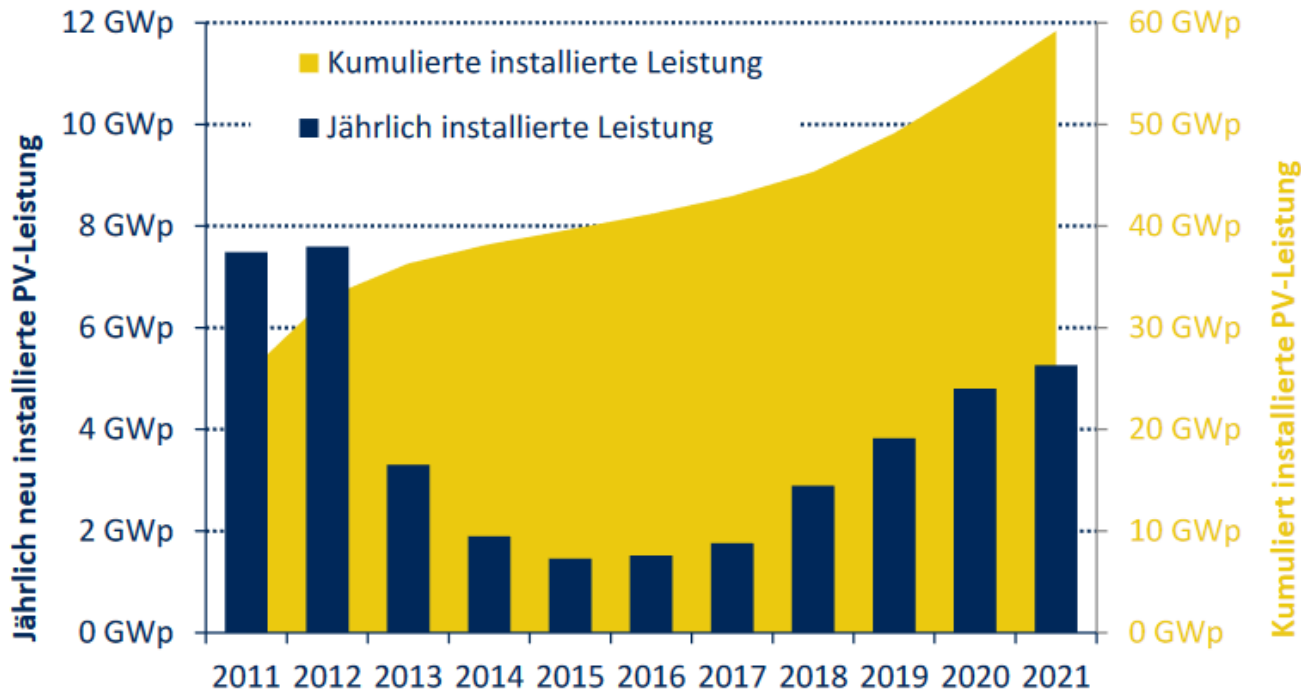
Entwicklung der Stromerzeugung aus EE in Deutschland



PV in Deutschland

Ziel: 80% EE-Strom in 2030 → 200 GWp installiert

Anstieg der installierten PV-Kapazität in Deutschland bis Ende 2021



Quelle: Bundesnetzagentur, BSW-Solar; Stand 02/2022

https://www.solarwirtschaft.de/datawall/uploads/2022/02/bsw_faktenblatt_photovoltaik.pdf

ist 2021	Ziel* 2030	Ziel* 2045	
5,26	15*	19**	GWp/Jahr
59	200*	400-450**	GWp installiert

* Koalitionsvertrag 24.11.2021

** Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrales-deutschland-2045/>

PV in Deutschland

Osterpaket EEG laut Referentenentwurf vom 28.02.2022 ^{(3),(4)}

!!! Achtung: ohne Gewähr – kann sich im Gesetzgebungsverfahren noch ändern !!!

- Ziel: ab 2028 sollen 20 GWp/a installiert werden
- Abschaffung der EEG-Umlage zum 1. Juli 2022
- KWKG- und Offshore-Umlage
 - nur noch bei Entnahme aus dem öffentlichen Netz
 - nicht bei Wärmepumpen
- damit wird Direktlieferung von Solarstrom finanziell dem Eigenverbrauch gleichgestellt
- Einfrieren der Vergütungssätze für Überschusseinspeisung auf die Werte von April 2022
- Ab 2023 zwei Förderdegressionen halbjährlich mit je 1%
- **NEU bei reiner Einspeisung** anzulegender Wert (Direktvermarktung): 12,5 ct/kWh bis 10 kWp; 10,3 ct/kWh bis 100 kW; 8,5 ct/kWh bis 300 kW; 7,3 ct/kWh bis 1 MW; bei EEG-Umlage jeweils 0,4 ct/kWh geringer
Vorraussetzung: „Vor Anmeldung“ beim VNB vor Abschluss der Kaufvertrags – vorbehaltlich beihilferechtlicher Genehmigung - ab Inbetriebnahme nach Veröffentlichung des neues EEG auf Web-Seite des BMWK; vorraussichtlich ab 1. Mai 2022.

ist 2021	Ziel* 2030	Ziel* 2045	
5,26	15*	19**	GWp/Jahr
59	200*	400-450**	GWp installiert

* Koalitionsvertrag 24.11.2021

** Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrales-deutschland-2045/>

(3) <https://www.pv-magazine.de/2022/02/28/erste-details-des-eeeg-osterpakets-bekannt-viele-verbesserung-fuer-photovoltaik-geplant/>

(4) laut Auswertung von www.dgs-franken.de des Referentenentwurfs – ohne Gewähr !!

World Energy Resources (TWyear)

SOLAR
23,000 per year

2010 World energy use: 16 TWy per year



2050: 28 TW

TIDES
0.3 per year

0.3 - 2 per year
Geothermal

3 - 4 per year
HYDRO

2 - 6 per year
Biomass

3 - 11 per year
OTEC

Waves
0.2-2 per year

60-120 per year
WIND

renewable

finite

Natural Gas

215
Total

Petroleum

240
Total

Uranium

90-300
Total

900
Total reserve

COAL

© R. Perez et al.

Flächenbedarf für 450 GW PV

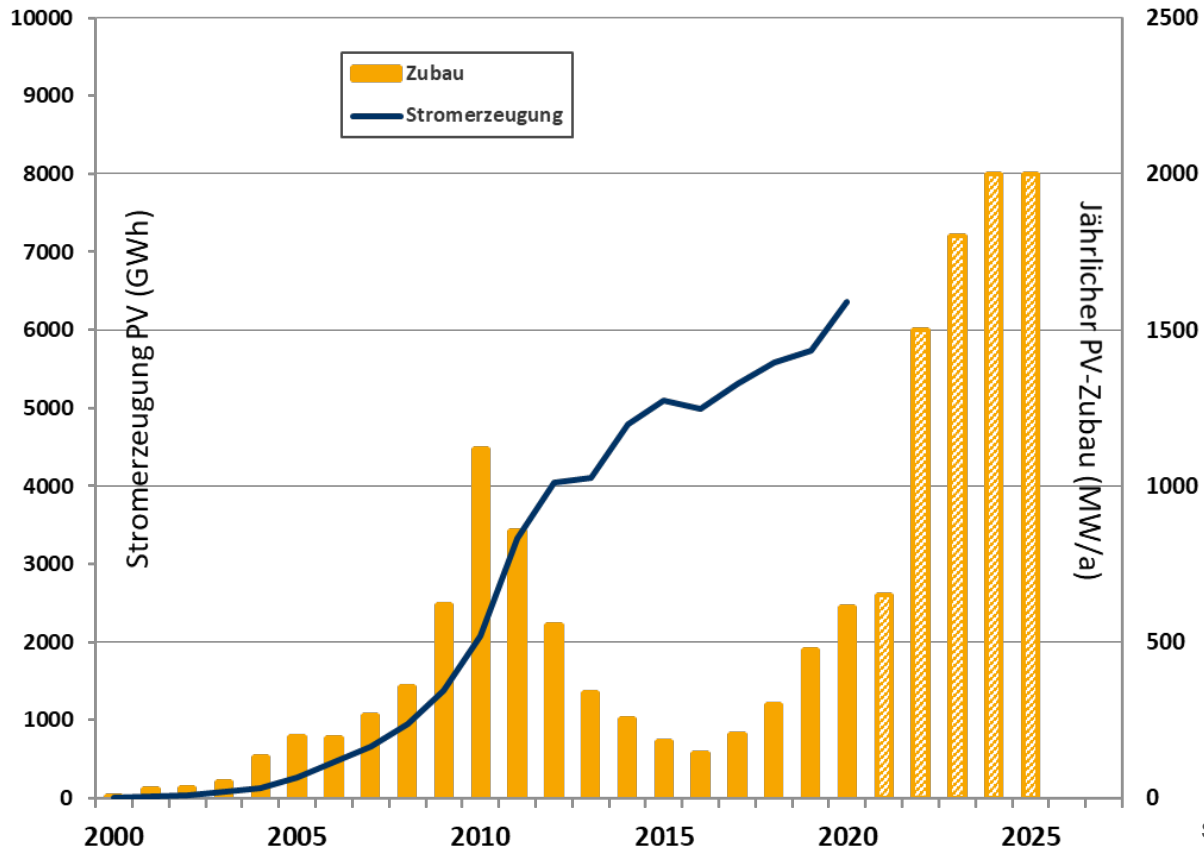
- = 30 m² pro Einwohner
- = 0,8% der Fläche in D davon mind. 50% auf Dächern
- aktuell 6% der Fläche für Siedlung und Verkehr
- 3% der Fläche für Energiemais genutzt

In Baden-Württemberg

- 36 GW PV auf Dächern möglich
- in 2018 genutzt: 14,4%
- <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen/potenzial-dachflachenanlagen>

Entwicklung der PV in Baden-Württemberg

Ziel*: ab sofort durchschnittlich ca. 2000 MW/Jahr



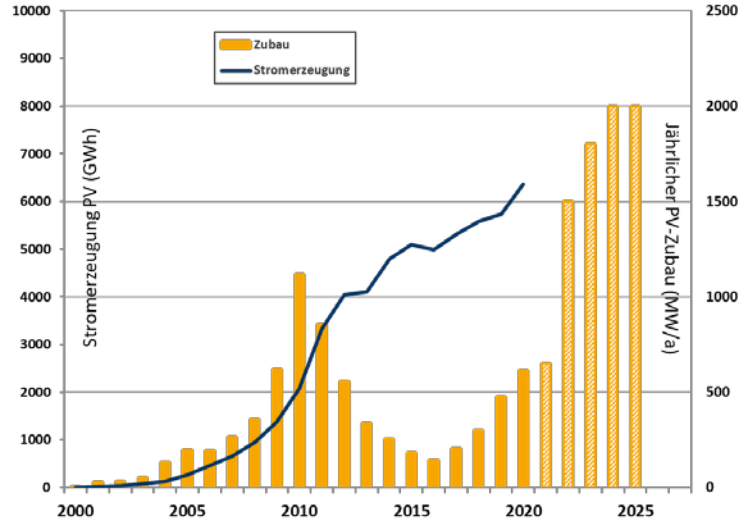
Solar Cluster BW, Marktstammdatenregister und UM Baden-Württemberg

* der notwendige Zuwachs von rund 2.000 MW/Jahr von 7,4 GW in 2021 auf 24 GW in 2030 für die PV ergibt sich aus dem Ziel der Landesregierung zur Treibhausgasreduktion; Details siehe Studie von Nitsch für die Plattform Erneuerbare Energien BW

https://erneuerbare-bw.de/fileadmin/user_upload/pee/Startseite/Magazin/Projekt/PDF/20211027_Studie_EE-Ausbau_fuer_klimaneutrales_BW.pdf

Entwicklung der PV in Baden-Württemberg

Ziel: ab sofort durchschnittlich ca. 2000 MW/Jahr



Solar Cluster BW, Marktstammdatenregister und UM Baden-Württemberg

Beispielrechnung für 2000 MW/Jahr:

erfordert die Installation von

- 170 mittleren Dachanlagen (~10 kWp) pro Tag 620 MW
- 8 Anlagen auf Industriedächern (~300 kWp) pro Tag 880 MW
- 2 Freiflächenanlagen (~5 MWp) pro Woche 500 MW

Die Rolle der PV bei der Energiewende

- I. Sonne und Wind liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe
- II. Sonne und Wind ergänzen sich
→ 80% Stromversorgung aus EE möglich ohne Speicher
- III. PV in der Welt, Deutschland und BW – Ausbauziele
- IV. PV Initiativen im Land Baden-Württemberg
- V. Nutzung von Solarstrom vor Ort
- VI. PV an Fassaden und auf der Freifläche

PHOTOVOLTAIK-NETZWERK BADEN-WÜRTTEMBERG



Faktenpapier, Leitfäden,
Fachkurse, Vorträge



Auch 2022 - 2024: Gemeinsam die Photovoltaik schneller voranbringen



- Teil der **Solaroffensive** des Landes BW
Gefördert durch



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

- Ab 2022 für weitere 3 Jahre
- 12 regionale Photovoltaik-Netzwerke
- Unterstützung / Anlaufstelle für
 - Kommunen, Landkreise, Unternehmen, Landwirte, Bürger*innen, ...
- > 450 lokale / regionale Akteure
- Landesweit koordiniert



Quelle: fokus.energie



Information, Beratung,
Wissenstransfer & Vernetzung

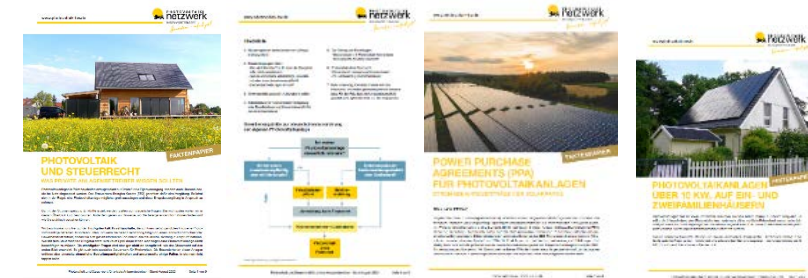


Franz Pöter

Solar Cluster Baden-Württemberg e.V.
info@solarcluster-bw.de
www.solarcluster.de

Faktenpapiere:

- Photovoltaik und Steuerrecht
- Photovoltaikanlagen über 10 kWp auf Ein- und Zweifamilienhäusern
- Weiterbetrieb Ü20 – Photovoltaik-Anlagen – Stand Juni 2020 (EEG 2017)
- PPA – Power purchase Agreement für große Solarparks



Broschüren:

- „Photovoltaik in Kommunen“
- „Photovoltaik in Gewerbe und Industrie“ 21.12.2021
- „PV Parkplätze“ 09.02.2022



Quelle: Solar Cluster Baden-Württemberg / PV-Netzwerk BW

Download unter: www.photovoltaik-bw.de & www.solarcluster-bw.de

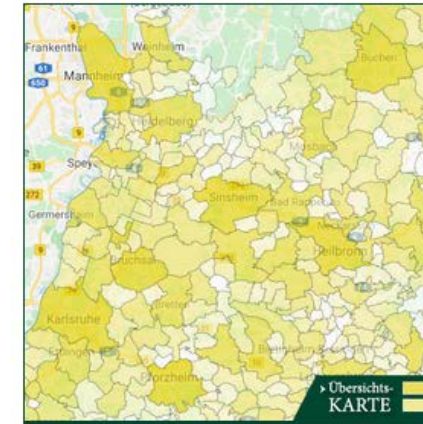


Dachflächen



Freiflächen

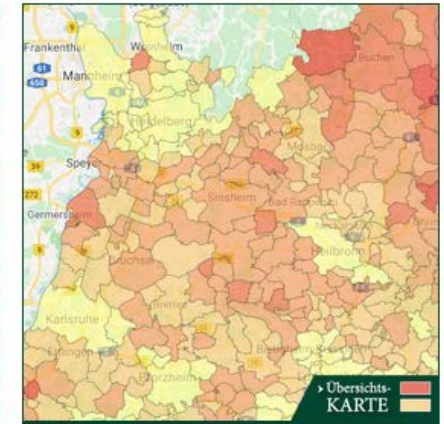
- Installierte PV Anlagen auf Dachflächen und Freiflächen
- Potentiale für PV auf Dachflächen und Freiflächen
- PV Rechner



Installierte Leistung bestehender PV-Dachanlagen

Die Karte zeigt die installierte Leistung in MW bestehender Photovoltaikanlagen auf Dachflächen als Summe einer Gemeinde, eines Kreises oder einer Region in Baden-Württemberg (Stand 2018). Es handelt sich um Daten der Übertragungsnetzbetreiber...

► mehr



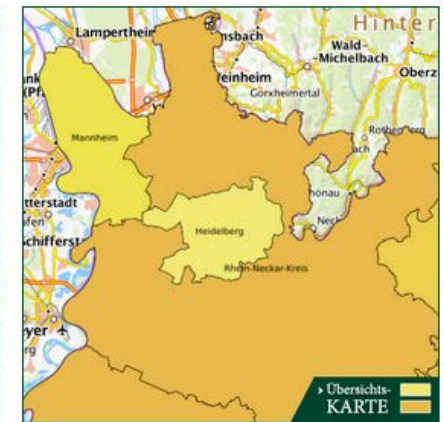
Stromerzeugung je Einwohner mit bestehenden PV-Dachanlagen

Die Karte zeigt die berechnete Stromerzeugung mit bestehenden Photovoltaikanlagen auf Dachflächen je Einwohner als Summe einer Gemeinde, eines Kreises oder einer Region in Baden-Württemberg (Stand 2018). Es handelt sich um Daten der...

► mehr



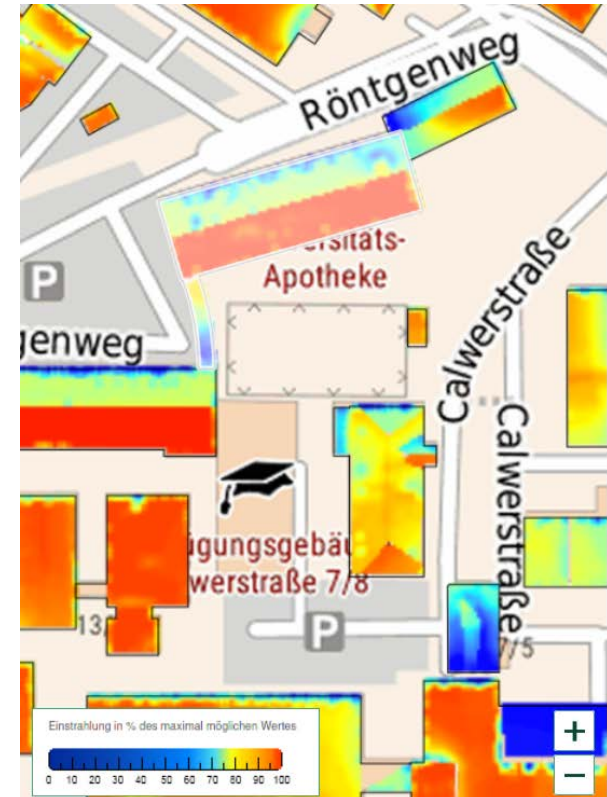
Solarpotenzial auf Dachflächen



PV-Potentiale auf Gebietsebene

Vorgehensweise für Ertragsrechnung und Wirtschaftlichkeit

- Dach suchen auf Seite „Solarpotenzial-auf-dachflächen“
- Farbskala zeigt Attraktivität der Dachflächen
- Dach anklicken → zeigt Dachattribute und max. installierbare PV Leistung mit Ertrag
- Button „Wirtschaftlichkeit berechnen“ erlaubt
 - Auswahl „Art des Haushalts“
 - Eingabe des Jahresverbrauchs
 - Voll- und Teilbelegung des Daches
 - Konfiguration von elektrischem Speicher und Verbrauchern (E-Auto, Wärmepumpe, E-Bike)



ATTRIBUTE

Name Gemeinde	Tübingen
Einstrahlungskategorie	Sehr hohe Einstrahlung
Geeignete Dachfläche für PV-Module	298,8 m ²
Maximal installierbare Anzahl PV-Module	144
Maximal installierbare PV-Leistung	46,3 kWp
Maximal möglicher Stromertrag pro Jahr	49.586 kWh/a
Herkunft der Daten	LUBW, Geoplex GIS GmbH
Datum der Berechnung	2021
Jahr der Befliegung	2016-2021
Auflösung der Befliegungsdaten	26,9 Pkt./m ²

WIRTSCHAFTLICHKEIT BERECHNEN

PV Rechner



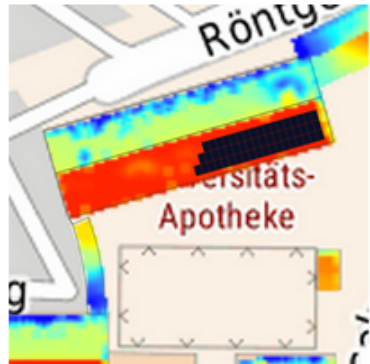
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Baden-Württemberg



Landesanstalt für Umwelt
Baden-Württemberg

<https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflächen/solarpotenzial-auf-dachflächen>

Ihre Photovoltaikanlage

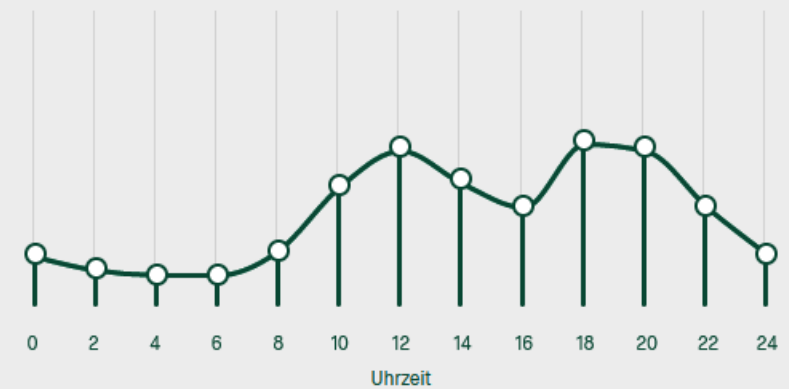


Kosten	21.578 € (netto)
Belegungsvariante	Eigene Belegung
Leistung	19,98 kWp
Ertrag/kWp	1.018,1 kWh
Gesamtertrag/Jahr	20.342 kWh
Speicher	Kein Speichersystem
Module	54 Module à 370 Wp

Stromverbrauch

6000 kWh/Jahr

Konfigurieren Sie Ihren
Stromverbrauch im
Tagesverlauf



Zusätzliche Verbraucher
(optional)



Wärmepumpe
hinzufügen

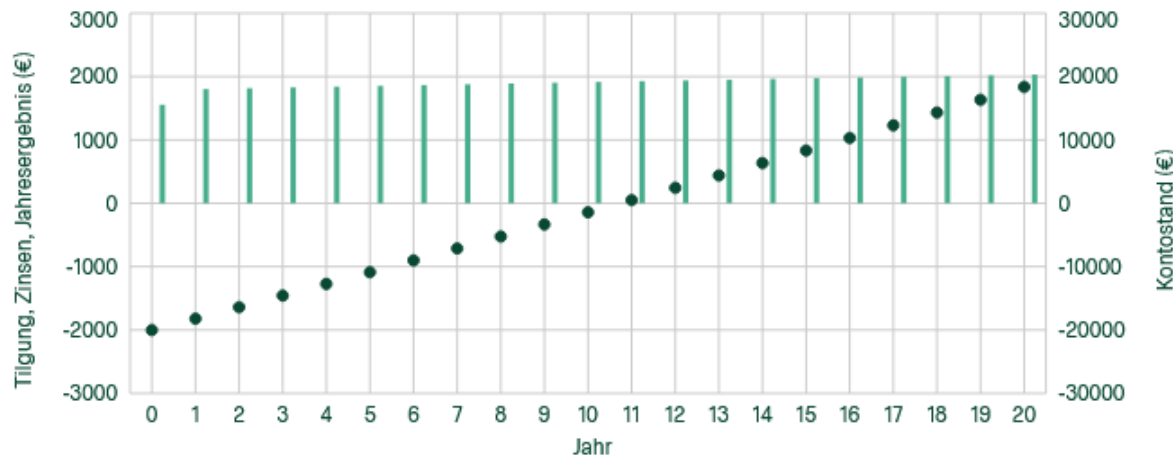


E-Auto
hinzufügen



E-Bike
hinzufügen

Wirtschaftlichkeit (grafisch)



Eigenverbrauch

17,5 %



Autarkie

55,9 %



Rendite

7 %



Amortisationszeit

11 Jahre



Gewinn nach 20 Jahren

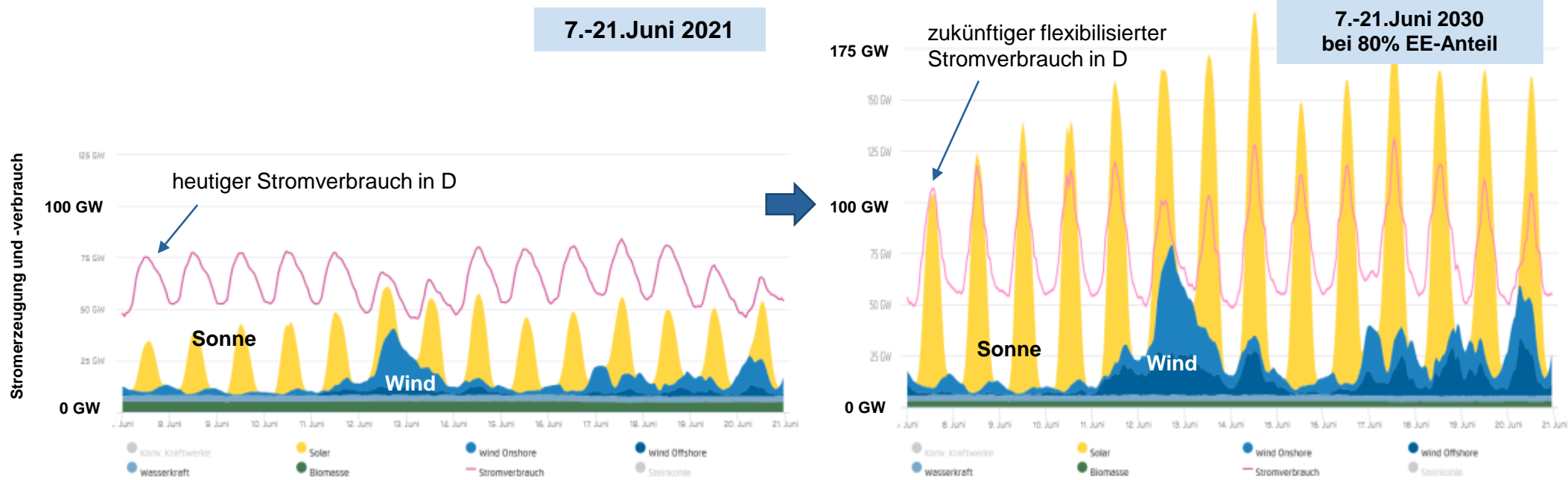
18.357 €

Die Rolle der PV bei der Energiewende

- I. Sonne und Wind liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe
- II. Sonne und Wind ergänzen sich
→ 80% Stromversorgung aus EE möglich ohne Speicher
- III. PV in der Welt, Deutschland und BW – Ausbauziele
- IV. PV Initiativen im Land Baden-Württemberg
- V. Nutzung von Solarstrom vor Ort
- VI. PV an Fassaden und auf der Freifläche

Solarstrom Vor-Ort - Herausforderung Netzintegration

2 Beispielwochen im Jahr 2030 – laut aktuellem Plan der Bundesregierung



Solarstrom als Treiber für die Energiewende Vor Ort

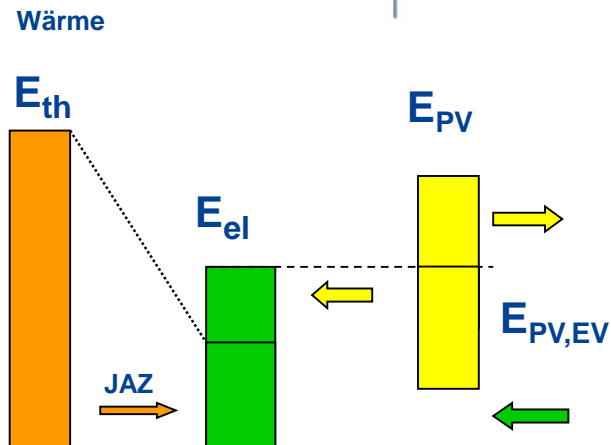
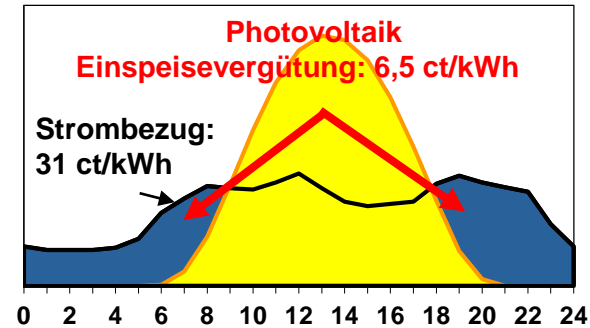
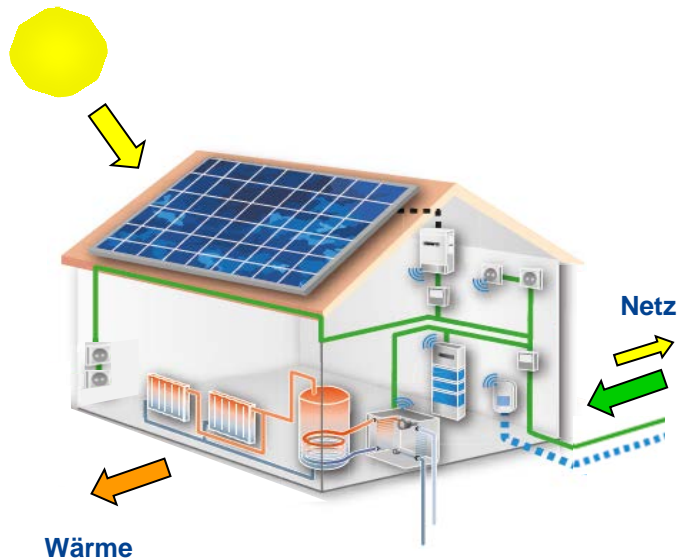
- volatil, dezentral erzeugt und verbraucht
- Eigenverbrauch vs. Einspeisung in den Energiemarkt
- Stromnachfrage muss flexibilisiert werden
 - Wärmepumpen
 - Elektromobilität
 - Speicher



Grafik: ZSW mithilfe von: <https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter>

Energiewende zuhause

Mein Haus ist mein Kraftwerk



Energiebezug aus Sonne und Netz



steuerbare
Haushaltsgeräte
Wärmepumpe
PV Wechselrichter
elektrische Speicher
thermische Speicher



Nutzung: Wärme,
Kälte, Kraft, Mobilität,
Kommunikation,
Netzeinspeisung

Eigenverbrauch
& Eigendeckung
(Autarkie)

Intelligente
Steuerung



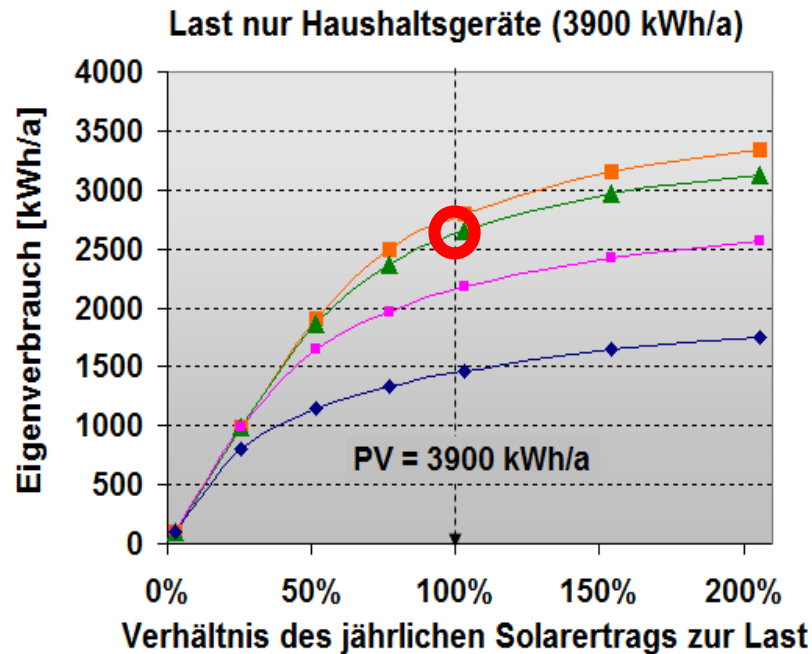
Ziel: erhöhte
Eigendeckung &
stabile Energiekosten

Bedarf an PV-Fläche

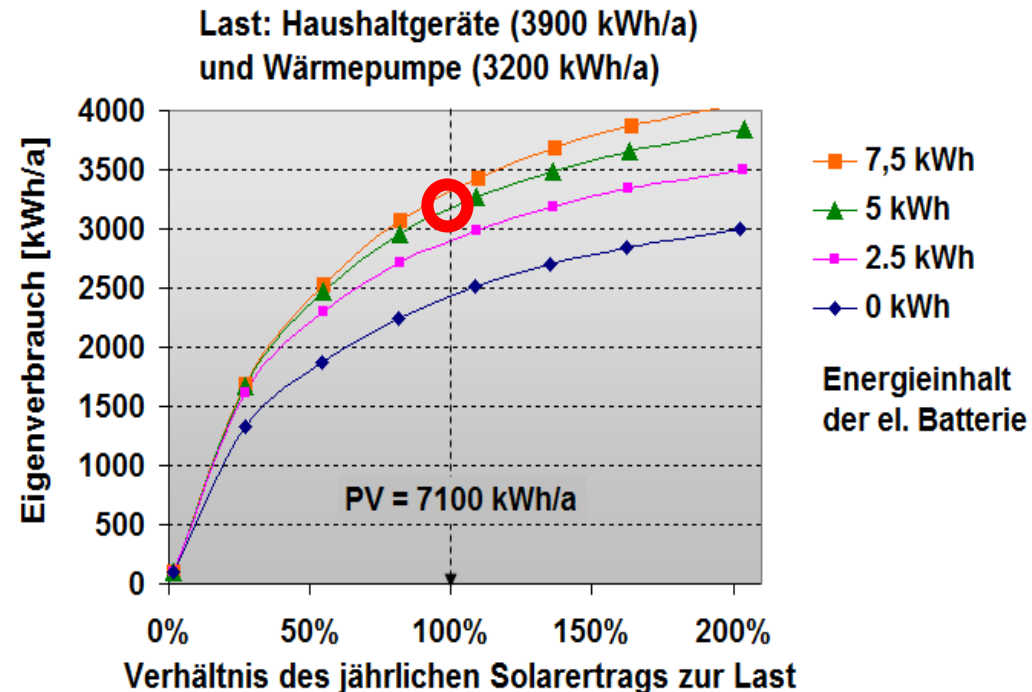
- 22 m² (4 kWp) für Haushaltsstrom
- 22 m² (4 kWp) für Wärmepumpe im gut gedämmten Haus
- 11 m² (2 kWp) für ein E-Auto
- jedoch nur 28% des Strombedarfs fällt im Haushalt an!!
- **daher:** macht die Dächer voll!!

Potentiale der Eigendeckung (Autarkiegrad) durch Photovoltaik und Speicher

Mein Haus ist mein Kraftwerk



- etwa 65% des jährlichen Energieverbrauchs für Haushaltsgeräte können mit dem Ertrag von 4 kWp an PV und 5 kWh Speicher gedeckt werden.

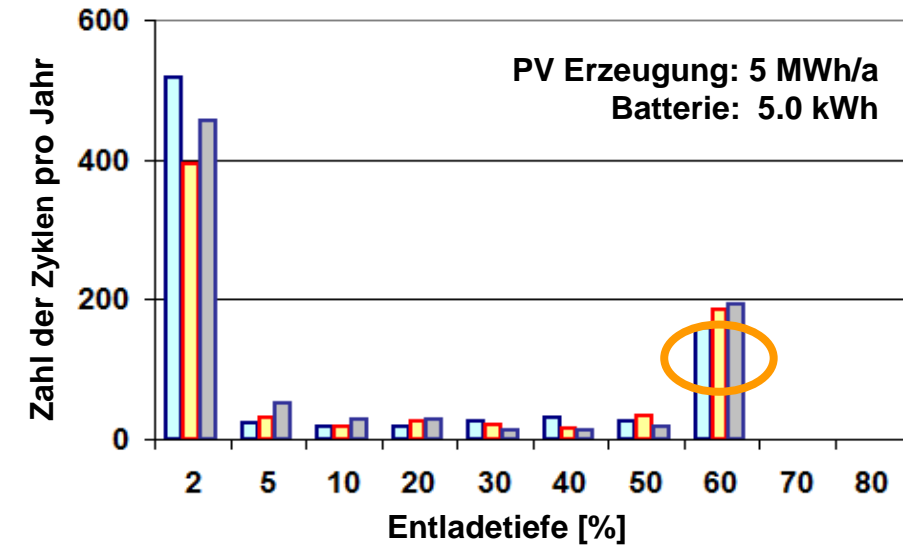


- etwa ~45% des jährlichen Energieverbrauchs für Haushaltsgeräte und Heizung können mit 7 kWp an PV und 5 kWh Speicher gedeckt werden (genutzter Energieinhalt!).

Vorraussetzung: die Wärmepumpe wird mit Vorrang betrieben wenn die Sonne scheint.

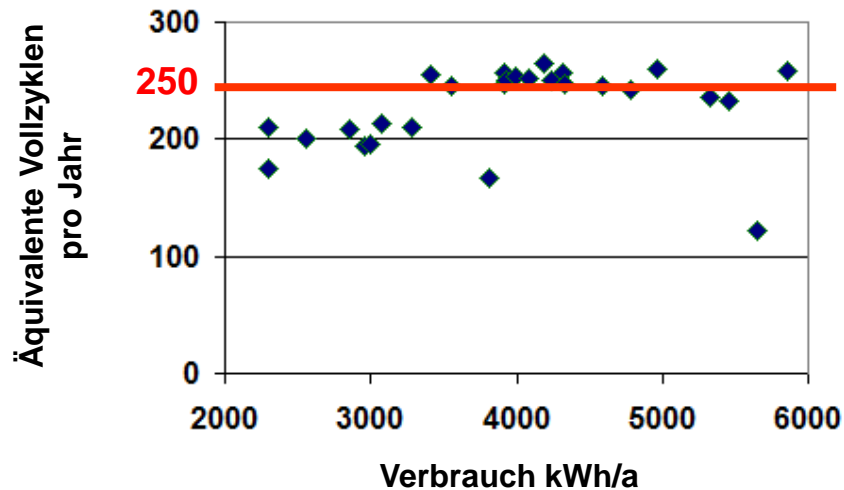
Statistik der Batteriezyklisierung

Vollzyklen pro Jahr; wichtig für die Ammortisationsrechnung



Verbrauch

- 4593.4 kWh/a
- 4958.9 kWh/a
- 5861.3 kWh/a



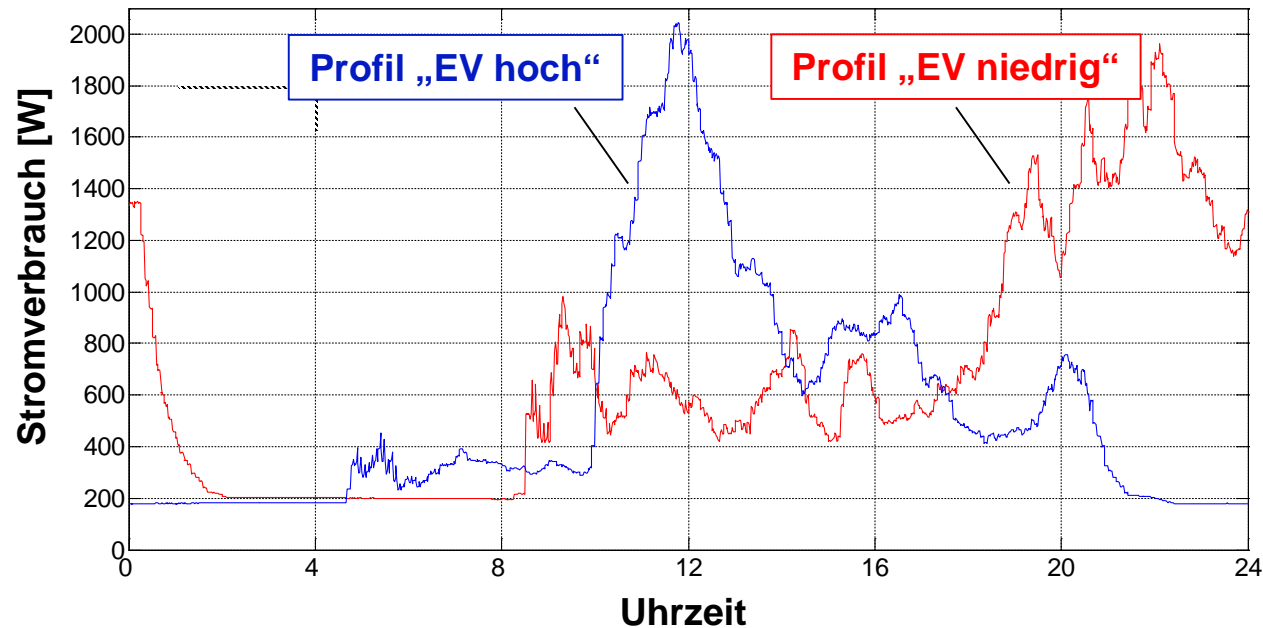
Ergebnis:

rund 250 Vollzyklen pro Jahr, wenn Speicher in kWh nicht wesentlich größer als Verbrauch in kWh; z.B.

- 5 kWh (Speicher) bei 4 MWh/a (Verbrauch)
- PV Anlage > 7 kWp (je größer desto besser!) wird der Speicher größer, reduziert sich dessen Vollzyklenzahl und Ammortisation

Einfluss des Lastprofils (Nutzung elektrischer Geräte) auf Eigenverbrauch (EV) bzw. Autarkiegrad

Beispiel – Haushalt ohne elektrische Wärmeversorgung mit 4000 kWh/a



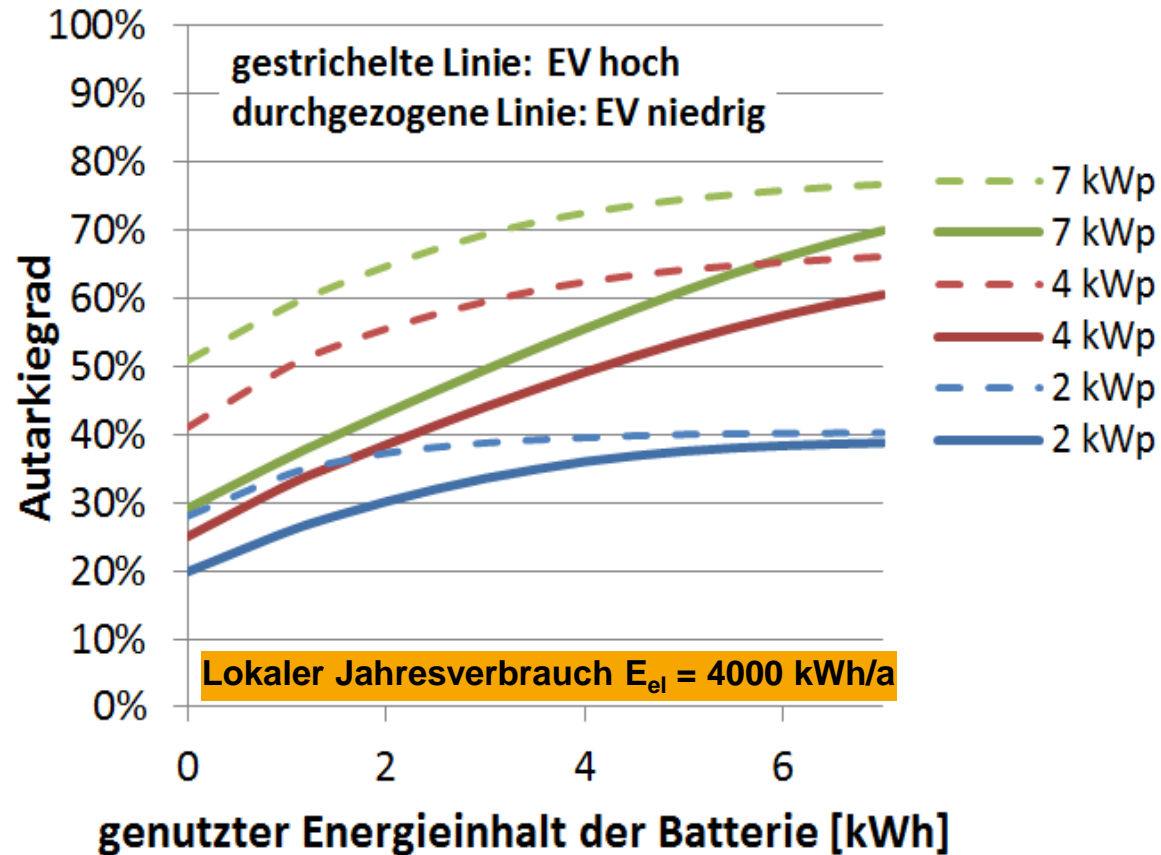
Im folgenden werden Ergebnisse gezeigt für die Profile mit höchstem und niedrigstem Jahreseigenverbrauch – skaliert auf Jahresverbrauch 4000 kWh/a:

- (a) Profil „EV hoch“ mit hohem EV - hohe Last am Mittag
- (b) Profil „EV niedrig“ mit niedrigem EV - hohe Last am Abend

Autarkiegrad in Abhängigkeit der Batteriekapazität,

bei Profilen mit hohem und niedrigem Eigenverbrauch (EV)

Beispiel – Haushalt ohne elektrische Wärmeversorgung mit 4000 kWh/a



- das Profil „EV niedrig“ verbraucht wenig Energie über Mittag
- daher werden auch große Batterien regelmäßig geladen, mit großem Gewinn für den Autarkiegrad
- große PV-Anlagen begünstigen den Gewinn durch die Batterie

Autarkiegrad (Eigendeckung)

- Anteil des Solarstroms am Haushaltsstromverbrauch

Die Rolle der PV bei der Energiewende

- I. Sonne und Wind liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe
- II. Sonne und Wind ergänzen sich
→ 80% Stromversorgung aus EE möglich ohne Speicher
- III. PV in der Welt, Deutschland und BW – Ausbauziele
- IV. PV Initiativen im Land Baden-Württemberg
- V. Nutzung von Solarstrom vor Ort
- VI. PV an Fassaden und auf der Freifläche

PV auf Dächern und Fassaden

Beispiel ZSW Gebäude in Stuttgart Vaihingen (STEP)

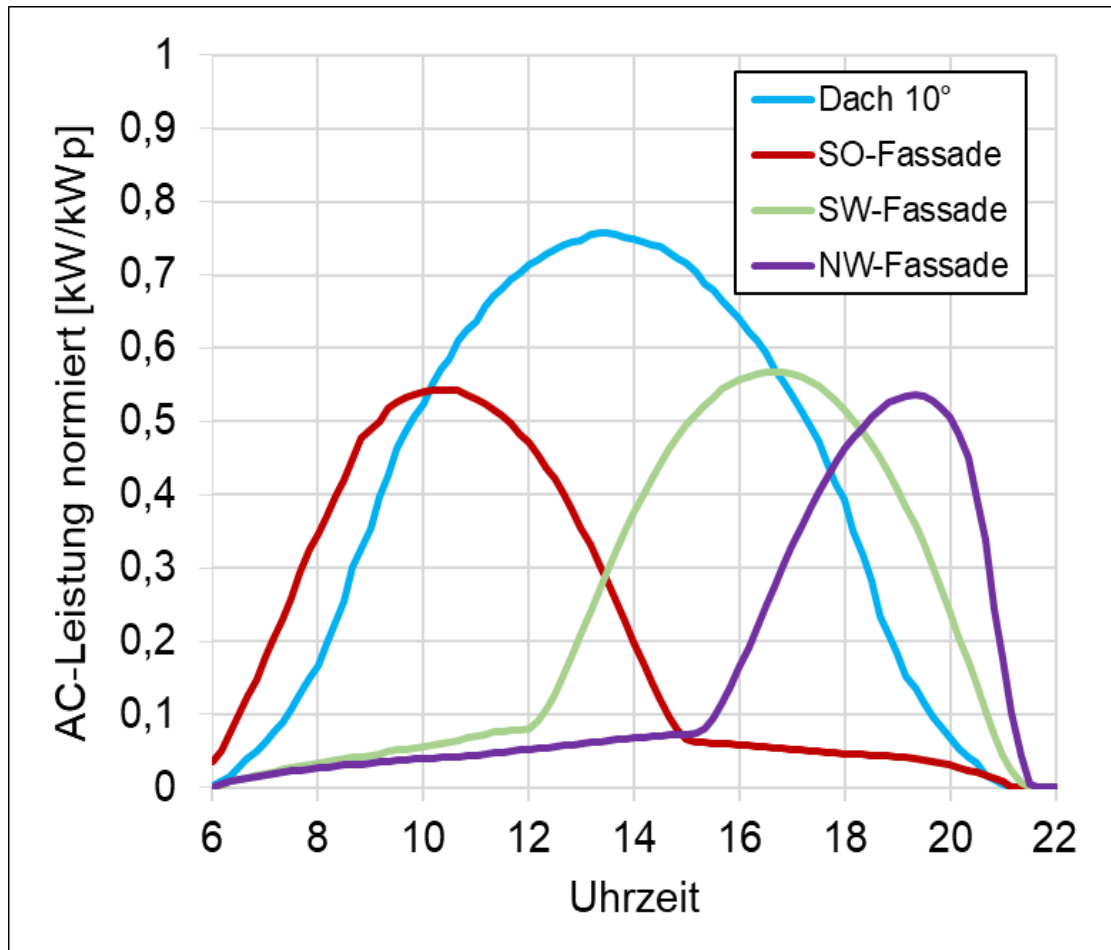
- 28 kWp an der Fassaden (SO, SW, NW; SO teilweise verschattet)
- 18,5 kWp SO/NW und SW/NO – 10° Neigung – tlw. verschattet



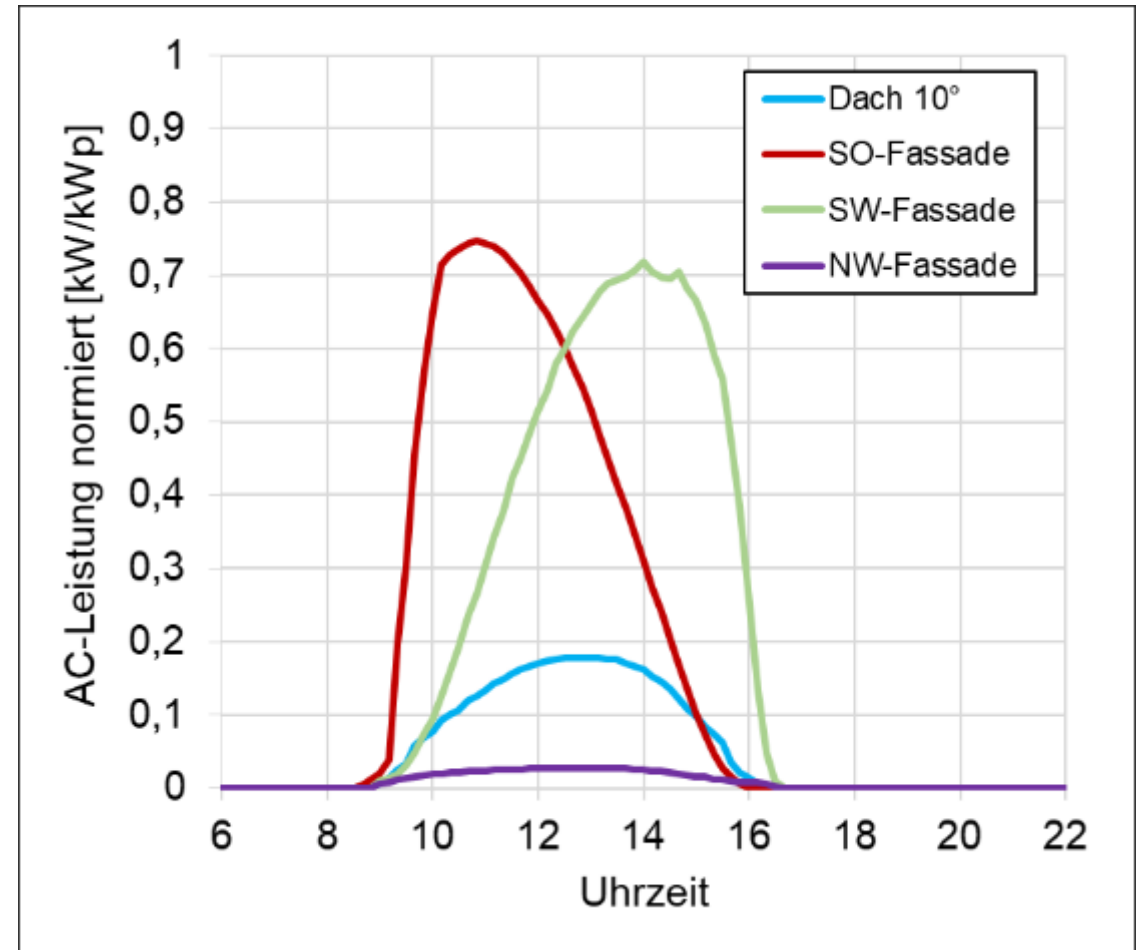
Blick von Süden
(Fotos: ZSW)

Tagesverlauf der spezifischen Leistung von PV-Fassaden und -Dach

Sommer (28. Juni)

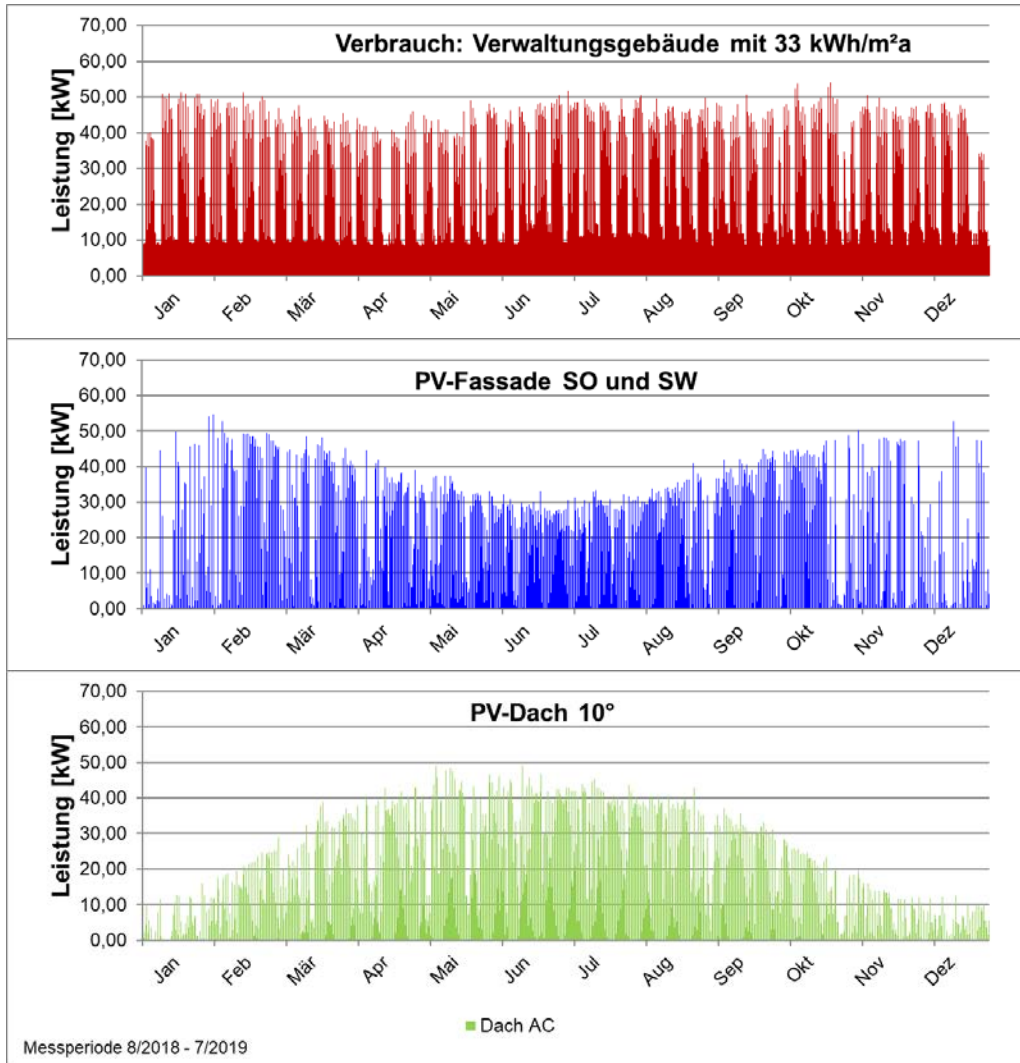


Winter (6. Januar)



Alle Grafiken: ZSW

Energieproduktion und -Verbrauch auf Gebäudeebene



- Verbrauch: Relativ gleichförmig übers Jahr

- Fassaden: höhere Leistungen im Winter

- Dach: höhere Leistungen im Sommer

→ Ideale Kombination: PV-Fassade + PV-Dach

PV Freifläche

derzeit 1/3 der installierten PV-Leistung auf Freiflächen + 2 Mio. Dachanlagen



Solarpark Leutkirch der enBW, Inbetriebnahme 2014
Leistung und Fläche: 2,9 MWp auf 6,9 ha (3.200 MWh/a)



Solarpark Zwiefalten der enBW, Inbetriebnahme 2017
Leistung und Fläche: 5,2 MWp auf 7 ha (5.800 MWh/a)

Vorteile

- extensive Flächennutzung unter den PV Modulen möglich
- elektrischer Ertrag von PV pro ha: 500–800 MWh/a (Energienmais 20–25 MWh/a)
- bei Elektrolyse und Methanisierung von Solarstrom ist der Ertrag pro ha noch 10 mal höher als bei Energienmais

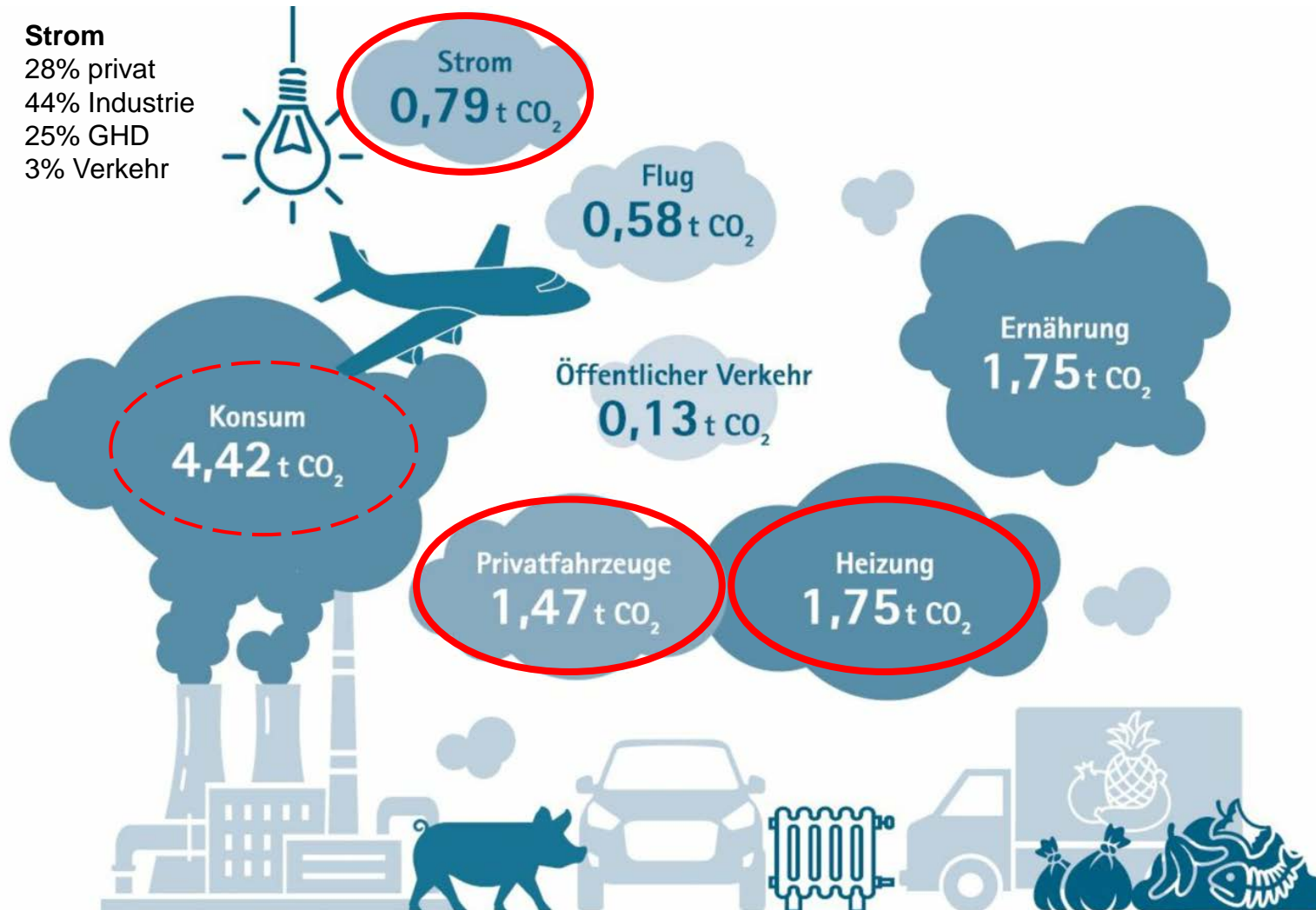
Quelle:
<https://www.enbw.com/landingpages/freiflaechen-solarprojekte-bw/>

Aufteilung bei 11 t Klimagase pro Person pro Jahr in Deutschland

(derzeit sind es knapp 10 t/a)

Strom

28% privat
44% Industrie
25% GHD
3% Verkehr



Bilanz

- knapp 4 t Klimagase sind durch EE-Strom im Haushalt, für Heizung und E-Mobil adressiert
- der Konsum verursacht weniger Klimagase, wenn die Industrie mehr EE-Strom bezieht
 - jedoch nicht bei importierten Waren und Gütern
- es bleiben große Herausforderungen bei Produktion und Ernährung
- erneuerbare Kraftstoffe werden ein knappes Gut sein

Gratk aus

https://www.rundverfuegungen-und-mitteilungen.de/damfiles/default/guk-rundverfuegungen/mitteilungen-und-Rundverfuegungen/2020/g_2020/g_Mitteilungen_2020/Mitteilung_G_6_2020-Anlage-3.pdf-6250116045fa2453677a71f55e5d366f.pdf

VIELEN DANK

Dr.-Ing. Jann Binder

