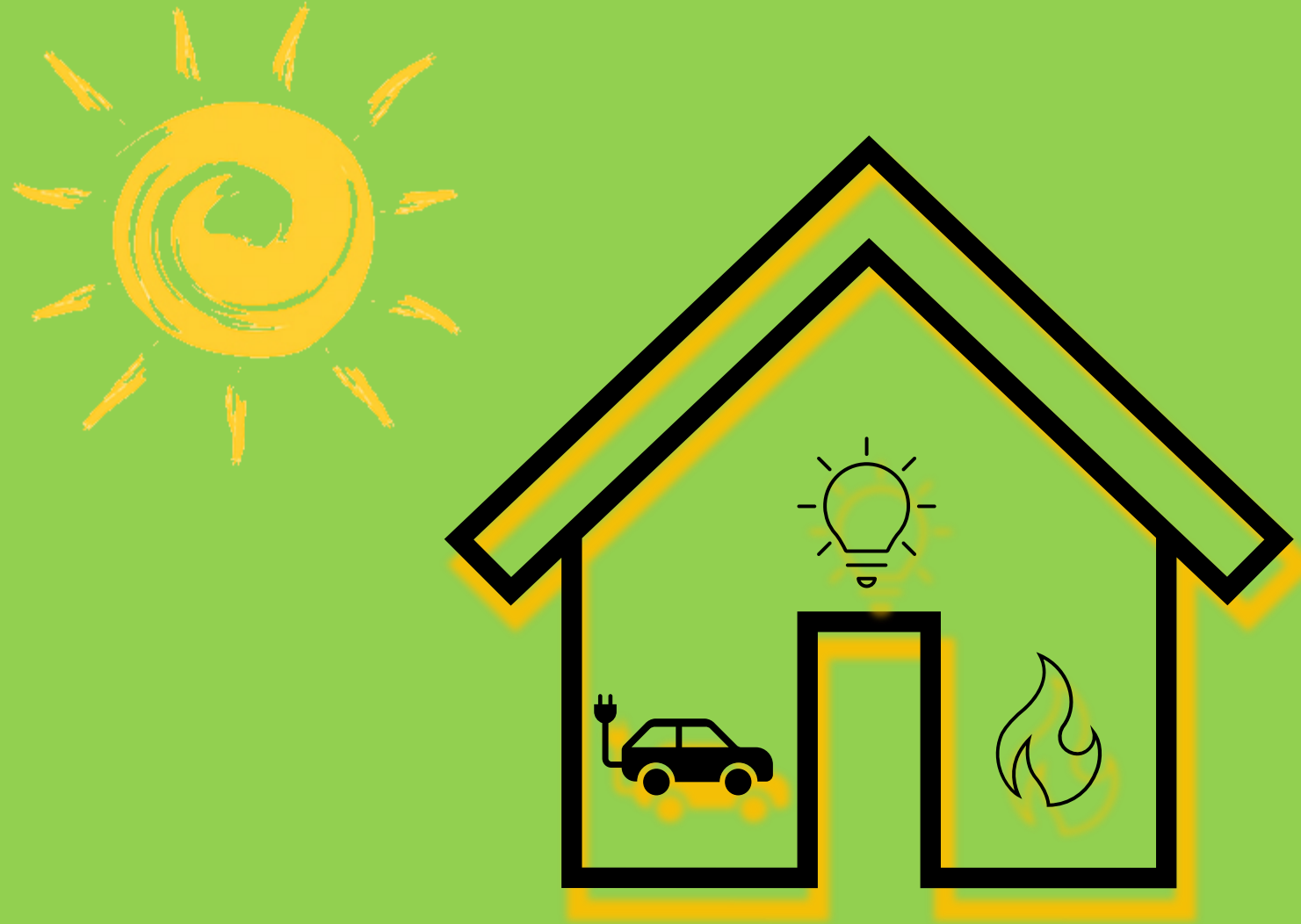


# Photovoltaik – Grundlagen, Möglichkeiten & Wirtschaftlichkeit



Dipl. – Ing. Marcus Michalla

## **Teil 1** (ca. 5 min)

### **Energieversorgung heute ?**

- Situation in Deutschland ?
- Situation „bei uns“ ?

## **Teil 2** (ca. 30 min)

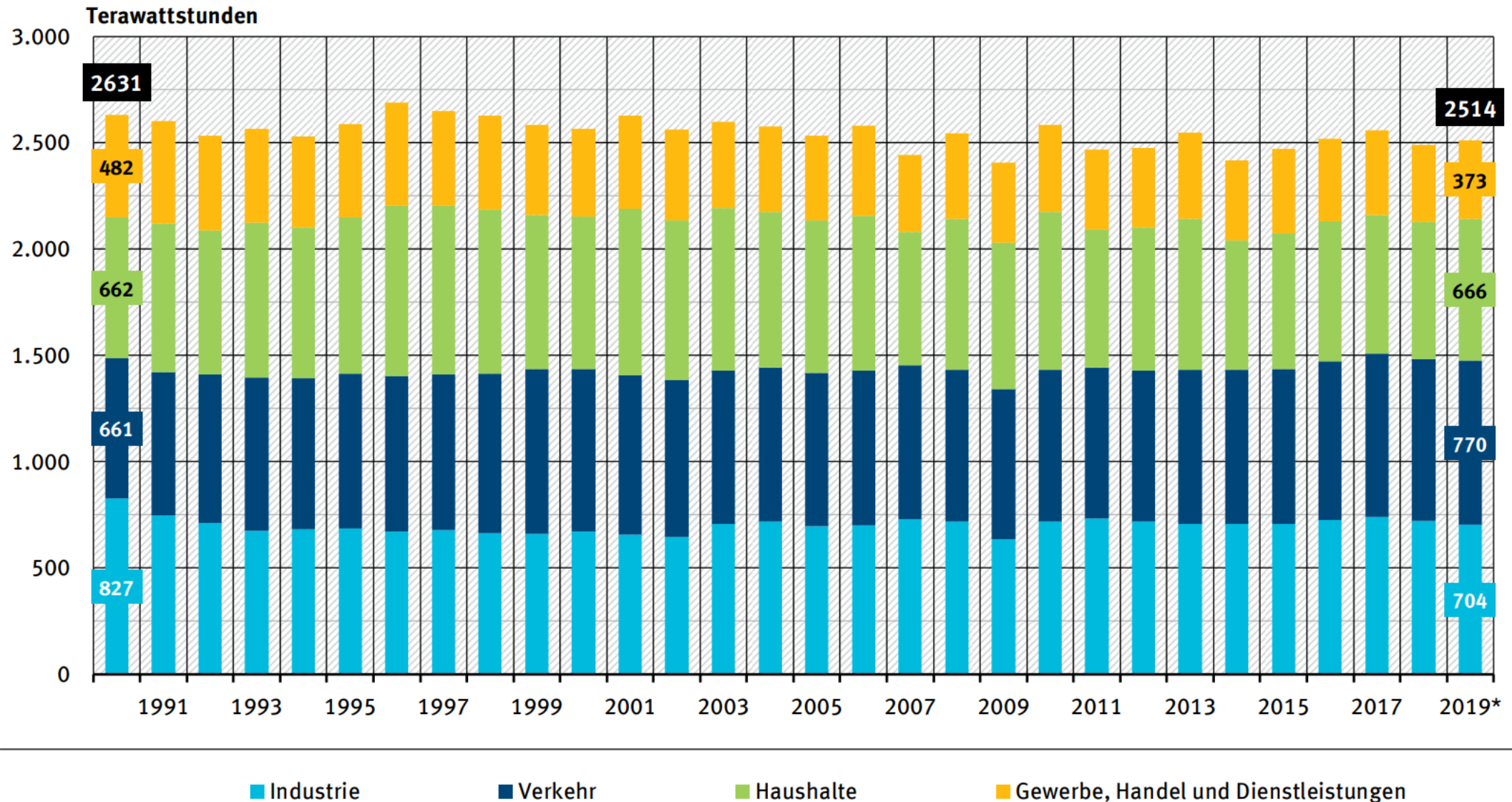
### **Photovoltaik !**

- Grundlagen
- Wirtschaftlichkeit
- Praxisbeispiel

# Energieversorgung heute: Situation in Deutschland



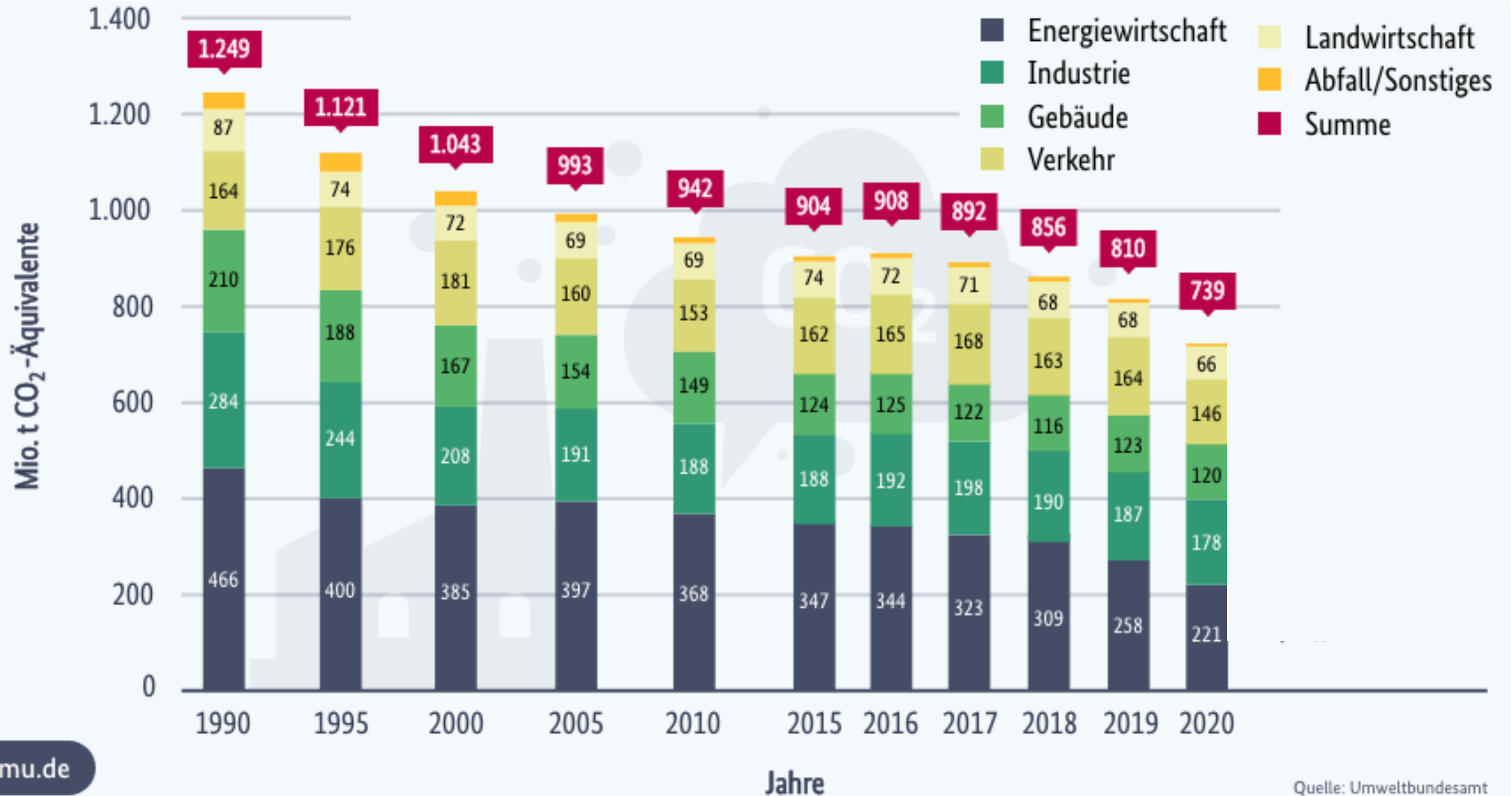
# Endenergieverbrauch in Deutschland



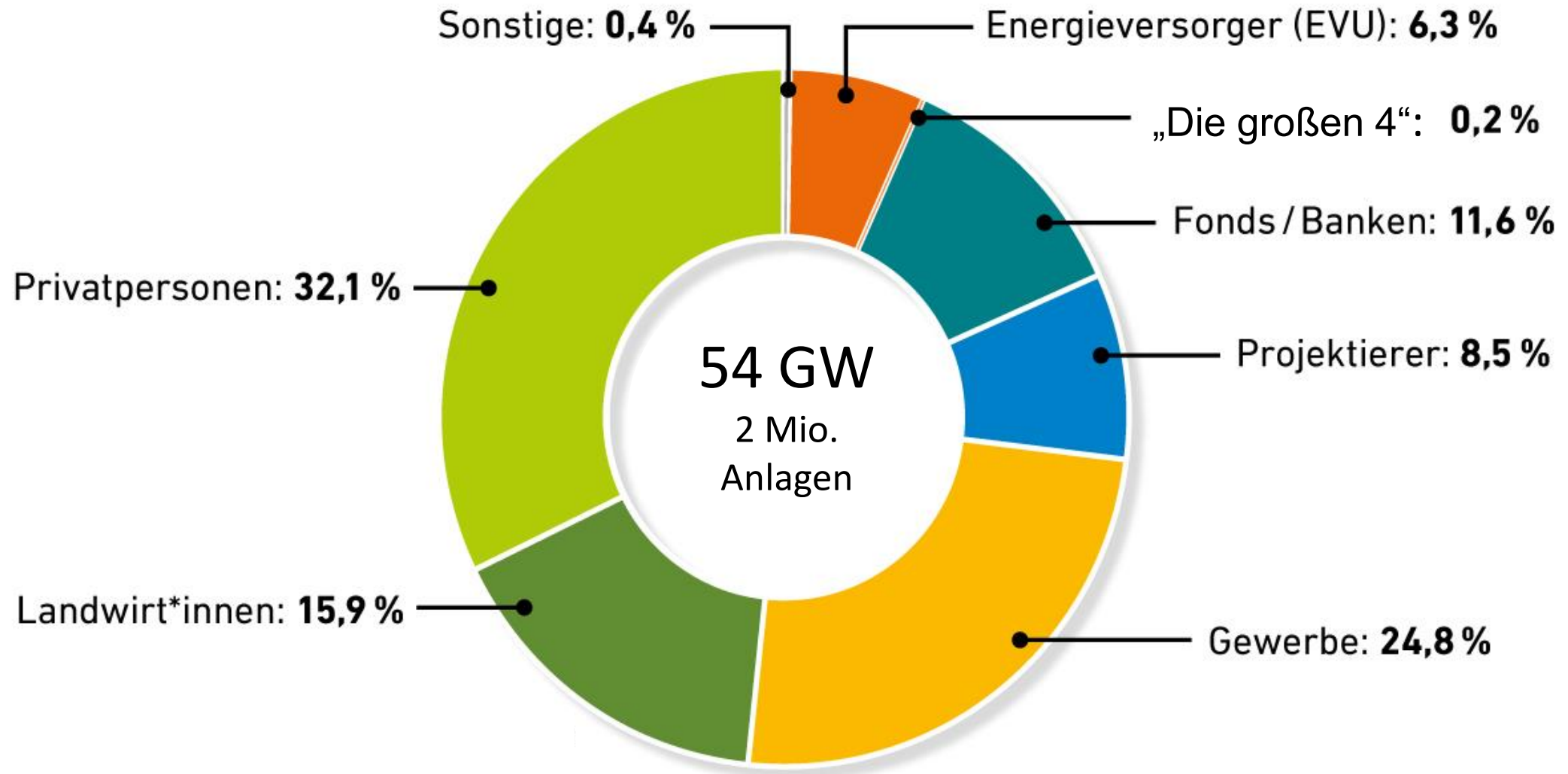
\* vorläufige Angaben

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2019, Stand 09/2020

# Treibhausgas-Emissionen in Deutschland (1990 – 2020)

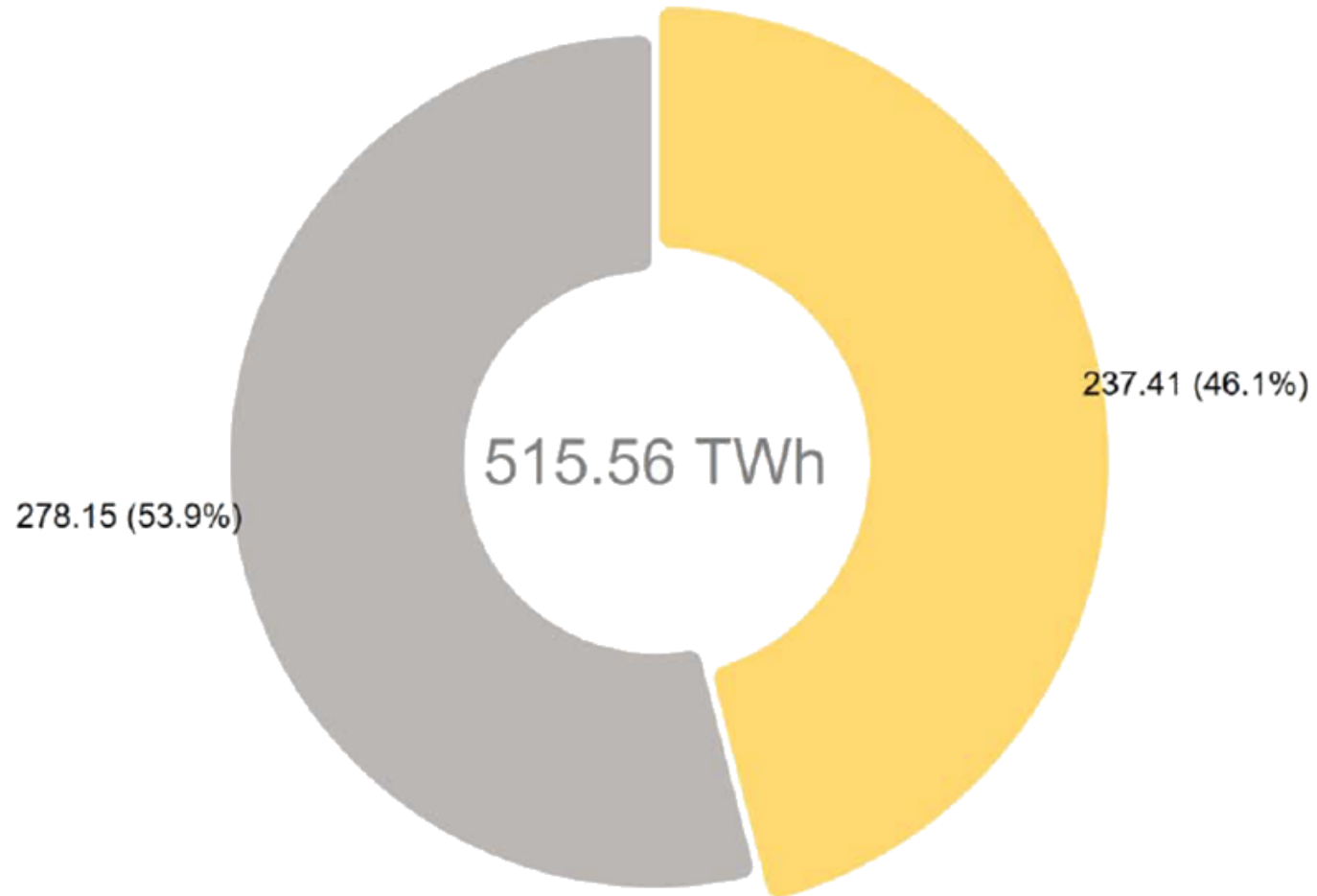


# Photovoltaik in Bürgerhand

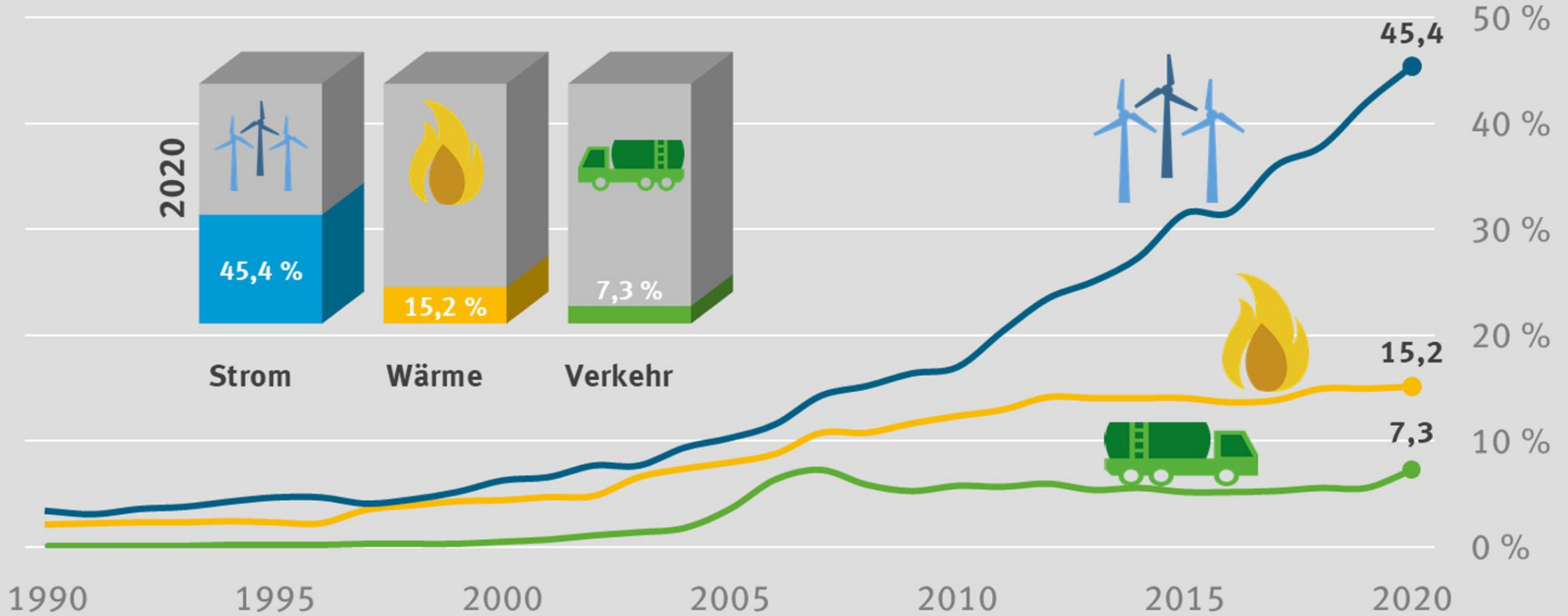


# Strom-Mix in Deutschland

● Erneuerbare ● Nicht Erneuerbare



# Anteile Erneuerbarer Energien an den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr

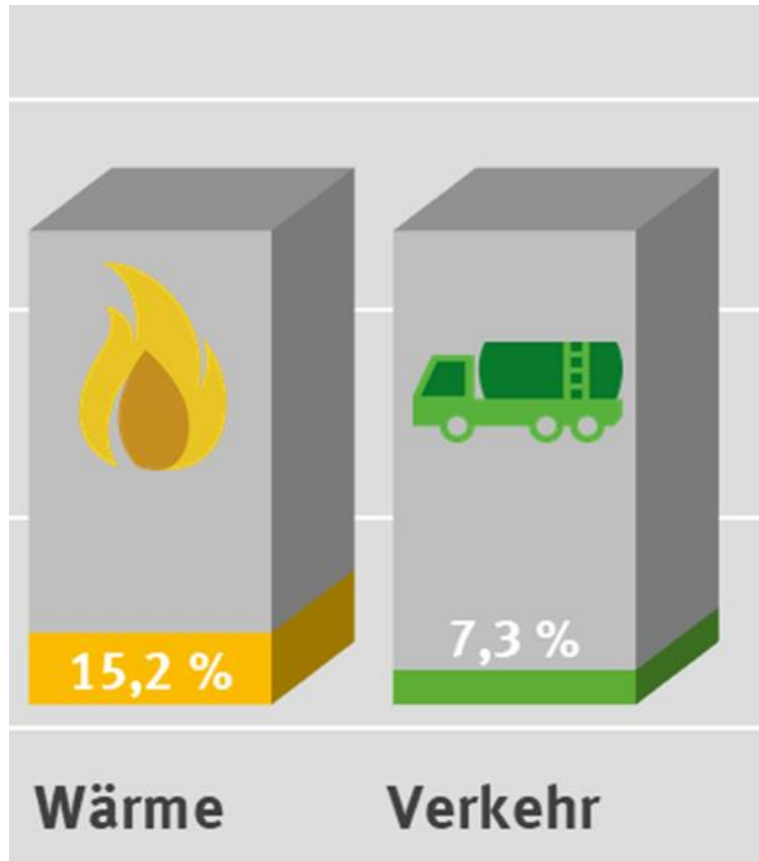


Quelle: Umweltbundesamt auf Basis Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)  
Datenstand: 02/2021

**Erneuerbaren Energien haben nur einen Anteil von 19 % am gesamten Energieverbrauch**



# Biomasse: Erneuerbaren Energien für Wärme und Verkehr



- z.B. Biodiesel, Energiemais, Holz
- Schlechte Ökobilanz
- Mit Abstand schlechteste Flächeneffizienz aller EE
- „Tank oder Teller“ Debatte
- „iLUC“-Effekt: Landverdrängung
- Negative globale Auswirkungen

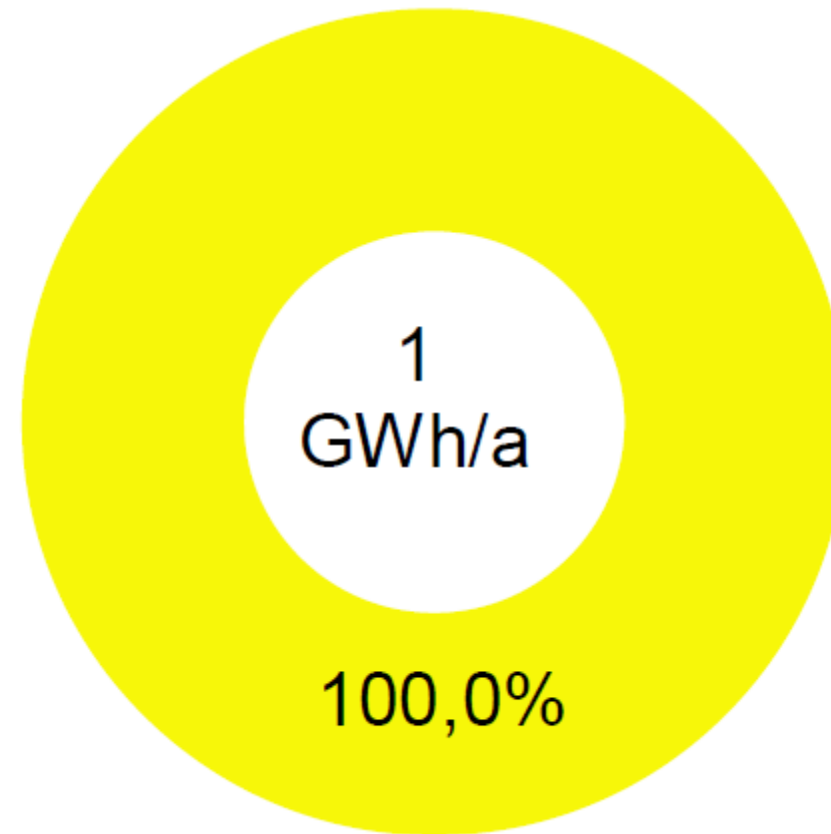
➔ [Link](#) des Umweltbundesamtes

## Umweltbundesamt:

„Bioenergie hat teilweise zwar eine bessere Treibhausgasbilanz als fossile Energie. Jedoch kann der Anbau von Biomasse mit vielfältigen negativen Wirkungen auf Mensch und Umwelt verbunden sein.“

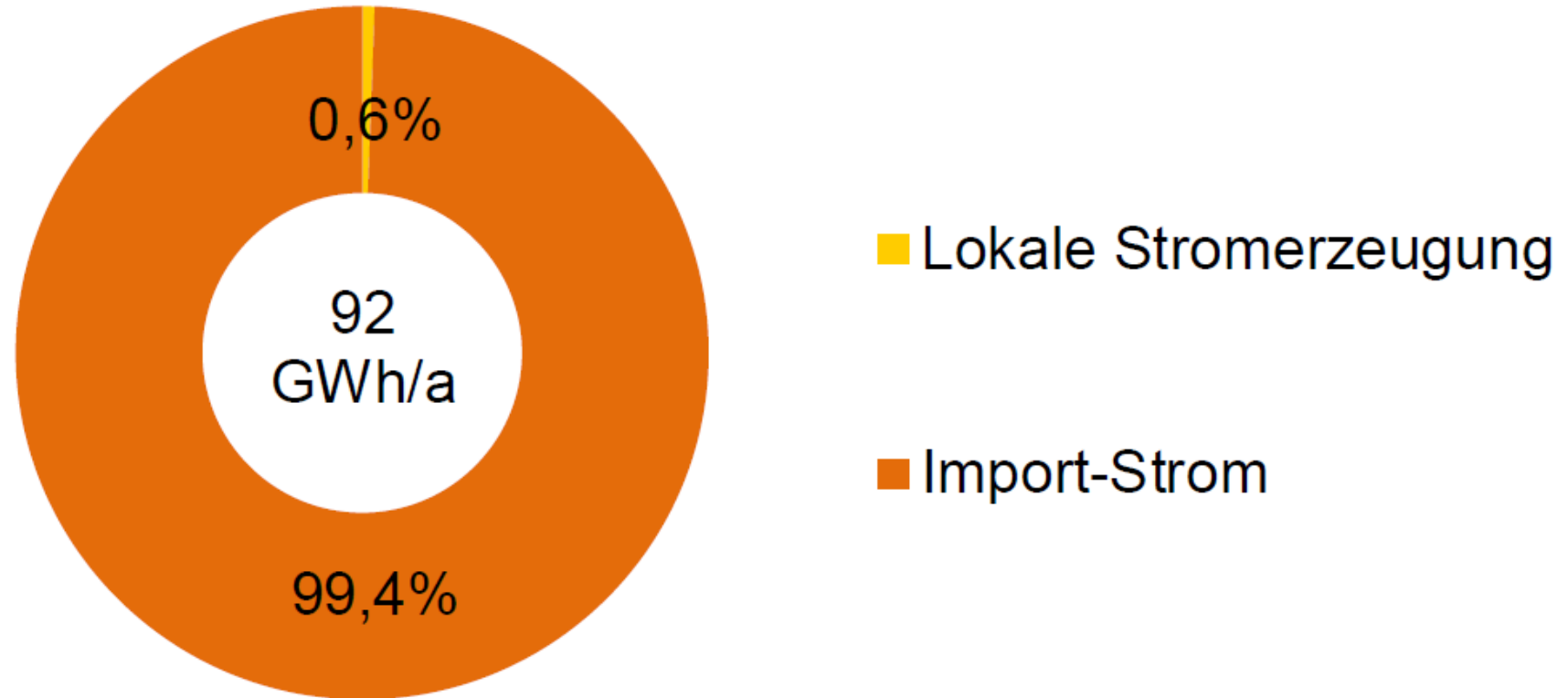
# Aktuelle Situation bei uns – Beispiel Königstein





**Ökostrom „Made in Königstein“ zu 100 % PV**

## Anteil lokaler Stromerzeugung am Stromverbrauch



# Problem erkannt !

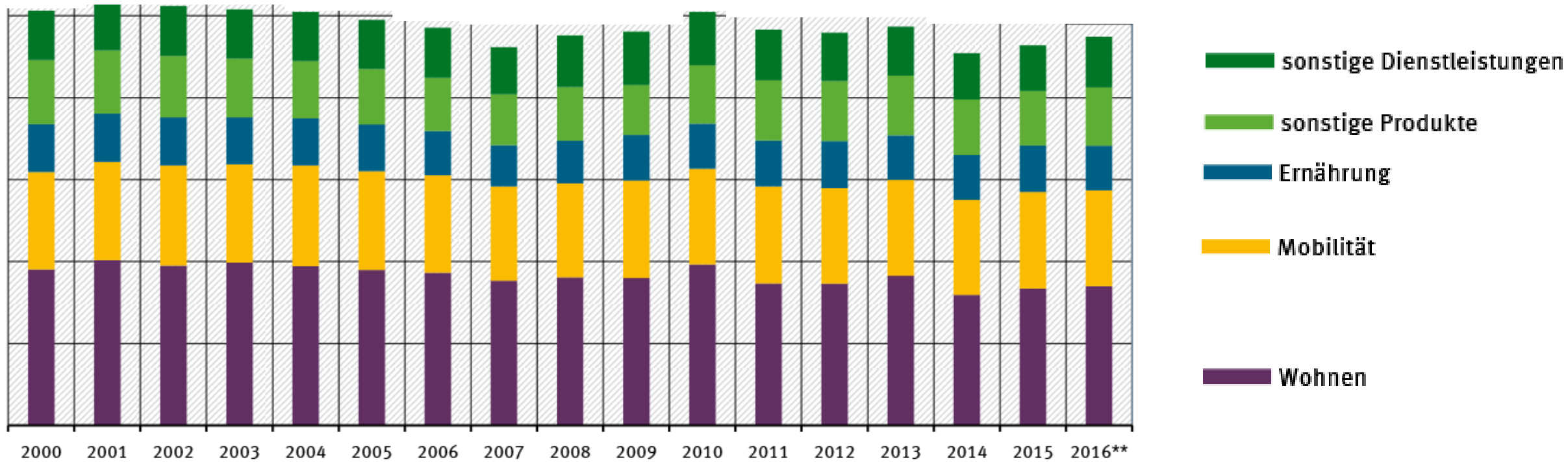


... und jetzt

# Photovoltaik

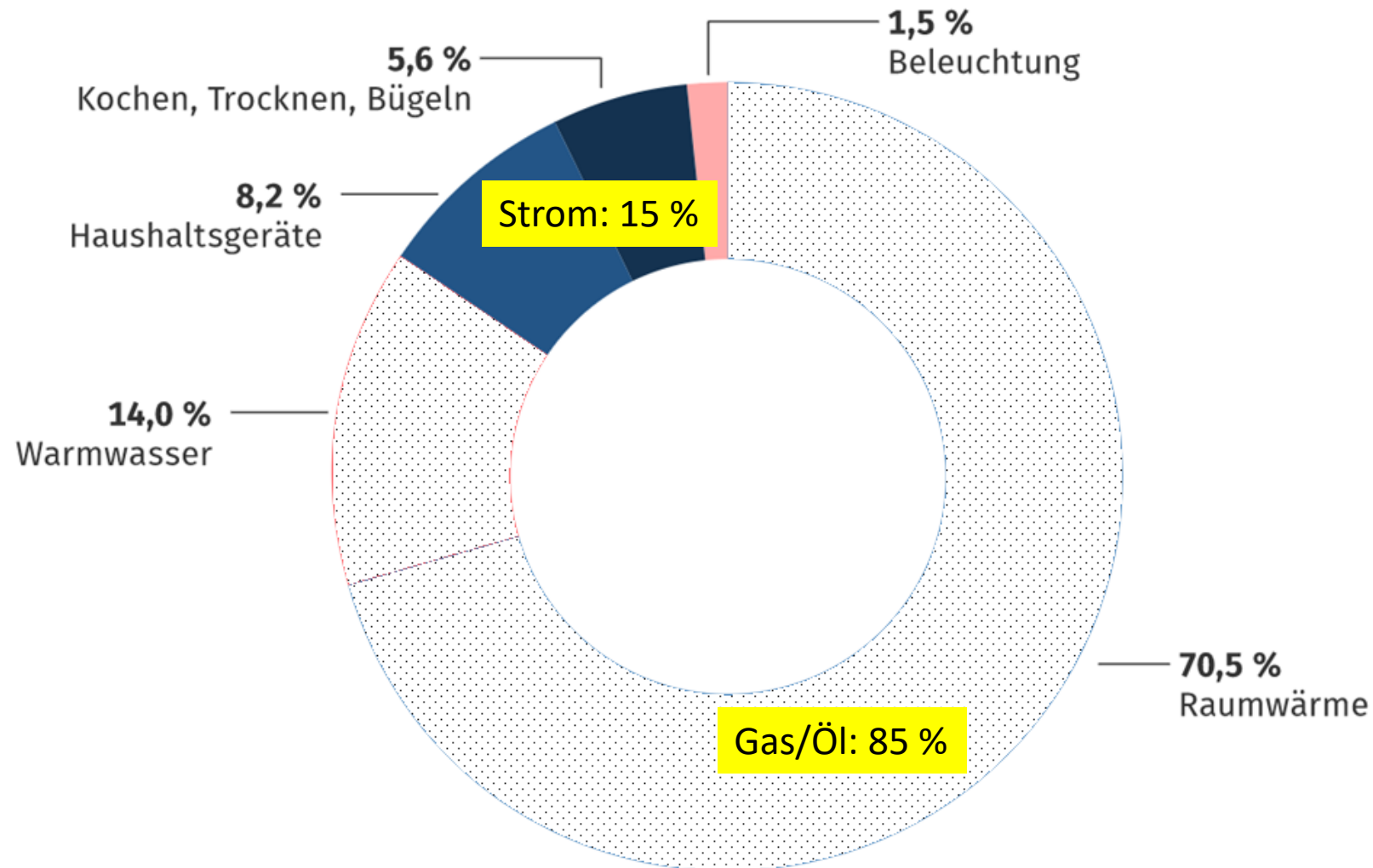


# Verteilung Energieverbrauch privater Haushalt



**Energieverbrauch = konstant**

# Energieverbrauch im Bereich „Wohnen“



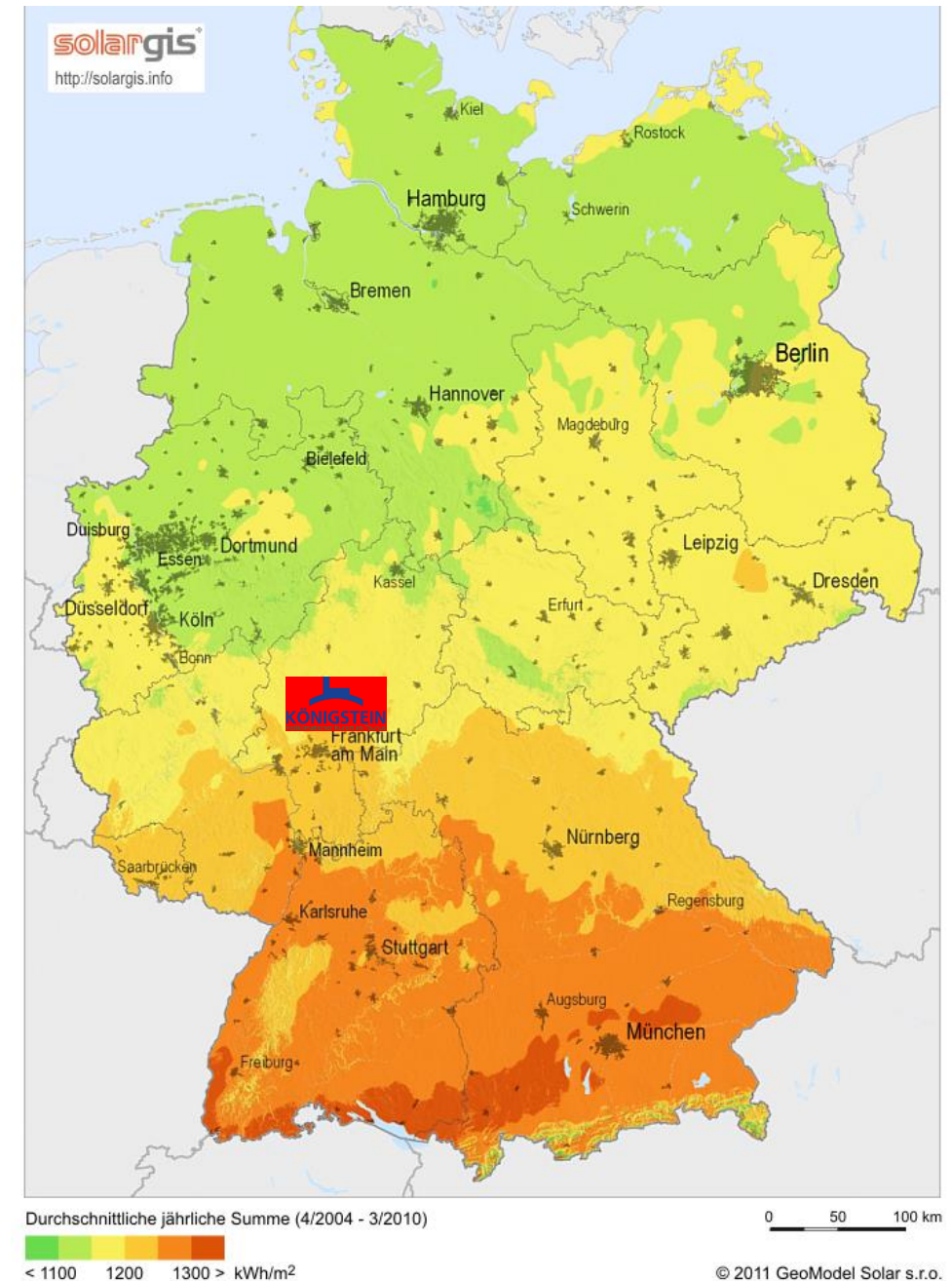


# Mittlere jährliche Globalstrahlung über Deutschland

Die Sonne liefert auf jeden m<sup>2</sup>  
im Schnitt ca. 1.250 kWh Energie pro Jahr.

Damit könnte man z.B.:

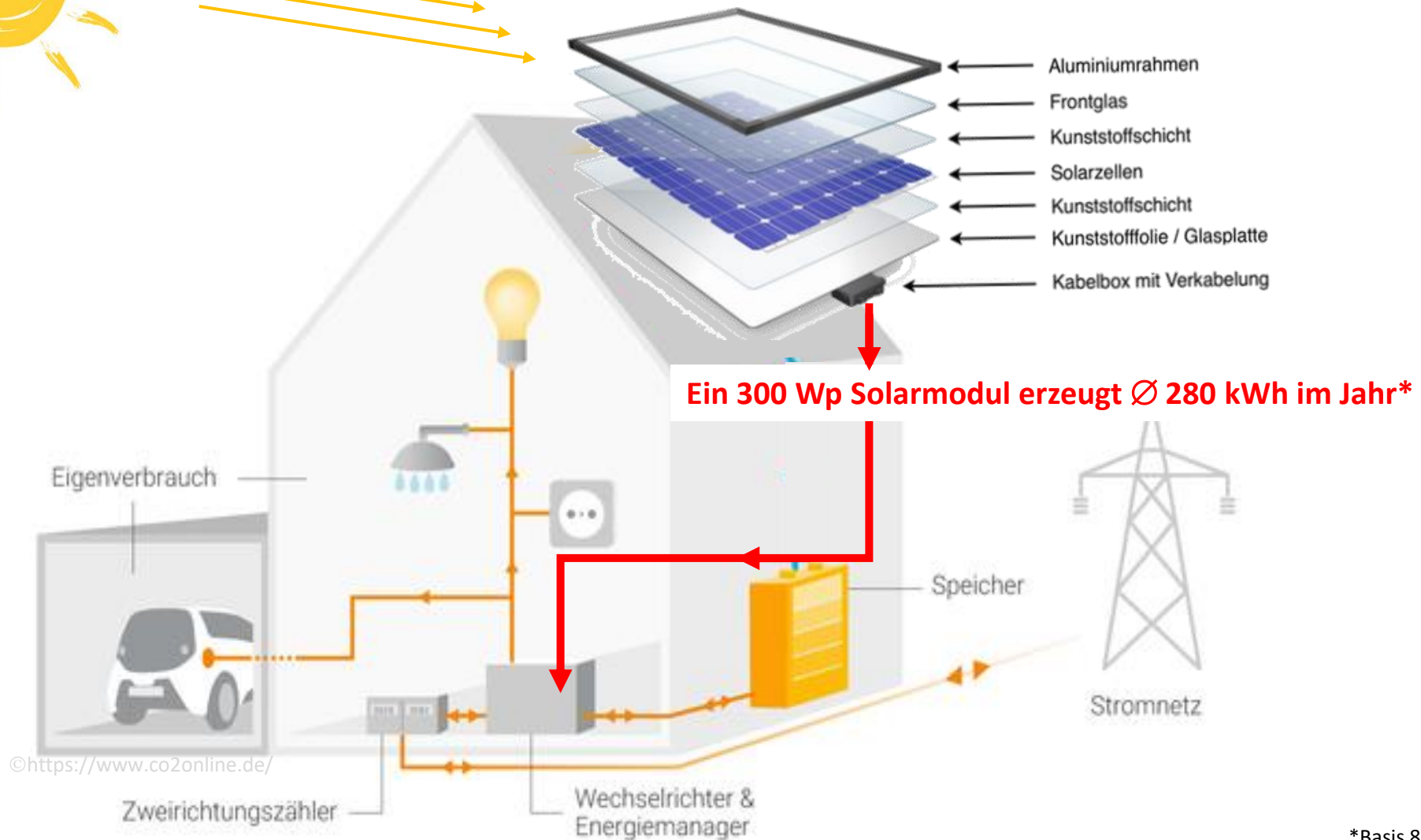
- 122 Liter Diesel ersetzen
- 87.500 Tassen Kaffee kochen
- 12.500 Stunden TV schauen



# Funktionsweise einer Photovoltaikanlage



1.250 kWh/m<sup>2</sup>

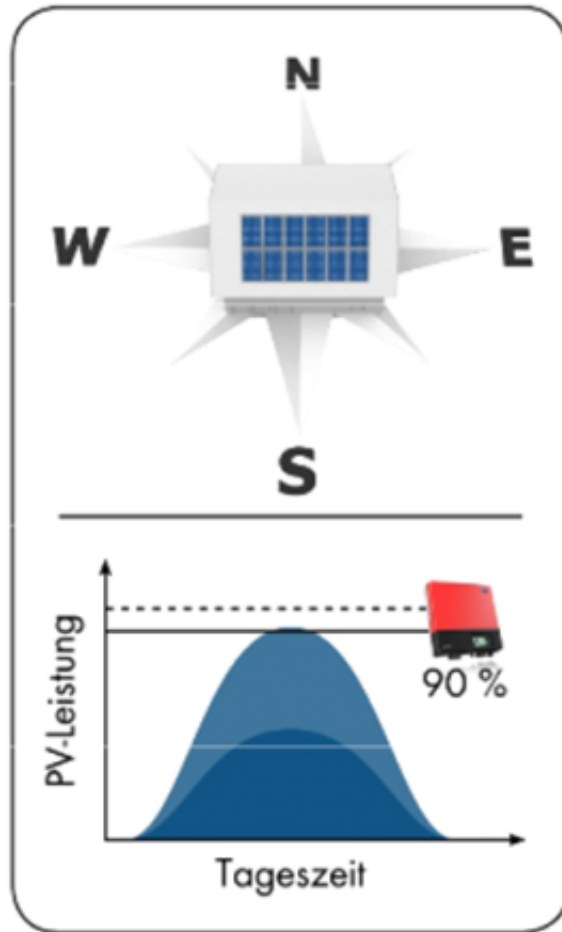


©<https://www.co2online.de/>

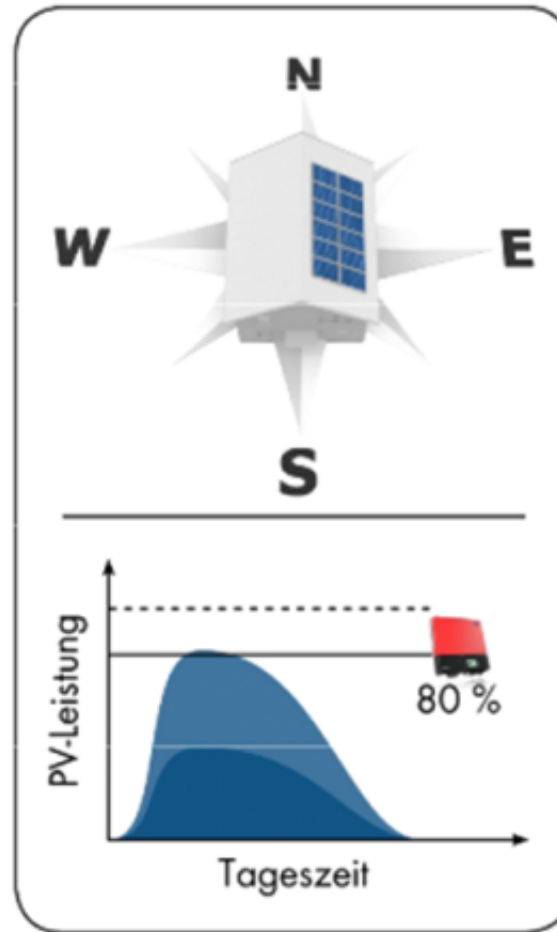
\*Basis 800 kWh/kWp

# PV Leistung in Abhängigkeit der Ausrichtung

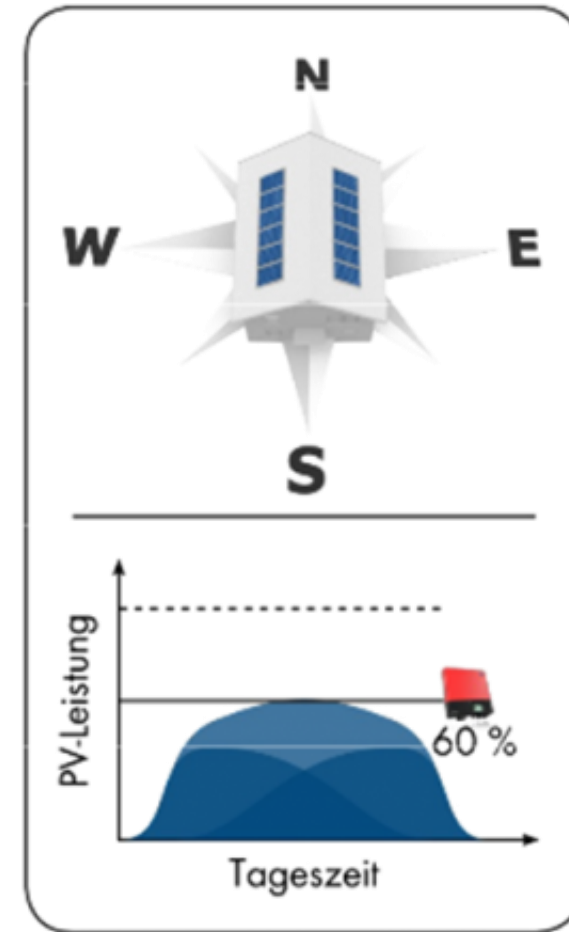
## Süd



## Ost



## Ost/West

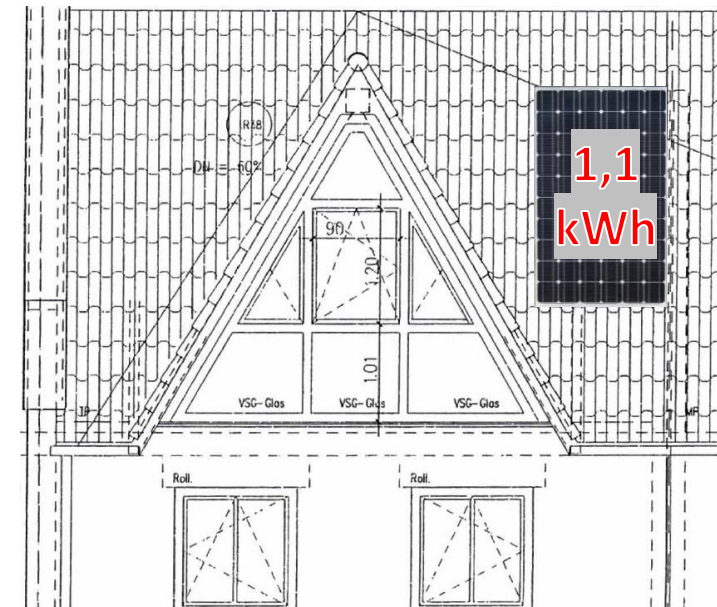


# PV Erträge in Abhängigkeit der Ausrichtung

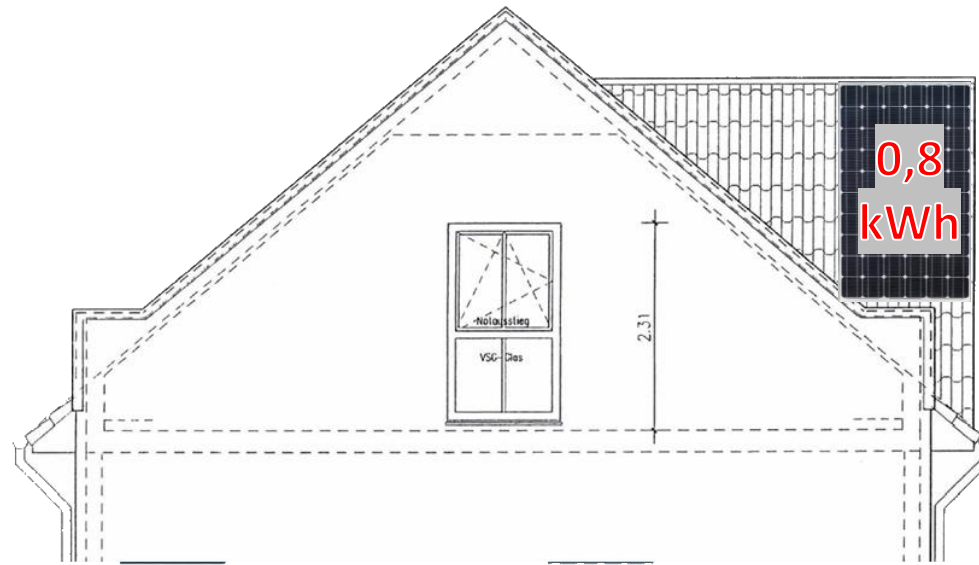
		Süd	Südost Südwest							Ost West	Nordost Nordwest							Nord		
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Dachneigung	0°	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
	10°	93%	93%	93%	92%	92%	91%	90%	89%	88%	86%	85%	84%	83%	81%	81%	80%	79%	79%	79%
	20°	97%	97%	97%	96%	95%	93%	91%	89%	87%	85%	82%	80%	77%	75%	73%	71%	70%	70%	70%
	30°	100%	99%	99%	97%	96%	94%	91%	88%	85%	82%	79%	75%	72%	69%	66%	64%	62%	61%	61%
	40°	100%	99%	99%	97%	95%	93%	90%	86%	83%	79%	75%	71%	67%	63%	59%	56%	54%	52%	52%
	50°	98%	97%	96%	95%	93%	90%	87%	83%	79%	75%	70%	66%	61%	56%	52%	48%	45%	44%	43%
	60°	94%	93%	92%	91%	88%	85%	82%	78%	74%	70%	65%	60%	55%	50%	46%	41%	38%	36%	35%
	70°	88%	87%	86%	85%	82%	79%	76%	72%	68%	63%	58%	54%	49%	44%	39%	35%	32%	29%	28%
	80°	80%	79%	78%	77%	75%	72%	68%	65%	61%	56%	51%	47%	42%	37%	33%	29%	26%	24%	23%
	90°	69%	69%	69%	67%	65%	63%	60%	56%	53%	48%	44%	40%	35%	31%	27%	24%	21%	19%	18%

**Gängige Dachausrichtungen und Dachneigungen sind geeignet**

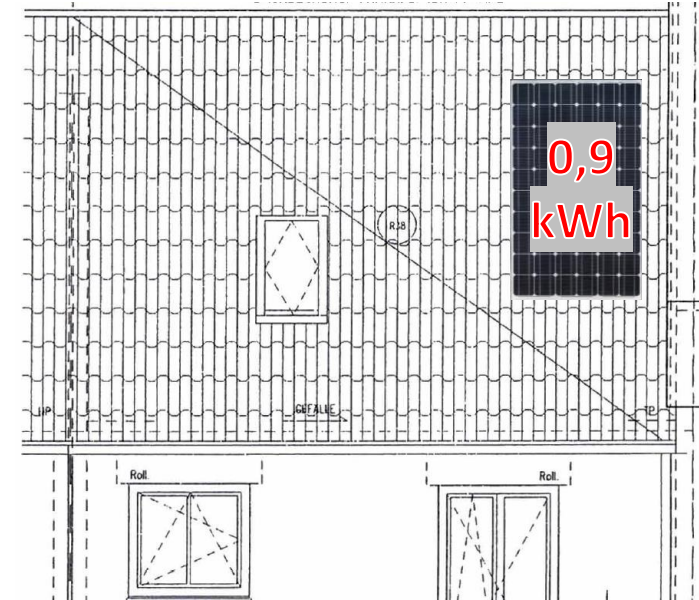
# PV Erträge in Abhängigkeit der Ausrichtung am 14.05.2021



**SÜDEN**  
(Dachneigung 45°)

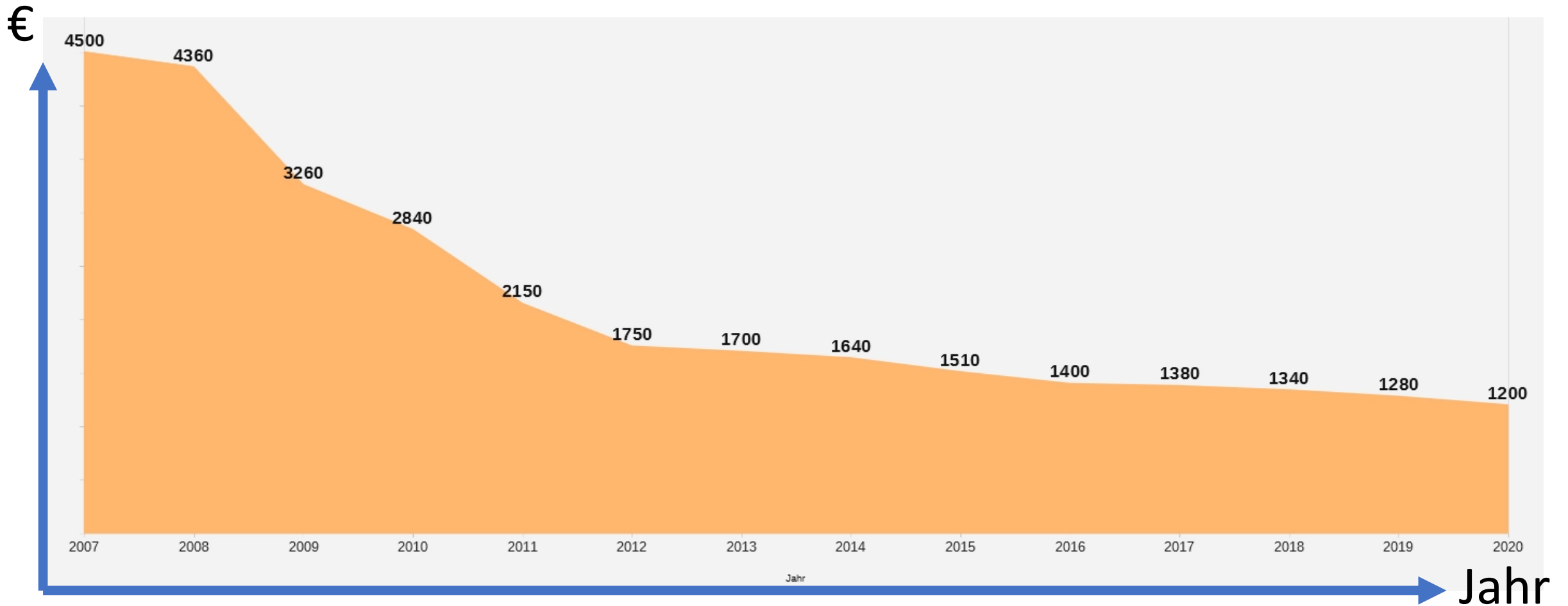


**WESTEN**  
(Dachneigung 60°)



**NORDEN**  
(Dachneigung 45°)

# Preis von Photovoltaikanlagen (€ pro kWp)



**Das Preisniveau für aktuelle Technik sinkt nur noch wenig**

# Preise von schlüsselfertigen Photovoltaikanlagen

**5 kWp**

4.250 kWh/Jahr

Anlagengröße  
**14 Module**

Dachfläche  
**30 m<sup>2</sup>**

**8.000 €**

**Strompreis 9,4 Cent / kWh**

inkl. 5 kWh Batteriesystem:

**12.900 €**

**Strompreis 15,1 Cent / kWh**

**10 kWp**

8.500 kWh/Jahr

Anlagengröße  
**28 Module**

Dachfläche  
**60 m<sup>2</sup>**

**12.600 €**

**Strompreis 7,4 Cent / kWh**

inkl. 10 kWh Batteriesystem:

**19.700 €**

**Strompreis 11,5 Cent / kWh**

**18 kWp**

15.300 kWh/Jahr

Anlagengröße  
**50 Module**

Dachfläche  
**110 m<sup>2</sup>**

**19.500 €**

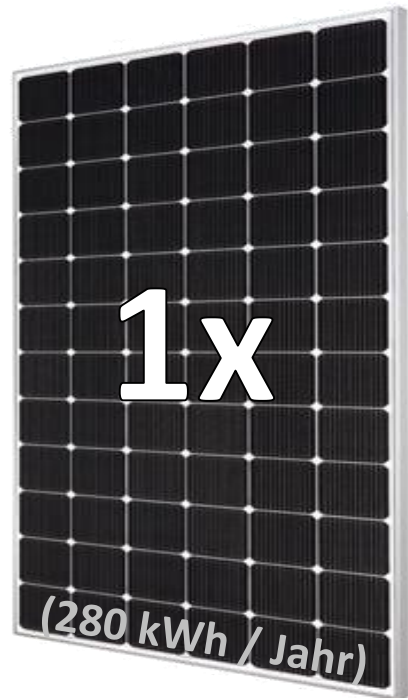
**Strompreis 6,3 Cent / kWh**

inkl. 15 kWh Batteriesystem:

**29.500 €**

**Strompreis 9,6 Cent / kWh**

# „Selbstgemachter“ Ökostrom lässt Rohstoffe im Boden



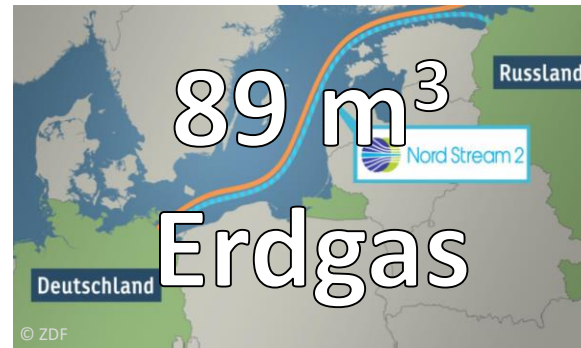
=



für Strom



oder



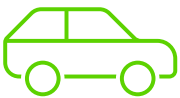
für Wärme



oder



für Mobilität



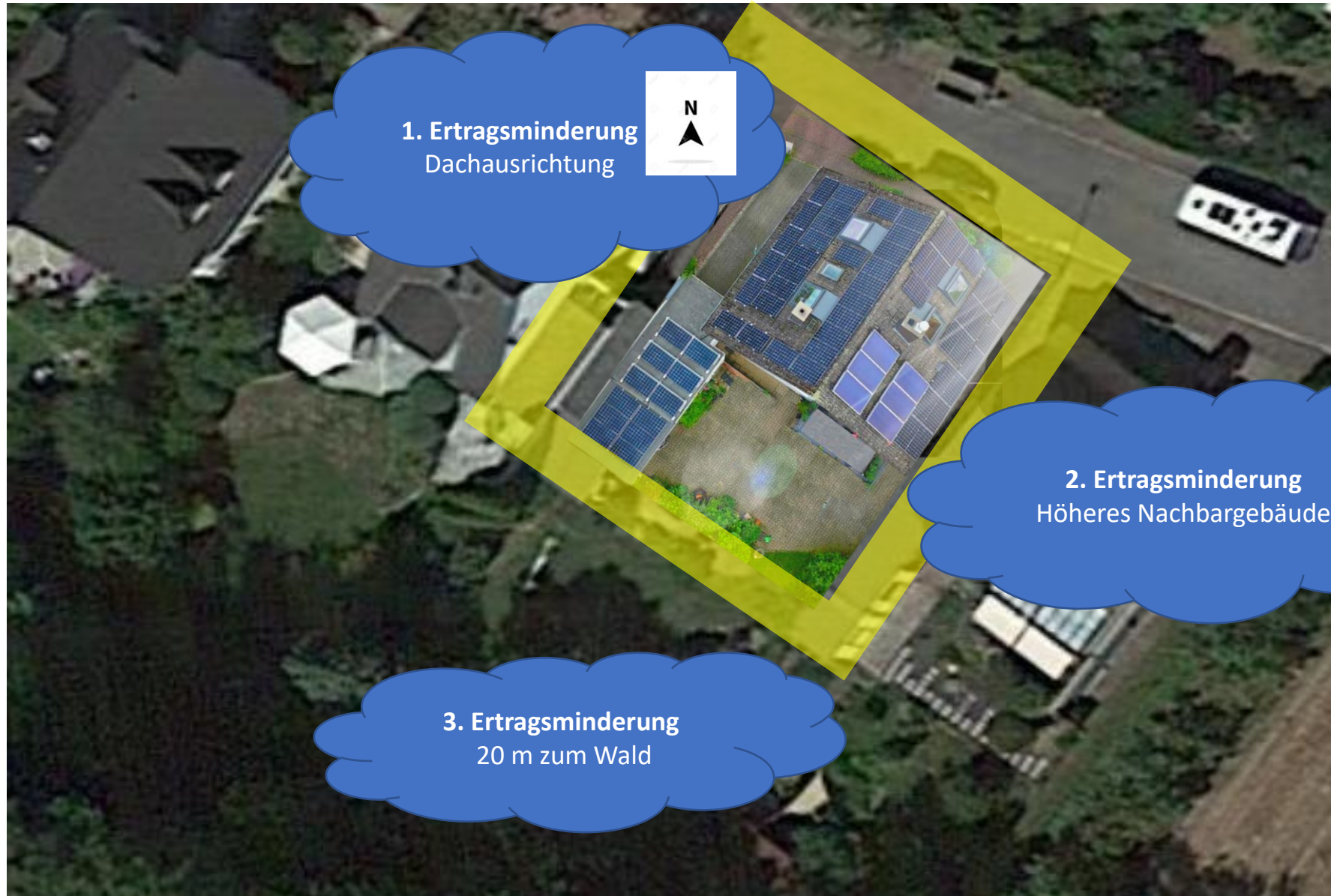
# Jedes Jahr !



# Praxisbeispiel – Familie Michalla



# Von optimalen Gegebenheiten für PV sind auch wir weit entfernt

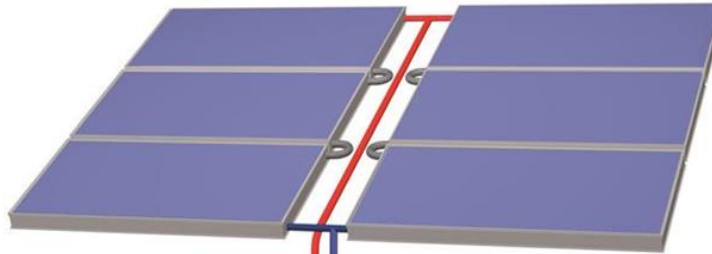


# Wärme: Brauchwasser + Heizung

## 1) Scheitholzvergaser

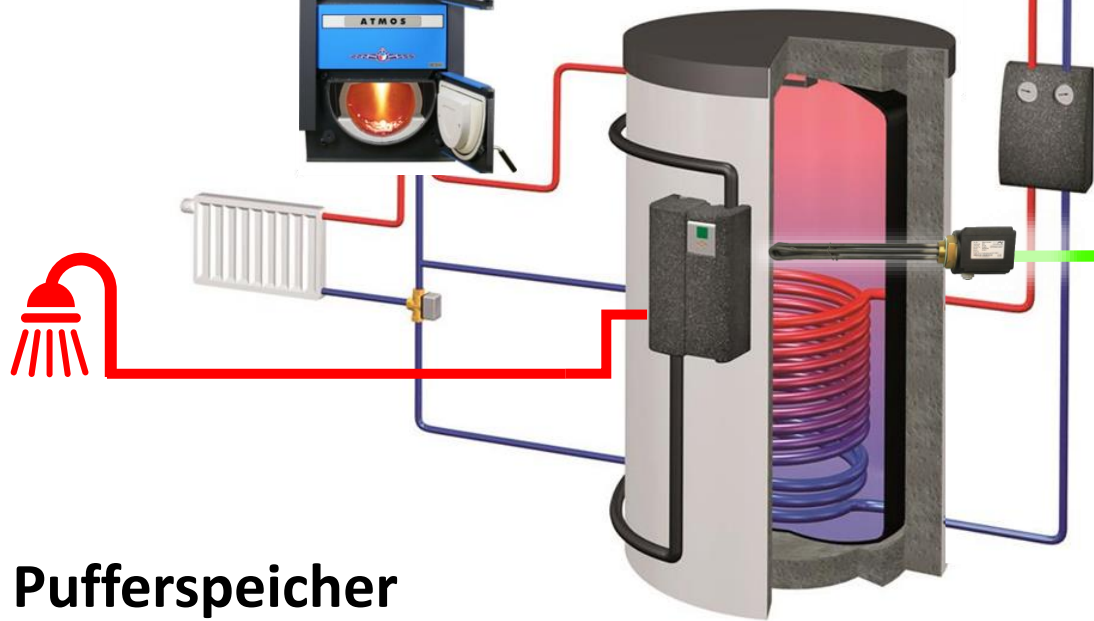


## 2) Solarthermie



## 3) Photovoltaik

Heizstab: 0 - 3.000 Watt  
MY-PV AC ELWA-E



## Pufferspeicher

Volumen = 1.000 l

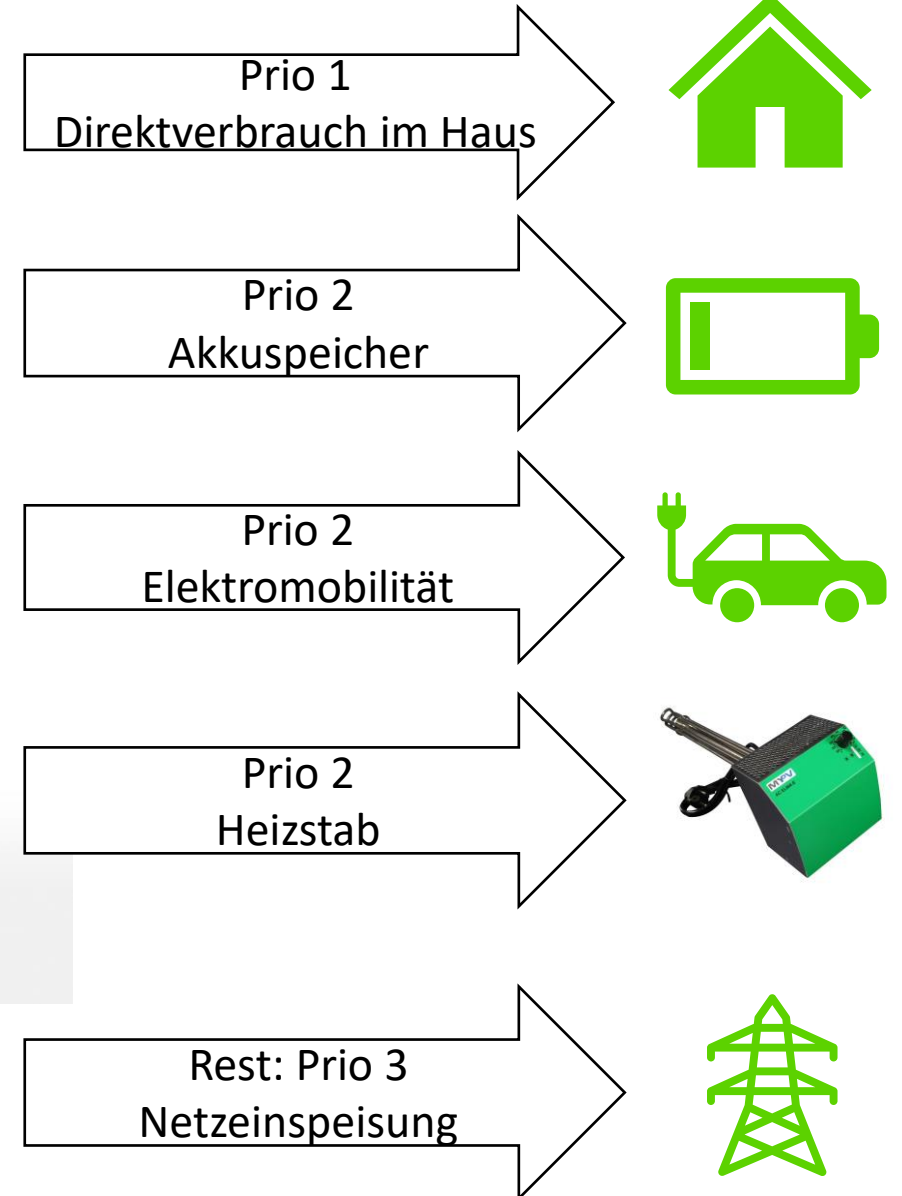
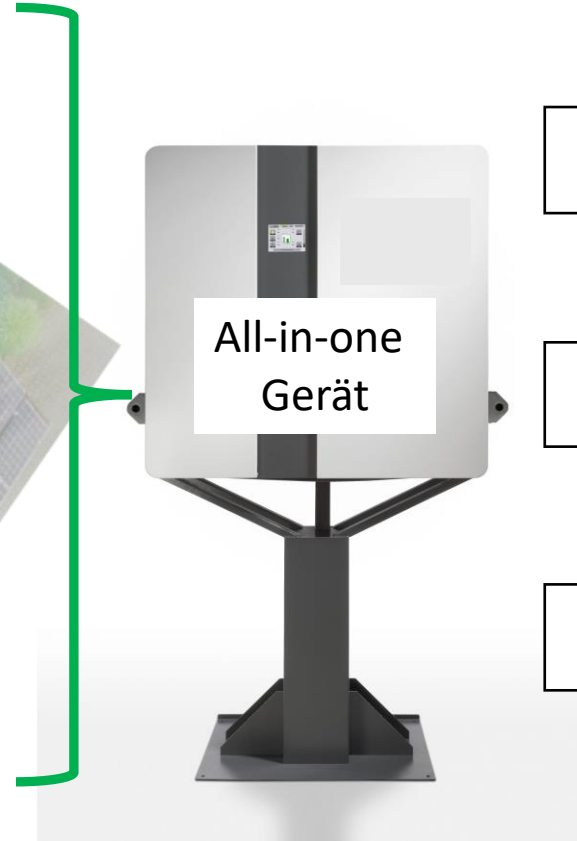
**Energiekapazität 58 kWh (entspricht ca. 6 m<sup>3</sup> Erdgas)**

(Wassertemperatur sinkt von 85 °C → 35 °C)

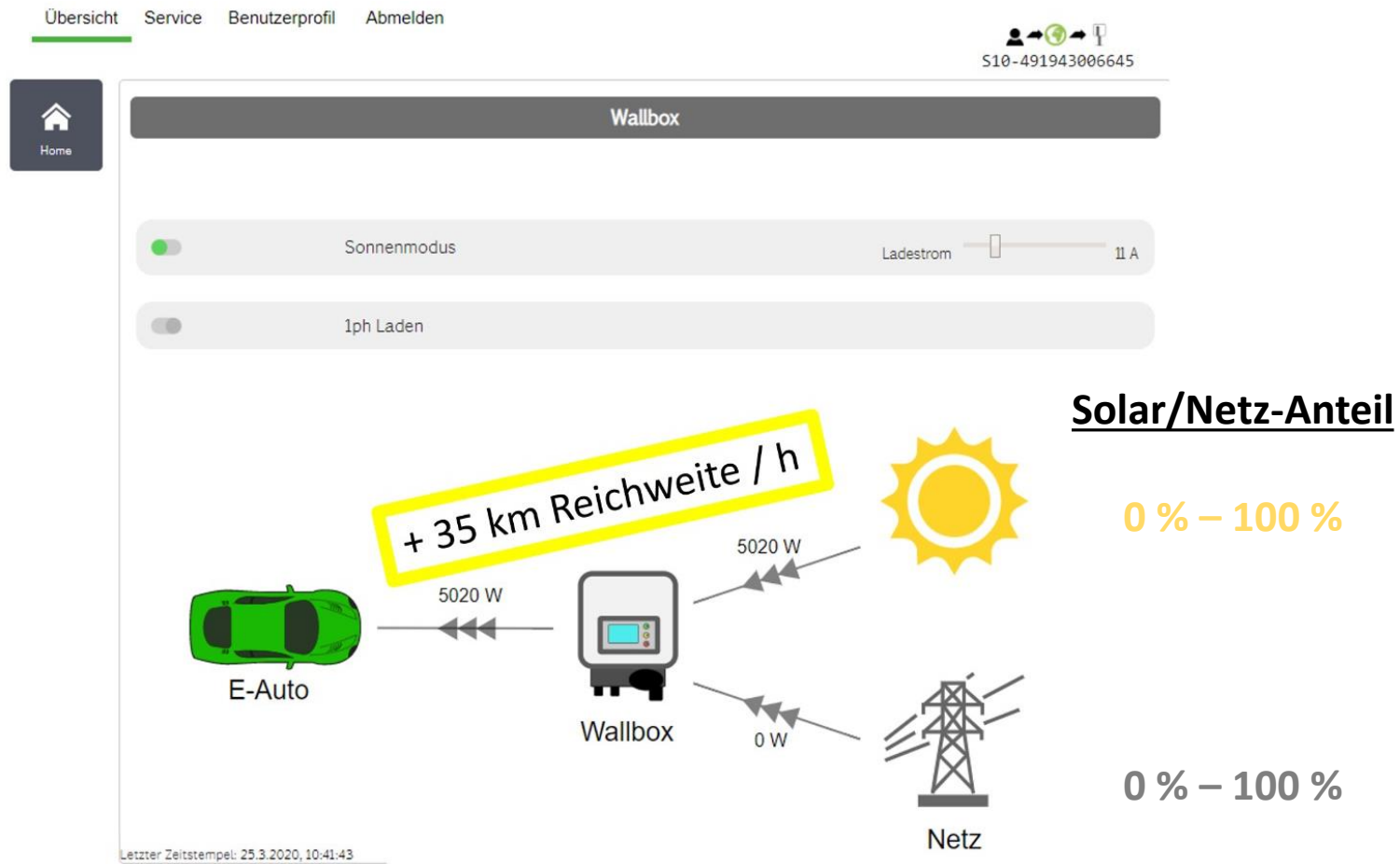
# Strom: Haus und Mobilität

**Photovoltaik**  
**Batterie**  
**Wallbox E-Auto**

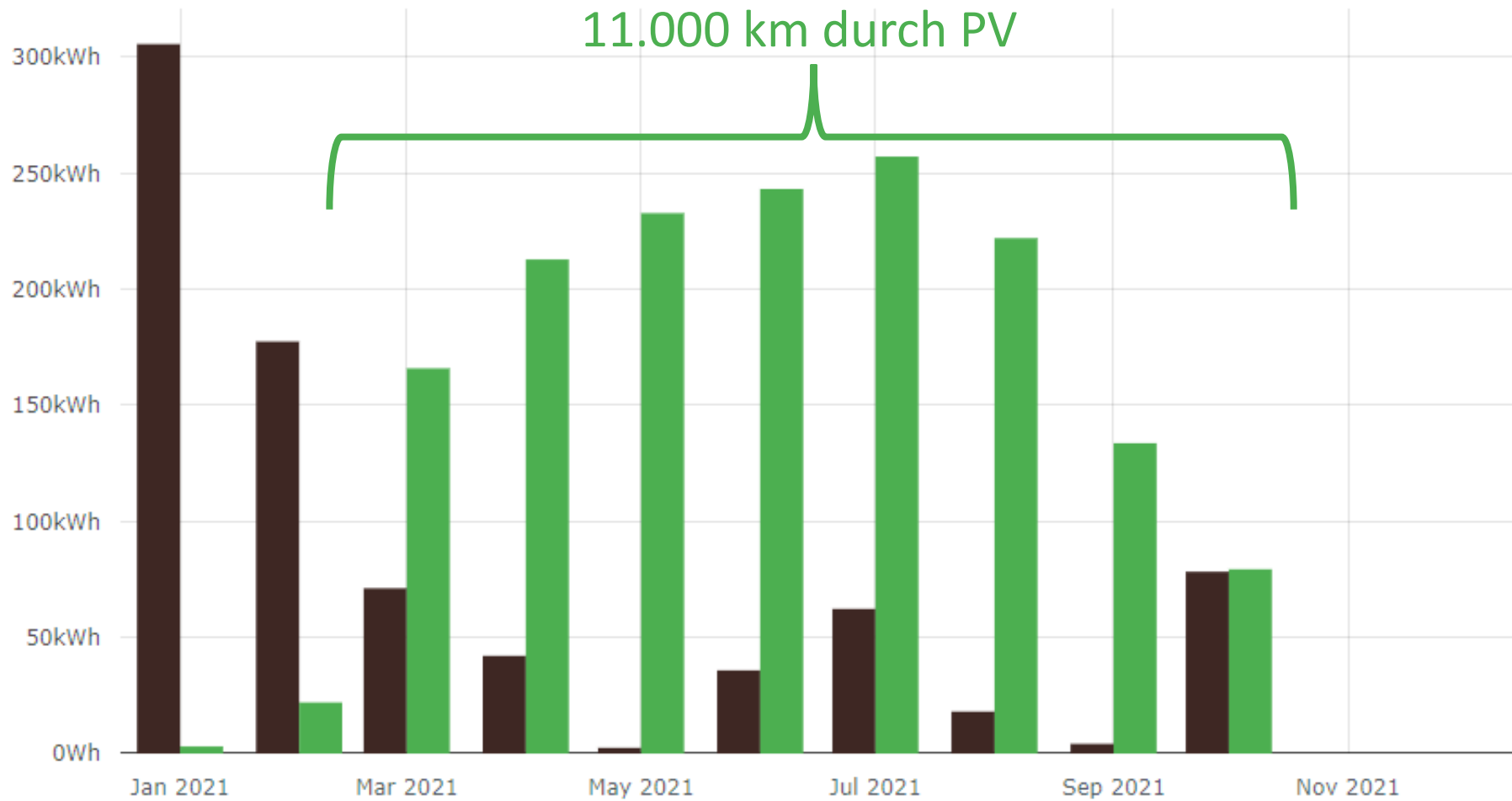
21 kWp ( Erweiterung von 9,9 kWp auf 21 kWp)  
13 kWh



# Elektromobilität – solares Überschussladen



# Das Elektroauto fährt mit Strom vom eigenen Dach



797.75 [kWh]

-

Wallbox (ID 0)  
Netzbezug

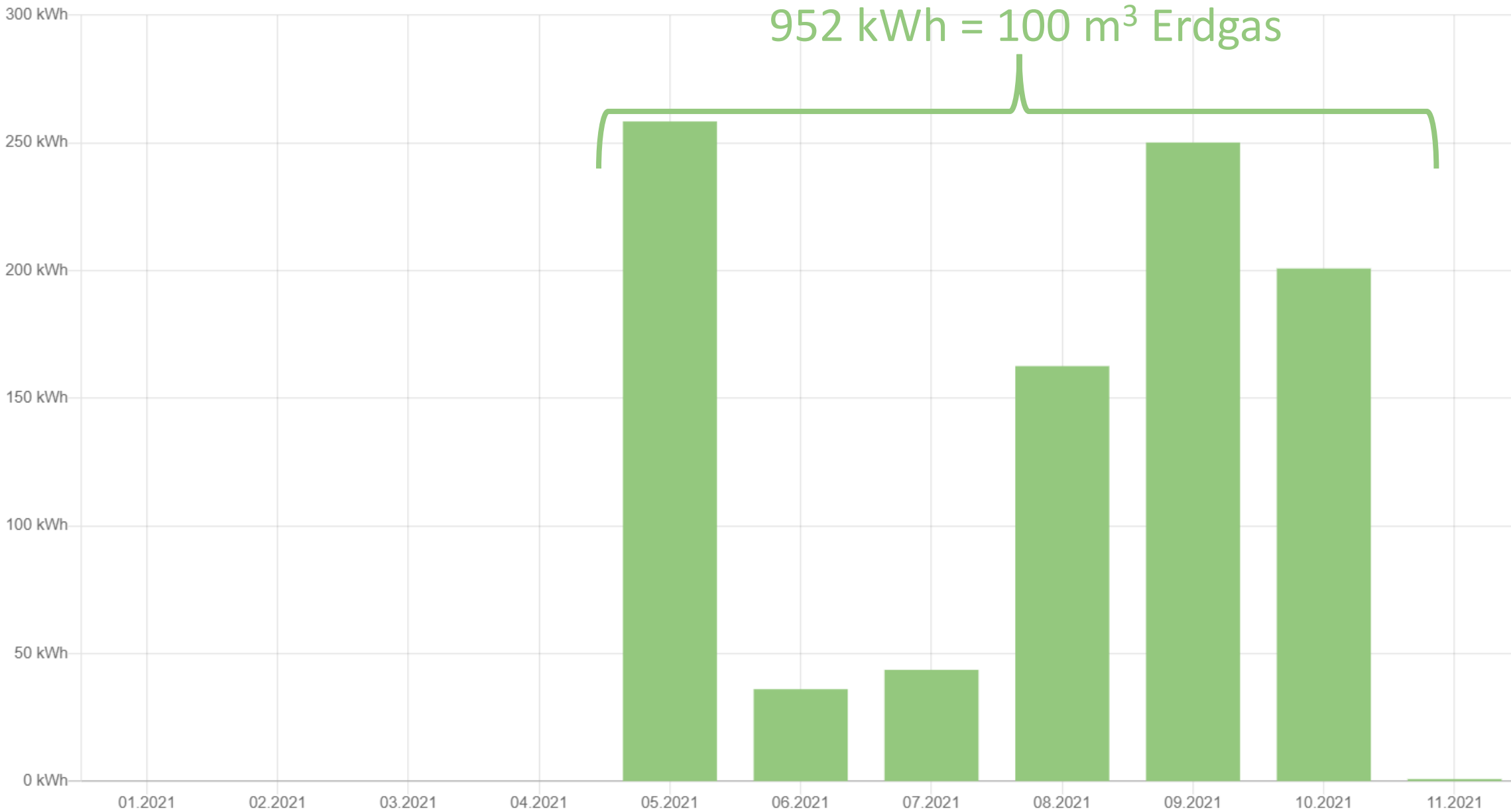
1572.54 [kWh]

-

Wallbox (ID 0)  
Solarladeleistung

# Wärme aus Strom: Überschuss geregelter Heizstab (0 – 3.000 Watt)

952 kWh = 100 m<sup>3</sup> Erdgas



## PV 1 (2019)

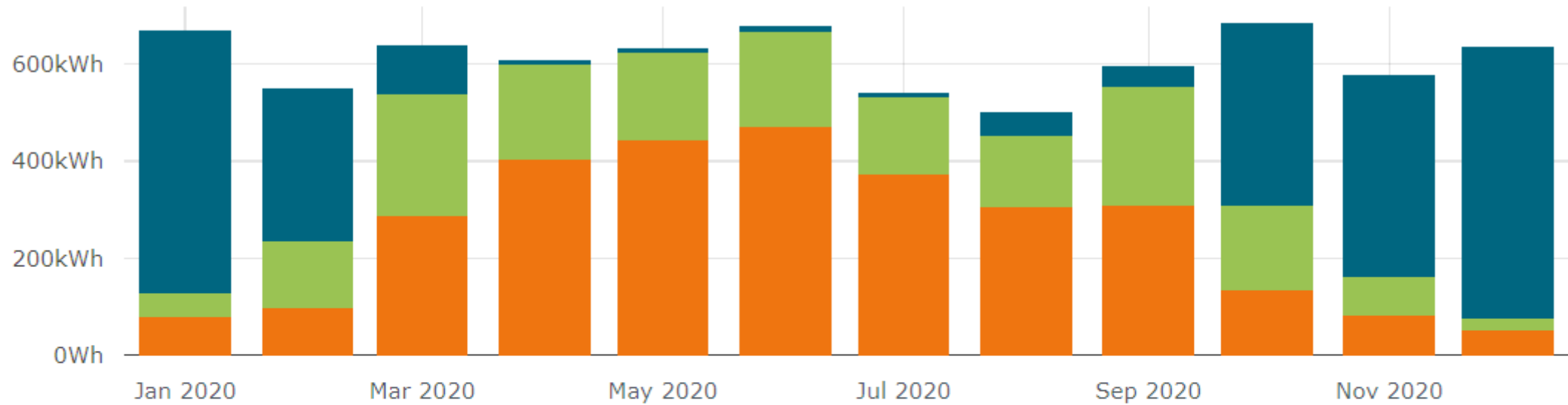
$$9,9 \text{ kWp (inkl. Wechselrichter, Batteriespeicher)} : 25 \text{ Jahre} \times 8.415 \text{ kWh/Jahr} = 210.375 \text{ kWh} = \frac{22.500 \text{ € netto}}{210.375 \text{ kWh}} = \frac{22.500 \text{ €}}{210.375 \text{ kWh}} = \mathbf{0,10 \text{ € / kWh}}$$

## PV 2 (2021)

$$11,5 \text{ kWp (inkl. 2. Wechselrichter)} : 25 \text{ Jahre} \times 9.775 \text{ kWh/Jahr} = 244.375 \text{ kWh} = \frac{13.200 \text{ € netto}}{244.375 \text{ kWh}} = \frac{13.200 \text{ €}}{244.375 \text{ kWh}} = \mathbf{0,05 \text{ € / kWh}}$$



# Jahresbilanz – Strom (9,9 kWp)



3027.94 [kWh]

Direktverbrauch

1840.19 [kWh]

Batterie  
(Entladen)

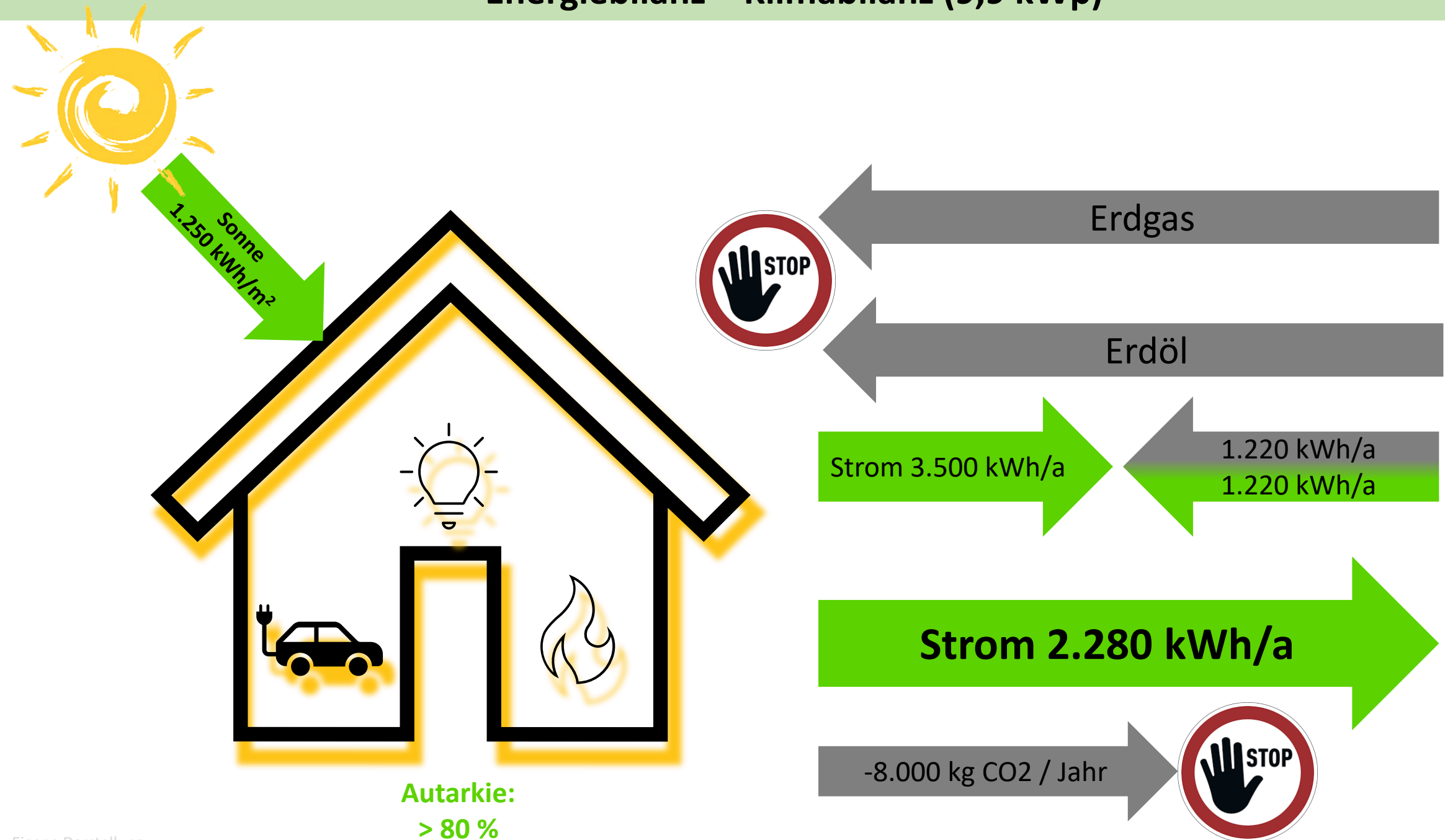
2440.89 [kWh]

Netzbezug

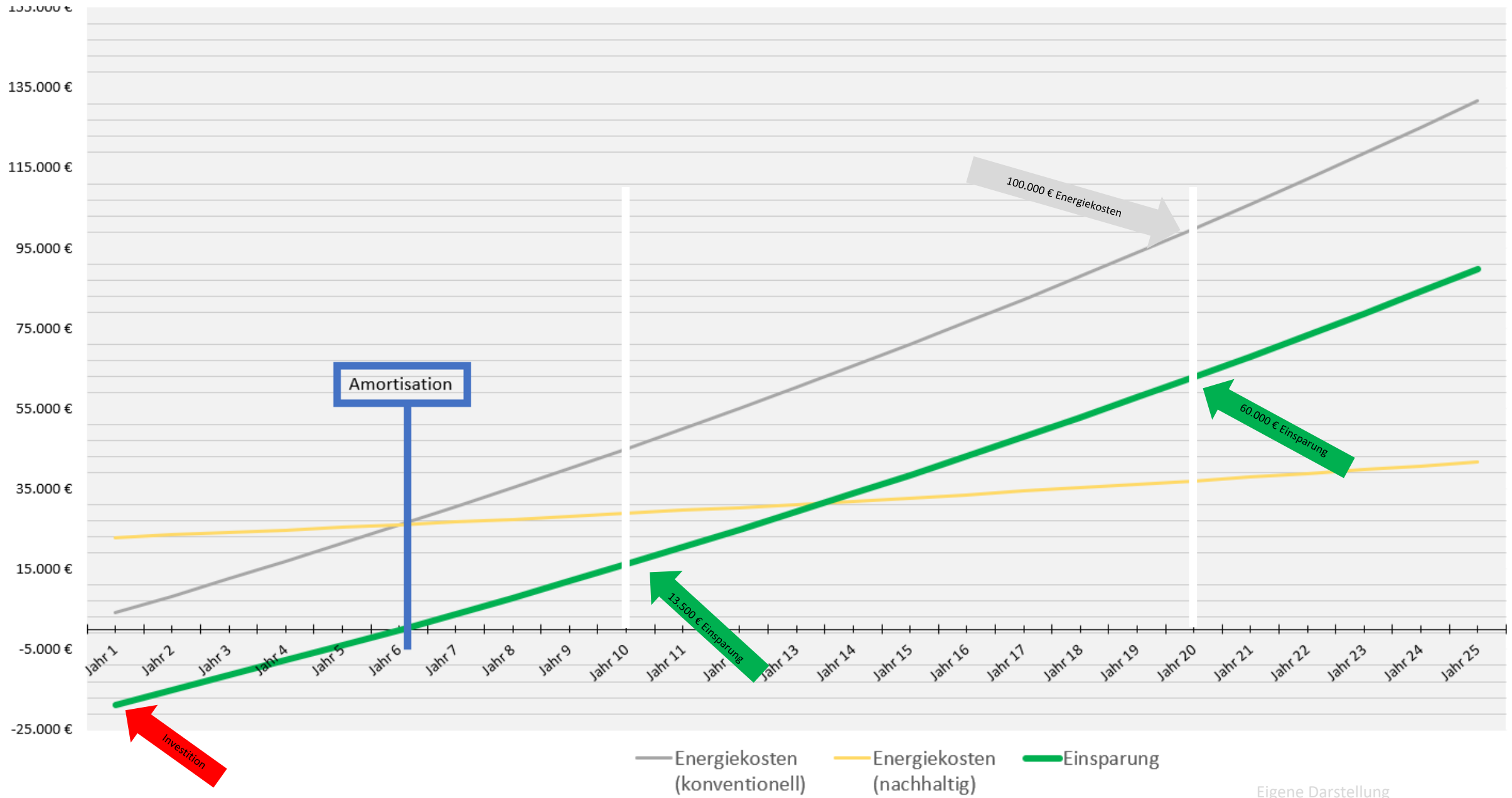
6661.08 [kWh]

Σ Verbrauch ⓘ

# Energiebilanz – Klimabilanz (9,9 kWp)



# Wirtschaftlichkeit – Photovoltaik (2 % Preissteigerung & ohne CO2-Bepreisung !) (9,9kWp)



# Zusammenfassung

## Heutige Situation

1. Anteil der Erneuerbaren Energien Stand heute 19 % (notwendig: 100 % bis 2045)
2. Ausbaugeschwindigkeit der Erneuerbaren Energien viel zu langsam

## Technik

1. Photovoltaik ist **DIE** Energietechnik der Bürger
2. 11 Solarmodule erzeugen die Strommenge für einen 3 Personenhaushalt

## Wirtschaftlichkeit

1. Anlagenpreise starten bei ca. 6.500 € und die Stromkosten bei ca. 0,06 €/kWh
2. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit ist der Eigenverbrauch



# Ökologie



April 2021  
Taunus

Es ist nicht genug zu wissen, man muß auch anwenden;  
es ist nicht genug zu wollen, man muß auch tun.

Johann Wolfgang von Goethe