

# Solartage

#ENERGIELAND2050



Start:  
19 Uhr

energieland  
2050 e.V.

# Solartage

#ENERGIELAND2050

- 24.10.** **„Photovoltaik für Privateigentümer“**  
mit Prof. Dr. Konrad Mertens (FH Münster)
- 25.10.** **„Strom und Wärme daheim -  
PV in Kombination mit Wärmepumpe“**  
mit Ulrich Greiling (EffizienzGebäude, Energieberater)
- 26.10.** **„Solarpaket I - Änderung im Jahr 2024“**  
mit Lena Kreggenfeld (Wolter Hoppenberg Rechtsanwälte)
- 30.10.** **„Steckerfertige PV-Balkonanlagen“**  
mit Andreas Weischer (VHS-Referent)
- 02.11.** **„PV für Unternehmen“**  
mit Michael Feldhues (Sun Pro Tec Photovoltaikanlagen)

# PODIUMSDISKUSSION

**Klimaneutralität – Europäisches Projekt, lokale Herausforderung**

**26.10.2023 | 18 Uhr | Emsdetten, Stroetmanns Fabrik**

**Mit Dr. Markus Pieper (MdEP), Thomas Voß (energielandwerker eG)  
und Christian Mildenberger (LEE NRW)**

**Moderation: Lotte Foth**

Foto: Dorothea Böing / Kreis Steinfurt



**EUROPE DIRECT  
Steinfurt**

**energieland  
2050**  
*Wir drehen das  
im Kreis Steinfurt!*



**EuropaUnion  
Steinfurt e.V.**



# **PV-Anlagen für Privateigentümer- Kein Dach ohne Solarstrom!**

Prof. Konrad Mertens

Labor für Optoelektronik und Sensorik, Photovoltaik-Prüflabor

Fachbereich Elektrotechnik und Informatik

Fachhochschule Münster



## Gliederung:

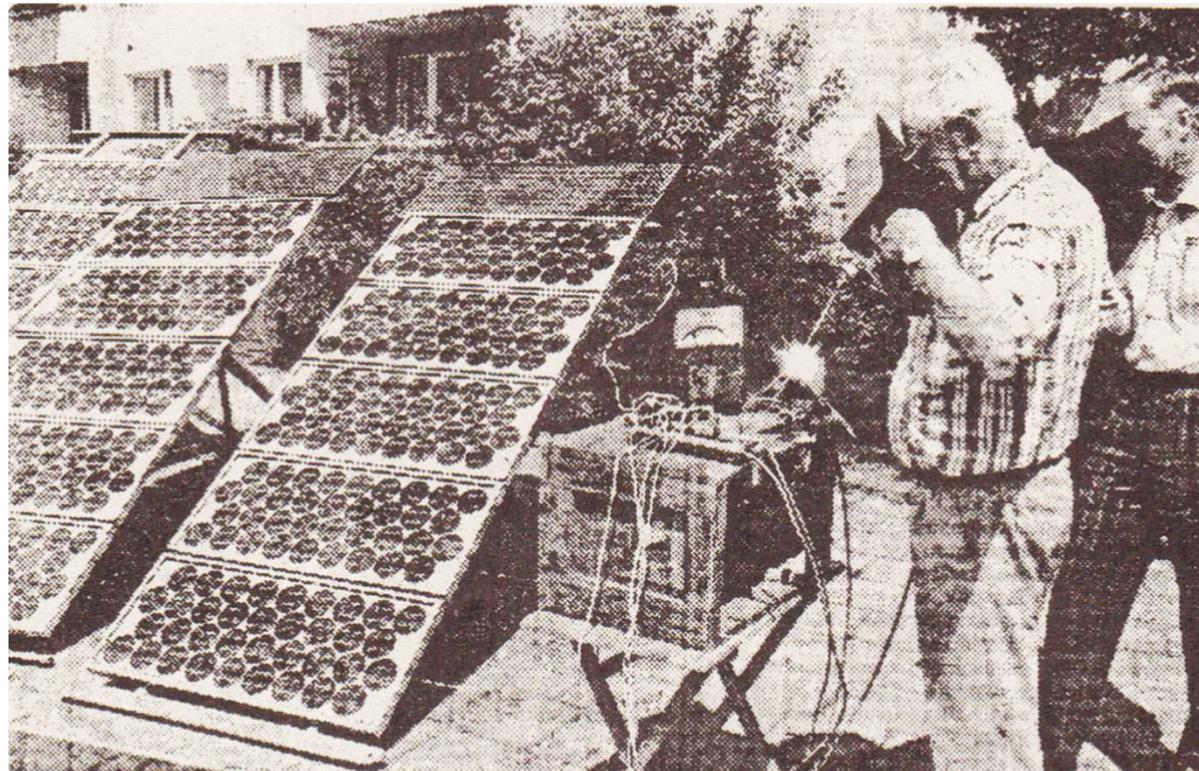
1. Was heißt hier Klimaschutz?
2. Einführung zur Photovoltaik
3. Markt- und Preisentwicklung
4. Wirtschaftlichkeit von konkreten Anlagenbeispielen
5. Speicherung von Solarstrom
6. Photovoltaik und Elektroautos?
7. Fazit

## Zur Person

- Seit 1991 im Solarenergie-Förderverein Aachen (SFV):



Vorführung: Schweißen mit Solarenergie...



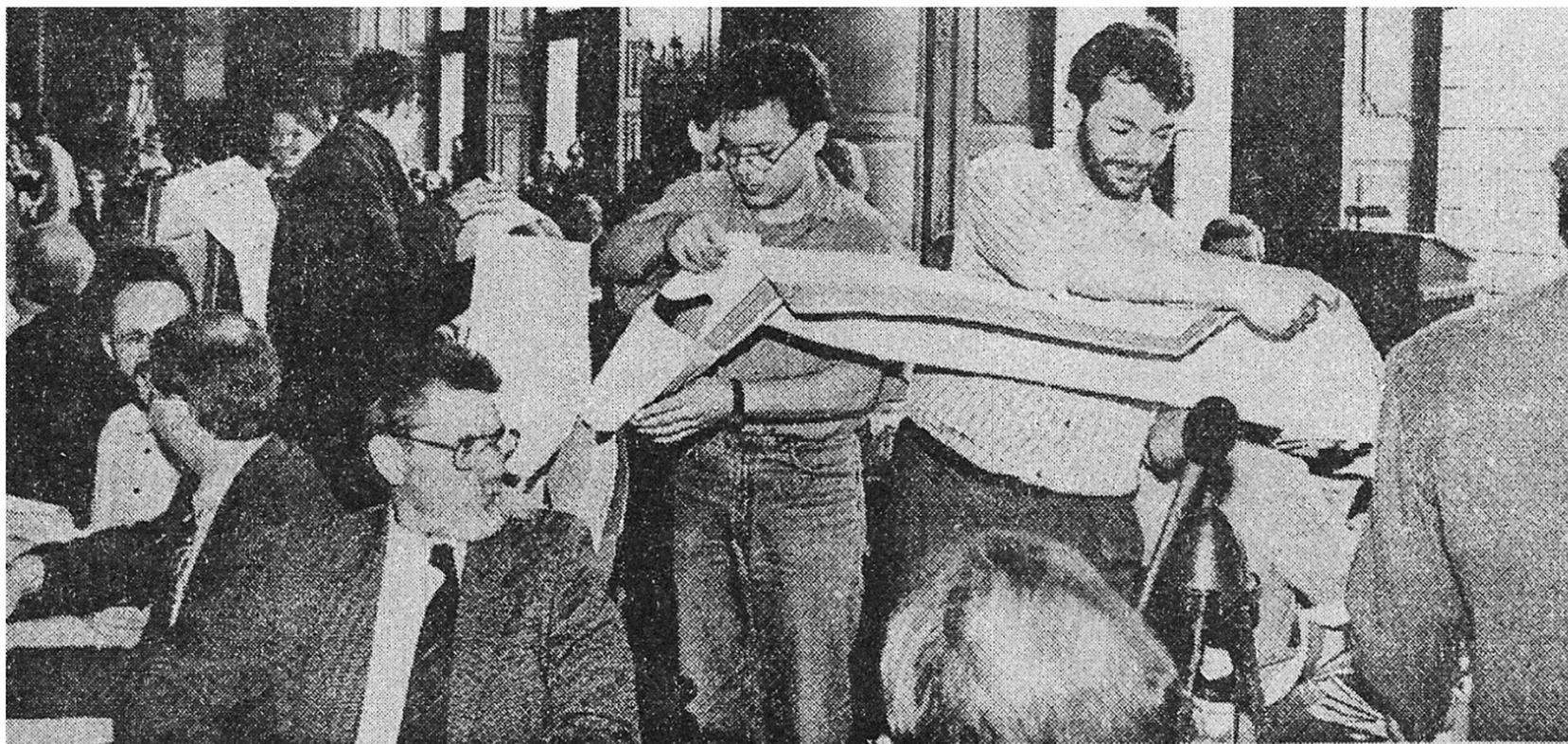
## Zur Person

Vorführung: Betrieb von Geräten mit Solarenergie (Halle, 1990)



## Zur Person

Einsatz für kostendeckende Vergütung...

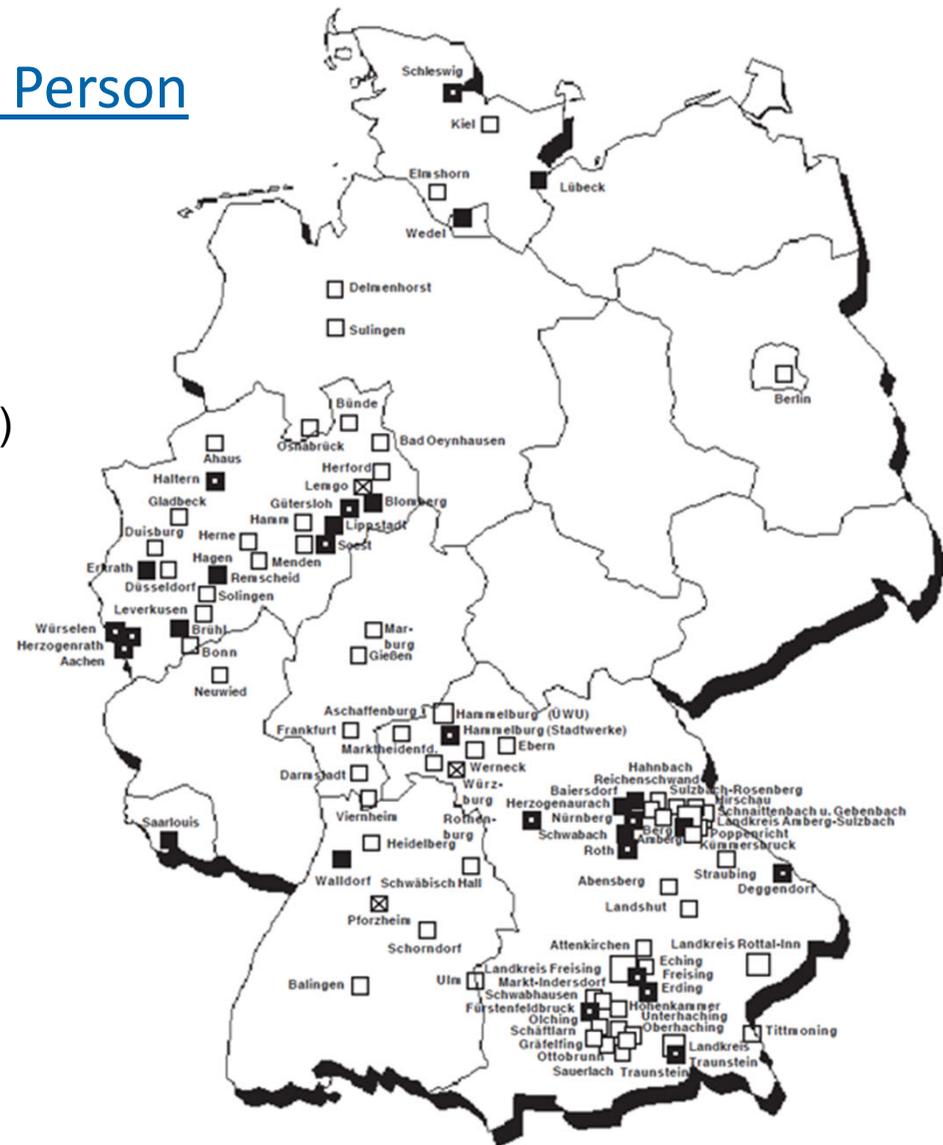


Befürworter des „Aachener Modells“ entrollten im Rathaus eine 60 Meter lange Papierbahn: zusammengeklebte Blätter mit rund 2 500 Unterschriften für die kostengerechte Vergütung.

Fotos: Harald Krömer

## Zur Person

- 1995: Errichtung der ersten Anlage mit kostendeckender Vergütung (2 DM/kWh)
- Innerhalb von 4 Jahren übernehmen 40 weitere Städte das Aachener Modell!

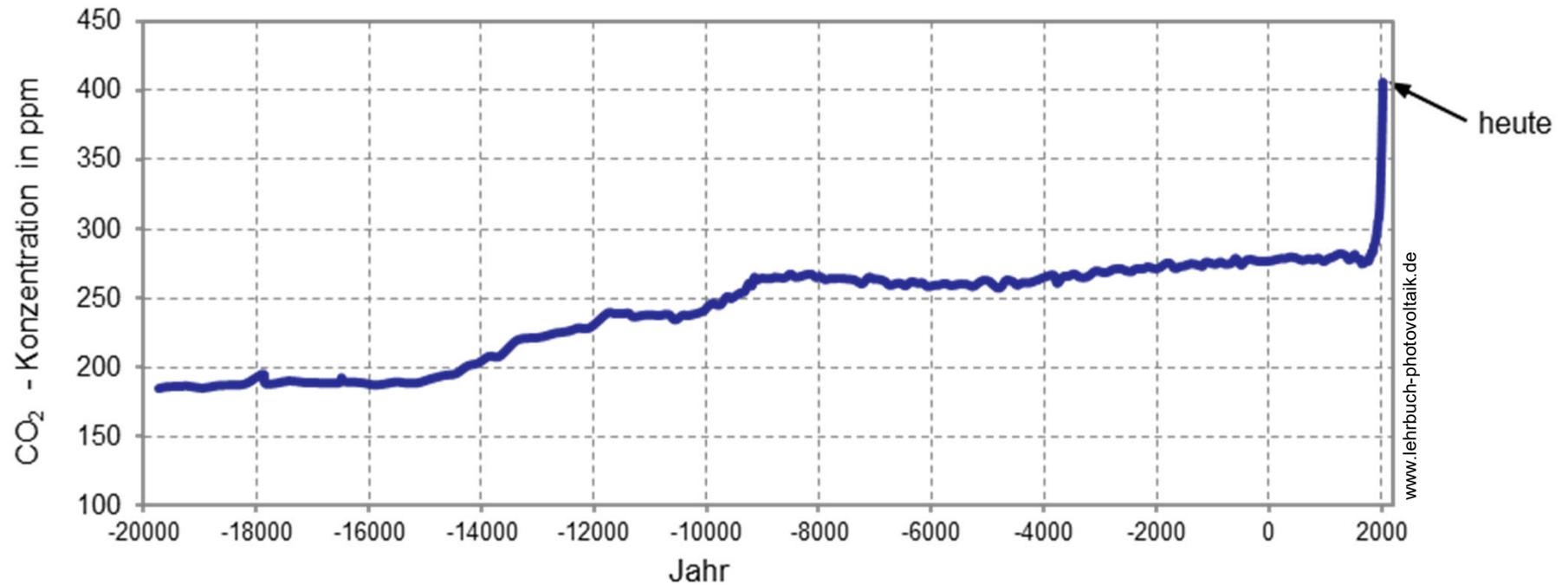


⇒ Dies war die Blaupause für die Einführung des EEG im Jahr 2000!



# 1. Was heißt hier Klimaschutz?

## Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Lauf der letzten 20.000 Jahre:



- ⇒ Temperaturanstieg
- ⇒ Häufiger Stürme und Überflutungen
- ⇒ Verschiebung von Klimazonen

Der Klimawandel hat schon begonnen:



Der Klimawandel hat schon begonnen:



Der Klimawandel hat schon begonnen:

## Wald: Klimawandel verursacht Milliarden-Schäden



© Adobestock

agrarheute, 28.08.2019

## Der Klimawandel hat schon begonnen:



Trockenheit lässt Buchen sterben, WAZ, 28.08.2019

## Der Klimawandel hat schon begonnen:



Australien, Herbst 2019

## Der Klimawandel hat schon begonnen:



Australien, Frühjahr 2020

Der Klimawandel hat schon begonnen:



Kalifornien, Herbst 2020

## Der Klimawandel hat schon begonnen:



Deutschland, Sommer 2021

## Der Klimawandel hat schon begonnen:



Deutschland, Sommer 2021

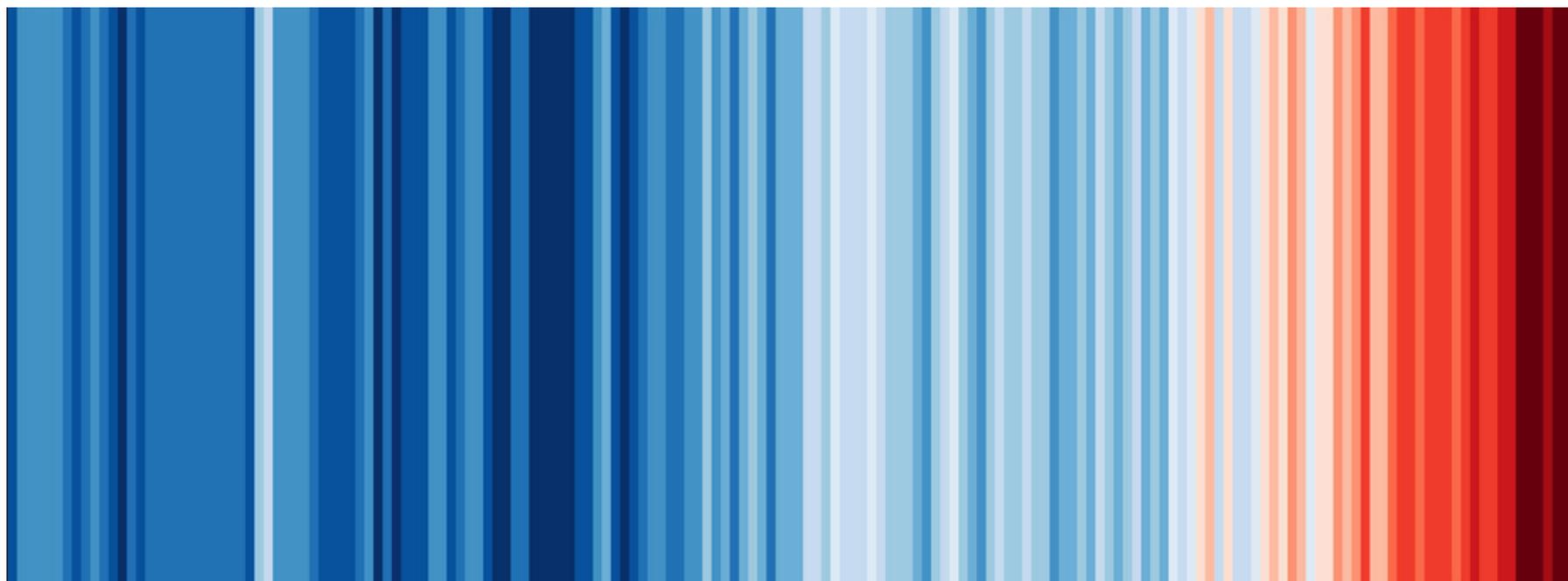
Der Klimawandel hat schon begonnen:



Australien, Queensland, Frühjahr 2022

## Was ist das?

### Jahrestemperaturen seit 1881:

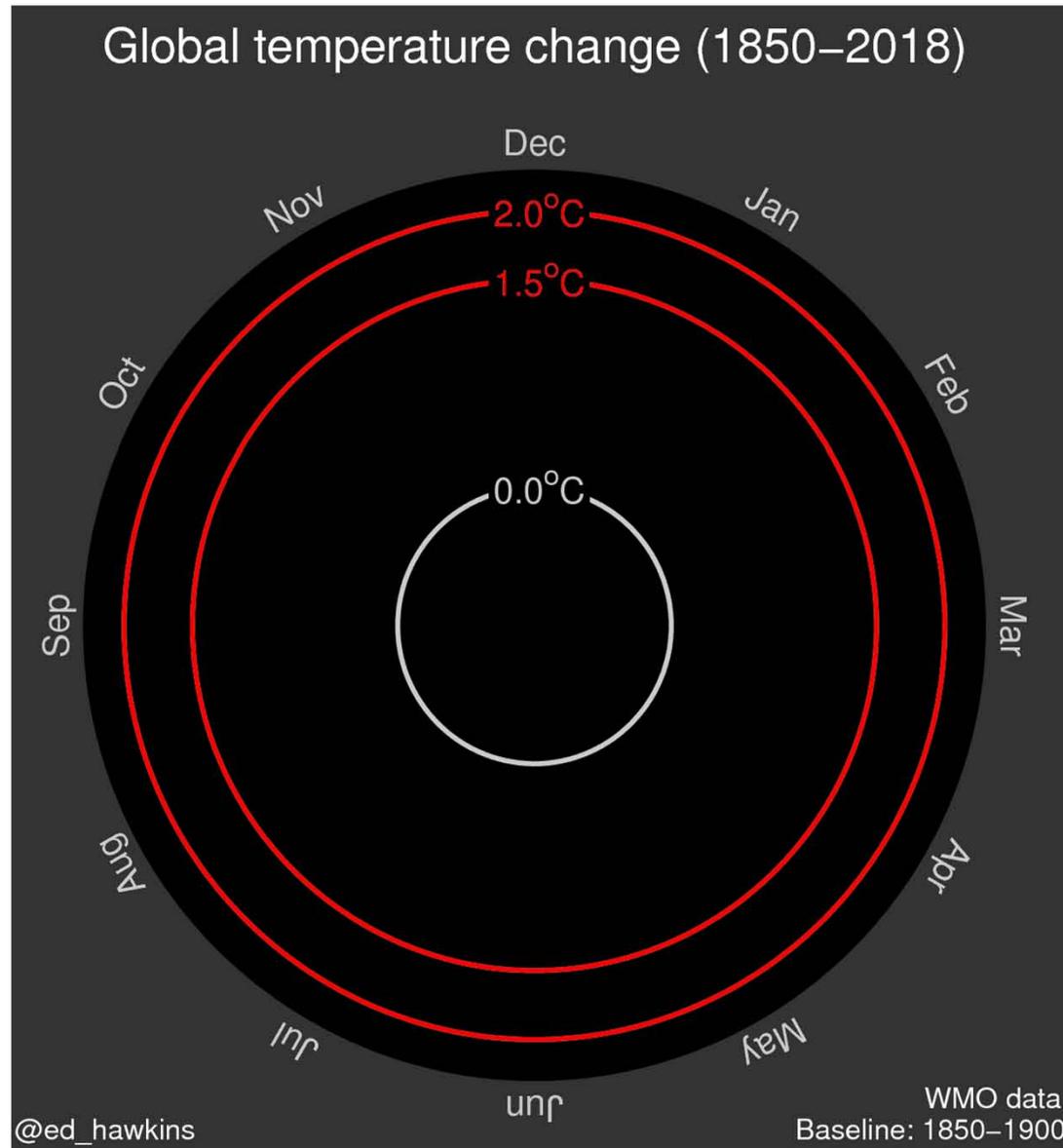


1881

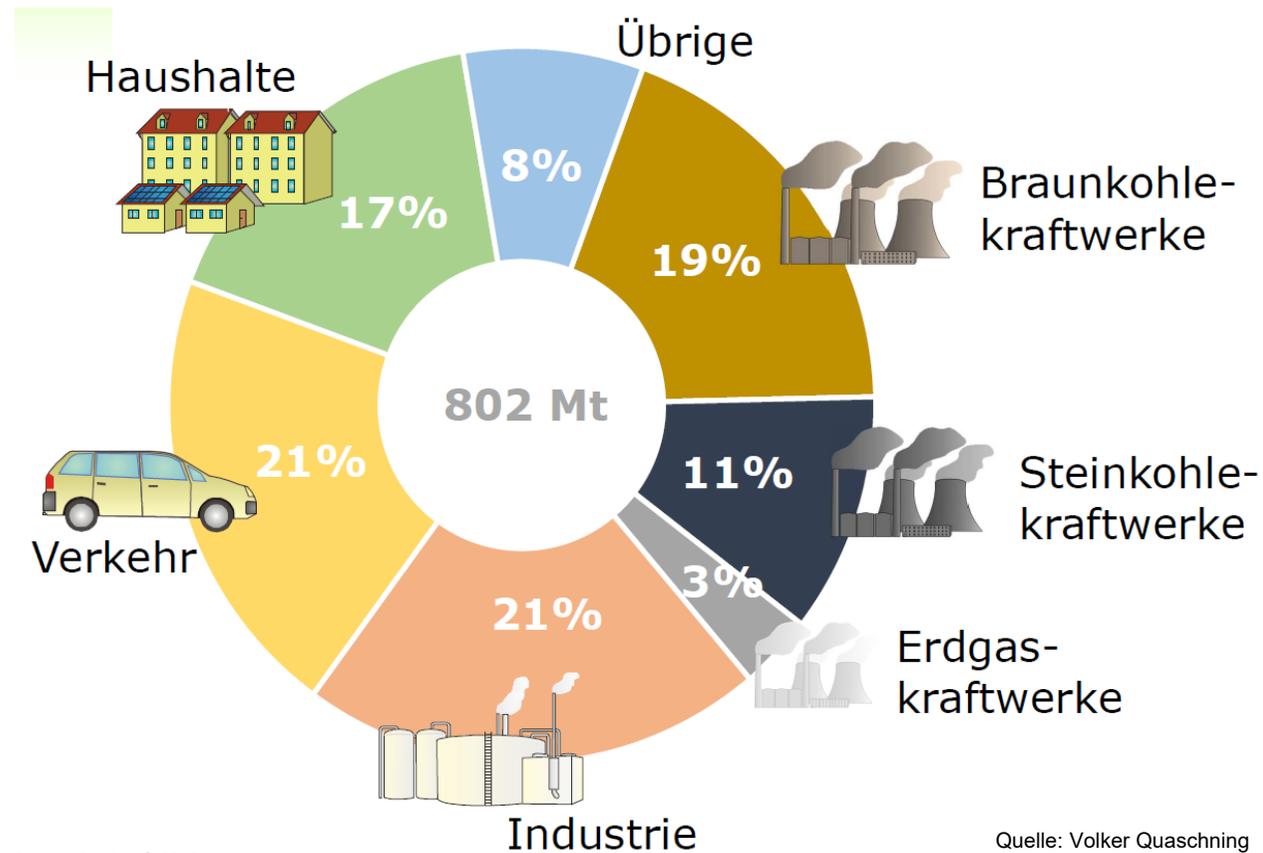
2021

Quelle: U.S. NASA; U.S. ESRL; DWD

Gliederung:



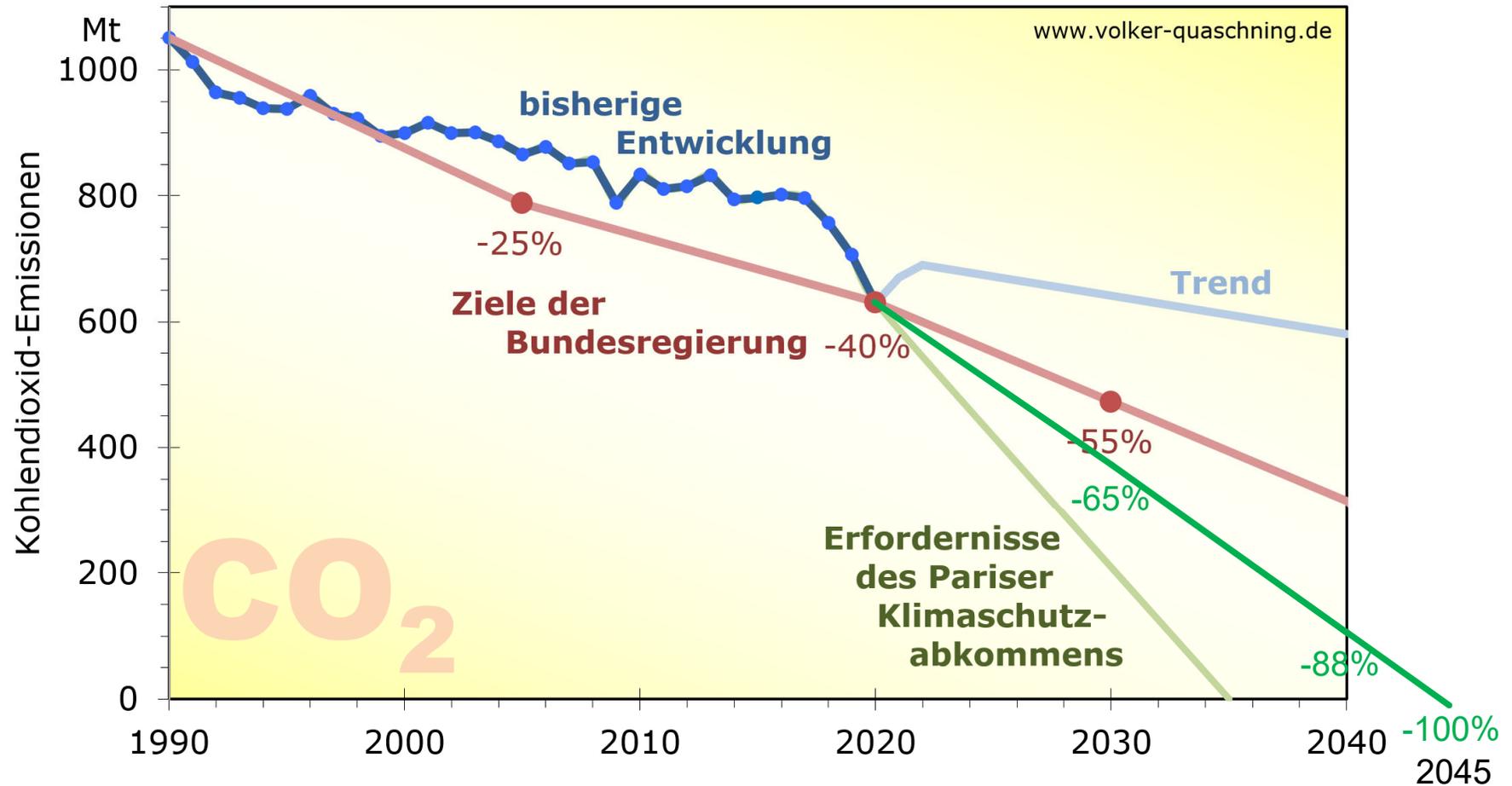
## Verursacher der deutschen CO<sub>2</sub>-Emissionen:



⇒ Start mit Kohlekraftwerken ist sinnvoll

⇒ Parallel müssen die anderen Sektoren umgebaut werden!

## Zukunft der Kohlendioxidemissionen in Deutschland:



⇒ Wo soll die Energie denn herkommen?

⇒ Aus Solarstrom? Ja, unter anderem!

## Aktuelle Situation:

# 3 von 4 Hausbesitzer:innen wollen ein Solardach

Jede:r fünfte im kommenden Jahr

### Photovoltaik- und/oder Solarthermie-Anlage

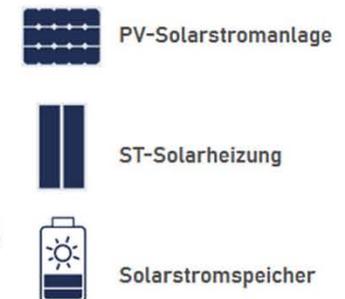


### Speicher



0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80%

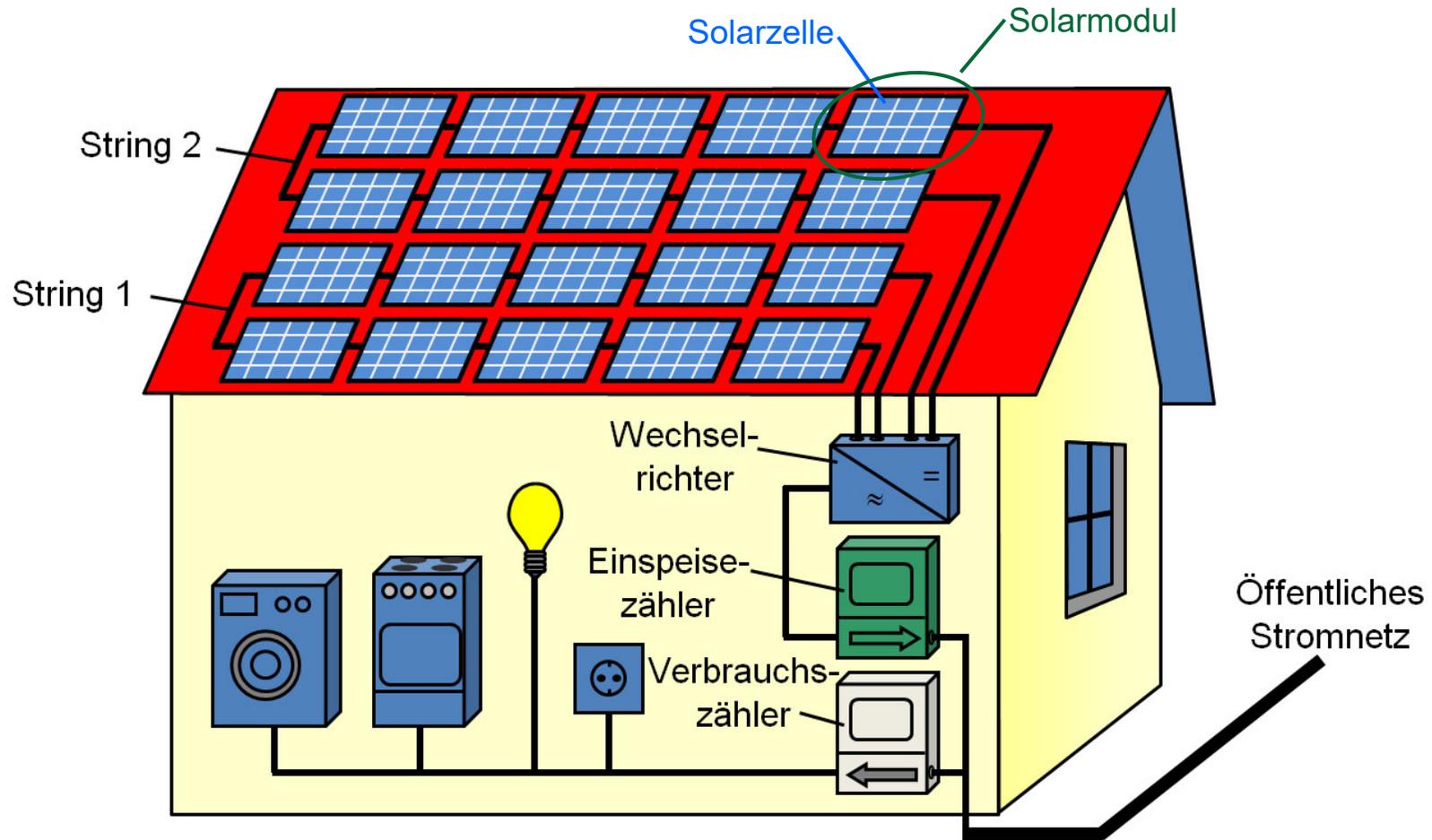
■ ■ ■ ■ In den nächsten 12 Monaten ■ ■ ■ ■ Zu einem späteren Zeitpunkt



Quelle: Online-Umfrage YouGov/BSW unter 1022 Hausbesitzer:innen (11.2022)

## 2. Einführung zur Photovoltaik

# Prinzipieller Aufbau einer „klassischen“ Photovoltaikanlage:



## Wirkungsgrad von Solarmodulen:



$$\eta_{\text{Modul}} = \frac{\text{Elektrische Leistung}}{\text{Optische Leistung}} = \frac{P_{\text{Elektrisch}}}{P_{\text{Optisch}}}$$

z.B. Wirkungsgrad  $\eta_{\text{Modul}} = 20 \%$

- Was heißt das? Bei voller Sonneneinstrahlung ( $1000 \text{ W/m}^2$ ) bringt ein Solarmodul (Fläche  $1,7 \text{ m}^2$ , Wirkungsgrad  $20 \%$ ) eine maximale Leistung (Peakleistung) von:

- Modul:

$$P_{\text{Modul}} = 1000 \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} \cdot 1,7 \text{ m}^2 \cdot 20 \% = 340 \text{ Watt}_p \quad \swarrow \text{„Peak“}$$

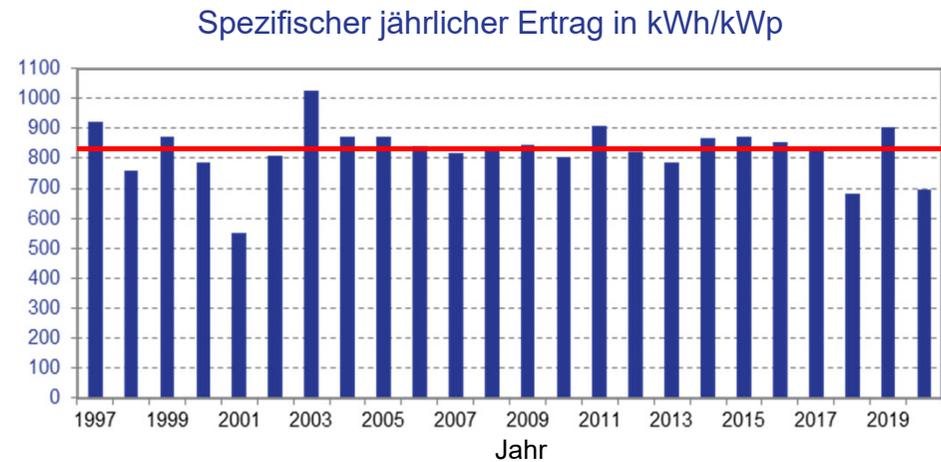
- Ganze Anlage: z.B. 30 Module:  $P_{\text{Anlage}} = 30 \text{ Module} \cdot 340 \text{ Watt}_p = 10,2 \text{ kW}_p \approx 10 \text{ kW}_p$

**⇒ Merke: z.B. 50 Quadratmeter reichen für eine 10 kWp – Anlage!**

## Beispiel des Energieertrags realer Anlagen:

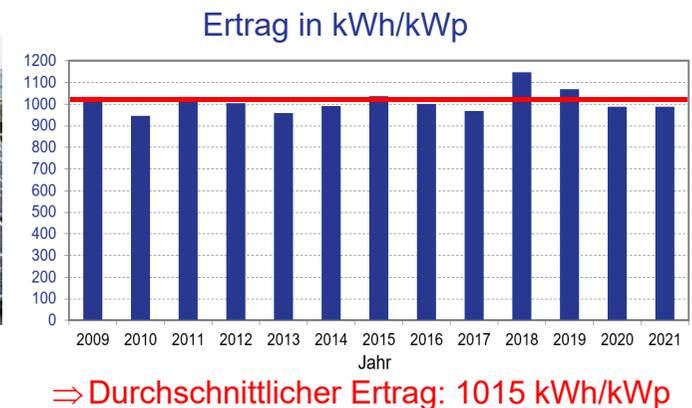
### a) Anlage Aachen

- Baujahr: 1996
- Leistung: 2 kWp
- Ausrichtung: Süd
- Dachneigung: 45°
- „alte Technik“



### b) Anlage Steinfurt

- Baujahr: 2008
- Leistung: 25 kWp
- Ausrichtung: Süd
- Neigung: 25°
- „moderne Technik“



⇒ 900 kWh/kWp sind in unseren Breiten ohne Weiteres machbar!

# Ertragsabhängigkeit von der Dachausrichtung

		Dachneigung																			
		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	
Dachausrichtung	Ost	-90°	87,8	87,6	87,0	86,2	85,2	84,1	82,8	81,3	79,7	78,0	76,2	74,1	71,9	69,5	67,0	64,4	61,7	58,7	55,7
		-85°	87,8	87,9	87,6	87,0	86,3	85,4	84,3	83,0	81,6	80,0	78,2	76,2	74,0	71,6	69,1	66,3	63,6	60,7	57,5
		-80°	87,8	88,2	88,2	87,9	87,5	86,8	85,9	84,8	83,5	81,9	80,2	78,2	76,0	73,6	71,1	68,3	65,3	62,3	59,2
		-75°	87,8	88,4	88,8	88,8	88,5	88,1	87,4	86,4	85,2	83,8	82,1	80,2	78,0	75,5	73,0	70,2	67,1	64,0	60,7
		-70°	87,8	88,8	89,3	89,6	89,6	89,3	88,8	88,0	86,9	85,6	83,9	82,1	79,9	77,4	74,7	72,0	68,9	65,5	62,1
		-65°	87,8	89,0	89,8	90,3	90,6	90,5	90,2	89,6	88,5	87,3	85,7	83,8	81,7	79,3	76,4	73,5	70,5	67,1	63,5
	Südost	-60°	87,8	89,3	90,3	91,1	91,6	91,6	91,5	90,9	90,1	88,9	87,4	85,5	83,3	80,9	78,2	75,1	71,9	68,5	64,8
		-55°	87,8	89,6	90,9	91,8	92,4	92,8	92,7	92,3	91,6	90,4	88,9	87,1	84,9	82,4	79,7	76,7	73,3	69,7	66,1
		-50°	87,8	89,7	91,3	92,5	93,3	93,8	93,9	93,6	92,9	91,8	90,4	88,7	86,4	83,8	81,1	78,0	74,6	70,8	67,1
		-45°	87,8	90,0	91,7	93,1	94,1	94,8	95,0	94,8	94,2	93,1	91,7	90,0	87,9	85,3	82,3	79,2	75,7	72,0	68,0
		-40°	87,8	90,2	92,2	93,7	94,9	95,6	95,9	95,8	95,3	94,4	93,0	91,1	89,0	86,5	83,6	80,2	76,8	72,9	68,8
		-35°	87,8	90,3	92,5	94,3	95,5	96,3	96,8	96,8	96,3	95,5	94,1	92,3	90,1	87,6	84,6	81,3	77,6	73,7	69,5
		-30°	87,8	90,5	92,8	94,7	96,1	97,0	97,6	97,7	97,2	96,3	95,1	93,3	91,0	88,4	85,5	82,1	78,3	74,3	70,1
		-25°	87,8	90,7	93,0	95,0	96,6	97,7	98,3	98,3	98,0	97,1	95,8	94,1	91,9	89,2	86,2	82,7	78,9	74,8	70,5
		-20°	87,8	90,8	93,3	95,4	97,0	98,1	98,8	99,0	98,6	97,7	96,4	94,7	92,5	89,8	86,8	83,2	79,5	75,3	70,8
		-15°	87,8	90,9	93,5	95,6	97,3	98,5	99,1	99,4	99,1	98,3	97,0	95,2	93,0	90,3	87,2	83,7	79,8	75,5	71,0
		-10°	87,8	90,9	93,6	95,7	97,5	98,8	99,5	99,7	99,4	98,7	97,4	95,6	93,4	90,6	87,5	83,9	80,0	75,7	71,1
	Süd	-5°	87,8	90,9	93,6	95,9	97,7	98,9	99,7	99,9	99,7	98,9	97,6	95,8	93,6	90,8	87,6	84,1	80,2	75,8	71,2
		0°	87,8	90,9	93,6	95,9	97,7	99,0	99,7	100,0	99,7	98,9	97,6	95,7	93,6	90,9	87,7	84,2	80,2	75,8	71,2
		5°	87,8	90,9	93,6	95,9	97,7	98,9	99,7	99,9	99,7	98,9	97,6	95,8	93,6	90,8	87,6	84,1	80,2	75,8	71,2
		10°	87,8	90,9	93,6	95,7	97,5	98,8	99,5	99,7	99,4	98,7	97,4	95,6	93,4	90,6	87,5	83,9	80,0	75,7	71,1
		15°	87,8	90,9	93,5	95,6	97,3	98,5	99,1	99,4	99,1	98,3	97,0	95,2	93,0	90,3	87,2	83,7	79,8	75,5	71,0
		20°	87,8	90,8	93,3	95,4	97,0	98,1	98,8	99,0	98,6	97,7	96,4	94,7	92,5	89,8	86,8	83,2	79,5	75,3	70,8
		25°	87,8	90,7	93,0	95,0	96,6	97,7	98,3	98,3	98,0	97,1	95,8	94,1	91,9	89,2	86,2	82,7	78,9	74,8	70,5
	Südwest	30°	87,8	90,5	92,8	94,7	96,1	97,0	97,6	97,7	97,2	96,3	95,1	93,3	91,0	88,4	85,5	82,1	78,3	74,3	70,1
		35°	87,8	90,3	92,5	94,3	95,5	96,3	96,8	96,8	96,3	95,5	94,1	92,3	90,1	87,6	84,6	81,3	77,6	73,7	69,5
		40°	87,8	90,2	92,2	93,7	94,9	95,6	95,9	95,8	95,3	94,4	93,0	91,1	89,0	86,5	83,6	80,2	76,8	72,9	68,8
45°		87,8	90,0	91,7	93,1	94,1	94,8	95,0	94,8	94,2	93,1	91,7	90,0	87,9	85,3	82,3	79,2	75,7	72,0	68,0	
50°		87,8	89,7	91,3	92,5	93,3	93,8	93,9	93,6	92,9	91,8	90,4	88,7	86,4	83,8	81,1	78,0	74,6	70,8	67,1	
55°		87,8	89,6	90,9	91,8	92,4	92,8	92,7	92,3	91,6	90,4	88,9	87,4	85,5	83,3	80,9	78,2	75,1	71,9	68,5	
60°		87,8	89,3	90,3	91,1	91,6	91,6	91,5	90,9	90,1	88,9	87,4	85,5	83,3	80,9	78,2	75,1	71,9	68,5	64,8	
65°		87,8	89,0	89,8	90,3	90,6	90,5	90,2	89,6	88,5	87,3	85,7	83,8	81,7	79,3	76,4	73,5	70,5	67,1	63,5	
West	70°	87,8	88,8	89,3	89,6	89,6	89,3	88,8	88,0	86,9	85,6	83,9	82,1	79,9	77,4	74,7	72,0	68,9	65,5	62,1	
	75°	87,8	88,4	88,8	88,8	88,5	88,1	87,4	86,4	85,2	83,8	82,1	80,2	78,0	75,5	73,0	70,2	67,1	64,0	60,7	
	80°	87,8	88,2	88,2	87,9	87,5	86,8	85,9	84,8	83,5	81,9	80,2	78,2	76,0	73,6	71,1	68,3	65,3	62,3	59,2	
	85°	87,8	87,9	87,6	87,0	86,3	85,4	84,3	83,0	81,6	80,0	78,2	76,2	74,0	71,6	69,1	66,3	63,6	60,7	57,5	
	90°	87,8	87,6	87,0	86,2	85,2	84,1	82,8	81,3	79,7	78,0	76,2	74,1	71,9	69,5	67,0	64,4	61,7	58,7	55,7	

z.B. Westdach mit 30 Grad Neigung:

- 17 % Minderung
- (entspricht Ertrag von rund 738 kWh/kWp)

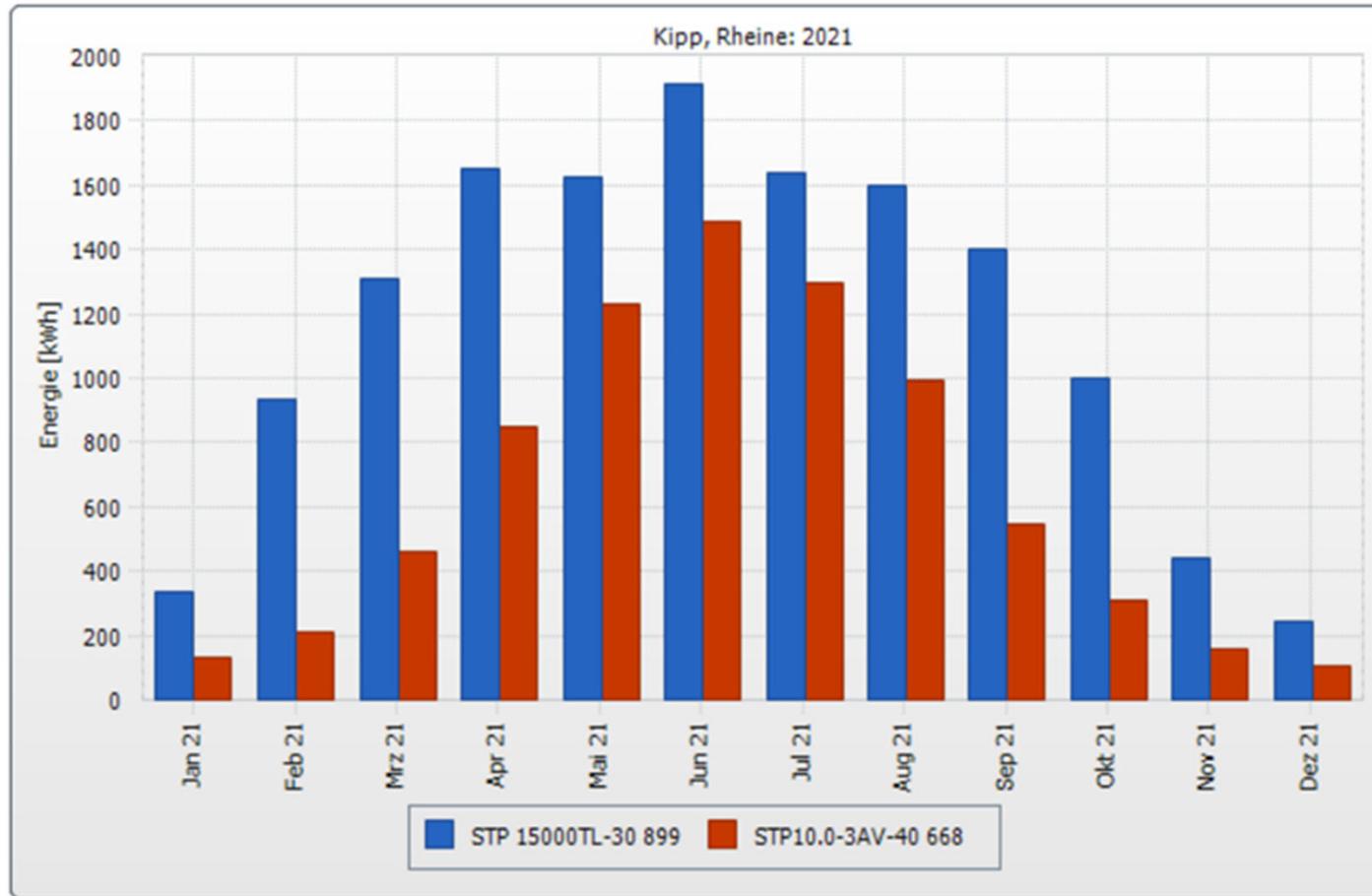
# Ertragsabhängigkeit von der Dachausrichtung

		Neigungswinkel $\beta$																				
		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°		
Azimuth $\alpha$	Nord	-180°	87,8	84,2	80,2	75,9	71,7	67,5	63,4	59,3	55,4	51,5	48,0	44,8	41,9	39,8	38,0	36,5	35,0	33,6	32,2	
		-175°	87,8	84,2	80,2	76,0	71,7	67,5	63,4	59,4	55,4	51,5	48,0	44,8	42,0	39,9	38,1	36,6	35,1	33,7	32,3	
		-170°	87,8	84,2	80,2	76,1	71,9	67,7	63,6	59,5	55,5	51,8	48,4	45,2	42,4	40,3	38,6	37,0	35,5	34,0	32,6	
		-165°	87,8	84,3	80,4	76,2	72,1	68,0	63,9	59,9	56,0	52,3	48,9	45,7	43,1	41,1	39,3	37,7	36,1	34,6	33,2	
		-160°	87,8	84,4	80,6	76,5	72,5	68,4	64,4	60,5	56,7	53,0										
		-155°	87,8	84,5	80,9	76,9	72,9	68,9	65,0	61,2	57,4	53,9										
	Nordost	-150°	87,8	84,6	81,1	77,4	73,5	69,6	65,8	62,1	58,4	55,0										
		-145°	87,8	84,8	81,5	77,8	74,1	70,3	66,7	63,0	59,6	56,3										
		-140°	87,8	84,9	81,8	78,4	74,8	71,3	67,7	64,2	61,0	58,0										
		-135°	87,8	85,2	82,2	79,0	75,6	72,2	68,9	65,6	62,6	59,8										
		-130°	87,8	85,4	82,7	79,6	76,5	73,4	70,2	67,2	64,3	61,6										
		-125°	87,8	85,6	83,1	80,3	77,5	74,6	71,6	68,8	66,1	63,6										
	Ost	-120°	87,8	85,9	83,6	81,1	78,5	75,8	73,2	70,6	68,1	65,6	63,3	61,0	58,7	56,6	54,3	52,0	49,7	47,3	45,0	
		-115°	87,8	86,2	84,2	81,9	79,5	77,2	74,8	72,3	70,0	67,7	65,4	63,2	61,0	58,7	56,4	54,0	51,7	49,2	46,7	
		-110°	87,8	86,4	84,7	82,8	80,7	78,5	76,3	74,2	72,0	69,8	67,6	65,4	63,2	60,8	58,6	56,1	53,6	51,2	48,6	
		-105°	87,8	86,7	85,3	83,6	81,8	79,9	78,0	76,0	74,0	71,8	69,8	67,5	65,4	63,1	60,7	58,2	55,6	53,1	50,4	
		-100°	87,8	86,9	85,8	84,5	82,9	81,3	79,5	77,7	75,9	73,9	71,9	69,8	67,5	65,3	62,8	60,3	57,7	55,0	52,3	
		-95°	87,8	87,3	86,4	85,4	84,1	82,7	81,2	79,5	77,8	76,0	74,1	72,0	69,7	67,4	64,9	62,4	59,7	56,8	54,0	
		-90°	87,8	87,6	87,0	86,2	85,2	84,1	82,8	81,3	79,7	78,0	76,2	74,1	71,9	69,5	67,0	64,4	61,7	58,7	55,7	
		-85°	87,8	87,9	87,6	87,0	86,3	85,4	84,3	83,0	81,6	80,0	78,2	76,2	74,0	71,6	69,1	66,3	63,6	60,7	57,5	
		-80°	87,8	88,2	88,2	87,9	87,5	86,8	85,9	84,8	83,5	81,9	80,2	78,2	76,0	73,6	71,1	68,3	65,3	62,3	59,2	
		-75°	87,8	88,4	88,8	88,8	88,5	88,1	87,4	86,4	85,2	83,8	82,1	80,2	78,0	75,5	73,0	70,2	67,1	64,0	60,7	
		-70°	87,8	88,8	89,3	89,6	89,6	89,3	88,8	88,0	86,9	85,6	83,9	82,1	79,9	77,4	74,7	72,0	68,9	65,5	62,1	
		-65°	87,8	89,0	89,8	90,3	90,6	90,5	90,2	89,6	88,5	87,3	85,7	83,8	81,7	79,3	76,4	73,5	70,5	67,1	63,5	
	-60°	87,8	89,3	90,3	91,1	91,6	91,6	91,5	90,9	90,1	88,9	87,4	85,5	83,3	80,9	78,2	75,1	71,9	68,5	64,8		
	Südost	-55°	87,8	89,6	90,9	91,8	92,4	92,8	92,7	92,3	91,6	90,4	88,9	87,1	84,9	82,4	79,7	76,7	73,3	69,7	66,1	
		-50°	87,8	89,7	91,3	92,5	93,3	93,8	93,9	93,6	92,9	91,8	90,4	88,7	86,4	83,8	81,1	78,0	74,6	70,8	67,1	
		-45°	87,8	90,0	91,7	93,1	94,1	94,8	95,0	94,8	94,2	93,1	91,7	90,0	87,9	85,3	82,3	79,2	75,7	72,0	68,0	
		-40°	87,8	90,2	92,2	93,7	94,9	95,6	95,9	95,8	95,3	94,4	93,0	91,1	89,0	86,5	83,6	80,2	76,8	72,9	68,8	
		-35°	87,8	90,3	92,5	94,3	95,5	96,3	96,8	96,8	96,3	95,5	94,1	92,3	90,1	87,6	84,6	81,3	77,6	73,7	69,5	
-30°		87,8	90,5	92,8	94,7	96,1	97,0	97,6	97,7	97,2	96,3	95,1	93,3	91,0	88,4	85,5	82,1	78,3	74,3	70,1		
Süd	-25°	87,8	90,7	93,0	95,0	96,6	97,7	98,3	98,3	98,0	97,1	95,8	94,1	91,9	89,2	86,2	82,7	78,9	74,8	70,5		
	-20°	87,8	90,8	93,3	95,4	97,0	98,1	98,8	99,0	98,6	97,7	96,4	94,7	92,5	89,8	86,8	83,2	79,5	75,3	70,8		
	-15°	87,8	90,9	93,5	95,6	97,3	98,5	99,1	99,4	99,1	98,3	97,0	95,2	93,0	90,3	87,2	83,7	79,8	75,5	71,0		
	-10°	87,8	90,9	93,6	95,7	97,5	98,8	99,5	99,7	99,4	98,7	97,4	95,6	93,4	90,6	87,5	83,9	80,0	75,7	71,1		
	-5°	87,8	90,9	93,6	95,9	97,7	98,9	99,7	99,9	99,7	98,9	97,6	95,8	93,6	90,8	87,6	84,1	80,2	75,8	71,2		
	0°	87,8	90,9	93,6	95,9	97,7	99,0	99,7	100,0	99,7	98,9	97,6	95,7	93,6	90,9	87,7	84,2	80,2	75,8	71,2		
	5°	87,8	90,9	93,6	95,9	97,7	98,9	99,7	99,9	99,7	98,9	97,6	95,8	93,6	90,8	87,6	84,1	80,2	75,8	71,2		
	10°	87,8	90,9	93,6	95,7	97,5	98,8	99,5	99,7	99,4	98,7	97,4	95,6	93,4	90,6	87,5	83,9	80,0	75,7	71,1		

z.B. Norddach mit 35 Grad Neigung:

- 41 % Minderung
- (entspricht Ertrag von rund 533 kWh/kWp)

## Anlage auf dem Norddach?



Quelle: Peter Nagelmann, Marienstr 21, Rheine

Mai bis Dezember: Nord zu Süddach: 60,5 %



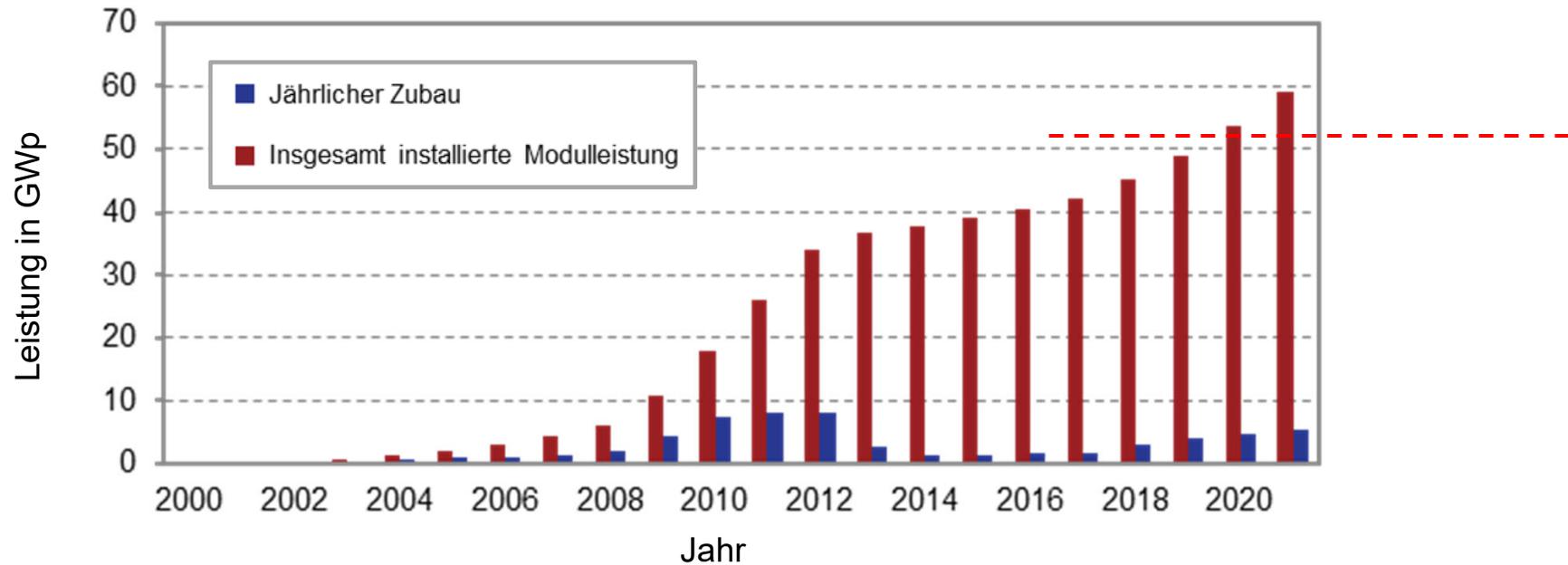
## **3. Markt- und Preisentwicklung**

# Ausbau der Photovoltaik in Deutschland

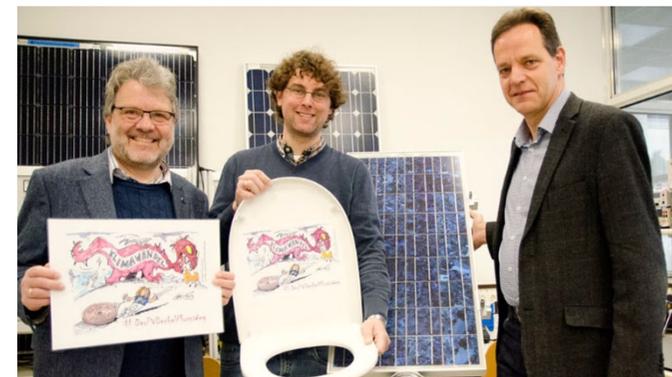
- Installierte Leistung in GWp:



Der 52 GW-Deckel!

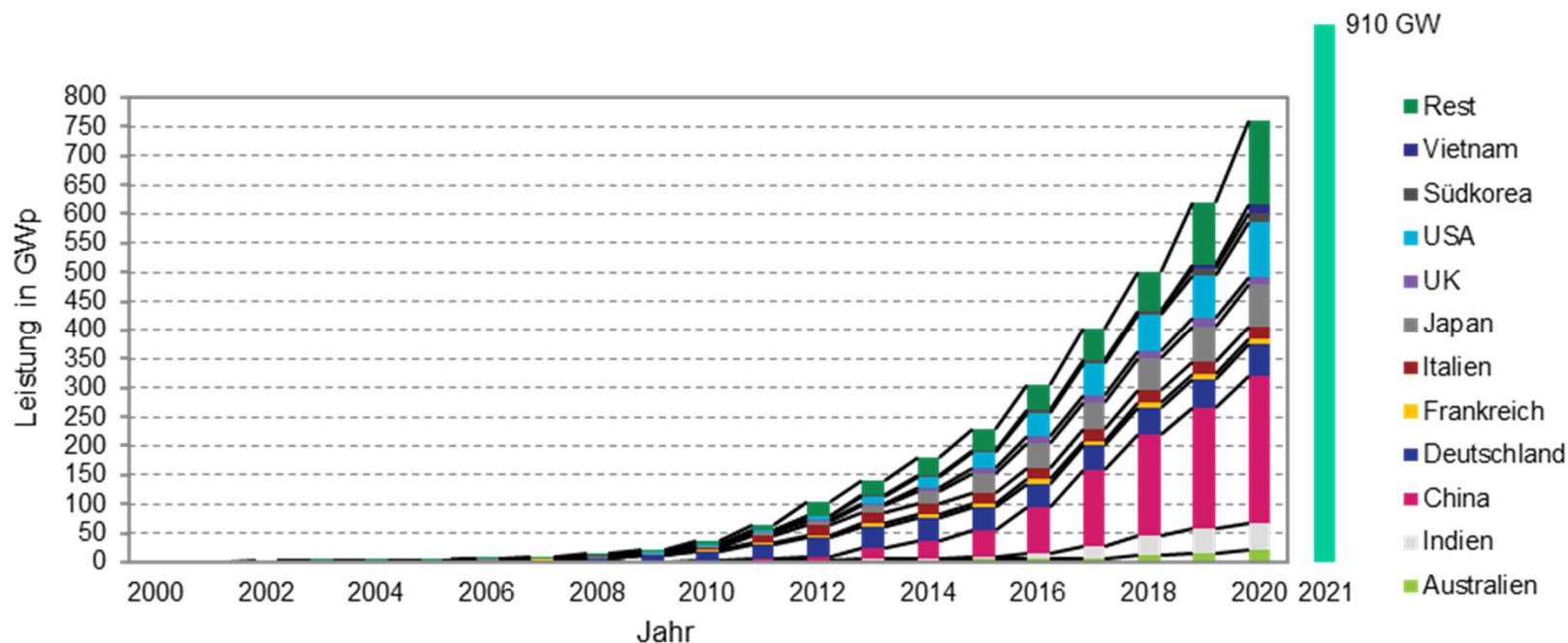


- **Der 52 GW-Deckel ist weg!**
- Jährlicher Zubau zwischenzeitlich bei ca. 7 GWp/Jahr
- Aktuell (2022): ca. 7 GWp/Jahr
- Eigentlich brauchen wir 10 - 15 GWp/Jahr



## Weltweites Wachstum der Photovoltaik

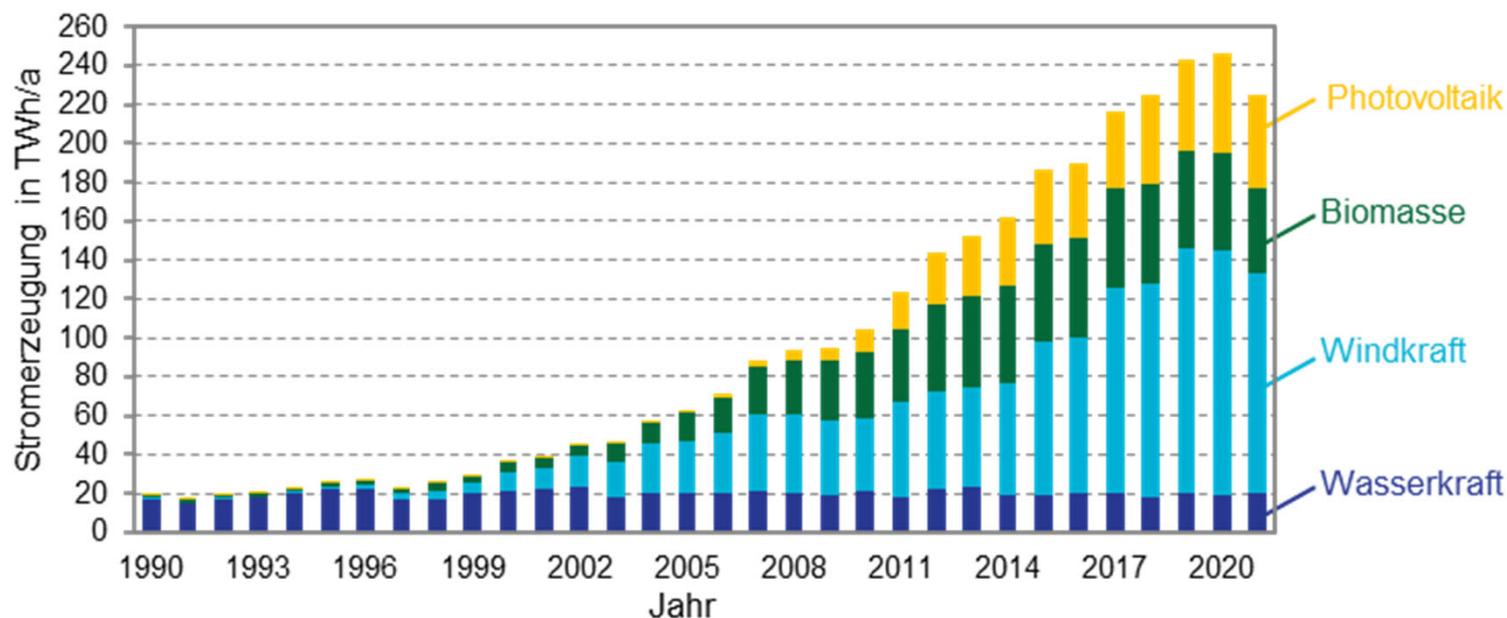
- Bislang weltweit installierte Leistung in GWp:



- Wachstumsraten über 40 %
- 2021: rund 150 GWp zusätzlich installiert!
- Europa spielt aktuell kaum noch eine Rolle

## Stromerzeugung durch erneuerbare Energien in Deutschland

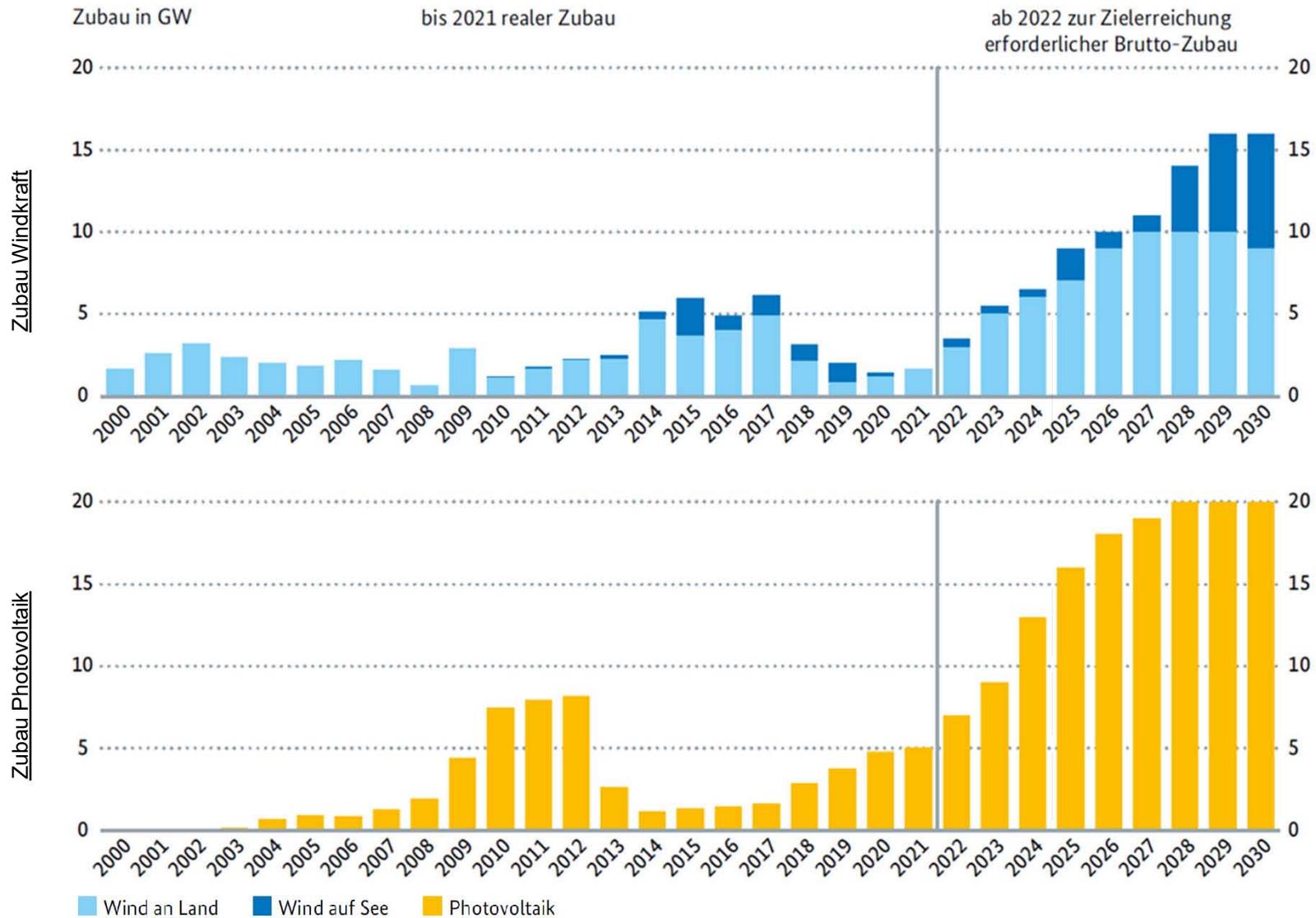
- Stromerzeugung in Mrd. kWh



### Aktueller Status (2021):

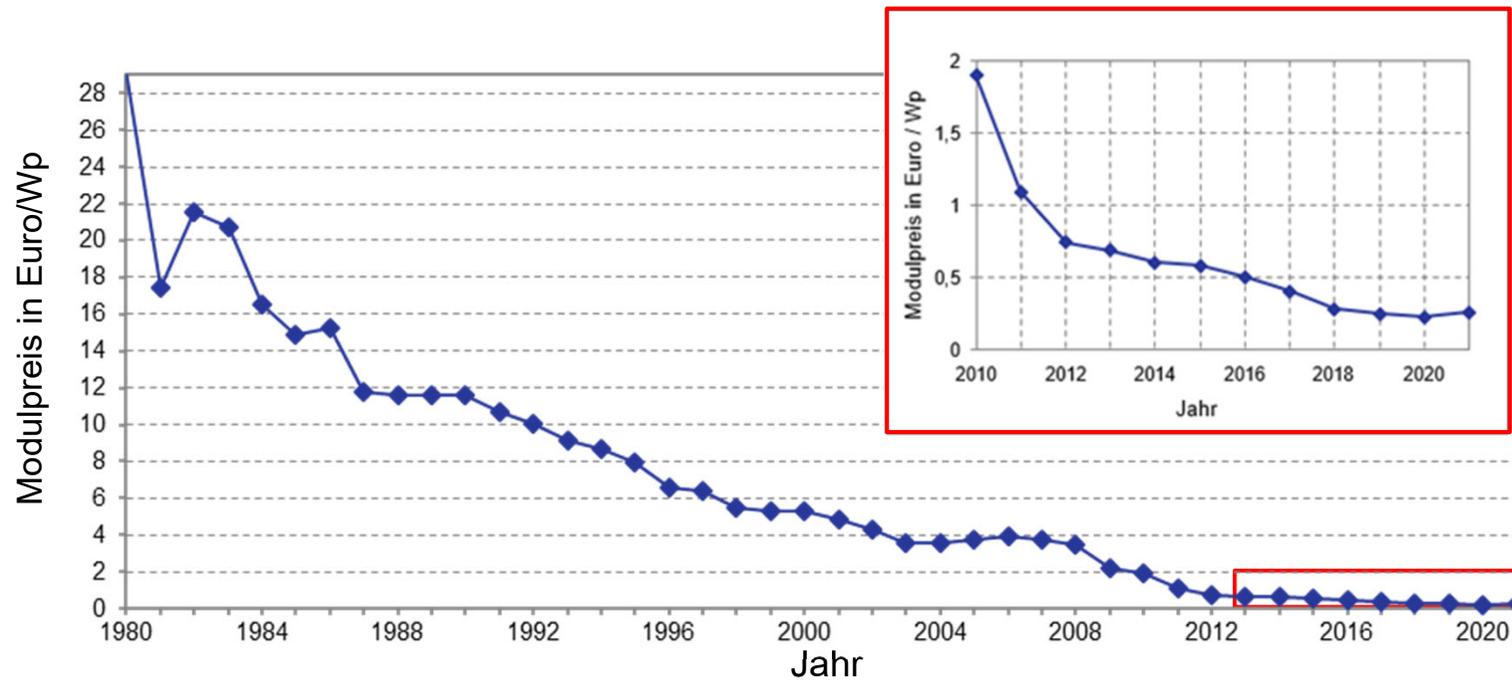
- Anteil der erneuerbaren Energien am Nettostrombedarf: 50 %
- Anteil der Photovoltaik am Nettostrombedarf: 10 %

# Geplanter Ausbau von Photovoltaik und Windkraft durch die neue Regierung



## Preisentwicklung:

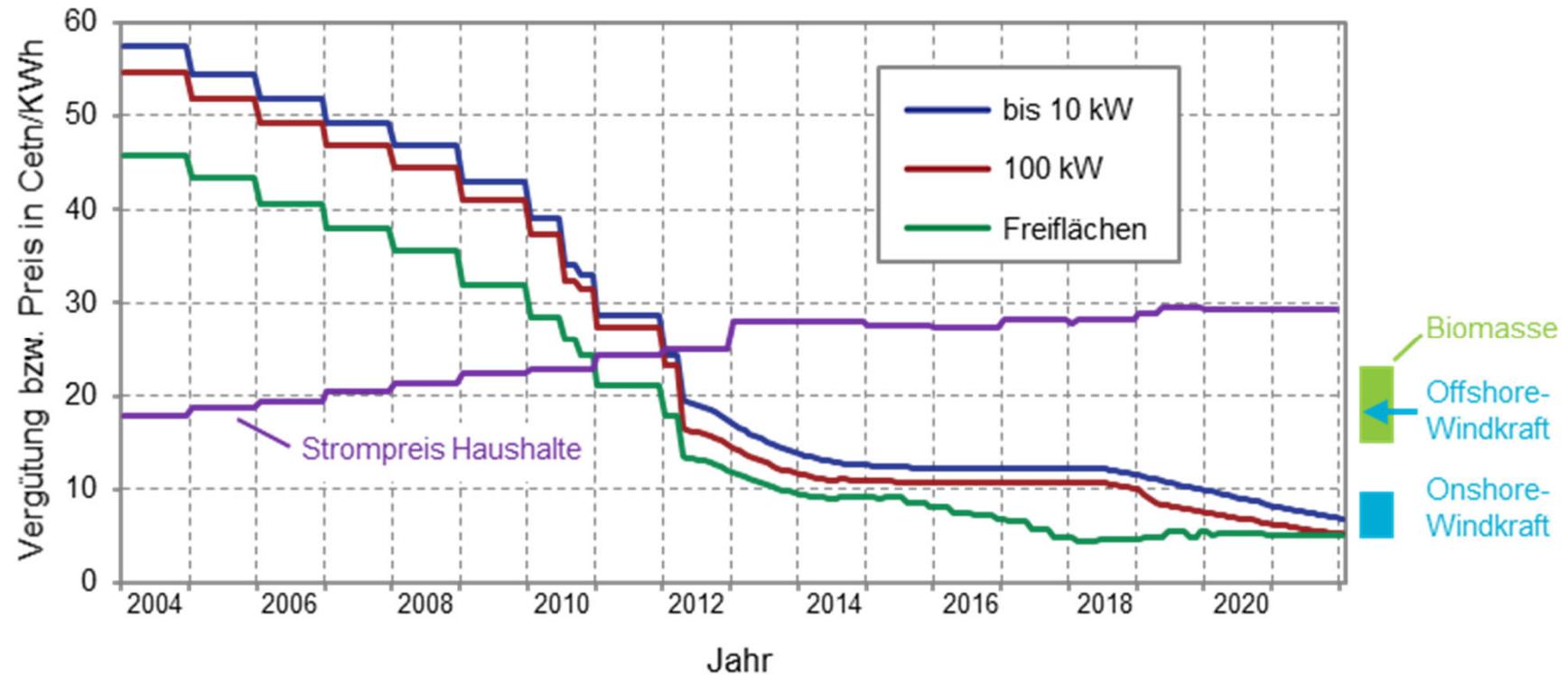
- Modulpreise seit 1980 (inflationsbereinigt):



- Reduzierung von 27 Euro/Wp auf unter 25 Cent/Wp!

## Preisentwicklung:

- Einspeisevergütung und Strompreis

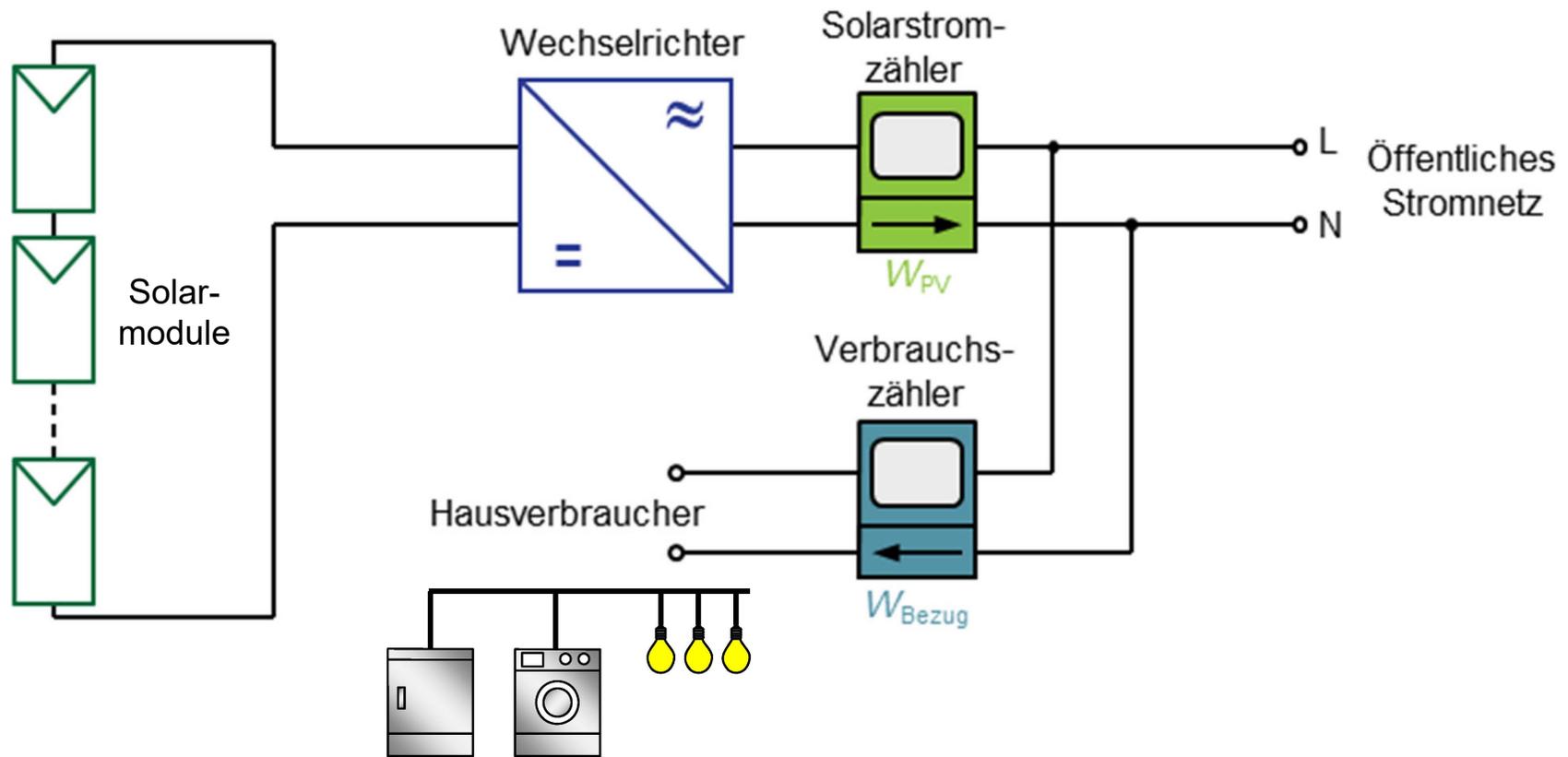


⇒ Eigenverbrauch lohnt sich!



## **4. Wirtschaftlichkeit von konkreten Anlagenbeispielen**

# Beispiel A: 10 kWp-Anlage ohne Eigenverbrauch



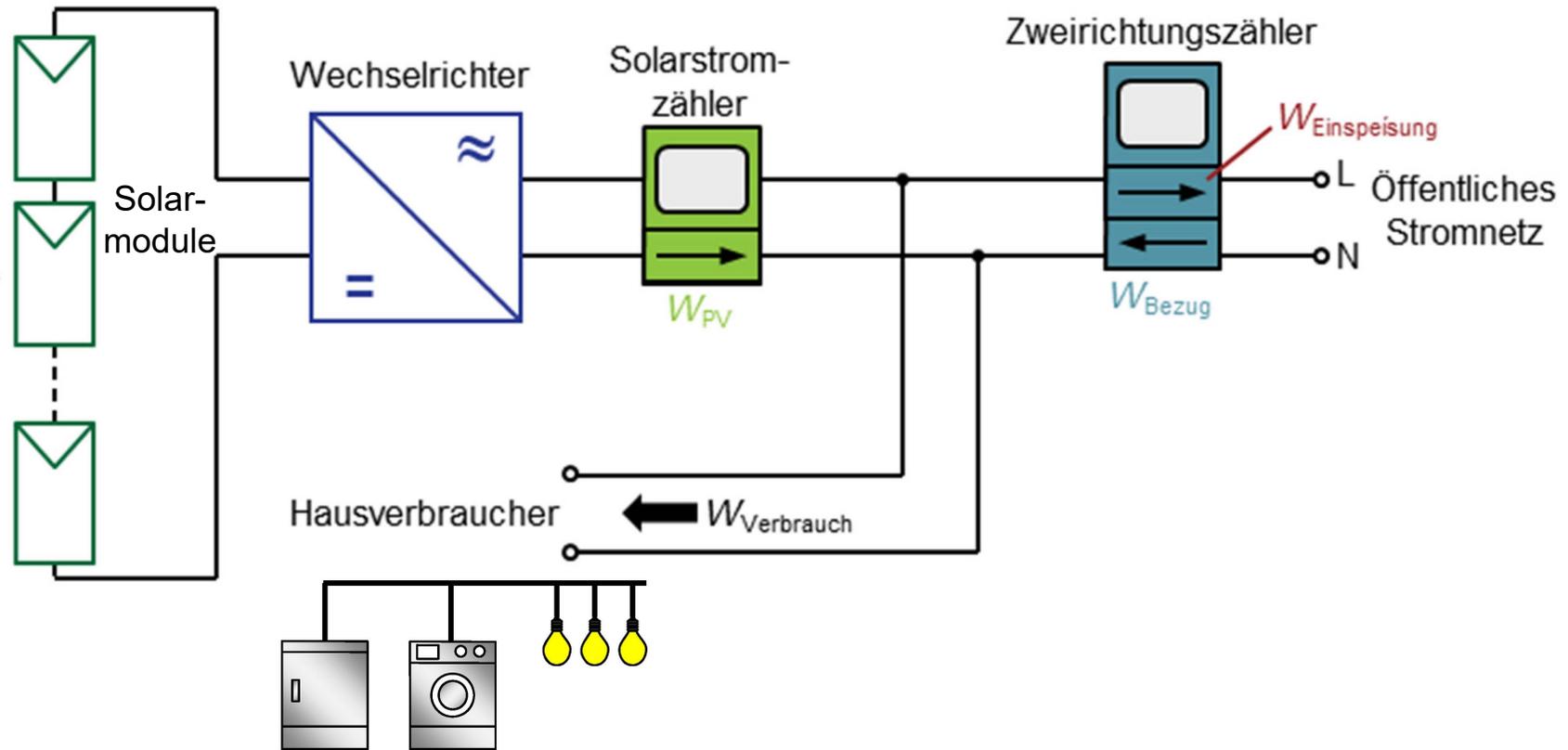
## Beispiel A: 10 kWp-Anlage ohne Eigenverbrauch (Nettopreise)

Investitionskosten:	z.B. 14.000 Euro (entspricht 1.400 Euro/kWp)	
Stromertrag:	10 kWp x 900 kWh/(kWp x Jahr) = <u>9000 kWh/Jahr</u>	
⇒ Einnahmen:	13 ct/kWh x 900 kWh/Jahr x 10 kWp =	<u>1.170 Euro/Jahr</u>
Laufende jährliche Kosten:	1,5 % der Investitionskosten:	<u>210 Euro/Jahr</u>
⇒ Ausgaben:		<u>210 Euro/Jahr</u>
⇒ Überschuss:	(1.170 - 210) Euro/Jahr =	960 Euro/Jahr
⇒ Amortisationszeit:	14.000 Euro / 960 Euro/Jahr =	14,6 Jahre

⇒ kein guter Deal...

⇒ Was kann man tun, um die Rendite zu verbessern?

## Beispiel B: 10 kWp-Anlage mit Eigenverbrauch



## Beispiel B: 10 kWp-Anlage mit Eigenverbrauch

- z.B. 1/3 des erzeugten Stroms wird selbst verbraucht, Tarifstrom kostet z.B. 40 ct/kWh

- Neue Rechnung:

⇒ Einnahmen durch Einspeisung:	$8,2 \text{ ct/kWh} \times 2/3 \times 9000 \text{ kWh/Jahr} =$	<u>492 Euro/Jahr</u>
⇒ Vorteil durch Eigenverbrauch:	$40 \text{ ct/kWh} \times 1/3 \times 9000 \text{ kWh/Jahr} =$	<u>1.200 Euro/Jahr</u>
	⇒ Gesamteinnahmen:	<u>1.692 Euro/Jahr</u>

Laufende jährliche Kosten: 1,5 % der Investitionskosten: 210 Euro/Jahr

⇒ Ausgaben: 210 Euro/Jahr

⇒ Überschuss:  $(1.692 - 210) \text{ Euro/Jahr} =$  1.482 Euro/Jahr

⇒ Amortisationszeit:  $12.000 \text{ Euro} / 1.110 \text{ Euro/Jahr} =$  9,46 Jahre

⇒ Rendite ist deutlich verbessert!

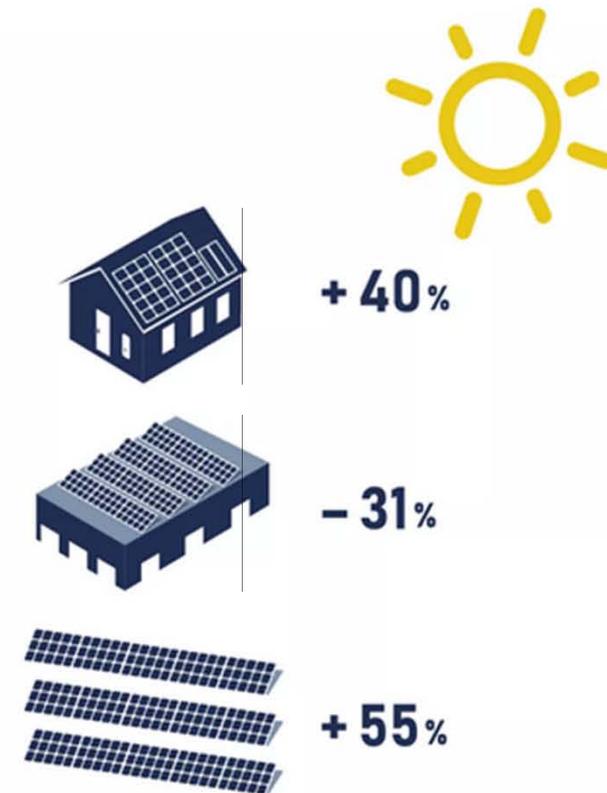
## Aktuelle Situation:

### PV-Markt wächst weiter zweistellig

■ Neu gemeldete PV-Leistung (Gigawatt) in DE



Quelle: BSW-Solar, Bundesnetzagentur: Gemeldete PV-Leistung, Stand 01/2023



BSW-Solar e.V. | [www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de)

## Konkrete Empfehlungen bei Planung und Kauf einer PV-Anlage:

- Dacheignung prüfen (steht ggf. Sanierung an?)
- Installierbare PV-Leistung abschätzen
- Verschiedene Varianten durchrechnen lassen
- Mehrere Angebote einholen!

⇒ Geeignete Solaranlage installieren

## Welche Art von Modulen?

multikristallin:



Wirkungsgrad: 18 %

monokristallin:

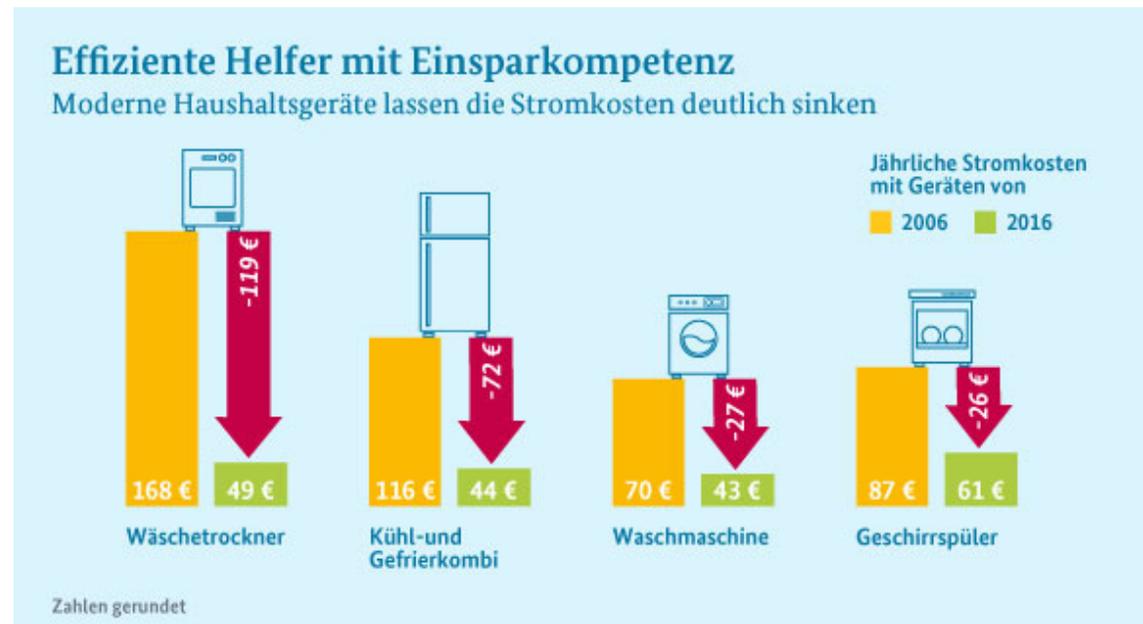
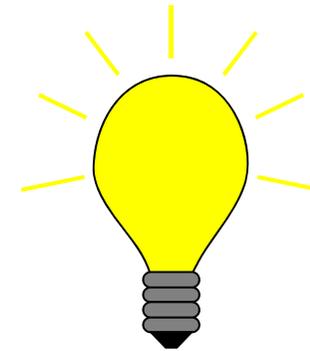


Wirkungsgrad: 22 %

Bilder: Solarwatt

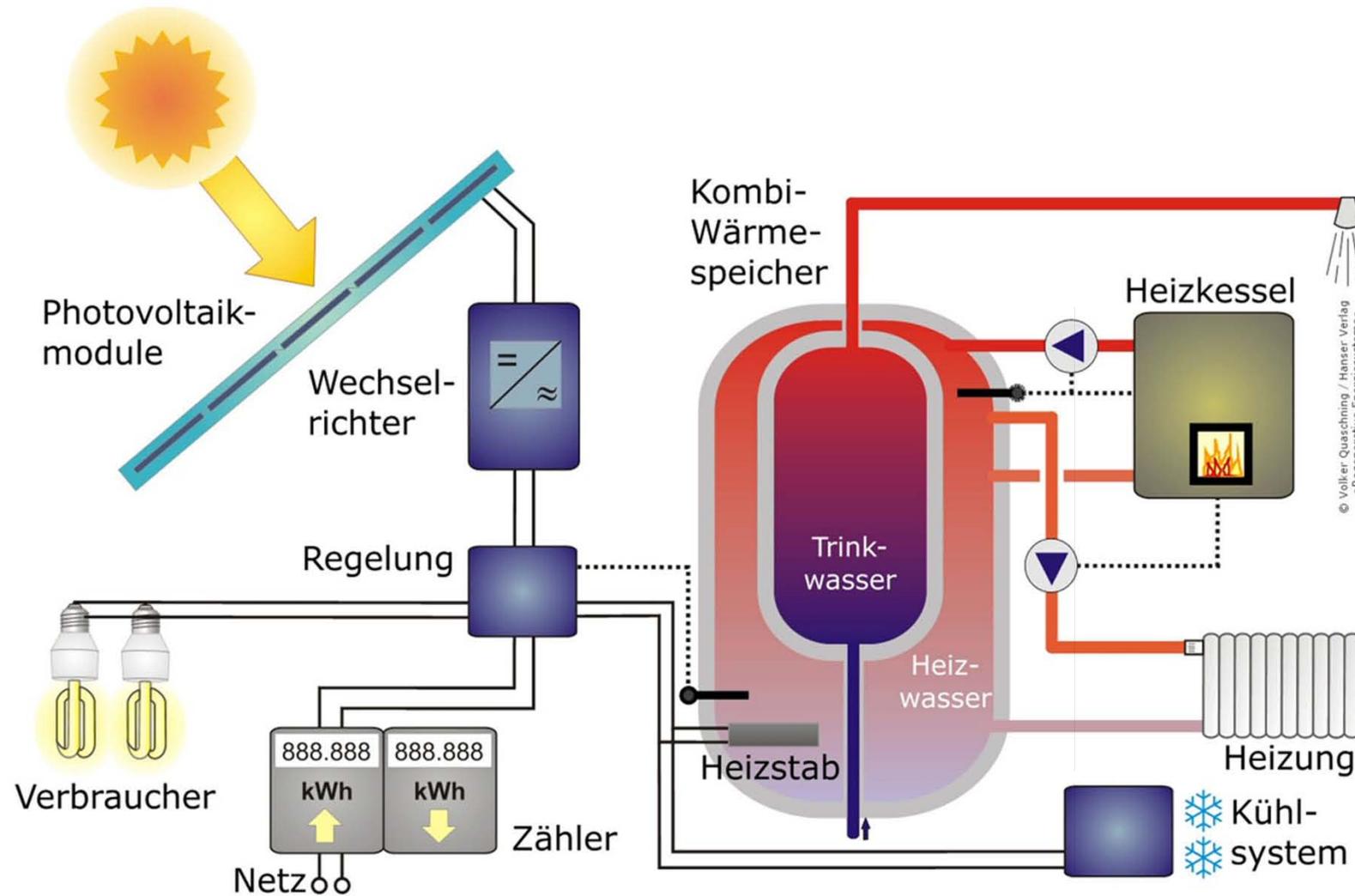
## Ebenfalls zu überlegen:

- Gibt es Energieeinsparpotential?
  - z.B. Beleuchtung:
  - z.B. Haushaltsgeräte:

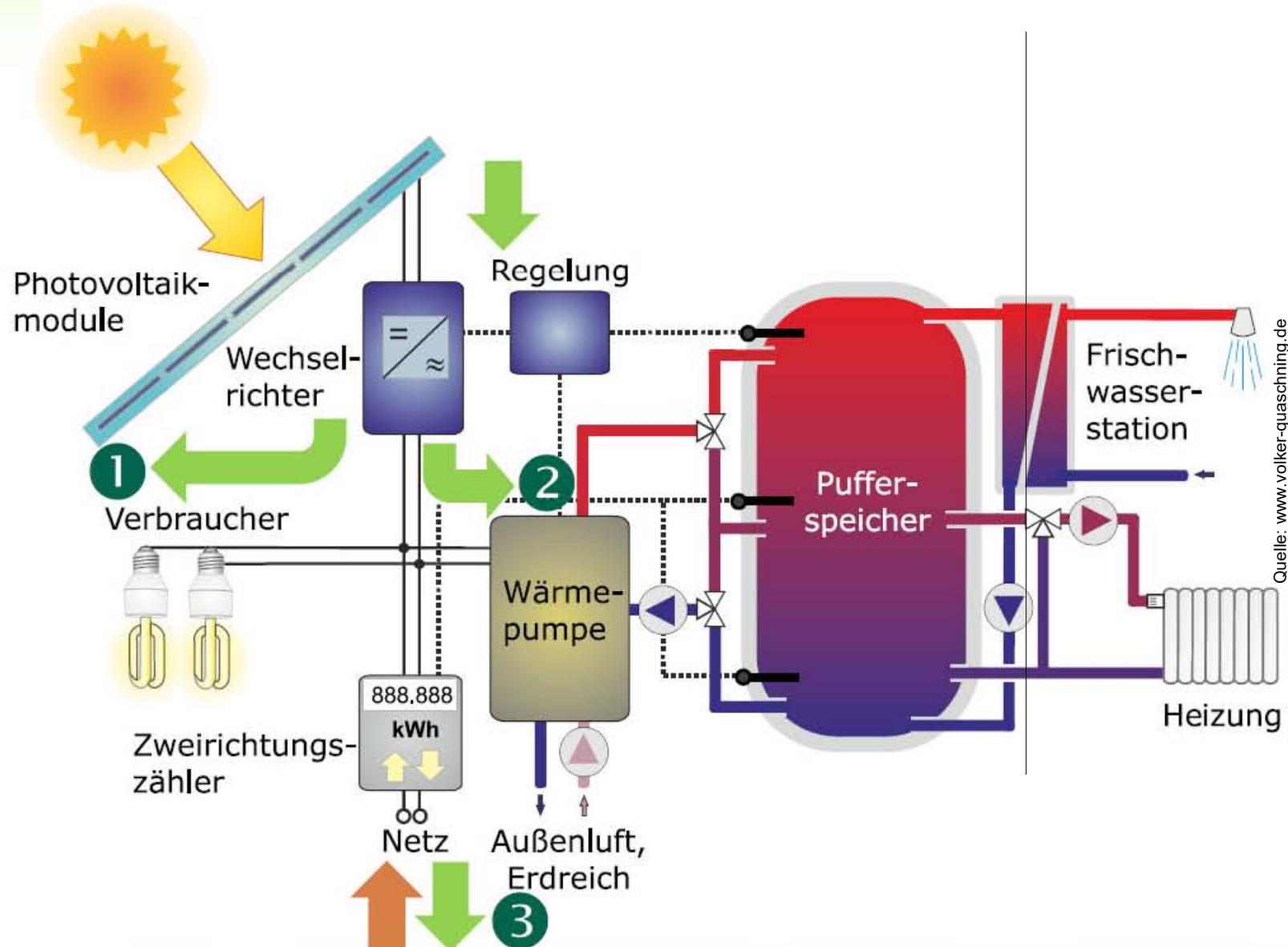


- Macht ggf. Wärmeerzeugung mit Strom Sinn? (Brauchwasser oder Heizung)

## Eigenverbrauchserhöhung durch Wärmeproduktion: Mit Heizstab



## Eigenverbrauchserhöhung durch Wärmeproduktion: Mit Wärmepumpe

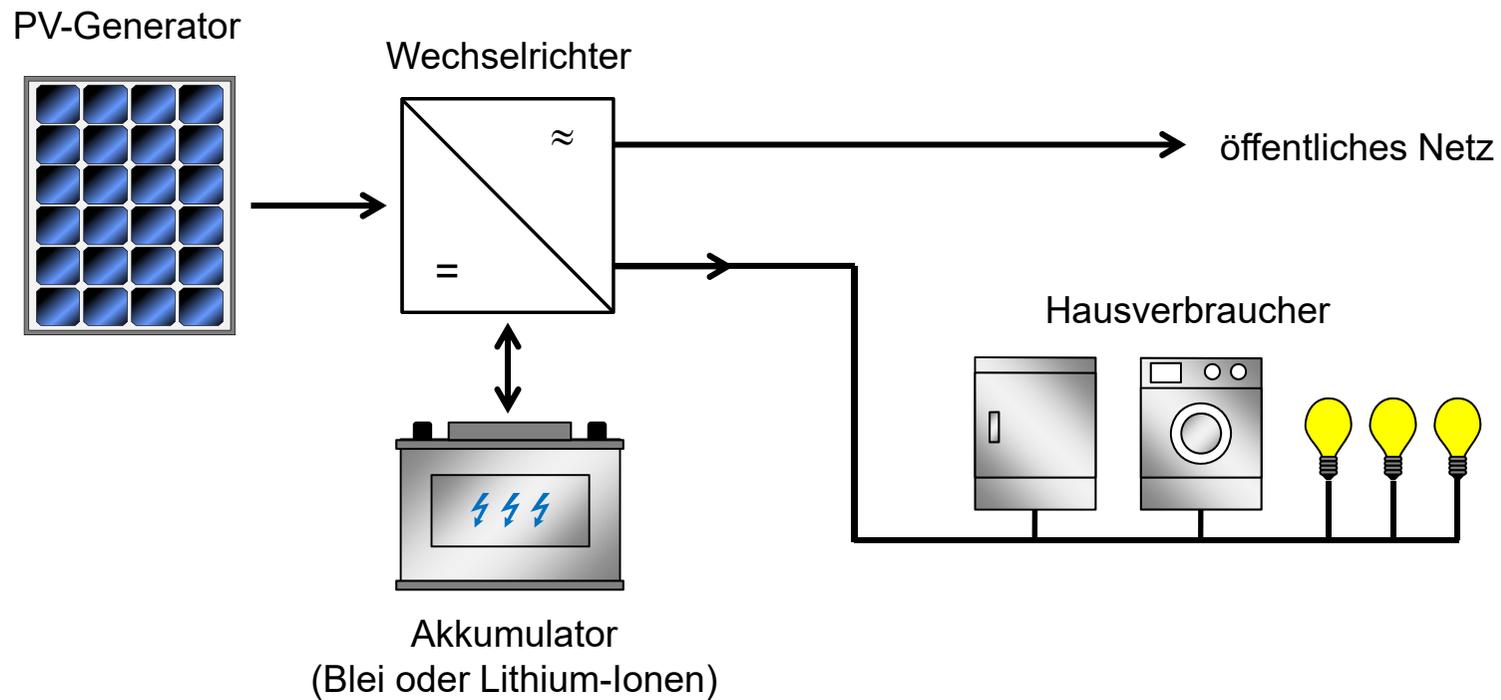




## **5. Speicherung von Solarstrom**

## Prinzip

- Ein Teil des Stroms wird zwischengespeichert, um den Eigenverbrauchsanteil zu erhöhen



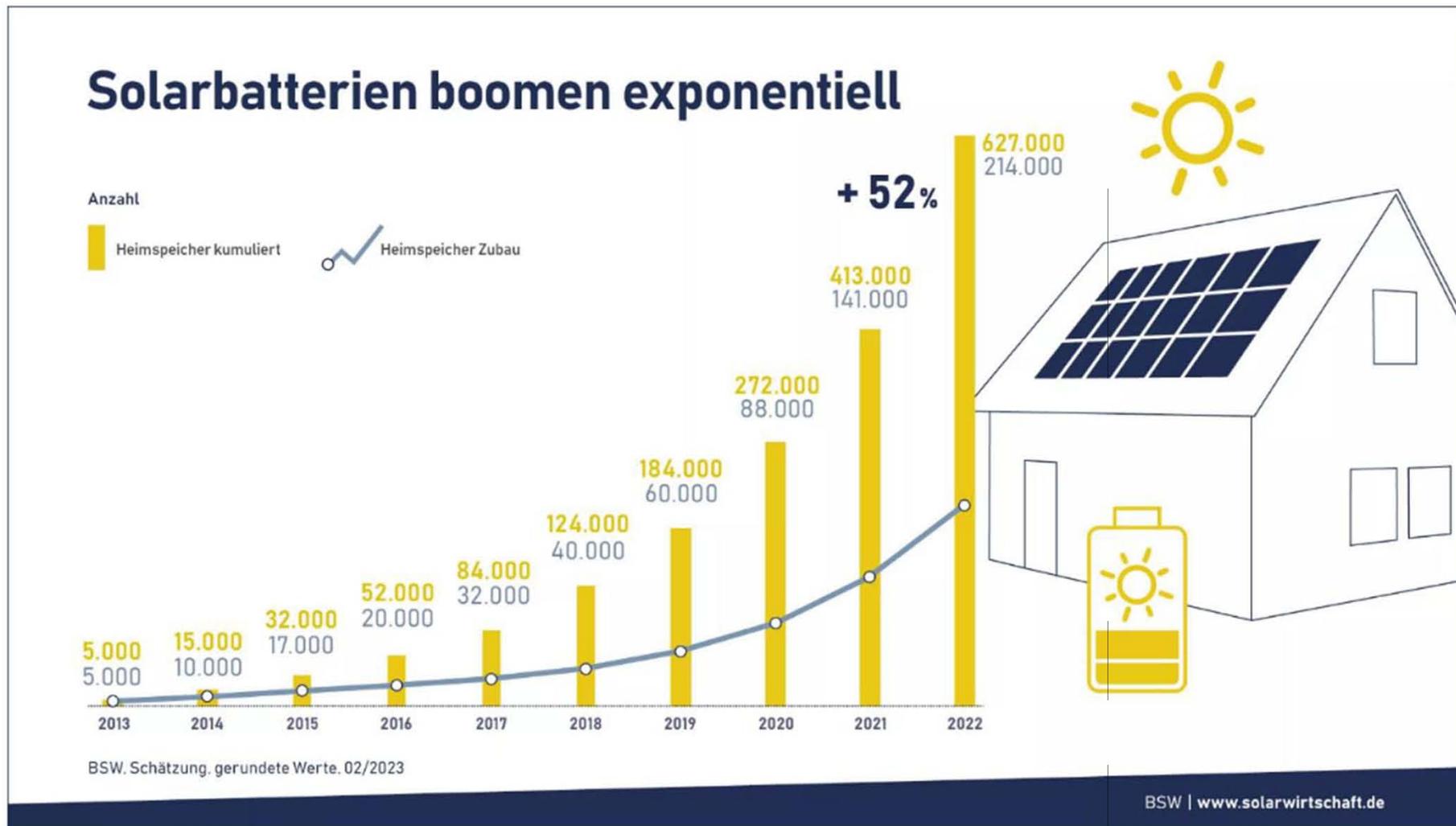
## Aktuelle Situation:

- Lithium-Ionen-Speicher haben sich praktisch durchgesetzt ggü. Bleispeichern



- Zusatzfeatures: z.B. Notstromfunktion, Anbindung an Elektroauto, etc.

## Aktuelle Situation:

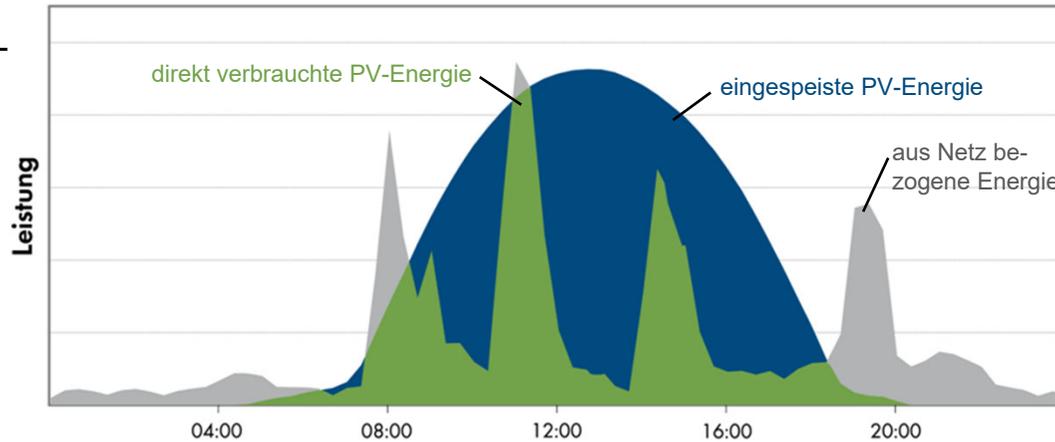


- Mehr als jede 2. PV-Anlage wird mit Speicher gekauft

# Intelligentes System zur Erhöhung des Eigenverbrauchs (EFH):

Typisches Haushaltslastprofil mit PV-Anlage (5 kWp)

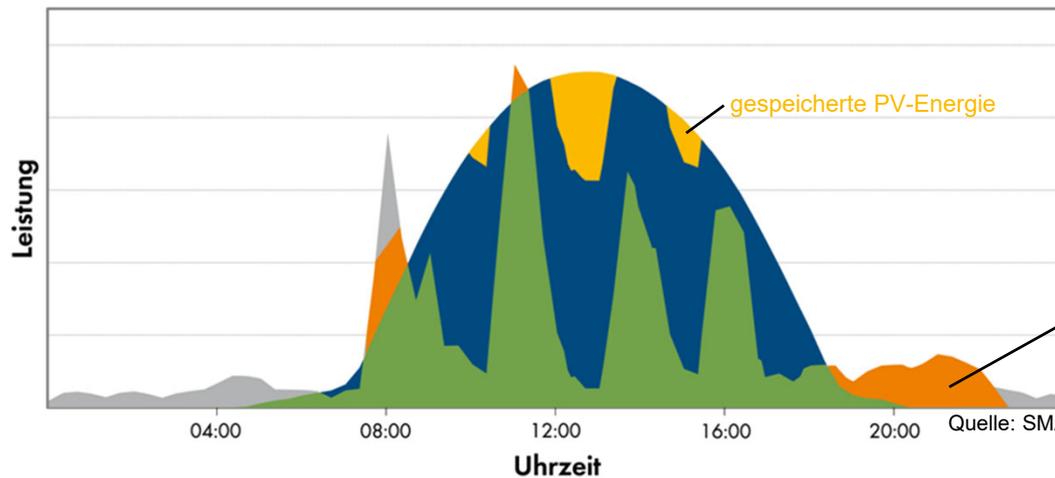
a) Ohne Speicher und Lastmanagement:



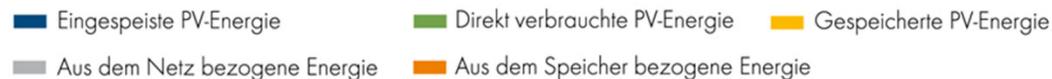
⇒ ca. 30 % Eigenanteil

b) Mit Speicher und Lastmanagement:

Lastprofil mit Sunny Home Manager und Sunny Boy 5000 Smart Energy



⇒ ca. 60 % Eigenanteil



## Durchaus sinnvoll: Hybrid-Wechselrichter nehmen:



Fronius Symo Hybrid



SMA Sunny Tripower  
Smart Energy



Kostal Plenticore



z.B. BYD-Speicher mit 10 Kilowattstunden Speicherkapazität  
erst nachträglich kaufen

## Aktuelle Situation:

- Bislang wurden in Deutschland gut 400.000 Heimspeicher installiert
- Kosten von Speichern sinken (insb. Lithium-Ionen-Speicher)
- Kosten zur Speicherung einer Kilowattstunde liegen aber immer noch über 15 bis 20 Cent

⇒ Speicher rechnen sich bislang nur in Ausnahmefällen!

⇒ Speicherung in Wärme (z.B. in Kombination mit Wärmepumpen) ist eher wirtschaftlich!

## Studie zur Effizienz von aktuellen Stromspeichern:

Studie

# STROMSPEICHER- INSPEKTION 2023

Die Stromspeicher-Inspektion 2023 vergleicht neben Lithium-Ionen-Speichersystemen auch Salzwasser- und Hochtemperaturbatterien.



htw

## Studie zur Effizienz von aktuellen Stromspeichern:



# Stromspeicher-Inspektion 2023 EFFIZIENZTESTSIEGER

### 10-kW-Klasse

1. RCT Power Power Storage DC 10.0 und Power Battery 11.5
2. KACO blueplanet 10.0 TL3 und Energy Depot DOMUS 2.5
3. KACO blueplanet 10.0 TL3 und BYD Battery-Box Premium HVS 10.2
4. FRONIUS Symo GEN24 10.0 Plus und BYD Battery-Box Premium HVS 10.2
5. KOSTAL PLENTICORE plus 10 und BYD Battery-Box Premium HVS 12.8

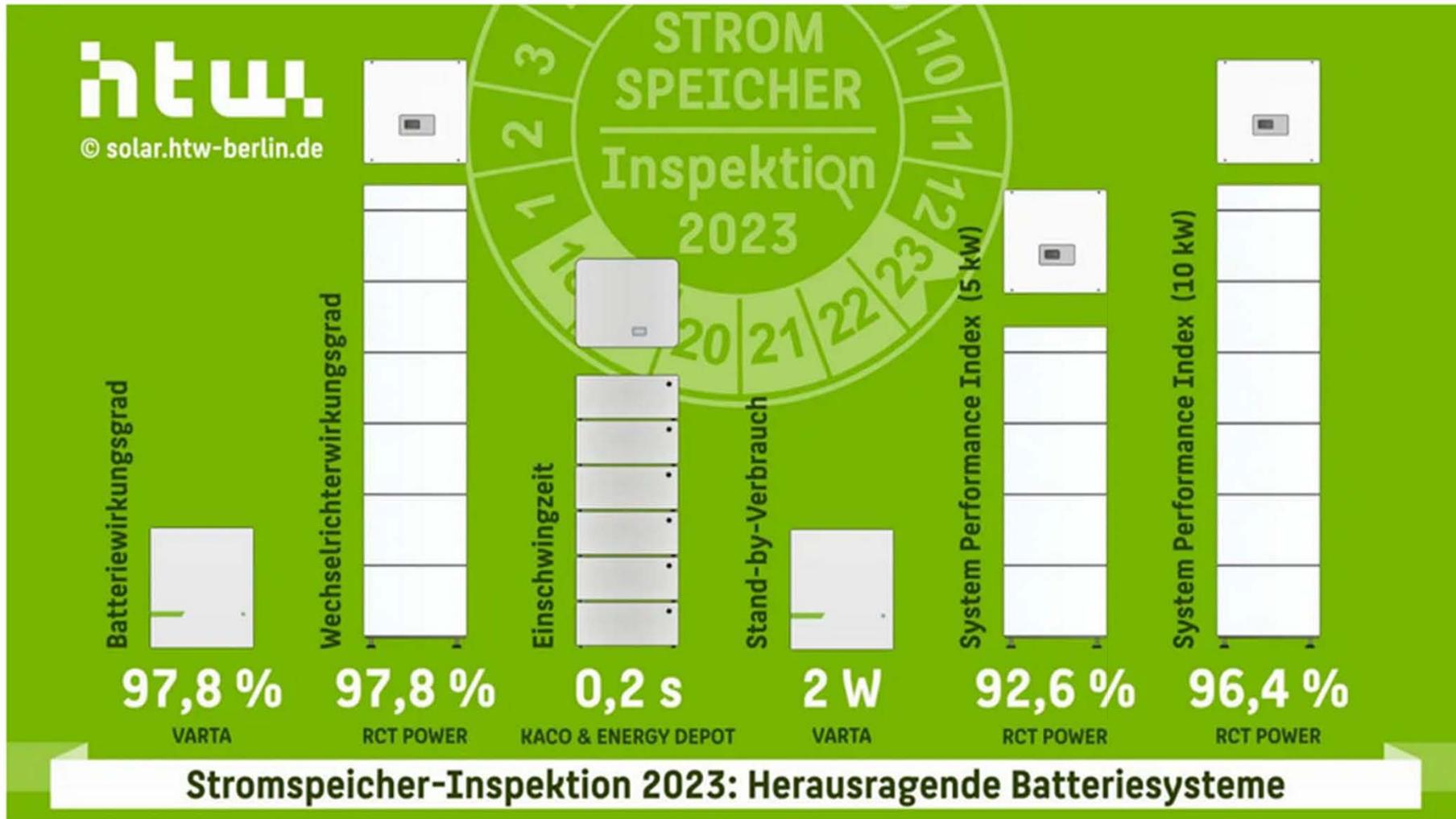
### 5-kW-Klasse

1. RCT Power Power Storage DC 6.0 und Power Battery 7.6
2. FRONIUS Primo GEN24 6.0 Plus und BYD Battery-Box Premium HVS 7.7
3. KOSTAL PLENTICORE plus 5.5 und BYD Battery-Box Premium HVS 7.7
4. VIESSMANN Vitocharge VX3 Typ 4.6A8
5. VARTA pulse neo 6

**htw.**  
© solar.htw-berlin.de

<https://solar.htw-berlin.de/studien/stromspeicher-inspektion-2023/>

Studie zur Effizienz von aktuellen Stromspeichern:



<https://solar.htw-berlin.de/studien/stromspeicher-inspektion-2023/>

## Was ist hier falsch?



Foto: K. Mertens

# Nutzt die Dächer!



Pixabay



Foto: Mertens



Foto: Mertens



Foto: Mertens



Pixabay



Pixabay



www.solaranlagen-portal.com

K. Mertens



Pixabay



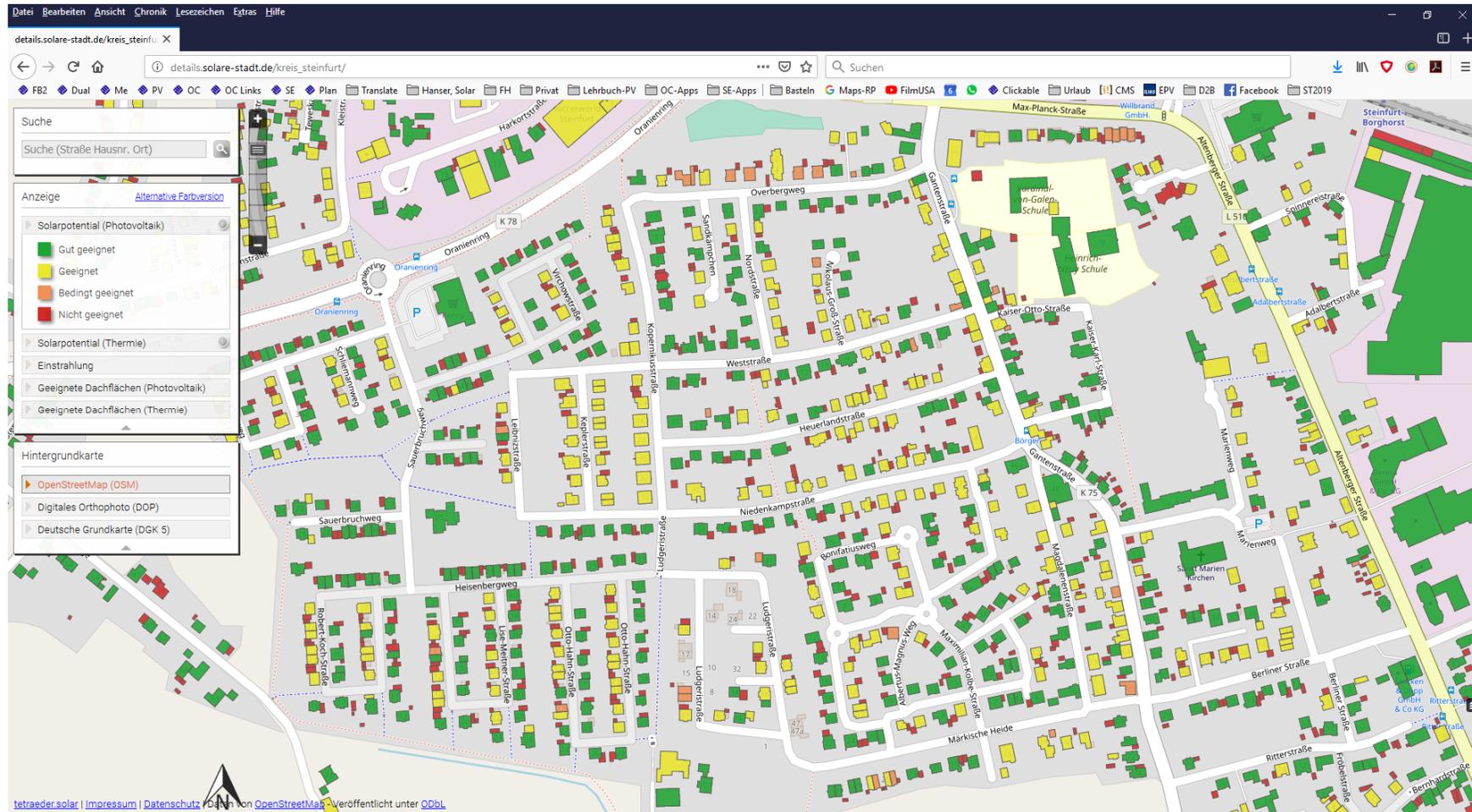
www.pv-magazine.de

## Macht die Dächer voll!



# Die Dächer müssen genutzt werden: Es ist noch genug Platz...

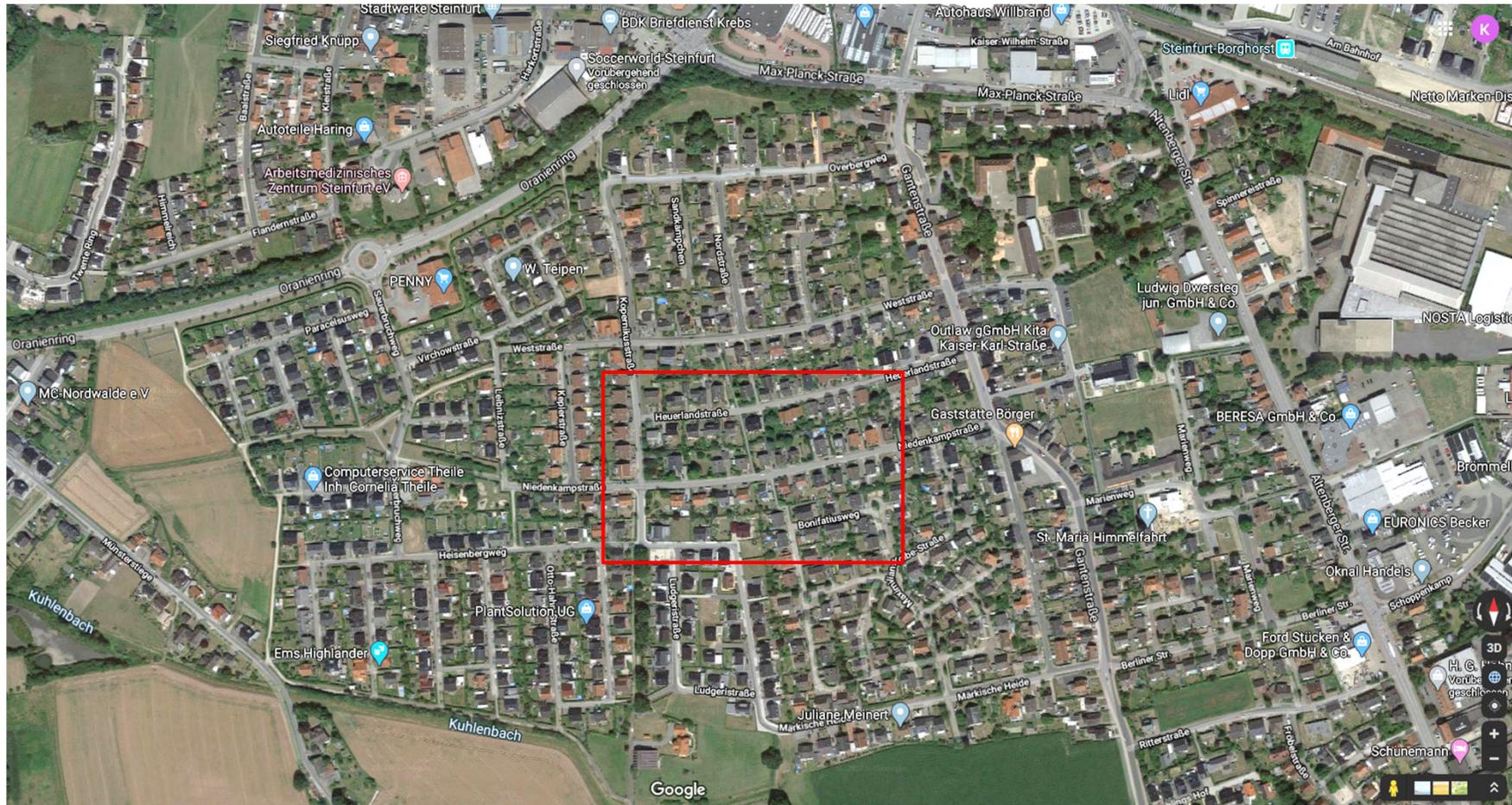
## Beispiel Steinfurt



⇒ [http://details.solare-stadt.de/kreis\\_steinfurt/](http://details.solare-stadt.de/kreis_steinfurt/)

# Die Dächer müssen genutzt werden: Es ist noch genug Platz...

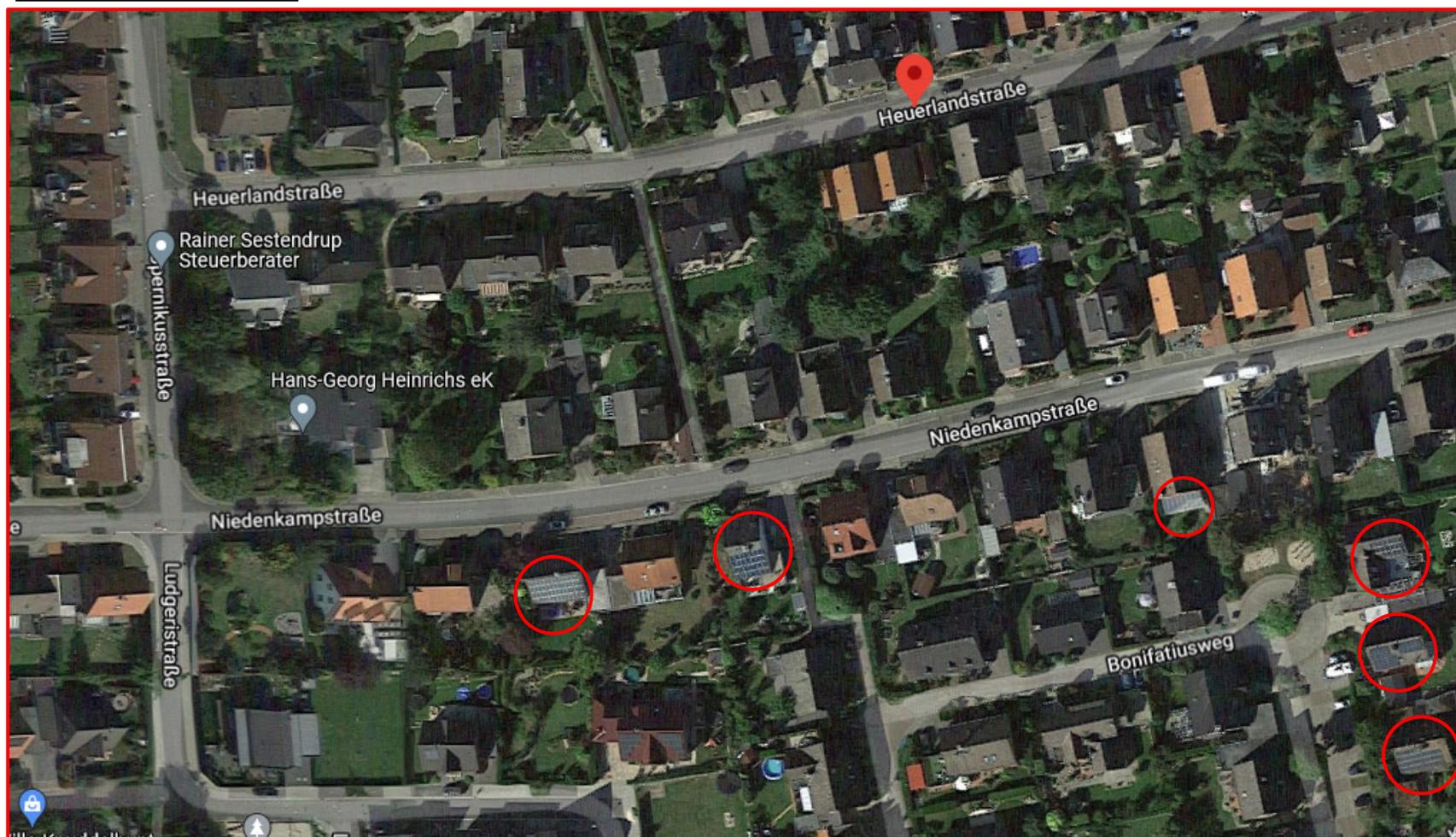
## Beispiel Steinfurt:



Quelle: google maps

## Die Dächer müssen genutzt werden: Es ist noch genug Platz...

### Beispiel Steinfurt:



Quelle: google maps



## **6. Photovoltaik und Elektroautos?**

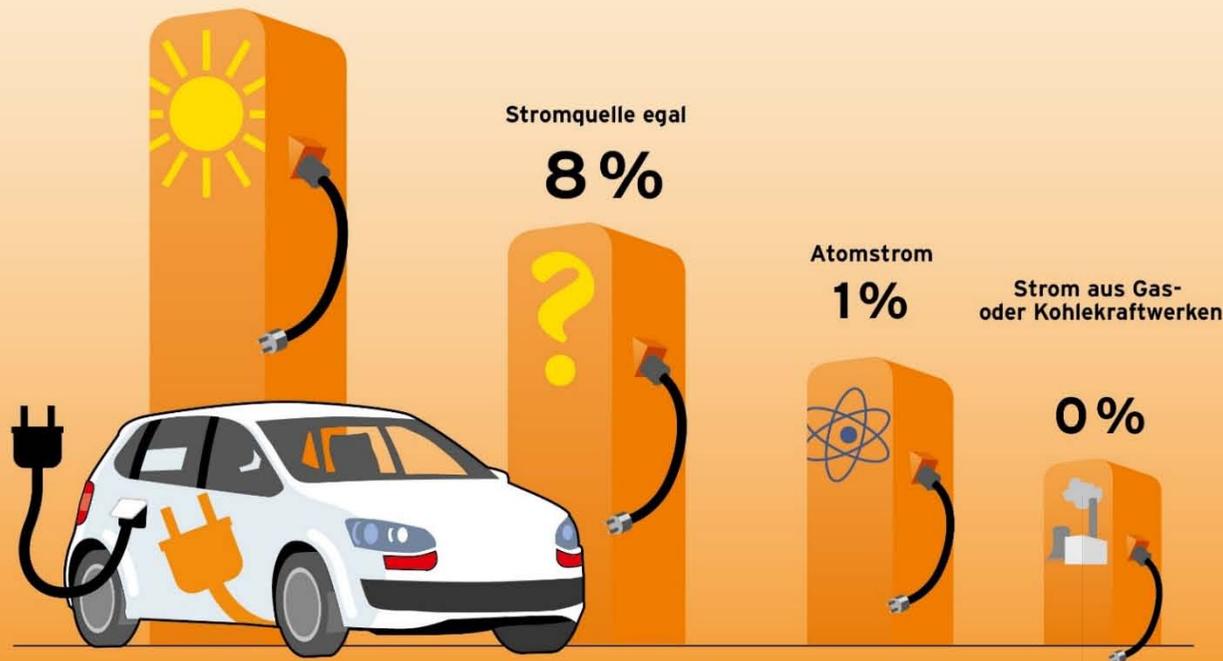
## Nutzt die Dächer... auch für das Elektroauto...

# 90 Prozent würden Solarstrom tanken

Womit würden Sie bei gleichem Preis vorzugsweise tanken?

Solarenergie und andere  
Erneuerbare Energien

90%



Basis: Autofahrer, für die grundsätzlich die Anschaffung eines Elektroautos in Frage kommt | An 100 Prozent fehlende Angaben = „weiß nicht“ | Forsa-Umfrage im Auftrag des BSW-Solar, 6/2018

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

SOLARGRAFIK.de

# Nutzt die Dächer... auch für das Elektroauto...

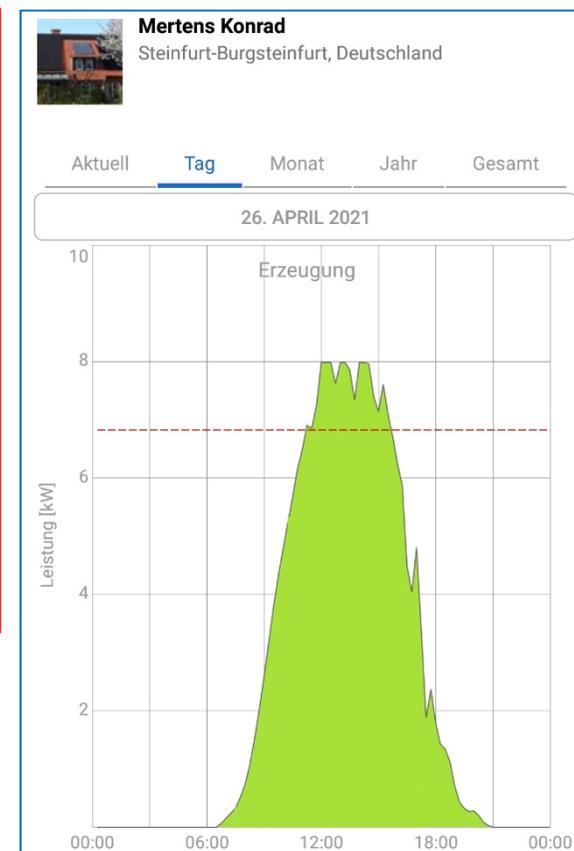
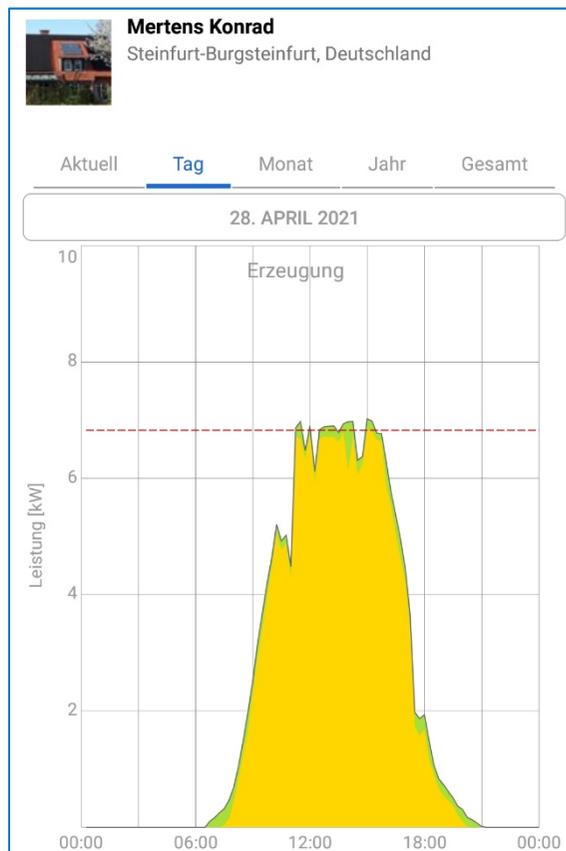
ohne Elektroauto

Tagesertrag: 54 kWh  
**Eigenverbrauch: 3 kWh**



mit Elektroauto  
(einphasig)

Tagesertrag: 58 kWh  
**Eigenverbrauch: 31 kWh**



## Nutzt die Dächer... auch für das Elektroauto...



⇒ z.B. 5 kWp - Anlage: 25.000 km pro Jahr!

⇒ besser: 10 kWp - Anlage: 25.000 km pro Jahr + 4500 kWh für Haushalt...

Wie man es nicht machen sollte:



## Gewöhnungsbedürftig...



So bekommt man einen hohen Eigenverbrauchsanteil...☺



Wie man es nicht machen sollte:



Wie man es nicht machen sollte:



## **7. Fazit**

## Fazit

- Solarstrom ist inzwischen deutlich günstiger als Biomasse- und Offshore-Windkraft
- Die Einspeisevergütung allein reicht aktuell kaum noch für einen auskömmlichen Betrieb
- Durch Eigenverbrauch ist die Rendite dennoch akzeptabel bis sehr gut
- Speicher rechnen sich im Moment i.A. noch nicht, werden aber immer günstiger
- Die Elektromobilität wird den weiteren Ausbau der Photovoltaik beschleunigen
- Macht die Dächer voll, woher soll der Strom denn sonst kommen???



Vortragsfolien zum Download: [www.fh-muenster.de/mertens](http://www.fh-muenster.de/mertens)  
(ganz unten...)

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**



# Anhang

## Was ist hier falsch?



## Und wenn die Photovoltaik noch mehr liefern sollte?

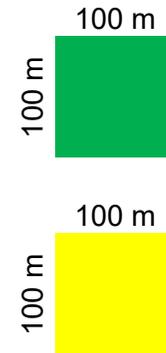
Fallbeispiel: Wir haben einen Hektar Fläche zur Stromerzeugung zur Verfügung:

- Fall A: Wir bauen Energiemais an: Sonne → Mais → Biogas → Strom

⇒ Ertrag: ca. 20.000 kWh

- Fall B: Wir nutzen Photovoltaik: Sonne → Strom

⇒ Ertrag: 1 Mio. kWh ! ⇒ **Faktor 50 !!!**



Übrigens:

Aktuell werden 21 % der Ackerflächen Deutschlands für Energiepflanzen genutzt.

Würde man „das letzte 1 %“ für Photovoltaik verwenden, ergäbe das 20 % des gesamten Strombedarfs

**Fazit: das Potential der Photovoltaik ist selbst in Deutschland gigantisch!**

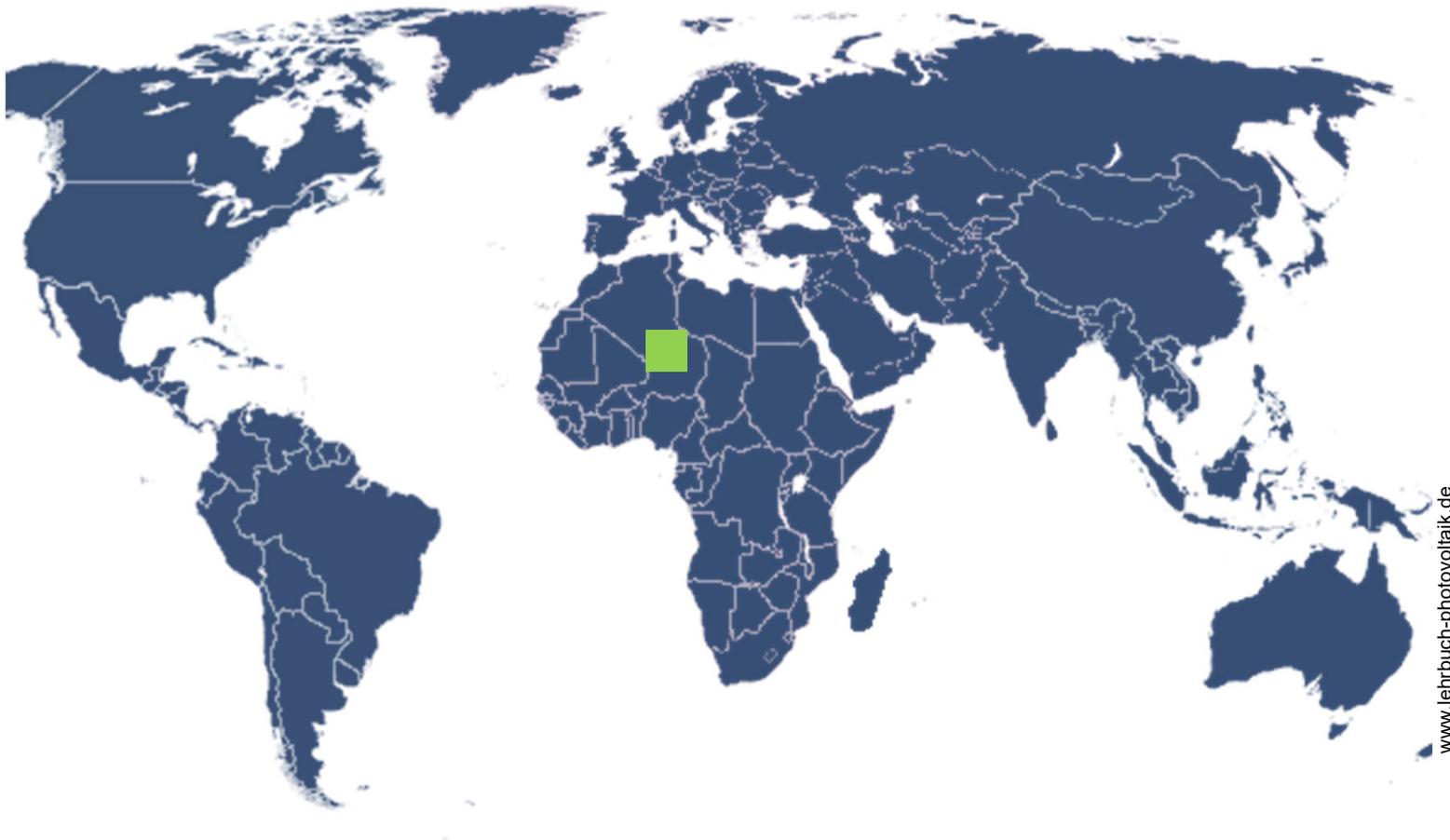
Zur Ehrenrettung der Biomasse: + Biomasse ist speicherbar  
+ Restpflanzennutzung macht auf jeden Fall Sinn

# Nutzt die hohe Flächeneffizienz der PV!



## Flächenbedarf:

Welche Fläche bräuchte man, um den gesamten (!) Weltenergiebedarf (Strom, Verkehr, Heizung, ...) mit Photovoltaik zu decken (Annahme: Wirkungsgrad 10 %)?



⇒ Der heutige Wirkungsgrad reicht eigentlich auch schon!

Flächenbedarf:



www.lehrbuch-photovoltaik.de

⇒ **Besser: Verteilung der Solaranlagen über die ganze Welt...**