



# Photovoltaik und Gründächer

Prof. Konrad Mertens

Labor für Optoelektronik und Sensorik, Photovoltaik-Prüflabor

Fachbereich Elektrotechnik und Informatik

Fachhochschule Münster



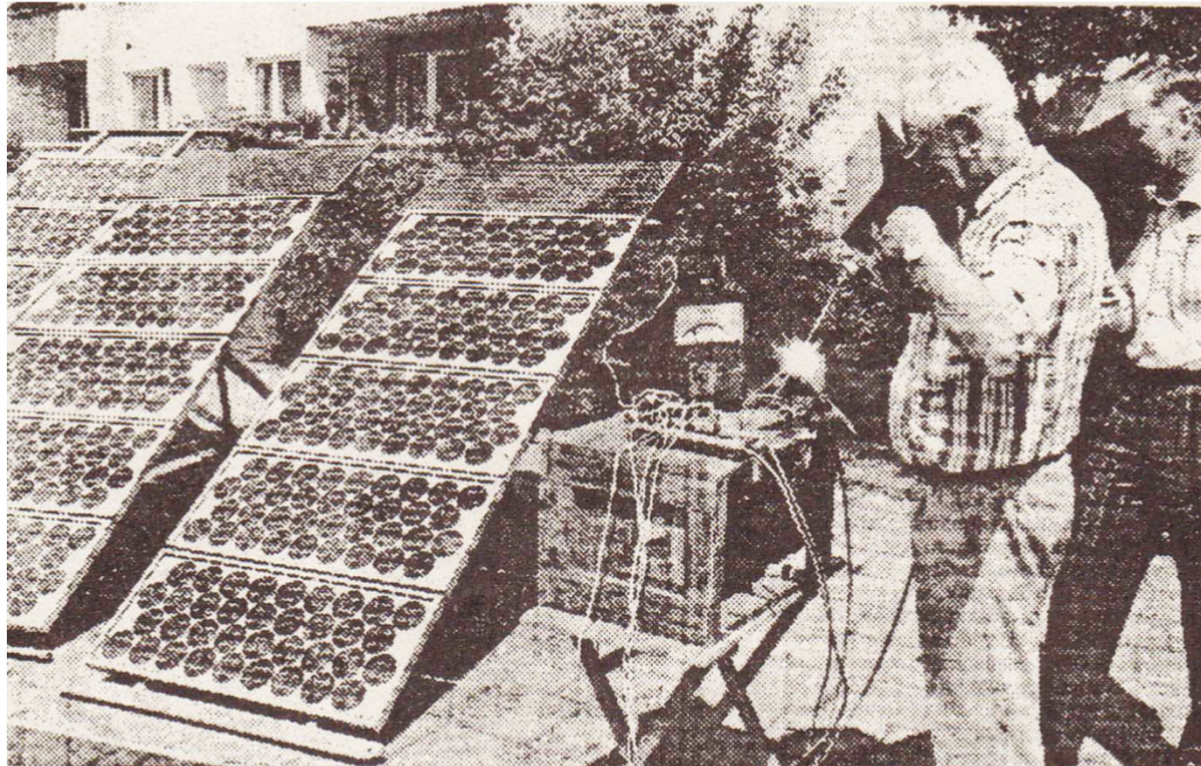
## Gliederung:

1. Was heißt hier Klimaschutz?
2. Kurzeinführung zur Photovoltaik
3. Photovoltaik und Gründächer
4. Flächeneffizienz von Photovoltaik
5. Fazit

## Zur Person

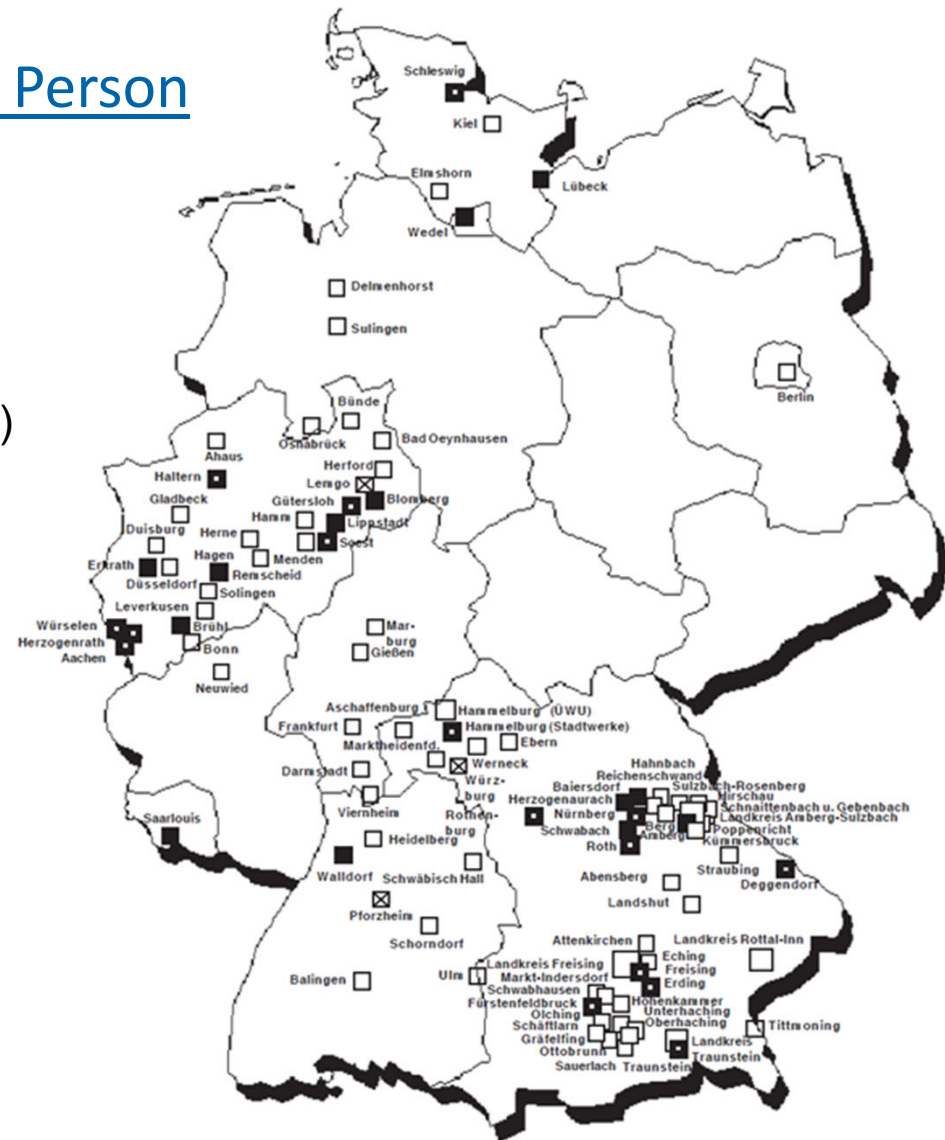
- Seit 1991 im Solarenergie-Förderverein Aachen (SFV):

Vorführung: Schweißen mit Solarenergie...



## 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!

## Zur Person



- Studium und Promotion (Elektrotechnik) an der RWTH Aachen
- Industrietätigkeit im Bereich Erneuerbare Energien und Intelligente Netze
- Seit 2000 Professor an der Fachhochschule Münster:

### Lehre:

- Photovoltaik
- Sensorik
- Lichtwellenleitertechnik

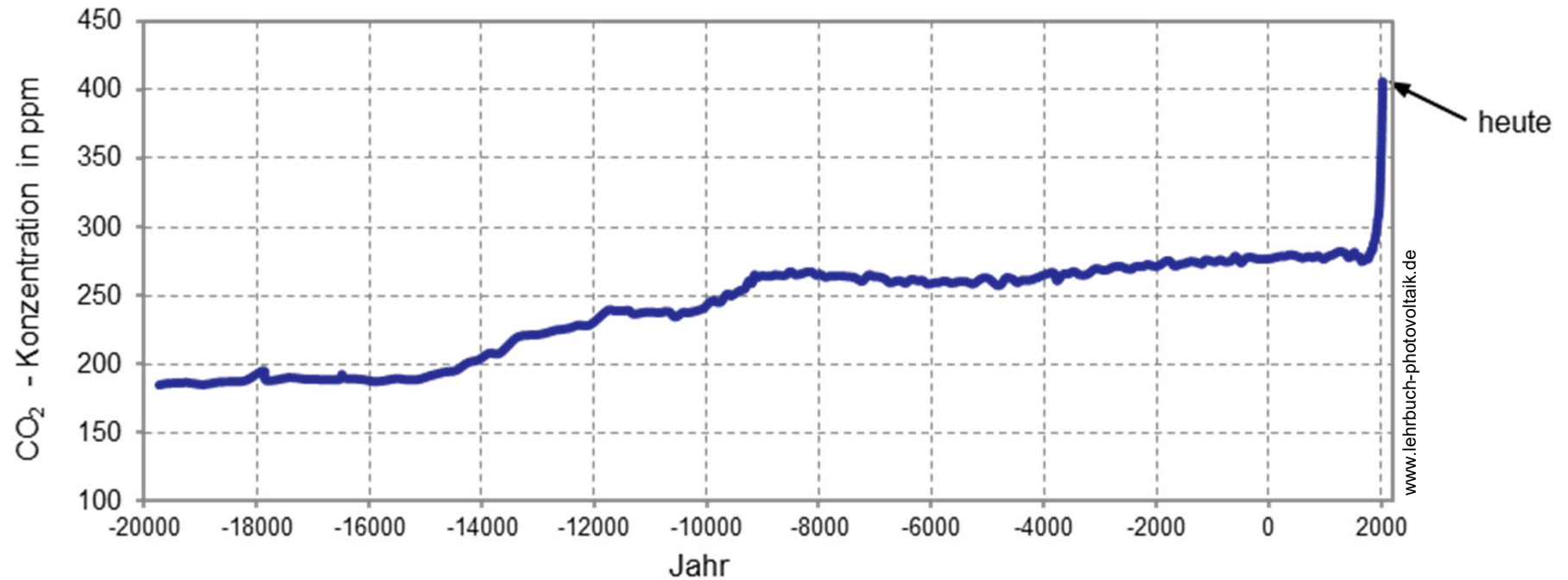
### Forschung:

- Photovoltaik-Prüflabor
- Qualitätsüberprüfung von Photovoltaikanlagen



# 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:

## Wald: Klimawandel verursacht Milliarden-Schäden



© Adobestock

agrarheute, 28.08.2019

## 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

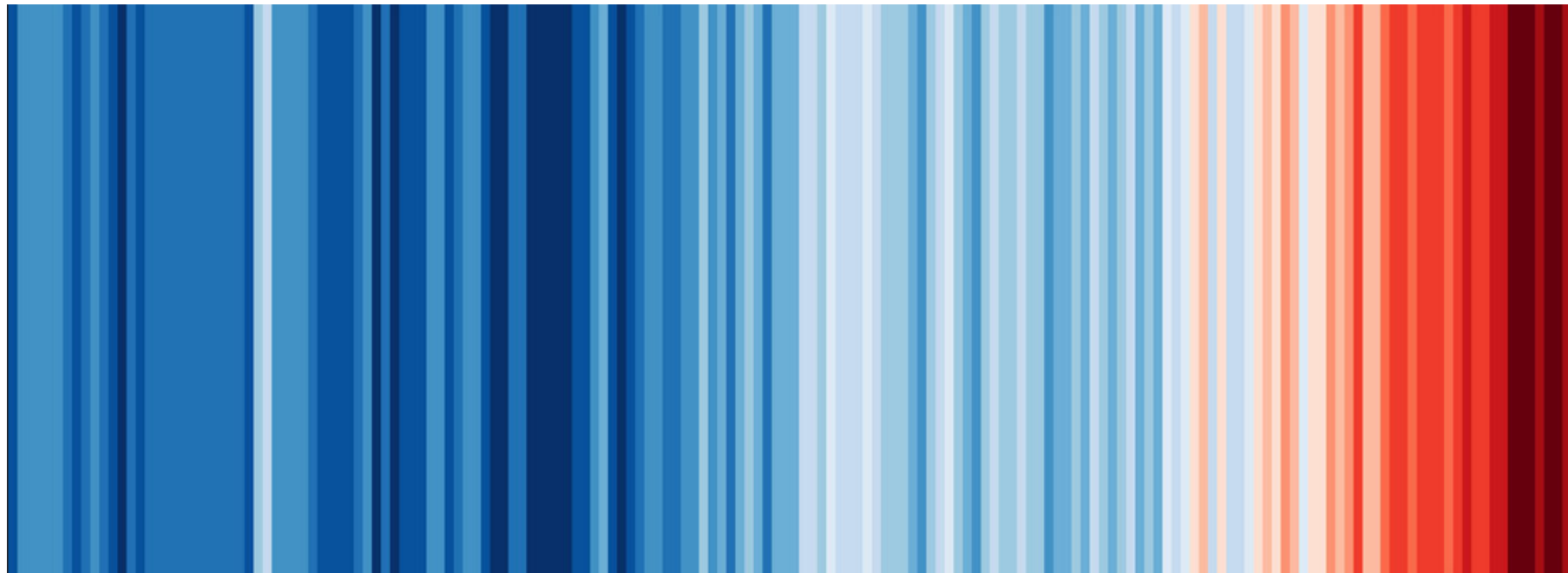
Der Klimawandel hat schon begonnen:



Australien, Queensland, Frühjahr 2022

# Was ist das?

## Jahrestemperaturen seit 1881:

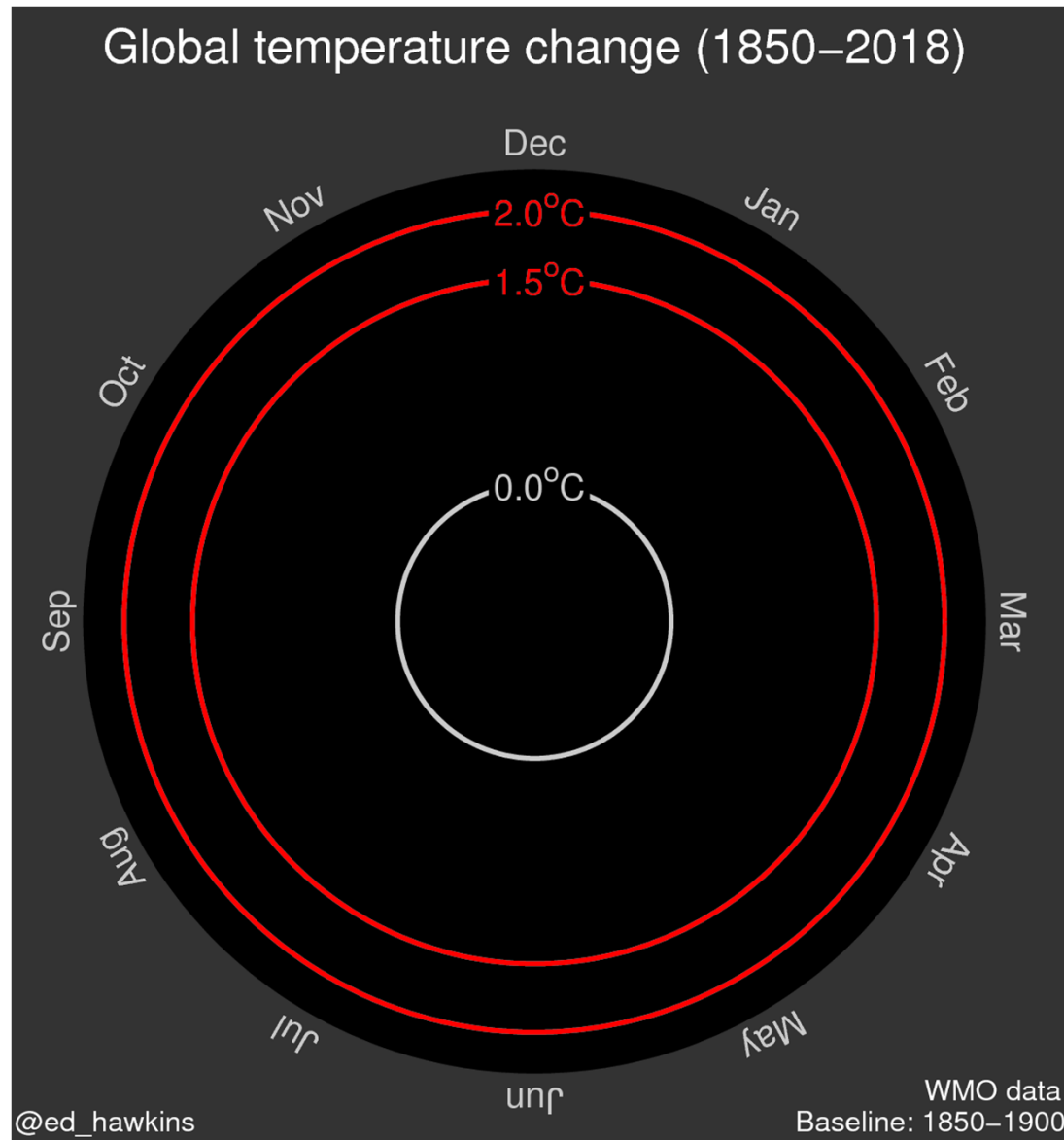


1881

2021

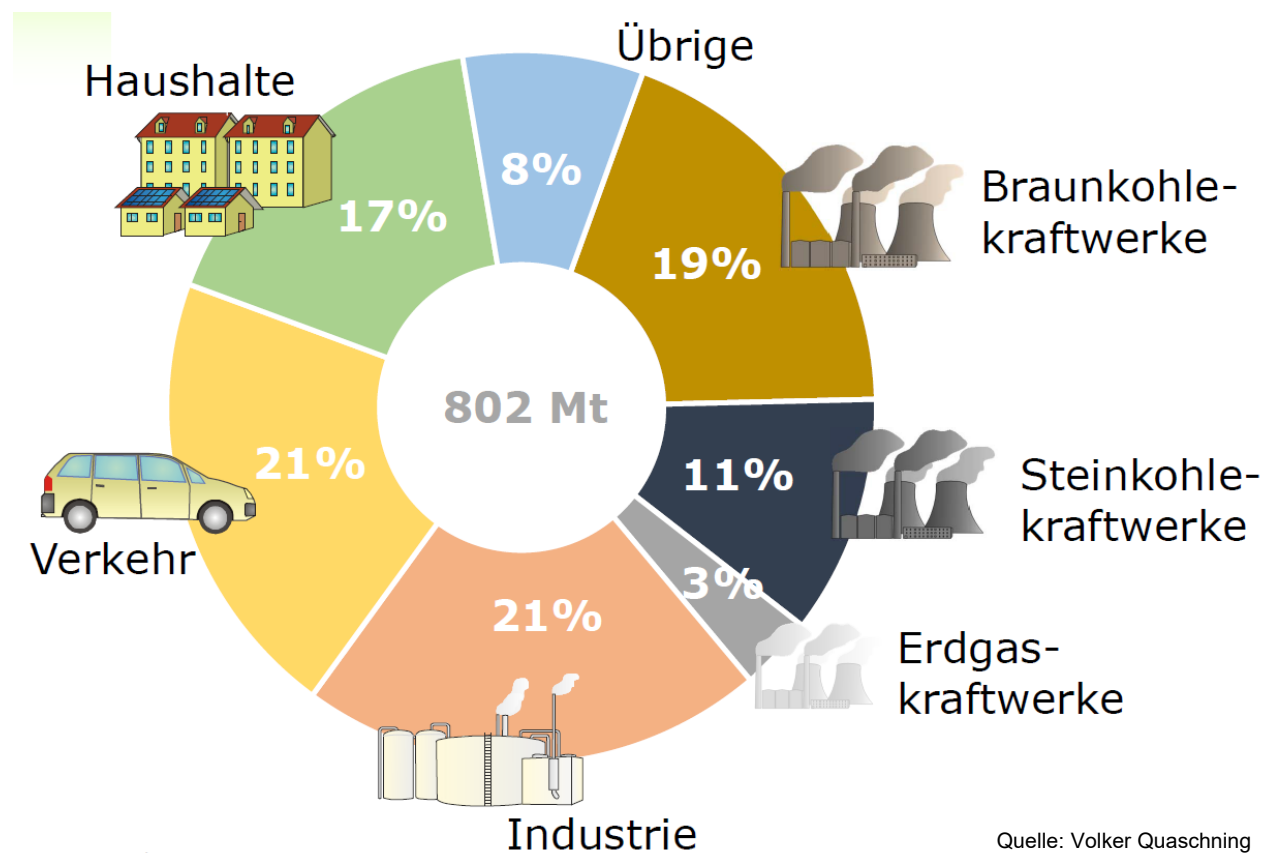
Quelle: U.S. NASA; U.S. ESRL; DWD

Gliederung:





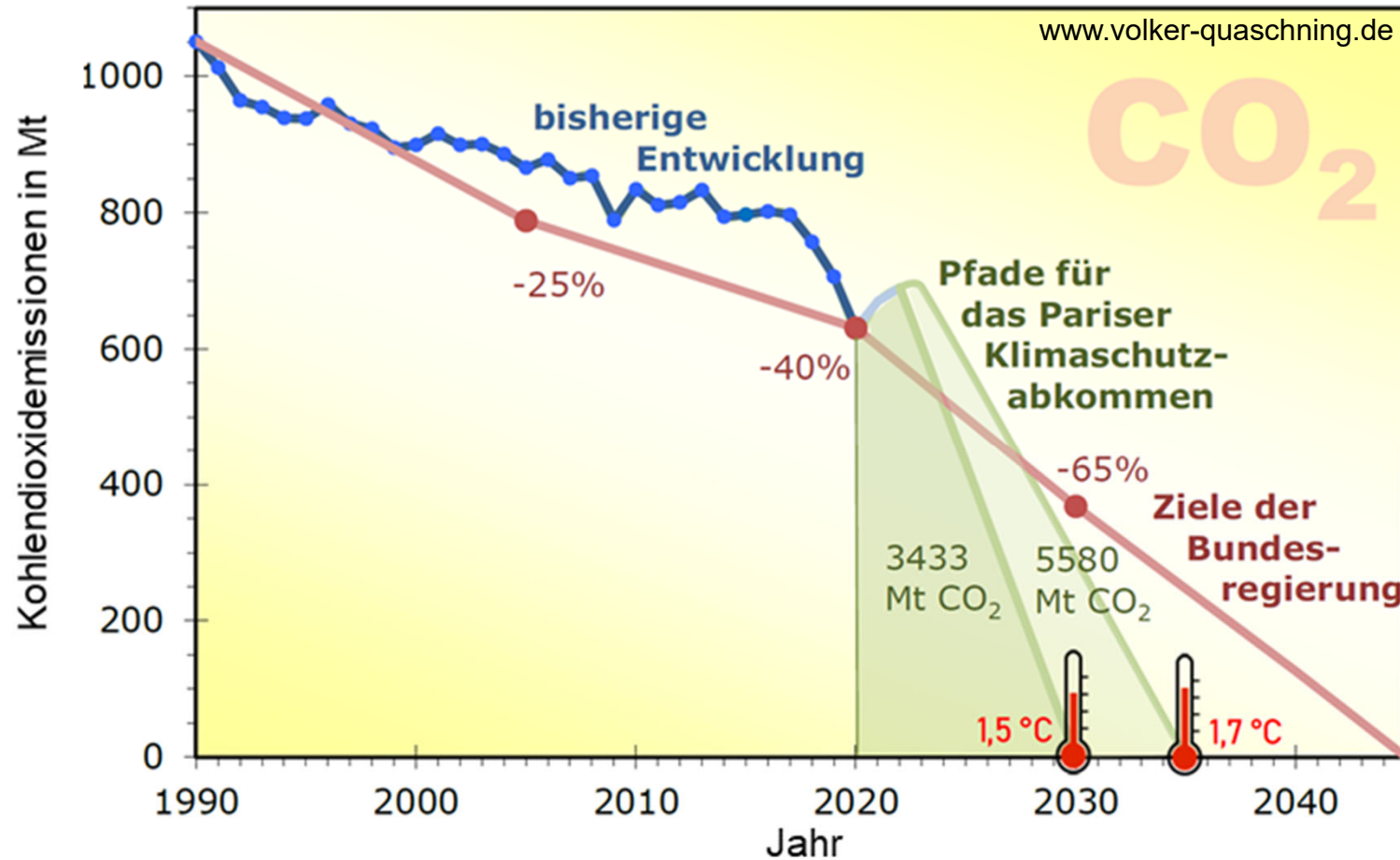
## Verursacher der deutschen CO<sub>2</sub>-Emissionen:



⇒ Start mit Kohlekraftwerken ist sinnvoll

⇒ Parallel müssen die anderen Sektoren umgebaut werden!

## Zukunft der Kohlendioxidemissionen in Deutschland:



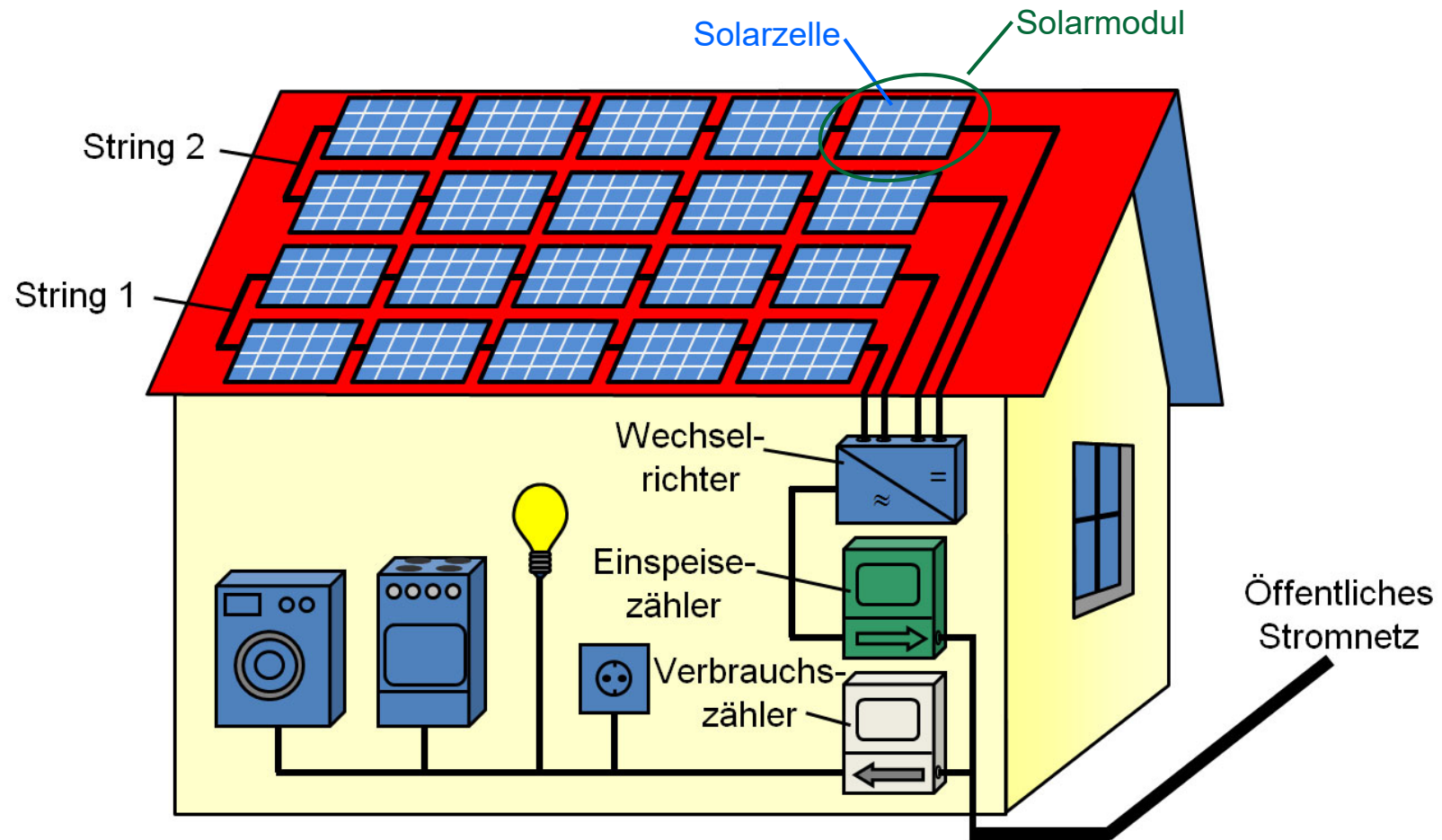
⇒ Wo soll die Energie denn herkommen?

⇒ Aus Solarstrom? Ja, unter anderem!

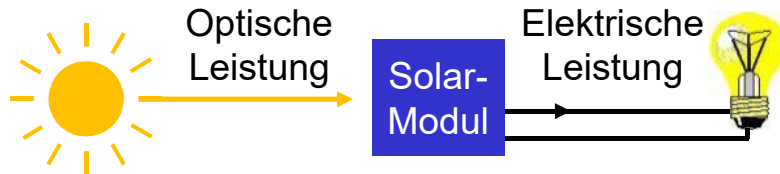


## 2. Kurzeinführung zur Photovoltaik

# 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!**

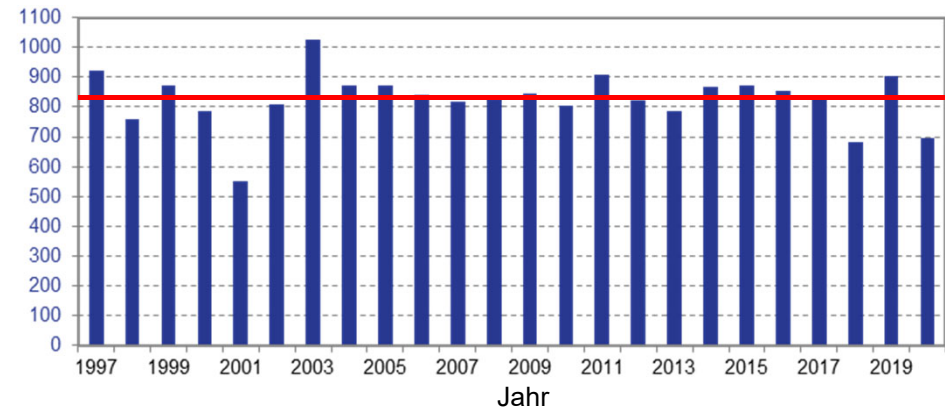
## Beispiel des Energieertrags realer Anlagen:

### a) Anlage Aachen

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



Spezifischer jährlicher Ertrag in kWh/kWp



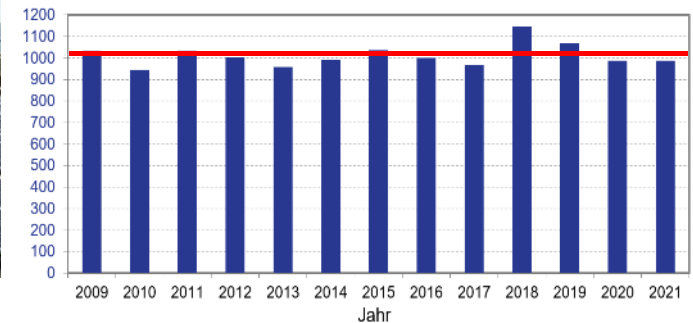
⇒ Durchschnittlicher Ertrag: 830 kWh/kWp

### b) Anlage Steinfurt

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



Ertrag in kWh/kWp

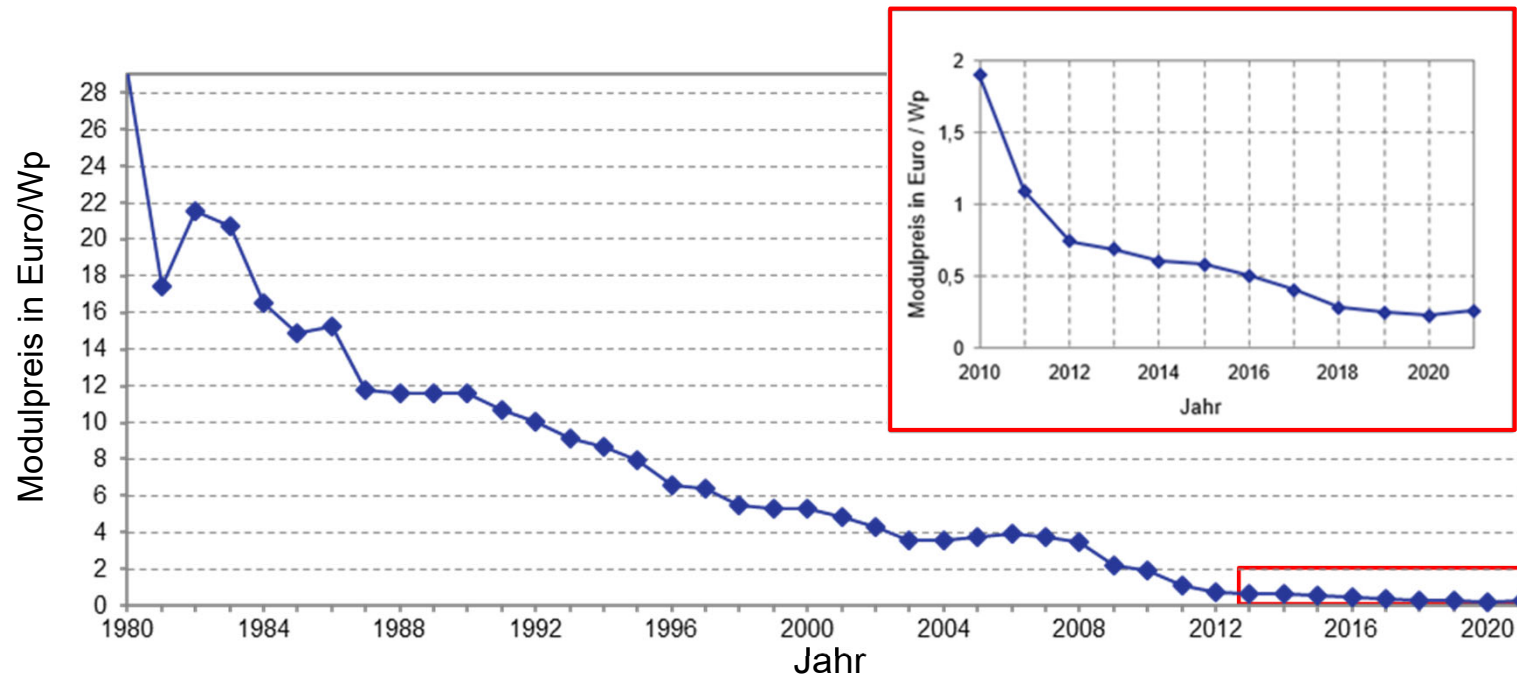


⇒ Durchschnittlicher Ertrag: 1015 kWh/kWp

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

## Preisentwicklung:

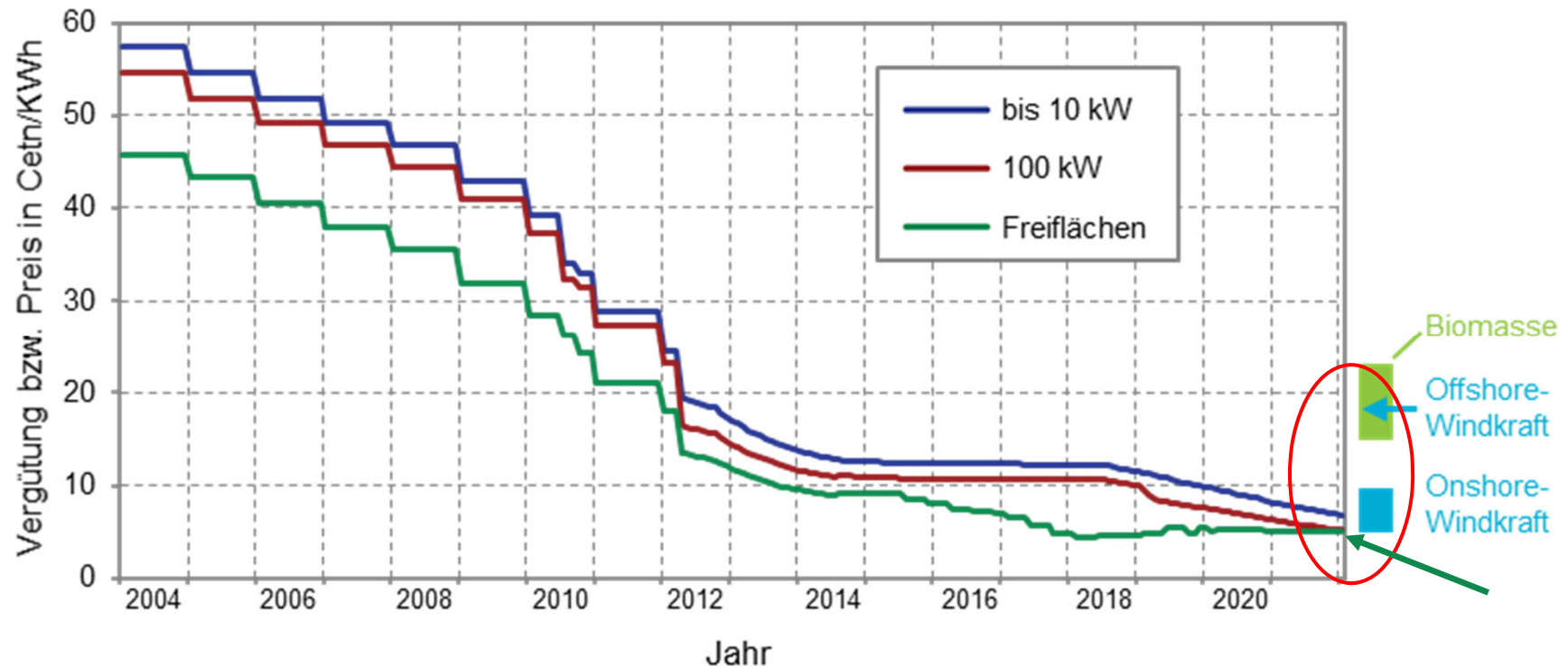
- Modulpreise seit 1980 (inflationsbereinigt):



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

## Preisentwicklung:

- Entwicklung der Einspeisevergütung seit 2004:



- ⇒ Photovoltaikstrom ist inzwischen günstiger als Biomasse und Offshore-Windkraft!
- ⇒ Ausschreibungen von Freiflächenanlagen: Betreiber bieten 5 Ct/kWh!
- ⇒ Ausschreibung in Abu Dhabi: Betreiber bietet 1,1 Ct/kWh!



# 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
	Süd	-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
		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
		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
	Südwest	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	91,8	90,4	88,7	86,4	83,8	81,1	78,0	74,6	70,8
		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
		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
West	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 755 kWh/kWp)

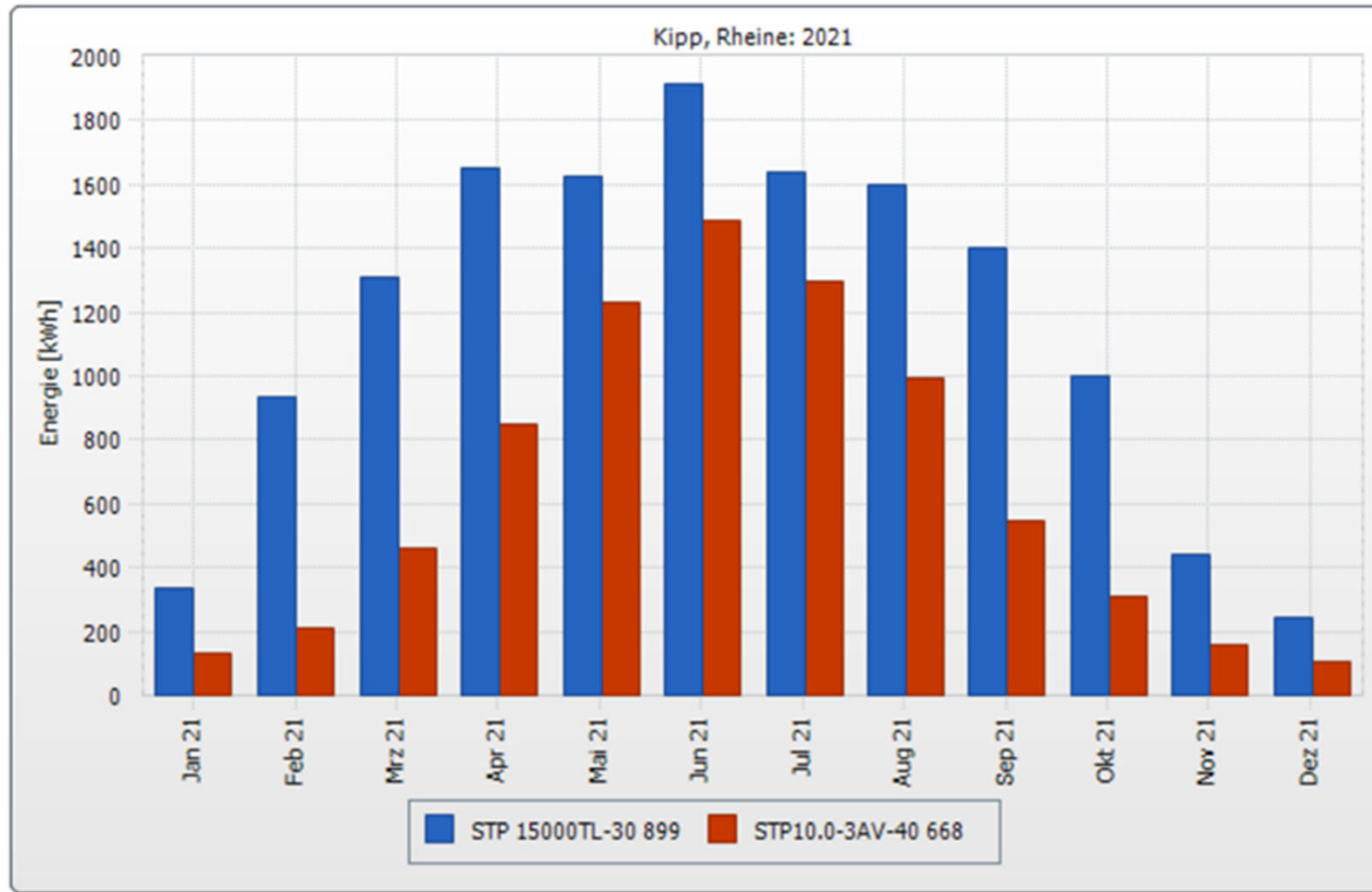
# Ertragsabhängigkeit von der Dachausrichtung

		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?



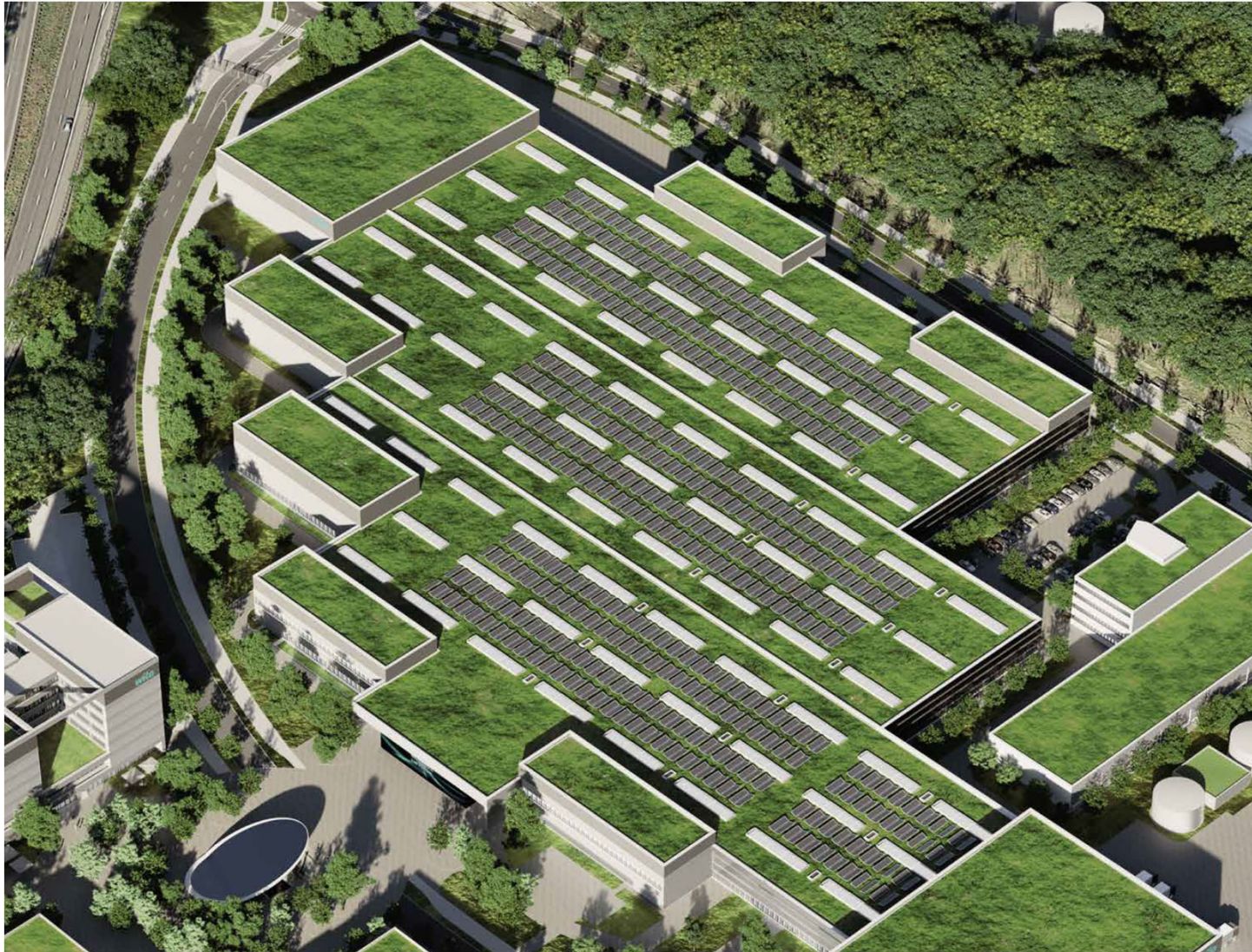
Quelle: Peter Nagelmann, Marienstr 21, Rheine

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



## **3. Photovoltaik und Dachbegrünung**

## Photovoltaik und extensive Dachbegrünung: das beste aus zwei Welten...



Quelle: Optigrün

## Photovoltaik und extensive Dachbegrünung: das beste aus zwei Welten...



Solar FKD

- Die Verdunstungskühlung der Vegetation führt zu einer Effizienzsteigerung der Photovoltaikanlage. Gleichzeitig leistet die Dachbegrünung einen wichtigen Beitrag zum Erhalt des natürlichen Wasserhaushaltes.
- Die auflastgehaltenen Solaraufständerungen werden durch den Gründachaufbau lage- und windsicher fixiert. Für die Installation ist keine Dachdurchdringung notwendig.
- Die Solaraufständerungen können mit verschiedenen Systemaufbauten kombiniert werden und ermöglichen eine multifunktionale Dachnutzung.

Quelle: Optigrün

## Photovoltaik und extensive Dachbegrünung: das beste aus zwei Welten...



Solar FKD

- Aufstellung der Solarmodule in Süd-Richtung sowie alternativ in Ost-West-Richtung
- Erfüllung von Einleitbeschränkungen und Minderung der Niederschlagswassergebühr
- Steigerung der Biodiversität

## Beispiel eines Systemaufbaus

### SYSTEMAUFBAU

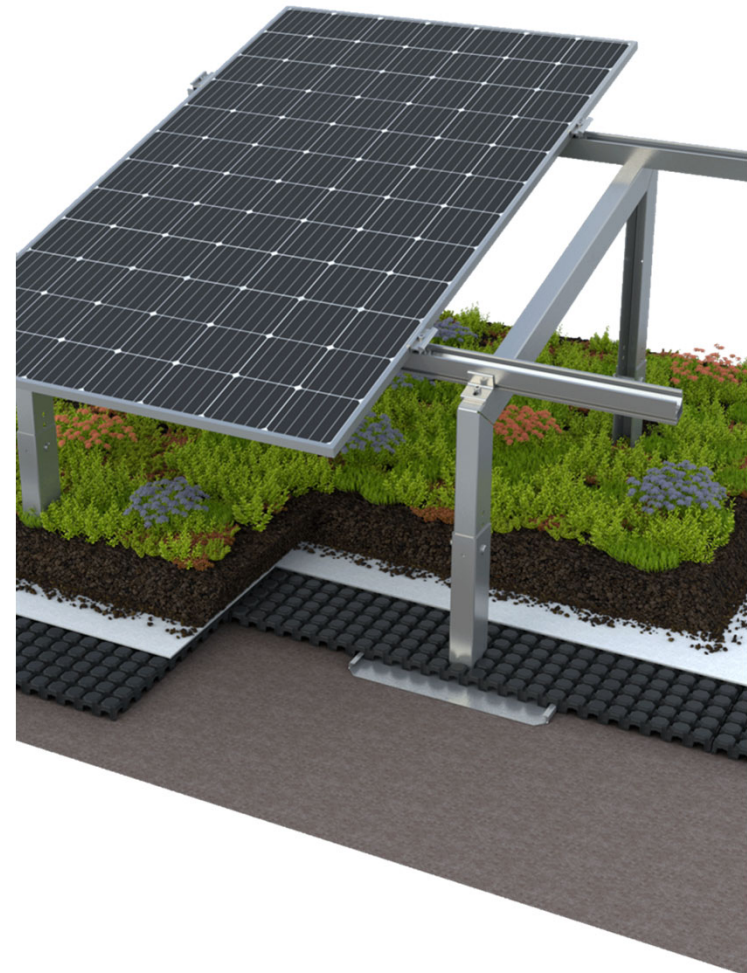
#### 1 PHOTOVOLTAIK-MODUL

Fabrikat frei wählbar

#### 2 & 3 SOLARAUFSTÄNDERUNG SOLAR FKD

Auflastgehaltene Solaraufständerung bestehend aus Bodenplatte und Bügel mit zugehörigen Modulschnellmontageschienen und Modulklemmen

#### 4 SEDUM-SPROSSEN



Quelle: Optigrün



## Beispiel eines Systemaufbaus

### 5 EXTENSIVSUBSTRAT

Auf extensive Bauweise abgestimmtes Substrat

### 6 FILTERVLIES FIL 150

Verhindert das Einschlämmen von Feinteilen in die Dränschicht bei gleichzeitig hoher Wasserdurchlässigkeit

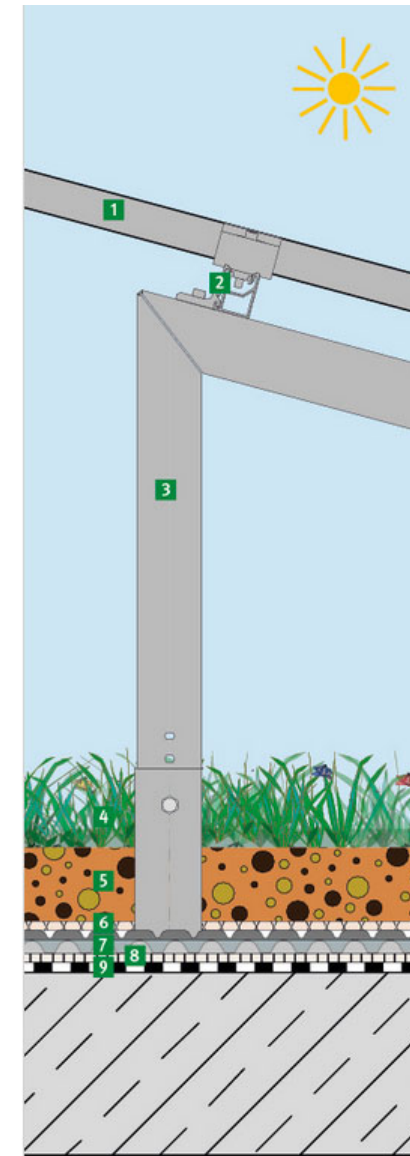
### 7 DRÄN- UND WASSERSPEICHERELEMENT FKD 25MA

Mit großem Wasserspeicher und optimaler Wasserverteilung

### 8 TRENN- SCHUTZ- UND SPEICHERVLIES RMS 500

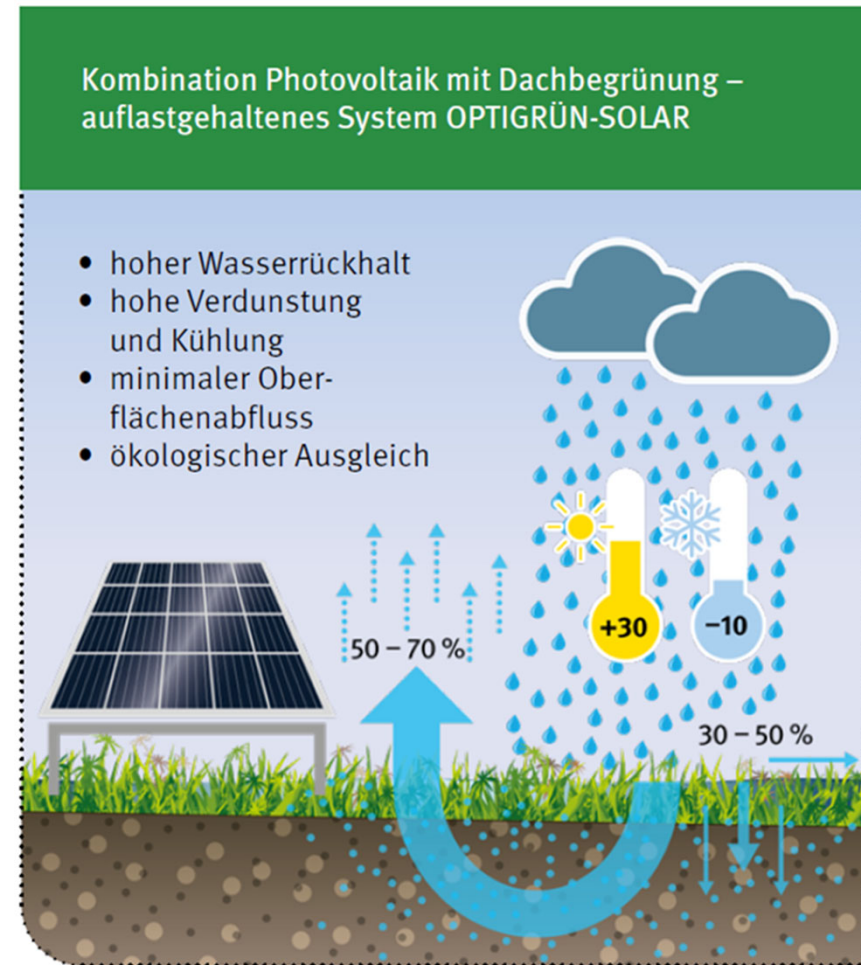
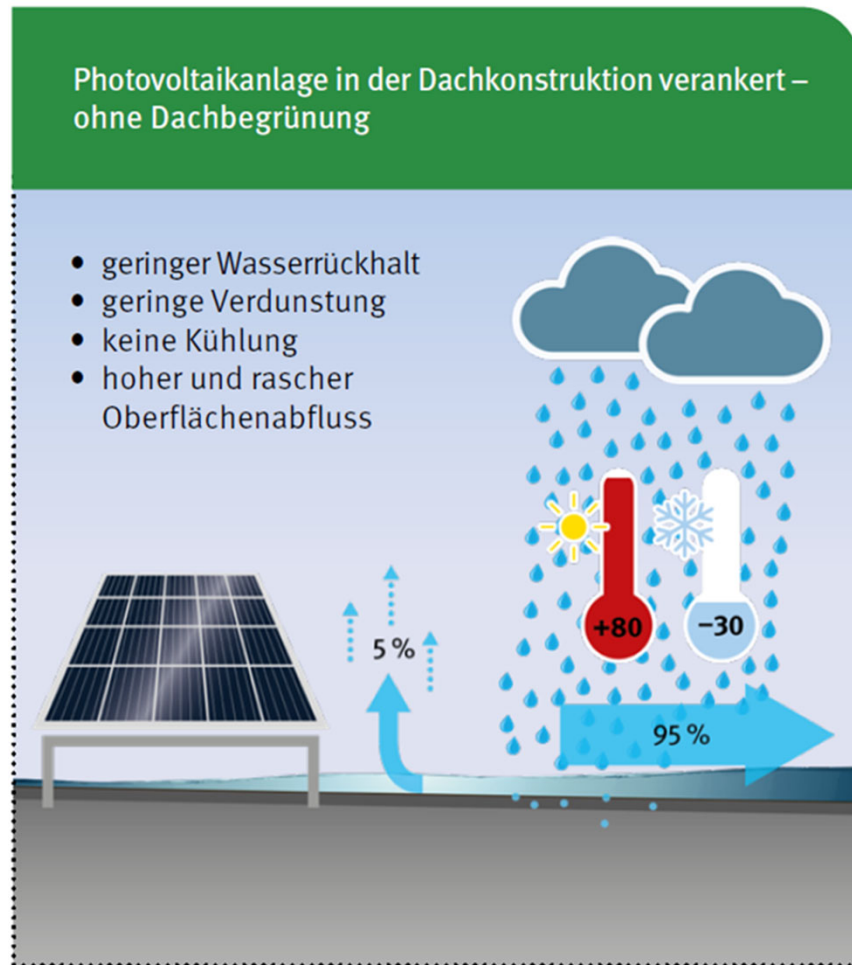
Schützt die Dachabdichtung vor Beschädigung und speichert Wasser

### 9 DACHABDICHTUNG



Quelle: Optigrün

## Photovoltaik und extensive Dachbegrünung: das beste aus zwei Welten...



Quelle: Optigrün

## Photovoltaik und Dachbegrünung

# MEHR KÜHLUNG. MEHR BIODIVERSITÄT.

Die Kombination von Dachbegrünung und Photovoltaik wirkt sich positiv auf die Artenvielfalt von Flora und Fauna aus. Die Photovoltaik-Anlage sorgt dafür, dass sich mehrere Vegetationsbereiche auf einem Dach ausbilden können. Unterschiedlich hohe Sonneneinstrahlung und Wassermengen vor, unter und zwischen den Modulen bieten verschiedenen Pflanzen- und Tierarten einen Lebensraum.

Die positive Wirkung auf die Biodiversität, die Effizienzsteigerung der PV-Anlage durch die Kühlleistung sowie die bautechnischen Vorteile des auflastgehaltenen Systems gehen weit über die Vorzüge der einzelnen Systeme hinaus. Solargründächer wie OPTIGRÜN-SOLAR FKD/WRB sind daher von großer Bedeutung für die weitere nachhaltige Entwicklung von Städten.



# Photovoltaik und Dachbegrünung: Realisierte Beispiele

## Beispiel Erich Kästner-Schule - Langenfeld



Optigrün-SolarGrünDach, 57 Sun Roots

# Photovoltaik und Dachbegrünung: Realisierte Beispiele

## Beispiel Serag-Wiessner KG, Oberfranken



Quelle: Optigrün

# Photovoltaik und Dachbegrünung: Realisierte Beispiele

## Beispiel FH Münster

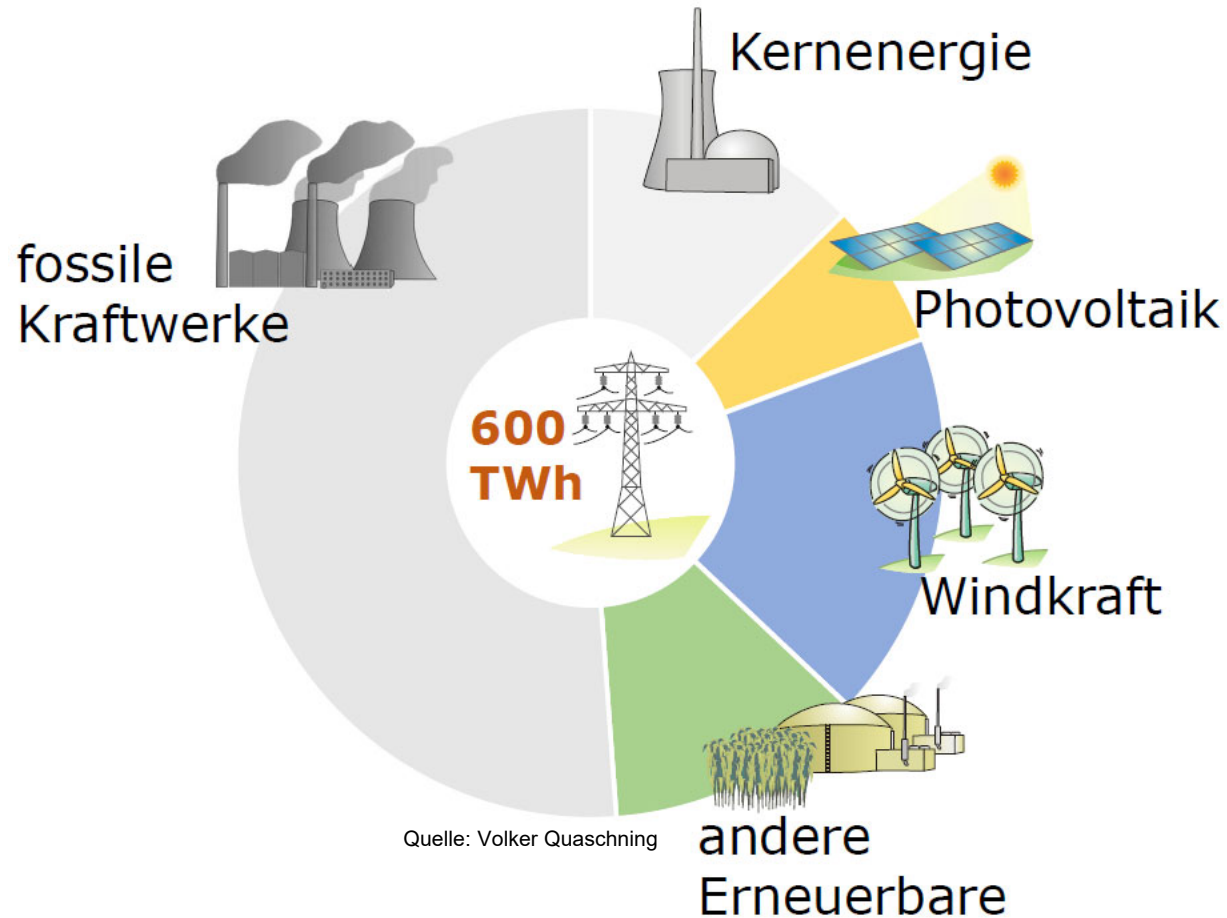


Quelle: FH Münster



## **4. Zukünftige Energieversorgung, Flächeneffizienz**

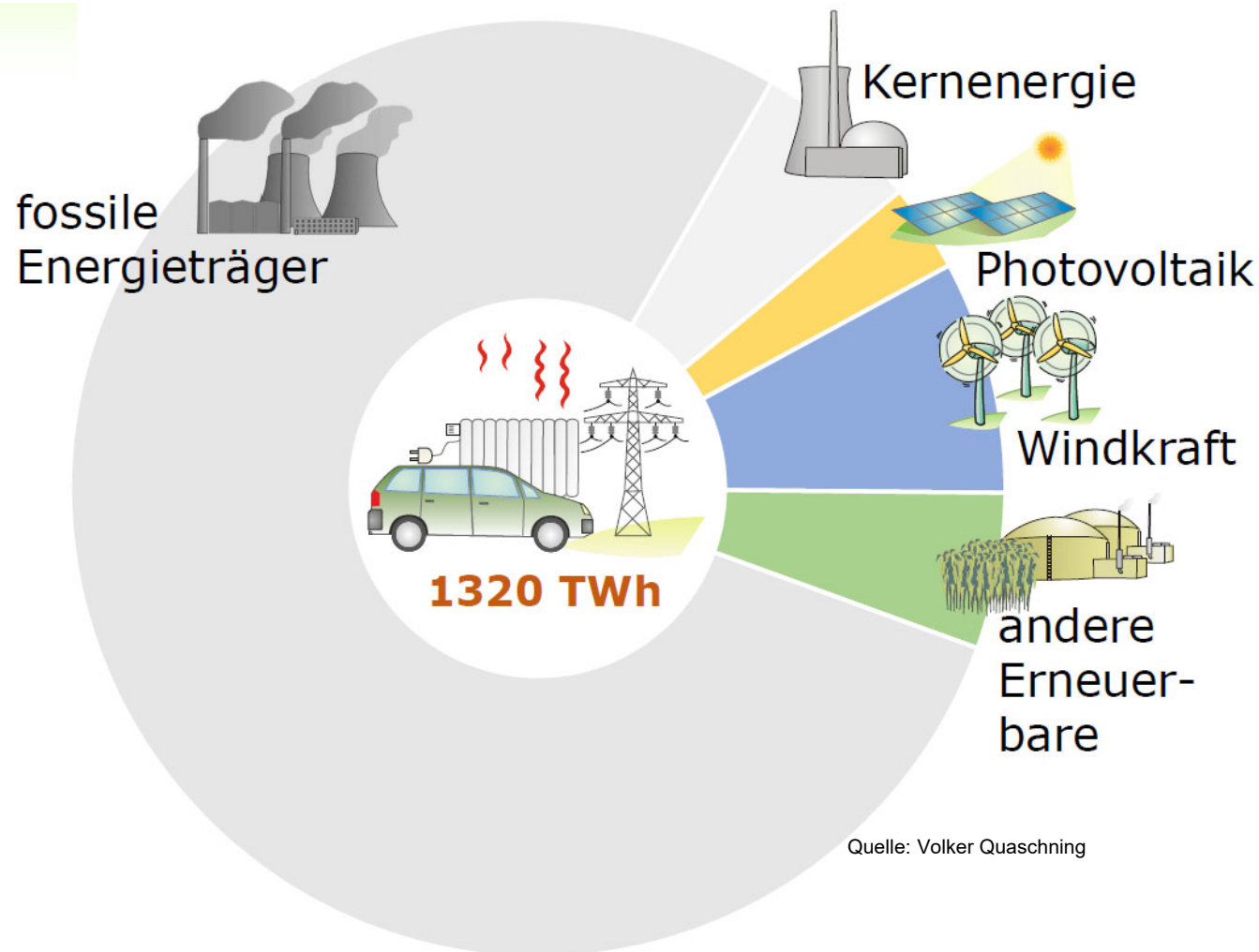
## Heutiger Strommix:



⇒ Bisher nur ca. 10 Prozent Solarstrom

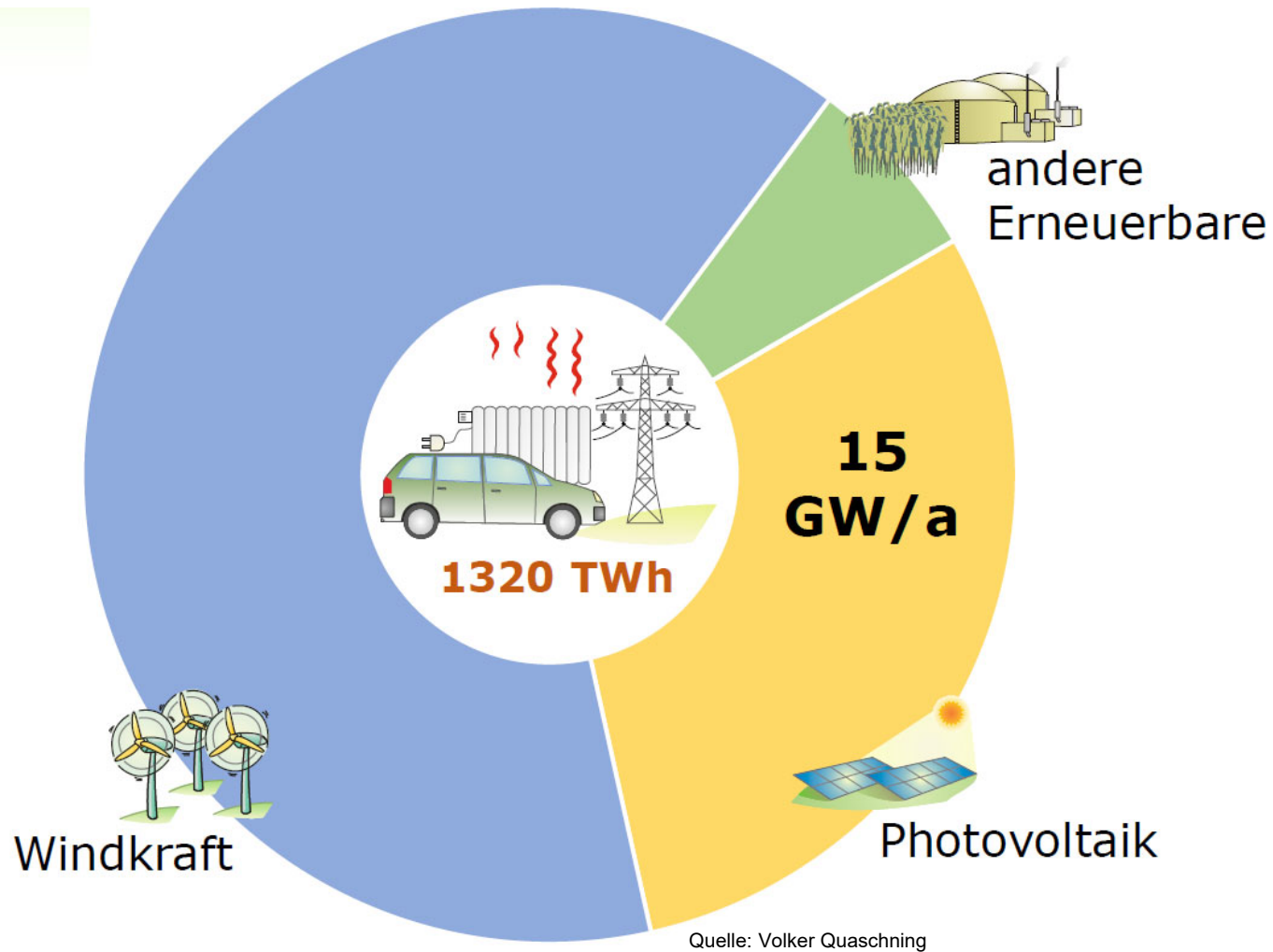


## Einbeziehung von Verkehr, Wärme, etc.:



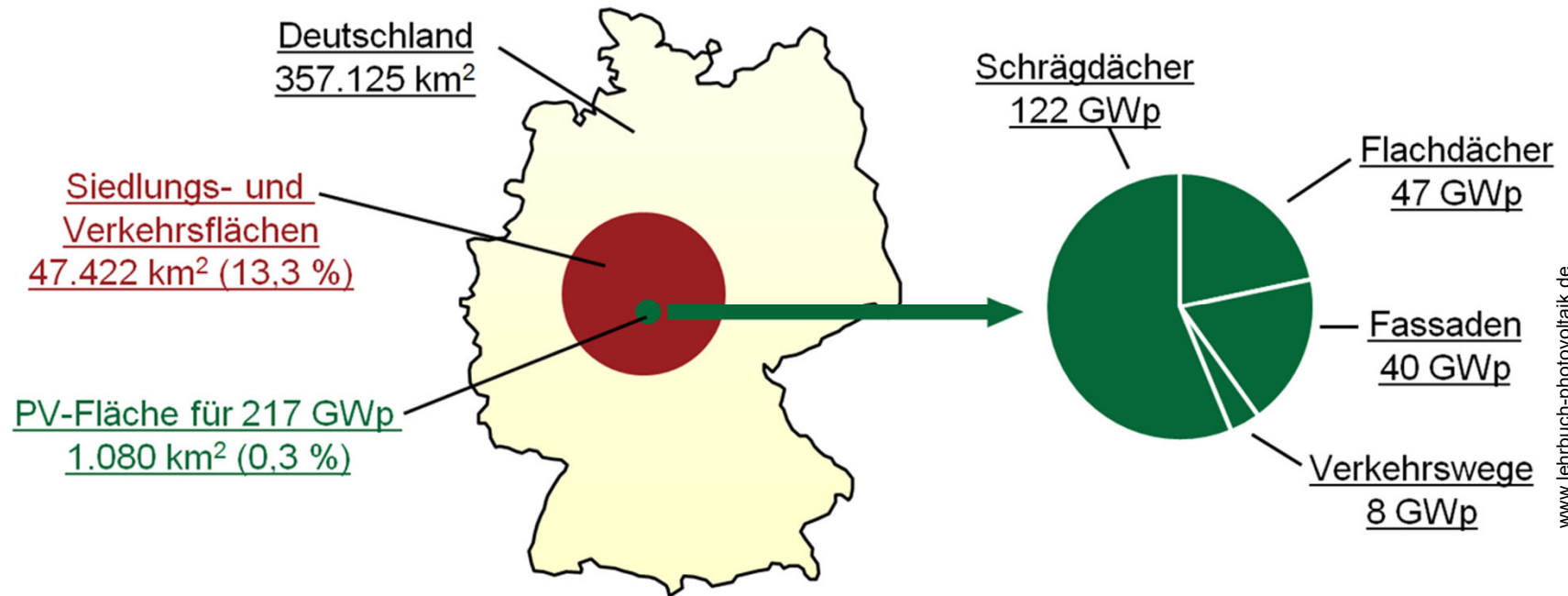
⇒ Das Energiesystem muss vollständig erneuerbar werden!

Zielsituation im Jahr 2035:



⇒ Photovoltaik mit 30 % Anteil am künftigen Strommix!

## Flächenbedarf für 30 % der Photovoltaik an der Stromerzeugung



⇒ Die Dächer und Fassaden reichen aus!!

⇒ Nutzen wir die Dächer!!

⇒ Und wenn die Photovoltaik noch mehr liefern sollte?

## Was ist hier falsch?



## Und wenn die Photovoltaik noch mehr liefern sollte?

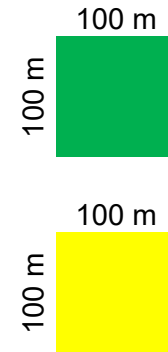
### Fallbeispiel: Wir haben einen Hektar Fläche zur Stromerzeugung zur Verfügung:

- 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 Dächer!



Pixabay



Foto: Mertens



Foto: Mertens



Pixabay



Pixabay



www.solaranlagen-portal.com



Pixabay



www.pv-magazine.de

## Macht die Dächer voll!



## Nutzt die hohe Flächeneffizienz der PV!





## Fazit

- Der Klimawandel hat schon begonnen
- Solarstrom ist inzwischen deutlich günstiger als Biomasse- und Offshore-Windkraft
- Die Kombination aus Photovoltaik und Gründach ist vorteilhaft
- Die Flächeneffizienz der Photovoltaik ist extrem hoch
- Macht die Dächer voll und nutzt mehr Freiflächen, 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!