

# WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNGEN ZU FREIFLÄCHEN- PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN

Dr. Christoph Gerhards  
Fraunhofer IMW / CEM



---

# INHALT

---

- Grundlagen PV – Anlagen
- Beispiele / Wesentliche Faktoren
- Zusammenfassung

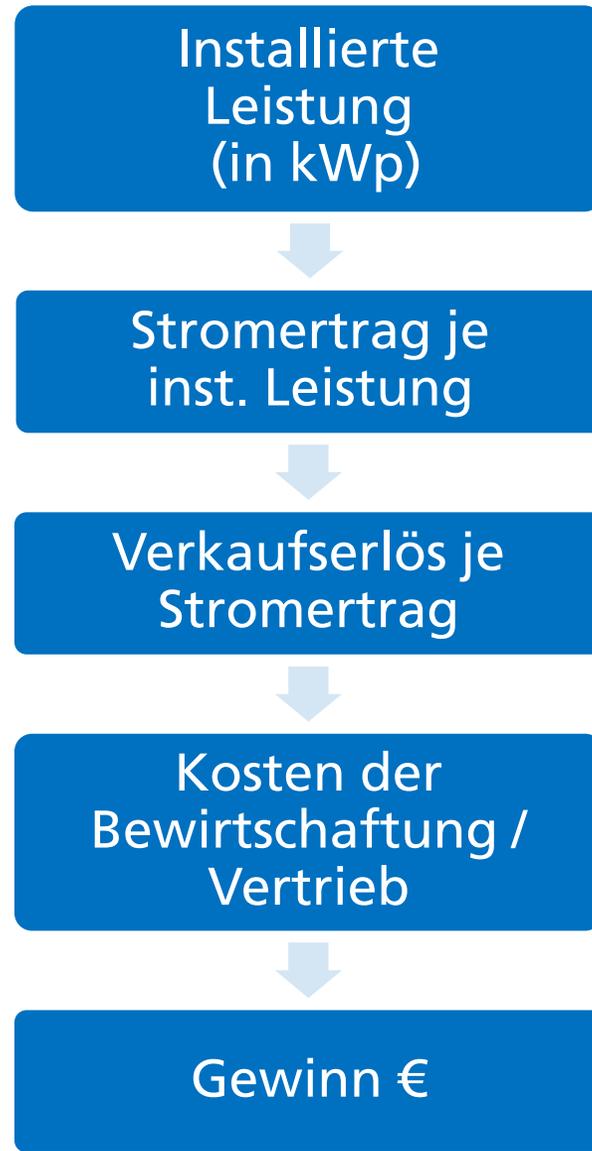
# Grundlagen

- In der Landwirtschaft:



# Grundlagen

## ■ In der PV:



Anzahl und Art der PV-Module

Standort, Art der Aufstellung, Wetter...

Markt

Investkosten (Abschreibung / Kredit),  
Unterhalt (Wartung, Rückbau)  
Kosten **Flächen**nutzung

Bewirtschaftungsdauer: > 20 Jahre

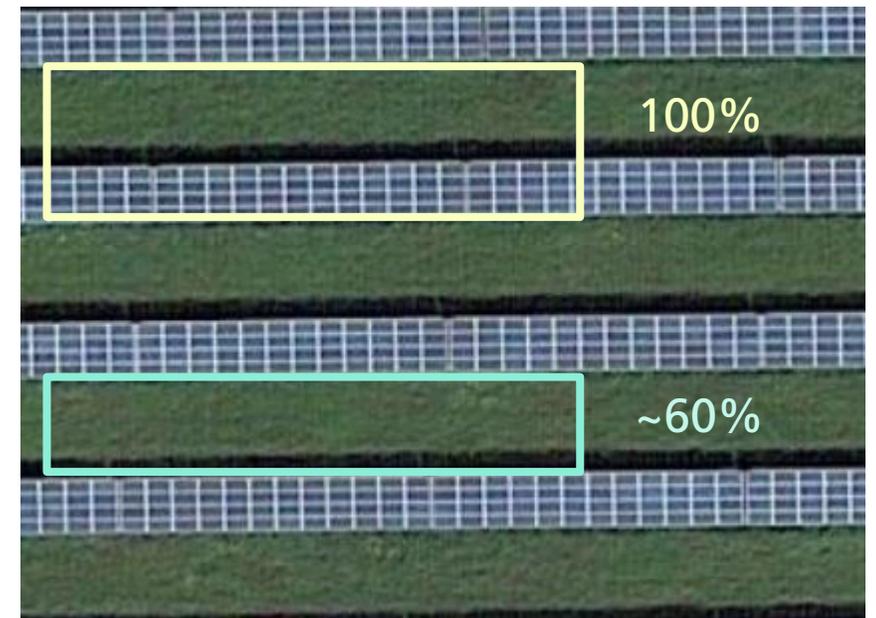
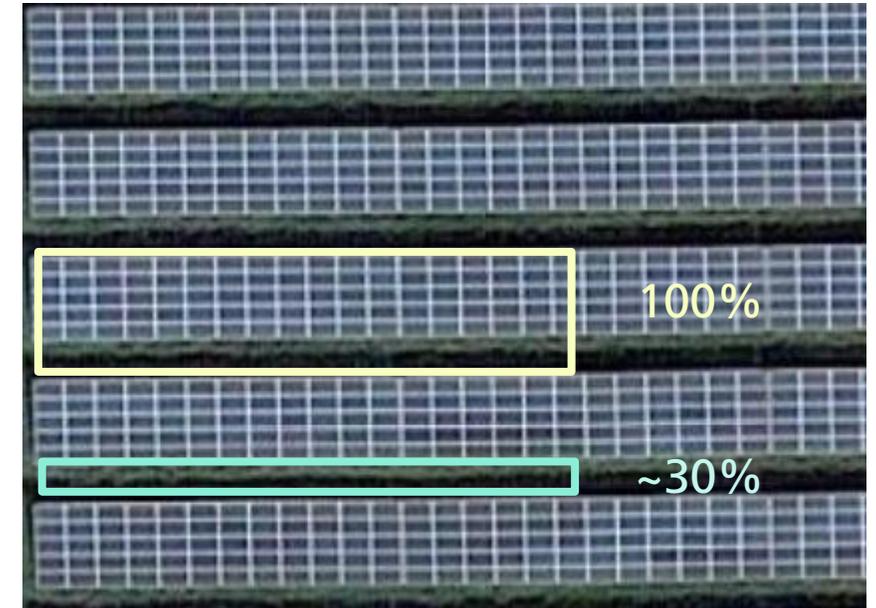
# Berechnung des Stromertrages je Fläche

- Solarmodul: 1,8 m<sup>2</sup>, 360 W  
→ Wirkungsgrad 20%  
(Standard Test Bedingungen 1000 W/m<sup>2</sup>)  
**1kWp: 1,8/0,36 m<sup>2</sup>=5 m<sup>2</sup>**
- Stromertrag im Jahr je kWp  
reale Bedingungen:  
**~1040 kWh / kWp**
- Geringere Flächenbelegung
  - Naturschutzrechtlicher Ausgleich auf der selben Fläche möglich (Biodiversitätsförderung)
  - Mehr Akzeptanz

## Flächenbelegung

- ~1550 MWh / ha a

- ~830 MWh / ha a



---

# INHALT

---

- Grundlagen PV – Anlagen
- Beispiele / Wesentliche Faktoren
- Zusammenfassung

# Wirtschaftlichkeitsberechnung Beispiel FF PV >10 MWp

<b>Invest</b>		
Solarmodule	~250	€/ kWp
Wechselrichter	~60	€/ kWp
Gestell und Montage	~120	€/ kWp
Sonstiges (Planung, Netzanschluss...)	~170	€/ kWp
Summe	~600	€/ kWp
<b>Betrieb</b>		
Stromverkauf	4-6	Ct / kWh
Unterhalt, Land, Rückbau, Kapitalkosten Betriebsjahre, Ertrag (Standort)		
Rendite in mittlerem Zins/Jahr	1-3	%

- Hohe Schwankungen der Marktpreise
- Der Standort bestimmt den Ertrag und beeinflusst die Investkosten (Bau, Lage des Einspeisepunktes)
- Feste EEG – Vergütung nur an bestimmten Standorten verfügbar  
(z.B. an Autobahnen, Schienenwegen, Transformationsflächen, benachteiligten Flächen), evt. Ausschreibung
- Alternative zu EEG: Stromliefervertrag (Power-Purchase Agreement PPA)  
höheres wirtschaftliches Risiko, evt. auch Chancen

# Wirtschaftlichkeitsberechnung Beispiel FF PV > 10 MWp

Invest	600	€/ kWp
Stromverkauf	4,5	ct/kWh
Stromertrag	1040	kWh/kWp
Betriebszeit	25	Jahre
Unterhalt	1,75	% v. Invest
Rückbau	3,5%	% v. Invest
Land	1.500	€/ ha a
Landbelegung	1.500	MWp/ ha
Rendite in mittlerem Zins/Jahr	1,14	%

# Wirtschaftlichkeitsberechnung Beispiel FF PV >10 MWp

Invest	600	€/ kWp	<b>650</b>
Stromverkauf	4,5	ct/kWh	4,5
Stromertrag	1040	kWh/kWp	1040
Betriebszeit	25	Jahre	25
Unterhalt	1,75	% v. Invest	1,75
Rückbau	3,5%	% v. Invest	1,75
Land	1.500	€/ ha a	1.500
Landbelegung	1.500	MWp/ ha	1.500
Rendite in mittlerem Zins/Jahr	1,14	%	<b>-0,57</b>

Änderung im Vergleich zur Referenz

# Wirtschaftlichkeitsberechnung Beispiel FF PV >10 MWp

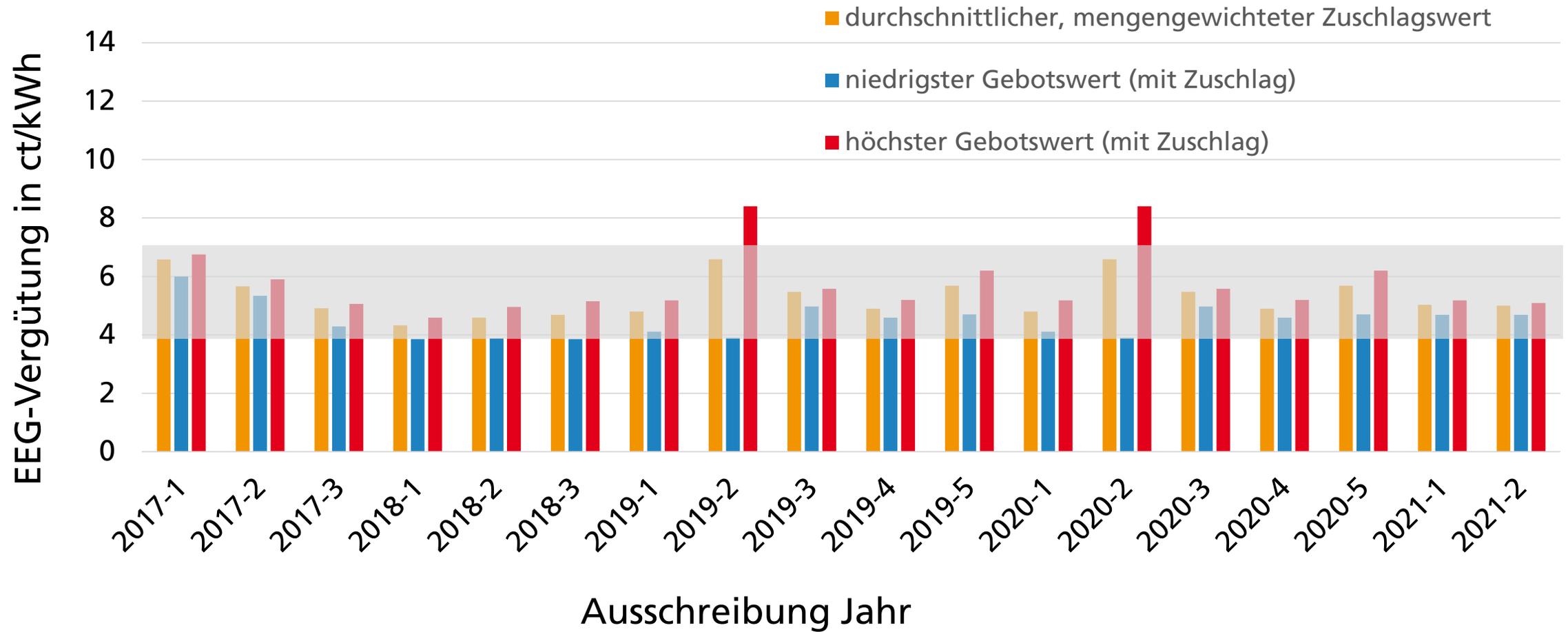
Invest	600	€/ kWp	650	600	600	600	600	600	600	600
Stromverkauf	4,5	ct/kWh	4,5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Stromertrag	1040	kWh/kWp	1040	1040	1000	1040	1040	1040	1040	1040
Betriebszeit	25	Jahre	25	25	25	30	25	25	25	25
Unterhalt	1,75	% v. Invest	1,75	1,75	1,75	1,75	1,5	1,75	1,75	1,75
Rückbau	3,5%	% v. Invest	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	0	1,75	1,75
Land	1.500	€/ ha a	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	3.000	1.500
Landbelegung	1.500	MWp/ ha	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.000
Rendite in mittlerem Zins/Jahr	1,14	%	-0,57	+0,95	-0,30	+0,68	+0,25	+0,18	-0,19	-0,09

# Wirtschaftlichkeitsberechnung Beispiel FF PV >10 MWp

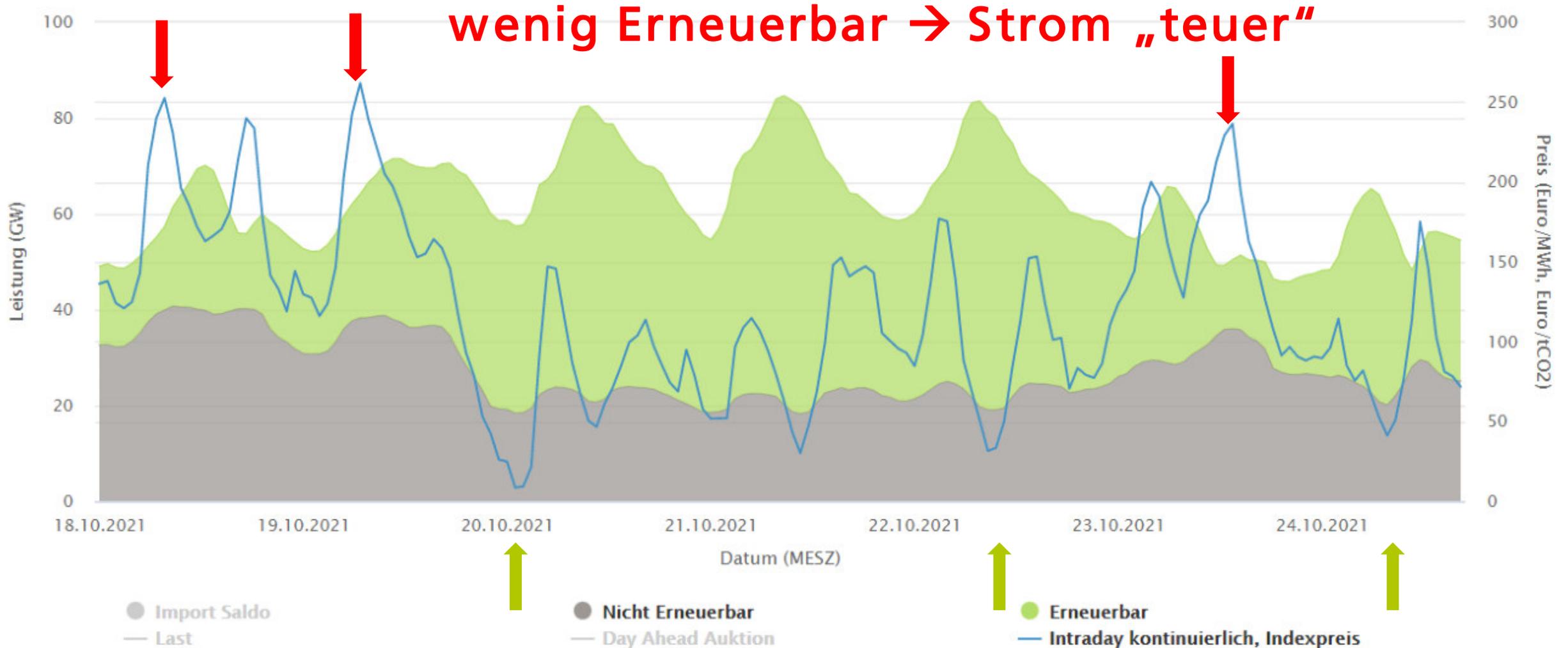
das sind die wichtigsten Faktoren

Invest	600	€/ kWp	650	600	600	600	600	600	600	600
Stromverkauf	4,5	ct/kWh	4,5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Stromertrag	1040	kWh/kWp	1040	1040	1000	1040	1040	1040	1040	1040
Betriebszeit	25	Jahre	25	25	25	30	25	25	25	25
Unterhalt	1,75	% v. Invest	1,75	1,75	1,75	1,75	1,5	1,75	1,75	1,75
Rückbau	3,5%	% v. Invest	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	0	1,75	1,75
Land	1.500	€/ ha a	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	3.000	1.500
Landbelegung	1.500	MWp/ ha	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.000
Rendite in mittlerer Zins/Jahr	1,14	%	-0,57	+0,95	-0,30	+0,68	+0,25	+0,18	-0,19	-0,09

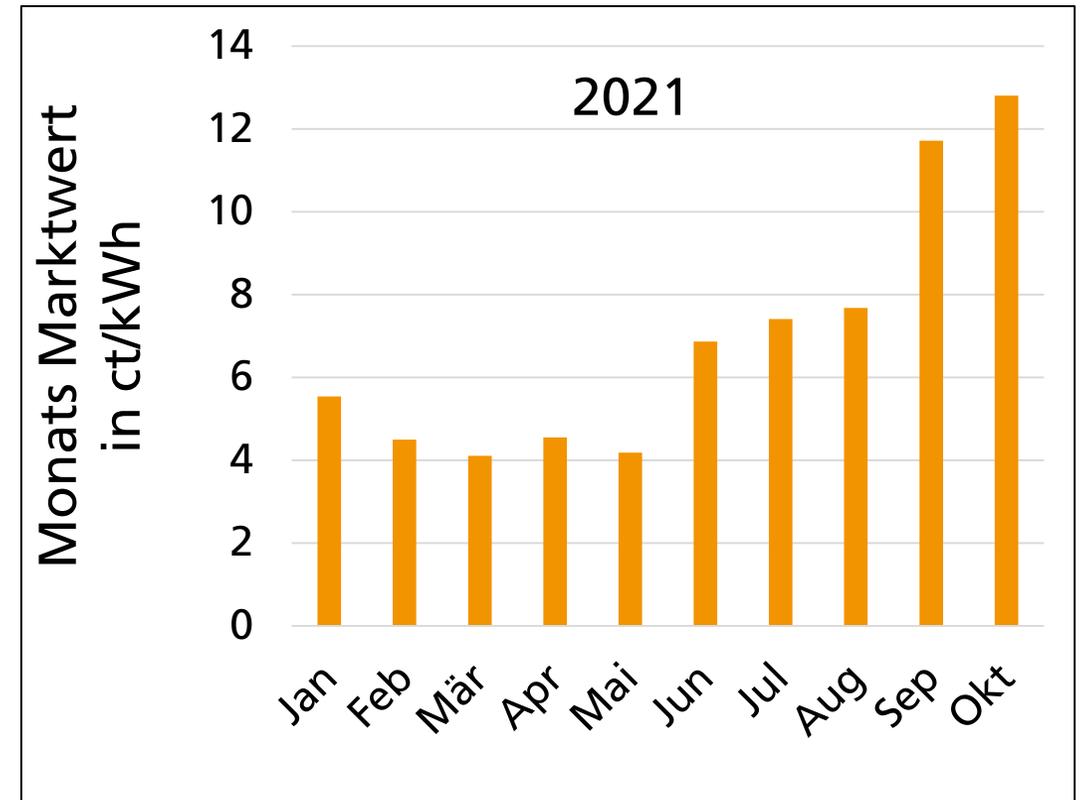
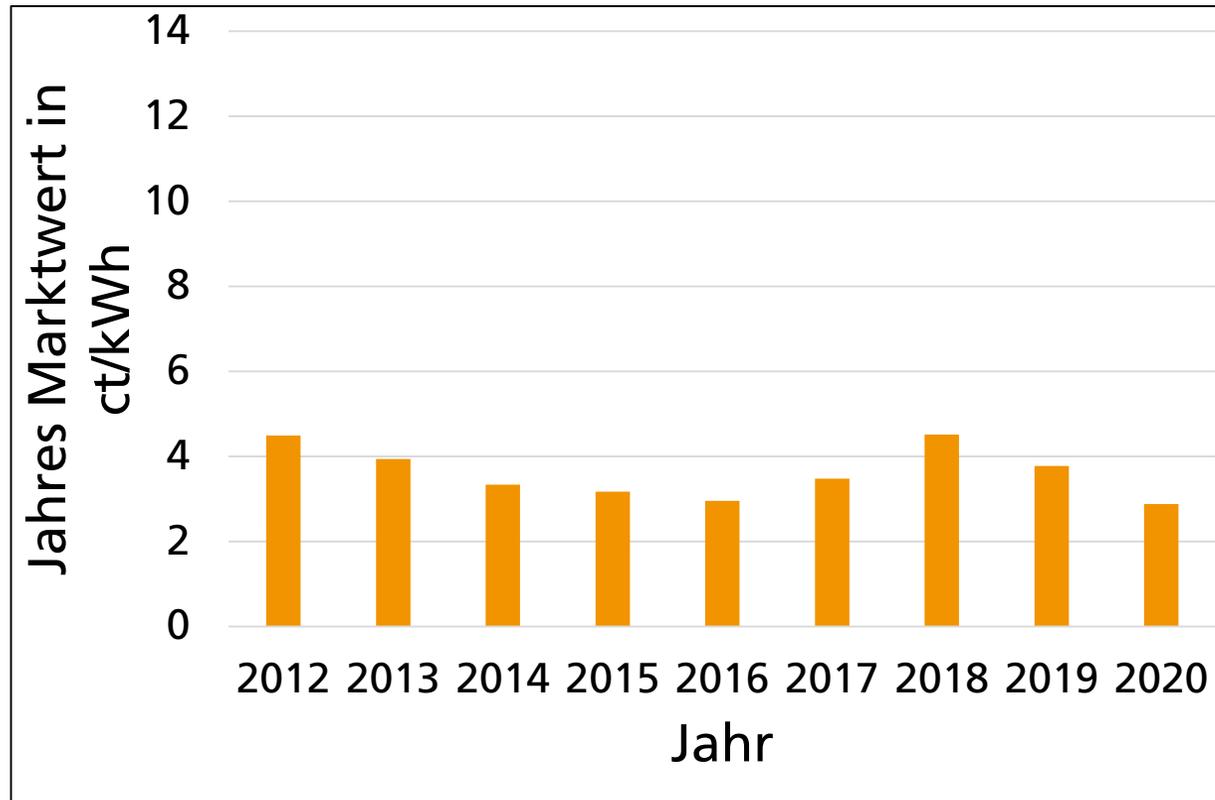
# PV Vergütung EEG Ausschreibungen: 4-7 ct/kWh



# Stromproduktion und Börsenstrompreise in Deutschland in Woche 42 2021



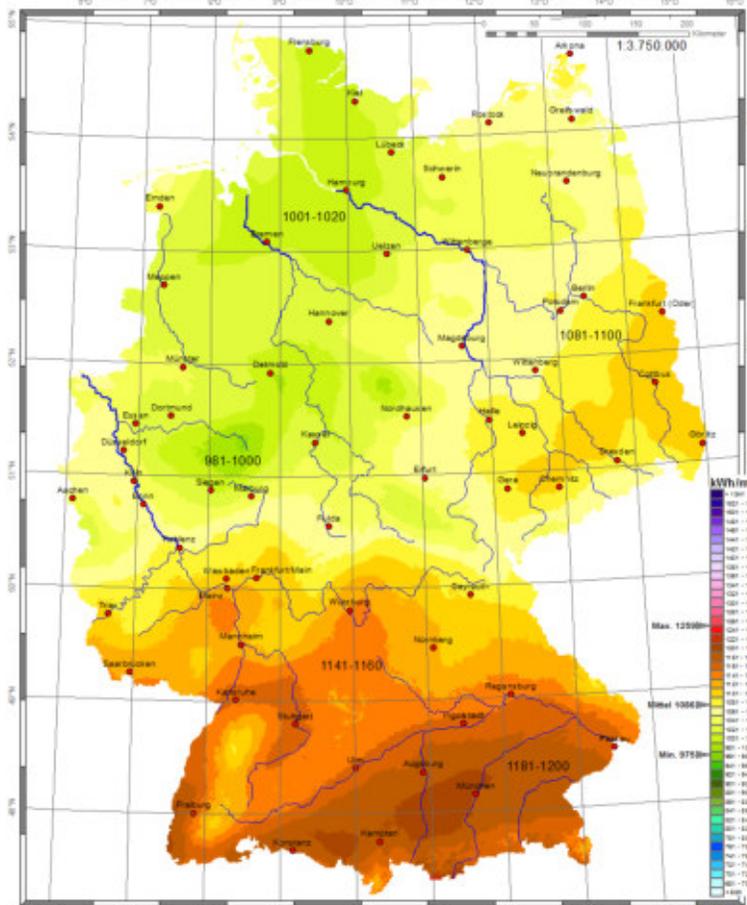
# Mittlerer Verkaufserlös an der Börse: Marktwert Solar



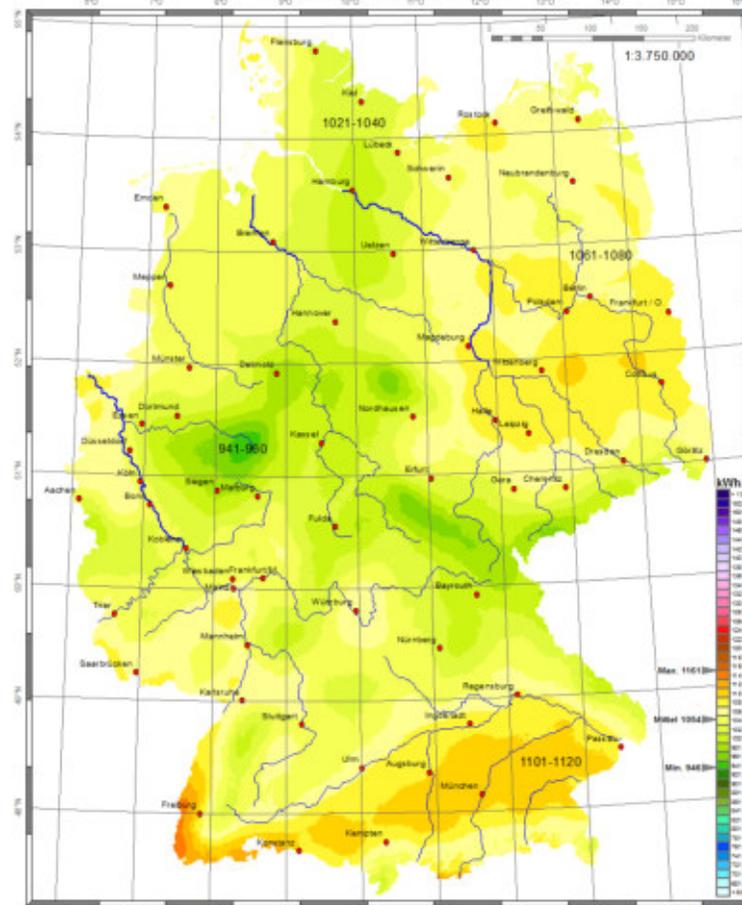
**Zusätzlich:** Beteiligung der Kommune berücksichtigen (z. B. 0,2 ct/kWh)  
höhere Kosten, aber wichtig für die Akzeptanz

# Standortfaktoren: Globalstrahlung in Deutschland

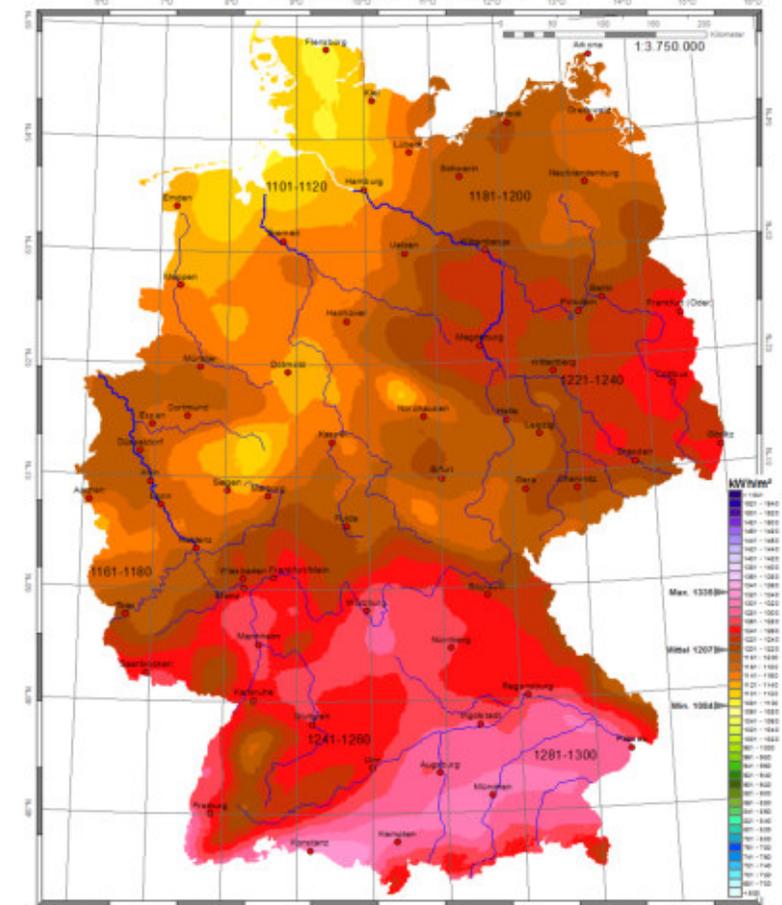
1991-2020: 1086 kWh/m<sup>2</sup> Jahr



1995: 1054 kWh/m<sup>2</sup> Jahr

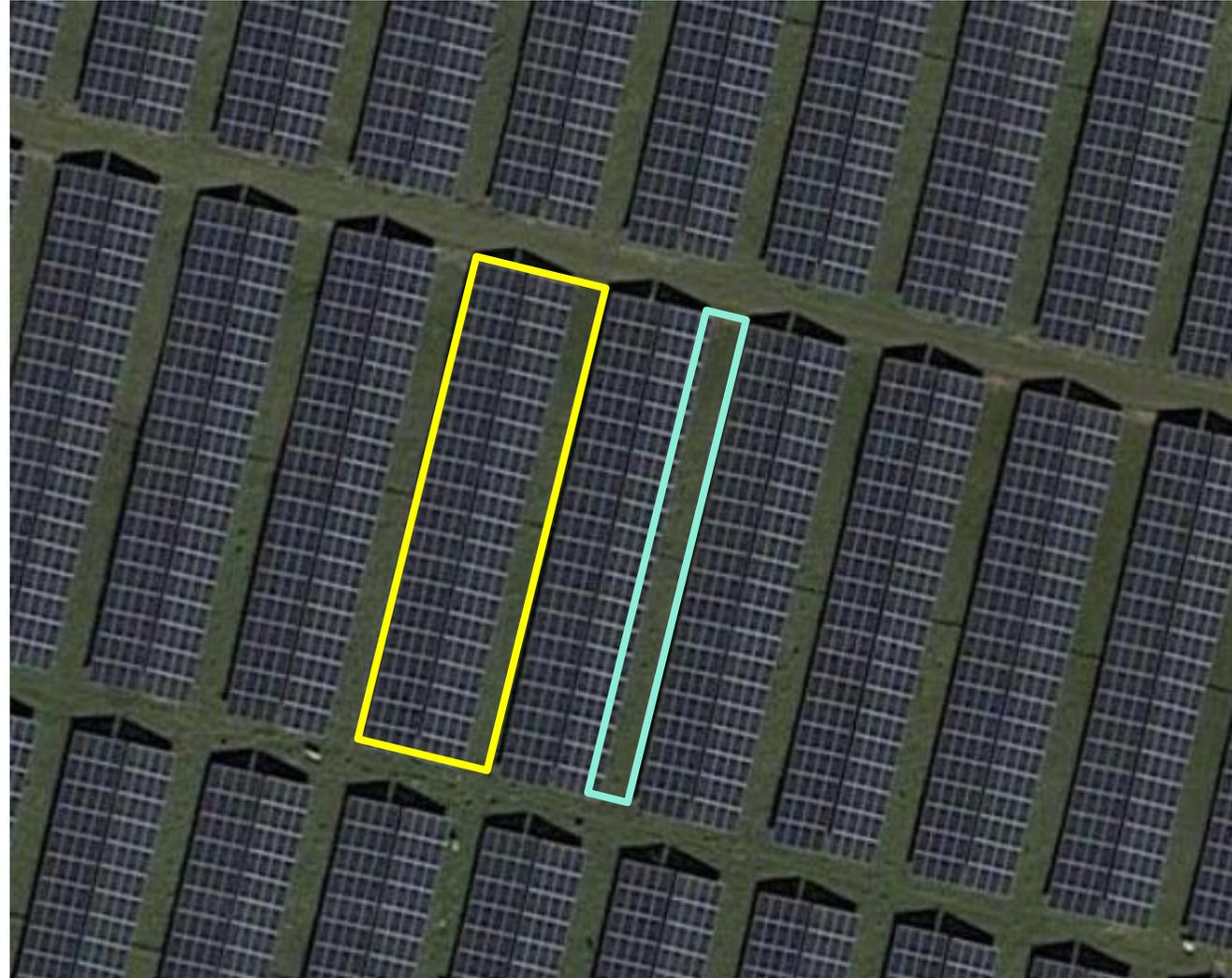


2018: 1207 kWh/m<sup>2</sup> Jahr



# Beispiel Ost West Aufstellung

- ~20% Fläche zwischen PV-Tischen  
→ ~1650 MWh/ha a



Solarpark Camp Astrid  
(Google Maps)

# Beispiel senkrechte Aufständerung

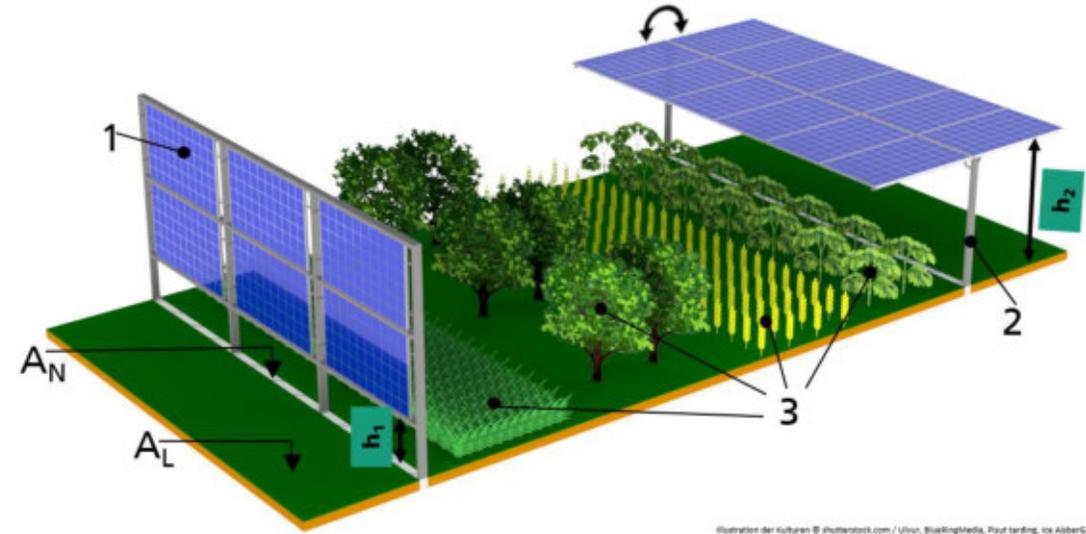
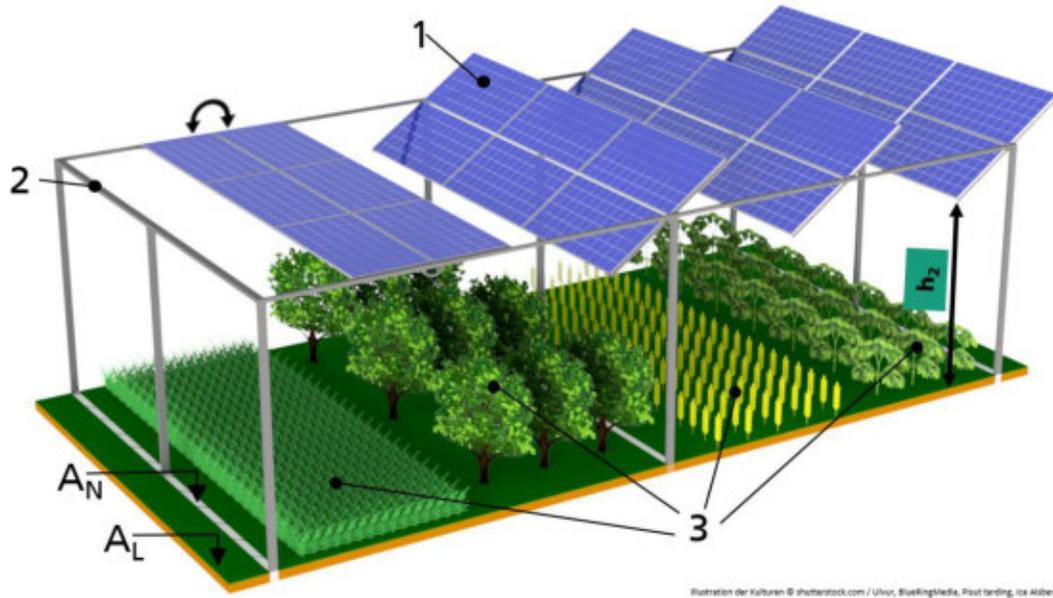
- ~99% Fläche zwischen PV-Reihen
- ~450 MWh/ha a



Solarpark Dirmingen  
(Next2Sun)

# Agri – PV / Tracker

Abbildungen, FhG ISE



## ■ Agri-PV:

- Gleichzeitige Flächennutzung
- Änderung des Landwirtschaftlichen Ertrages
- Schmalere Bearbeitungsbreite  
→ Höherer Bearbeitungsaufwand

## ■ Tracker:

- ~ 35% mehr Ertrag als fest ausgerichtet
- Höhere Invest- und Betriebskosten

# Zusammenfassung

- Die wesentlichen Faktoren in der Wirtschaftlichkeitsberechnung sind
  - Invest
  - Stromverkauf
  - Stromertrag
  - Betriebszeit
  - Unterhalt
- Zur Zeit große Schwankungen im Markt, sehr hohe Börsen - Strompreise
- Mehr Abstand + Biodiversitätsförderung  
→ Höhere Akzeptanz, nachhaltiges Wirtschaften

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

## Mehr Infos zur guten Planung:

**BNE** Bundesverband neue Energiewirtschaft

<https://www.bne-online.de/de/verband/gute-planung-pv/>

**KNE** Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende

<https://www.naturschutz-energiewende.de/fachwissen/veroeffentlichungen/kriterien-fuer-eine-naturvertraegliche-gestaltung-von-solar-freiflaechenanlagen/>

# Berechnung des Stromertrages

- Globalstrahlung horizontal:  $\sim 1100 \text{ kWh/m}^2$
- Globalstrahlung optimale Ausrichtung:  $\sim 1300 \text{ kWh/m}^2$  (Leipzig  $\sim 38^\circ$  Neigung nach Süden)
- Verluste reale Bedingungen:  $\sim 20\%$  (Wechselrichter, Kabel, Temperatur, Schwache Strahlung ....)
  
- Stromertrag im Jahr je Fläche reale Bedingungen :  $\sim 1040 \text{ kWh/kWp}$
  
- Solarmodul:  $1,8 \text{ m}^2$ ,  $360 \text{ W} \rightarrow$  Wirkungsgrad  $20\%$  ( Standard Test Bedingungen  $1000 \text{ W/m}^2$ )  
1kWp:  $1,8/0,36 \text{ m}^2=5\text{m}^2$