

WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNGEN ZU FREIFLÄCHEN- PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN

Dr. Christoph Gerhards
Fraunhofer IMW / CEM



INHALT

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

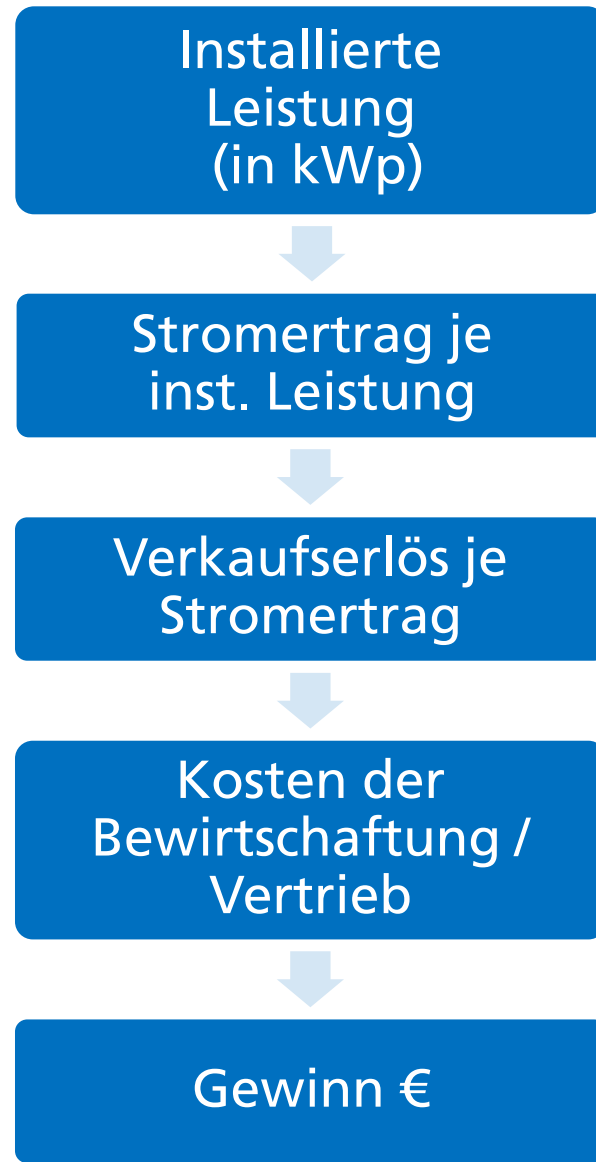
Grundlagen

- 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 m², 360 W
→ Wirkungsgrad 20%
(Standard Test Bedingungen 1000 W/m²)
1kWp: 1,8/0,36 m²=5 m²

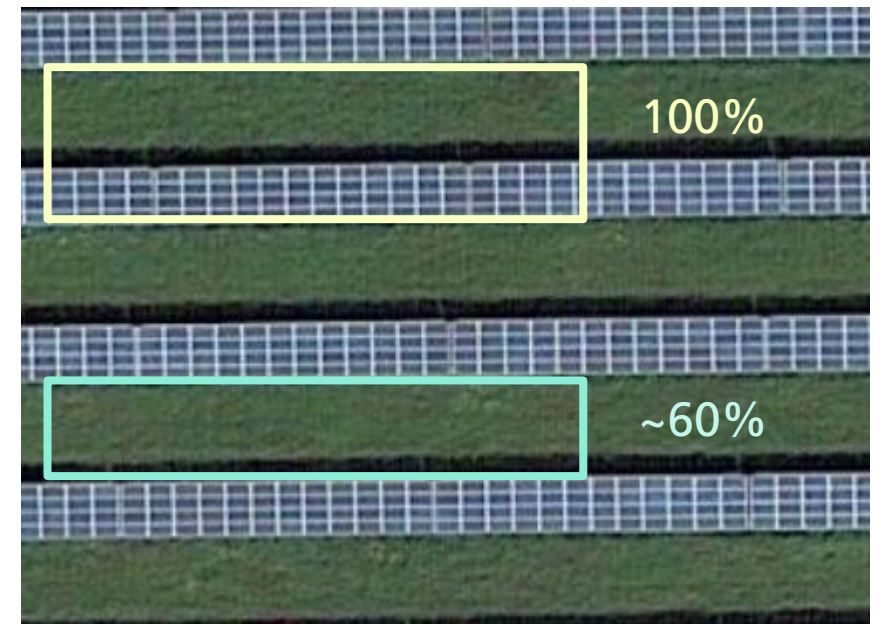
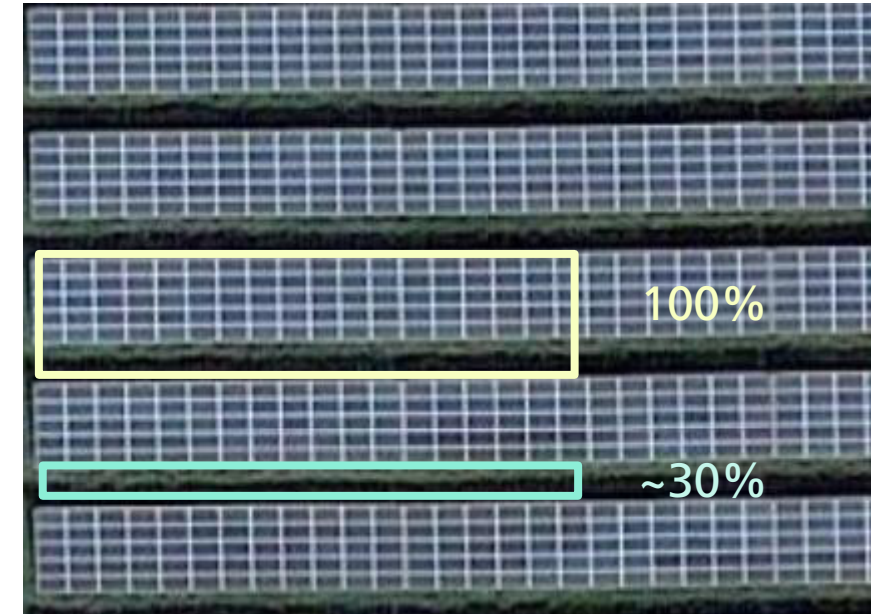
- Stromertrag im Jahr je kWp
reale Bedingungen:
~1040 kWh / kWp

- 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

Invest		
Solarmodule	~250	€/ kWp
Wechselrichter	~60	€/ kWp
Gestell und Montage	~120	€/ kWp
Sonstiges (Planung, Netzanschluss...)	~170	€/ kWp
Summe	~600	€/ kWp
Betrieb		
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	650
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	%	-0,57

Änderung im Vergleich zur Referenz

Wirtschaftlichkeitsberechnung Beispiel FF PV >10 MWp

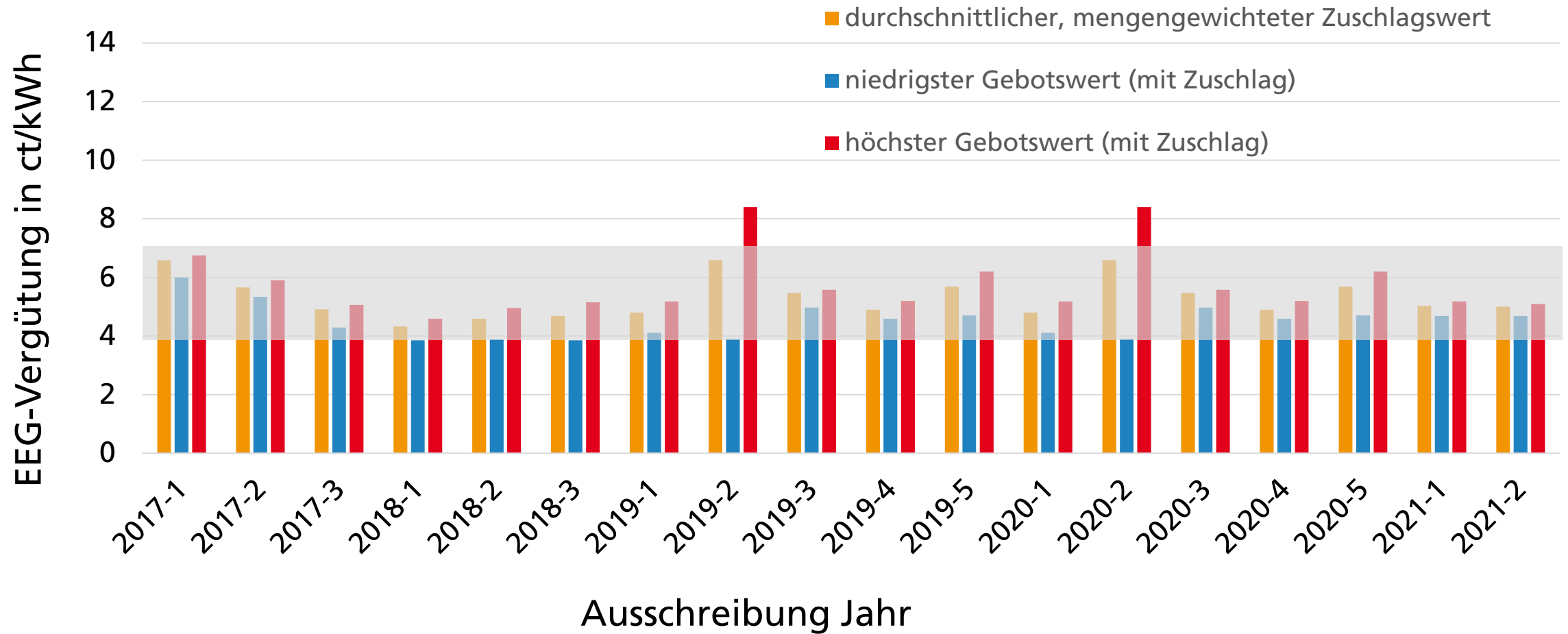
Invest	600	€/ kWp	650	600	600	600	600	600	600	600
Stromverkauf	4,5	ct/kWh	4,5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Stromertrag	1040	kWh/kWp	1040	1040	1000	1040	1040	1040	1040	1040
Betriebszeit	25	Jahre	25	25	25	30	25	25	25	25
Unterhalt	1,75	% v. Invest	1,75	1,75	1,75	1,75	1,5	1,75	1,75	1,75
Rückbau	3,5%	% v. Invest	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

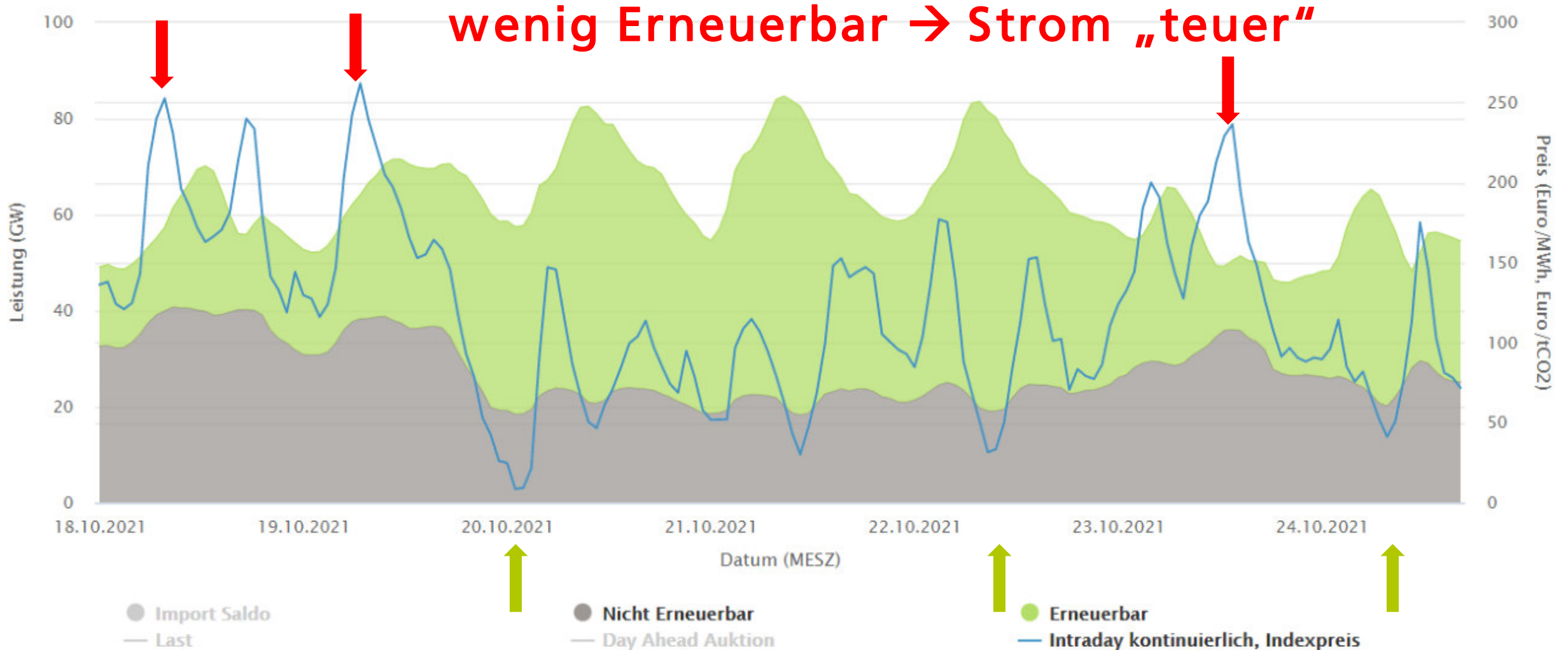
das sind die wichtigsten Faktoren

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



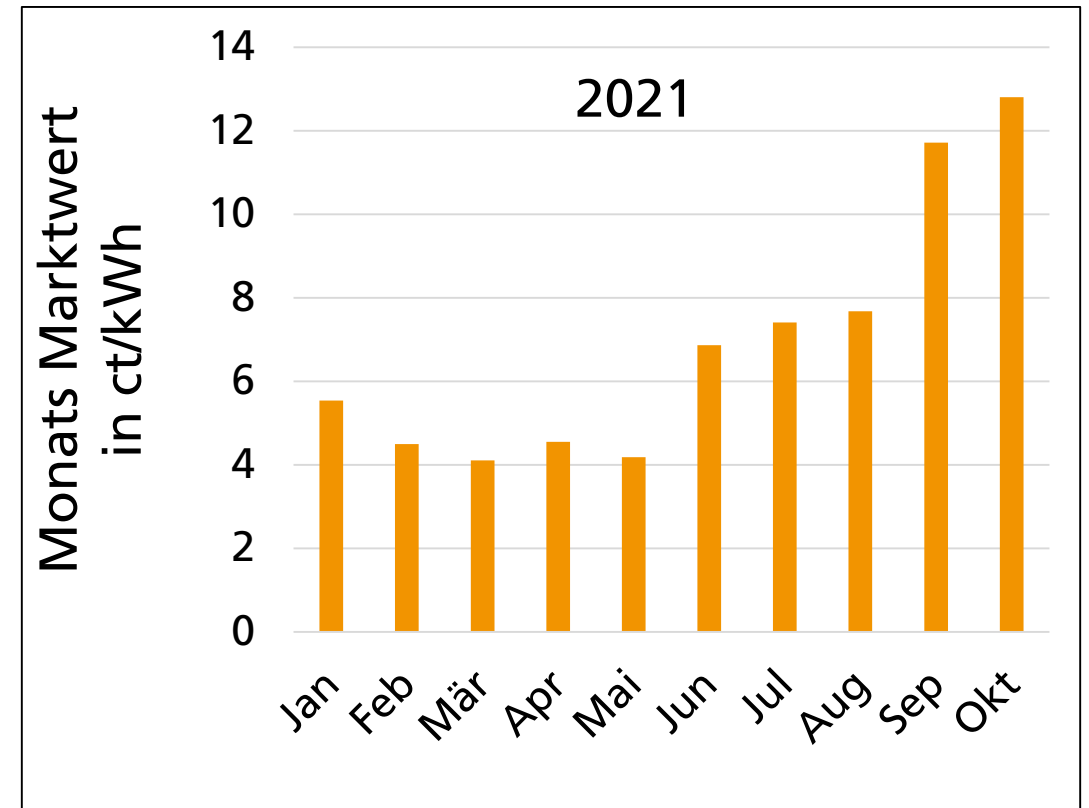
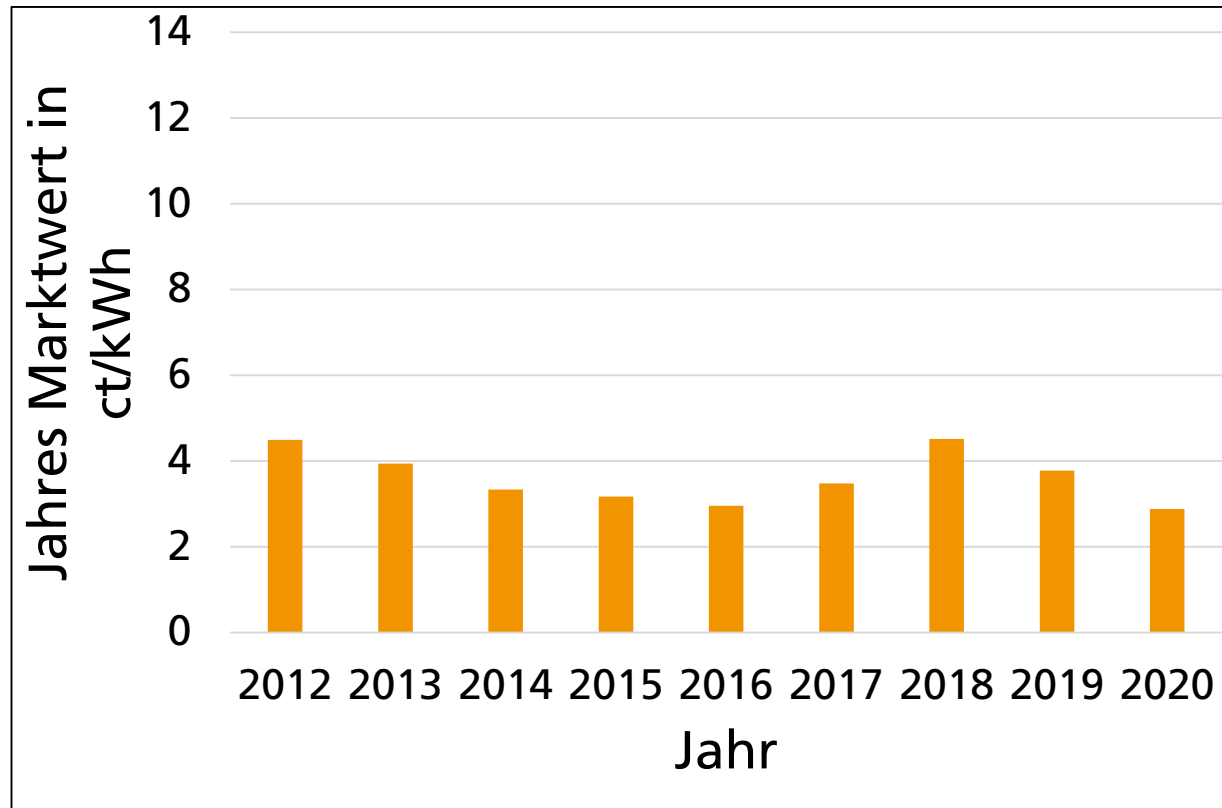
Stromproduktion und Börsenstrompreise in Deutschland in Woche 42 2021



wenig Erneuerbar → Strom „teuer“

viel Erneuerbar → Strom „billig“

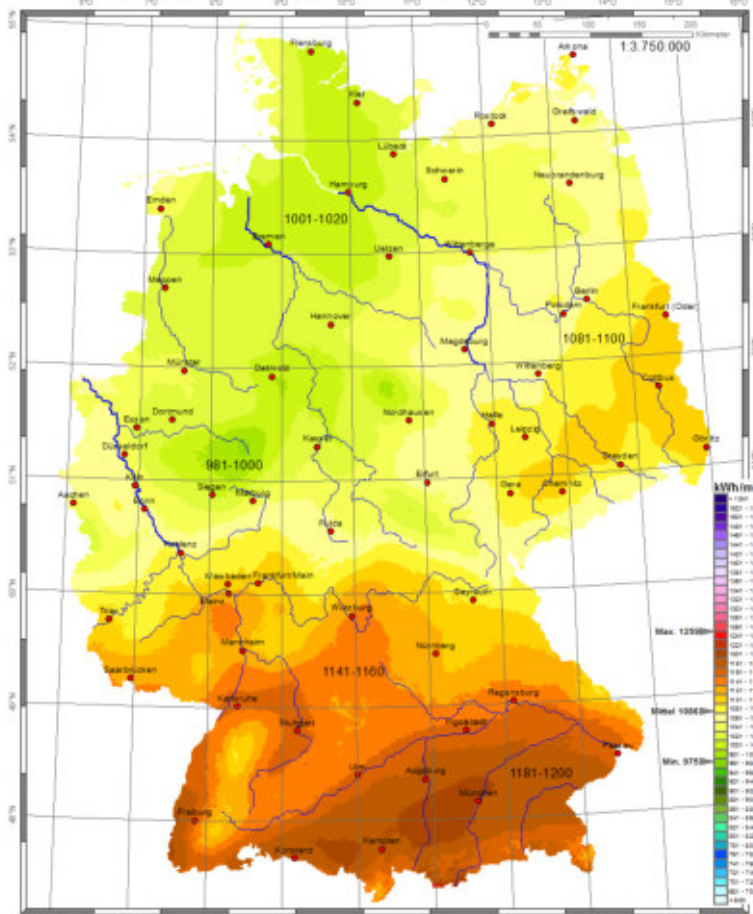
Mittlerer Verkaufserlös an der Börse: Marktwert Solar



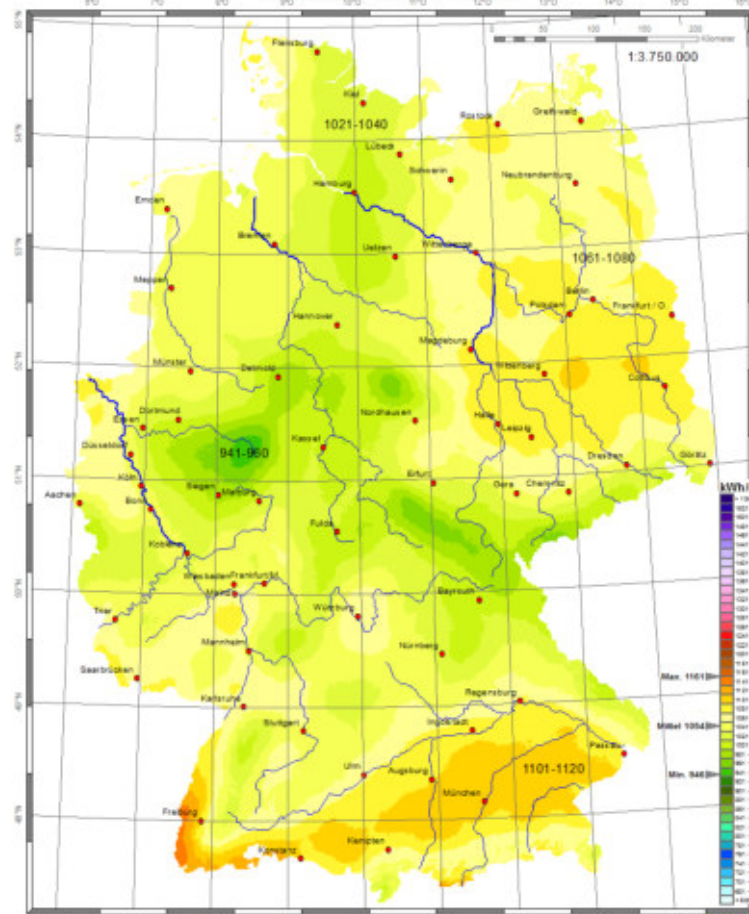
Zusätzlich: Beteiligung der Kommune berücksichtigen (z. B. 0,2 ct/kWh)
höhere Kosten, aber wichtig für die Akzeptanz

Standortfaktoren: Globalstrahlung in Deutschland

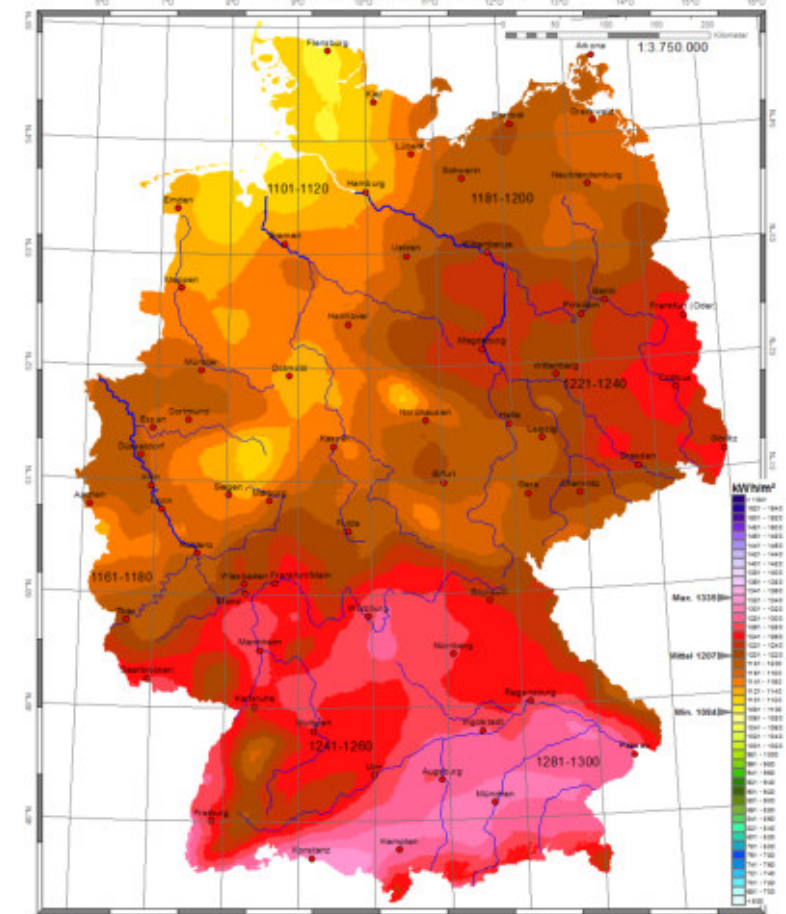
1991-2020: 1086 kWh/m² Jahr



1995: 1054 kWh/m² Jahr

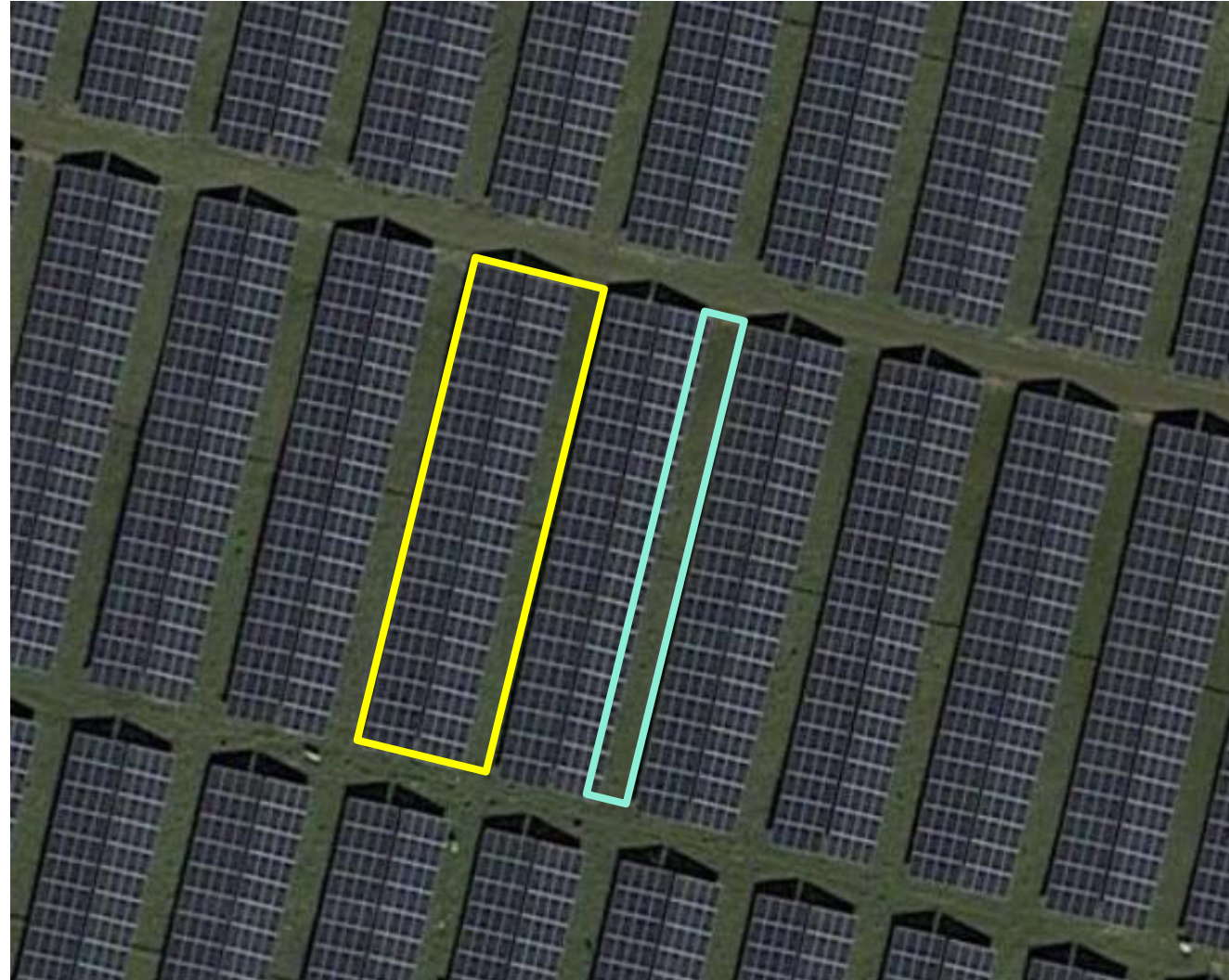


2018: 1207 kWh/m² Jahr



Beispiel Ost West Aufstellung

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



Solarpark Camp Astrid
(Google Maps)

Beispiel senkrechte Aufständerung

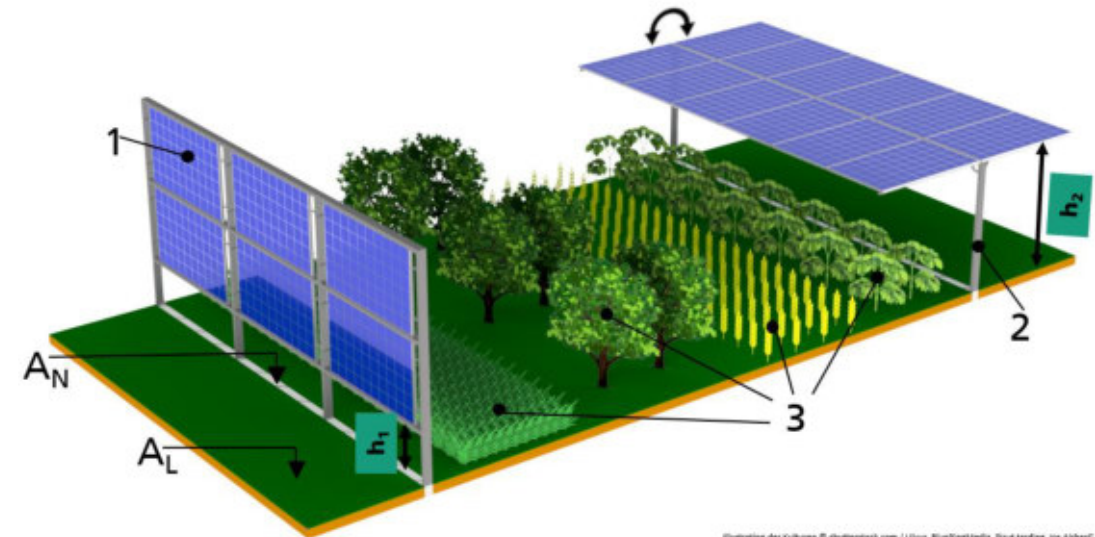
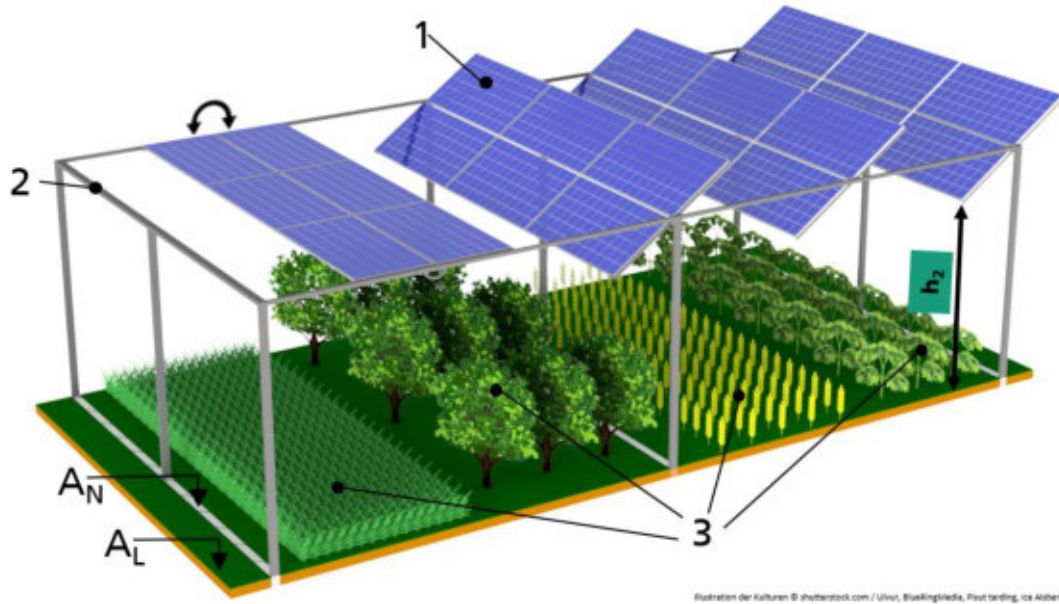
- ~99% Fläche zwischen PV-Reihen
- ~450 MWh/ha a



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 W/m^2)
1kWp: $1,8/0,36 \text{ m}^2=5\text{m}^2$