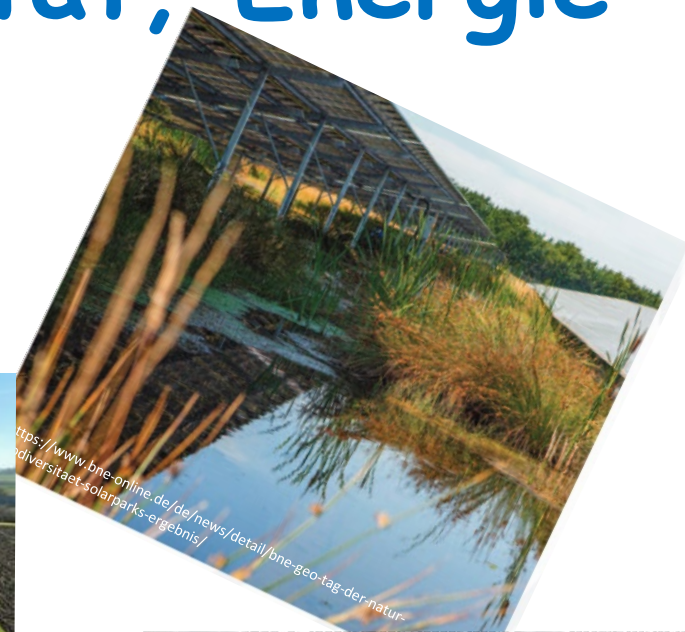


Agriphotovoltaik in die landwirtschaftliche Bewirtschaftung integrieren



Prof. Dr. sc. agr. habil. Kerstin Wydra
Pflanzenproduktion im Klimawandel
Fachhochschule Erfurt
Solarinput e.V., Mitglied AbL
kerstin.wydra@fh-erfurt.de

Agriphotovoltaik: Nahrungsmittel, Biodiversität, Energie

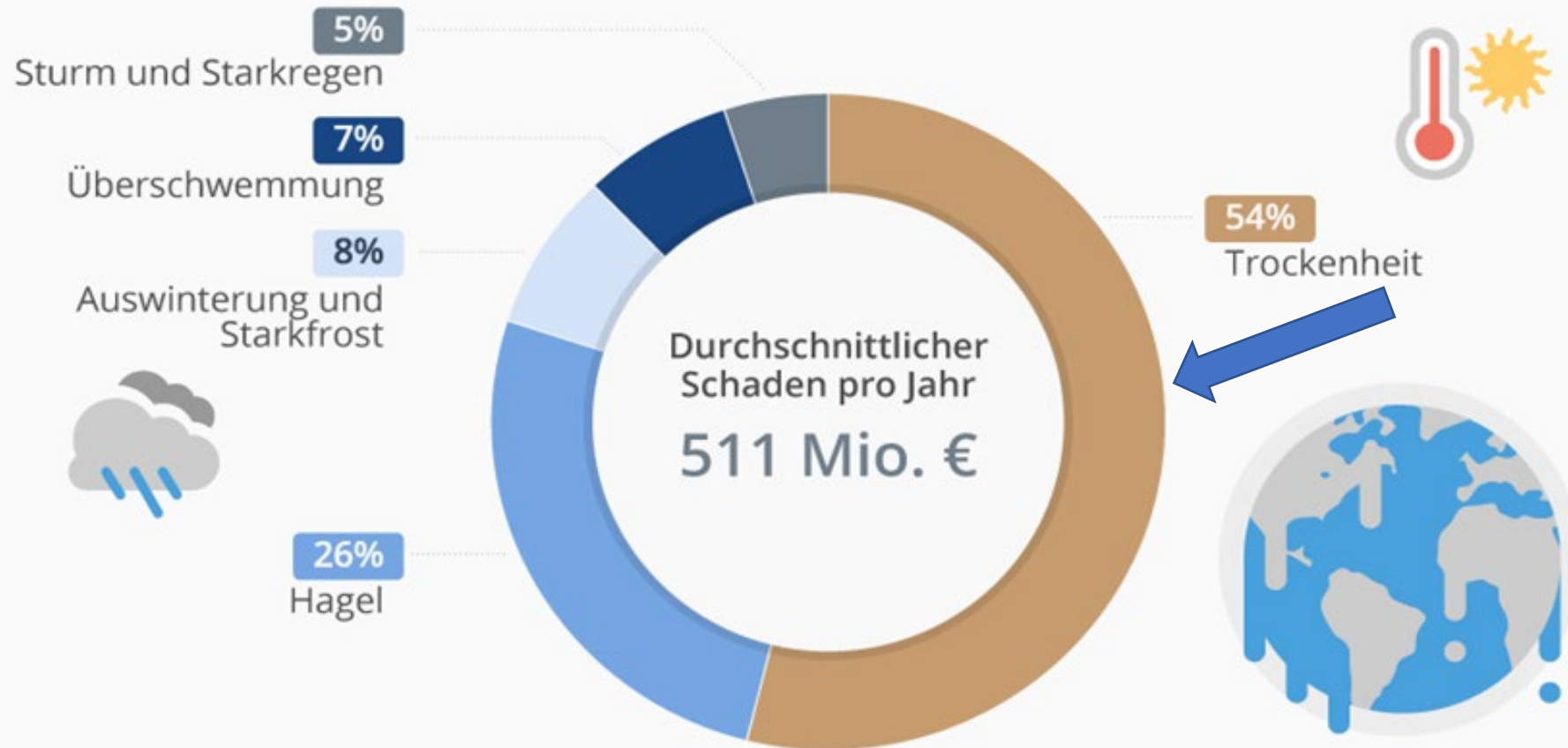


Prof. Dr. sc. agr. habil. Kerstin Wydra
Pflanzenproduktion im Klimawandel
Fachhochschule Erfurt
Solarinput e.V., Mitglied AbL

Klimawandel & Landwirtschaft

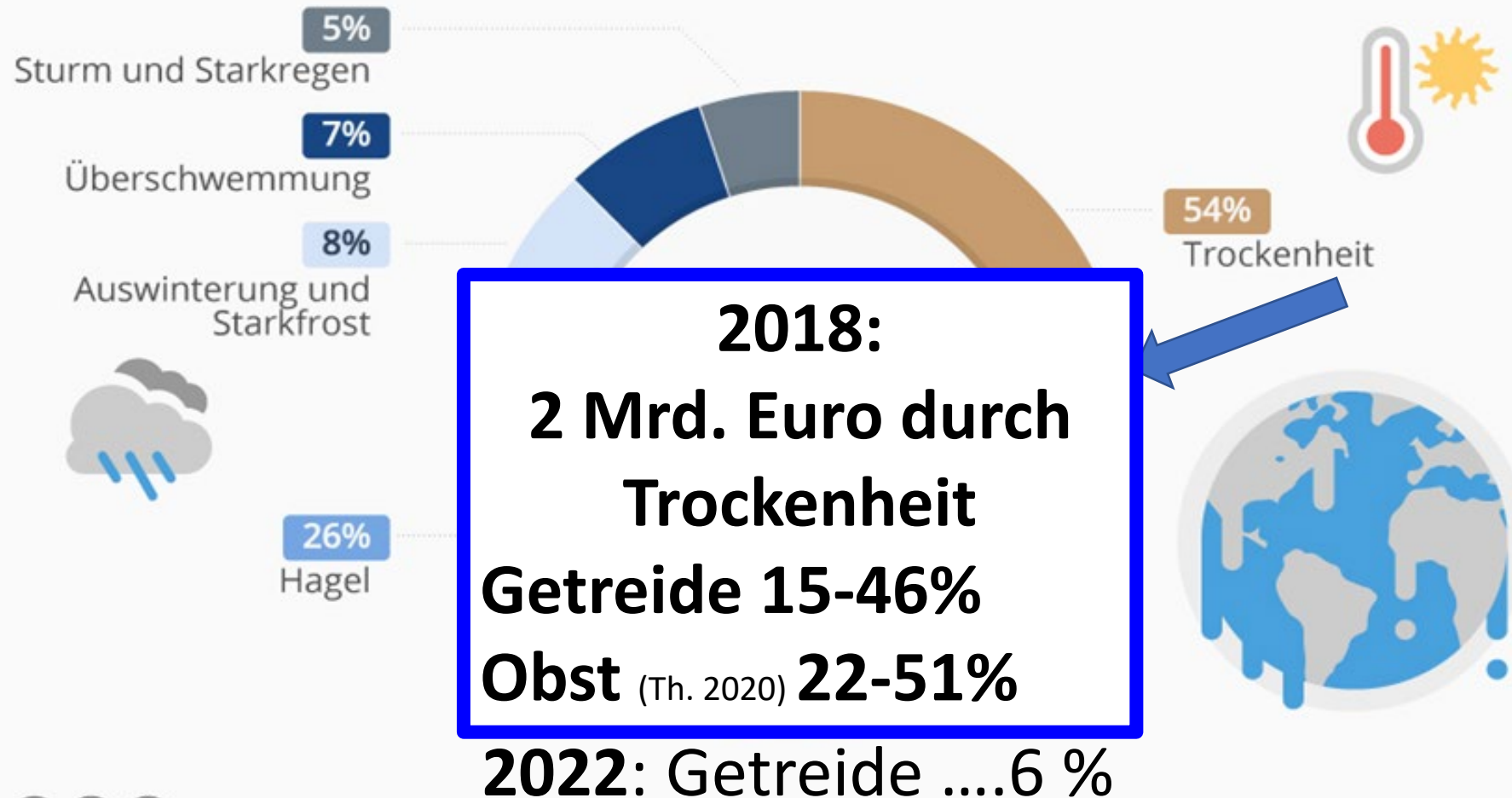
Ernteschäden durch Wetterextreme in D

Schadenaufwand in der Landwirtschaft durch Wetterextreme in Deutschland 1990–2013



Ernteschäden durch Wetterextreme in D

Schadenaufwand in der Landwirtschaft durch Wetterextreme in Deutschland 1990–2013



Artenschwund

Artenverluste durch Klimawandel bis 2050: bis 50%

Half of the Species on Earth Could Go Extinct by 2050: Scientists

A sixth mass extinction is underway, and it's not a meteor this time.



[Nature](#) volume 427, pages 145–148 (2004)

Extinction risk from climate change

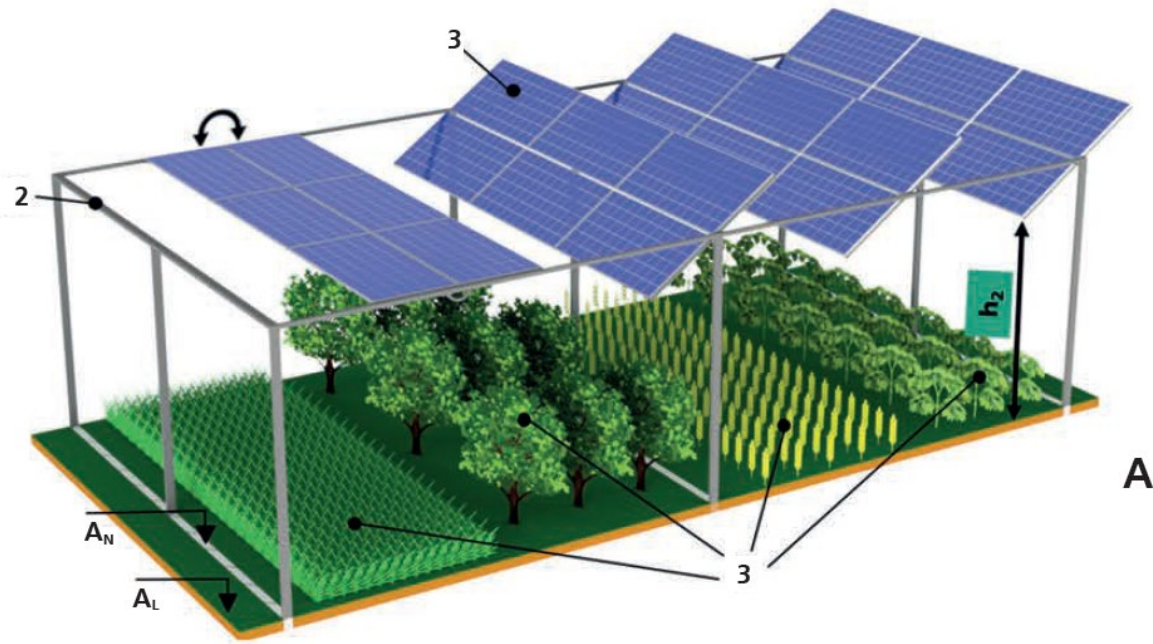
[Chris D. Thomas](#) et al.

<https://www.globalcitizen.org/en/content/half-earths-species-extinct-2050/>
<https://www.nature.com/articles/nature02121>

Klimaschutz & Klimaanpassung

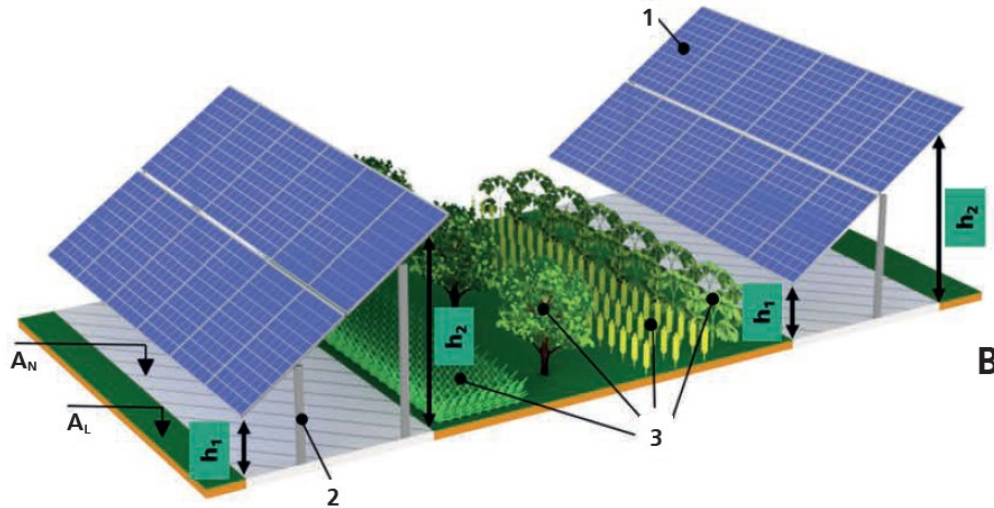
....(1) Agri-Photovoltaik

Agri-Photovoltaik

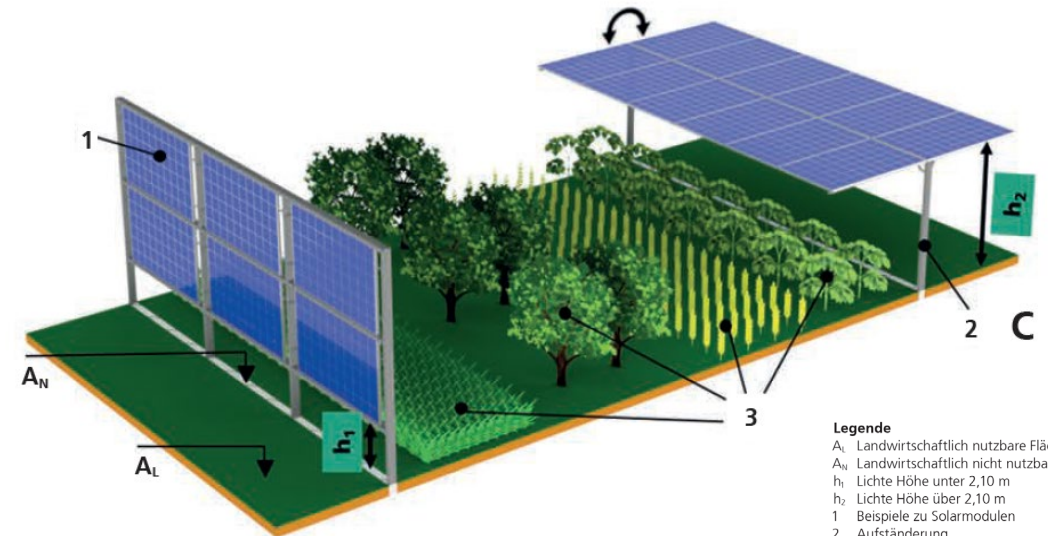


A

- Anbau **unter** und **zwischen** PV-Modulen
- DinSpec 91434**



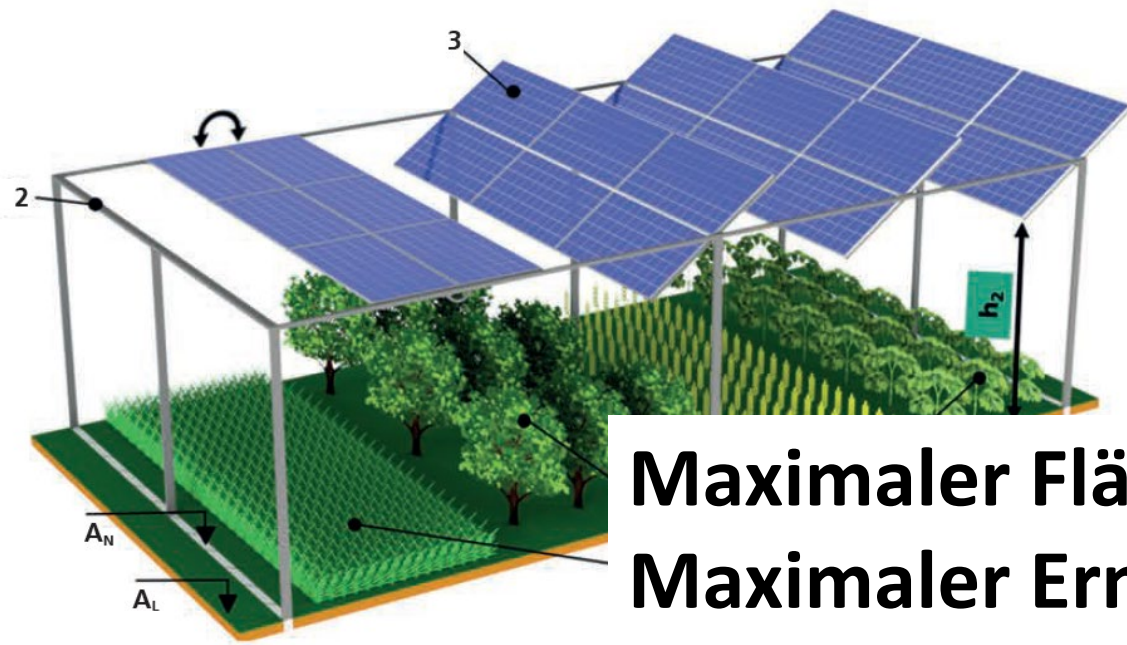
B



C

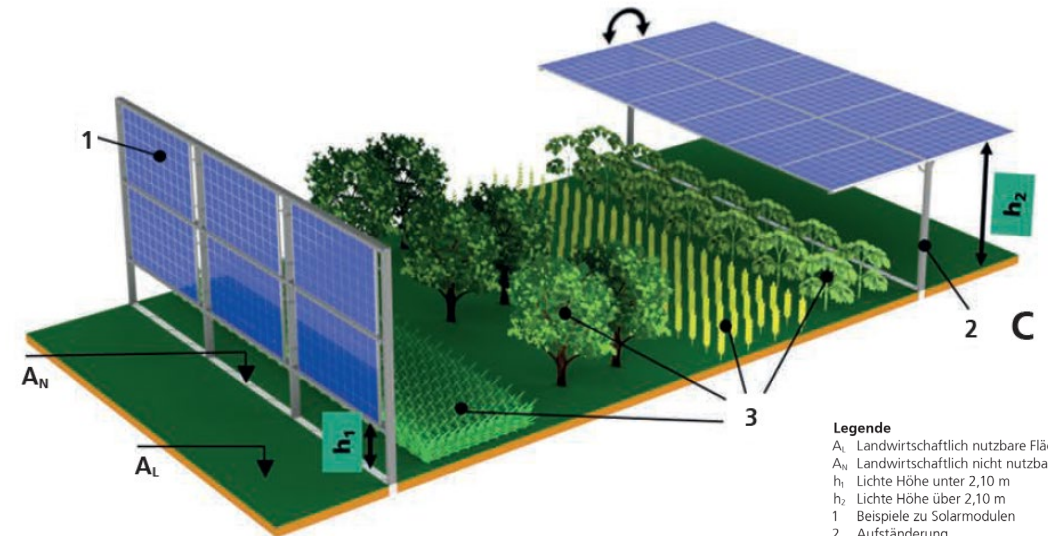
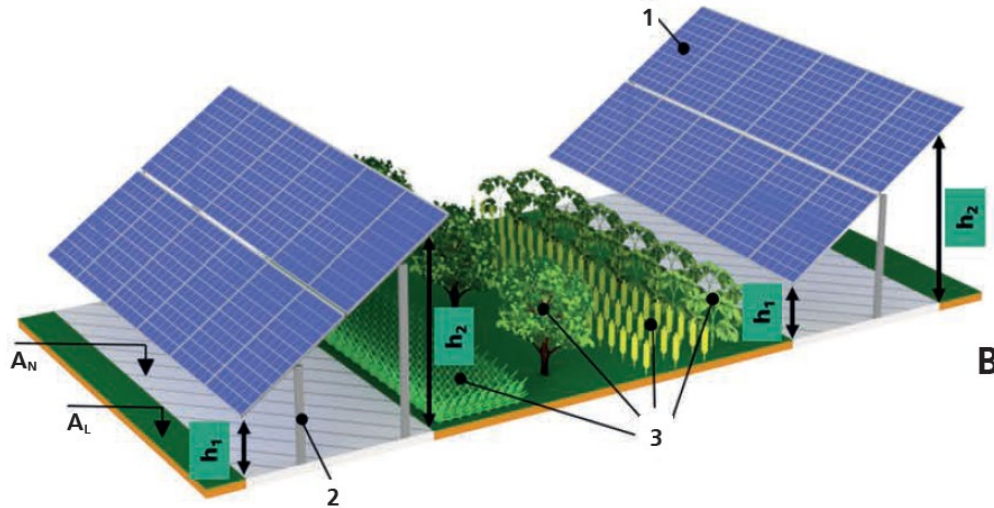
- Legende**
- A_L Landwirtschaftlich nutzbare Fläche
 - A_N Landwirtschaftlich nicht nutzbare Fläche
 - h_1 Lichte Höhe unter 2,10 m
 - h_2 Lichte Höhe über 2,10 m
 - 1 Beispiele zu Solarmodulen
 - 2 Aufständerung
 - 3 Beispiele landwirtschaftlicher Kulturen

Agri-Photovoltaik



- Anbau **unter** und **zwischen** PV-Modulen

Maximaler Flächenverlust: 15%
Maximaler Ernteverlust: 34%



- Legende**
- A_L Landwirtschaftlich nutzbare Fläche
 - A_N Landwirtschaftlich nicht nutzbare Fläche
 - h_1 Lichte Höhe unter 2,10 m
 - h_2 Lichte Höhe über 2,10 m
 - 1 Beispiele zu Solarmodulen
 - 2 Aufständerung
 - 3 Beispiele landwirtschaftlicher Kulturen

DinSpec - landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten

Kategorien I & II

Agri-PV-Systeme	Nutzung	Beispiele
Kategorie I: Aufständiger mit lichter Höhe Bewirtschaftung <u>unter</u> der Agri-PV-Anlage (Bild 1)	1A: Dauerkulturen und mehrjährige Kulturen	Obstbau, Beerenobstbau, Weinbau, Hopfen
	1B: Einjährige und überjährige Kulturen	Ackerkulturen, Gemüsekulturen, Wechselgrünland, Ackerfutter
	1C: Dauergrünland mit Schnittnutzung	Intensives Wirtschaftsgrünland, extensiv genutztes Grünland
	1D: Dauergrünland mit Weidenutzung	Dauerweide, Portionsweide (z. B. Rinder, Geflügel, Schafe, Schweine und Ziegen)
Kategorie II: Bodennahe Aufständiger Bewirtschaftung <u>zwischen</u> den Agri-PV- Anlagenreihen (Bild 3 und Bild 4)	2A: Dauerkulturen und mehrjährige Kulturen	Obstbau, Beerenobstbau, Weinbau, Hopfen
	2B: Einjährige und überjährige Kulturen	Ackerkulturen, Gemüsekulturen, Wechselgrünland, Ackerfutter
	2C: Dauergrünland mit Schnittnutzung	Intensives Wirtschaftsgrünland, Extensiv genutztes Grünland
	2D: Dauergrünland mit Weidenutzung	Dauerweide, Portionsweide (z. B. Rinder, Geflügel, Schafe, Schweine und Ziegen)

Agri-Photovoltaik - Anbau unter PV Modulen



Deutschland



Vorteile:

- - doppelte Flächennutzung
- Schutz der Anbaupflanzen vor Witterungsschäden
- Höhere Erträge möglich - besonders in Trockenjahren
- Stromerträge – >700 kWp/ha
- Steigerung der Moduleffizienz
- reversibel

Italien



Niederlande



APV Anlagen Ackerbau

Beispiele



Italien



Pilotanlagen Obstanbau

Beispiele

August 2020



Quelle: BayWa r.e.



Beeren,
Niederlande



Birnen

August 2020



Quelle: BayWa r.e.



Fruitvoltaic-Anlage:

- Solarstromquelle: **1,2 MWp**, mehr als 4.500 Solarmodule
- Strom für 400 Haushalte pro Jahr
- 4.500 Johannisbeersträucher
- **23 Tonnen Ernte** pro Jahr
- **günstigere, niedrigere Temperaturen** für Pflanzen (bis 10°C kühler)
- **Schutz vor ungünstigen Wetterbedingungen**
- Rückgang Pilzbefall
- Reduktion Abfall- und Investitionskosten



Birnen

Sonnenstrom und sonnengereifte Äpfel

Beispiele



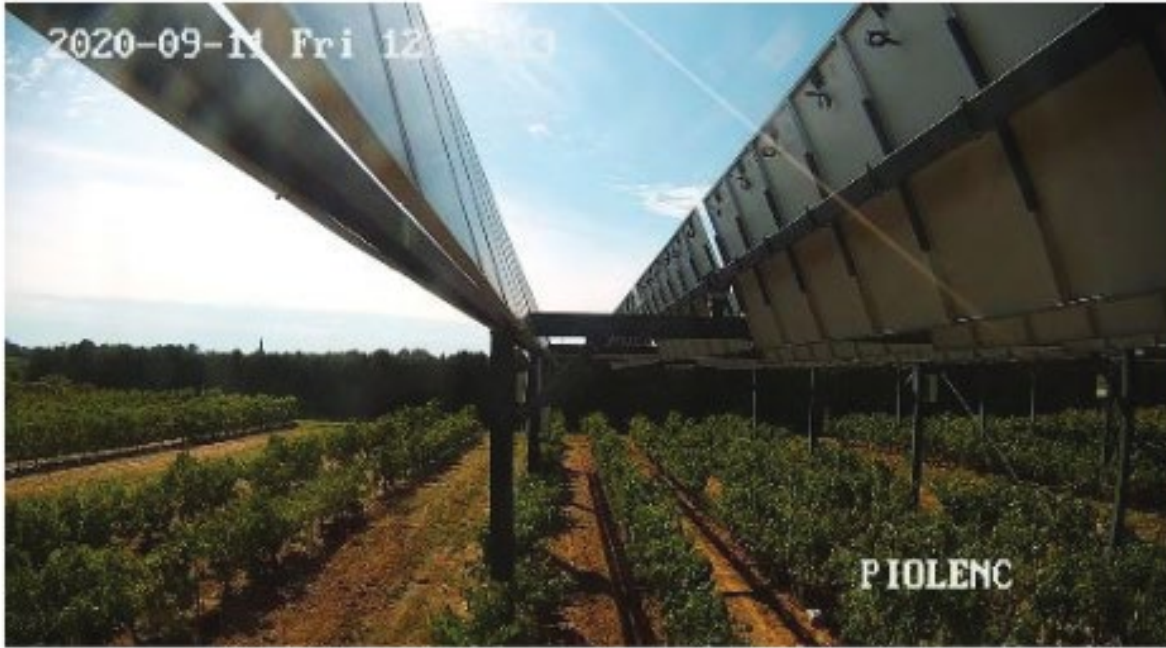
Baden-Württemberg

Einsparung:
Spritzmittel - 80%
Wasser - 50%

<https://www.spd-bodenseekreis.de/meldungen/photovoltaik-statt-hagelnetze-spd-informiert-sich-vor-ort/>

„Modellregion Agri-Photovoltaik Baden-Württemberg“

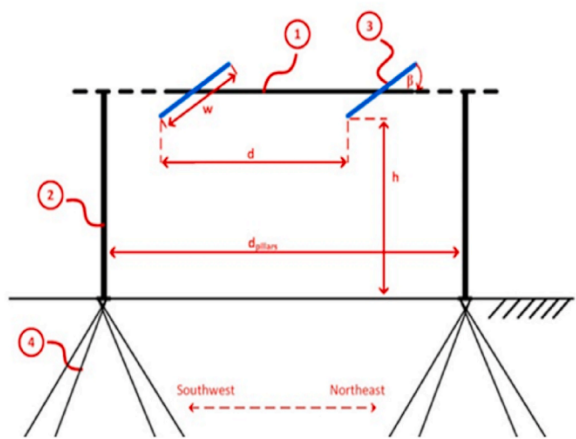
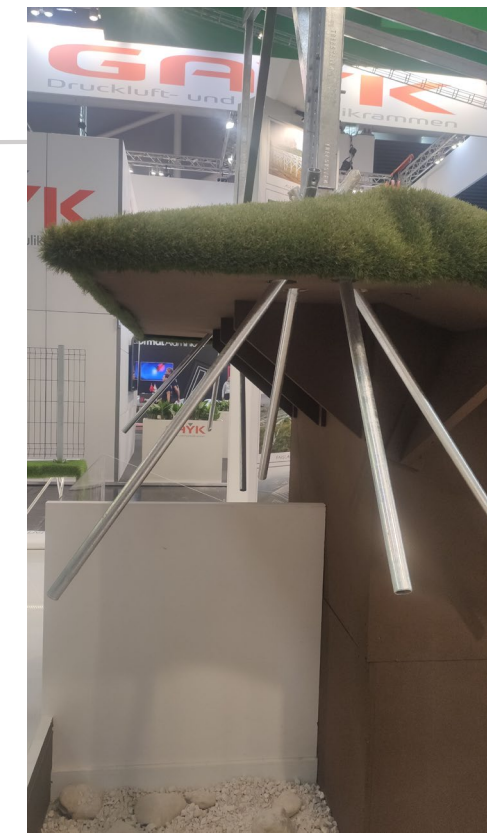
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft & Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz
Fördert bis 2024 fünf Pilot-Anlagen zur Agri-PV in Baden-Württemberg; 17 Anlagen in Planung



SOURCE: SunAgri.

https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2021/06/SPE-Agrisolar-Best-Practices-Guidelines.pdf?cf_id=41722

Trends und Innovationen



Spinnanker

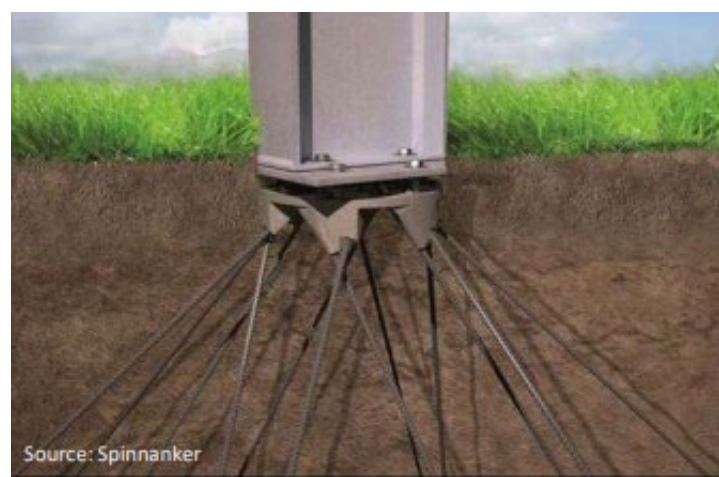


Fig. 1. Sketch of lateral view of an APV system. 1 = longitudinal beam, 2 = pillar, 3 = PV module, 4 = Spinnanker foundation; w = module width, β = tilt angle, d = row distance, d_{pillar} = width clearance, h = vertical clearance.



Dupraz et al. 2011

Bearbeitung mit konventionellen Geräten, 4m Höhe

Montpellier, Frankreich

APV - Anbau zwischen PV Modulen

vertikal



VeCon GmbH



Fa. Next2Sun

<https://www.next2sun.de>



- Bifaziale Module, vertikal
- O-W-Ausrichtung
- **435-460 kWp/ha**
- Anbau Futterpflanzen, Getreide, Hülsenfrüchte...
- Firmen: VeCon GmbH, Agrosolar, Next2Sun, etc.



- Weniger Wind
- Mehr Bodenfeuchtigkeit

APV - Anbau zwischen / unter PV Modulen

Nachgeführte Anlagen / Tracking

**Tracking:
30% höhere Stromerträge möglich**



Murphy & Spitz: Agri-PV-Anlage mit 13 MW in Betrieb

26.09.2022



Foto: Murphy&Spitz

Die PV-Anlage in Weinheim liefert Solarstrom via PPA.

- **Weinheim**
- **Stromlieferung über PPA**
(Stromliefervertrag, Festpreis mit regionalem Energieversorger)
- **13 MWp**
- **Module in 2-4m Höhe**
- **APV Anlage in < 2Monaten zertifiziert**

Europe PV News Snippets

Germany's 'Largest' Agrivoltaic Project Approved

Apr 26, 2022

Apenburg 20 MWp APV, 34 ha
599 kWp/ha



Größe: bis zu 34 Hektar

Energie: rund 20 MWp

Versorgung: **Strom für > 5.000 Haushalte**

Nutzung: 85 % der Fläche weiterhin für
Landwirtschaft genutzt
Reihenabstand 14m

CO₂-Ersparnis: ca. 12.600 t pro Jahr

Biodiversität & Sichtschutz: Blühstreifen, Hecken

Stromkosten: Strom kann direkt vor Ort genutzt
werden, Stromkosten sinken

Gemeinde: Gewerbesteuer....

d &

1PV, 34 ha
naft



Neue Entwicklungen

Trends und Innovationen

Ackerbau, Straßkirchen



Drahtseilaufhängung



HyPERFarm – Straßkirchen; Firma Krinner Carport GmbH

- Kostenverringierung: bis zu **90%**
(Leitner 2020)
- Durchfahrtsbreiten 11- 15m
- **Abstand zwischen Pfeilern 25-40m**

Ackerbau, Frankreich



Foto: TSE

Firma: TSE

- 5,5m Höhe, Abstand 27m L, 11m B
- 0,5% Flächenbelegung
- **160 km/h Windlast tolerabel**



Image: Julien Bru Studio

- Raps, W-Gerste, Futterroggen, Mais, Hülsenfrüchte
- Temp. in APV mind. 1,2°C niedriger
- **Boden 3,2°C kühler, feuchter** (Juni, Aug.)
- **30% Wassereinsparung** erwartet



Ackerbau, Frankreich

Foto: TSE

Firma: TSE



Image: Julien Bru Studio

- 5,5m Höhe, Abstand 27m L, 11m B
- 0,5% Flächenbelegung
- **160 km/h Windlast** tolerabel
- Raps, W-Gerste, Futterroggen, Mais, Hülsenfrüchte
- Temp. in APV mind. 1,2°C niedriger
- **Boden 3,2°C kühler, feuchter** (Juni, Aug.)
- **30% Wassereinsparung** erwartet

Mobile APV-Anlage, Niederlande Sektorenkopplung: H2 Produktion



[Energy](#)

[Circulair](#)

[Key points](#)

[Organisation](#)

[Contact](#)



Harvesting hydrogen on agricultural land
while maintaining agricultural production



APV
&
Tierhaltung

Tierwohlgerechte Viehhaltung



SUNFARMING

- **Glas-Glas-Module:** höhere Lichtdurchlässigkeit; bifazial
- Unterfahrbarkeit mit Kleintraktoren mit Arbeitsbreiten bis 3 m
- offene „Tierwohlanlage“ für Großvieh wie z.B. Rinder und Mutterkühe als Schattenspender und Wetterschutz
- bis max 1,1 MWp pro ha

Tierwohlgerechte Viehhaltung



SUNFARMING

- **Glas-Glas-Module:** höhere Lichtdurchlässigkeit; bifazial
- Unterfahrbarkeit mit Kleintraktoren mit Arbeitsbreiten bis 3 m
- offene „Tierwohlanlage“ für Großvieh wie z.B. Rinder und Mutterkühe als Schattenspender und Wetterschutz
- ggf. niedriger für **Schafe, Hühner, Kleinvieh**
- bis max 1,1 MWp pro ha

Wassermanagement

Bifaziale Module & Regenwasserverteilsystem

- Bifaziale Module
- Flächige Beregnung
- Bodenfeuchtigkeit unter den Modulen
- Keine Erosion



SUNFARMING

Wassermanagement - Photovoltaik



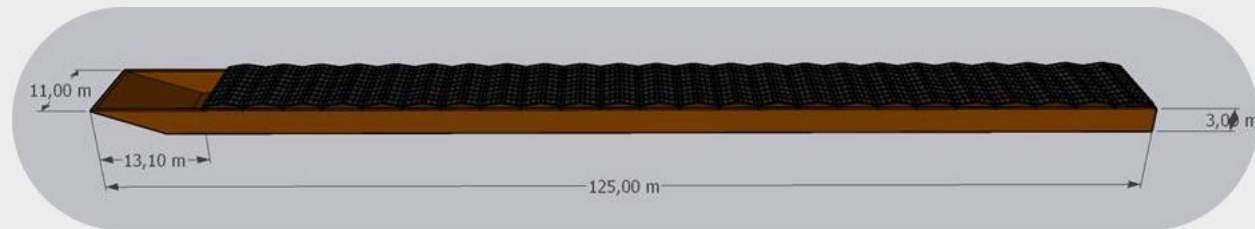
Wassermanagement-Photovoltaik



Diverse Kombinationen

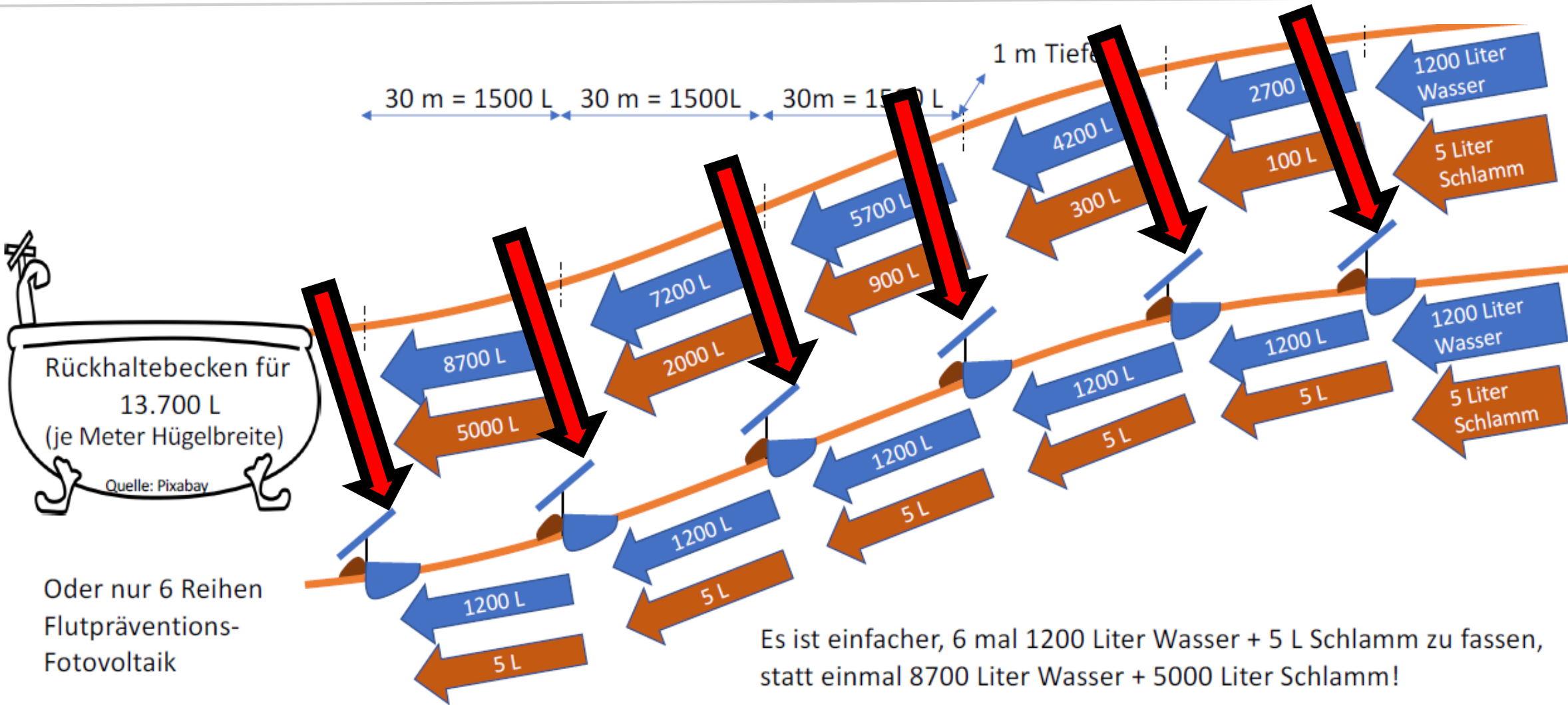
- Regenauffangrinnen in APV + Wasserspeicher
- Regensammlung von FFA Modulen und Drainage,
 - Bewässerung von hochwertiger Fläche
 - 30ha FFA + 2ha Wasserspeicher mit FPV

Wasserspeicher



Feldrain Wasserspeicher mit Photovoltaik Abdeckung

Flutpräventions- / Hangerosions- PV-Anlagen



French consortium wants to mobilize €1 billion for agrivoltaic projects

Sun'Agri and RGreen Invest have launched an initiative aimed at deploying around 300 agrivoltaic projects in France by 2025.

NOVEMBER 6, 2020 **JOËL SPAES**



Frankreich

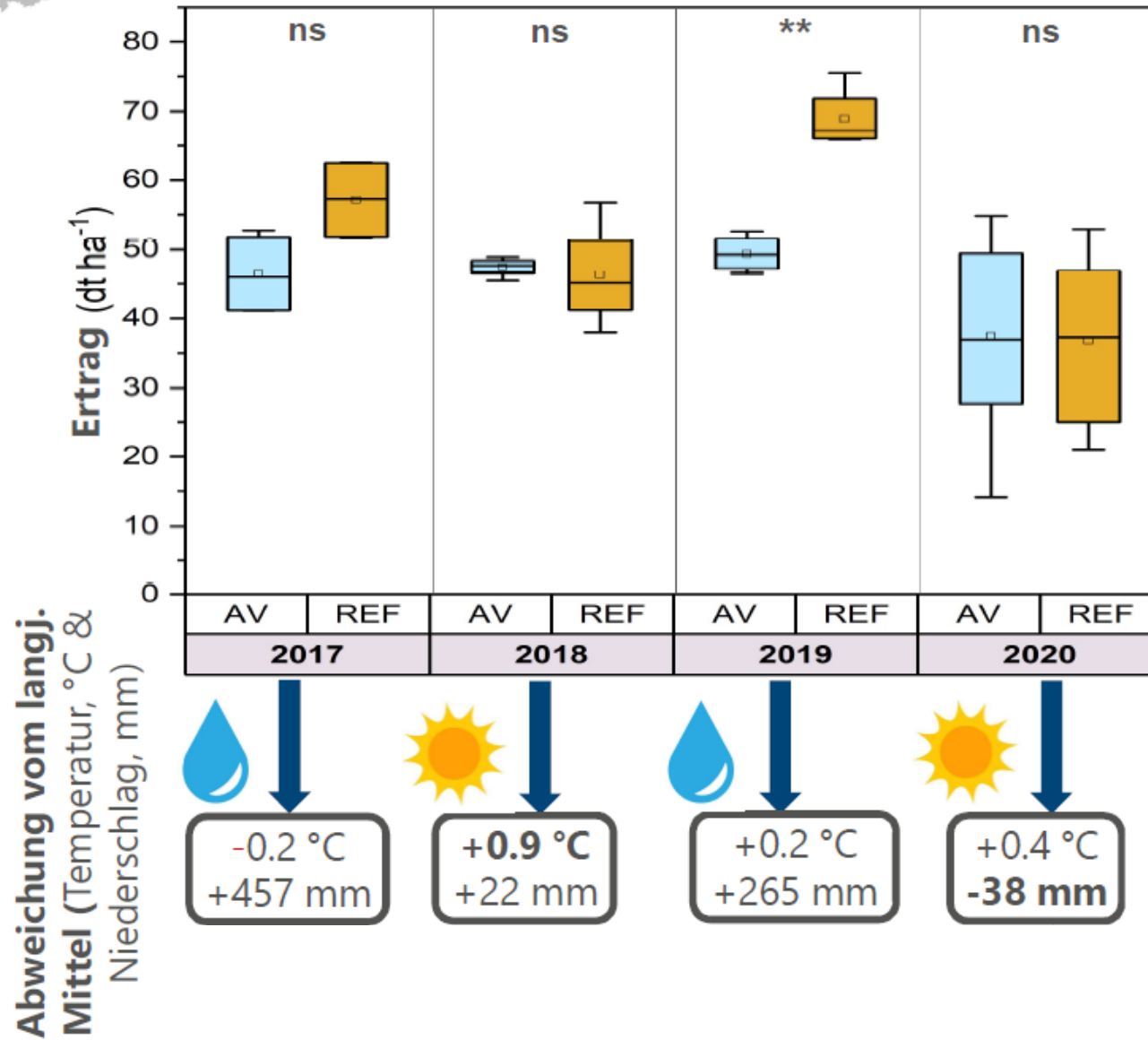
- Ziel: 300 agrivoltaic Farmen in Frankreich 2025
- Erhöhung des Ernteertrages auf 1.500-2.000 ha
- 20% Wassereinsparung
- Schutz der Pflanzen vor Wetterschäden

<https://www.pv-magazine.com/2020/11/06/french-consortium-wants-to-mobilize-e1-billion-for-agrivoltaic-projects/>

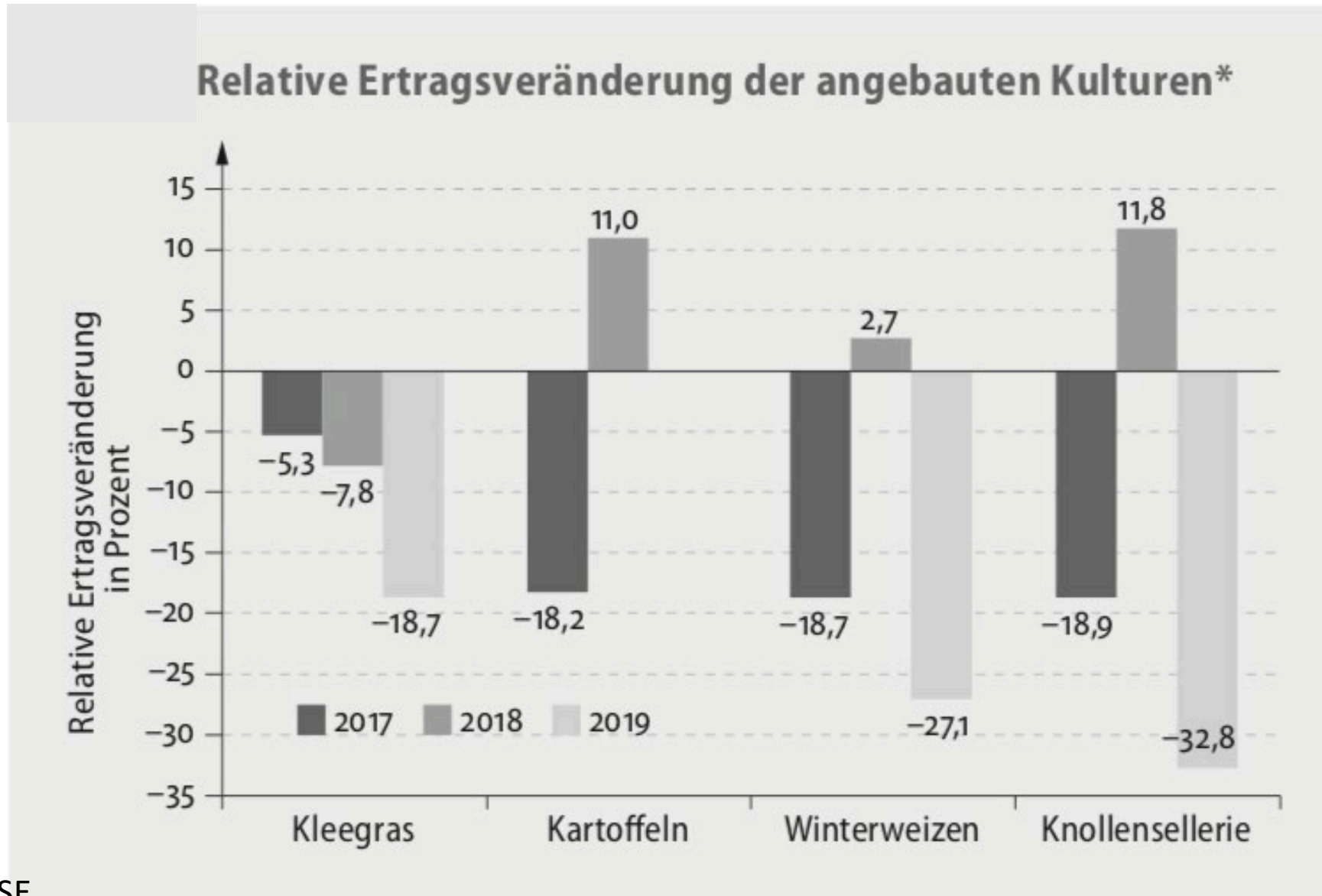
Image: Sun'Agri/Sun'R

- Positive Auswirkungen APV auf
 - Mikroklima
 - Ertrag (bei Stress)
 - Bodenfeuchte / -temp.
 - Erosion (Wind, Wasser)
- Pflanzeneignung

Ertrag Winterweizen über 4 Jahre: APV / Referenz



Mögliche Ertragsunterschiede: Kulturen unter APV / Referenzflächen



Heggelbach,
Baden-Württemberg

Eignung von Kulturpflanzen für APV

Kulturen profitabel bei Stress*

Schattentolerante Kulturen



Quelle: <https://www.xing.com/events/klimaretter-photovoltaik-chance-agri-photovoltaik-agri-pv-3584945>

s. Studie Wydra et al. 2022
<https://www.fh-erfurt.de/fileadmin/Dokumente/Personen/LGF/Wydra/APV-Studie.pdf>

	Gerste	Weizen, Roggen, Triticale
	Feldgras, Dauergrünland	kleinkörnige Leguminosen
	Winterraps	Hanf
	Kartoffel, Knollensellerie	Zuckerrübe
	Mangold, Salat Gurke	Kohl**, Möhre, Rhabarber, Kürbis
	(Äpfel, Birnen), (Erdbeeren) Strauchbeeren (+Holunder)	Süß-/Sauerkirschen, Pflaumen u. Zwetschgen
	(Wein, Hopfen), Ginseng, Bärlauch, Pilze	Melisse, Pfefferminze

* Hitze, Trockenheit, Regen, Spätfröste, Hagel, Sturm; ** kein(Brokkoli), Blumenkohl, Rosenkohl, bedingt Grünkohl
In Klammern: bedingt schattentolerant

Vorteile der APV für die Landwirtschaft

- **Höhere Erträge insbes. bei ‚Stress‘**

- in Kartoffeln, Weizen, Tomate etc. in trockenen Jahren & Gebieten

- Kartoffel 11%, Sellerie > +10% , Winterweizen +3% (in Germany, Trommsdorff, et al. 2020)

- Futteranbau (+90%), Qualität und Beweidung verbessert

(Andrews et al. 2022, Picon-Cohard et al. agrivoltaics 2022)

- Paprika Ertrag x 3 (in Arizona, Barron-Gafford et al. 2019)

- Beeren (in Germany, Karthaus, Germany 2021)

- Weinbau (Kamann, HS Geisenheim)

-

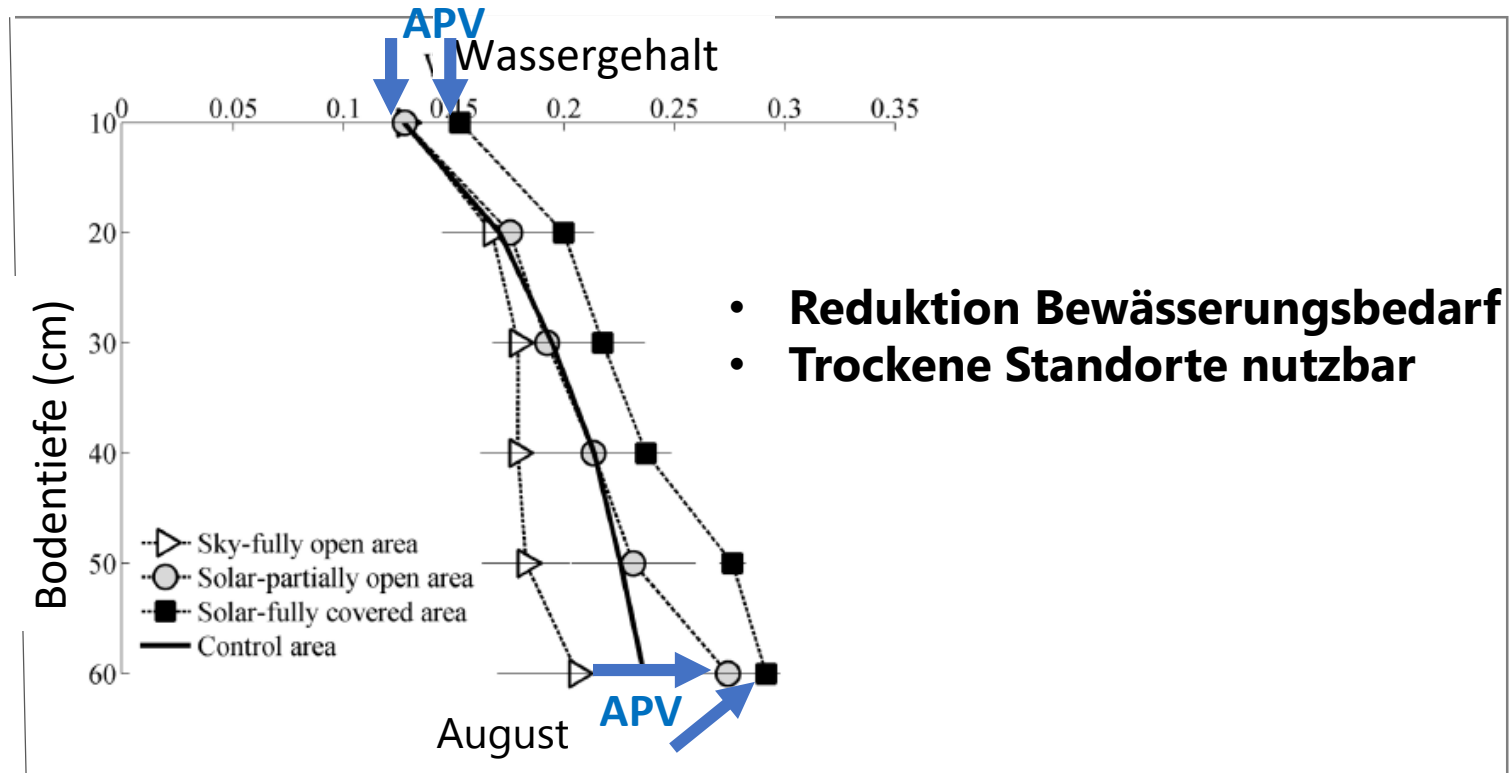
Vorteile der APV für die Landwirtschaft

- **Ertragssteigerungen durch**

- niedrigere Temperatur = höhere Photosyntheseleistung bei Hitze (Barron-Gafford et al. 2019)
- weniger Hitzeschäden & Sonnenbrand
- weniger Schäden durch Starkregen, Hagel, Frost
- höhere Bodenfeuchtigkeit (Adeh et al. 2018)
- geringere Erosion

Auswirkungen der APV-Anlage auf das Mikroklima

Standortbezogene Bodenfeuchte steigt bei Trockenheit



Veränderung der Bodenfeuchte unter der APV-Anlage und unter freiem Himmel in Abhängigkeit von der Bodentiefe
(angepasst nach Adeh et al. 2018, S. 6)

Vorteile der APV für die Landwirtschaft

- **Wasser**

- höhere Wassernutzungseffizienz, um z.B. 157% (in Arizona, Barron-Gafford et al. 2019),
um z.B. 328% in Weideland (Adeh et al. 2018)
- weniger Transpiration & Evaporation: **20-40% Einsparung bei Bewässerung** (BayWa r.e.),
27% (remtec)

PV-FFA und Boden / Mikroklima

- PV-FFA + - Boden+Lufttemperatur ↓ Boden+Luftfeuchtigkeit ↑
(Beatty et al. 2017, Adeg et al. 2018; Marrou et al. 2013; Makaronidou 2020, Schindler et al. 2018, Feistel et al. 2022)
- Salat & Gurke, 14-29% Evaporanspiration ↓ (Marrou et al. 2013)
- PV-FFA + - mit Vegetationsdecke aus Gräsern, Sträuchern und Blühpflanzen
Bodengesundheit ↑
,run-off' ↓ , Bodenerosion ↓ (Li et al. 2007, Bartley et al. 2014; Beatty et al. 2017; Uldrijan et al., 2021)

PV-FFA und Boden / Mikroklima

- **PV-FFA +** - **Boden+Lufttemperatur** ↓ **Boden+Luftfeuchtigkeit** ↑
(Beatty et al. 2017, Adeg et al. 2018; Marrou et al. 2013; Makaronidou 2020, Schindler et al. 2018, Feistel et al. 2022)
- **PV-FFA +** - Salat & Gurke, 14-29% Evaporanspiration ↓ (Marrou et al. 2013)
- **PV-FFA +** - mit Vegetationsdecke aus Gräsern, Sträuchern und Blühpflanzen
Bodengesundheit ↑
,run-off' ↓, **Bodenerosion** ↓ (Li et al. 2007, Bartley et al. 2014; Beatty et al. 2017; Uldrijan et al., 2021)
- **PV-FFA +** - Umwandlung von Acker in naturnahes Grünland: **CO₂ Speicherung** ↑ **um 65 %**
(Walston, et al., 2021), aber nicht immer (Choi, et al., 2020)
- **PV-FFA +** - **Biomasse-Abbau** ↓ **Bodenbiomasse** ↑ (Stott et al. 2022)

PV-FFA und Boden / Mikroklima

- **PV-FFA +** - **Boden+Lufttemperatur** ↓ **Boden+Luftfeuchtigkeit** ↑
(Beatty et al. 2017, Adeb et al. 2018; Marrou et al. 2013; Makaronidou 2020, Schindler et al. 2018, Feistel et al. 2022)
- **Salat & Gurke, 14-29% Evaporanspiration** ↓ (Marrou et al. 2013)
- **PV-FFA +** - mit Vegetationsdecke aus Gräsern, Sträuchern und Blühpflanzen
Bodengesundheit ↑
,run-off' ↓, **Bodenerosion** ↓ (Li et al. 2007, Bartley et al. 2014; Beatty et al. 2017; Uldrijan et al., 2021)
- **PV-FFA +** - Umwandlung von Acker in naturnahes Grünland: **CO₂ Speicherung** ↑ **um 65 %**
(Walston, et al., 2021), aber nicht immer (Choi, et al., 2020)
- **PV-FFA +** - **Biomasse-Abbau** ↓ **Bodenbiomasse** ↑ (Stott et al. 2022)
- **PV-FFA +** - **Eingriff in Boden und Grundwasser meist gering** (Baden-Württemberg Umweltministerium, 2019)
- **PV-FFA** - **Wasserhaushalt**; möglich in Wasserschutzonen III und II (Badelt et al. 2020, Ebert & Müller 2011)
- **PV-FFA +** - **Ökosystemdienstleistungen** ↑ (Ludzuweit 2023)

Agri-Photovoltaik Anlagen: Vorteile für Landwirtschaft

Minderung der Auswirkungen des Klimawandels in der Landwirtschaft

- Abmildern von
 - zunehmenden **Dürren** und entstehenden Ernteeinbußen
 - **Extremwetter, Hagel, Frost**
 - **Hitze**
 - **„Wind & Wassererosion“**

durch Beschattungswirkung
optimiertes Wassermanagement
- Erhöhen der Biodiversität auf Äckern
- **Bodenschutz** und erhöhte Bodenfruchtbarkeit, Humusbildung wird angenommen
- Zusätzliche Einkommensquelle

Klimaschutz

&

Klimaanpassung

&

Naturschutz/Biodiversität

(2) Biodiversitäts- Freiflächenanlagen

Biodiv-PV

PV-FFA und Naturschutz

- Von zahlreichen **Naturschutzorganisationen**, u.a. **DNR, WWF, DUH, NABU, German-watch, Greenpeace**, werden **Solaranlagen als Chance für Naturschutz**, & als **Erfordernis für den Klimaschutz** gesehen (Schünemann et al., 2021).
- **Bundesamt für Naturschutz**: neue Lebensräume, keine erhebl. negativen Auswirkungen
- PV-FFA mit bodennahen Modulen kann das europäisch-ökologische Netzwerk **Natura 2000 stärken**, kann verschiedene Aspekte der biologischen Vielfalt und der **Ökosystemleistungen verbessern** (Habitat-Richtlinie 92/43/EWG und Richtlinie 2009/147/EG).
- PV-FFA im Einklang mit neuer **Biodiversitätsstrategie für 2030** & gleichzeitige Erzeugung **Erneuerbarer Energien** (Win-Win-Lösung): Biodiversitäts-Solarparks (Semeraro, et al., 2020).

PV-FFA und Naturschutz



GREENPEACE



**Solaranlagen: Chance für Naturschutz,
Erfordernis für Klimaschutz**

**Forderungen der Umwelt- und Naturschutzorganisationen für
einen naturverträglichen Ausbau**

PV-FFA & Biodiversität - Insekten, Amphibien, Vögel, Säuger

- **75 Solarparks: Artenreichtum** erhöht sich in der Regel deutlich (SonneSammeln, 2022)
- **PV-FFA - auf 70 %–95 % des Bodens kann Biodiversität gefördert werden** (Esteves, 2016).
- **PV-FFA nach Umwandlung von Acker in Grünland: Biodiversität nimmt grundsätzlich zu** (BNE 2019)
- Beitrag zur Biodiversität vielfach belegt (Zürcher HAW im Auftrag des Bundesamts für Energie, Schweiz, Schlegel, 2021)
- PV-FFA: **Insekten**: mehr **Bienen & Bestäuber** als auf konv. Lawi-Flächen
 - mehr **Heuschrecken, Tagfalter, Spinnen, Laufkäfer, seltene und bedrohte Arten** z.B. Zahnflügel-Bläuling (*Polyommatus daphnis*), Kleiner Schlehen-Zipfelfalter (*Satyrium acaciae*), Lilagold-Feuerfalter (*Lycaena hippothoe*), Wegerich-Scheckenfalter (*Melitaea cinxia*)
 - Hecken im Randbereich, «**Schmetterlingsgehölze**» Schwarzdorn, Rote Heckenkirsche, Kreuzdorn und Faulbaum

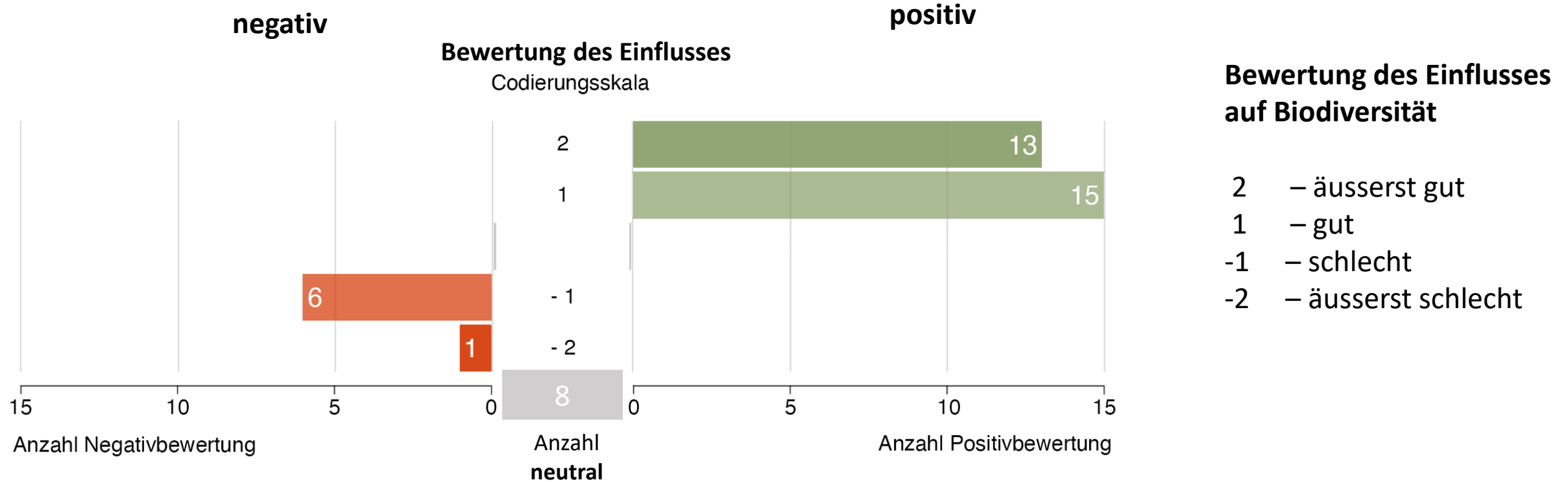
PV-FFA und Biodiversität - Vögel

- PV-FFA: -Nahrungshabitat für **Graureiher, Rohrweihe, Rotmilan, Baumfalke, Turmfalke, Rauchschwalbe, Star, Fledermäuse, Weißstorch, Wiesenweihe, Steinkauz**
(Peschel, 2010, Badelt et al., 2020)
- PV-FFA: - **Feldlerche, Rebhuhn, Schafstelze**, vermutlich auch für Wachtel, Ortolan, Grauammer (Demuth et al., 2019), **verhaltensflexible Kulturlandvögel** (Moore-O'Leary et al., 2017), **Wiesenbrüter** und andere anspruchsvollere Lebensraumspezialisten, z.B. **Wiesenpieper** oder **Braunkehlchen**, können profitieren (Günnewig et al., 2007)
Brutnachweise von 16 **gefährdeten Vogel-Arten des Offenlands**, zB **Wachtel, Rebhuhn, Neuntöter, Braunkehlchen, Grauammer** (Badelt et al., 2020)
 - höhere Artenvielfalt & Diversität, bes. **bodengebundene** und **Raubvögel** (Jarcuska et al 2024)
 - Nahrungssuche einiger Fledermausarten neg. beeinflusst (Barre et al. 2023)
- PV-FFA: **Greifvögel** werden durch thermische Luftströmungen oberhalb von PV-FFA angelockt (Dwyer et al., 2018). **Turmfalke, Waldkauz** in Solarparks beobachtet; **Turmfalke, Rotmilan, Mäusebussard, Sperber, Wespenbussard, Baumfalke** bei Nahrungssuche (Scheller, et al., 2020).

PV-FFA und Biodiversität - Säugetiere

- PV-FFA: **keine** Beobachtungen einer **Scheuchwirkung oder Meidung** von PVA durch Mittel- und Großsäuger (Herden et al., 2009, Günnewig et al., 2007). Hasen, Kaninchen, Rehe innerhalb (Van der Zee, et al., 2019)
- PV-FFA + - Säugetiere wie **Feldhamster und Hasen** profitieren von struktur- und artenreicher Agrarlandschaft.
- Solarparks mit Biodiversitätselementen: **Habitate** für Säugetieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und räuberischen Wirbellose, **wertvolles Refugium für viele seltener werdende oder bedrohte Arten** inmitten einer meist intensiv bewirtschafteten **Agrarlandschaft** dar (BNE, 2021).
- PV-FFA können Netzwerk **Natura 2000 stärken** und biologische Vielfalt und **Ökosystemleistungen verbessern** (Habitat-Richtlinie 92/43/EWG und Richtlinie 2009/147/EG; Semeraro, et al., 2020).

PV-FFA & Biodiversität - Meta-Analyse Literatur 2013-2023



Ergebnis: Gesamt 43

28 positiv, 8 neutral = 36 nicht negativ

7 negativ (zT spez. Bed.)

Erste Leitlinien für Biodiv-PV



Kriterien für naturverträgliche Photovoltaik-Freiflächenanlagen

Gemeinsames Papier, Stand April 2021

https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/solarenergie/210505-nabu-bsw-kriterien_fuer_naturvertraegliche_solarparks.pdf

Bundesverband
Neue Energiewirtschaft e.V.
Hackescher Markt 4
D-10178 Berlin

Fon: +49 30 400546-0
Fax: +49 30 400546-10
mail@bne-online.de
www.bne-online.de



Verband Thema



Gefördert von
https://www.th-bingen.de/fileadmin/projekte/Solarparks_Biodiversitaet/Leitfaden_Massnahmensteckbriefe.pdf

Selbstverpflichtung Gute Planung von PV-Freiflächenanlagen

www.gute-solarparks.de

Bundesverband Neue Energiewirtschaft e.V.



bne-Positionspapier Biodiversitäts-PV als Solarpark-Standard

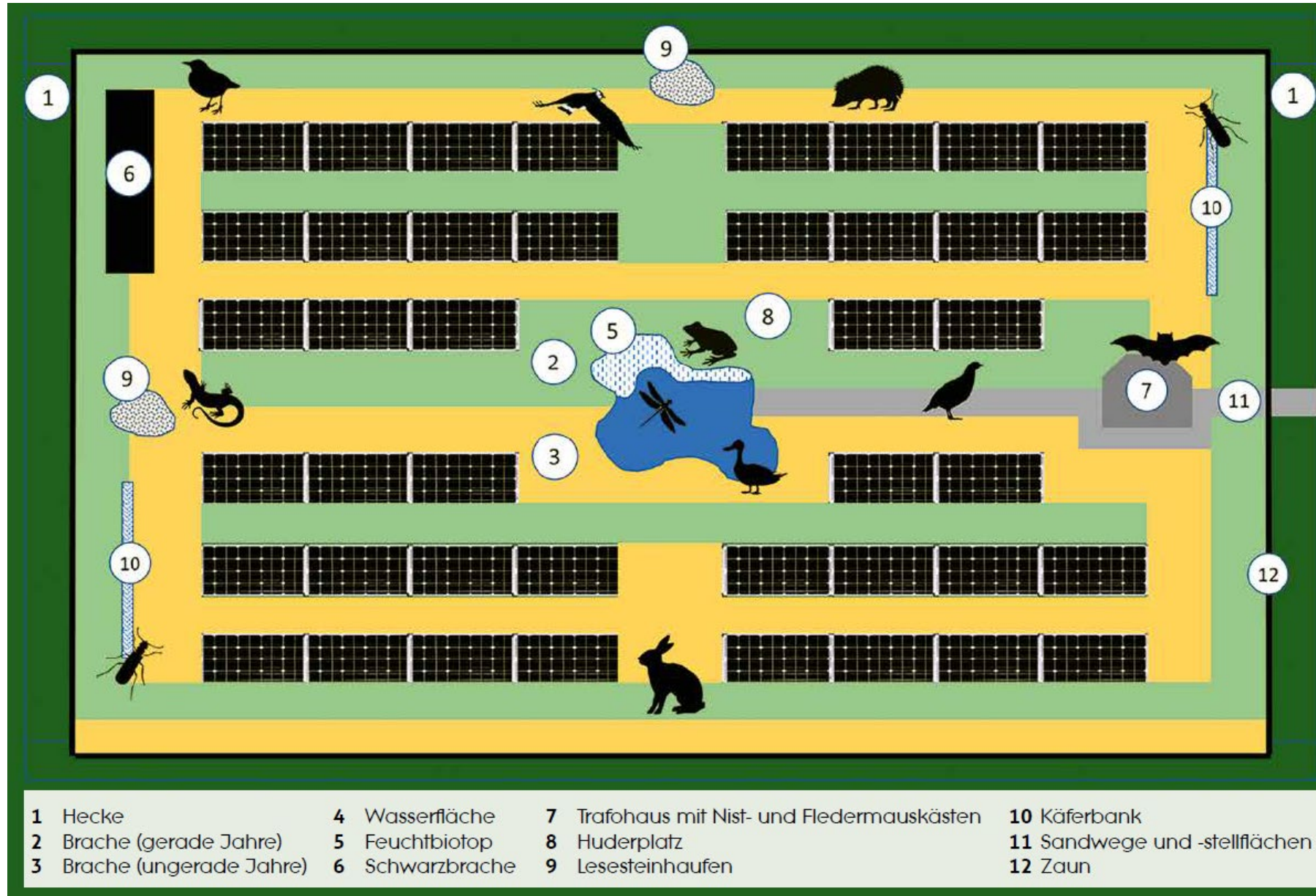
Photovoltaik-Freiflächenanlagen die Artenvielfalt fördern entstehen, wenn die Anreize wirksam gesetzt werden, insbesondere in der GAP-Direktzahlungen-Verordnung.

Berlin, Juni 2023. Der beschlossene Ausbaupfad im EEG sieht vor, dass ab 2026 im Schnitt rund 1 Gigawatt pro Monat an neuen Solarparks entstehen. Für diese Anlagen

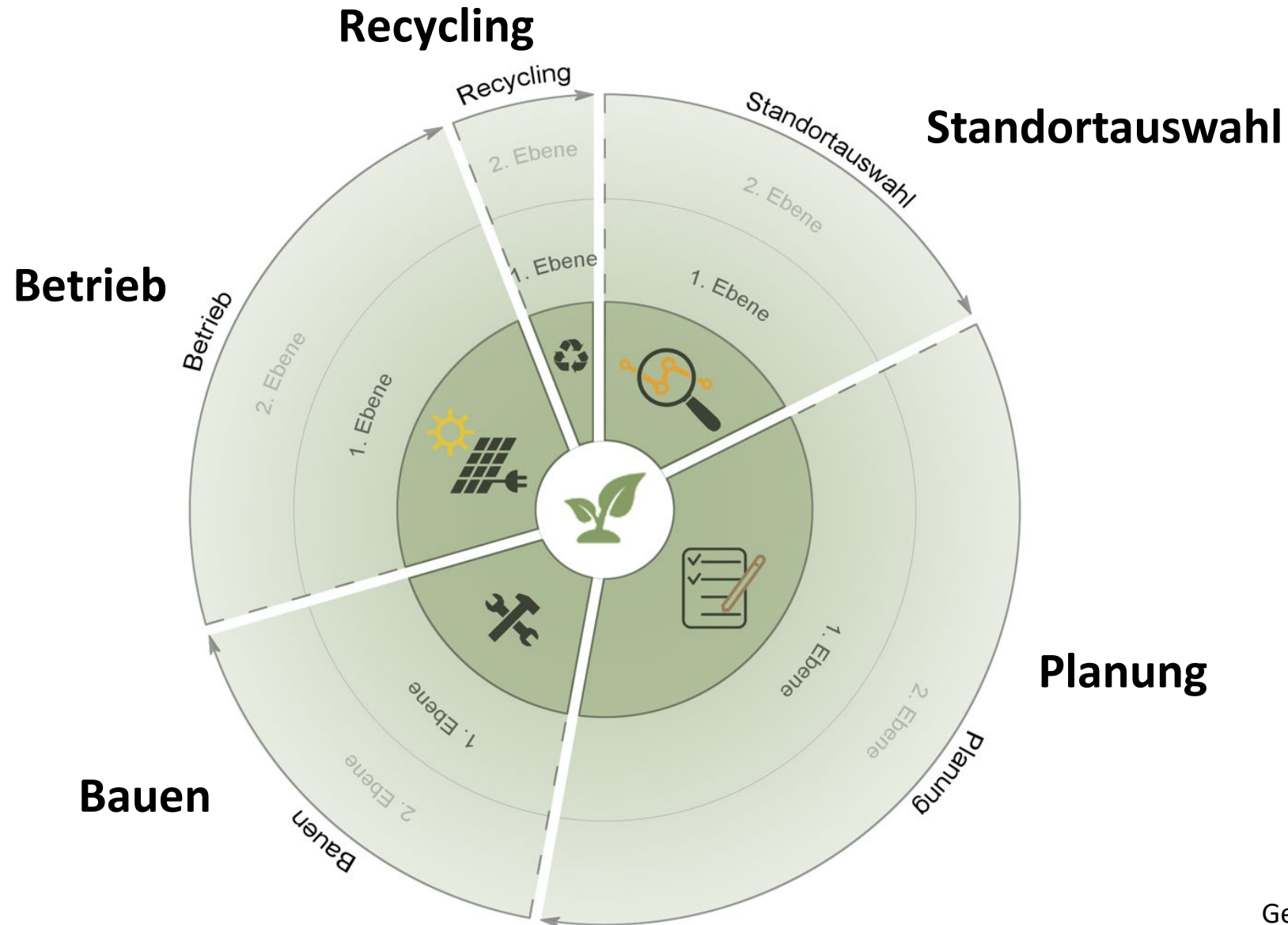
<https://www.bne-online.de/de/verband/gute-planung-pv/>



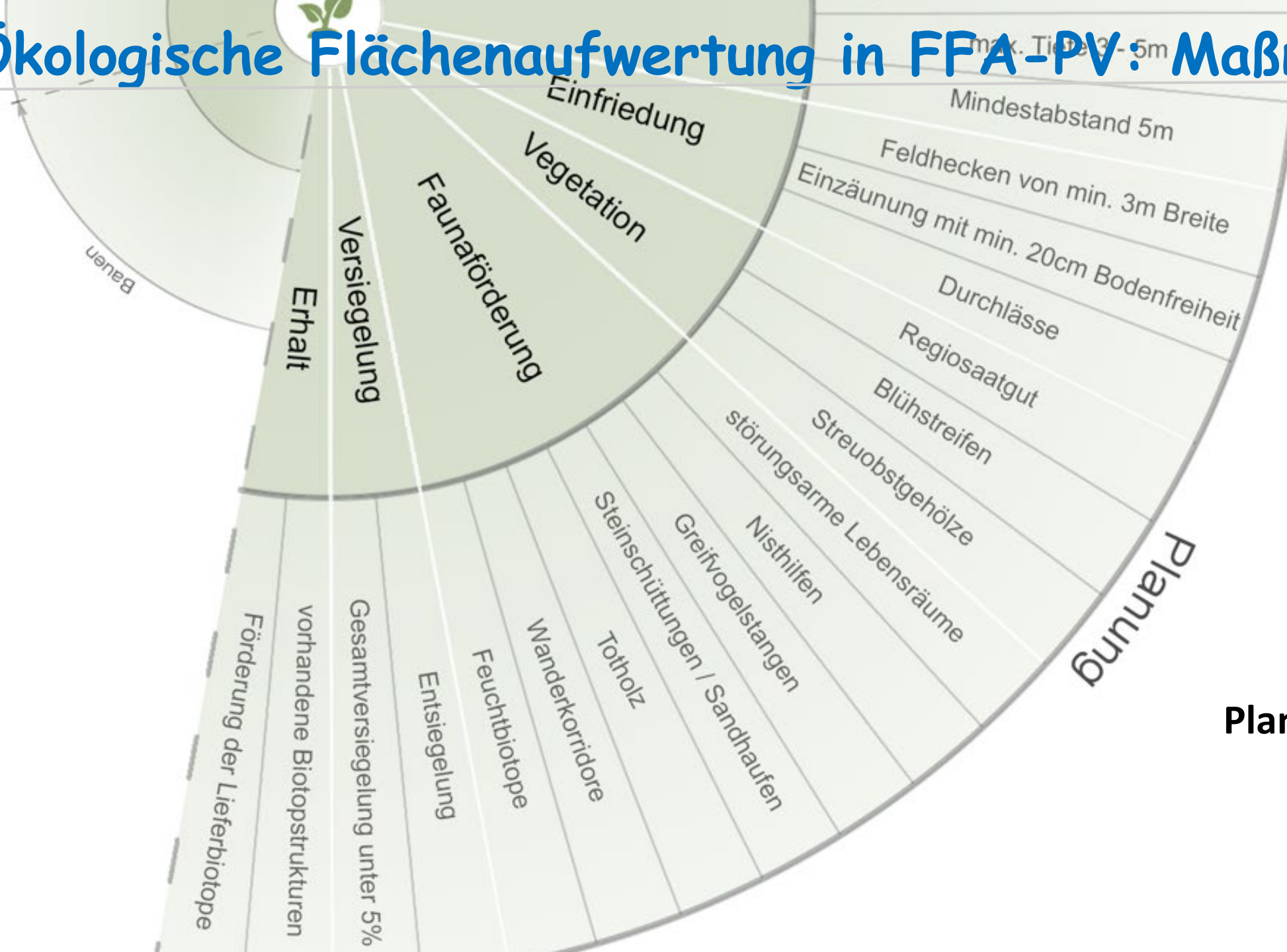
Landesjagdverband Schleswig-Holstein



Ökologische Flächenaufwertung in FFA-PV: Maßnahmen



Ökologische Flächenaufwertung in FFA-PV: Maßnahmen



Planung

Beispiele

- Habitat für Bestäuber
- Bodenschutz
- geeignet für 4-10% GAP Stilllegungsfläche



Photo courtesy of Rob Davis, Fresh Energy

<https://www.ncsl.org/Portals/1/Documents/standcomm/scnri/Solar-Webinar-2020.pdf>



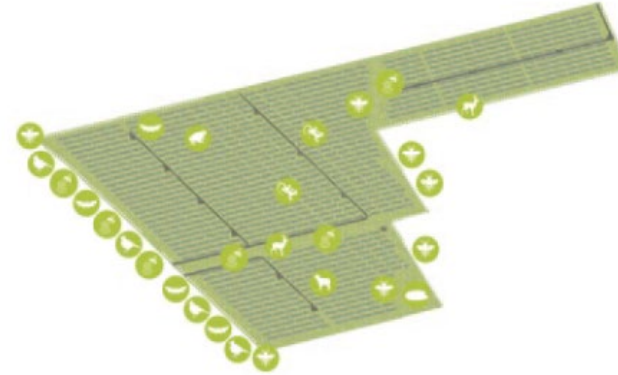
Bneonline, <https://www.youtube.com/watch?v=FuxdbGcY5Pg>

Beispiel für die standortangepasste Gestaltung

Fotos: Lenz C., 2020



Tierhaltung und Biodiversität

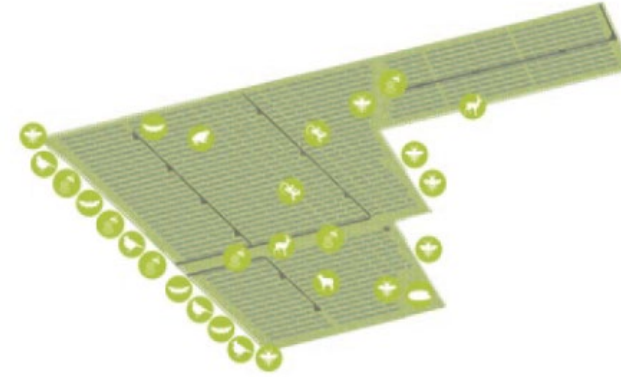


Klein Rheide - Habitat Osterhof – Ökologisches Flächenmanagement

- PV + Biodiversität + extensive Landwirtschaft
- 450 Pflanzenarten
- Wildtiere, Insekten, Amphibien, Fische....Biotop
- Korridore
- Zertifiziert: EG-ÖkoVerordnung 834/2007



Tierhaltung und Biodiversität



Die großen Flächen von Solarparks können einen wichtigen Quelllebensraum für bedrohte Tier- und Pflanzenarten darstellen



Mehrfachnutzungskonzept auf landwirtschaftlichen Flächen

Nachgeführte Solarmodule

Studie: Agri-PV mit Trackern fördert Landwirtschaft und Biodiversität

Die nachgeführten Anlagen erleichtern nicht nur die landwirtschaftliche Bewirtschaftung, sondern können auch die Artenvielfalt fördern.

21.04.2023



Die Simulation zeigt: Zwischen den Modulreihen ist eine landwirtschaftliche Bearbeitung möglich. (Bildquelle: EWS Sonnenfeld)

<https://www.topagrar.com/energie/news/studie-agri-pv-mit-trackern-foerdert-landwirtschaft-und-biodiversitaet-13363188.html>

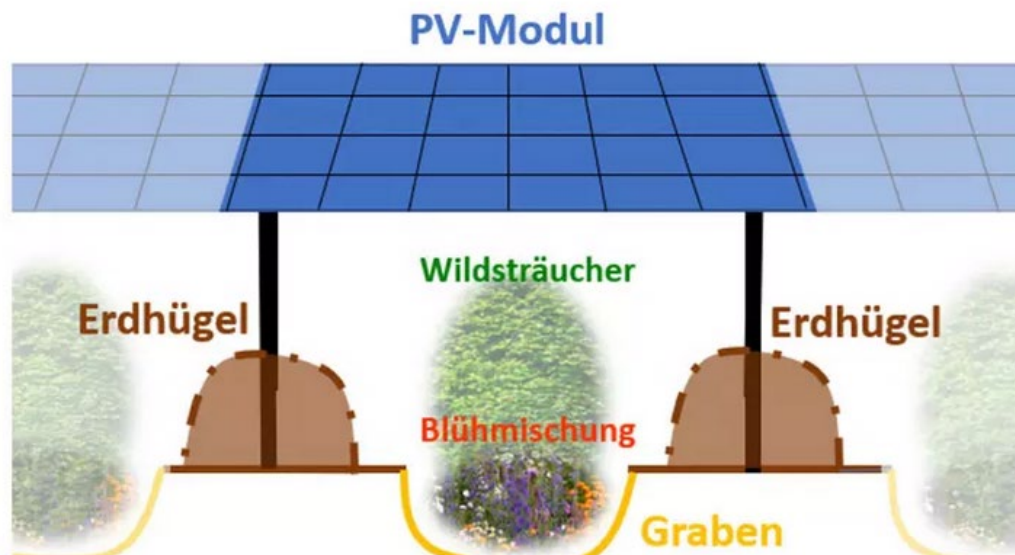
Module auf Blühstreifen

Photovoltaik, Artenschutz und Landwirtschaft auf einer Fläche

Bei dem System „Flower Power“ sollen streifenförmig angelegte Solaranlagen Erosionsschutz bieten, die Artenvielfalt erhöhen und gleichzeitig Strom liefern.

09.09.2020 von  Hinrich Neumann 

FH



So ist der Solarblühstreifen aufgebaut. (Bildquelle: Kormann/Goldbeck Solar)

z.B.

- Anbau **Feldfrüchte**, 40-50m Breite
- Dazwischen: 5m Streifen mit **PV-Modulen**
- Im Schatten der Module **Blühstreifen**, stets **feucht**, nimmt überschüssiges Wasser bei Starkregenereignissen auf
- Heimische Wildkräuter brechen den **Wind** und verlangsamen dadurch das Austrocknen des Ackerbodens.

https://www.solarserver.de/2021/06/01/agri-pv-solares-riesengewachshaus-laesst-beeren-wachsen/?utm_source=newsletter&utm_campaign=newsletter

PV-FFA und Biodiversität

Bayern **will** ökologische Ausgleichsmaßnahmen künftig innerhalb der Photovoltaik-Freiflächenanlagen ermöglichen

Ein **Antrag** der Regierungsfractionen ist im Landwirtschaftsausschuss des bayerischen Landtags **beschlossen** worden. Damit könnten künftig die Vorschriften entfallen, die einen ökologischen Ausgleichsbedarf für die Errichtung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen vorsehen.

2. JULI 2020 SANDRA ENKHARDT



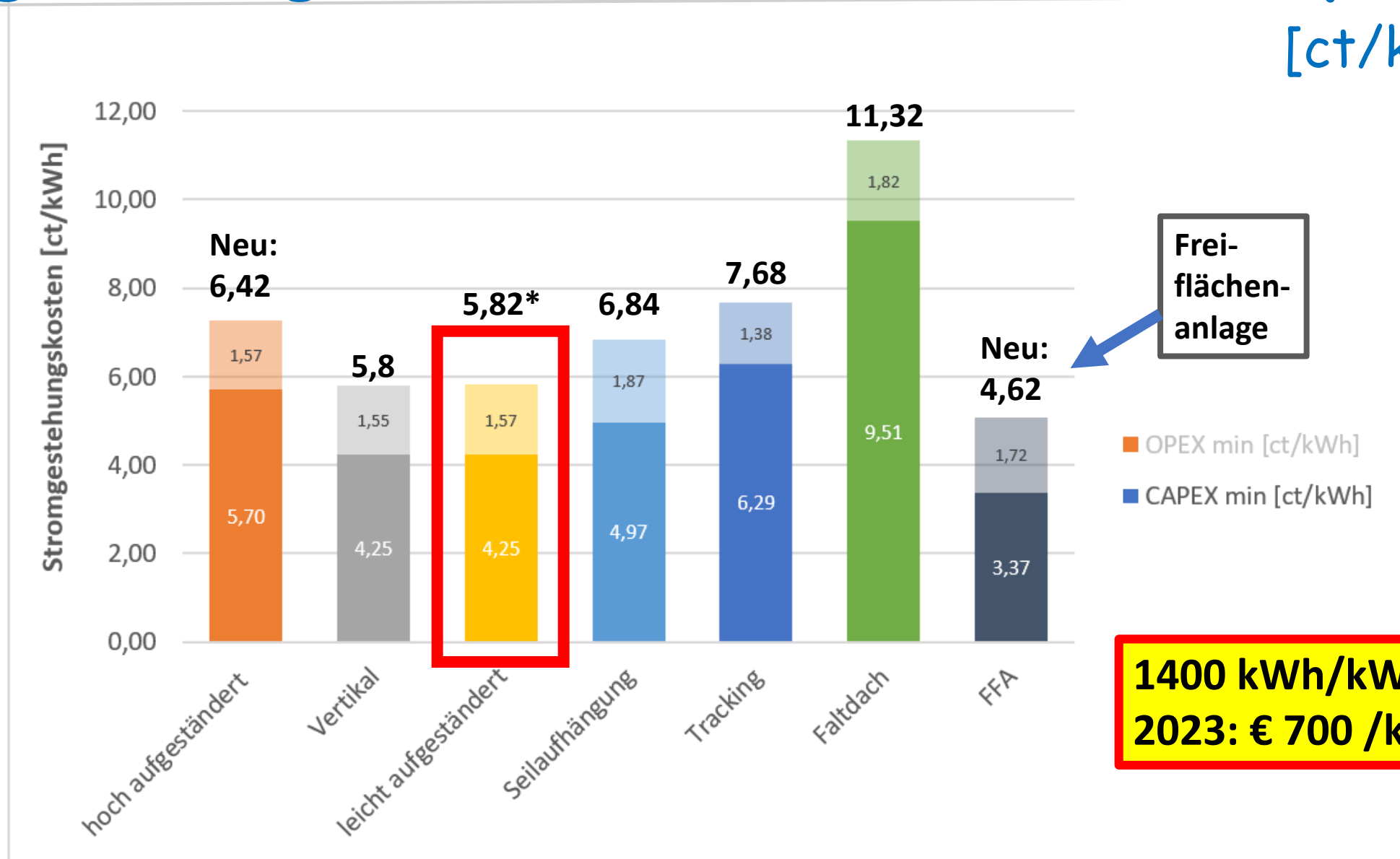
Seltene Pflanzen- und auch Tierarten sind innerhalb vieler Solarparks zu finden. Die Freiflächenanlagen leisten damit einen positiven Beitrag zur Biodiversität, wie auch bereits in Studien nachgewiesen wurde.

Foto: Christina Grätz, nagolare

Wirtschaftlichkeit & Regelungen

Stromgestehungskosten verschiedener APV-Systeme

[ct/kWh]



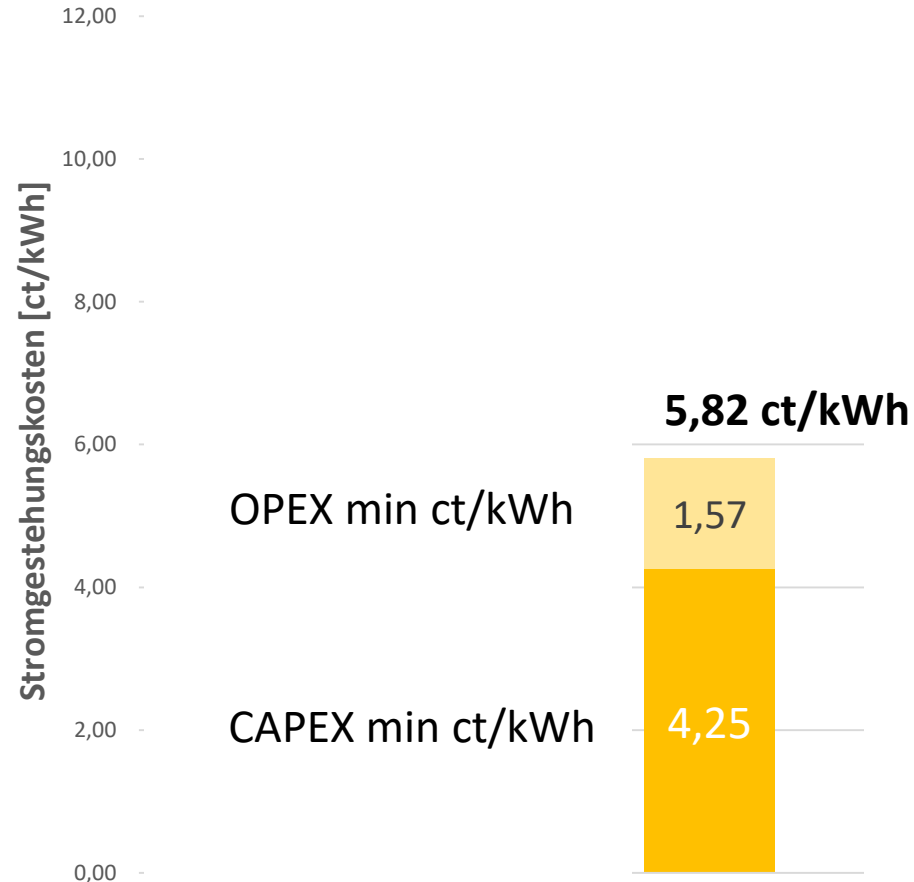
1400 kWh/kWp im Jahr
2023: € 700 /kWp

Vollmer&Wydra 2022

APV-Systeme und PV-FFA auf 1 ha in Cent pro kWh

Schnaiker 2022; Wydra

Stromgestehungskosten leicht aufgeständerter APV-Systeme unter Idealbedingungen* [ct/kWh]



leicht aufgeständert

Überschlagsmäßige Berechnung bei Minimal-Kosten:

1 ha

Leistung: 700 kWp

Investitionskosten: ca. 575.000 €/ha

Jährliche Betriebskosten: 12.000 €/a

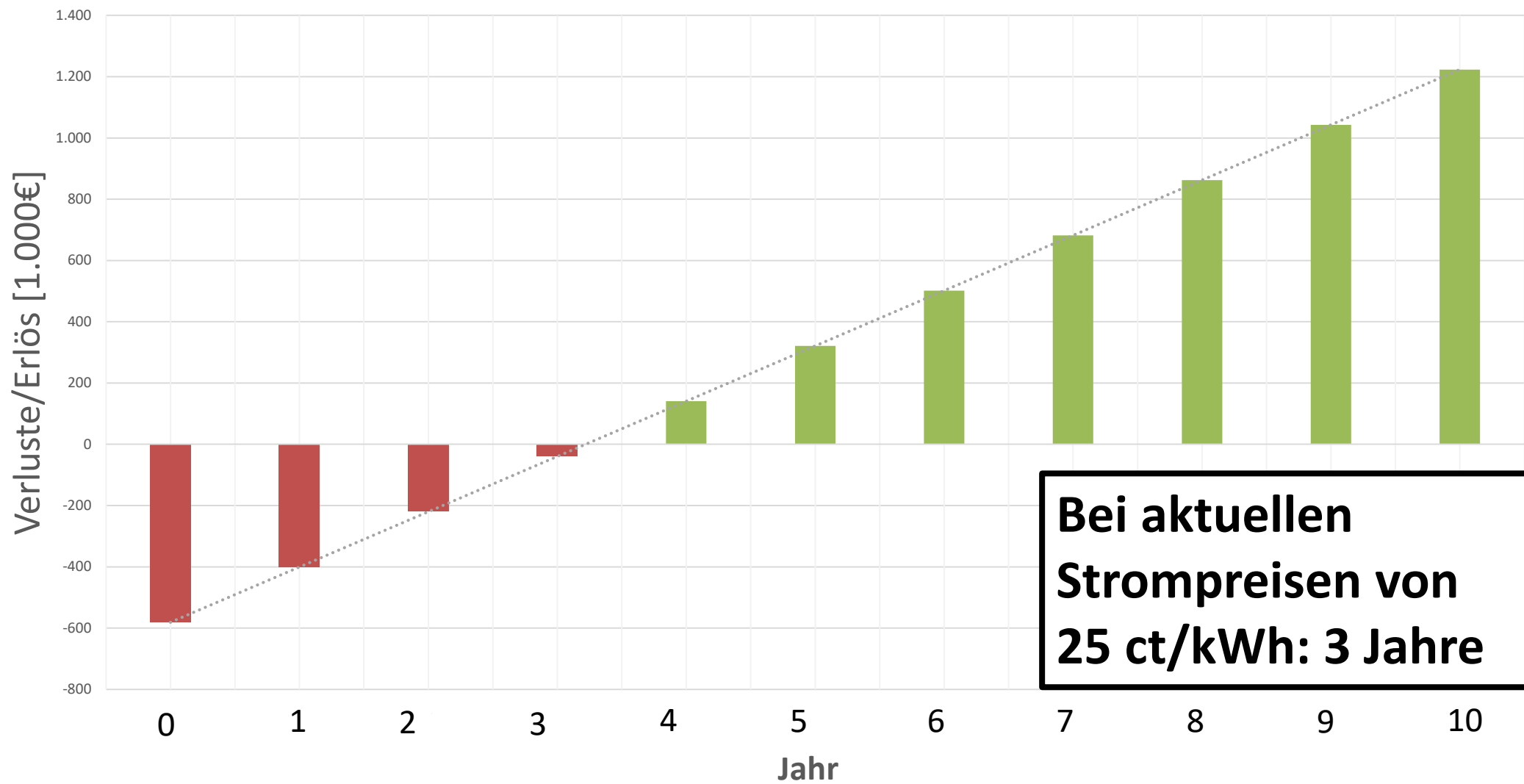
Stromertrag: 770 MWh/a

Ohne Ertrag aus Anbaukultur

* Netzanbindung ca. 2km, ohne Bewässerung, ohne Umzäunung, ohne Flächenpacht, ohne Reinigung, ohne Genehmigungskosten:
Stromgestehungskosten: 5,82 ct/kWh

Amortisationszeit einer modellhaften APV-Anlage (Idealbedingungen)

Bei Eigenverbrauch des Stroms



**Bei aktuellen
Strompreisen von
25 ct/kWh: 3 Jahre**

Einnahmen

Erlös

zB:

1400 kWh/kWp im Jahr

bei 700 kWp/ha

= 980.000 kWh/ha x a

1 Mio kWh/ha x a

x 6ct/kWh

= 60.000 Euro/ha pro Jahr

Eigenverbrauch:

x 15 ct/kWh

= 150.000 Euro/ha pro Jahr

x 25 ct/kWh

= 250.000 Euro/ha pro Jahr

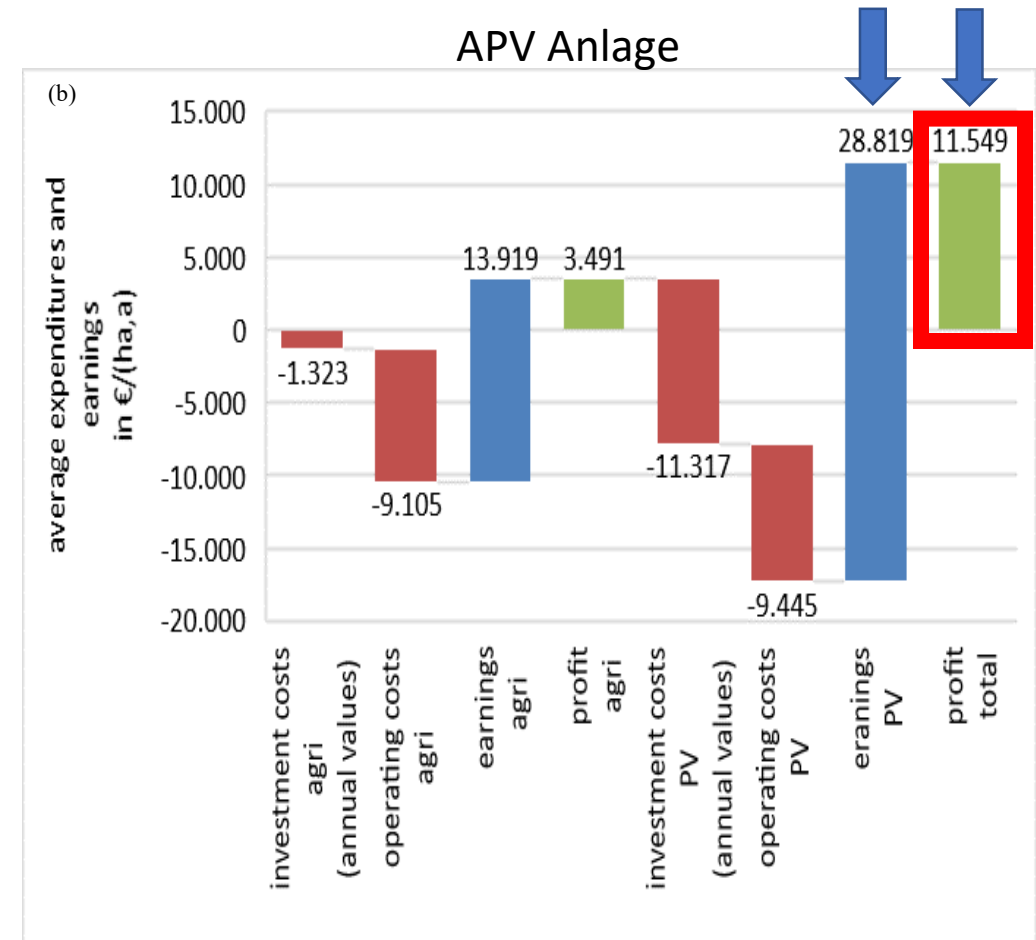
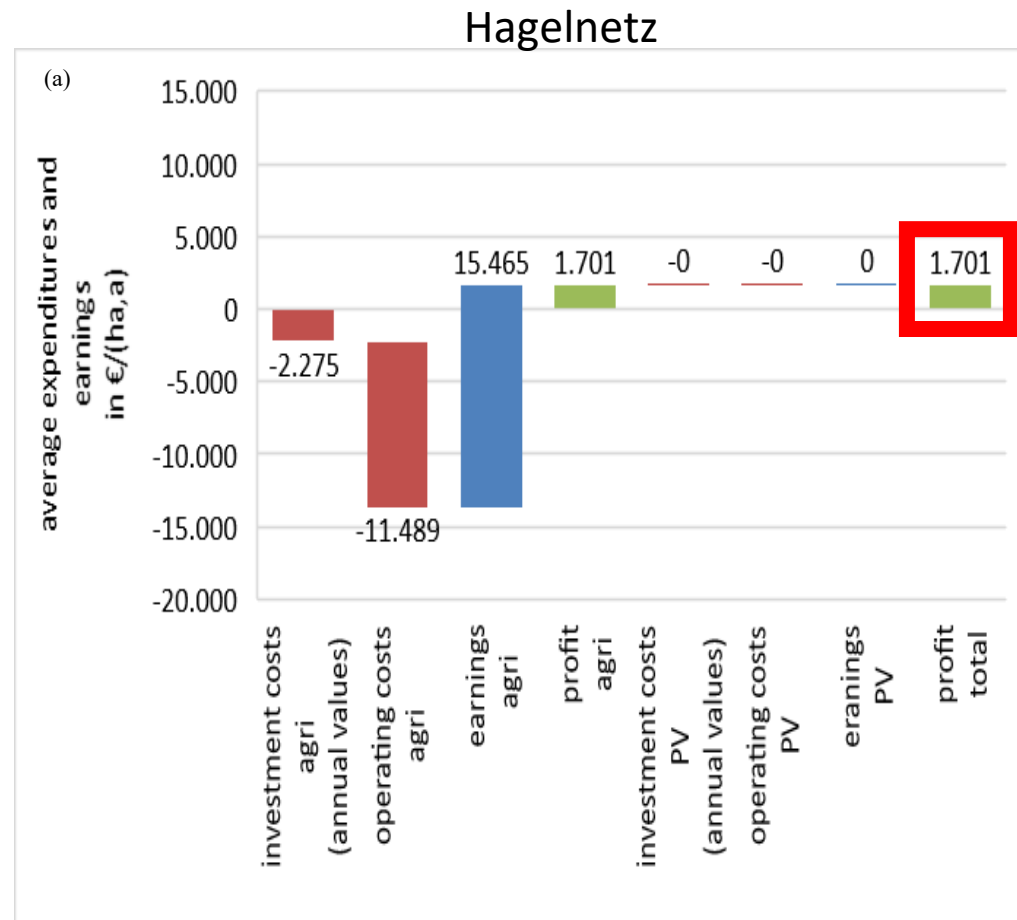
0,5 – 1,7 MWp / ha

ca. 1 GWh/ha x a

= 270-350 Haush.

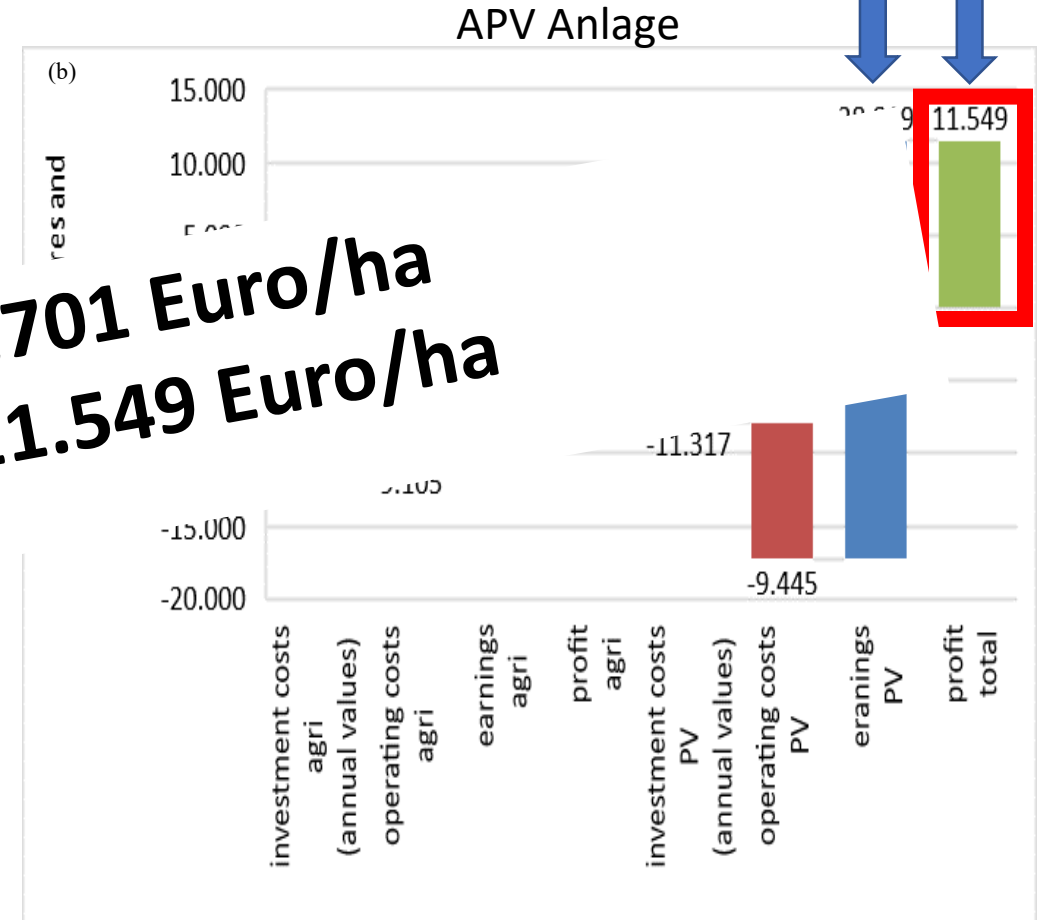
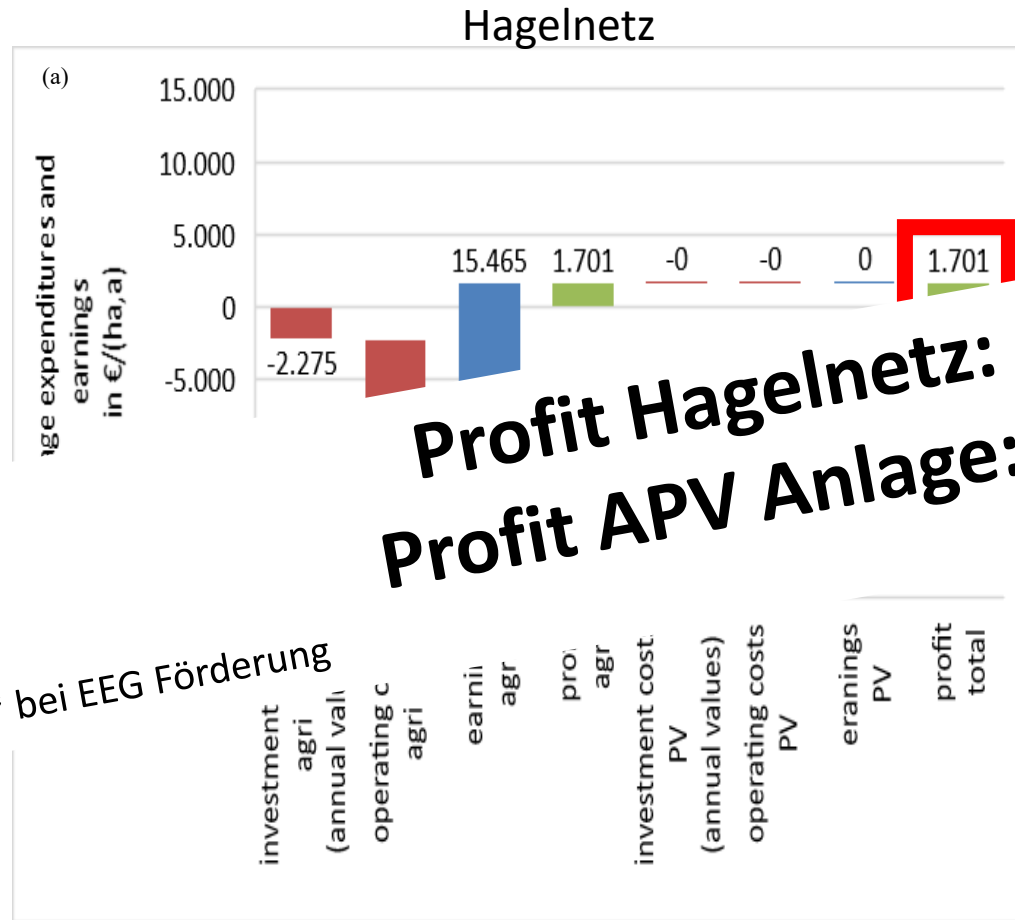
„rentabel bei ‚aktuellen‘ Strompreisen“

Apfelanbau: ökonomischer Vergleich Hagelnetz und APV Anlage



Cashflow jährliche Kosten (rot), Ertrag (blau), Gewinn (grün) über 30 Jahre; mit EEG Förderung

Apfelanbau: ökonomischer Vergleich Hagelnetz und APV Anlage



Profit Hagelnetz: 1.701 Euro/ha
Profit APV Anlage: 11.549 Euro/ha

* bei EEG Förderung

Cashflow jährliche Kosten (rot), Ertrag (blau), Gewinn (grün) über 30 Jahre; mit EEG Förderung

Einnahmesituation der Landwirt*innen

(1) APV

Flächenpacht APV: 3 500 – 4 000 - ...€ pro Jahr/ha.....(Mais, Weizen.....1000-2500 €
oder höher bei Obst, Spargel)

Einspeisevergütung

Selbstinvestition: ca. 8Ct/KWh (Einspeisung und APV-Bonus)

(2) Neue Eco –Scheme-Regelungen:

GLÖZ (guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand):

GLÖZ 8 - Stilllegung von 4 % Ackerfläche – für Biodiversität, Fläche bleibt lw. Nutzfläche
- Bis zu 10% kann stillgelegt werden:

4% = Pflicht, 5. % = 1 300 Euro, 6. % = 500 Euro, 7 -10. % = 300 Euro

GLÖZ 1 - Erhalt des Dauergrünlands

GLÖZ 2 - Schutz von Feuchtgebieten, GLÖZ 5: BodenbearbeitungErosion...

GLÖZ 6 - Keine kahlen Böden über Winter

(3) Direktzahlungsprämie (GAP)

Eckpunktepapier, BMWK, BMUV, BMEL zu Agri-PV/EEG 2023

Eckpunktepapier, BMWK, BMUV, BMEL zu Agri-PV/EEG 2023

- Agri-PV-Anlagen sollen auf allen Ackerflächen grundsätzlich zulässig sein.
- Die Förderung mit **GAP-Mitteln** ist weiterhin möglich: **Verlust lawi Fläche bis zu 15 %, Ertragsverlust** geg. Referenzfläche **bis zu 34%**
- vollständige **Zuordnung zum landwirtschaftlichen Betrieb**: Grundsteuer A, Erbschaftsteuer

• **Einspeisetarife PV** EEG 2023

- bis 10 kW: **12,5 ct/kWh**
- bis 100 kW: **10,3 ct/kWh**
- bis 400 kW: **8,5 ct/kWh**
- bis 1 MW: **7,3 ct/kWh**

- Bonus für APV > **1MW**
lichte Höhe >2,10m

- Einspeisevergütung bei > 1MW über Ausschreibung – **EEG23: 5,9 ct/kWh + Bonus**
- Bonus für FFA auf wiedervernässten **Moorflächen: 0,5ct/kWh**

- Bei **anteiliger Eigenversorgung** und Einspeisung ins **öffentl. Stromnetz**: Marktpreis.....
- PPA: vorher – 5,5 ct/kWh, **JETZT: 11,6 ct/kWh**

Solarpaket I

Habeck: „Mehr Tempo und weniger Bürokratie beim Solarausbau“ - Solarpaket steckt Kurs ab für Verdreifachung des Zubautempos



Solarpaket I

1./2. Flächenkulisse

- **benachteiligte** Gebiete (Lawi) grundsätzlich für Förderung klassischer PV-FFA geöffnet
- **Zubau** von PV auf lawi Flächen: max 80 GW bis 2030, 177,5 GW bis 2040
- **Mindestöffnung: 1% der lawi Flächen eines Landes bis 31.12.2030, danach 1,5%**

3. Erhöhte Förderung besonderer Solaranlagen

- eigenes Segment für hoch aufgeständerte + weitere sogenannte »**besondere Solaranlagen**«
 - **Agri-PV**: mind. 2,10m hoch aufgeständert (Acker, Sonderkulturen, Grünland m.E.),
 - + **extensiver Agri-PV**: mind. 2,10m (PV + nachh. Lawi ohne Herbizide, weniger Dünger, Blühstreifen/ Altgrasstreifen, Artenvielfalt): **0,3 ct/kWh**
 - **Floating-PV** (auf Binnengewässern, z. B. Baggerseen)
 - **Moor-PV**
 - **PV über Parkplätzen**

Technologie-Bonus: **2024: 2,5 ct/kWh**, danach: Anpassung....

Höchstwert in den Ausschreibungen beträgt **9,5 ct/kWh**.

Solarpaket I

4. Anstieg Ausschreibungsmengen des Segments

- v. 500 MWp auf bis zu 3.000 MWp /Jahr

5. Einführung von Biodiversitäts-PV im EEG

- Erhalt und Ausbau der Biodiversität
- Biodiv-Bonus, Festlegung bis 31.3.2024

6. Privilegierung Agri-PV

- bis 2,5ha ist baurechtlich privilegiert, im Bundesrat beschlossen (Juni 2023)
- **ohne B-Plan**, mit räumlich-funktionalem Zusammenhang zu lawi/gb/fowi Betrieb

Checkliste

Erste Schritte zu Agri-Photovoltaik: Baurechtlich künftig privilegiert



© Karl Bockholt 85 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche unter einer Agri-PV-Anlage sind förderfähig, solange Bearbeiten und Beerntung etwa von Getreide weiter möglich ist und die nutzbare Fläche um maximal 15 Prozent verringert wird. Agri-PV-Anlagen bis 2,5 ha sind baurechtlich künftig privilegiert.

Solarpaket I

4. Anstieg Ausschreibungsmengen des Segments

- v. 500 MWp auf bis zu 3.000 MWp /Jahr

5. Einführung von Biodiversitäts-PV im EEG

- Erhalt und Ausbau der Biodiversität
- Biodiv-Bonus, Festlegung bis 31.3.2024

6. Privilegierung Agri-PV

- bis 2,5ha ist baurechtlich privilegiert, im Bundesrat beschlossen (Juni 2023)
- **ohne B-Plan**, mit räumlich-funktionalem Zusammenhang zu lawi/gb/fowi Betrieb

7. APV auf Grünland und auf wiedervernässten Moorböden (ab Juli 2023)

8. Beschleunigung von Netzanschlüssen

- Recht zur Verlegung von Anschlussleitungen für EE

Eckpunktepapier, BMWK, BMUV, BMEL zu Agri-PV/EEG 2023 + Solarpaket I

- Agri-PV-Anlagen sollen auf allen Ackerflächen grundsätzlich zulässig sein.
- Die Förderung mit **GAP-Mitteln** ist weiterhin möglich: **Verlust lawi Fläche bis zu 15 %**, **Ertragsverlust** geg. Referenzfläche **bis zu 33%**
- vollständige **Zuordnung zum landwirtschaftlichen Betrieb**: Grundsteuer A, Erbschaftsteuer

• **Einspeisetarife PV** EEG 2023

- bis 10 kW: **12,5 ct/kWh**
- bis 100 kW: **10,3 ct/kWh**
- bis 400 kW: **8,5 ct/kWh**
- bis 1 MW: **7,3 ct/kWh**

- Bonus für APV > 1MW
lichte Höhe >2,10m

2024: 2,5 ct/kWh
danach Anpassung
Höchstwert:
9,5 ct/kWh

- Einspeisevergütung bei > 1MW über Ausschreibung – **EEG23: 5,9 ct/kWh + Bonus**
- Bonus für FFA auf wiedervernässten **Moorflächen: 0,5ct/kWh**

- Bonus für **extensive APV: 0,3ct/kWh**
- Bonus für **Biodiv-PV** (geplant)

- Bei **anteiliger Eigenversorgung** und Einspeisung ins **öffentl. Stromnetz**: Marktpreis.....
- PPA: vorher – 5,5 ct/kWh, JETZT: 11,6 ct/kWh **GLÖZ; 4-10% Stilllegungsflächen**

Genehmigung nach ‚Privilegierung in der Landwirtschaft‘

"§ 35 Abs. 1 BauGB:

- einem **land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb dient** und nur einen untergeordneten Teil der Betriebsfläche einnimmt (Nr. 1)
- einem Betrieb der **gartenbaulichen** Erzeugung dient (Nr. 2)
- der öffentlichen Versorgung mit Elektrizität dient (Nr. 3)

Dies bedeutet, dass Kommunen ohne B-Plan genehmigen können – wenn nicht wegen ‚öffentlicher Belange‘ eine andere Behörde einschreitet, zumeist aus Unwissen über die allseitigen Vorteile der APV (!).

Genehmigung...B-Plan??

APV-Anlage (links), Hagelschutzfolie (Mitte) Hagelschutznetz (rechts)



Genehmigung...B-Plan??

Land-
schafts-
ästhetik...



Spargelfolien,
Mecklenburg-
Vorpommern

Landschaftsästhetik unserer Energieversorgung



Nahrungsmittel?
Biodiversität?

....179.400 ha

Braunkohletagebau
Lützerath

Sozioökonomische Aspekte

Vorteile für Kommunen und Bürger*innen

Gewerbesteuer

- 90% der Gewerbesteuereinnahmen bleiben in der Gemeinde (Sitz der Betreibergesellschaft)

Gemeindebeteiligung

- Gemäß §6 EEG ist finanzielle Beteiligung bis zu 0,2ct pro kWh der Gemeinde zulässig

Unterstützung regionaler Akteur*innen

- Landwirt*innen, Flächeneigentümer*innen, BEG,Bürgerstromtarif....

Mehrwert für Natur & Region

- Blüh- und Schutzstreifen für seltene Pflanzen, Lebensraum für Insekten, Vögel, Wild..., Erosionsschutz, Wassermanagement

Fazit...



Weiterbildung
Beratung

- Beurteilung auf Basis wissenschaftlicher Grundlagen
 - **Positiv** für Agri-PV und Biodiversität in FFA
- Priorisierung auf Dach- Konversionsflächen etc. nicht ausreichend für Ausbauziele 2030
- Grundsätzlich ist jede landwirtschaftliche Fläche geeignet
- **Forderung: Standardisierte** Anforderungen (Umwelt-Leitlinien für Planung, Bau, Betrieb, Rückbau), incl. Biodiversitätsmaßnahmen;
Privilegierung der APV: der Landwirtschaft ,dienend‘
- **Gutachten/Monitoring nur in begr. Ausnahmefällen**
- Vereinfachte, beschleunigte **Genehmigungsverfahren** für APV und FFA
- Sofortiger, massiver **Netzausbau**
- Vereinfachte **Partizipation** ...

Fazit...

- Beurteilung auf Basis wissenschaftlicher Grundlagen
 - **Positiv** für Agri-PV und Biodiversität in FFA
- Priorisierung auf Dach- Konversionsflächen etc. nicht ausreichend für Ausbauziele 2030
- Grundsätzlich ist jede landwirtschaftliche Fläche geeignet
- **Forderung: Standardisierte** Anforderungen (Umwelt-Leitlinien für Planung, Bau, Betrieb, Rückbau), incl. Biodiversitätsmaßnahmen;
Privilegierung der APV: der Landwirtschaft ,dienend‘
- **Gutachten/Monitoring nur in begr. Ausnahmefällen**
- Vereinfachte, beschleunigte **Genehmigungsverfahren**
- Sofortiger, massiver **Netzausbau**
- Vereinfachte **Partizipation ...**



**Weiterbildung
Beratung**

Ausreichend:
**APV: DinSpec + Anbau-
Konzept**
FFA: Biodiv-Konzept



Vielen Dank!

Studie: Potential der Agri-Photovoltaik in Thüringen

- Politisches Umfeld
- Stand der Technik
- Naturverträglichkeit
- Anbauoptionen
- Rechtliche Rahmenbedingungen
- Wirtschaftlichkeit
- Handlungsempfehlungen an Politik

gefördert durch:



[SolarInput – Solar Energie weiter Denken](https://solarinput.de)

<https://solarinput.de>

Eigene Arbeiten

APV Studie Wydra et al. 2022: <https://www.fh-erfurt.de/fileadmin/Dokumente/Personen/LGF/Wydra/APV-Studie.pdf>

Wydra et al. 2023. Agrivoltaic – Solar Radiation for Clean Energy and Sustainable Agriculture with Positive Impact on Nature. <https://www.intechopen.com/online-first/87330>

APV Vortrag, Video, 1.6.2023, Brandenburg. <https://powershift-brandenburg.de/agri-photovoltaik/> oder <https://www.youtube.com/watch?v=loEVMcfED-o>

APV Vortrag, Video, 15.9.2023, Kiel. <https://www.youtube.com/watch?v=Hwmyw1fjlt4>

Busch C, Wydra K 2023. Life cycle assessment of an agrivoltaic system with conventional potato production. Journal of Renewable and Sustainable Energy 15, 043501. <https://doi.org/10.1063/5.0156779>

Trommsdorff, M, Hopf, M, Hörnle, O, Berwind, M, Schindele, S, Wydra, K 2023. Can synergies in agriculture through an integration of solar energy reduce the cost of agrivoltaics? An economic analysis in apple farming. Applied Energy 350, 121619. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121619>

Gessert, S 2023. Ökologische Flächenaufwertung im Einvernehmen mit nachhaltiger Stromproduktion durch Photovoltaik-Freiflächenanlagen. MA-Arbeit, FH Erfurt. 100 S.

Vollmer, V 2022. Agri-Photovoltaik - aktueller Forschungs- und Technikstand, sowie fallspezifische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. MA-Arbeit, FH Erfurt. 100 S. https://www.fh-erfurt.de/fileadmin/Dokumente/Personen/LGF/Wydra/MA_Thesis_Vera_Vollmer.pdf

Hoffmann, LB 2023. Eine Untersuchung von Paludikultur und einer möglichen Verbindung mit Agri-Photovoltaik sowie der damit verbundenen Verwertungs- bzw. Wertschöpfungskette. BA-Arbeit, FH Erfurt. 68 S.

Nguyen, TQ 2022. Agri-Photovoltaikanlagen als neues Kulturlandschaftselement - Ermittlung der Auswirkungen einer Modellanlage auf das Schutzgut Landschaftsbild mittels Visualisierungen sowie Vorschläge für eine optimierte Planung und Integration. BA-Arbeit, FH Erfurt. 68 S. https://www.fh-erfurt.de/fileadmin/Dokumente/Personen/LGF/Wydra/BA-Thesis_Thieu_Quang_Nguyen.pdf

Literatur und Studien

TFZ (Technologie und Förderzentrum Straubing), Okt. 2023. **Agri-Photovoltaik Leitfaden. Planung und Genehmigung.**

https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/231005_p_tfz_leitfaden_agri-pv.pdf und
https://www.tfz.bayern.de/tfz_bericht_73_agri-pv

Schindele 2021a **Feldfrüchte und Strom von Agrarflächen: Was ist Agri-Photovoltaik und was kann sie leisten?**

<https://www.ingentaconnect.com/contentone/oekom/gaia/2021/00000030/00000002/art00007?crawler=true&mimetype=application/pdf>

APV im Obstbau:

<https://www.gb-profi.de/nachricht-gemuese/detail/baywa-re-stellt-erste-fruitvoltaic-anlage-fuer-johannisbeeren-fertig/>
<https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/apv-obstbau.html>

Schindele 2021b **Nachhaltige Landnutzung mit Agri-Photovoltaik: Photovoltaikausbau im Einklang mit der Lebensmittelproduktion.** https://www.oekom.de/files/media/zeitschriften/artikel/GAIA_2021_02_96.pdf

<https://www.umwelt.uni-hannover.de/de/forschungsprojekte/forschungsprojekt-detailansicht/projects/integration-von-solarenergie-in-die-niedersaechsische-energielandschaft-inside/>

DIN SPEC für APV:

<https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91434/337886742>

Agrivoltaics conference, 2021, 2022, 2023

<https://www.agrivoltaics-conference.org/home>

Websites und Veröffentlichungen zu Biodiversität und Biodiversitätsmaßnahmen in PV-Anlagen

NABU. https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/solarenergie/210505-nabu-bsw-kriterien_fuer_naturvertraegliche_solarparks.pdf

TH Bingen. https://www.th-bingen.de/fileadmin/projekte/Solarparks_Biodiversitaet/Leitfaden_Massnahmensteckbriefe.pdf

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

EULE. <https://eule-energiewende.de/> und <https://eule-energiewende.de/infothek/>
„Evaluierungssystem für eine umweltfreundliche und landschaftsverträgliche Energiewende“

Jagdverband S-H. <https://ljev-sh.de/wp-content/uploads/Solarbroschuere-Landesjagdverband-Schleswig-Holstein.pdf>

und in Bearbeitung: Veröffentlichung der Meta-Analyse der Biodiv-PV Literatur von 2013-2023 und der empfohlenen und wissenschaftlich belegten Maßnahmen, Gessert, Brunzel, Wydra (Masterarbeit Gessert, FH Erfurt)

Beratung zu APV in Bayern:



<https://www.landschafttnergie.bayern/beratung/sonnenenergie/agri-photovoltaik/>

Beratung zu APV in Bayern:

Sie können sich mit Ihren Fragen rund um die Flächenauswahl, den geeigneten Anlagentyp und die Errichtung einer Agri-PV-Anlage an uns wenden. Neben den baurechtlichen Vorgaben und Fragen zu förderpolitischen Rahmenbedingung nach dem EEG unterstützen wir ebenfalls bei technischen Fragestellungen.

- Welche Flächenkulisse eignet sich für die Agri-PV?
- Welcher Anlagentyp ist der richtige für meinen landwirtschaftlichen Betrieb?
- Mit welcher EEG-Vergütung ist zu rechnen?
- Welche baurechtlichen Vorgaben müssen beachtet werden?
- Wie kann meine Anlage ins Stromnetz einspeisen?



Ihr Kontakt



Gawan Heintze

Experte für Energiepflanzen, Agri-PV und Floating-PV

☎ 09421 300-276

✉ [E-Mail](#)



Daniel Eisel

Experte für Energiemanagement, Effizienz

Experte für
Energiemanagement,
Effizienz, Agri-PV und
Floating-PV
09421 300-275

Flächenbedarf

Stromerzeugung auf der Fläche: Vergleich Energiepflanzen / APV

Stromerzeugung (Nennleistung Energie)

1 ha Silomais
1 ha APV

0,19 MWp/ha
0,700 MWp

Wirkungsgrad (Strahlung): 0,2%
16-18 %

Faktor 32

Biokraftstoffen

1 ha Raps
1 ha APV

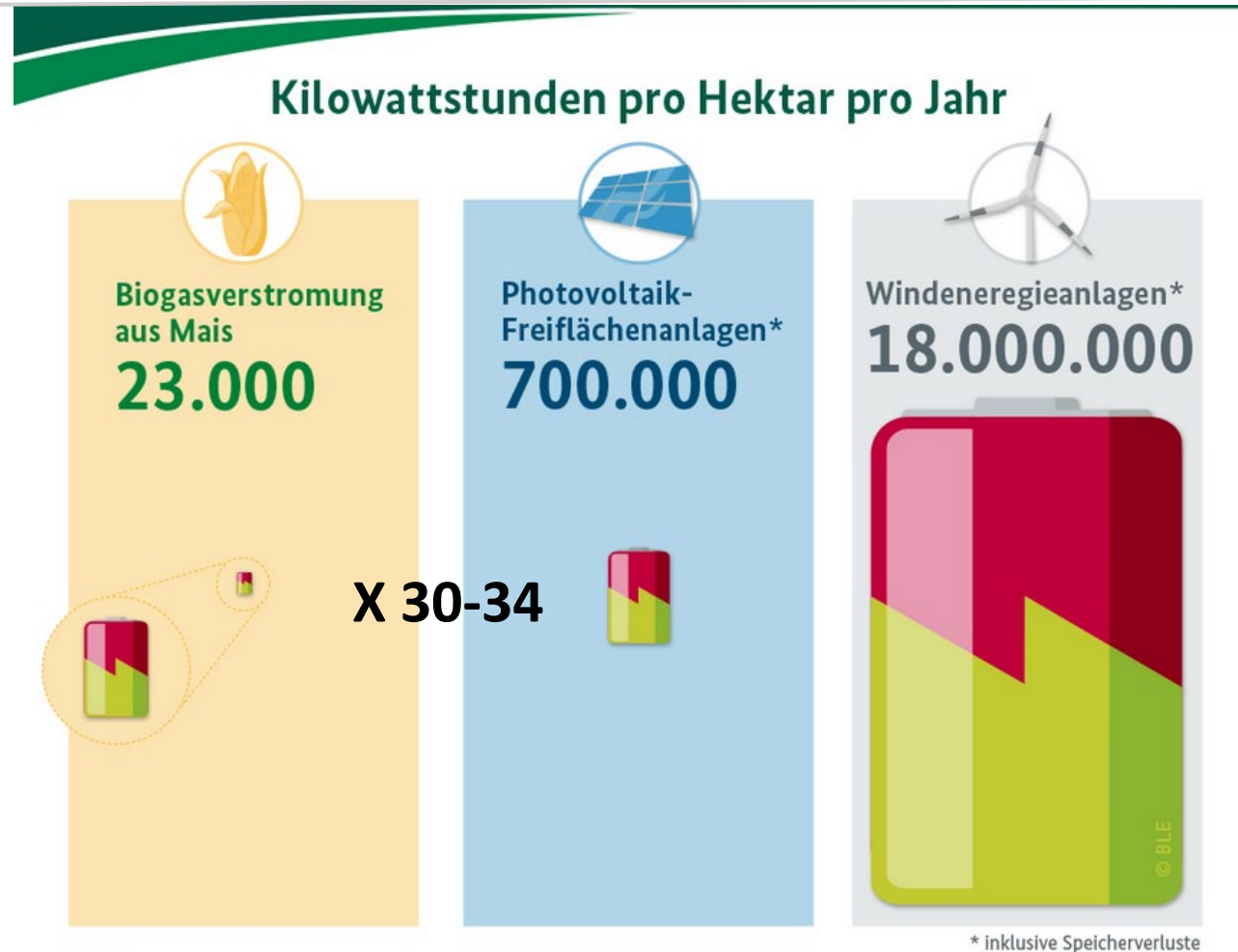
PKW (Diesel-Motor, 5,5 l Biodiesel/100 km)
E-Auto

32.000 km
3.750.000 km

Faktor 116

(FNR, 2020
Fraunhofer ISE 2021)

Stromerzeugung auf der Fläche: Vergleich Energiepflanzen / APV



Biokraftstoff/ha: Raps x 116 APV

Flächenbedarf APV in D

Ausbauziel PV in D 2030: 215 GW

Ausbauziel PV in D 2040: max 500 GW = aktuell 70 GW
+ 50% Dach/Parkplatz etc (215 GW)
+ 50% FFA-PV (215 GW)

als rein APV: ca. 350.000 ha = 2% der LNF

....(1% der LNF)

Heimsath,
Fraunhofer ISE

Energiepflanzen in D: 2,2-2,5 Mio ha..... Biokraftstoff: 740.000 ha

Braunkohletagebau in D: 179.400 ha

(= 3x Bodensee)

Flächenbedarf (A)PV in D

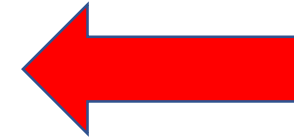
FFA = konventionelle Freiflächenanlage

Geplant: FFA-PV: ...11 GW/Jahr

= **0,6%** der Fläche der Energiepflanzen (14.000 ha)

Mit FFA-PV auf der Fläche des Biokraftstoff-Anbaus:

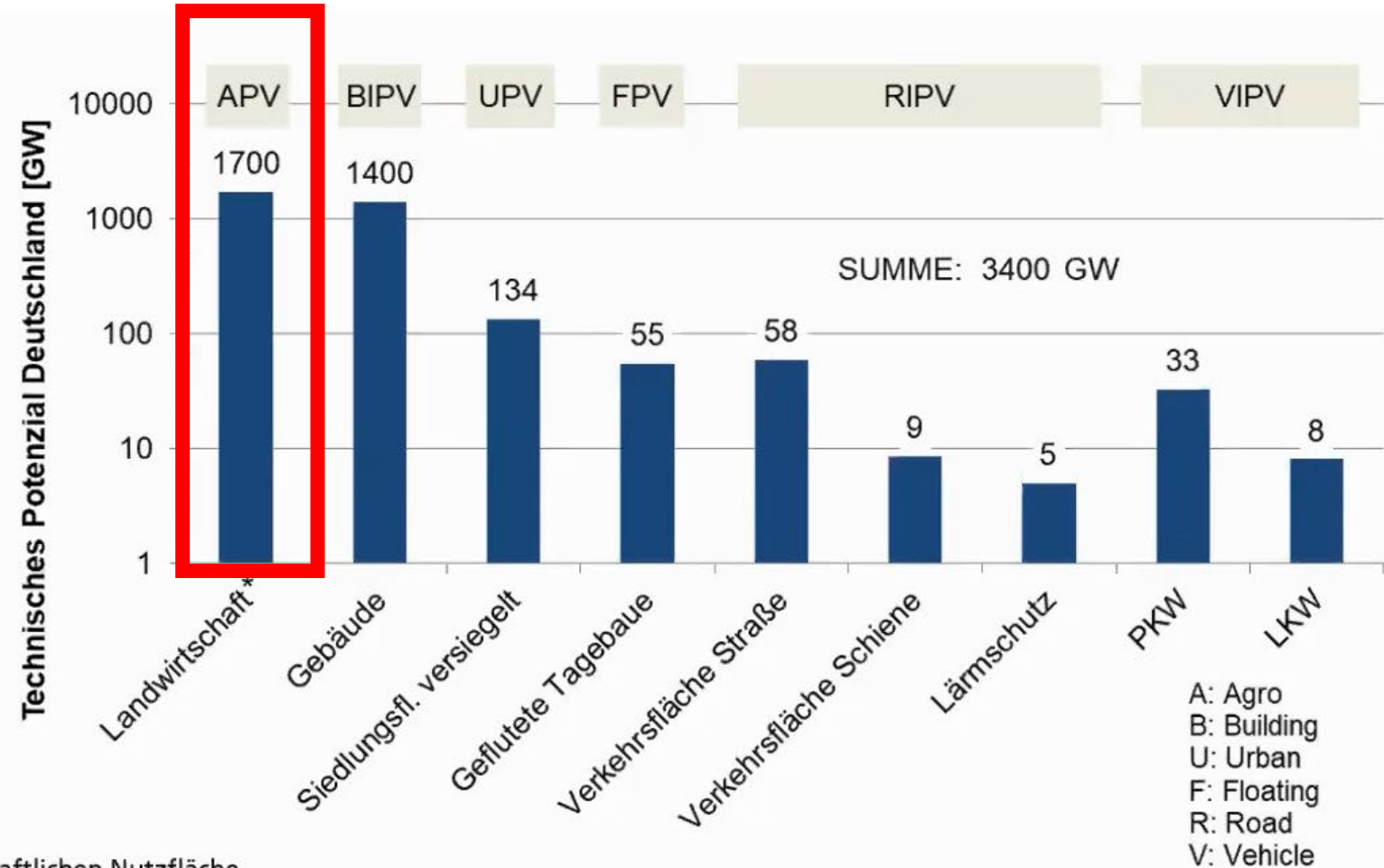
**mit FFA: 590 GWp (TWh)
= Stromverbrauch D 2022**



Potential Agri-Photovoltaik in Deutschland

Technisches Potential:

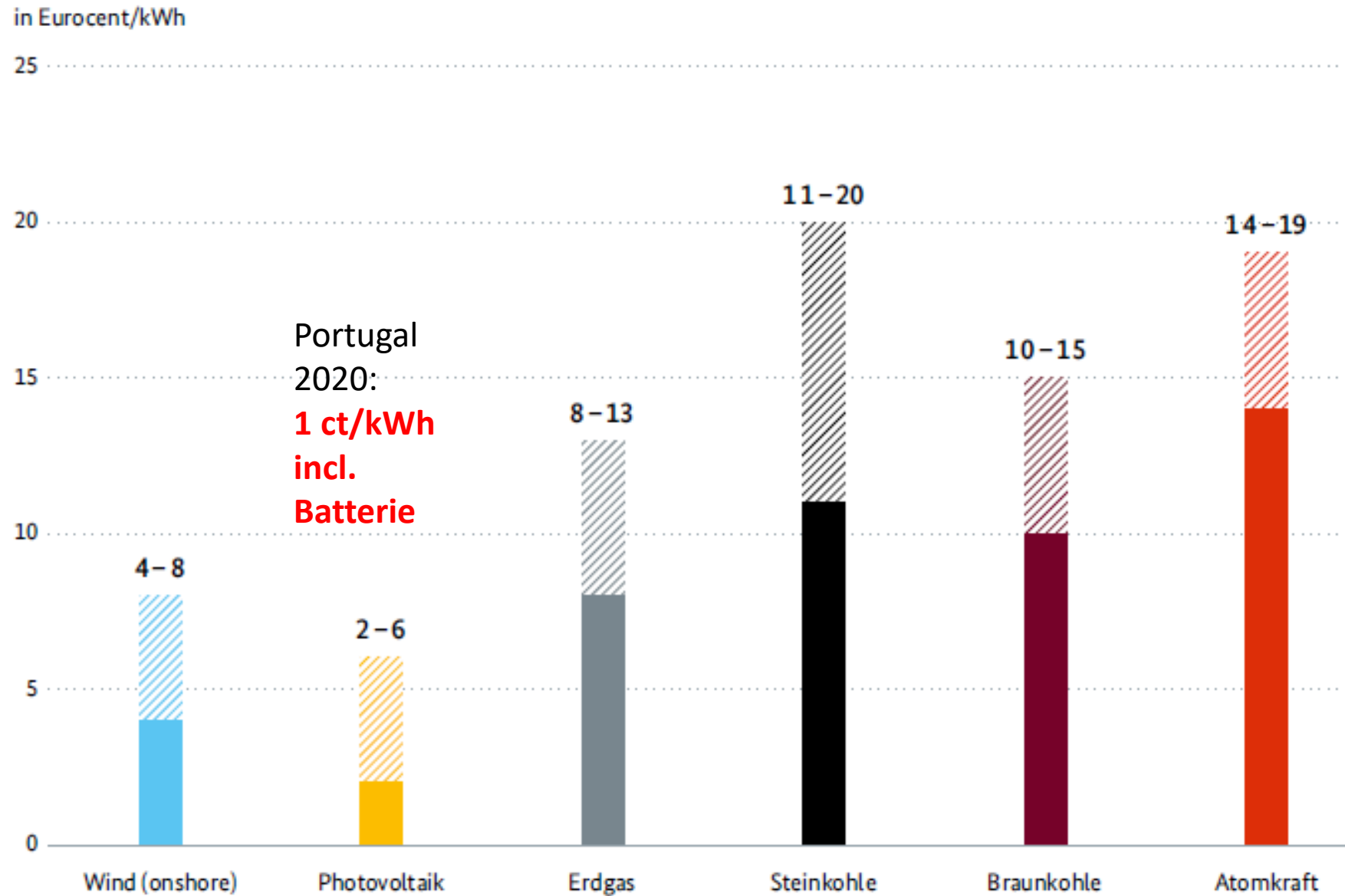
Berücksichtigung technischer, infrastruktureller und ökologischer Einschränkungen



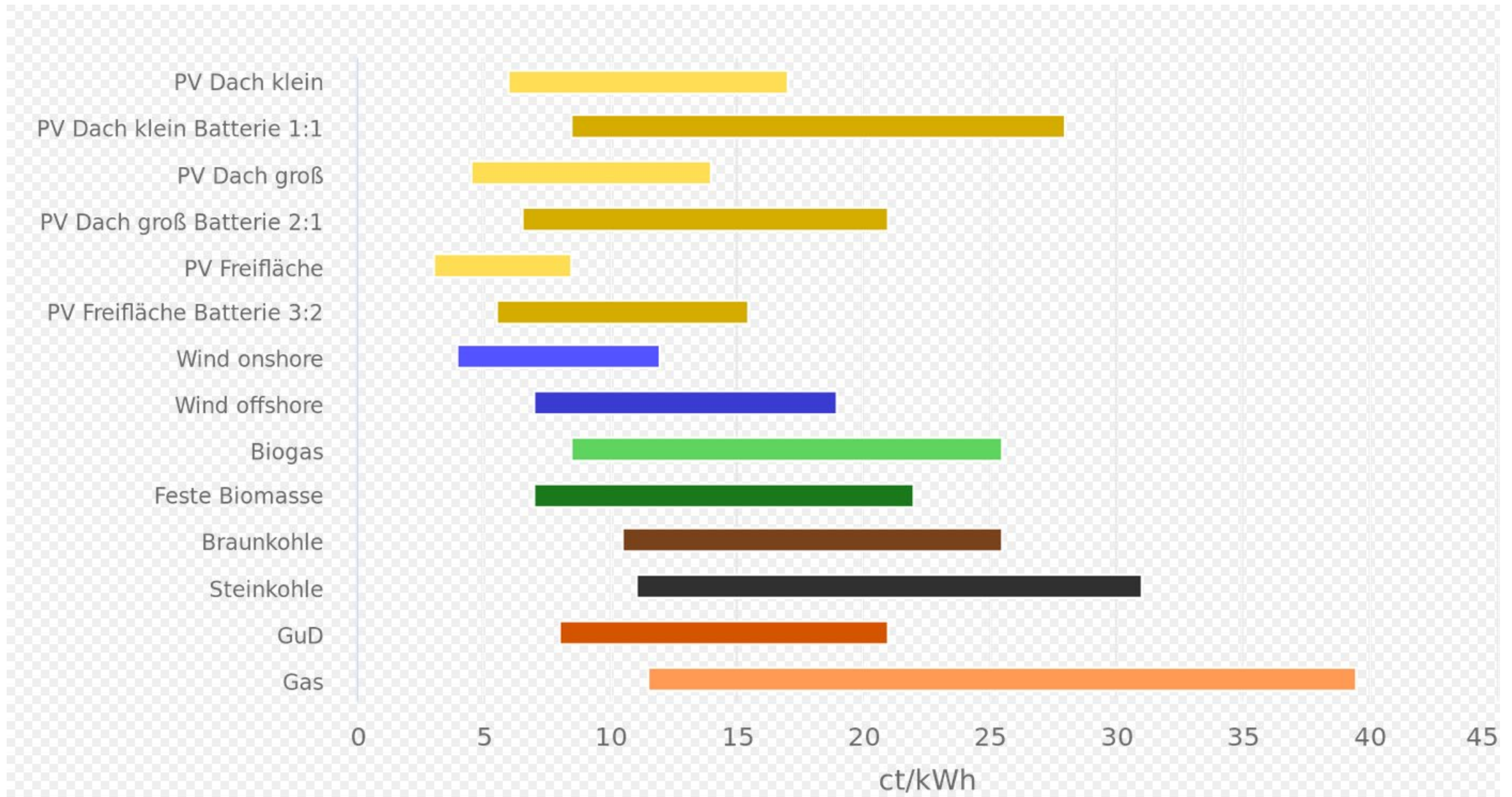
*Entspricht ca. 17 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland

Wirtschaftlichkeit

Kosten der Stromerzeugung in EU mit neuen Großkraftwerken



Stromgestehungskosten in D (2021)



GuD: Gas+Dampf

Fraunhofer ISE

Fraunhofer ISE: Photovoltaik hat die niedrigsten Stromgestehungskosten in Deutschland

Der neuen Studie zu den Stromgestehungskosten des Freiburger Instituts zufolge kommen Photovoltaik-Anlagen auf Werte zwischen 3.71 und 11.54 Eurocent pro Kilowattstunde. Für die Zukunft sehen die Wissenschaftler weiterhin großes Kostensenkungspotenzial.

20. MÄRZ 2018 DANIEL SEEGER

<https://www.pv-magazine.de/2018/03/20/fraunhofer-ise-photovoltaik-hat-niedrigsten-stromgestehungskosten-in-deutschland/>



Photovoltaik-Freiflächenanlagen sind teilweise schon heute wirtschaftlicher als Braunkohlekraftwerke

Foto: Fotolia/Reinhard Tiburzy

Stromgestehungskosten, Stromerzeugung, CO₂: APV-System 2. Generation (bis 66% weniger Stahl)

- **6.42 ct/kWh**

1. Gen.: 8.29 ct/kWh (Schindele et al. 2020)

- **€ 1003.31 /kWp**

1. Gen.: € 1294.20 /kWp

- Jährl. Stromerzeugung: **1400 kWh/kWp**

- **977.2 kg CO₂ eq/kWp**

(bamboo design)

1. Gen.: 1279 kgCO₂eq/kWp

Kostenvergleich von APV Systemen bezogen auf Fläche (ha)

	1	2	3	4	5	6	7
Leistung [kWp/ha]	<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>0,5 – 1,7 MWp / ha</p> <p>ca. 1 GWh/ha x a</p> <p>= 270-350 Haush.</p> </div>						
Ertrag [MWh/ha]							
Stromgestehungskosten [ct/kWh]	7,27	5,87	5,82	6,84	7,67	11,33	5,09
Investitionskosten [€/ha]	659.571	327.568	573.500	426.271	1.268.125	837.021	649.286
Betriebskosten [€/a]	10.344	6.810	12.068	9.137	15.873	9.137	18.920

Erlös

zB:
1400 kWh/kWp im Jahr

bei 700 kWp/ha
= 980.000 kWh/ha x a

1 Mio kWh/ha x a
x 6ct/kWh
= 60.000 Euro/ha pro Jahr

Eigenverbrauch:
x 15 ct/kWh
= 150.000 Euro/ha pro Jahr

x 25 ct/kWh
= 250.000 Euro/ha pro Jahr

Parameter der beispielhaften APV-Anlage auf einem Hektar Fläche

1. PV-Anlagendimensionierung		
Anlagenleistung	700	kWp
Ertrag	770.000	kWh/a
spezifische Stromerzeugung	1.100	kWh/kWp
prozentualer Anteil Netzeinspeisung	0	%
prozentualer Anteil Eigenverbrauch	100	%
Anlagenfläche	10.000	m ²
Anlagenfläche [ha]	1	ha
2. Investitionskosten		
spezifische Investitionskosten	819	€/kWp
Investitionssumme	573.500	€
Kalkulationszins	5	%
Preissteigerung / Jahr	2	%
korrigierter Zinsfaktor	0,02941	%
Annuitätenfaktor	0,05705	%/a
Nutzungsdauer	25	a
Annuität & Kapitaldienst	32.719,39	€/a
3. Erlöse		
Aktueller Strompreis Netto (gewerblich)	15,00	ct/kWh
Kosteneinsparung Eigenverbrauch	T €/a	115,50
Summe Erlöse	T€/a	115,50

Berechnung leicht-aufgeständerte APV-Anlage	Einheit	
Investition		
Investitionskosten gesamt	T€	574
Tilgungs-/Abschreibungsdauer	a	25
Kalkulationszins	%/a	5
Preissteigerungsrate	%/a	2
Annuitätenfaktor		0,0571
jährlicher Kapitaldienst	T€/a	32,72
technische Daten der Anlage		
Anlagenleistung	kWp	700
spezifische Stromerzeugung pro Jahr	kWh/kWp	1.100
absolute Stromerzeugung pro Jahr	MWh/a	770
prozentualer Anteil Netzeinspeisung	%	0
Netzeinspeisung	MWh/a	0
prozentualer Anteil Eigenverbrauch	%	100
Eigenverbrauch	MWh/a	770
Betriebskosten		
Versicherungen	T€/a	1,40
Wartung, Reparaturen	T€/a	1,19
kaufmännische Betriebsführung	T€/a	3,85
Reserve	T€/a	0,70
Sicherheitsüberwachung	T€/a	1,008
Monitoring	T €/a	1,68
Instandhaltung, Flächenpflege	T €/a	0,056
Inflation	T €/a	0,014
Verwaltungskosten	T €/a	1,40
Sonstiges	T €/a	0,77
Reinigung	T €/a	0
Flächenpacht	T €/a	0
OPEX	T€/a	12,068
Erlöse		
Strombezugskosten Netto	ct/kWh	15,00
Kosteneinsparung Eigenverbrauch	T €/a	115,50
Summe Erlöse	T€/a	115,50
Wirtschaftlichkeit		
Einsparungen / Verlust	T €/a	70,713
ROI statisch	a	5,54
Stromgestehungskosten	ct/kWh	5,82
Rendite	%/a	3,53

Berechnungs-
grundlage einer
beispielhaften
APV-Anlage auf
einem Hektar

Investitionskosten verschiedener APV Systeme

	Parameter	Hoch-auf-geständert	Vertikal	Leicht-auf-geständert	Seilauf-hängung	Tra-cking	Faltdach	PV-FFA
Parameter	<u>Modultyp</u>	Standard	<u>bifazial</u>	Standard	Leichtbau	Tracking	Falt-/Leichtbau	Standard
	Leistungsdichte Stromertrag [kW/ha]	600 ¹	395 ⁶	700 ¹	530 ¹⁰	350	530 ¹⁰	1.000 ¹
	spezifische Stromerzeugung [kWh/kWp]*	1.100 ^{1,2}	1.114 ⁷	1.100 ^{1,2}	923 ¹⁰	75 ⁶	947 ¹⁰	1.100 ¹¹
	Reihenabstand [m]	18	10	4	40	200 ⁵	50	2
	Flächeneinbuße maximal [%]	10 ³	15 ³	10 ³	10 ³	100 ⁵	10 ³	100
	Lichte Höhe [m]	6	<2,1	3	5	15 ⁴	3	1
Investitionskosten [€/kWp]	Module	220 ⁴	250 ²	220 ¹	350	350	900 ^{5,10}	220 ¹
	Unterkonstruktion	400 ¹	200 ¹	220 ¹	75 ⁶	75 ⁶	300 ^{5,10}	100 ¹
	Standortvorbereitung, Installation	300 ^{1,4}	200 ¹	200 ¹²	200 ⁵	200 ⁵	200 ^{5,10}	150 ⁴
	Wechselrichter	100 ¹⁵	100 ⁵	100 ⁵	100 ⁵	100 ⁵	100 ⁵	100 ^{5,6}
	Elektrische Komponenten	15 ⁴	395 ⁶	15 ⁴	15 ⁴	15 ⁴	15 ⁴	15 ⁴
	Netzanbindung	64 ¹²	64 ¹²	64 ¹²	64 ¹²	64 ¹²	64 ¹²	64 ¹²
	<i>Genehmigung</i>	<i>200¹²</i>	<i>200¹²</i>	<i>200¹²</i>	<i>200¹²</i>	<i>200¹²</i>	<i>200¹²</i>	<i>200¹²</i>
	<i>Wassersystem</i>	<i>5,33⁹</i>	<i>0,0⁹</i>	<i>5,33⁹</i>	<i>5,33⁹</i>	<i>0,0⁹</i>	<i>5,33⁹</i>	<i>0,0⁹</i>
	<i>Umzäunung</i>	<i>0⁴</i>	<i>18²</i>	<i>0⁴</i>	<i>0⁴</i>	<i>0⁴</i>	<i>0⁴</i>	<i>18²</i>
	CAPEX min [ct/kWh]	5,70	4,25	4,25	4,97	6,29	9,51	3,37
<u>CAPEX max [ct/kWh]</u>	6,77	5,36	5,31	6,24	7,16	10,75	4,50	

Berechnung beispielhafte APV-Anlage auf einem Hektar Fläche

Berechnung leicht-aufgeständerte APV-Anlage	Einheit	
Investition		
Investitionskosten gesamt	T€	574
Tilgungs-/Abschreibungsdauer	a	25
Kalkulationszins	%/a	5
Preissteigerungsrate	%/a	2
Annuitätenfaktor		0,0571
jährlicher Kapitaldienst	T€/a	32,72
technische Daten der Anlage		
Anlagenleistung	kWp	700
spezifische Stromerzeugung pro Jahr	kWh/kWp	1.100
absolute Stromerzeugung pro Jahr	MWh/a	770
prozentualer Anteil Netzeinspeisung	%	0
Netzeinspeisung	MWh/a	0
prozentualer Anteil Eigenverbrauch	%	100
Eigenverbrauch	MWh/a	770
Betriebskosten		
Versicherungen	T€/a	1,40
Wartung, Reparaturen	T€/a	1,19
kaufmännische Betriebsführung	T€/a	3,85
Reserve	T€/a	0,70
Sicherheitsüberwachung	T€/a	1,008
Monitoring	T €/a	1,68
Instandhaltung, Flächenpflege	T €/a	0,056
Inflation	T €/a	0,014
Verwaltungskosten	T €/a	1,40
Sonstiges	T €/a	0,77
Reinigung	T €/a	0
Flächenpacht	T €/a	0
OPEX	T€/a	12,068
Erlöse		
Strombezugskosten Netto	ct/kWh	15,00
Kosteneinsparung Eigenverbrauch	T €/a	115,50
Summe Erlöse	T€/a	115,50
Wirtschaftlichkeit		
Einsparungen / Verlust	T €/a	70,713
ROI statisch	a	5,54
Stromgestehungskosten	ct/kWh	5,82
Rendite	%/a	3,53

Reihenabstand 4m

1.100 kWh/kWp

770.000 kWh/a

Investitionskosten: 573.500

Betriebskosten: 12.000/a

über 25 Jahre

Stromertrag:

770.000 kWh/a

Strombezugskosten: 15 ct/kWh

Erlös: 115.500 Euro/a

Betriebskosten verschiedener APV Systeme

	Parameter	Hoch-auf- geständert	Vertikal	Leicht-auf- geständert	Seilauf- hängung	Tra- cking	Faltdach	PV-FFA
Betriebskosten [€/kWp-a]	Versicherungen	2 ⁴	2 ⁴	2 ⁴	2 ⁴	3 ⁴	2 ⁴	2 ⁴
	Wartung, Reparaturen	1,7 ⁴	1,7 ⁴	1,7 ⁴	1,7 ⁴	2 ⁴	1,7 ⁴	1,5 ⁴
	kaufmännische Betriebsführung	5,5 ⁴	5,5 ⁴	5,5 ⁴	5,5 ⁴	5,5 ⁴	5,5 ⁴	5,5 ⁴
	Reserve	1 ⁴	1 ⁴	1 ⁴	1 ⁴	1 ⁴	1 ⁴	1 ⁴
	Sicherheitsüberwachung	1,44 ⁴	1,44 ⁴	1,44 ⁴	1,44 ⁴	1,44 ⁴	1,44 ⁴	1,8 ⁴
	Monitoring	2,4 ⁴	2,4 ⁴	2,4 ⁴	2,4 ⁴	2,4 ⁴	2,4 ⁴	2,4 ⁴
	Instandhaltung, Flächenpflege	0,08 ⁴	0,08 ⁴	0,08 ⁴	0,08 ⁴	0,08 ⁴	0,08 ⁴	1,6 ⁴
	Verwaltungskosten	2 ⁴	2 ⁴	2 ⁴	2 ⁴	2 ⁴	2 ⁴	2 ⁴
	Sonstiges	1,1 ⁴	1,1 ⁴	1,1 ⁴	1,1 ⁴	1,1 ⁴	1,1 ⁴	1,1 ⁴
	<i>Reinigung</i>	9 ⁵	3 ¹	3 ^{1,9}	9 ⁵	12 ⁵	12 ⁵	3 ¹
	<i>Flächenpacht</i>	1,3 ⁴	1,6 ⁸	1,7 ⁴	1,7 ⁴	1,3 ⁴	1,3 ⁴	3 ¹
	OPEX min [ct/kWh]	1,57	1,55	1,57	1,87	1,36	1,82	1,72
	OPEX <u>max</u> [ct/kWh]	2,50	1,96	1,99	3,02	2,39	3,22	2,27
LCOE	Stromgestehungskosten min [ct/kWh]	7,27	5,79	5,82	6,84	7,65	11,33	5,09
	Stromgestehungskosten <u>max</u> [ct/kWh]	9,27	7,32	7,31	9,27	9,53	13,97	6,76

1. PV-Anlagendimensionierung		
Anlagenleistung	700	kWp
Ertrag	770.000	kWh/a
spezifische Stromerzeugung	1.100	kWh/kWp
prozentualer Anteil Netzeinspeisung	0	%
prozentualer Anteil Eigenverbrauch	100	%
Anlagenfläche	10.000	m ²
Anlagenfläche [ha]	1	ha
2. Investitionskosten		
spezifische Investitionskosten	819	€/kWp
Investitionssumme	573.500	€
Kalkulationszins	5	%
Preissteigerung / Jahr	2	%
korrigierter Zinsfaktor	0,02941	%
Annuitätenfaktor	0,05705	%/a
Nutzungsdauer	25	a
Annuität & Kapitaldienst	32.719,39	€/a
3. Erlöse		
Aktueller Strompreis Netto (gewerblich)	15,00	ct/kWh

Betriebskosten leicht aufgeständerter APV (700 kWp/ha) pro ha

Betriebskosten		
Versicherungen	T€/a	1,40
Wartung, Reparaturen	T€/a	1,19
kaufmännische Betriebsführung	T€/a	3,85
Reserve	T€/a	0,70
Sicherheitsüberwachung	T€/a	1,008
Monitoring	T €/a	1,68
Instandhaltung, Flächenpflege	T €/a	0,056
Inflation	T €/a	0,014
Verwaltungskosten	T €/a	1,40
Sonstiges	T €/a	0,77
Reinigung	T €/a	0
Flächenpacht	T €/a	0
OPEX	T€/a	12,068

Förderung durch landwirtschaftliche Rentenbank

Agri-Photovoltaik-Anlagen



Gefördert werden:

1. Investitionen von KMU der Energieproduktion zur **Erzeugung, Speicherung und Verteilung** von Solarenergie aus Agri-Photovoltaik-Anlagen
2. Investitionen von KMU der landwirtschaftlichen Primärproduktion zur Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Solarenergie aus Agri-Photovoltaik-Anlagen zur Versorgung des landwirtschaftlichen Betriebes



Besondere Zugangsvoraussetzungen:

- Anlagen müssen der **DIN SPEC 91434** entsprechen
- Landwirtschaftliches Nutzungskonzept gemäß DIN SPEC 91434 muss bei Antragstellung bei der Hausbank eingereicht werden



- Unabhängig davon, ob EEG-Vergütung
- Unabhängig von Betreibermodell der Anlage

Helena von Roeder
Agribusiness - Fördergeschäft Tel.: 069 2107 – 877
helena.von-roeder@rentenbank.de

Eindrücke

Oben:
Hoch
aufgeständerte
Panele (Kat. I)

Unten: Bodennah
aufgeständerte,
vertikale Panele
(Kat. II)



Geschäftsmodelle & Beteiligte

Geschäftsmodell	Bereitstellung Fläche	Landwirtschaftl. Bewirtschaftung	Bereitstellung PV-System	Betrieb PV System
1. Ein Partner*in	Landwirtschaftsbetrieb			
2. Landeigentümer*in extern	Landeigentümer	Landwirtschaftsbetrieb		
3. PV-Investor*in extern	Landwirtschaftsbetrieb		PV-Investor*in	Landwirtschaftsbetrieb
4. Bewirtschaftung, PV-Betrieb	Landeigentümer	Landwirtschaftsbetrieb	PV-Investor*in	Landwirtschaftsbetrieb
5. Flächen-Bewirtschaftung	Landeigentümer	Landwirtschaftsbetrieb	PV-Investor*in	PV-Betreiber



BEG, Beteiligung Bürger*innen (Anteile etc.), Stadtwerke...



Kommune

Mögliche privilegierte Vorhaben	Anwendbarkeit in der Praxis
Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 BauGB <i>- Dienen eines landwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betriebs</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Um dem landwirtschaftlichen Betrieb zu dienen, müsste die Anlage die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Fläche erleichtern, bzw fördern [7]. • Nach aktueller Einschätzung steht der wirtschaftliche Nutzen durch hohe Stromerlöse im Vordergrund [17]. • Daher ist eine Privilegierung für Agri-PV-Anlagen nach § 35 Abs. 1 Nr 1 und 2 BauGB in der Praxis aktuell unwahrscheinlich[17].
Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 3 BauGB <i>- Versorgung eines ortsgebundenen Betriebs</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Um das zu erfüllen, dürfte die Agri-PV-Anlage nicht oder nur mit wesentlichen Nachteilen an anderer Stelle gebaut werden können [18]. • Für den Bau einer Agri-PV-Anlage wird jedoch nur ein Netzanschluss und eine landwirtschaftliche Fläche gebraucht [17]. • Daher ist eine Privilegierung für Agri-PV-Anlagen § 35 Abs. 3 BauGB in der Praxis aktuell unwahrscheinlich [17].
Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 4 BauGB <i>- Forschungsanlage</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Gilt nur für Agri-PV-Anlagen, die im Rahmen eines Forschungsprojekts gebaut werden [15]. • Die Baugenehmigung gilt nur für die Forschungsdauer [17].
Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 8 BauGB <i>- Anlage neben Autobahnen oder zweigleisigen Schienenwegen</i> sehr wahrscheinlicher Fall	<ul style="list-style-type: none"> • Privilegierung kann für Agri-PV-Anlagen gelten, die auf Flächen gebaut werden, die 200 Meter längs von Autobahnen und Schienenwegen liegen. Die Schienenwege müssen aus zwei Hauptgleisen bestehen [11]. • Nach aktueller Einschätzung sehr wahrscheinliche Möglichkeit eine Agri-PV-Anlage zu privilegieren [17].
Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 9 BauGB <i>- Hofnahe Agri-PV-Anlagen</i> sehr wahrscheinlicher Fall	<ul style="list-style-type: none"> • Gilt für Agri-PV-Anlagen mit einer maximalen Grundfläche von 25.000 m² (2,5 Hektar). • Die Agri-PV-Anlage muss in einem räumlich-funktionalen Zusammenhang mit einem landwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieb nach § 35 Abs. 1 Nr. 1 und 2 BauGB (siehe oben) stehen. • Es darf pro Hofstelle oder Betriebsstandort nur eine Agri-PV-Anlage betrieben werden.

Aus:
https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstofpflanzen/dateien/231005_p_tfz_leitfaden_agri-pv.pdf