

Agri-Photovoltaik

**Das „Osterpaket“ der
Bundesregierung**

Fahrzeugintegrierte PV



Bauwerkintegrierte PV



Agri-Photovoltaik



INTEGRIERTE
PHOTOVOLTAIK

Urbane Photovoltaik



PV in Verkehrswegen



Schwimmende PV



Abbildung 30: Anwendungen für die Integration von Photovoltaik

PV- Potenziale sind weitgehend ungenutzt. Beispiel: Berlin

Innerstädtische EE-Stromerzeugung: Status und Potenziale am Beispiel von Berlin

In Berlin ist der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung gering: 2016 lag die Stromeinspeisung im Stadtgebiet aus PV-Anlagen bei rund 60, aus Windkraftanlagen bei rund 19 GWh – lediglich 0,6 Prozent des Gesamtstromverbrauchs von 12.515 GWh. Inklusive Abfallnutzung decken in Berlin erneuerbare Energien seit 2010 durchgehend rund 3 bis 4 Prozent des Strombedarfs.

Insbesondere das Potenzial zur PV-Stromerzeugung auf den Dächern Berlins scheint bei Weitem noch nicht ausgeschöpft: Im Jahr 2016 war nur auf etwa 2 Prozent der rund 560.000 Gebäude (ca. 320.000 Wohn- und 240.000 Nichtwohngebäude) eine Solaranlage installiert.



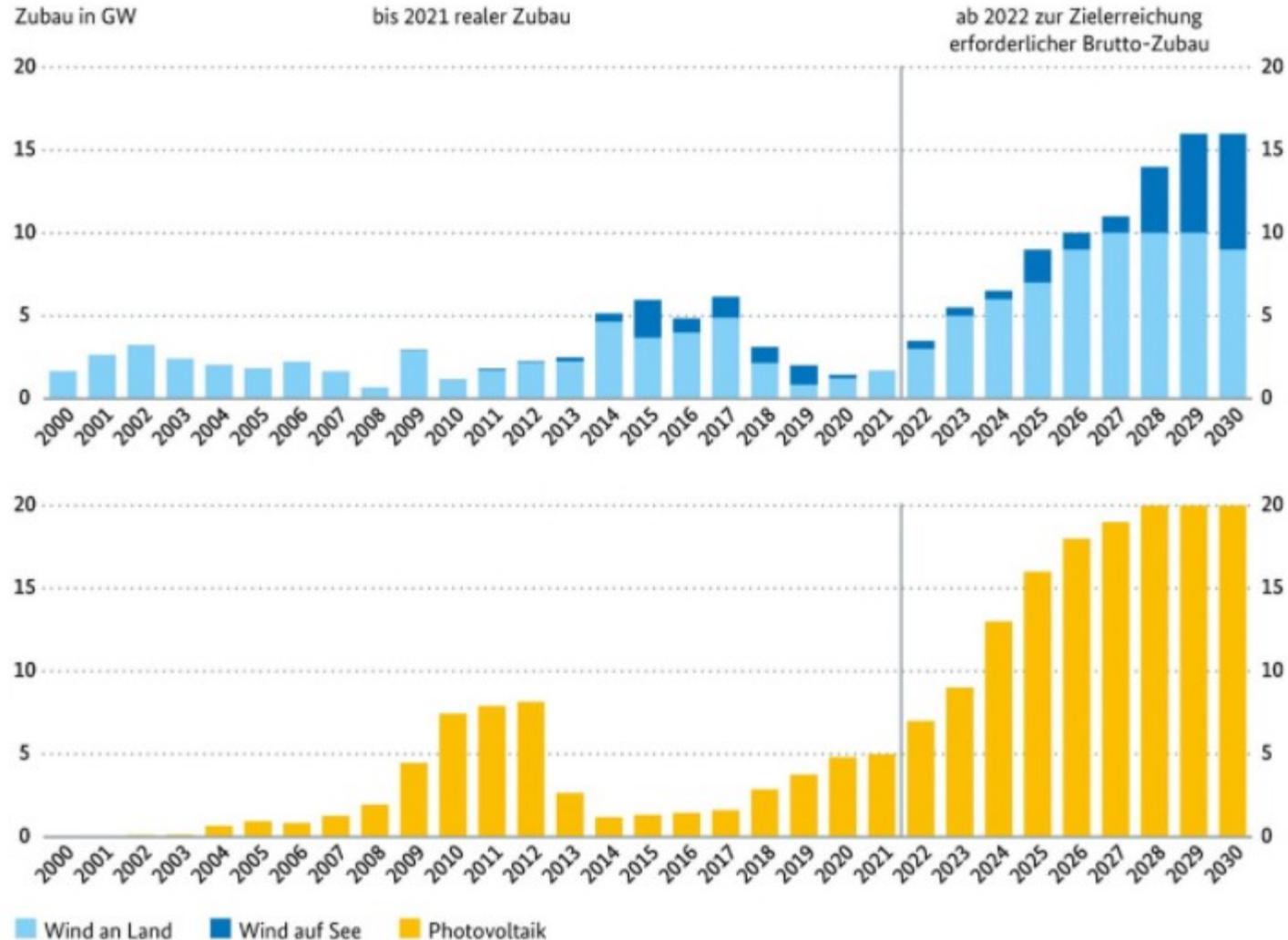
Abbildung 4: Verhältnisdarstellung des Stromverbrauchs und des Berliner Solarpotenzials für verschiedene Gebäudenutzungen, Quelle: HTW, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

Quelle: DENA Studie Stand 11/2019:

https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena_UrbWEW_Abschlussbericht_Gesamtversion.pdf

Ausbauziele der Bundesregierung

Ausbau Wind und Photovoltaik



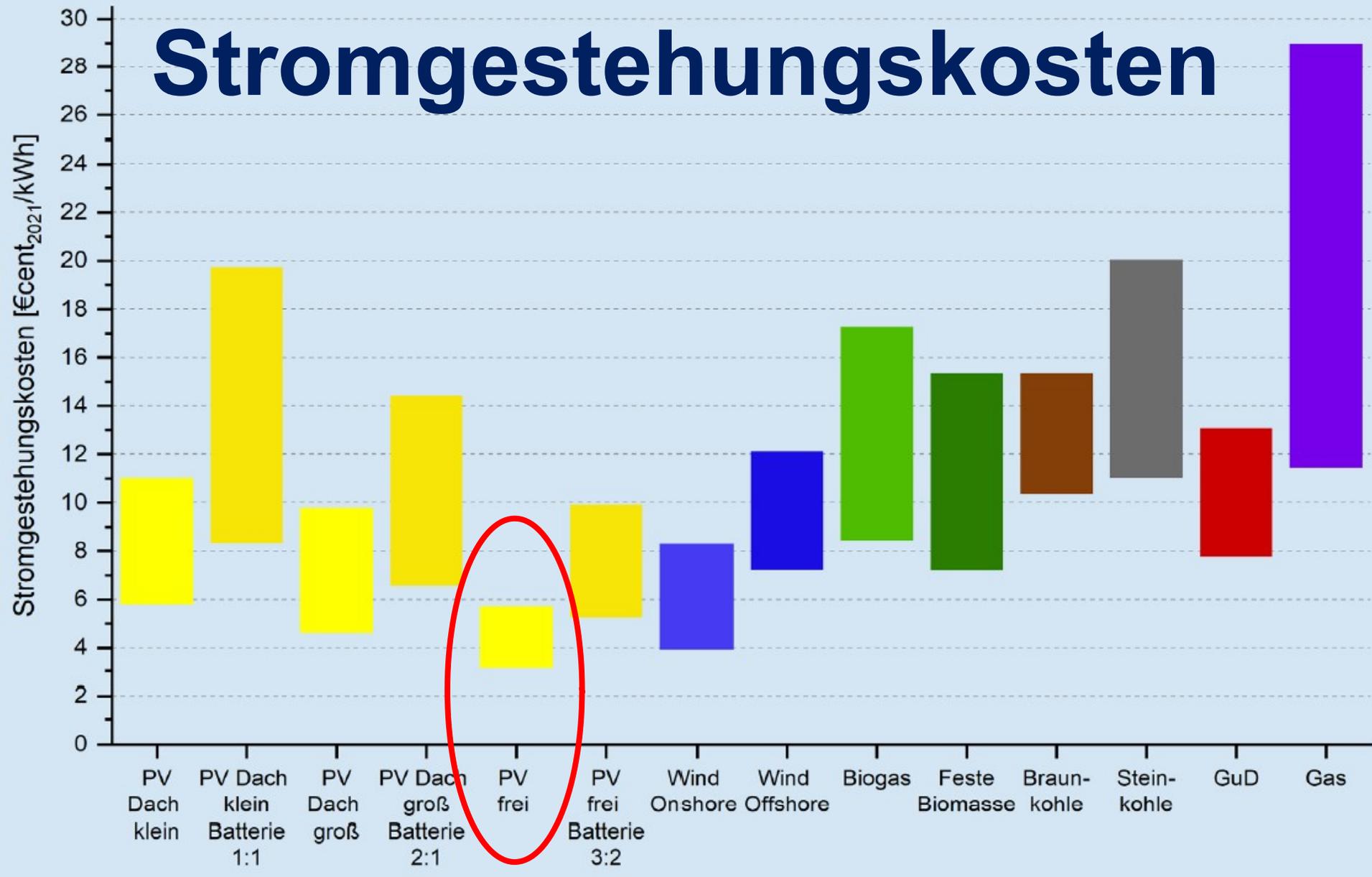


Abbildung 5: Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke an Standorten in Deutschland im Jahr 2021. Spezifische Anlagenkosten sind mit einem minimalen und einem maximalen Wert je Technologie berücksichtigt. Das Verhältnis bei PV-Batteriesystemen drückt PV-Leistung in kWp gegenüber Batterie-Nutzkapazität in kWh aus. Weitere Annahmen in Tabelle 3 bis 6.

Agri-Photovoltaik (APV)



Photovoltaik auf dem Acker: Unterschiede

Freiflächen-Anlage PV: FFPV oder PV-FFA



Bild 7: Freiflächen-PV-Anlage. © Fraunhofer ISE

Quelle: Fraunhofer-ISE
APV Leitfaden S. 9

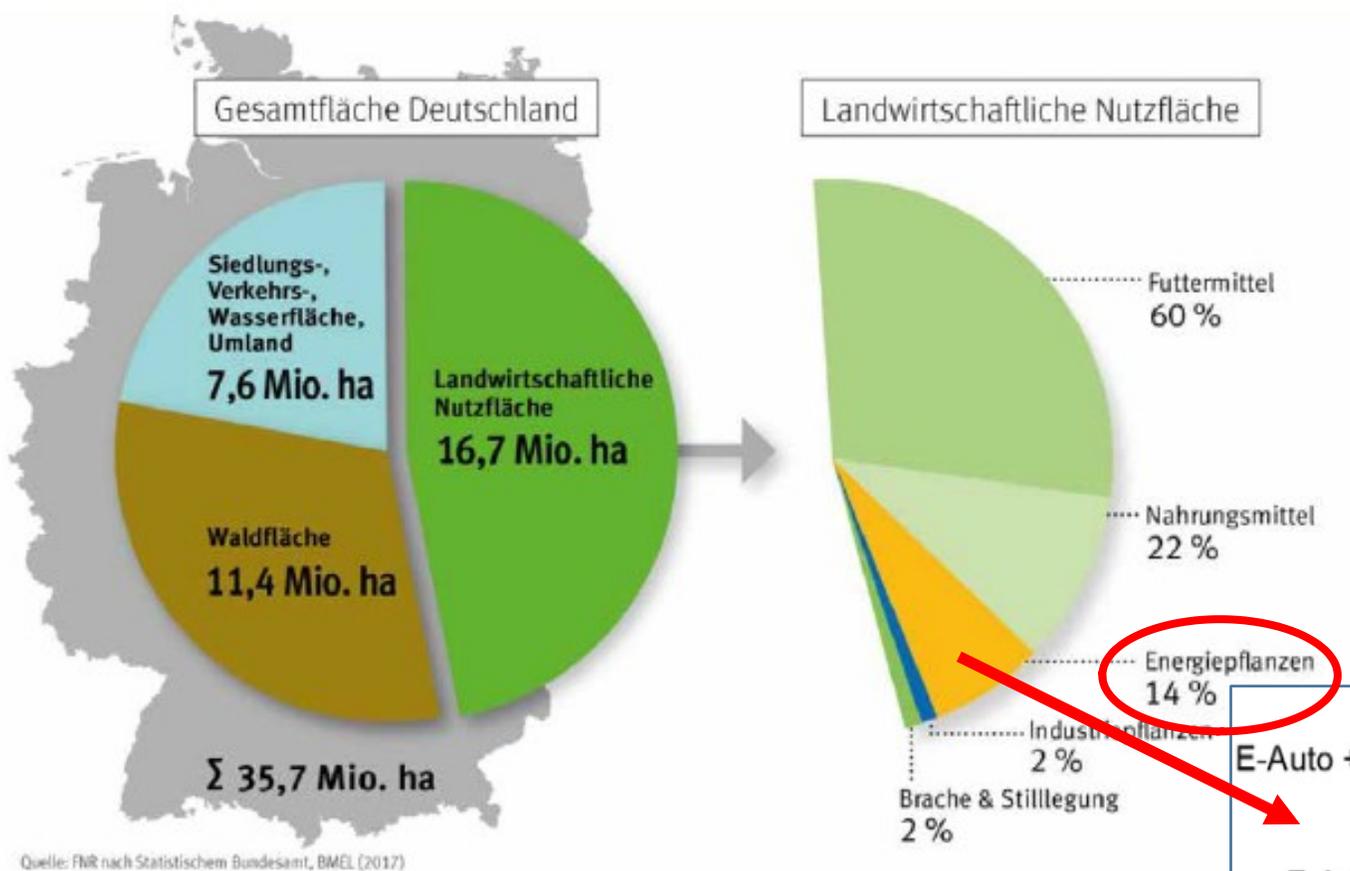
Agri-PV: APV



*Bild 3: Agri-PV-Forschungsanlage des Fraunhofer ISE am Bodensee.
Heggelbach am Bodensee*

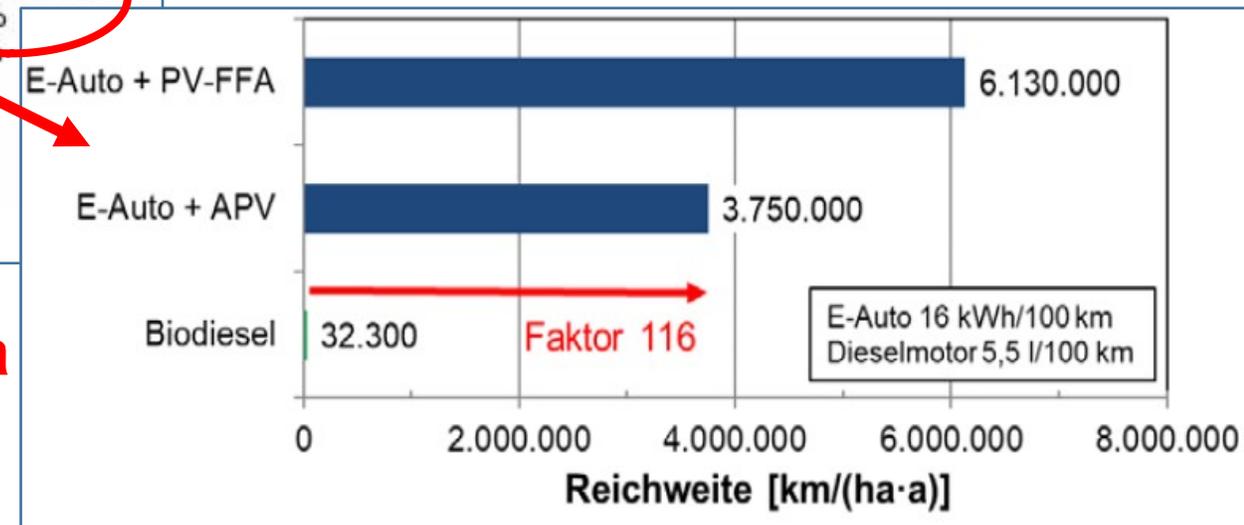
Quelle: Fraunhofer-ISE
APV Leitfaden S. 5

APV und PV-FFA: Strom gegen Bio-Diesel



Annahmen:

1. Anbau von **Raps** auf 1 ha Ackerland ergibt 1775 Liter Biodiesel je Hektar und Jahr.
2. Ein **PKW mit Dieselmotor**, Verbrauch: 5,5 l/100 km, kommt damit 32.272 km weit.
3. Ein **Elektroauto**, Verbrauch von 16 kWh/100 km, fährt mit dem Ertrag einer **APV-Anlage** von 1 ha **3,75 Mio. km** weit. Faktor = 116!
4. Das gleiche **E-Auto** kommt mit dem Ertrag einer **PV-FFA-Anlage** **6,13 Mio. km** weit Faktor = 190!



1 ha PV = 250-400 E-Autos à 15.000 km/a

Ernte-Erträge

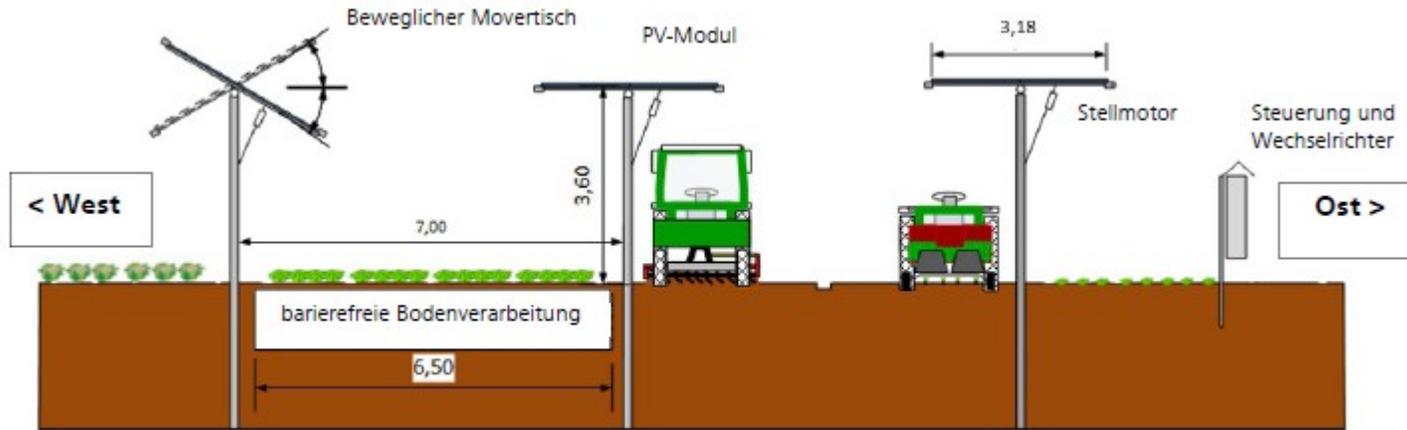


Bild 9: Querschnitt der Agri-PV-Anlage in Weißenstephan. © 2020 B. Ehrmaier, M. Beck, U. Bodmer

Quelle: Fraunhofer-ISE
APV Leitfaden S. 11

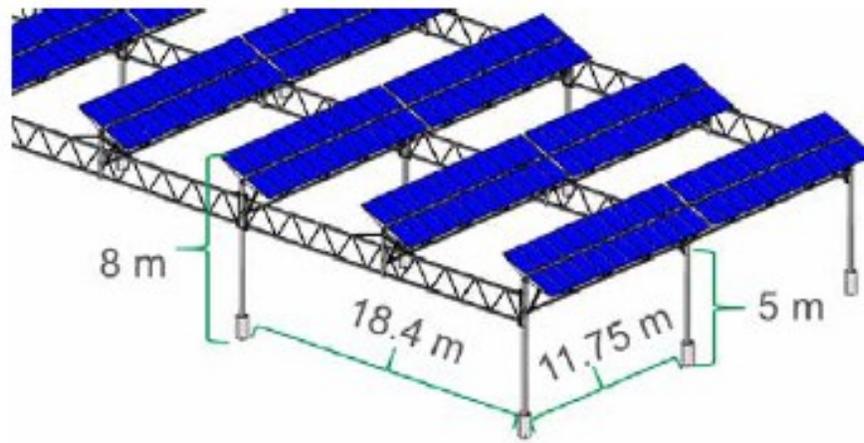


Bild 11: Skizze der Agri-PV-Referenzanlage in Heggelbach.

© Hilber Solar

Quelle: Fraunhofer-ISE
APV Leitfaden S. 12

2.4.2 Ergebnisse 2017 (Heggelbach)

Bereits im ersten Projektjahr 2017 konnte eine Steigerung der **Landnutzungsrate** auf **160 Prozent** nachgewiesen werden.

Die Agri-PV-Anlage hat sich somit als praxistauglich erwiesen. Die Ernteerträge unter den Modulen blieben über der kritischen Marke von 80 Prozent im Vergleich zur Referenzfläche ohne Solarmodule und konnten wirtschaftlich rentabel vermarktet werden.

2.4.3 Ergebnisse im Hitzesommer 2018

Im Hitzesommer 2018 wurde das Ergebnis vom Vorjahr noch deutlich übertroffen. Die Teilverschattung unter den Solarmodulen steigerte die landwirtschaftlichen Ernteerträge, die hohe Sonneneinstrahlung die Solarstromproduktion. **Für Kartoffeln ergab sich eine Steigerung der Landnutzungseffizienz um 86 Prozent.**

Die Forschungspartner gehen davon aus, dass die Pflanzen den von Trockenheit geprägten Hitzesommer 2018 durch die Verschattung unter den semitransparenten Solarmodulen besser kompensieren konnten.

Quelle: Fraunhofer-ISE, APV Leitfaden S. 13

Landnutzungseffizienz: > 186%



Bild 13: Durch die kombinierte Flächennutzung beträgt die Flächennutzungseffizienz mit Agri-PV auf dem Testgelände in Heggelbach bis zu 186 Prozent. (Illustration Kartoffeln © HappyPictures / shutterstock.com)

Quelle: Fraunhofer-ISE APV Leitfaden S. 14

Zitat Fraunhofer ISE-Studie: „Eine Reihe von Nutzpflanzen zeigen kaum Ertragseinbußen bei reduzierter Einstrahlung, einige profitieren sogar.“ (S. 36)

AGRI-PHOTOVOLTAIK AUF EINEN BLICK

- Installierte Leistung weltweit mindestens 2,8 GW
- Geschätztes technisches Potenzial in Deutschland:
Rund 1700 GW installierte Leistung (GW_p)

VORTEILE

- Vereinbarung von Freiflächen-PV-Anlagen mit Landwirtschaft
- Möglicher Zusatznutzen für die Landwirtschaft u. a. durch Schutz vor Hagel-, Frost- und Dürreschäden
- Geringere Stromgestehungskosten im Vergleich zu kleinen PV-Dachanlagen
- Diversifizierung des landwirtschaftlichen Einkommens

HERAUSFORDERUNGEN

- Flächennutzungsplan: Agri-PV-Anlagen im Flächennutzungsplan als »Sondergebiet Agri-Photovoltaik« und nicht als elektrische Betriebsstätte/Gewerbe ausweisen,

um eine unzutreffende Erfassung als versiegelte Fläche zu vermeiden

- Einspeisevergütung nach EEG für kleine Agri-PV-Anlagen ($< 750 \text{ kW}_p$) erreichen (kriteriengestützt)
- EEG Innovationsausschreibungen für große Agri-PV-Anlagen ($> 750 \text{ kW}$) erreichen (kriteriengestützt)
- Privilegierung BauGB: Agri-PV-Anlagen aufgrund ihrer Flächenneutralität und ihrem typischen Einsatz im Außenbereich als privilegierte Vorhaben nach §35 Baugesetzbuch einordnen, um Genehmigungsverfahren zu vereinfachen
- Umsetzung eines Forschungs- und Entwicklungsprogramms für Deutschland
- Frühzeitige und möglichst breite Einbindung von Interessensgruppen und Bürgerinnen und Bürgern zur Analyse der nicht-technischen Erfolgsfaktoren für die Errichtung einer Agri-PV-Anlage und Identifizierung geeigneter Standorte

Gesellschaft

Erfolgsfaktoren

Das Fraunhofer ISE hat einige Faktoren für eine erfolgreiche Einführung von Agri-PV erarbeitet:

1. Bei Errichtung und Betrieb von Agri-PV-Anlagen ortsansässige Landwirtschaftsbetriebe, Energiegenossenschaften oder regionale Investierenden bevorzugen.
2. Größe und Verteilung von Anlagen begrenzen und unter Berücksichtigung lokaler Standorteigenschaften und gesellschaftlicher Präferenzen festlegen
3. Verpflichtung zur Produktion von Nahrungsmitteln unter Agri-PV-Anlagen
4. Agri-PV-Anlagen an Standorten errichten, an denen durch die Doppelnutzung der Fläche die landwirtschaftlichen Erträge gesteigert und Kulturen geschützt werden.



Mathematik

Umrechnungen:

1 ha = 100 x 100m = 10.000 m²

1 Megawatt (1 MW) = 1.000 Kilowatt (1.000 kW).

Auf 1 Hektar Fläche können 1 MWp (Nennleistung) an PV-Modulen installiert werden (1 MWp/ha = installierte Leistung).

Mit 1 MWp/ha installierter Leistung können in Deutschland durchschnittlich 980 Megawattstunden Strom im Jahr produziert werden (980 MWh/1 MWp/Jahr) (s. 41).

Einspeisevergütung: Derzeit ca.

4,46 ct/kWh = 0,0446 €/kWh für „sonstige“ Anlagen bis 750 kW

Einspeisevergütung 2021 / 2022 Tabelle im Überblick

Inbetriebnahme im Monat	Anlagentyp	Nennleistung der PV-Anlage (kWp)	Einspeisevergütung (Cent/kWh)
April 2022	Anlage auf Wohngebäuden, Lärmschutzwänden und Gebäuden nach § 48 Abs. 3 EEG	bis 10	6,53
		>10 bis 40	6,34
		>40 bis 750	4,96
	sonstige Anlagen	bis 750	4,46

Mögliche Erträge für OG Otterstadt

Beispiels-Rechnungen: Anlagengröße bis 750 kWp, Stand April 2022

Fall 1: Maximale Vollbelegung von 1 ha Ackerfläche mit einer **PV-FFA**
(unter den Modulen gibt es Blühwiesen, evtl. ist Schafzucht möglich):

$$980 \text{ MWh/a} * 0,0446 \text{ €/kWh} * 1000 \text{ kW} = \mathbf{43.700 \text{ €/a}}$$

Fall 2: Mittlere Belegung (60%) von 1 ha Ackerfläche mit **Agri-PV**
(unter den aufgeständerten Modulen ist Ackerbau möglich):

$$588 \text{ MWh/a} * 0,0446 \text{ €/kWh} * 1000 \text{ kW} = \mathbf{26.200 \text{ €/a}}$$

Dazu kommt noch der Ertrag aus dem Ackerbau!

Fall 3: Sehr lückenhafte Belegung (25%) von 1 ha Ackerfläche mit **Agri-PV** (unter den aufgeständerten Modulen ist ziemlich uneingeschränkter Ackerbau möglich, außer Mais):

$$245 \text{ MWh/a} * 0,0446 \text{ €/kWh} * 1000 \text{ kW} = \mathbf{11.000 \text{ €/a}}$$

Dazu kommt noch der Ertrag aus dem Ackerbau!

Quellen

[Eckpunktepapier BMWK BMUV und BMEL Ausbau der Photovoltaik \(bmwi.de\)](#)

Fraunhofer ISE: Studie (99 Seiten)

[Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland - Fraunhofer ISE](#)

Fraunhofer ISE: APV-Leitfaden (56 Seiten)

[Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende \(fraunhofer.de\)](#)

Film Heggelbach, Bodensee:

[Forschungsprojekt Agrophotovoltaik - Hofgemeinschaft Heggelbach am Bodensee - YouTube](#)

Webkonferenz: Wissenschaftlicher Beitrag zu APV, Praxis Bauern (1h:33 Min):

[Agriphotovoltaik - doppelte Landnutzung, dreifacher Effekt! - 24.02.2021 - #WebKonferenz - YouTube](#)

[Klima- und Naturschutz: Hand in Hand. Heft 6 \(bfn.de\)](#)

Stromgestehungskosten: [Studie: Stromgestehungskosten erneuerbare Energien - Fraunhofer ISE](#)

Einspeisevergütung: [Aktuelle Einspeisevergütung 2022 für Photovoltaik Anlagen ☀️ \(solaranlagen-portal.com\)](#)

Umwelt-Bundesamt: [Umweltbundesamt: Aktuelle Ökobilanzen von Wind- und Solarstrom - energiezukunft](#)

Danke



Backup: Energetische Amortisation

27.05.2021 – Auf knapp 400 Seiten hat das **Umweltbundesamt** aktualisierte Ökobilanzen für Windenergie- und Photovoltaikanlagen vorgelegt.

Die Ökobilanz für Photovoltaikstrom

Die energetischen Amortisationszeiten (Energy Payback Time) liegen an einem deutschen Anlagenstandort zwischen **0,9 und 2,1 Jahren**, wobei wiederum Dünnschichtmodule die niedrigeren Werte erreichen.

Die Ökobilanz für Windstrom

Der Ausstoß an CO₂-Äquivalent pro erzeugter Kilowattstunde Strom beträgt bei der Windenergie zwischen 7,9 g für Starkwindstandorte und 10,9 g für Schwachwindanlagen. **Energetisch amortisiert haben sich die Anlagen durchschnittlich nach 2,5 bis 3,2 Monaten.** Windenergieanlagen auf See erreichen sogar noch leicht niedrigere Werte von 7,3 g. Das erklärt sich aus den hohen Volllaststunden, die solche Anlagen erreichen.

[Umweltbundesamt: Aktuelle Ökobilanzen von Wind- und Solarstrom – energie Zukunft](#)

[Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen \(umweltbundesamt.de\)](#)

Die Anlage auf unserem Haus (6,7 kWp) mit 7 kW Speicherbatterie hat die folgenden Parameter:

Produktgarantie der Module: 25 Jahre

Performance-Garantie: 92% im 25. Jahr

In 2021 hat unsere Anlage ab Mitte Januar ganze 3,5 t CO₂ eingespart.

Eine Pfälzer WKA erzeugt in 50 Minuten so viel Strom, wie Fam. Sans in einem Jahr verbraucht.

