

Agri-Photovoltaik – Potentiale dualer Landnutzung

Oliver Hörnle
www.ise.fraunhofer.de

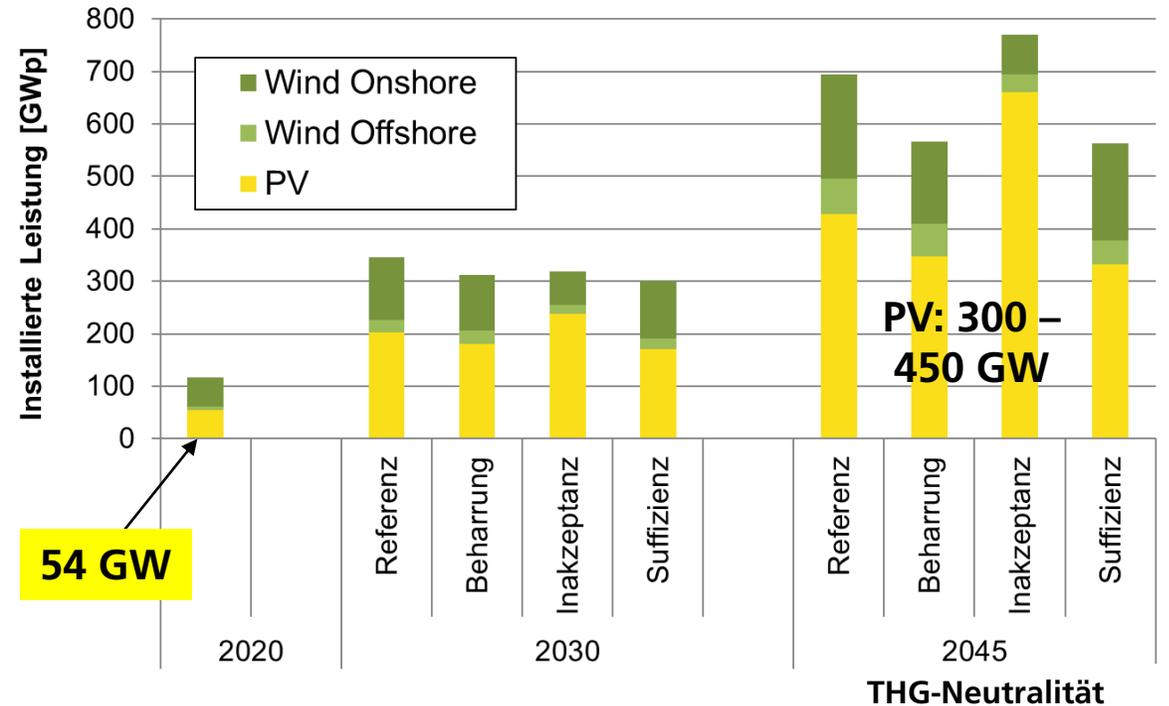
Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

Politische Ziele, Fakten und Nachfrage

- Klimaschutzgesetz: THG-Neutralität bis 2045
- THG-Neutralität Stromproduktion ca. 2040
- Strombedarf ca. 1000 TWh/a
- PV-Ausbaubedarf 300 – 450 GW
- PV-Zubaubedarf (Zieljahr 2040) 13 – 21 GW/a

Wohin mit den Modulen (12.000 – 20.000 ha/a)?
Wohin mit dem volatilen PV-Strom?

Flächen- und Sektorenintegration



Kumulativ installierte Leistung von PV- und Windkraft für vier Szenarien.

© Fraunhofer ISE (November 2021)

Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

Integrierte PV



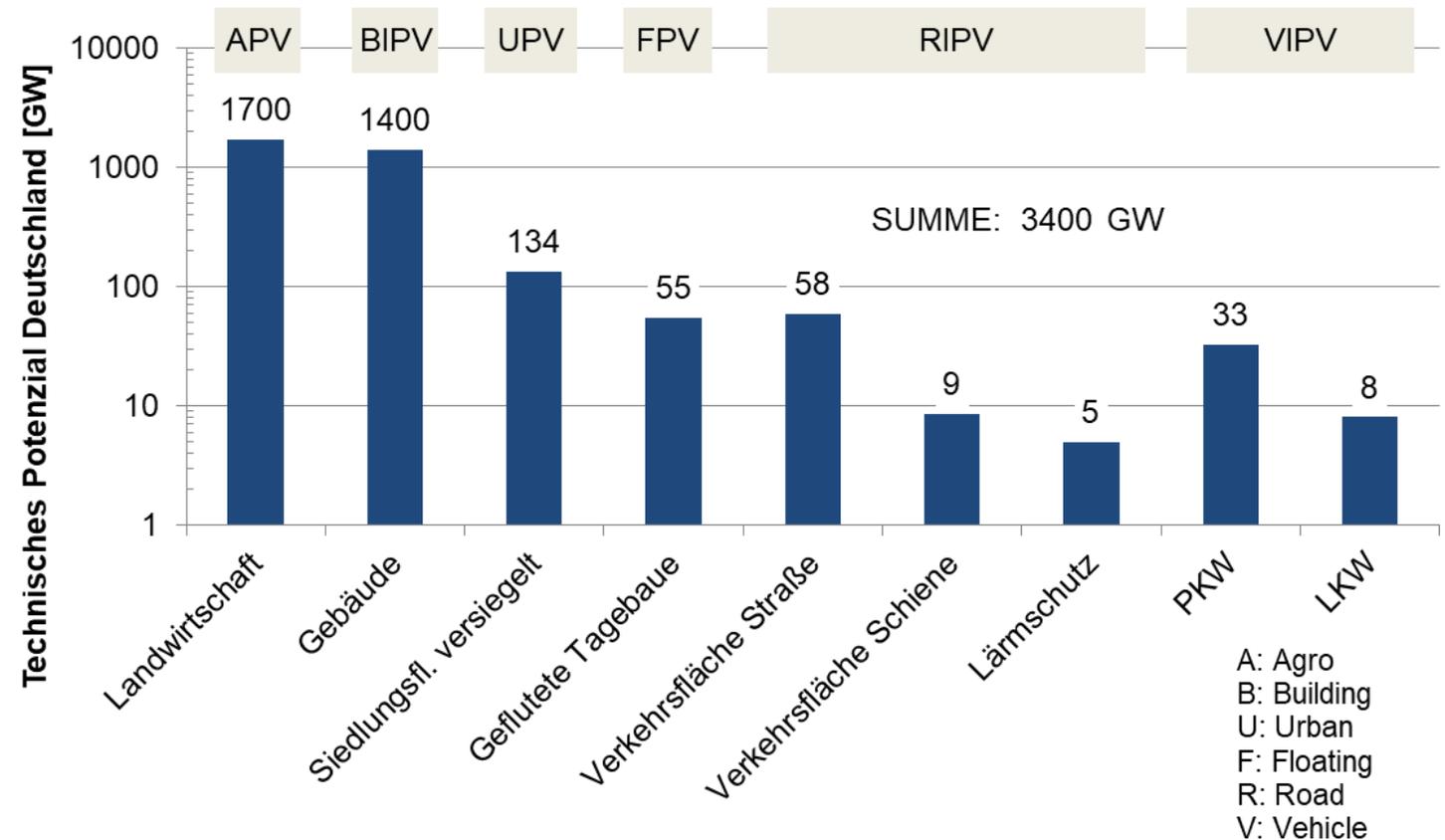
Anwendungen für die Integration von Photovoltaik. © Fraunhofer ISE

Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

Flächenpotentiale

Technisches Potenzial berücksichtigt:

- technische,
- infrastrukturelle und
- ökologische Grenzen

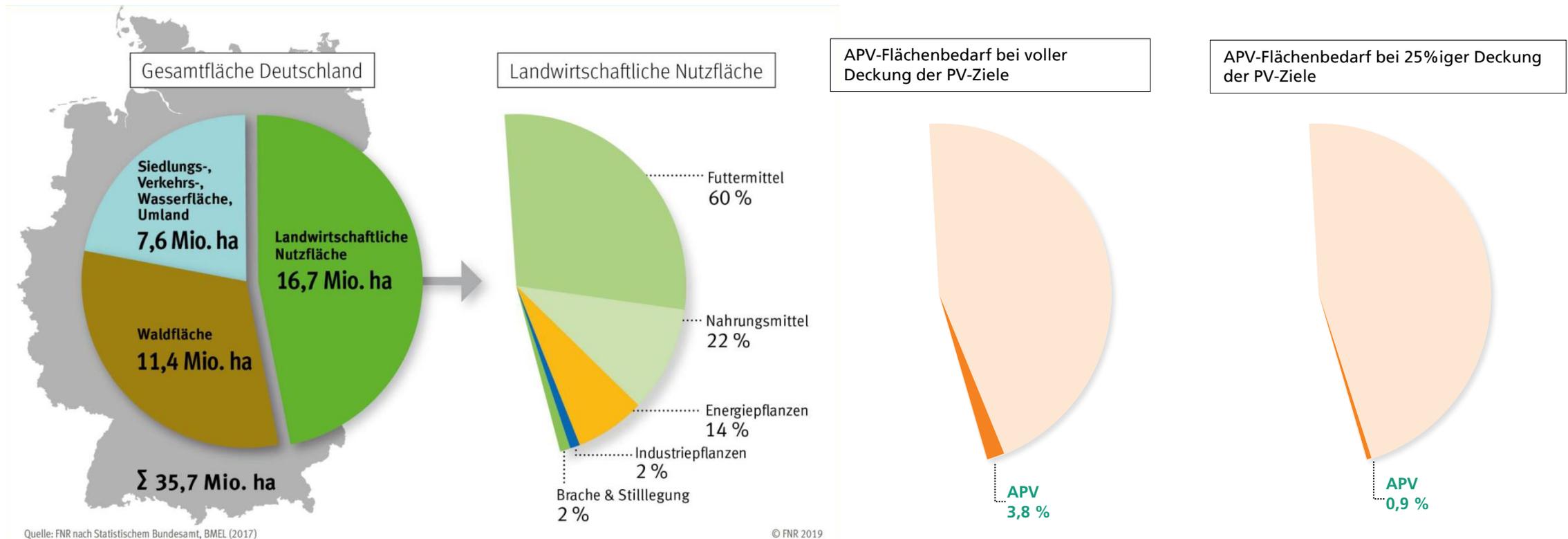


Technisches Potential der Photovoltaik in Deutschland. © Fraunhofer ISE

*entspricht ca. 17 % der landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland

Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

Flächenpotentiale



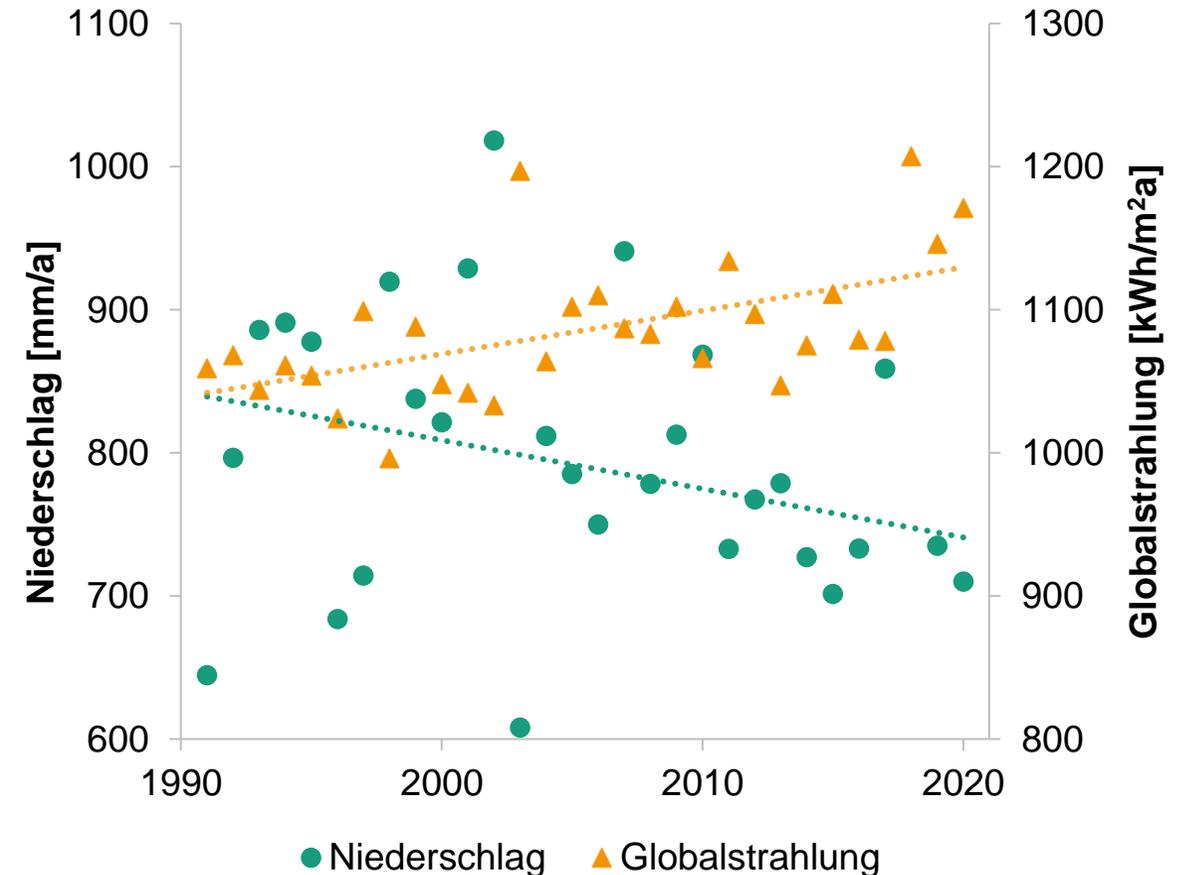
Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

Aktuelle Herausforderungen

- Flächennutzungskonflikte
- Klimawandel
 - Steigende Temperaturen, Globalstrahlung und Sonnenstunden
 - Abnehmender Niederschlag (Reduzierter Niederschlag im Frühling)
 - Wetterextreme
 - Häufigere und lange Trockenperioden
 - Heftige Regenereignisse, z. T. Hagel

→ Pflanzen brauchen Schutz vor Regen und Sonne.

→ Agri-PV als Strategie um Ertragsverluste/schwankungen zu reduzieren



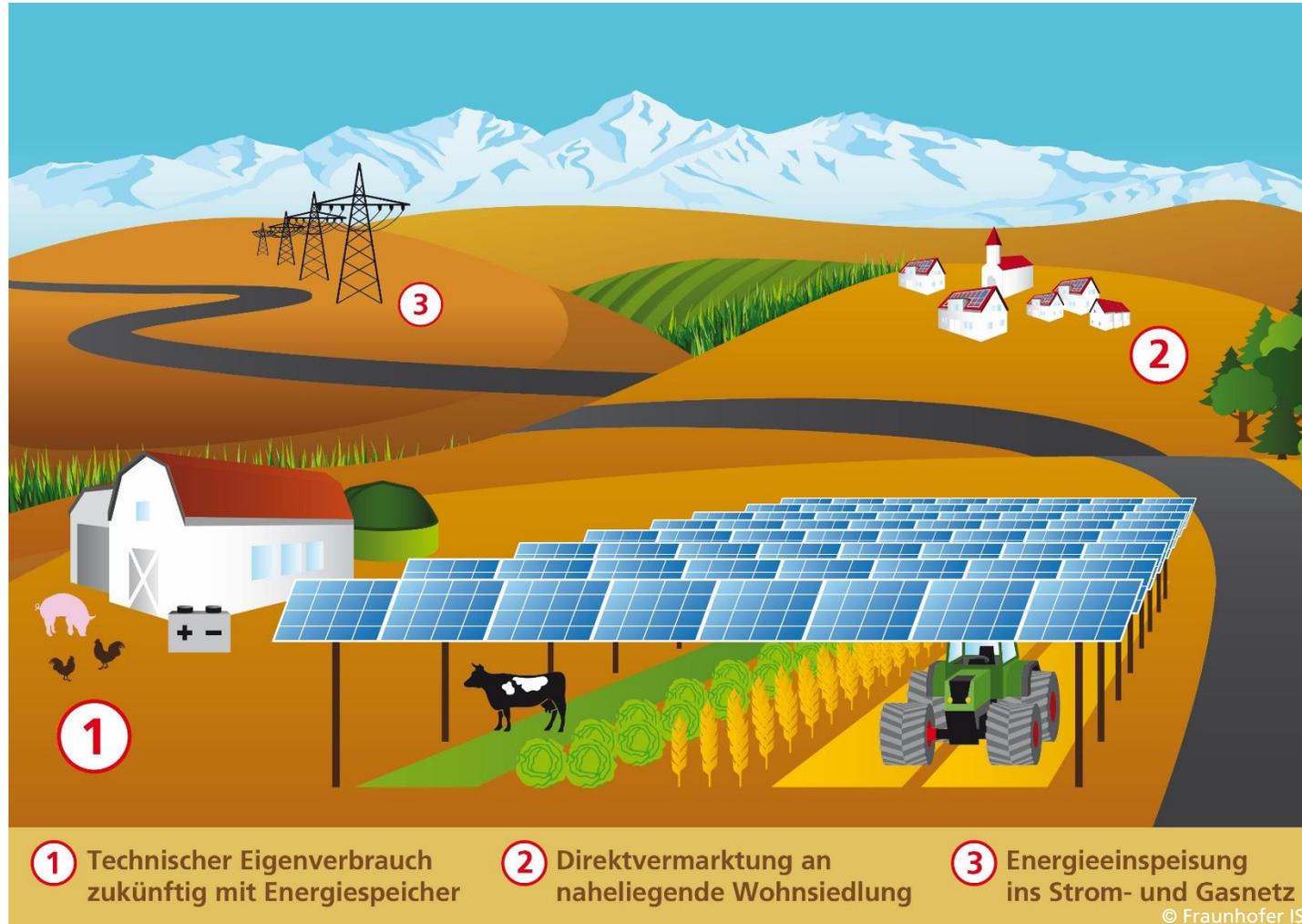
Entwicklung der Niederschläge und der Globalstrahlung in Deutschland seit 1991.
Daten: Deutscher Wetterdienst, Darstellung Fraunhofer ISE



Was ist Agri-PV?

Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

Das Konzept



Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

Kernanforderungen und Kriterien

- **Landwirtschaftliche Nutzbarkeit** der Fläche muss gewährleistet sein (landwirtschaftliches Nutzungskonzept).
- **Flächenverlust** durch Installation der Anlage **maximal 10%** (Kat. I) bzw. **15%** (Kat. II)
- Geprüfte **Lichtverfügbarkeit und -homogenität** sowie **Wasserverfügbarkeit**
- Angepasst an **landwirtschaftliche Bedürfnisse**
- **Bodenerosion und -schäden vermeiden** (Aufbau, Verankerung, Wassermanagement)
- **Landwirtschaftlicher Ertrag** bei **mindestens 66%** zum Referenzertrag
- Viele weitere Empfehlungen

Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

Kategorisierung – Kategorie I

Agri-PV-Systeme	Nutzung	Beispiele
Kategorie I: Aufständigung mit lichter Höhe >2,1m Bewirtschaftung unter der Agri-PV-Anlage	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)

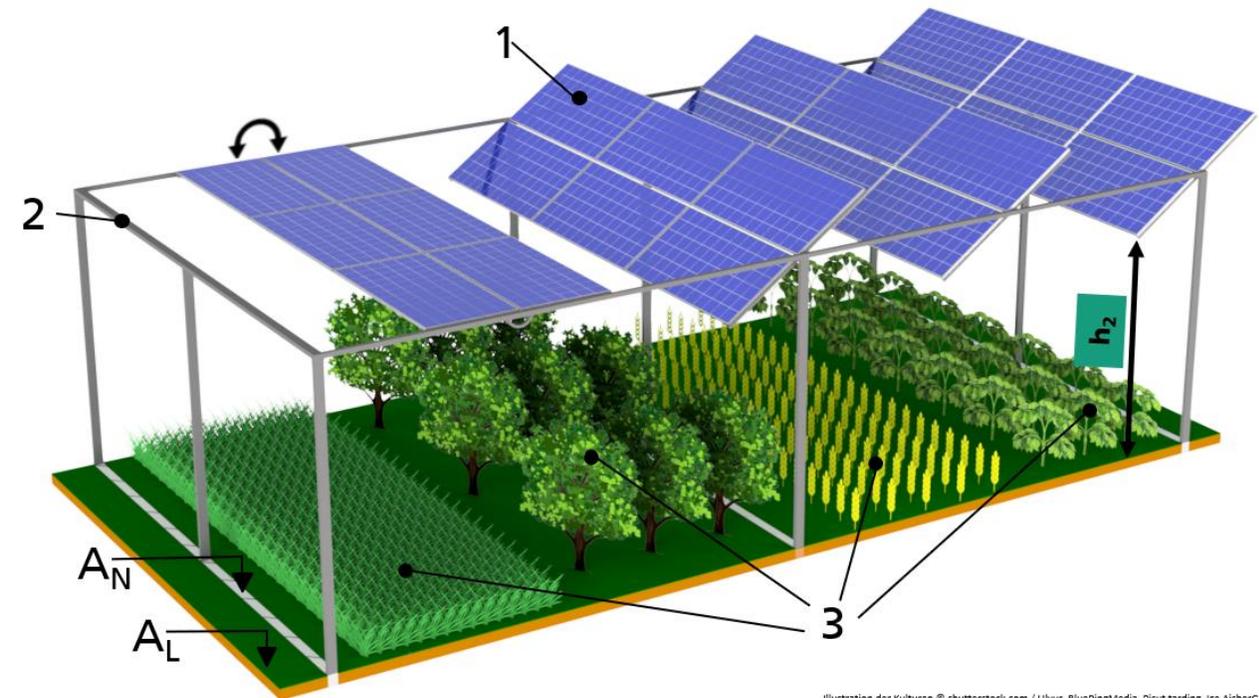


Illustration der Kulturen © shutterstock.com / Ulvur, BlueRingMedia, Pisut tarding, Ice Aisberg

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 Aufständigung
- 3 Beispiele landwirtschaftlicher Kulturen

Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

Kategorisierung – Kategorie II

Agri-PV-Systeme	Nutzung	Beispiele
Kategorie II: Bodennahe Aufständigung <2,1m Bewirtschaftung zwischen den Agri-PV- Anlagenreihen	2A: 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: Dauerweide, Portionsweide (z. B. Rinder, Geflügel, Schafe, Schweine und Ziegen)	

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 Aufständigung
- 3 Beispiele landwirtschaftlicher Kulturen

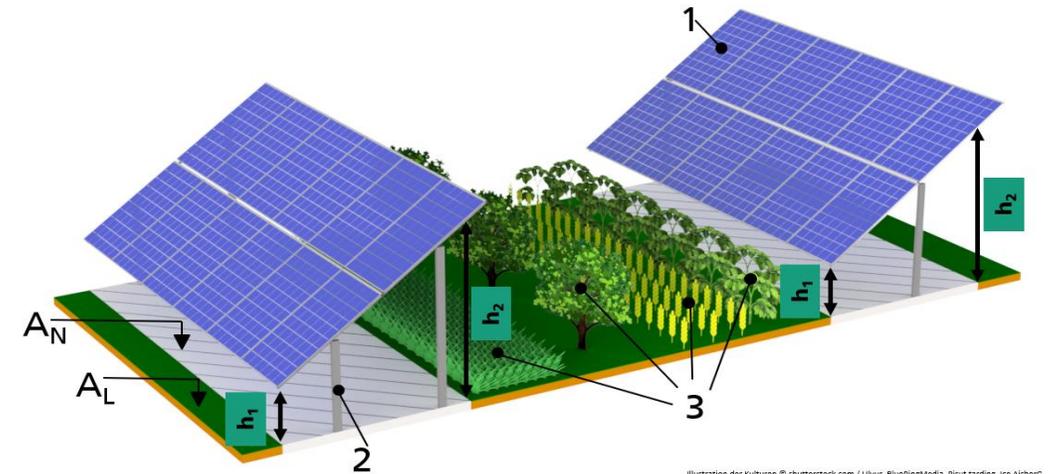


Illustration der Kulturen © shutterstock.com / iStock, BlueRingMedia, Pius tarding, ice Alsborg

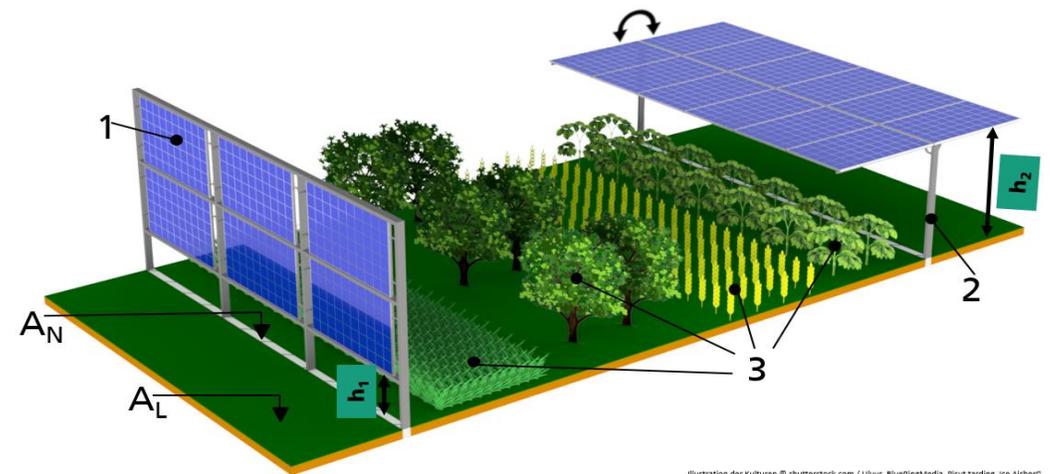
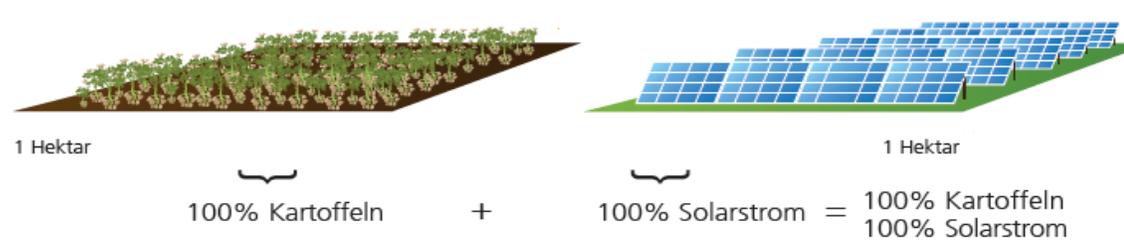


Illustration der Kulturen © shutterstock.com / Ulvur, BlueRingMedia, Pius tarding, ice Alsborg

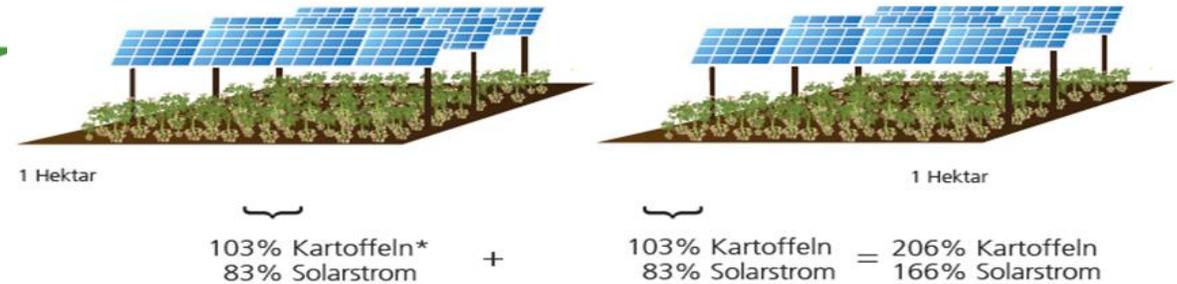
Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

Versuchsergebnisse Heggelbach – Steigerung der Landnutzungseffizienz

Getrennte Flächennutzung auf 2 Hektar Ackerland



Gemischte Flächennutzung auf 2 Hektar Ackerland: Effizienz > 86% gesteigert



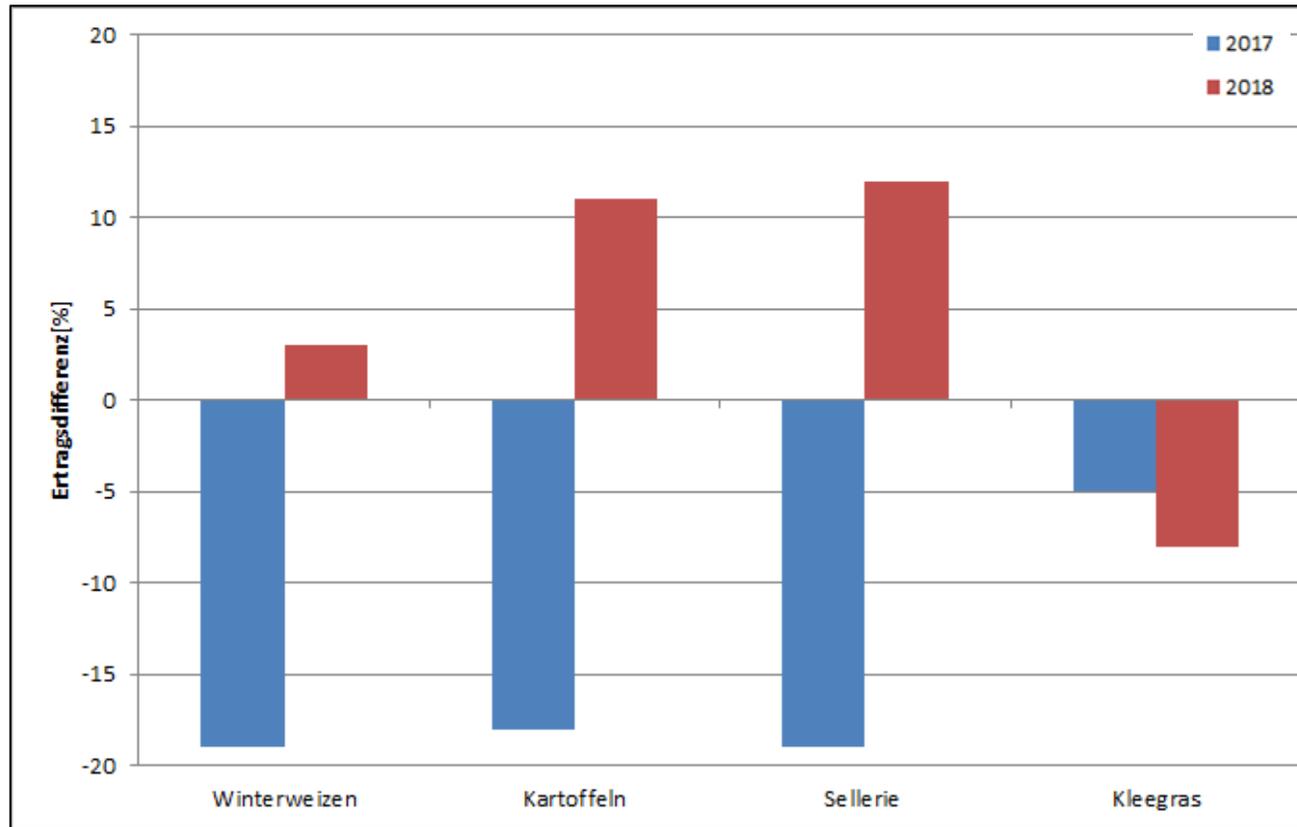
© Fraunhofer ISE & Universität Hohenheim

Ergebnisse APV-RESOLA

- 103 % Kartoffelernte 2018 = 100 % Ernte + 11 % Ertragssteigerung – 8 % Flächenverlust
 - 83 % Stromertrag 2018
 - Flächennutzungseffizienz 2018 = 186 %
-
- Vergrößerung des Flächenpotenzials ohne Flächenkonflikte
 - Steigerung der Landnutzungseffizienz zwischen 60 und 90 % in Deutschland
 - Großes Potenzial bieten Gebieten mit Flächenknappheit und in ariden Klimazonen.

Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

Versuchsergebnisse Heggelbach



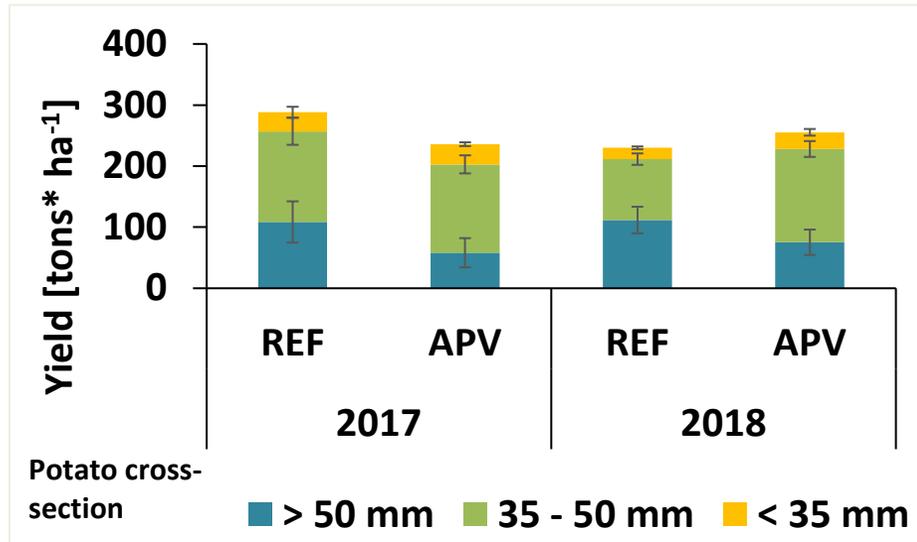
- Ertragsveränderungen stark abhängig von **klimatischen Bedingungen**
- Ertragsschwankungen vor allem auf Vergleichsfläche beobachtbar
- Erträge unter Modulen in beiden Jahren relativ stabil
- Im **Dürrejahr 2018** verzeichneten drei der vier angebauten Kulturen höhere Erträge als auf der Referenzfläche ohne PV-Module.
- Hohe Potenziale **für Dauer- und Sonderkulturen** zu erwarten

Erträge Agrar-PV gegenüber Referenzflächen 2017 und 2018 (ohne Verluste durch Aufständering).

© Universität Hohenheim

Agri-PV – Chance für die Landwirtschaft und die Energiewende

Ergebnisse der Forschungsanlage Heggelbach

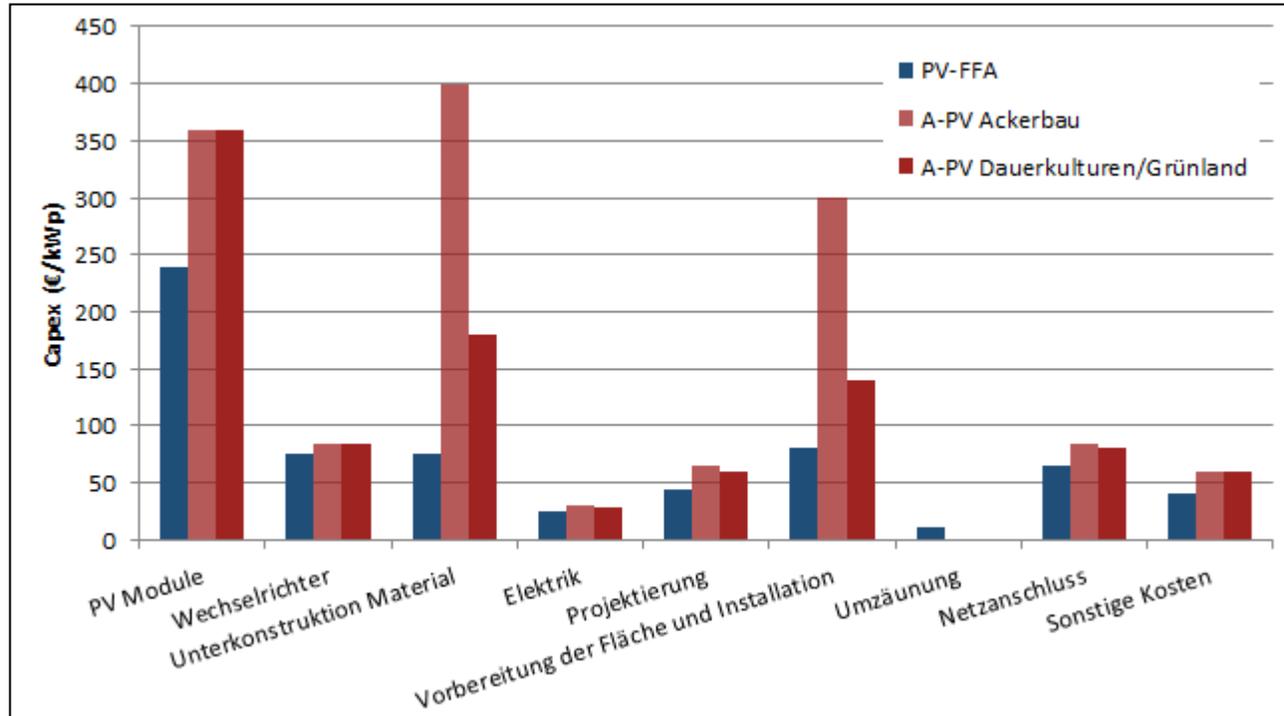


- 2017: Ertragsreduktion um bis zu 18 %
- 2018: Ertragssteigerung um bis zu 11 %
- Vermarktbarer Anteil der Kartoffeln (35-50 mm) in beiden Jahren unter PV höher



Agri-PV – Chance für die Landwirtschaft und die Energiewende

Wirtschaftlichkeit



Investitionskosten [€/kWp] © Fraunhofer ISE

- Wirtschaftlichkeit als wichtiger Parameter für die Landwirtschaft
- Die Unterschiede der Investitionskosten lassen sich im Wesentlichen auf **drei Kostenstellen** zurückführen:
 - Modulpreis
 - Kosten Unterkonstruktion
 - Kosten Standortvorbereitung und Installation
- Kosten für elektronische Komponenten und Projektierung in den meisten Fällen **vergleichbar zu PV-FFA**

Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

Weitere Vorteile und Synergieeffekte

Weniger direkte Strahlung reduziert

- Transpiration
- Evaporation
- Sonnenbrandschäden
- Trockenstress

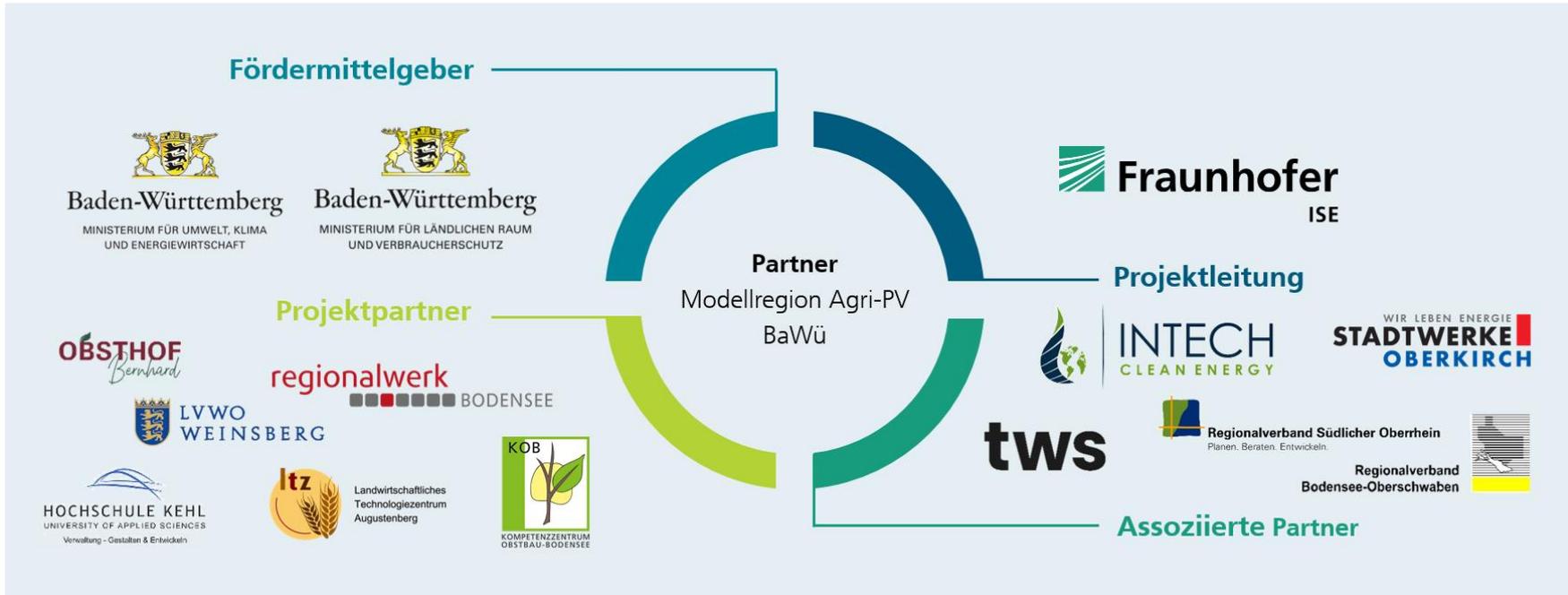
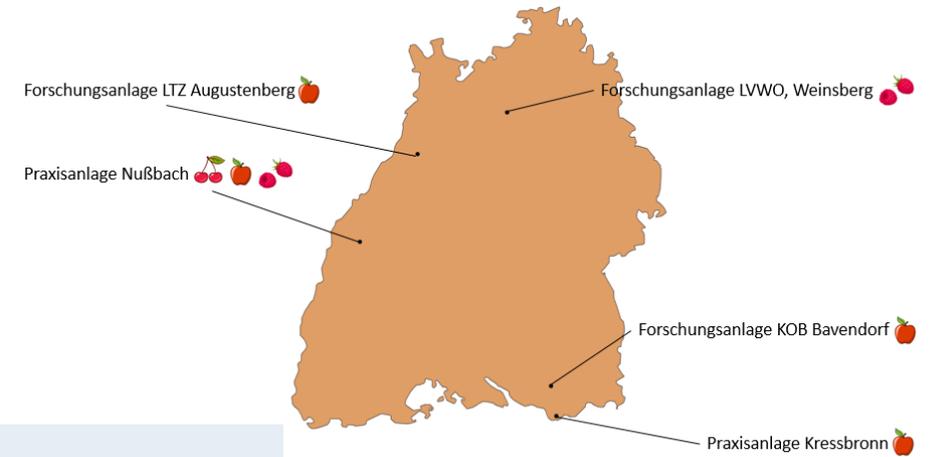
Möglicher Ersatz für Kunststoff Pflanzenschutzmaßnahmen

- Folientunnel für Beeren und Gemüse
- Hagel-, Regen- & Sonnenschutz



Modellregion Agri-PV BW

Überblick



Modellregion Agri-PV BW

Praxisanlage Obsthof Bernhard

Anlagestandort

Kressbronn am Bodensee

Flächengröße

0.4 ha

Installierte Leistung

240 kWp

Besonderheiten

- Umsetzung der ersten Agri-PV-Anlage mit der Apfelsorte Gala.
- Einfluss des Mikroklimas der Bodenseeregion auf die Kulturen.
- Akzeptanzsteigerung der Agri-PV in der touristisch relevanten Bodenseeregion durch schmalen Anlagendesign.
- Agrarwissenschaftliche Forschung durch das KOB.



Modellregion Agri-PV BW

Agri-PV-Anlagen Überblick

Forschungsanlage Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (LVWO)

Anlagestandort

Heuchlingen bei Bad Friedrichshall

Flächengröße

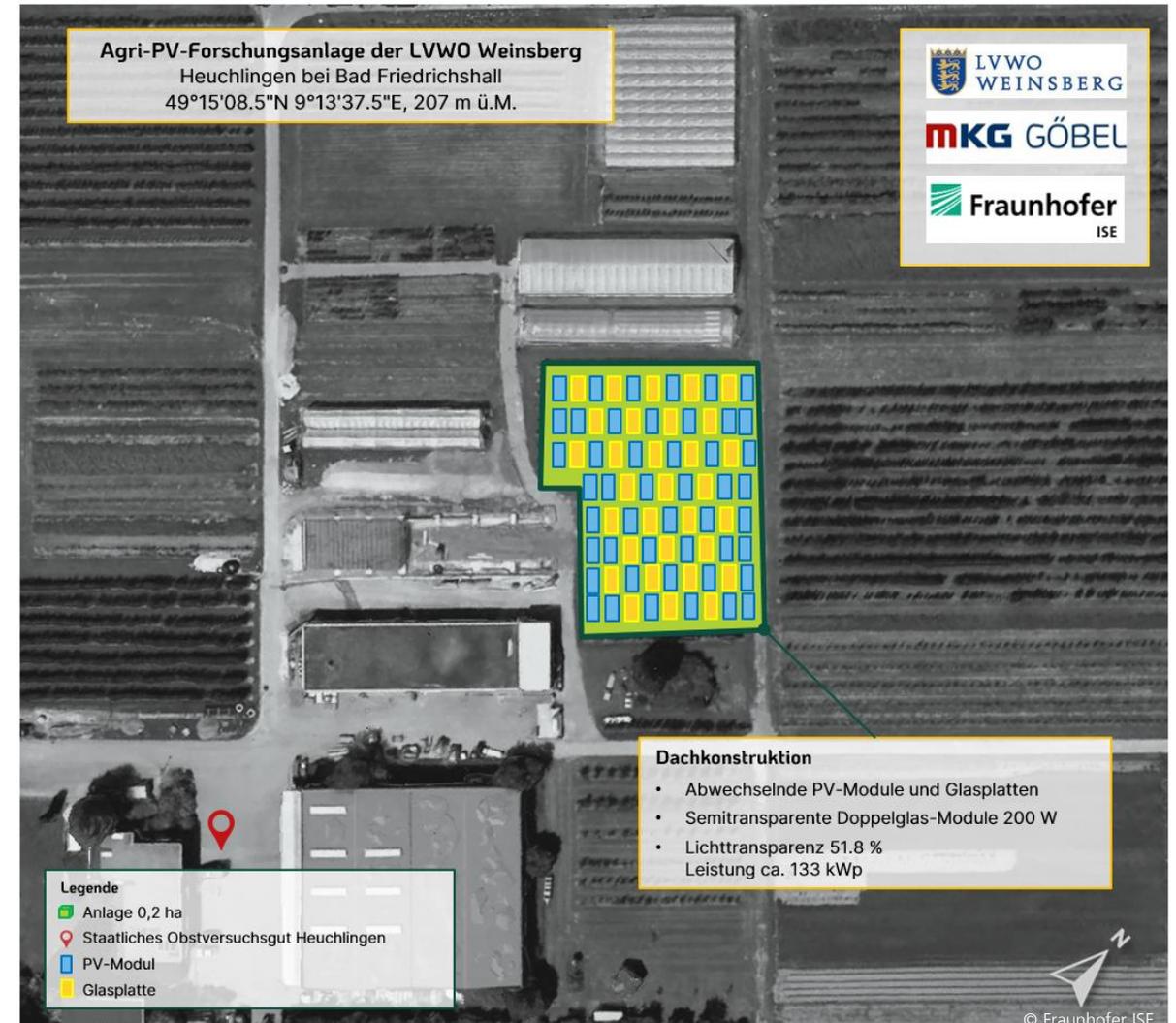
0.2 ha

Installierte Leistung

113 kWp

Besonderheiten

- Demonstration des fortgeschrittenen Beerenanbaus in überdachten Produktionssystemen.
- Einbau einer komplett geschlossenen Anlage mit geschlossenen Kreisläufen (Wasser und Nährstoffe).
- Regenwassersammlung, -speicherung und -nutzung.
- Entwicklung einer langfristigen Strategie zur Energieneutralität des OVG Heuchlingen.



Anlagenkonzepte – Modellregion Agri-PV BW

Forschungsanlage Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (LVWO)

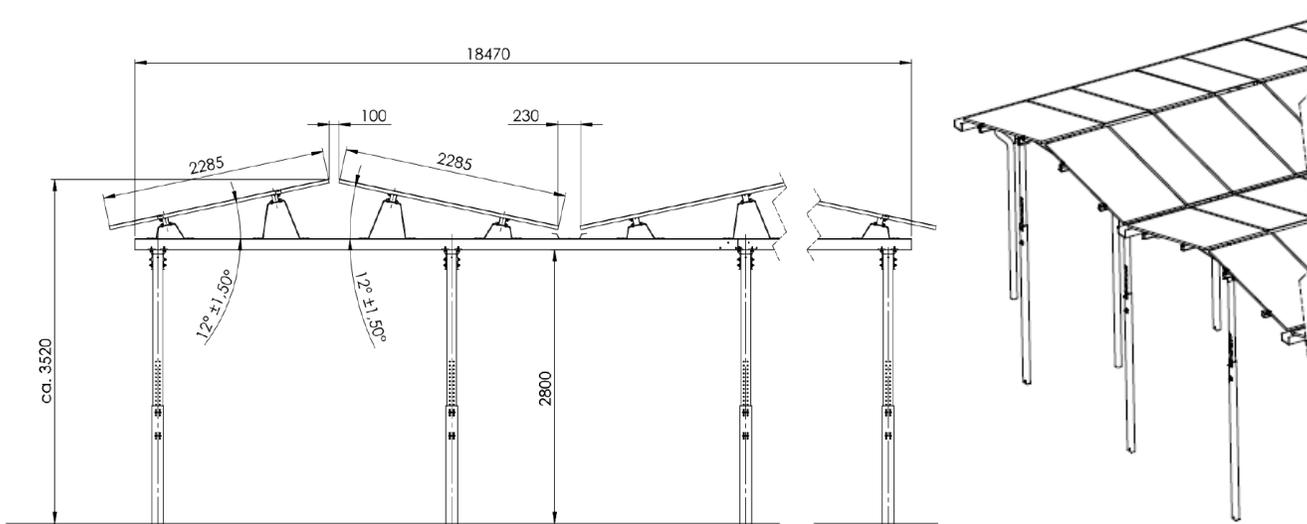


Abb. 1 u. 2 Unterkonstruktion GMS Double 1V Al 12°

Technische Daten

Module	HT-SAAE HT40-18X(PD)-F 416 Module à 310 W 131 kWp DC
Wechselrichter	SMA, Sunny Tripower Core2, STP110-60 110 kW AC



© Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg

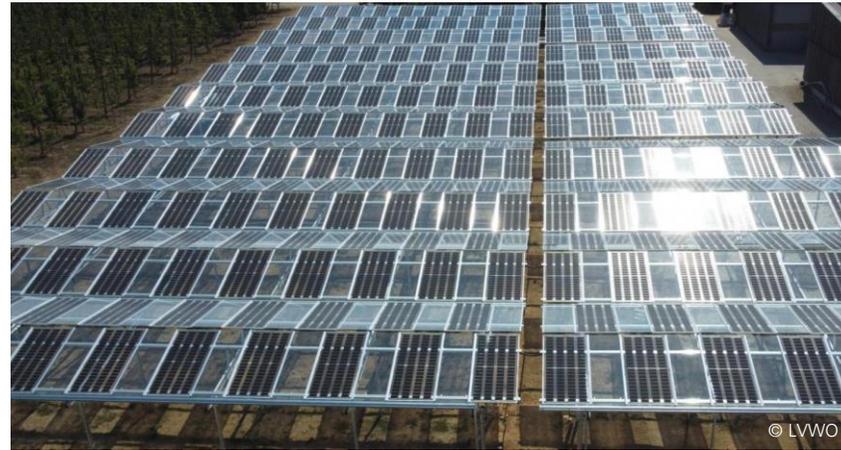


© Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg

Abb. 3 u. 4 Agri-PV-Anlage der LVWO

Modellregion Agri-PV BW

Agri-PV-Anlagen Übersicht



Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

Vielfältigkeit der Agri-PV



Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

Vielfältigkeit der Agri-PV



Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

Vielfältigkeit der Agri-PV



Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

Vielfältigkeit der Agri-PV



Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

Vielfältigkeit der Agri-PV



Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

Vielfältigkeit der Agri-PV



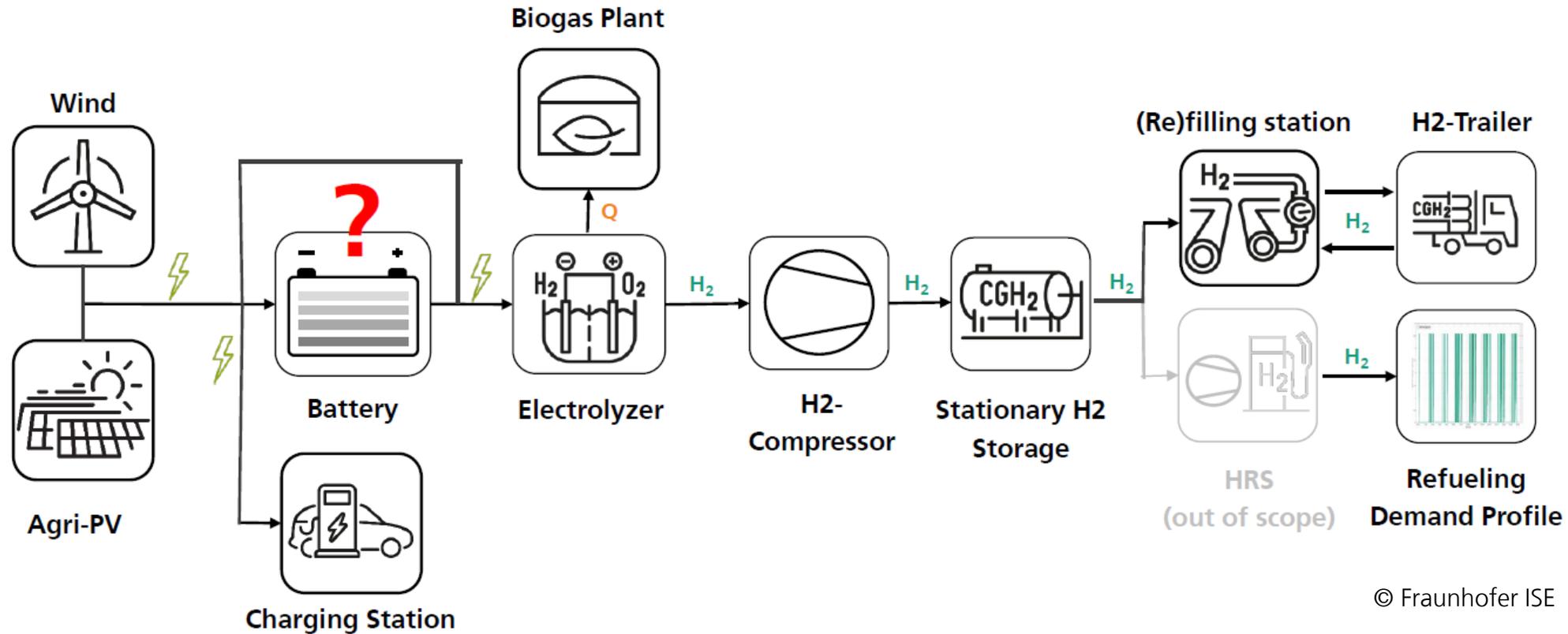
Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

Vielfältigkeit der Agri-PV



Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

Ein Ausblick auf morgen



© Fraunhofer ISE

Kontakt

Oliver Hörnle, M.Sc.
Agri-Photovoltaik
oliver.hoernle@ise.fraunhofer.de

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit
