

---

# POTENZIALE UND VORTEILE DUALER LANDNUTZUNG

Überblick und Einblicke in die Agri-PV mit Fokus auf Deutschland

---



© Fraunhofer ISE

Oliver Hörnle

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

[www.ise.fraunhofer.com](http://www.ise.fraunhofer.com)

[oliver.hoernle@ise.fraunhofer.de](mailto:oliver.hoernle@ise.fraunhofer.de)

# Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

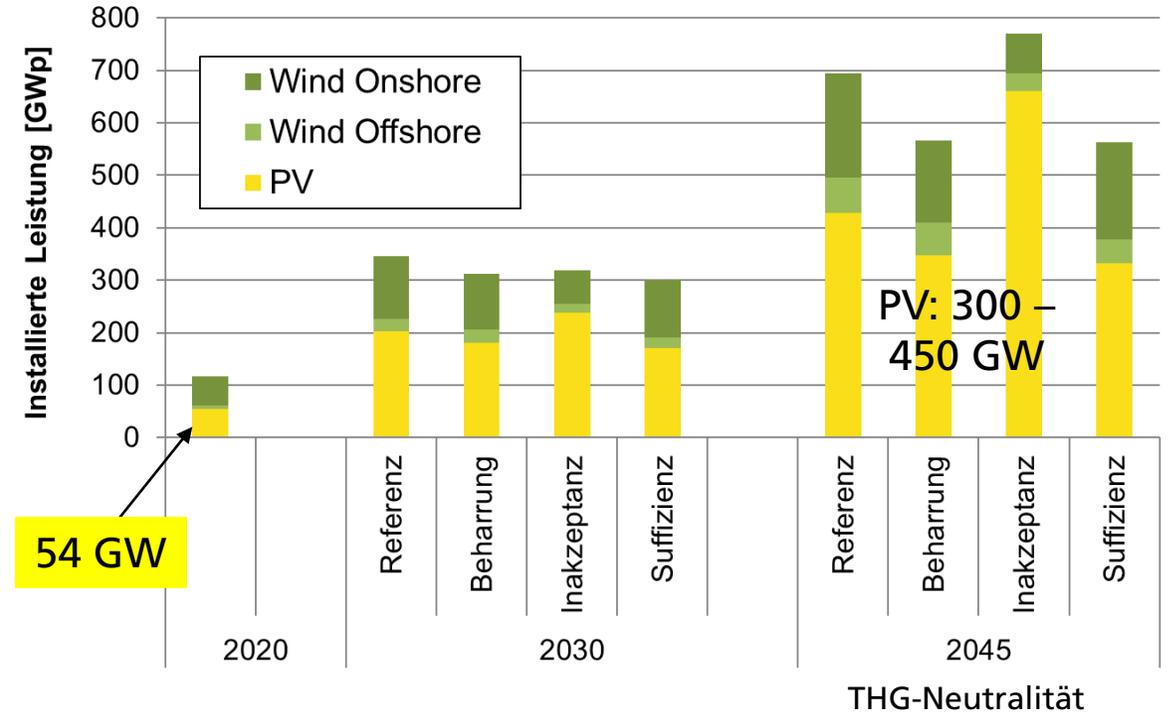
## Politische Ziele, Fakten und Nachfrage

- 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



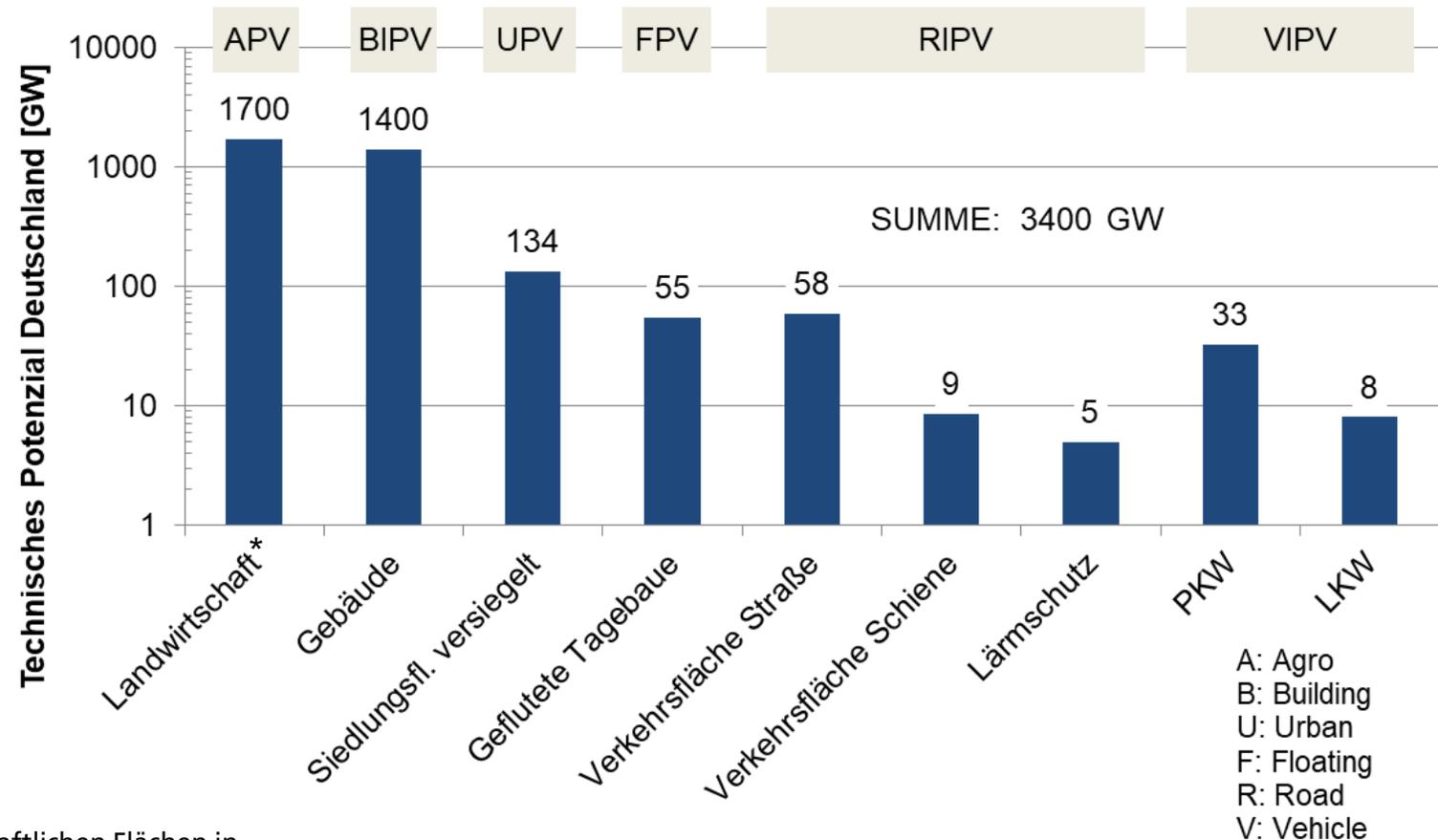
# Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

## Flächenpotenziale

### Technisches Potenzial:

Berücksichtigt

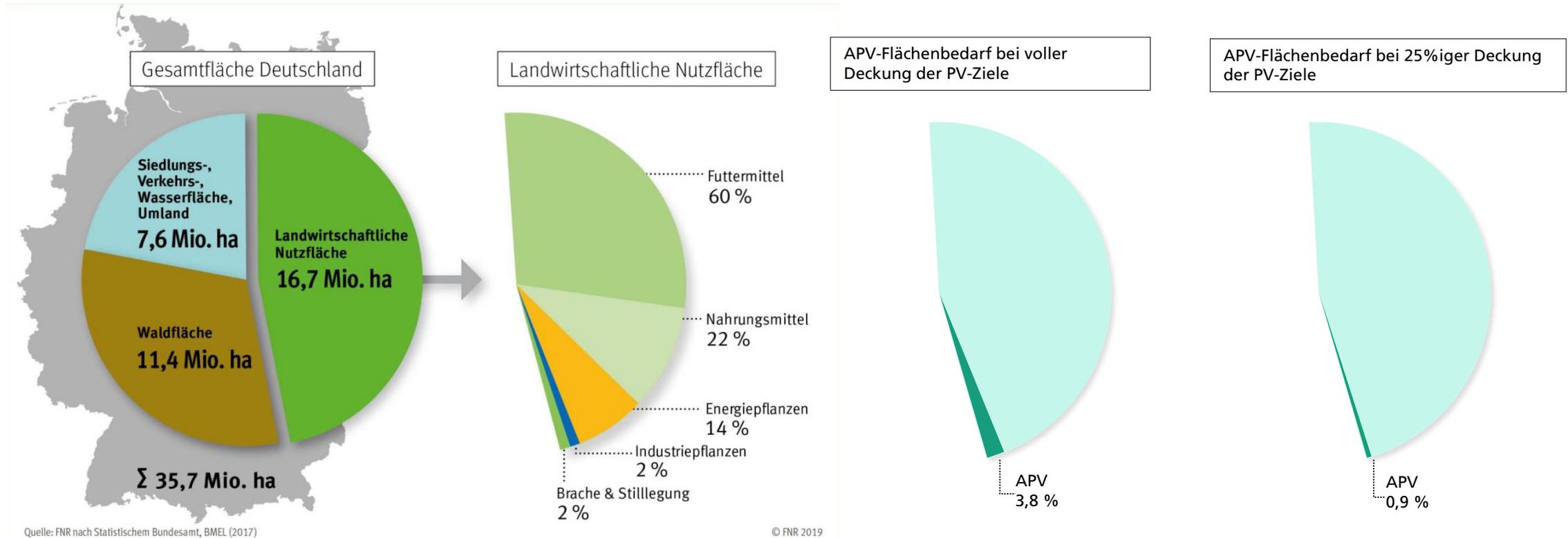
- technische,
- infrastrukturelle und
- ökologische Grenzen



\*entspricht ca. 17 % der landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland

# Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

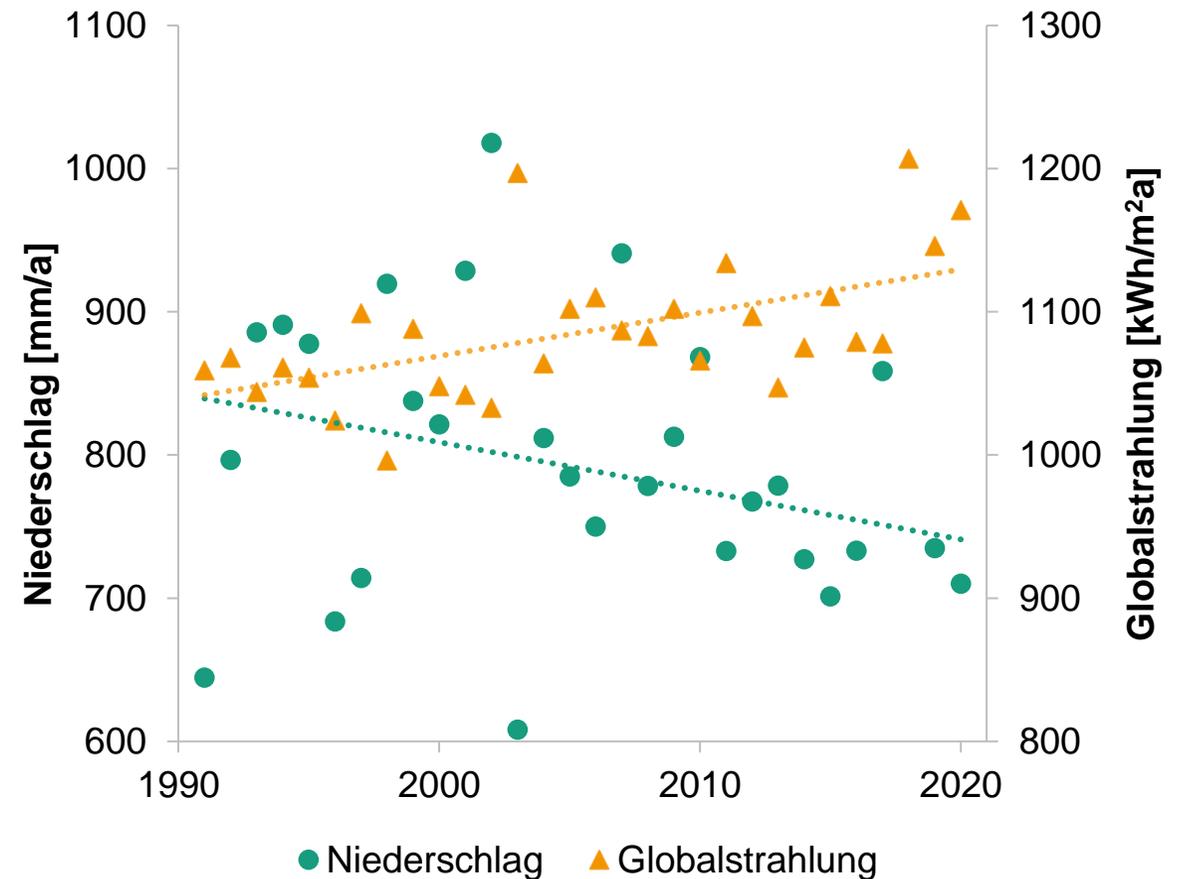
## Flächenpotenziale



# Chancen für die Landwirtschaft

## aktuelle Herausforderungen

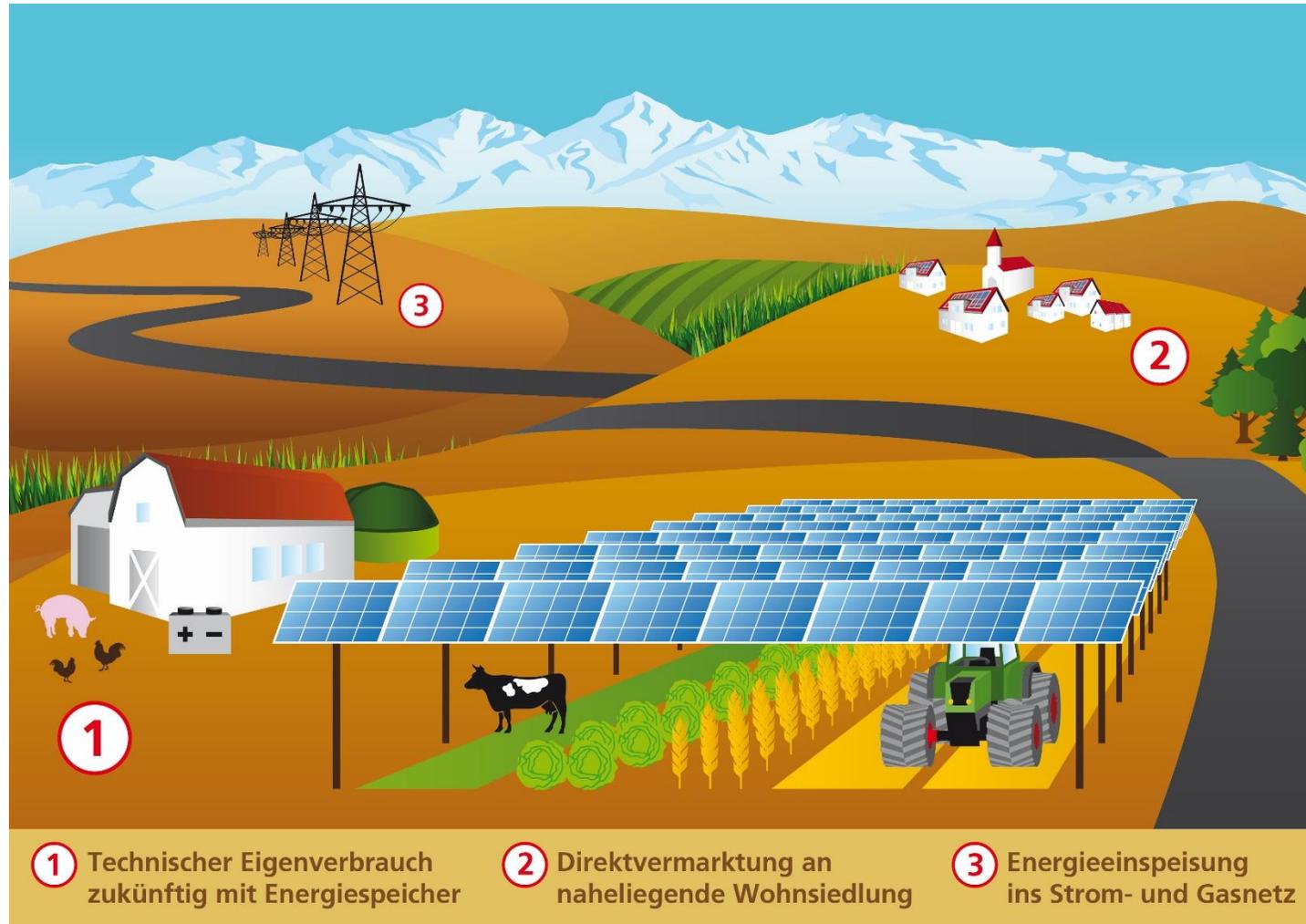
- Flächennutzungskonflikt
  - Klimawandel
    - Steigende Temperaturen, Globalstrahlung und Sonnenstunden
    - Abnehmender Niederschlag (Reduzierter Niederschlag im Frühling)
    - Wetterextreme
      - Häufigere und lange Trockenperioden
      - Heftige Regenereignisse, z. T. Hagel
- Pflanzen brauchen Schutz vor Regen und Sonne
- Agri-PV als Strategie um Ertragsverluste/schwankungen zu reduzieren



## Was ist Agri-PV?

# Agri-PV – Chancen für die Landwirtschaft und die Energiewende

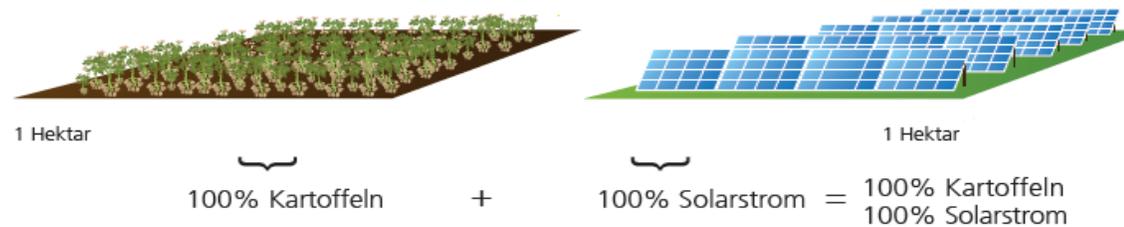
## Das Konzept



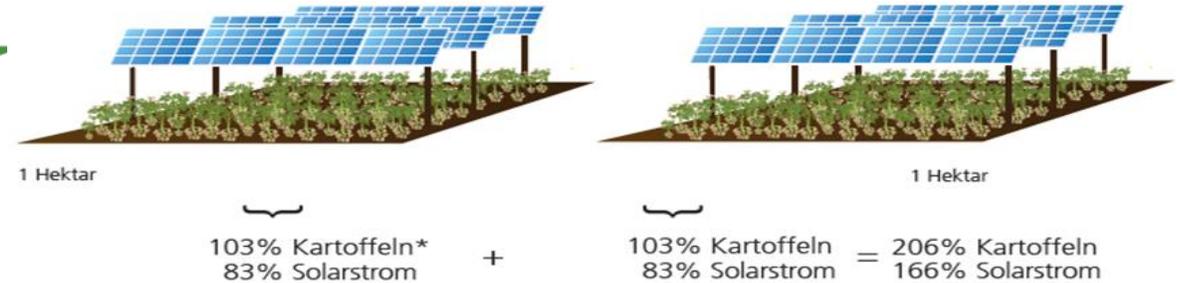
# Agri-Photovoltaik

## Versuchsergebnisse Heggelbach – Steigerung der Landnutzungseffizienz

Getrennte Flächennutzung auf 2 Hektar Ackerland



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



Quelle: Fraunhofer ISE, Universität Hohenheim

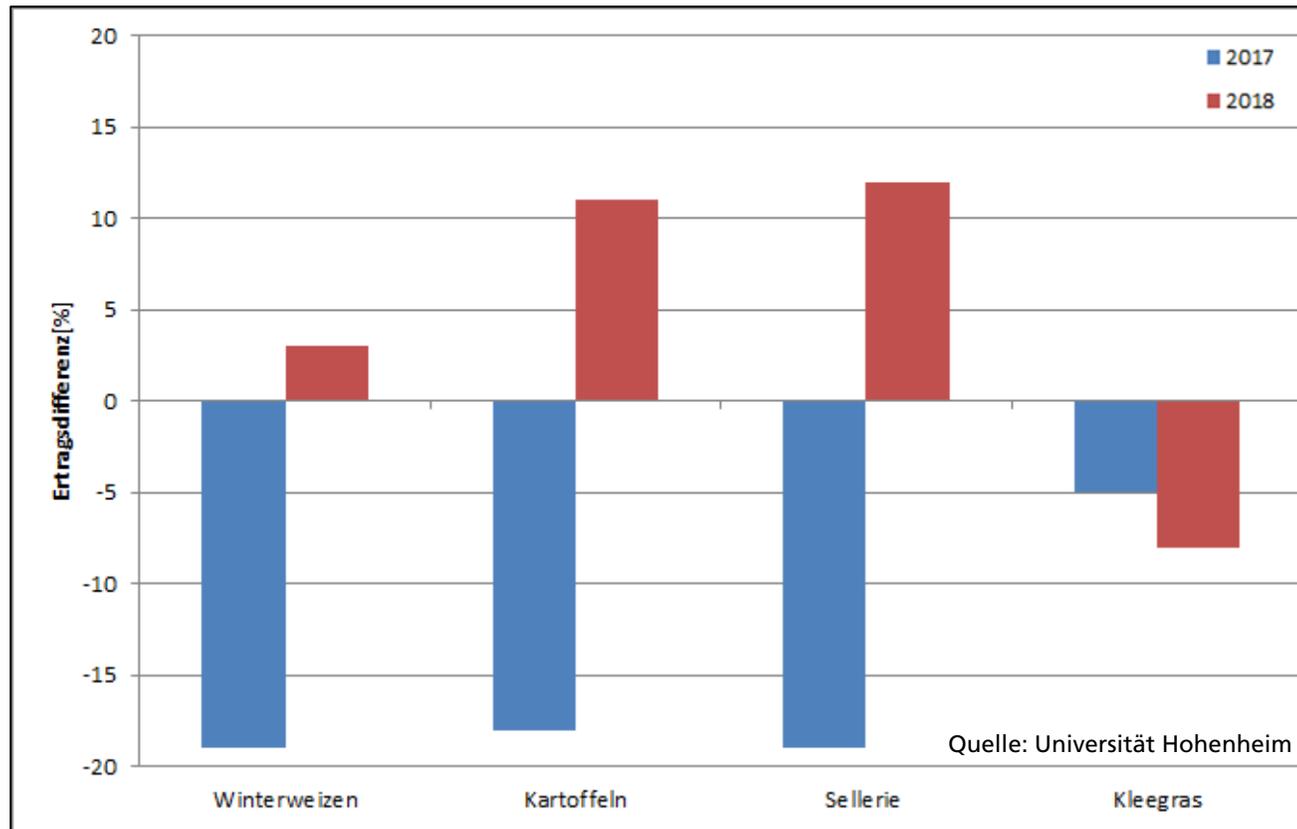
### ■ Ergebnis APV-RESOLA:

- 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-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

## Versuchsergebnisse Heggelbach

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

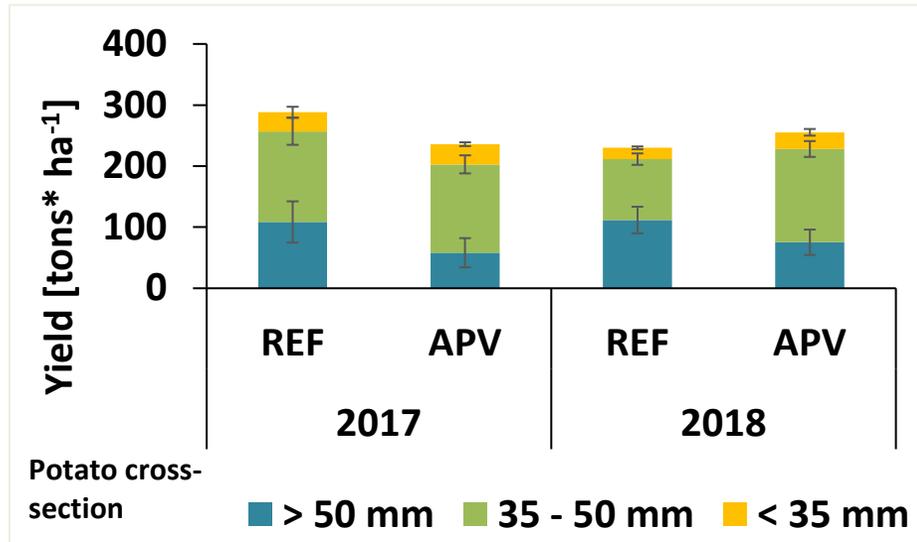


- Ertragsveränderungen stark abhängig von klimatischen Bedingungen
- Ertragschwankungen vor allem auf Vergleichsfläche beobachtbar
- Erträge unter Modulen in beiden Jahren relativ stabil
- Im Dürrejahr 2018 verzeichneten drei der vier angebauten Kulturen höhere Erträge als auf der Referenzfläche ohne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



# Agri-PV – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

## Ergebnisse der Forschungsanlage Heggelbach



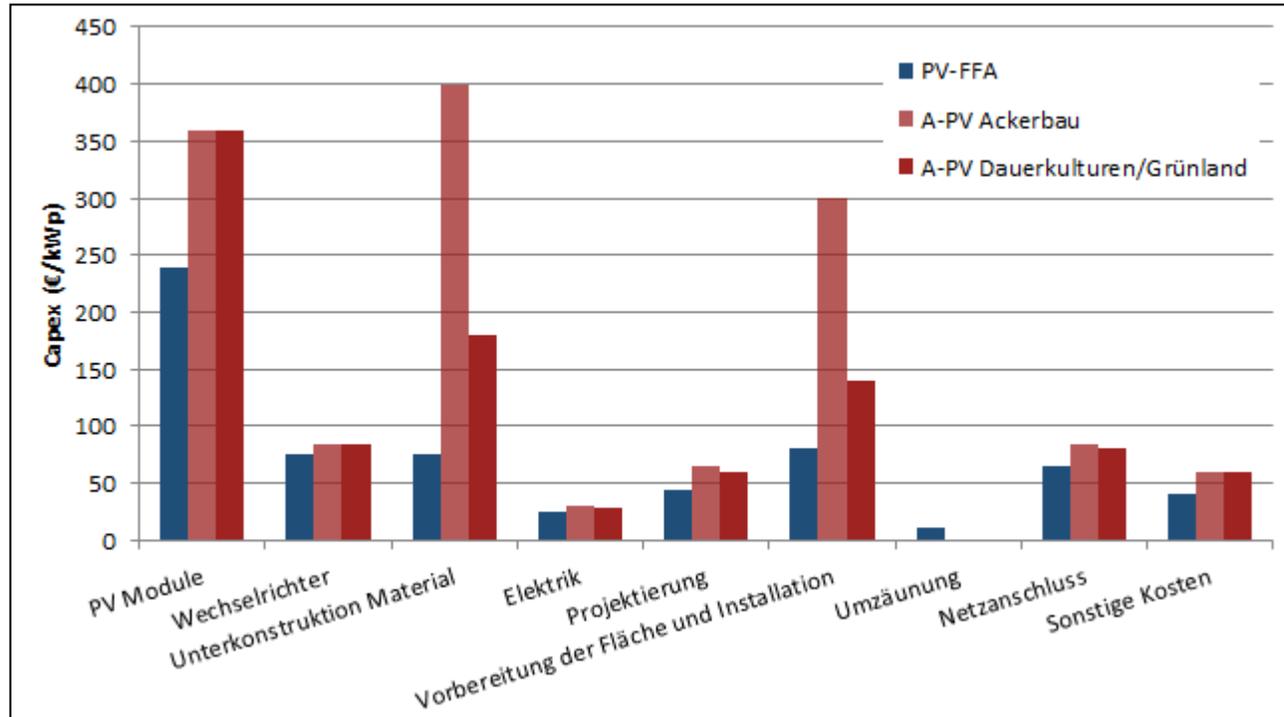
- 2017: Ertragsreduktion um bis zu 18 %
- 2018: Ertragssteigerung um bis zu 11 %
- Vermarktbarer Anteil der Kartoffeln (35-50 mm) in beiden Jahren unter PV höher



# Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

## Wirtschaftlichkeit

### Investitionskosten [€/kWp]

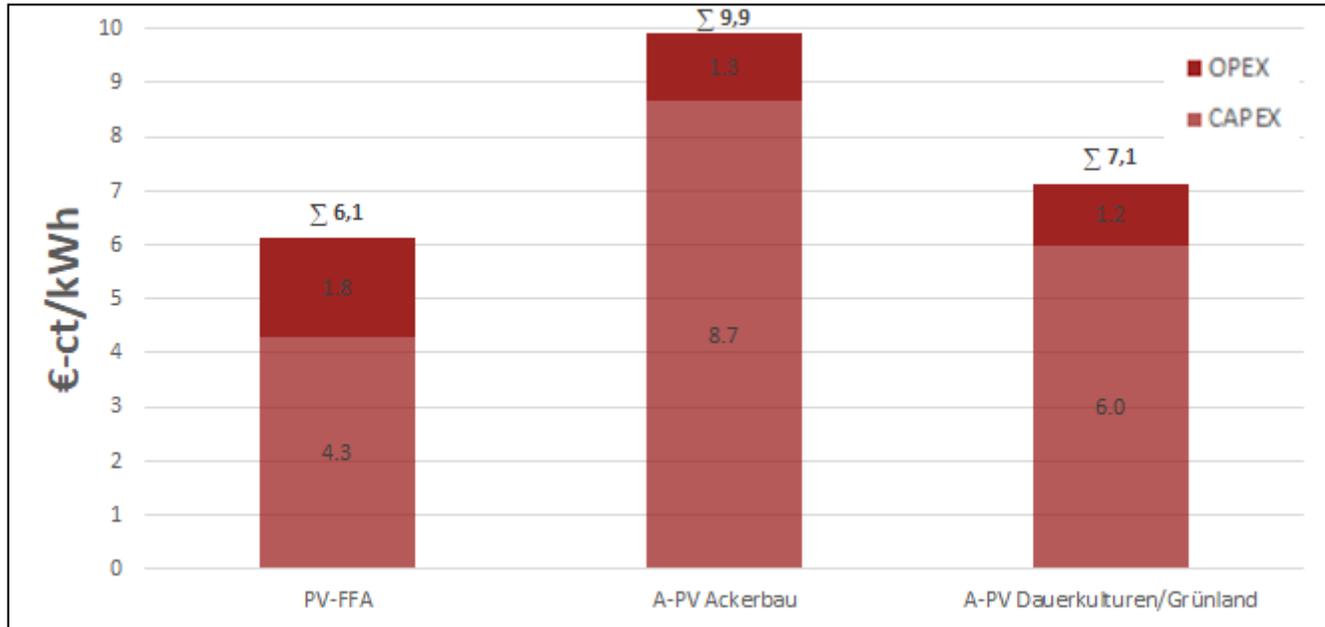


- Wirtschaftlichkeit als wichtiger Parameter für die Landwirtschaft
- Die Unterschiede der Investitionskosten lassen sich im Wesentlichen auf drei Kostenstellen zurückführen:
  - Modulpreis
  - Kosten Unterkonstruktion
  - Kosten Standortvorbereitung und Installation
- Kosten für elektronische Komponenten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

# Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

## Wirtschaftlichkeit

### Investitions- und Betriebskosten [€/kWh]

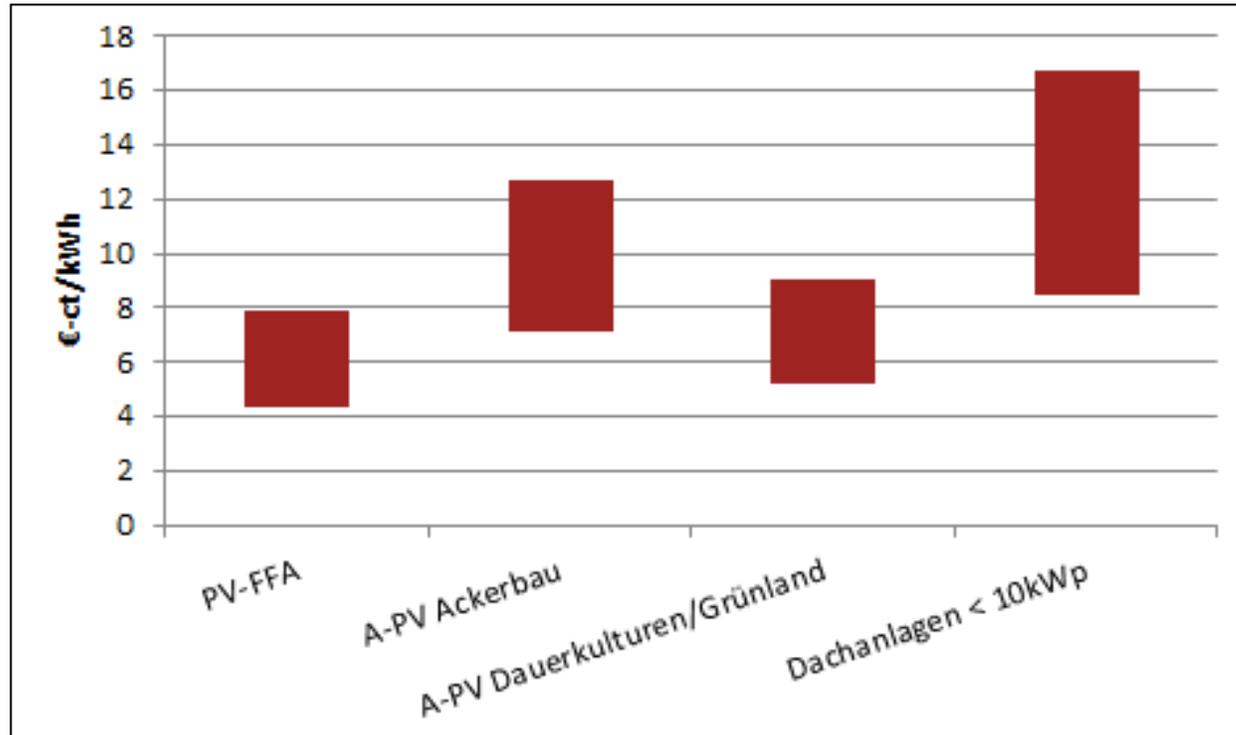


- Im Gegensatz zu den Investitionskosten können bei den Betriebskosten tendenziell leichte Einsparungen gegenüber PV-FFA erzielt werden
- Verantwortlich für die Kostenvorteile sind im Wesentlichen:
  - Niedrigere Kosten für die Bereitstellung der Fläche
  - Entfall der Flächenpflege durch die Bewirtschaftung
- Höhere Kosten entstehen hingegen voraussichtlich für die Reinigung oder Reparaturen in großer Höhe

# Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende

## Wirtschaftlichkeit

Stromgestehungskosten [€-ct/kWh]



- Strom aus Agrar-PV ca. 20 % günstiger als bei durchschnittlichen kleinen Dachanlagen
- Im Ackerbau im Schnitt 20 % teuer als Dauerkulturen /Grünland (ohne Skaleneffekte)
- Nicht berücksichtigt wird bei der Kostenabschätzung:
  - Skalierungseffekte im Ackerbau durch tendenziell höhere Schlaggrößen
  - Skalierungseffekte in den Fixkosten der Projektierung bei großen Anlagen
- Jedoch können kleine Anlagen auch Vorteile für die Wirtschaftlichkeit mit sich bringen  
-> Eigenverbrauch Strom

# Landwirtschaft

## Geschäftsmodelle

Je nach Konstellation der Projektpartner sind bei der Umsetzung verschiedene Parteien mit unterschiedlichen Funktionen involviert

Geschäftsmodell	Funktion			
	Bereitstellung Fläche	Landwirtschaftliche Bewirtschaftung	Bereitstellung PV-System	Betrieb PV-System
1. Basisfall	Landwirtschaftsbetrieb			
2. Externes Landeigentum	Landeigentümer	Landwirtschaftsbetrieb		
3. Externes PV-Investment	Landwirtschaftsbetrieb		PV-Investor	Landwirtschaftsbetrieb
4. Nur Bewirtschaftung und Betrieb	Landeigentümer	Landwirtschaftsbetrieb	PV-Investor	Landwirtschaftsbetrieb
5. Nur Bewirtschaftung	Landeigentümer	Landwirtschaftsbetrieb	PV-Investor	PV-Betreiber

# Agri-Photovoltaik – Chance für Landwirtschaft und Energiewende Förderung

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

**Richtlinie zur Förderung der Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Einsparung in  
Landwirtschaft und Gartenbau  
Teil A – Landwirtschaftliche Erzeugung, Wissenstransfer**  
vom 18. September 2020

**Bundesministerium für Ernährung und  
Landwirtschaft**

**Richtlinie zur Förderung der Energieeffizienz  
und CO<sub>2</sub>-Einsparung in Landwirtschaft und  
Gartenbau**

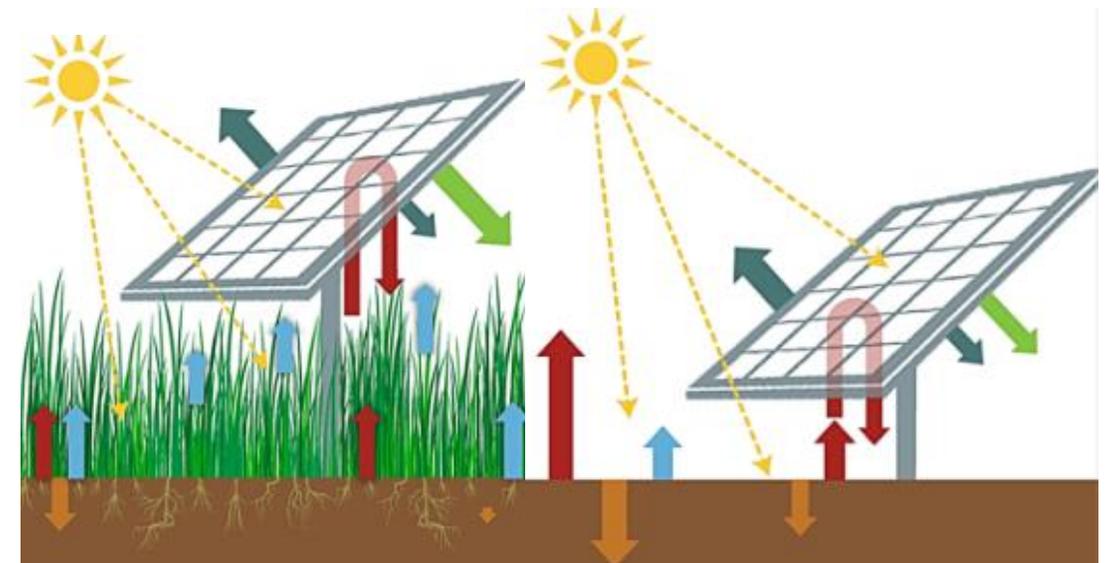
**Teil B: Erneuerbare Energieerzeugung**

Vom 18. August 2021

- Innovationsausschreibung EEG
  - Nur theoretisch möglich für aufgeständerte Agri-PV
  - Technologiepauschale EEG
  - Progres NRW
- HORIZON Europe
- Rechtliche Lage: Nicht definiert
  - Bebauungsplanverfahren mit FNP-Änderung
  - Privilegierung nach § 35 Absatz 1 Nr. 1,2, 4, 8 theoretisch denkbar

# Weitere Vorteile und Synergieeffekte

- das Mikroklima unterhalb der Module führt zur Transpirationskühlung
  - Oberhalb einer Temperatur von 25°C sinkt der PV-Wirkungsgrad um 0,4% pro 1°C Anstieg
- Albedo Wirkung:
  - bei nachgeführten Systemen / bifazialen Modulen kann der PV-Wirkungsgrad durch größeren Abstand zum Boden oder weiteren Reihenabstand erhöht werden



Barron-Gafford et al. (2019) Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands.

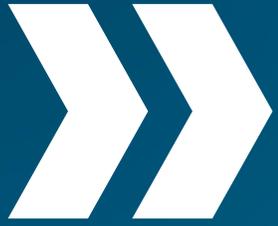
# Weitere Vorteile und Synergieeffekte

- Weniger direkte Strahlung reduziert
  - Transpiration
  - Evaporation
  - Sonnenbrandschäden
  - Trockenstress
- Möglicher Ersatz für Kunststoff-Pflanzenschutzmaßnahmen
  - Folientunnel für Beeren und Gemüse
  - Hagel-, Regen- & Sonnenschutz



# Die Modellregion Agri-PV BaWü





**Das Potenzial von Agri-Photovoltaik, gerade bei den Sonderkulturen wie Obst- und Weinbau, muss für eine erfolgreiche Energiewende ausgeschöpft werden. Wir werden deswegen weitere Pilotanlagen über verschiedenen Kulturen unterstützen.**

- Koalitionsvertrag der Grün-Schwarzen Landesregierung, „Heute für Morgen“

# Kressbronn a. B.

## Praxisanlage Obsthof Bernhard

### Anlagestandort

Kressbronn am Bodensee

### Flächengröße

0.5 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



# Vielfältigkeit der Agri-PV



# Vielfältigkeit der Agri-PV



# Vielfältigkeit der Agri-PV



# Vielfältigkeit der Agri-PV



# Vielfältigkeit der Agri-PV



# Vielfältigkeit der Agri-PV



Source: Oregon State Universtiy, Mark Floyd



Source: Next2Sun

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme

Oliver Hörnle

[www.ise.fraunhofer.com](http://www.ise.fraunhofer.com)

[oliver.hoernle@ise.fraunhofer.de](mailto:oliver.hoernle@ise.fraunhofer.de)