

Jana Kalmbach  
DVS Online Veranstaltung  
10.10.2023

---

# Agri-Photovoltaik: Umsetzungsmodelle der Energiewende in der Landwirtschaft

# Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

## Wer sind wir?

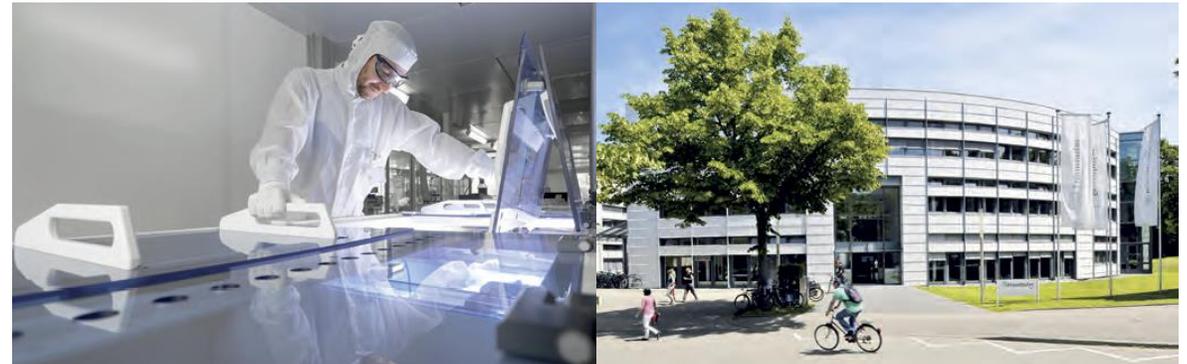
- 1981 gegründet von Prof. Adolf Goetzberger in Freiburg im Breisgau
- Mehr als 1200 Mitarbeitende
- Größtes Solarforschungsinstitut Europas
- Forschung zu Energiethemen: Konversion, Effizienz, Verteilung und Speicherung, neue Technologien



Source: DeStatis (2006)

## Gruppe Agri-Photovoltaik

- Gegründet 2014
- Aktuell über 60 Mitarbeitende



# Inhalt

1. Definition, Klassifikationen und Standards
2. Anwendungsbeispiele
3. Ausblick im Hinblick auf den Klimawandel



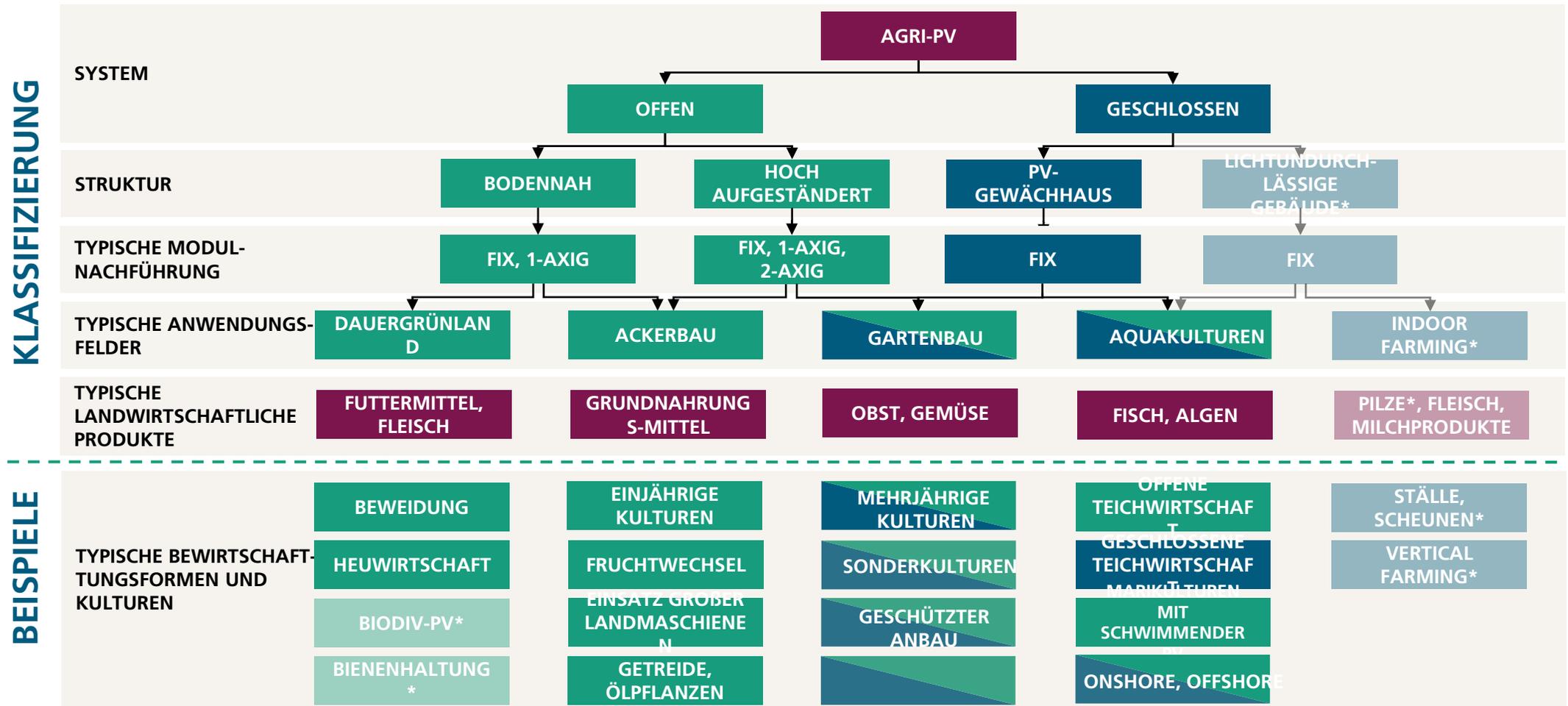
01



## Definition, Klassifikationen und Standards

# Agri-Photovoltaik

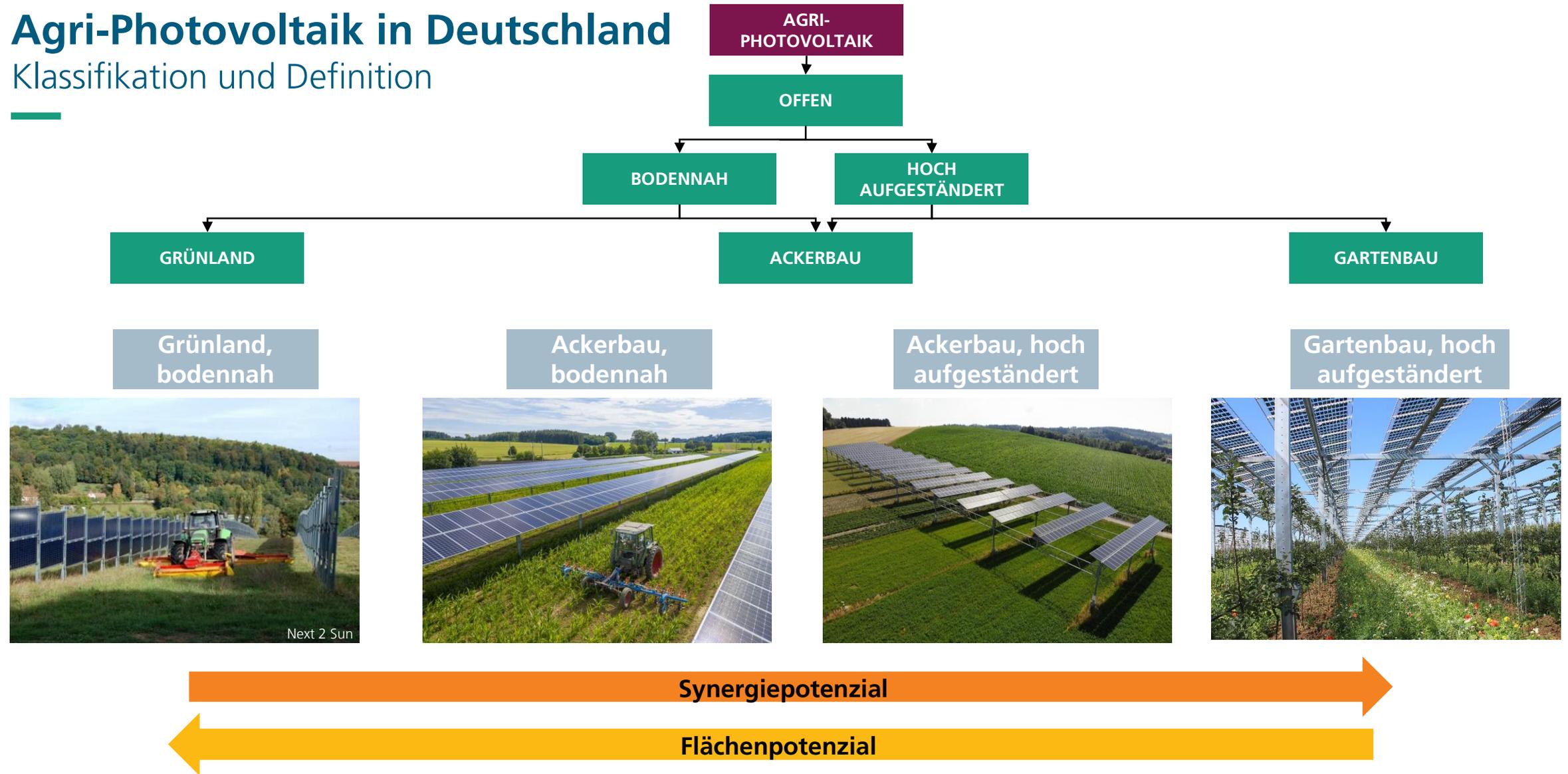
## Klassifizierung und Definition



\* Wird nur in breiteren Definitionen als Agri-PV betrachtet

# Agri-Photovoltaik in Deutschland

## Klassifikation und Definition



# Definition

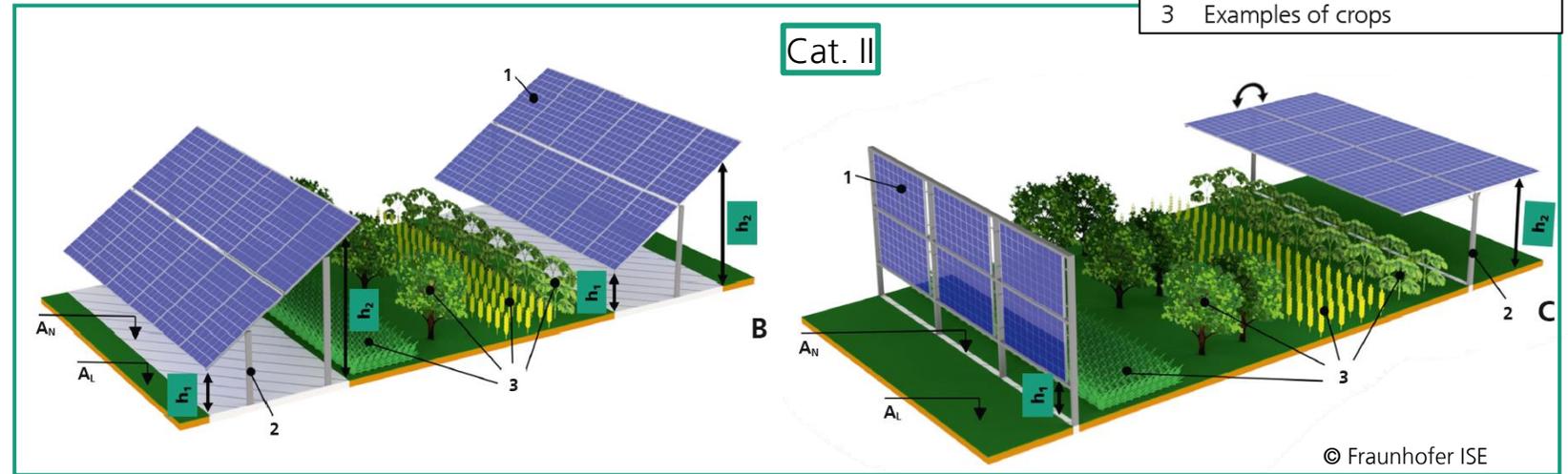
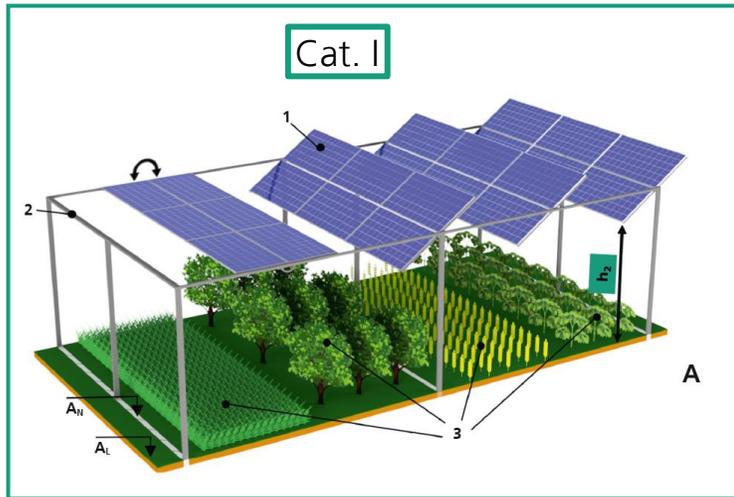
## DIN SPEC 91434

**Agri-Photovoltaik ist die kombinierte Nutzung derselben Fläche für die landwirtschaftliche Produktion an primärer Stelle und die Stromerzeugung an zweiter Stelle.**

- Veröffentlicht am 16. April 2021
- Differenzierung zwischen hochaufgeständert (Cat. I) und bodennaher PV (Cat. II):

### Legend

- $A_L$  Cultivable agricultural areas
- $A_N$  Uncultivable agricultural areas
- $h_1$  Clearance height below 2.1 m
- $h_2$  Clearance height above 2.1 m
- 1 Examples of solar modules
- 2 Mounting structure
- 3 Examples of crops



© Fraunhofer ISE

# Kernanforderungen & Kriterien

## DIN SPEC 91434

- **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



02

—

Anwendungsbeispiele

# APV RESOLA - Heggelbach

## APV im Ackerbau



### Versuchsaufbau

- Hochaufgeständertes System
- Bifaziale Module
- Feldversuche mit Klee gras, Kartoffeln, Winterweizen und Sellerie

### Technische Daten

- 194 kW<sub>p</sub> Installierte Leistung
- Lichte Höhe: ca. 5 m
- Durchfahrtsbreite: ca. 9 m

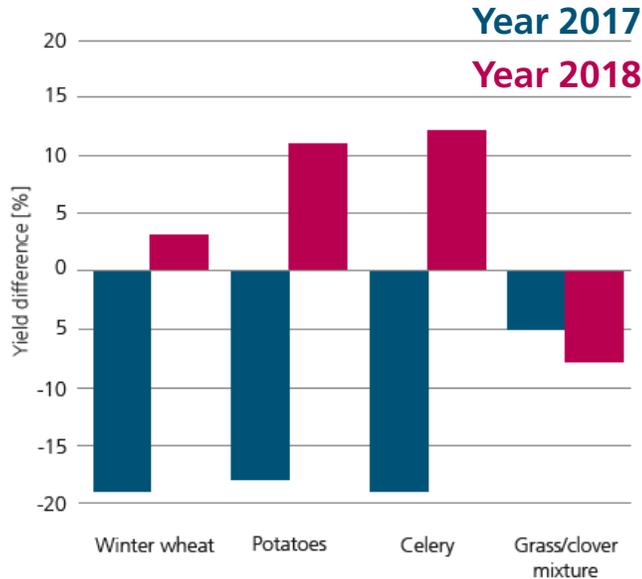
### Projekt

- Laufzeit: 03/2015 – 01/2021
- Budget: 3,5 Mio. €
- Forschungsziele
  - Einfluss Verschattung auf Ackerbaukulturen

# APV Resola

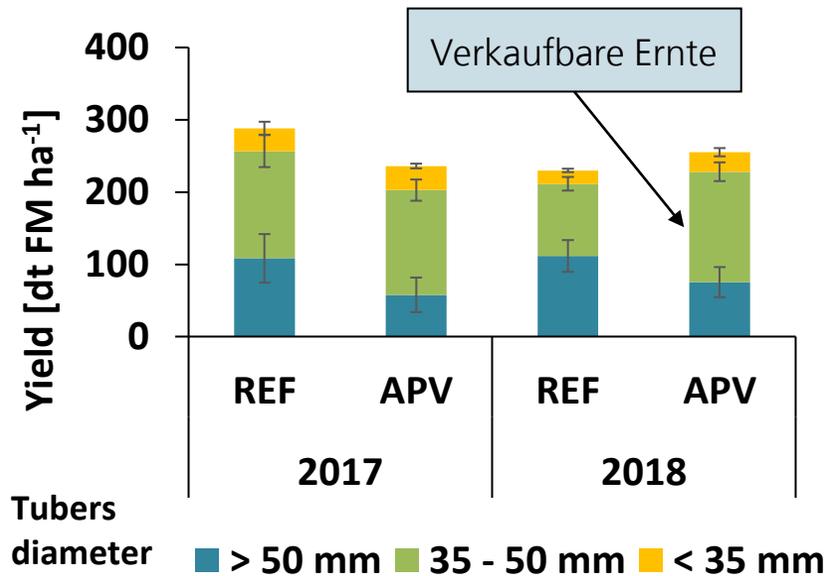
## Ergebnisse

### 1. Ernte



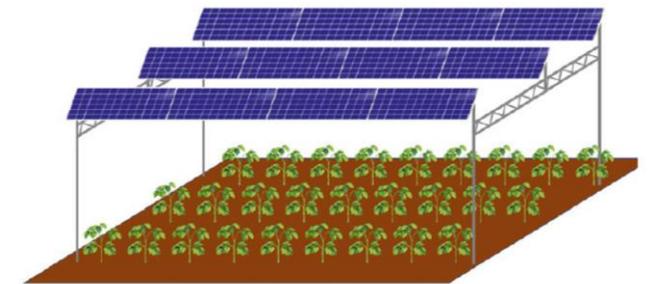
- Bessere Ernten im vergleichbar heißen, trockenen Sommer 2018

### 2. Ernte Kartoffeln



- Mehr Knollen in Marktgröße in beiden Jahren

### 3. Land Equivalent Ratio (LER\*)



- 103 % Kartoffeln
- 83 % Stromerzeugung
- ➔ 186 % Landnutzungseffizienz (2018)

Source: Fraunhofer ISE

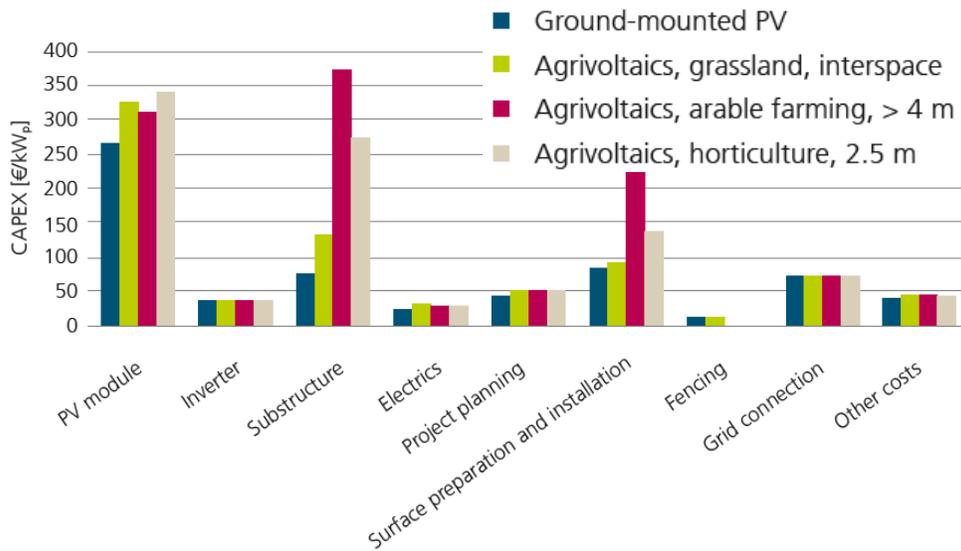
$$*LER\ 2018 = \frac{255,26 \frac{dt}{ha} (dual)}{230,02 \frac{dt}{ha} (mono)} + \frac{249.857 \frac{kWh}{a} (dual)}{301.032 \frac{kWh}{a} (mono)} - 0,083 = 1,86$$

# Heggelbach

## Wirtschaftlichkeit

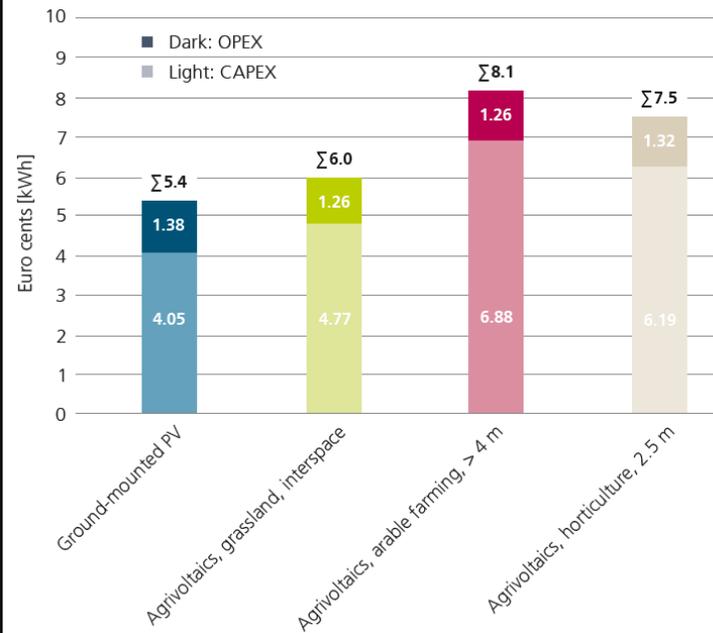
Hinweis: Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit dieser ersten Forschungsanlage sind unter Umständen nicht mit neuen Anlagen vergleichbar, da sich die Lage aufgrund von Förderungen und Preisentwicklungen geändert hat.

### Capital Expenditures (CAPEX):



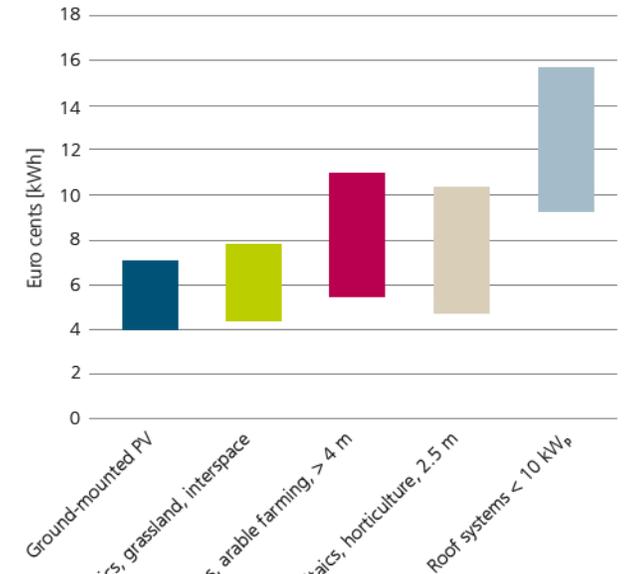
- Module price
- Cost of substructure
- Costs site preparation and installation

### Operating costs (OPEX):



- Provision of space - Lease
- Higher costs for cleaning and maintenance

### Levelized Costs of Electricity:



- Agrivoltaics: 8.15 €cent/kWh
- Ground-mounted PV: 6 €cent/kWh
- Roof PV: 11 €cent/kWh

# HyPERFarm – EU Projekt

## Systemintegration



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101000828



### Versuchsaufbau

- Entwicklung von drei standortspezifischen Agri-PV-Systemen in Deutschland, Dänemark und Belgien
- Elektrolyse, Stromspeicher und Bioabfallpyrolyse
- Wirtschaftlichkeitsanalysen und Akzeptanzforschung

### Technische Daten

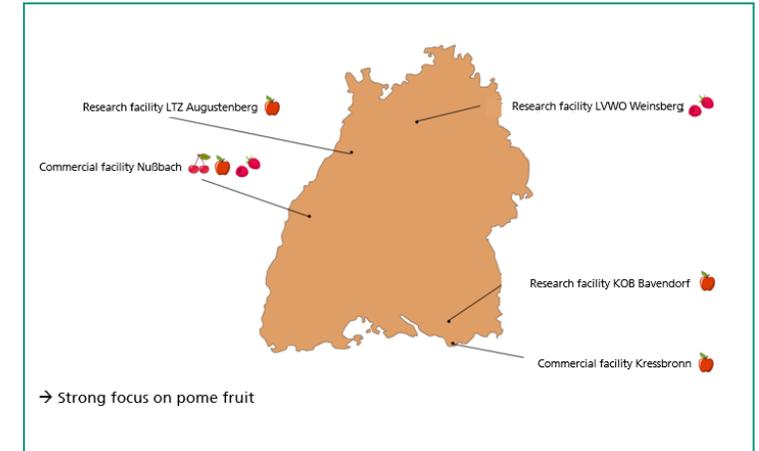
- Insgesamt 472.5 kW<sub>p</sub> Installierte Leistung
- Vertikales System (Dänemark)
- Hochaufgeständertes System (Belgien)
- Hochaufgeständert, nachgeführtes System (Deutschland)

### Projekt

- Laufzeit: 2020-2024
- Budget: 5,2 Mio. €
- Forschungsziele
  - Integration der Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien in landwirtschaftlichen Betrieben

# Modellregion Agri-PV Baden-Württemberg

## APV im Obstbau



### Versuchsaufbau

- 5 Pilotanlagen
  - Bavendorf
  - Kressbronn
  - Heuchlingen
  - Augustenberg
  - Nussbach

### Technische Daten

- 1700 kW<sub>p</sub> Installierte Leistung verteilt auf
  - 5 Anlagen
  - von 132 kWp bis 700kWp jeweils
- Lichte Höhe: bis zu 3,5 m
- Durchfahrtsbreite: unterschiedlich, 3,5 m in Kressbronn

### Projekt

- Laufzeit: 2021 - 2024
- Budget: 4,6 Mio. €
- Forschungsziele
  - Prüfung der Eignung von regional relevanten Sonderkulturen
  - Wirtschaftsmodelle
  - Leitlinien für Landwirte und Behörden

# Anlagen Modellregion Agri-PV Baden-Württemberg

## Impressionen



<https://www.agripv-bw.de/>; gefördert von: Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR) und Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM)

# Weitere Projekte

## Fokus auf Wassernutzung

### WATERMED 4.0



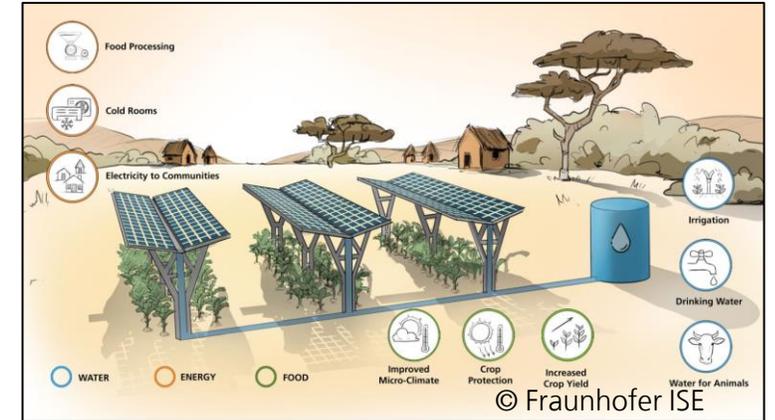
Wasserzyklusmanagement und Wassernutzungseffizienz in mediterranen Regionen (Algerien)

### SusMedHouse



Effiziente, high-tech Gewächshäuser in mediterranen Regionen (Türkei)

### APV-MaGa



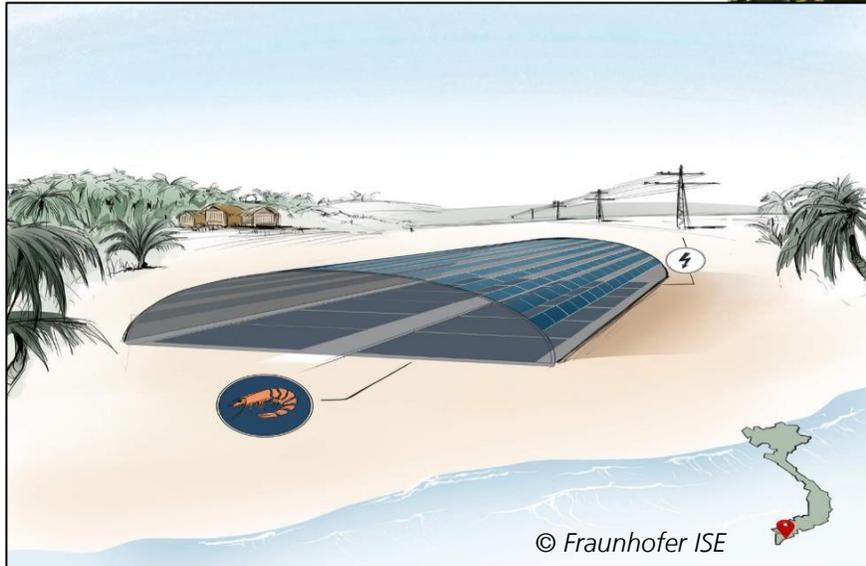
Dreifache Landnutzung:  
Nachhaltige Strom-,  
Nahrungsmittel- und  
Energieerzeugung mit  
Regenwassersammelsystemen  
(Mali und Gambia)

# Weitere Projekte

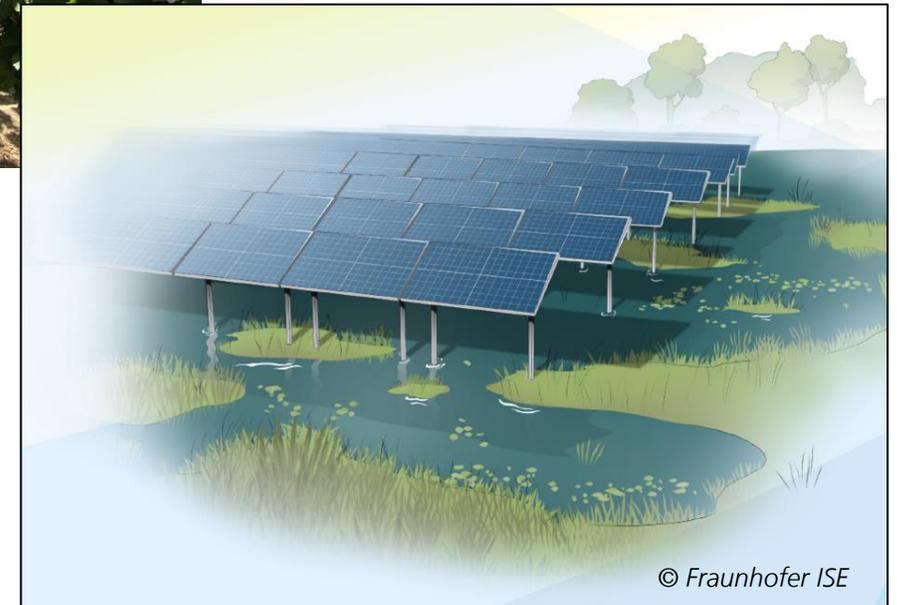
## Viti-PV



## Aquafarming



## Moor-PV





03



**Ausblick im Hinblick auf den  
Klimawandel**

# Aktuelle Herausforderungen und Chancen

Zwischen Klimawandel und Energiewende

## Herausforderungen Landwirtschaft

**Flächennutzungskonkurrenz**

## Chancen und Synergieeffekte der Agri-PV

## Herausforderungen Energiewende

# Aktuelle Herausforderungen und Chancen

## Zwischen Klimawandel und Energiewende

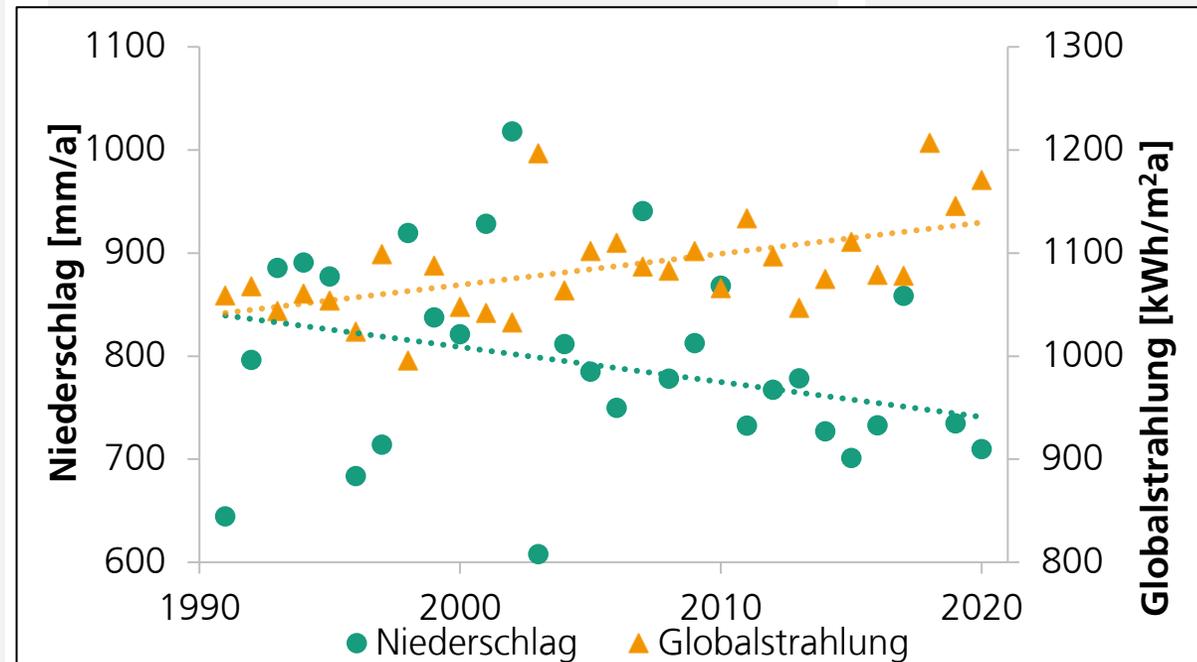
### Herausforderungen Landwirtschaft

#### Flächennutzungskonkurrenz Klimawandel

- Steigende Temperaturen und Globalstrahlung
- Abnehmende Niederschläge (insbesondere im Frühjahr)

### Chancen und Synergieeffekte der Agri-PV

### Herausforderungen Energiewende



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

# Aktuelle Herausforderungen und Chancen

## Zwischen Klimawandel und Energiewende

### Herausforderungen Landwirtschaft

#### Flächennutzungskonkurrenz Klimawandel

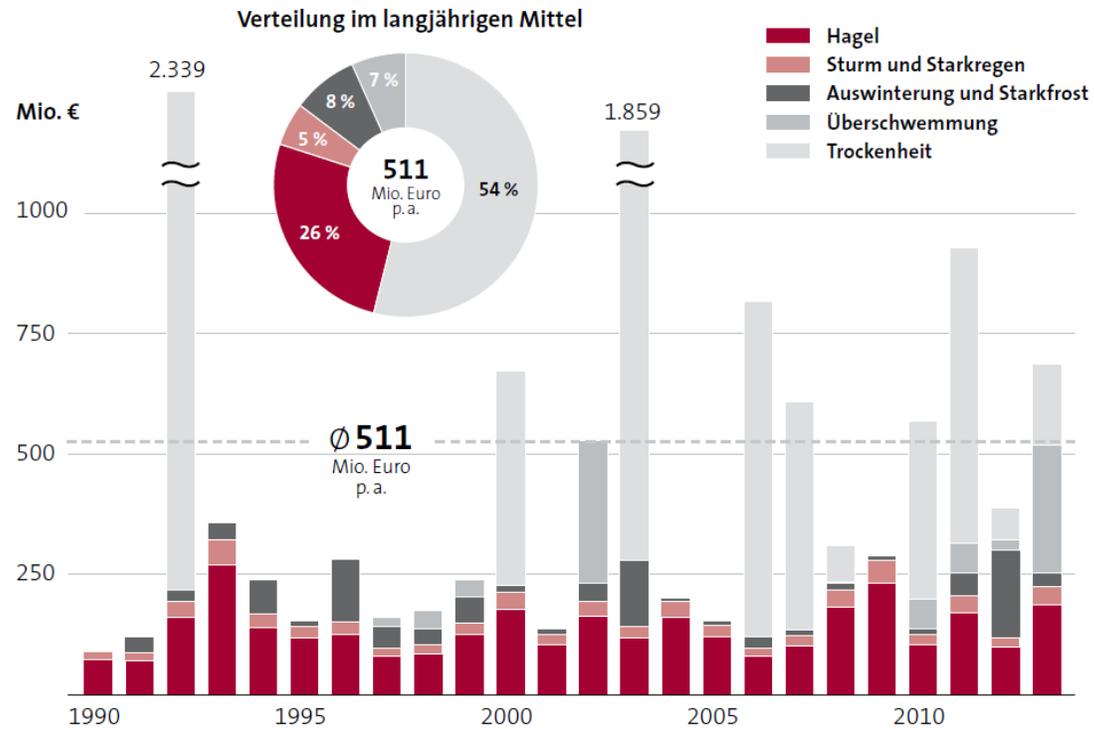
- Steigende Temperaturen und Globalstrahlung
- Abnehmende Niederschläge (insbesondere im Frühjahr)

#### Wetterextreme

- Häufige und lange Trockenperioden
- Starke Regenereignisse, Hagelstürme

### Ernteschäden durch Wetterextreme

Schadenaufwand durch verschiedene Wetterextreme 1990–2013 in Deutschland



Quelle: www.gdv.de | Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)



### Herausforderungen Energiewende

# Aktuelle Herausforderungen und Chancen

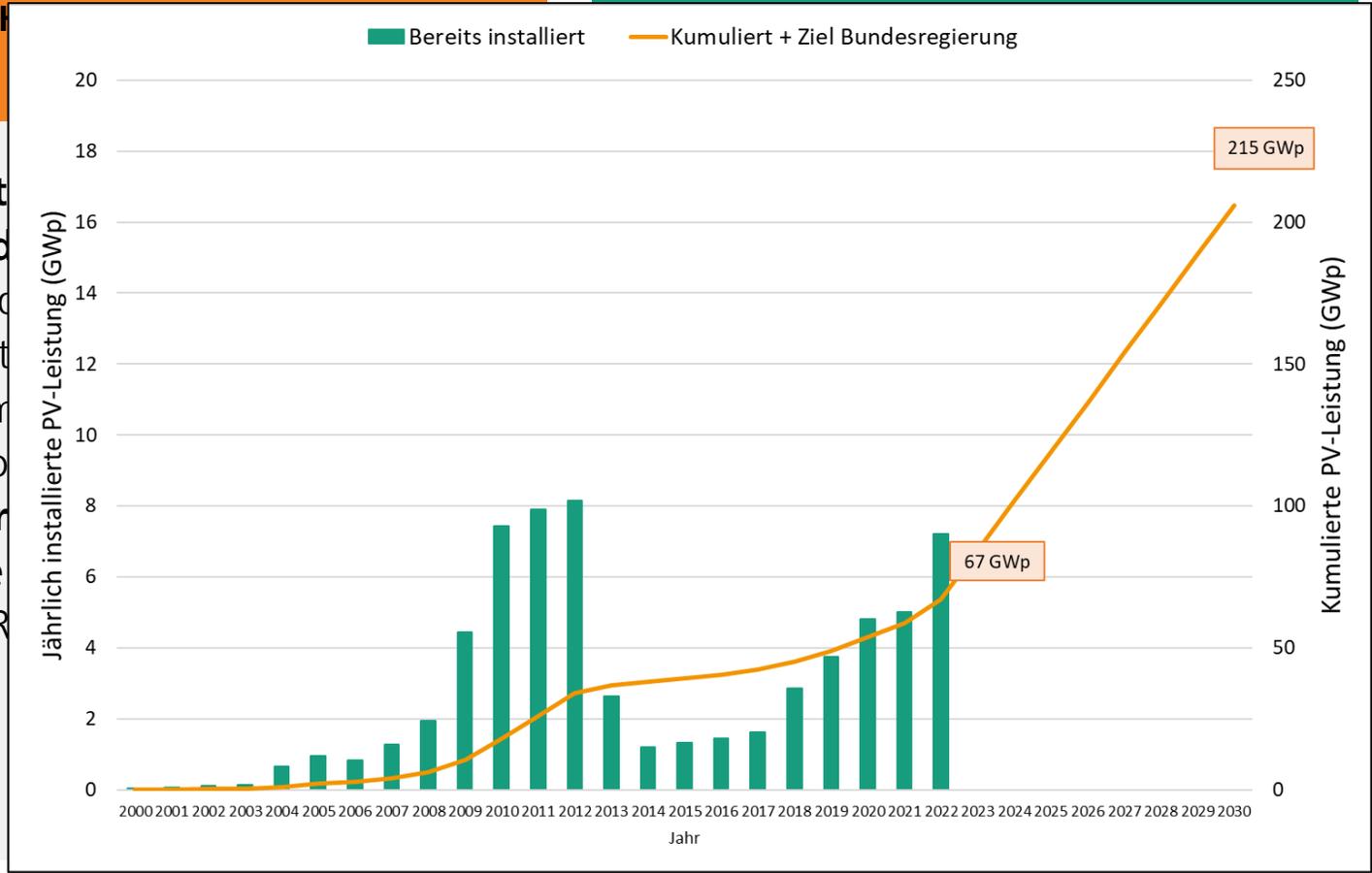
## Zwischen Klimawandel und Energiewende

### Flächennutzungsänderungen Klimawandel

- Steigende Globalstrahlung
- Abnehmende Wolkenbedeckung (insbesondere in den Tropen)

### Wetterextreme

- Häufigere Extremwetterereignisse
- Starke regionale Unterschiede



## Herausforderungen Energiewende

### Energiewende

- Anteil EE am Stromverbrauch 2030: 80 %
- PV-Ausbau bis 2030: **215 GWp**
- PV-Ausbau bis 2040: **400 GWp**

# Aktuelle Herausforderungen und Chancen

## Zwischen Klimawandel und Energiewende

### Herausforderungen Landwirtschaft

#### Flächennutzungskonkurrenz Klimawandel

- Steigende Temperaturen und Globalstrahlung
- Abnehmende Niederschläge (insbesondere im Frühjahr)

#### Wetterextreme

- Häufige und lange Trockenperioden
- Starke Regenereignisse, Hagelstürme

### Chancen und Synergieeffekte der Agri-PV

- Erhöhung der **Landnutzungseffizienz**, folglich Entschärfung von Landnutzungskonflikten
- Beitrag zur **Klimawandelmitigation** und – **adaption**
- Zusatznutzen für die Landwirtschaft u. a. durch **Schutz** vor Hagel - und Dürreschäden
- **Einkommensdiversifizierung** landwirtschaftlicher Betriebe

### Herausforderungen Energiewende

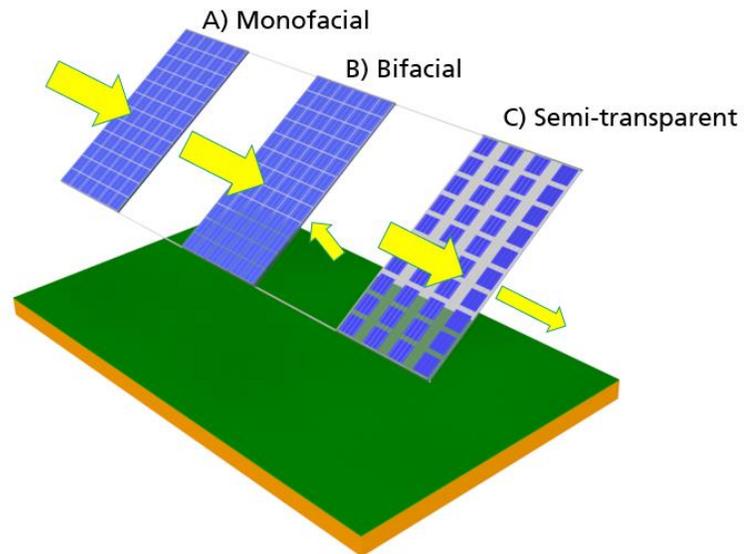
#### Energiewende

- Anteil EE am Stromverbrauch 2030: 80 %
- PV-Ausbau bis 2030: **215 GWp**
- PV-Ausbau bis 2040: **400 GWp**

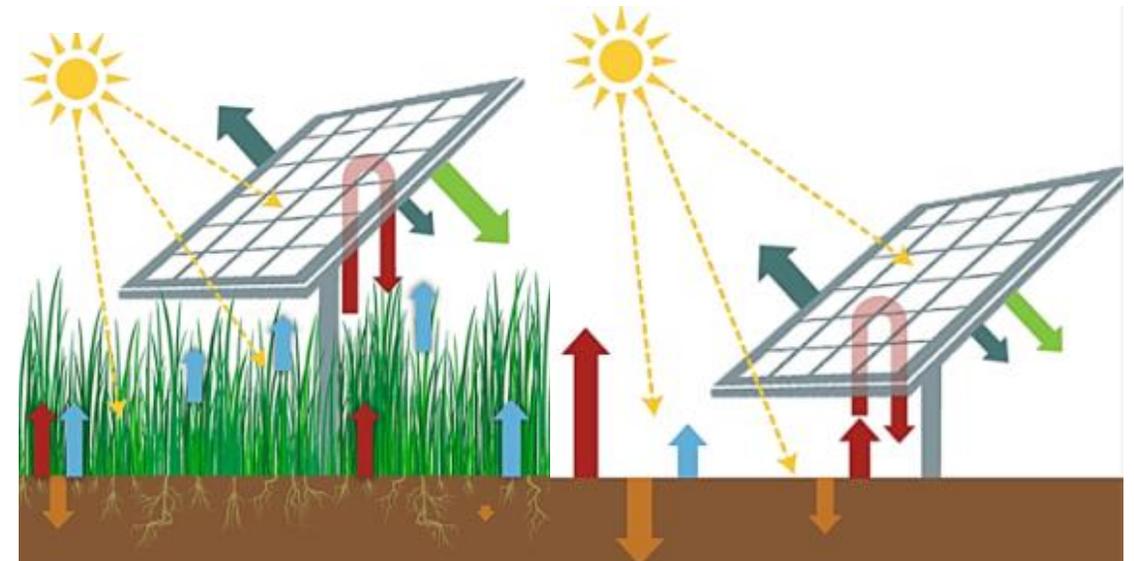
# Chancen der Agri-PV

## 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



© Fraunhofer ISE



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

# Kontakt

Jana Kalmbach  
Gruppe Agri-PV

[Jana.kalmbach@ise.fraunhofer.de](mailto:Jana.kalmbach@ise.fraunhofer.de)



Newsletter: [Newsletteranmeldung \(agri-pv.org\)](https://www.agri-pv.org/newsletter)

Website: [Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende \(agri-pv.org\)](https://www.agri-pv.org)

Kontaktformular: [Kontakt \(agri-pv.org\)](https://www.agri-pv.org/kontakt)

Allgemeine Fragen zu Agri-PV: [pvmmod.apv@ise.fraunhofer.de](mailto:pvmmod.apv@ise.fraunhofer.de)

Projektanfragen: [agri.pv.industry@ise.fraunhofer.de](mailto:agri.pv.industry@ise.fraunhofer.de)



# R&D Services

Fraunhofer Institute of Solar Energy Systems ISE

## R & D Services

