



Source: Totalenergies, sas de Bel-Air, Jean-Philipp Delacre, Channay

# Landwirtschaftliches Ertragsverhalten in vertikalen bifazialen Agri-PV-Systemen

Agri-PV Forum Sachsen 2023

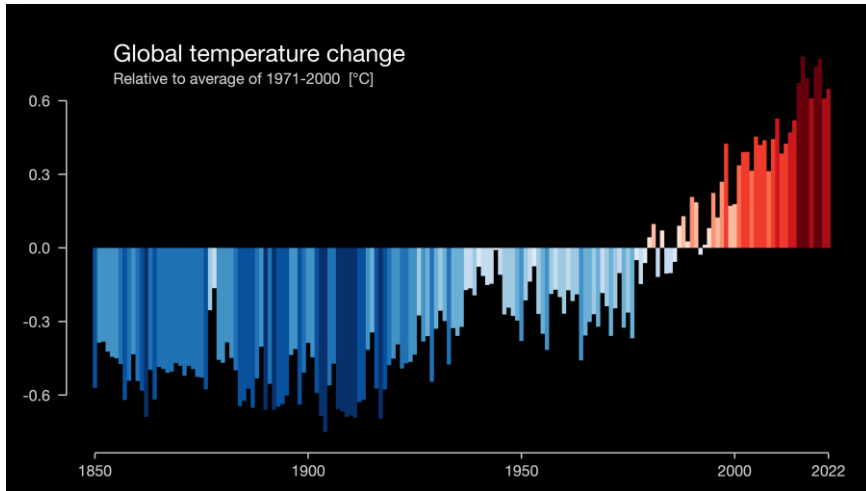


**Next 2 Sun**

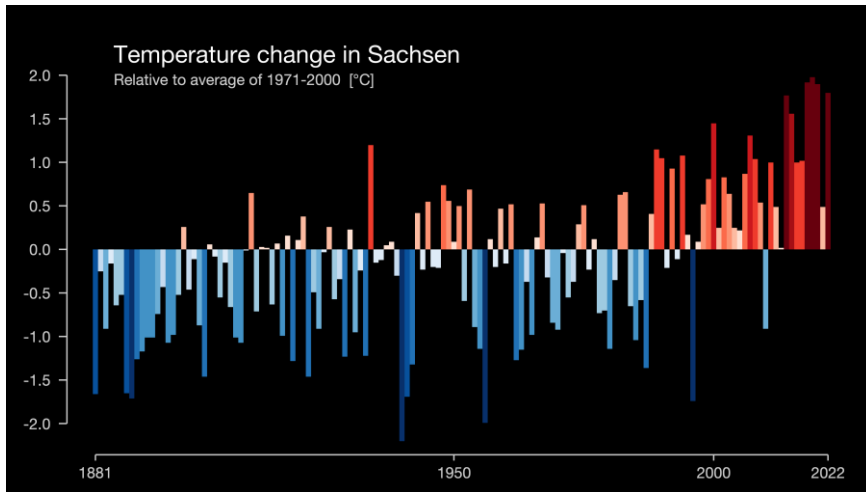
We stand for energy transition.



Global + 1,2 °C



Sachsen + 1,6 °C



- Der **Klimawandel** und seine Folgen schreiten immer schneller voran.
- Das 1,5 °C Ziel des Pariser Klimaabkommens unter aktuellen Anstrengungen nicht zu erreichen.
  - **Aktueller globaler Pfad: 2,7 °C**
- Deutsche Klimaziele (2030) unter aktuellen Anstrengungen nicht zu erreichen.
  - Intensivierung der globalen & nationalen Klima-Anstrengungen.
  - **PV-Ausbaubedarf Deutschland von 400 - 500 GWp**
    - **Verelffachung der PV-Leistung auf der Freifläche ggü. 2020**

# Problemstellung

## Potenziale Photovoltaik

- Zur Erreichung einer rechtzeitigen Klimaneutralität ist installierte Leistung der Photovoltaik auf der Freifläche von mindestens **68 GWp** notwendig<sup>3</sup>.
- Folglich **Potenziale d. flächenneutralen PV-Technologien** (PV-Aufdach etc.) alleine **unzureichend**, um **Dekarbonisierung** des deutschen Energiesystems zu bewerkstelligen.
- **Ausbau der PV auf landwirtschaftlichen Flächen zwingend notwendig.**

■ Fehlende Kapazität<sub>PV-FFA</sub> = Bedarf<sub>PV</sub> - Potenzial<sub>PV</sub>

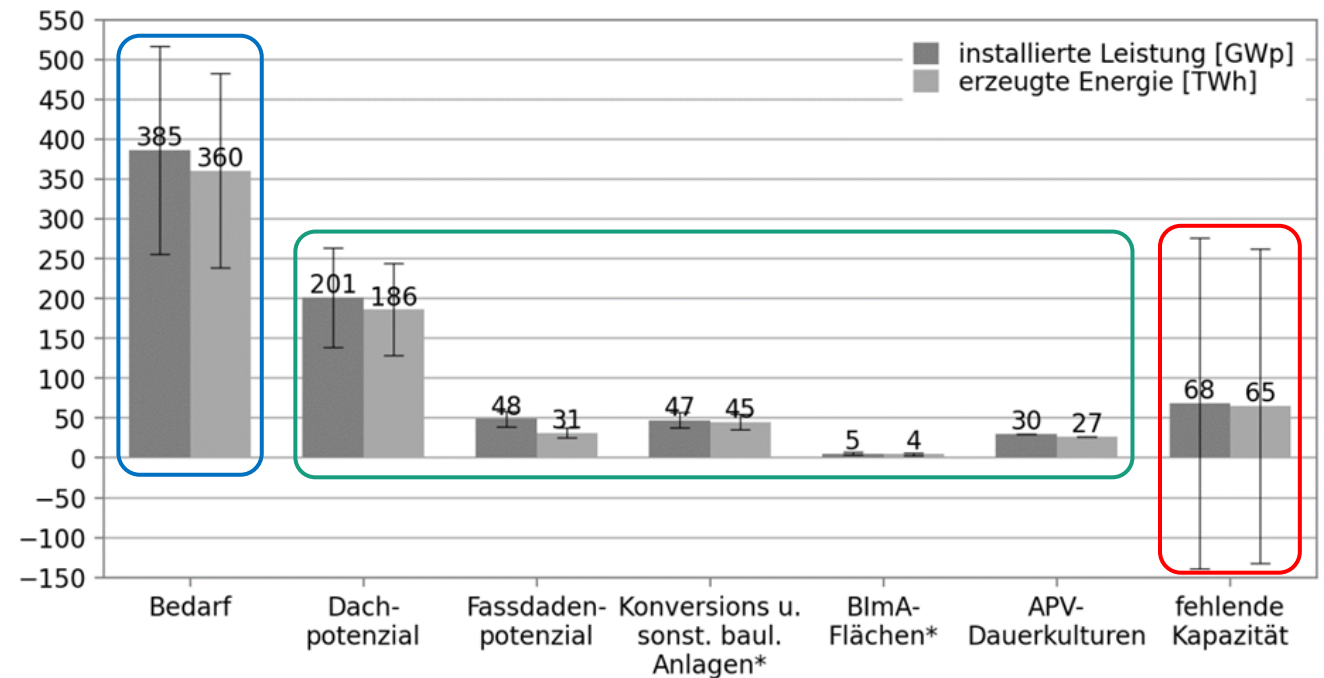


Abb. 2: Mittlerer Photovoltaik-Ausbaubedarf und Potenziale von integrierten Photovoltaik-Technologien.

<sup>3</sup>konservative Betrachtung.



# Problemstellung

## Freiflächen-Photovoltaik: Status Quo

### Konventionelle Freiflächen-Photovoltaik



### Konflikt: Erneuerbare Energie ODER Landwirtschaft?

## Nahrungsmittelversorgung

- Bis 2050 Zuwachs der Nahrungsmittelbereitstellung weltweit von 50 % erforderlich [7].

### ■ Globaler & nationaler Kontext

- **Bevölkerungswachstum** → Verfügbare landw. Fläche pro Kopf (ALC) sinkt
- Erforderliche **Agrarwende** (Extensivierung, ökol. Anbau) sorgt für **verringerte Ertrageffizienz**.
- Folgen d. **Klimawandels** verringern landw. Erträge.

### ■ Nationaler Kontext

- Selbstversorgungsgrad DE 88 % → Importabhängig [4].
- Inanspruchnahme v. landw. Flächen: 52 ha/Tag [5] → Ziel bis 2030: 30 ha/Tag; bis 2050: 0 ha/Tag [3]
- 2007 - 2016: Anstieg d. Pacht- bzw. Kaufpreise v. landw. genutzte Flächen von rund 57 bzw. 142 % [1]

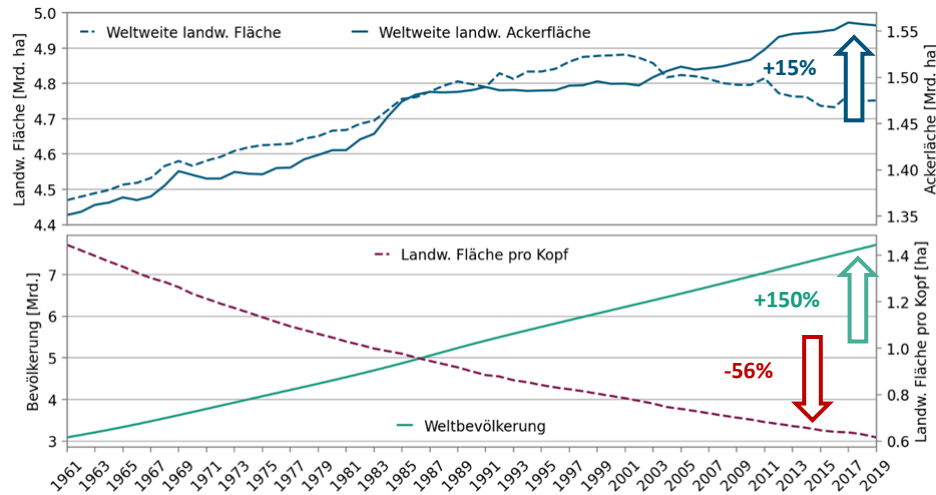


Abb. 3: Entwicklung weltweite landwirtschaftliche Fläche, Weltbevölkerung und ALC.

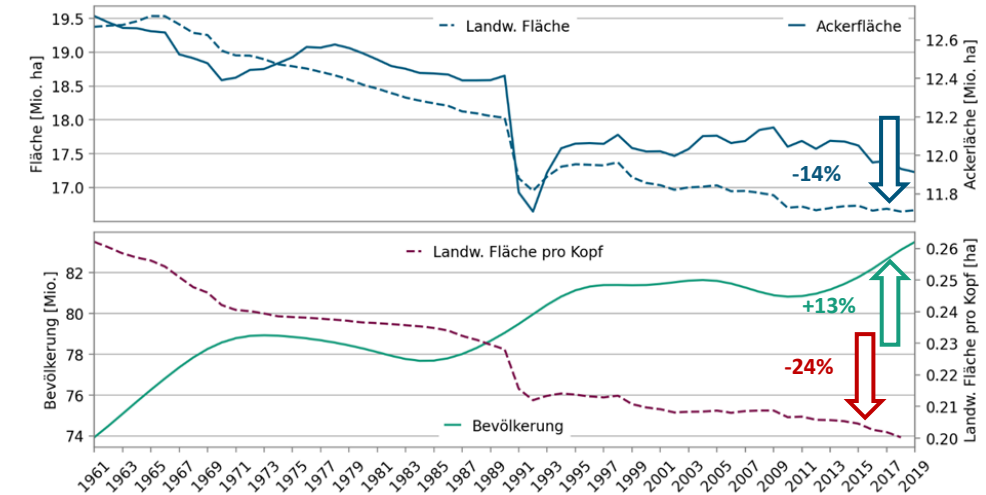
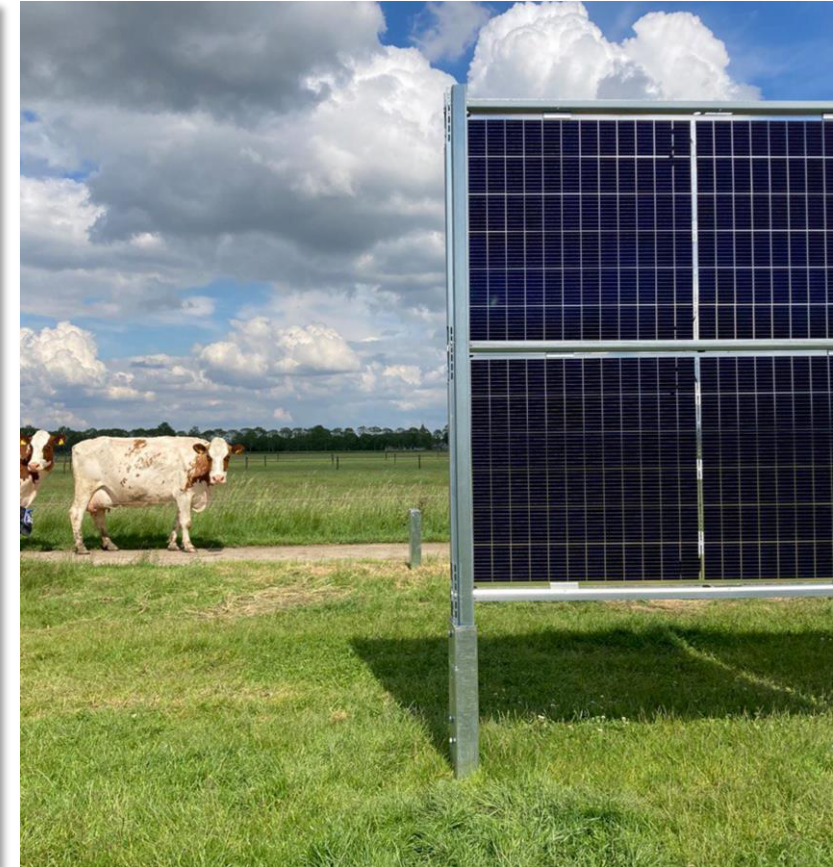


Abb. 4: Entwicklung deutsche landwirtschaftliche Fläche, Bevölkerung und ALC.

- **Reduktion** von landw. **Flächenverlusten** muss, insbesondere unter Berücksichtigung d. zukünftigen Nachfrage von biogenen flüssigen und gasförmigen Energieträgern, im **Fokus des erneuerbaren Ausbaus** stehen.



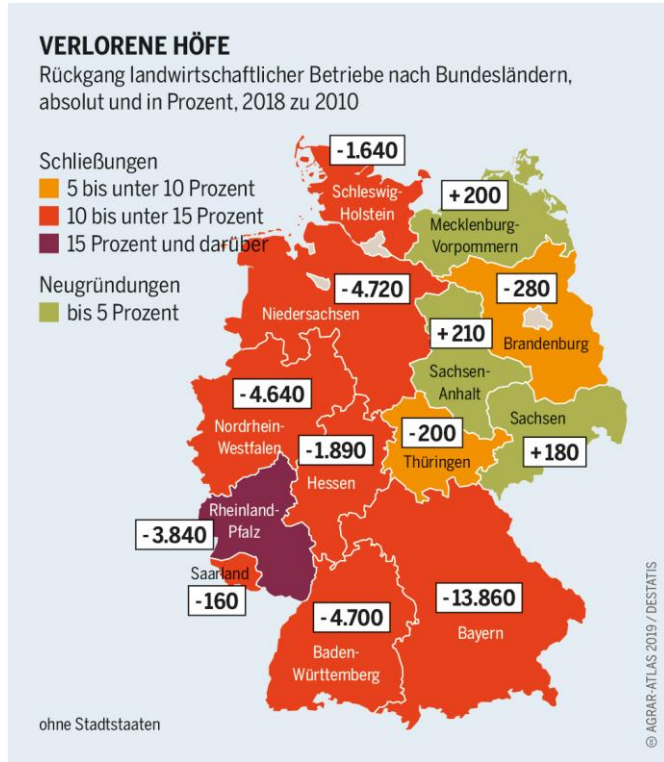
### Vertikale Agri-Photovoltaik



**Synergetische Doppelnutzung: Erneuerbare Energie UND Landwirtschaft!**

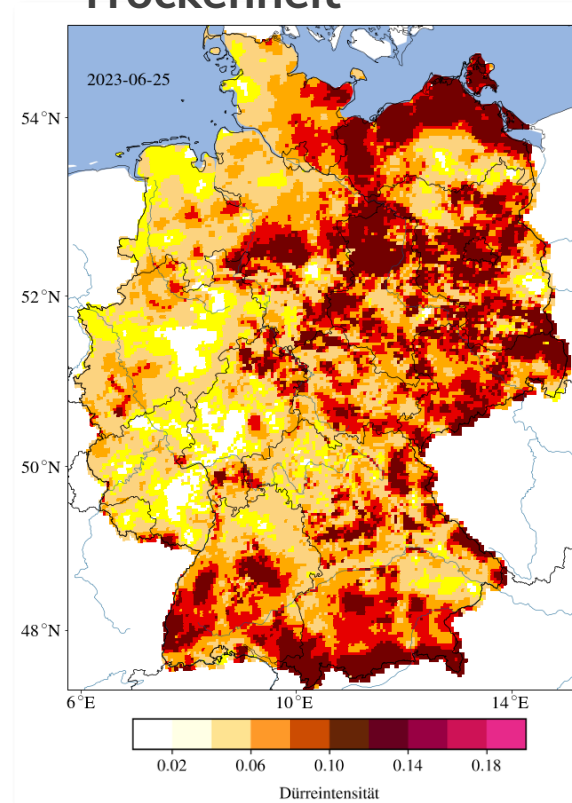


### Höfesterben



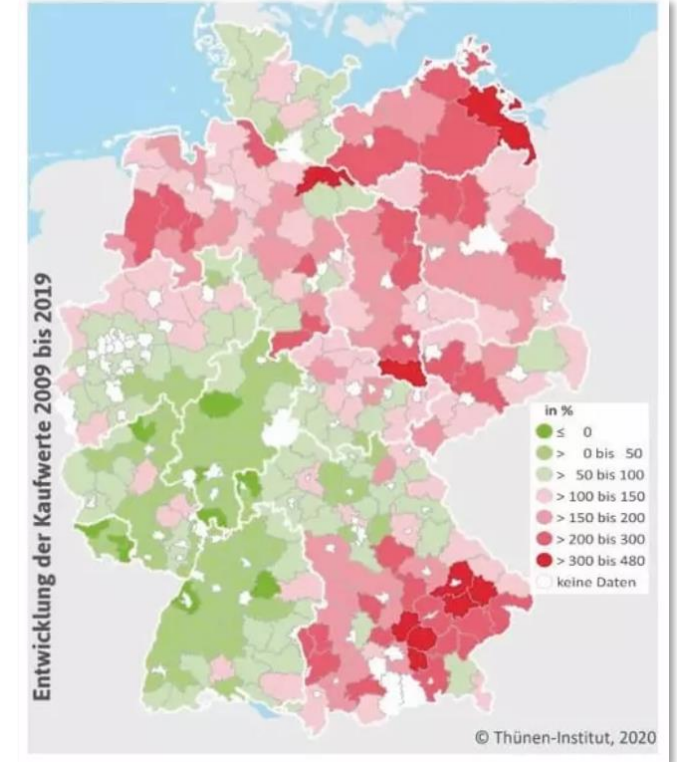
+ Doppelte Wertschöpfung

### Trockenheit



+ Verschattung & Windschutz

### Steigende Bodenpreise



+ Doppelte Wertschöpfung

→ Agri-PV kann Landwirtschaft nachhaltig resilienter gegenüber Krisen machen.

## Entwicklung

- **Gründung in 2015** mit dem Ziel eines nachhaltigen und netzdienlichen Ausbaus der PV auf der Freifläche.
- **Dreifachnutzung:** Landwirtschaft, Photovoltaik und Entlastung des Stromnetzes.



Agri-PV Park Dirmingen (Saarland) mit 2 MWp



Agri-PV Park Donaueschingen-Aasen (Baden-Württemberg) mit 4,1 MWp

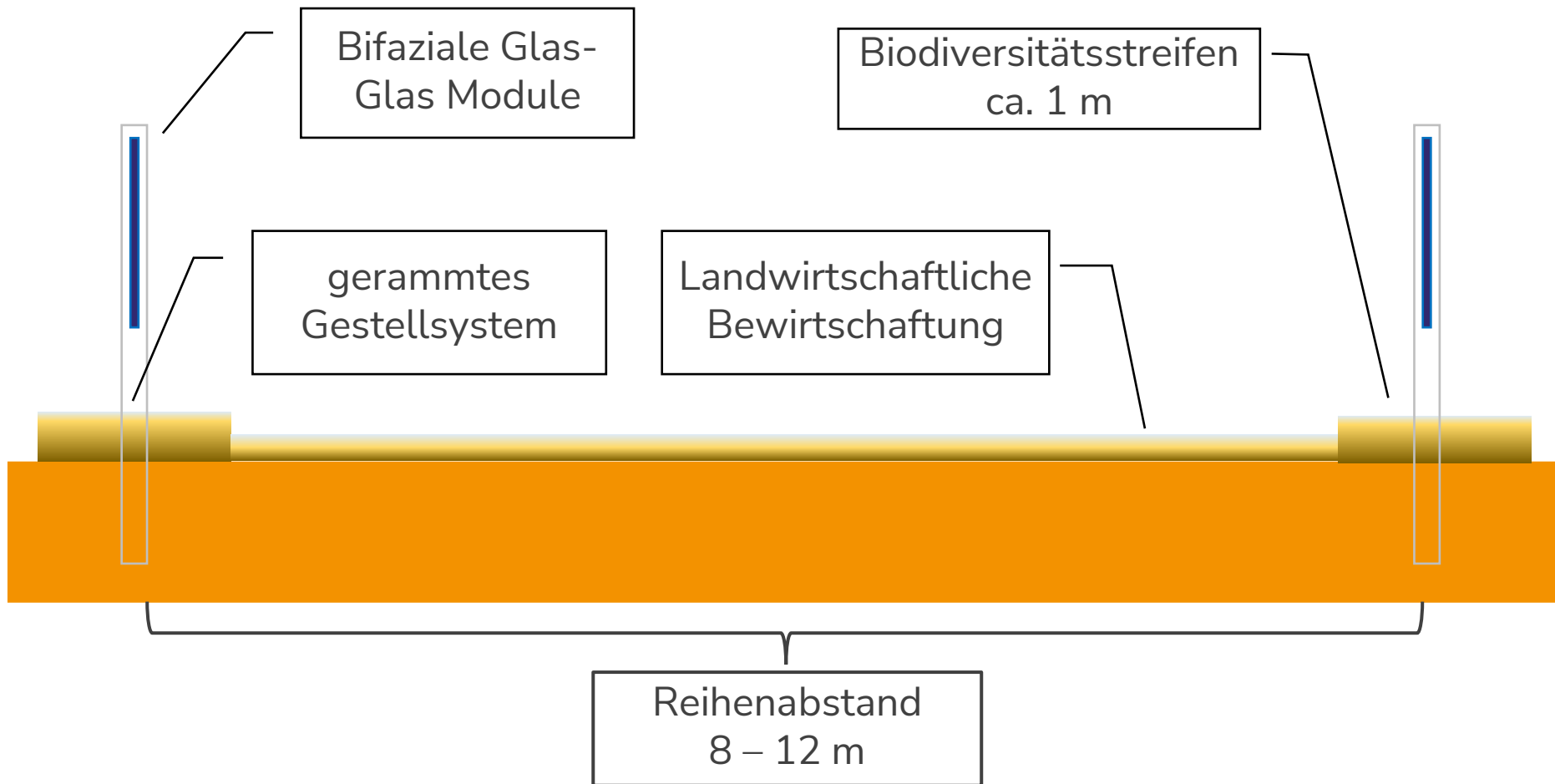
- **05/2023:** Installierte Leistung von rund **13 MWp** an 12 Standorten in Europa.
- Ca. **200 ha (90 MWp)** befinden sich in der **fortgeschrittenen Projektierungsphase**.



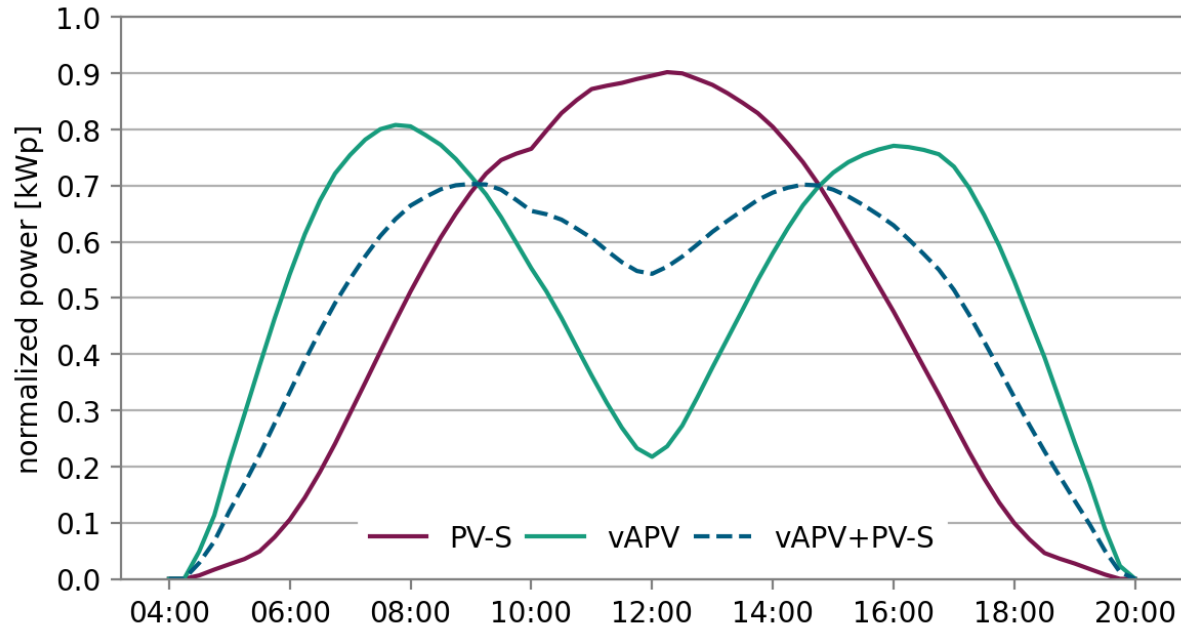
\*ohne APV-Anlagen in Japan, den USA und Saudi-Arabien sowie Solarzäune.











- **Bedarfsgerechte Erzeugung** in den Tagesrandzeiten
- **Ertrag:** Etwa 1.100 - 1.250 kWh/kWp in Deutschland.  
→ **Mehrertrag:** 5 - 10 % mehr als konventionelle Photovoltaik
- **Pro Hektar** können ca. **350 - 500 kWp** PV-Leistung installiert werden

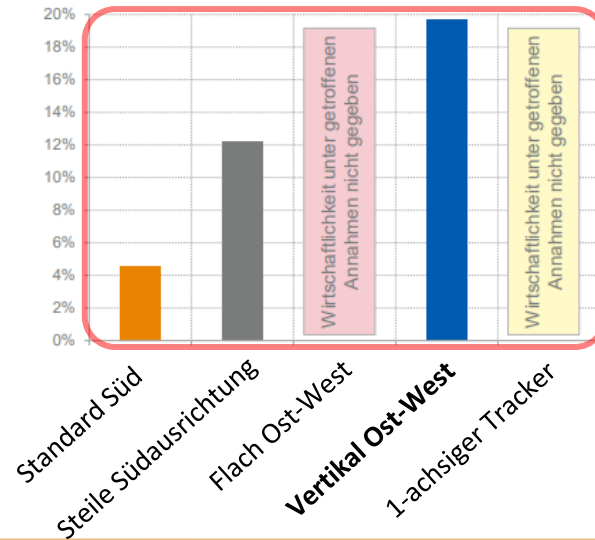
### Ergebnisse

Bei einer Vermarktung über den Strommarkt (anlagenspezifische Marktwerte) haben innovative PV unter den gezeigten Prämissen eine höhere Wirtschaftlichkeit als Standard Süd ausgerichtete Anlagen.

#### Kommentare

- Große Abregelungsmengen von Standard Süd Anlagen durch hohe Gleichzeitigkeit der Erzeugung.
- Höhere Marktwerte wiegen geringere Erzeugung und höhere CAPEX der innovativen PV auf.
- Durch die wesentlich höheren Marktwerte in den 2030er Jahren und ausreichend hohen Volllaststunden haben in dieser Berechnung Senkrecht Bifaziale Ost-West Anlagen die höchste Eigenkapitalrendite.
- Flach Ost-West und 1-achsige Tracker Anlagendesigns sind unter den getroffenen Annahmen nicht wirtschaftlich.

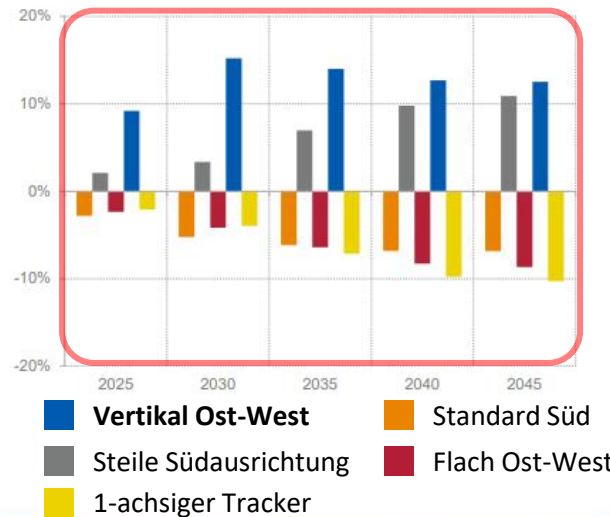
#### Ergebnisse: Eigenkapitalrenditen



### Profilwertdifferenzen innovativer PV

Vor allem die Anlagendesigns Senkrecht Bifazial und Steile Südausrichtung haben im Vergleich zum PV-Portfolio Profilwertvorteile durch ihr atypisches Erzeugungsprofil.

#### Profilwertdifferenzen (absolute Prozent) zum PV-Gesamtportfolio



#### Kommentare

- Schon ab 2025 haben Senkrecht Bifaziale Anlagendesigns starke Profilwertvorteile durch ihr atypisches Erzeugungsprofil.
- Auch Steil-Süd ausgerichtete Anlagen haben durch ihre überproportionale Erzeugung in den Wintermonaten positive Profilwertdifferenzen.
- Durch zunehmende Profilwertdifferenzen lassen sich mit diesen Anlagendesigns erhebliche Mehrerlöse am Markt erzielen.
- Standard-Anlagendesigns haben durch ihre hohe Gleichzeitigkeit und geringe Erzeugung im Winter im Vergleich zum PV-Portfolio (mit Aufdachanlagen) negative Profilwertdifferenzen.

→ Vertikal bifaziale PV-Anlagen besitzen sehr gute Wirtschaftlichkeit aufgrund hoher Marktmehrwerte ggü. Standard Süd

→ Grund: Atypisches netzdienliches Erzeugungsprofil

→ Allgemein gute Performance von PVA mit atypischen Erzeugungsverhalten (täglich oder saisonal).



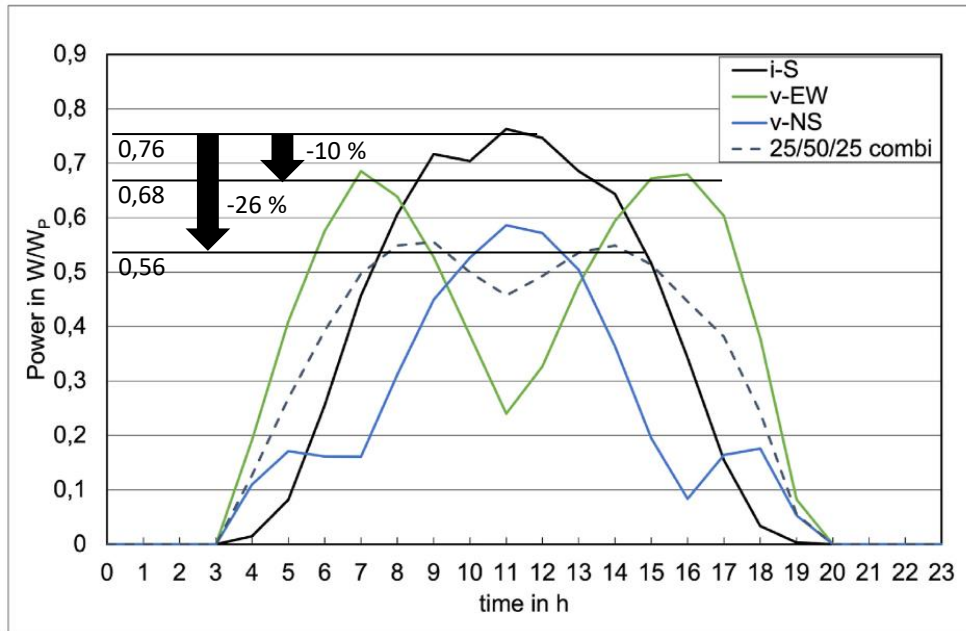
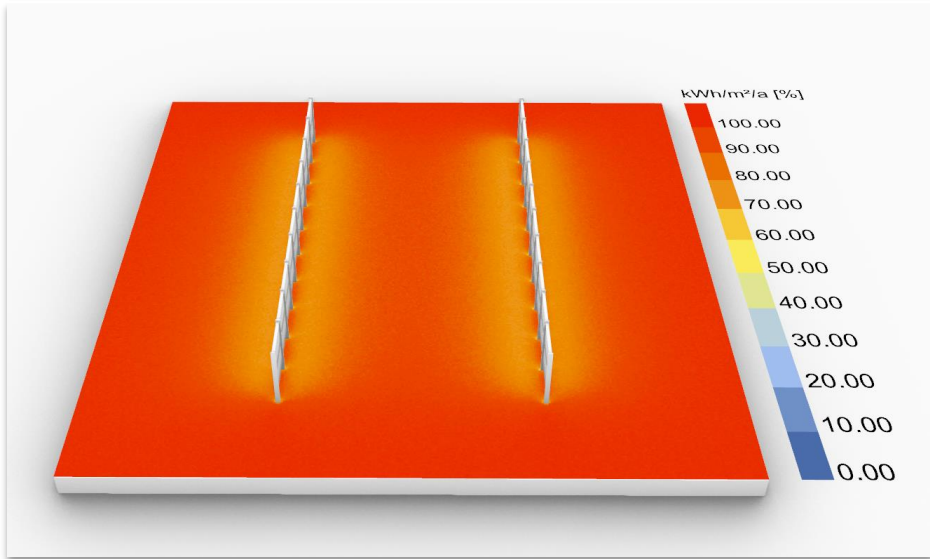


Abb. 1: PV-Einspeiseprofile verschiedener Technologien und Ausrichtungen bei annähernd äquivalenter installierter Leistung und eingespeister Energie der System(kombinationen).

- Bis zu **10 % geringere Erzeugungsspitzen** bei gleichen oder höheren spezifischen Erträgen im Sommer!
- Bis zu **20 % geringere Erzeugungsspitzen** bei **gleichem Ertrag** bei **optimalem Mix (vEW+PV-Süd)** im Sommer!
- Bis zu **26 % geringere Erzeugungsspitzen** bei **gleichem Ertrag** bei **optimalem Mix (vEW+PV-Süd+vNS)** im Sommer!

- **Geringere Erzeugungsspitzen** und ein antizyklisches Erzeugungsprofil führen zu einer deutlich besseren Auslastung der Netzinfrastruktur.
- Die Energiewende kann so beschleunigt und der notwendige Ausbau der Netzkapazitäten reduziert werden
  - **geringere Netzausbaukosten (Reduktion um 35 % möglich (Kreifels et. al 2014))**
- Bedarfsorientierte Stromerzeugung führt zu einem geringeren Bedarf und einer besseren Auslastung von Speichersystemen im zukünftigen Energiesystem.
  - **Geringere Kosten und Aufwand der Energiewende**

### Lichtsimation

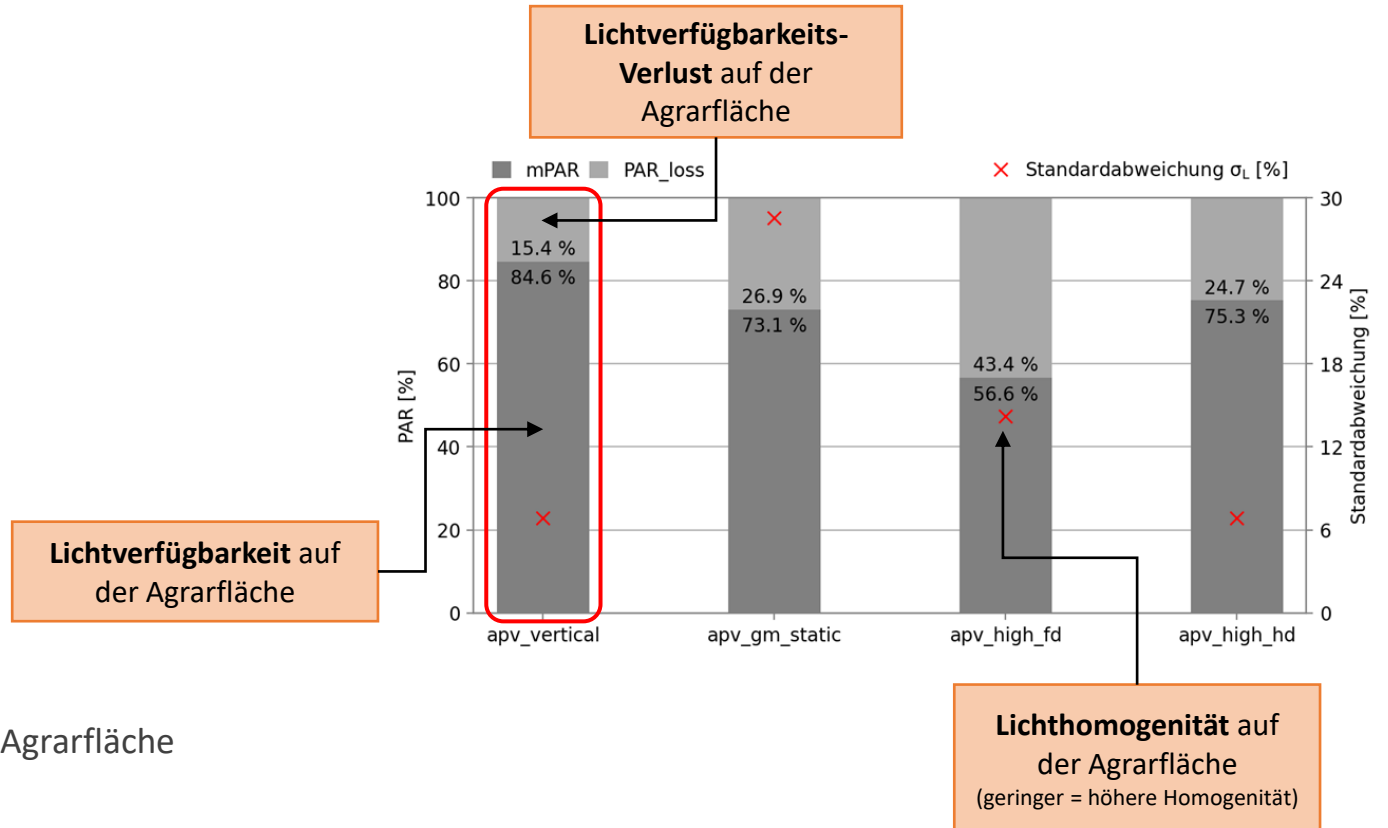


#### Lichtmanagement:

- Hohe Lichtverfügbarkeit (85 %) und -homogenität auf der Agrarfläche
  - Gleichmäßiges Wachstum/Abreife der Kulturen.
  - Moderate Verschattung kann Trockenstress der Pflanzen reduzieren und Wassernutzungseffizienz steigern

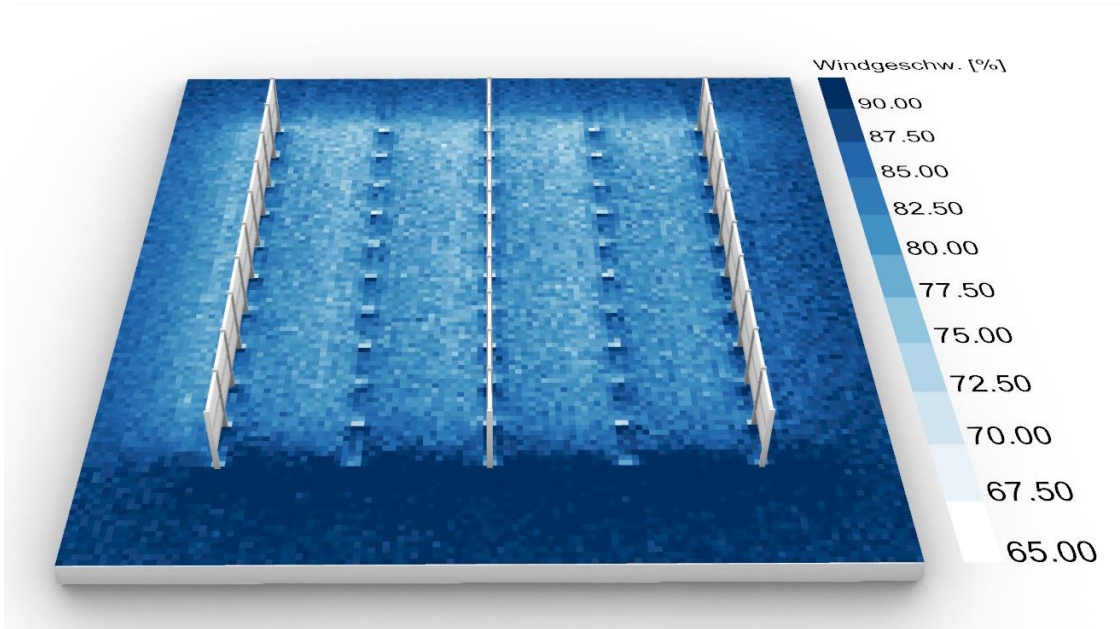
#### Wassermanagement:

- Hohe Wasserverfügbarkeit und -homogenität → Unveränderte Wasserverfügbarkeit & -verteilung.
- Kein Risiko von Wasserabtropfkanten etc. und daraus resultierenden Wassererosionsschäden.





### Mittlere Windgeschwindigkeiten



\*qualitative Abbildung

- **Signifikante Verringerung** der mittleren **Windgeschwindigkeiten** innerhalb der Anlage bestätigt durch *Universität Märkladalen (SWE), TotalEnergies (FR) & Next2Sun*
- **Erhöhte Wasserverfügbarkeit** durch geringere Evapotranspiration
- **Geringeres Risiko** von **Lagerschäden**
- Geringeres Risiko von **Winderosion/Feinstaub-Emissionen**
- Lufttemperatur?
- Luftfeuchtigkeit?

→ Trotz moderater Verschattung kann Erhöhung der Wassernutzungseffizienz erzielt werden.

→ Eignung des Systems für verschiedene Breitengrade und klimatische Verhältnisse (bspw. Frankreich sowie Schweden)