

Agri-Photovoltaik

Auswirkungen auf Mikroklima und landwirtschaftliche Erträge

Erfahrungen aus dem Modellprojekt APV-RESOLA

Online-Seminar
01.03.2022

Axel Weselek
Doktorand, Universität Hohenheim

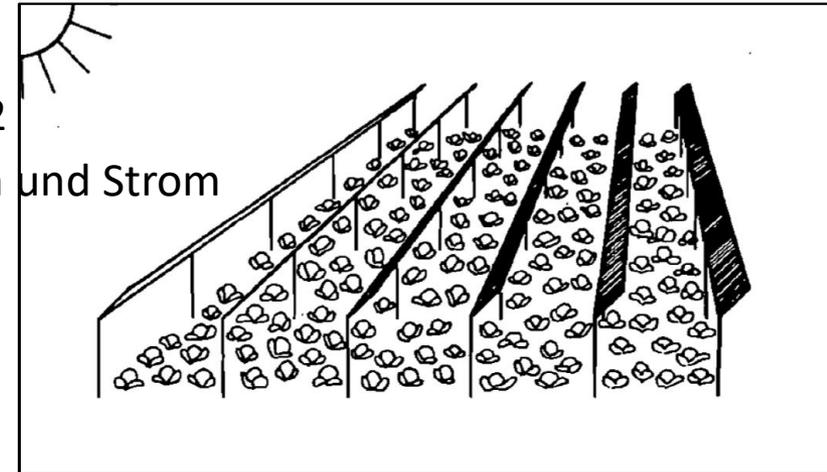
Seit 2019:
Referent für ökologischen Landbau am
Landwirtschaftlichen Technologiezentrum
Augustenberg (LTZ)



Hintergrund

Agrophotovoltaik (APV)

- Erster konzeptionelle Überlegungen im Jahr 1982
- Idee: Simultane Produktion von Nahrungsmitteln und Strom auf derselben Fläche
 - Photovoltaik und Photosynthese
 - Weniger Flächenkonkurrenz



Erster Entwurf einer APV-Anlage (Goetzberger & Zastro, 1982)

- Erhalt von Sonneneinstrahlung für Nutzpflanzen sowie Ermöglichung der Bewirtschaftung mit üblicher Landtechnik
 - Solarmodule in ausreichender Höhe oder Abständen
 - Weitere Modifikationen: Modulausrichtung, Modultechnik (semintransparent, bifacial), Tracking, etc.

Hintergrund

Forschungsbedarf & Zielsetzung

- Auswirkung der Beschattung durch die Solarmodule auf die Kulturpflanzen
- Mögliche Veränderung von Mikroklima und Wasserhaushalt
- Einfluss auf Bodeneigenschaften und Biodiversität



→ Wie reagieren die Kulturpflanzen darauf?

→ Welche eignen sich für den Anbau unter einer APV-Anlage?



Projekt APV-Resola

- **Laufzeit:** 01. März 2015 bis 30. Juni 2019
- Förderung durch **BMBF (FONA)**

Modellprojekt APV-Resola

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Deutschland
Land der Ideen
Ausgezeichneter Ort 2016



Ausgezeichneter Ort 2016

Nationaler Förderer
Deutscher Bund



Projektlauzeit: März 2015 bis Juni 2019

Projektziel: Entschärfung Landnutzungskonkurrenz zwischen PV-Strom und Nahrungsmittelproduktion

- Praxispartner und assoziierter Partner



Regionalverband
Bodensee-Oberschwaben



- Forschungspartner



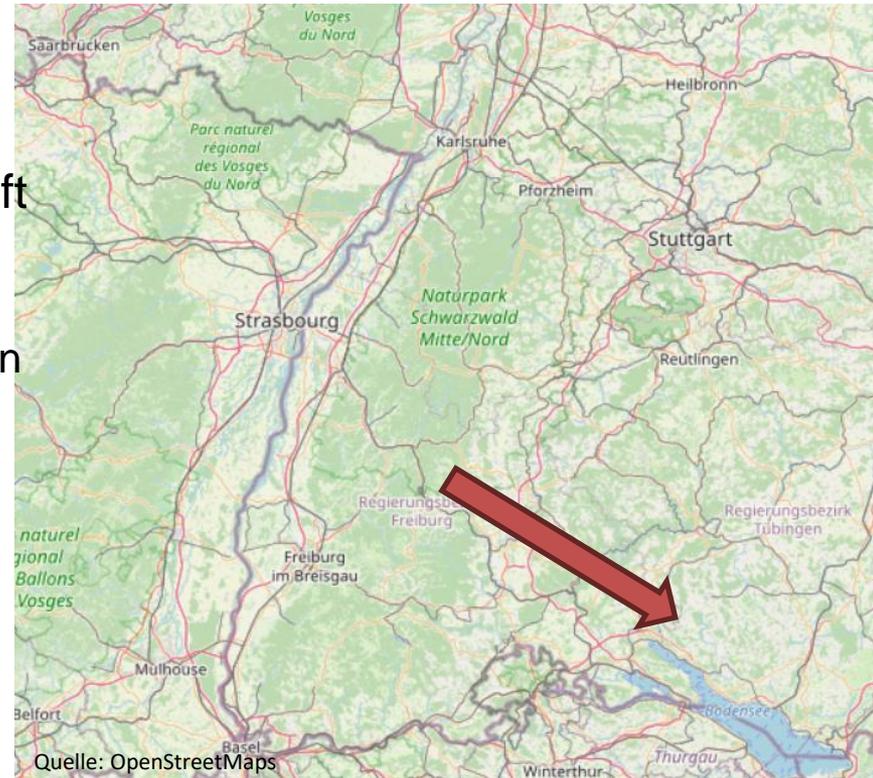
UNIVERSITÄT
HOHENHEIM



Projekt APV-Resola

Die Pilotanlage

- Installation: 2016 bei der Hofgemeinschaft Heggelbach
 - Bewirtschaftung nach Demeter-Richtlinien
- Länge: 136m; Breite: 25m
- Fläche: ca. 1/3 ha
- 194 kWp installierte Leistung



Projekt APV-Resola

Die Pilotanlage – technische Besonderheiten

- Patent zur Optimierung von PV- und Photosynthese-Erträge
- Höhe: 8m; Durchfahrtshöhe: 5m
- Große Stützenabstände (12 bzw. 19m) abgestimmt auf vorhandene Landtechnik
- Bifaziale Module
- Spinnanker und Rammschutz
- Flächenverluste durch Unterkonstruktion: ca. 8%



Quelle: Fraunhofer ISE

Agrarwissenschaftliche Begleitforschung

Standort

- 660 m ü. NN | Sandiger Lehm
- Langjährige Mittelwerte: 8,7 °C Ø-Temperatur | 905 mm Jahresniederschlag
- Biologische Bewirtschaftung (Demeter)
- Fruchtfolge mit Klee gras, Winterweizen, Kartoffeln und Knollensellerie
- Drei Versuchsjahre:



Modellprojekt APV-Resola



Projektlaufzeit: März 2015 bis Juni 2019



Landwirtschaftliches
Technologiezentrum
Augustenberg

Agrarwissenschaftliche Begleitforschung

2017-2018

Agronomische Messungen

Pflanzenentwicklung

Ertrag

Ertragsqualität

Boden

Klimatische und mikroklimatische Messungen

Photosynthetisch aktive
Strahlung

Lufttemperatur
und -feuchtigkeit

Bodentemperatur
und -feuchtigkeit

Regenverteilung

Biodiversität

Monitoring an 3
Terminen pro Jahr:

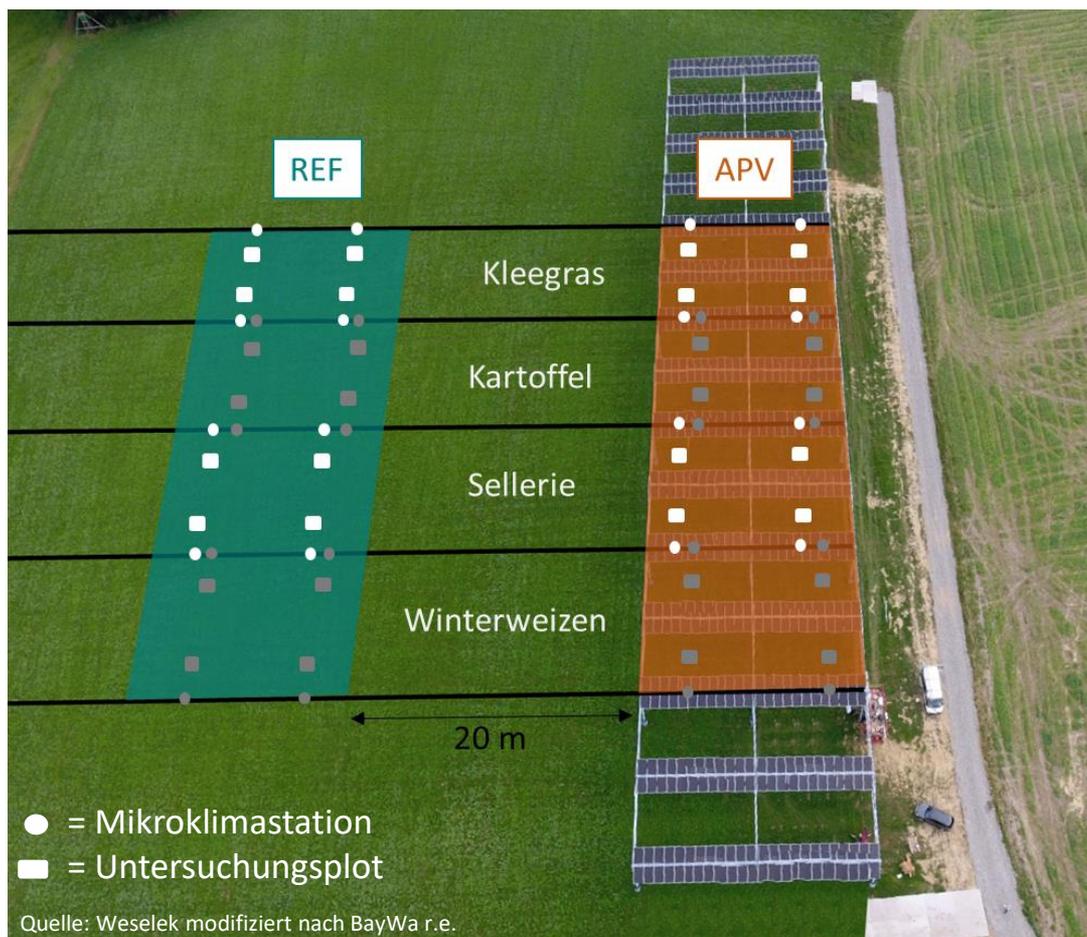
Begleitflora
(Wildpflanzen)

Begleitfauna
(Laufkäfer,
Spinnen etc.)



Projekt APV-Resola

Agrarwissenschaftliche Begleitforschung



Fruchtfolge

2018:

2019:

Winterweizen

Sellerie

Sellerie

Kartoffel

Kartoffel

Weizen

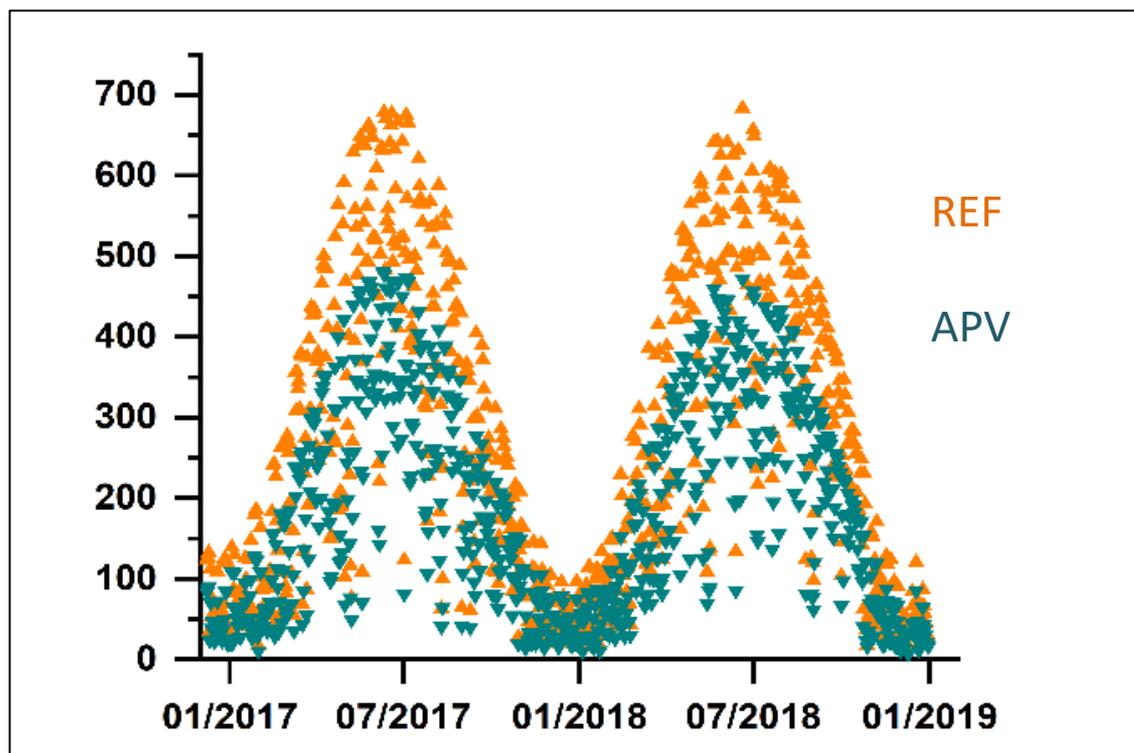
Kleegras

Kleegras

Versuchsplan 2017

Sonneneinstrahlung

Photosynthetisch aktive Strahlung (PAR)
[$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$]

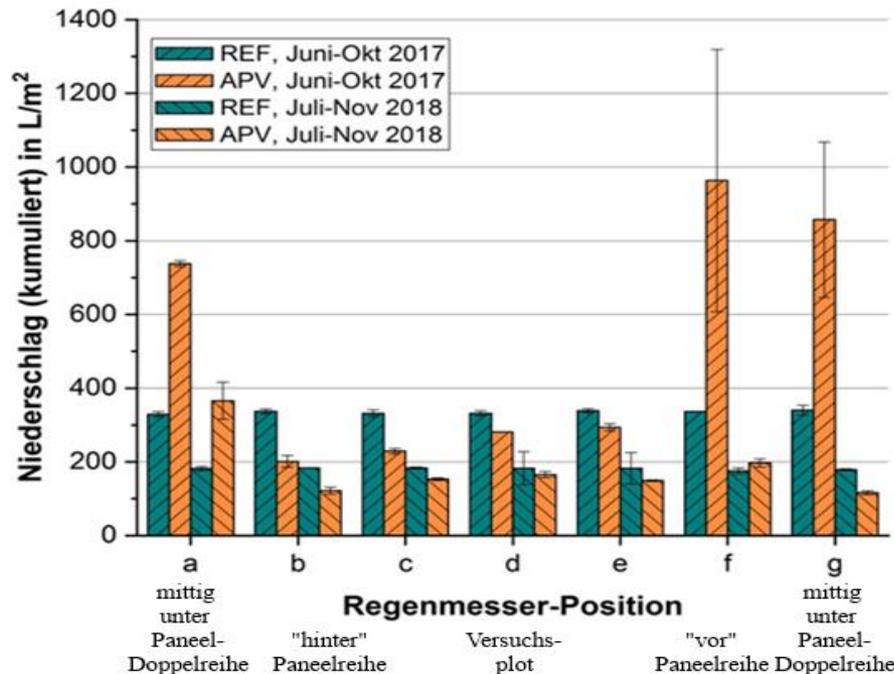
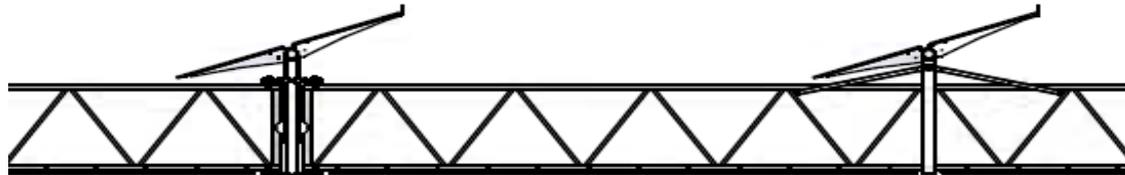


**PAR unter APV um ca. 30%
reduziert**

Quelle: Modifiziert nach Weselek et al. 2021a

Weselek et al. 2021a

Niederschlagsverteilung



Quelle: Modifiziert nach Hausmann

- Erhöhte Niederschlagsmengen im direkten Ablauf der Paneele
- Leicht erniedrigte Mengen zwischen den Paneelreihen
„Regenschatten“
- Auswirkungen auf Bodenfeuchtigkeit?

Weselek et al. 2021a

Niederschlagsverteilung



**Regenschatten nach einem
leichten Niederschlag**

Quelle: Weselek / Universität Hohenheim

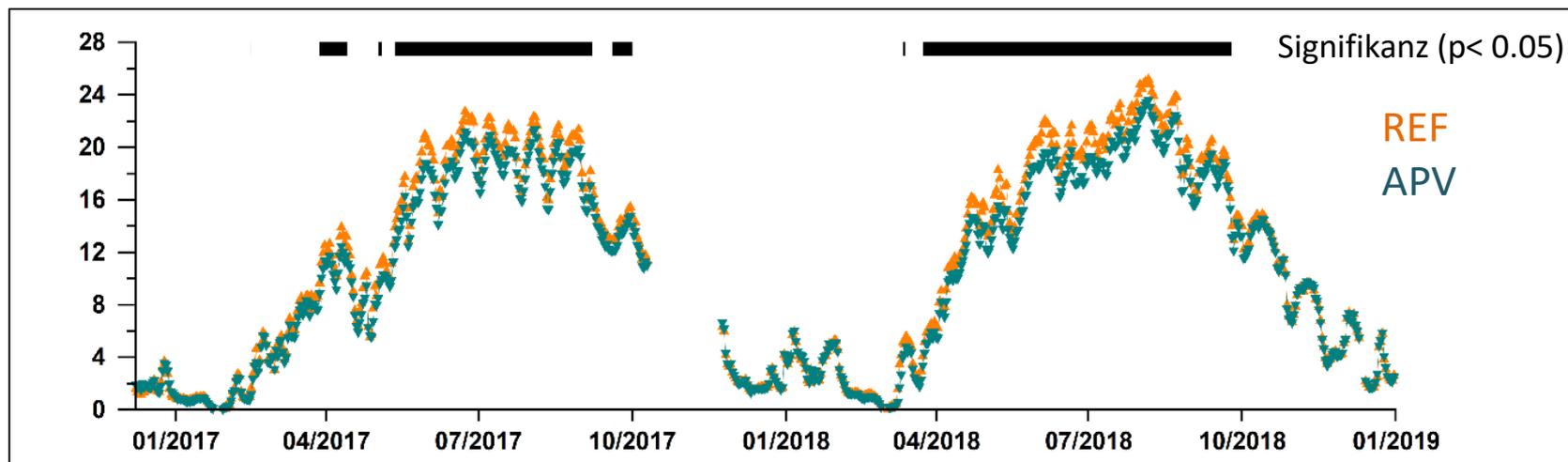
Niederschlagsverteilung



**Verschlämmung und Bodenerosion nach stärkerem
Niederschlag im Ablauf der Paneele**

Mikroklima

Bodentemperatur [°C]



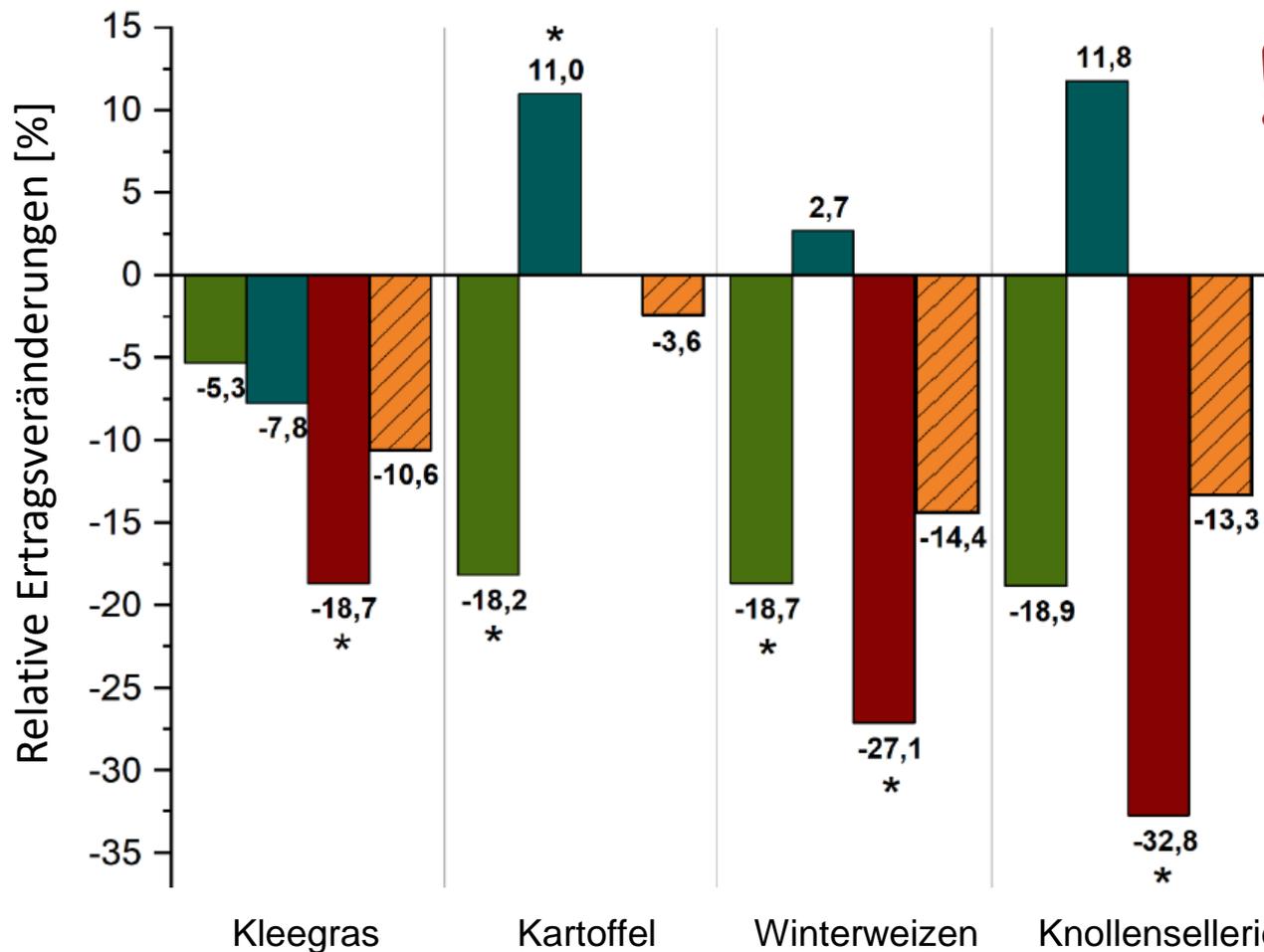
Quelle: Modifiziert nach Weselek et al. 2021a

Unter APV

- Erniedrigte Luft- und Bodentemperatur in Sommermonaten
- Teilweise erhöhte Luftfeuchtigkeit in Wintermonaten
- Bodenfeuchtigkeit im Winter reduziert

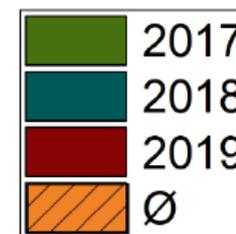
Weselek et al. 2021a

Ertragsveränderungen unter APV



Zusätzlich
**Flächenverluste durch
Unterkonstruktion** zu
berücksichtigen

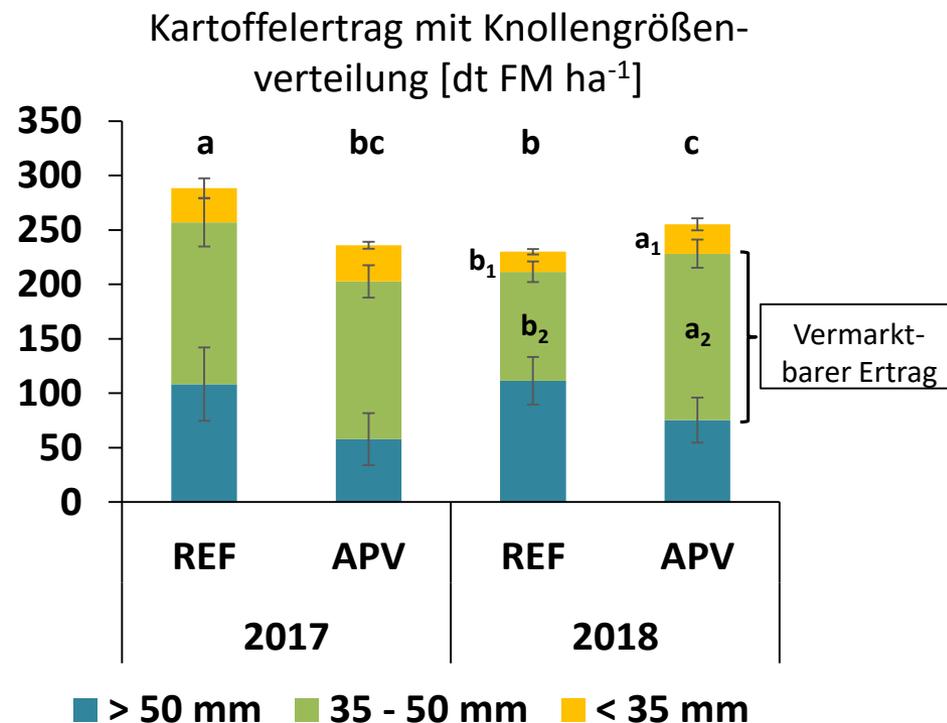
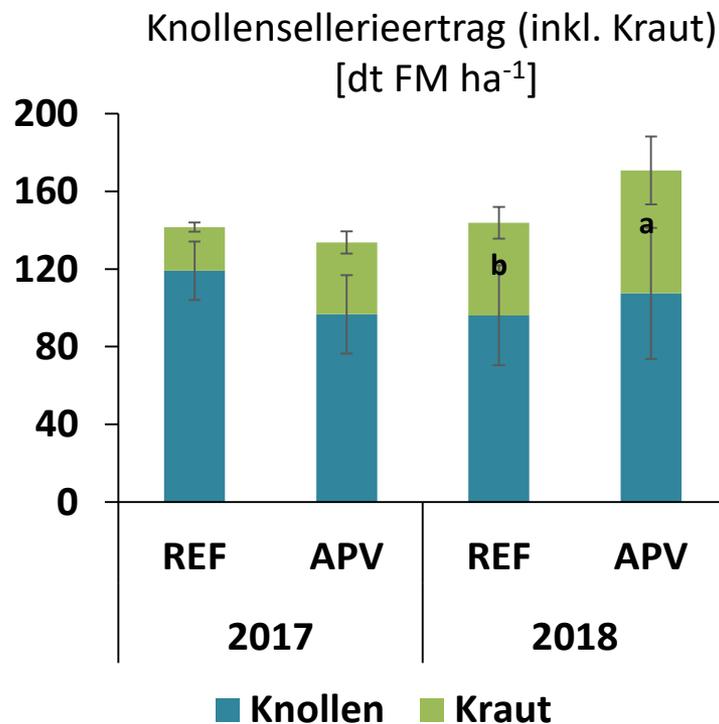
Hier: ca. 8,4%



Weselek et al. 2021 a / b

2019: unveröffentlicht

Ertragsveränderung im Detail



- Erhöhte vegetative Biomasse bei Knollensellerie sowie Winterweizen (nicht gezeigt)
- Verminderte Kartoffelknollen- und Korngrößen (Winterweizen 2018; nicht gezeigt) durch APV
- Auswirkungen auf Qualität?

Weselek et al. 2021 a / b

Fazit & Ausblick

- In Durchschnitt konnten in den Versuchsjahren **ca. 80% der landwirtschaftlichen Referenzerträge** erreicht werden
- Das größte Potential kann insbesondere unter **heißen und trocknen klimatischen Bedingungen** gesehen werden

Offene Fragen

- **Auswirkungen auf Ertragsqualität**
- Bessere Erforschung mikroklimatischer Heterogenitäten und Optimierung
- **Überprüfung potentiell geeigneter (Sonder-)Kulturen:** z.B. Blattgemüse, Obst und Beerenobst, Wein
- Wirtschaftlichkeit aus landwirtschaftlicher Perspektive



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



Kontakt:

a.weselek@uni-hohenheim.de

Quellennachweise

Goetzberger & Zastrow (1982):

Goetzberger, A.; Zastrow, A. On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. *International Journal of Solar Energy* **1982**, *1*, 55–69, doi:10.1080/01425918208909875.

Weselek et al (2021 a)

Weselek, A.; Bauerle, A.; Hartung, J.; Zikeli, S.; Lewandowski, I.; Högy, P. Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate. *Agron. Sustain. Dev.* **2021**, *41*, 59, <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00714-y>

Weselek et al (2021 b)

Weselek, A.; Bauerle, A.; Zikeli, S.; Lewandowski, I.; Högy, P. Effects on Crop Development, Yields and Chemical Composition of Celeriac (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum*) Cultivated Underneath an Agrivoltaic System. *Agronomy* **2021**, *11*, 733. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040733>



Bildnachweise

Seite 1: Tobias Kellner

Seite 2: Goetzberger und Zastrow (1982)

Seite 3: Bauerle / Universität Hohenheim

Seite 5 & 6: Fraunhofer ISE

Seite 8: Bauerle / Universität Hohenheim

Seite 9: Weselek, modifiziert nach BayWa r.e.

Seite 10, 11, 14: Weselek et al (2021a)

Seite 12: Weselek / Universität Hohenheim

Seite 13: Bauerle / Universität Hohenheim

Seite 15 & 16: Weselek

Seite 18: Fraunhofer ISE © HappyPictures / shutterstock.com

Seite 19: Tobias Kellner