

DI Mag. Inge Strodl, MSc; Co-Autor: Dr. Markus Puschenreiter

Auswirkungen der Beschattung durch PV-Module in Obstbauplantagen auf das Mikroklima und den Wasserhaushalt im Boden

Das Ziel dieser Masterarbeit war, Veränderungen auf das Mikroklima und den Bodenwasserhaushalt durch Beschattungseffekte der PV-Anlagen über den Stein- (Stein-PV) und Kernobstkulturen (Kern-PV) im Vergleich zu Steinobst mit Folienüberdeckung (Stein-F) bzw. Kernobst mit Hagelnetzüberdeckung (Kern-H) sowie zur Kontrollstation (Kontrolle) wissenschaftlich aufzuarbeiten. Weiters wurde in dieser Arbeit untersucht, ob frostmindernde Effekte durch die PV-Anlagen gegeben sind bzw. wie sich Trockenperioden und Starkregenereignisse auf den Bodenwasserhaushalt auswirken.

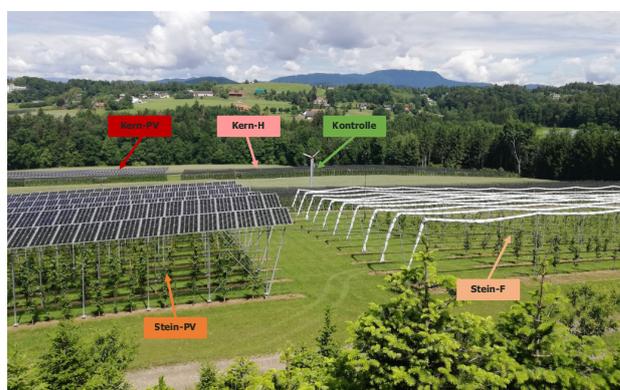


Abb. 1: Versuchsstandort mit APV-Anlage Richtung Nordwesten (Strodl, 2024)

Zu diesem Zwecke wurden Messdaten zu Lufttemperatur, Solarstrahlung, Bodenfeuchte und Bodentemperatur für die fünf Standorte im Zeitraum vom 01.03.2024 bis 31.10.2024 analysiert.

Die Analyse der Solarstrahlungsdaten ergab, wie bereits Makaronidou's (2020) Modellberechnungen sowie die Studie von Feistel, et al. (2022a), eine starke Reduzierung der Solareinstrahlung. Über den gesamten Beobachtungszeitraum wurde bei Stein-PV und Kern-PV eine reduzierte Solareinstrahlung festgestellt, wie in Abb. 2 ersichtlich, wobei die Verringerung bei Steinobst im Sommer und bei Kernobst im Frühjahr bzw. Herbst höher war. Trotz der geringeren Einstrahlung blieben die Lufttemperaturen im Tagesmittel unter den

PV-Modulen überwiegend höher, wie an den beiden Lufttemperaturkurven (Unterschied Kern-PV und Kern-H) in 20 cm bzw. 200 cm Höhe in Abb. 2 erkennbar ist.

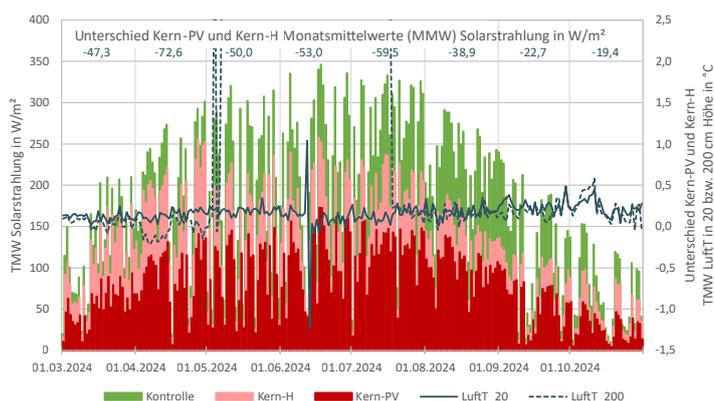


Abb. 2: Tagesmittelwerte (TMW) der Solarstrahlung für Kontrolle, Kern-PV und Kern-H sowie Unterschied Kern-PV und Kern-H der Tagesmittelwerte (TMW) Lufttemperatur in 20 cm bzw. 200 cm Höhe von 01.03.2024 bis 31.10.2024.

Bei Betrachtung der Halbstundenwerte der Lufttemperatur in 200 cm Höhe im Juli wurden, wie auch Feistel, et al. (2022a) feststellten, tags bei Stein-PV geringere und nachts höhere Lufttemperaturen vs. Stein-F gemessen, siehe Abb. 3. Dies ist durch einen Beschattungseffekt am Tag bzw. Reflexion der Wärmeabstrahlung in der Nacht erklärbar.

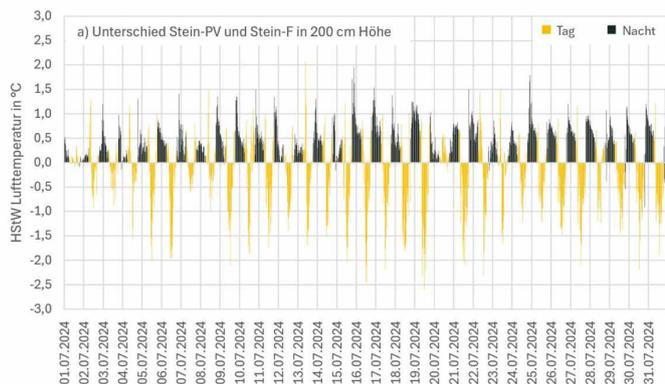


Abb. 3: Vergleich Temperaturunterschied Stein-PV und Stein-F der Halbstundenwerte (HStW) Lufttemperatur in 200 cm Höhe gegliedert in Tag (von 06:00 bis 18:00 Uhr) und Nacht (von 18:30 bis 05:30 Uhr) im Juli 2024.

Die Vegetationsperiode 2024 begann im Vergleich zur Klimaperiode 1971–2000 für den 5° C-Grenzwert um ca. 1 Woche bzw. für den 10° C-Grenzwert um ca. 1 Monat früher. Die Obstbäume waren bei Eintritt des letzten Frostes am 26. April 2024 entsprechend weit entwickelt. Der erwartete Frostschutz durch die PV-Modulüberdachung konnte bei den Lufttemperaturdaten, wie in Abb. 4 aufgrund der fehlenden Raureifbildung vermutet werden konnte, nicht eindeutig belegt werden. Sowohl in 20 cm als auch 200 cm Höhe waren die Lufttemperaturen unter den mit PV-überdachten Obstkulturen lediglich bei einzelnen Halbstundenwerten in der Zeit der negativen Lufttemperaturen in den frühen Morgenstunden um bis zu +1,7° C bei Kern-PV (siehe Abb. 5) bzw. +0,88° C bei Stein-PV höher im Vergleich zu den Freilandkulturen.

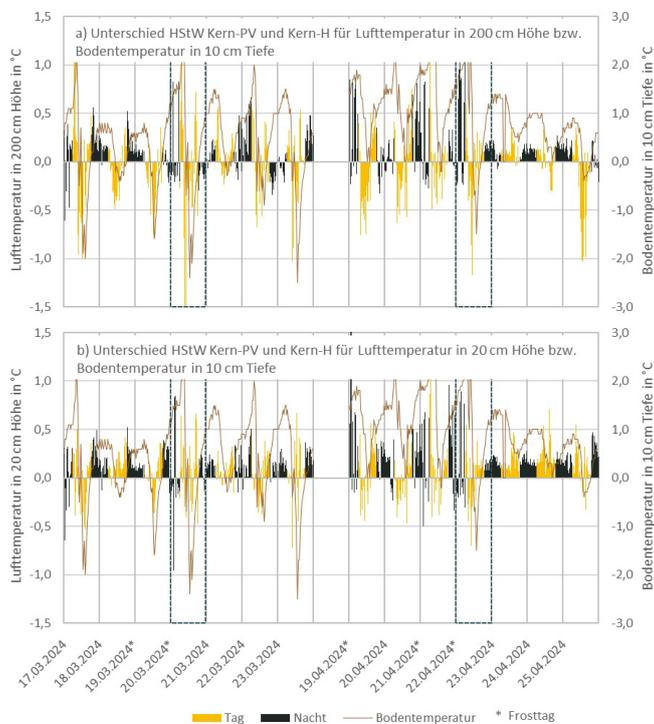


Abb. 5: Vergleich Temperaturunterschied Kern-PV und Kern-H der Halbstundenwerte (HStW) Lufttemperatur in 200 cm (a) und 20 cm (b) Höhe gegliedert in Tag (von 06:00 bis 18:00 Uhr) und Nacht (von 18:30 bis 05:30 Uhr) sowie der HStW Bodentemperatur in 10 cm Tiefe drei Tage vor und nach den Frostereignissen am 20.03.2024 und 22.04.2024.



Abb. 4: Keine Raureifbildung unter Agri-PV (Land Steiermark, 2023)

Obgleich die Bodenfeuchte bei den Obstkulturen mit PV-Überdachung auf Grund von Sensor-Problemen oft nicht plausibel waren, konnte dennoch festgestellt werden, dass die Böden unter den PV-Anlagen tendenziell trockener waren als im Freiland (siehe Abb. 6).

Weiters zeigten die Messdaten, dass die Bodenfeuchte während Trockenperioden bei den PV-Kulturen, stabiler blieb. Die Studie von Elamri, et al. (2018) zeigte ähnliche Ergebnisse und wurde mit einer gewissen ausgleichenden Wirkung der PV-Module erklärt. Bei ausgewählten Starkregenereignissen war an allen Stationen die Bodenfeuchtezunahme am Ereignistag am höchsten, mit niedrigeren Zunahmen in den Folgetagen und in die Tiefe, wobei bei den PV-überdeckten Kulturen teils unerwartete Abnahmen auftraten, siehe Abb. 7.

Bei den ausgewerteten Bodentemperaturdaten wurde weiters festgestellt, dass eine starke Korrelation der oberen Bodenschichttemperaturen mit den Lufttemperaturen in Bodennähe besteht (siehe Abb. 8) und Schwankungen in den tieferen Bodenschichten abnehmen. Darüber hinaus waren jahreszeitliche Schwankungen feststellbar. Unter PV waren die Temperaturen im Frühling und Herbst höher, im Sommer jedoch leicht kühler bei Stein-PV vs. Kern-PV.

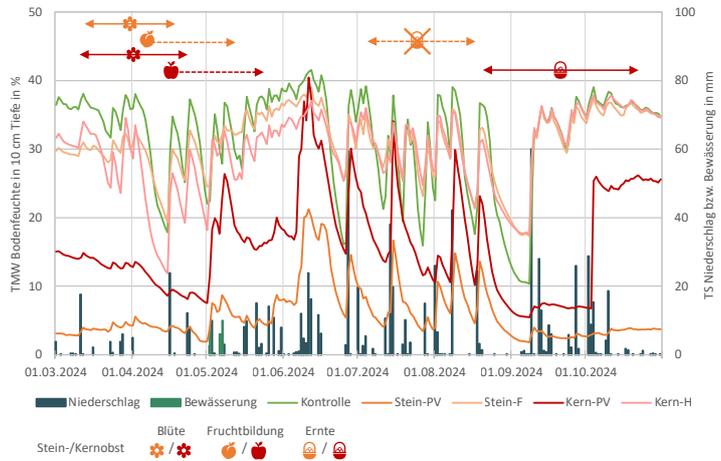


Abb. 6: Tagesmittelwerte (TMW) der Bodenfeuchte in 10 cm Tiefe sowie Tagessumme (TS) Niederschlag bzw. Bewässerung für alle 5 Stationen von 01.03.2024 bis 31.10.2024 mit Vegetationsphasen Blüte, Fruchtbildung und Ernte.

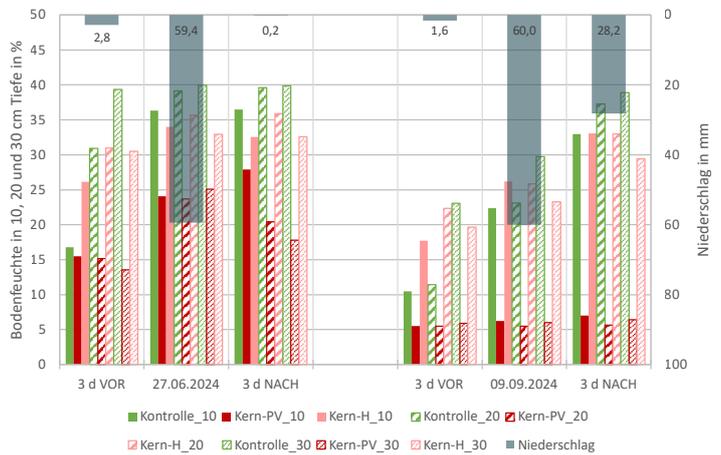


Abb. 7: Vergleich der Bodenfeuchte (Mittel HStW drei Tage vor bzw. nach dem Niederschlagsereignis und Niederschlagsereignistag) in 10 cm, 20 cm und 30 cm Tiefe der Stationen Kontrolle, Kern-PV und Kern-H sowie Niederschlag (= Summe HStW drei Tage vor bzw. nach dem Niederschlagsereignis und Niederschlagsereignistag) für die Niederschlagsereignisse am 27.06.2024 und 09.09.2024.

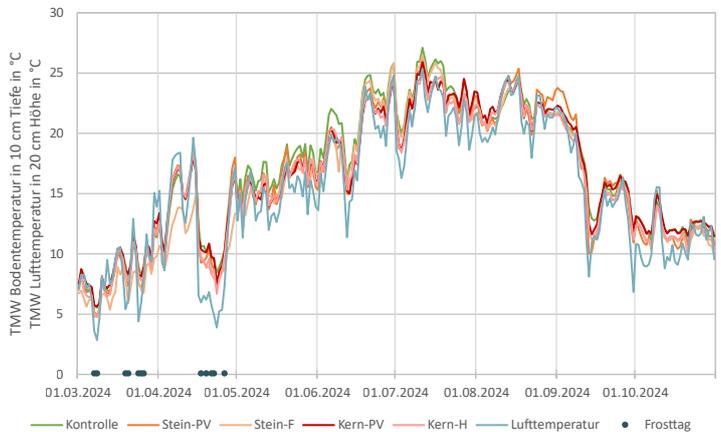


Abb. 8: Tagesmittelwerte (TMW) der Bodentemperatur in 10 cm Tiefe für alle 5 Stationen und TMW Lufttemperatur Kontrolle in 20 cm Höhe sowie Frosttage von 01.03.2024 bis 31.10.2024.

Während Frostereignissen zeigte die PV-Beschattung einen leichten Temperaturvorteil, z. B. mit +1,4 °C im Tagesmittel in 10 cm Tiefe bei Stein-PV während des Frosts am 20. März bzw. +1,0 °C im Tagesmittel bei Kern-PV am 22. April.

Chancen und Risiken – Ausblick

Die gezeigten Beschattungseffekte durch PV-Anlagen aufgrund der reduzierten Solareinstrahlung können vor allem für sensible Kulturen wie Obst und Gemüse, in Anbetracht der prognostizierten Zunahme von Hitze- und Sommertagen eine Schutzwirkung hinsichtlich Hitzestress darstellen. Nachts könnten Temperaturvorteile der PV-Überdachung einen gewissen Kälteschutz bieten.

Die Kombination von früherem Vegetationsbeginn und Spätfrösten, verursacht durch Kaltlufteinbrüche, erhöht das Schadensrisiko in der Landwirtschaft, hier könnten PV-Überdachungen zu einem potentiellen Frostschutz beitragen. Mit der erwarteten Abnahme des Jahresniederschlags könnten Trockeneffekte unter den PV-Modulen verstärkt werden. Besonders in sensiblen Phasen wie der Blüte oder Reife könnte dies in Folge den Bodenwassergehalt stark beeinflussen und Stresssituationen für Pflanzen verursachen. In Trockenperioden könnte die stabilere Bodenfeuchte bei PV-überdachten Kulturen jedoch auch regulierend wirken.

Die Ergebnisse dieser Arbeit verdeutlichen, dass Agri-PV einen vielversprechenden Ansatz zur gleichzeitigen Förderung der erneuerbaren Energieerzeugung und zur Unterstützung einer nachhaltigen Landwirtschaft darstellt. Zukünftige Studien sollten darauf abzielen, die Anlagen weiter zu optimieren und ihren Einfluss auf Pflanzenproduktion sowie Ernteerträge genauer zu analysieren.

Ein besonderer Fokus sollte auf der Optimierung des Wassermanagements liegen, insbesondere auf der effizienten Nutzung von Niederschlägen und der Reduzierung des Oberflächenabflusses. Diese Forschungen sind essentiell für ein tieferes Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Mikroklima, Boden und Pflanzenproduktivität, um Potenziale sowie Vorteile von Agri-PV gezielt nutzbar machen.

Literaturquellen:

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2002): *Die österreichische Strategie zur Nachhaltigen Entwicklung*. Wien, 182 S. (abgerufen am 12.03.2024) https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:af91392a-9de9-4ea7-9a28-df6a4bf1ffd9/NSTRAT_2002.pdf

EAG. (2021): *Bundesgesetz über den Ausbau von Energie aus erneuerbaren Quellen (Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz – EAG)*. (abgerufen am: 11.03.2023) <https://www.ris.bka.gv.at/Geltende-Fassung/Bundesnormen/20011619/EAG%2c%20Fassung%20vom%2011.03.2024.pdf>

Elamri, Y., Chevion, B., Mange, A., Dejean, C., Liron, F. & Belaud, G. (2018): *Rain concentration and sheltering effect of solar panels on cultivated plots*. In: *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, S. 1285 – 1298. (abgerufen am: 06.03.2024) <https://doi.org/10.5194/hess-22-1285-2018>

Feistel, U., Werisch, S., Marx, P., Kettner, S., Ebermann, J. & Wagner, L. (2022a): *Assessing the impact of shading by solar panels on evapotranspiration and plant growth using lysimeters*. In: *AIP conference proceedings*, Vol. 2635, No. 1. AIP Publishing. 8 S. (abgerufen am: 19.03.2024) <https://doi.org/10.1063/5.0103124>

Land Steiermark. (2023): *Agri PV News – Beobachtungen im Winter*. Haidegger Perspektiven, Ausgabe 1/2023, 4–5. Herausgeber: Amt der Stmk. LR, Abteilung 10 – Land- und Forstwirtschaft, Versuchsstation Obst- und Weinbau Haidegg. (abgerufen am 11.03.2024) https://www.agrar.steiermark.at/cms/dokumente/12732975_13888112/18c38c77/Perspektiven%202023-01.pdf

Makaronidou, M. (2020): *Assessment on the local climate effects of solar parks*. (Doctoral dissertation). Lancaster University. 237 S. (abgerufen am: 10.02.2024) <https://doi.org/10.17635/LANCASTER/THESIS/1019>