

# Vertikale Agri-PV: Eine Sensitivitätsanalyse der Designparameter für Stromproduktion und landwirtschaftlichen Ertrag

Lisa-Marie Bieber, Leonhard Gfüllner, Matthew Berwind, Max Trommsdorff, Anna Heimsath  
lisa-marie.bieber@ise.fraunhofer.de, +49 761 4588-2007, Fraunhofer ISE, Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg

Die Agri-Photovoltaik (Agri-PV), also die Kombination von Nahrungsmittelproduktion und PV-Stromerzeugung auf derselben Fläche, wird als Lösung für die Flächennutzungskonkurrenz gesehen [1]. Wie groß dieser Beitrag ist, hängt davon ab, wie effizient die Fläche genutzt wird. Die Landnutzungseffizienz (land equivalent ratio, LER) kann als Klassifikation für die Produktivität des Gesamtsystems verwendet werden [2]. Referenz ist hier die getrennte Produktion von Nahrungsmitteln auf einem traditionellen landwirtschaftlichen Feld und die Stromerzeugung mit einer analogen kommerziellen PV-Anlage.

## Fragestellung und Methodik

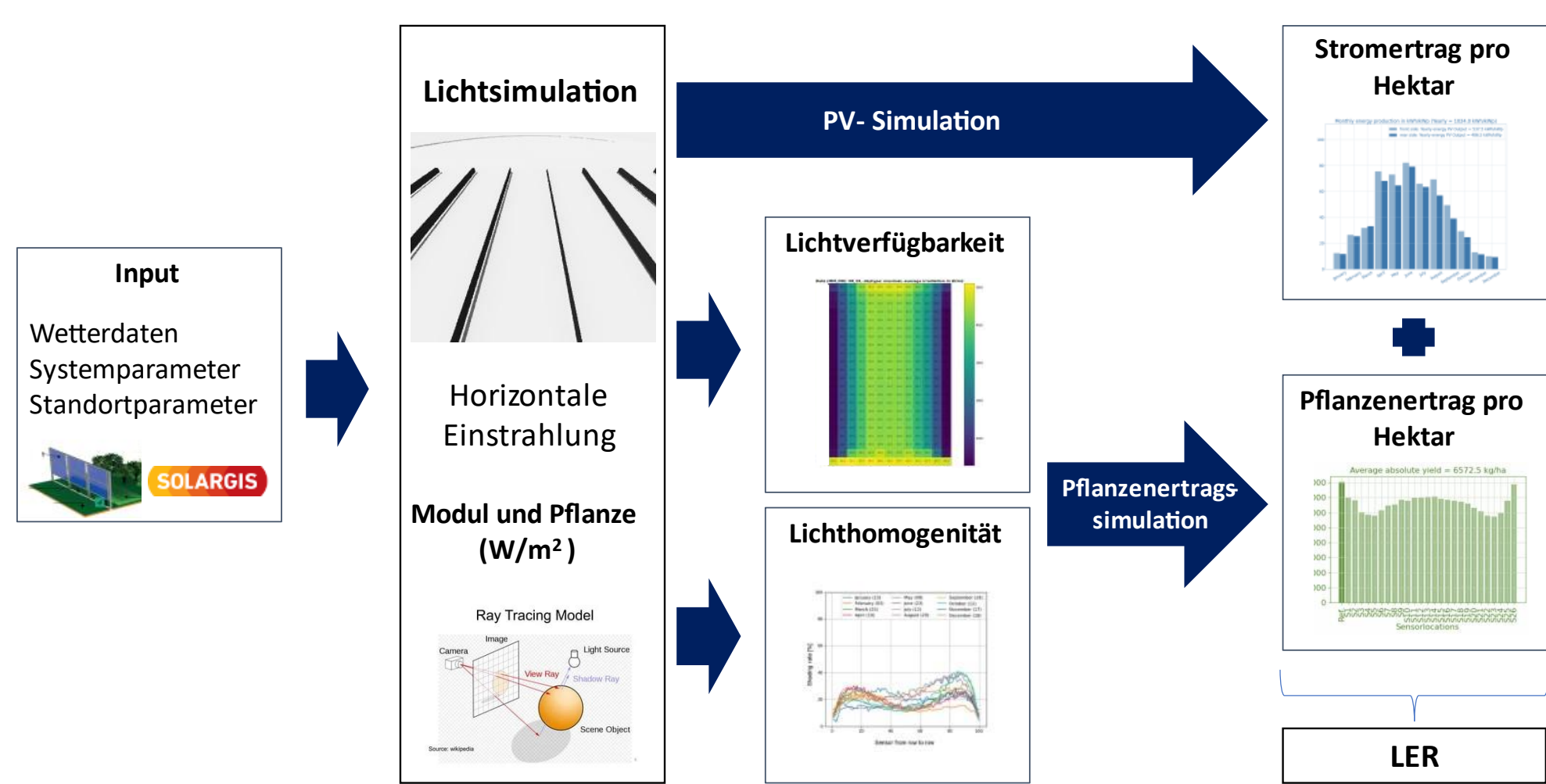


Abb. 1: Überblick über die Methodik

Die Berechnung des LER erfolgt nach Gleichung (1). Als Beispielkonfiguration für das Agri-PV-System wird der vertikale Anlagentyp von Next2Sun verwendet.

$$LER = \frac{Ertrag_{Pflanze(Agri-PV)}}{Ertrag_{Pflanze(Referenz)}} + \frac{Ertrag_{PV(Agri-PV)}}{Ertrag_{PV(Referenz)}} \quad (1)$$

Dieses wird im Rahmen der Forschungsprojekte VACKerPower und VACKerBio untersucht. Abb. 1 zeigt eine Praxisanlage und Abb. 2 die Visualisierung des Systems mit Hilfe der Raytracing-Software. Die verwendeten Parameter sind in untenstehender Tabelle aufgeführt. Die PV-Referenz wurde mit analogen Modulen in optimaler Südausrichtung mit einem praxisüblichen Reihenabstand für PV-FFA berechnet.



Abb. 2: Vertikales Agri-PV-System der Firma Next2Sun. Foto: S. Well, Universität Hohenheim.

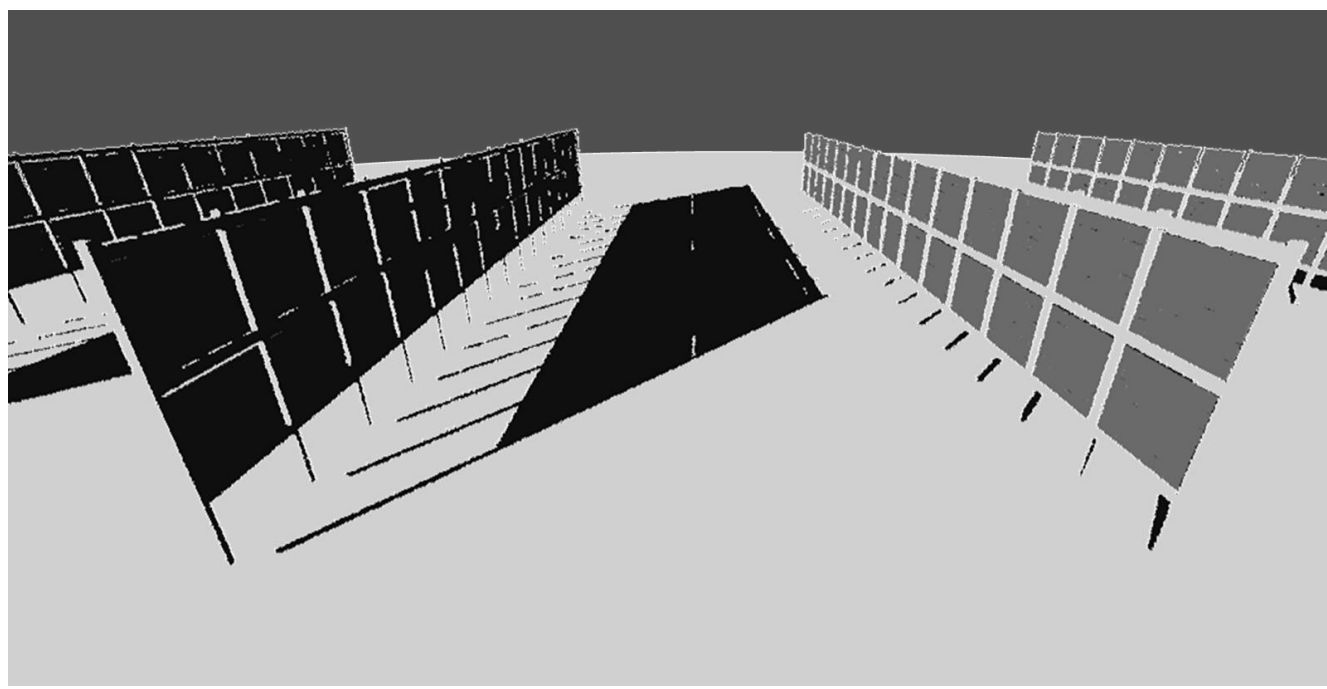


Abb. 3: Rendering des vertikalen Agri-PV-Systems. Eigene Darstellung mit Radiance.

Feste Designparameter		Variable Designparameter	
Modulgröße in m	2.3 x 1.13	Reihenbreite in m	[8.0 – 12.0]
Bifazialitätsfaktor	0.92	Höhe Modulunterkante in m	[0.5 -1.1]
Modulanordnung	2 Quer		
Landwirtschaftliche Kultur	Luzerne	Systemausrichtung in °	[-30° - +30°]

## Ergebnisse

### Ertragsmodellierung: Pflanzenenertrag unter Lichtreduktion

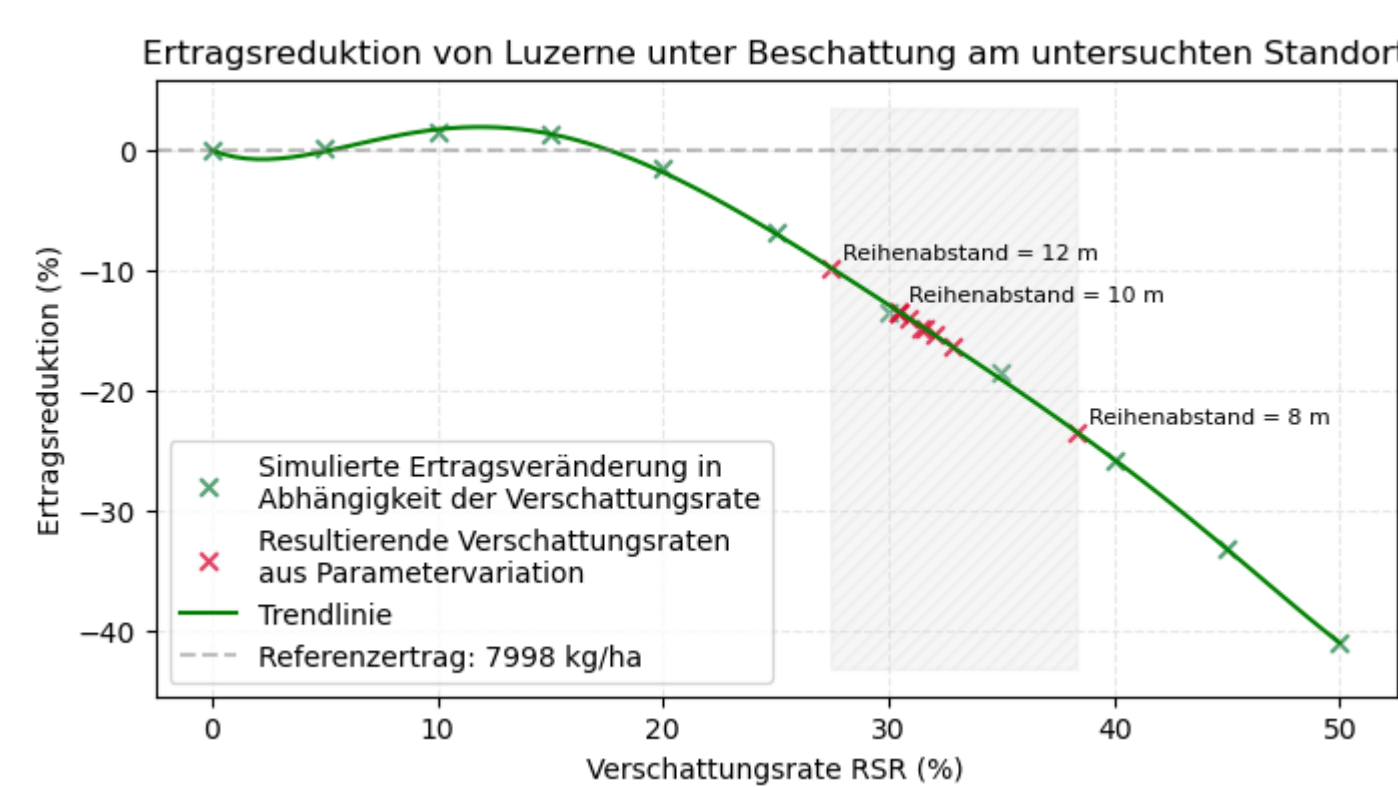


Abb. 5: Ergebnisse der Pflanzenenertragsimulation bei verschiedenen Verschattungsraten

DSSAT-basierte Ertragsmodellierung [3]: Analyse der Luzerneerträge am Standort unter Berücksichtigung verschiedener Verschattungsraten

- Konsistente Ertragsminderung über den gesamten analysierten Parameterbereich
- Referenzertrag von 66 % nach DIN SPEC 91434 mit jeder Konfiguration erreichbar

### Kombinierte Ertragsimulation: Einfluss auf die LER

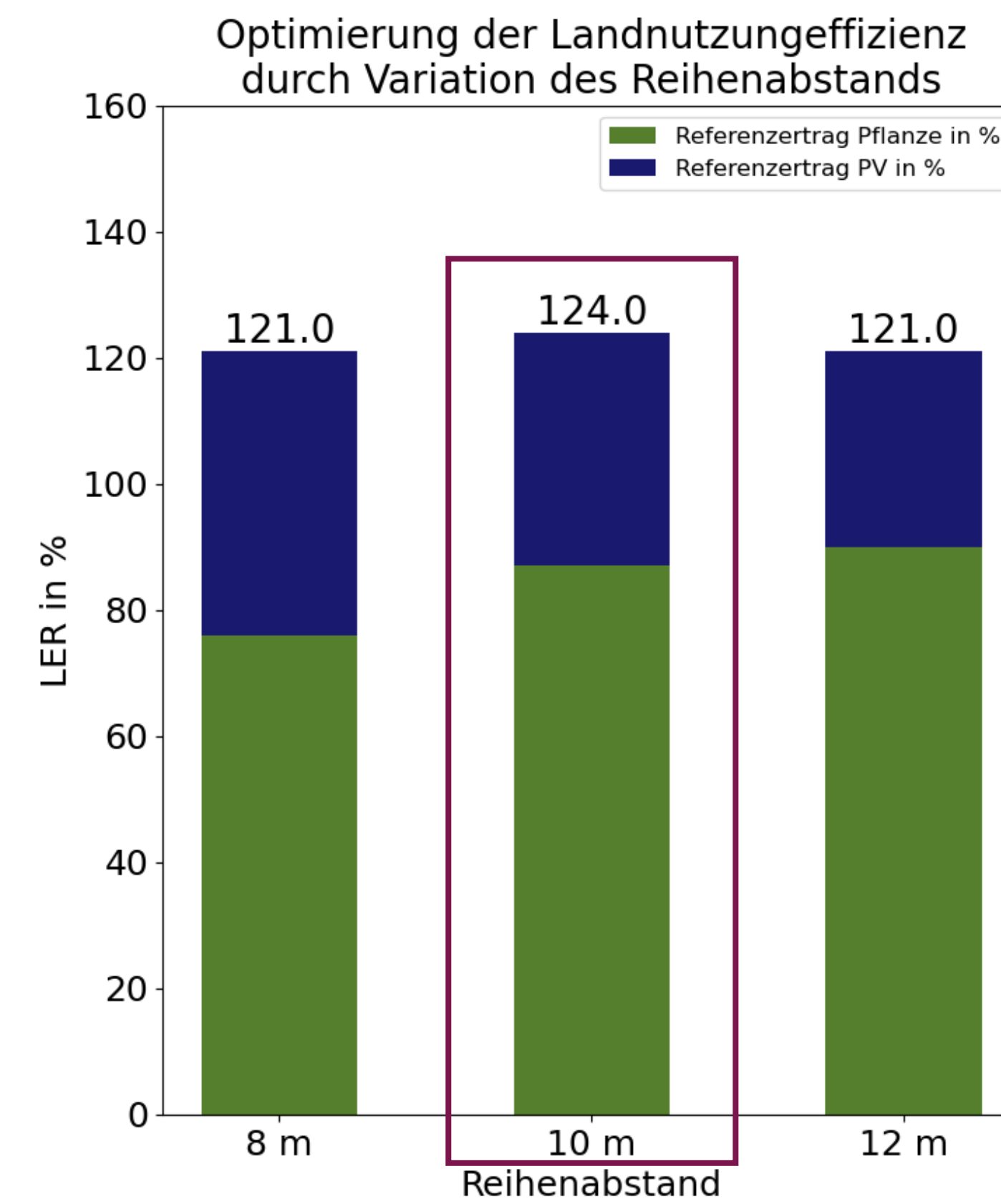


Abb. 6: Ergebnis der Optimierung der Reihenabstände

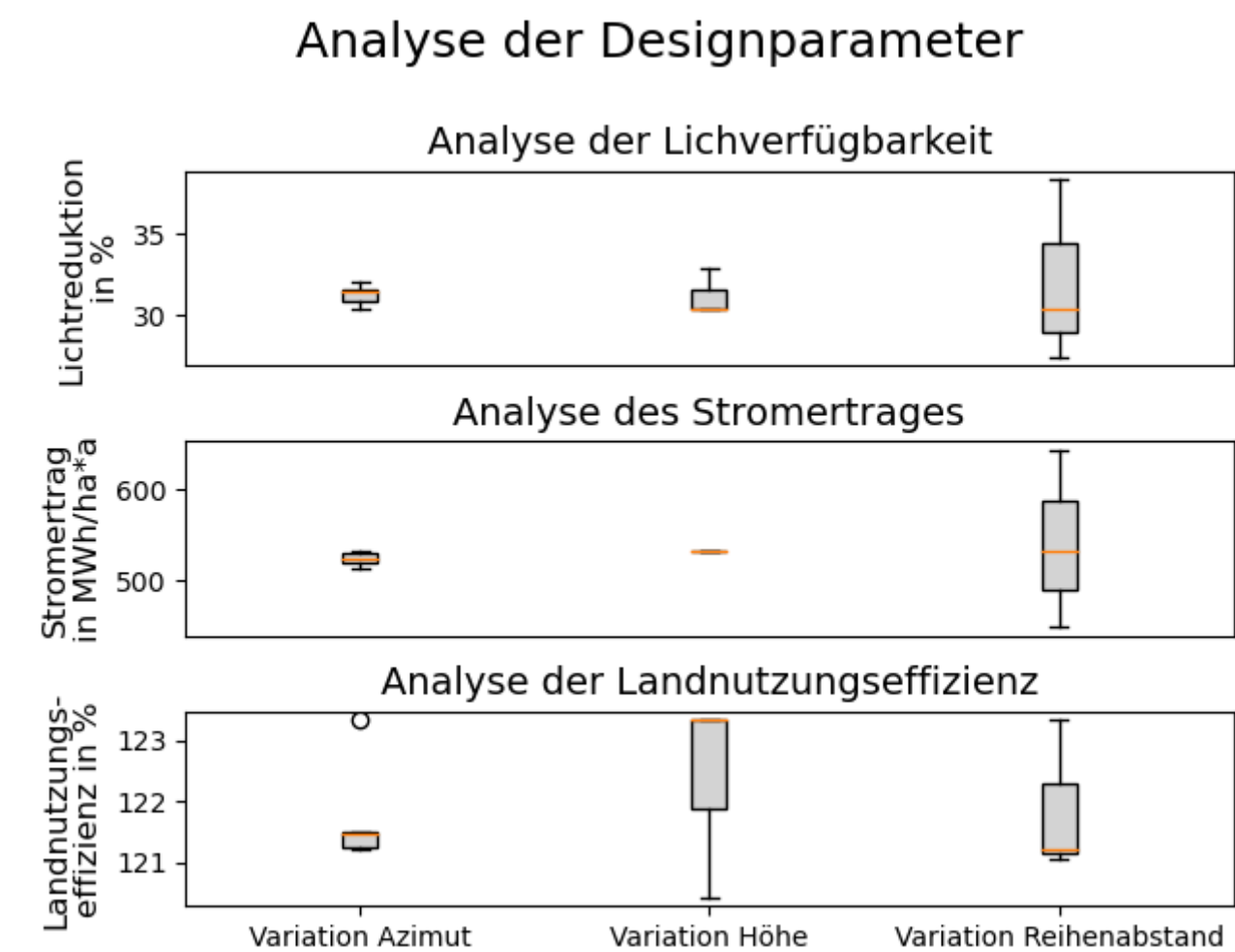


Abb. 7: Analyse der Designparameter hinsichtlich ihrer Systemoptimierungsrelevanz

- Reihenabstand hat den größten Einfluss auf die Beschattung und damit auf den Pflanzenenertrag
- Geringerer Stromertrag wird durch Pflanzenenertrag kompensiert

➤ Optimale Abstände zwischen den Reihen maximieren den Strom- und Pflanzenenertrag durch eine effiziente Nutzung des verfügbaren Lichts.

### Alternative Optimierung: Lichthomogenität und Stromertragsverteilung

Die Änderung des Azimuts beeinflusst die saisonale Verteilung der Stromerzeugung, wobei beispielsweise eine östliche Ausrichtung die Winterproduktion erhöht. Modulhöhen-varianationen beeinflussen die Homogenität des Lichts. Für bestimmte Kulturpflanzen kann eine höhere Ertragsreduktion akzeptiert werden, um eine gleichmäßige Lichtverteilung zu erreichen und somit eine gleichmäßige Reifung zu ermöglichen.

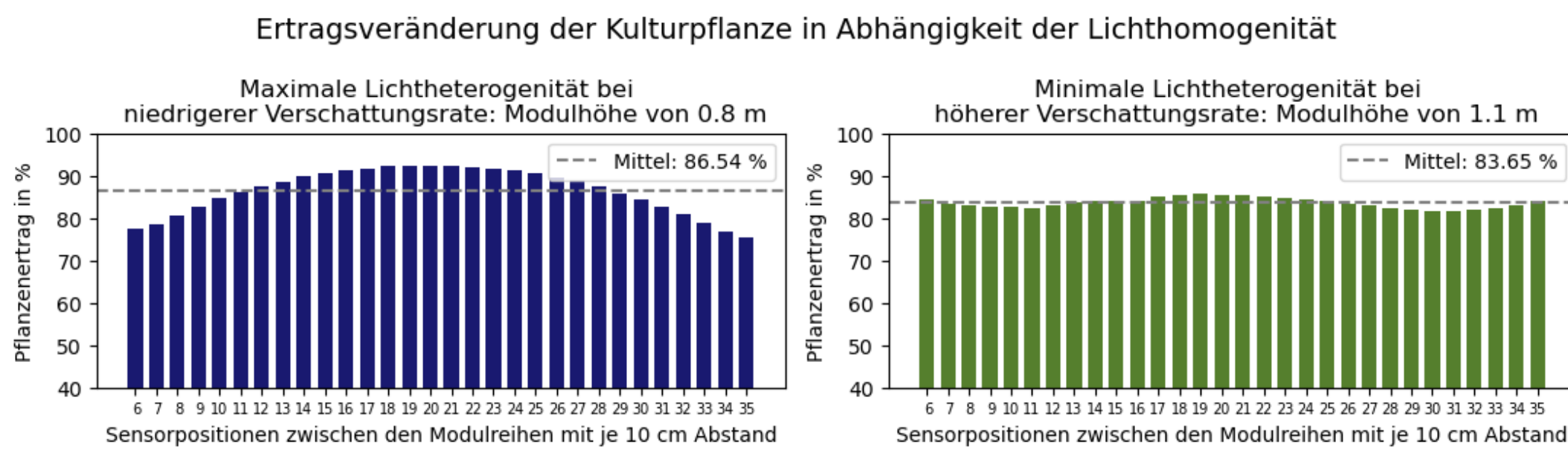


Abb. 7: Analyse des Kulturpflanzenertrags in Abhängigkeit von der Modulhöhe

### Ausblick:

- Analyse weiterer Standorte, Agri-PV-Systeme und Nutzpflanzen
- Validierung der Strom- und Pflanzenenerträge im Projekt VACKerPower, VACKerBio und mithilfe des modularen Testlabs auf dem Solartestfeld des Fraunhofer ISE

1 Trommsdorff, Max; Kang, Jinsuk; Reise, Christian; Schindele, Stephan; Bopp, Georg; Ehmann, Andrea et al. (2021): Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews 140, S. 110694. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110694.  
2 Dupraz, C.; Marrou, H.; Talbot, G.; Dufour, L.; Nogier, A.; Ferard, Y. (2011): Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. In: Renewable Energy 36 (10), S. 2725–2732. DOI: 10.1016/j.renene.2011.03.005.  
3 DSSAT (2023): DSSAT Overview - DSSAT.net. Online verfügbar unter <https://dssat.net/about/>, zuletzt aktualisiert am 23.09.2023, zuletzt geprüft am 28.01.2024.