

# LEISTUNGSSTEIGERUNG VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN DURCH MODULKÜHLUNG

Alois NIEDERL\*<sup>1</sup>

## Inhalt

Die derzeit eingesetzten Solarzellen weisen einen negativen Temperaturkoeffizienten für die Leistung auf, wodurch es mit steigender Modultemperatur zur Abnahme der Leistung einer Photovoltaikanlage von bis zu 30% gegenüber Standard-Testbedingungen kommt. Bisher werden Photovoltaikanlagen ohne eine entsprechende Kühlung der Module errichtet. Erste Bestrebungen von Kombinationsanlagen zur gemeinsamen Erzeugung von photovoltaischer und solarthermischer Energie sind zwar vorhanden, jedoch noch nicht ausgereift. Die derzeit einzige Möglichkeit zur teilweisen Kühlung der Photovoltaikanlage ist die Hinterlüftung der Module durch eine entsprechende Aufdachmontage. Ziel dieser Arbeit ist die Ermittlung der Leistungssteigerung von Photovoltaikanlagen durch eine Modulkühlung an der Oberseite von polykristallinen Photovoltaikmodulen mittels einer Regenwasserberegnungsanlage. Folgende Fragestellungen werden im Rahmen der Arbeit beantwortet:

- Wie wird das Temperaturverhalten von Photovoltaikmodulen modelliert?
- Welchen Einfluss hat eine Kühlung an der Oberseite von polykristallinen Modulen mittels einer Regenwasserberegnung?
- Welche Wirtschaftlichkeit ergibt sich durch eine Modulkühlung am ausgewählten Standort für unterschiedliche Szenarien?

## Methodik

Neben einer Literaturrecherche über derzeit verfügbare Technologien zur Leistungssteigerung von Photovoltaikanlagen erfolgt eine statische und dynamische Simulation des Temperaturverhaltens von Photovoltaikmodulen. Darüber hinaus wird die Fragestellung mittels einer praktischen Versuchsanlage anhand von zwei identischen, aufdach montierten Photovoltaikanlagen untersucht, wobei eine Anlage an der Oberseite der polykristallinen Module mittels einer Regenwasserberegnung gekühlt wird und die zweite Anlage als Referenzanlage dient (siehe Abbildung 1). Neben einer Analyse der Referenzmessungen wird gezeigt, wie sich die Modulkühlung auf die Modultemperatur bzw. die Anlagenleistung auswirkt und welcher Einfluss sich durch Modulverschmutzung und Reinigungsvorgänge ergibt. Schließlich erfolgt eine Gegenüberstellung des zu erwartenden Mehrertrages mit der für die Modulkühlung benötigten Pumpenergie. Den Abschluss bildet eine dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für den Einsatz einer Modulkühlung am ausgewählten Standort für unterschiedliche Szenarien.



Abbildung 1 Ansicht beider Anlagen im Kühlbetrieb (links), Detailansicht einer Sprühdüse im Kühlbetrieb (rechts)

<sup>1</sup> LEA GmbH, Auersbach 130, 8330 Feldbach, 03152 8575 508, [niederl@lea.at](mailto:niederl@lea.at), [www.lea.at](http://www.lea.at) sowie Student Nachhaltige Energiesysteme FH Burgenland

## Ergebnisse

Die statische Modellierung des Temperaturverhaltens zeigt, dass aufgrund der vorhandenen Schichtdicken und eingesetzten Materialien die Modulfrontseite einen um ca. 1,57-fach höheren thermischen Widerstand als die Modulrückseite aufweist. Die Temperaturdifferenz zwischen Zelle und Moduloberfläche steigt linear mit steigender Umgebungstemperatur sowie steigender Einstrahlung und beträgt zwischen 0,1 K und 1,2 K. Die Analyse der Energiebilanz eines Moduls in Abhängigkeit der Einstrahlung bei einer Umgebungstemperatur von 20°C und einer Windgeschwindigkeit von 1 m/s ergibt, dass dabei mit rund 51% bis 75% der größte Anteil jeweils auf den Wärmeübergang durch Strahlung entfällt. Der Anteil des konvektiven Wärmeübergangs erhöht sich von unter 10% bei einer Einstrahlung von 100 W/m<sup>2</sup> bis auf rund 29% bei einer Einstrahlung von 1.000 W/m<sup>2</sup>. Der elektrische Wirkungsgrad weist sein Maximum von 13,8% bei einer Einstrahlung von 700 W/m<sup>2</sup> bis 800 W/m<sup>2</sup> auf.

Bei der dynamischen Betrachtung des Temperaturverhaltens kann für den ungekühlten Betrieb eine thermische Zeitkonstante von ca. 51 Sekunden ermittelt werden. Bei einer Änderung der solaren Einstrahlung ist das Modul daher nach einer Zeit von ca. 255 Sekunden im thermischen Gleichgewicht. Bei aktiver Kühlung mittels Wasser an der Moduloberfläche zeigt sich, dass sich die Modultemperatur nach einer Zeit von ca. 11,1 Minuten (Kühltemperatur 20°C) bzw. ca. 12,1 Minuten (Kühltemperatur 10°C) um rund 63% der maximal möglichen Temperaturdifferenz abgekühlt hat.

Im Rahmen der Durchführung und Untersuchung der Versuchsanlage für die Modulkühlung kann bei der gekühlten Anlage zu Spitzenzeiten eine Reduktion der Modultemperatur von bis zu 24 K und damit eine reale Leistungssteigerung von rund 9,4% erzielt werden (siehe Abbildung 2). Im Vergleich der monatlichen Produktionswerte für die gekühlte und ungekühlte Photovoltaikanlage ergibt sich für die gekühlte Anlage eine Mehrproduktion von bis zu 3,8%. Nach einer mehrmonatigen Betriebszeit der Modulkühlung wurde festgestellt, dass die gekühlte Anlage im Vergleich zu ungekühlten Anlage eine stärkere Verschmutzung aufwies. Dies bewirkte eine weniger stark ausgeprägte Leistungssteigerung im Kühlbetrieb. Eine entsprechende Reinigung der Anlage führte wieder zu einer Leistungssteigerung gemäß den ursprünglichen Werten. Die für die Versuchsanlage benötigte Pumpenergie beträgt zwischen 19,3% und 22,5% der Mehrproduktion der gekühlten Anlage. Die Wirtschaftlichkeit der Modulkühlung liegt bei einer angenommenen Kühltemperatur von 20°C bis 25°C bei einer dynamischen Amortisation von rund 8 bis 10 Jahren und damit im Bereich von zurzeit errichteten Photovoltaikanlagen.

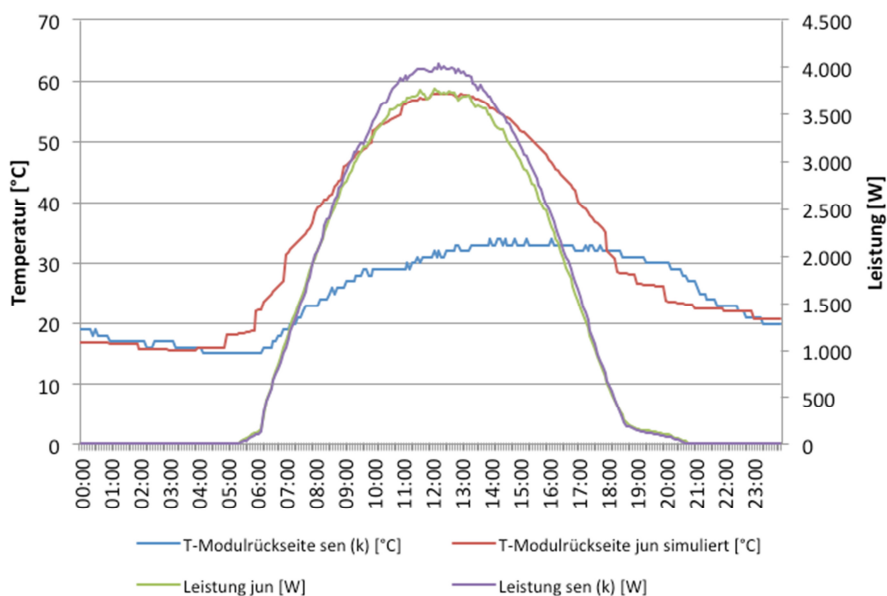


Abbildung 2 Leistungsverlauf der beiden Photovoltaikanlagen inkl. der Temperaturverläufe vom 9. Juli 2011

Das Forschungsprojekt wurde im Rahmen der Ökofonds-Ausschreibung des Landes Steiermark „Förderung von innovativen Komponenten bei der Erzeugung von elektrischem Strom aus Sonnenenergie“ durchgeführt und kofinanziert.