



# Solar Module Inspection Drone (SMID)

## Vorhabensziel

In Deutschland gibt es derzeit 1,4 Millionen Photovoltaikanlagen<sup>1</sup> (PV). Ihre kontinuierliche Prüfung ist von besonderer Bedeutung, weil Defekte in einzelnen Modulen die Effizienz der gesamten Anlage drastisch reduzieren. Eine rechtzeitige Kontrolle kann erhebliche Umsatzeinbußen vermeiden, wird aber oft wegen des hohen Aufwands stark vernachlässigt. Etablierte Verfahren für die Qualitätsprüfung nutzen Elektrolumineszenz oder Wärmestrahlung und sind komplementär: über Wärmestrahlung sind funktionsunfähige Zellen erkennbar, über Elektrolumineszenz bereits kleinste Defekte, sog. Microcracks. Werden sie rechtzeitig erkannt, kann die Leistung der PV-Anlage auf einem hohen Niveau gewährleistet werden.

Die Idee für das geplante Forschungsprojekt ist, eine präventive Prüfung über Elektrolumineszenz aus der Luft mit einer Drohne zu realisieren. So wäre die regelmäßige Instandhaltung großer Photovoltaik-Parks und schwer zugänglicher PV-Dachinstallationen preiswert durchführbar.

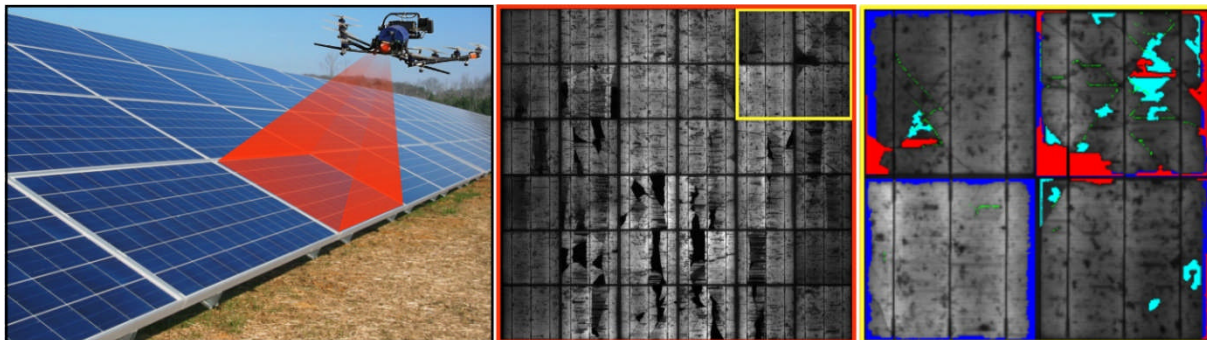


Abbildung 1: Geplantes System der drohnengestützten Inspektion von Solaranlagen. Links: Aufnahme der Elektrolumineszenz eines Solarmoduls (Grafik), Mitte: entzerrte Aufnahme der Strahlung, rechts: Analyseergebnis der vier gelb markierten Zellen.

## Hardware

Die Hardware des Systems besteht aus einer präzise steuerbaren Drohne als Fluggerät und einem ortsfesten Trolley für die notwendige Stromversorgung der Module. Auf der Drohne wird eine speziell zu entwickelnde sCMOS (scientific CMOS)-Kamera installiert, die eine hohe Empfindlichkeit und eine hohe Auslesegeschwindigkeit besitzt. Sie dient zur Aufnahme der Elektrolumineszenz der Solarmodule und zur Positionskontrolle der Drohne. Die Kamera führt verschiedene Vorverarbeitungsschritte durch und überträgt die optimierten Bilder für die weitere Verarbeitung mittels Ethernet-zu-WLAN an einen Laptop am Boden.

## Software

Neben der Steuerung und Lokalisierung der Drohne ist die algorithmische Auswertung der aufgenommenen Bilder über eine Software zu lösen. Die Herausforderungen ergeben sich aus den besonderen Aufnahmebedingungen (Aufnahmen bei Nacht unter freiem Himmel von einer fliegenden Drohne). Vorhandene Bildanalyseverfahren erfordern exakt definierte Rahmenbedingungen und müssen deshalb für das vorgestellte System grundlegend verändert bzw. neu entwickelt werden. Verzerrungen durch die Beobachtungsbedingungen oder Bewegungen der Drohne müssen durch Vorverarbeitung korrigiert werden. Eine Routine zur Identi-

<sup>1</sup>Fraunhofer ISE, 2015: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland

fikation und Klassifikation des Defektes muss entwickelt werden (z.B. Randabfälle, Verschmutzungen, schief angebrachte Verbindungen, Haarrisse).

## **Innovationen**

Nur bei hoher Bildqualität, kurzer Messzeit, großer Positionsstabilität der Drohne sowie exakt definierter Beobachtungsgeometrie zwischen Kamera und Solarmodul lassen sich wie geplant auch kleinste Defekte frühzeitig erkennen. Dies ist nur über die Erarbeitung neuer Lösungsansätze möglich.

### **Innovation 1 : Funkgesteuerte sCMOS-Kamera**

Da CCD-Kameras bei schnellen Bildaufnahmen (z.B. mobile Modulanalyse) an ihre Grenzen stoßen, soll eine hochempfindliche und schnelle sCMOS-Kamera mit einer Funkbrücke eingesetzt werden. Datenhandling, Übertragung und Synchronisation sind komplex, weshalb eine Vorverarbeitung der Sensordaten mit einem FPGA vorgesehen ist.

### **Innovation 2 : Automatisierte Bildanalyse von Aufnahmen während des Fluges**

Die Modulfindung muss auch bei Unschärfe durch Drohnenbewegungen, Verzerrungen, Störlicht, Umgebungseinflüsse oder mehreren Modulen im Bild zuverlässig und schnell arbeiten.

### **Innovation 3 : Detektion von Mikrorissen und anderen Defekten**

Die strukturellen Eigenschaften der unterschiedlichen Typen von Solarzellen erschweren eine zuverlässige Detektion und Zuordnung von Defekten sehr. So weisen polykristalline Zelltypen sehr unregelmäßige Strukturen auf, die schnell zu fehlerhaften Detektionen führen können. Deshalb müssen strukturabhängige Merkmale aus den Bildern extrahiert werden, die zur Klassifikation der verschiedenen Defekte (wie z.B. Mikrorisse) geeignet sind und Basis für die Entwicklung eines neuen Klassifikationsalgorithmus sein können.

## **Marktpotential**

Prüfungen von Modulen über Elektrolumineszenz erfolgen meist in einer speziellen Dunkelkammer, also nach Deinstallation der Module, oder vereinzelt mit stativgestützten Kameras vor Ort. Beide Varianten erfordern ein erhebliches Maß an manueller Arbeit und sind an schlecht zugänglichen Orten nur mit großem Aufwand nutzbar. Das vorgestellte System erlaubt die wirtschaftliche Nutzung der präzisen Elektrolumineszenz-Inspektion auch bei großen PV-Parks und -Dachinstallationen. Teilergebnisse des Projekts können bereits im Rahmen der Produktpalette von greateyes getestet und genutzt werden. Dies betrifft vor allem die intelligente sCMOS-Kamera und die erweiterten Auswertungsalgorithmen. Auf diese Weise kann sich das Unternehmen im globalen Wettbewerb auch im Bereich der produktionsnahen Modulanalyse (d.h. zur Qualitätssicherung in der Herstellung) besser positionieren und neue Märkte erschließen.

## **Forschungsförderung**

Dieses Projekt wird von der Europäischen Union im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert.