

Thema für eine studentische Arbeit (Bachelor, Master-Projektarbeit oder Master):

Simulationsgestützte Untersuchung von Degradationsmechanismen und Auswirkungen möglicher Refurbishing-Maßnahmen an Photovoltaikmodulen zur Entwicklung eines Flasher-basierten Test- und Bewertungskonzepts

Die zunehmende Anzahl außer Betrieb genommener Photovoltaikmodule stellt eine zentrale Herausforderung für die nachhaltige Nutzung von Ressourcen im Energiesektor dar.¹ Neben dem Recycling gewinnt insbesondere die Wiederverwendung von PV-Modulen zunehmend an Bedeutung, da viele ausgediente Module trotz altersbedingter Degradation weiterhin ein nutzbares Restleistungspotenzial aufweisen.²

Voraussetzungen für eine sinnvolle Wiederverwendung sind eine nachvollziehbare Bewertung des technischen Zustands der Module sowie eine Einschätzung, ob und in welchem Umfang Refurbishing-Maßnahmen zu einer Verbesserung der elektrischen Leistungsfähigkeit beitragen können. Eine wichtige Grundlage hierfür ist die Analyse von I-V-Kennlinien, aus denen zentrale elektrische Kennwerte wie Kurzschlussstrom, Leerlaufspannung, Füllfaktor und maximale Leistung abgeleitet werden können.

Im Rahmen der Arbeit sollen typische Degradations- und Fehlermechanismen von Photovoltaikmodulen³ untersucht und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die elektrische Leistungsfähigkeit bewertet werden. Der Fokus liegt dabei auf simulationsgestützten Ansätzen, mit denen Alterungs- und Fehlerzustände sowie Auswirkungen möglicher Refurbishing-Maßnahmen bereits vor experimentellen Messungen systematisch abgebildet werden können. Die Ergebnisse sollen dabei als Grundlage dienen, um spätere Flasher-basierte Untersuchungen gezielt vorzubereiten, relevante Kennwerte auszuwählen und geeignete Bewertungskriterien abzuleiten.

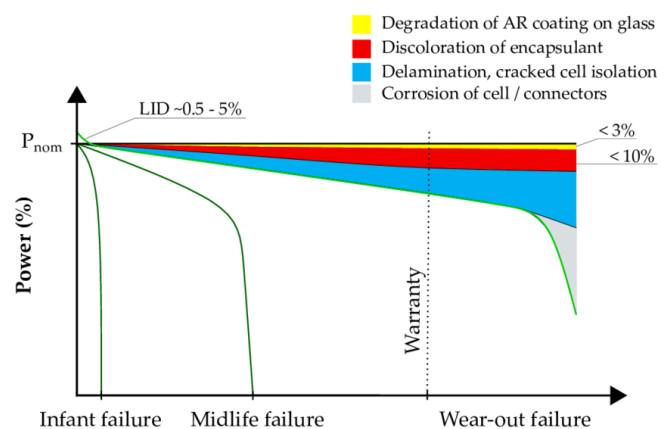


Abbildung 1 Typische Degradationsszenarien bei Si-PV-Modulen

Je nach Verfügbarkeit der Messtechnik kann das entwickelte Konzept anschließend durch experimentelle I-V-Kennlinienmessungen mit einem Solar-Flasher ergänzt oder validiert werden. Dadurch entsteht ein flexibler Bearbeitungsansatz, der sowohl eine simulationsbasierte Voruntersuchung als auch eine spätere praktische Anwendung im Labor ermöglicht.

¹ Report IEA-PVPS, *End of Life Management of Photovoltaic Panels Trends in PV Module Recycling Technologies*.

² Sweet, „How the Solar Energy Sector Is Increasing Circularity“.

³ Rabanal Arabach, „Development of a c-Si Photovoltaic Module for Desert Climates“.

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines simulationsgestützten Test- und Bewertungskonzepts für PV-Altmodule als Grundlage für spätere Flasher-basierte Untersuchungen. Dazu soll analysiert werden, welche typischen Degradationsmechanismen elektrisch modellierbar sind, wie mögliche Refurbishing-Maßnahmen durch geeignete Parameteränderungen abgebildet werden können und welche Auswirkungen sich daraus auf I-V-Kennlinien und zentrale elektrische Kennwerte ergeben. Auf dieser Basis sollen relevante Messgrößen, Prüfabläufe und Bewertungskriterien für spätere experimentelle Vorher-Nachher-Untersuchungen abgeleitet werden. Im Einzelnen sind die folgenden Arbeiten durchzuführen:

- Recherche zu Degradationsmechanismen, Alterungseffekten und Refurbishing-Maßnahmen bei Photovoltaikmodulen
- Aufbereitung der Grundlagen der I-V-Kennlinienanalyse und relevanter elektrischer Kennwerte
- Analyse geeigneter Simulations- und Modellierungsansätze für PV-Module
- simulationsgestützte Untersuchung typischer Fehler- und Alterungsszenarien
- Abbildung der Auswirkungen möglicher Refurbishing-Maßnahmen durch Veränderung geeigneter Modellparameter
- Vergleich simulierter Vorher-Nachher-Zustände anhand elektrischer Kennwerte
- Ableitung relevanter Messgrößen und Prüfabläufe für spätere Flasher-basierte Untersuchungen
- Entwicklung eines Bewertungsschemas zur Einschätzung von Modulzustand, Refurbishing-Potenzial und Wiederverwendbarkeit
- optional: experimentelle Validierung ausgewählter Szenarien mittels Solar-Flasher

Als Ergebnis der Arbeit soll ein simulationsgestütztes Test- und Bewertungskonzept entstehen, das als Grundlage für spätere Flasher-basierte Untersuchungen dient. Es umfasst die Auswahl relevanter Degradations- und Refurbishing-Szenarien, deren simulationsbasierte Abbildung, geeignete Kennwerte zur Auswertung sowie ein Bewertungsschema zur Einordnung von Modulzustand, Refurbishing-Potenzial und Wiederverwendbarkeit.

Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. M. Rudolph
Tel. 0341 3076-4150
E-Mail: mathias.rudolph@htwk-leipzig.de