

Unsachgemäßer Umgang mit PV-Modulen: Beschreibung und Auswirkungen von Handhabungsfehlern

Christopher Olschok^{(1) (3)} · Markus Schmid⁽²⁾ · Rudi Haas⁽¹⁾ · Gerd Becker⁽³⁾

1 Motivation und Zielsetzung

Bei der Lagerung, dem manuellen Transport, aber auch bei einer bereits installierten Generatorfläche werden Solarmodule häufig mechanischen Belastungen ausgesetzt. Bei Vorortterminen konnte beobachtet werden, wie Module umstürzten oder beim manuellen Transport fallen gelassen und trotzdem montiert wurden. Die Auswirkungen

von Fehlern dieser Art können oft mit dem menschlichen Auge nicht erkannt werden, haben aber durchaus Einfluss auf die Zellebene. Durch das spröde Materialverhalten von Silizium entstehen Mikrorisse hauptsächlich in Belastungssituationen, bei denen eine Kraft senkrecht zur Waferoberfläche wirkt.

2 Übersicht und Klassifizierung

Zur Fehlersimulation wurden monokristalline Module (72 Zellen, 5 Zoll) und polykristalline Module (60 Zellen, 6 Zoll) verwendet. Die Simulationen wurden analog an beiden Modultypen durchgeführt. Eine Übersicht der Handhabungssituationen ist in der Tabelle zu sehen. Die Fehler werden den Phasen der Lagerung, dem manuellen Transport und dem

unsachgemäßen Umgang bei einer bereits installierten Generatorfläche zugeordnet. Es wird die reale Handlungssituation erläutert und graphisch skizziert. Stellvertretend für die jeweiligen Phasen wird die Vorgehensweise der Fehlersituationen 2, 7 und 8 erläutert.

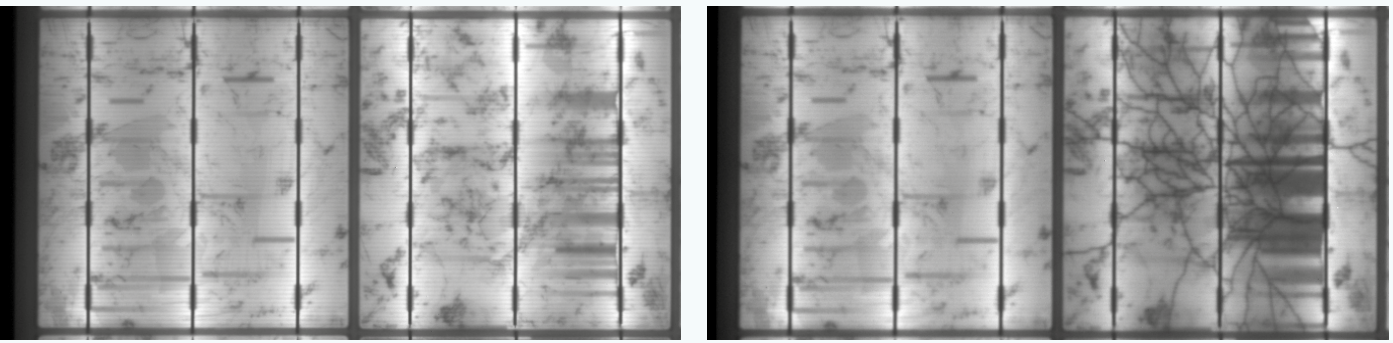
Fehler 2

Zur Nachbildung dieser Fehlersituation wurde eine handelsübliche Einwegpalette aus Holz verwendet. Auf diese wurden sieben Solarmodule senkrecht stehend hintereinander angeordnet und durch einen mechanischen Impuls zum Umkippen auf die Glasseite gebracht.

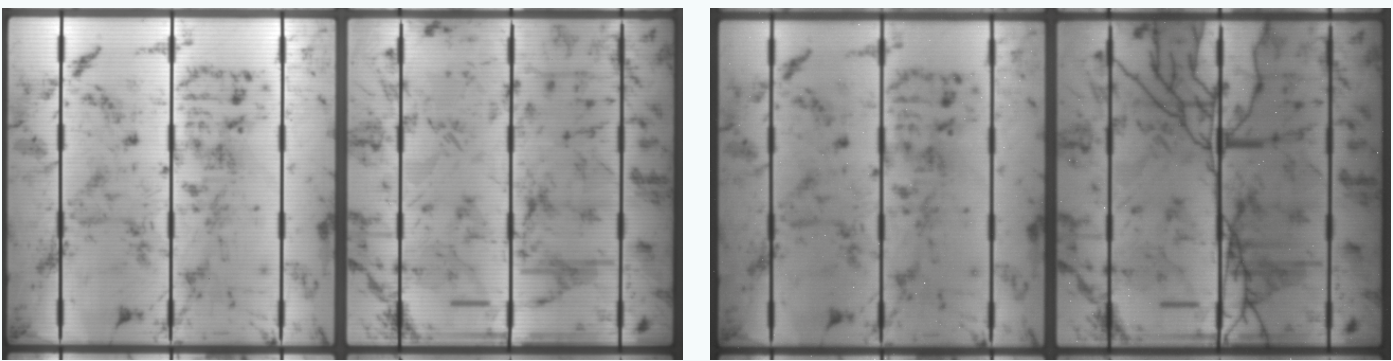


Auswirkungen

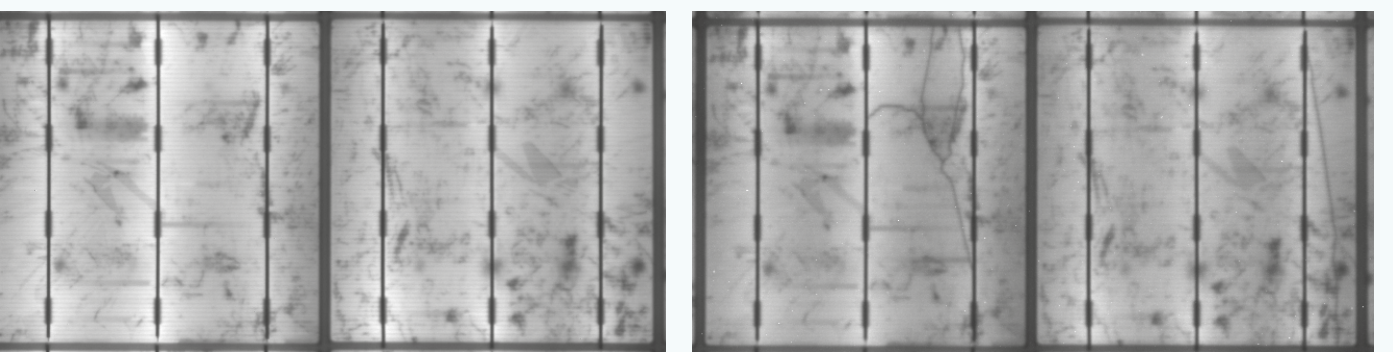
Abgesehen vom ersten Modul, das auf den Boden fiel, weisen die Module keine äußerlichen Schäden auf. Mittels Elektrolumineszenz konnten jedoch Zellbrüche in allen Modulen detektiert werden.



Elektrolumineszenzaufnahme vor (links) und nach (rechts) der Fehlersimulation des zweiten Moduls von unten.



Elektrolumineszenzaufnahme vor (links) und nach (rechts) der Fehlersimulation des vierten Moduls von unten.



Elektrolumineszenzaufnahme vor (links) und nach (rechts) der Fehlersimulation des sechsten Moduls von unten.

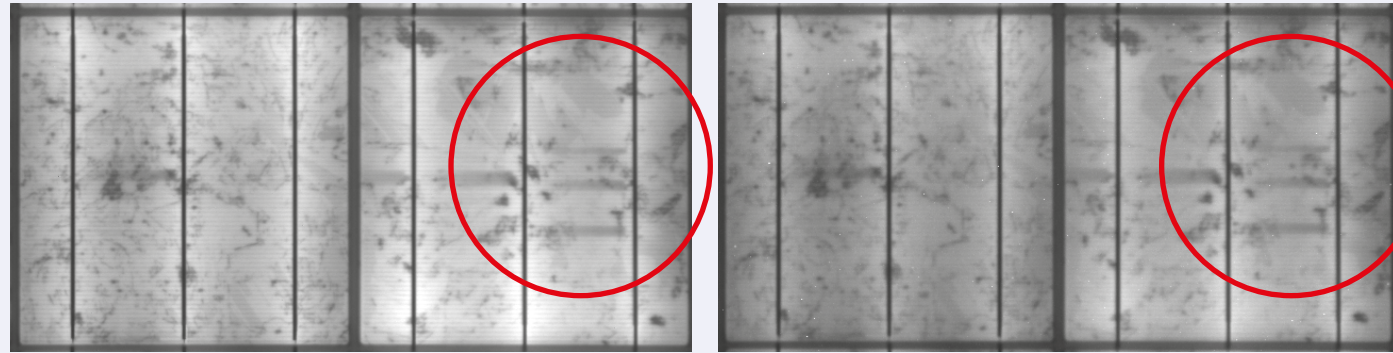
Übersicht der Handhabungsfehler				
Klassifizierung	Nr.	Beschreibung der Fehlersituation		Auswirkung auf
Lagerung	1	Umkippen eines schlecht gesicherten Moduls aus senkrechtem Stand		Zellebene
	2	Umfallen einer Modulpalette		Zellebene
	3	Schlecht verpackte Modulpalette		Zellebene
Transport	4	Waagrechtes Tragen eines Moduls durch zwei Personen mit anschließendem Fallenlassen		Zellebene (erheblich)
	5	Senkrecht Tragen eines Moduls durch zwei Personen mit anschließendem Fallenlassen		Rahmen
	6	Heraufziehen eines Moduls über eine Leiter durch eine am Dach stehende Person		Rückseitenfolie (Schleifspuren)
	7	Kopf über Tragen eines Moduls		keine
Installierte Generatorfläche	8	Überqueren des Generatorfeldes		Zellebene
	9	Gehen auf dem Rahmen bei der Überquerung des Generatorfeldes		keine
	10	Entgleiten eines Werkzeugs aus der Hand oder einem Werkzeuggürtel		Zellebene

Fehler 7

Bei dieser Situation wurde auf einem ebenen Steinboden eine Strecke von zehn, fünfzehn und zwanzig Metern simuliert, indem eine Person mit einem handelsüblichen Baustellenhelm das Modul kopfüber transportierte.

Auswirkungen

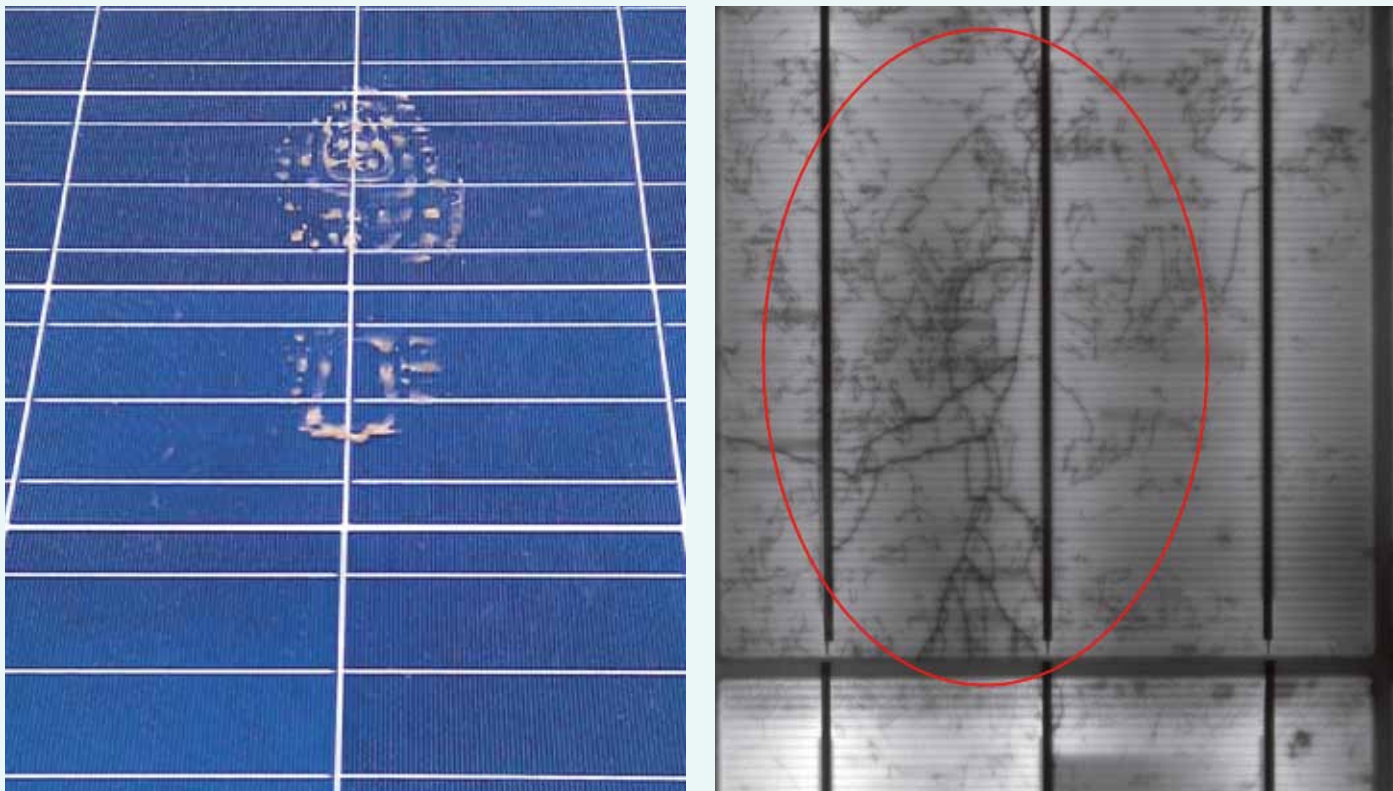
Die Vermutung, dass durch das Aufliegen des Moduls auf dem Kopf Schäden in der Zellstruktur entstehen, konnte nicht bestätigt werden. Da es sich um eine Krafteinwirkung senkrecht zur Waferoberfläche handelt, ist es allerdings nicht ausgeschlossen, dass durch andere Umgebungsbedingungen (z. B. unebener Boden) Mikrorisse entstehen können.



Elektrolumineszenzbilder vor (links) und nach (rechts) der Simulation des Moduls mit 20 Meter Wegstrecke. Die markierte Stelle stellt den Auflagepunkt des Helms dar.

Fehler 8

Mit einem speziellen Prüfgerät wird eine Kraft auf eine Generatorfläche aufgebracht, die einem Durchschnittsgewicht eines erwachsenen Mannes von 83,4 kg auf eine 30° geneigte Modulfläche entspricht.



Durch die Trittbelastung konnten Mikrorisse an der Auftrittsstelle detektiert werden. Links die reale Fehlersituation, rechts sind die Auswirkungen nach der Simulation zu sehen.

3 Zusammenfassung

Durch die Simulation der Handhabungsfehler kann festgestellt werden, dass der Großteil der Handhabungssituationen, bei denen die Kraft senkrecht zur Oberfläche des Solarmoduls wirkt, Schäden in der Zellstruktur verursacht. Aufgrund von Erfahrungswerten aus anderen Studien wird davon ausgegangen, dass der Alterungsprozess die bisher entstandenen Bruch-

bilder verschlechtert und sich dadurch auch die elektrische Leistung verringert. Bei den Situationen, bei denen die Kraft parallel zur Oberfläche wirkt, zeigt sich hingegen, dass lediglich leichte Schäden am Rahmen oder am Glas die Folge der Krafteinwirkung sind. Daher sollten Situationen, in denen eine Kraft senkrecht zur Oberfläche wirkt vermieden werden.

Der erste Schritt dazu sollte sein, die Installateure für dieses Thema zu sensibilisieren und das Bild von Belastbarkeit und Robustheit der Solarmodule zu relativieren. Dies sollte durch Schulungen und Vorträge für Installationsfirmen ermöglicht und von diesen wahrgenommen werden.

¹⁾ Solarschmiede GmbH
Schwanthalerstraße 75a
80336 München
Tel.: +49 (0)89 9901384-50
Fax: +49 (0)89 9901384-9
Christopher.Olschok@solarschmiede.de
www.solarschmiede.de
²⁾ Krannich Solar GmbH & Co. KG
Heimsheimer Straße 65/1,
71263 Weil der Stadt/Hausen
³⁾ Hochschule München
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Arbeitsgruppe des SE-Labors im Studiengang Regenerative Energien