

Durch das Steinbeis-Transferzentrum Dezentrale Regenerative Energiesysteme wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Sunbrush zwei Gutachten zum Abklären der mechanischen Belastung durch eine PV Reinigungsanlage angefertigt.

## **Test 1:**

### **Messaufgabe:**

Untersuchung von PV-Modulen auf Leistungsverluste und Verschleiß durch möglichen mechanischen Abrieb und Kratzer. Die mechanische Belastung wird mit einer PV-Reinigungsanlage der Fa. Sunbrush GmbH durchgeführt. Die Bürste der Reinigungsanlage hat die Glasoberfläche der PV-Module 4338-mal ohne Flüssigkeitszusatz gereinigt. Dies simuliert eine Belastung über etwa 20 Jahre (Herstellerangabe Fa. Sunbrush GmbH)

Zur Analyse werden die Module vor und nach der Reinigung mittels des Flashers auf ihre Leistungswerte bei verschiedenen Einstrahlungen untersucht. Die Glasoberfläche der PV-Module wird mit einem Mikroskop an definierten Messpunkten nach den verschiedenen Reinigungsschritten optisch untersucht.

### **Messmittel:**

- Flasher: Sun Simulator 3c, Seriennummer: PAA0325
- Mikroskop
- Solarreinigungsanlage sunbrush
- Leistungsmessgerät Christ CLM1000-Professional+

### **Messbedingungen:**

#### **Messung 1: Lieferzustand**

- Optische Oberflächenanalyse, Mikroskop in 16-facher und 25-facher Vergrößerung
- Leistungsmessung der PV-Module bei einer Einstrahlung von 1000 W/m<sup>2</sup>, 700 W/m<sup>2</sup>, 400 W/m<sup>2</sup>, 200 W/m<sup>2</sup>

#### **Messung 2: feuchte Reinigung**

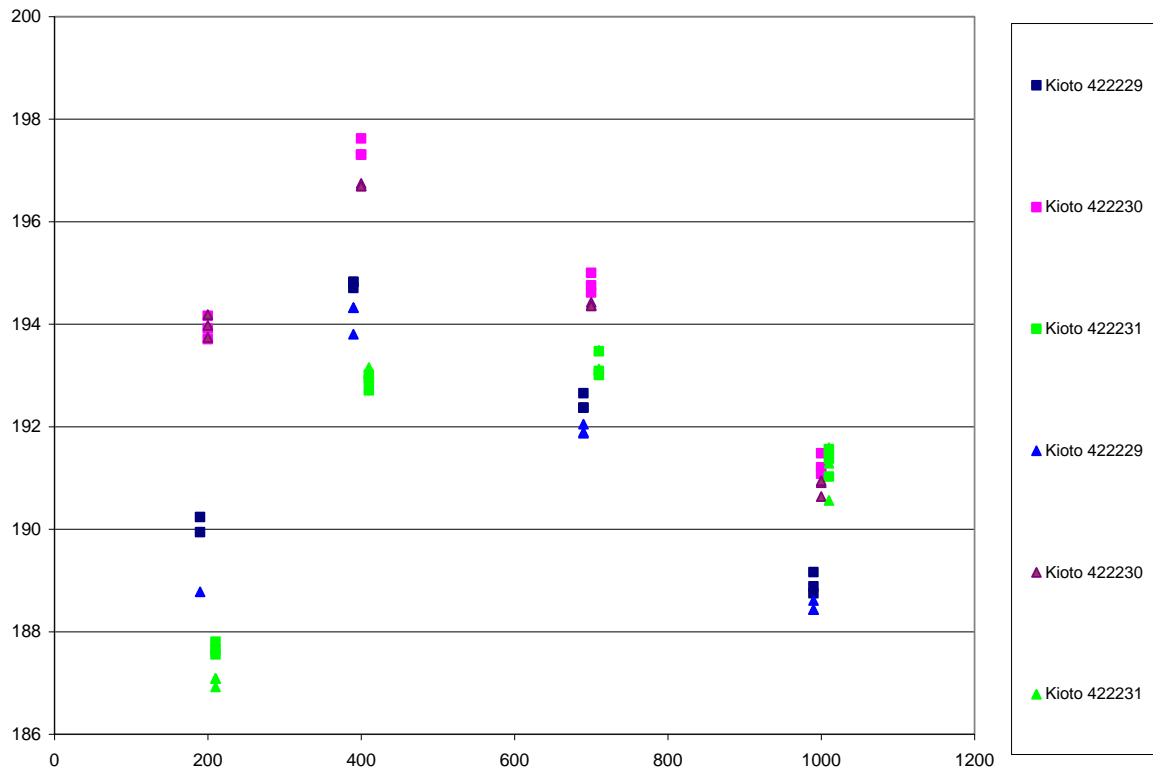
- 50 Bürstendurchgänge mit nasser Oberfläche (destilliertes Wasser)
- Optische Oberflächenanalyse, Mikroskop in 16-facher und 25-facher Vergrößerung

#### **Messung 3: trockene Reinigung, 20-Jahre Simulation**

- Mehr als 3000 Bürstendurchgänge mit trockener Oberfläche
- Optische Oberflächenanalyse, Mikroskop in 16-facher und 25-facher Vergrößerung
- Leistungsmessung der PV-Module bei einer Einstrahlung von 1000 W/m<sup>2</sup>, 700 W/m<sup>2</sup>, 400 W/m<sup>2</sup>, 200 W/m<sup>2</sup>

## Ergebnisse

Der Vergleich der Solarleistungsmessungen der fabrikneuen Module mit den Messungen nach mehr als 4000 Reinigungsdurchgängen zeigt keine Leistungsminderung. Die Reinigungsbürste führt also im Rahmen der über 20 Jahre simulierten Reinigung der Testmodule zu keinerlei Beeinträchtigung. Dabei ist zu bemerken, dass die Durchläufe im trockenen Zustand erfolgten was einer höheren Belastung für die Module entspricht als im normalen Betrieb, der nur bei nassen Modulen erfolgt.



Die quadratische Markierung zeigt die drei Module vor dem Testlauf. Die dreieckige Markierung zeigt die Leistungsmessungen nach dem Testlauf. Bei jeder Einstrahlung und jedem Modul wurden jeweils drei Messungen durchgeführt. Der Unterschied der Messungen vor und nach dem Testlauf lag bei +0,1 bis -0,3%.

Die absolute Genauigkeit der Leistungsmessung liegt bei +/- 3%. Die Genauigkeit der Wiederholungsmessung liegt bei 0,25-0,5% des Messwerts.

Die Ergebnisse der Leistungsmessungen wurden von der optischen Kontrolle der Module bestätigt.

## Zusammenfassung

Die Reinigung mit destilliertem Wasser (Messung 2) verminderte die Staub- und Ablagerungsverschmutzung auf der Glasoberfläche der PV-Module. Für eine gute Reinigung ist jedoch ein guter Kontakt zwischen Bürste und Glasoberfläche notwendig.

Die Simulation der 20 Jahre Trockenreinigung (Messung 3) zeigt keine signifikante Häufung an Kratzern in der Glasoberfläche der PV-Module und keine Abnahme der elektrischen Kenndaten.

## Test 2:

### Messaufgabe

Untersuchung von PV-Modulen auf Leistungsverluste und Verschleiß durch möglichen mechanischen Abrieb und Kratzer. Die mechanische Belastung wird mit einer PV-Reinigungsanlage der Firma SunBrush mobil durchgeführt. Die Bürste der Reinigungsanlage hat die Glasoberfläche der PV-Module unter Zugabe einer definierten Menge Quarzsand pro Reinigungsdurchlauf 1002 mal trocken gereinigt.

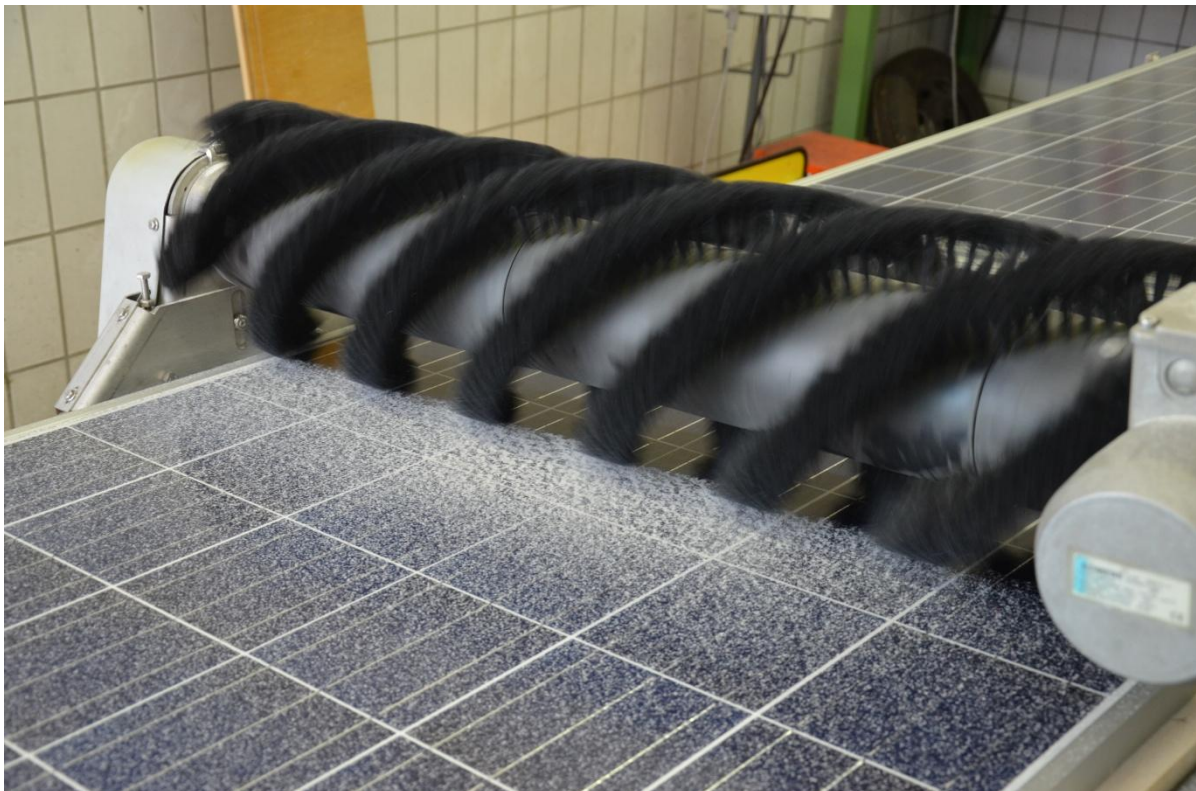


Abbildung 1: Trockenreinigung mit der SunBrush- Reinigungsanlage beim Durchlaufen der 1002 Reinigungsdurchgänge. Dies entspricht einer Reinigung pro Woche über einen Zeitraum von 20 Jahren.

Zur Analyse der Einwirkung der Reinigungsanlage werden an den Solarmodulen vor und nach der Reinigung folgenden Messungen durchgeführt:

- Leistungsmessungen durch Bestimmung der U/I Kennlinie mit einem Flasher bei verschiedenen Einstrahlungen
- Elektrolumineszenz Messung mit der EL Kamera
- Optische Kontrolle der Glasoberfläche der PV-Module mit einem Mikroskop an definierten Messpunkten

## Messmittel

- Solarmodule Kioto Solar Seriennr. : 422229, 422230, 422231 (antireflexbeschichtet)
- Flasher: Sun Simulator 3c, Serialnumber: PAA0325
- EL-Kamera, Cool Samba HR-830
- Mikroskop, Auflicht-Digital-Zoom-Mikroskop Di-Li 2001
- Solarreinigungsanlage SunBrush
- Quarzsand

## Messbedingungen

### Messung 1: Ausgangszustand

- Optische Oberflächenanalyse, Mikroskop in 20-facher und 40-facher Vergrößerung
- Leistungsmessung der PV-Module bei einer Einstrahlung von 1000 W/m<sup>2</sup>, 900 W/m<sup>2</sup>, 800 W/m<sup>2</sup>, 700 W/m<sup>2</sup>, 400 W/m<sup>2</sup>, 200 W/m<sup>2</sup>
- Elektrolumineszenzmessung

### Messung 2: trockene Reinigung, Quarzsand

- Nach 1002 Bürstendurchgängen mit trockener Oberfläche unter Zugabe von ca.140g Quarzsand pro Reinigungsdurchlauf
- Optische Oberflächenanalyse, Mikroskop in 20-facher und 40-facher Vergrößerung
- Leistungsmessung der PV-Module bei einer Einstrahlung von 1000 W/m<sup>2</sup>, 900 W/m<sup>2</sup>, 800 W/m<sup>2</sup>, 700 W/m<sup>2</sup>, 400 W/m<sup>2</sup>, 200 W/m<sup>2</sup>
- Elektrolumineszenzmessung
- Ermittlung des Energieverbrauchs

## Ergebnisse

Der Vergleich der Solarleistungsmessungen verschiedener Module mit den Messungen nach 1002 Trockenreinigungsdurchgängen zeigt keinerlei Leistungsminderung zum Ausgangszustand. Auch konnten durch Vergleich der Vorher-Nachher Situation, mithilfe der Elektrolumineszenzmessung, keine Veränderungen an den Modulen festgestellt werden.

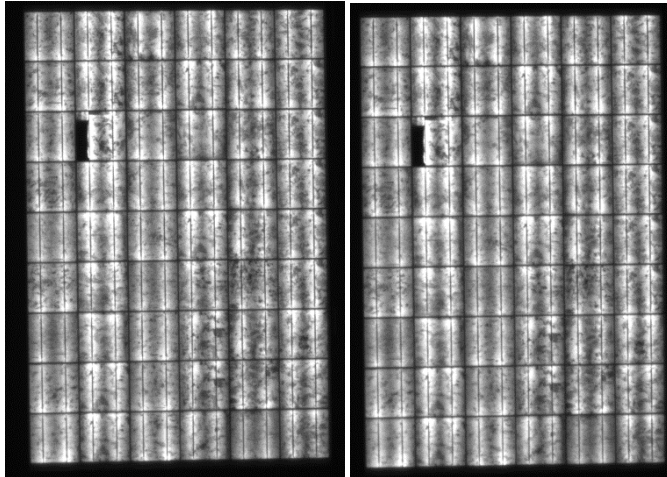


Abbildung 2: Aufnahme Solarmodul Kioto Solar Seriennr. : 422229 vor (links) und nach (rechts) dem Test mit der EL-Kamera

Bei der optischen Kontrolle der Module unter dem Mikroskop, waren direkt nach den Reinigungsdurchläufen Schlieren sichtbar, welche mit ökologischem Reinigungswasser vollständig entfernt wurden.

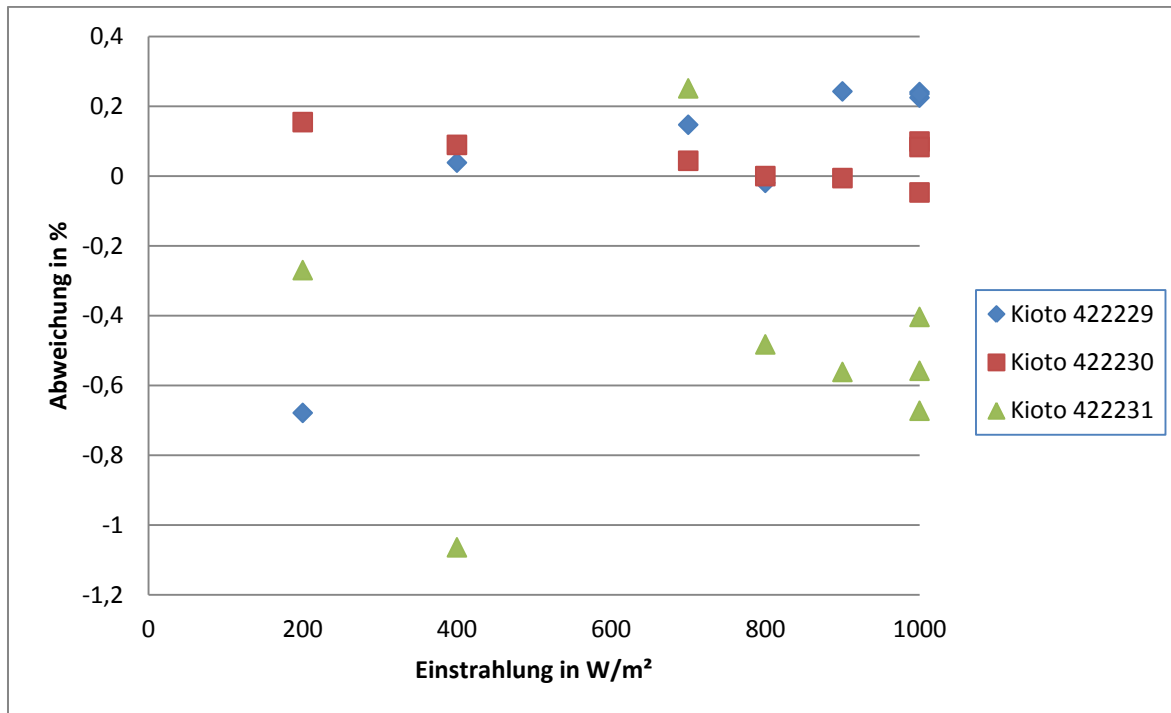


Abbildung 3: Ergebnisse der Leistungsmessungen der drei Testmodule vor und nach den 1002 Durchläufen bei unterschiedlichen Einstrahlungen. Während zwei Module eine Leistungssteigerung von etwa 0,1% zeigen ist bei dem Dritten Modul eine Leistungsänderung von etwa -0,5% sichtbar.

In der Grafik sehen sind die Abweichungen in % im Vergleich vor und nach den 1002 Reinigungsdurchläufen an den Solarmodulen dargestellt. Die Abweichungen der Messungen der drei Solarmodule bei den sechs unterschiedlichen Einstrahlungen lagen bei +0,25 bis -1,1%. Die absolute Genauigkeit der Leistungsmessung liegt bei +/- 3%. Eine Temperaturänderung von 1° bewirkt bereits eine Leistungsänderung von 0,5%! Die Leistungsmessungen wurden an den Solarmodulen direkt nach den Reinigungsdurchläufen vor der Entfernung der Schlieren durchgeführt.

Daher lässt sich feststellen, dass nach den 1002 Trockenreinigungsdurchläufen mit der SunBrush Reinigungsanlage unter Zugabe von 140g Quarzsand pro Modul pro Reinigungsdurchgang keine Leistungsminderung der PV-Module messbar ist. Auch die Elektrolumineszenz Analyse und die Kontrolle der Solarmodule mit dem Mikroskop zeigt keine Veränderungen an den Solarmodulen.

Darüber hinaus ist anzumerken das die verwendeten Kioto Module bereits bei dem ersten Test ohne Quarzsand im Jahr 2010 mit 4338 Reinigungsdurchläufen mit der Reinigungsbürste von SunBrush bearbeitet wurden.