



Simon Köstli

Diplomand	Simon Köstli
Examinator	Prof. Dr. Benno Bucher
Experte	Dr. Jürg Neuenschwander, EMPA, Dübendorf, ZH
Themengebiet	Environmental Engineering

Photovoltaik Module: Ertragseinbusse durch Verschmutzung

Masterarbeit MSE, MRU Environmental Engineering

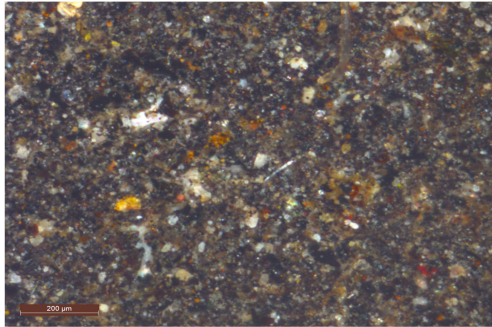


Bild 1: Mikroskopische Aufnahme des Schmutz-Filtrats, 10fach vergrössert

Einleitung: PV-Module werden zunehmend flach aufgeständert. Anstelle der klassischen 20° nach Süden ausgerichteten Anlagen werden Ost- West-Aufständungen mit 10° realisiert. Der flachere Winkel verhindert einen selbstreinigenden Effekt durch Meteowasser und verlangt nach intensiverer Wartung. Eine umfassende Aussage über Verschmutzung und Ertragseinbusse ist aber nicht einfach.

Vorgehen/Technologien: In einem ersten Schritt ist eine Charakterisierung der Verschmutzung notwendig. Auf Grund dieser Daten könnte sich eine Methode zur Verminderung von spezifischen Verschmutzungen ergeben. In dieser Masterarbeit werden folgende Ziele bearbeitet:
- Erstellen einer MATLAB-basierten Analyse für die Beurteilung der Verschmutzung
- Charakterisierung der Verschmutzung
- Messungen der Ertragseinbusse bei PV-Modulen durch Verschmutzung
- Definition von Umgebungsklassen
- Beurteilung der Reinigungsmethoden und deren Kosten.

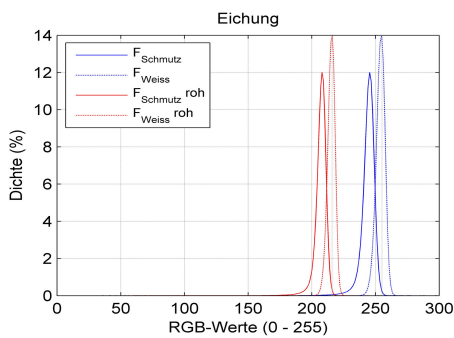


Bild 2: Eichung der Schmutz-Funktion, ursprüngliche und gestreckte Funktion

Ergebnis: In mehreren Testverfahren konnte in simulierter Umgebung erfolgreich der Transmissionsverlust mittels verschieden Parameter beschrieben werden. Mit Daten aus der Felderhebung der Verschmutzung von Photovoltaik-Modulen zeigt sich, dass die Analyse sehr einfach durchgeführt werden kann. Betrachtet man die Dichtefunktionen der RGB-Werte, so unterscheiden sich diese klar mit der Zunahme des Verschmutzungsgrades. Insgesamt wird die optische Analyse mittels MATLAB als ein brauchbares Instrument zur Bewertung der Verschmutzung angesehen. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigt, dass eine Reinigung unter dem Kriterium des Return-On-Investment ab einer Leistungseinbusse von 6 - 9% wirtschaftlich ist. Mit dem Kriterium des Break-Even schon ab 3 - 4 %. Da es sich um eine explorative Studie handelt, wird empfohlen, eine umfangreiche Felderhebung durchzuführen. Mit diesen Daten lässt sich dann ein Prognose-Modell erstellen. Zudem wird vorgeschlagen, für die Reproduktionsfotografie eine mobile Einheit zu entwickeln, sodass die Analyse zeitsparend vor Ort durchgeführt werden kann.

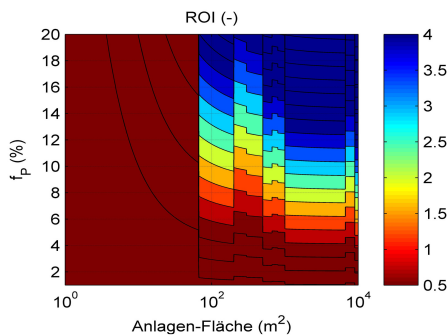


Bild 3: Return-on-Investment einer Reinigung von PV-Anlagen, berechnet mit KEV-Vergütungssätzen 2014