



PV Schadstoffe - Schadstofffreisetzung aus Photovoltaik-Modulen

Die meisten Photovoltaik-Module enthalten Schwermetalle wie Blei, Cadmium, Tellur und Kupfer. Ziel dieses Projektes war es, Mechanismen zu klären, welche zur Freisetzung von Schadstoffen aus Modulen bei unsachgemäßer Entsorgung führen könnten und Schwachstellen zu identifizieren.

Das Projekt zeigte ein Auslaugen von Schadstoffen aus Modulstücken, die aus kommerziell erhältlichen Photovoltaik-Technologien geschnitten wurden. Dabei wurden Module aus kristallinem Silizium (c-Si), aus amorphem Silizium (a-Si), CIGS-(Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid-)Module und Cadmiumtellurid-Module (CdTe) untersucht. Ein Auslaugen der Schadstoffe in wässrigen Lösungen beginnt, sobald offene Kanten oder auch Glasbrüche auftreten. Die Delamination der Modulstücke ist dabei keine Voraussetzung für das Auslaugen.

Die Messungen der ausgelaugten Elemente wurden prozentual auf den Gesamtgehalt der Elemente bezogen. Die Messung der Gesamtgehalte der Modulstücke mittels eines Massenspektrometers (ICP-MS) wurde begleitet durch eine Verifizierung der Elemente in den Schichten über eine Röntgenanalyse in einem Rasterelektronenmikroskop (REM). Übliche Auslaugtests für Abfälle gehen von einem festen Feststoff zu Flüssigkeitsverhältnis aus, zum Beispiel in DIN EN 12457-4 ein Verhältnis 1:10. Im Gegensatz zu anderen Auslaugtests, die nur über 18 bis 48 Stunden in destilliertem Wasser oder auch in wässrigen Lösungen mit pH 4,93 messen, wurden im Rahmen dieses Projekts Langzeitversuche über 1,5 Jahre in wässrigen Lösungen mit pH 3, pH 7 und pH 11 durchgeführt.

Das Auslaugen der Elemente aus den Modulstücken hängt stark vom pH-Wert und Redox-Potential der wässrigen Lösungen ab. Die verwendeten pH-Werte 3, 7 und 11 decken den Bereich der pH-Werte ab, die in der Umwelt vorkommen können. Thermodynamische Stabilitätsbetrachtungen, wie in Pourbaix-Diagrammen, machen die Mobilisierung der Elemente vorhersehbar. Die Art der Säure oder das entsprechende Gegen-Ion spielen weniger eine Rolle.

Bei allen Versuchen kann eine stetige Zunahme der ausgelaugten Elemente beobachtet werden. Versuchsparameter wie Agitation, erhöhte Temperatur oder Beleuchtung führen nicht immer zu einer Beschleunigung im Auslaugen der jeweiligen Elemente.

Bei c-Si-Modulstücken löst sich der Rückkontakt aus Al besonders gut in sauren Lösungen. Bei a-Si-Modulstücken konnten Ni aus dem Rückkontakt und Cu, welches sich so-

wohl im Rückkontakt als auch in den Lötbandern befindet, in Lösungen mit pH 3 und pH 7 gemessen werden. Die Elemente Cd, Te und Mo aus CdTe-Modulstücken zeigen ein besonders starkes Lösungsverhalten. Cd sowie Te stammen aus der aktiven Schicht und Mo aus dem Rückkontakt der CdTe-Modulstücke. Aus CIGS-Modulstücken lösen sich sowohl Zn aus dem Frontkontakt, als auch Cd aus der Fenschicht und Molybdän aus dem Rückkontakt zu großen Anteilen.

Mittelgeber:

Bundesministerium für Wirtschaft über Projektträger Jülich

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Michael Koch

Dipl.-Ing. Carolin Feifel

Projektleiter und -partner:

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jörg W. Metzger

Prof. Dr. habil. J. H. Werner, Institut für Photovoltaik der Universität Stuttgart (IPV)

Projektlaufzeit

07/2014 - 08/2017