



Aktuell werden  
pro Solarzelle  
ca. 15 g Silber ver-  
braucht.

# Edle PV-Module

In jedem Photovoltaik-Modul mit kristallinen Solarzellen sind bis zu 15 Gramm Silber verbaut. Bei einer acht kWp großen Anlage befindet sich ein halbes Kilo Silber am Dach. In rund 20 Jahren sind die weltweiten Ressourcen an Silber aber erschöpft. Was dann?

Rupert Haslinger

Ein Photovoltaik-Modul besteht überwiegend aus Glas, einem Aluminiumrahmen, Silizium-Zellen, dem Anschlusskabel aus Kupfer und Kunststoff sowie der Kunststoffolie, in der die Solarzellen einlaminiert sind. Für die Herstellung einer leitfähigen Solarzelle werden Aluminium, Blei, Zink und Silber benötigt.

„Aktuell werden je Solarzelle etwa 120-250 mg Silber verbraucht. Die relativ breite Spanne resultiert aus der unterschiedlichen technischen Reife von Solarzellen verschiedener Hersteller. Es gibt Technologien, die eine weitere Verringerung des Silbereinsatzes auf 100 mg pro Zelle oder darunter ermöglichen,“ erläutert Jonas Bartsch vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme.

Mit einem steigenden Silberpreis steigt somit auch der Druck, das benötigte Silber effizienter einzusetzen. Die Modulhersteller sind daher auf der Suche nach Alternativen.

## Silber: Verbrauch steigt

Der „World Silver Survey Report“ hält zahlreiche Fakten bereit: In den letzten zehn Jahren ist der weltweite Bedarf an Silber um knapp 20 Prozent gestiegen. Rund 1,07 Milliarden Unzen Silber wurden 2014 verbraucht. Der Anstieg ist mehreren Faktoren geschuldet. Ein beachtlicher Anteil ist jedenfalls der Photovoltaik zuzuschreiben. Mit rund 2.000 Tonnen benötigt die PV-Industrie aktuell etwa sechs Prozent des weltweiten Bedarfs an Silber.

Aufgrund der hohen Preise für Silber ist die Industrie stets bemüht,

die Effizienz zu verbessern. In den letzten zehn Jahren wurde der Silberverbrauch pro Solarzelle deutlich gesenkt. In einer Solarzelle befinden sich heute rund drei Viertel weniger Silber als 2005. In der Industrie ist Silber ein unverzichtbares Metall, da es von allen Metallen Elektrizität und Wärme am besten leitet. Zudem hat das Metall eine ausgeprägte optische Reflexionsfähigkeit. Silber befindet sich in sehr vielen Alltagsgegenständen – vom Auto bis zum Wasserfilter. Trotz der Effizienzbemühungen steigt der Bedarf. Bis 2020 werden zehn Prozent des weltweiten Bedarfs für die Produktion von Photovoltaik-Modulen benötigt werden.

## Silberressourcen

Die wichtigsten Förderländer sind Mexiko, Peru und China. Alleine diese drei Länder produzieren die Hälfte des weltweit benötigten Silbers. Rund 27.300 Tonnen wurden 2014 gefördert. Neben den bekannten Silbererzen wie Akanthit und Stromeyerit (mit Silberanteilen von über 50 Prozent) fällt Silber noch als Nebenprodukt bei der Blei- und Kupferherstellung an. Weltweit werden die verfügbaren Silberressourcen in Minen mit 540.000 Tonnen beziffert (US Geological Survey Institute). Bei gleich bleibender Förderrate sind die Ressourcen also in weniger als 20 Jahren verbraucht. Was bedeutet das für Photovoltaik-Anlagen?

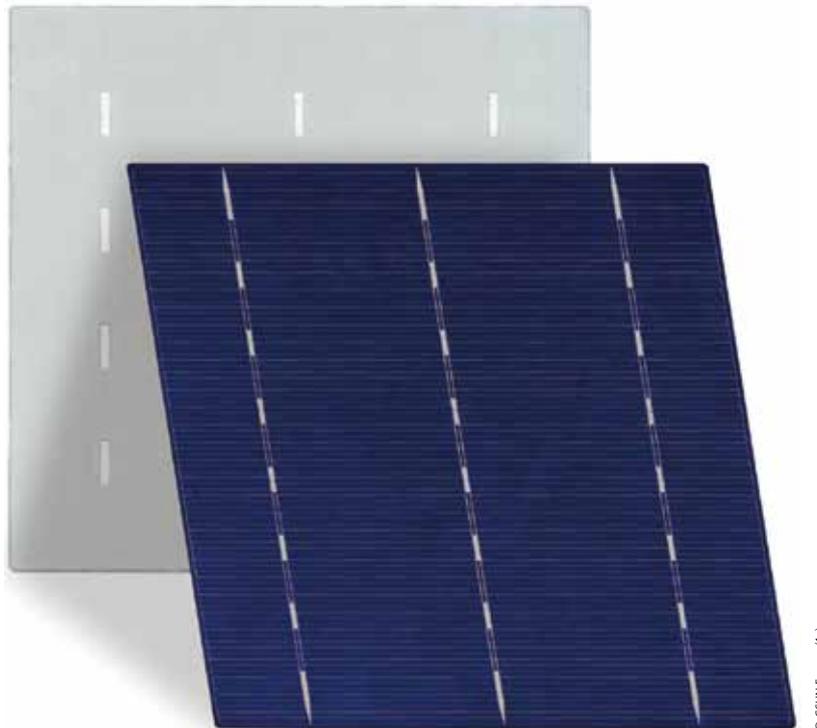
## Kupfer als Ersatz?

Weil Silber knapp und teuer ist, versucht die Industrie, den Verbrauch dementsprechend zu reduzieren. Aufgrund der hervorragenden elek-

trischen Leitfähigkeit ist das edle Metall aber nach wie vor das bevorzugte Material für die Prozessierung von Solarzellen. Zahlreiche Universitäten und Forschungsinstitute suchen nach Alternativen. „Bezüglich der Leitfähigkeit ist nur Kupfer annähernd konkurrenzfähig. Hier gibt es bereits einige Ansätze, die eine gute technische Reife erreicht haben, vor allem die galvanische Abscheidung von Nickel, Kupfer und Silber. Andere Metalle kommen nur infrage, wenn das Layout der Metallkontakte deutlich anders gestaltet wird“, erklärt Jonas Bartsch vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme. Auch in Österreich wird zu dieser Thematik am Austrian Institute of Technology (AIT) in Wien geforscht. „Wir arbeiten gerade am transnationalen Projekt ‚InnoModu‘, bei dem es darum geht, den Silber- und Bleianteil von Photovoltaik-Zellen- und Modulen zu reduzieren und das Lichtmanagement zu verbessern“, bestätigt Michael Schwark vom AIT.

Durch die Kombination eines Galvanikprozesses mit Kupfer und eines nachfolgenden elektrisch leitfähigen Klebprozesses kann der üblicherweise angewandte Standard-Siebdruckprozess mit Silber ersetzt werden. „Hieraus ergeben sich komplett neue Möglichkeiten, die Zelleistung zu erhöhen, Kosten zu reduzieren und die Umweltverträglichkeit zu verbessern.“

Die Verwendung von leitfähigen Klebern ermöglicht es, die Metallbändchen direkt auf die Zelle zu kleben, wodurch keine Busbars (siehe Abbildung: 3-Busbar-Solarzelle) mehr ►



**Mittelfristig kann der Silbergehalt auf 40 Milligramm pro Solarzelle reduziert werden**

und reduzierte Lötprozesse benötigt werden. Dadurch sind bleihaltige Lötmittel und überbreite Bändchen überflüssig. Dies bewirkt zusätzlich, dass die bisher durch die Bändchen bedingte Abschattung drastisch reduziert wird und dadurch der Zellwirkungsgrad steigt“, erklärt Michael Schwark weiter.

**Silberpreis wird steigen**

Tatsache ist, dass der Silberpreis in den nächsten Jahren steigen wird. „Wir rechnen mit einem Anstieg auf 28 Euro je Unze bis 2020. Das ist eine Verdopplung des aktuellen Preises“, so Tobias Scherer, Geschäftsführer der Aurargentum GmbH, einem Handelshaus für Edelmetalle, aus dem bayerischen Erding. „Ein hoher Silberpreis wird kein Hindernis für den weiteren Durchbruch der Photovoltaik sein. Mittelfristig kann der Silberbedarf auf 40 mg je Solarzelle reduziert werden“, so die

„International Technology Roadmap for Photovoltaic“. „Die beiden preisgünstigen, sehr gut verfügbaren Ersatzmaterialien zum Leiten von hohen Strömen sind Kupfer und Aluminium“, so Experte Michael Schwark. „Schon 2012 wurden Module mit Kupfer-Paste vorgestellt. Die Langzeitstabilität ist dabei eine sehr große Herausforderung, die den Durchbruch bisher verhindert hat.“ Vereinzelt ist es aber Herstellern bereits gelungen, Module mit „Kupfer-Leitbahnen“ herzustellen. Kupfer wurde bereits Anfang der 1990er Jahre von der Firma BP Solar in deren Modulen verwendet (galvanische Metallisierung mit Nickel und Kupfer, sogenannte Buried-Contact-Solarzellen). Es gibt eine spanische Studie über eine 1 MWp große Freiflächenanlage in Toledo, wo diese Module im Langzeitverhalten besser abschneiden als die Referenzmodule mit Silbermetallisierung. British

Petrol (BP) hat allerdings Mitte der 2000er Jahre die Produktion vollständig eingestellt. BP Solar wurde Ende 2011 dann vollständig aufgelöst. „Das Gesamtkonzept der Zellen war wohl zu komplex“, führt Bartsch aus. „Aktuell verwenden die Hersteller ‚SunPower‘ und ‚Tetrasun‘ eine Metallisierung mit Kupfer als Hauptschicht. Beide Konzepte sind technologisch nicht genau bekannt, die Module sind aber marktreif. Andere Hersteller beginnen gerade damit, Kupfermetallisierungen zu testen“, fügt Bartsch abschließend hinzu. Wie rasch diese neuen Technologien eingesetzt werden, ist im Endeffekt eine Frage des Silberpreises. ▽