



Fabian Wentzel / Getty Images

Neue Flächen für die Sonne

Um mehr Strom aus Sonnenlicht zu erzeugen, lassen sich Photovoltaik-Anlagen auch in Fensterflächen integrieren.

Ulrich Kilian

In Deutschland waren Ende 2019 knapp 49 GW Nennleistung in mehr als 1,7 Millionen Photovoltaik-Anlagen installiert – die meisten auf Dächern. Denn Freiflächen für Großanlagen sind in unserem dichtbesiedelten Land eher rar. Um den Anteil elektrischer Energie aus Sonnenlicht am Stromverbrauch weiter zu steigern, gilt es, neue Flächen für Photovoltaik-Anlagen zu erschließen. Dafür bieten sich beispielsweise Gebäudefassaden an, wenn sie mit herkömmlichen Photovoltaik-Modulen verkleidet werden. Dabei ist eine ausreichende Belüftung der Module erforderlich: Weil Solarzellen auf Halbleitertechnik beruhen, hängt ihre Leistungsfähigkeit stark von der Temperatur ab. Schon ein Grad mehr reduziert die Leistung um etwa 0,4 %. Daher stellt sich die Frage, welche weiteren Flächen sich für Photovoltaik-Anlagen eignen.

Eine Möglichkeit stellen Fenster dar. Sie sollen lichtdurchlässig sein, damit es im Inneren eines Gebäudes hell wird. Das widerspricht zunächst der Vorstellung einer Photovoltaik-Anlage: Sie absorbiert Licht, um es in elektrische Energie umzuwandeln. Aber nach fast 30 Jahren Forschung und Entwicklung steht heute eine

große Bandbreite unterschiedlich transparenter Module zur Verfügung bis hin zum „Solarfenster“. Die einfachste Idee sind segmentierte Module, bei denen sich lichtdurchlässige und aktive Segmente abwechseln – allerdings auf Kosten von Effizienz und Transmission. Deutlich besser schneiden wellenlängenselektive Solarzellen ab. Sie nutzen nur die ultravioletten und infraroten Anteile

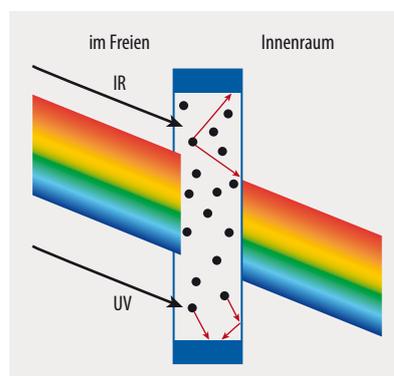


Abb. 1 In einem Solarfenster absorbieren mikroskopische Teilchen (schwarz) nur ultraviolettes oder infrarotes Licht. Die angeregten Teilchen geben einen Teil der Energie durch Lumineszenz wieder ab (rote Pfeile): Dieses Licht erreicht die Photovoltaik-Module am Rand der Fenster-scheibe (blau).

des Sonnenspektrums, um elektrische Energie zu erzeugen, und lassen den sichtbaren Anteil nahezu ungestört passieren (**Abb. 1**).

Die äußere Schicht der Solarfenster enthält organische Moleküle, die ultraviolettes und infrarotes Licht absorbieren und bei einer Wellenlänge im nahen Infrarot mittels Lumineszenz wieder emittieren. Durch diese Stokes-Verschiebung der Wellenlänge ist eine erneute Absorption der emittierten Strahlung unterdrückt: Je mehr sich die Wellenlängen unterscheiden, desto geringer ist die Reabsorption. Durch Totalreflexion gelangt ein Teil des Lumineszenzlichts bis zum Rand des Fensters. Dort wandeln es herkömmliche Solarzellen in Strom um. Neben organischen Molekülen kommen auch lichtaktive Nanokristalle (Quantenpunkte) infrage, um das einfallende Licht wellenlängenselektiv zu absorbieren.

Nach diesem Prinzip arbeiten transparente Solarfenster und -folien, die inzwischen auch für großflächige Anwendungen verfügbar sind. Ihre Durchlässigkeit ist mit 60 bis 70 Prozent zwar geringer als diejenige von doppelglasigen Isolierfenstern (80 %) oder reinem Quarzglas (92 %). Sub-

- ◀ Die großen Fensterflächen moderner Bürogebäude bieten sich an, um mit sogenannten Solarfenstern den benötigten elektrischen Strom zu erzeugen.

ektiv ist der Eindruck „dunkler“ aber erst unterhalb von 50 Prozent festzustellen. Ähnlich verhält es sich mit der Farbwahrnehmung, die sich durch das fehlende Infrarot und Ultraviolett etwa so ändert wie bei künstlichen Lichtquellen mit eingeschränktem Farbspektrum.

Ein alternativer Ansatz beruht auf dem Anbringen einer dünnen Perowskitschicht auf der Fensterscheibe. Die Kristalle der Schicht ordnen sich bei starker Sonneneinstrahlung so an, dass sie zwei Drittel des Lichts absorbieren und gleichzeitig photovoltaisch aktiv werden. Dadurch passt sich das Fenster automatisch den Lichtverhältnissen an: von einer durchsichtigen Scheibe zu einer abdunkelnden Solarzelle. Allerdings handelt es sich hierbei noch um einen Prototypen.

Die Konversionsrate von Solarfenstern, also das Verhältnis von ankommender Strahlungsleistung und erzeugter elektrischer Leistung, ist mit weniger als fünf Prozent schon deshalb deutlich geringer als bei klassischen Photovoltaik-Modulen (15 bis 20 %), weil nicht das gesamte

Spektrum genutzt wird. Solarfenster könnten sich aber dennoch aufgrund der großen zusätzlichen Fläche rechnen. Als Faustregel lässt sich für die jährliche Solarstrahlung ein Wert von rund 1000 kWh/m² annehmen. Bei fünf Prozent Konversionsrate wirft ein Quadratmeter Fensterfläche dann etwa 50 kWh im Jahr ab. Das reicht aus, um mindestens ein Notebook zu versorgen.

Strom aus der Straße?

Weitere Nutzflächen, die als Nebeneffekt Strom mittels Photovoltaik-Technologie erzeugen könnten, finden sich im Straßennetz. In Deutschland beanspruchen Straßen knapp 10 000 Quadratkilometer Fläche – das entspricht etwa viermal dem Saarland. Laut dem Start-up-Unternehmen Solmove^{#)} eignen sich davon etwa 1400 Quadratkilometer für Photovoltaik-Anlagen: Viele Radwege, Seitenstraßen und -streifen sowie Zufahrten sind wenig verschattet und bekommen deshalb bei moderatem Verkehr viel Sonne ab.

Solmove hat mit zwei Fraunhofer-Instituten, der RWTH Aachen, der Universität Bayreuth und dem Forschungszentrum Jülich zusammengearbeitet, um eine bruch sichere und rutschfeste Glasoberfläche zu entwickeln, welche die herkömmlichen Photovoltaik-Zellen schützt. Die

Module sind 5 bis 6 Millimeter dick, so groß wie ein Bierdeckel und lassen sich wie ein Flickenteppich verlegen. Die Oberfläche besitzt ein Noppenprofil: In den „Tälern“ soll das Wasser abfließen, während die „Berge“ dem Druck durch darüberrollende Fahrzeuge standhalten. Dafür sorgt das Industriemineral Korund, das abriebfest, chemisch beständig, widerstandsfähig gegen Hitze und Kälte sowie sehr hart ist. Korund gehört mit einer Mohs-Härte von 9 zu den vier härtesten bekannten Mineralien. Im Labor halten die Glasfliesen dem Gewicht von eineinhalb LKW stand. In einem ersten Praxistest in der Nähe von Erfstadt sorgte in den 90 Metern photovoltaisch aufgerüstetem Radweg allerdings eindringendes Wasser für Kurzschlüsse und verhinderte, dass Strom erzeugt und ins Netz eingespeist wurde. Nun setzt Solmove auch auf kleinere Anlagen, beispielsweise auf Gehwegen, die – mit einem geeigneten Zwischenspeicher – die Beleuchtung versorgen könnten.

Solarfenster und Solarstraßen zeigen, dass es Alternativen zu Photovoltaik-Modulen auf dem Dach gibt. Die kleinen dezentralen Anlagen könnten zur Energiewende beitragen, wenn sich ihre Konversionsrate steigern lässt und langlebige Lösungen entwickelt werden.

#) www.solmove.com

The all solid state couple:
Only 1.35 meters length on the laser table!

Matisse C

- Single mode CW Ti:Sa laser
- Fully automated handsfree operation
- Sealed & compact

WaveTrain 2

- CW second harmonic generation
- High efficiency
- Pound-Drever-Hall stabilization

Used for:

- Quantum Technologies
- High Resolution Spectroscopy
- Raman Spectroscopy
- And many more!

Learn more at:



DPG-Frühjahrstagung Hannover, 8.3. - 13.3.2020, Stand 56 / DPG-Frühjahrstagung Dresden, 15.3. - 20.3.2020, Stand A 72