

Perowskitesolarzellen

Der Anteil der Photovoltaik an der gesamten deutschen Stromerzeugung liegt zurzeit bei durchschnittlich rund fünf Prozent, in sonnenreichen Spitzenzeiten auch bereits deutlich höher. Es wird erwartet, dass er sich bis zum Jahr 2030 auf bis zu 20 Prozent erhöhen könnte. Grundvoraussetzung dafür ist aber die Entwicklung immer effizienterer Solarzellen, die sich zudem kostengünstig und umweltfreundlich fertigen lassen sollen. Besondere Hoffnungen in diesem Zusammenhang setzt man heute auf sogenannte Perowskitesolarzellen, die erst seit einigen Jahren erforscht werden und daher bis jetzt noch keine Marktreife erlangt haben. Am weitesten verbreitet sind zurzeit auf Siliziumwafern basierende Solarzellen, die unter idealen Bedingungen einen Wirkungsgrad von bis zu 25 Prozent aufweisen können. Neben dieser relativ hohen Effizienz zeichnen sie sich durch eine große Langzeitstabilität aus. Allerdings ist ihre Herstellung teuer und energieaufwändig. Aus diesem Grund werden verschiedene Alternativen entwickelt. Diese haben aber wieder andere Nachteile. So basieren die teilweise ebenfalls bereits kommerziellen Dünnschichtsolarzellen zumeist auf seltenen oder giftigen Metallen. Die sogenannte Farbstoffsolarzellen wiederum weisen noch einen relativ geringen Wirkungsgrad und eine geringe Langzeitstabilität auf. Perowskitesolarzellen werden erst seit 2009 erforscht, wobei sie zu Anfang nur Wirkungsgrade von rund drei Prozent und eine sehr geringe Stabilität aufwiesen. In den letzten Jahren kam es jedoch zu einer Reihe entscheidender Durchbrüche, die es ermöglichten, den Wirkungsgrad dieser Zellen im Labor auf fast 20 Prozent zu erhöhen und auch ihre Stabilität beträchtlich zu steigern. Quasi über Nacht wurden Perowskite so zu einem enorm vielversprechenden Werkstoff für die Photovoltaik. Ihr Aufbau leitet sich von den Farbstoffsolarzellen ab, bei denen – im Gegensatz zu Siliziumwafer- und Dünnschichtsolarzellen – die drei Grundschritte der Stromerzeugung aus Sonnenlicht getrennt in unterschiedlichen Materialien ablaufen. Dabei nimmt der sogenannte Absorber die Strahlung des Son-

nenlichts auf, wobei positive („Löcher“) und negative Ladungsträger (Elektronen) erzeugt werden. Zwei weitere Schichten – der sogenannte Lochleiter und der Elektronenleiter – nehmen dann getrennt die entstandenen Ladungsträger auf und leiten sie an zwei Elektroden weiter, so dass zwischen diesen Strom fließen kann. Im Fall der Perowskitesolarzellen ist das Absorbermaterial ein sogenanntes Perowskit. Diese Werkstoffklasse umfasst eine große Gruppe von Materialien sehr variabler Zusammensetzung, aber mit einer stets sehr ähnlichen Kristallstruktur. Für Perowskitesolarzellen kommen Salze von Jod, Chlor und Brom mit kleinen organischen Molekülen sowie Blei-Ionen zum Einsatz. Solche Verbindungen sind in der Lage, den gesamten Bereich des sichtbaren Lichts sowie den Bereich des nahen Infrarots zur Stromerzeugung zu nutzen. Hauptsächlich verwendet man Methylammonium-Blei-Jodid, aber auch weitere ähnliche Verbindungen werden für den Einsatz in Solarzellen erforscht. Daneben gibt es eine große Vielzahl weiterer Verbindungen, die in der Perowskitstruktur kristallisieren und die bereits in anderen Anwendungen technische Bedeutung erlangt haben. Beispiele dafür sind Werkstoffe für Kondensatoren, elektrooptische Schalter und Datenspeicher sowie Hochtemperatursupraleiter. Ein großer Vorteil der Perowskitesolarzellen liegt darin, dass sie aus kostengünstigen Materialien bestehen und mit einfachen Herstellungsverfahren zu fertigen sind. So lassen sich die Perowskite bei geringen Temperaturen – je nach Material geringer als der Siedepunkt von Wasser – einfach auf ein geeignetes Substrat aufsprühen oder drucken. Auch eine Herstellung unter Vakuumbedingungen – wie im Fall der Dünnschichtsolarzellen – ist nicht notwendig. Daneben gab es in letzter Zeit Forschungen am Aufbau der Solarzellen, die den Wirkungsgrad weiter erhöhten. Sie führten zum Teil auch dazu, dass sich der Aufbau der Perowskitesolarzellen von den Farbstoffsolarzellen weg in Richtung der herkömmlichen Dünnschichtsolarzellen entwickelte. Wie sich herausstellte, können sich die

Ladungsträger auch in den Perowskiten selbst sehr schnell bewegen, sodass auf den Lochleiter, den Elektronenleiter oder sogar beide verzichtet werden kann. Andere Arbeiten fokussieren unter anderem darauf, neutral gefärbte, halb durchsichtige Zellen zu erzielen. Auch flexible Solarzellen – z.B. für Zeltplanen oder Outdoorbekleidung – sind möglicherweise auf Perowskitbasis realisierbar.

Perowskitesolarzellen eignen sich insbesondere auch für sogenannte Tandem- oder Mehrfachsolarzellen. Diese bestehen aus übereinandergestapelten Schichten verschiedener Materialien, die auf unterschiedliche Wellenlängen der einfallenden Strahlung angepasst sind. Es wird beispielsweise daran geforscht, Perowskitesolarzellen auf herkömmliche Siliziumsolarzellen aufzudrucken. Dadurch ließe sich ein größerer Teil des solaren Spektrums nutzen, und der Gesamtwirkungsgrad könnte auf über 40 Prozent gesteigert werden.

Trotz der vielversprechenden Entwicklungen wird das weitere Potenzial der Perowskitesolarzellen sehr unterschiedlich bewertet. So sind noch einige Herausforderungen zu bewältigen, ehe die neuen Zellen kommerziell verfügbar sein könnten. Heutige Zellen sind zum einen noch sehr empfindlich gegenüber Feuchtigkeit, was ihre Langzeitstabilität negativ beeinflusst. Noch kritischer ist aber, dass sie stets geringe Mengen an giftigem Blei enthalten, so dass sichergestellt werden müsste, dass während ihrer Nutzung und Entsorgung keine schädlichen Substanzen in die Umwelt übergehen können. Zwar wird an Alternativen geforscht, diese Anstrengungen sind aber bisher noch nicht weit gediehen. Es ist möglich, dass diese Probleme bereits in wenigen Jahren behoben werden können. In dem Fall würden Perowskitesolarzellen zu einer ernsthaften Konkurrenz auch der bereits etablierten Technologie der Siliziumsolarzellen. Diesen gegenüber sind sie wesentlich unkomplizierter in der Herstellung, und das bei ebenfalls bereits recht hohem Wirkungsgrad. Eine erste Kommerzialisierung wäre dabei vor allem als Bestandteil von Tandemsolarzellen zu erwarten.

Dr. Ramona Langner