

Europa muss sich aus der Abhängigkeit befreien

Photovoltaik-Symposium 2024 in Bad Staffelstein

Das Photovoltaik-Symposium, das Ende Februar in Bad Staffelstein stattfand, war wie in jedem Jahr ein Anlass, eine Bilanz der Solar-Produktion in Europa zu ziehen. Außerdem war diesmal die Bestandsaufnahme der Heimspeicher-Systeme ein wichtiges Thema.

Die Zielvorgabe ist klar. Der „Green Deal Industrial Plan“ der Europäischen Union sieht eine Reihe von Maßnahmen vor, um den Ausbau der erneuerbaren Energien in Europa deutlich zu steigern. Bestandteil des „Green Deals“ ist der „Net Zero Industrial Act“ (NZIA), der unter anderem dafür sorgen soll, dass 40 % der zu installierenden Photovoltaik-Produkte in Europa selbst hergestellt werden. Bis zum Jahr 2030 sollen durch den NZIA 3,5 Millionen Arbeitsplätze in Europa gesichert werden.

Was bedeutet das für Deutschland? Die Bundesregierung hat sich vorgenommen, die installierte PV-Leistung im Zeitraum von 2024 bis 2029 um insgesamt 120 GW zu steigern, also von 82 GW auf über 200 GW aufzustocken. In diesem Jahr sollen 14 GW dazukommen, im nächsten 18 GW und ab 2026 jeweils 22 GW.

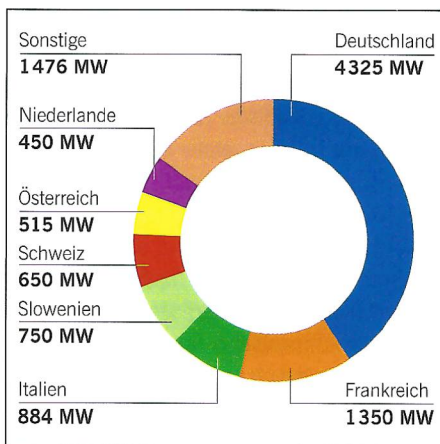
Um 22 GW jährlich herzustellen, sind 44 Millionen Module mit jeweils 500 W Leistung erforderlich. Das erfordert enorme Mengen an Material, die möglichst auch in Europa beschafft werden sollen, um eine allzu große Abhängigkeit von Lieferanten aus Übersee zu vermeiden.

Produktionskapazität reicht nicht aus

Deshalb ist auch der „Critical Raw Material Act“ (CRMA) ein Bestandteil des europäischen „Green Deals“. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die Ausbeutung eigener Ressourcen mindestens 10 % des Bedarfs decken soll. Das ist ein relativ kleiner Anteil, macht aber deutlich, wie wenig wir bisher erreicht haben und wie stark wir uns von Rohstoff-Exporteuren abhängig gemacht haben. Außerdem sieht der CRMA vor, dass der jährliche Bedarf zu 15 %, später sogar zu 25 % durch Recycling gedeckt werden soll. Um mindestens 40 % des zukünftigen Bedarfs an Photovoltaik-Produkten im Umfang von 22 GW zu decken, ist eine eigene Produktion mit einem jährlichen Volumen von



1 Dr. Ralf Preu (Fraunhofer ISE) erläuterte die schwierige Situation der europäischen Photovoltaik-Branche



2 Produktionskapazität von Solarmodulen in Europa im Jahr 2023 (Angabe in Megawatt). Der deutsche Anteil hat sich inzwischen deutlich verringert, weil Meyer Burger vor wenigen Wochen die Produktion in Freiberg eingestellt hat

etwa 9 GW erforderlich. Dr. Ralf Preu (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE) (Bild 1) zeigte anhand einer Landkarte, dass Europa im vergangenen Jahr in der Lage war, Module mit einer Gesamtleistung von jährlich 10,4 GW herzustellen (Bild 2). Das würde

also ausreichen, um den zukünftigen deutschen Bedarf zu 40 % zu decken, aber für die anderen Länder, die ja ebenfalls die Solarstrom-Leistung ausbauen wollen, bliebe nicht viel übrig.

Anspruch und Wirklichkeit klaffen in Europa noch weit auseinander. Zu allem Überfluss kündigte wenige Wochen nach dem Symposium der Hersteller Meyer Burger an, die Modulproduktion in Deutschland stillzulegen und die Maschinen in die USA zu verfrachten, um die Produktion dort mit deutlich gesteigertem Volumen fortzusetzen. Dadurch hat sich die europäische Fertigungskapazität deutlich reduziert, denn Meyer Burger war bisher der größte europäische Hersteller.

Hintergrund dieses Rückzugs aus Europa ist die Tatsache, dass die chinesischen Hersteller den europäischen Markt mit Modulen überschwemmen, sodass es nicht mehr möglich ist, mit einer Modul-Produktion in Europa kostendeckende Preise zu erzielen. Deshalb wird Meyer Burger sicherlich nicht der letzte europäische Solarkonzern sein, der ins Ausland abwandert.

Aber das ist noch nicht alles. Denn das Basisprodukt, die Solarzelle, wird fast ausschließlich in Asien hergestellt. Auf China entfallen 89 % der Weltproduktion, auf Südostasien 7 % und auf Indien 3 %, wie Ralf Preu in seinem Vortrag darstellte. Die europäische Solarzellen-Produktion ist verschwindend gering.

Wie stark die Spotmarkt-Preise für Solarmodule im Laufe des Jahres 2023 gefallen sind, stellte Ralf Preu in Bad Staffelstein dar. Hochleistungsmodule kosteten im Januar 2024 nur noch etwa 23 Cent pro Watt. Ein Jahr zuvor waren es noch 40 Cent gewesen. Für ein 500-W-Modul muss man am Spotmarkt also nur noch etwa 115 € bezahlen. Das ist schon erstaunlich, aber noch erstaunlicher ist die Preisentwicklung am unteren Rand des Qualitätsspektrums. Unfassbar günstig sind die Low-Cost-Module geworden. Ihr Preis hat sich im Laufe des vergangenen Jahres halbiert und ist nun bei knapp 10 Cent pro Watt angekommen. Für ein 500-W-Modul bezahlt man auf dem Spotmarkt also nur noch 50 €. Mancher Beobachter ließ sich schon zu der spöttischen Bemerkung hinreißen, dass ein Modul bald billiger sein wird als eine Glasscheibe.

Die Bemühungen der Bundesregierung, ebenso wie die anderer europäischer Regierungen, die heimische Solarproduktion durch gezielte Maßnahmen zu unterstützen, erscheinen angesichts dieser dramatischen Preisentwicklung wie ein Kampf gegen einen übermächtigen Gegner. Im Laufe dieses Jahres wird sich herausstellen, ob es eine Chance

gibt, im Wettbewerb mit China zu bestehen oder nicht.

Perowskit elektrisiert die Forscher

Weil die Photovoltaik zur Stromerzeugung große Flächen braucht, unternehmen die Forschungsinstitute seit Jahrzehnten große Anstrengungen, den Wirkungsgrad der Solarzellen zu steigern. Immer wieder werden neue Höchstleistungen gemeldet, und in kleinen Schritten nähert sich der Wirkungsgrad der monokristallinen Siliziumzellen der theoretischen Grenze, die bei 29,4 % liegt [1]. Die besten Solarzellen erreichen heute im Labor etwa 26 %. Aber es geht nur noch langsam voran.

„Signifikante Wirkungsgradsteigerungen sind nur mit Tandem-Solarzellen möglich“, stellte Dr. Michael Powalla vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) in Bad Staffelstein fest. Denn Silizium kann das Sonnenlicht nur im Spektralbereich zwischen 700 und 1100 nm (also das orange, rote und infrarote Licht) absorbieren und in Strom umwandeln. Gesucht wird also der ideale Halbleiter, der das Sonnenlicht zwischen 300 und 700 nm absorbiert und auf diese Weise das gelbe, grüne und blaue Licht ausnutzt. Die Kombination beider Halbleiter zu einer Tandemzelle steigert den Wirkungsgrad deutlich.

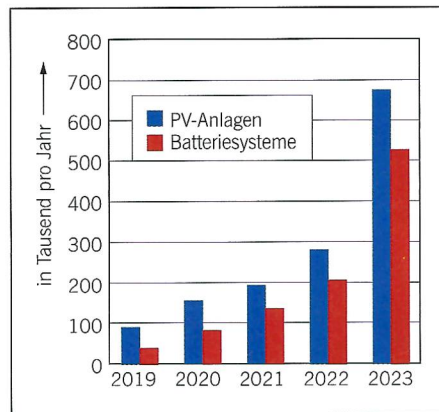
Tandem-Solarzellen gibt es schon lange, aber die Fertigungstechnik war bisher sehr aufwendig. Doch vor einigen Jahren ist eine kristalline Verbindung wie ein Komet am Forschungshimmel aufgetaucht. Es handelt sich um Perowskit. Dieses Material wurde seit 2009 zum Gegenstand der Solarforschung. Schon bald stellte sich heraus, dass sich der Wirkungsgrad der Perowskit-Solarzellen innerhalb weniger Jahre deutlich steigern ließ. Deshalb wird weltweit fieberhaft daran gearbeitet, diese Technologie bis zur Fertigungsreife weiterzuentwickeln. Die Aussichten sind gut, denn Perowskit-Solarzellen sind ähnlich wie Dünnschicht-Solarmodule einfach und kostengünstig herzustellen. Die Eigenschaften des Materials ermöglichen eine unkomplizierte Beschichtung, denn es kann in flüssiger Form auf Oberflächen gestrichen, gedruckt oder sogar aufgesprüht werden.

„Perowskite bieten noch nie dagewesene Potentiale!“ kündigte Dr. Michael Powalla in Bad Staffelstein an (Bild 3). Schon die ersten Laborzellen lieferten einen relativ hohen Wirkungsgrad, der innerhalb weniger Jahre auf rund 25 % gesteigert werden konnte. Diese extrem schnelle Entwicklung beflügelt die Phantasie der Forscher. Aufgrund der sehr



Quelle: Dr. Dettlef Koernemann

3 Welche phantastischen Möglichkeiten das Perowskit bietet, stellte Dr. Michael Powalla (ZSW) anschaulich dar



Quelle: Marktstammdatenregister

4 Anzahl der jährlich auf Eigenheimen installierten PV-Anlagen und Speichersysteme (Angabe in Tausend)

hohen Lichtabsorption der Perowskite genügt eine Schicht von weniger als 1 μm Dicke, um das Sonnenlicht effektiv zu absorbieren. Diese dünne Schicht kann relativ einfach und kostengünstig präpariert werden.

Zwar lässt sich der Wirkungsgrad voraussichtlich nicht über 30 % steigern, aber in Verbindung mit Silizium ist eine Tandemzelle möglich, mit der man diese Grenze durchbrechen kann. Der chinesische Solarkonzern Longi entwickelte kürzlich eine Perowskit-Silizium-Tandemzelle mit einem Wirkungsgrad von 33,9 %.

Diese Laborzellen sind winzig. Um zuverlässig und preisgünstig Strom zu liefern, braucht man großflächige Module, die mindestens 20 Jahre lang allen Wetterbedingungen trotzen und zuverlässig Strom liefern. Eine typische Rekordzelle hat lediglich eine Kantenlänge von 1 mm. Am ZSW wird nun die Aufskalierung industrierelevanter Prozesse erprobt. Zuerst 1 cm, dann 10 cm, dann 30 cm Kantenlänge. Für die sogenannte Schlitzdüsenbeschichtung ist nicht einmal ein Vakuumprozess erforderlich, sodass man mit niedrigen Fertigungskosten rechnen kann.

Außerdem ist man nicht unbedingt auf die kristalline Siliziumzelle als Tandempartner angewiesen. Es könnte also einen Weg eröffnen, um sich aus der fatalen Abhängigkeit von China zu befreien. Das ZSW erprobt deshalb auch Tandem-Solarzellen auf der Basis von CIGS-Dünnschichtzellen, die einst an diesem Institut zur Industriereife entwickelt wurden. Das Perowskit scheint eine Forschungslandschaft der unbegrenzten Möglichkeiten zu eröffnen. Inzwischen entwickeln alle Solarzellenhersteller weltweit Perowskit-Tandemzellen. „Die Herausforderung besteht darin, alle drei Anforderungen gleichzeitig zu erfüllen: Skalierbarkeit, hohe Wirkungsgrade und Langzeitstabilität“, betonte Michael Powalla.

Stromspeicher im Vergleich

Immer mehr Eigenheime werden nicht nur mit einer Photovoltaik-Anlagen auf dem Dach, sondern auch mit einem Stromspeicher im Keller ausgestattet. Die Auswertung des Marktstammdatenregisters ergab, dass im vergangenen Jahr etwa 675 000 Photovoltaik-Anlagen auf Eigenheimen errichtet wurden, mit einer Gesamtleistung von 6,4 GW. Das entspricht einem Anteil von 44 % des gesamten Marktvolumens (14,7 GW). Etwa 79 % dieser Anlagen wurden gemeinsam mit einem Batteriespeicher installiert. Das sind 530 000 Einheiten mit einer Speicherkapazität von etwa 4,6 GWh (Bild 4). Diese Zahlen stellte eine Arbeitsgruppe der Berliner Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) in Bad Staffelstein vor. Das von ihr präsentierte Poster „Vergleich der Feldmessdaten von Photovoltaik-Batteriesystemen“ stieß auf großes Interesse. Grundlage ist die „Stromspeicher-Inspektion 2024“ der HTW, aus der unter anderem hervorgeht, dass sich die Stromspeicherung vor allem für sparsame Menschen lohnt.

Ein durchschnittliches Einfamilienhaus bezieht pro Jahr etwa 4900 kWh aus dem Netz. Durch den Einsatz einer Photovoltaik-Anlage auf dem Dach wird dieser Bedarf auf 2900 kWh reduziert und durch den zusätzlichen Einsatz eines Batteriespeichers auf etwa 1500 kWh. Das bedeutet, dass etwa 70 % des Stromverbrauchs autark erzeugt werden können.

Auch über die Qualität der Batteriespeicher sagt die „Stromspeicher-Inspektion“ einiges aus. Zwar haben sich die meisten der 90 Unternehmen, die in Deutschland Batteriespeicher anbieten, nicht an der Studie beteiligt. Nur 14 Anbieter lieferten brauchbare Daten. Insgesamt wurden 20 Solarstromspeicher bewertet.

Das Ergebnis ist trotz der relativ geringen Beteiligung aufschlussreich. Die beste Batterie wird von Varta hergestellt und liefert 97,8 % der eingespeicherten Energie wieder zurück, während die schlechteste nur 87,9 % hergibt. Die Varta-Batterie kann obendrein mit einem Standby-Verbrauch von nur 2 W glänzen, während die schlechteste Batterie 64 W verschlingt. Die Test-Verlierer bleiben in dieser Studie aus verständlichen Gründen anonym.

Sparsamkeit lohnt sich

Das Forscherteam der HTW hat die Betriebsdaten von 110 Eigenheimen mit Photovoltaik-Batteriespeichersystemen analysiert und festgestellt, wie stark die Autarkiegrade der untersuchten Haushalte mit unterschiedlich dimensionierten Solaranlagen und Solarstromspeichern voneinander abweichen. Daraus geht auch hervor, in welchem Ausmaß die untersuchten Haushalte ihren Autarkiegrad durch den Einsatz einer Batterie steigern können. Der Zusammenhang zwischen dem Stromverbrauch und dem Autarkiegrad liegt auf der Hand, denn je mehr man verbraucht, desto schwieriger wird es, den Bedarf durch eigene

Stromerzeugung zu decken. Wenn der jährliche Bedarf auf 7000 kWh steigt, dann sinkt der Autarkiegrad nach Berechnungen der HTW auf 61 %. Wer sparsam lebt und nur 3000 kWh verbraucht, kann mit einem Autarkiegrad von 81 % rechnen.

Der Autarkiegrad eines Haushaltes hängt aber nicht nur vom jährlichen Stromverbrauch und der installierten Photovoltaik-Leistung, sondern natürlich auch vom Lastprofil ab. Wer nachts relativ viel Strom verbraucht, kann nicht mit einem hohen Autarkiegrad rechnen. Die Photovoltaik-Leistung der analysierten Systeme bewegte sich zwischen 4,8 und 13 kW, mit einem Median bei 8,4 kW. Die untersuchten Haushalte können ohne Batteriespeicher zwischen 19 % und 61 % ihres Bedarfs durch eigene Stromerzeugung decken. Im Mittel werden 40 % erreicht. Den höchsten Autarkiegrad erreichte ein Haushalt mit einer 7,3-kW-Solaranlage. Die Streuung ist allerdings sehr groß. Ein Haushalt mit einer ähnlich großen Solaranlage konnte nur 26 % des Bedarfs decken. Wer einen hohen Autarkiegrad erreichen will, sollte also nicht nur die Leistung der Anlage die Höhe schrauben, sondern auch das eigene Lastprofil überprü-

fen und viel Strom möglichst nur dann verbrauchen, wenn die Sonne scheint.

In den untersuchten Haushalten sind Batteriespeicher mit einer Kapazität zwischen 4,9 und 9,7 kWh installiert. Der Median liegt bei 7,3 kWh. Die Stromspeicherung verbessert natürlich die Deckung des Bedarfs, aber die Bandbreite ist noch größer als bei den Haushalten, die keinen Speicher haben. Das beste Speichersystem erreicht einen Autarkiegrad in Höhe von 95 %, und das schlechteste kam nur auf 31 %, was sicherlich mit dem hohen Stromverbrauch dieses Haushaltes (rund 9600 kWh) zusammenhängt.

Für die Batterien gilt Ähnliches wie für die Module: Das Basisprodukt wird fast ausschließlich in Ostasien hergestellt. Die Produktion von Batteriezellen steckt in Europa noch in den Kinderschuhen. Auch in dieser Hinsicht hat der „Green Deal“ noch einen weiten Weg vor sich.

Literatur

[1] Koenemann, D.: Photovoltaik-Forschung strebt nach Rekordwirkungsgraden. *Elektropraktiker* 71 (2017) 5, S. 418–422.

D. Koenemann

ep AWARD 2024

Für Elektroplaner, Errichter und Studierende der Gebäudetechnik

Bewerben Sie sich jetzt!

Die Informationen und Details dazu finden Sie unter:

www.elektropraktiker.de/epaward

Bild: MiaSitaristock.adobe.com



Veranstalter:

ep ELEKTRO PRAKTIKER

Mit freundlicher Unterstützung:

belektro

**GRAPHISOFT
DDScad**