



Fortschritte in der Solarindustrie

Neue Technologien | Ohne die Solarenergie hat die globale Energiewende keine Chance. Die Frage wird sein, woher die Produkte kommen und wer diese Technologie weiterentwickeln wird. Aktuell dominiert China, doch angesichts geopolitischer Konflikte und zunehmender Krisen ist die Energiewende durch diese Abhängigkeit gefährdet. Ein Blick auf technologische Entwicklungen in Europa.

MADLEN APEL

Was Becquerel entdeckt und danach Einstein erklärt hat, führte nach einigen Jahrzehnten zur Entwicklung erster Photovoltaikzellen und -module und folglich zur Schaffung der Solarindustrie. Sonnenlicht trifft auf die Solarzelle und regt die Elektronen an, die freigesetzt werden: Strom wird erzeugt und wird durch die Metallkontakte an beiden Seiten der Zelle abgeführt. Innerhalb weniger Jahre konnte dieser Prozess immer weiter verbessert werden.

Die Renaissance der Solarindustrie in Europa

Trotz der enormen chinesischen Übermacht in der weltweiten Solarproduktion (rund 80% aus China und 90% aus Asien insgesamt), ist Europa noch immer einer der Pioniere, wenn es um neue Solartechnologien geht. Beispielsweise das Schweizer Unternehmen Meyer Burger, welches immer wieder Meilensteine in der PV-Herstellung markierte.

Zwar fing die Geschichte des Unternehmens 1953 als Hersteller von Ferti-

gungsmaschinen für die Uhrenindustrie an, aber keine 30 Jahre später stieg das Unternehmen in die Photovoltaikindustrie ein. 1998 wurde eine Bandsäge zur Wafer-Massenfertigung entwickelt und 2002 wurde die erste DS262-Drahtsäge für die Solarindustrie auf den Markt gebracht. Sechs Jahre später begann das Unternehmen mit der Entwicklung der Heterojunction-Technologie (HJT) für Solarzellen.

Mittlerweile hat sich das Unternehmen vom reinen Maschinenbauer zum

Hersteller von Solarzellen und -modulen weiterentwickelt. Mit der Kapazität von 1,4 GW Zellen- und Modulfertigung ist heute Meyer Burger der einzige Zellenproduzent ausserhalb Asiens. Die Zellen werden dann in das hauseigene Modulwerk ins sächsische Freiberg geliefert. Der nächste Schritt in die USA ist schon getan, dort entstehen 2024 jeweils eine Solarzellen- und eine Modulfabrik im Gigawatt-Segment.

Durch die Produktion in Deutschland sichert die Firma eine regionale Wertschöpfung in Europa ab, die mittlerweile sogar in der EU-Kommission anerkannt wird. Europas Antwort auf den US-amerikanischen Inflation Reduction Act zum Aufbau der Clean-tech-Industrie, der Net Zero Industry Act, will bis 2025 rund 30 GW Produktionskapazität entlang der solaren Wertschöpfungskette in Europa ansiedeln. Der Vorteil für die Fertigung in Europa liegt auf der Hand: das weltweite Abhängigkeitsrisiko minimieren, die heimische Energiewende absichern, neueste Technologien entwickeln und ökologische Ziele erreichen. Denn nicht nur sind dadurch die Lieferketten kürzer und es wird CO₂ eingespart, sondern das Unternehmen verzichtet in seinen Produkten auch auf umweltschädliches Blei oder die langlebigen und gesundheitsgefährdenden per- und polyfluorierte Chemikalien (PFAS).

Warum die Heterojunction-Technologie (HJT) führend ist

Diese wegweisende Arbeit zeigt sich in der Entwicklung neuer Zelltechnologien.

Diese sind eine wichtige Komponente für das Fundament zum Wiederaufbau der Solarindustrie in Europa. Die Heterojunction-Solarzelle (HJT) ist hier elementar. Dabei werden zwei Technologien in einer Zelle kombiniert: eine Kernschicht aus kristallinem Silizium, die zwischen zwei Schichten aus amorphem «Dünnschicht»-Silizium liegt. Dadurch erhöht sich der Wirkungsgrad der Zelle und somit der Module deutlich und es wird mehr Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt als in herkömmlichen Silizium-Solarzellen [1]. Die Herstellung dieser Art von Solarzellen ist preisgünstiger, da weniger Prozessschritte in der Fertigung erforderlich sind. Hinzu kommt die Ressourcen schonendere Fertigung mit Niedrigtemperaturprozessen.

Doch nicht nur die günstigere Herstellung ist ein Vorteil. Der Kern aus kristallinem Silizium ist in die Schichten aus amorphem Silizium eingebettet. Letztere schaffen eine gute Oberflächenpassivierung, wodurch eine Zelleffizienz von über 25% ermöglicht wird. Die Kontaktfinger auf Vorder- und Rückseite der Zelle sammeln die Ladungsträger aus der Zelle und leiten diese weiter. HJT bietet die Möglichkeit, dünnere Wafer (aktuell 145 µm bei MB) einzusetzen. Dadurch können wertvolle Ressourcen gespart werden. Zurzeit werden noch dünnere Ausgangsmaterialien für die HJT-Zellen entwickelt. Die HJT-Zellen haben einen sehr niedrigen Temperaturkoeffizienten, was für einen geringeren Leistungs-

verlust an sonnigen oder heißen Tagen sorgt. Zudem bietet HJT auch zukünftig ein erhebliches Optimierungspotenzial.

Bezüglich Nachhaltigkeit ist das Thema Lebensdauer zentral. Module von Meyer Burger (**Bild 1**) haben dank der HJT-Zellen über die gesamte Lebensdauer eine sehr niedrige Degradation, also einen geringen Leistungsverlust pro Jahr. Das Produkt «Meyer Burger Glass» beispielsweise hat eine maximale Degradation von 1% der Leistung im ersten Betriebsjahr und 0,2% bis zum 30. Betriebsjahr. Das ist führend auf dem Weltmarkt.

Hochleistungsmodule der neuesten Generation

Hinzu kommt die von Meyer Burger entwickelte und patentierte SmartWire Connection Technology (SWCT), durch die die elektrische Verbindung der Solarzellen im Solarmodul hergestellt wird. Dank des busbarlosen Zelldesigns werden ideale elektrische Kontakte und eine beste optische Erscheinung erreicht. Durch die in eine Folie integrierten Drähte ist ein perfekter Stromabgriff möglich. Denn die dünnen runden Drähte verringern die Verluste durch Verschattungen auf der Zelle. Dank doppelter Einbettung der Zellen in die SWCT-Folie und in die Einkapselungsfolie ist die Zellstabilität verbessert und die Anfälligkeit für Mikrorisse reduziert.

Neben der Verbesserung des Wirkungsgrades (**Bild 2**) führt die Kombination von HJT-Zellen mit der SWCT

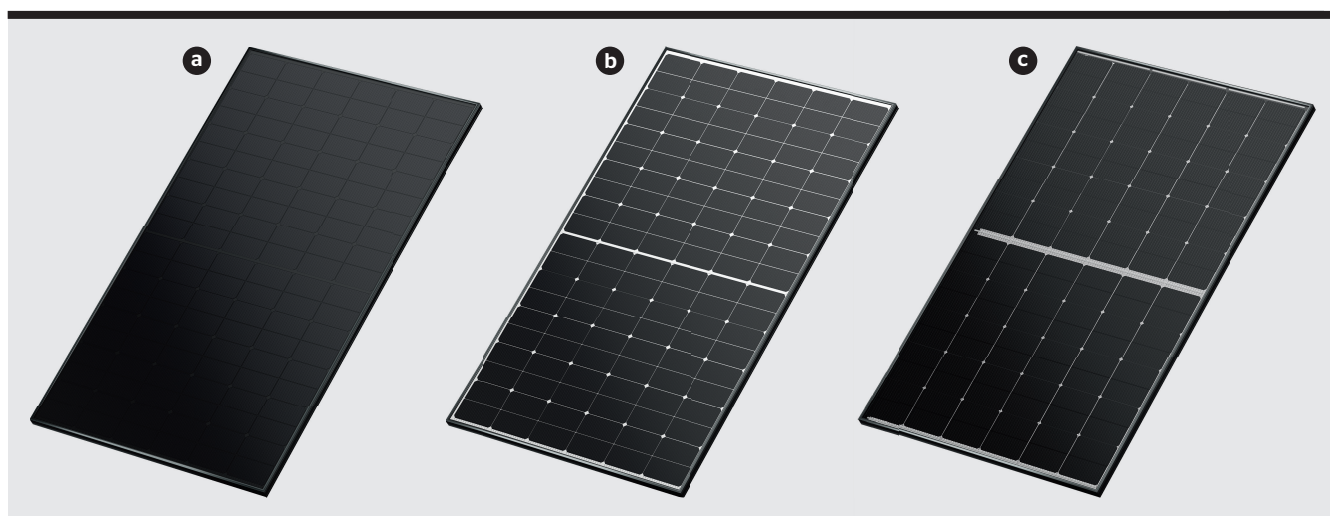


Bild 1 Solarmodule in der Übersicht: **a)** Meyer Burger Black: Nennleistung 375–395 W, Effizienz 20,4–21,5 %; **b)** Meyer Burger White, mit weisser Backsheet-Folie: Nennleistung 380–400 W, Effizienz 20,7–21,7 %; **c)** Meyer Burger Glass, mit transparentem Rückseitenglas: Nennleistung 370–390 W, Effizienz 20,6–21,8 %.

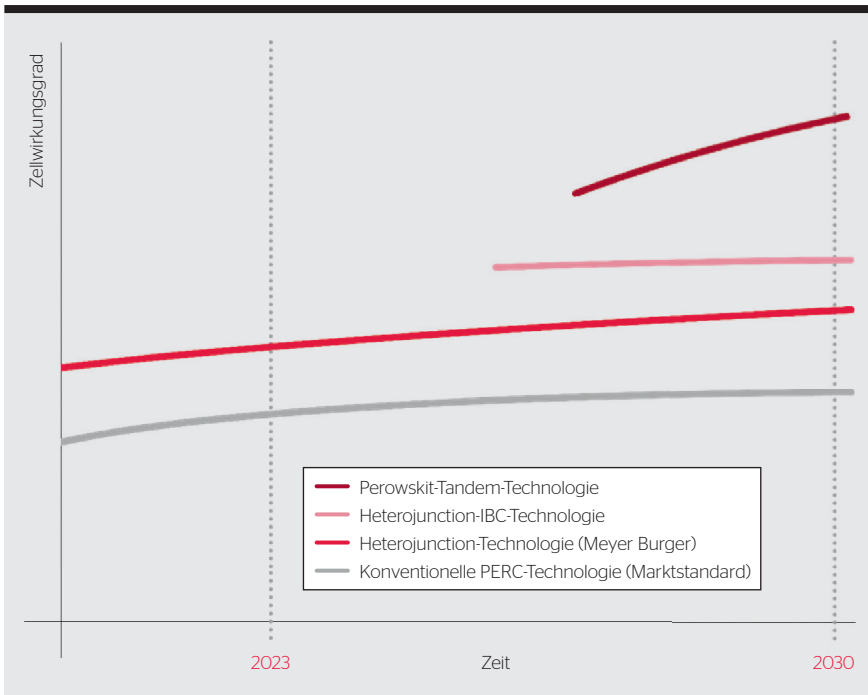


Bild 2 Zellwirkungsgradentwicklung der PV-Technologien über die Jahre.

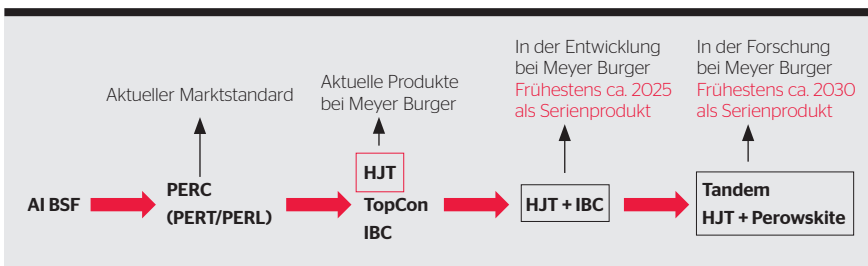


Bild 3 Die Entwicklungskette der PV-Technologien.

auch zu geringeren Kosten, da beispielsweise der Silberbedarf um 65% reduziert werden kann (verglichen mit einer Standard 5 Busbar-Halbzelle). Weniger Silberbedarf und eine bleifreie Produktion machen die Zellen kosteneffizienter und umweltfreundlicher.

SWCT ermöglicht die Kombination von Prozessschritten und somit eine Einsparung von Energie in der Modulfertigung. Während der Lamination wird der elektrische Kontakt hergestellt. Da die Lamination ein Niedertemperaturprozess ist, ist der thermische Stress auf der Zelle deutlich geringer als beim Löten von Busbars. Der SWCT-Prozess ist überdies selbstjustierend und benötigt kein kompliziertes Layout von Lötbandern auf der Kontaktfläche der Zelle. Die Kombination von HJT-Zelle und SWCT-Technologie ermöglicht Solarmodule mit Wirkungsgraden von über 20%.

Der nächste Innovationsschritt

Eine Renaissance der europäischen Solarindustrie ist kein Selbstläufer. Deshalb strebt das Unternehmen nach ständiger Weiterentwicklung und ist dabei, immer wieder neue Technologien einzuführen (Bild 3). Mittlerweile arbeitet das Unternehmen an einer Kombination der HJT mit der sogenannten IBC-Technologie (Interdigitated Back Contact). Dadurch werden die Vorderseitenkontakte komplett auf die Rückseite der Zelle verlegt, sodass keine Metallisierung auf der Zellvorderseite nötig ist. Verschattungen auf der vorderen Zelle werden so vermieden und mehr Licht kann die Zelle erreichen.

Bereits 2021 wurde ein erstes Modul mit 60 Vollzellen mit HJT-IBC Technologie (in Kombination mit SWCT) am Schweizer Unternehmensstandort entwickelt und gebaut. Dieses Modul erreichte einen Modulwirkungsgrad

von 24,7%. Das Ziel ist es, einen Modulwirkungsgrad von mehr als 23% in der Massenfertigung zu erreichen. Ab dem Jahr 2025 ist die Markteinführung geplant.

Die nächste Entwicklung wird die Kombination der HJT-Zelltechnologie mit Perowskitzellen sein – ein sogenanntes Tandem. Hier werden die zwei Technologien übereinandergestapelt. Der Unterschied ist, dass die HJT-Zelle eher den roten Lichtbereich und die Perowskitzelle eher den blauen absorbiert. Durch die Kombination beider Zelltechnologien kann das einfallende Lichtspektrum besser ausgenutzt werden, somit sind höhere Zelleffizienzen möglich. Ziel ist es, eine Solarzelle mit einem Wirkungsgrad von über 30% für die industrielle Fertigung zu ermöglichen. Diese nächste Evolutionsstufe ist für die 2030er-Jahre geplant.

Für die Entwicklung der nächsten Generation von Hochleistungs-Solarzellen und -modulen hat Meyer Burger renommierte Partner ins Boot geholt und entsprechende mehrjährige Kooperationsvereinbarungen abgeschlossen. Gemeinsam mit dem CSEM aus der Schweiz, dem Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB), dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg und dem Institut für Photovoltaik an der Universität Stuttgart arbeitet das Unternehmen an der Industrialisierung der Perowskit-Tandemtechnologie. Die Entwicklung der neuen Produktionstechnologien soll ausschliesslich für die eigene Fertigung eingesetzt werden. Ziel ist es, den Energieertrag kommerzieller Solarmodule weiter signifikant zu steigern [2].

Wie die PV-Renaissance nachhaltig gelingen kann

Die kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung, aber auch die Erweiterung der Produktpalette sowie der Eintritt in neue Märkte sind die Ziele von Meyer Burger. Neben der Europäischen Union bauen auch die USA ihre Cleantech-Industrie auf. Das Unternehmen ist auch hier das Zugpferd und liefert mit seiner Zelltechnologie die Basis für die weitere Entwicklung in der Solarindustrie und für die globale Energiewende.

Mit einer anfänglichen Kapazität von 2 GW wird die neue Solarzellen-

Produktion im US-amerikanischen Colorado Springs exklusiv das Solarmodulwerk des Unternehmens in Goodyear, Arizona mit Solarzellen «Made in USA» beliefern. So finden sich Pioniergeist und Unternehmertum zusammen, indem das Unternehmen eine amerikanisch-europäische Solarbrücke aufbaut. Ziel ist, eine starke transatlantische Solarindustrie aufzubauen, um Europa und die USA unabhängig von fossilen Brennstoffen und globalen Versorgungsengpässen zu machen.

Gleichzeitig sind die Wachstumspotenziale für das Unternehmen in Europa noch lange nicht am Ende. Im Rahmen der erfolgreichen Bewerbung von Meyer Burger für den EU-Innovation-Fund ist zu einem späteren Zeitpunkt ein Ausbau im Multi-Gigawatt-Bereich an den jetzigen Modul- und Zellstandorten in Deutschland sowie voraussichtlich auch in Spanien geplant.

Voraussetzung für solche Investitionen sind günstige Marktbedingungen und sichere, faire Wettbewerbs-

bedingungen für europäische Solarhersteller in der Europäischen Union, die aktuell noch auf sich warten lassen.

Referenzen

- [1] ae-solar.com/heterojunction-modules
 [2] www.meyerburger.com/de/newsroom/artikel/meyer-burger-schliesst-neue-partnerschaften-zur-entwicklung-von-hochleistungs-solarmodulen-mit-perowskit-technologie-ab, 2022.

Autorin

Madlen Apel ist Head of Product Management.
 → Meyer Burger, DE-06766 Bitterfeld-Wolfen
 → madlen.apel@meyerburger.com

RÉSUMÉ

Progrès dans le secteur de l'énergie solaire

Nouvelles technologies

Malgré la forte prépondérance de la Chine en ce qui concerne la production de modules photovoltaïques (environ 80 % des modules y sont fabriqués et 90 % en Asie), l'Europe reste l'un des pionniers lorsqu'il s'agit de développer de nouvelles technologies solaires. L'entreprise Meyer Burger, par exemple, a régulièrement posé de nouveaux jalons dans le secteur de la production photovoltaïque. Or, les nouvelles technologies constituent un élément important pour le retour de l'industrie solaire en Europe. La cellule solaire à hétérojonction (HJT) en est l'élément fondamental. Celle-ci combine deux technologies dans une cellule: un noyau en silicium cristallin, entouré de deux couches minces de silicium amorphe. Cette configuration permet d'augmenter le rendement de la cellule, et donc des modules. De plus, la fabrication de ce type de cellules solaires est moins chère et préserve les ressources grâce à des processus à basse température.

Une renaissance de l'industrie solaire européenne ne va pas de soi. C'est pourquoi Meyer Burger s'efforce de réaliser

en permanence de nouveaux développements et ne cesse d'introduire de nouvelles technologies. L'entreprise travaille actuellement sur une combinaison des technologies HJT et IBC (Interdigitated Back Contact) – voir l'article « Vers l'industrialisation des cellules tunnel-IBC » dans ce même numéro. Dans cette configuration, les contacts avant sont entièrement transférés à l'arrière de la cellule, de sorte qu'aucune métallisation n'est nécessaire à l'avant de la cellule. Comme aucune électrode ne produit d'ombrage sur la face avant, davantage de lumière peut atteindre la cellule.

Le prochain développement consistera à combiner la technologie des cellules HJT et celle des cellules à pérovskite dans une cellule tandem. La cellule HJT absorbe plutôt la lumière rouge et la cellule à pérovskite principalement la lumière bleue, ce qui permet de mieux exploiter le spectre lumineux incident. L'objectif consiste à permettre la production industrielle d'une cellule solaire présentant un rendement supérieur à 30 %. Cette prochaine étape est prévue pour les années 2030.

Datendienstleistungen für Energieversorger



Wir unterstützen EVU/VNB kompetent in den Bereichen:

- Mess- und Energiedatenmanagement (Strom, Gas, Wärme, Wasser)
- Metering und Zählerfernauslesung
- Visualisierung, Auswertung und Reporting und Portale
- Energieprognosen, Energieabrechnung von EVG / ZEV
- Datenschutz und Datensicherheit (ISO 27001 zertifiziert)
- Arbeitsunterstützung und Support

Sysdex AG

Im Schörli 5
 CH-8600 Dübendorf

Tel. 044 537 83 10
www.sysdex.ch

NEUTRAL



SICHER



ZUVERLÄSSIG