Presseinformation

Kontakt Dr. Puzant Baliozian
Telefon +49 69 66 03-1979
E-Mail Puzant.baliozian@vdma.org
Datum 15.04.2025

Photovoltaik Produktionsmittel

International Technology Roadmap for Photovoltaics (ITRPV): 16. Edition und Veröffentlichung des neuen digitalen Produkts

- **Rekordjahr 2024: Insgesamt 703 GW an PV-Modulen ausgeliefert**
- **TOPCon-Technologie überwindet die PERC-Dominanz**
- **Veröffentlichung der neuen interaktiven digitalen ITRPV**

Frankfurt, 15. April 2025 – Die 16. Ausgabe der International Technology Roadmap for Photovoltaics (ITRPV) steht zum Download bereit (itrpv.vdma.org). Basierend auf Datenanalysen von 49 internationalen Experteninstitutionen entlang der gesamten PV-Wertschöpfungskette fasst diese neue Ausgabe wichtige Parameter zusammen und diskutiert sie anhand zahlreicher Ergebnisdiagramme.

Im Jahr 2024 erreichte der globale Markt für Photovoltaik einen Rekordwert von 703 GW an ausgelieferter Modulleistung. Bis Ende 2024 sank der gewichtete durchschnittliche Spotmarktpreis für kristalline Siliziummodule im Vergleich zum Ende des Jahres 2023 um rund 33 Prozent. Der Bericht verfolgt die Lernkurve – den durchschnittlichen Verkaufspreis von PV-Modulen in Abhängigkeit von den kumulierten Auslieferungen – und zeigt eine Lernrate von 25,6 Prozent von 1976 bis 2024. Diese Lernrate spiegelt die Auswirkungen des technologischen Fortschritts sowie der Marktbedingungen auf die Preise wider.

VDMA e.V.
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main, Germany
Telefon +49 69 6603-1979
E-Mail puzant.baliozian@vdma.org
Internet pv.vdma.org
Vereinsregister AG Frankfurt/Main, Nr. VR4278

Fachabteilung
Photovoltaik Produktionsmittel
Abteilungsleiter:
Dr. Puzant Baliozian

Präsident:
Bertram Kawlath
Hauptgeschäftsführer:
Thilo Brodtmann

Fortschritte in der Silizium-basierten Photovoltaik

Kristalline Silizium-Photovoltaik dominierte im Jahr 2024 rund 98 Prozent des Marktanteils, der Rest ist die Dünnschichttechnologie. Innerhalb des Silizium-basierten Photovoltaikmarktes dominieren monokristalline Czochralski-Silizium-Wafer (Cz-Si) den Marktanteil vollständig. Laut den am Bericht beteiligten Gigawatt-Bereich-Hersteller, sind etwa 70 Prozent n-Typ-Wafer und übertreffen damit p-Typ-Materialien. Dies geht auf die Expansion der n-Typ-TOPCon-Technologie zurück, die erstmals den Markt dominiert und p-Typ-PERC überholt.

Silizium-Heterojunction- (SHJ) und Back-Contact-Zellen: Back-Contact-Zellen auf TOPCon-Basis (TBC) und Heterojunction-Basis (HBC) werden voraussichtlich Marktanteile gewinnen. Die Umfrageergebnissen zeigen, dass in Massenproduktion hergestellte Tandem-Siliziumzellen in 10 Jahren voraussichtlich einen zweistelligen Marktanteil haben werden. Die großen Waferformate M10 und G12 mit ihren rechteckigen Varianten dominieren. Es wird erwartet, dass die Formate G12 (d. h. mit einer Waferseitenlänge von 210 mm) und G12(R) bis 2035 etwa 75 Prozent des Marktes ausmachen. Größere Formate als G12 werden voraussichtlich fast 10 Prozent erreichen, während das rechteckige M10-Format voraussichtlich einen Marktanteil von etwa 15 Prozent halten wird. Dementsprechend werden neu gebaute Zellproduktionslinien für diese Formate ausgelegt und voraussichtlich auf die Integration von größeren Formaten als G12 vorbereitet sein.

Bifaziale Solarzellen werden voraussichtlich einen Marktanteil von etwa 90 Prozent haben. Dieser Wert soll im Laufe des nächsten Jahrzehnts auf 95 Prozent steigen. Die Reduzierung des Materialverbrauchs über verschiedene Technologiepfade hinweg ist ein wichtiger Schwerpunkt, darunter Fortschritte bei der Reduzierung des Polysiliziumverbrauchs durch Reduzierung der Waferdicke, der Reduzierung des Silberverbrauchs durch Feinliniendruck und der Verwendung kupferhaltiger Metallisierung. Die Durchsatzwerte der Anlagen werden im kommenden Jahrzehnt voraussichtlich weiter steigen. Bei n-Typ-TOPCon-Zellen dominieren homogene Emitter mit Laser Enhanced Contact Optimization (LECO) den Markt mit etwa 60 Prozent Anteil im Jahr 2024 und einem Anstieg auf fast 87 Prozent bis 2035. Der Einsatz selektiver Emitter nimmt ab und Varianten ohne LECO werden bis 2027 auslaufen. Die Kantenpassivierung vereinzelter Solarzellen durch Abscheidungsprozesse gewinnt auch bei Halbzellen oder kleineren Zellen an Bedeutung und wird den Markt in einem Jahrzehnt dominieren.

Auf Modulebene wird erwartet, dass Kupferverbindungen weiterhin den Markt für Zell-zu-Zell- und String-Verbindungen dominieren. Bei „Residential“ Markt werden Module mit einer Größe von über 2,0 m² ab 2025 voraussichtlich einen höheren Marktanteil gewinnen, während Module zwischen 1,8 und 2,0 m² den größten Anteil behalten werden. Der Marktanteil kleinerer Module unter 1,8 m² wird in den nächsten drei Jahren auf unter 6 Prozent sinken. Die Modulgrößentrends für große Freiflächenanlagen, beispielsweise Kraftwerke, zeigen eine stärkere Verschiebung hin zu größeren Modulen als für Anwendungen auf Hausdächern „Residential“. Module unter 2,5 m² werden voraussichtlich ein Nischendasein fristen, während Module zwischen 2,5 und 3,0 m² den Kraftwerksmarkt dominieren werden. Größere Kraftwerksmodule über 3 m² werden Prognosen zufolge in den nächsten 10 Jahren etwa 25 Prozent des Marktanteils erobern. Der Trend bei den Modulproduktionsfabriken spiegelt den der Zellproduktion wider: Fabriken mit einer Produktionskapazität von über 5 GW werden voraussichtlich die zukünftige Produktionslandschaft dominieren. Kleinere Modulfabriken mit Kapazitäten unter 5 GW und sogar unter 1 GW werden jedoch voraussichtlich auch nach 10 Jahren noch für Spezialanwendungen und regionale Märkte in Betrieb bleiben. Themen der intelligenten Fertigung zeigen, dass die „Batch Tracking“ in der Fertigung dominiert, während die „Single Piece Tracking“ zunimmt. Industrie 4.0 prägt die Zellproduktion durch vier Automatisierungsstufen, von vollständig vernetzten Fabriken (Stufe 1) bis hin zu autonomen Entscheidungsfindungsfabriken (Stufe 4), wobei die höheren Stufen alle niedrigeren einbeziehen. Während Stufe 1 im Jahr 2024 mit einem Anteil von 78 Prozent dominierte, werden Stufe 2 und 3 voraussichtlich bis 2035 führend sein, und Stufe 4 wird ab 2029 schrittweise auf den Markt kommen. Detailliertere Ergebnisse finden Sie im vollständigen Bericht.

ITRPV

Die VDMA Fachabteilung Photovoltaik Produktionsmittel aktualisiert jährlich die ITRPV mit Beiträgen führender internationaler Hersteller von kristallinem Silizium, Waferherstellern, Zell- und Modulherstellern, PV-Maschinenbauern, Materialherstellern sowie Forschungsinstituten und Beratern. Ziel der ITRPV ist es, über erwartete Technologietrends in der auf kristallinem Silizium (c-Si) basierenden Photovoltaikindustrie zu informieren und die Diskussion über erforderliche Verbesserungen und Standards anzuregen. Für zusätzliche Informationen besuchen Sie die Website (itrpv.vdma.org).

Neues interaktives digitales ITRPV-Produkt

Der ITRPV-Fragebogen der 16. Ausgabe wird auf einer digitalen interaktiven Plattform erhoben, die den Analyseprozess der Datenbeiträge automatisiert. Neben der Optimierung des Berichtserstellungsprozesses zielt das neue

digitale Produkt darauf ab, das Benutzererlebnis zu verbessern und Beitragenden „Contributors“ und VDMA-Mitgliedsunternehmen exklusive interaktive Funktionen zu bieten. Das jährlich aktualisierte Dokument wird wie jedes Jahr öffentlich zum Download angeboten.

The smarter E Europe / Intersolar 2025 Side Events

Die VDMA-Fachabteilung Photovoltaik Produktionsmittel organisiert zwei Side Events. Die erste findet am 6. Mai unter dem Titel: “European/German PV Production Technologies: Equipment and Technology Transfer for Global Manufacturing” statt. Die zweite Veranstaltung am 8. Mai mit dem Titel: “Advances in Solar PV Production Technologies – Key Findings from ITRPV 2025” widmet sich den Ergebnissen der 16. Ausgabe und der Präsentation des neuen digitalen ITRPV-Produkts. Aufgrund der begrenzten Teilnehmerzahl können Interessenten nur mit offizieller Einladung und Anmeldung beim VDMA-Team Photovoltaik Produktionsmittel teilnehmen.

Haben Sie noch Fragen? Dr. Puzant Baliozian, Leiter der Fachabteilung Photovoltaik Produktionsmittel, Telefon 069 6603 1979, puzant.baliozian@vdma.org, beantwortet sie gerne.

Der VDMA vertritt 3600 deutsche und europäische Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus. Die Industrie steht für Innovation, Exportorientierung und Mittelstand. Die Unternehmen beschäftigen insgesamt rund 3 Millionen Menschen in der EU-27, davon mehr als 1,2 Millionen allein in Deutschland. Damit ist der Maschinen- und Anlagenbau unter den Investitionsgüterindustrien der größte Arbeitgeber, sowohl in der EU-27 als auch in Deutschland. Er steht in der Europäischen Union für ein Umsatzvolumen von geschätzt rund 870 Milliarden Euro. Rund 80 Prozent der in der EU verkauften Maschinen stammen aus einer Fertigungsstätte im Binnenmarkt.