

Kontakt Dr. Puzant Baliozian  
Telefon +49 69 66 03-1979  
E-Mail Puzant.baliozian@vdma.org  
Datum 04.06.2024

Photovoltaik  
Produktionsmittel

## International Technology Roadmap for Photovoltaics (ITRPV): Veröffentlichung der 15. Edition

- **Rekordjahr 2023: Insgesamt 502 GW an PV-Modulen ausgeliefert**
- **Starker Rückgang der durchschnittlichen Modulpreise**
- **TOPCon-Technologie überwindet PERC-Dominanz im Jahr 2024**

**Frankfurt, 4. Juni 2024** – Die 15. Ausgabe der International Technology Roadmap for Photovoltaics (ITRPV) steht ab sofort zum Download bereit ([itrpv.vdma.org](http://itrpv.vdma.org)). Unterstützt durch Daten von 50 internationalen Experteninstitutionen entlang der PV-Wertschöpfungskette fasst diese neue Ausgabe wichtige Parameter anhand zahlreicher Diagramme zusammen und diskutiert sie.

Im Jahr 2023 wuchs der globale Solar-Photovoltaik-Markt auf einen Rekordwert von 502 GW an Lieferungen. Die kumulierte weltweit installierte PV-Kapazität wurde auf ca. 1,61 TWp erhöht. Bis Ende 2023 war der durchschnittliche Spotmarktpreis für kristalline Siliziummodule im Vergleich zu Ende 2022 um circa 50 Prozent gesunken. Der Bericht verfolgt die Lernkurve – die durchschnittlichen PV-Modulpreise in Abhängigkeit von den kumulierten Lieferungen – und gibt eine Lernrate von 24,9 Prozent von 1976 bis 2023 an. Diese Lernrate spiegelt die Auswirkungen des technologischen Fortschritts sowie der Marktbedingungen auf die Preise wider.

### Technologische Trends: Silizium-Photovoltaik dominiert

Die kristalline Silizium-Photovoltaik dominierte im Jahr 2023 etwa 97 Prozent des Marktanteils, der Rest entfiel auf die Dünnschichttechnologie. Auf dem siliziumbasierten Photovoltaikmarkt dominieren monokristalline Czochralski-Siliziumwafer (Cz-Si) vollständig den Marktanteil, während multikristalline

Siliziumwafer in Massenproduktion mittlerweile der Vergangenheit angehören. Es wird erwartet, dass n-Typ-Wafer im Jahr 2024 die p-Typ-Materialien übertreffen werden, wobei Hersteller im GW-Maßstab bis zum Jahresende einen Marktanteil von 69 Prozent für n-Typ-Materialien erwarten. Bei den Zelltechnologien wird n-Typ Tunneloxid-Passivierungskontakte (TOPCon) in diesem Jahr p-Typ PERC als Marktführer ablösen. PERC-Zellen werden weiterhin Marktanteile verlieren, da TOPCon, Silizium-Heterojunction-Zellen (SHJ) und Rückkontaktzellen (z. B. Interdigitated back contact, IBC) an Bedeutung gewinnen. Basierend auf den Umfrageergebnissen wird erwartet, dass Tandem-Siliziumzellen nach 2027 auf der Massenproduktion kommen.

Es wird erwartet, dass bifaziale Solarzellen im Jahr 2024 einen Marktanteil von rund 90 Prozent halten werden - ein Wert, der im nächsten Jahrzehnt stabil bleiben wird. In dem Jahr 2024 werden bifaziale Module einen Marktanteil von 63 Prozent erreichen, was auf den hohen Integrationsgrad bifazialer Zellen in monofazialen Modulkonfigurationen hinweist. Ein wesentlicher Schwerpunkt liegt auf der Reduzierung des Materialverbrauchs über verschiedene Technologiewege hinweg, einschließlich Fortschritten in der Reduzierung des Polysiliziumverbrauchs durch Reduzierung der Waferdicke, der Reduzierung des Silberverbrauchs durch Feinliniendruck und der Verwendung kupferhaltiger Metallisierung. Es wird erwartet, dass im Jahr 2024 die Reinigung auf Ozonbasis dominieren wird. Zudem wird prognostiziert, dass die Durchsatzwerte der Produktionsanlage im kommenden Jahrzehnt weiter steigen werden. Auf Modulebene werden Kupferverschaltungen voraussichtlich weiterhin den Markt für Zell-Zell-Verbindungen und String-Verbindungen dominieren. Detailliertere Ergebnisse finden Sie im vollständigen Bericht.

### **Größe: Wafer, Module und Fabs**

Waferformate von 182,0 mm<sup>2</sup> (M10) und mehr dominieren bereits den Markt, zusammen mit der Einführung der rechteckige Varianten M10R und G12R. Es wird erwartet, dass Wafergrößen von 166 mm<sup>2</sup> (M6) und kleiner in den kommenden Jahren Marktanteile verlieren und schließlich verschwinden werden. Noch größere Größen über 210,0 mm<sup>2</sup> (G12) werden in naher Zukunft erwartet. Bei Dachinstallationen bleiben Module mit einer Fläche von 1,8 m<sup>2</sup> bis 2 m<sup>2</sup> am häufigsten, während Module mit einer Fläche von 2,5 m<sup>2</sup> bis 3 m<sup>2</sup> bei Kraftwerksanwendungen den Marktanteil führen. Die meisten für 2024 geplanten neuen Fabriken werden nominale Kapazitäten von 5 GW und mehr haben, um von Skaleneffekten zu profitieren. Dennoch werden weiterhin kleinere Fabriken einschließlich solcher unter 1 GW eingesetzt, um Nischenanwendungen und lokale Märkte zu bedienen.

## **ITRPV**

Die VDMA Fachabteilung Photovoltaik Produktionsmittel aktualisiert jährlich die ITRPV mit Beiträgen führender internationaler Hersteller von kristallinem Silizium, Waferlieferanten, 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](http://itrpv.vdma.org)).

## **The smarter E – Intersolar München VDMA PV Manufacturing**

Zum dritten Mal in Folge veranstaltet VDMA Fachabteilung Photovoltaik Produktionsmittel die PV Manufacturing Stage vom 19. bis 21. Juni 2024, ein dreitägiges Forum in der Intersolar-Halle Halle A2, Stand A2.409. Themen sind unter anderem die neuesten Entwicklungen in der Photovoltaik-Produktionstechnologie, mit Vorträgen von Experten aus aller Welt. Teilnehmer, die sich für Themen der PV-Fertigung interessieren, erhalten Updates von Herstellern, Ausrüstungslieferanten und führenden Forschungsinstituten. Weitere Informationen finden Sie auf der Veranstaltungswebsite. <https://www.intersolar.de/rahmenprogramm/pv-manufacturing-stage>

Haben Sie noch Fragen? Dr. Puzant Baliozian, Leiter der Fachabteilung Photovoltaik Produktionsmittel, Telefon 069 6603 1979, [puzant.baliozian@vdma.org](mailto: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 910 Milliarden Euro. Rund 80 Prozent der in der EU verkauften Maschinen stammen aus einer Fertigungsstätte im Binnenmarkt.