

## Full-Black Hochleistungsmodul mit Back-Contact Technologie



# Whitepaper

Das SOLYCO-Team ist seit 1996 im Bereich Photovoltaikmodule und Solarprodukte aktiv. Das Unternehmen SOLYCO Solar AG als Anbieter von hochwertigen Solarprodukten wurde 2020 gegründet und unsere Technologiegesellschaft Solyco Technology GmbH führt schon seit 2007 F&E- und Beratungsprojekte auf dem Gebiet der Solarmodule und deren Produktion durch.

Unsere Kunden schätzen uns als kompetenten und zuverlässigen Lieferanten von hochwertigen und langlebigen Photovoltaikmodulen. Darüber hinaus entwickeln wir innovative Solarsysteme für verschiedene Bedachungsarten. Die Basis dafür bildet unser Team aus Experten und Wissenschaftlern, die seit vielen Jahren zu den Pionieren auf dem Gebiet der Solarmodultechnologie zählen.

## Inhalt

|           |  |          |
|-----------|--|----------|
| <b>1.</b> | <b>Einleitung</b> .....                      | <b>1</b> |
| <b>2.</b> | <b>Back-Contact Technologie</b> .....        | <b>2</b> |
| 2. 1.     | Funktionsweise .....                         | 2        |
| 2. 2.     | Historie.....                                | 3        |
| 2. 3.     | Marktpotenzial.....                          | 3        |
| <b>3.</b> | <b>Produktionstechnologie</b> .....          | <b>3</b> |
| 3. 1.     | Back-Contact Solarzellen.....                | 3        |
| 3. 2.     | SOLYCO BC-Solarmodule.....                   | 4        |
| <b>4.</b> | <b>Technische Produkteigenschaften</b> ..... | <b>5</b> |
| 4. 1.     | Wirkungsgrad.....                            | 5        |
| 4. 2.     | Verschattungsverhalten.....                  | 5        |
| 4. 3.     | Hotspots.....                                | 6        |
| 4. 4.     | Ästhetik.....                                | 6        |
| <b>5.</b> | <b>Zusammenfassung</b> .....                 | <b>6</b> |

### 1. Einleitung

Die Energiewende ist längst auf unseren Dächern angekommen. Doch da die Fläche jedes Daches begrenzt ist, sind hohe Modulwirkungsgrade besonders wichtig. Gleichzeitig legen immer mehr Bauherren und Eigentümer Wert auf eine ästhetisch ansprechende Integration der Solartechnik in das Gebäudedesign.

Genau hier setzen Back-Contact Solarmodule (BC) an: Durch die vollständige Verlagerung aller elektrischen Kontakte auf die Zellrückseite entfällt die typische Lichtabschattung durch Frontkontakte. Das Resultat ist ein homogener, tiefschwarzer Look, kombiniert mit einem spürbar hohen Modulwirkungsgrad von 23,8 % bei einem Zellwirkungsgrad von 27 %. Besonders bei limitierten Dachflächen machen diese Module den Unterschied zwischen „gerade ausreichend“ und „wirtschaftlich attraktiv“.

Dieses Whitepaper erklärt die Funktionsweise der Back-Contact Technologie, beleuchtet ihre industrielle Umsetzung und zeigt praxisnah, welchen konkreten Mehrwert sie Installateuren und Großhändlern bietet.

Im Fokus stehen die neuen SOLYCO BC-Solarmodule, welche Effizienz, Design und Langlebigkeit in einer neuen Qualität vereinen.

## 2. Back-Contact Technologie

### 2. 1. Funktionsweise

Back-Contact Zellen kombinieren ein vollständig metallfreies Frontdesign mit einer hochpräzise strukturierten Kontaktarchitektur auf der Zellrückseite. Im Gegensatz zu konventionellen Technologien wie PERC, TOPCon oder auch Heterojunction (HJT), bei denen elektrische Kontakte auf der Vorder- und Rückseite verteilt sind, befinden sich bei der BC-Technologie sämtliche Stromleiter ausschließlich auf der Rückseite der Zelle. Die Vorderseite bleibt frei von metallischen Elementen und ermöglicht eine ungestörte Lichtaufnahme über die gesamte Zellfläche.

Die Kontaktierung erfolgt über ein sogenanntes interdigitiertes Rückseitenlayout: p- und n-dotierte Finger verlaufen abwechselnd in feinsten Linien, die mittels moderner Lasertechnologie in das Substrat eingebracht werden. Dieses sogenannte Laser-Patterning erlaubt eine exakte Trennung der Kontakte, was die Stromführung optimiert und den internen Widerstand minimiert. Durch die vollständig rückseitige Ableitung verkürzt sich der Weg des elektrischen Stroms erheblich, was Verluste verringert und Hotspot-Risiken senkt.

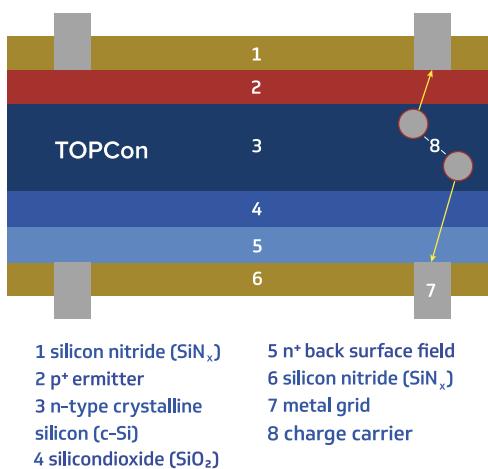


Abbildung 1: Aufbau TOPCon-Zelle mit Ladungsträgerbewegung

Im physikalischen Vergleich zeigt sich ein klarer Vorteil gegenüber konventionellen Zellarchitekturen: Während TOPCon- und PERC-Zellen durch ihre vorderseitigen Silberbusbars 3–5 % des einfallenden Lichts blockieren, nutzen BC-Zellen die gesamte

Zellfläche zur Photonenabsorption. Zudem entfallen die durch die Metallisierung verursachten lokalen Erwärmungen, da keine vorderseitigen Sammelschienen vorhanden sind.

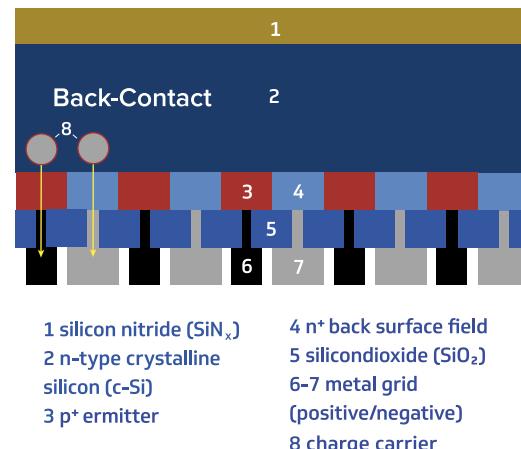


Abbildung 2: Aufbau BC-Zelle mit Ladungsträgerbewegung

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Kombination mit n-Typ-Siliziumwafern. Diese bieten nicht nur eine höhere Ladungsträgermobilität, sondern vor allem eine längere Ladungsträgerlebensdauer – was sich positiv auf die Zelleistung über die Zeit auswirkt. Zudem sind sie deutlich robuster gegenüber Verunreinigungen und zeigen kein lichtinduziertes Degradationsverhalten (LID), wie es bei p-Typ-Wafern oft der Fall ist.

Für n-typ BC-Zellen bedeutet das: höhere Spannungen im Leerlauf (Voc), stabilere Leistung über die gesamte Lebensdauer und eine insgesamt geringere Degradation. Dadurch eignen sie sich ideal für hochwertige, langlebige Solarmodule – mit dauerhaft hohem Energieertrag.

Die Zellarchitektur von BC-Zellen ist so gestaltet, dass eine doppelseitige Passivierung der Oberfläche möglich ist. Diese reduziert die Oberflächenrekombination drastisch, was den Wirkungsgrad zusätzlich steigert.

In der Summe führen diese technologischen Merkmale zu außergewöhnlich hohen Zellwirkungsgraden von über 27 % in der industriellen Massenproduktion. Gleichzeitig bleiben temperaturbedingte Verluste ( $\text{Tk} \approx -0,26 \text{ \%}/\text{K}$ ) sehr gering und es verbessert sich die Langzeitstabilität.

BC-Zellen gelten deshalb als Schlüsseltechnologie für anspruchsvolle Solarsysteme mit hohen Anforderungen an Leistung, Design und Lebensdauer.

## 2. 2. Historie

Die Grundlagen der Back-Contact Technologie wurden bereits in den 1970er Jahren entwickelt, unter anderem an der Stanford University. Kommerzielle Anwendungen kamen in den 1990er Jahren auf, etwa durch die Firma SunPower. Über Jahrzehnte verhinderten hohe Produktionskosten, aufwendige Prozesse und Patente die Verbreitung. Erst durch neue Fertigungstechnologien – darunter präzises Laser-Patterning, galvanische Metallisierung und kosteneffiziente Siebdruckalternativen – gelang seit 2023 der industrielle Durchbruch. Heute stellen Fabriken BC-Zellen im Gigawatt-Maßstab her und werden dabei von einem global etablierten Lieferkettenetzwerk unterstützt.

## 2. 3. Marktpotenzial

Die Back-Contact Technologie hat in den letzten Jahren einen bedeutenden Entwicklungssprung gemacht und ist heute reif für die industrielle Massenfertigung. Während BC-Module lange als technologisch aufwendig und kostspielig galten, zeigen aktuelle Produktionslinien, dass hohe Effizienz und wirtschaftliche Skalierbarkeit kein Widerspruch mehr sind.

So erreichen die SOLYCO BC-Module mittlerweile Modulwirkungsgrade bis zu 23,8 % – das sind 30-50Wp mehr als bei aktuellen TOPCon-Modellen für den Residential-Bereich. Möglich wird dies durch Fortschritte in der Zellstruktur, effizientere Kontaktierungstechniken und eine optimierte Rückseitenarchitektur.

Gleichzeitig sind die Produktionskosten erheblich gesunken: Innerhalb von nur drei Jahren konnten die Produktionskosten um über 40 % reduziert werden. Gründe hierfür sind vor allem neue Inline-Prozesse, die eine präzisere Zellverarbeitung und zugleich höhere Durchsätze ermöglichen, sowie der geringere Verbrauch von teuren Materialien, wie Silber.

Auch unter realen Einsatzbedingungen bieten BC-Module klare Vorteile: Ihre spezielle Zellstruktur sorgt für besseren Energieertrag bei hohen

Temperaturen sowie unter Teilverschattung – etwa durch Dachaufbauten, Schornsteine oder temporäre Verschmutzungen. Dadurch, dass teilverschattete Zellen weiterhin Strom innerhalb eines Moduls leiten, werden Hotspot-Risiken verringert und es verbessert sich die Langzeitstabilität.

Darüber hinaus überzeugt die Technologie auch optisch: Die vollständig metallfreie Frontseite ermöglicht ein tiefschwarzes, homogenes Module-Design ohne sichtbare Sammelschienen – ein gefragtes Merkmal im Premium-Dachsegment, sowohl bei hochwertigen Wohngebäuden als auch bei architektonisch anspruchsvollen Bauprojekten.

Durch diese Kombination aus Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Design entsteht ein Wettbewerbsvorteil – für Installateure, Systemanbieter und Endkunden gleichermaßen. Back-Contact Module sind damit nicht nur technologisch interessant, sondern auch in der Vermarktung besonders attraktiv.

## 3. Produktionstechnologie

### 3. 1. Back-Contact Solarzellen

Der Schlüssel zur Back-Contact Zelle liegt in ihrer speziellen Struktur: Alle elektrischen Kontakte befinden sich auf der Zellrückseite. Dies wird durch eine Kombination aus präziser Oberflächenpassivierung, Laserstrukturierung und fortschrittlicher Metallisierung erreicht. Mittels Lasertechnologie werden die p- und n-dotierten Zellbereiche in Form eines interdigitated Musters auf der Rückseite separiert.

Ein bedeutender Fortschritt in der industriellen Umsetzung besteht in der verbesserten Wafer- und Zellbehandlung. So wurden die Laserschneidprozesse für Wafer erheblich präzisiert, um Bruchverluste zu minimieren. Durch neue Polier- und Reinigungsverfahren wird die Oberflächenqualität weiter verbessert, was entscheidend für die Effizienz der nachfolgenden Schichten ist. Gleichzeitig konnte die Anzahl der Ätzprozesse verringert werden, wodurch der Materialeinsatz sinkt, und die Nachhaltigkeit der Zellproduktion steigt.

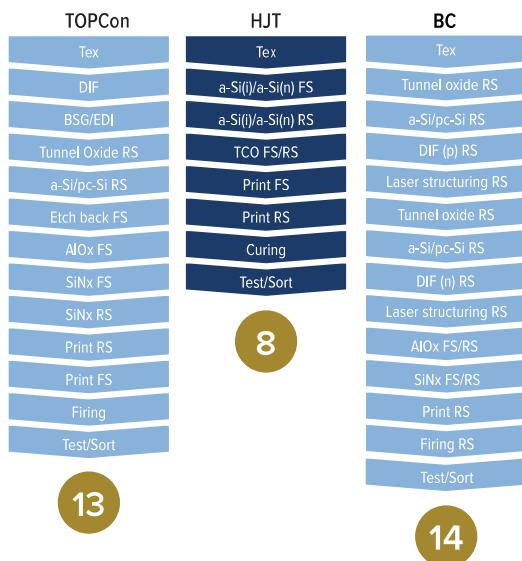


Abbildung 3: Produktionsschritte der unterschiedlichen Zelltypen TOPCon, HJT & BC

Auch bei der Dotierung und Passivierung wurden Optimierungen erzielt: Die neuen beidseitigen Passivierungsschichten sind symmetrisch aufgebaut und sorgen für eine ausgezeichnete Ladungsträgerseparation – ein Schlüsselfaktor für die hohen Zellspannungen von bis zu 740 mV.

Da die Herstellung von Back-Contact Zellen zusätzliche Prozessschritte erfordert, ist die Prozessroute im Vergleich zu konventionellen Zellarchitekturen komplexer. Dies führt zwar zu höheren Produktionskosten, doch durch den besseren Wirkungsgrad und das herausragende Design ist ein BC-Modul auch ein besonders hochwertiges Produkt.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Die Prozessroute zur Herstellung von Back-Contact Zellen ist heute nicht nur industriell skalierbar, sondern auch kosteneffizient und materialschonend. Der kombinierte Einsatz von Laserbearbeitung, selektiver Dotierung und niedrigtemperaturbasierten Metallisierungstechniken ermöglicht Zellwirkungsgrade von über 27 % – und schafft die Grundlage für eine neue Generation leistungsstarker Solarmodule.

### 3.2. SOLYCO BC-Solarmodule

SOLYCO setzt bei seinen BC-Modulen auf ein modernes, besonders zuverlässiges Aufbaukonzept. Die Module erfüllen nicht nur alle Anforderungen

nach IEC 61215 und IEC 61730, sondern bestehen auch interne Tests mit verschärften Bedingungen.

Ein Vorteil der BC-Technologie liegt in der einseitigen Kontaktierung: Alle elektrischen Verbindungen werden auf der Zellrückseite hergestellt – die Vorderseite bleibt komplett frei. Das bedeutet: keine sichtbaren Drähte, weniger mechanische Belastung auf den Zellen und ein besonders aufgeräumtes, ästhetisches Erscheinungsbild.

Dank neuer Lötverfahren ist es möglich, ganze Zellreihen gleichzeitig miteinander zu verbinden. Das sorgt für eine gleichmäßige Lötqualität, reduziert Produktionsfehler und steigert die Effizienz der Fertigung. Gleichzeitig wird durch diese Methode die Belastung der Lötstellen minimiert – ein wichtiger Punkt für die Haltbarkeit des Moduls über viele Jahre.

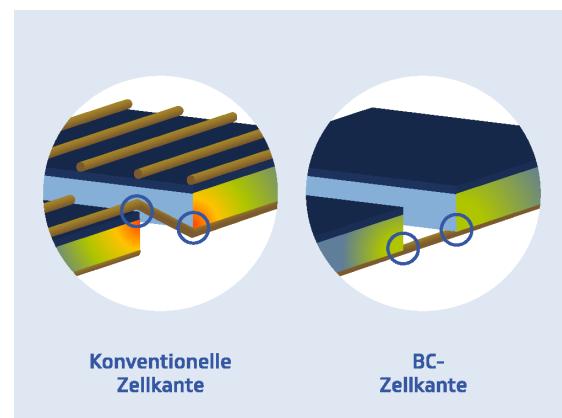


Abbildung 4: Erhöhte Spannungspunkte in Rot auf den Solarzellen

Durch den engen Zellabstand (z. B. nur 0,5 mm) lässt sich außerdem die aktive Modulfläche erhöhen. Dadurch liefern die Module mehr Leistung pro Quadratmeter – ein klarer Vorteil bei begrenztem Dachplatz.

Insgesamt bieten die neuen SOLYCO BC-Module:

- eine langlebige, robuste Bauweise mit optimalem Schutz
- deutlich geringere Materialspannungen und Ausfallrisiken
- effizientere Stromführung und weniger Leistungsverluste
- eine besonders ästhetische, gleichmäßige Moduloptik

Für Installateure und Endkunden bedeutet das: Höchste Qualität, starke Leistung und nachhaltige Technik – auch ohne sichtbare Kontakte auf der Modulvorderseite.

## 4. Technische Produkteigenschaften

### 4.1. Wirkungsgrad

Back-Contact Zellen gehören zu den effizientesten derzeit verfügbaren Zellarchitekturen im PV-Markt. Durch das vollständig metallfreie Frontdesign und die präzise strukturierte Rückseite können Lichtverluste nahezu vollständig vermieden werden. In Kombination mit n-Typ-Wafern, einer exzellenten Passivierung und minimalen Rekombinationsverlusten erreichen BC-Zellen Wirkungsgrade von über 27 % in der Massenproduktion. Die resultierenden Modulleistungen bei 23,8 % – das sind rund 1,6 Prozentpunkte mehr als bei führenden TOPCon-Modulen.

Für Installateure und Anlagenbetreiber bedeutet dies konkret: mehr Ertrag pro Quadratmeter, eine verbesserte Flächennutzung – und letztlich ein deutlich besseres Verhältnis zwischen Investition und Energieausbeute. Gerade bei limitierten Dachflächen, wie sie im Residential-Bereich häufig vorkommen, lässt sich mit BC-Modulen mehr Leistung installieren, ohne zusätzliche Fläche zu benötigen. Back-Contact ist somit nicht nur eine technologische Weiterentwicklung, sondern ein Effizienzsprung mit direktem wirtschaftlichem Nutzen.

### 4.2. Verschattungsverhalten

Back-Contact Module bieten erhebliche Vorteile bei Teilverschattung – ein wichtiger Faktor insbesondere im Residential-Bereich. Dächer sind hier häufig durch Dachgauben, Schornsteine oder benachbarte Gebäude verschattet. Hinzu kommen temporäre Verschmutzungen wie Vogelkot, Laub oder Schnee, deren Reinigung oft schwierig oder unregelmäßig erfolgt.

BC-Module besitzen eine besonders feingliedrige Zellstruktur mit einer integrierten Bypass-Funktionalität auf Zellebene. Anders als bei herkömmlichen PERC- oder TOPCon- oder HJT-Modulen, bei denen Verschattung schnell zum Totalausfall einzelner

Modulstrings führen kann, bleiben bei BC-Zellen die nicht betroffenen Zellbereiche bis zu einem bestimmten Verschattungsgrad weiterhin aktiv.

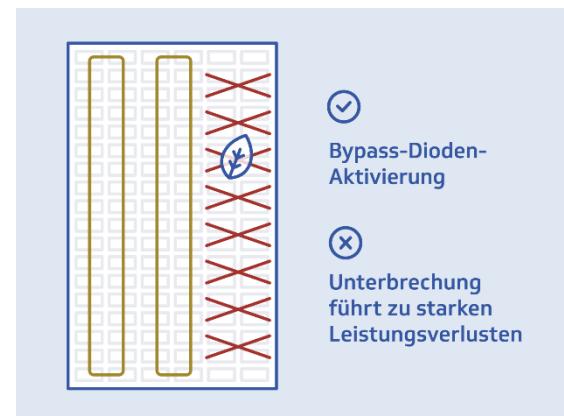


Abbildung 5: Verschattungsverhalten mit konventionellen Solarzellen

Substrings produzieren auch bei partieller Verschattung zuverlässig Strom, was den Gesamtertrag signifikant verbessern kann.

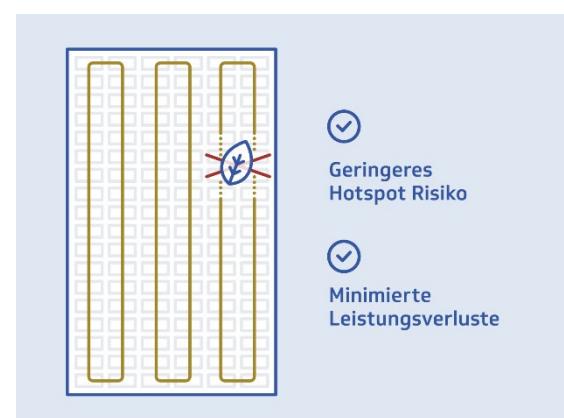


Abbildung 6: Stromfluss bei Verschattung mit Back-Contact Technologie

Feldversuche in Madrid, Nanjing und weiteren Städten mit hoher urbaner Verschattung zeigen: Je nach Szenario liegt der Ertragsvorteil von BC-Modulen gegenüber herkömmlichen Technologien bei 4–33 %. Auf stark verschatteten Dächern kann sich dieser Vorteil sogar noch deutlich steigern – insbesondere über den Anlagenlebenszyklus hinweg.

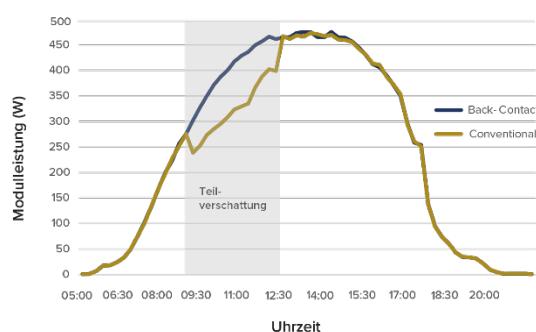


Abbildung 7: Leistungsverlauf bei Teilverschattung als Beispiel im Vergleich

Für Installateure bedeutet das: weniger Abhängigkeit von idealen Lichtverhältnissen, flexiblere Systemplanung und zufriedene Endkunden.

#### 4.3. Hotspots

Ein oft unterschätztes Risiko bei Photovoltaikanlagen sind sogenannte Hotspots – lokale Überhitzungen innerhalb eines Moduls, die durch Verschattung, Verschmutzung oder Zellfehler entstehen können. Diese thermischen Belastungen beeinträchtigen nicht nur die Leistung, sondern können langfristig zu Materialschäden oder im Extremfall sogar zu sicherheitsrelevanten Problemen führen.

Ein Vorteil ergibt sich aus dem Verhalten der Zellen unter Verschattung: Wird eine Solarzelle in den Rückwärtsbetrieb gedrängt, setzt bei konventionellen Zellen der sogenannte Durchbruch oft erst bei Spannungen von 10 bis 20 V ein. Dabei entstehen hohe Ströme, die kritische Hotspots verursachen können. BC-Zellen weisen hingegen deutlich niedrigere Durchbruchspannungen von etwa 2 bis 5 V auf. Sie haben einen geringeren Innenwiderstand, wodurch die Verlustleistung im Rückwärtsbetrieb stark reduziert wird. Dadurch sinkt die thermische Belastung deutlich – ein entscheidender Sicherheitsvorteil. Erst bei großflächiger Verschattung aktivieren sich auch hier die Bypass-Dioden – jedoch deutlich später als bei herkömmlichen Modulen. Das bedeutet: weniger Energieverlust und höherer Gesamtertrag.

Unabhängige Tests belegen, dass BC-Module unter ungünstigen Bedingungen – etwa durch Laub, Vogelkot oder Dachaufbauten – bis zu 30 °C niedrigere Hotspot-Temperaturen aufweisen als

Standardmodule. Das erhöht nicht nur die Sicherheit im Betrieb, sondern auch die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Module unter realen Einsatzbedingungen.

#### 4.4. Ästhetik

Neben technischer Spitzenleistung zählen Optik und Design zunehmend zu den Kaufkriterien für PV-Anlagen – insbesondere im hochwertigen Wohnbau. Hier punkten Back-Contact Module mit einem durchgängig eleganten Erscheinungsbild: Die metallfreie Zellvorderseite erzeugt eine tiefschwarze, homogene Moduloberfläche ohne sichtbare Stromschienen, Lötverbindungen oder Farbunterschiede. In Kombination mit schwarzem Glas und schwarzen Rahmen entsteht ein edler, zurückhaltender Gesamteindruck, der sich harmonisch in moderne Architektur und anspruchsvolle Dachlandschaften integriert.

Für Bauherren, Architekturbüros und Installateure eröffnet das neue gestalterische Möglichkeiten: PV-Module werden vom technischen Fremdkörper zur sichtbaren Designkomponente, die nicht versteckt, sondern selbstbewusst integriert wird. Dabei bleibt die Ästhetik nicht auf Kosten der Leistung – im Gegenteil: Die Rückkontaktstruktur ermöglicht höhere Wirkungsgrade. Back-Contact eignet sich besonders für Projekte, die eine hohe Energieeffizienz mit erstklassigem Design auf dem Dach vereinen wollen.

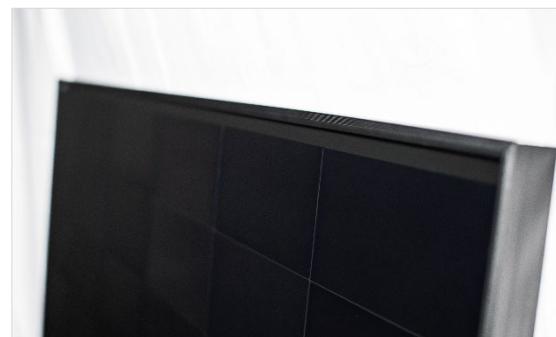


Abbildung 8: Edles Design in Full-Black

#### 5. Zusammenfassung

Back-Contact Module setzen neue Maßstäbe in Effizienz, Design und Langlebigkeit. Für Installateure bedeuten sie mehr kWp pro m<sup>2</sup>, höhere Kundenzufriedenheit und geringere Systemkosten durch optimierte Balance-of-System-Komponenten.

Großhändler profitieren von einem Premiumprodukt mit klarem Alleinstellungsmerkmal im Modulmarkt. Die 30-jährige Produkt- und Leistungsgarantie bietet maximale Investitionssicherheit – ein entscheidendes Kriterium in Ausschreibungen und Kundenberatung.

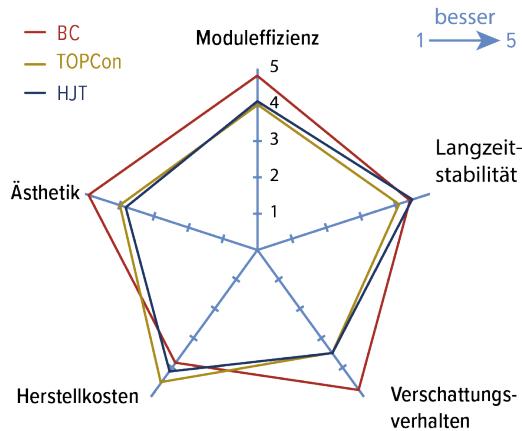


Abbildung 9: Übersicht der drei führenden Zelltechnologien im Netzdiagramm

Mit den BC-Modulen von SOLYCO investieren Sie in die Zukunft der Photovoltaik – heute verfügbar, vielfach getestet und bereit für höchste Ansprüche.

Darüber hinaus deutet alles darauf hin, dass Back-Contact Technologie sich zunehmend als führender Industriestandard etabliert: Laut Branchenschätzungen könnten BC-Technologien bis 2027 einen globalen Marktanteil von 20–30 % erreichen – insbesondere im Premium- und Residential-Segment.

Während konventionelle PERC-, TOPCon- oder HJT-Module aktuell Modulwirkungsgrade von ca. 21–23 % erreichen, liegen SOLYCO BC-Module bereits heute bei 23,8 %. In der nächsten Generation sind Wirkungsgrade über 25 % zu erwarten.

Back-Contact ist damit keine Nischentechnologie mehr, sondern ein starker Innovationstreiber – sowohl technologisch als auch wirtschaftlich. Wer heute auf BC setzt, sichert sich langfristige Ertragsvorteile, höchste Zuverlässigkeit und ein Produktdesign, das höchsten Ansprüchen gerecht wird.

# Superior Solar Solutions

Mit unseren Partnern, Kunden und Unterstützern beeinflussen wir den Markt der erneuerbaren Energien positiv durch unsere Entwicklungen. Mit innovativen Produkten versetzen wir Installateure und Projektierer in die Lage, dem Endnutzer einen greifbaren Mehrwert zu bieten. Unsere Systeme erlauben eine klare Differenzierung innerhalb der Branche und bieten somit Marktvorteile, die unsere Kunden nutzen können.

