

# Warum von PERC-Modulen zu TOPCon-Modulen wechseln?

**Hey!** Hier gibt  
es Wissen.

## Drei Technologien für höhere Effizienz und Lebensdauer

Die neuen WINAICO-Solarmodule NGX verbinden drei Technologien, die im Zusammenspiel für höhere Effizienz und Lebensdauer sorgen:

<b>TOPCon-Technologie</b>	Seite 4
<b>Glas-Glas-Module</b>	Seite 8
<b>Bifaziale Module</b>	Seite 11

In diesem White Paper erläutern wir Ihnen die Merkmale und Vorteile der einzelnen Technologien.

# Die Merkmale der TOPCon-Technologie

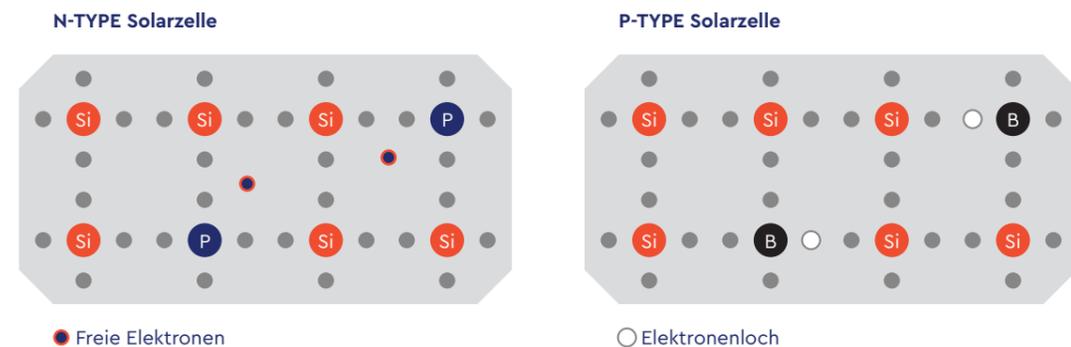
Solarzellen werden aus einem Siliziumwafer hergestellt. Er ist mit Chemikalien dotiert, um die Stromerzeugung zu verbessern. Der Unterschied zwischen n-Type und p-Type ergibt sich aus dem Material, mit dem er dotiert wird.

Die TOPCon-Technologie basiert auf n-Type-Zellen. Dies bedeutet, dass die Basis der Solarzelle negativ leitend ist. Ist die Solarzellenbasis positiv leitend, handelt es sich um p-Type-Solarzellen.

Bei p-Type-Zellen ist die Basisschicht mit Bor dotiert. Bor besitzt ein Elektron weniger als Silizium. Dadurch entsteht ein Elektronenloch und die positiven Ladungsträger überwiegen. Diese Mangelerscheinung wird "Bor-Sauerstoff-Defekt" genannt und führt dazu, dass eine Zelle mit der Zeit an Effizienz verliert.

Bei n-Type-Zellen ist die Basisschicht mit Phosphor dotiert. Da Phosphor ein Elektron mehr als Silizium besitzt, erzeugt die Dotierung freie Elektronen und leidet daher nicht unter diesem Defekt.

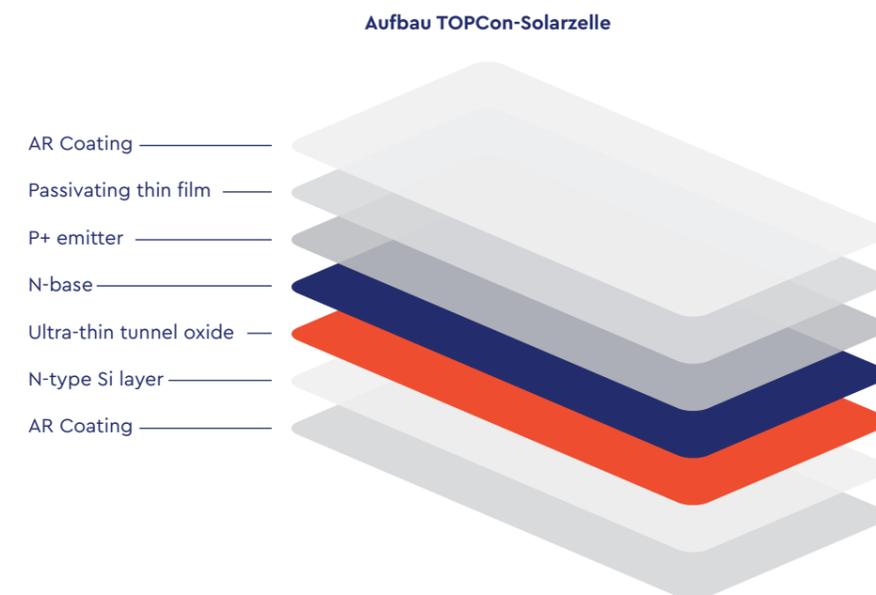
Über Jahrzehnte hinweg haben p-Type-Zellen den Markt dominiert, vor allem aus Kostengründen. Inzwischen basieren leistungsstarke Solarmodule wie auch NGX von WINAICO auf modernen n-Type-Zellen, da diese effizienter sind, mehr Leistung erzeugen und eine längere Lebensdauer haben.



## Weiterentwicklung der PERC-Technologie

Der Wirkungsgrad von Photovoltaik ist begrenzt: Es durchdringt stets ein Teil des Sonnenlichts die Solarzelle, ohne Strom zu erzeugen. Die PERC-Technologie (Passivated Emitter and Rear Cell) erhöht die Effizienz von Photovoltaikmodulen, indem sie einen Teil des Lichts, das bis zur Rückseite der Zelle gelangt, ohne Strom erzeugt zu haben, wieder in die Zelle reflektiert. Dies geschieht durch eine spezielle, an der Rückseite des Moduls aufgetragene Schicht, die auch Rückseitenpassivierung genannt wird.

Die TOPCon (Tunnel Oxide Passivated Contact) ist eine Weiterentwicklung der PERC(T)-Technologie mit einer zusätzlichen Tunneloxidschicht.



## Die Vorteile der TOPCon-Technologie

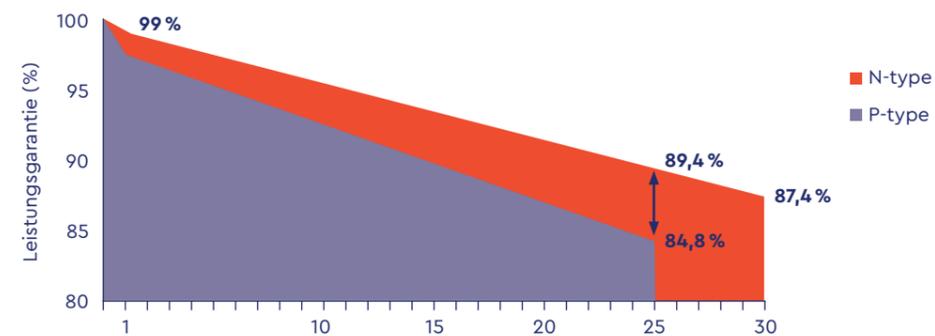
### Höhere Effizienz

TOPCon-Zellen wandeln mehr Sonnenlicht um als p-Type-Zellen, was zu einem höheren Modulwirkungsgrad und -ertrag führen. Mit über 220 Watt Leistung je m<sup>2</sup>, bekommt man knapp 5 % mehr Anlagenleistung aufs Dach und erzielt 3 bis 4 % mehr Ertrag.



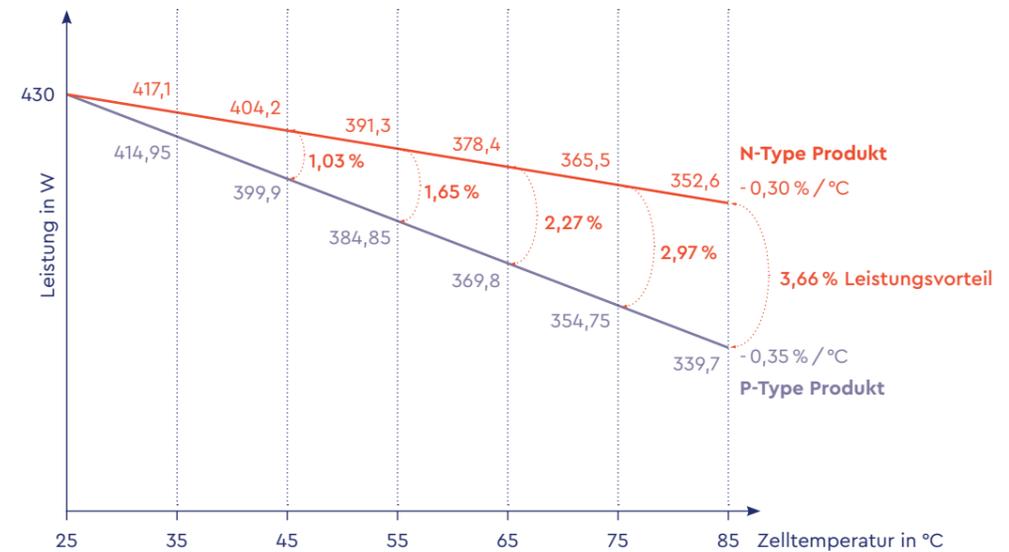
### Geringere Degradation

Der fehlende Bor-Sauerstoff-Defekt bei n-Type-Zellen stabilisiert die Leistungsfähigkeit eines Moduls erheblich. So beträgt die Degradation im ersten Jahr  $\leq 1\%$  und reduziert sich vom 2. bis zum 30. Jahr lediglich um weitere 0,4 % pro Jahr. Entsprechend liegt die Leistungsausbeute dieser Module höher – die WINAICO TOPCon-Modulen liegen nach 30 Jahren noch bei mindestens 87,4 %.



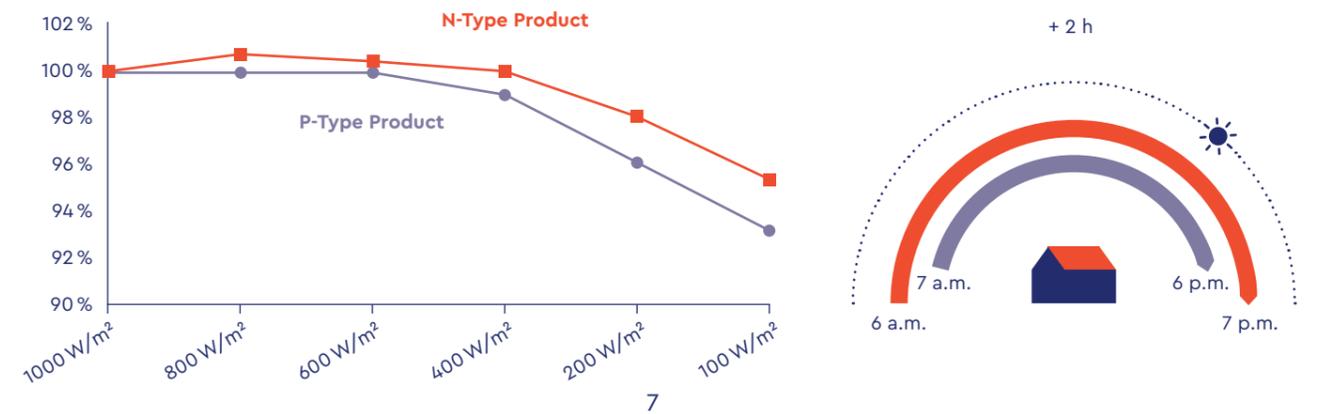
## Niedrigerer Temperaturkoeffizient

Der Temperaturkoeffizient ist der Prozentsatz der Leistungsabgabe, die ein Solarmodul für jeden Grad Temperaturanstieg verliert. Er wirkt sich auf die Stromerzeugung von PV-Modulen unter heißen Bedingungen aus. TOPCon-Zellen haben eine bessere Beständigkeit gegen hohe Temperaturen: Ihr Wirkungsgrad in heißen Klimazonen ist im Vergleich zu PERC-Modulen höher – angesichts des Klimawandels wird das auch in unseren Breiten zunehmend relevant. Der Wechsel von PERC zu TOPCon verbessert den Temperaturkoeffizienten um weitere 15 % – von 0,35 %/°C auf 0,30 %/°C. Ausgehend von einer genormtem Wattleistung von 430 Watt, liefern TOPCon-Module über 3 % mehr Leistung.



## Leistung bei schlechten Lichtverhältnissen

n-Type Zellen besitzen mehr freie Elektronen als p-Type Zellen und verfügen daher über ein besseres Schwachlichtverhalten. Im direkten Vergleich zu PERC-Modulen haben n-Type TOPCon Module eine bessere Reaktion bei schwachem Licht (unter 600 W/m<sup>2</sup>). Dies spiegelt sich in einer verlängerten Stromerzeugungsdauer von etwa 1 Stunde am Morgen und am Abend wider.

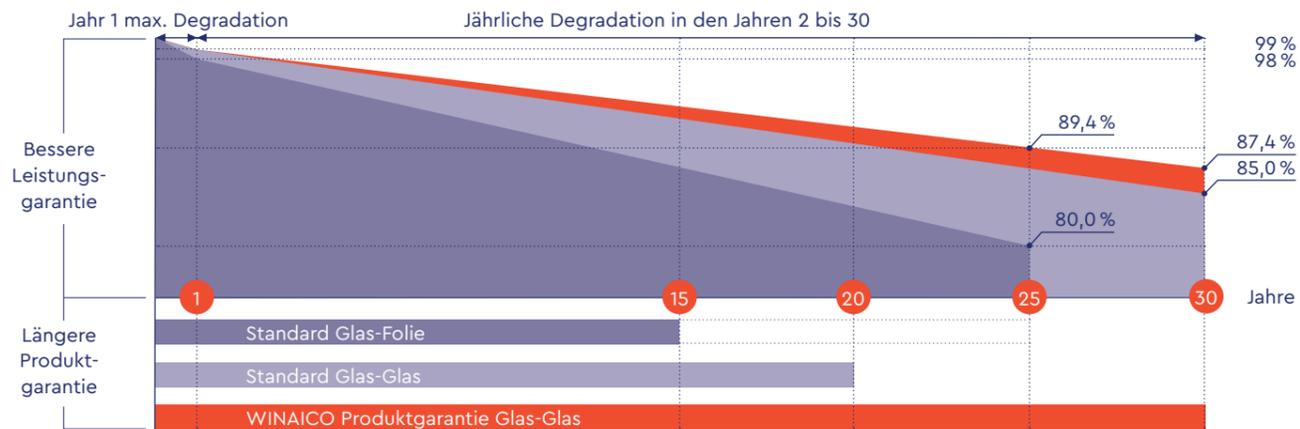


# Die Merkmale von Glas-Glas-Modulen

## Längere Garantie

WINAICOs TOPCon-Module zeichnen sich durch eine herausragende Qualität im Glas-Glas-Design, eine deutlichere Langlebigkeit und eine höhere Sicherheit aus. Genügend Gründe, warum die neue Modulserie mit 30 Jahren Produktgarantie ausgestattet ist.

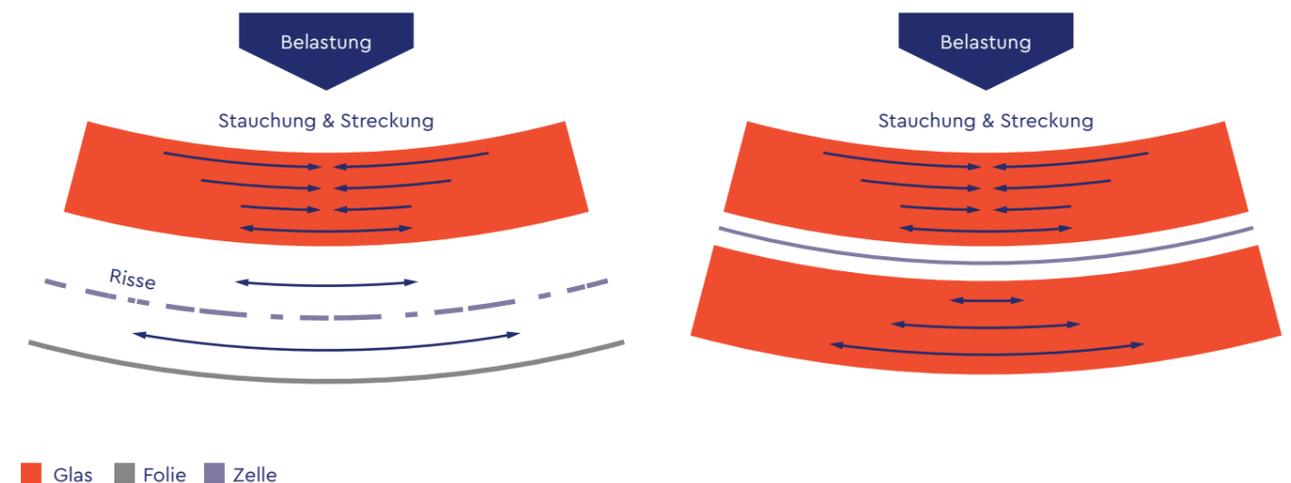
Solarmodule mit Doppelglas-Verbund und TOPCon-Solarzellen weisen eine deutlich bessere Langzeitstabilität auf als konventionelle Solarmodule. Dies zeigt sich in der Regel durch eine längere Herstellergarantie. Im Falle der NGX-Module garantiert WINAICO mit einer Leistungsabnahme von max. 1% im ersten Betriebsjahr und max. 0,4% pro Jahr bis zum 30. Betriebsjahr – eine deutliche Verbesserung gegenüber konventionellen Modulen.



Der Unterschied zwischen Glas-Glas-Modulen und Glas-Folie-Modulen besteht darin, welches Material für die Rückseite verwendet wird, der restliche Aufbau ist identisch. Bei Glas-Folie-Modulen wird die Rückseite durch eine Folienschicht abgeschlossen, bei Glas-Glas-Solarmodule übernimmt diese Aufgabe eine zweite Glasscheibe.

Bei Glas-Folie-Modulen ist die vordere Glasscheibe etwas dicker, um die Stabilität des Moduls zu gewährleisten. Bei hochwertigen Doppelglas-Modulen wie von WINAICO kommt hingegen auf beiden Seiten nur 2 mm dickes, aber äußerst robustes, widerstandsfähiges und witterungsbeständiges thermisches Glas zum Einsatz.

Druck- und Zugbelastungen, zum Beispiel durch Schnee und Wind, belasten Solarmodule mechanisch. Bei Glas-Glas-Modulen hat das Glas auf der Vorder- und Rückseite die gleiche Materialstärke. Das heißt, der Zellverbund befindet sich in der „neutralen Faser“. In dieser Schicht wirken sehr geringe Zug- und Druckbelastungen. Die Gefahr von Mikrorissen an den Zellen oder Verbindern ist hier also nahezu Null.

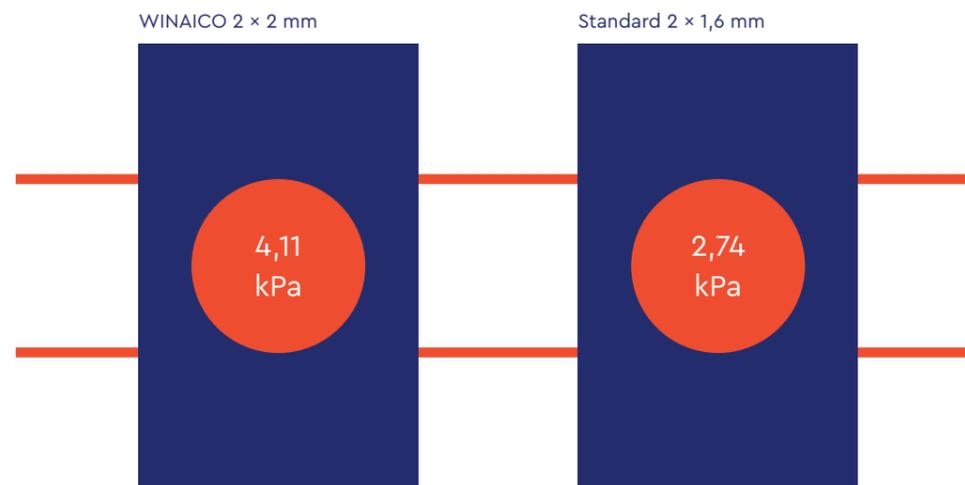


# Die Merkmale von bifazialen Solarmodulen

## Die Vorteile von Glas-Glas-Modulen

Neben dem rein mechanischen Schutz durch eine zusätzliche Glasscheibe auf der Rückseite wirken sich zwei weitere Effekte positiv auf die Haltbarkeit des Glas-Glas-Moduls aus. Zum einen verhindert das Rückseitenglas besser als eine Folie, dass Wasser, Chemikalien oder andere potenziell schädliche Umwelteinflüsse den Zellverbund angreifen können. Zum anderen sorgt der symmetrische Aufbau mit einer Glasscheibe auf der Oberseite und einer Glasscheibe auf der Unterseite des Moduls auch für eine höhere mechanische Belastbarkeit.

Diese wird durch die Verwendung von 2 mm dicken Glas zusätzlich deutlich verstärkt. Tests haben gezeigt, dass 2x2 mm Glas-Glas-Modul von WINAICO konnte im Vergleich zu einem Standard-Glas-Glas-Modul mit nur 2x1,6 mm Glasstärke einer über 30% höheren Belastung standhalten.

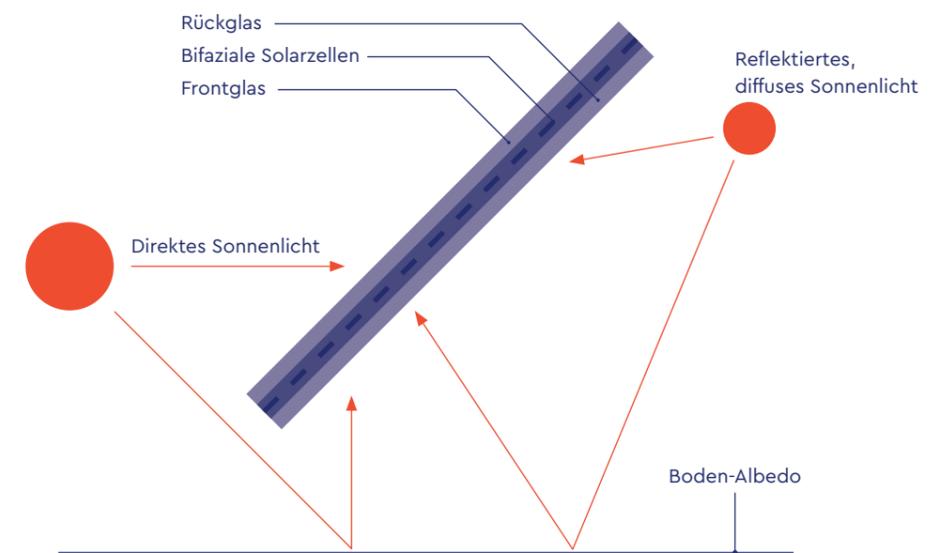


### Zum Testverfahren

Um eine reale Situation zu simulieren, wurden die Module mit der Vorderseite nach oben montiert und durften sich frei durchbiegen. Die Last wurde durch einen Airbag auf der Rückseite der Platte aufgebracht. Durch langsames Aufblasen der Airbags wurde die Last erhöht. Die mittlere Durchbiegung wurde während der Tests in 1-kPa-Intervallen überwacht.

Bifaziale Solarmodule nutzen zur Stromerzeugung nicht nur das Sonnenlicht, das direkt auf die Vorderseite der Solarzelle einstrahlt, sondern auch indirektes Licht auf der Rückseite der Solarzelle. Dies wird durch eine Glasscheibe auf der hinteren Seite des Moduls ermöglicht – sie fängt sowohl ungenutztes Licht, das durch das Modul geht, als auch reflektiertes Licht aus der Umgebung ein.

Bei einer bifazialen Solarzelle wird das vollflächige Aluminium-Rückflächenfeld durch ein Aluminium-Gitter ersetzt. Dieses Gitter bringt eine hohe Transparenz auf der Rückseite des Moduls. Indirektes Licht kann von der Solarzelle somit beidseitig aufgenommen werden.



## Die Vorteile von bifazialen Solarmodulen

Abhängig von der Beschaffenheit der reflektierenden Oberflächen und der Einbauhöhe des Moduls kann der rückseitige Zusatzertrag von bifazialen Modulen um bis zu 25 % höher sein. Generell gilt: Je höher die Albedo\* und je größer der Abstand zwischen Modul und Oberfläche, desto höher ist der zusätzliche Ertrag.

\*Maß für das Rückstrahlvermögen/Reflexionsstrahlung

**#ichbindeinmodul**

WINAICO Deutschland GmbH  
Industriestraße 68  
97993 Creglingen  
info@winaico.com  
www.winaico.com  
www.ichbindeinmodul.de

