

R-TG 108n.3/420

Hightech-Doppelglasmodule
mit TOPCon Technologie



Whitepaper

Produkte der SOLYCO Solar AG

All unsere Produkte folgen dem Anspruch *Superior Solar Solutions*, für welches das SOLYCO-Team seit über 20 Jahren steht. Für unsere Produkte bedeutet das, mehr als nur dem Industriestandard nachzukommen, sondern neue Maßstäbe für Qualität und Effizienz zu bieten: Langlebigkeit, hohe Wirkungsgrade, Ästhetik und Stabilität.

Dieses Whitepaper diskutiert die Technologie unseres Moduls **R-TG 108n** und erläutert so, warum dieses Produkt die beste Wahl für alle Solar-Dachanlagen ist.

1. Einleitung

Photovoltaik-Module sind ein Massenprodukt geworden. Die resultierenden Kostenreduktionen sind die Grundlage dafür, dass Solarstrom in den letzten 20 Jahren um einen Faktor 10 billiger geworden ist. Dadurch bildet die Photovoltaik eine der maßgeblichen Säulen der zukünftigen 100% erneuerbaren Stromversorgung.

Der starke internationale Wettbewerb resultiert in einem Kostendruck. Hersteller werden animiert oder gezwungen die preiswertesten Rohstoffe einzusetzen. Es ist aber essenziell die Produktqualität nicht zu kompromittieren als Basis für langfristig hohe Stromerträge. Die Qualität eines Solarmoduls sieht man ihm aber nicht von außen an. So bedarf es ExpertInnen, um ein Produkt wirklich zu beurteilen.

Das R-TG 108n stellt eine Besonderheit dar. Bei der Entwicklung ist es unser Anspruch ausschließlich Technologien einzusetzen, die aus sich heraus einen überdurchschnittlichen Energieertrag und eine extreme Langzeitbeständigkeit garantieren. Gleichzeitig darf das Produkt aber nicht zu teuer werden, um es für einen breiten Anwenderkreis erschwinglich zu halten.

Dass diese Module, angesichts der eingesetzten Spitzentechnologien, besonders preiswert sind, möchten wir mit diesem Whitepaper erläutern. Dabei beschreiben wir im Kapitel 2 die eingesetzten Technologien. In den Kapiteln 3 und 4 erläutern wir die resultierenden Vorteile für den Anwender hinsichtlich Stromproduktion und Lebensdauer.

2. Technologie

Bei der Konstruktion von Solarmodulen gibt es verschiedene Technologie-Ansätze, die grundsätzlich besser sind als andere Lösungen. Dies betrifft die Wahl der verwendeten Solarzellen, aber auch anderer Rohstoffe. Zunächst werden wir genauer auf die Zelltechnologie sowie die beidseitige Verglasung der Module eingehen.

2. 1. TOPCon Solarzellen

Solarzellen aus kristallinem Silizium haben in der Photovoltaik einen Marktanteil von über 95%. Der Halbleiter Silizium ist bezüglich der elektronischen Eigenschaften äußerst stabil und damit eine sehr gute Basis. Diese Basis wird auch bei den TOPCon-Solarzellen weiterhin beibehalten.

Mit der TOPCon-Technologie bringen wir jedoch ein Solarmodul auf den Markt, welches, im Gegensatz zu PERC-Modulen, n-Typ Wafer verwendet. n-Typ Wafer sind Phosphor dotiert. Diese sind rein äußerlich zu PERC-Modulen nicht zu unterscheiden, jedoch erreicht das Wafer-Material von TOPCon-Zellen einen deutlich höheren Reinheitsgrad.

Der Fertigungsprozess der TOPCon-Zellen ist etwas komplexer. Jedoch geht dies einher mit einer deutlichen Leistungssteigerung sowie einer geringeren Degradation. Dies werden wir in dem entsprechenden Kapitel erläutern.

2. 2. Doppelglas

Bei der Doppelglas Technologie sind die Solarzellen zwischen zwei Glasscheiben eingebettet.

Der derzeitige produzierte Standard von Solarmodulen ist mit einem etwa 3,2mm dicken Frontglas und einer rückseitigen witterungsbeständigen Kunststoffolie ausgestattet.

Durch die Umstellung auf 2 x 2mm Gläser auf beiden Seiten der Solarzellen, wird die mechanische Belastung der Zellen reduziert.¹

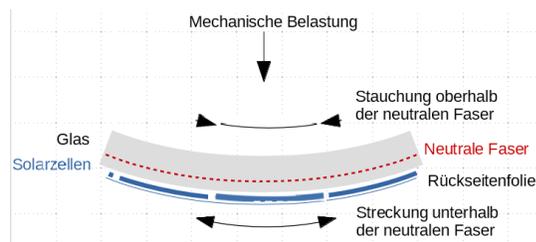


Abbildung 1 In einem Glas-Folien-Laminat werden die Solarzellen bei mechanischer Belastung gestreckt.

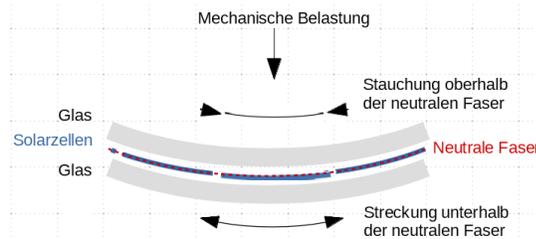


Abbildung 2 Bei Einbettung zwischen zwei Glasscheiben sind die Solarzellen in der neutralen Faser und werden zwar auch gebogen, aber nicht auf Zug belastet und so mechanisch weniger belastet.

3. Spezifischer Stromertrag

Die vorab genannten Technologien haben sehr positive Auswirkungen auf den jährlichen Stromertrag. Zum einen in Bezug auf die installierte Fläche, nicht zuletzt aber auch in Bezug auf die installierte Leistung. Drei Einflussfaktoren sind diesbezüglich zu nennen:

3. 1. Temperaturkoeffizient

Alle auf Silizium basierten Solarzellen verringern ihren Wirkungsgrad bei steigender Temperatur. Dies wird auf allen Moduldatenblättern mit einem Temperaturkoeffizienten (TK) ausgewiesen. Der TK gibt den Verlust der Maximalleistung in Prozent pro Grad Celsius (% /°C) an.

Mit 0,32% /°C bei TOPCon Modulen ist der Leistungsverlust gegenüber dem Modell, welches auf PERC-Technologie basiert und einen Wert von 0,35% /°C aufweist, geringer. Bei einer typischen Arbeitstemperatur von 45°C sind die temperaturbedingten Verluste bei TOPCon-Modulen um ca. 8,6% geringer als bei PERC-Modulen².

Dies bewirkt einen etwas höheren spezifischen Jahresstromertrag bezogen auf die Nominaleistung.

3. 2. Schwachlichtverhalten

Für die jährliche Energieproduktion ist nicht nur die Leistung bei direkter Sonneneinstrahlung wichtig, sondern auch die Performance bei niedrigen Bestrahlungsstärken. Dieses sogenannte Schwachlichtverhalten ist bei TOPCon-Solarzellen gegenüber PERC besser. Das ist die Ursache der unterschiedlichen Dotierung des Wafer-Materials und des daraus resultierenden höheren Innenwiderstandes.

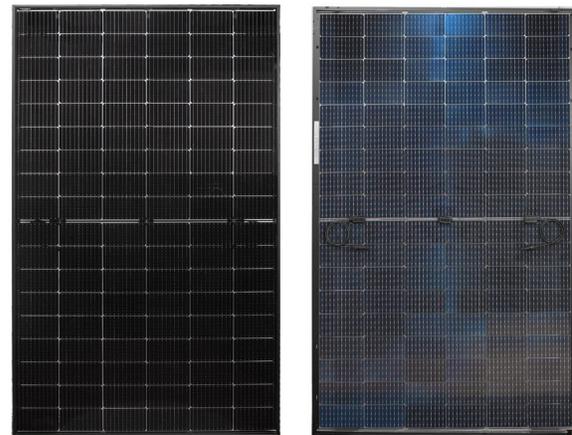


Abbildung 3 Ansicht des Moduls R-TG 108n von der Vorderseite (links) und der Rückseite (rechts).

¹<https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/68116.pdf#page=37>
4

²Verlust bei PERC: 0,35% /°C x 20°C = 7,0%

Verlust bei TOPCon: 0,32% /°C x 20°C = 6,4%

3. 3. Bifazialität

Auch die TOPCon-Doppelglas-Module sind von beiden Seiten lichtempfindlich (bifazial). So kann auch Streulicht, das auf die Rückseite eines Moduls fällt, noch zur Stromerzeugung beitragen.

Die TOPCon-Technologie bietet auch diesbezüglich Vorteile durch eine höhere Bifazialität verglichen zu den PERC-Modulen. Der Bifazial-Koeffizient erhöht sich von > 70% (PERC) auf > 80% (TOPCon). Dies wirkt sich positiv auf den spezifischen Energieertrag aus.

4. Langzeitbeständigkeit

In diesem Kapitel soll dargestellt werden, welchen Einfluss die umgesetzten Technologien auf die Langzeitbeständigkeit haben.

4. 1. Licht-induzierte Degradation (LID)

Solarzellen auf der Basis von p-dotierten Wafern erleiden innerhalb der ersten Tage des Outdoor-Einsatzes üblicherweise einen Leistungsverlust von 1 – 3%. Der Effekt ist wissenschaftlich sehr gut verstanden, und wird auf Bor-Sauerstoff-Komplexe im Wafer zurückgeführt.

N-dotierte Wafer beinhalten kein Bor, so dass dieser Effekt schlicht nicht auftreten kann. Wir haben 2020 zwei Exemplare unseres damaligen TOPCon-Produktes bei einem unabhängigen Prüfinstitut auf LID testen lassen. Das Resultat: Die STC-Modulleistung verbesserte sich sogar um 0,3% in Stunden der Bestrahlung.

4. 2. Potenzial-induzierte Degradation (PID)

Die spannungsinduzierte Leistungsreduzierung ist ebenfalls ein gut verstandener Effekt, und es ist auch seit vielen Jahren klar welche Maßnahmen im Moduldesign getroffen werden können, um ein Modul PID-stabil zu gestalten. In der Praxis ist PID aber noch immer ein relevantes Thema.

Auch bzgl. PID sind n-Typ basierte Solarzellen sicherer als z.B. PERC Solarzellen. Auch hierzu haben wir Untersuchungen an unseren TOPCon-Produkten

durchführen lassen, die einen Leistungsverlust von < 3% (bestmögliche Klassifizierung) entsprechend IEC/TS 62804-1: 2017-05 belegen.

4. 3. LeTID

Die LeTID Degradation ist ein licht- und temperaturabhängiger Effekt, der maßgeblich bei PERC Solarzellen auftritt. Sowohl das Wafer-Material als auch die Prozessierung bei der Produktion der Solarzelle beeinflussen die LeTID-Degradation. Diese steht nach neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen mit Wasserstoff in der Solarzelle im Zusammenhang. LeTID ist mit einem Leistungsverlust im Bereich von 3 – 10% verbunden, der in unserer gemäßigten Klimazone über 10 – 20 Jahre anhält. Auch bezüglich LeTID sind TOPCon-Solarzellen technologiebedingt sehr viel weniger anfällig als PERC Solarzellen³.

4. 4. Geringere Korrosion

Bei der Doppelglas-Technologie sind die Solarzellen zwischen zwei Glasscheiben eingebettet. Glas bietet einen perfekten Schutz gegen Feuchtigkeit, die zu einer Korrosion von Leiterbahnen und Lötstellen im Modul führen und einer daraus resultierenden Leistungsminderung führen könnte. Wir haben unsere Doppelglas-Module einem Langzeit-Test im direkten Vergleich mit Glas-Folien-Modulen unterzogen und das Resultat belegt die überragende Langzeitbeständigkeit unserer Doppelglas-Produkte.

³ http://taiyangnews.info/TaiyangNews_Webinar_passivated%20contact_2020_June.pdf Seiten 30-32

5. Garantie

Insgesamt weisen Solarmodule in Doppelglas-Ausführung und mit TOPCon-Solarzellen gegenüber konventionellen Solarmodulen mit PERC Solarzellen eine deutliche bessere Langzeitstabilität auf. Dies ist die Basis für besondere Garantiebedingungen bei dem R-TG 108n.

Da die Bauart des Moduls als Doppelglas-Verbund in Kombination mit TOPCon-Solarzellen nach allen wissenschaftlichen Erkenntnissen besonders langzeitstabil ist, können wir dies an unsere KundInnen weitergeben. Wir garantieren einen Leistungsverlust von max. 1% im ersten Betriebsjahr, und danach einer langfristigen Leistungsabnahmen von max. 0,4% pro Jahr bis zum 30. Betriebsjahr. Dies ist eine deutliche Verbesserung als die Garantien, die bei konventionellen Modulen gewährt werden können.

	TOPCon	PERC
LID	nein	ca. 1.5%
PID	nein	hoch
LeTID	gering	hoch
Degradation im 1. Jahr	< 1%	1,5 – 3,0%
Weitere Degradation	< 0,4% p.a.	0,45 – 0,8% p.a.

Tabelle 1 Degradationsrisiken und -daten von TOPCon Solarmodulen im Vergleich zur PERC Technologie.

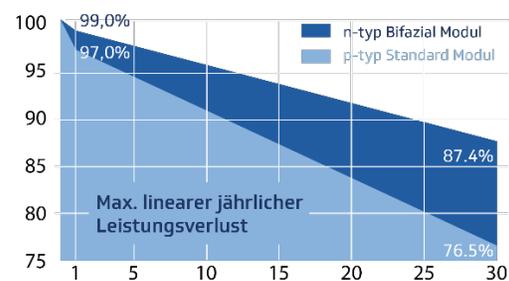


Abbildung 5 Darstellung des garantierten maximalen Leistungsverlustes der TOPCon-Solarmodule von SOLYCO Solar AG im Vergleich zum Industriestandard.

Zusammenfassung

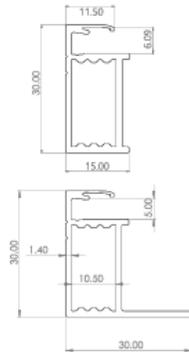
Das Solarmodul **R-TG 108n** ist das Spitzenprodukt der SOLYCO Solar AG. Von allem das Beste – das steckt in diesem Modul. Zellen aus n-Typ Wafern in bifazialer Ausführung, eingebettet zwischen zwei Glasscheiben sind die technische Basis für Performance und Stabilität über sehr lange Zeiträume. Es vereint mehrere überlegene Technologieansätze, die zusammen garantieren, dass diese Module eine extrem stabile Leistung über viele Jahrzehnte aufweisen werden.

Es ist die beste Wahl für alle anspruchsvollen KundInnen, die Wert legen auf stabile hohe Erträge über viele Jahrzehnte und gleichzeitig ein besonders ästhetisches Erscheinungsbild wünschen.

R-TG 108n.3/420

Bifaziales Doppelglas-Modul mit TOPCon Solarzellen

Technische Daten



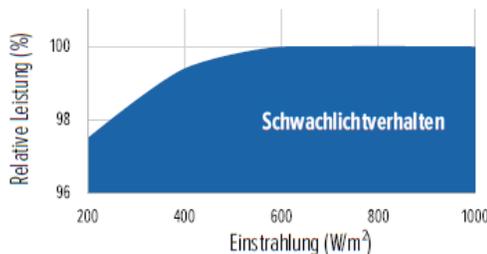
Anschluss- und Betriebsbedingungen

Maximale Systemspannung	1500V
Zulässiger Temperaturbereich	-40°C ... +85°C
Mechanische Belastbarkeit ¹	Druckbelastbarkeit getestet bei 5400Pa Windsogbelastbarkeit getestet bei 2400Pa
Schutzklasse	II
Rückstrombelastung	20A
Brandklassen ²	C (UL 790) B _{ref} (t1) nach DIN EN 13501-5:2016
Hagelbeständigkeit	Hagelkörner bis 25mm Größe und Geschwindigkeit von 23m/s

¹Spezifizierte Drucklastbeständigkeit: 3600Pa und
Soglastbeständigkeit: 1600Pa; ²Für alle Dachneigungen

Temperaturverhalten

Tk der Maximalleistung (P _{max})	-0,32% /°C
Tk der Leerlaufspannung (V _{oc})	-0,25% /°C
Tk des Kurzschlussstromes (I _{sc})	+0,045% /°C



Dieses Datenblatt entspricht den Vorgaben der DIN EN 50380
Entwickelt und designt in Deutschland.

Allgemeiner Produktaufbau

Zelltechnologie	TOPCon, mono-kristallin
Zellengröße und -anzahl	182mm x 91mm; 108 Stk.
Modulabmessung	1723mm x 1134mm x 30mm
Modulgewicht	24,5kg
Rahmen	Aluminium schwarz eloxiert
Glas	2 x 2,0mm gehärtetes Solarglas mit Anti-Reflex-Beschichtung
Anschlussdose und Schutzart	3 Stk. mit je einer Bypass-Diode, IP68 voll vergossen
Kabel mit Stecker	4mm ² Solarkabel mit 120cm Länge, STÄUBLI MC4-Evo 2 Stecker
Verpackungseinheit	36 Module vertikal auf Palette, 936 /40ft.

Elektrische Daten (STC)

Nennndaten bei Standard-Testbedingungen (STC): Einstrahlung 1000W/m²;
Spektrum AM 1.5; Modultemperatur 25°C; Sortierung nach P_{max} 0 bis +5W

Modulbezeichnung	R-TG 108n.3/420
STC Nennleistung P _{max} (Wp)	420
Spannung im Arbeitspunkt V _{mp} (V)	32,52
Strom im Arbeitspunkt I _{mp} (A)	14,92
Leerlaufspannung V _{oc} (V)	38,07
Kurzschlussstrom I _{sc} (A)	13,55
Bifazial-Koeffizient (%)	80 ± 5
Modul-Wirkungsgrad (%)	21,5

Toleranz P_{max}: ±3,0%; Toleranzen V_{oc}, V_{mp}, I_{sc}, I_{mp}: ±5,0%

Elektrische Daten (NMOT)

Nennndaten bei nominalen Betriebsbedingungen (NMOT): Einstrahlung 800W/m²;
Spektrum AM 1.5; Umgebungstemperatur 20°C; Windgeschwindigkeit 1m/s

Modulbezeichnung	R-TG 108n.3/420
Solarzellen-Temperatur (°C)	42 ± 2
Modulleistung P _{max} (Wp)	317
Spannung im Arbeitspunkt V _{mp} (V)	30,60
Strom im Arbeitspunkt I _{mp} (A)	10,36
Leerlaufspannung V _{oc} (V)	36,56
Kurzschlussstrom I _{sc} (A)	10,87

Toleranz P_{max}: ±3,0%; Toleranzen V_{oc}, V_{mp}, I_{sc}, I_{mp}: ±5,0%



R-TG 108n.3/420 Datasheet 2022-04.de

Über SOLYCO Solar AG

Das SOLYCO-Team ist seit 1996 im Bereich Photovoltaik-Module und Solarprodukte aktiv. Über 15 Jahre von 1999 bis 2014 haben wir die Produktstrategie und Qualitätsphilosophie des früheren deutschen Solarkonzerns SOLON maßgeblich mitgeprägt. Unsere Technologiesgesellschaft SOLYCO Technology GmbH

ist eine ehemalige SOLON-F&E-Gesellschaft, die unser CTO im Rahmen eines Management-Buyouts übernommen hat. Der frühere Spirit von SOLON als eines der innovativsten deutschen Solarunternehmen für hochwertige und langlebige Photovoltaikmodule lebt in der Marke SOLYCO fort.



SOLYCO Solar AG
Baseler Straße 60
12205 Berlin Deutschland

T: +49 30 403 619 42
M: info@solyco.com
www.solyco.com