

Glas-Glas-Module verlängern Lebensdauer von Solarmodulen

Photovoltaik-Innovationen mit über 40 Jahre stabiler Leistung

Dipl. Wirtschafts-Ing. Tim Schoppe, Produktmanager

Seit 2012 befindet sich die Solarbranche im Wandel. Während früher primär hohe Einspeisetarife gemäß dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) den Anreiz für die Investition in eine Solaranlage gegeben haben, ist die Motivation heute eine andere. Steigende Strompreise und Katastrophen wie in Fukushima tragen dazu bei, dass sich viele Menschen unabhängig vom Energieversorger machen möchten. Immer mehr Solaranlagen-Betreiber gehen dazu über, den Strom vom Dach selbst zu verbrauchen, statt ihn ins öffentliche Netz einzuspeisen. Dieser



Selbst 3 gestandene Männer bringen die Glas-Glas-Module nicht zu Bruch.

Wandel stellt an die Hersteller von Solarmodulen neue Anforderungen. Centrosolar gehört zu den wenigen verbliebenen Solarmodul-Produzenten, die in Deutschland fertigen. 2012 hat das Unternehmen als Vorreiter in der Branche ein neues Solarmodul entwickelt, das auf beiden Seiten mit einer nur 2 mm dünnen Glasscheibe ausgestattet ist. Herkömmliche Solarmodule haben nur auf der Vorderseite eine Glasscheibe und auf der Rückseite eine Folie.

Durch den Einsatz von 2 Glasscheiben ist das Modul gegenüber Umwelteinflüssen robuster und damit deutlich länger haltbar als Standard-Solarmodule. Die damit verbundene längere Lebens-

dauer macht die Module für den Eigenverbrauch besonders interessant.

Jedes zusätzliche Jahr an Lebensdauer der Solaranlage bedeutet für den Betreiber ein weiteres Jahr eingesparte Kilowattstunden, die er nicht vom Energieversorger beziehen muss. Damit erhöht sich entsprechend die Rendite der Solaranlage.

Modullebenszeiten von über 40 Jahren ermöglichen eine nachhaltige Unabhängigkeit vom Stromanbieter sowie eine Reduzierung der Strombezugskosten.

MEILENSTEIN IN DER PHOTOVOLTAIK DURCH FORTSCHRITTE IN DER GLAS-GLAS-TECHNOLOGIE

Die neue Generation der Glas-Glas-Module, die Centrosolar unter der Marke S-Class Vision vertreibt, hat das Unter-

nehmen erstmals im Juni 2012 auf der Leitmesse Intersolar vorgestellt.

Durch den Einsatz eines nur 2 mm dünnen Rückseitenglases anstelle einer diffusionsoffenen Rückseitenfolie wird ein potentieller Schwachpunkt des Moduls durch eine haltbarere, nahezu unzerstörbare Komponente ersetzt. Diese Modifikation scheint auf den ersten Blick simpel, stellt aber eine Evolutionsstufe in der Photovoltaik dar. Die erste Generation Glas-Glas Module wurde bereits vor über 15 Jahren in den Anfängen der Photovoltaik entwickelt. Damals wurden sehr dicke Glasscheiben von 4 mm und mehr verwendet. Die erste Generation Glas-Glas Module scheiterte an hohen Preisen und dem durch das dicke Glas bedingte sehr hohen Gewicht. Die bei herkömmlichen Modulen eingesetzte



Abb. 1: El-Aufnahme durch den TÜV vor der Durchführung der Belastungstests

Rückseitenfolie aus Kunststoff unterliegt einem Alterungsprozess, insbesondere wenn sie Witterungseinflüssen und Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Zur Einschätzung der Modullebensdauer wird die Alterung und Beeinträchtigung aufgrund externer Faktoren durch Klimakammertests simuliert. Bei Glas-Folien-Modulen konnte durch die Simulation von starken Umwelteinflüssen eine Haltbarkeit von bis zu 30 Jahren nachgewiesen werden. Nach dieser Zeit kann die Leistung eines Moduls abnehmen. Ob und wie stark die Modulleistung im Einzelfall sinkt, hängt von individuellen Umwelteinflüssen und der Qualität des Moduls ab. Der Stellenwert von Umwelteinflüssen zeigt sich auch in Ergebnissen des TÜV Rheinlands. Während der Zertifizierung (IEC 61215, IEC 61730) beim TÜV Rheinland, die ein PV-Modul für die Marktzulassung positiv abschließen sollte, durchläuft das Modul verschiedene Testprozeduren, welche die auftretenden Belastungen im Laufe des Produktlebenszyklus simulieren. Besteht ein PV-Modul diese simulierte Alterung ohne größere Leistungsverluste, bekommt es ein Zertifikat und wird für den Markt zugelassen. Bei den PV-Modulen, die die Tests der Modulzertifizierung nicht bestehen, ist das Nichtbestehen in 52% der Fälle auf die

Glas-Modulen - werden weitaus längere Lebenszeiten von über 40 Jahren angestrebt. Da dieses Modulkonzept alles bisherige revolutioniert, gibt es bisher keine

Als relevante Einflussfaktoren konnten klimatische Belastungen und mechanische Einwirkungen identifiziert werden.

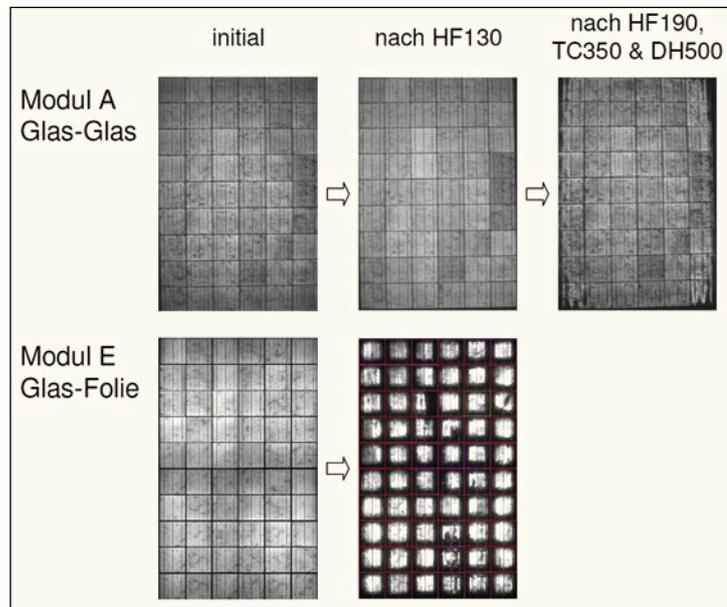


Abb.2: Vergleich der Auswirkungen von Umwelteinflüssen bei Glas-Folien- und Glas-Glas-Modulen

definierten und genormten Prüfabläufe. Um das hohe Qualitätsversprechen einhalten und 40 Jahre Lebensdauer nachweisen zu können, hat Centrosolareigene Produkttests durchgeführt, die weit über die geforderten Prüfungen hinaus gehen. Um eine Alterung von Modulen zu simulieren, mussten zunächst die relevanten

KLIMATISCHE BELASTUNGEN

Wechselnden klimatischen Belastungen wie z.B. Hitze, Frost und hoher Luftfeuchtigkeit ist ein PV-Modul im täglichen Betrieb ausgesetzt.

Um die klimatischen Belastungen an einem Modul zu simulieren, wurden Prüfzyklen mit verschiedenen Testverfahren (HF, TC, DH) mit anschließenden Elektrolumineszenz (EL)-Aufnahmen kombiniert. HF steht für „Humidity Freeze“, bei diesem Test wird das Modul in einem Zyklus einem Temperaturwechsel von -40°C auf $+85^{\circ}\text{C}$ bei 85% Luftfeuchtigkeit in einer Klimakammer unterzogen. Besonders anspruchsvoll ist dieser Test deshalb, weil sich Feuchtigkeit in Fehlstellen der Materialien setzt und diese dann auffrieren und zerstören kann.

TC bedeutet „Temperature Cycle“. Der TC-Test simuliert Temperaturschwankungen von -40°C bis $+85^{\circ}\text{C}$. Üblicherweise wird dieser Test während einer Produktzertifizierung in 200 Zyklen durchlaufen. Das bedeutet, dass die Temperaturkurve von -40°C bis $+85^{\circ}\text{C}$ 200 Mal hintereinander durchgeführt wird.

Damp Heat (DH) ist ein Test, welcher die Temperaturbeständigkeit der Modu-



Abb. 3: 100 kWp-Dachanlage mit neuem S-Class Vision Modul bei Fa. Kammerer Luft- und Wärmetechnik im Schwarzwald (Werkbild Centrosolar)

in der Klimakammer simulierten Umwelteinflüsse zurückzuführen. Bei der neuen Generation von PV-Modulen - den Glas-

Einflussfaktoren erarbeitet werden, die die Lebenszeit eines Moduls direkt beeinflussen.

le prüft. Dabei werden die Module einer Temperatur von 85°C und 85% Luftfeuchtigkeit ausgesetzt. Der Test beansprucht besonders die Anschlussdosen, Klebeverbindungen und Folien im Modul. Bei Fehlstellen kommt es schnell zu Korrosion an Kontakten oder auch Blasen in der Rückseitenfolie und damit zu Leistungsverlusten. Vor und nach diesen Tests wurden Elektrolumineszenz-Aufnahmen, Leis-

de der HF-Test maßgeblich für die Simulation der Alterung gewählt. Im Rahmen der Modulzertifizierung gemäß IEC 61215 und 61730, welches sich als Standard-Zertifikat in der PV-Branche etabliert hat, werden die Module einem HF10 unterzogen. Das bedeutet, es werden 10 Zyklen des „Humidity Freeze“ durchgeführt. In den extremen Klimakammertests, welche Centrosolar den Glas-Glas Modulen unterzogen hat, mussten die Vision

keine Veränderungen und keine Leistungsverluste. Das Rückseitenglas verhindert ein Eindringen der Feuchtigkeit und ist zudem unempfindlich gegenüber den Temperaturwechseln und der Luftfeuchtigkeit. Aufgrund der positiven Ergebnisse wurde der Test mit dem Glas-Glas Modul weiter fortgeführt. Die HF-Zyklen wurden auf 190 Zyklen, das bedeutet 4.560 Stunden Klimakammertests, erweitert und um zusätzliche DH500- und TC350-Tests ergänzt. Auch diese Tests hatten keine Leistungsverluste zur Folge.

Die getesteten Glas-Glas Module befinden sich weiterhin in der Klimakammer des Labors, um eine Zerstörung der Module zu provozieren und damit die maximale Haltbarkeit der Module zu definieren.

Die durchgeführten Tests bestätigen die besondere Haltbarkeit der Glas-Glas-Module gegenüber jeglichen Umwelteinflüssen. Das Modul überstand die 19-fache HF-Prüfzeit gegenüber der TÜV Standard-Testprozedur, zusätzlich absolvierte es ergänzende TC- und DH-Prüfungen ohne außergewöhnliche mechanische Schäden.

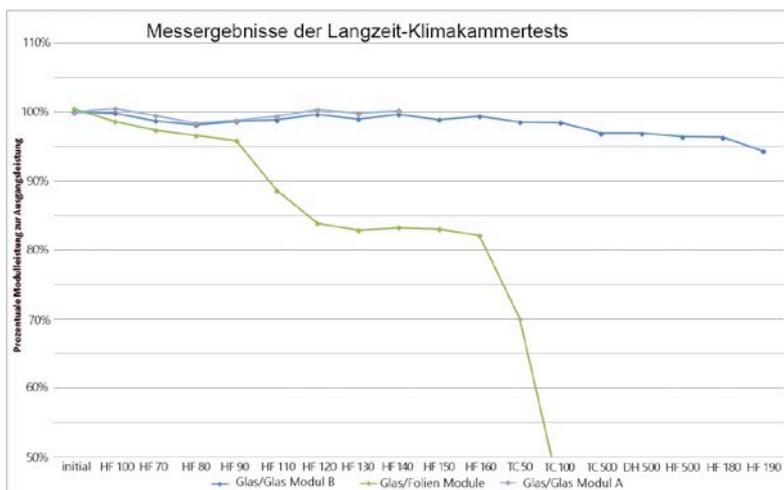


Abb.4: Messergebnisse der Langzeit-Klimakammertests

tungsmessungen und Sichtprüfungen durchgeführt, um die Auswirkungen beurteilen zu können.

Elektrolumineszenz (EL) ist ein Verfahren, welches mechanische und auch elektrische Zellschäden sichtbar macht. Bei diesem Verfahren wird sich eine besondere Charakteristik der Solarzellen zunutze gemacht, da die Zellen, wenn sie in Rückwärtsrichtung betrieben („bestromt“) werden, im infraroten Lichtspektrum „leuchten“.

Abb.1 (“TÜV-modules-initial“) zeigt ein vom TÜV gemachtes EL-Bild eines einwandfreien Moduls. Es sind keine Risse, Brüche oder Schädigungen vorhanden, lediglich die Busbars der Zellen sowie Korngrenzen des Siliziums sind zu erkennen.

DER TESTABLAUF

Der „Humidity Freeze“ Test ist einer der anspruchsvollsten Tests für PV-Module im Hinblick auf die oben identifizierten Einflussfaktoren. Aus diesem Grund wur-

Module die 19-fache TÜV-Belastung bestehen. Im Rahmen der Zertifizierung werden auch ein TC200 und ein DH1000 durchgeführt.

Diese Tests werden normalerweise an unterschiedlichen Modulen angewandt. Als Extremtest wurden alle hier vorgestellten Prüfungen an ein und demselben Modul durchgeführt.

Nach der Durchführung des HF130 Tests (13x höhere Belastung als beim TÜV) ist beim Glas-Folien-Modul eine starke Schädigung sichtbar (Modul E in Abb.2). Diese hat eine Reduktion der Leistung um ca. 50% zur Folge. Die Rückseitenfolie hat den starken Beanspruchungen des 3.120 Stunden andauernden Extremtests nicht standgehalten. Die Folie wird durch die enormen Temperaturwechsel spröde, durch Fehlstellen kann daraufhin Feuchtigkeit ins Modul eindringen und dort mechanische und elektrische Fehler verursachen.

Das Glas-Glas Modul (Modul A in Abb. 2) zeigt nach dem „Humidity Freeze 130“

AUSWIRKUNG DER LANGZEIT-KLIMA-KAMMERTESTS AUF MODULLEISTUNG

Für den Kunden ist nicht die mechanische Stabilität, sondern die Leistung der Module der entscheidende Indikator für die Langzeitstabilität. Im Diagramm (Abb.4) ist die Leistung der Module in Abhängigkeit von den durchgeführten Tests aufgezeigt. Bei dem Test ist ein Glas-Folien-Modul zwei Glas-Glas Modulen gegenüber gestellt worden, welche parallel die HF-Tests durchlaufen. Die Grafik verdeutlicht, dass die Zellen beim Glas-Glas-Modul mechanisch vollkommen intakt bleiben und auch nach den Tests noch zuverlässig und konstant Strom produzieren.

Das Modul A wurde für andere Prüfzwecke aus dem Prüfzyklus entnommen. Das Glas-Folien-Modul versagte nach der 13-fachen TÜV Prüfdauer. Den „normalen“ Anforderungen der IEC Norm (HF10)

widersteht dementsprechend auch das Glas-Folien-Modul von Centrosolar ohne Probleme und Leistungsverluste, die geforderte Haltbarkeit wird also schon hier weit übertroffen.

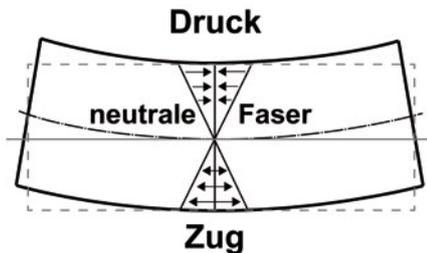


Abb.5: Druck auf PV-Module

MECHANISCHE BELASTUNGEN

Mechanische Belastungen treten bei Modulen hauptsächlich durch Wind- und Schneelasten auf. Bei starken Schneelasten führt das hohe Gewicht zu einem Durchbiegen der Module. Wenn ein Körper durchgebogen wird, entstehen darin unter anderem Zug- und Druckspannungen, die sich wie in Abb. 5-7 erkennbar darstellen. Die Kräfte in diesem durchgebogenen Körper nehmen zum oberen und unteren Rand hin zu. In der Mitte des Bauteils heben sich die Zug- und Druckspannungen gegenseitig auf, daher gibt es hier keine Zug- oder Druckbelastungen.

Dieser Bereich wird als „neutrale Faser“ bezeichnet (Abb. 5).

Glas-Folien-Module haben im Normalfall ein 3,2 mm Glas als Frontscheibe und eine wenige Mikrometer dünne Rückseitenfolie. Dadurch liegt die Zellmatrix mit den Solarzellen nicht in der neutralen Faser. Im Falle von Schneelasten sind die Zellen Zugspannungen und bei Windbelastungen (Sog) Druckspannungen ausgesetzt. (Abb. 6).

Bei einem Glas-Glas Modul mit zwei identischen Scheibendicken auf der Vorder- und Rückseite liegt die Zellmatrix in der neutralen Faser des Laminats. Die Siliziumzellen unterliegen daher keinen Spannungen und sind gegen mechanische Einwirkungen bestens geschützt. (Abb.7). Aufgrund dieser besonderen Konstruktionsweise sind die Zellen sehr viel besser gegen mechanische Belas-

tungen geschützt. Selbst nach Belastungen von über 8000 Pa ($\sim 800 \text{ kg/m}^2$) bleiben die Zellen im Modul vollkommen intakt. Der besondere Schutz der Zellen wirkt auch gegen Windlasten und

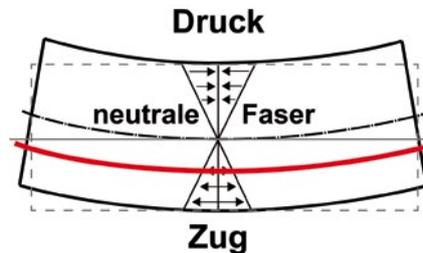


Abb.6: Druck auf Glas-Folien-Module

Vibrationen, die bei der Installation und dem Betrieb von PV-Anlagen auftreten. Somit sind Glas-Glas-Module langfristig gegen Leistungsverluste aufgrund von mechanischen Belastungen deutlich besser geschützt als Standard-Solarmodule. Eine starke Degradation von Modulen durch Schneelasten und Windbelastungen ist nicht zu erwarten.

TÜV-RHEINLAND BESTÄTIGT HOHE ROBUSTHEIT VON GLAS-GLAS-MODULEN

Um den Kunden zusätzliche Sicherheit zu geben, wurden die extremen Belastungsprüfungen von 2400 - 7200 Pa neben

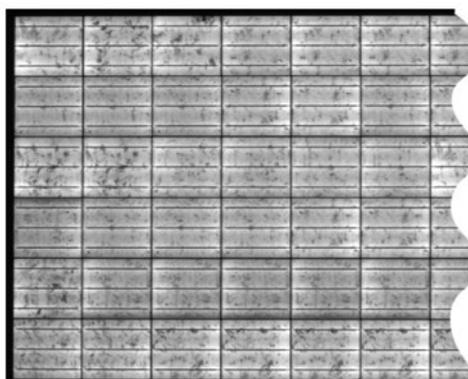


Abb.8: EL-Aufnahme durch den TÜV nach einer Belastung von 7200 Pa

den internen Tests zusätzlich beim TÜV Rheinland an Glas-Glas Modulen der S-Class Vision Serie durchgeführt. Die Ergebnisse des TÜV bestätigen die Ergebnisse der internen Belastungstests. Der TÜV Rheinland hat bestätigt, dass selbst nach diesen enormen Belastungen

keine Risse oder Beschädigungen auftreten. Der Leistungsverlust nach Durchlauf aller Belastungstests von bis zu 7200 Pa lag bei $-0,3\%$, was innerhalb der Mess-toleranz liegt und einem Leistungsverlust

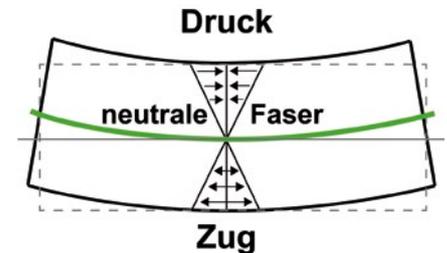


Abb.7: Druck auf Glas-Glas-Module

von 0% entspricht. Die dargestellten EL-Bilder (Abb.1+8) des TÜV Rheinland bestätigen die Ergebnisse.

FAZIT

Nach der Auswertung aller Ergebnisse lassen sich klare Rückschlüsse auf die prognostizierte Lebenszeit von Glas-Glas Modulen ableiten.

Aufgrund der umfangreichen, über zwei Jahre andauernden Tests, an den Glas-Glas-Modulen wird für S-Class Vision eine Lebensdauer von über 40 Jahren prognostiziert. Im Hinblick auf die positiven Testergebnisse hat Centrosolar die Garanzzeiten der Glas-Glas-Module auf ein Niveau erhöht, mit dem das Unternehmen derzeit führend im Markt ist. Die Produktgarantie für Module der Serie S-Class Vision beträgt 20 Jahre, die Leistungsgarantie liegt bei 30 Jahren auf 87 % der Modulleistung. Die eindeutigen Testergebnisse, die vom TÜV Rheinland bestätigt werden konnten, zeigen, dass in der Solarbranche ein Technologiewandel hin zu Glas-Glas Modulen unweigerlich bevorsteht.

Autor:

Dipl. Wirtschafts-Ing. Tim Schoppe
Produktmanager Module & Komplettsysteme
Centrosolar, 33100 Paderborn
Fotos/Grafiken: Centrosolar
www.centrosolar.com