

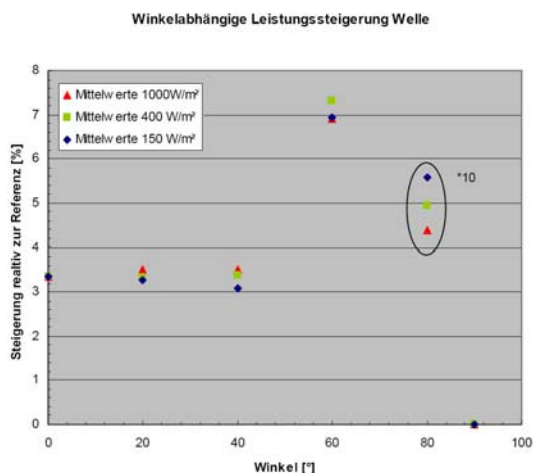
## Kurzfassung des Berichtes „Ertragsbewertung von strukturierten Frontseitengläsern“

Für EMMVEE Toughened Glass and Photovoltaics PVT. LTD., Indien untersuchte das Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH) die Wirkungsgrad- und Ertragsänderung in Abhängigkeit des Einstrahlungswinkels von strukturiertem Frontglas gegenüber herkömmlichem flachem Glas.

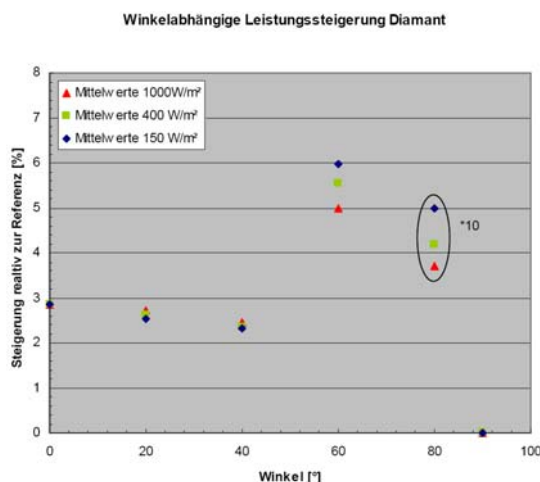
Hierfür wurden Mini-Module mit neun Solarzellen und Gläsern mit Wellen- bzw. Diamant-Struktur sowie entsprechende Referenzmodule mit unstrukturiertem Frontglas angefertigt und miteinander verglichen. Um eine ausreichende Messgenauigkeit zu gewährleisten wurde nur die mittlere der neun Zellen vermessen. Alle Gläser stammen aus der selben Produktion.

Die Tests wurden vom ISFH bei unterschiedlichen Einstrahlungsintensitäten (1000W, 400W, 150W) in den Winkelneigungen 0°, 20°, 40°, 60° und 80° durchgeführt.

Für die Module mit strukturiertem Frontglas (Welle und Diamant) konnte eine Steigerung des Wirkungsgrades gegenüber dem Modul mit flachem Frontglas (Referenz) festgestellt werden. In den nachfolgenden Abbildungen sind die Ergebnisse von strukturierten Gläsern im Vergleich zu flachen Gläsern grafisch dargestellt.



Grafik 1: Wirkungsgradsteigerung Welle



Grafik 2: Wirkungsgradsteigerung Diamant

Anmerkung: Die Werte für den Einfallswinkel 80° wurden mit dem Faktor 0,1 multipliziert, um eine bessere grafische Darstellung zu erhalten.

Mit zunehmendem Einstrahlungswinkel wurde bei den Modulen mit strukturiertem Frontglas gegenüber dem Flachglas ein größerer Zuwachs des Wirkungsgrades festgestellt, unabhängig von der Einstrahlungsintensität. Bei schwacher Einstrahlung und großem Winkel ist der Anstieg des Wirkungsgrades höher als bei einer stärkeren Einstrahlung. Der höchste gemessene Zuwachs liegt bei einem Einstrahlungswinkel von 80°.

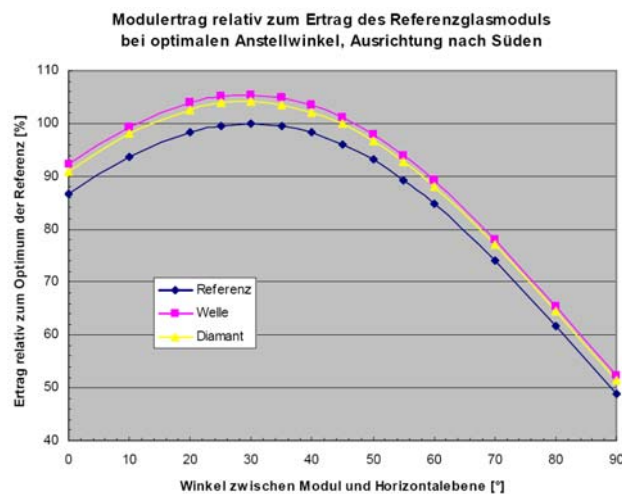
In der folgenden Tabelle sind die Werte noch einmal aufgelistet.

Wirkungsgradsteigerung im Vergleich zur Referenz in Abhängigkeit des Einfallswinkels						
Einstrahlung	Diamant			Welle		
	1000 W/m <sup>2</sup>	400 W/m <sup>2</sup>	150 W/m <sup>2</sup>	1000 W/m <sup>2</sup>	400 W/m <sup>2</sup>	150 W/m <sup>2</sup>
0°	2,69%	2,64%	2,49%	3,48%	3,38%	3,27%
20°	2,69%	2,64%	2,49%	3,48%	3,38%	3,27%
40°	2,47%	2,27%	2,33%	3,53%	3,37%	3,11%
60°	4,99%	5,65%	5,98%	6,93%	7,44%	6,95%
80°	36,92%	41,67%	49,62%	44,10%	49,36%	55,64%

Tabelle 1: Wirkungsgradsteigerung gegenüber der Referenz

Mit den gewonnenen Ergebnissen wurde für den Standort Passau anhand von Normwetterdaten (Datensatz: DWD TRY 13) die von den Modulen erzeugte elektrische Energie für ein gesamtes Jahr ermittelt. Für das Frontglas Welle konnte ein Mehrertrag von **5,4% ± 0,5%** im Jahresdurchschnitt errechnet werden und für das Frontglas Diamant ein Mehrertrag von **4,1% ± 0,5%** bei einem optimalen Modulwinkel von 30° gegenüber der Horizontalen und einer Ausrichtung direkt nach Süden. Der Mehrertrag gilt gegenüber dem Referenzmodul mit flachem Glas.

Nachfolgende Grafik verdeutlicht den Zusammenhang zwischen dem Mehrertrag in Abhängigkeit des Aufstellwinkels eines Moduls.



Grafik 3: Vergleich der verschiedenen Energieerträge bei unterschiedlichen Frontgläsern abhängig vom Einfallswinkel

An dieser Stelle soll angemerkt werden, dass es sich bei dem wellestrukturiertem Glas um ein anisotropes Glas handelt. Das bedeutet, dass der Mehrertrag ebenfalls vom Azimut der Sonne abhängt und somit ein leicht geminderter Mehrertrag möglich ist.

In Grafik 3 wurde der maximale Ertrag des Referenzmoduls bei einem optimalen Aufstellwinkel von 30° als 100%-Ertrag angesetzt. Somit lässt sich im Diagramm erkennen, dass ein Modul mit strukturiertem Frontglas bereits bei einer Aufstellung von 10° eine Leistung von nahezu 100% des maximalen Referenzertrags erbringt und seinen maximalen Energieertrag ebenfalls bei einem Aufstellwinkel von 30° erwirtschaftet. Der Ertrag liegt dort deutlich über 100%.

**Fazit:**

Die angefertigten Module erzielen aufgrund der Verwendung von strukturierten Frontgläsern einen höheren Jahresertrag von **mindestens 3,7%** im Vergleich zu Modulen mit flachen Gläsern. Tendenziell liegt der Mehrertrag jedoch höher, bei bestimmten Gegebenheiten sogar deutlich höher. Der Grund hierfür ist die höhere Lichteinkopplung in das Modul. Der Teil solarer Strahlung, die bei flachem Glas sofort wieder reflektiert wird, wird bei strukturiertem Glas innerhalb der Struktur weitere Male gebrochen und so mehrmals vom Glas auf die Zelle zurückgelenkt.

Marc Köntges  
(Gruppenleiter Modul- und Verbindungstechnik)