



Johannes Schicker¹, Wolfgang Mühleisen¹, Rita Ebner², Roman Leidl², Werner Scherf¹

¹ CTR Carinthian Tech Research AG, Villach, Österreich
² AIT Austrian Institute of Technology, Wien, Österreich

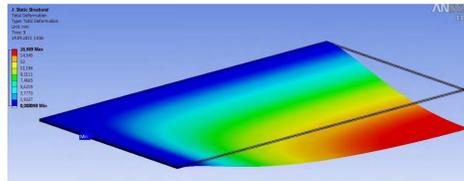
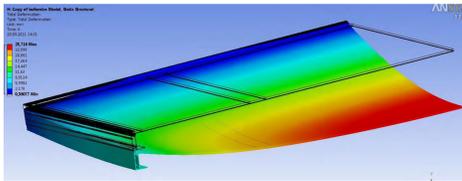
Zusammenfassung

Photovoltaikmodule sind verschiedenen Lasten ausgesetzt. Statische Lasten, wie etwa Schneelast, rufen abhängig von Modulaufbau und Lagerungsbedingungen Verformungen des Moduls hervor. Daraus ergeben sich Spannungen in der Zellschicht, welche sich durch Finite-Element-Simulationen bestimmen lassen. Die Gegenüberstellung eines Standardsolarmoduls (Glas, Einbettungsfolie, Zelle, Einbettungsfolie, Rückseitenfolie) mit Aluminiumrahmen und eines Glas-Glas Solarmoduls (Glas, Einbettungsfolie, Zelle, Einbettungsfolie, Glas) ohne Rahmen zeigt Unterschiede in den mechanischen Spannungen, die auf die jeweilige Zellschicht wirken. Zum Vergleich wird ein Standardmodul ohne Rahmenverformung gezeigt.

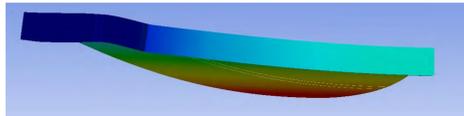
2 Lagerungen

Rahmen auf Schienen

starre Randlagerung



Verformung Viertelmodul unter Prüflast 5400 Pa (z.B.: Schnee)



große Verformung des Rahmens

Modulrand liegt fest auf

Starre Modulrand-Lagerung ist etwa bei der Gebäudeintegration gegeben.

2 Modulaufbauten

einseitig Frontglas

Glas-Zellen-Glas

Glas 4 mm
Einbettungsfolie
Si-Zellen
Einbettungsfolie
Rückseitenfolie



Glas 2 mm
Einbettungsfolie
Si-Zellen
Einbettungsfolie
Glas 2 mm



Herkömmliches PV-Modul mit Frontglas und Backsheet in Aluminium-Rahmen.
Der Rahmen ist auf Schienen gelagert.

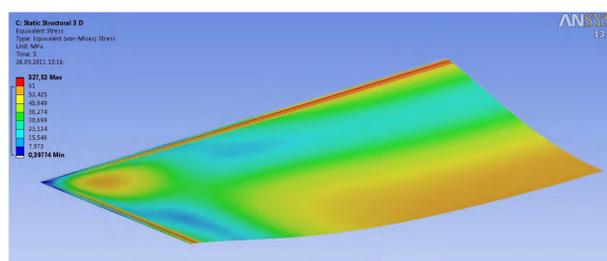
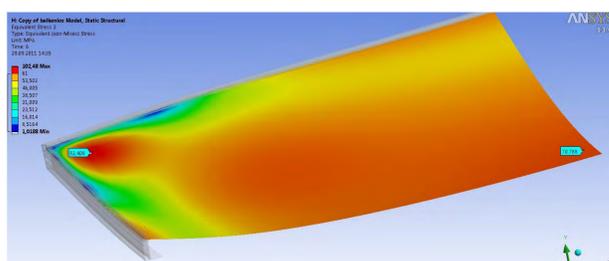
Gesamtverformung ist hoch, da der Rahmen mitverformt wird.

zum Vergleich: Aufbau wie herkömmliches PV-Modul mit Frontglas und Backsheet.
Kein Rahmen sondern starre Randlagerung.

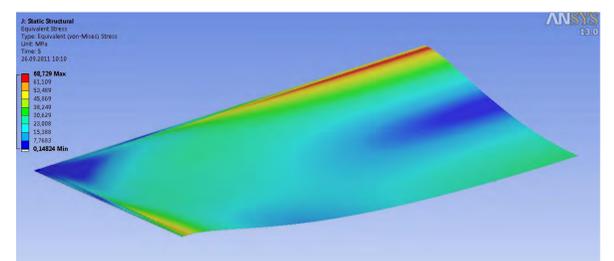
Bei gleicher Lagerung biegt sich das („normale“) Modul mit Frontglas und Rückseitenfolie geringfügig stärker durch als das Glas-Glas-Modul. Grund ist die höhere Steifigkeit des Glases auf der Zug-(Unter-)seite.

Glas-Glas-Modul: Front und Rückseite aus Glas, Zellen innenliegend.
Kein Rahmen, sondern starre Randlagerung.

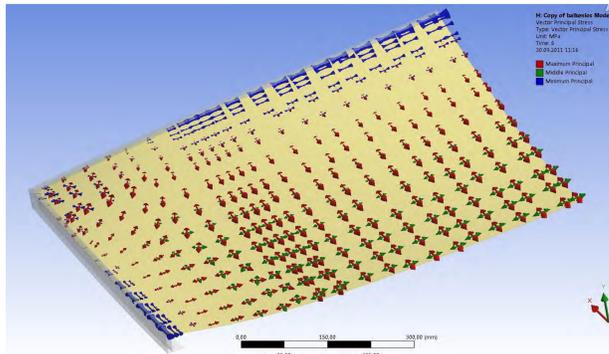
Spannungen im Zellenbereich nehmen ab



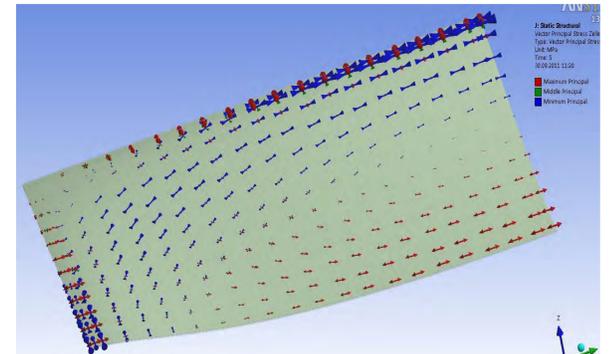
v. Mises Vergleichsspannungen (oben)



Hauptspannungen: Richtung und Größe



- Höhere Gesamtverformungen führen zu höheren mechanischen Belastungen der Siliziumzellen.
- Innenliegende Zellschichten werden bei gleicher Modulverformung weniger mechanisch beansprucht als außen liegende.
- Unterschiedliche Lagerung des Moduls in Kombination mit veränderter Zellelage in Bezug auf die Moduldicke führt teilweise zu veränderter Art (Zug, Druck) und Richtung der Zellbeanspruchung.



Diskussion:

- Welchen Einfluss die Lagerungsbreite (Breite des gelagerten Randstreifens) und die Art der Lagerung (fest, unverschieblich, elastisch, eingespannt) auf die Modulverformung hat, muss weiter untersucht werden.
- Welche Beanspruchungsart (Zug, Biegezug, Druck, Schub, ggf. in Kombination mit Quetschung) zu erhöhter Zellschädigung führt ist noch ungeklärt.
- Bis zu welchen Spannungen sind Zellbrüche unwahrscheinlich und in welchem Maß nimmt die Wahrscheinlichkeit von Zellbrüchen dann zu?