

4 % höherer Energieertrag bei einem 83 kWp Testfeld in Deutschland mit antireflexbeschichteten BP Solar-Modulen der Saturn 7-Serie

4% increased energy collection demonstrated from 83 kWp test array in Germany using BP Solar premium Saturn 7-series with anti-reflection coated glass

S. J. Ransome(1), K. Deponete(2), A. Artigao(3), J.M. Fernandez(3), J.H. Wohlgemuth(4), D.W. Cunningham(4), A.M. Nguyen(4) and J. Shaner(4)

1. Einleitung

Introduction

a) Antireflex-Beschichtungen auf der Außenseite des Glases können die Lichtkopplung in ein PV-Modul verstärken und auf diese Weise dessen Wirkungsgrad erhöhen.
 b) Jüngste Entwicklungen in der Glasbeschichtungstechnologie konnten die Haltbarkeit der Beschichtungen im Freien, selbst bei saurem Regen, verbessern.
 c) Bei Modulpaaren, in Deutschland und Australien im Freien getestet, ergaben sich, je nach Jahreszeit und Standort Energiesteigerungen von 4 bis 6%.
 d) Um die Leistungsfähigkeit von AR-Glas besser beurteilen zu können, wurde ein umfangreicher Probelauf durchgeführt. Die im Rahmen des Probelaufs gebauten AR- und Standard-Kontroll-Module wurden in zwei ansonsten identischen 41,5kWp-Systemen installiert. Die Leistung beider Systeme wurde seit dem 1. April 2005 kontinuierlich von acti solar überwacht, um die Energieerzeugung beider Systeme über einen längeren Zeitraum zu ermitteln.

a) Anti-reflective coatings on the outer glass surface can increase the coupling of light into a photovoltaic (PV) module and therefore increase its conversion efficiency.
 b) Recent advances in glass coating technology have improved the ability of the coatings to survive the outdoor environment even with acidic rain.
 c) Pairs of modules tested outdoors in Germany and Australia showed AR gains of 4-6% depending on the time of year and location.
 d) In order to further evaluate the performance of AR coated glass a larger size pilot run was conducted. The AR and control modules built in the pilot run have been installed in two otherwise identical 41.5 kWp systems in Germany. The performance of the two systems has been monitored continuously since 1 April 2005 by acti solar to determine the energy production of each over an extended period of time.

2. Modulherstellung

Module production

a) Die Module mit AR-Glas wurden einer erweiterten Version der IEC61215 von BP Solar unterzogen.
 b) Die mit AR-beschichtetem Glas ausgestatteten Module bestanden die Eignungstests erfolgreich ohne jegliche sichtbare Zeichen einer Zersetzung der Beschichtungen oder eines Leistungsverlustes der Module.
 c) Der Probelauf beinhaltete 231 mit AR-Glas und 231 mit Standard-Glas ausgestattete Module.

a) Modules made using the AR glass have been subjected to BP Solar's extended version of the IEC 61215 test sequence.
 b) The modules made with the AR coated glass successfully passed the qualification tests without any visual evidence of degradation of the coatings or power loss from the modules.
 c) The pilot run included 231 AR coated glass modules and 231 control modules made with standard low iron glass.

3. BP 7180 sind für alle Lichtverhältnisse auf einen hohen Wirkungsgrad optimiert

BP 7180 are optimised to have high efficiency under all conditions

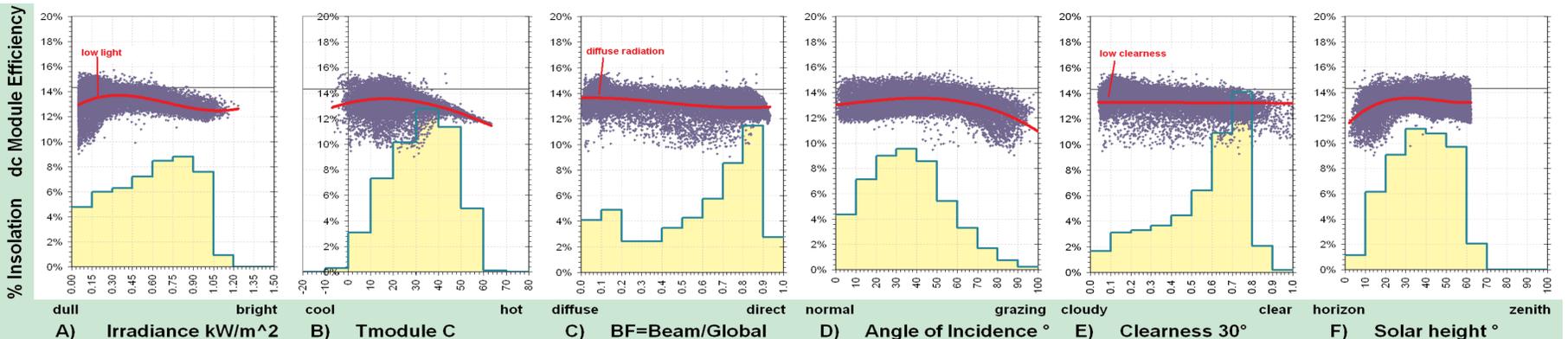


Abbildung 1: BP 7180 dc Modul-Wirkungsgrad (oben - links) und Strahlungs-Anteile je Parameter (unten - rechts) für 2005 gemessen vom ISET, Kassel

Figure 1: BP 7180 dc module efficiency (top - left axis) and fraction of insolation per bin (bottom - right axis) measured by ISET, Kassel for the whole of 2005.

a) Die oberen Linien zeigen den hohen Wirkungsgrad der BP7180ARC unter allen Wetterbedingungen; beachten Sie den sehr hohen Wirkungsgrad bei niedriger Einstrahlung (A links), diffusem Licht (C links) und niedriger Klarheit (E links).
 b) Die Graphen (B) und (E) zeigen nur eine kleine Absenkungen bei hoher Modultemperatur (B rechts) und niedrigem Sonnenstand (F links) wenn zudem der Energieanteil gering ist. Die Modultemperatur am ISET ist sehr selten über 60°C.

a) The top lines show the high efficiency of the BP7180ARC under all weather conditions, note that there is a very high efficiency under low irradiance (A left), diffuse light (C left) and low clearness (E left).
 b) Graphs (B) and (E) show that there are only slight drops at high module temperature (B right) and low solar height (F left) when the proportion of energy is small anyway. The Module temperature is very rarely more than 60C in ISET.

4. Das Feld

The array

a) Die Module des Probelaufs wurden im März 2005 auf dem Dach eines Gebäudes in Assamstadt, Deutschland, in Betrieb genommen.
 b) Die beiden Felder haben eine Neigung von 20°, sind nahezu genau nach Süden ausgerichtet und keiner Verschattung ausgesetzt. Jedes Feld enthält 7xSB5000 mit je 11x3x-180Wp Modulen.

a) The pilot run modules were commissioned on the roof of a building in Assamstadt, Germany in March 2005.
 b) The two arrays are tilted at 20°, oriented almost due south and suffer no shading. Each array has 7*SB5000 inverters with 11*3*-180Wp modules feeding each inverter.

5. Externe Messungen

Outdoor measurements

a) Der Sunny Boy Control erfasst alle 5 Minuten die Bestrahlungsstärke (gemittelt), die Umgebungs- und Modultemperaturen, die Windgeschwindigkeit sowie die DC-Spannung und die DC- & AC-Leistung jedes einzelnen der 14 Wechselrichter.

a) The Sunny Boy Control system takes measurements every 5 minutes of tilted plane Irradiance, Ambient and Module Temperatures, Wind Speed and the DC Voltage and DC & AC Power of each of the 14 inverters.

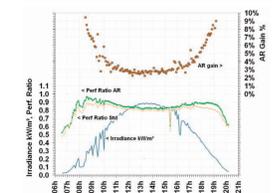


Abbildung 2: Panoramafoto der 83kWp Anlage in Assamstadt, Deutschland

Figure 2: Panoramic view of the 83kWp arrays in Assamstadt, Germany

6. System Performance über Zeit

Array Performance vs time



a) Die Abb. 3 zeigt den AC PR der AR- und der Kontrollfelder an einem sonnigen Tag.
 b) Die AR-bedingte Ertragssteigerung schwankt zwischen ~3% am Mittag und bis zu 8% morgens und abends.

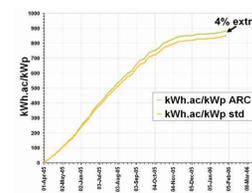
a) Figure 3 shows the AC Performance Ratio of the AR vs Control arrays on a sunny day.
 b) The AR gain varies from ~3% at noon to around 8% at the beginning and end of the day.

Abbildung 3

Figure 3

7. Summierte AC-Energie kWh/kWp

Cumulative AC kWh/kWp



a) Abb. 4: 4% Erhöhter Energieertrag (YF kWh/kWp) des AR-Feldes im Vergleich zum Kontrollfeld von April bis Ende Januar 2006.

a) Figure 4: 4% Increased energy collection (YF kWh/kWp) of the AR array vs the Control array from April to late January 2006.

Abbildung 4

Figure 4

8. AC Ertrag über Einstrahlung

AC performance vs light level

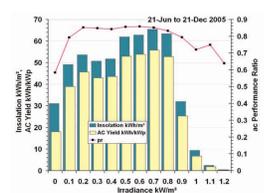


Abb. 5 zeigt die eingestrahlte Energie kWh/m² und den AC-Ertrag kWh/kWp für das Halbjahr 21.6.05-21.12.05 als Funktion der Einstrahlungsstärke. Ausserdem ist der AC-Performance Ratio dargestellt mit hohen Werten im Bereich von 0,1 bis 1,1kW/m², in welchen fast die gesamte eingestrahlte Energie anfällt.

Figure 5 shows the sum of the Insolation kWh/m² and AC Yield kWh/kWp for the half year 21-Jun to 21-Dec-2005 as a function of Irradiance. Also shown is the AC performance ratio showing good performance from 0.1 to 1.1kW/m² where almost all the irradiant energy occurs.

Abbildung 5

Figure 5

9. Täglicher AR Mehrertrag

Daily AR Gain

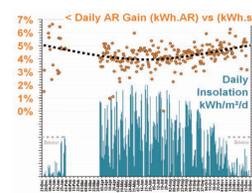


Abb. 6: Täglicher Mehrertrag (kWh.AR zu kWh.std) von ca. 4% bei den AR-Modulen gegenüber den Kontroll-Modulen und Sonneneinstrahlung in kWh/m²/d. Von November bis Januar lag etwas Schnee.

Figure 6: Daily AR gain (kWh.AR vs kWh.std) of about 4% for the AR modules vs the controls, also showing the Insolation in kWh/m²/d. There was some snow November to January.

Abbildung 6

Figure 6

10. Zusammenfassung

Conclusions

- ARC-Glas führt zu signifikanten Steigerungen (2,4 bis 3%) der Modul-Leistung unter STC-Bedingungen.
- Im Freien erzeugen diese Module über 4% mehr Energie (kWh/kWp).
- Der Leistungsunterschied ist darauf zurückzuführen, dass die Beschichtung die Menge des reflektierten Lichtes bei nicht senkrechtem Einfall reduziert.
- BP Solar nutzt dieses neue Glas seit Sommer 2005 bei allen Modulen der Saturn 7-Serie.

- AR glass resulted in significant (2.4 to 3%) increases in STC power output.
- Outdoors these modules are producing in excess of 4% more energy kWh/kWp.
- The difference in performance is due to the coating reducing the amount of reflected light at non normal incidence.
- BP Solar have been using this new glass all Saturn 7-Series modules since summer 2005.

11. Referenzen

References

Mehr als 70 BP Solar Veröffentlichungen seit 2000 sind auf der folgenden Internetseite <http://www.bpsolar.com/techpubs>.

More than 70 of BP Solar's papers since 2000 are on the following website <http://www.bpsolar.com/techpubs>

12. Danksagungen

Acknowledgements

Die Autoren bedanken sich hiermit ausdrücklich bei André Pohl (acti solar), Peter Funtan (ISET) und Stephen Poropat (BP Solar Australien) für ihre Unterstützung bei dieser Arbeit.

The authors would like to acknowledge the assistance of André Pohl (acti solar), Peter Funtan (ISET) and Stephen Poropat (BP Solar Australia) for their help in this work.