

ACHT JAHRE TESTEN UND MODELLIEREN VON WELTWEITEN FOTOVOLTAIKSYSTEMEN

EIGHT YEARS OUTDOOR TESTING AND MODELLING OF PV SYSTEMS WORLDWIDE

S. J. Ransome (1), Correspondence K. Deponte (2)

KURZZUSAMMENFASSUNG

- 1) BP Solar führt weltweit Langzeittests von einzelnen Solarmodulen und Solargeneratoren verschiedener Technologien unter Freifeldbedingungen durch. Diese Veröffentlichung fasst einige der Ergebnisse seit 1998 zusammen.
- 2) Es wurde festgestellt, dass bei stündlich gemessenen oder simulierten Daten im Vergleich zu kürzeren Messintervallen (z.B. 10 Minuten, 15 Sekunden) der Anteil der geringeren Einstrahlung überschätzt wird.
- 3) Es wurden empirische Formeln entwickelt, um die Modultemperatur, die MPP-Spannung und -leistung zu prognostizieren. Mit ihrer Hilfe können Solargeneratoren auf optimales Verhalten überprüft und Abweichungen auffindig gemacht werden.
- 4) Diese Studie zeigt, dass die gemessenen kWh/kWp-Unterschiede verschiedener Technologien sehr stark abhängen von der echten Modulleistung zur Typenschildangabe (solange nicht ordentlich korrigiert), Systemverlusten (Wechselrichterverlusten, unkorrekter MPP-Regelung, Verschmutzung, Schatten, etc.), Stillstandszeiten und bei Dünnschichtmodulen Zuschläge zur Kompensation der Anfangsdegradation.

Introduction

- 1) BP Solar have conducted long term outdoor tests on modules and arrays worldwide of different technologies. This poster summarises some findings since 1998.
- 2) It has been found that hourly measured or modelled weather data overestimates the amount of low light level radiation compared with more frequent measurements (for example every 15secs to 10 mins).
- 3) Empirical formulae have been developed to predict module temperature, tracking voltage and power, these can be used to confirm arrays are behaving optimally or help identify losses.
- 4) This study shows that measured kWh/kWp differences between technologies reported (unless properly corrected for) can largely depend on actual module power vs nameplate, BOS losses (e.g. inverter loss, incorrect Vmax tracking, dirt, shading etc.), downtime and allowances in thin films for degradation.



Module am ISET

Modules at ISET



Einige der untersuchten Standorte

Some of the sites studied



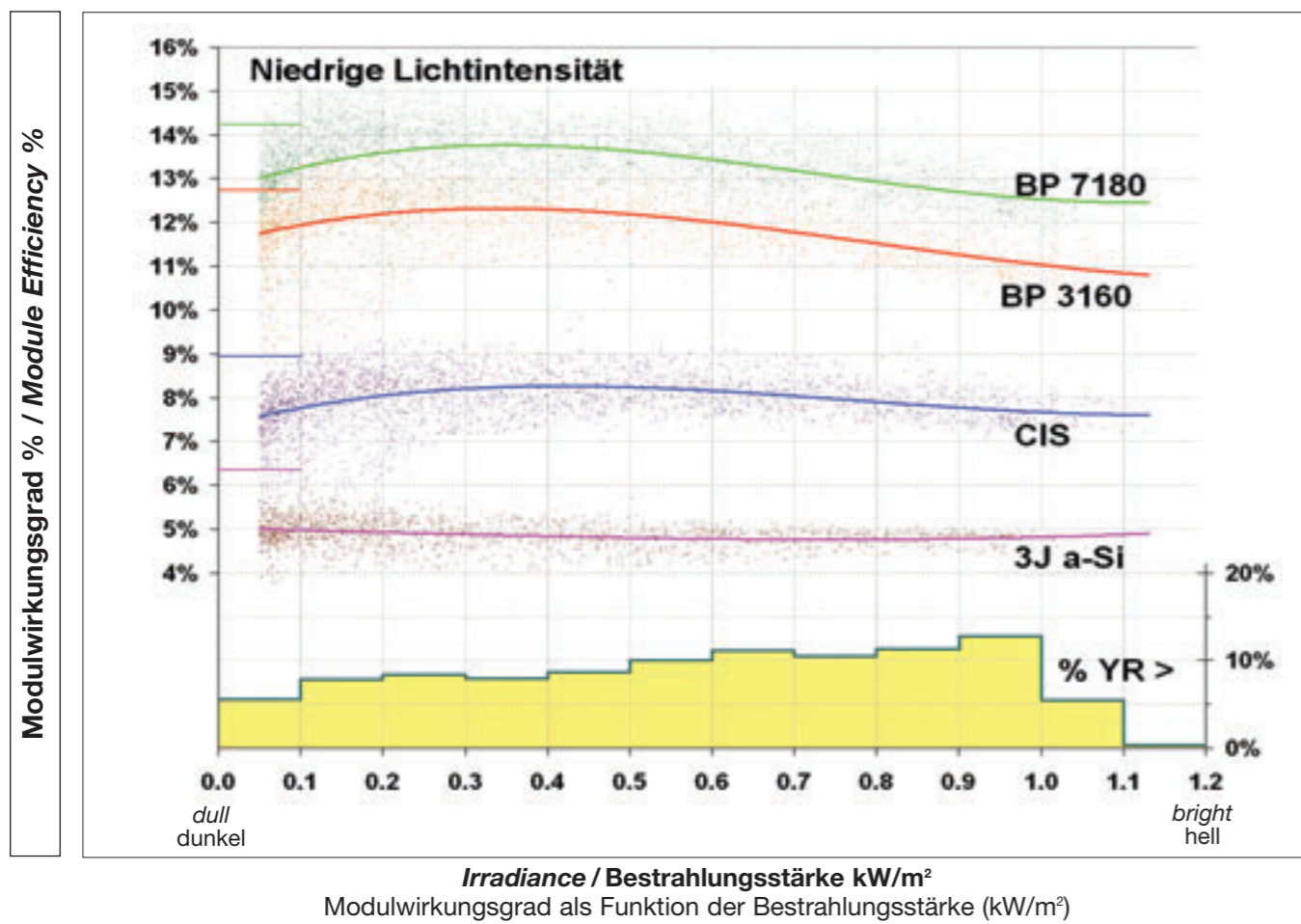
PV Großanlage

A large array

VERGLEICH VERSCHIEDENER PV-TECHNOLOGIEN ÜBER GEMESSENEN PARAMETERN IM FREIEN (IN DEUTSCHLAND)

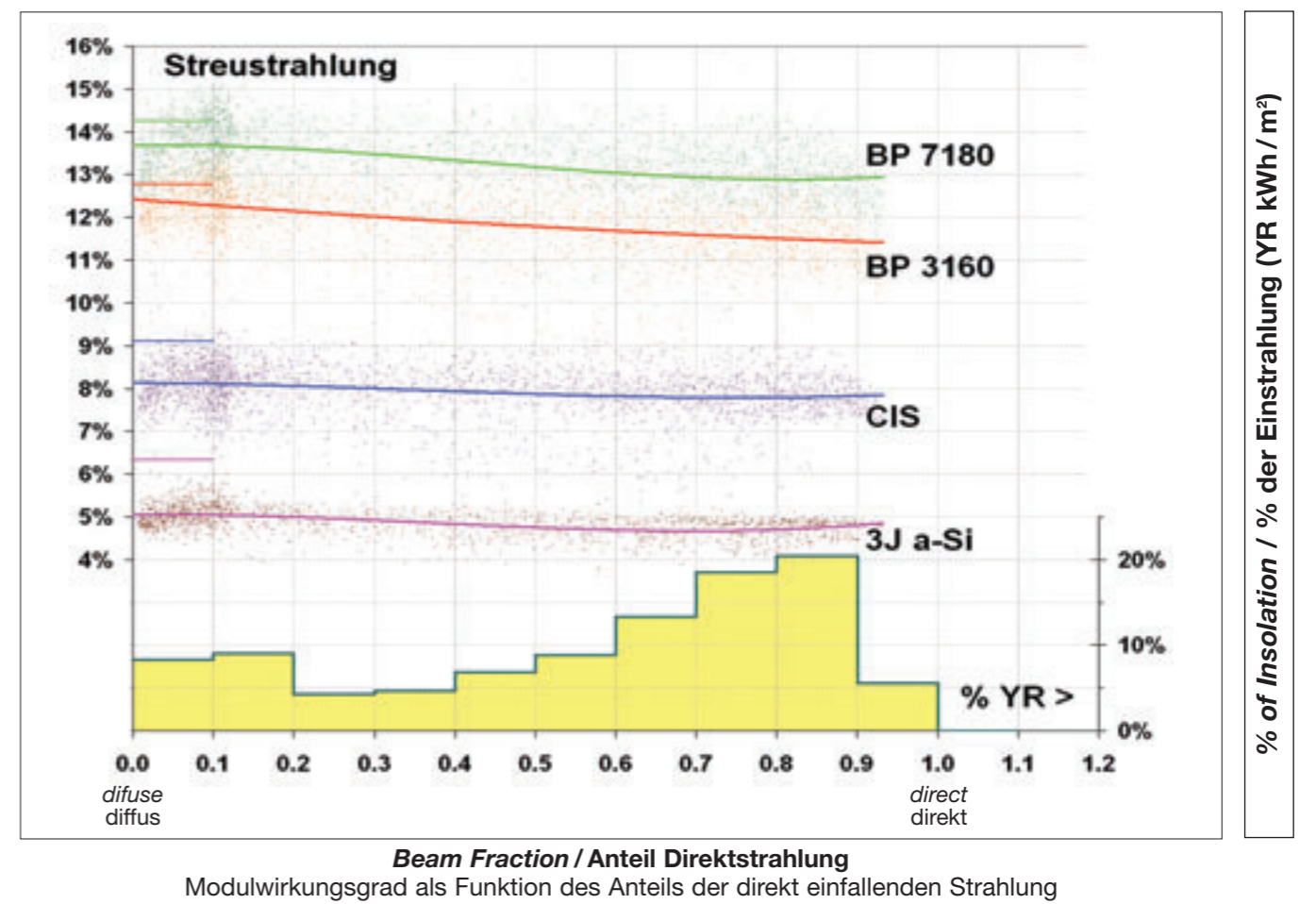
Comparison of different PV technologies vs outdoor parameter measurements (in Germany)

nominal efficiencies



Modulwirkungsgrad als Funktion der Bestrahlungsstärke (kW/m²)

nominal efficiencies



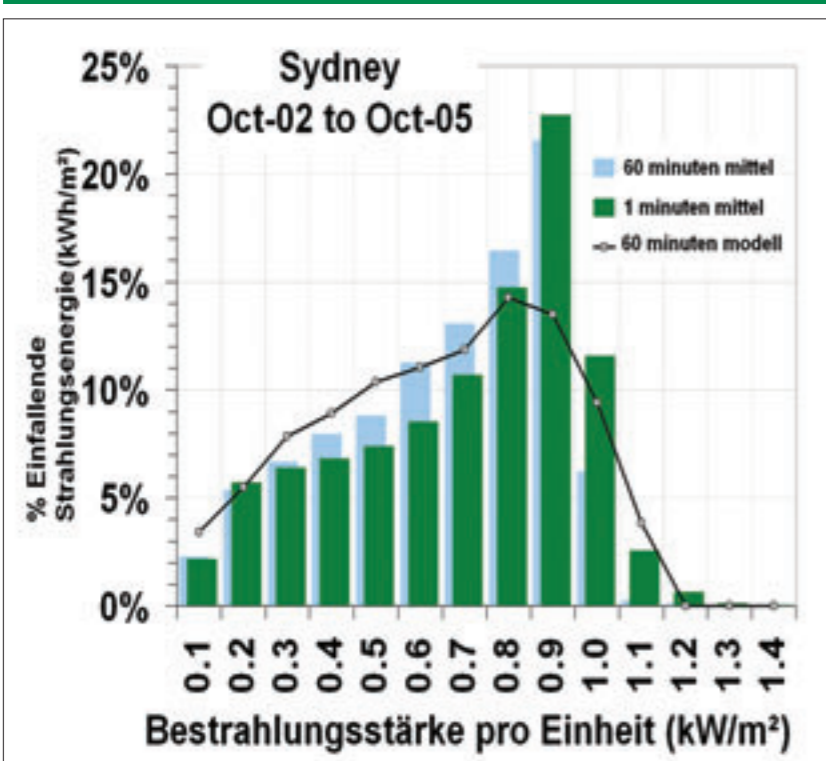
Modulwirkungsgrad als Funktion des Anteils der direkt einfallenden Strahlung

Modulwirkungsgrad (y-Achse) über Bestrahlungsstärke (links) und des Anteils Direktstrahlung (Rechts) für vier Modultypen am ISET Kassel Juli 2004 bis Juli 2005. Besonders deutlich die gute Performance des BP7180 und BP3160 selbst bei niedriger Einstrahlung und hohem Diffuslichtanteil.

Module Efficiency (y-axis) vs Irradiance (left) and Beam Fraction (right) for four Module types in ISET, Kassel July 2004 to July 2005. Note the good performance of the BP7180 and BP3160 even at low light levels and under high diffuse fraction.

ABHÄNGIGKEIT DER LEISTUNG VON DER MESSHÄUFIGKEIT

Dependence of performance on measurement frequency



In Sydney und Kassel zeigen Messdaten, deren Zeitintervall deutlich kürzer ist als eine Stunde, dass die Mittelung auf stündliche Werte die wirkliche Kurve der Energie als Funktion der Bestrahlungsstärke verformt. Die Stundenmittelung verursacht:

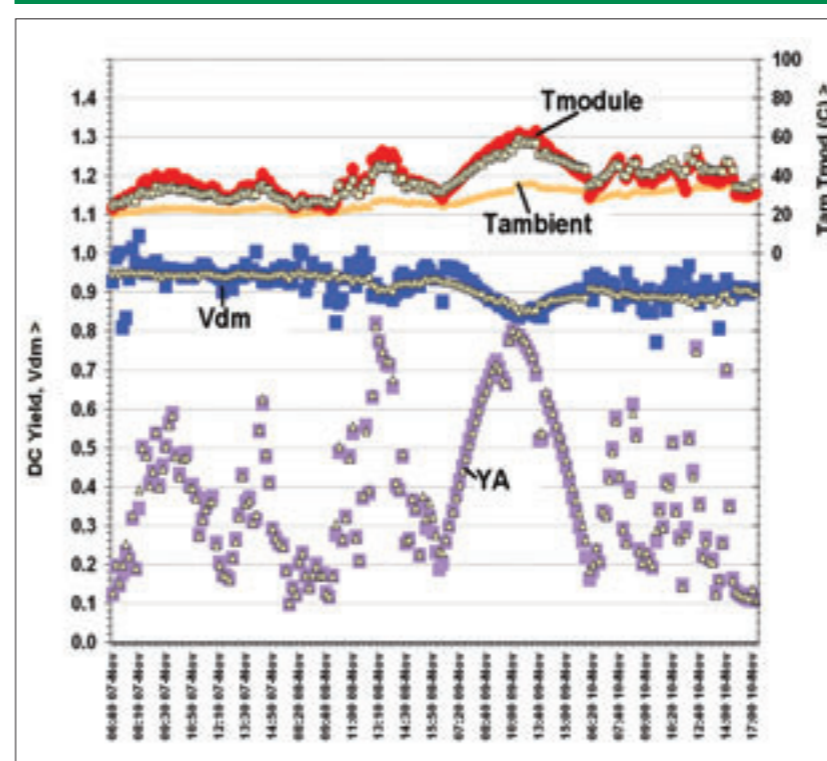
- eine Überschätzung des Beitrags niedriger Lichtintensitäten
- eine Unterschätzung des Beitrags hoher Lichtintensitäten.

Measurement data at much more frequent intervals than hourly in both Sydney and Kassel show that averaging to hourly values distorts the actual energy versus irradiance curve and

- overestimates the low light level contribution
- underestimates the effect of high light levels.

ÜBERPRÜFUNG DER OPTIMALEN LEISTUNG MIT EMPIRISCHEN FORMELN

Optimum performance checking with empirical formulae



Zum Vergleich und zur Charakterisierung von Modulen wurden empirische Formeln für Tmodule, die Gleichspannung (Vdm) und den Gleichstromertrag verwendet. Es wurde die optimale Generatorleistung als Funktion der Bestrahlungsstärke, der Umgebungstemperatur und der Windgeschwindigkeit berechnet, um auf diese Weise Fehler zu lokalisieren und die sachgemäße Installation zu überprüfen.

Gemessene und vorhergesagte Modulleistung als Funktion der Zeit in Australien bei wechselnden Wetterbedingungen; von oben nach unten sind Tmodule, Tambient, Vdm und DC Energieertrag YA zu sehen.

Empirical formulae for Tmodule, DC Voltage (Vdm) and DC Yield have been used to compare and characterise modules and then predict the optimum array performance vs irradiance, Tambient and wind speed, to identify faults and check for satisfactory installation.

Measured and predicted performance of module versus time in Australia under varying weather conditions showing from top to bottom Tmodule, Tambient, Vdm, DC Yield YA.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

- 1) Die Studien an den Modulen BP 7180 und BP 3160 zeigen deren gute Wirkungsgrade auch bei niedriger Lichtintensität und bei diffuser Licht.
- 2) Solarmodule liefern die bestmögliche Energieausbeute über die Lebensdauer, wenn sie hohe Wirkungsgrade unter den verschiedensten Wetterbedingungen und lange Garanzzeiten besitzen.
- 3) Das gemessene Wirkungsgrad-Verhältnis der höchsten (monokristallines Si) und niedrigsten (amorphes Si) beträgt annähernd 3:1, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Energieproduktion pro Quadratmeter kWh/m².

Conclusions

- 1) Studies on modules such as the BP 7180 and BP 3160 confirm their good efficiencies even at low light levels and under high diffuse light conditions.
- 2) The highest kWh/lifetime values are obtained from modules with high efficiency at all meteorological conditions seen by the array and with the longest guarantees (e.g. 25+ years).
- 3) The ratios of highest (mono crystalline Si) to lowest (amorphous Si) module efficiencies measured is nearly 3:1 which shows in the kWh/m² produced.

REFERENZEN

Mehr als 70 BP Solar Veröffentlichungen seit 2000 sind auf der folgenden Internetseite:

More than 70 of BP Solar's papers since 2000 are on the following website :

<http://www.bpsolar.com/techpubs>

References

DANKSAGUNGEN

Der Autor bedankt sich hiermit ausdrücklich bei Peter Funtan (ISET), Stephen Poropat (BP Solar Australien), Kai Deponte und Hannah Heinevetter (BP Solar Hamburg) und andere Mitarbeiter der BP Solar weltweit.

The author would like to acknowledge the assistance of Peter Funtan (ISET), Stephen Poropat (BP Solar Australia), Kai Deponte and Hannah Heinevetter (BP Solar Hamburg) and other BP Solar staff worldwide for their help in this work.

Acknowledgements