



Angelika Schito

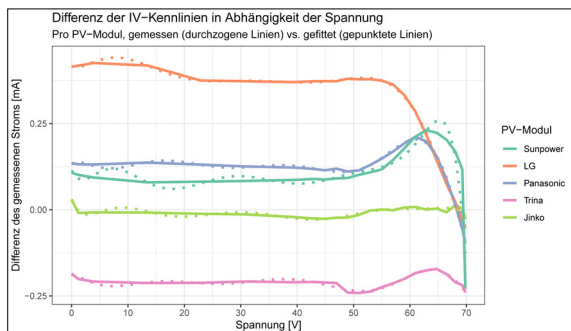
|                |  |
|----------------|--|
| Diplomandin    | Angelika Schito  |
| Examinator     | Prof. Christof Biba  |
| Experte        | Michael Beer, Photovoltaik-Service Beer, Weimar (Lahn), HE |
| Themengebiet   | Elektrische Solartechnik (PV, Wind, H2)                    |
| Projektpartner | SUPSI - Gabriela Friesen, Tessin, TI                       |

## Validierung der Leistungsmessung neuer PV-Modulgenerationen durch einen empirischen Vergleich in zwei Messlaboratorien

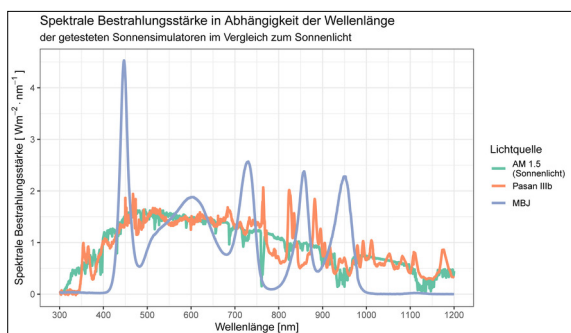


Mobiles Testlabor der HSR zur Messung von IV-Kennlinien von Photovoltaik-Modulen.

HSR SPF «Industrietag: Solartechnik für Wärme und Strom»2016



Positive Werte bedeuten, dass mit dem Pasan IIIb MBJ ein höherer Strom als mit dem MBJ gemessen wurde. Eigene Darstellung



Je grösser die Abweichung der Spektren der Sonnensimulatoren zum Sonnenlicht, desto grösser der spektrale Mismatch. Eigene Darstellung

**Problemstellung:** Immer effizientere Photovoltaik-Module (PV-Module) und neue Technologien bringen Messlabors bei Messungen der Strom-Spannungs-Kennlinien (IV-Kennlinien) an ihre Grenzen, da deren Testapparatur meistens auf eine PV-Modultechnologie optimiert ist. Hinzu kommt, dass Testinstitutionen niedriger Güteklasse (MBJ der HSR, Abbildung oben) sich wünschen, Messunsicherheiten so präzise bestimmen zu können wie ein Messlabor hoher Güteklasse (Pasan IIIb der SUPSI). Die durchgeführte Bachelorarbeit greift dieses Problem auf, indem bei fünf PV-Modulen unterschiedlicher Technologie die IV-Kennlinien in zwei Messlabors bestimmt und miteinander verglichen wurden. Dabei sollte untersucht werden, welche Parameter einen Einfluss auf die Messgenauigkeit haben und welche Korrekturen zwischen den Labors angewandt werden können.

**Vorgehen / Technologien:** Dazu wurden die spektrale Empfindlichkeit und die Kapazität der PV-Module bestimmt, um Rückschlüsse auf deren Einwirkung auf die IV-Kennlinienmessung nachzuvollziehen. Der spektrale Mismatch wurde für beide Labors bestimmt, was es anschliessend erlaubte, die Eckwerte der IV-Kennlinie zu vergleichen. Diverse statistische Tests wurden durchgeführt, um zu ermitteln, welche Vorgehensweisen oder Parameter zu signifikanten Unterschieden in Bezug auf die Messresultate führten oder welche Modelle bevorzugt werden sollten. Eine Besonderheit der durchgeführten Bachelorarbeit ist, dass zur Korrektur der autoregressiven Struktur in den IV-Kennlinien erstmalig eine AR-1-Korrektur vorgenommen wurde, um die IV-Kennlinien miteinander zu vergleichen.

**Ergebnis:** 1) Die IV-Kennlinien der PV-Module unterscheiden sich zwischen den Technologien und zwischen den Messlabors voneinander. Die Abbildung in der Mitte zeigt, dass beide Labors auf Standard-Silizium-PV-Module (Jinko) ausgerichtet sind und diese mit kleinen Abweichungen messen. Neuere Technologien hingegen werden im einen oder anderen Labor genauer oder ungenauer gemessen. Die ermittelten Abweichungen lassen sich über eine Korrekturformel (gestrichelte Linie) mit einer Genauigkeit von bis zu 99.9% nachbilden.

2) Wird das Sonnenlicht im Messlabor nicht wahrheitsgetreu simuliert, entsteht eine verzerrte IV-Kennlinie und somit ein spektraler Mismatch (Abbildung rechts). Auch wenn durch dessen Berücksichtigung die Werte der IV-Kennlinie wahrheitsgetreu abgebildet werden, konnte immer noch ein Unterschied zwischen den Labors nachgewiesen werden.

3) Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Leistung, der Kapazität und dem Messfehler. Je grösser die Leistung des PV-Moduls, desto grösser ist die Messabweichung zwischen den untersuchten Labors. Dies hängt mit den unterschiedlichen Messverfahren der beiden Testapparate zusammen: Während die Messung der IV-Kennlinie mit dem MBJ an einem Stück erfolgt, misst der Pasan IIIb die IV-Kennlinie in Teilstücken und fügt diese zusammen. Dieser Unterschied wird bei kapazitiven PV-Modulen hoher Maximalleistung umso bemerkbarer.

Fazit: Die Mismatch-Korrektur sollte bei jedem Messlabor vorgenommen werden, da somit die Messunsicherheit verringert wird. Eine Folgestudie könnte untersuchen, durch welche Formel sich dieser Einfluss der Kapazität auf das Messergebnis korrigieren lässt.