



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences



Messen von farblich angepassten PV-Modulen

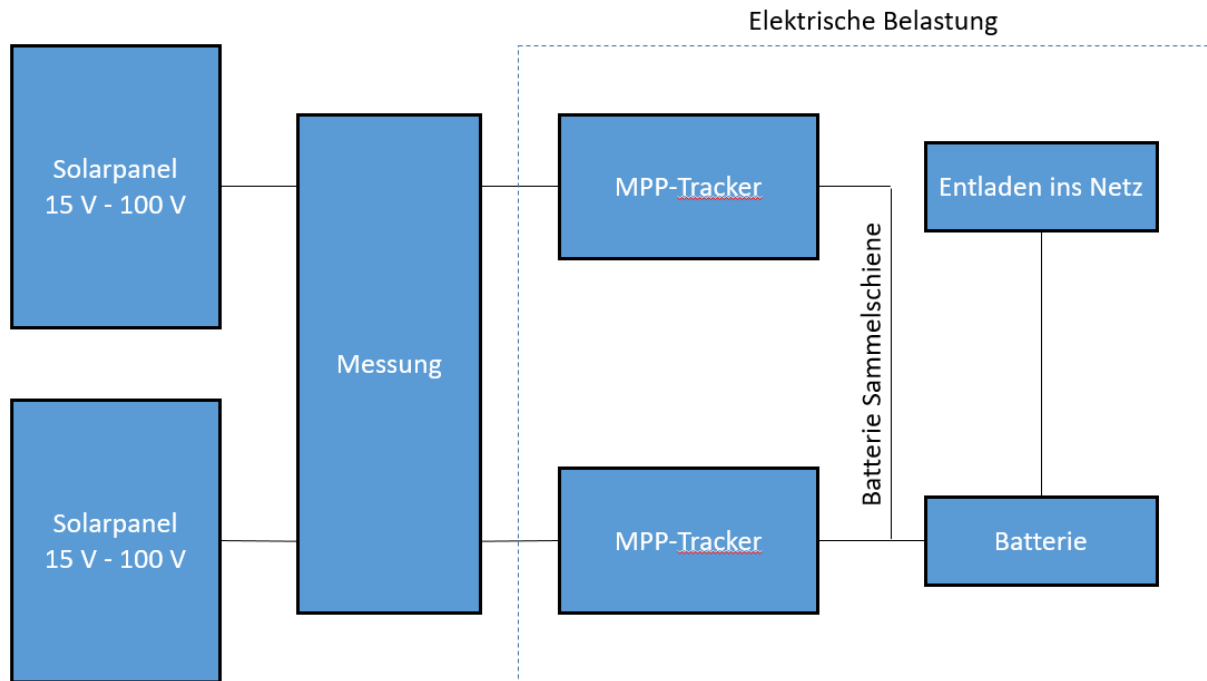
Projektarbeit

F.Berger, V.Fischer, M.Hofer

Unsere Module

- ▶ Referenzmodule
 - ▶ Siemens SM55
- ▶ Swissinso (Kromatix)
 - ▶ Blau
 - ▶ Terracotta
- ▶ Megasol (Innenseitiger Digitaldruck)
 - ▶ Dunkelgrün
 - ▶ Hellgrün
 - ▶ Grau

Messaufbau Prinzip



Prinzip:

- ▶ MPP-Tracker grosser Spannungsbereich
- ▶ «Batteriewechselrichter»
- ▶ Entladeregulierung entfällt
- ▶ Energie kann genutzt werden

Messung:

- ▶ Spannung
- ▶ Strom
- ▶ Temperatur
- ▶ Sonneneinstrahlung

Auswertung von Flashermessung

- ▶ Vorgängig durchgeführt bei jedem PV-Modul
- ▶ Diagramm erstellt
- ▶ Kurzschlussstrom, Leerlaufspannung und Nennleistung im MPP
- ▶ Vergleich der Flashermessungen mit Datenblätter

$$\eta_1 = \frac{100\% * P_{MPP-Flasher}}{P_{MPP-Datenblatt}}$$

Resultat

1.	Swissinso Blau	10.85%	Hersteller: 4%
2.	Swissinso Terracotta	16.08%	Hersteller: 14%
3.	MegaSol2 Dunkelgrün	20.81%	Hersteller: ca.20%
4.	MegaSol1 Grau	27.77%	Hersteller: ca. 20%
5.	MegaSol3 Hellgrün	33.68%	Hersteller: ca. 20%

Leistung bei maximaler Einstrahlung

- ▶ Zeitpunkt der ausgewerteten Messung: 09.12.2016 um 12:00 Uhr.
- ▶ Maximal gemessener Wert mit Pyranometer: 908W/m^2 .
- ▶ Berechnung der Leistung aus der Strom- und der Spannungsmessung
- ▶ Um die PV-Module Verglichen zu können, wurde die Leistungsdichte von jedem PV-Modul berechnet.

Resultate

- | | | |
|----|------------------------------|-----------------------|
| 1. | MegaSol2 Dunkelgrün | 122.9W/m ² |
| 2. | Swissinso Blau | 110.3W/m ² |
| 3. | MegaSol1 Grau | 106.5W/m ² |
| 4. | Siemens SM55 (zwei in Serie) | 103.7W/m ² |
| 5. | Swissinso Terracotta | 102.6W/m ² |
| 6. | MegaSol3 Hellgrün | 102.0W/m ² |

Vergleich Wirkungsgrad Flasher / Messungen

- ▶ Auswertung über die Energie
- ▶ Zeit 11:30 bis ca. 17:00

- ▶ Energiedichte:
$$E_{Pyranometer} = \sum \frac{P_{Pyranometer}}{1 \cdot m^2} * \Delta t$$

- ▶ Energiedichte:
$$E_{PV-Modul} = \sum \frac{P_{PV-Modul}}{Modulfläche} * \Delta t$$

- ▶ Modulwirkungsgrad:
$$\eta_{Modul} = \frac{E_{PV-Modul}}{E_{Pyranometer}}$$

- ▶ Durchschnittlicher Ertrag Pyranometer sonniges Wetter: 3073.7Wh/Messtag
- ▶ Durchschnittlicher Ertrag Pyranometer schlechtes Wetter: 444.4Wh/Messtag

Resultate

2*Siemens SM55	Modulwirkungsgrad
Modulwirkungsgrad Flashermessung	11.66%
Modulwirkungsgrad sonniges Wetter	11.49%
Durchschnittlicher Ertrag	353Wh
Modulwirkungsgrad schlechtes Wetter	6.12%
Durchschnittlicher Ertrag	34.9Wh

Swissinso Blau	Modulwirkungsgrad
Modulwirkungsgrad Flashermessung	12.12%
Modulwirkungsgrad sonniges Wetter	12.3%
Durchschnittlicher Ertrag	378Wh
Modulwirkungsgrad schlechtes Wetter	12.35%
Durchschnittlicher Ertrag	55Wh

Swissinso Terracotta	Modulwirkungsgrad
Modulwirkungsgrad Flashermessung	11.4%
Modulwirkungsgrad sonniges Wetter	11.4%
Durchschnittlicher Ertrag	350Wh
Modulwirkungsgrad schlechtes Wetter	10.2%
Durchschnittlicher Ertrag	48.4Wh

Megasol1 Grau	Modulwirkungsgrad
Modulwirkungsgrad Flashermessung	12.12%
Modulwirkungsgrad sonniges Wetter	12.14%
Durchschnittlicher Ertrag	373Wh
Modulwirkungsgrad schlechtes Wetter	9.31%
Durchschnittlicher Ertrag	47.5Wh

Megasol2 Dunkelgrün	Modulwirkungsgrad
Modulwirkungsgrad Flashermessung	13.23%
Modulwirkungsgrad sonniges Wetter	13.64%
Durchschnittlicher Ertrag	419Wh
Modulwirkungsgrad schlechtes Wetter	18.26%
Durchschnittlicher Ertrag	74.9Wh

Megasol2 Hellgrün	Modulwirkungsgrad
Modulwirkungsgrad Flashermessung	11.1%
Modulwirkungsgrad sonniges Wetter	11.51%
Durchschnittlicher Ertrag	354Wh
Modulwirkungsgrad schlechtes Wetter	11.1%
Durchschnittlicher Ertrag	51.5Wh

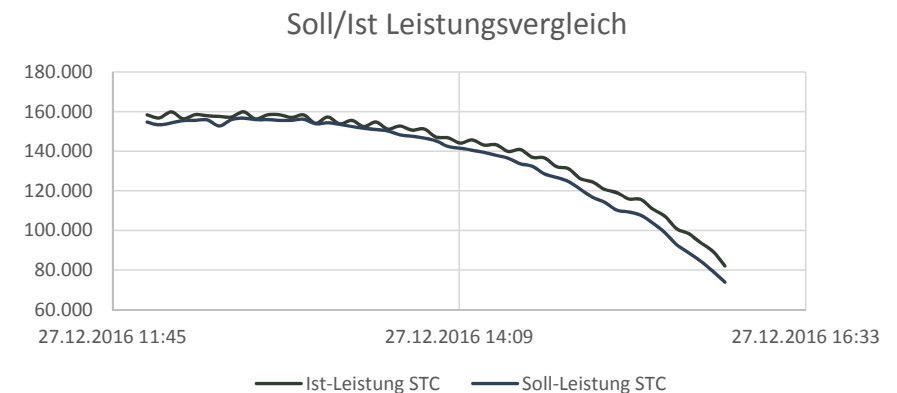
Verhalten bei geneigtem Einstrahlungswinkel

- ▶ Mindeste Sonneneinstrahlung: $400 \frac{W}{m^2}$ damit möglichst kleine Messfehler
- ▶ Zeit 12.12.2016 um 15:50 (Einstrahlung $400.1 \frac{W}{m^2}$)

- ▶ $\eta_{Flasher}$ gemäss den Flashermessung

- ▶
$$\eta_{Modul_nach_Abzug} = \frac{E_{PV_Modul} - Max_relativer_Messfehler}{E_{Pyranometer}}$$

- ▶
$$p_{Modul} = \left(1 - \frac{\eta_{Modul_nach_Abzug}}{\eta_{Flasher\ Messung}} \right) * 100\%$$

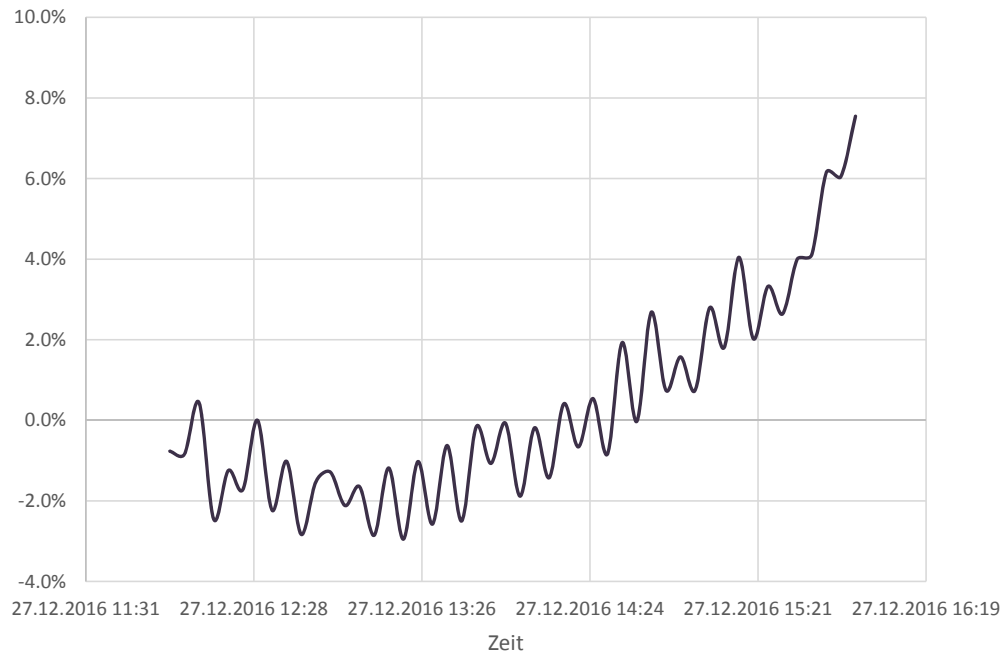


Resultate

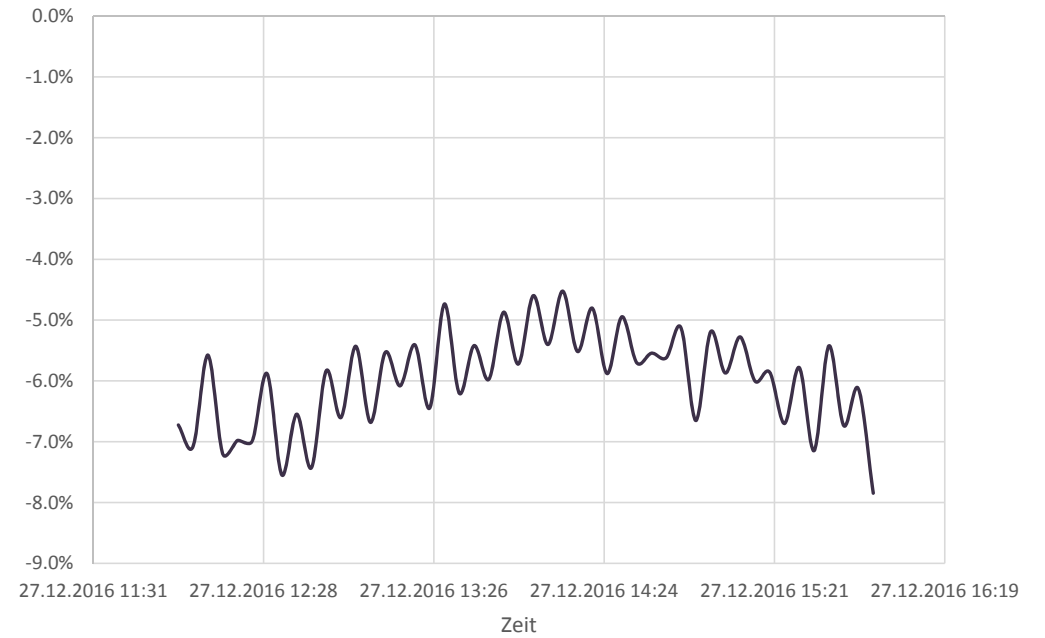
1.	MegaSol3 Hellgrün	7.1%
2.	MegaSol2 Dunkelgrün	5.1%
3.	MegaSol1 Grau	1.8%
4.	Swissinso Blau	0.8%
5.	Siemens SM55 (zwei in Serie)	-3.5%
6.	Swissinso Terracotta	-5.6%

Resultat Tendenz

Wirkungsgrad Änderung Megasol3 Hellgrün



Wirkungsgrad Änderung Swissinso Terracotta



Fazit

- ▶ Leistungseinbussen
- ▶ Leistung bei Maximaler Einstrahlung
- ▶ Vergleich Wirkungsgrad vom Flasher mit Messungen
- ▶ Wirkungsgrad in Abhängigkeit vom Einstrahlungswinkel
- ▶ Resultate sind nur für Module von Megasol und Swissinso Aussagekräftig