



**PV-
Wechselrichter-
und PV-Speicher -
Tests am
akkreditierten PV
Wechselrichter-
Testlabor der BFH**

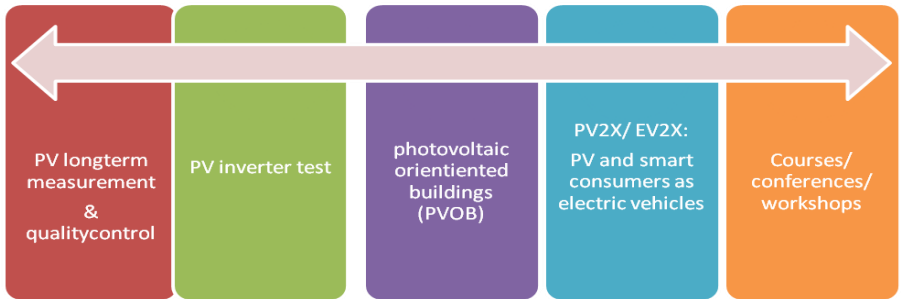


Urs Walter Muntwyler
Professor Photovoltaik/ Leiter PV Labor
Berner Fachhochschule Technik- und Informatik/ Burgdorf



PV Labor BFH – TI (Burgdorf)

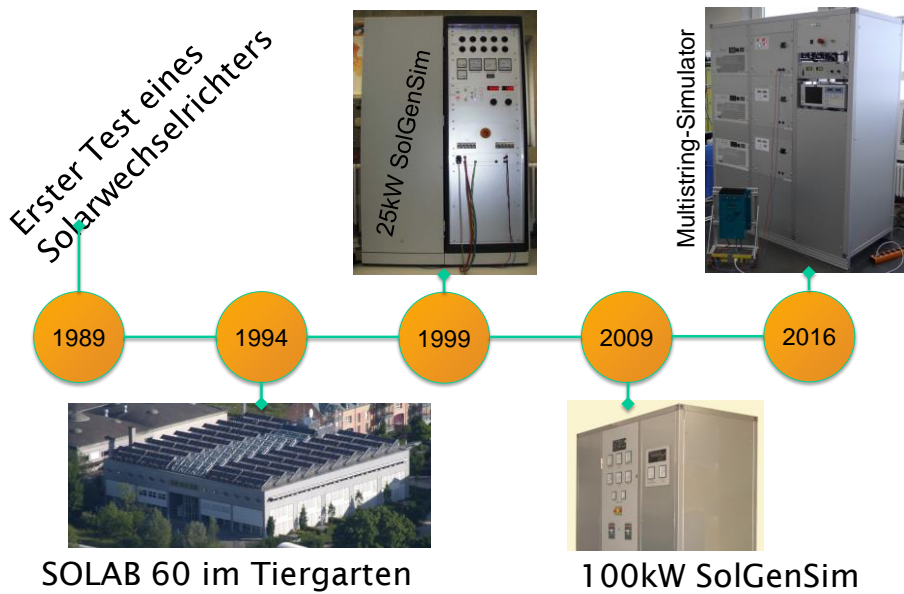
- ▶ Leiter: Professor Urs Muntwyler
- ▶ 12-15 Assistenten und Wiss. Mitarbeiter
- ▶ Institut Energie und Mobilität IEM
- ▶ Energy Storage + Research Center ESReC
- ▶ website: www.pvtest.ch



SCCER-FURIES Partner (2014-20)
<http://sccer-furies.epfl.ch/>



Kurze Geschichte des WR – Testlabors

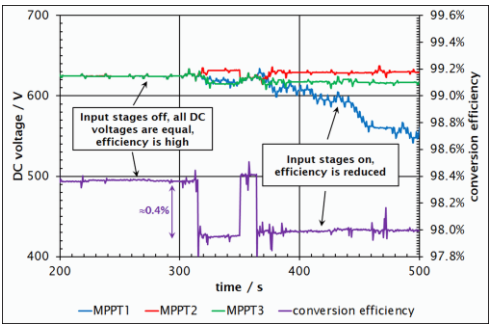


Technik und Informatik, Institut für Energie und Mobilität / Photovoltaik Labor – www.pvtest.ch

Multistring WR Teststand

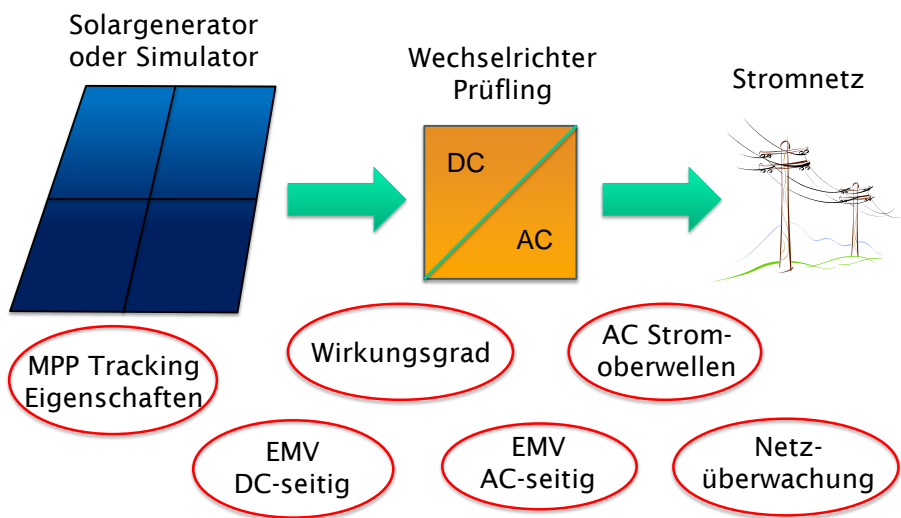


Neuer Multistring WR Teststand mit drei Ausgängen für Wechselrichter mit bis 3 Maximum Power Tracker (MPT's) im PV Testlabor der BFH - TI in Burgdorf!



Messung eines Multistring WR mit unterschiedlichen Strings zeigt Verbesserungspotential – Vorschlag für Multi-String Testnorm publiziert!

Was wird getestet?



Projekt: Akkreditierung PV-Inverter



PV LAB der BFH erhielt die Akkreditierung für den PV Inverter Test nach 5 Jahren Vorbereitung am 19. Sept. 2017 – Finanzierung: BFE/ BFH/ SCCER-Furies – Akkreditierungsaufwand: >sFR. 800'000.--!

Räumlichkeiten und Einrichtungen



Umzug SolGenSim vom Keller
ins Erdgeschoss T014a –
Gebäude «Tiergarten»



Zutrittsregelung
erforderlich

Akkreditierte Bereiche



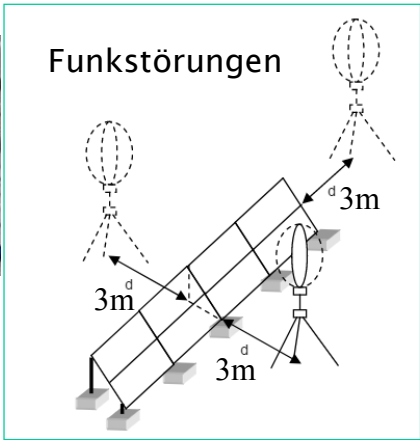
- ▶ EN 50530 (IEC 50530)
 - ▶ **Gesamtwirkungsgrad** von Photovoltaik-Wechselrichtern
- ▶ EN 61000-3-2 (IEC 61000-3-2)
 - ▶ **EMV**: Störaussendungen durch Oberschwingungsströme ins Stromnetz
Teil 3-2: Grenzwerte – Grenzwerte für Oberschwingungsströme
(Geräte- Eingangsstrom **$\leq 16 \text{ A je Leiter}$**)
- ▶ EN 61000-3-12 (IEC 61000-3-12)
 - ▶ **EMV**: Störaussendungen durch Oberschwingungsströme ins Stromnetz
Teil 3-12: Grenzwerte – Grenzwerte für Oberschwingungsströme,
verursacht von Geräten und Einrichtungen mit einem Eingangsstrom **$> 16 \text{ A und } \leq 75 \text{ A je Leiter}$** , die zum Anschluss an öffentliche
Niederspannungsnetze vorgesehen sind
- ▶ CISPR 11 (EN 55011)
 - ▶ **Funkstörungen** durch elektromagnetische Wellen
Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Geräte –
Funkstörungen - Grenzwerte und Messverfahren

Durchgeführte Tests und Ergebnisse

- Gemessen wurden leitungsgebundene und emittierte Störungen

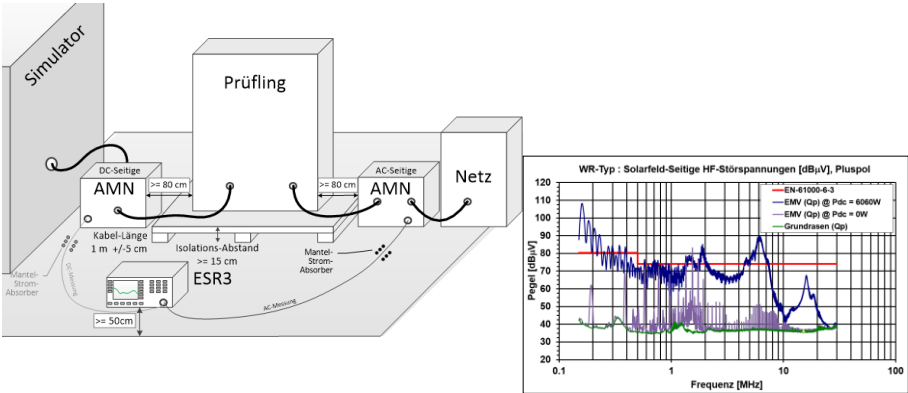


leitungsgebundene
Störungen



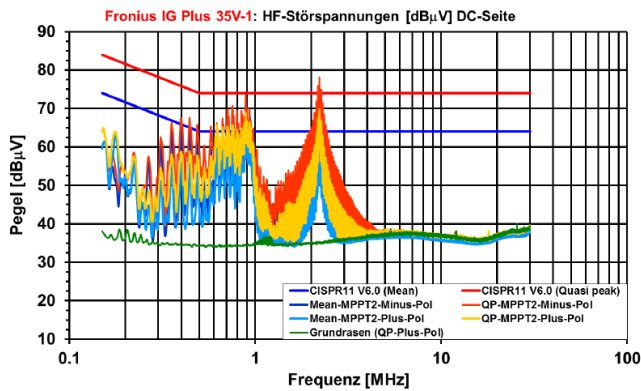
EMV-Normen

- Wie:
Kontrolle des Störpegels mittels Festlegung von
Messanordnungen, -prozeduren und Grenzwerten.



Leitungsgebundene Störungen (DC)

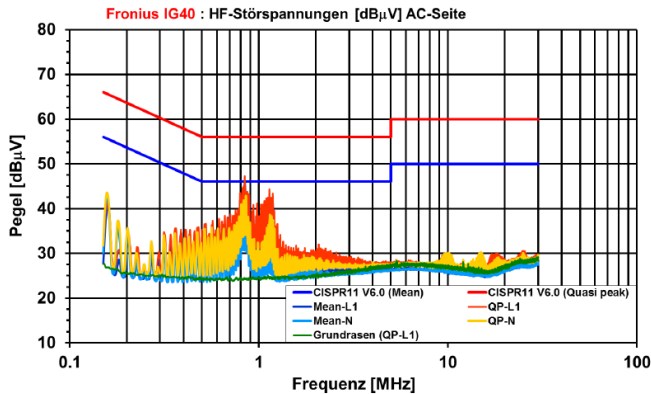
DC-seitig wurden die Grenzwerte von wenigen Geräten überschritten.



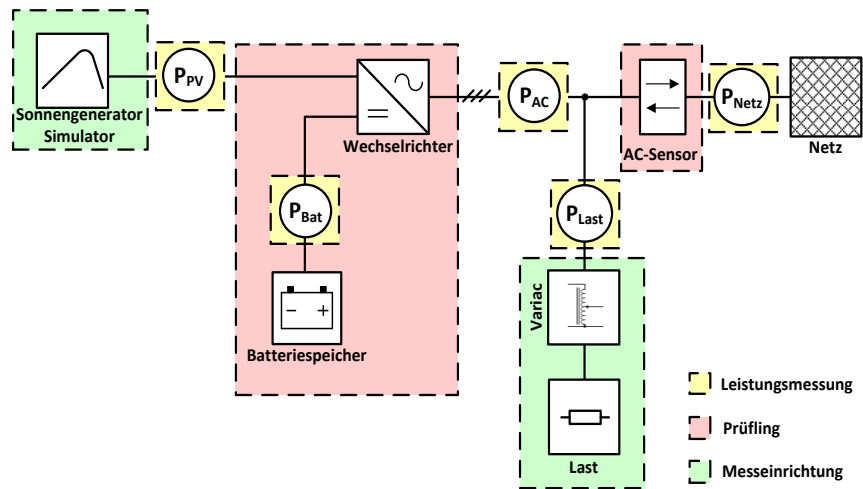
Dieses Gerät wurden 5 Jahre vor der Inkraftsetzung der DC-seitigen Grenzwerte hergestellt.

Leitungsgebundene Störungen (AC)

- ▶ AC-seitig konnten sämtliche Geräte die Grenzwerte einhalten.



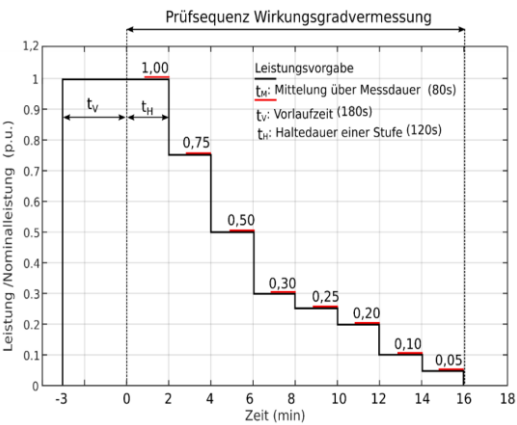
Messung von PV Speichersystemen



Viele mögliche Energiepfade erfordern gleichzeitige schnelle Leistungsmessungen

Wirkungsgrade der Energiepfade

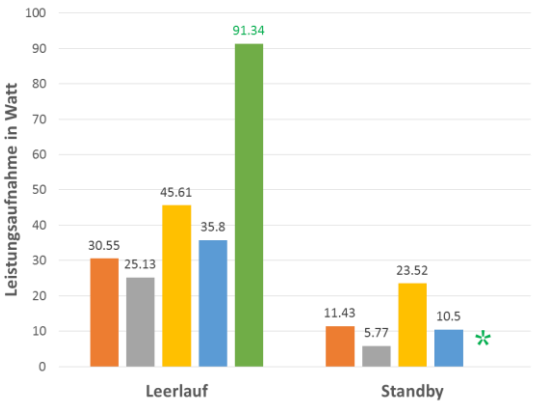
- ▶ Prüfung erfolgt durch Vorgabe eines PV-Profiles und Lastprofils bei mittlerem SOC oder bei maximalem SOC
- ▶ Prüfung mit Nominalleistung und 7 Teillaststufen
- ▶ Bei PV2BAT und PV2AC erfolgt Prüfung bei nom., min. und max. MPP-Spannung
- ▶ Messdauer über 80 Sekunden am Ende jeder Stufe



Treppenprofil zur Ermittlung der Pfadwirkungsgrade PV2BAT, BAT2AC, PV2AC, BAT2AC

Leistungsaufnahme Leerlauf + Standby

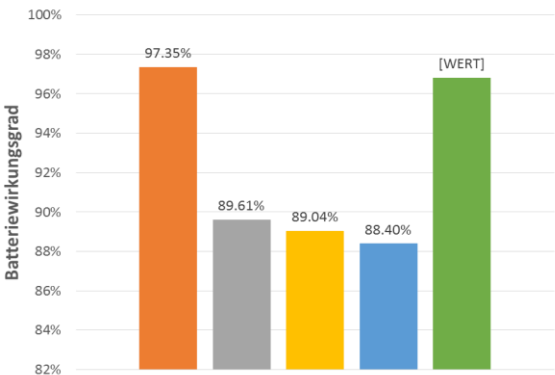
- ▶ Durchschnittlicher Leerlaufverbrauch zwischen 25-45 W.
- ▶ 91 Watt Verbrauch als Höchstwert.
- ▶ Im Stand-by Betrieb reduziert sich der Verbrauch um Faktor 2 bis 5.
- ▶ Das grüne System* hat gar keinen Stand-by Betrieb!



Technik und Informatik, Institut für Energie und Mobilität / Photovoltaik Labor – www.pvtest.ch

Batteriewirkungsgrad

- ▶ Wirkungsgrad zwischen 88.4 % - 97.35% -> Lithium Ionen!
- ▶ Wirkungsgrad bei nominaler Leistung
- ▶ Wirkungsgrad ist leistungsabhängig!
- ▶ Das braune System hat einen Vorteil durch seine kleine Nennleistung!

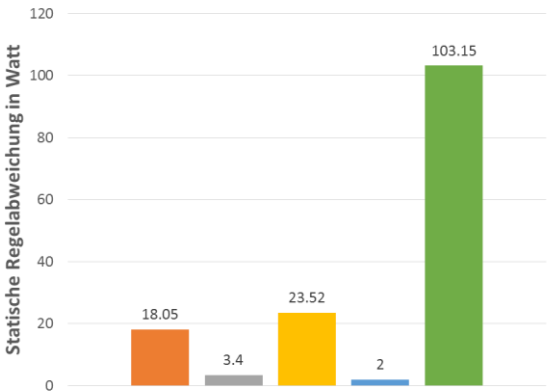


Wirkungsgrad bei nominaler Lade- und Entladeleistung (Ausnahme: grünes System wurde bei 50% der nominalen Leistung gemessen)

Technik und Informatik, Institut für Energie und Mobilität / Photovoltaik Labor – www.pvtest.ch

Statische Regelabweichung

- Die Regelgenauigkeit variiert von einigen Watt bis 100 Watt.
- Sie ist abhängig von der Systemgrösse!
- Das grüne System ist ca. doppelt so gross wie die anderen vier Systeme!



Je nach System wird die Leistung aus dem Netz bezogen oder eingespeist

Technik und Informatik, Institut für Energie und Mobilität / Photovoltaik Labor – www.pvtest.ch

Datenblatt mit allen Performance Angaben

System Information

Inverter

Battery

System Characterization

	PV2AC	PV2Bat	AC2Bat	Bat	Bat2AC	Bat2PV
Path of Energy Flow	✓	✓		✓	✓	

Energy Conversion

	Nominal Power	max. Efficiency
PV- Feeding (PV2AC)	3000 W	97.1%
Battery Charging (PV2Bat)	2400 W	96.6%
Battery (Bat)	2400 W	88.5%
Battery Discharging (Bat2AC)	2400 W	93.9%

Self Consumption

Normal Mode	38 W
Standby	14 W

System Regulation

Dead Time	2.5 - 5s
Regulation Time	22 - 35s

Output Power / Nominal Power	Bat2AC Efficiency (%)	PV2AC Efficiency (%)	PV2Bat Efficiency (%)
0%	~40%	~40%	~40%
20%	~90%	~90%	~90%
40%	~95%	~95%	~95%
60%	~97%	~97%	~97%
80%	~98%	~98%	~98%
100%	~99%	~99%	~99%

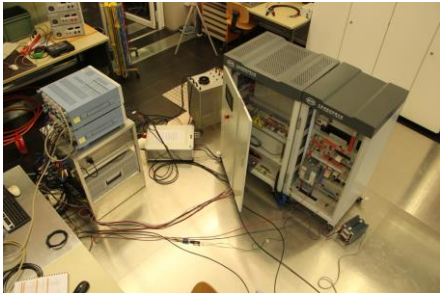


Technik und Informatik, Institut für Energie und Mobilität / Photovoltaik Labor – www.pvtest.ch

Messung von PV Speichersystemen

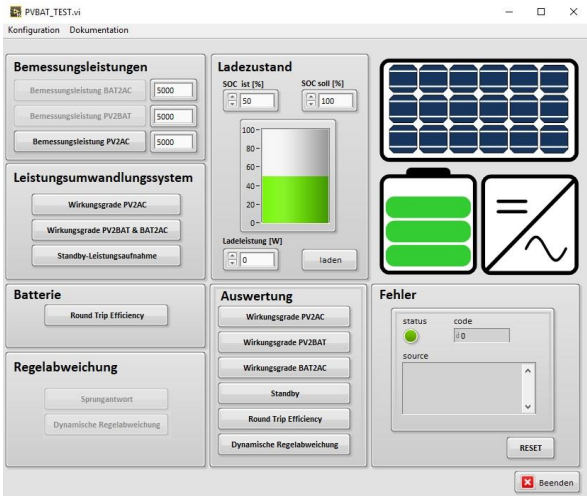


Ähnliche Messungen wie bei PV WR-Tests aber aufwendiger und zeitliche Verläufe die Tage dauern!



Standardisierter Test und Automatisierung nötig!

Die Prüfungssoftware «PVBAT TEST»



Projekt 2017-18 «Automatisierung des Prüfstandes»: Das finale Prüfprogramm zur automatischen Messung nach «Effizienzleitfaden»!

Effizienzleitfaden für PV-Speichersysteme

- ▶ Ausgabe 2017/ Version 2018
- ▶ Getrennte Messung der Energieeffizienz-Pfade:
 - ▶ PV2AC, PV2Bat, Bat2AC
- ▶ Battery “Round-Trip-Efficiency”
- ▶ Stand-by-Verbrauch
- ▶ Dynamisches Verhalten und Präzision der Systemregulierung



Bezug:
www.pvtest.ch

Ausblick

- Weiterentwicklung des PV Speichertests
- Entwicklung von einfachen Kennwerten
- Testnormen für Multistring-WR-Messungen
- PV WR- und PV-Speicherprüfstände für Industrie, Forscher und Anwender bereit!



Projekt: Nissan Leaf der PV LAB BFH – als bidirektionales PV Lade- und Entladeeinheit


Anfrage: bei
www.pvtest.ch oder Urs Muntwyler!

Zukunft: Messung von bidirektionalen E-Mobilen



In cooperation with the CTI

 **Energy**
Swiss Competence Centers for Energy Research

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Commission for Technology and Innovation CTI

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

3. PV Industrie Tag in Burgdorf am PV Labor der BFH Mittwoch 23. Januar 2019 – gratis für SCCER Teilnehmer und –Profis!

Kontakt: urs.muntwyler@bfh.ch

Info und Anmeldung auf: www.pvtest.ch!



Technik und Informatik, Institut für Energie und Mobilität / Photovoltaik Labor – www.pvtest.ch