

Effizienz und Effektivität von PV-Heimspeichersystemen Erfahrungen und Erkenntnisse aus Labortests

31. Symposium Photovoltaische Solarenergie

Christian Messner, Johannes Kathan, Johann Mayr

Energy Department

Electric Energy Systems

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Giefinggasse 2 | 1210 Vienna | Austria

T +43(0) 50550-6027 | M +43(0) 664 8251160 | F +43(0) 50550-6390

christian.messner@ait.ac.at | <http://www.ait.ac.at>

Motivation

■ Bedürfnisse des Käufers

- Nicht die “Katze im Sack” kaufen
- Validierte Angaben in Datenblättern
- Vergleichbarkeit zwischen Systemen



www.sprichwoerterbuch.de

■ Bedürfnisse der Industrie

- Differenzierung hochqualitativer Systeme
- Standardisierte Test-Prozeduren
- Optimierung der Produkte für die Anwendung



<http://www.i123rf.com>

■ Ziel & Lösungsansatz

- Entwicklung eines standardisierten Test-Portfolios für die Bewertung und Zertifizierung von PV-Heimspeichersystemen
- Prüfung erfolgt im Labor auf Gesamtsystemebene (Batterie, BMS, Leistungsumwandlungssystem, Regelung)



AIT-SmartEST Laboratory

Effizienz & Effektivität

Effektivität von PV-Heimspeichersystemen

- **Erhöhung des Eigenverbrauchs und der Autarkie, Senkung der Elektrizitätskosten**

- Systemdimensionierung (PV- und Batterieleistung / Batteriekapazität)
- Individuelles Erzeugungs- und Lastprofil des Nutzers
- Regelung - Energiemanagementsystem (EMS)
- Verluste vermindern die Effektivität

Systemgröße, sowie PV- und Lastprofil des Nutzers
bestimmt Betrieb im Teillastbereich und Standby-Zeit

Effizienz von PV-Heimspeichersystemen

- **Verlustarme Energieumwandlung**

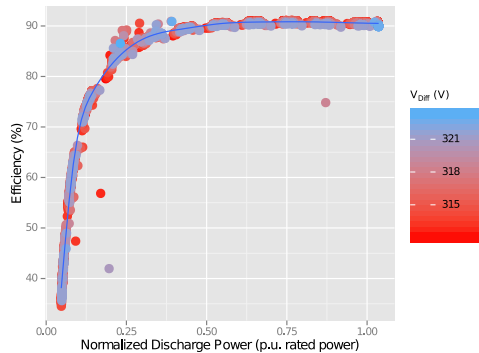
- Verluste des MPP-Trackings
- Verluste des Leistungsumwandlungssystems
- Verluste der Batterie



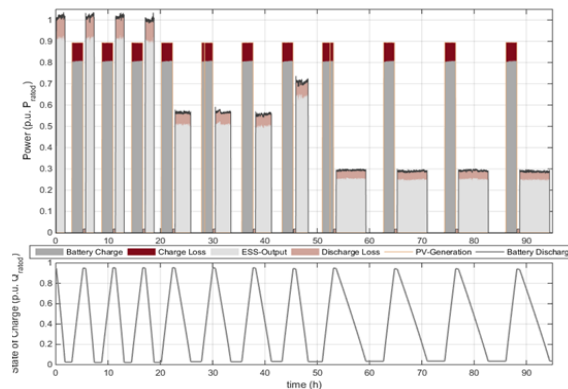
<http://www.iconarchive.com>

Test Portfolio – Ganzheitlicher Ansatz

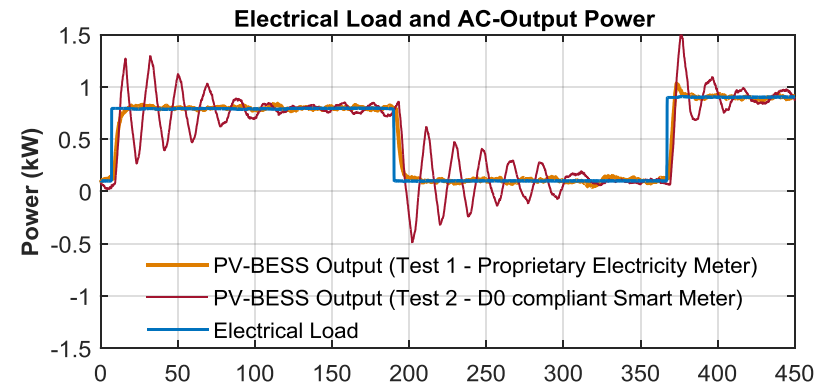
1. Bewertung der Effizienz des Leistungsumwandlungssystems



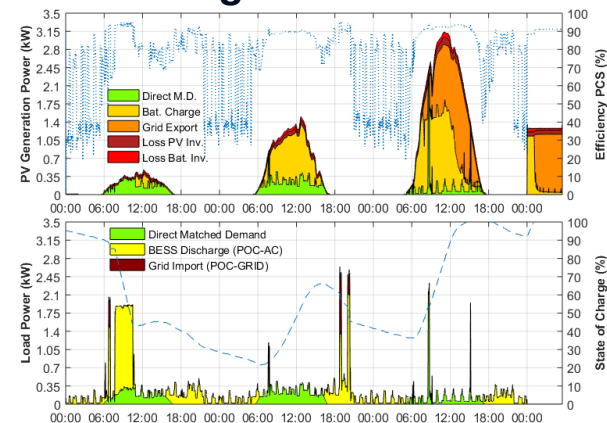
2. Generische Bewertung der Batterie- und Gesamtsystemeffizienz



3. Regelung und Energiemanagement



4. Effizienz und Effektivität in der Anwendung



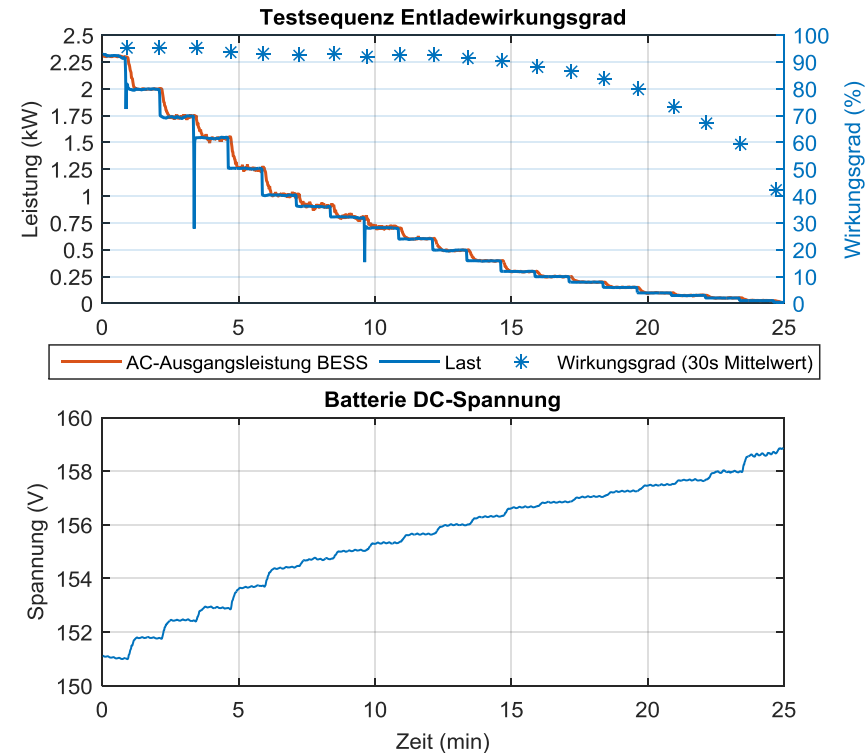
Wirkungsgrad Leistungsumwandlungssystem

■ Wirkungsgradbestimmung für Voll- und Teillast folgender Betriebsmodi:

- PV-Netzeinspeisung und MPPT
- Batterieladung aus PV-Erzeugung
- Batterieentladung zur Lastdeckung
- Standby Verbrauch

■ Herausforderungen Testgestaltung

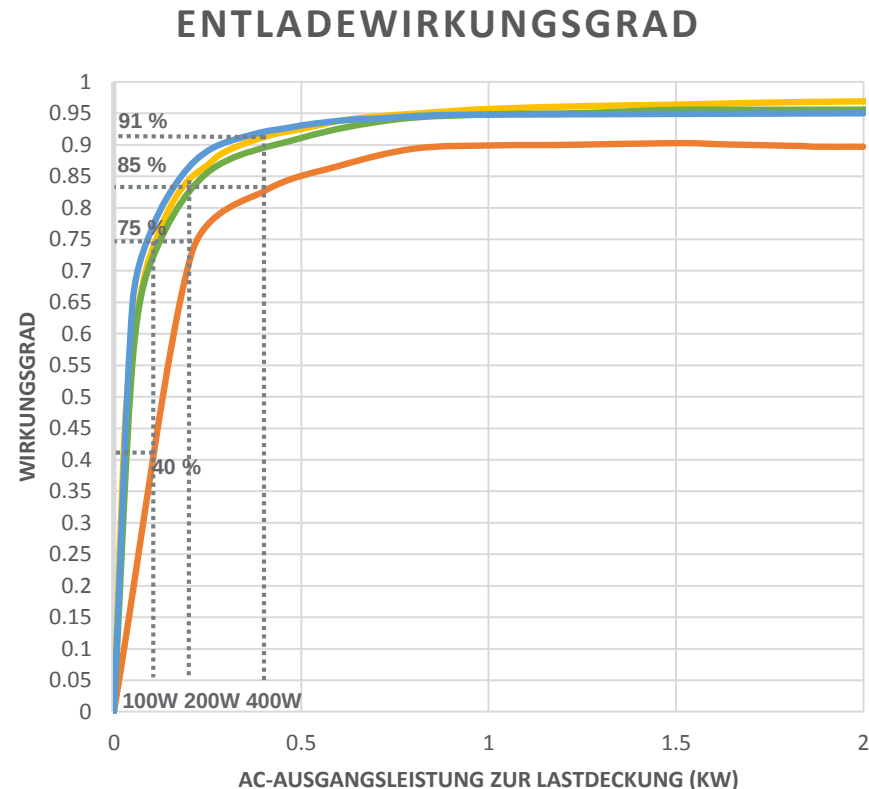
- Berücksichtigung unterschiedlicher Betriebsmodi des Systems
- Spagat zwischen Systemzustand und Messwertaussage
- Batteriespannung abhängig vom Ladegrad, Leistung, verbauter Batteriemodulanzahl



Wirkungsgrad Leistungsumwandlungssystem

■ Erkenntnisse Wirkungsgradbestimmung

- Effiziente Systeme weisen nur eine geringe Abhängigkeit von der Batteriespannung auf.
- Hoher “One-Way” - Spitzenwirkungsgrad Laden/Entladen $\eta \sim 98\%$ möglich
- Lade/Entladewirkungsgrad im Teillastbereich $< 400\text{ W}$ stark reduziert
Entspricht Verbrauch in der Anwendung!
- Große Unterschiede zwischen verschiedenen Systemen festgestellt
- Herausforderung für den Hersteller bei der optimalen Systemauslegung



■ Erkenntnisse Standby-Verbrauch

- Verschiedene Standby Modi
- Bezug von Batterie oder Netz
- Getestete Systeme $P = 20$ bis 70 W

- DC-gekoppeltes Niedervoltsystem (48 - 60 V)
- DC-gekoppeltes Hochvoltsystem (volle Batteriemodulanzahl $> 400\text{V}$)
- DC-gekoppeltes Hochvoltsystem (geringste Batteriemodulanzahl $< 200\text{V}$)
- AC-gekoppeltes Niedervoltsystem (48-60V)

Round-Trip Wirkungsgrad

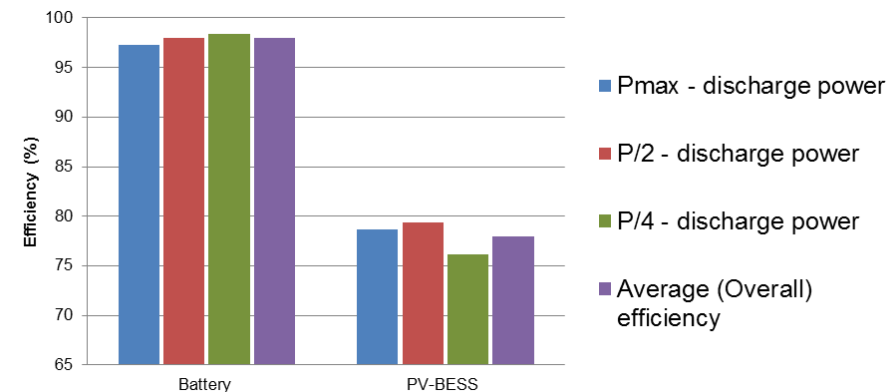
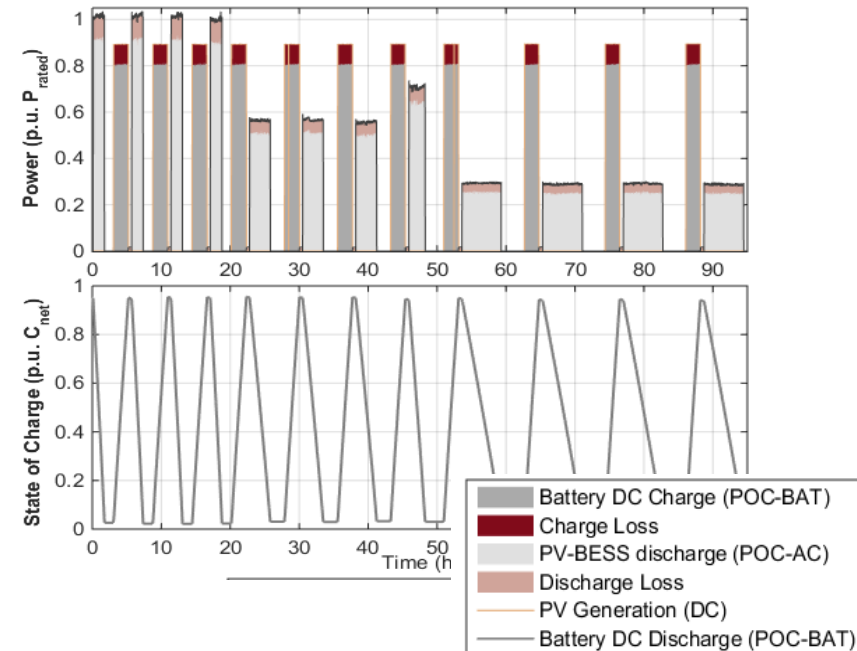
- **Generische Bestimmung der Batterie und Systemeffizienz**
 - Bei vollständigen Lade/Entladezyklen

$$\eta = E_{\text{entladen}} / E_{\text{geladen}}$$

- **Herausforderungen Testgestaltung**
 - Wirkungsgrad muss über mehrere Vollzyklen bestimmt werden (Abweichungen Ladegradbestimmung)
 - Mehrere Iterationsserien unterschiedlicher Entladeleistung

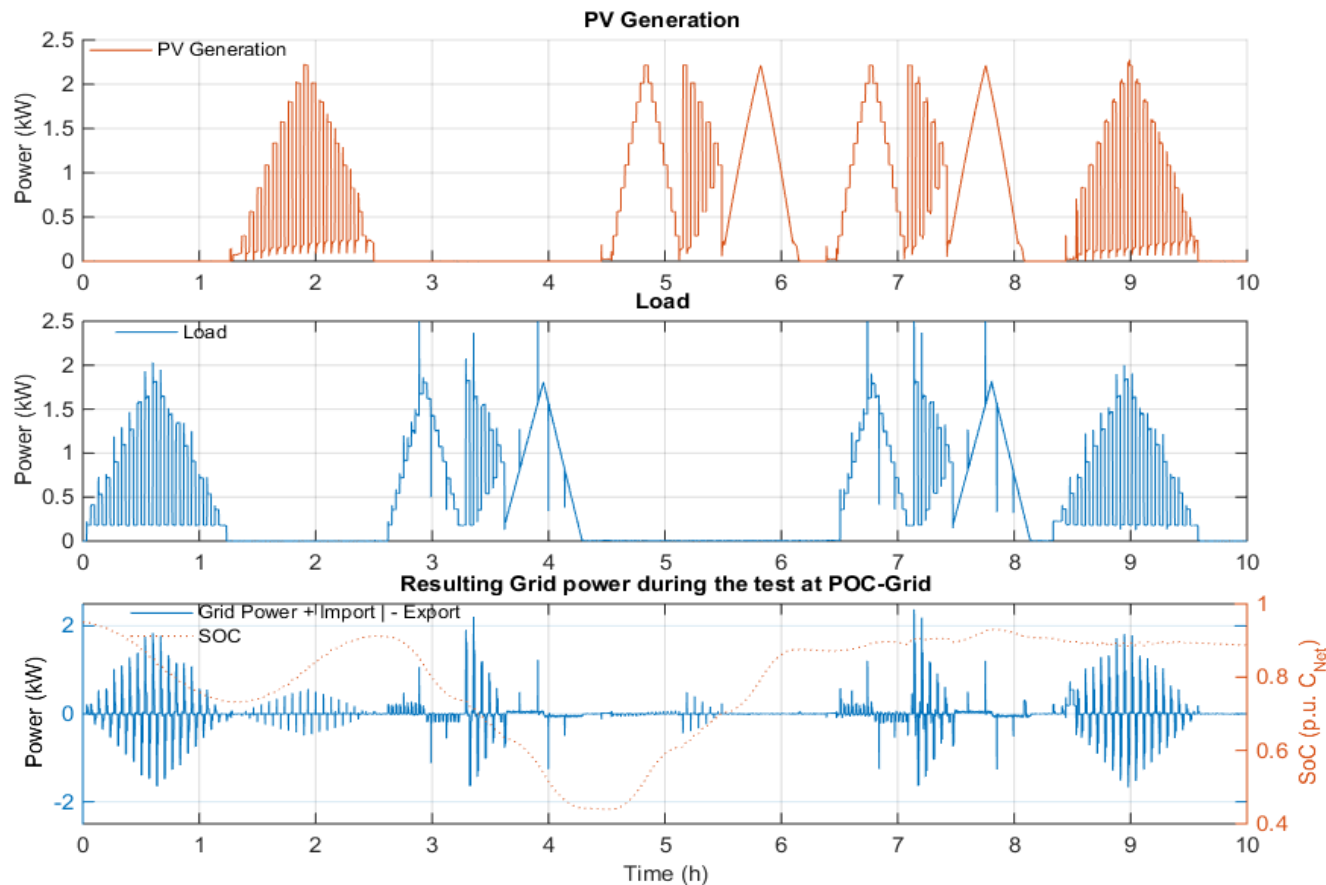
- **Erkenntnisse aus Testresultaten**

- Wirkungsgrad der Lithium-Ionen Batterie im Regelfall sehr hoch > 95 %
 - Systemwirkungsgrad durch Verluste im Leistungsumwandlungssystem (Lade/Entladeverluste!) stark verringert
 - Round-Trip Systemwirkungsgrad getesteter Systeme 60 – 90 %



Effektivität Regelung

- **Dynamische Testprofile: PV- und Lastsprünge, Stufen- und Rampen**
 - Prüfung erfolgt innerhalb der Grenzen des Ladegrades (SoC) und Batterieleistung
 - Betriebsmodus Speichersystem: Nullregelung der Netzleistung



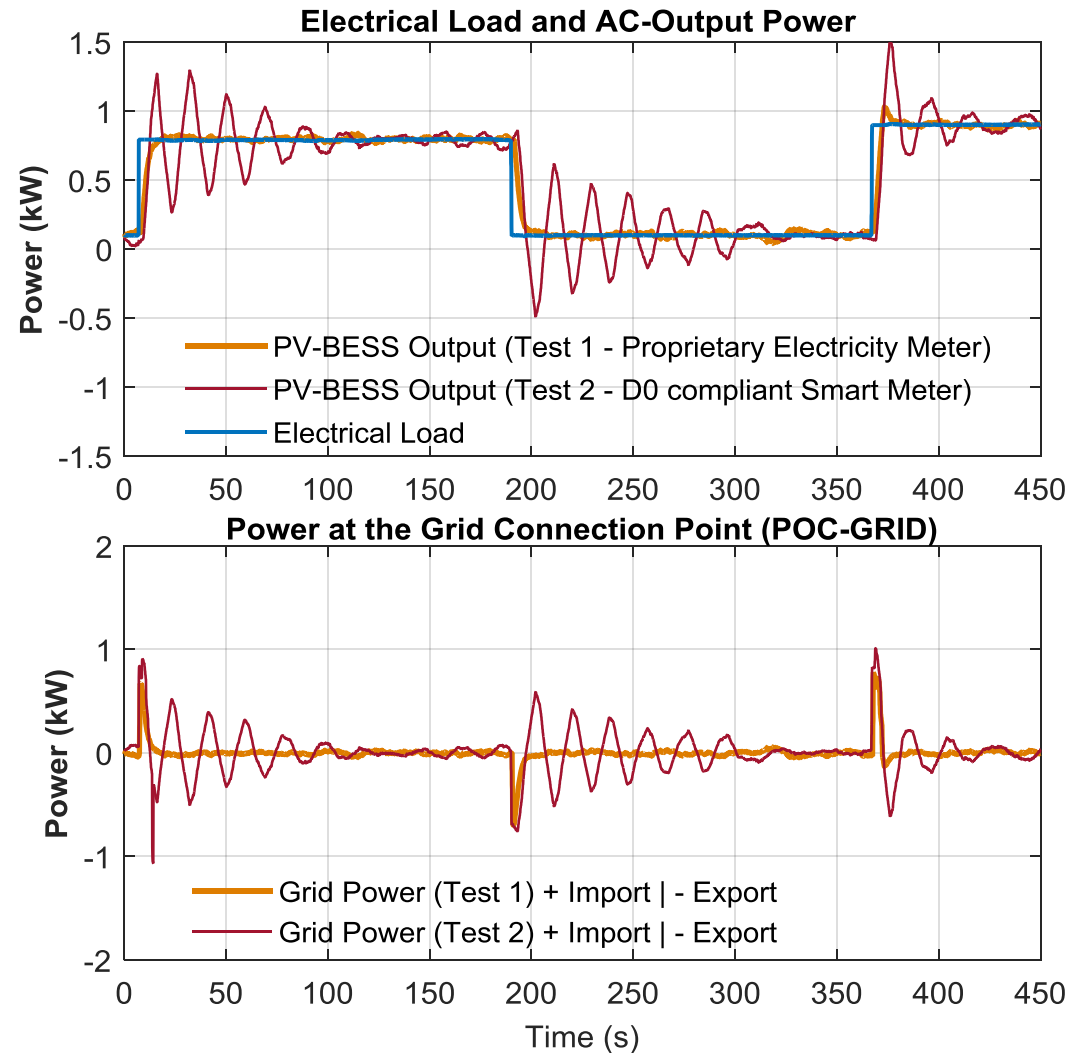
Effektivität Regelung

■ Bewertung

- Netzbezug/Einspeisung
- Einschwingzeit
- Genauigkeit

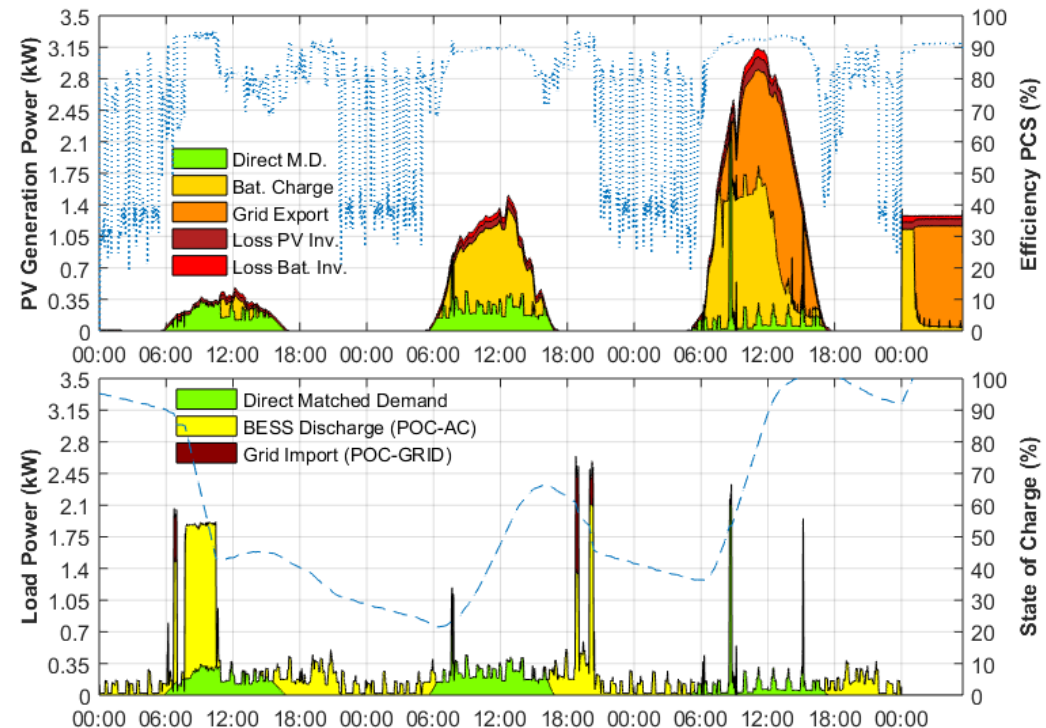
■ Erkenntnisse aus Testresultaten

- Großer Einfluss des Zählers (S0/D0...)
- Verzögerungszeit getesteter Systeme 5-30s
- Einschwingzeit (Oszillationen) bei schlechter Auslegung der Regelung deutlich länger
- Einschwingverhalten nicht konstant
- Zeitpunkt und Höhe des Lastsprungs hat Einfluss auf das Verhalten



Anwendungsnahe Tests

- **Effizienz und Effektivität in der Anwendung**
 - Test über mehrere Tage
 - Emulation von anwendungsnahe, realen PV- und Lastprofilen im Labor
- **Bewertung**
 - Steigerung des Autarkiegrads durch das Speichersystem
 - Effizienz des Gesamtsystems
 - Funktionelle mehrtägige Prüfung



Beispiel eines anwendungsnahe Tests
 3-Testtage mit anschließender Batterienachladung

Anwendungsnahe Tests

■ Herausforderungen

- Testprofil soll eine möglichst breite Masse an Nutzern repräsentieren
- Zeitliche Skalierbarkeit der Testresultate
- Systemeffizienz abhängig von Speichernutzung/Größe
 - Kleiner Speicher -> hohe Effizienz -> geringe Autarkie und vice versa

■ Lösungsansätze Testgestaltung und Analyse

- Mehrere Testprofile für verschiedene Nutzer bzw. Systemgröße
- Gewichtung aus Autarkiegrad und Effizienz

■ Weiterführende Analysen von PV- und Lastprofilen, bzw. Speicherdaten aus Feldtests für den Anwendungstest notwendig

- Ähnlich europäischen MPPT Wirkungsgrad: Einführung von gewichteten Wirkungsgraden hinsichtlich Leistungsverteilung (dynamische Gewichtungsfaktoren, abhängig von Systemgröße etc.)
- Simulation des Systems über die Nutzungsdauer auf Basis der ermittelten Wirkungsgrade und Verzögerungszeiten der Regelung im Labortest