

Systemwirkungsgrad elektrischer Energiespeicher - Einflussfaktor „Bereitsschaftsverlust“

Dr. Hubert Baier und
Prof. Dr. Karl-Heinz Pettinger
Sächsisches Forum für Brennstoffzellen und Energiespeicher
05.11.2013



Inhalt

- Anforderungen und Aufbau elektrischer Energiespeicher
- Ursachen für Bereitschaftsverluste
- Das Experimentalsystem
- Lastprofil zur Bestimmung von Systemwirkungsgraden
- Simulative und experimentelle Bestimmung des Systemwirkungsgrades
- Möglichkeiten zur Reduzierung von Bereitschaftsverlusten

Beispiele elektrischer Energiespeicher



IBC SolSore 6.3 Li
Quelle: ibc-blog.de



Kostal PIKO BA
Quelle: solarfachhandel.de



Vollwerk VS 5 Hybrid
Quelle: plusxaward.de



Prosol Basic
Quelle: elektro-hadwiger.de



E3/DC-S10
Quelle: solaranlagen-portal.com

Anforderungen an elektrische Energiespeicher

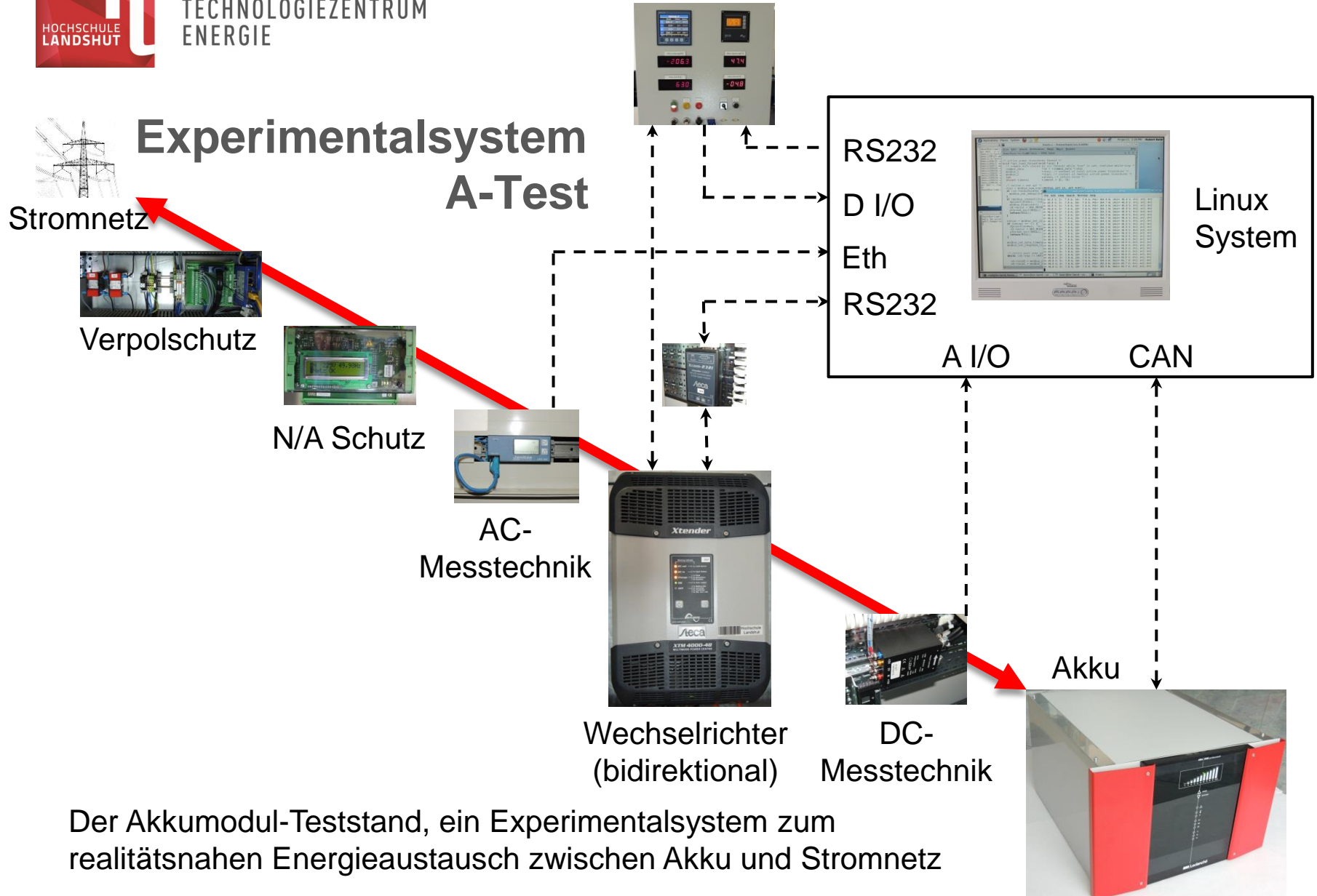
- Elektrische Energiespeicherung erfolgt in Form von Gleichstrom, Verbrauch elektrischer Energie erfolgt überwiegend als Wechselstrom => Umformung Gleichstrom / Wechselstrom ist zwingend erforderlich.
- Erwartungshaltung von Nutzern elektrischer Speicher: Das System muss ohne weiteren Eingriff (also vollautomatisch) in jeder Situation selbständig das Richtige tun.
- Erwartungshaltung der Allgemeinheit: Es werden nur sichere Systeme eingesetzt, unsichere Zustände werden durch mehrfache Sicherheitseinrichtungen zuverlässig verhindert.

Grundsätzlicher Aufbau elektrischer Energiespeicher

- Akku als Herzstück
- Inverter zur Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom und ggf. umgekehrt
- Bedien- und Anzeigeelemente als Benutzer-Interface
- Batterie-Management-System (BMS) zur Überwachung von Zellspannungen, Strom, Ladung usw.
- Sicherheitseinrichtungen zur Unterbrechung der Laststromkreise

Ursachen für Bereitschaftsverluste in elektrischen Energiespeichern

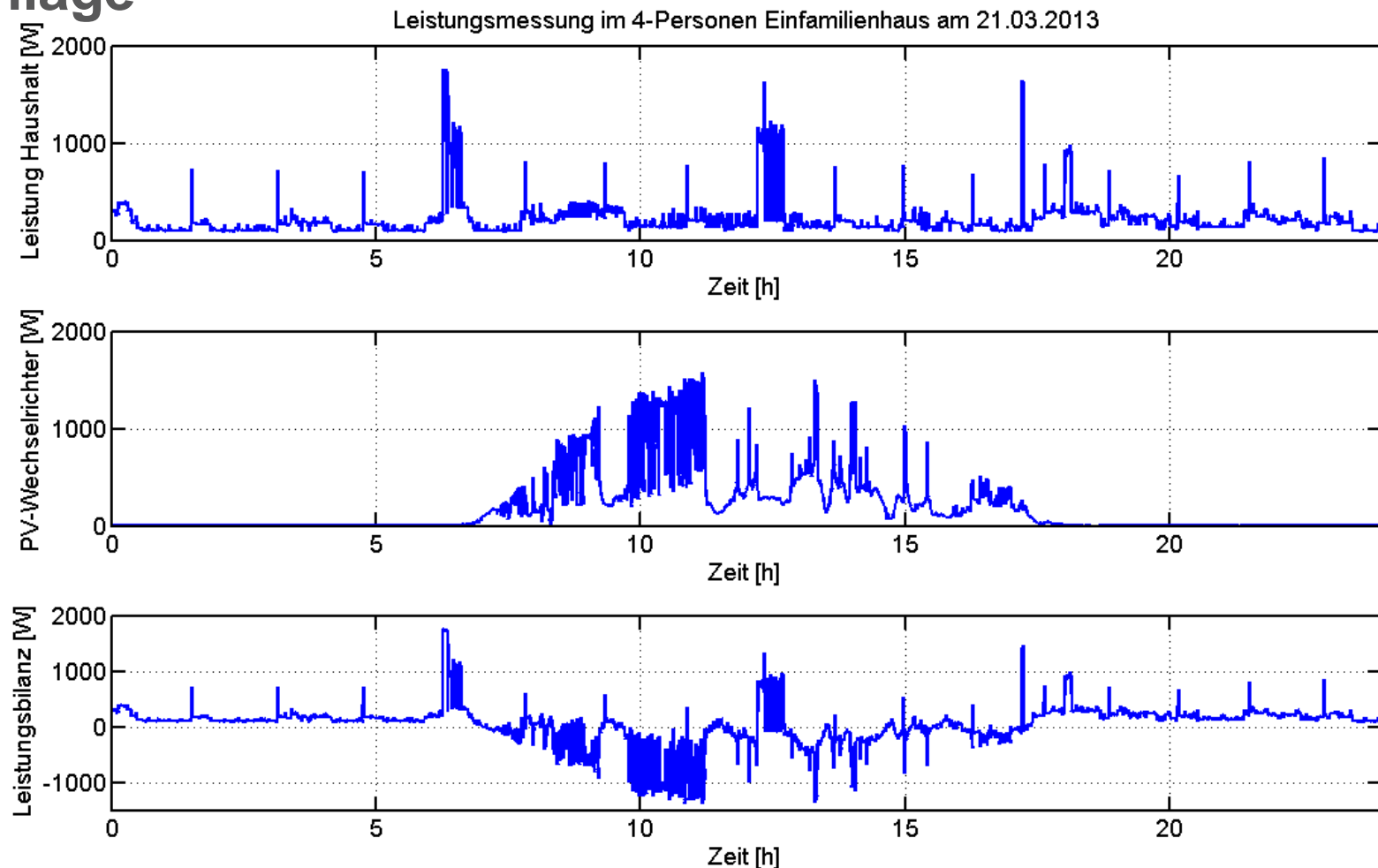
- Akku: Selbstentladung
- Inverter: Betrieb, also Aufrechterhalten einer zum Stromnetz spannungs- und phasensynchronen Wechselspannung, ggf. auch Inselbetrieb
- Bedien- und Anzeigeelemente: Display, Touchscreen, LED, Kommunikationseinrichtungen etc.
- Batterie-Management-System: Zellspannungsüberwachung, Stromüberwachung, Ladungszählung, Balancing, ggf. Stromsensor,
- Sicherheitseinrichtungen: Lastrelais, Sicherungen (ggf. elektronische), ENS (wechselstromseitige Freischaltstelle)



Kennwerte zum Bereitschaftsverlust und Wirkungsgrad des Experimentalsystems

- | | |
|---|----------------|
| ▪ Eigenverbrauch (ON) Steca XTM 4000-48: | 14,0 W |
| ▪ Leistungsaufnahme Akkumodul bei Ladungserhaltung:
inkl. Lithium-Balance BMS, integrierter DC/DC Wandler
Lastrelais und Betriebs-LED | 7,8 W |
| ▪ Leistungsaufnahme Messtechnik:
inkl. Janitza UMG508, Netzteil für 24 V DC-Versorgung
4 Stück LED Displays und LEM Stromwandler | 20,7 W |
| <hr/> | |
| Summe Bereitschaftsverluste (rechnerisch) | 42,5 W |
| ▪ Wirkungsgrad Wechselrichter gem. Herstellerangabe: | $\eta = 96 \%$ |

Lastprofil eines Haushalts mit PV-Eigenverbrauchs-Anlage

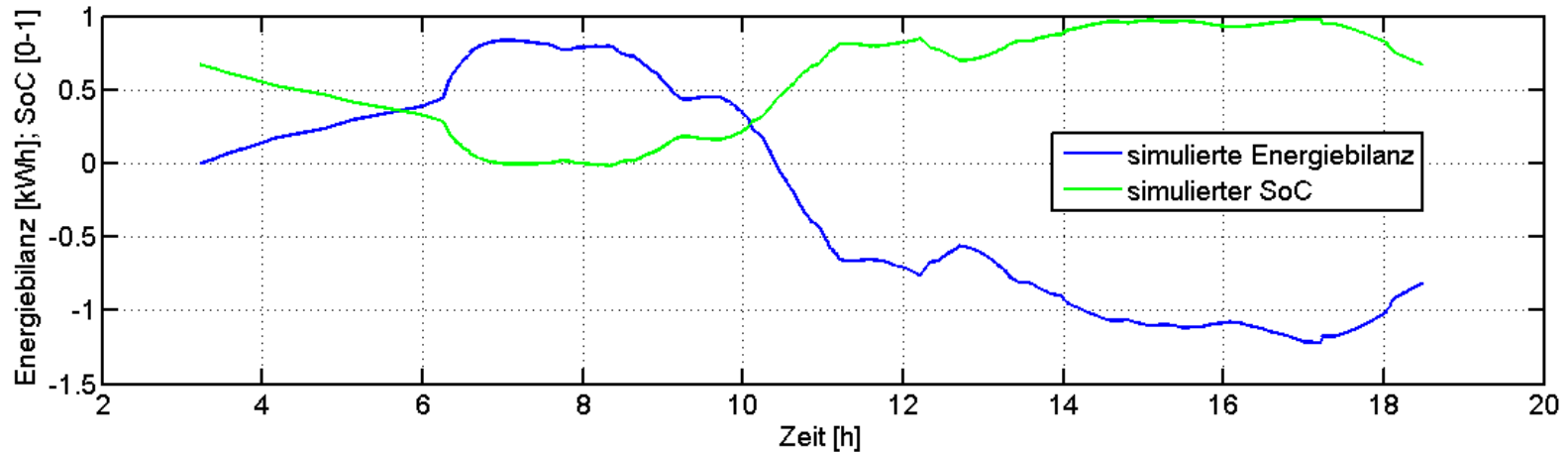
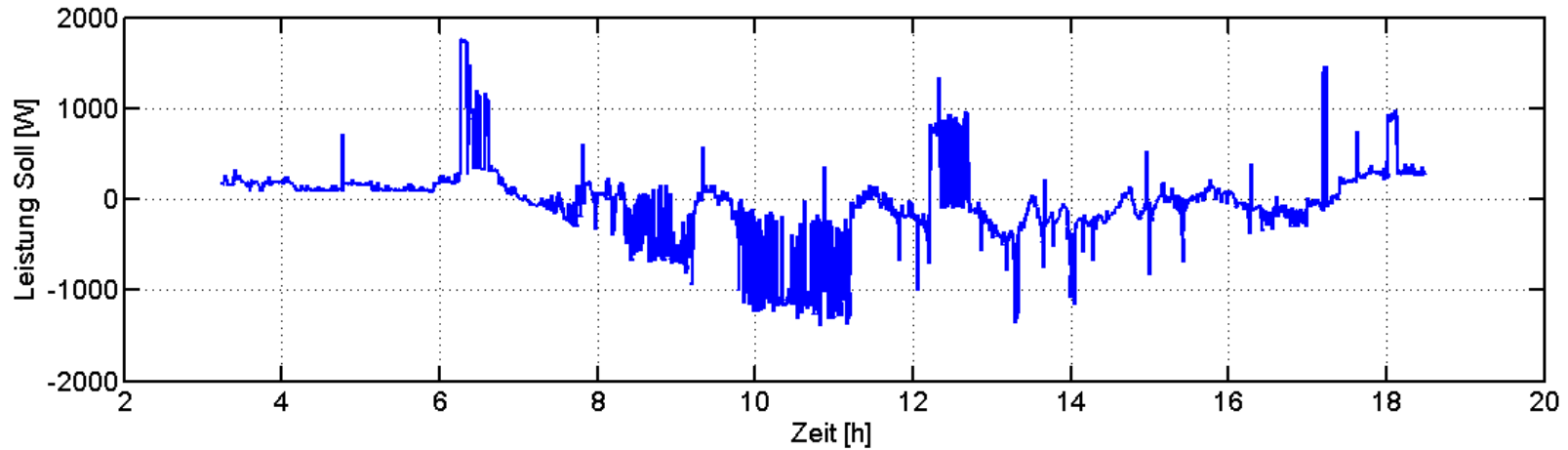


Kennwerte des gemessenen Lastprofils

- 4-Personen Einfamilienhaus mit PV-Eigenverbrauchsanlage
- Mittlere Leistungsaufnahme am Zähler: 128,8 W
- Mittlere Leistungsaufnahme des Haushalts: 203,0 W
- Stromverbrauch Haushalt in 24 h: 4,87 kWh
- PV-Strom-Ertrag in 24 h: 4,19 kWh
- Zugekaufte Strommenge in 24 h: 3,09 kWh
- Eingespeiste PV-Strommenge in 24 h: 2,40 kWh

Simulationsergebnisse zum gemessenen Lastprofil

Lastsimulation für Profil vom 21.03.2013

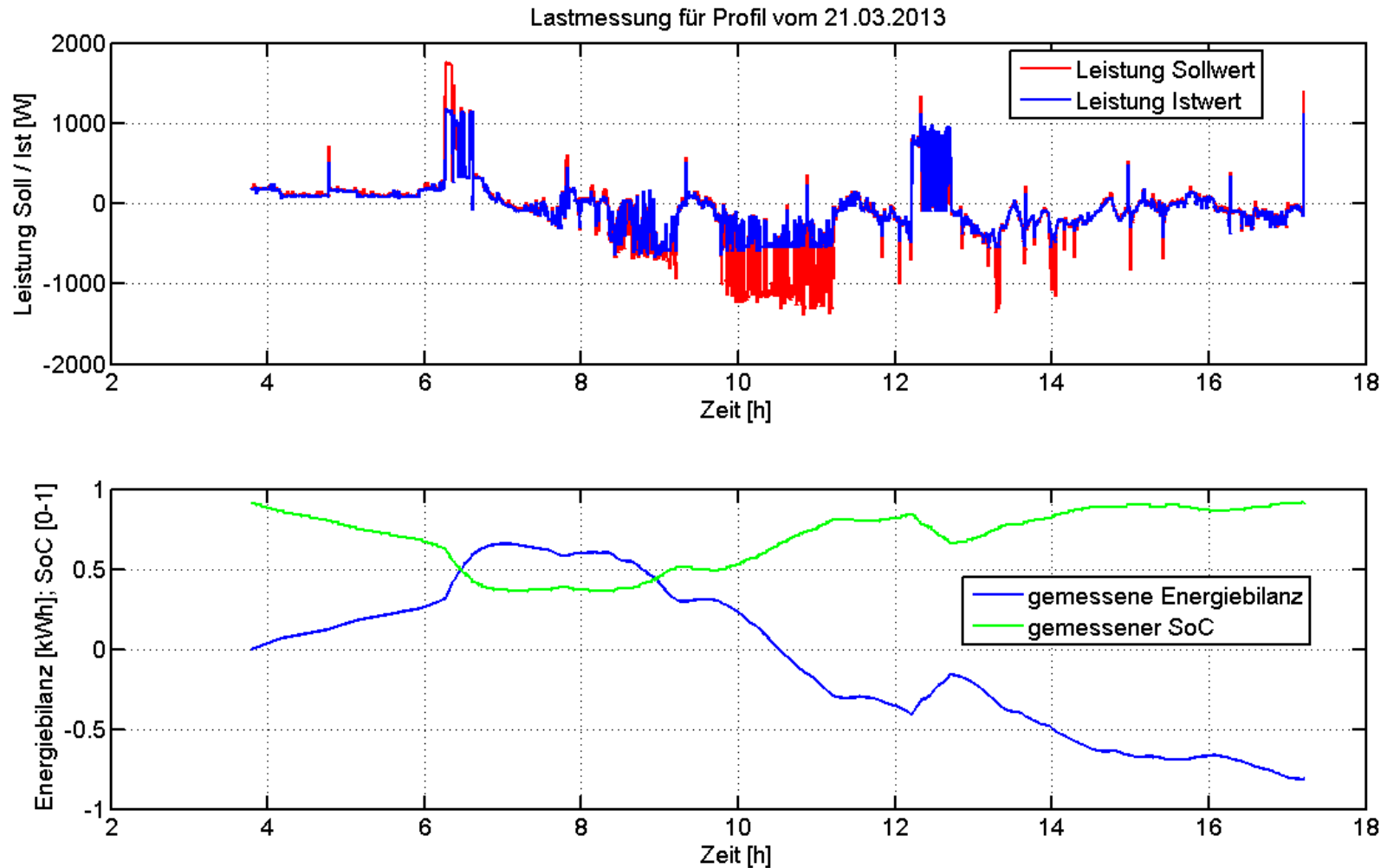


Auswertung der Simulationsergebnisse zum gemessenen Lastprofil

- Messdauer: 54.945 s (3:13 Uhr – 18:29 Uhr, also ca. 15 h 16 min)
- Begrenzungen: Leistungsabgabe: keine Begrenzung
 Leistungsaufnahme: keine Begrenzung
- SoC-Wert simuliert zum Start der Messung: 67,0 %
- SoC-Wert simuliert zum Ende der Messung: 67,0 %
- Während der Simulation abgegebene Energiemenge: 1.589 Wh
- Während der Simulation aufgenommene Energiemenge: 2.400 Wh

$$\text{Systemwirkungsgrad} = \frac{\text{abgegebene Energiemenge}}{\text{aufgenommene Energiemenge}} = \mathbf{66,21 \%}$$

Messergebnisse zum realisierten Lastprofil (A-Test)



Auswertung der Messergebnisse zum realisierten Lastprofil (A-Test)

- Messdauer: 48.320 s (3:47 Uhr – 17:12 Uhr, also ca. 13 h 25 min)
- Begrenzungen: Leistungsabgabe max. 1.150 W
 Leistungsaufnahme begrenzt durch BMS
- SoC-Wert BMS zum Start der Messung: 91,0 %
- SoC-Wert BMS zum Ende der Messung: 91,0 %
- Während der Messung abgegebene Energiemenge: 1.028 Wh
- Während der Messung aufgenommene Energiemenge: 1.838 Wh

$$\text{Systemwirkungsgrad} = \frac{\text{abgegebene Energiemenge}}{\text{aufgenommene Energiemenge}} = 55,94 \%$$

Mögliche Ansätze zur Verbesserung der Systemwirkungsgrade in realen Anwendungsszenarien

- Einsatz eher unterdimensionierter Wechselrichter (z.B. Steca XTM 2400-24 mit 9 W Bereitschaftsverlust gegenüber XTM 4000-48 mit 14 W)
- BMS: Low-Power Modus (z.B. leistungsabhängiges Batteriemangement)
- effiziente oder mehrstufige Lastrelais für Min-Last bis Nenn-Last
- effiziente Mess- und Regelungstechnik, nur das Nötigste
- Low-Power Anzeigen, z.B. mit Standby Abschaltung
- Betreibermodelle für Gemeinschafts-Akkus z.B. Quartierspeicher

Zusammenfassung

- Der Systemwirkungsgrad eines elektrischen Energiespeichers hängt sehr stark vom Lastprofil und den Bereitschaftsverlusten ab.
- Bei der Nutzung elektrischer Energiespeicher überwiegen prozentual ggf. die Betriebsdauern mit kleiner bis kleinster Belastung bei weitem.
- Bereitschaftsverluste spielen in kleinen elektrischen Energiespeichern mit Lastprofilen für „Home-Storage“ Anwendungen eine zentrale Rolle.
- **Bereitschaftsverluste können die energiesparende Wirkung elektrischer Energiespeicher aushebeln.**



TECHNOLOGIEZENTRUM ENERGIE

Technologiezentrum Energie
Wiesenweg 1 · D-94099 Ruhstorf

Tel.: +49 8531 914044-0
Fax: +49 8531 914044-90
info@technologiezentrum-energie.de
www.technologiezentrum-energie.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

