
Batteriesysteme – Von der Entwicklung bis zur Integration



Dr. Matthias Vetter

Fraunhofer-Institut für
Solare Energiesysteme ISE

Auftaktveranstaltung StoREgio
Energiespeichersysteme e.V.

Ludwigshafen, 14.03.2013

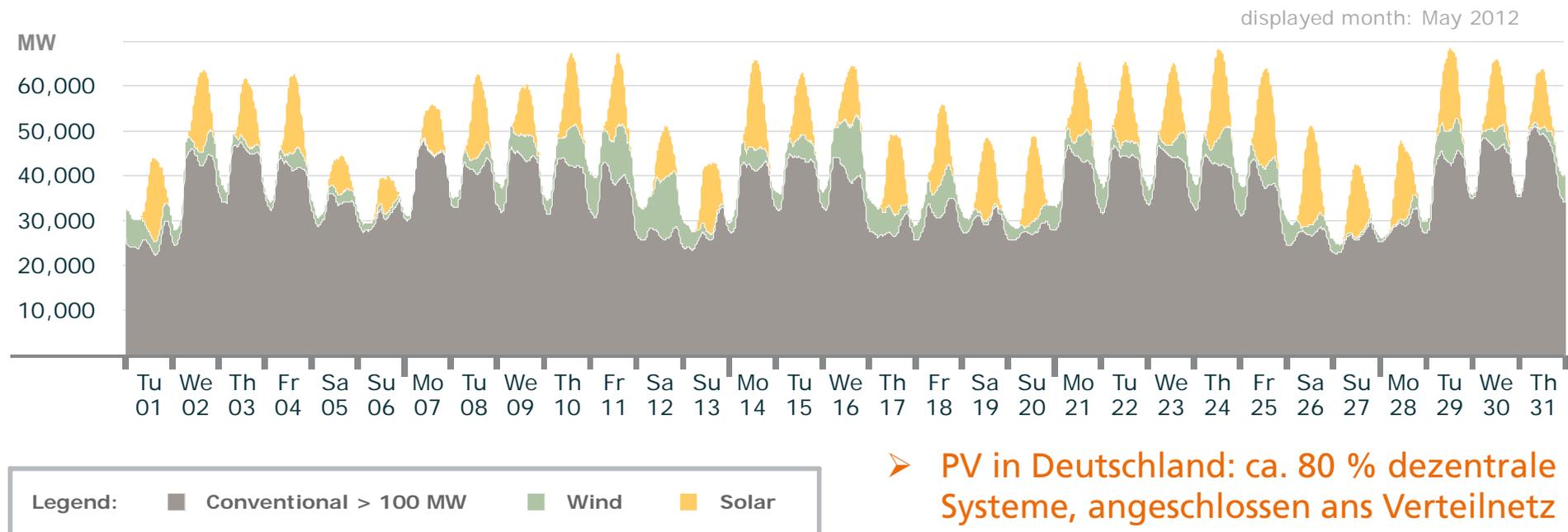
Agenda

- Motivation
- Systemkonzepte und Topologien dezentraler PV-Batteriesysteme
- Entwicklung von Lithium-Batteriesystemen für dezentrale PV-Anlagen
- Netzeinbindung von PV-Batteriesystemen
- Hybride Batteriesysteme für PV-Inselnetze
- Zusammenfassung und Ausblick



Stromproduktion in Deutschland: Mai 2012

Actual production



- PV in Deutschland: ca. 80 % dezentrale Systeme, angeschlossen ans Verteilnetz
- Deutsches Leistungsband variiert zwischen ~ 45 GW und ~ 85 GW

Jahr 2012:

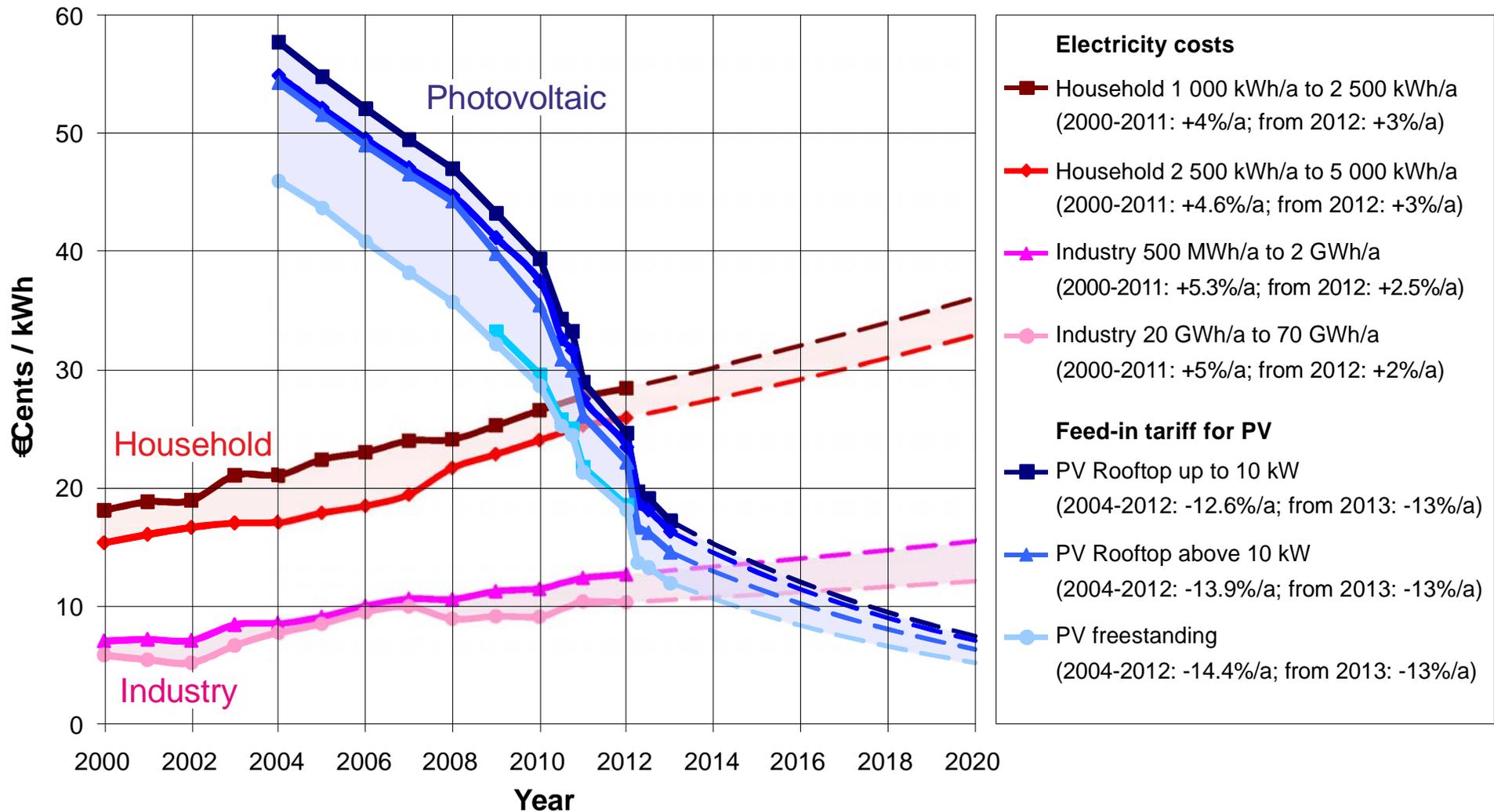
- Solar: 32,4 GW; 27,9 TWh → Anteil von 5,0 %
- Wind: 29,9 GW; 45,9 TWh → Anteil von 8,2 %
- Gesamte Stromproduktion: ~ 560 TWh

Quelle: Bruno Burger, Fraunhofer ISE; Data: EEX, <http://www.transparency.eex.com/de/>

3

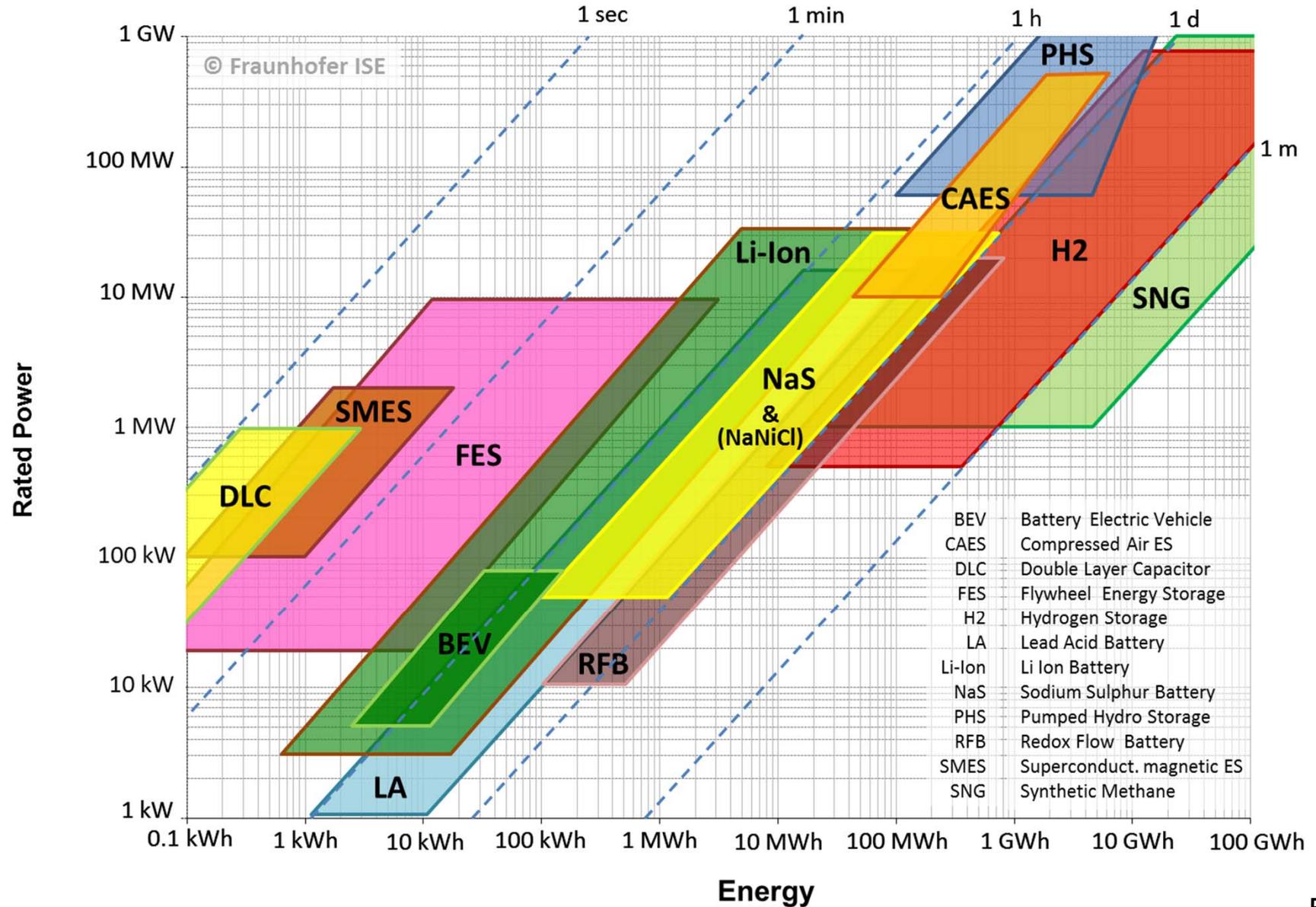
Motivation

Stromkosten und EEG-Tarife in Deutschland



Grafik: B. Burger, Fraunhofer ISE, Stand 14.11.2012; Daten: BMU, EEG 2012 u. BMWi Energiedaten 4

Klassifizierung von Speichern



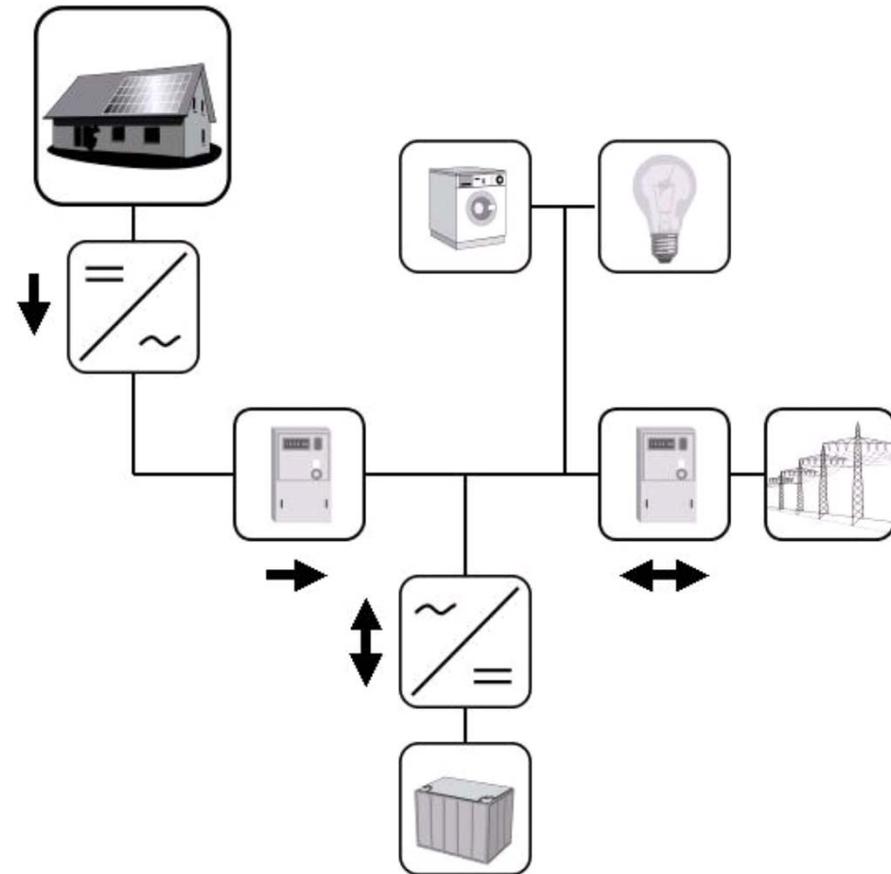
Lithiumbatteriesysteme für dezentrale PV-Anlagen

Systemkonzepte und Topologien

AC gekoppeltes System



Quelle SMA

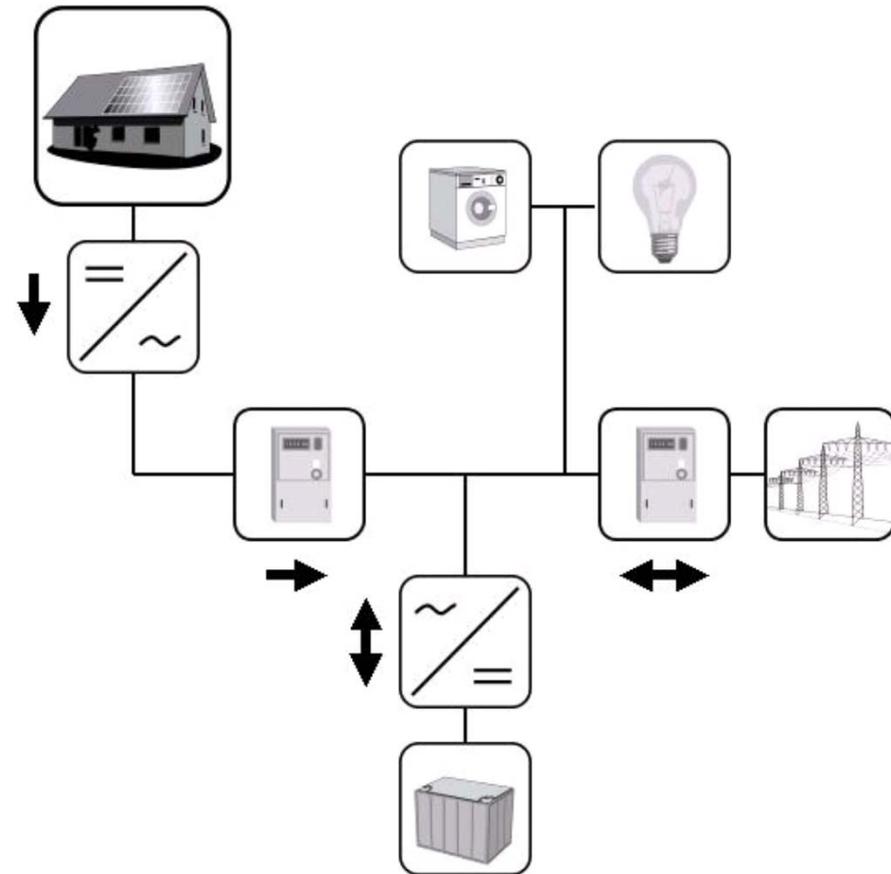


Lithiumbatteriesysteme für dezentrale PV-Anlagen

Systemkonzepte und Topologien

AC gekoppeltes System

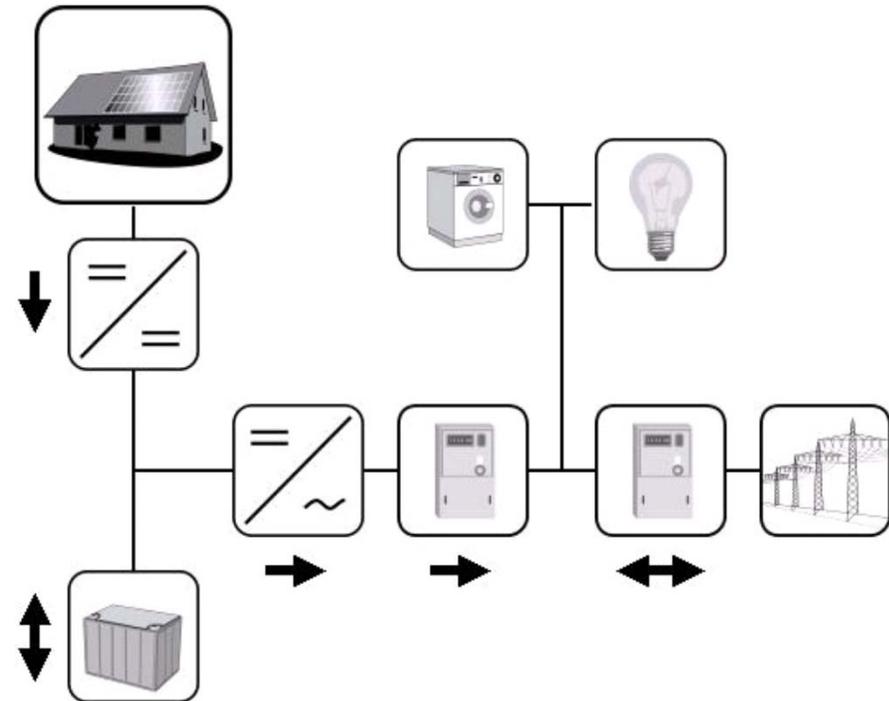
- PV-Generator und Batteriesystem über separate Wechselrichter mit dem AC-Netz gekoppelt
- Hocheffizienter PV-Wechselrichter
- Kopplung des 24 V / 48 V Batteriesystems über Trafo-Wechselrichter
- Installierte Speicherkapazität weitestgehend unabhängig skalierbar von der PV-Anlage
- Bestehende PV-Anlagen relativ leicht mit Batteriesystem nachrüstbar
- Zwischenspeicherung von Netzstrom möglich



Lithiumbatteriesysteme für dezentrale PV-Anlagen

Systemkonzepte und Topologien

DC gekoppeltes „Niedervolt-System“

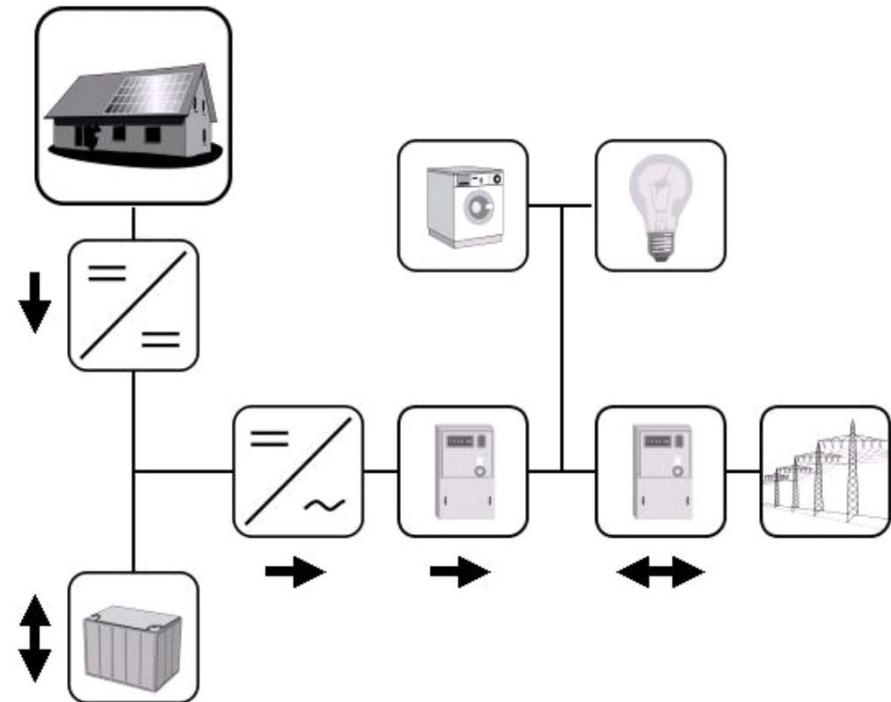


Lithiumbatteriesysteme für dezentrale PV-Anlagen

Systemkonzepte und Topologien

DC gekoppeltes „Niedervolt-System“

- DC-Spannung: 24 V oder 48 V
- Weit verbreitet in kleineren netzunabhängigen Anwendungen
- Einige der Inselwechselrichter arbeiten auch netzparallel
- In dezentralen netzgekoppelten Anwendungen einsetzbar
- Geringere Systemkosten möglich
- Niedrigere Gesamt-Wirkungsgrade
 - Trafo-Wechselrichter
 - Sämtliche Energieflüsse über diesen Trafo-Wechselrichter
- Zwischenspeicherung von Netzstrom möglich



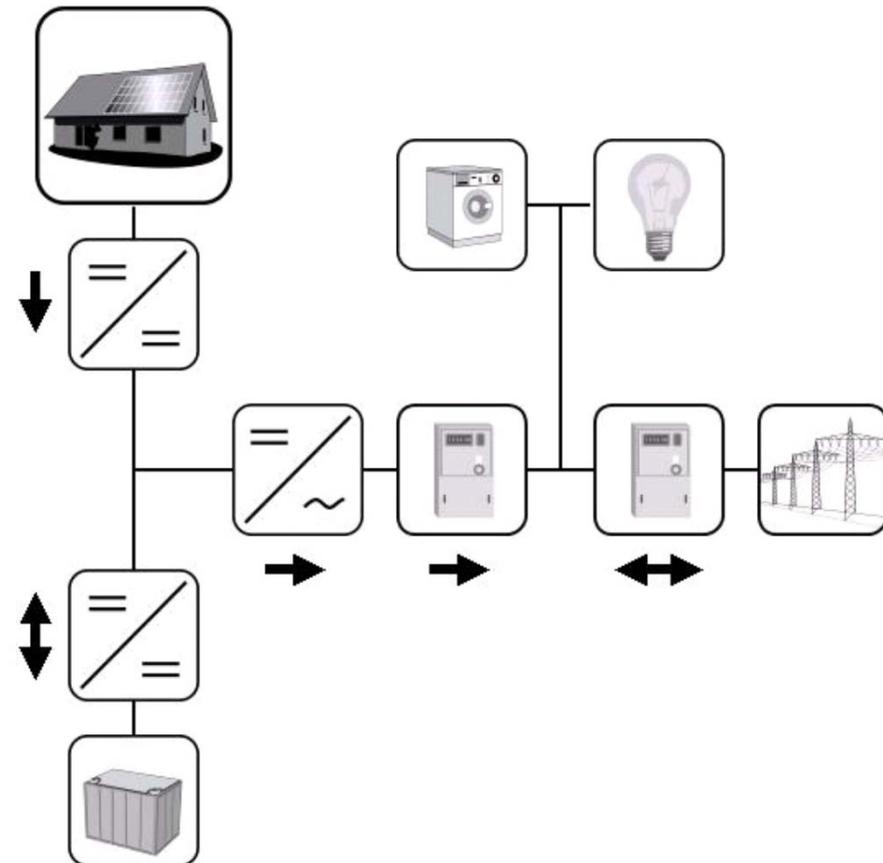
Lithiumbatteriesysteme für dezentrale PV-Anlagen

Systemkonzepte und Topologien

DC gekoppeltes „Hochvolt-System“



Quelle Voltwerk

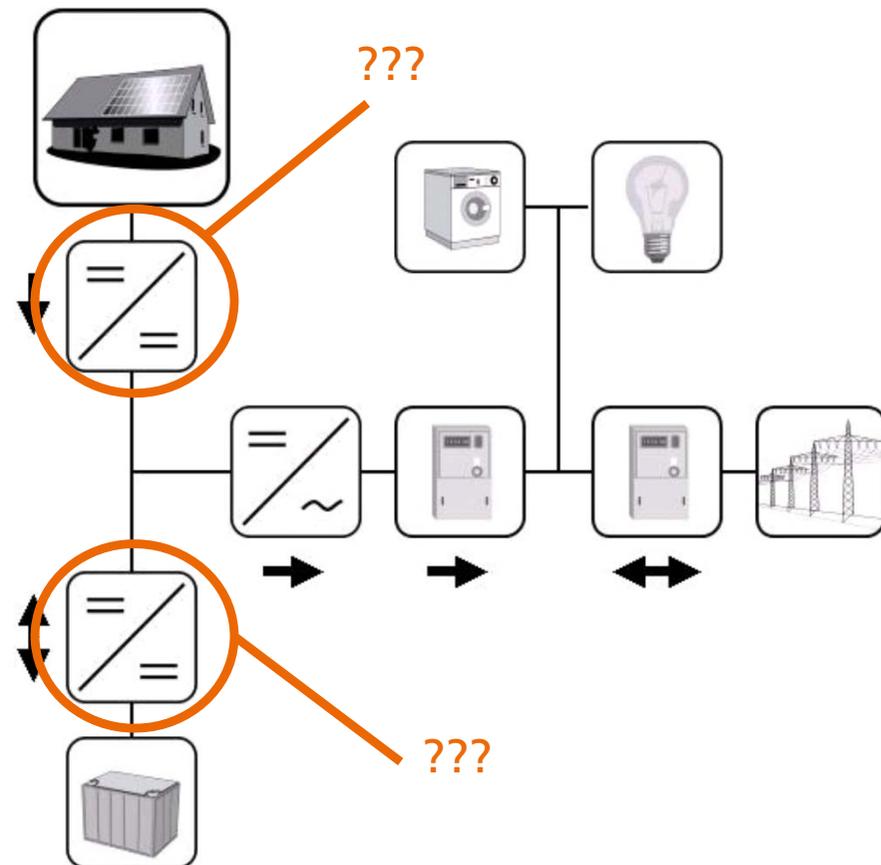


Lithiumbatteriesysteme für dezentrale PV-Anlagen

Systemkonzepte und Topologien

DC gekoppeltes "Hochvolt-System"

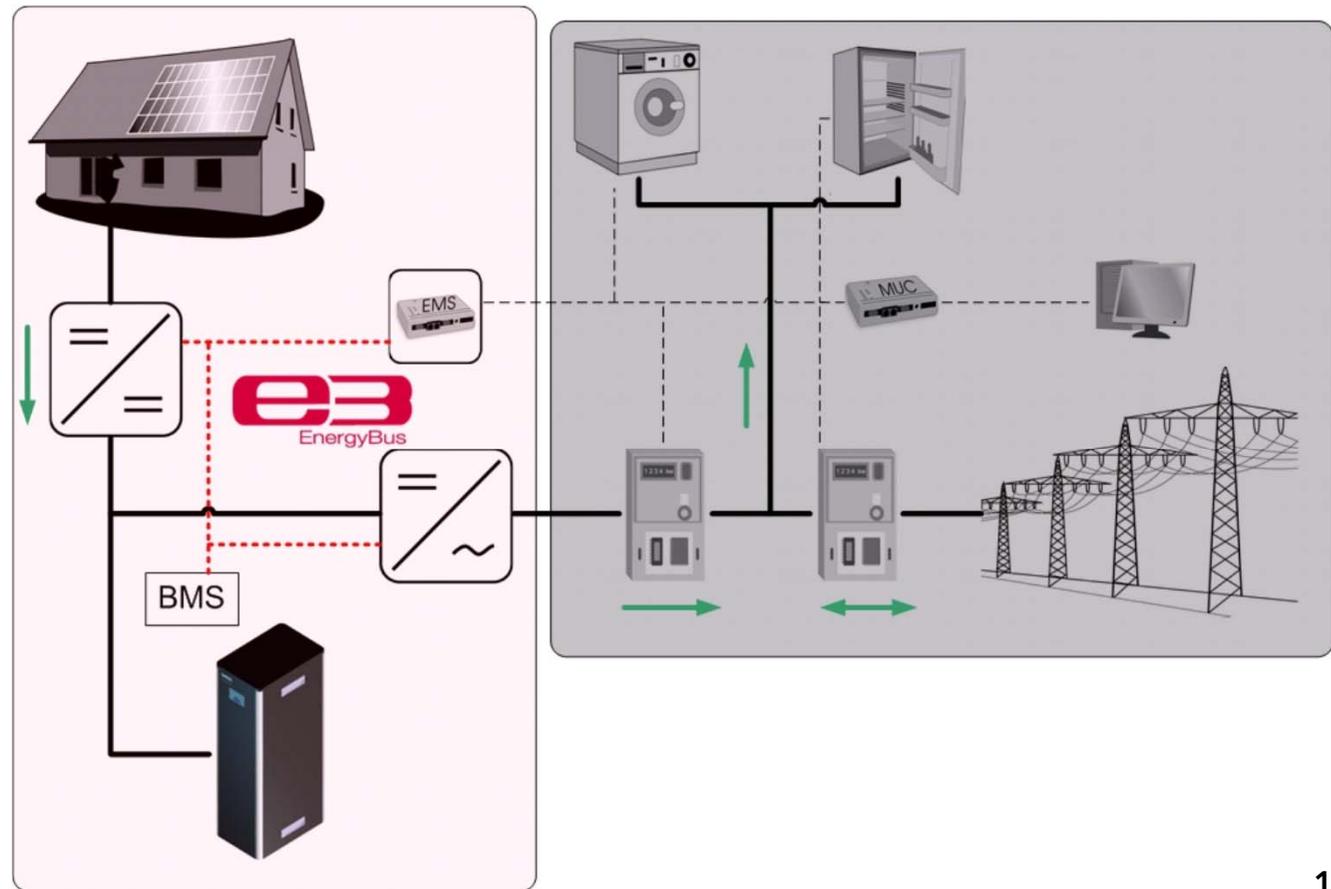
- Trafoloses Konzept
- Batteriesystem über DC/DC-Steller an Zwischenkreis des Wechselrichters angeschlossen
- Separater DC-DC-Steller mit MPP-Tracking für PV-Generator
- Hoher Gesamtwirkungsgrad möglich
- Hohes Kostensenkungspotential
- Wechselrichterbrücke arbeitet bei den derzeit verfügbaren Produkten nicht bidirektional
 - Keine Zwischenspeicherung von Netzstrom möglich



Lithiumbatteriesysteme für dezentrale PV-Anlagen

Kommunikation

Vernetzung der Energieerzeuger, des Speichers und des Energiemanagements über
EnergyBus / CiA 454:
"Energy management systems "



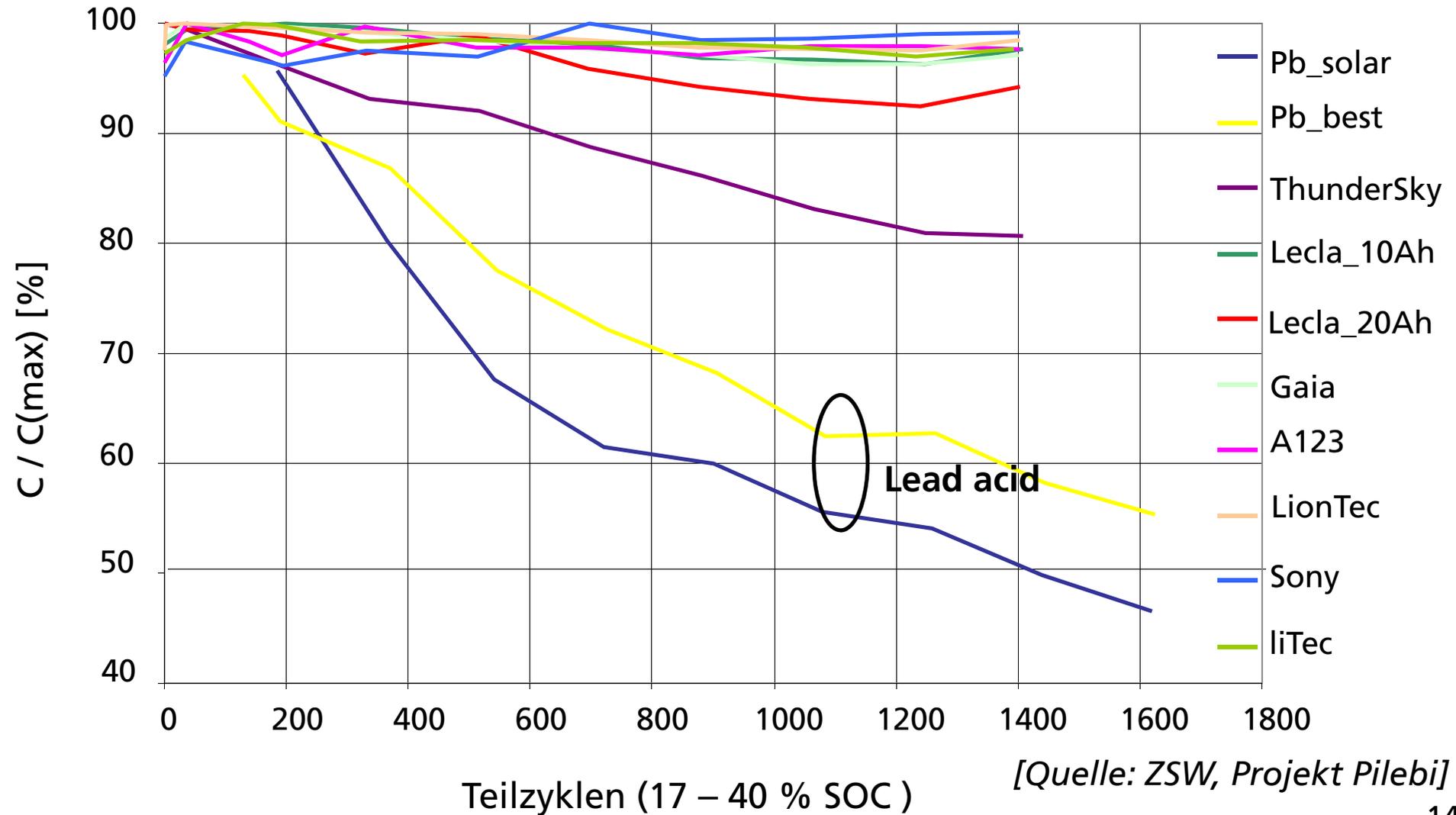
Lithiumbatteriesysteme für dezentrale PV-Anlagen

Vergleich zu Bleibatterien

- Hohe Wirkungsgrade
 - Bleibatterien in PV-Anwendungen bis zu 86 % (in Off-grid Systemen erreicht)
 - Lithiumbatterien in PV-Anwendungen ca. 95 % (in PV-Systemen möglich)
- Hohe kalendarische Lebensdauer
 - Bleibatterien in PV-Anwendungen ≤ 10 Jahre (Erfahrungswerte Off-grid)
 - Lithiumbatterien in PV-Anwendungen ca. 20 Jahre (Herstellerangaben!)
- Zyklenzahl: Bis zu 3000-4000 Zyklen (bei typischer Auslegung) in netzgekoppelten PV-Anwendungen über einen Zeitraum von **20 Jahren (!)**
 - Bleibatterien: Entladetiefe (DoD) von 50 % \rightarrow 1500-2000 Vollzyklen
 - Konvent. Lithiumbatterien: 6000 Zyklen bei DoD von 60 % (Herstellerangabe!)
 - Speziell für stationäre Anwendungen entwickelte Lithiumbatterien: 7000 Zyklen bei DoD von ca. 95 % (Herstellerangabe!)
 - Zusätzliche Netzdienstleistungen: Bis zu einem Zyklus pro Tag: 7300 Zyklen

Batterien in PV-Anwendungen

Teilzyklen bei niedrigen Ladezuständen

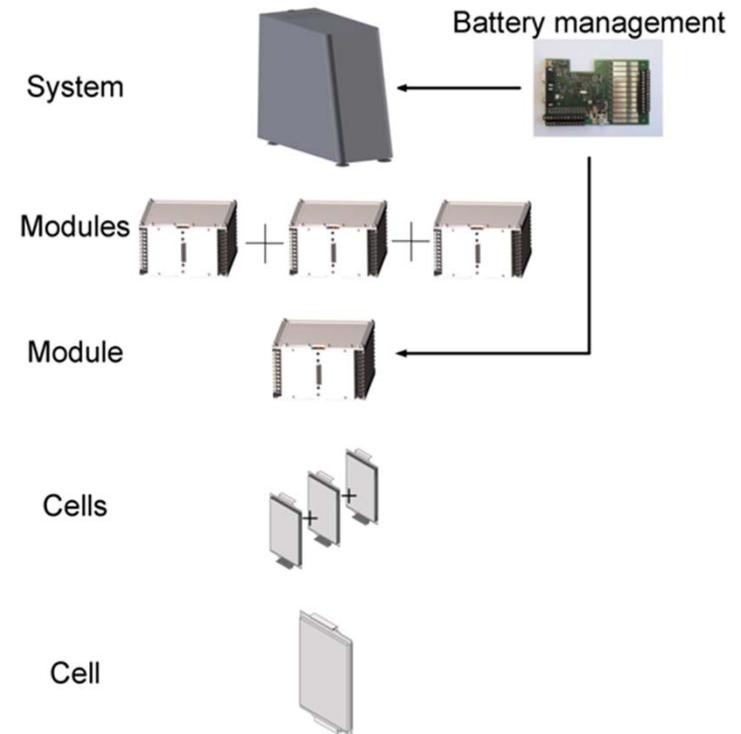


Lithiumbatteriesysteme – Entwicklungsschritte

Zellen → Module → System → System Integration

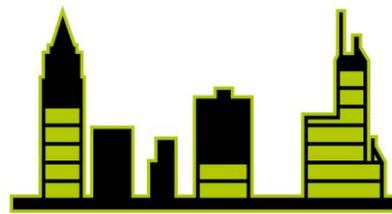
Komponenten und Aufgaben

- Zellcharakterisierung und Auswahl geeigneter Zelltechnologie
- Modul- und Systemdesign
- Zellverbindung
 - Elektrisch
 - Mechanisch
 - Thermisch
- Kühlsystem
- Sicherheitskonzept
- Batteriemanagement
- Schnittstellen und Integration in Energiesysteme
- Modellierung und Systemsimulation (inkl. Alterungsmodelle)

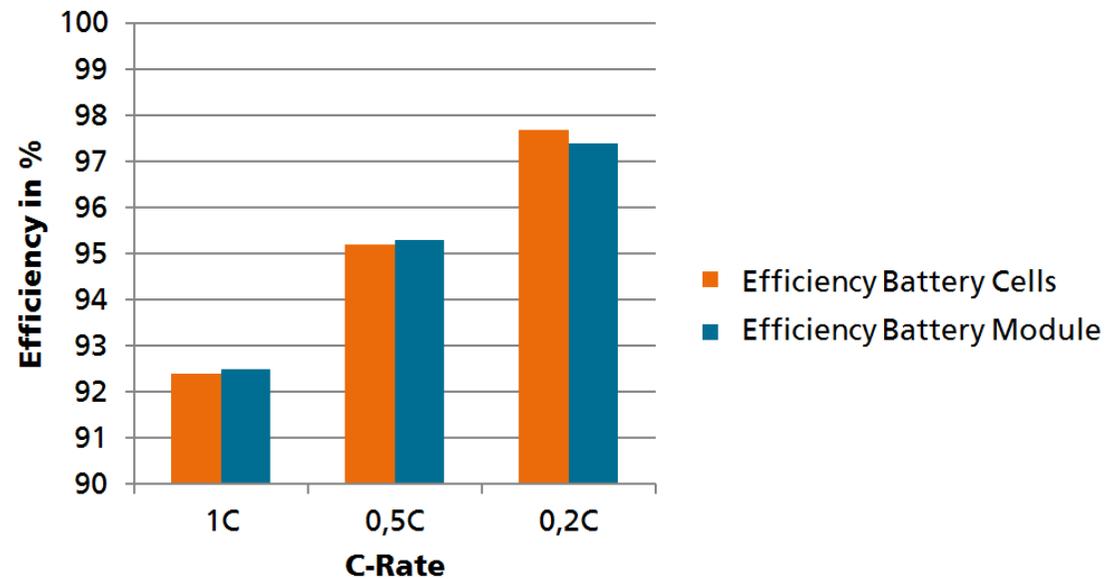


Lithiumbatteriesysteme

■ Labortests – Modulebene



DER HYBRIDE STADTSPEICHER®
URBAN HYBRID ENERGY STORAGE



Lithiumbatteriesysteme

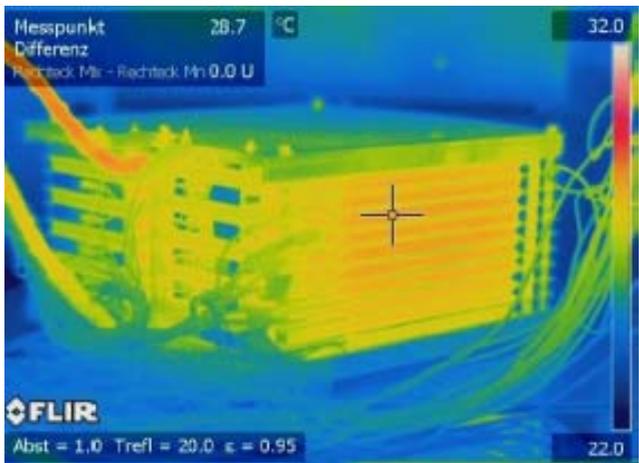
- Labortests – Modulebene, Entladung mit 1C



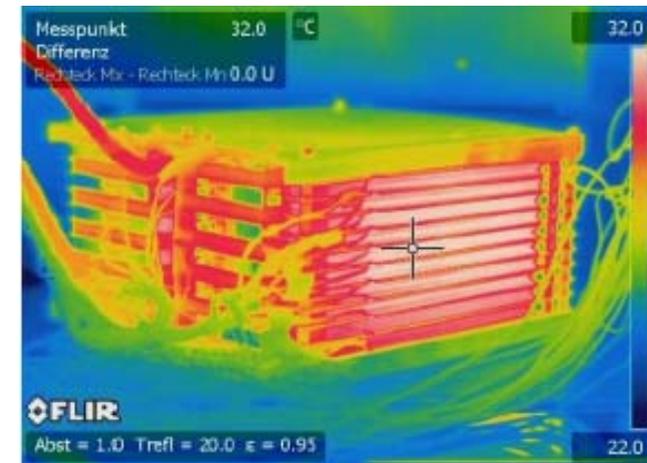
t=0min



t=7min



t=11min



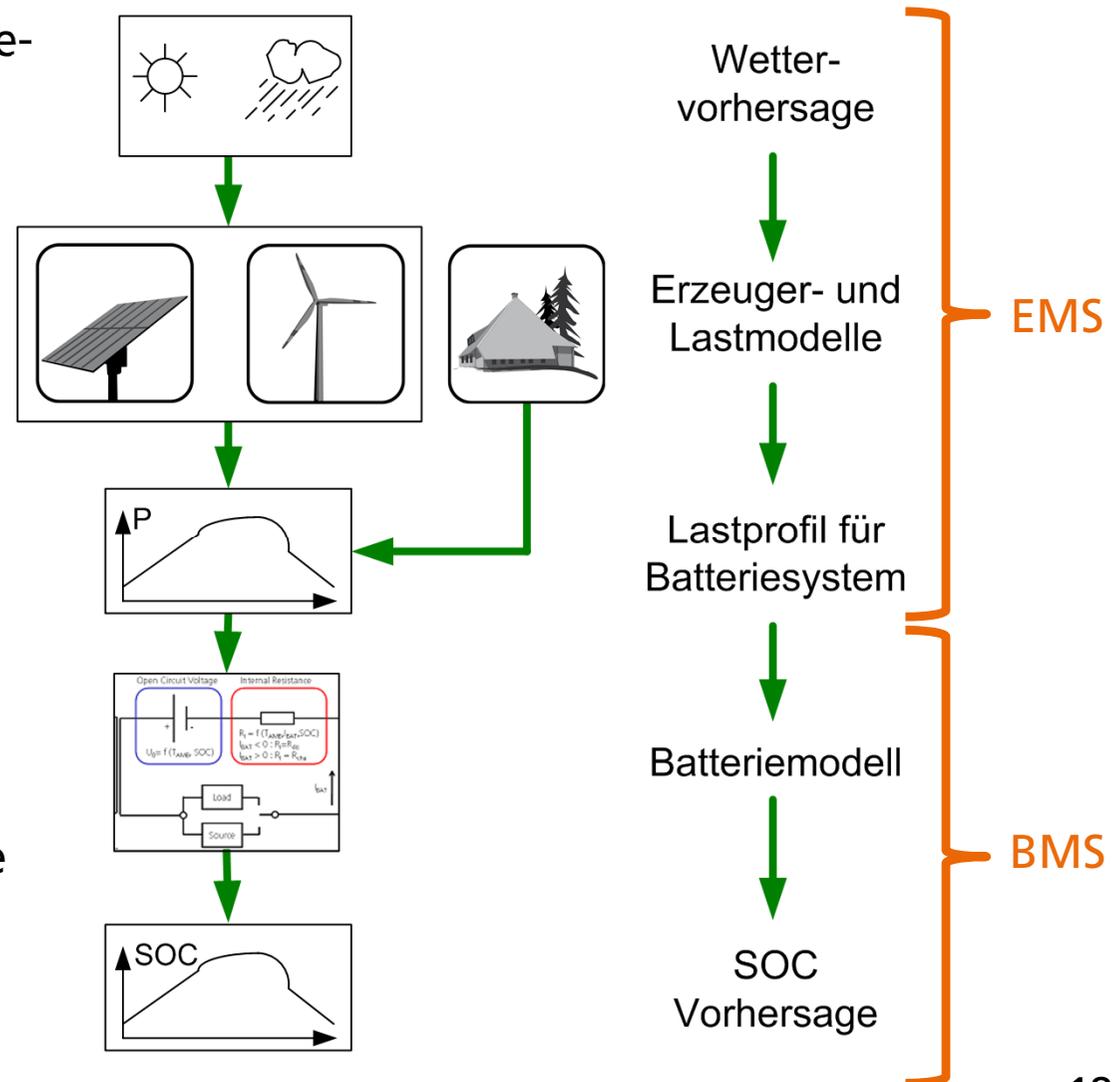
t=18min

17

Lithiumbatteriesysteme für dezentrale PV-Anlagen

Betriebsführung

- Kommunikation zwischen Energie- und Batteriemanagement
- Modellbasiertes Energiemanagement
 - Lastmanagement
 - Optimierter Einsatz des Batteriesystems
 - ➔ Regelung der Energieflüsse unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade
- Modellbasiertes Batteriemanagement
 - SOC-Verlauf und Vorhersage
 - Arbeitspunkt-abhängige Wirkungsgrade
 - Information über Alterung



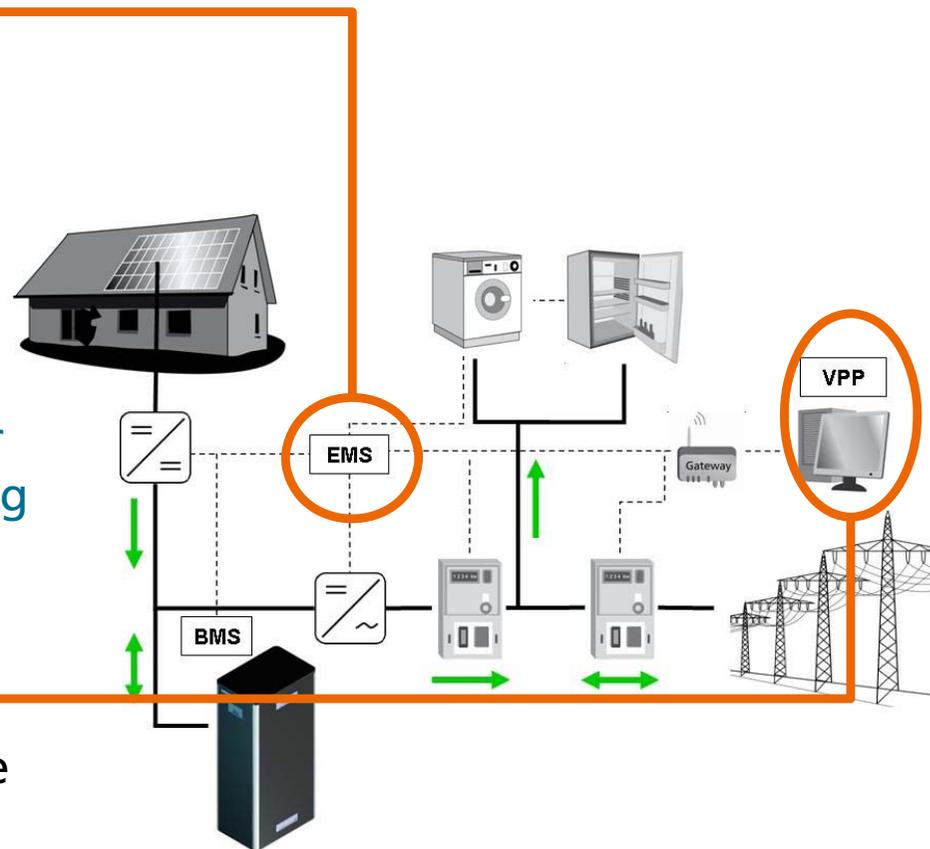
Lithiumbatteriesysteme für dezentrale PV-Anlagen

Energiemanagement

- Haus-Energiemanagement:
 - Optimierung des Eigenverbrauchs
 - Kommunikation mit Batteriesystem (Lithium) und Leistungselektronik
 - Zeitlich hoch aufgelöste Erfassung der Energieflüsse

Eigenverbrauchsoptimierung führt zu einer zeitlichen Konzentration der PV-Einspeisung nicht aber zu einer Problemlösung für die hohe PV-Penetration der NS-Netze

- Verteilnetzmanagement:
 - Z.B. Ansatz über flexible Tarife für die Einspeisung von PV-Strom
 - Nutzung der „Smart Metering“ Strukturen

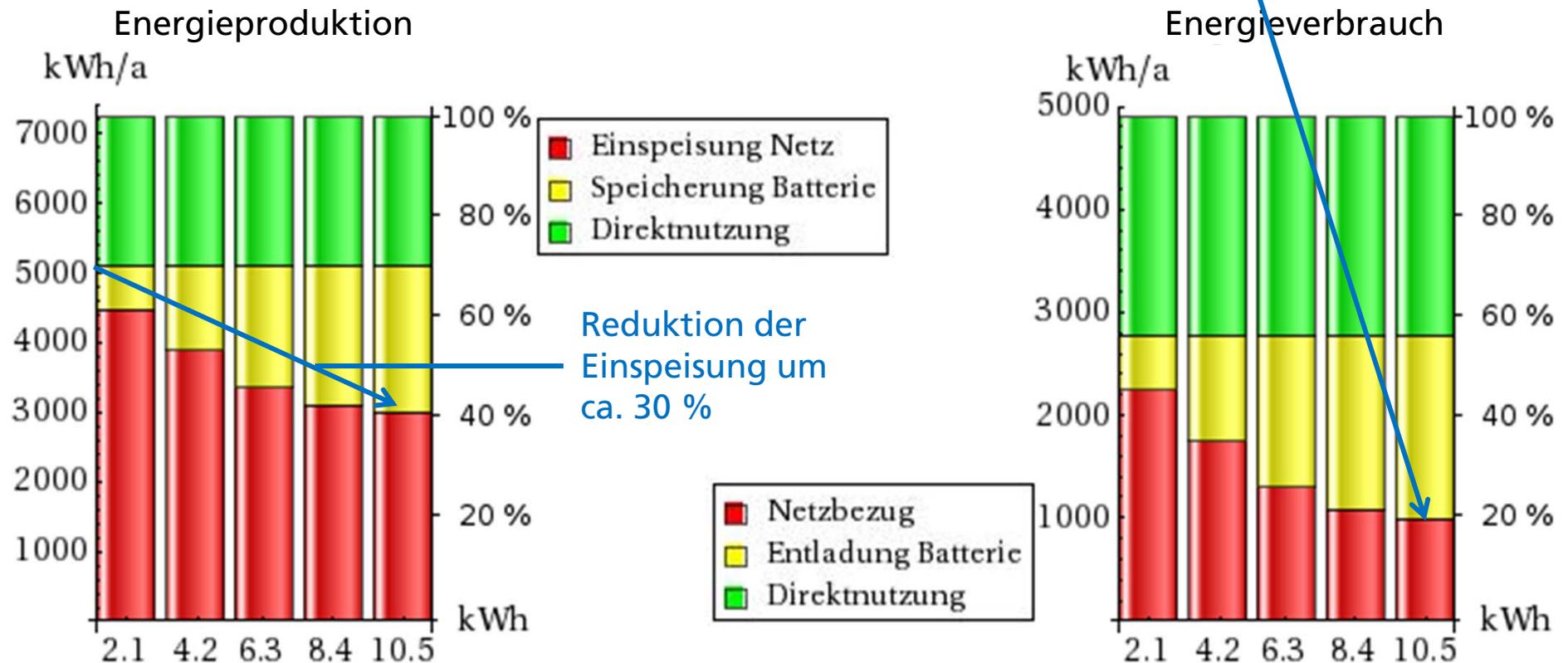


Lithiumbatteriesysteme für dezentrale PV-Anlagen

Energieflussanalyse (Systemsimulation)

- Last: 4900 kWh/Jahr
- PV Generator: 6 kWp
- Lithiumbatteriesystem: Variation der nutzbaren Kapazität

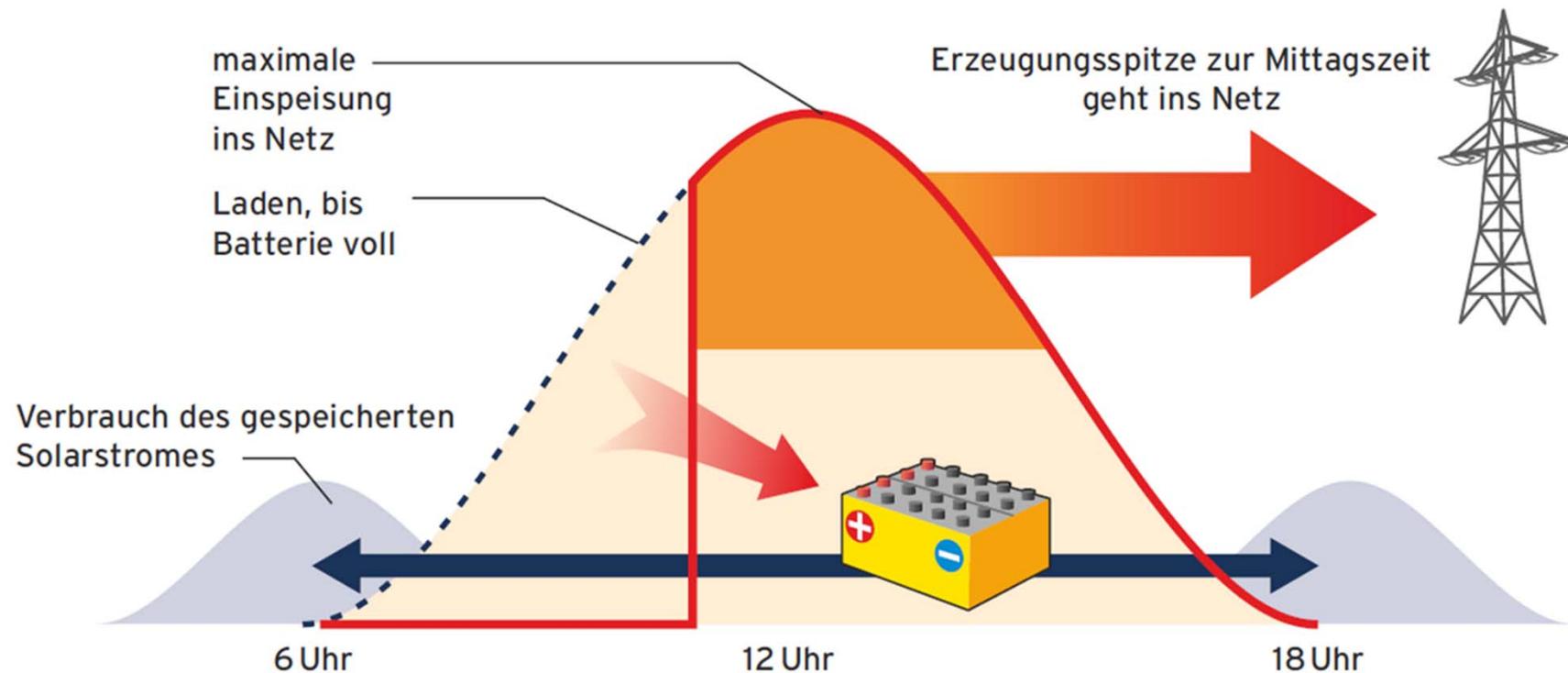
Nur ca. 20 %
müssen vom
Netz bezogen
werden



Betriebsführung dezentraler Batteriespeicher in Kombination mit PV-Anlagen

→ Konventionelle Speicherung hat keinen Entlastungseffekt für das Stromnetz

konventionelle Speicherung

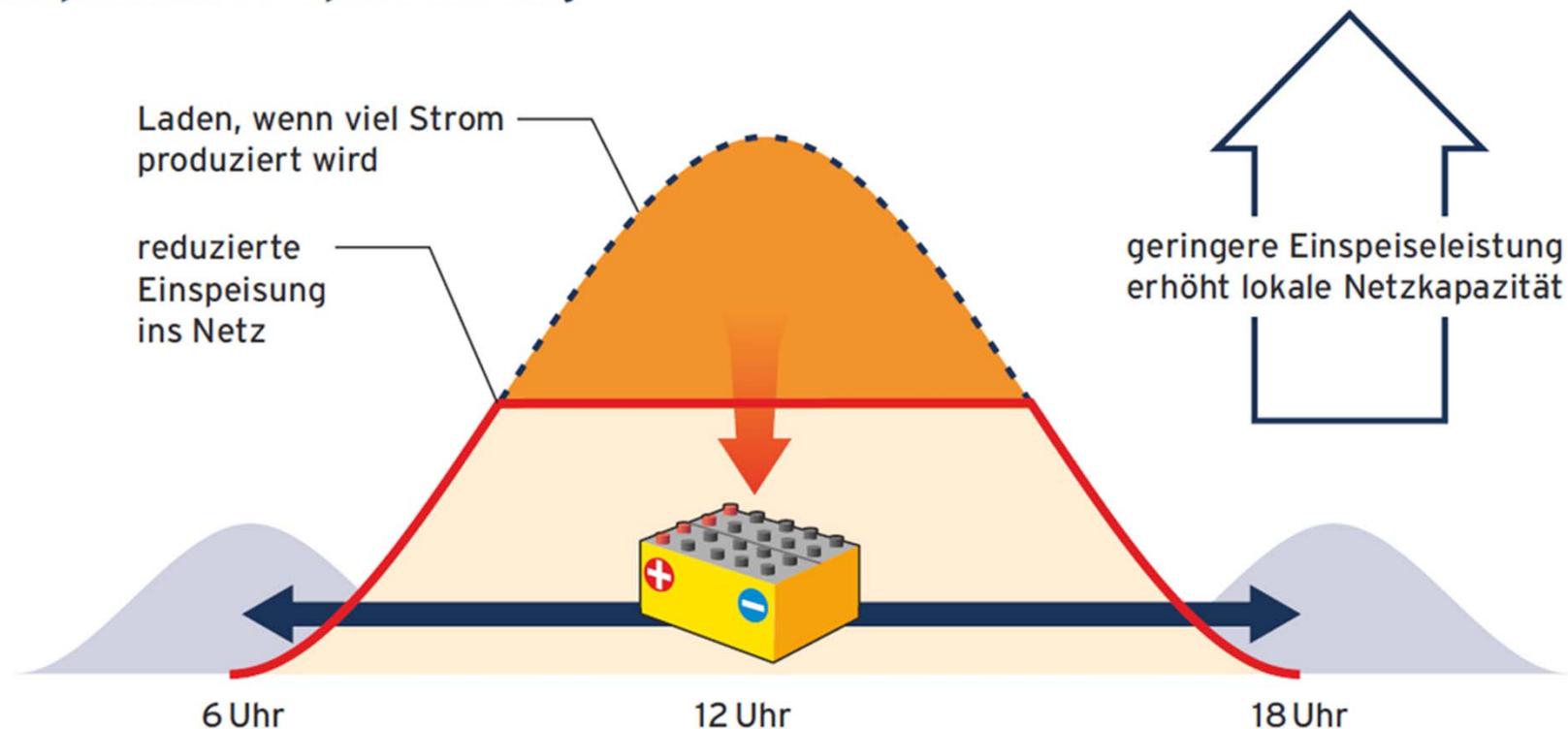


Quelle: J. Mayer (BSW), C. Wittwer (ISE), Batteriespeicher: Ein sinnvolles Element der Energiewende. Berlin, Pressefrühstück 25.1.2013

Betriebsführung dezentraler Batteriespeicher in Kombination mit PV-Anlagen

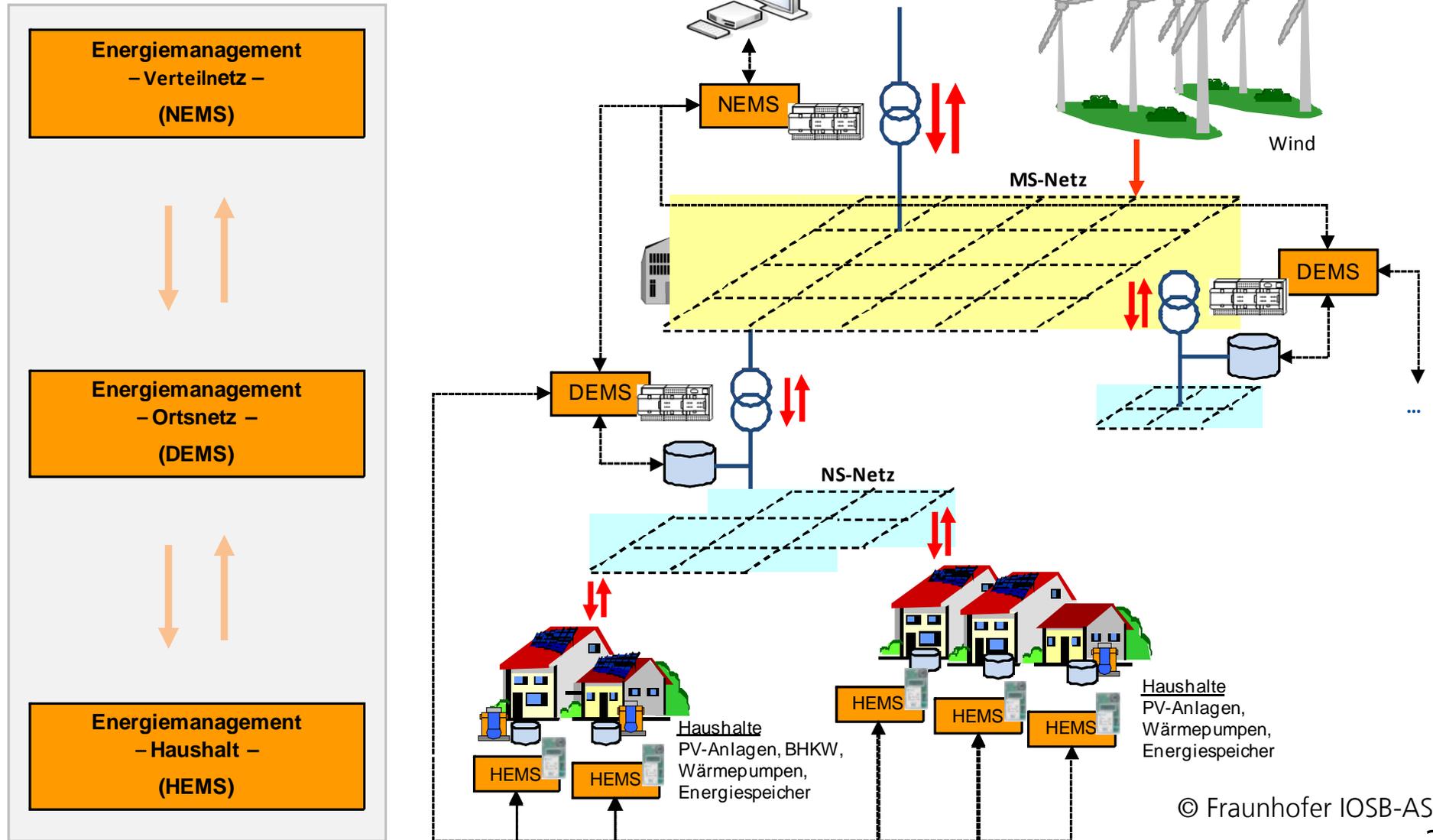
- Netzdienliche Betriebsführung durch reduzierte Einspeisespitze entlastet Stromnetz
- Reduzierung der Spitzen um bis zu 40 % ohne Ertragsverluste
- bis zu 66 % mehr PV-Leistung im Netzabschnitt möglich

netzoptimierte Speicherung



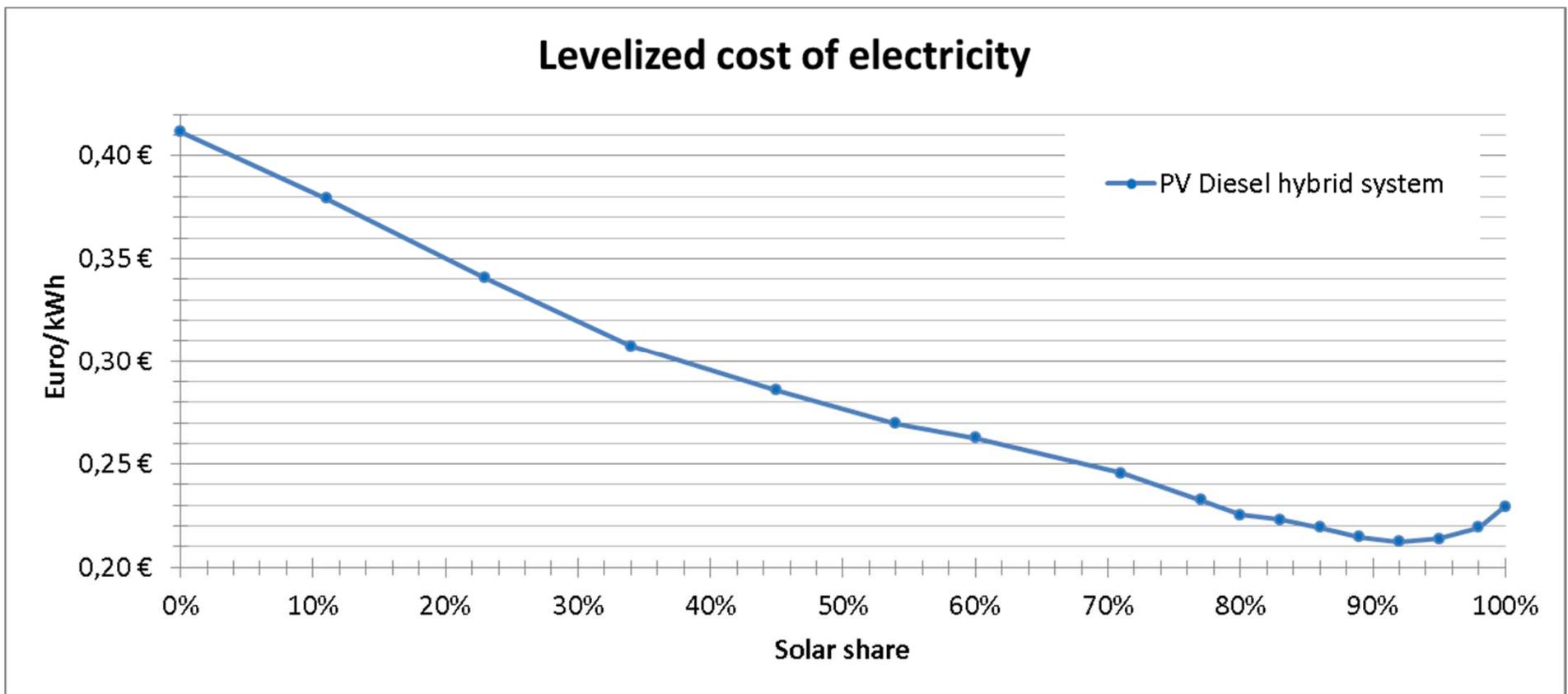
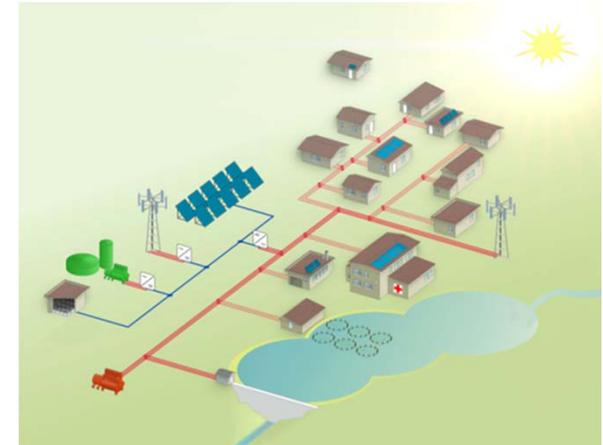
Quelle: J. Mayer (BSW), C. Wittwer (ISE), Batteriespeicher: Ein sinnvolles Element der Energiewende. Berlin, Pressefrühstück 25.1.2013

Aggregation von Speichern



Inselnetze – PV-Diesel-Hybridsysteme

Beispiel Uganda

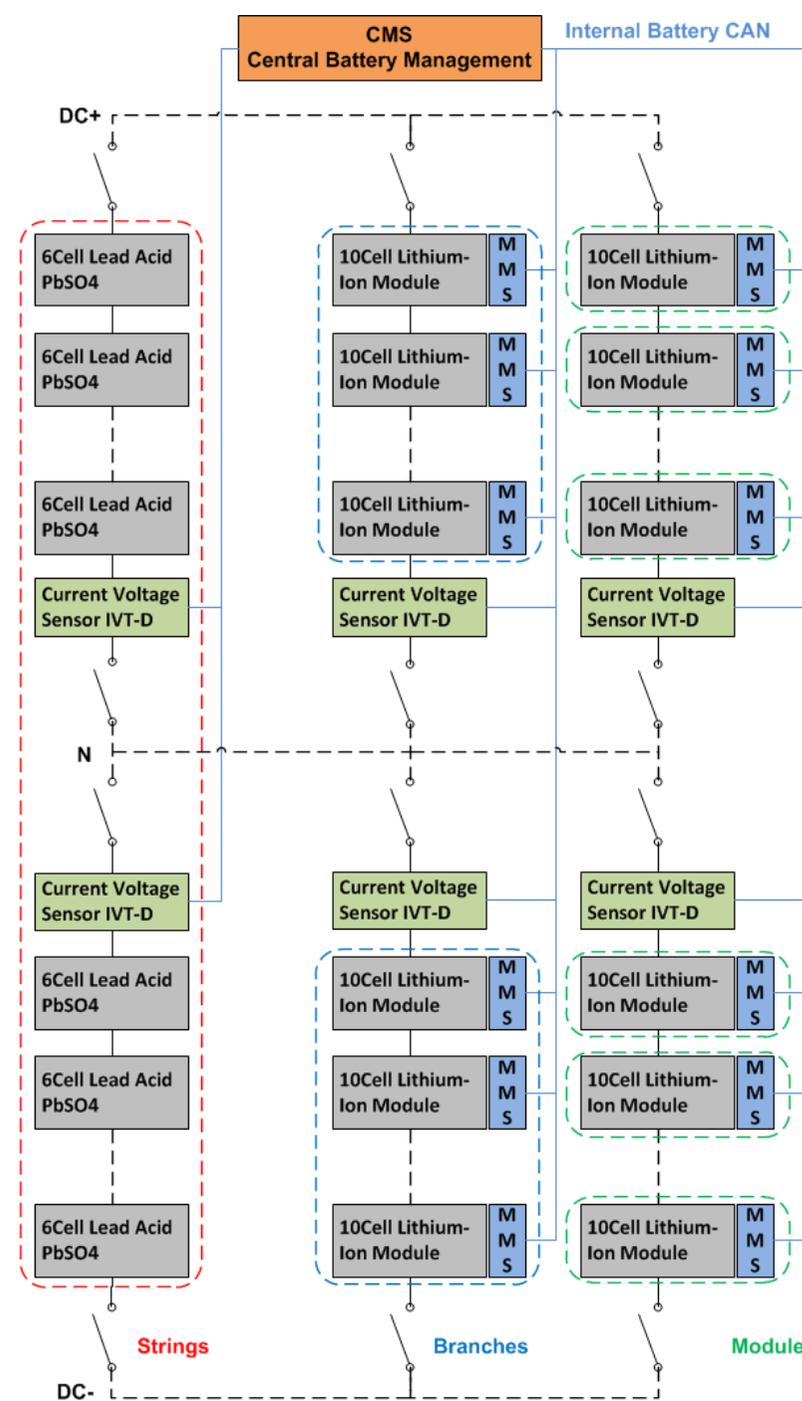


Konzept eines hybriden Batteriesystems

→Keine zusätzliche DC-DC-Steller



Skalierte Laborversion



Lithiumbatterie-Subsystem

- Batterieeinheit mit 11,55 kWh:
 - Strang mit bis zu 46,2 kW (4C) und bis zu 1000 V
 - Bestehend aus 7 Modulen
 - Parallel schaltbar
 - Ventilatorsystem zur Kühlung



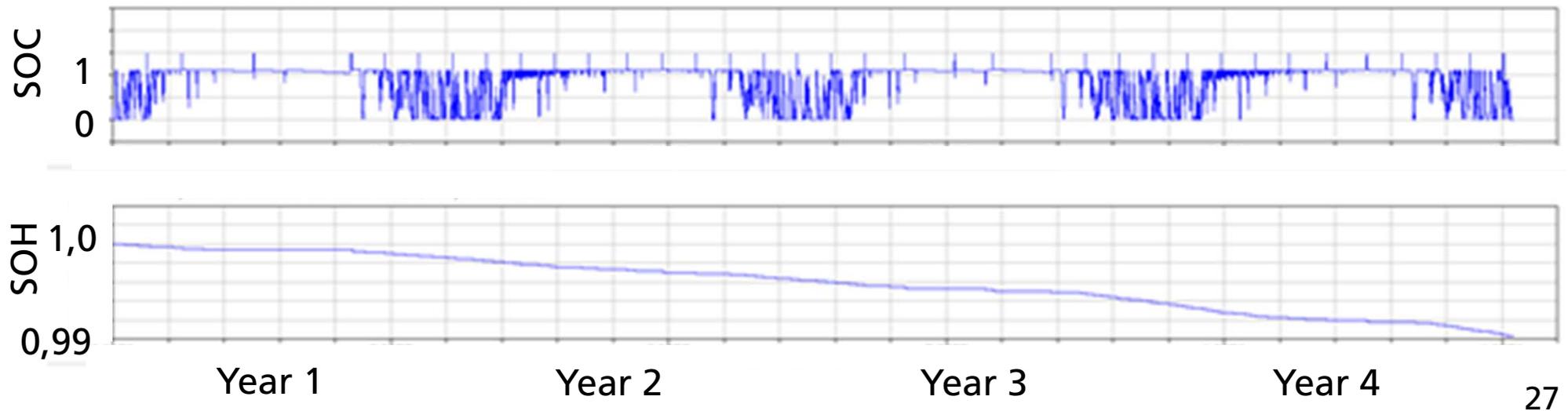
- Lithium-Ionen Batteriemodul:
 - Bestehend aus 40 Batterien
 - Luftgekühlt
 - Entladeraten: 4C konstant, 6C für 30 s
 - Leicht und sicher austauschbar

26

Systemsimulation – Beispiel über vier Jahre

- Ausgangslage: Messdaten von einer Bleibatterie mit günstigen Betriebsbedingungen (integriertes BMS und regelmäßige Vollladungen)
- Kapazitätsverlust der Bleibatterie im Simulationszeitraum von 4 Jahren: 1,5 % (!)
- Hybridisierung reduziert Kapazitätsverlust auf 0,9 %
→ Reduzierung der Alterung um 40 % (im Betrachtungszeitraum von 4 Jahren)

Hybrides Batteriesystem – Verlauf Bleibatterie-Subsystem



Zusammenfassung und Ausblick

- PV in Deutschland: Ende 2012: ~ 32 GWp installiert
- PV in Deutschland: Überwiegend dezentrale Anlagen
- Lithiumbatteriesysteme interessant für den Einsatz in (dezentralen) PV-Anlagen: Noch große Optimierungspotentiale von der Zelle bis zur Systemintegration
- Lithiumbatteriesysteme (wie auch Redox-flow- und Hochtemperatur-Batteriesysteme) besitzen immer ein eigenes Batteriemanagement
 - Standardisierung der Kommunikation auf Feldebene ermöglicht eine einfachere Kombination von Komponenten unterschiedlicher Hersteller (z.B. Lithium-Batteriesysteme, Leistungselektronik, Haus-Energiemanagement)
- Batteriespeicher in Kombination mit einem „intelligenten“ Energiemanagement ermöglichen den weiteren rasanten Zubau von dezentralen PV-Anlagen
 - Berücksichtigung der Netzaspekte
- Inselnetze: Hohe PV-Anteile ökonomisch interessant
- Inselnetze: Bleibatterie nach wie vor dominierend, aber Hybridisierung mit kleinem Anteil an Lithiumbatterien sinnvoll (zukünftige Alternative: Redox-flow-Batterien)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !!!

**Kontakt:
matthias.vetter@ise.fraunhofer.de**