

# Solar Allianz 6. Storage Day XXL

## Erfahrungsbericht Modellspeicher Homburg Multi-Use-Betrieb

Prof. Dr.-Ing. Franz Heinrich  
Berlin, 17. November 2017



# Erfahrungsbericht Modellspeicher Homburg Multi-Use-Betrieb



## Agenda

- **Modellprojekt Stromspeicher Homburg**
  - Merkmale
  - Impressionen
  - Monitoring / Messprogramm
  - Betriebserkenntnisse, Optimierungsmöglichkeiten, Wirtschaftlichkeit, Fazit
- **Ausblick auf großtechnische Anwendungen**

### Modellprojekt Stromspeicher Homburg

- **Baubetriebshof mit 5 Gebäuden (Feuerwache, KFZ-Halle, Schlosserei, ...)**
- **Leistungsbedarf bis 130 kW Spitze / 20 kW Grundlast**
- **Jahresverbrauch 300 MWh**
- **Existierende PV-Anlage mit 360 kWp**
- **Ein Projekt der Kreisstadt Homburg mit Unterstützung des Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr des Saarlandes**

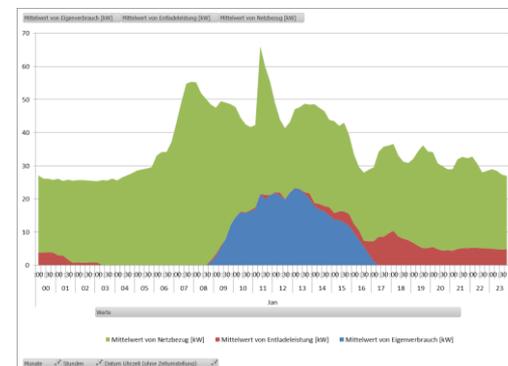
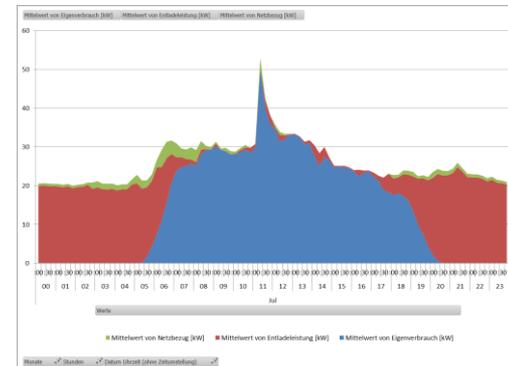
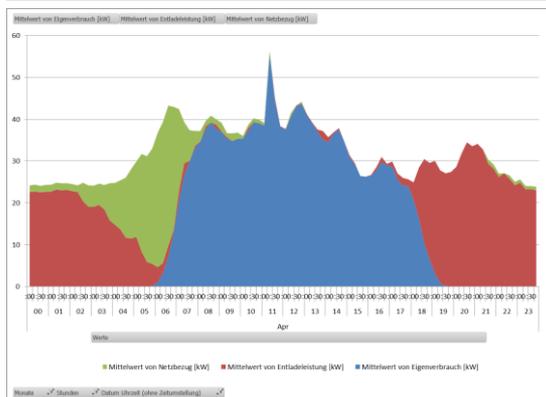
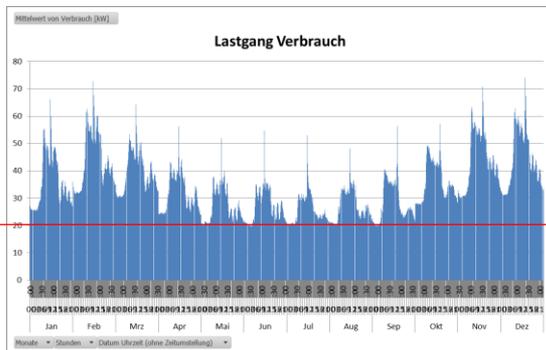


## Impressionen



### Modellprojekt Stromspeicher Homburg

- Lastgang & mittlere Leistungsabdeckung durch Bezug, Erzeugung und Speicher



## Modellprojekt Stromspeicher Homburg

- Eigennutzungsgrad / Autarkiegrad mit Speicher

*Eigennutzungsgrad bei 'Direktes Laden'*

PV-Anlagengröße [kWp]	400.0	57.00 %	58.05 %	59.04 %	59.90 %	60.65 %
	380.0	58.99 %	60.05 %	61.06 %	61.96 %	62.77 %
	360.0	61.19 %	62.18 %	63.24 %	64.22 %	65.04 %
	340.0	63.45 %	64.62 %	65.60 %	66.57 %	67.44 %
	320.0	65.98 %	67.07 %	68.16 %	69.18 %	70.04 %
	300.0	68.61 %	69.76 %	70.83 %	71.84 %	72.67 %
		240.0	260.0	280.0	300.0	320.0
		<i>Speichergröße [kWh]</i>				

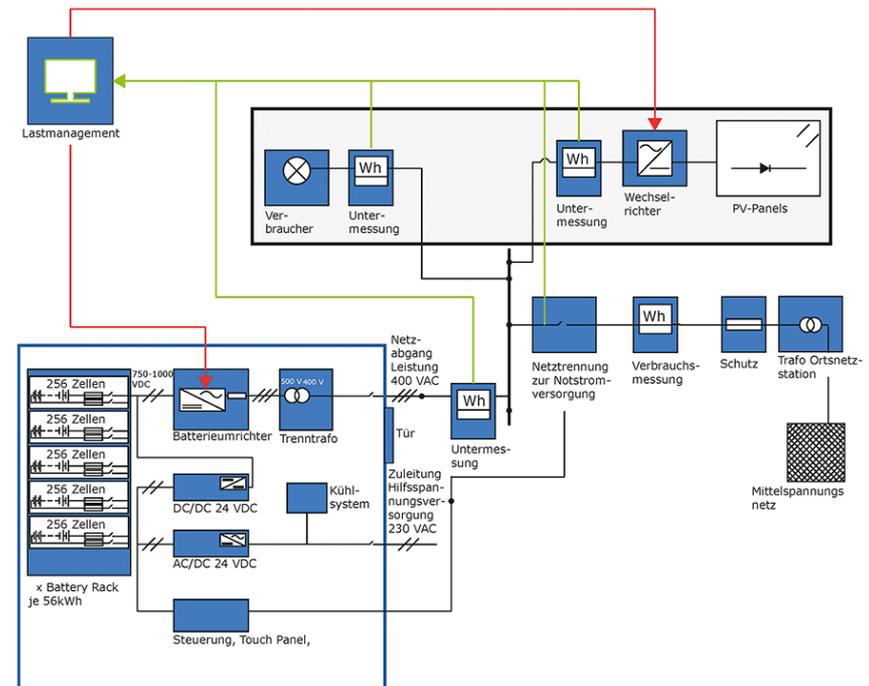
*Autarkiegrad bei 'Direktes Laden'*

PV-Anlagengröße [kWp]	400.0	57.90 %	58.91 %	59.86 %	60.68 %	61.40 %
	380.0	56.93 %	57.90 %	58.82 %	59.64 %	60.38 %
	360.0	55.95 %	56.81 %	57.72 %	58.57 %	59.27 %
	340.0	54.80 %	55.76 %	56.56 %	57.35 %	58.06 %
	320.0	53.65 %	54.48 %	55.32 %	56.10 %	56.76 %
	300.0	52.31 %	53.14 %	53.91 %	54.64 %	55.23 %
		240.0	260.0	280.0	300.0	320.0
		<i>Speichergröße [kWh]</i>				

### Merkmale

- **Auslegungsdaten 100 kW / 280 kWh**
- **Li-Mangan-Oxid (LMO) Zellen**
- **Ausführung 40 Fuß Seecontainer High Cube**
- **VDE/VEW Saar Konformität**
- **Energiemanagement mit maximaler Eigennutzung (>60%)**
- **Netzqualität / Blindstromkompensation**
- **Peak Shaving (130 / 60 kW)**
- **Notstrom – Versorgung der Feuerwache (25 kW / 45 kWh)**

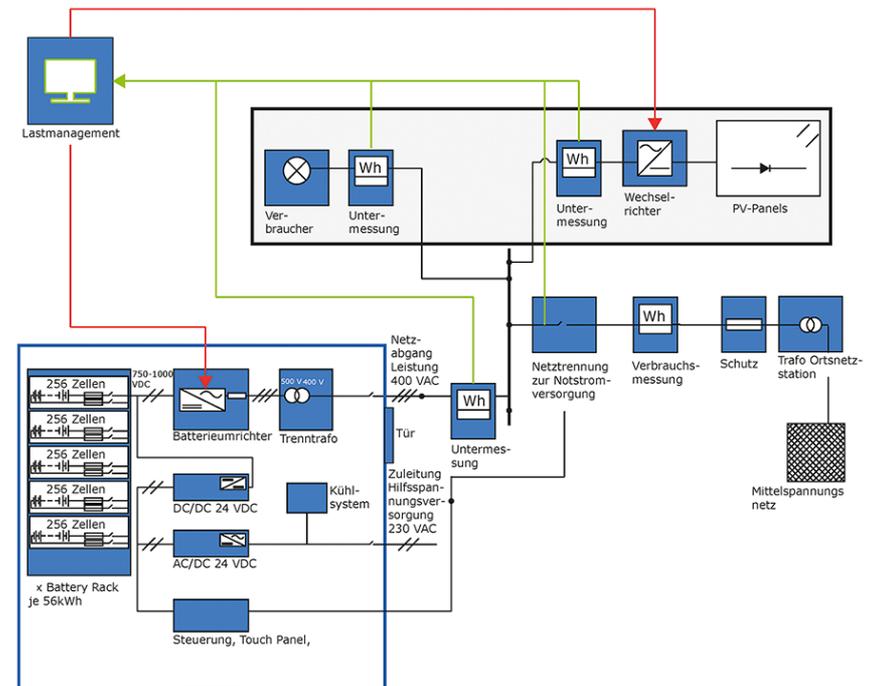
### Blockschaltbild



### Monitoring / Messprogramm

- **Wissenschaftliche Begleitung: Prof. Dr. Ing. G. Frey – UdS**
- **Gesamtbilanzierung des Areals (Demand-Side), der PV-Anlage, des Stromspeichers**
- **Bilanzierung der Hauptelemente (Batterien, Inverter, ..., Hilfssysteme)**
- **Kennfelder, Regel-Charakteristika**
- **Fahrplan- und Sonderbetriebsverhalten**

Blockschaltbild

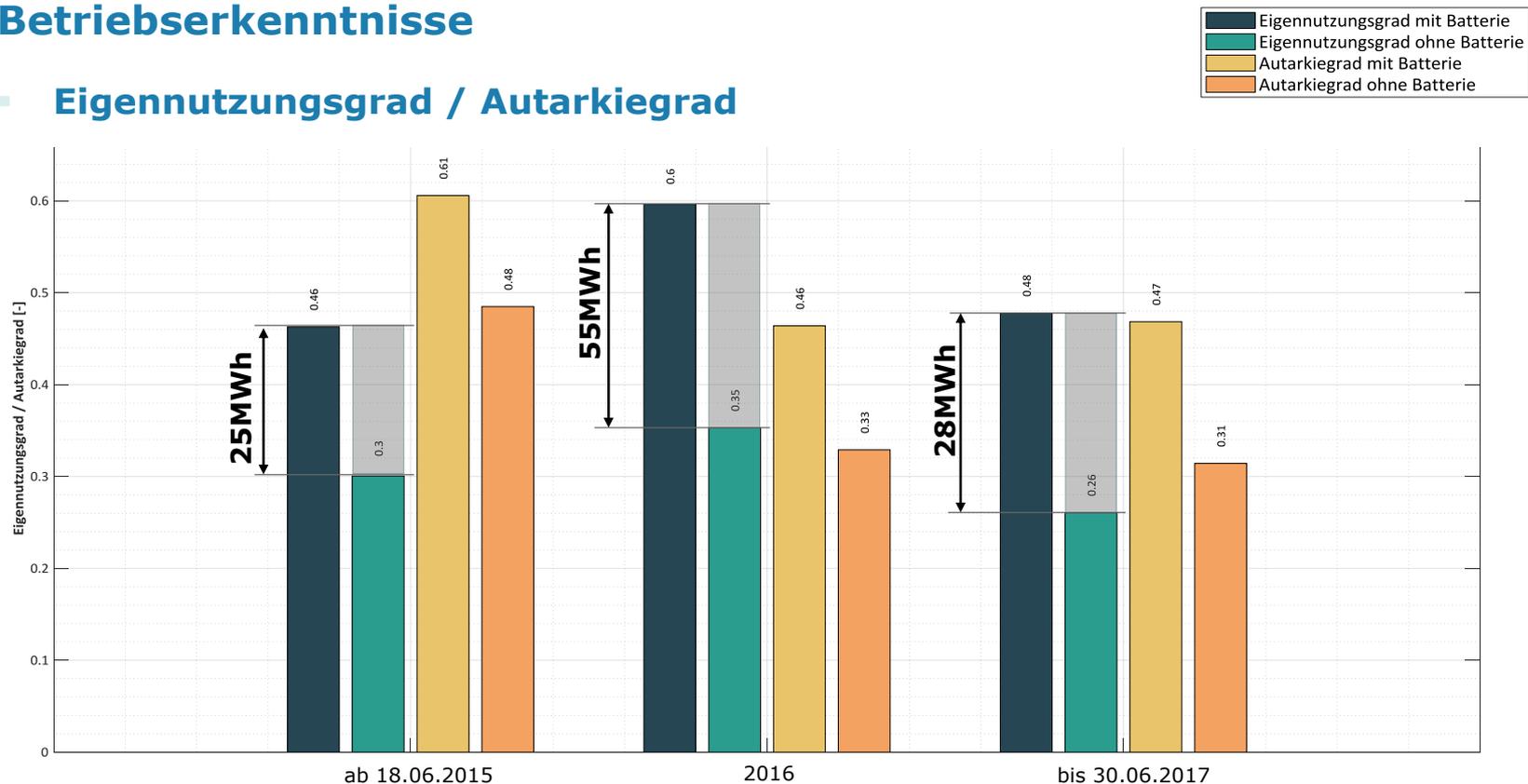


### **Betriebserkenntnisse**

- **Synchronisierung an Netzfrequenz innerhalb der Vorgaben (50 Hz +/- 0,2Hz) über den gesamten Lastbereich**
- **Temperaturen der Zellen im Nennbereich 20° bis 25°C**
- **Zell- und Rackspannungen innerhalb der Spezifikation**
  - **Rack: zwischen 750 bis 1050 VDC**
  - **Ladeschlussspannung 4,2 V und Entladeschlussspannung 2,5V**
- **Hilfsenergienutzung (Klimaanlagen) im Sommer 85kWh pro Tag im Schnitt**
  - **Elektronikraum 53%**
  - **Batterieraum 31%**
  - **Tageslichtbildschirm 16%**

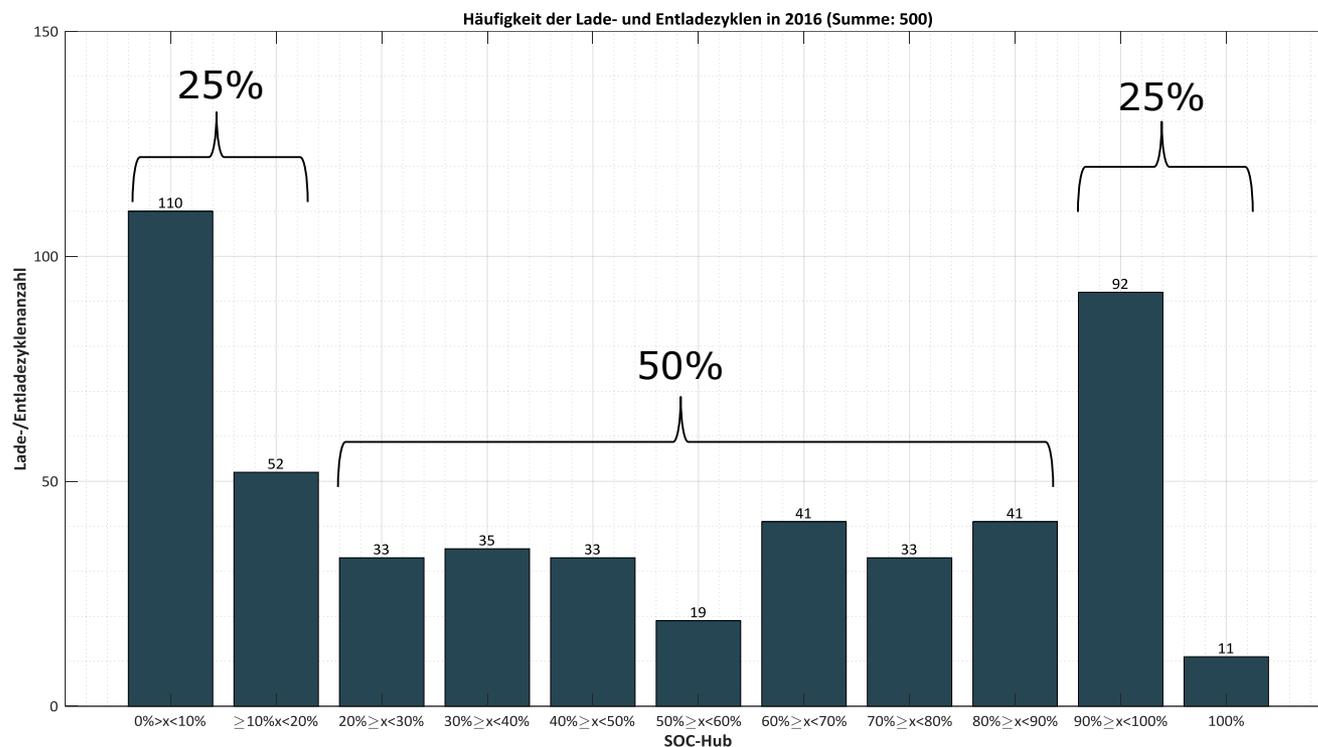
## Betriebserkenntnisse

### Eigennutzungsgrad / Autarkiegrad



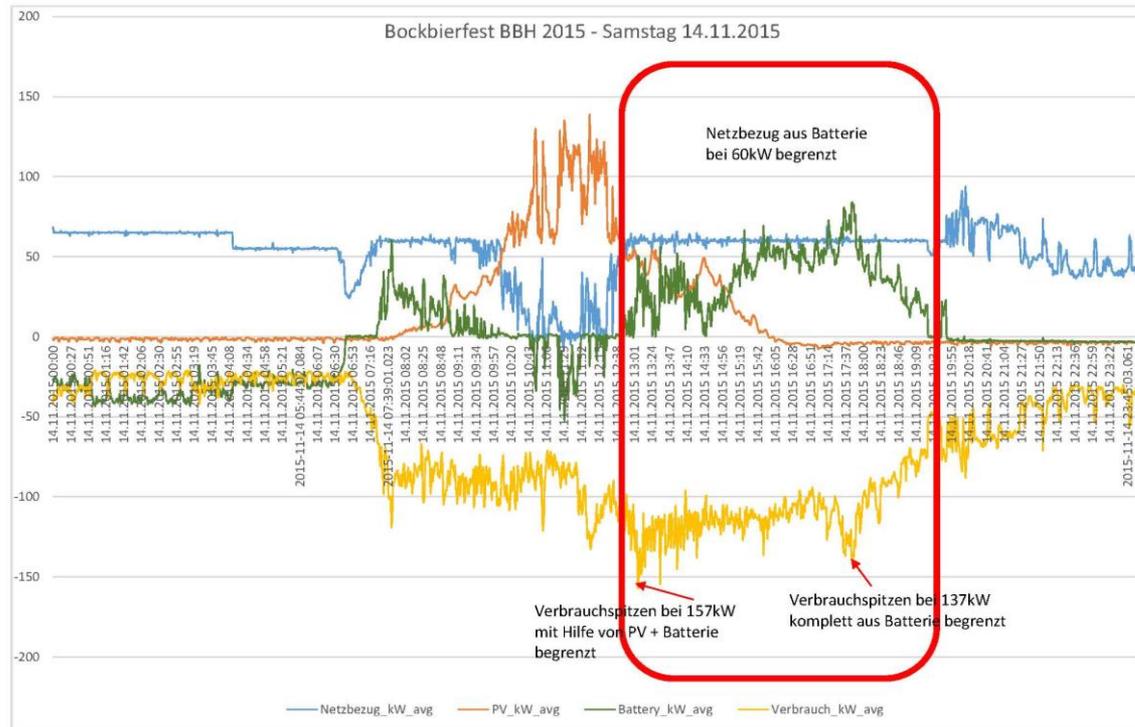
## Betriebserkenntnisse

### Lade- / Entladezyklenhäufigkeit 2016



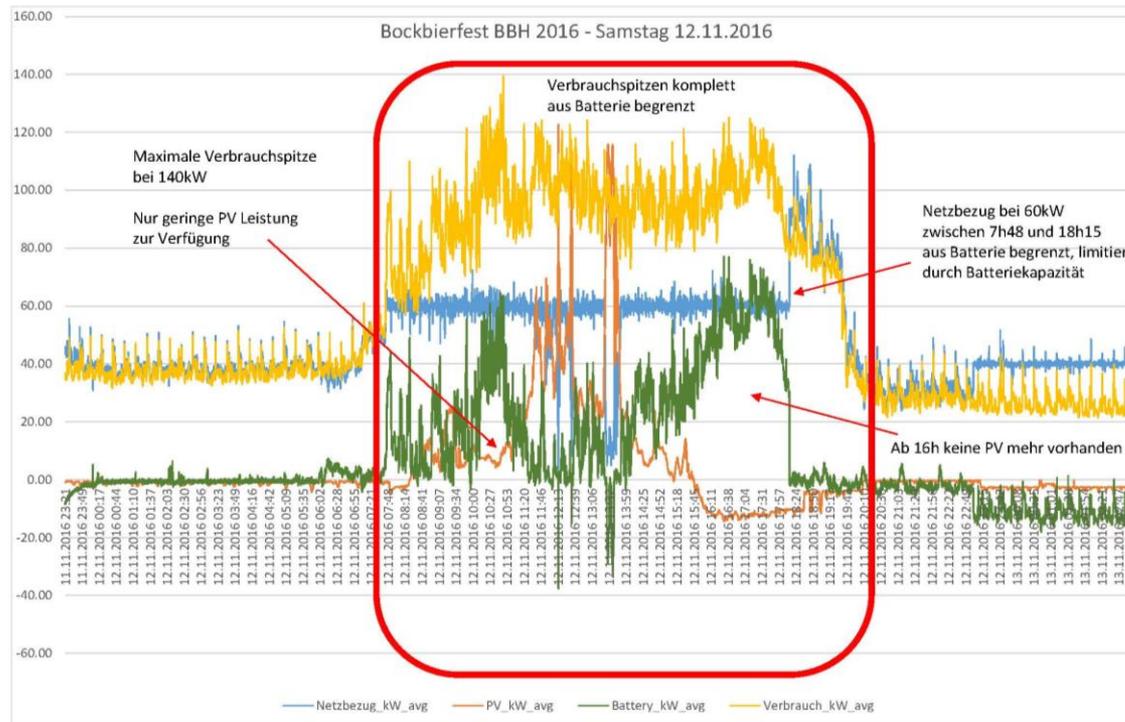
## Betriebserkenntnisse

### Peak Shaving am Karlsberg Bockbierfest (14.11.2015)



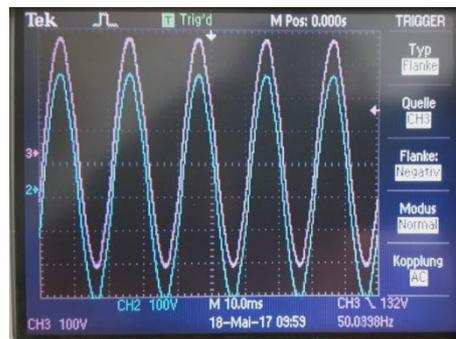
## Betriebserkenntnisse

- Peak Shaving am Karlsberg Bockbierfest (12.11.2016)

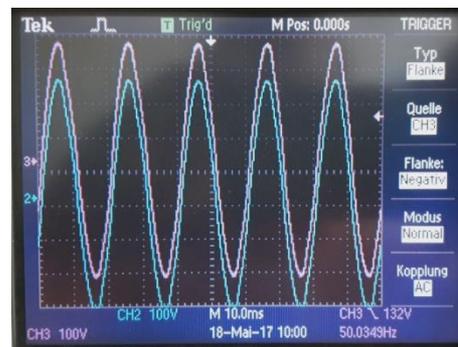


## Betriebserkenntnisse

### Notstromversorgung der Feuerwache



netzsynchroner Betrieb



Netztrennung: keine  
Verbraucher-ausfälle  
während Trennung  
*Versorgungsnetz*

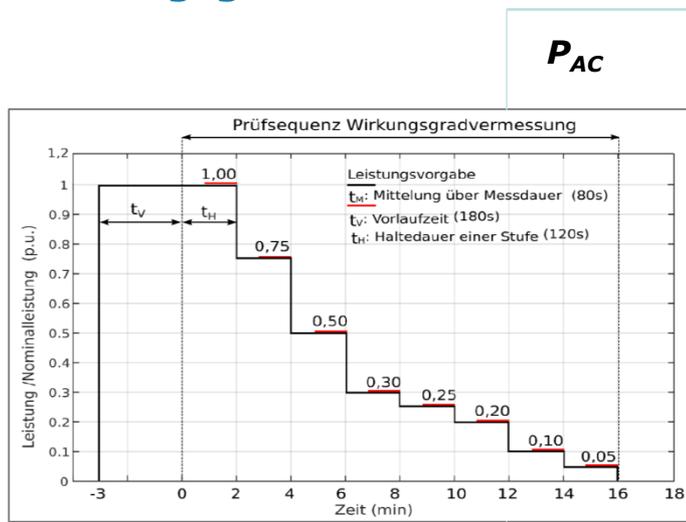
*Batterienetz*

Inselbetrieb

*Rücksynchronisierung*

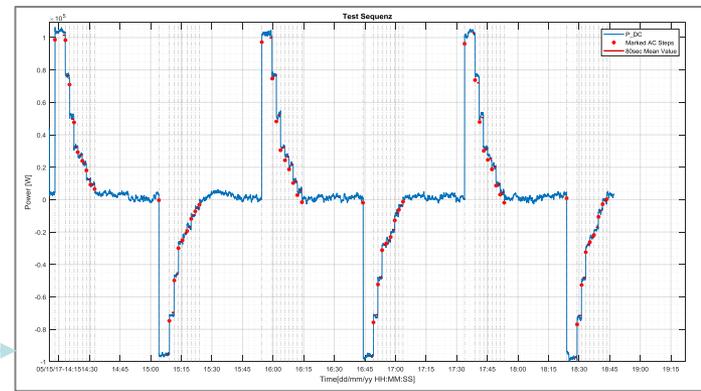
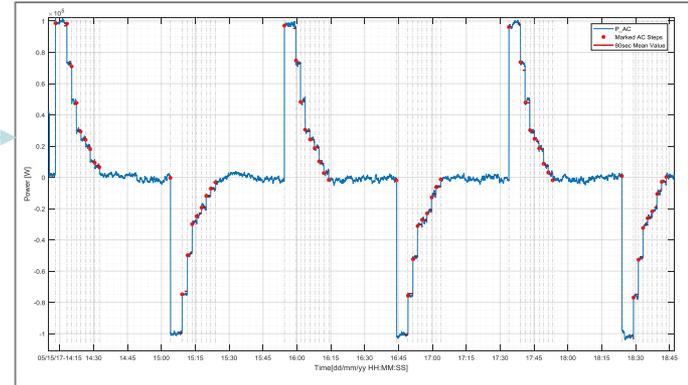
## Betriebserkenntnisse

- Wirkungsgrad des Batterieumrichters



$P_{AC}$

$P_{DC}$



$P_{BESS} / P_{BESS,nom}$	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3	0,5	0,75	1
$\eta$	<b>66,36 %</b>	<b>81,84 %</b>	<b>88,83 %</b>	<b>90,82 %</b>	<b>92,14 %</b>	<b>94,42 %</b>	<b>95,35 %</b>	<b>95,70 %</b>

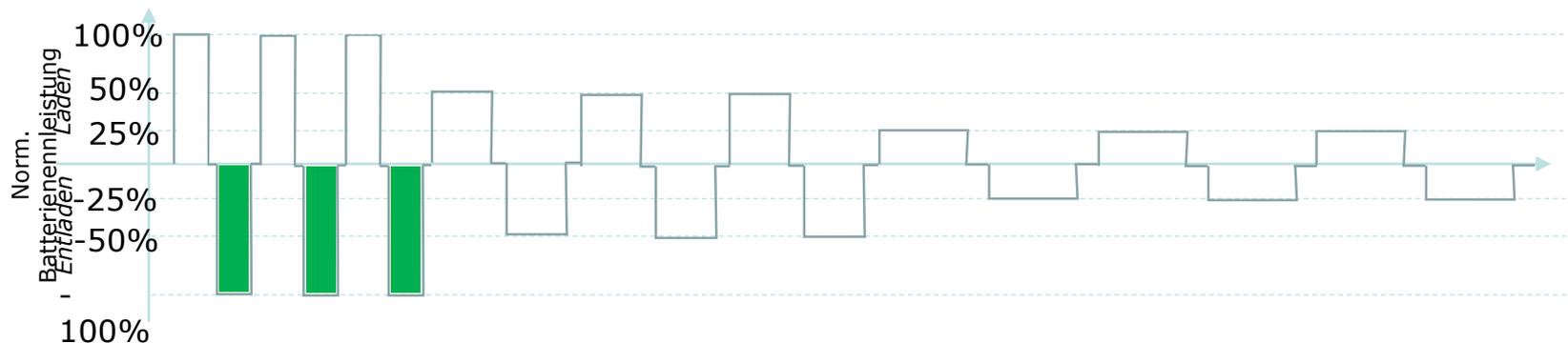
## Betriebserkenntnisse

### Wirkungsgrad der Batterie (1/2)

Prüfzyklus: Dreimaliges Laden- und Entladen des Speichers mit jeweils

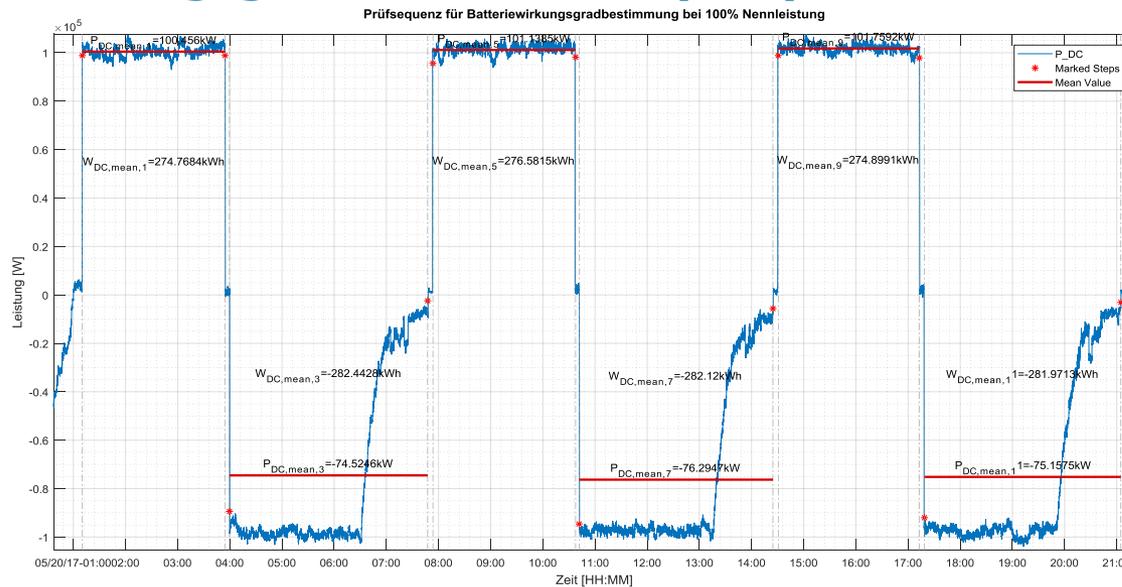
- 100% / 50% / 25% der Nennleistung

Verhältnis von abgegebener zu aufgenommener Energie während eines Lade-/Entladezyklus stellt den energetischen Wirkungsgrad  $\eta_{BAT,RTE}$  dar.



## Betriebserkenntnisse

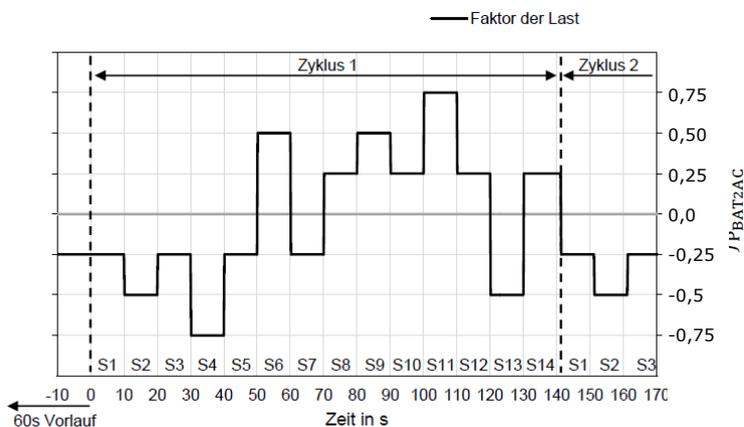
### Wirkungsgrad der Batterie (2/2)



	Zyklen (100% Nennleistung)			Zyklen (50% Nennleistung)			Zyklen (25% Nennleistung)		
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
$\eta_{BAT,RTE}$	<b>97,28</b>	<b>98,04</b>	<b>97,49</b>	<b>98,07</b>	<b>98,09</b>	<b>98,08</b>	<b>99,27</b>	<b>99,30</b>	<b>99,91</b>
	%	%	%	%	%	%	%	%	%

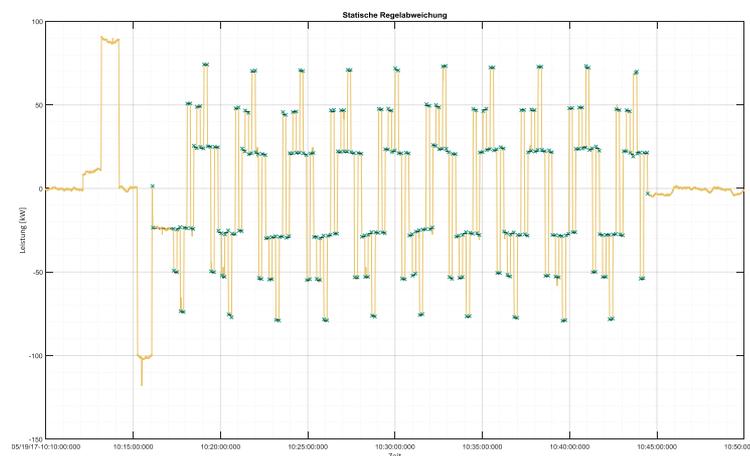
## Betriebserkenntnisse

### Statische Regelabweichung



Teststufenprofil zur Beurteilung der Regelgüte des Batteriespeichersystems

- Statische Regelabweichung ist die mittlere Abweichung der Ist-Ausgangsleistung von der Soll-Ausgangsleistung des Speichersystems
- 10-maliges Durchfahren des Teststufenprofils

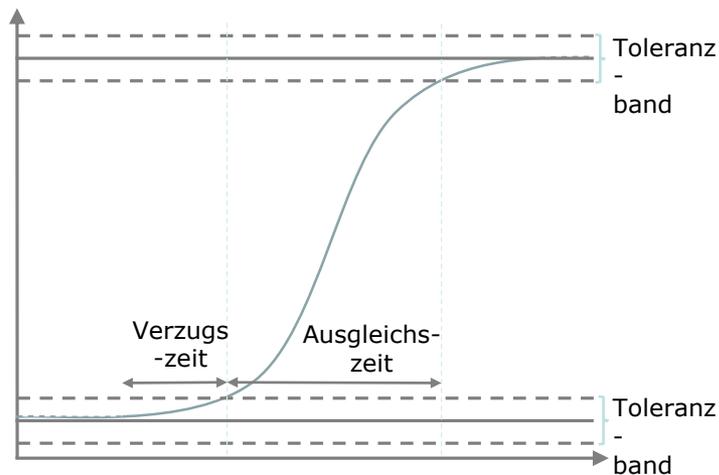


Messdaten des 10-maligen Durchfahrens des Stufenprofils

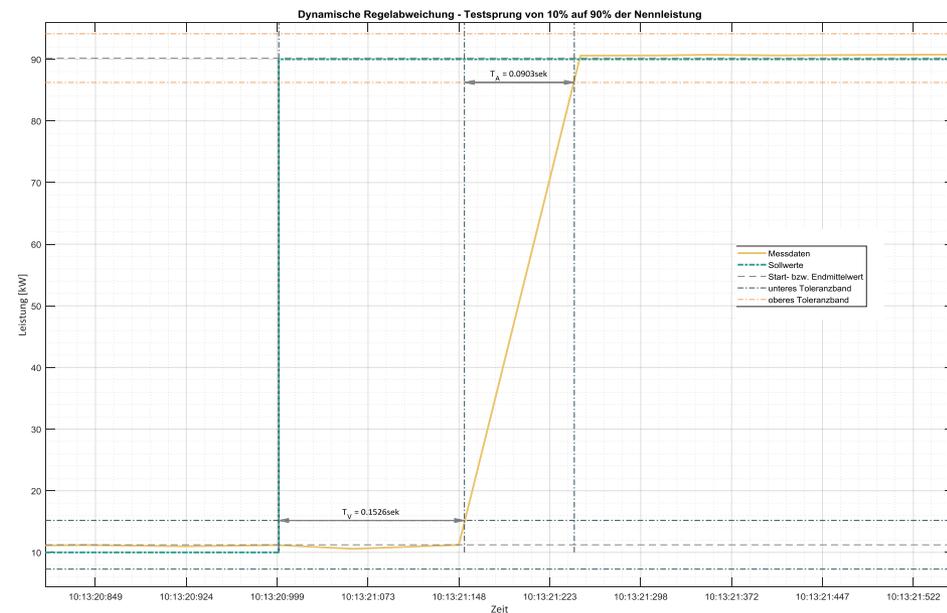
Stufe	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Soll [kW]	-25	-50	-25	-75	-25	50	-25	25	50	25	75	25	-50	25
RMSE [%]	3,84	4,42	4,35	3,93	3,69	4,34	3,56	4,06	4,29	3,64	6,44	5,67	5,93	6,36

## Betriebserkenntnisse

### Dynamische Regelabweichung



Schematische Darstellung eines Sprungantwortversuchs mit Verzugs- und Ausgleichszeit



Realer Sprungantwortversuch

- Sprungversuch von 10% auf 90% der Nennleistung
- Verzugszeit: von der Änderung der Sollwertvorgabe bis zum Verlassen des unteren Toleranzbandes: 0,15s
- Ausgleichszeit: vom Verlassen des unteren Toleranzbandes bis zum Erreichen des oberen Toleranzbandes: 0,09s

## Betriebserkenntnisse

### Regelleistung (1/2)

Verhältnis nutzbare Speicherkapazität /  
Inverternennleistung:

$$280\text{kWh}/100\text{kW} = 2,8 \text{ (h)}$$

Abschätzung bei einseitiger Belastung  
(Laden oder Entladen) bei mittlerem  
Ladezustand:

Nutzbare Energie:

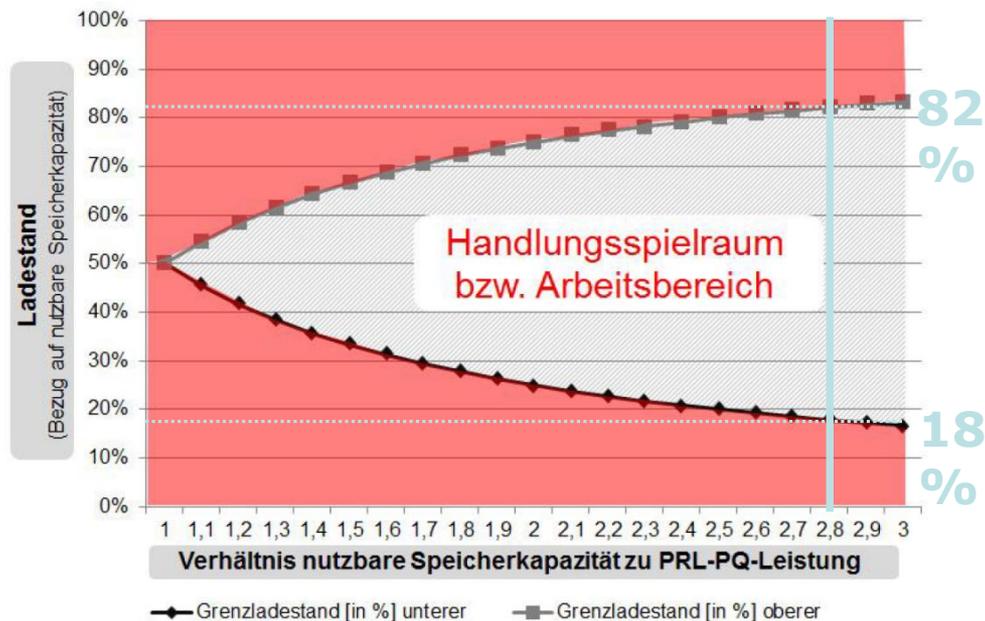
$$32\% * 280\text{kWh} = 89\text{kWh}$$

Dauerhafte Erbringung von PRL bei  
Nennleistung:

$$89\text{kWh}/100\text{kW} = 0,89\text{h (53min)}$$

FAZIT:

30-Minuten-Regel ist erfüllt



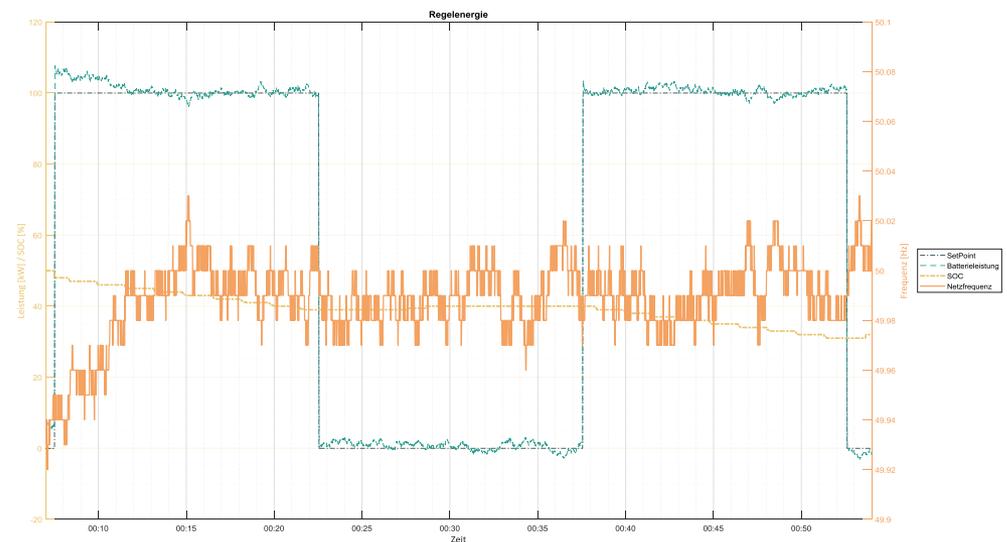
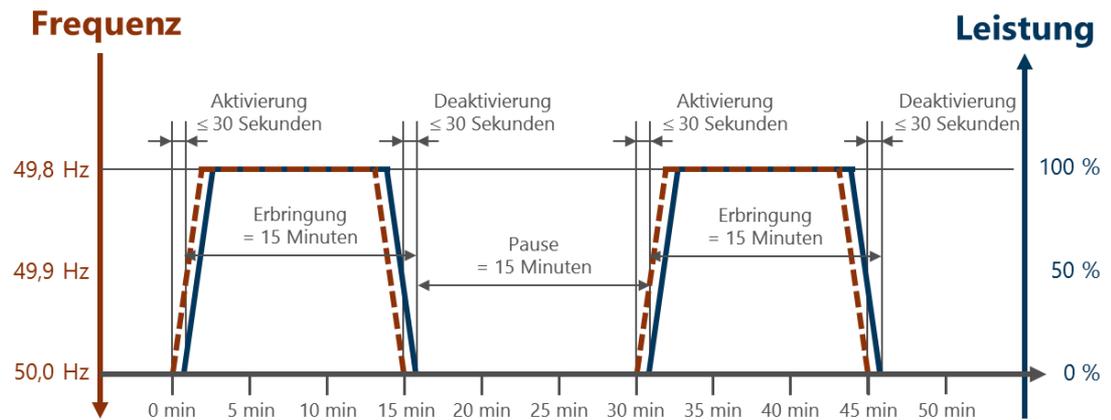
Speicherverhältnis bei stationären Batteriespeichern

## Betriebserkenntnisse

### Regelleistung (2/2)

#### Anforderungen

- Aktivierungszeit  
Soll:  $\leq 30s$ , Ist:  $\leq 1s$
- Nachweis über die  
Nachladestrategie  
bspw. durch Simulationsstudien
- Frequenzmessung  
Soll:  $\leq \pm 10mHz$ , Ist:  $\pm 10mHz$
- Einstellbare Statik  $S=P(f)$
- Messdatenerfassung mit  
Auflösung von 1 Sekunde



## **Optimierungsmöglichkeiten**

- **Demand Side Management verfeinern**
- **PV Eigennutzung erhöhen / Speichernutzung verbessern**
- **Wirkungsgrad der Hauptelemente des Speichers erhöhen**
- **Regelungssystem auf Erzeugung und Bedarf noch besser abstimmen**
- **Regelgüte optimieren**
  
- **Upgrade von Human Machine Interface - HMI (Betriebssystem, Kommunikation, Schaltzentrale)**
- **Weiterentwicklung der Applikation für den Regelenergieeinsatz**

### Wirtschaftlichkeit

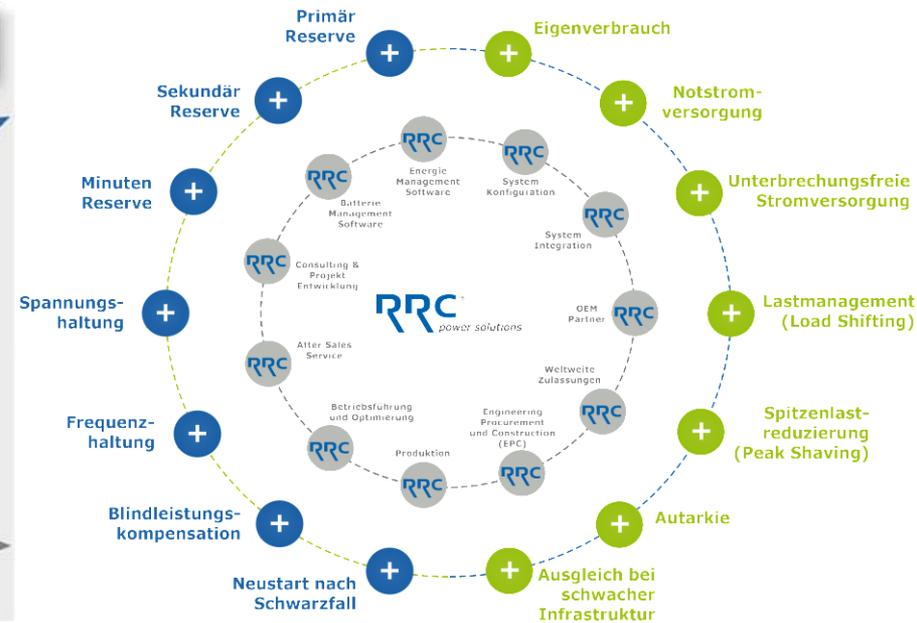
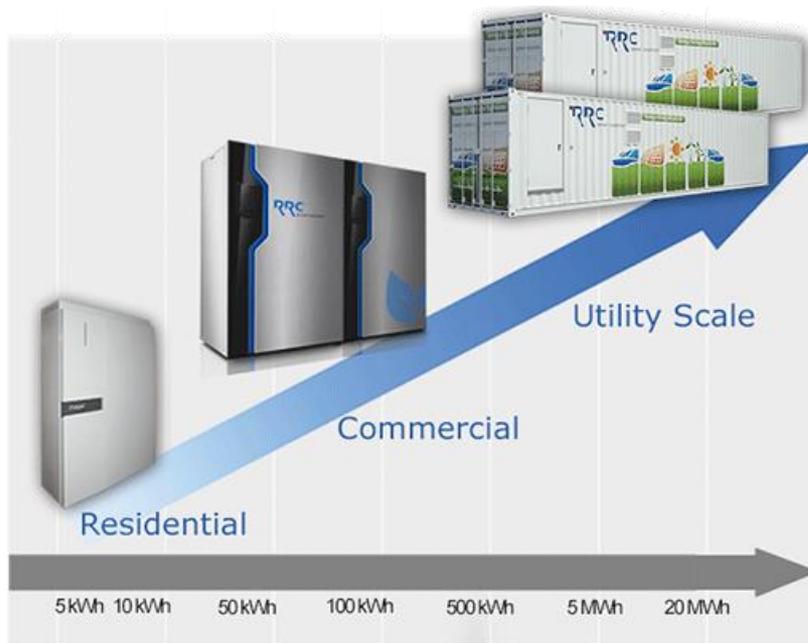
- **Modellprojekt:**
  - ROI im Bereich 10 – 13 Jahre je nach Wertehebel
- **Ausblick:**
  - ROI kleiner/gleich 10 Jahre möglich je nach Wertehebel Kombination
  - ROI sogar kleiner 5 Jahre für Sonderanwendungen

### Fazit

- **Erfüllung aller technischen und betriebswirtschaftlichen Anforderungen im Rahmen der Projektlaufzeit**
- **Weiterentwicklungspotentiale identifiziert**

### Ausblick auf großtechnische Anwendungen

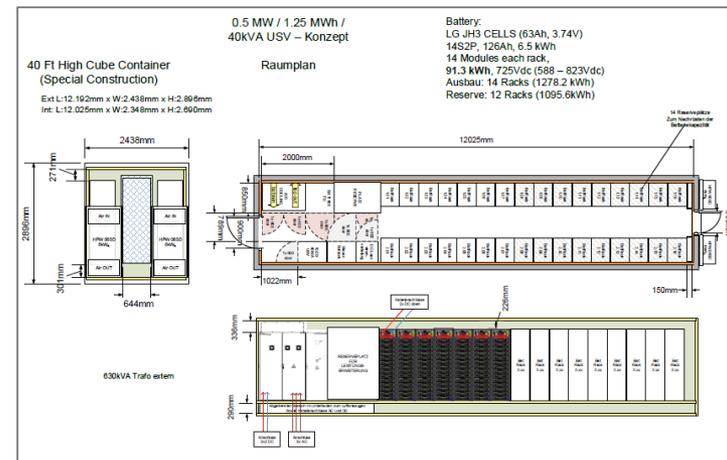
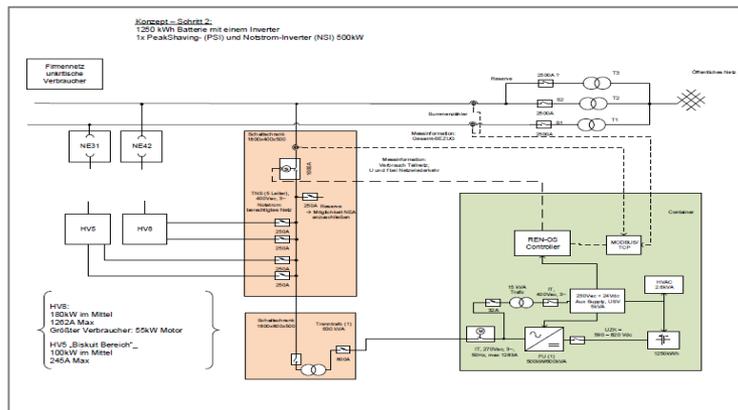
### Produktportfolio



## Ausblick auf großtechnische Anwendungen

### Datenaufnahme / Analyse für die toolgestützte Auslegung und Dimensionierung des ESS; Konzeption, Konstruktion und System-Integration

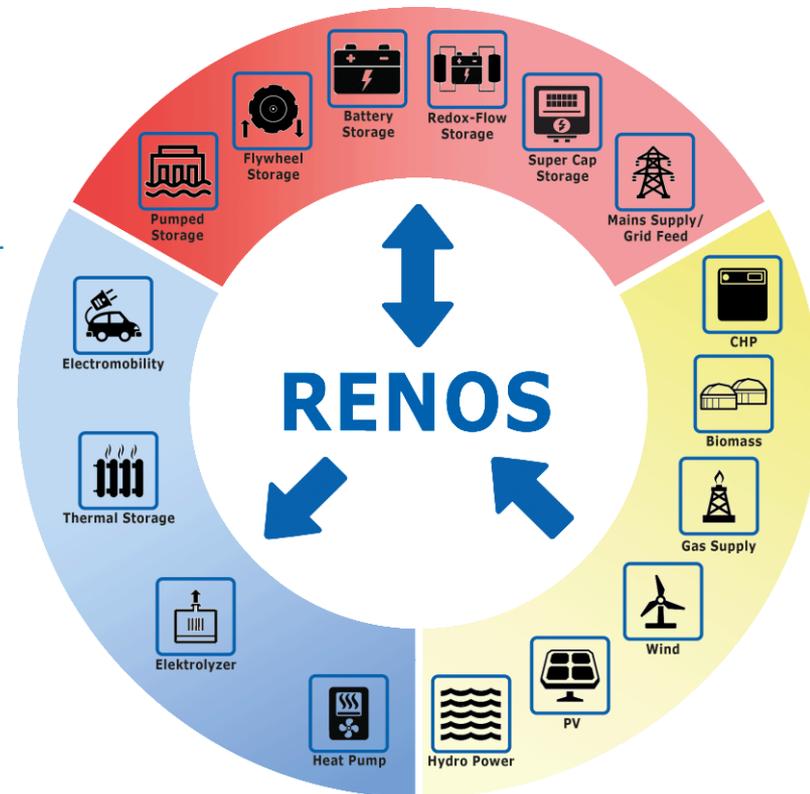
- **Projektierung**  
Schaltpläne, 3D-Konstruktion; Zeitplan
- **Dimensionierung der Komponenten**  
Batteriesystem (Kapazität, Zelltyp); Wechselrichter;  
Transformator und Schalteinrichtung; Messtechnik;  
Klimatisierungs- und Lüftungstechnik



## Ausblick auf großtechnische Anwendungen

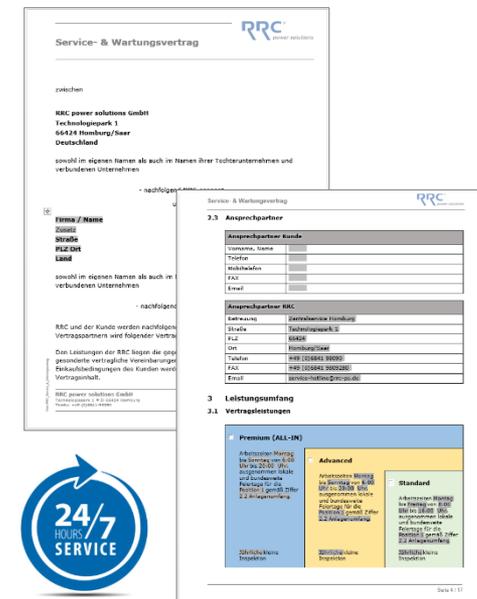
### RENOS – REnewable Operating System

- Smartes und erweiterbares Energie-Management / Online-Monitoring System
- Höchste Flexibilität bei der Einbindung verschiedener Quellen (z.B. PV, Wind, BHKW, Diesel-GenSet, etc.)
- Steuerung von Betriebsarten, Regelparametern und Organisation eines Multi-Use Fahrplans
- Mastersteuerung von Batteriebänken
- Diverse drahtgebundene und funkbasierte Schnittstellen
- Lokale Bedienung / stand-alone-Betrieb
- GUI: Intuitive, browserbasierte Parametrierung, Monitoring, Diagnose via Tablet/Smart-Phone
- Zukunftssicher via Firmware-Update-Fähigkeit
- Aktivierung neuer Geschäftsmodelle, z.B. über Schwarm-Steuerung / Pooling



## Ausblick auf großtechnische Anwendungen Support, Service- und Wartungskonzepte

- Fehlfunktionen und Ausfälle können durch präventive Maßnahmen auf ein akzeptables Restrisiko minimiert werden. RRC bietet seinen Kunden ein 3-stufiges Wartungskonzept an, bei dem Turnus und Umfang optimal zum geplanten Einsatz des Energiespeichers passen (Standard, Advanced, Premium all-in)
- Im Störungs- / Fehlerfall ist eine schnelle Reaktionszeit sowie eine möglichst geringe Wiederherstellungszeit (MTTR) unabdingbar, hierfür bietet RRC seinen Kunden sowohl eine 24/7 Störungshotline als auch verkürzte bzw. garantierte Reaktions- / Wiederherstellungszeiten an.
- Gängige Ersatzteile werden vom Service mitgeführt, um diese bei Ausfall schnell und einfach auszutauschen. Ersatzteilkonzepte für eine optimierte MTTR bieten wir unseren Kunden optional an.



## Ausblick auf großtechnische Anwendungen

### Projekt Modellspeicher Seniorenheim 60 kW / 90 kWh

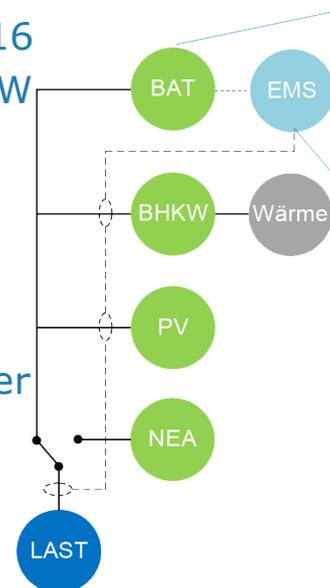
- Ausgang: Jahres-E-Verbrauch 234 MWh; Leistungsspitze 92 kW
- Erzeugung: BHKW 22 kW, PV 99 kWp; gesamt 279 MWh/a
- Eigennutzung: 223 MWh/a; Netzbezug: 11 MWh/a, 49 kW
- EMS: Autarkiegrad >95%; Eigennutzungsgrad >80%
- Notstrom-Versorgung: 30 kW/15 kWh



## Ausblick auf großtechnische Anwendungen

### Projekt Modellspeicher Off Grid 30 kW / 91 kWh

- Ausgang: keine Strom- und Gas-Netz-Anbindung gegeben/möglich  
Jahres-E-Verbrauch: 10 MWh, Spitze 10 kW
- Erzeugung: Biodiesel-BHKW 10 kW, PV 16 kWp: gesamt 20 MWh/a Wärme via BHKW und Bio-Spitzenlastkessel
- Installation in geeignetem Technikraum
- Schwarzstart-Möglichkeit
- EMS: steuert/regelt/optimiert Erzeugung und Bedarf, sowie Insel bildenden Inverter
- NEA als Backup-System mit 40 kW





## Ausblick auf großtechnische Anwendungen

### Projekt Regelenergie 5 MW / 7,3 MWh

- Primär- und Sekundärreserve
- 1 Master plus 3 Slaves



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Prof. Dr.-Ing.  
**Franz Heinrich**  
Director Solutions Group  
Energy Storage Systems

RRC power solutions GmbH  
Technologiepark 1  
D-66424 Homburg/Saar  
Germany

[www.rrc-ps.com](http://www.rrc-ps.com)  
[www.rrc-wireless-power.com](http://www.rrc-wireless-power.com)

Tel. +49 6841 9809-350  
Fax +49 6841 9809-280  
[franz.heinrich@rrc-ps.de](mailto:franz.heinrich@rrc-ps.de)