Solarstromspeichersysteme
– Teil des Smart Home und des Smart Grid –

Dr. Armin U. Schmiegel
Portfolio Management Innovation

BPTE/SAM | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Solarstromspeichersysteme

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Agenda

Wie steigern Solarstromspeichersysteme den Eigenverbrauch?

Wie smart muss mein Haus sein?

Wie smart muss mein Speicher sein?

Rechnen sich Solarstromspeichersysteme?

Welchen Einfluss haben Speicher auf das Verteilnetz?

Wieviel Speicher rechnet sich?

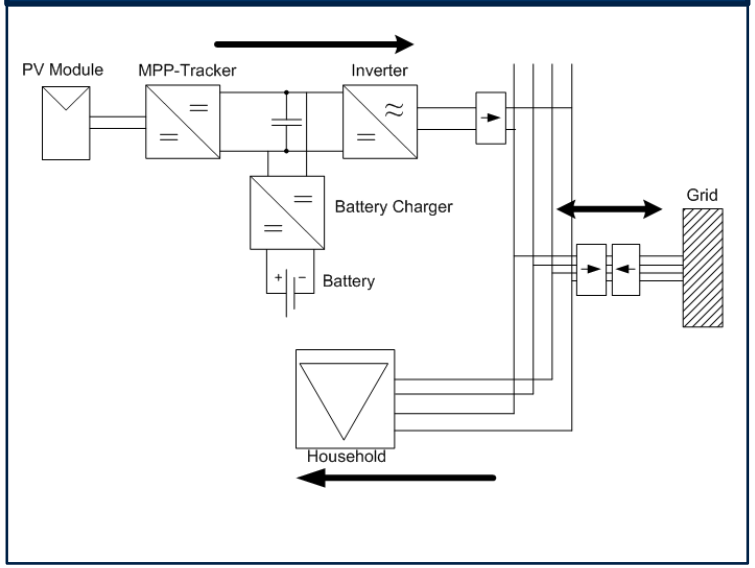
Was sind die Auswirkungen des Alters?

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

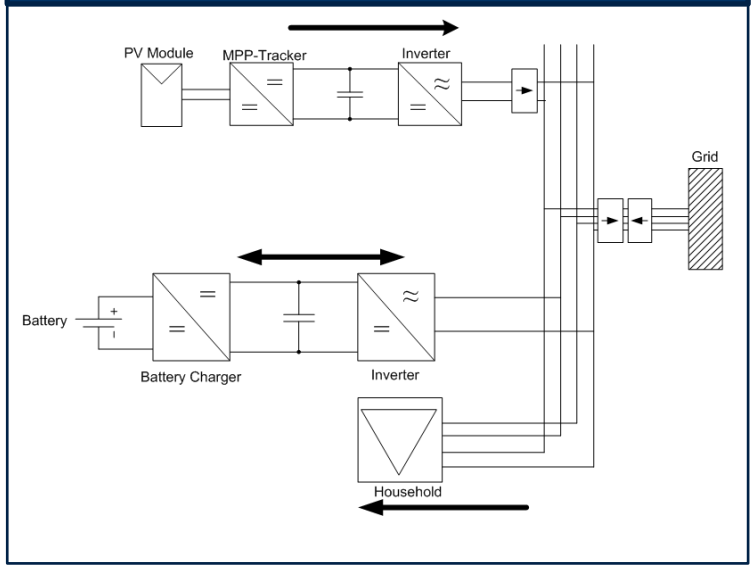
BOSCH

Systemtopologien

DC-System

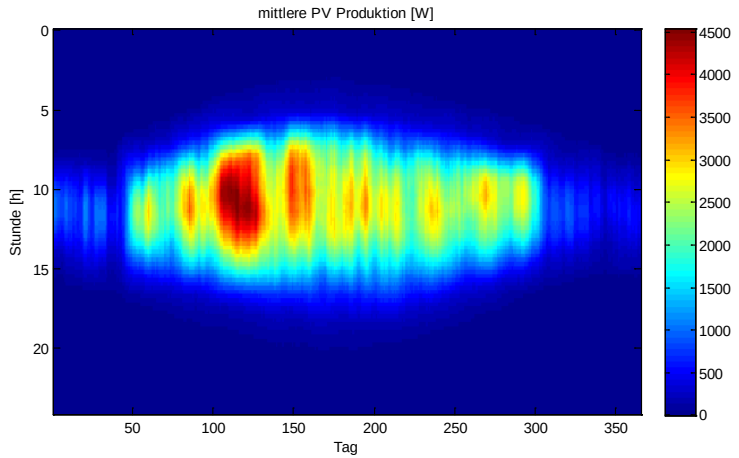


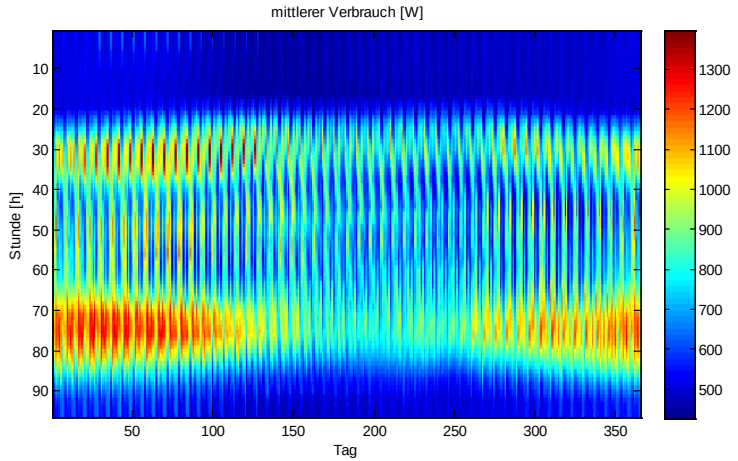
AC-System



BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Produktion und Verbrauch

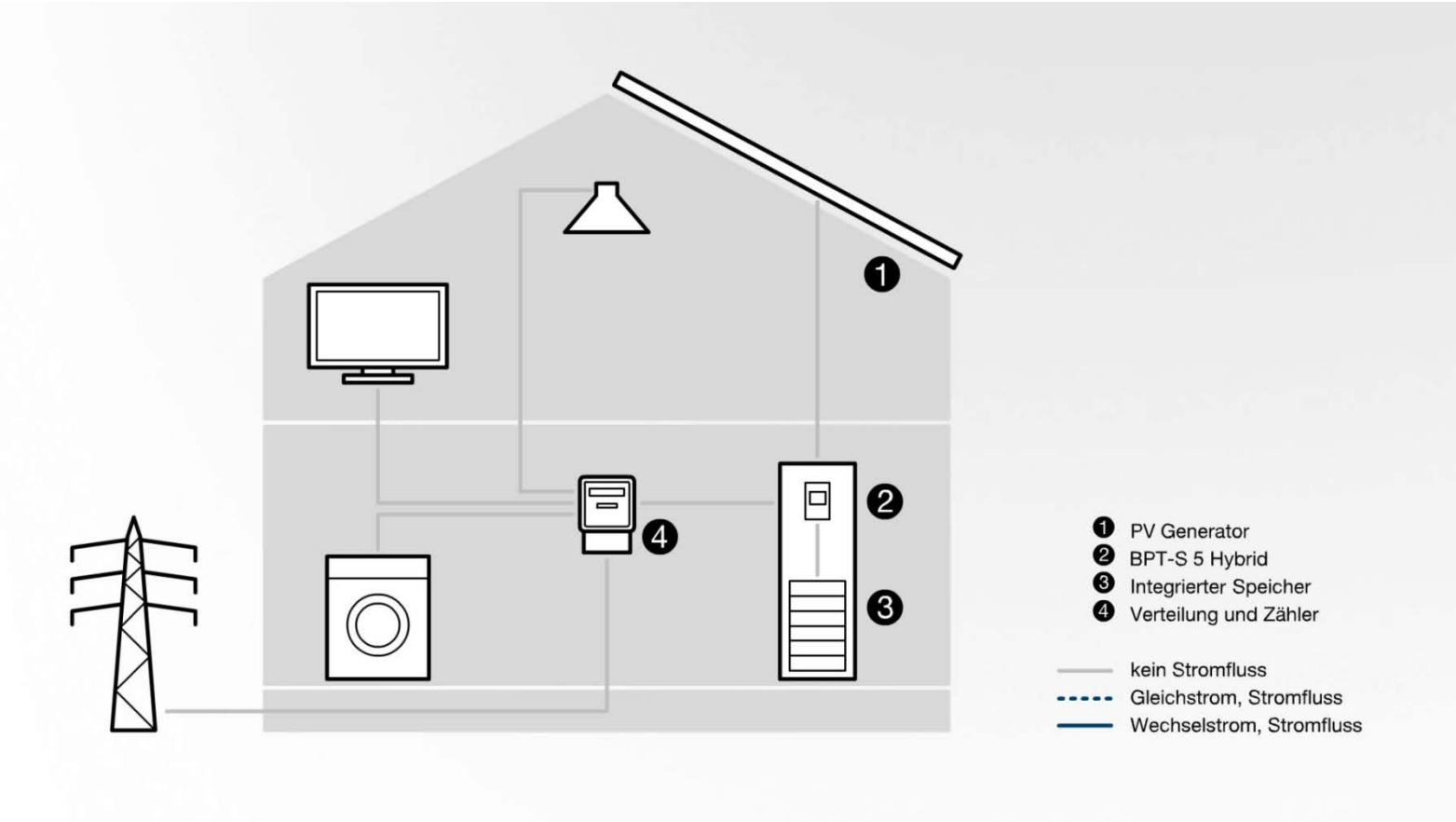




Produktion und Verbrauch werden durch den Speicher aufeinander abgestimmt.
Für die Dimensionierung des Speichers sind die Eigenheiten des Verbrauchs und der Produktion zu beachten.

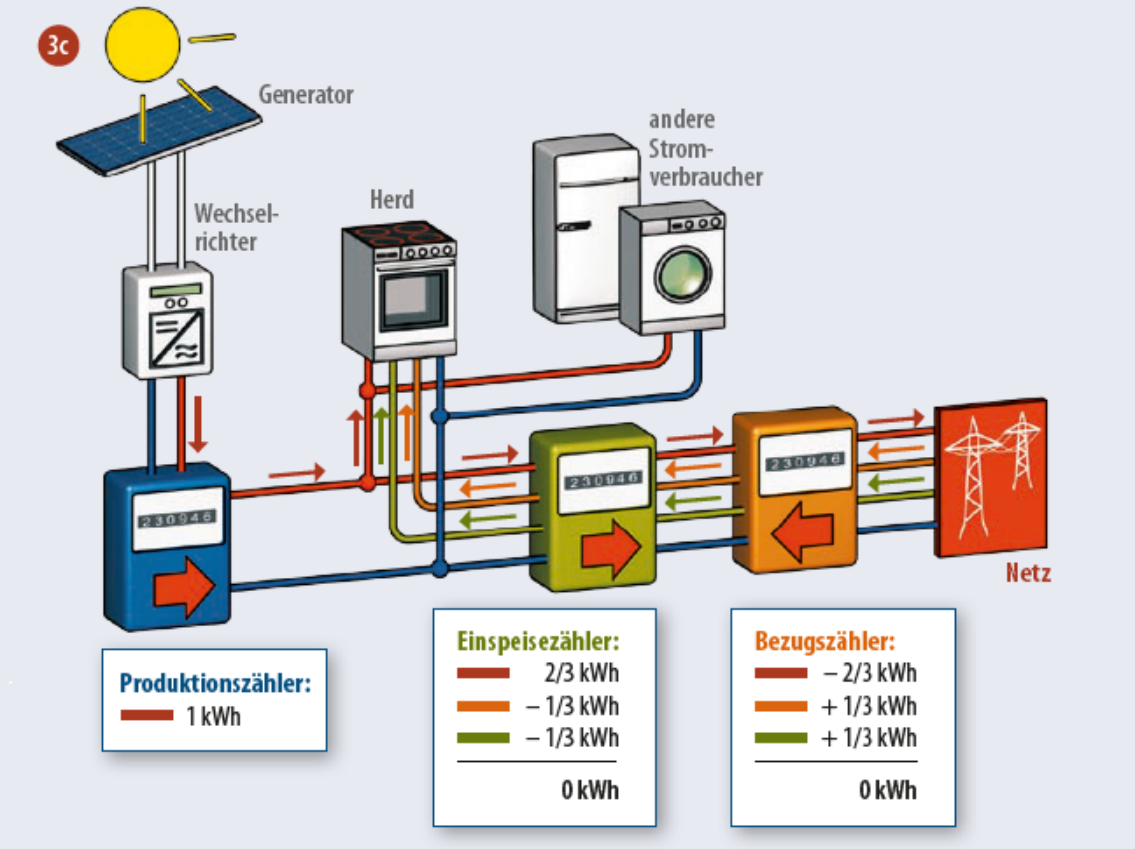
BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Ein Tag mit dem BPT-S 5 Hybrid



BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Bilanzieller Eigenverbrauch



Aus: Photovoltaik 05/2010: Eigenverbrauch Zählerabhängig. Grafik. Solarpraxis AG/Harald Schütt

Durch die bilanzielle Betrachtung der Leistungsflüsse, kann ein 1-phasiger Erzeuger, den 3-phasigen Verbrauch eines Haushaltes abdecken.

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Einnahmequellen von PV Speichersystemen

PV Speichersysteme haben zwei Einnahmequellen:

- Gesparte Stromkosten, beschrieben durch die *Autarkierate*.
- Einspeisung, bzw. Verkauf von Solarstrom, durch die *Eigenverbrauchsrate* erfasst.

Autarkierate

$$A(\kappa) = \frac{Y_{sc}}{Y_{gc}}$$

Y_{sc}: Selbstverbrauchter Solarstrom [kWh]

Y_{gc}: Jahresstromverbrauch [kWh]

Eigenverbrauchsrate

$$SC(\kappa) = \frac{Y_{sc}}{Y_{in}}$$

Y_{in}: PV Jahresproduktion [kWh]

κ: Speicherkapazität [kWh]

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Agenda

Wie steigern Solarstromspeichersysteme den Eigenverbrauch?
→ Tagsüber wird Strom gespeichert Nachts wird er verbraucht.

Wie smart muss mein Haus sein?

Wie smart muss mein Speicher sein?

Rechnen sich Solarstromspeichersysteme?

Welchen Einfluss haben Speicher auf das Verteilnetz?

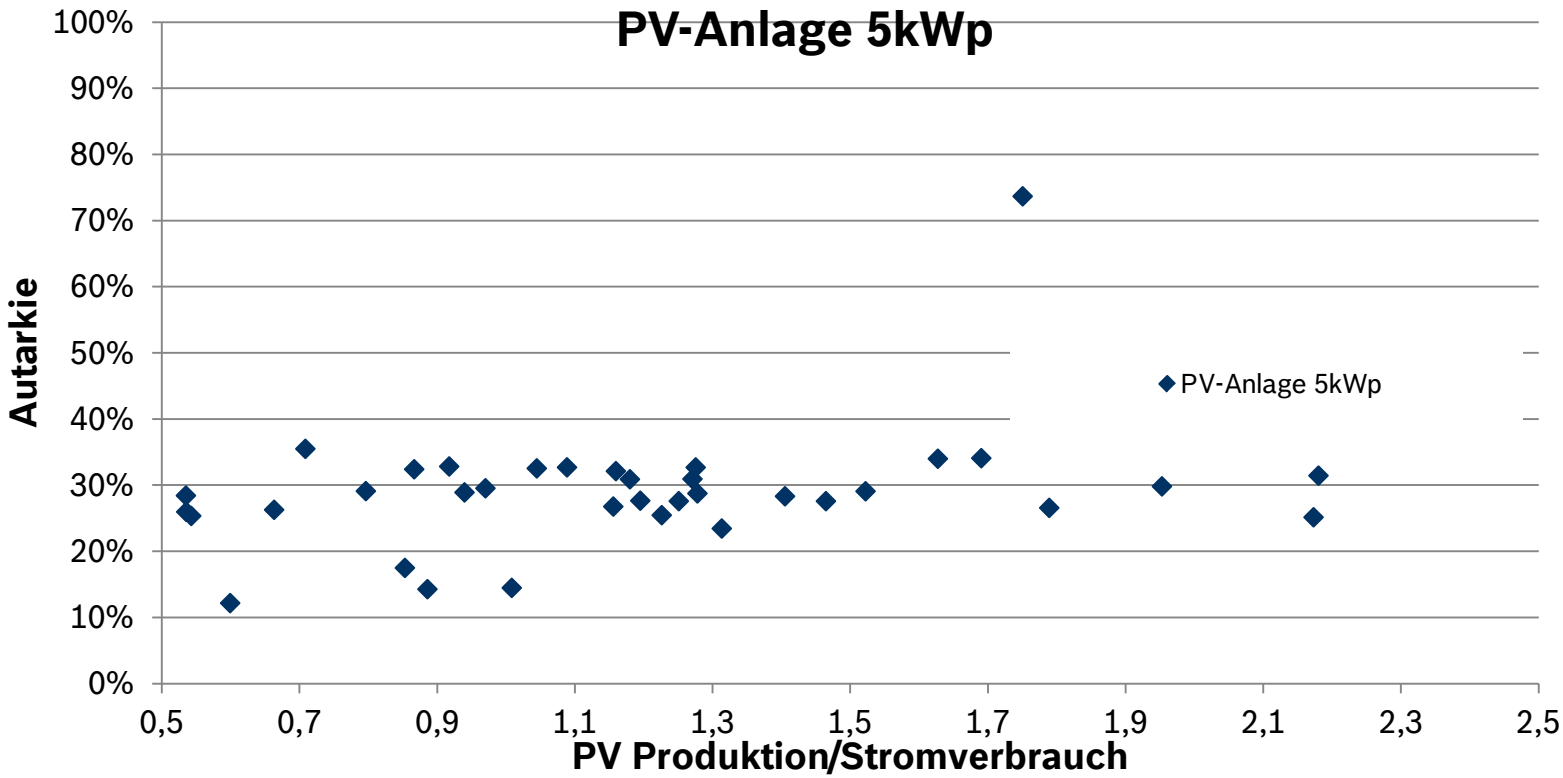
Wieviel Speicher rechnet sich?

Was sind die Auswirkungen des Alters?

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

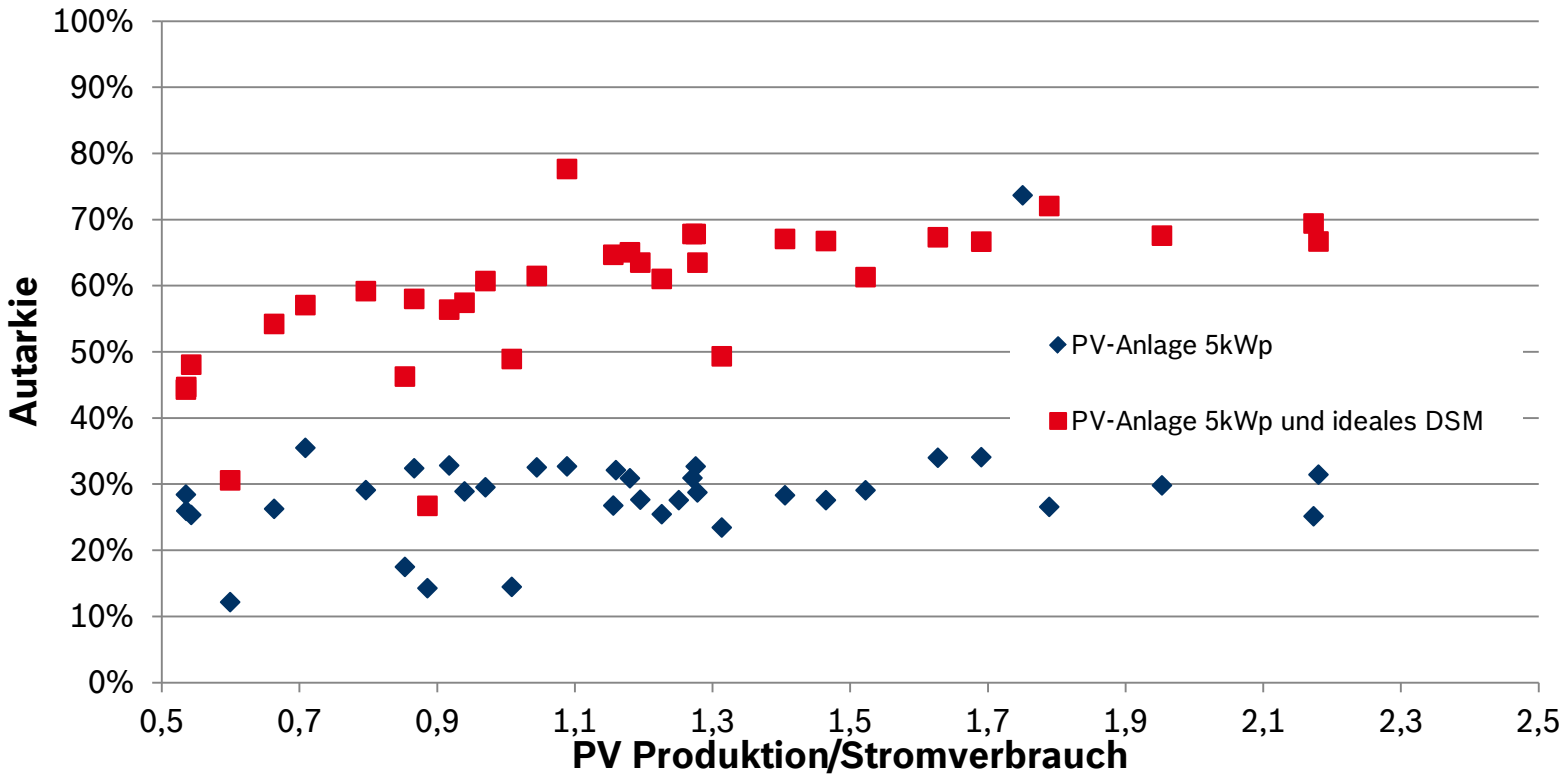
Eigenstromnutzung mit und ohne Speicher
- Wie smart muss mein Haus sein ? -

Solarstromspeichersysteme



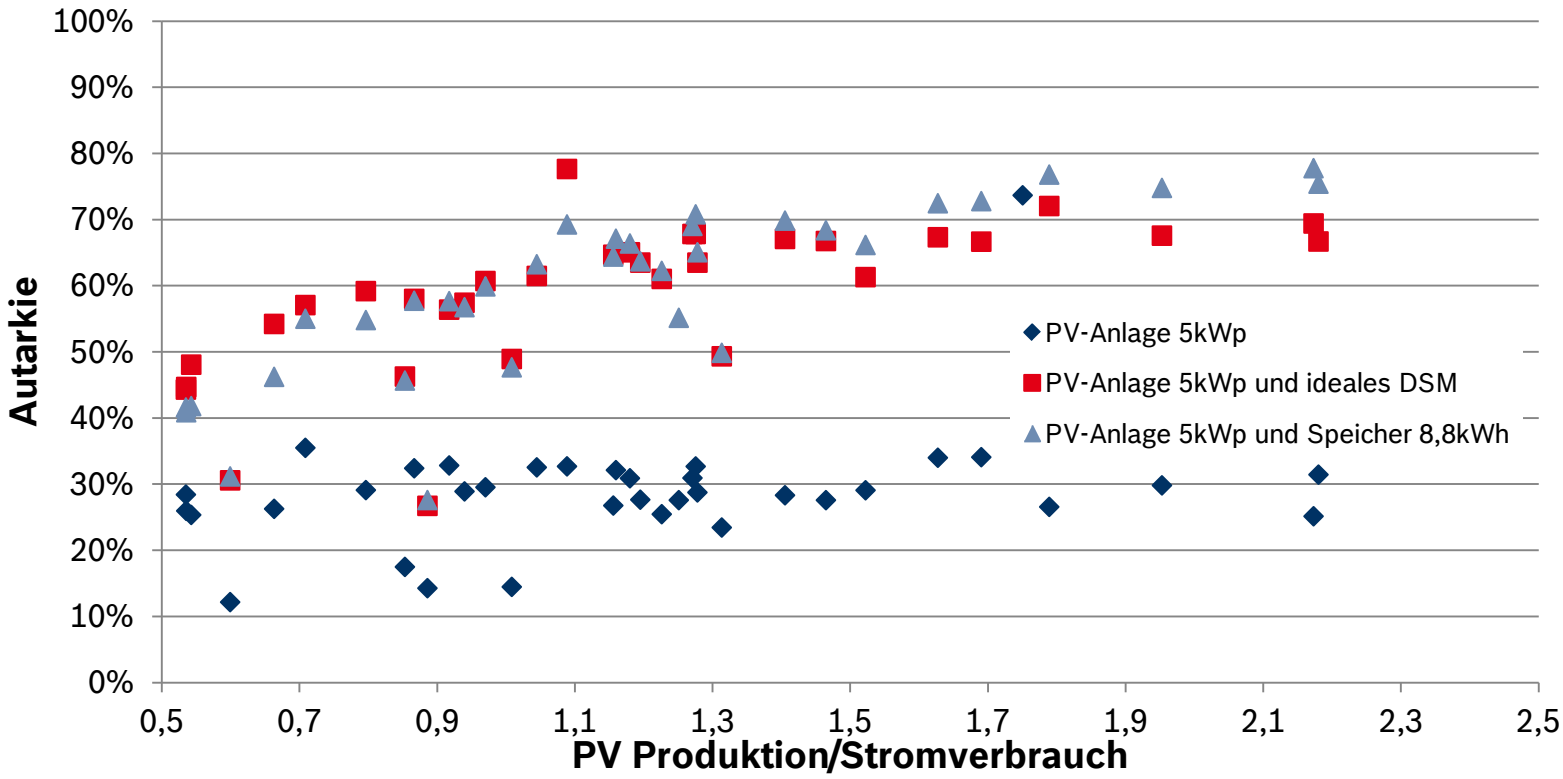
BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Solarstromspeichersysteme



BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Solarstromspeichersysteme



BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Übersicht der Verbraucher in einem Haushalt

	Appliance	Power Rating (W)	Hours per month
Kitchen	Blender	350	3
	Coffee Maker	900	12
	Deep Fryer	1500	8
	Exhaust fan	250	30
	Electric kettle	1500	15
	Hot plate (one burner)	1250	14
	Microwave oven	1500	10
	Mixer	175	6
	Toaster	1200	4
Laundry	Iron	1000	12
Comfort and Health	Electric blanket	180	180
	Fan	120	6
	Hair dryer	1000	5
Entertainment	Computer (desktop)	250	240
	Computer (laptop)	30	240
	Laptop charger	100	240
	Radio	5	120
	Stereo	120	120
	Television	100	125
	VCR	40	100
Outdoors	Lawn mower	1000	10
Tools	Drill	250	4
	Circular saw	1000	6
	Table saw	1000	4
	Lathe	460	2
Other	Sewing Machine	100	10
	Vacuum cleaner	800	10

1250 ~~kWh~~/a
144 kWh/a

457 ~~kWh~~/a
8,64 kWh/a

1472 ~~kWh~~/a
0 kWh/a

371 ~~kWh~~/a
216 kWh/a

Table 4 - Other Appliance loads (NRCan, 2004)
Armstrong, Marianne, Mike Swinton, Hajo Ribberink, Ian Beausoleil-Morrison, and Jocelyn Millette. "Synthetically derived profiles for representing occupant-driven electric loads in Canadian housing." *Journal of Building Performance Simulation* 2, no. 1 (March 2009): 15-30.

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Agenda

Wie steigern Solarstromspeichersysteme den Eigenverbrauch?

→ Tagsüber wird Strom gespeichert Nachts wird er verbraucht.

Wie smart muss mein Haus sein?

→ Ein Solarstromspeicher ist das bessere Energiemanagement.

Wie smart muss mein Speicher sein?

Rechnen sich Solarstromspeichersysteme?

Welchen Einfluss haben Speicher auf das Verteilnetz?

Wieviel Speicher rechnet sich?

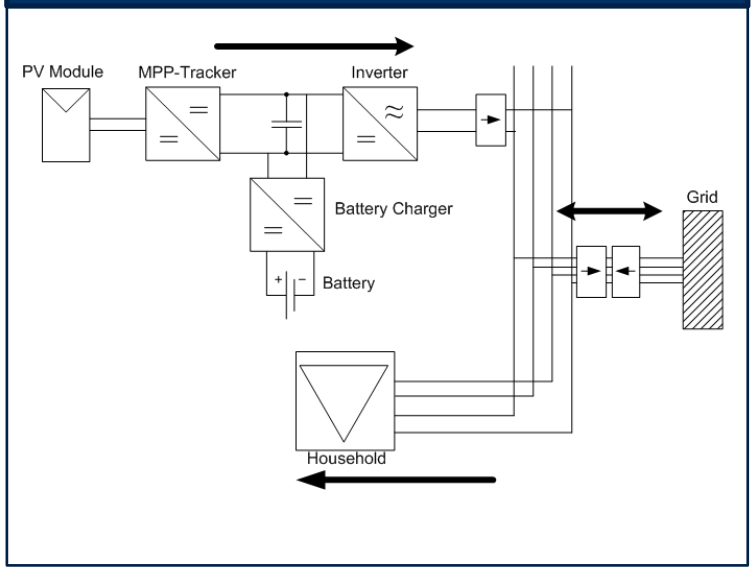
Was sind die Auswirkungen des Alters?

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

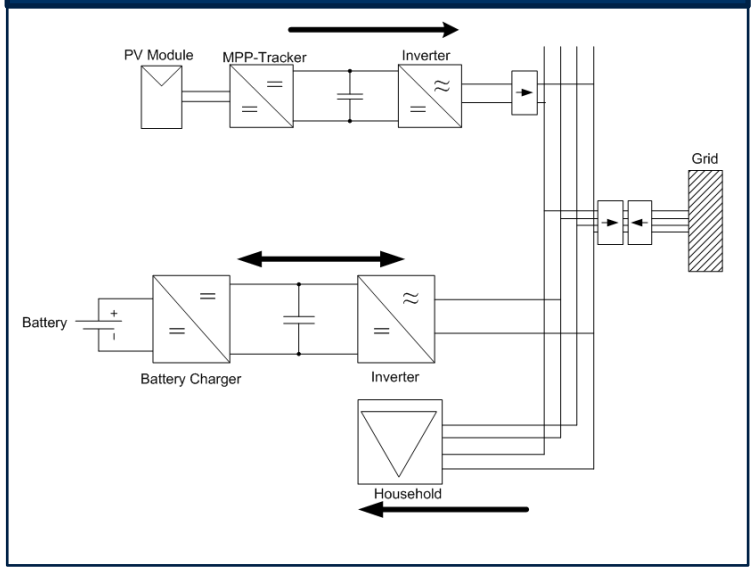
BOSCH

Systemtopologien

DC-System



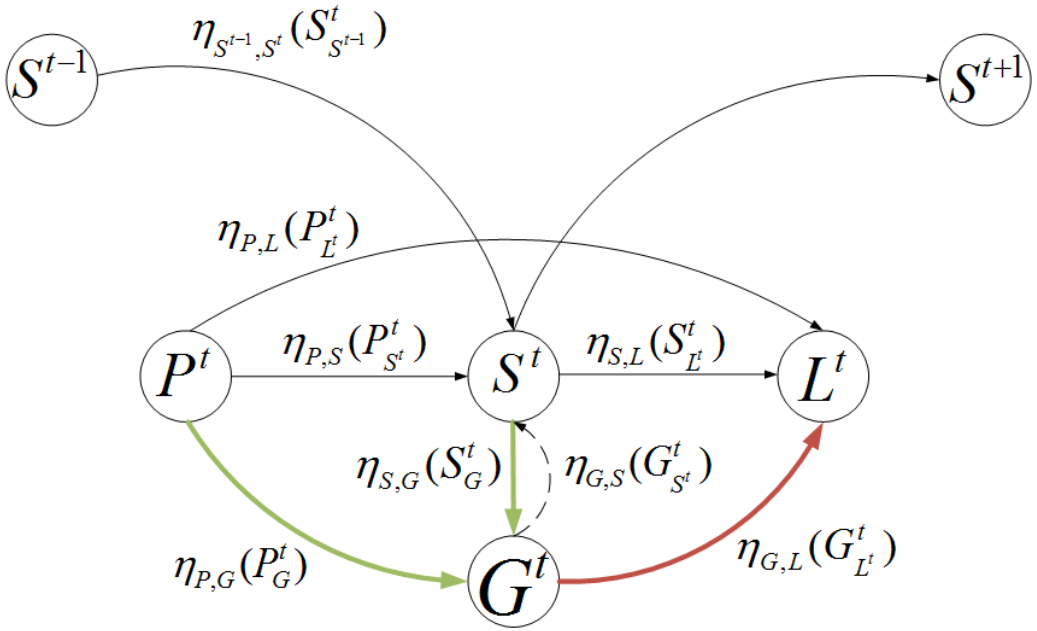
AC-System



Wie lassen sich verschiedene Systeme einheitlich beschreiben?

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Beschreibung der Leistungs- und Energieflüsse



Leistungsflussbilanz PV-Produktion:	$P^t_S + P^t_L + P^t_G \leq P^t$
Leistungsflussbilanz Haushalt:	$L^t - (G^t_L + \eta_{PL} P^t_L + \eta_{SL} S^t_L) = 0$
Energie- und Flussbilanz der Batterie:	$\eta_{PS}\, P^t_S + \eta_{GS} G^t_S + \frac{\eta_{S^{t-1},S^t}\, S^{t-1}}{\Delta t} - \left(\frac{S^{t+1}}{\Delta t} + S^t_G + S^t_L\right) = 0$

Leistungsflüsse von PV nach x: P^t_x

Leistungsflüsse vom Speicher nach x: S^t_x

Aktueller Verbrauch: L^t

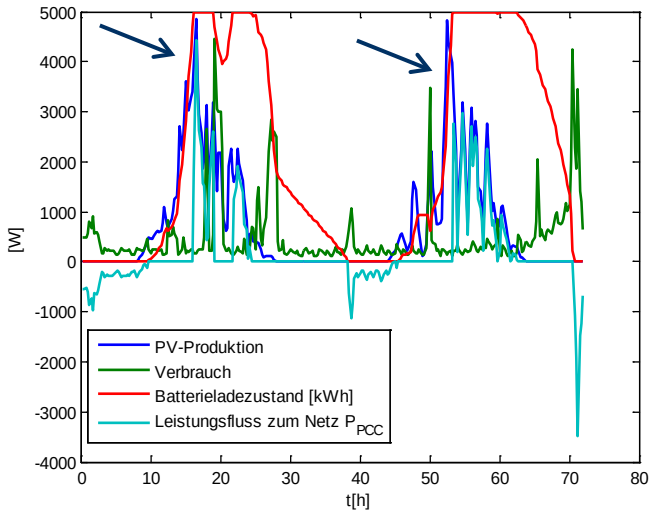
Leistung vom Netz zu x: G^t_x

Wirkungsgrad des Flusses von x nach y: $\eta_{x,y}$

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

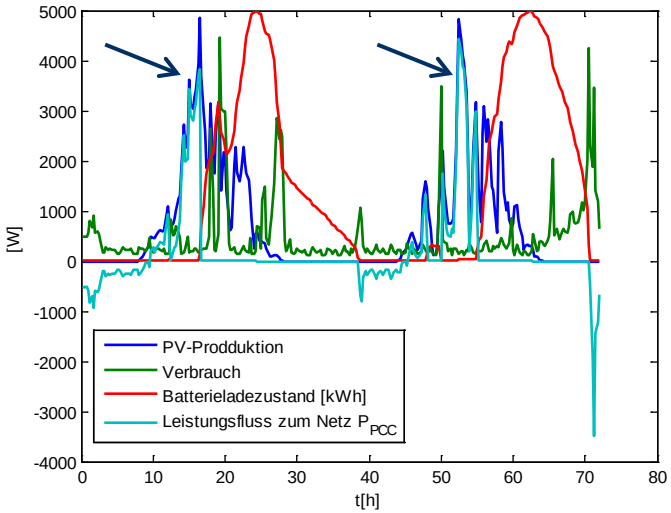
Systemverhalten

Effizienzgesteuerte Betriebsführung



$$\forall t:\ \max Y = \sum_{x^t} Y_{x^t}$$

Prognosegesteuerte Betriebsführung



$$\max \forall t: Y = \sum_{x^t} Y_{x^t}$$

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Einfluss von (Fehl-)Prognose auf die Wirtschaftlichkeit

	Haushalt 1			Haushalt 2			
	Perfekte Prognose	Keine Prognose	Prognose	Perfekte Prognose	Keine Prognose	Prognose	
Abgezinster Ertrag	28.015 €	26.485 €	24.152 €	47.188 €	44.034 €	40.471 €	20 Years 5kWh
Relativer Verlust		-5%	-14%		-7%	-14%	
Eigenverbrauch	58%	60%	51%	51%	56%	48%	
Autarkierate	42%	39%	41%	52%	46%	90%	

Perfekte Prognose: Keine Abweichung zwischen Verbrauch und Produktion
Keine Progrnose: Effezienzgesteuerte Betriebsführung
Prognose: Verbrauchsprognosefehler RMS 37%
Produktionsprognosefehler RMS 38%

5%/a Strompreissteigerung; 2,5% Anlagezins.
28€ct/kWh Strompreis; 14€ct/kWh Einspeisetarif
5kWp PV; 5kWh nutzbare Kapazität

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Agenda

Wie steigern Solarstromspeichersysteme den Eigenverbrauch?

→ Tagsüber wird Strom gespeichert Nachts wird er verbraucht.

Wie smart muss mein Haus sein?

→ Ein Solarstromspeicher ist das bessere Energiemanagement.

Wie smart muss mein Speicher sein?

→ Eine gute Prognose liefert nicht viel Mehrwert, aber eine falsche wird richtig teuer.

Rechnen sich Solarstromspeichersysteme?

Welchen Einfluss haben Speicher auf das Verteilnetz?

Wieviel Speicher rechnet sich?

Was sind die Auswirkungen des Alters?

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

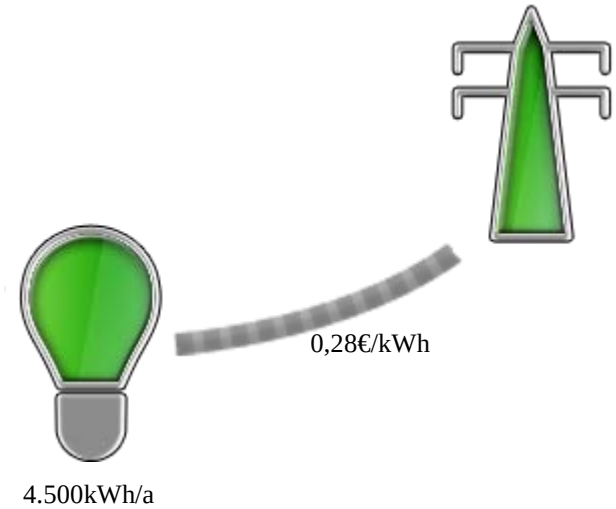
BOSCH

Eine Bierdeckelrechnung für die Wirtschaftlichkeit!

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

ohne Solarstrom

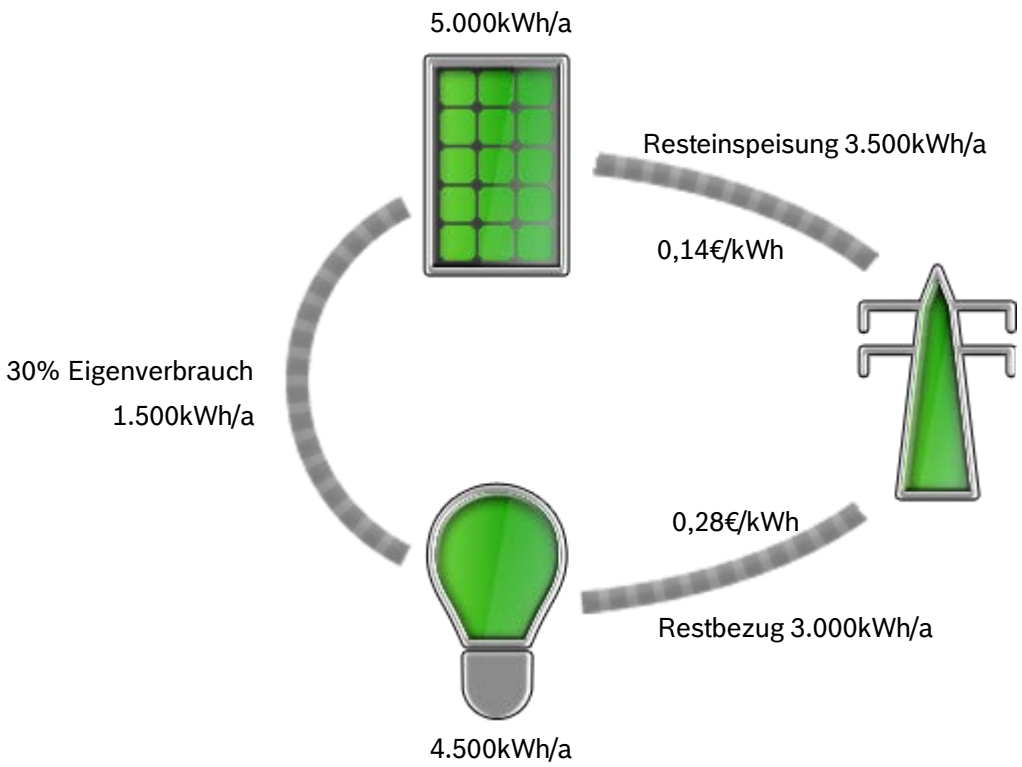
4.500 kWh/a × -0,28€/kWh = -1.260€/a



Bosch Power Tec

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Solarstromspeichersysteme



ohne Solarstrom

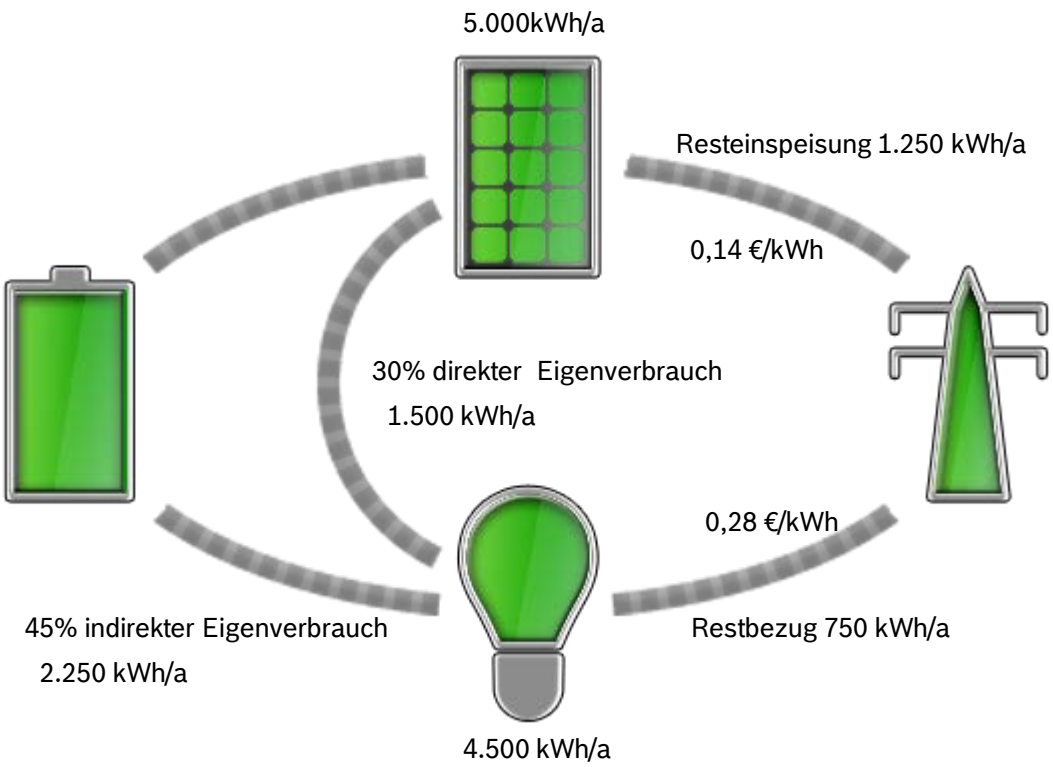
4.500 kWh/a × -0,28€/kWh= -1.260€/a

Mit Solaranlage

3.000 kWh/a × -0,28€/kWh= - 840€/a
3.500 kWh/a × 0,14€/kWh = 490€/a
- 350€/a

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Solarstromspeichersysteme



ohne Solarstrom

4.500 kWh/a × -0,28€/kWh= -1.260€/a

Mit Solaranlage

3.000 kWh/a × -0,28€/kWh= - 840€/a
3.500 kWh/a × 0,14€/kWh = 490€/a
- 350€/a

Mit Solarstromspeicher

750 kWh/a × -0,28€/kWh= - 210€/a
1.250 kWh/a × 0,14€/kWh = 175€/a
- 35€/a

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Ertrag eines Speichersystems

Der abg sst die Einnahmen und Ausgaben zusammen:

Gesparte Stromkosten

Verkauf von Überschuss-strom

$$Y_T = \sum_{i}^{N} \underbrace{Y_{gc} A\, c_{gc} \left(\frac{1+\kappa_{gc}}{1+\kappa_m}\right)^i}_{Energiekosten} + \underbrace{Y_{PV}(1-SC)c_{in}\left(\frac{1}{1+\kappa_m}\right)^i}_{Einspeisetarif}$$

c_{gc}, c_{in} : Strompreis und Einspeisetarif

κ_{gc}: Strompreissteigerung

κ_m: Alternativer Anlagezins

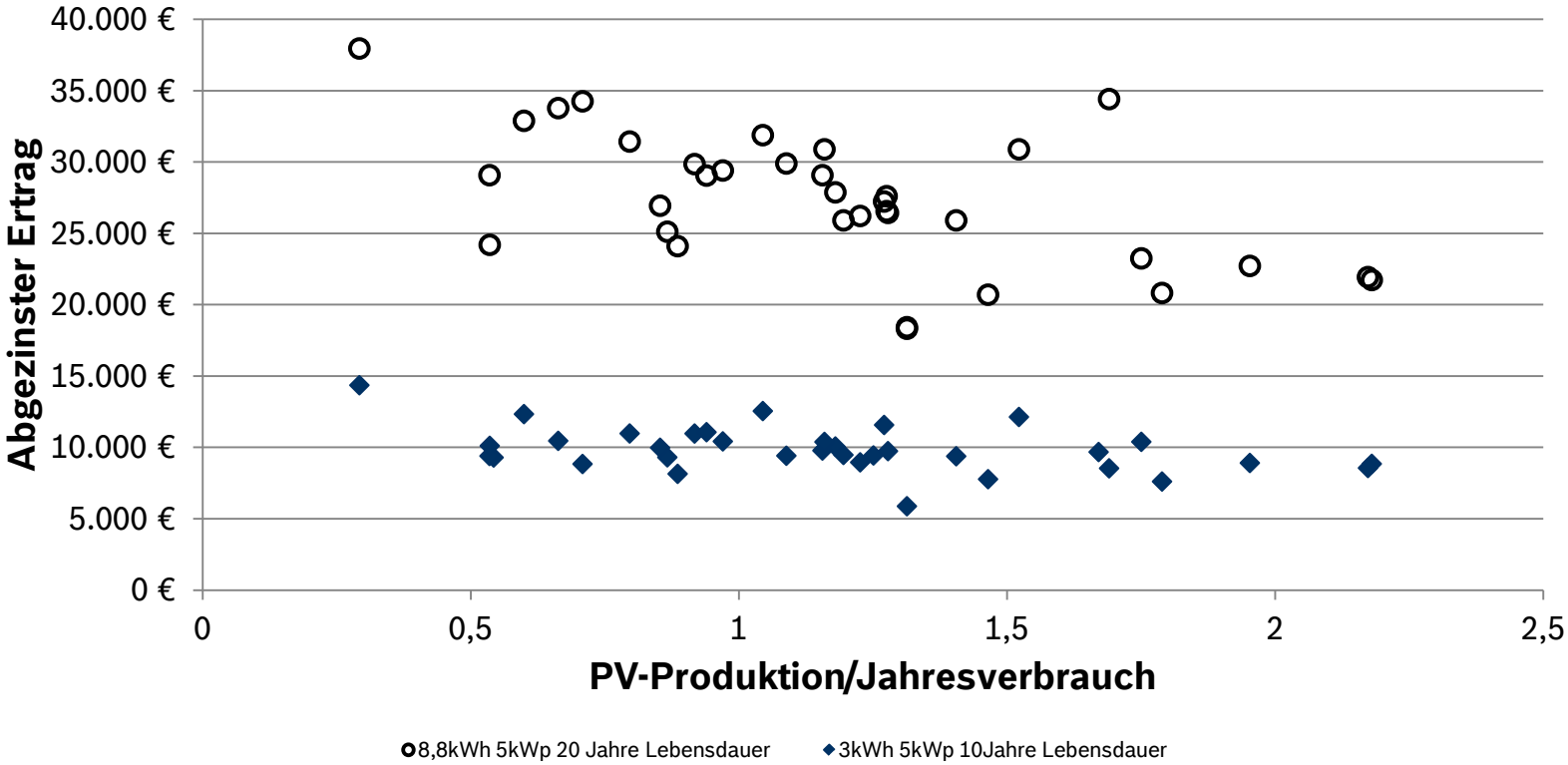
A: Autarkierate

SC: Eigenverbrauchsrate

Y_{in}, Y_{gc}: Gesamte PV Produktion und Stromverbrauch

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

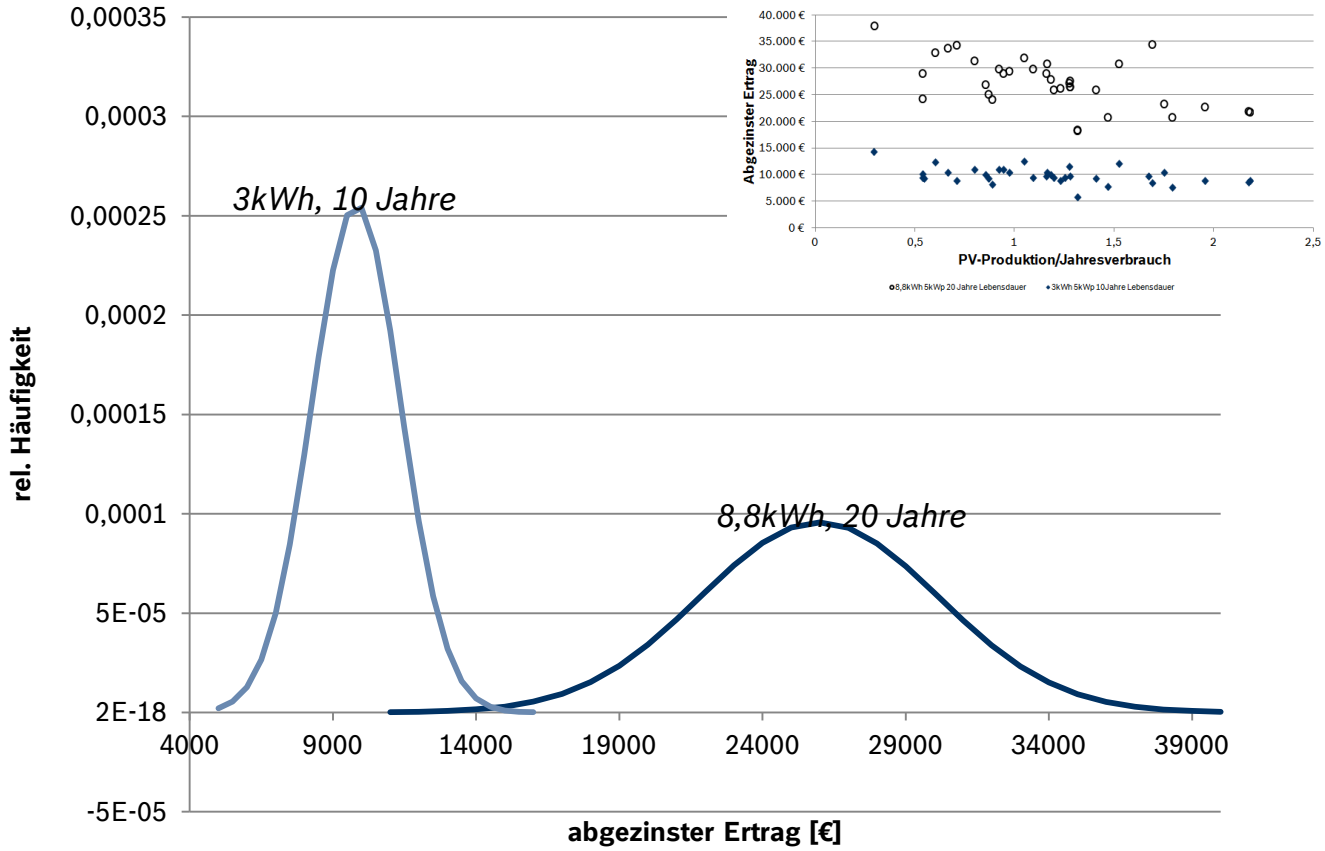
Ertrag von Solarstromspeichersysteme



$c_{in} = 0{,}138\frac{ct}{kWh}$, $c_{gc} = 0{,}28\frac{ct}{kWh}$, Marktzins $\kappa_m = 2{,}5\%$, Strompreissteigerung $\kappa_{gc} = \underbrace{2\%}_{Inflation} + \underbrace{2{,}4\%}_{Preissteigerung} = 4{,}4\%$

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

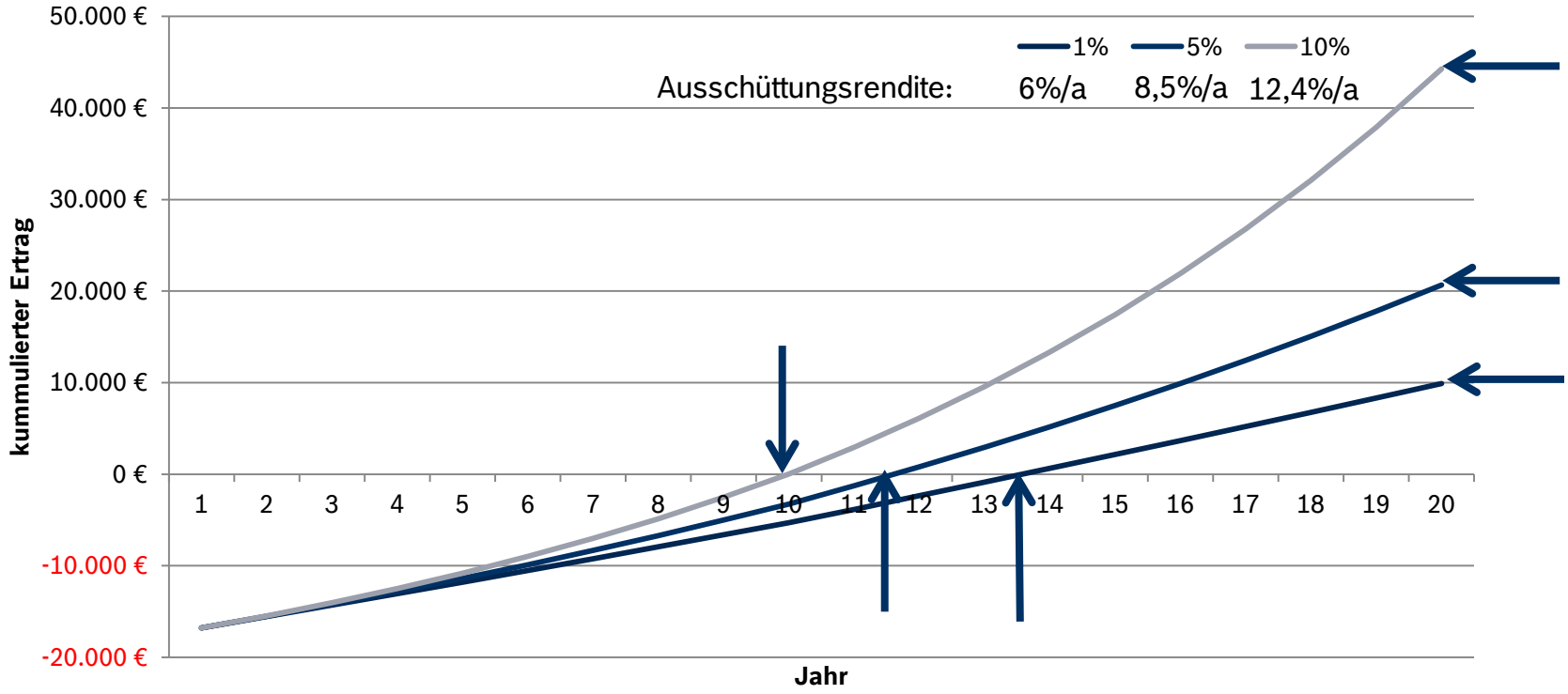
Solarstromspeichersysteme



BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Einfluss von Strompreissteigerungen



PV: 6,2kWp
Anlagezins: 2%
Autarkierate: 77%

Verbrauch: 4500 kWh/a
Ausgangsstrompreis: 0,28€/kWh
Eigenverbrauchsquote: 56%

Installierte Kapazität: 8,8kWh
Einspeisevergütung: 0,14€/kWh

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Agenda

Wie steigern Solarstromspeichersysteme den Eigenverbrauch?

→ Tagsüber wird Strom gespeichert Nachts wird er verbraucht.

Wie smart muss mein Haus sein?

→ Ein Solarstromspeicher ist das bessere Energiemanagement.

Wie smart muss mein Speicher sein?

→ Eine gute Prognose liefert nicht viel Mehrwert, aber eine falsche wird richtig teuer.

Rechnen sich Solarstromspeichersysteme?

→ 10-12 Jahre Amortisatonszeit, 6-8% Rendite.

Welchen Einfluss haben Speicher auf das Verteilnetz?

Wieviel Speicher rechnet sich?

Was sind die Auswirkungen des Alters?

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Welchen Einfluss haben einphasige Speicher auf die Netze?

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Anforderungen

Richtlinien

EN 50160:

- Erlaubte Spannungsänderung im Netzbetrieb: 10-Minuten-Mittelwert der Netzspannung muss innerhalb +10% und -15%-Intervall der nominalen Netzspannung liegen

VDE-AR-N 4105:

- Maximal erlaubter Spannungsanstieg durch PV-Systeme: + 3%

EN 50160:

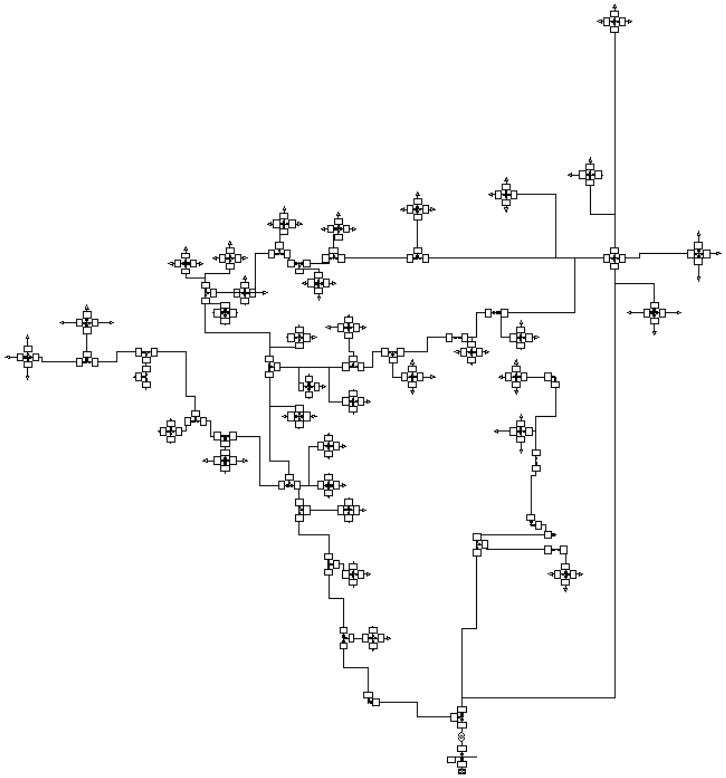
- Der 10-Minuten-Mittelwert des Voltage unbalance factor muss in einer Woche zu 95% unterhalb von 2% liegen.

$$VUF = \frac{Negative\ Voltage\ Sequence}{Positive\ Voltage\ Sequence}$$

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Netz

Parameter	Real grid
Grid type	Rural
Transformer	400 kVA
No. of feeders	3 main feeders
Length of feeders	Overall: 1.5 km
No. of PCC	34 (unevenly distributed)
Cable type	185 mm² Al
No. of meshed loops	3
Specific transformer power per PCC:	11.8 kVA/ PCC
Short-circuit power on MV-level of transformer	100 MVA
R/X-ratio on MV-level of transformer	0.7

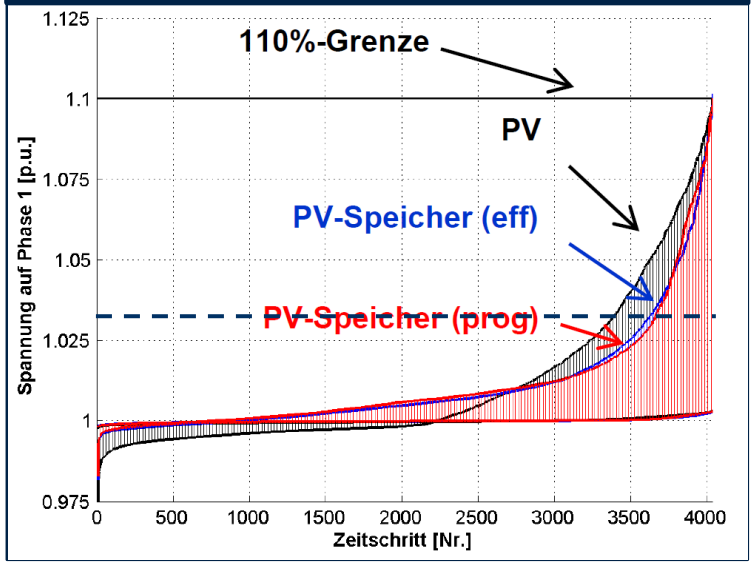


Appen, J., Schmiegel, A. U., & Braun, M. (2012). Impact of PV storage systems on low voltage. *Proceedings of the 27th Photovoltaic and Solar energy conference*. Frankfurt.

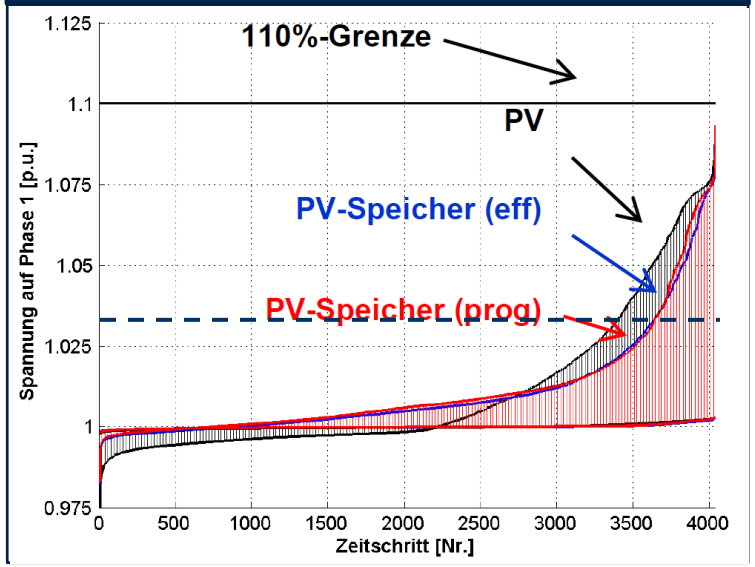
BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Einfluss der Einspeisebegrenzung auf Netzspannung

Keine Einspeisebegrenzung



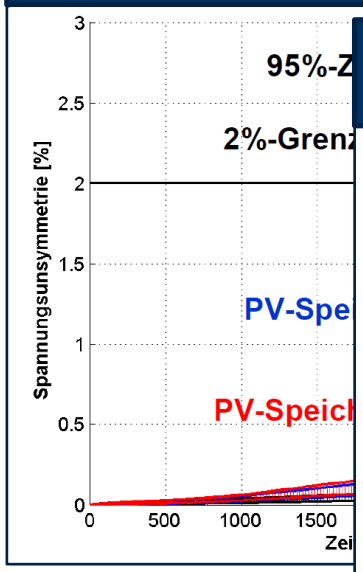
Einspeisebegrenzung auf 60%



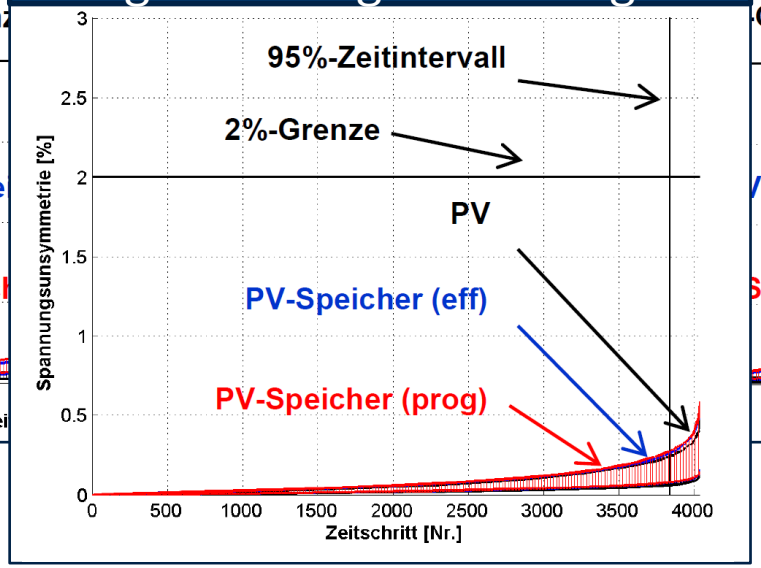
BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Einfluss der Einspeisebegrenzung auf Spannungssysmmentrie

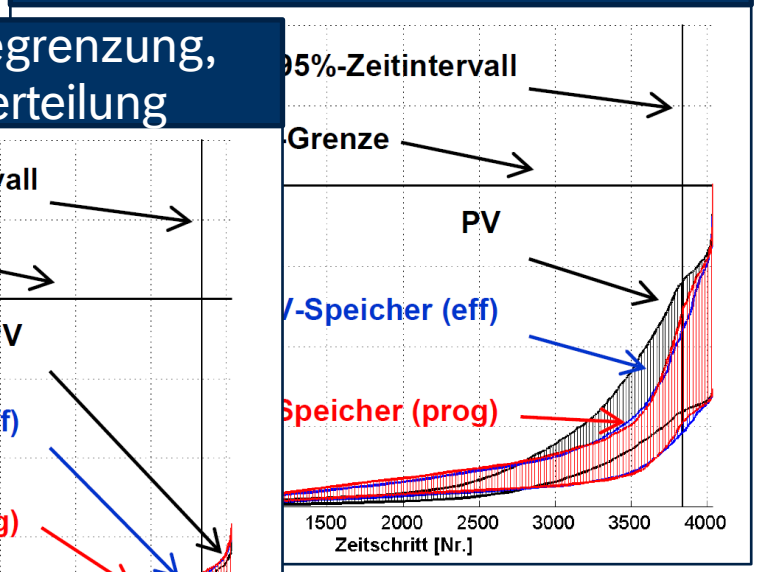
Keine Einspeisebegrenzung



Keine Einspeisebegrenzung, gleichmäßige Verteilung



Einspeisebegrenzung auf 60%



BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Agenda

Wie steigern Solarstromspeichersysteme den Eigenverbrauch?

→ Tagsüber wird Strom gespeichert Nachts wird er verbraucht.

Wie smart muss mein Haus sein?

→ Ein Solarstromspeicher ist das bessere Energiemanagement.

Wie smart muss mein Speicher sein?

→ Eine gute Prognose liefert nicht viel Mehrwert, aber eine falsche wird richtig teuer.

Rechnen sich Solarstromspeichersysteme?

→ 10-12 Jahre Amortisatonszeit, 6-8% Rendite.

Welchen Einfluss haben Speicher auf das Verteilnetz?

→ Intelligente Solarstromspeicher sind gut für die Netze.

Wieviel Speicher rechnet sich?

Was sind die Auswirkungen des Alters?

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Wieviel Speicherkapazität rechnet sich?

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Mehrwert einer kWh

Speicher erhöht den Anteil an gesparten Stromkosten.
Speicher reduziert die Menge an eingespeisten Strom.

Speicher lohnt sich nur, wenn die Summe beider Anteile größer als der Batteriepreis ist.

$$N\left(\underbrace{\Delta A(\kappa)\, Y_{gc}\, c_{gc}\left(\frac{1+k_{gc}}{1+k_m}\right)^N}_{\text{gesparte Stromkosten}} - \underbrace{\Delta SC(\kappa)\, Y_{in}\, c_{in}\left(\frac{1}{1+k_m}\right)^N}_{\text{reduzierter Verkauf von Solarstrom}}\right) \geq Preis$$

c_{gc}, c_{in} : Strompreis und Einspeisetarif

κ_{gc}: Strompreissteigerung

κ_m: Alternativer Anlagezins

N: Lebensdauer der Batterie

ΔA: Autarkierate

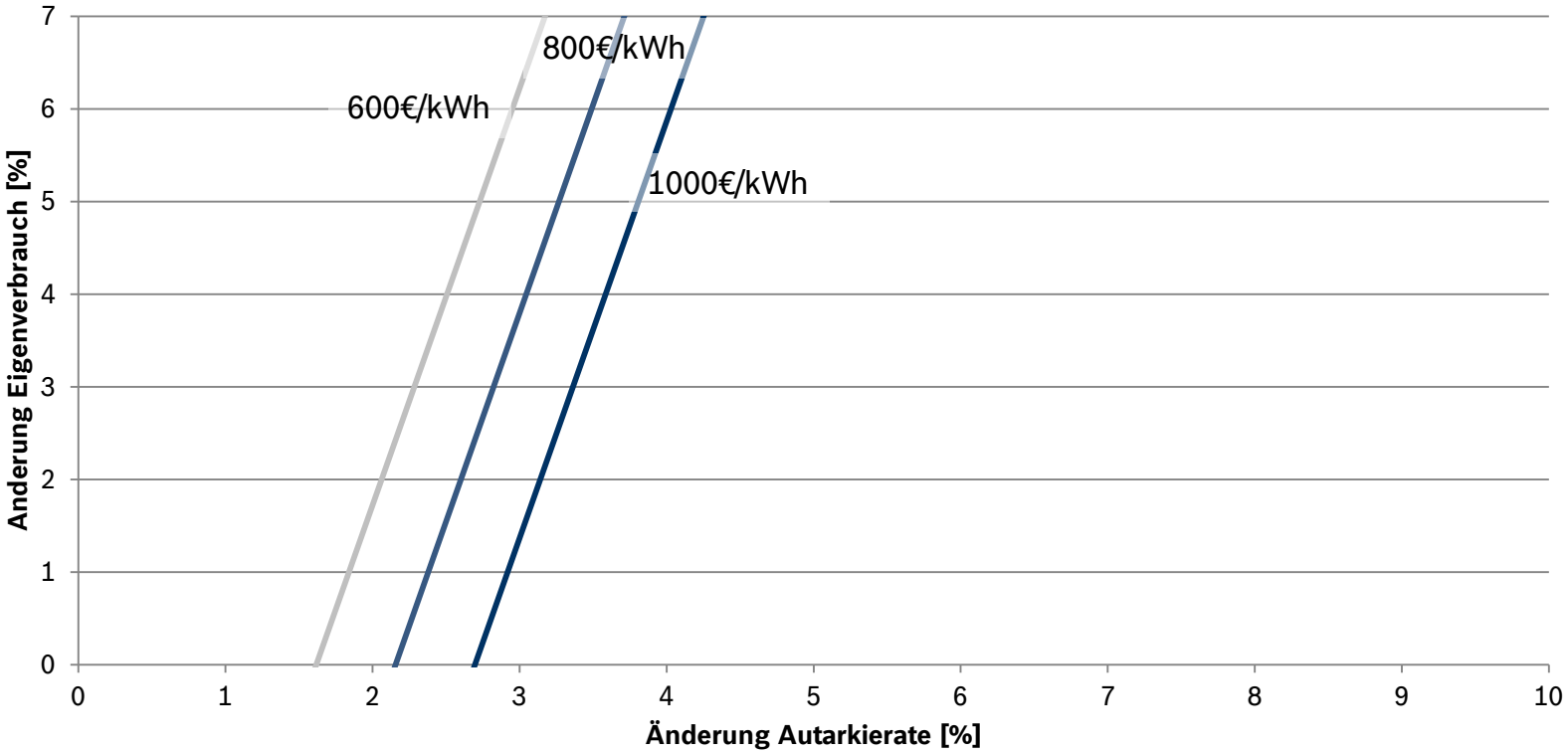
ΔSC: Eigenverbrauchsrate

Y_{in}, Y_{gc}: Gesamte PV Produktion und Stromverbrauch

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

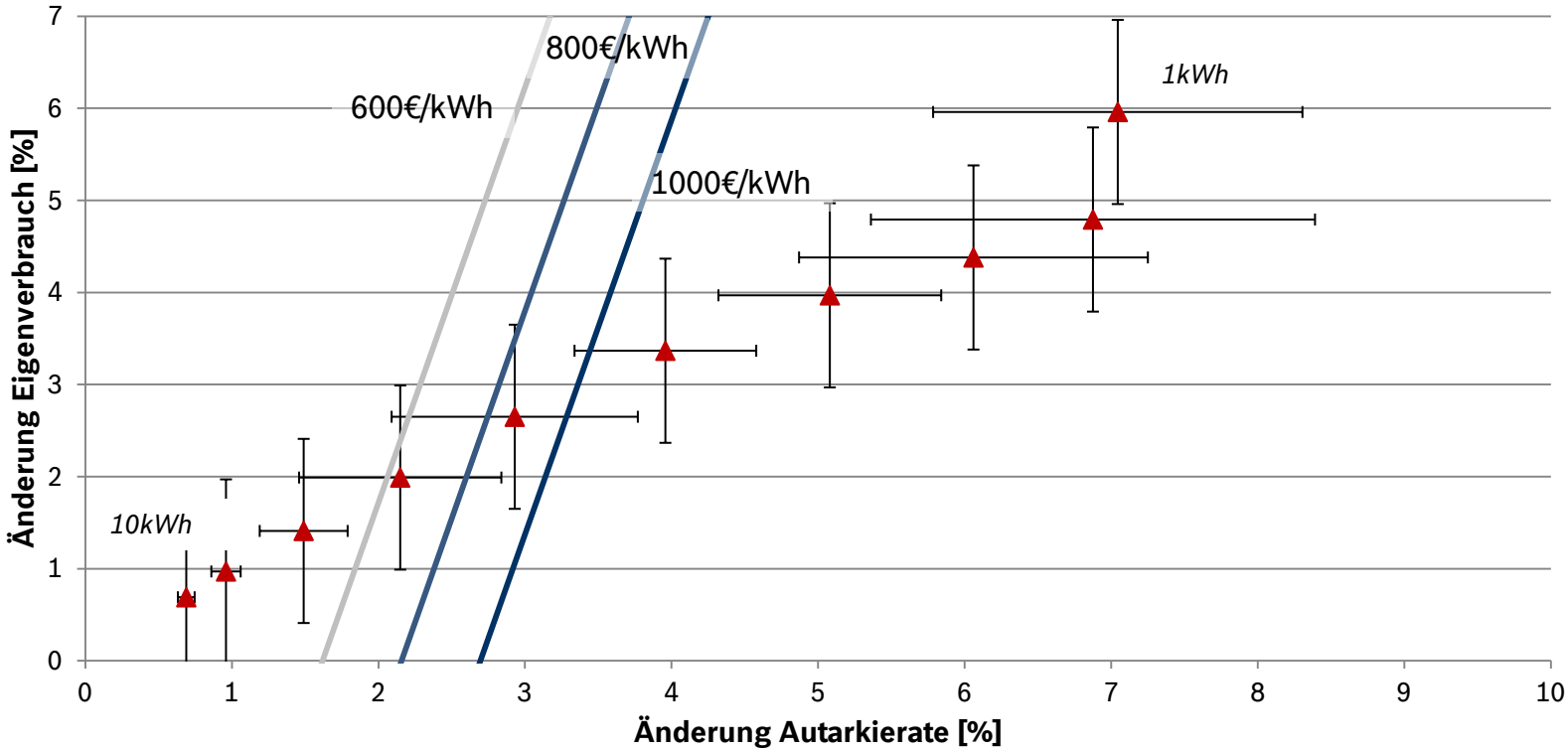
Rentabilitätsgrenzen bei 20 Jahren Systemlebensdauer



4,4% jährliche Strompreissteigerung; 2,5% Anlagezins.
28€ct/kWh Strompreis; 14€ct/kWh Einspeisetarif
50 Haushalte mit 5kWp Anlage

BPTE/SAM | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

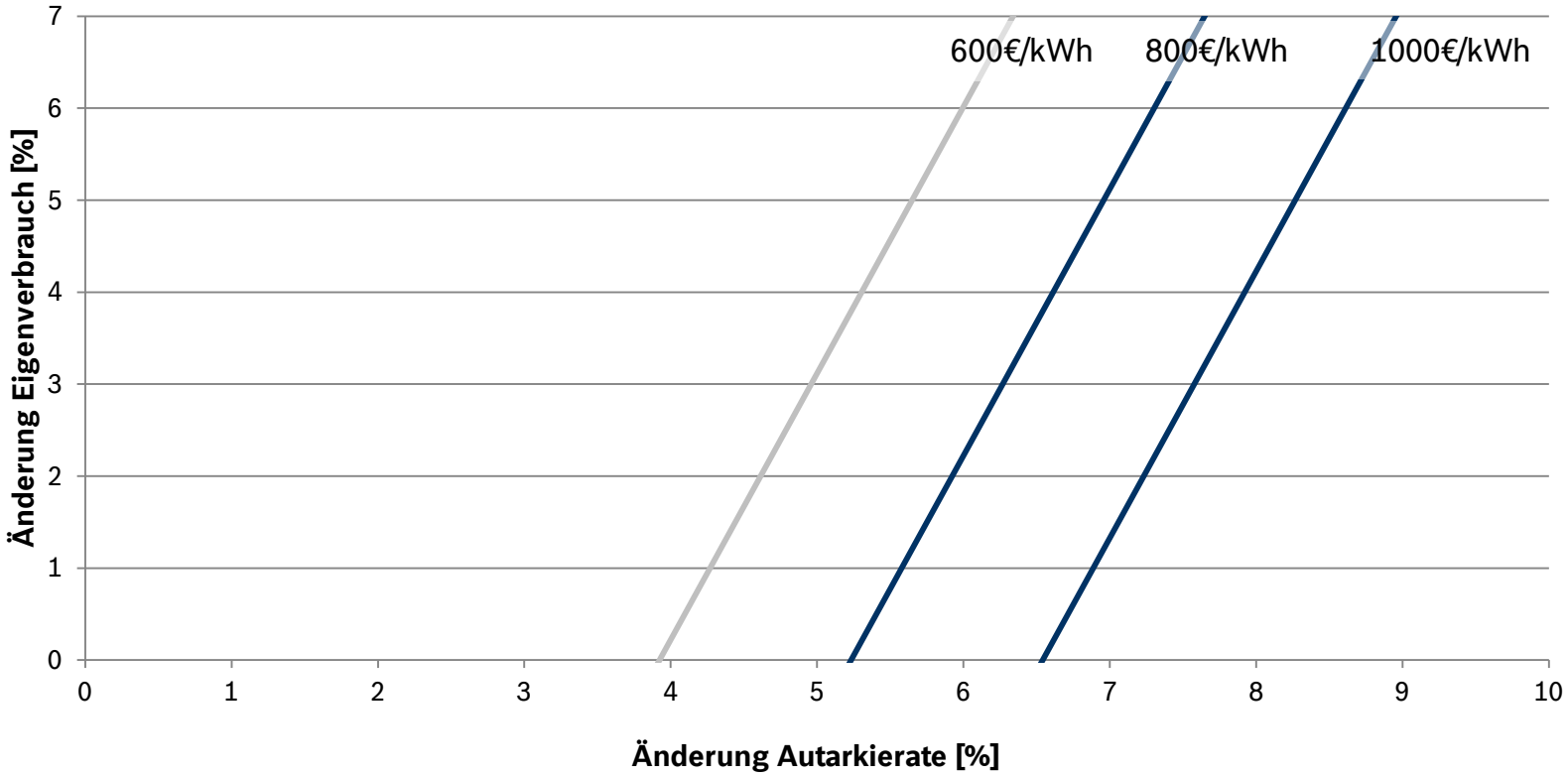
Bei 20 Jahren Lebensdauer zahlt sich eine große Kapazität aus



4,4% jährliche Strompreissteigerung; 2,5% Anlagezins.
28€ct/kWh Strompreis; 14€ct/kWh Einspeisetarif
50 Haushalte mit 5kWp Anlage

BPTE/SAM | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

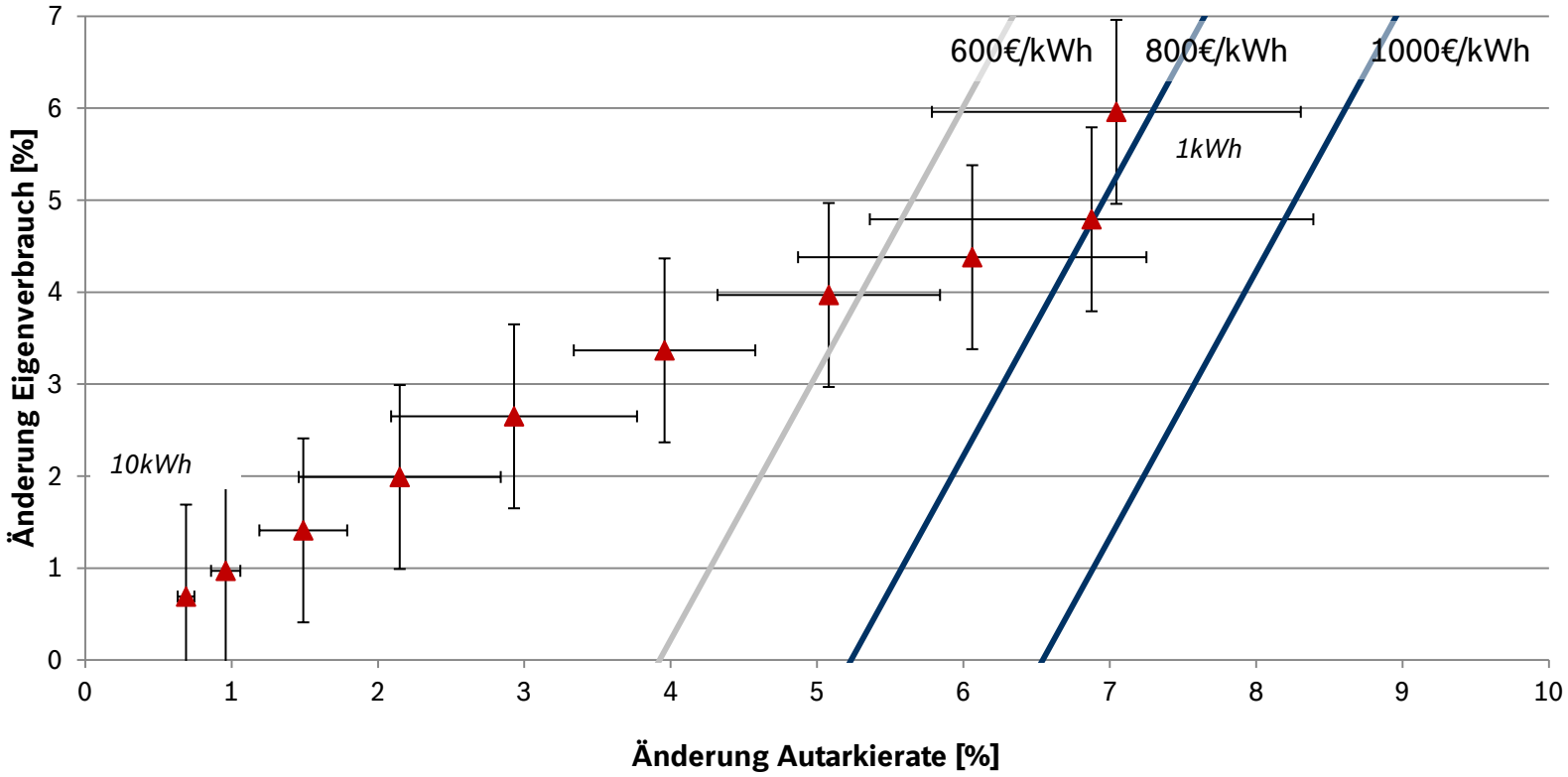
Rentabilitätsgrenze bei 10 Jahren Lebensdauer



2,4% jährliche Strompreissteigerung; 2,5% Anlagezins.
28€ct/kWh Strompreis; 14€ct/kWh Einspeisetarif
50 Haushalte mit 5kWp Anlage

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Bei kurzer Lebensdauer zahlt sich eine kleine Kapazität aus



4,4% jährliche Strompreissteigerung; 2,5% Anlagezins.
28€ct/kWh Strompreis; 14€ct/kWh Einspeisetarif
50 Haushalte mit 5kWp Anlage

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Agenda

Wie steigern Solarstromspeichersysteme den Eigenverbrauch?

→ Tagsüber wird Strom gespeichert Nachts wird er verbraucht.

Wie smart muss mein Haus sein?

→ Ein Solarstromspeicher ist das bessere Energiemanagement.

Wie smart muss mein Speicher sein?

→ Eine gute Prognose liefert nicht viel Mehrwert, aber eine falsche wird richtig teuer.

Rechnen sich Solarstromspeichersysteme?

→ 10-12 Jahre Amortisatonszeit, 6-8% Rendite.

Welchen Einfluss haben Speicher auf das Verteilnetz?

→ Intelligente Solarstromspeicher sind gut für die Netze.

Wieviel Speicher rechnet sich?

→ Bei langer Lebensdauer Qualität bis zu 7kWh, bei kurzer Lebensdauer lediglich 2-3kWh

Was sind die Auswirkungen des Alters?

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Wie wirkt sich das Alter auf die Wirtschaftlichkeit eines Speichers aus?

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Alterungseffekte bei Lithium-Ionen Batterien

Zyklenzahl:

Alterungsursache:

- Materialverbrauch durch mechanischen Stress.

Ursachen: Entladungstiefe(DOD = ΔSOC)

- Hohe Entladungstiefe erhöhen den mechanischen Stress

$$\Delta a_{cycle}\,(t) = \alpha \sum_i D_i^{\beta}$$

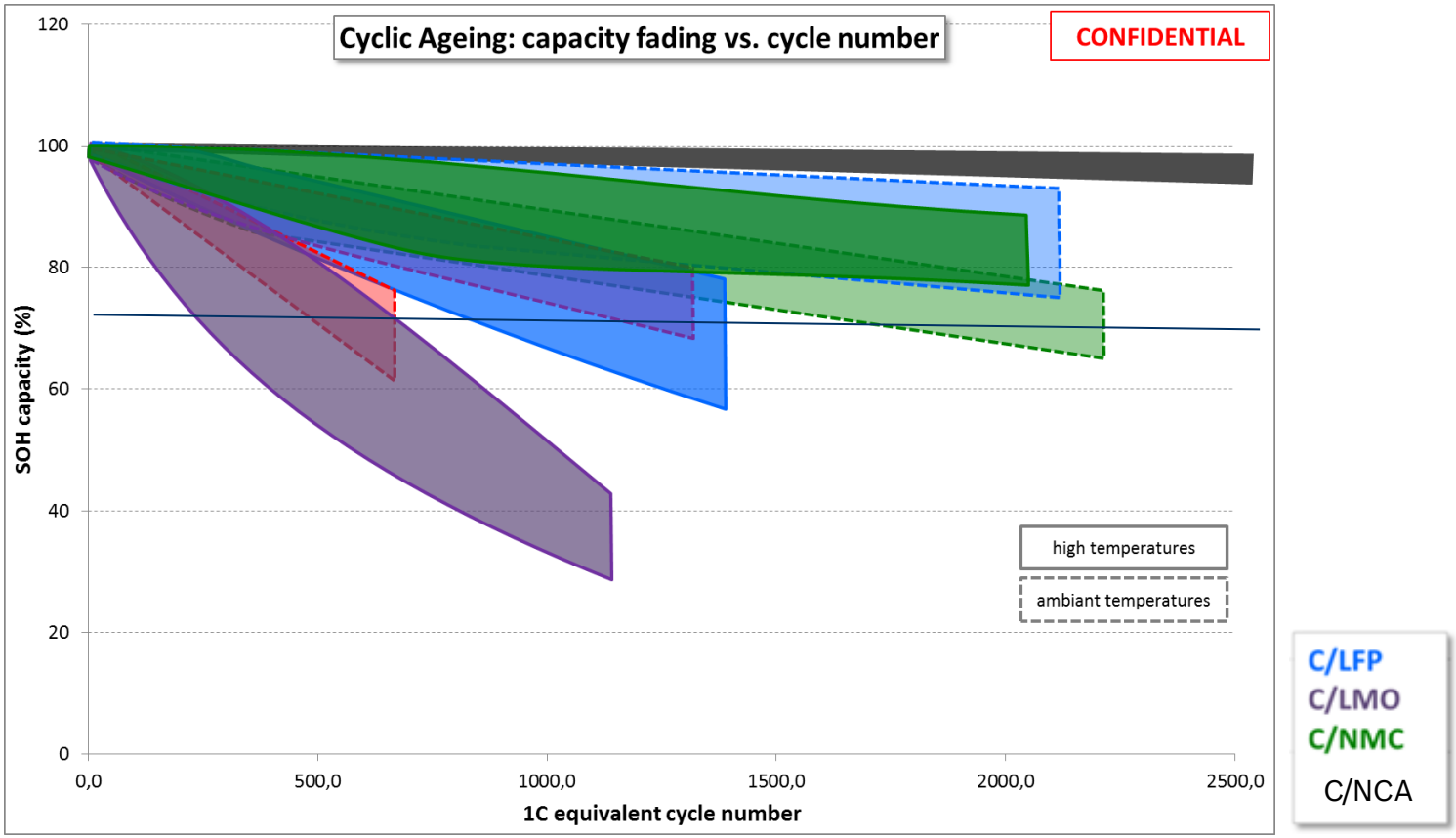
D_i: Zahl der Zyklen mit einer Zyklentiefe von D

α, β: Auf Messungen basierende Parameter.

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Zyklenlebensdauer ist technologieabhängig

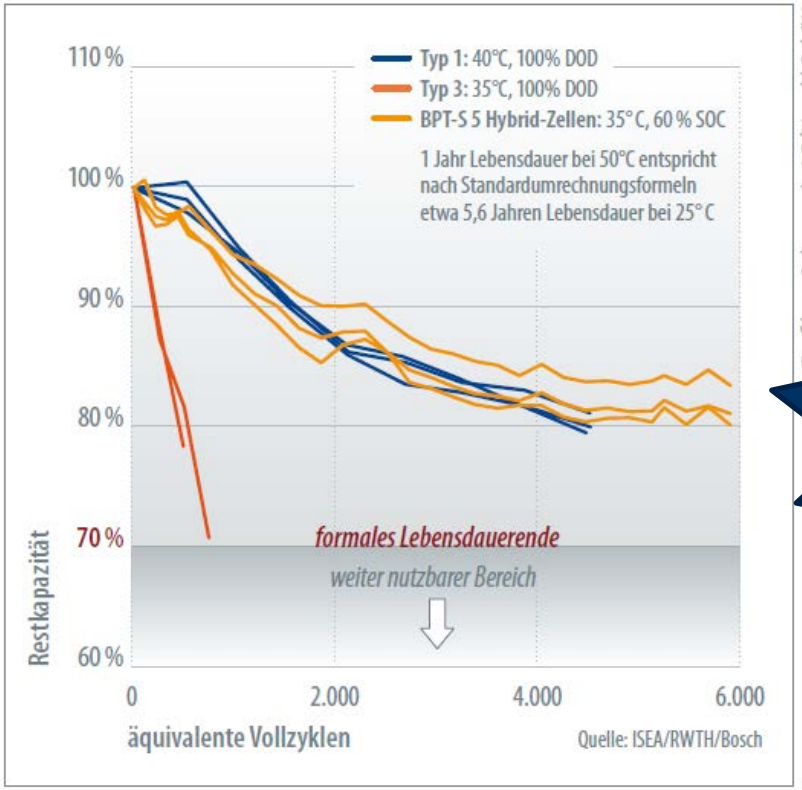


Quelle: M. Perrin, INES/CEA, 2014

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Labormessungen I



Grafiken: Solarpraxis AG/Harald Schütt

Mehr als 6.000 Zyklen

Aus: Schmiegel, Armin; „Die Leiden des Alters“; pv magazin 3/14

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Alterungseffekte bei Lithium-Ionen Batterien

Kalendarische Alterung:

Alterungsursache:

- Thermische und chemische Zerfallsprozesse

Ursachen: Spannung (SOC) und Temperatur

- Hohe Spannung beschleunigt den Zerfall an den Elektroden
- Höhere Temperaturen beschleunigen die chemischen Reaktionen (Arrhenius‘ Law)

$$\Delta a_{cal}(t) = \sum_{i}^{T} c\, e^{d_T(T_0 - T)} e^{d_U(U_0 - U)}$$

T, T_o: Temperatur (Umgebungs, Be- und Endladeleistung)

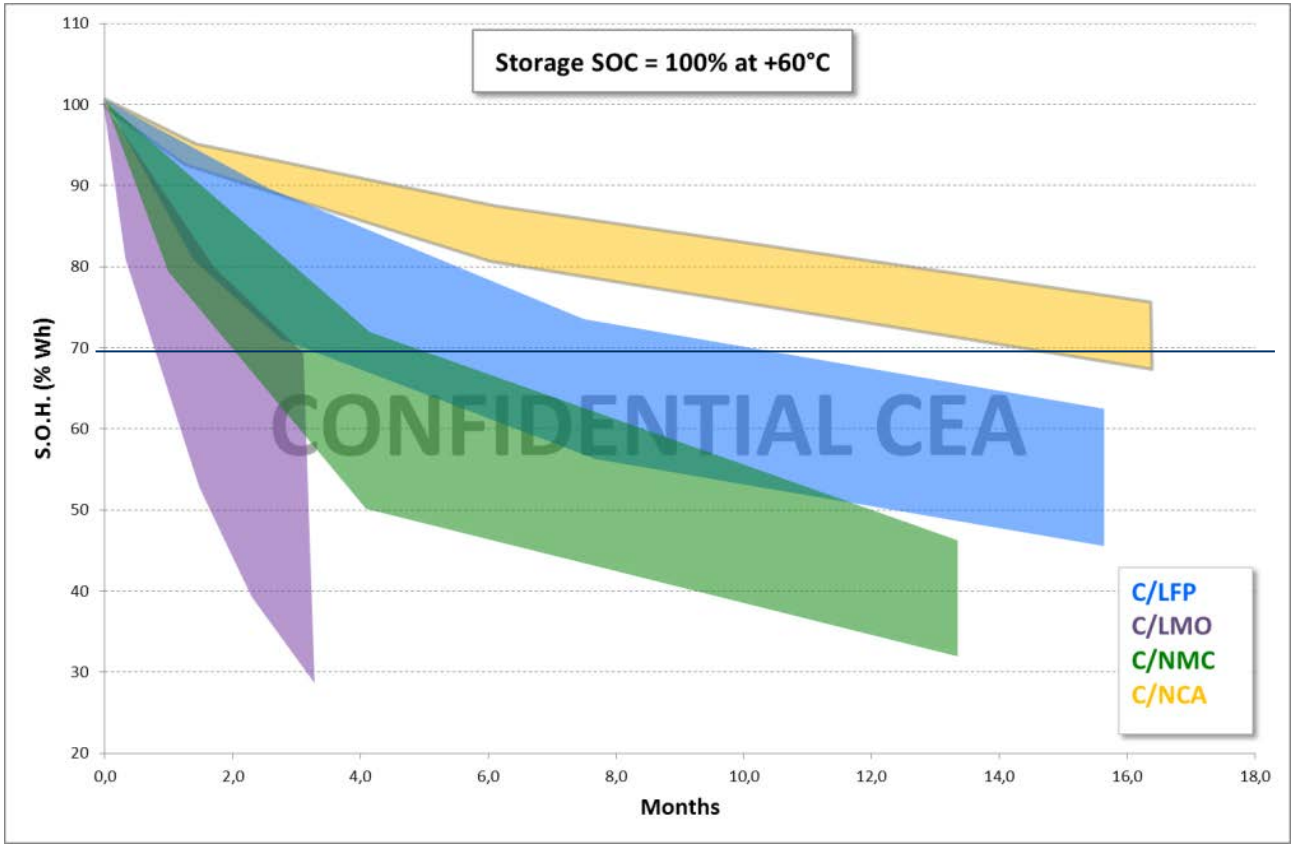
U, U_0: Spannung (vom Ladezustand abhängig)

c, d_T, d_U: auf Messungen basierende Parameter

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Kalendarische Lebensdauer ist technologieabhängig

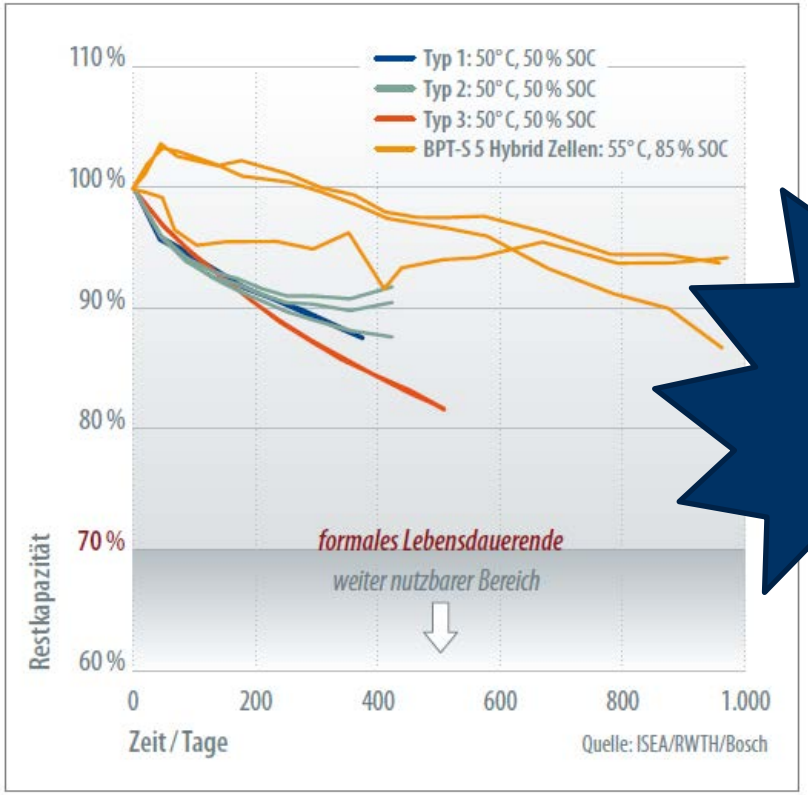


Quelle: M. Perrin, INES/CEA, 2014

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Labormessungen II



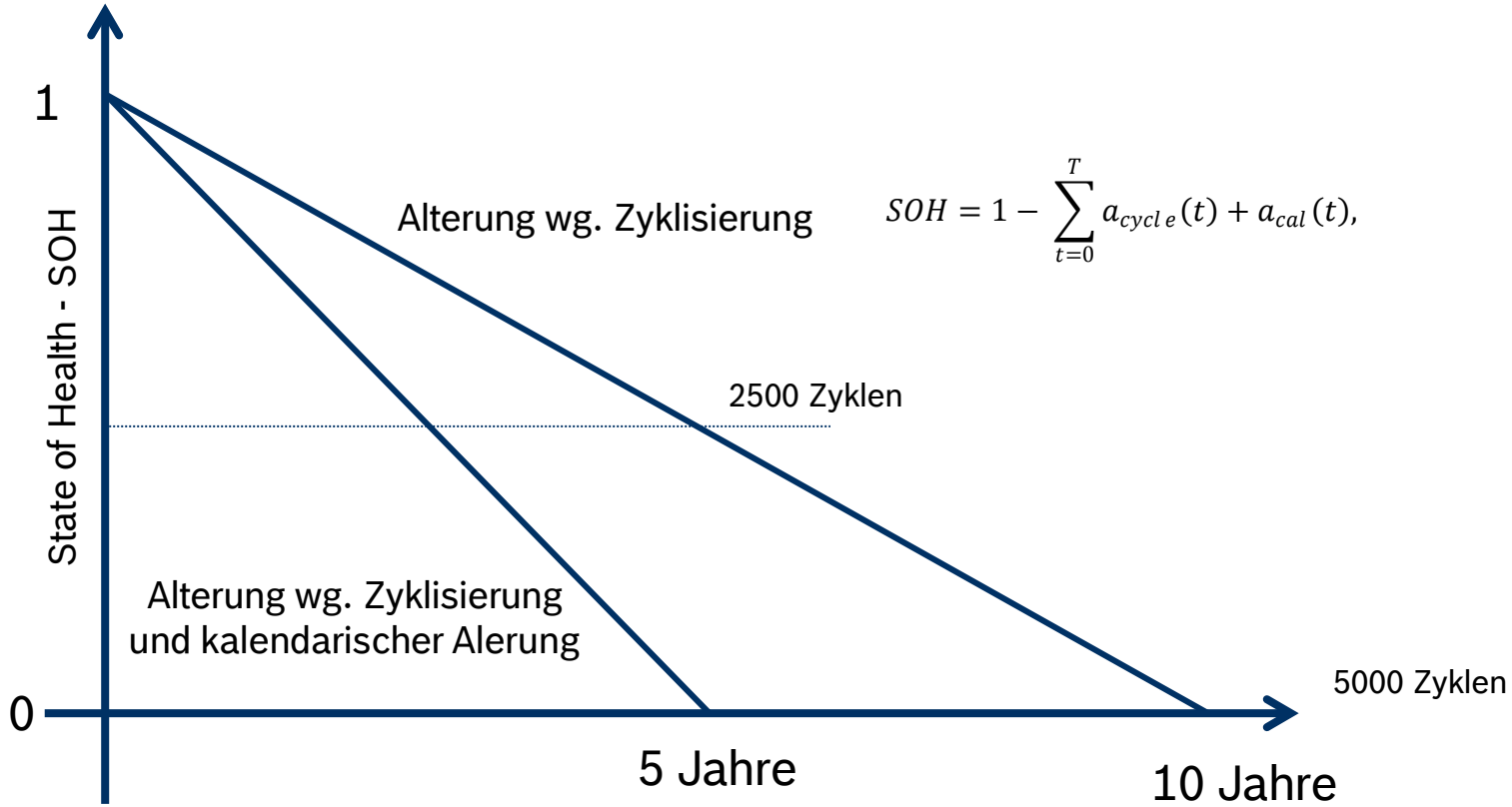
ca. 36-46 Jahre Lebens-dauer

Aus: Schmiegel, Armin; „Die Leiden des Alters“; pv magazin 3/14

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Solarstromspeichersysteme

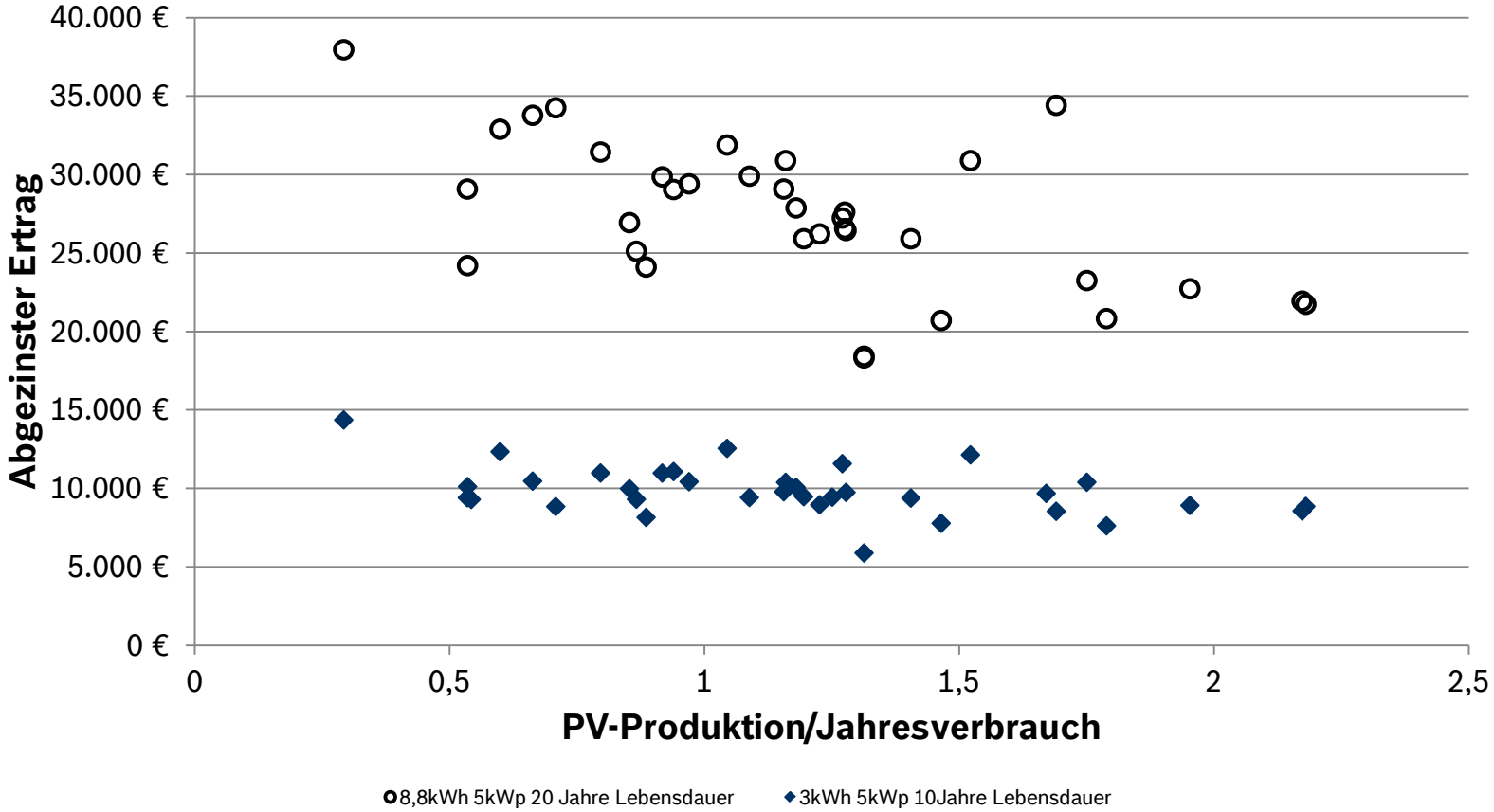


$$SOH = 1 - \sum_{t=0}^{T} a_{cycl\,e}(t) + a_{cal}(t),$$

Beide Alterungseffekte müssen berücksichtigt werden!!!

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Solarstromspeichersysteme

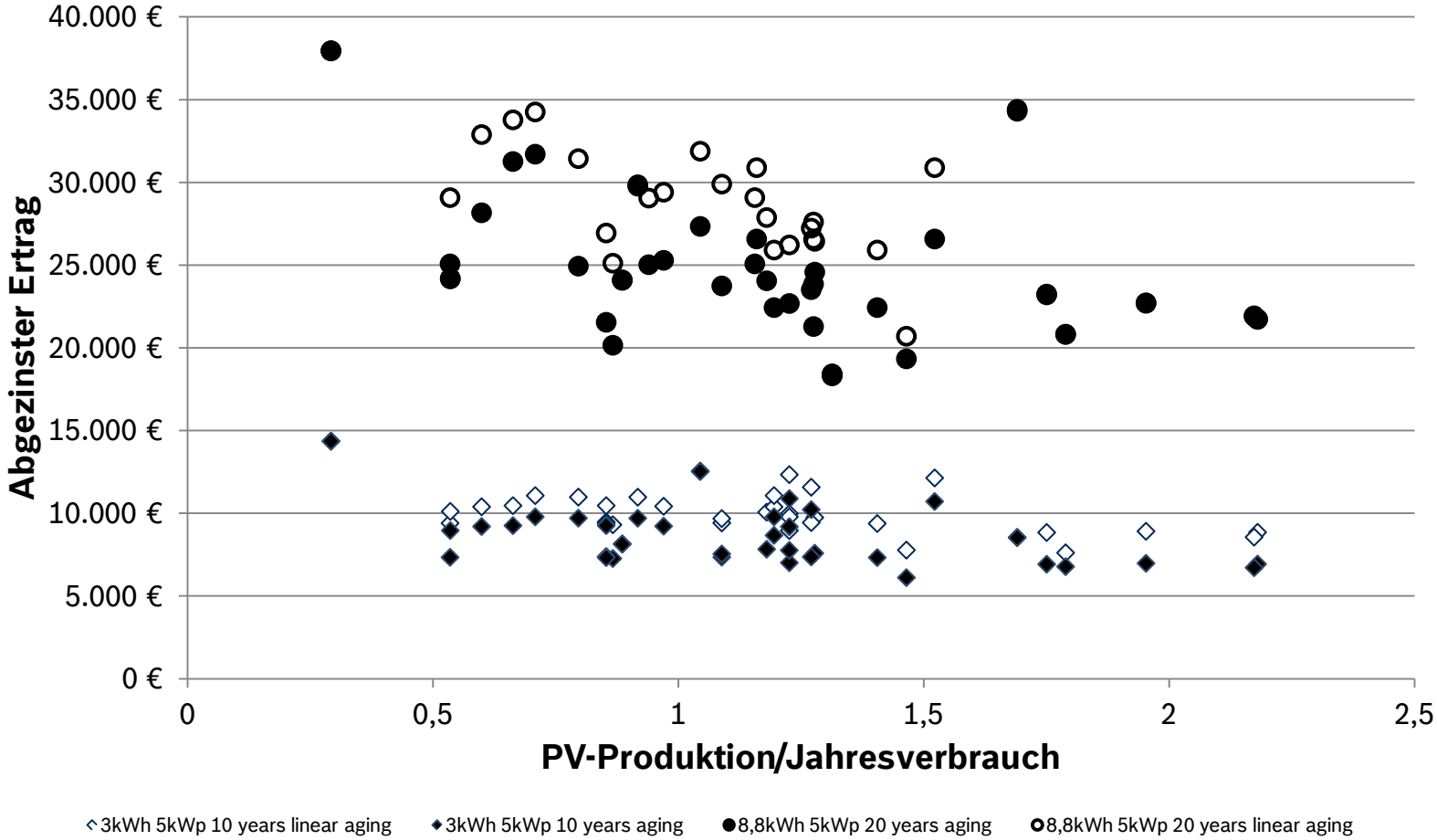


$c_{in} = 0{,}138\frac{ct}{kWh}$, $c_{gc} = 0{,}28\frac{ct}{kWh}$, Marktzins $\kappa_m = 2{,}5\%$, Strompreissteigerung $\kappa_{gc} = \underbrace{2\%}_{Inflation} + \underbrace{2{,}4\%}_{Preissteigerung} = 4{,}4\%$

Ertragsberechnung basiert auf Last- und Produktionsdaten von deutschen Kundenanlagen

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Solarstromspeichersysteme



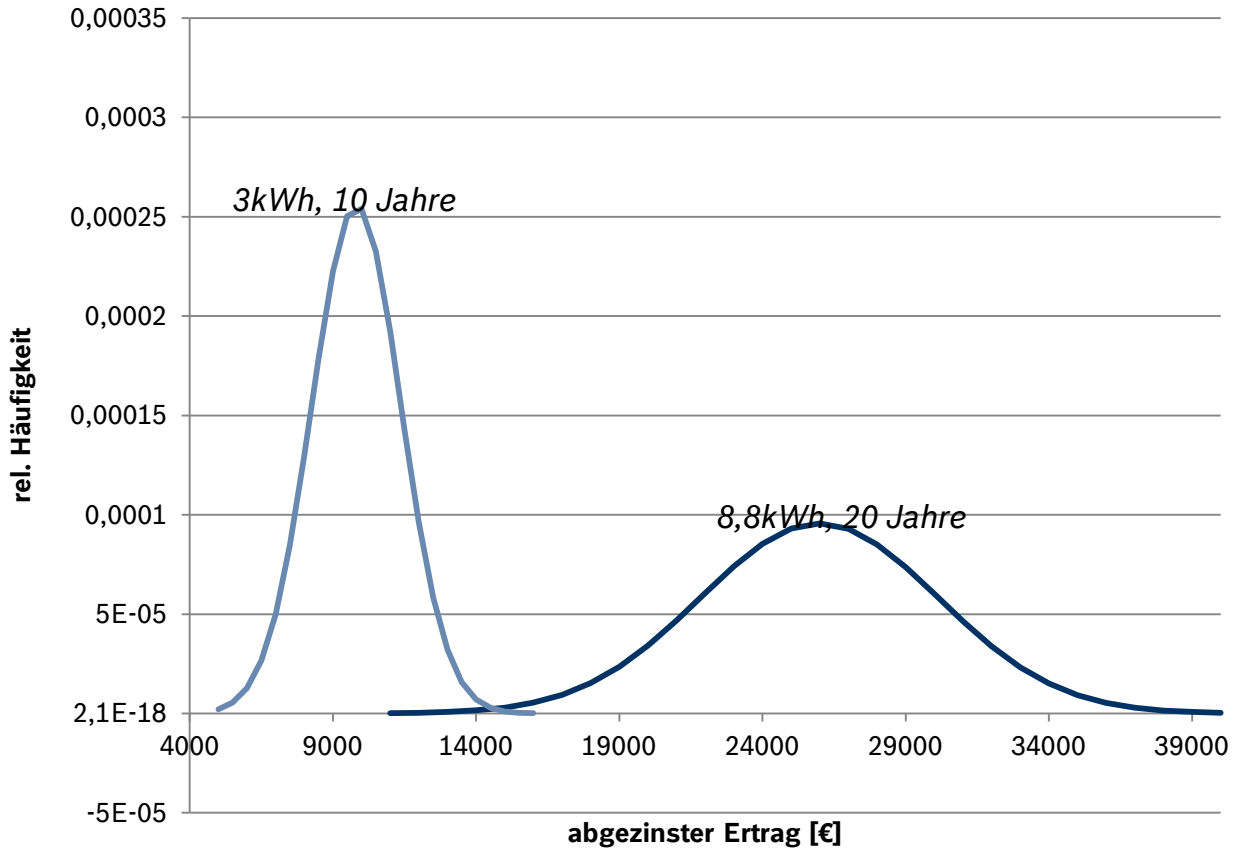
$c_{in} = 0{,}138 \frac{ct}{kWh}$, $c_{gc} = 0{,}28 \frac{ct}{kWh}$, Marktzins $\kappa_m = 2{,}5\%$, Strompreissteigerung $\kappa_{gc} = \underbrace{2\%}_{Inflation} + \underbrace{2{,}4\%}_{Preissteigerung} = 4{,}4\%$

Ertragsberechnung basiert auf Last- und Produktionsdaten von deutschen Kundenanlagen

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

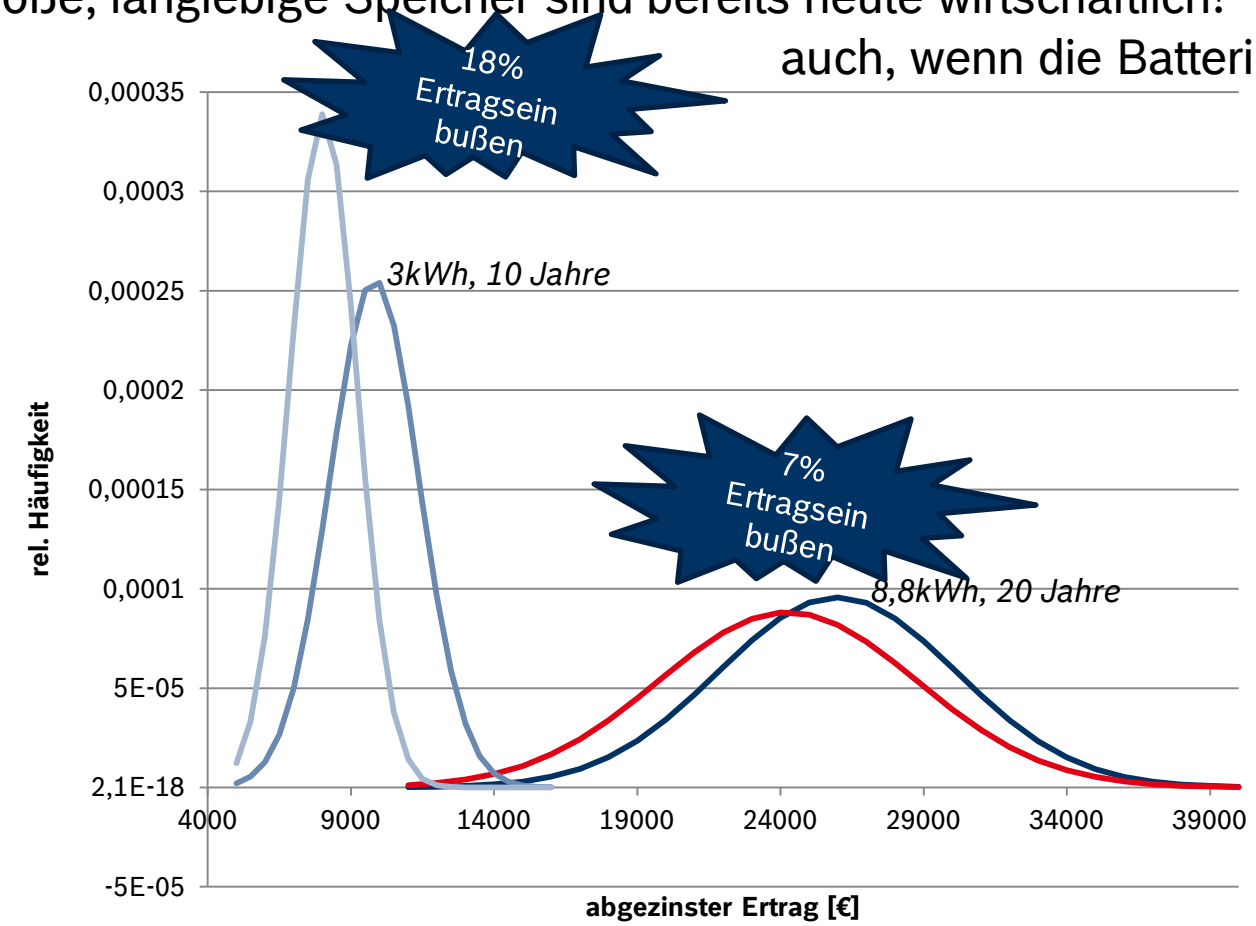
Solarstromspeichersysteme



BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Große, langlebige Speicher sind bereits heute wirtschaftlich!

auch, wenn die Batterien altern!!!



BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Agenda

Wie steigern Solarstromspeichersysteme den Eigenverbrauch?

→ Tagsüber wird Strom gespeichert Nachts wird er verbraucht.

Wie smart muss mein Haus sein?

→ Ein Solarstromspeicher ist das bessere Energiemanagement.

Wie smart muss mein Speicher sein?

→ Eine gute Prognose liefert nicht viel Mehrwert, aber eine falsche wird richtig teuer.

Rechnen sich Solarstromspeichersysteme?

→ 10-12 Jahre Amortisatonszeit, 6-8% Rendite.

Welchen Einfluss haben Speicher auf das Verteilnetz?

→ Intelligente Solarstromspeicher sind gut für die Netze.

Wieviel Speicher rechnet sich?

→ Bei langer Lebensdauer Qualität bis zu 7kWh, bei kurzer Lebensdauer lediglich 2-3kWh

Was sind die Auswirkungen des Alters?

→ Bei kurzer Lebensdauer 17% Ertragsverluste, bei langer Lebensdauer 7% Ertragsverlust.

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Agenda

Wie smart muss mein Haus sein?

→ Ein Solarstromspeicher ist das bessere Energiemanagement.

Rechnen sich Solarstromspeichersysteme?

→ 10-12 Jahre Amortisatonszeit, 6-8% Rendite.

Was sind die Auswirkungen des Alters?

→ Bei kurzer Lebensdauer 17% Ertragsverluste, bei langer Lebensdauer 7% Ertragsverlust.

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH

Vielen Dank für Ihr Interesse und Aufmerksamkeit

BPTE/SAM-I | 28.05.2013 | © Robert Bosch GmbH 2013. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

BOSCH