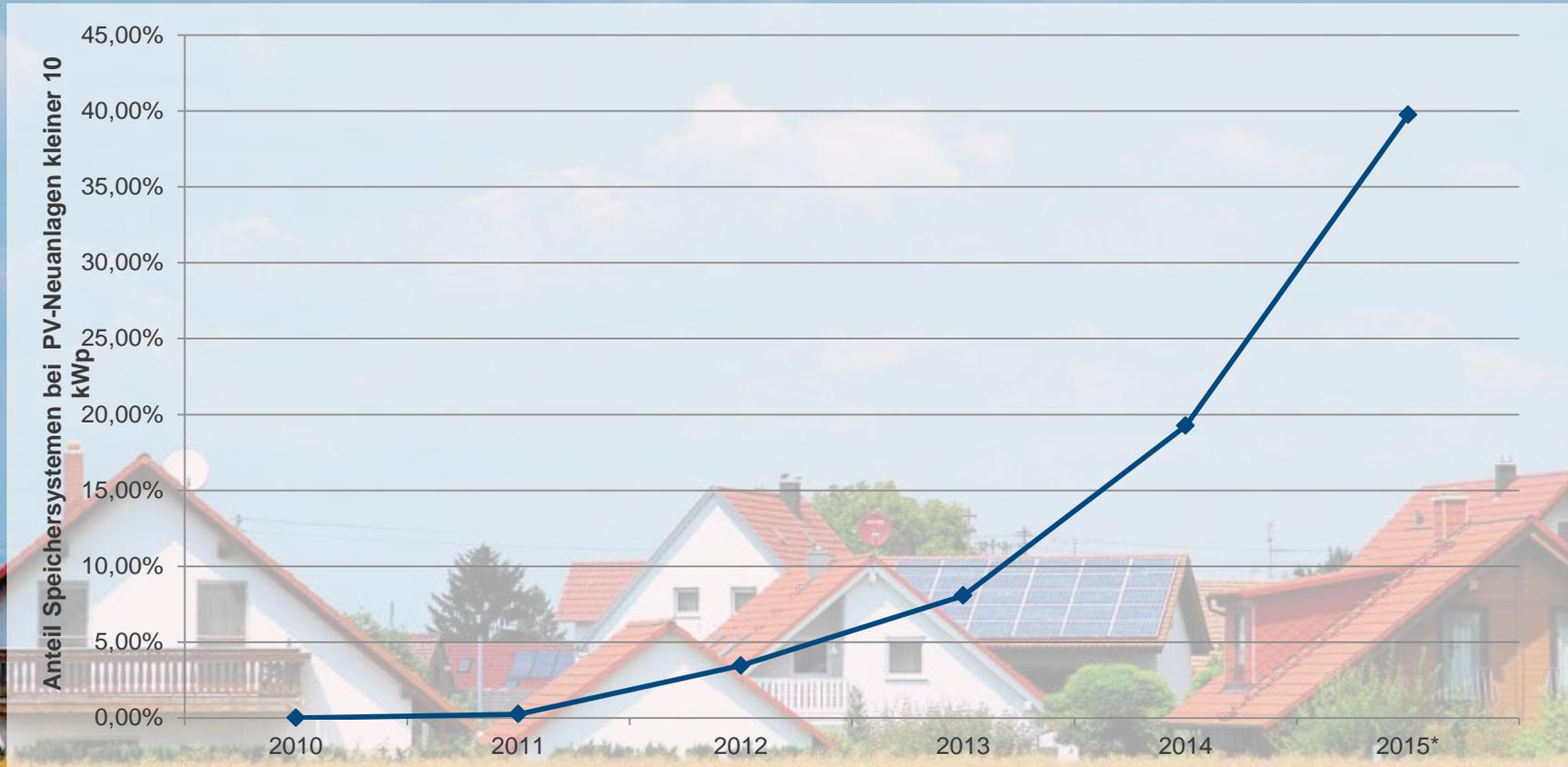


PERFORMANCE VON SPEICHERSYSTEMEN IN DER PRAXIS – ERFAHRUNGEN VON ÜBER 6.500 SPEICHERSYSTEMEN



1	Marktüberblick – Speichersysteme in Zahlen
2	Übersicht über die SMA Speicherlösungen
3	Auswertungen aus dem Sunny Portal zu Autarkie, Eigenverbrauch und Batterien
4	Effizienz von Speichersystemen in der Theorie
5	Effizienz von SMA Speichersystemen in der Praxis
6	Sonstige wichtige Einflussfaktoren auf Speichersysteme (Prognose, Regelgeschwindigkeit usw.)
7	8 Thesen für effiziente und wirtschaftliche Speichersysteme

DIE DURCHDRINGUNG VON PV-SPEICHERSYSTEMEN IN DEUTSCHLAND **WÄCHST RASANT**



- > Markt für PV-Systeme < 10 kWp ist gegenüber dem Vorjahr um 33% gesunken (BNetzA)
- > Der Markt für Speichersysteme um 35% gewachsen (Quelle KfW/BSW)

SMA SPEICHERSYSTEME IN ZAHLEN (BIS 12/2015)

Bis heute verkaufte Batteriewechselrichter
Sunny Island, Sunny Backup und Sunny Boy Smart Energy

51.000

... davon am Netz (On-Grid) :

16.000

... davon tatsächlich zur Eigenverbrauchsoptimierung genutzt:

13.500

... davon in Deutschland:

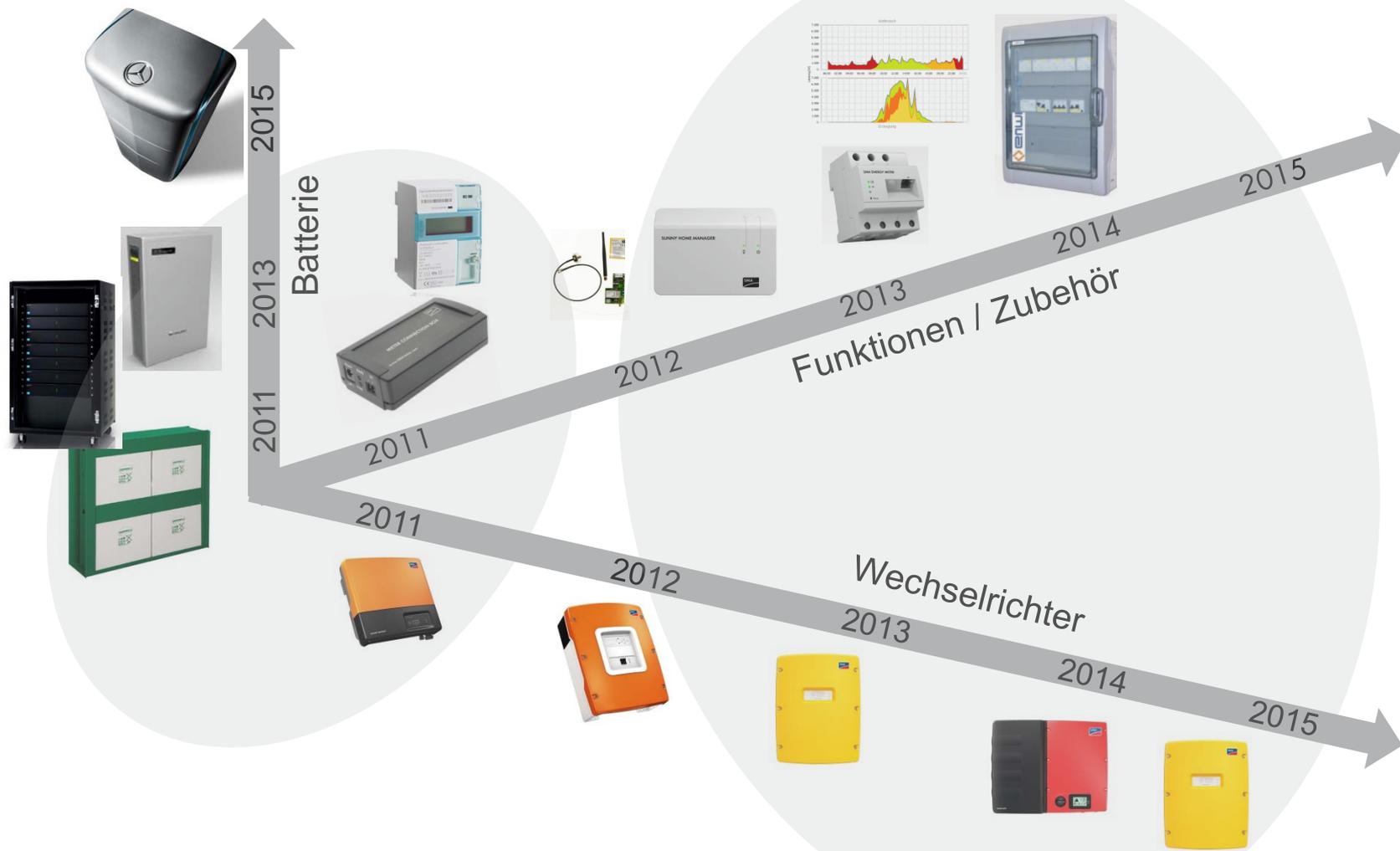
12.200

... davon im Sunny Portal registriert:

8.600



FORTSCHRITTE BEI PV-SPEICHERSYSTEMEN VON SMA

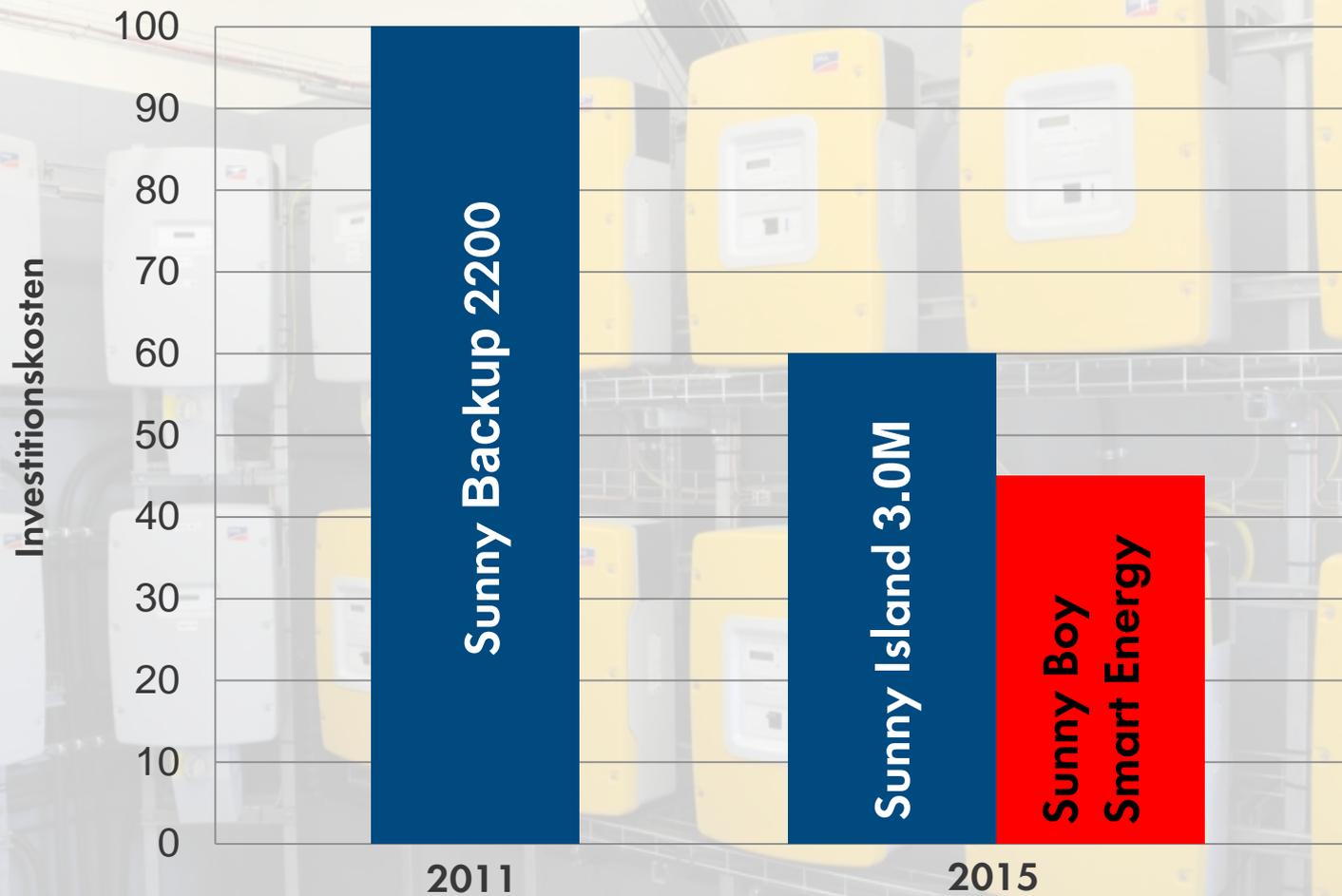


> SMA hat die On-Grid Speichersysteme kontinuierlich weiterentwickelt, um sie **einfacher, effizienter und kostengünstiger** zu machen

ENERGY
THAT
CHANGES



KOSTEN KONNTEN UM **40 % BIS 55 %** GESENKT WERDEN



1	Marktüberblick – Speichersysteme in Zahlen
2	Übersicht über die SMA Speicherlösungen
3	Auswertungen aus dem Sunny Portal zu Autarkie, Eigenverbrauch und Batterien
4	Effizienz von Speichersystemen in der Theorie
5	Effizienz von SMA Speichersystemen in der Praxis
6	Sonstige wichtige Einflussfaktoren auf Speichersysteme (Prognose, Regelgeschwindigkeit usw.)
7	8 Thesen für effiziente und wirtschaftliche Speichersysteme

SMA SMART HOME

DIE RICHTIGE LÖSUNG FÜR JEDE ANWENDUNG



SMA Basic System



Sunny Home Manager + Funksteckdose

- > Beispiel:
Stromverbrauch: 3000 kWh
PV-Anlage: 6 kWp
Batterie: keine
- > Autarkie: **40 – 50 %**
- > Eigenverbrauch: **20 – 25 %**

SMA Integrated Storage System



Sunny Boy Smart Energy Sunny Home Manager + Funksteckdose

- > Beispiel:
Stromverbrauch: 3000 kWh
PV-Anlage: 7 kWp
Batterie: 2 kWh
- > Autarkie: **60 – 70 %**
- > Eigenverbrauch: **25 – 30 %**

SMA Flexible Storage System



Sunny Boy + Sunny Island Sunny Home Manager + Funksteckdose

- > Beispiel:
Stromverbrauch: 4500 kWh
PV-Anlage: 10 kWp
Batterie: 6,0 kWh
- > Autarkie: **70 – 80 %**
- > Eigenverbrauch: **30 – 40 %**

- > **Vollintegrierte oder flexible Lösung passend für Ihren Energieverbrauch und Ihr Investitionsbudget**

1	Marktüberblick – Speichersysteme in Zahlen
2	Übersicht über die SMA Speicherlösungen
3	Auswertungen aus dem Sunny Portal zu Autarkie, Eigenverbrauch und Batterien
4	Effizienz von Speichersystemen in der Theorie
5	Effizienz von SMA Speichersystemen in der Praxis
6	Sonstige wichtige Einflussfaktoren auf Speichersysteme (Prognose, Regelgeschwindigkeit usw.)
7	8 Thesen für effiziente und wirtschaftliche Speichersysteme



Flexible Storage System

- > 5.400 Systeme mit SHM im Sunny Portal registriert
- > 1.200 mit Inbetriebnahme bis 31.12.2013
- > Auswertungszeitraum 01.01.2014 bis 31.12.2014
- > **990 Anlagen** ausgewertet
- > Kriterien für die Auswertung:
 - > Standort Deutschland
 - > Plausible Energiewerte
 - > 1-phasige Systeme
 - > Angabe eines Batterietyps, Batteriegröße und PV-Anlagengröße
 - > Anlagen mit direkter Portalanbindung wurden mit einbezogen



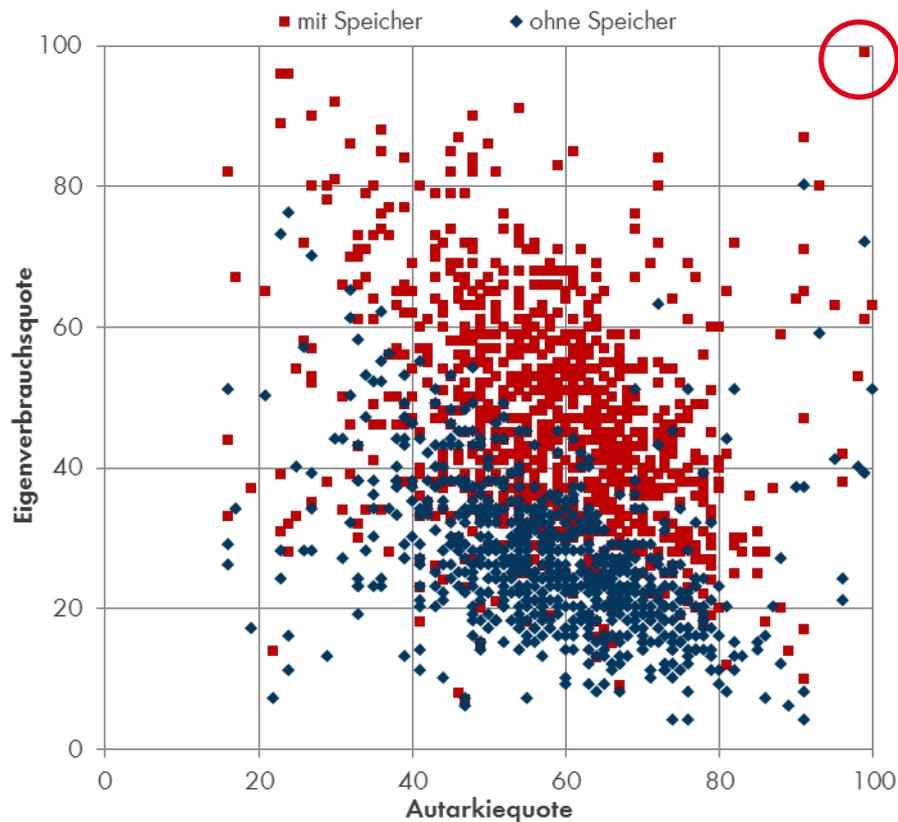
Integrated Storage System

- > 2.000 Systeme mit SHM im Sunny Portal registriert
- > 247 mit Inbetriebnahme bis 30.4.2014
- > Auswertungszeitraum 01.05.2014 bis 30.04.2015
- > **230 Anlagen** ausgewertet

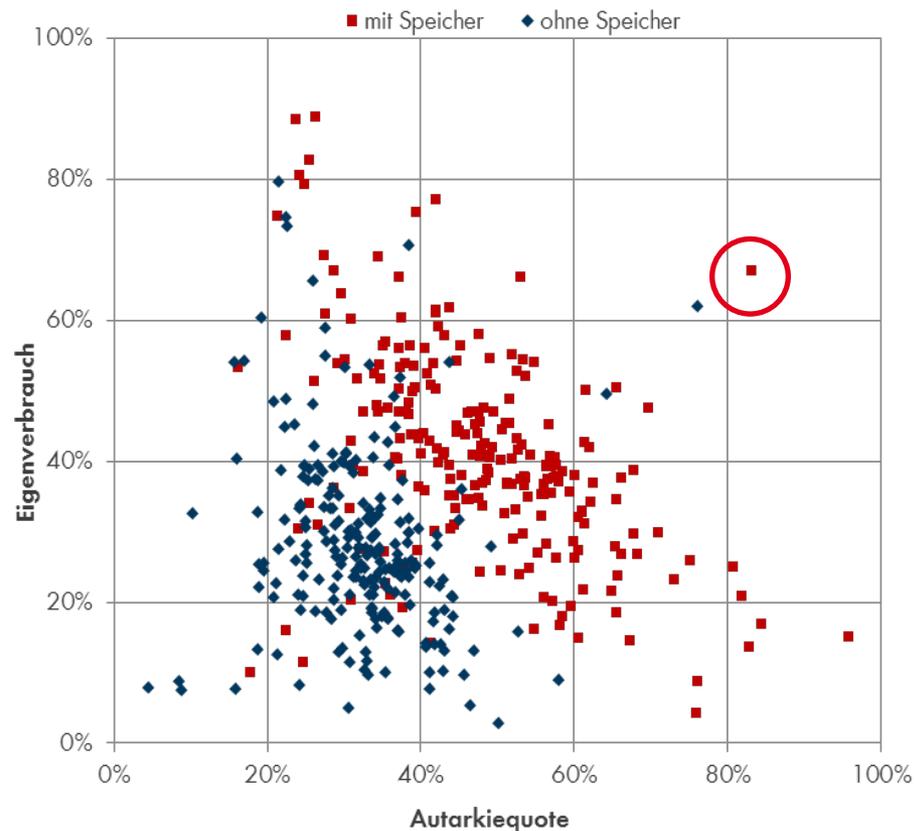
EIGENVERBRAUCHSQUOTE ÜBER AUTARKIE



990 Flexible Storage Sets

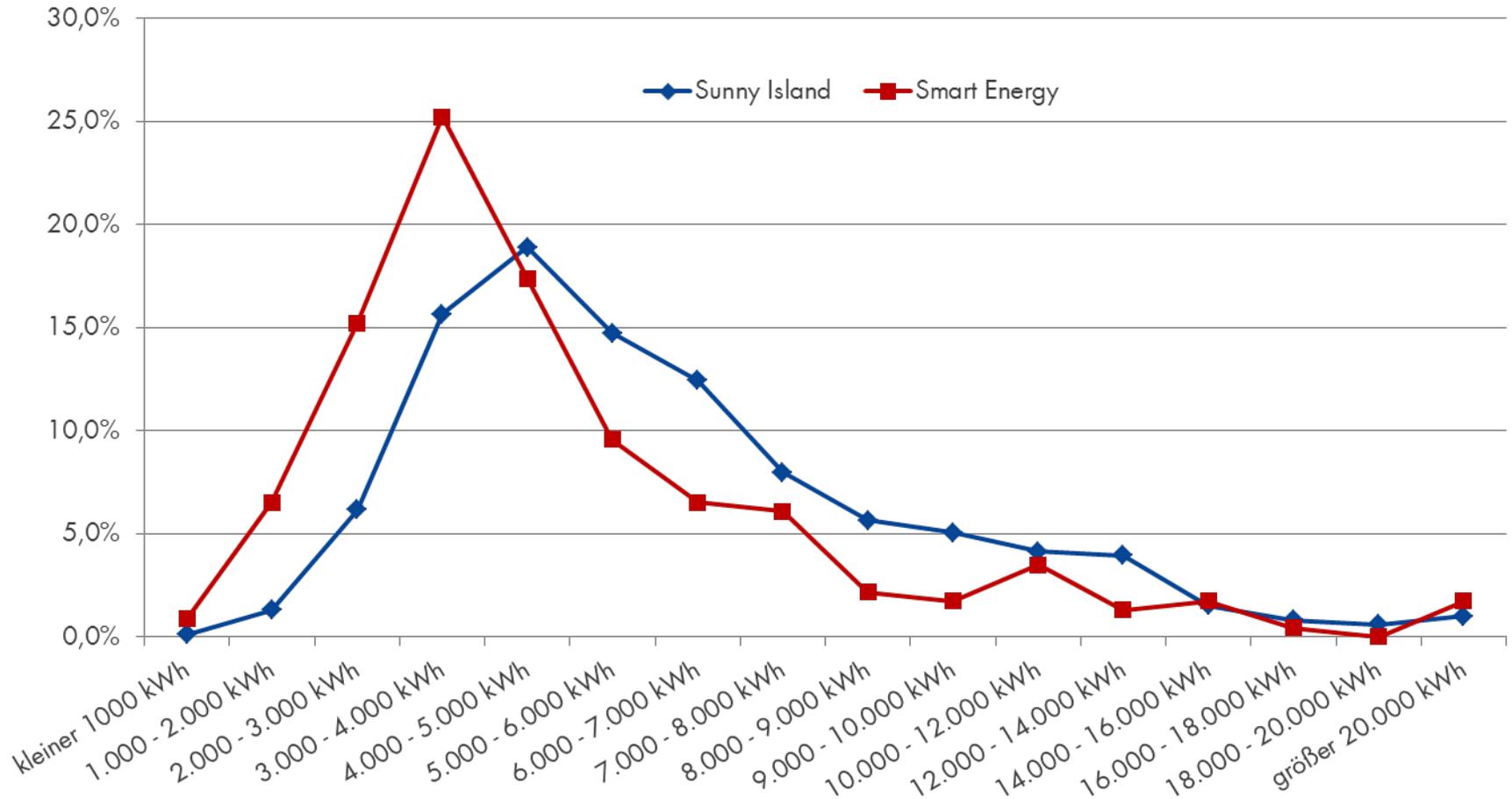


230 Integrated Storage Sets



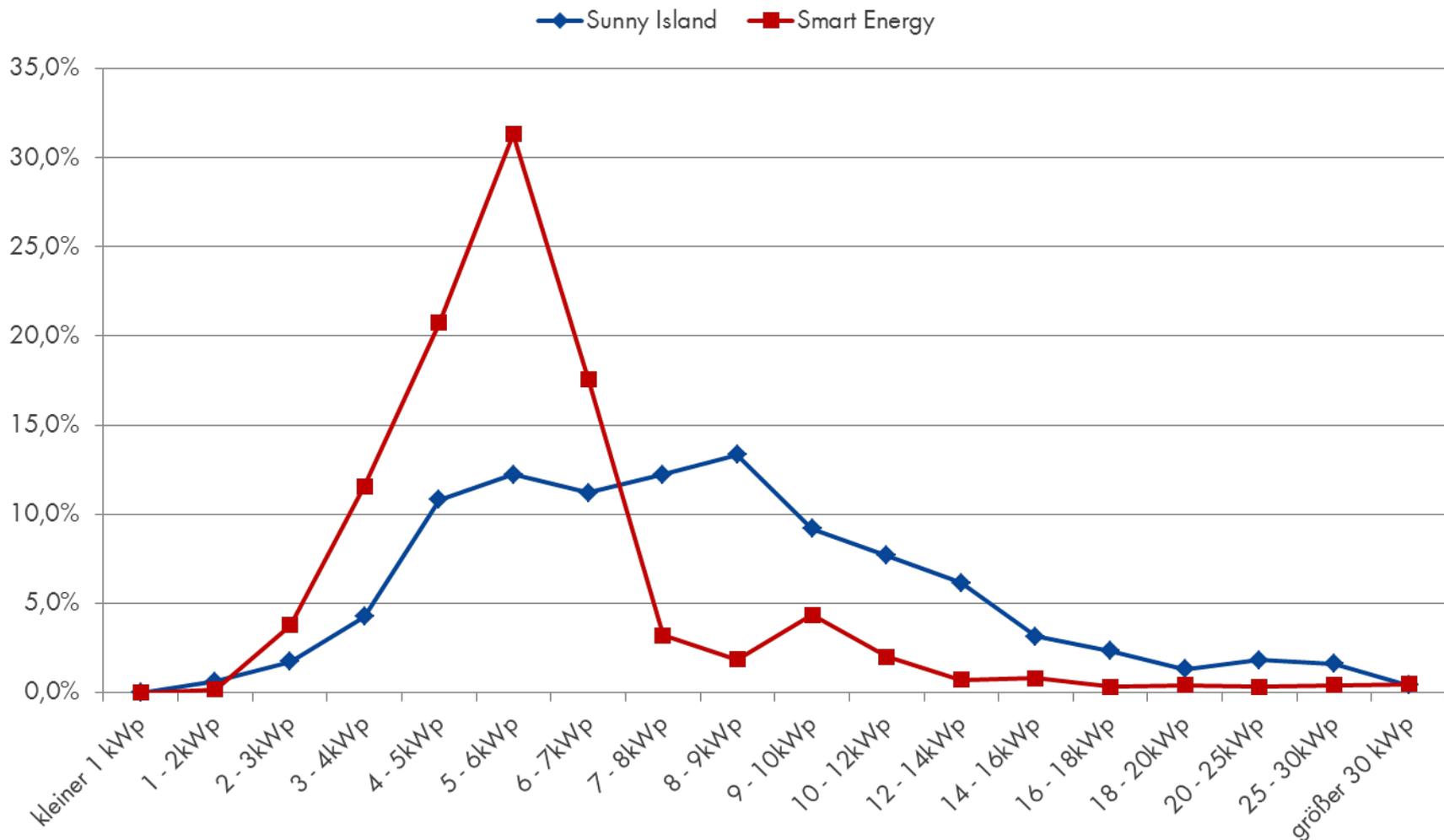
- > Hohe Autarkie führt zu geringem Eigenverbrauch und umgekehrt
- > Es gibt Ausnahmen (z.B. andere Erzeuger die nicht erfasst werden)
- > Die 2 kWh des ISS haben bereits eine große Wirkung

HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DES VERBRAUCH



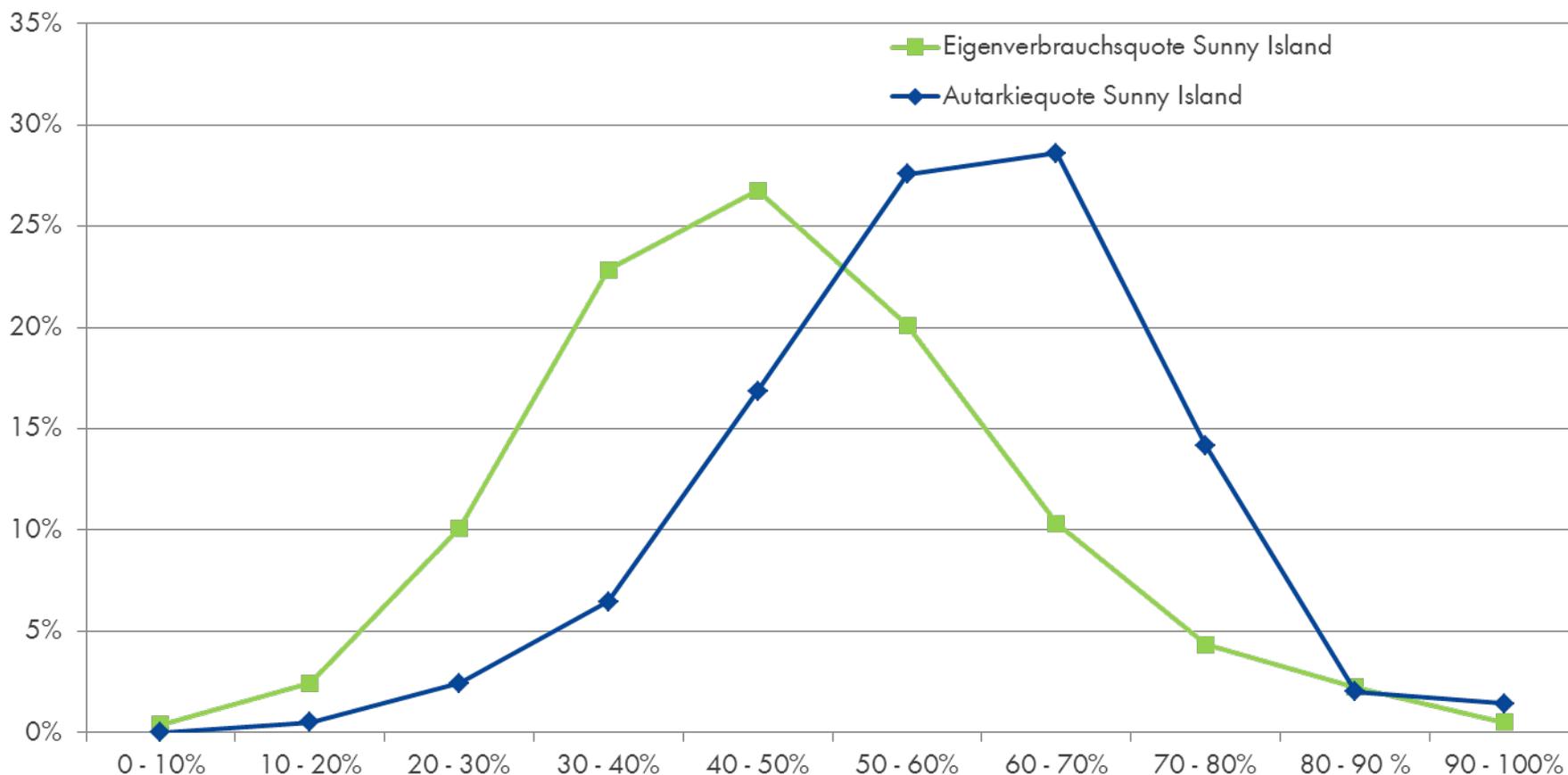
- > Der Verbrauch variiert in einem sehr großen Bereich von 1.000 bis 20.000 kWh
- > Median 5.500 kWh beim Sunny Island, und 4.000 kWh beim Sunny Boy Smart Energy

HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER PV-ANLAGENGRÖSSE



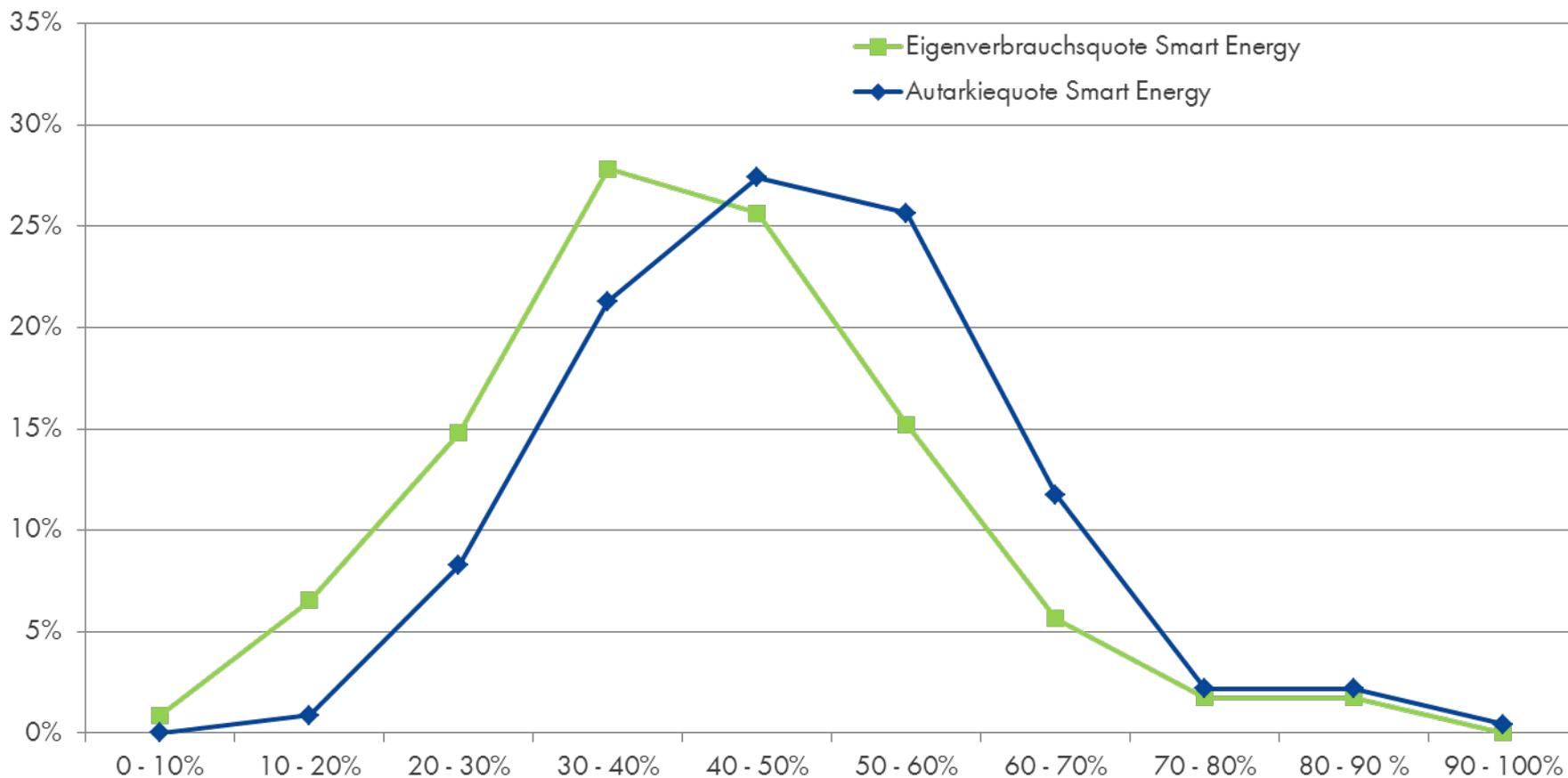
- > Die Leistung der PV-Anlage variiert in einem sehr großen Bereich von 2 bis 30 kWp
- > Median 7,8 kWp bei Sunny Island und 5,4 kWp beim Sunny Boy Smart Energy

HÄUFIGKEITSVERTEILUNG EIGENVERBRAUCH UND AUTARKIE (FSS)



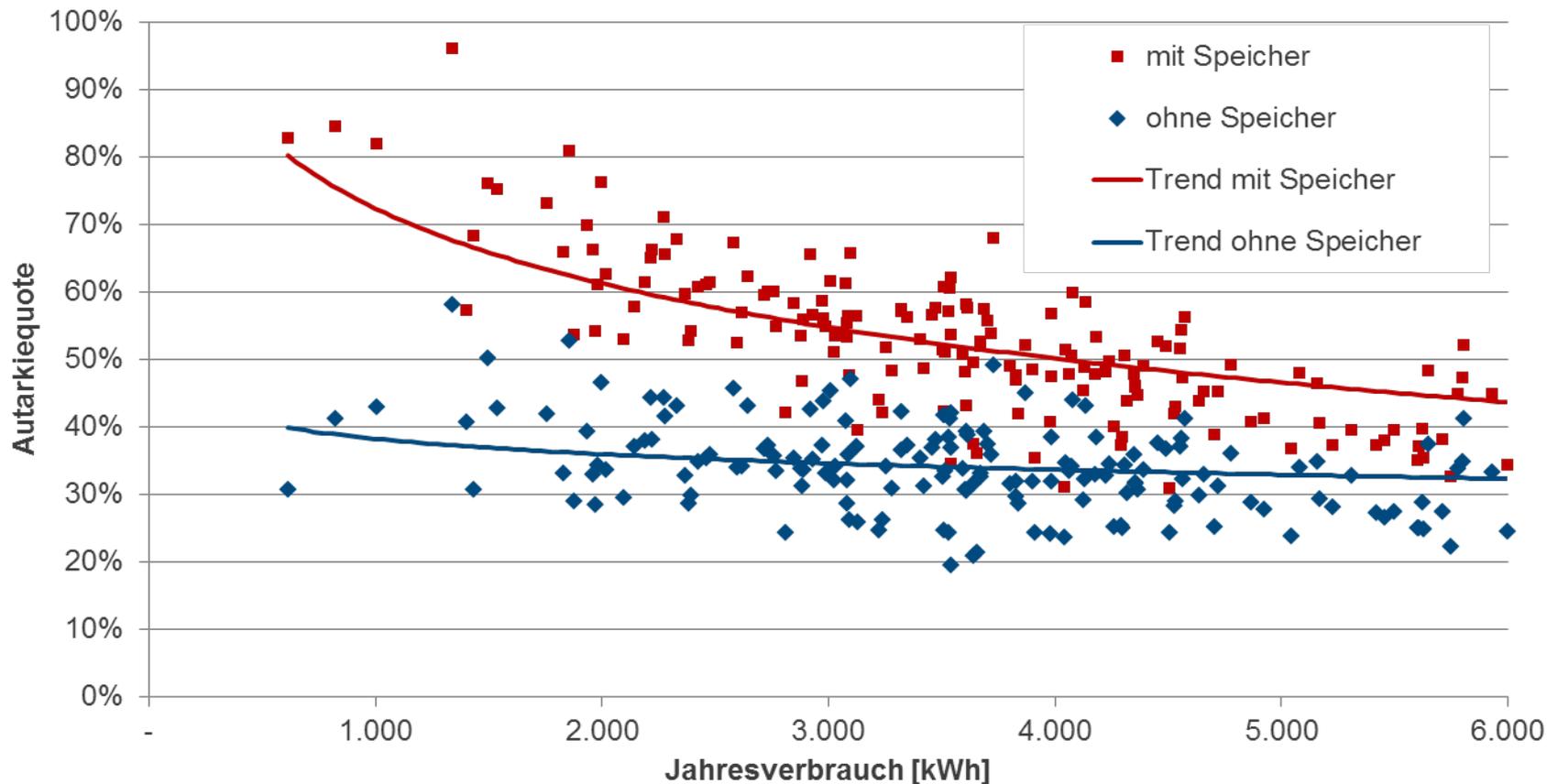
- > Die Systeme werden autarkieoptimiert ausgelegt
- > Relative große PV-Anlagen 7,8 kWp zu relativ kleinen Batterie 4,35 kWh Nutzkapazität

HÄUFIGKEITSVERTEILUNG EIGENVERBRAUCH UND AUTARKIE BEIM SUNNY BOY SMART ENERGY



> PV-Anlagen 5,4 kWp zu relativ kleinen Batterien 2 kWh Nutzkapazität

AUTARKIEQUOTE IM JAHRESSCHNITT BEIM SUNNY BOY SMART ENERGY



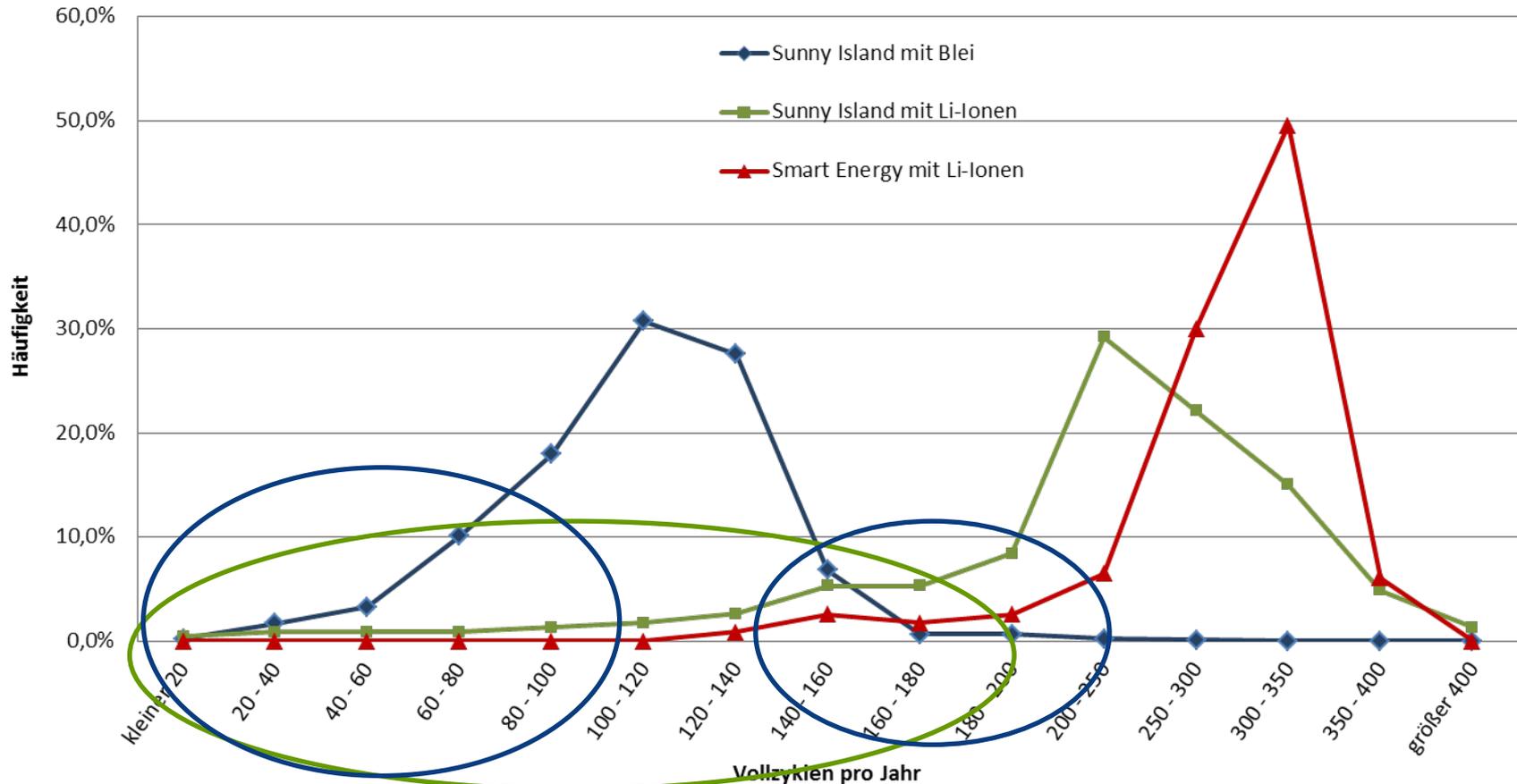
- > Mehr als die Hälfte aller Feldtester erreichen eine **Autarkiequote von über 60 % (bis zu 80 %)**
- > **2 kWh nutzbare Kapazität** bringen im Durchschnitt eine **Autarkiesteigerung um 50 %!**

*Autarkiequote: Anteil der lokalen Erzeugung des Haushaltsverbrauch

WERDEN DIE SPEICHER SINNVOLL DIMENSIONIERT IM FSS?



Häufigkeitsverteilung bei Nennergiedurchsätze



- > Mehr als 10 – 15 % der Speicher überdimensioniert (kalendarische Alterung)
- > 5 – 10 % sind klein dimensioniert und werden kaum 10 Jahr halten
- > Bei Li-Ionen Batterien keine Unterdimensionierung möglich (max. 400 Zyklen pro Jahr)

1	Marktüberblick – Speichersysteme in Zahlen
2	Übersicht über die SMA Speicherlösungen
3	Auswertungen aus dem Sunny Portal zu Autarkie, Eigenverbrauch und Batterien
4	Effizienz und Kosten von Speichersystemen in der Theorie
5	Effizienz von SMA Speichersystemen in der Praxis
6	Sonstige wichtige Einflussfaktoren auf Speichersysteme (Prognose, Regelgeschwindigkeit usw.)
7	8 Thesen für effiziente und wirtschaftliche Speichersysteme



1-phasig – 2 Leiter-Umrichter

- > Ausgangsspannung 230 V mit +10, -15 % → 200 bis 253 V
- > Zwischenkreisspannung **mindestens 360 V** = $253 \times \sqrt{2}$
- > Netzersatz für **alle 1-phasigen Lasten** (mit Phasenkopplung für 3 Phasen)
- > **Kostengünstig** durch nur 4 Schalter (**100 %**)



3-phasig – 3 Leiter-Umrichter (kann nur symmetrisch einspeisen)

- > Ausgangsspannung 400 V mit +10, -15 % → 346 bis 440 V
- > Zwischenkreisspannung von **mindestens 620 V** = $440 \times \sqrt{2}$
- > Netzersatz **nur für 3-phasige symmetrische Lasten** im Dreieck
- > **Mittlere Kosten** durch 6 Schalter (**140 %**)



3 phasig – 4 Leiter-Umrichter (kann auch unsymmetrisch einspeisen)

- > Ausgangsspannung 400 V mit +10, -15 % → 346 bis 438 V
- > Zwischenkreisspannung **von mindestens 620 V**
- > Netzersatz **für 1- und 3-phasige Lasten**
- > **Hohe Kosten** durch 8 Schalter (**200 %**)

> 3 phasige Systeme benötigen höhere Zwischenkreisspannung und höhere Kosten

MÖGLICHKEITEN ZUR SPANNUNGSANPASSUNG



H-Brücke:

- > Kann auch als **Tiefsetzsteller** arbeiten mit Verhältnis bis zu **1:3**
- > **Kosten** sind abhängig vom **Ausgangsstrom**
- > Wirkungsgrad abhängig vom **Übersetzungsverhältnis**

Trafo:

- > Fast **beliebiges, festes Übersetzungsverhältnis**
- > **Kosten** sind abhängig von der **Frequenz und Leistung**
- > Wirkungsgrad nur wenig abhängig vom Übersetzungsverhältnis

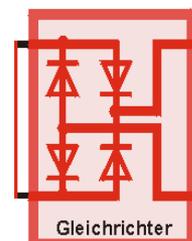
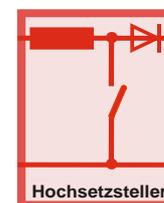
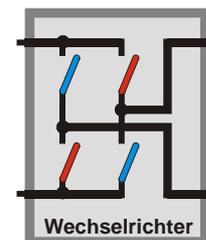
Hochsetzsteller:

- > Übersetzungsverhältnis bis zu **1:4**
- > **Kosten** sind abhängig vom **Eingangsstrom**
- > Wirkungsgrad abhängig vom **Übersetzungsverhältnis**

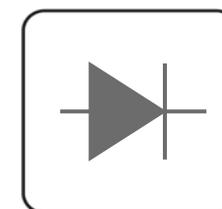
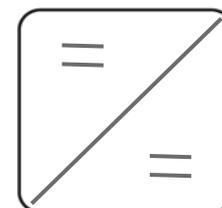
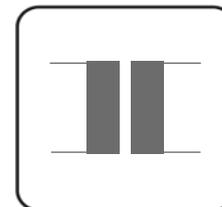
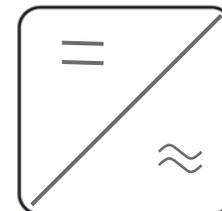
Gleichrichter:

- > Keine Spannungsanpassung möglich
- > **Kosten** sind abhängig vom **Eingangsstrom**
- > Wirkungsgrad fast nur abhängig von **Halbleiter**

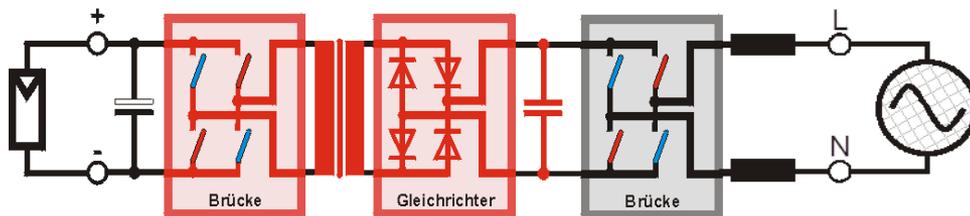
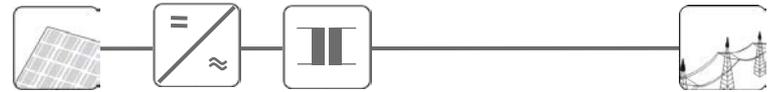
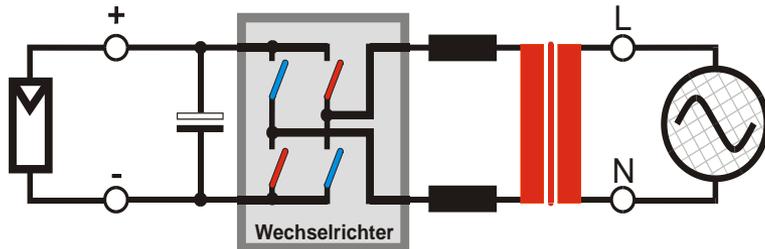
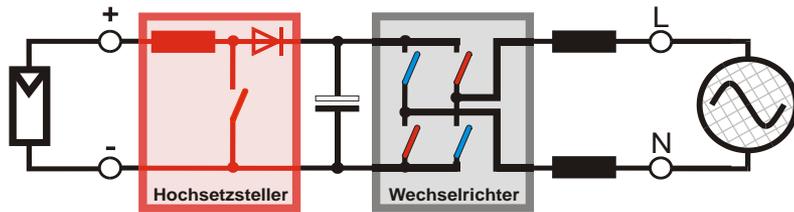
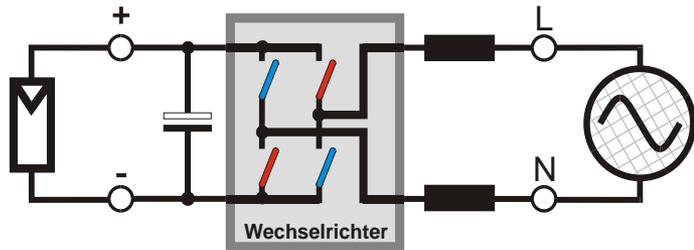
Schaltplan



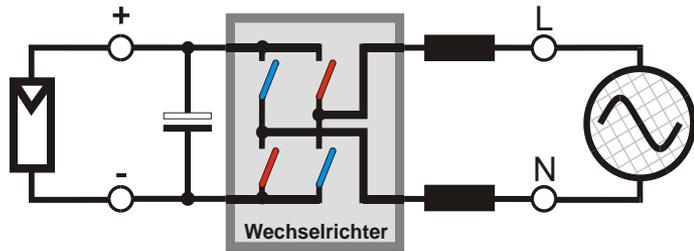
Blockschaltbild



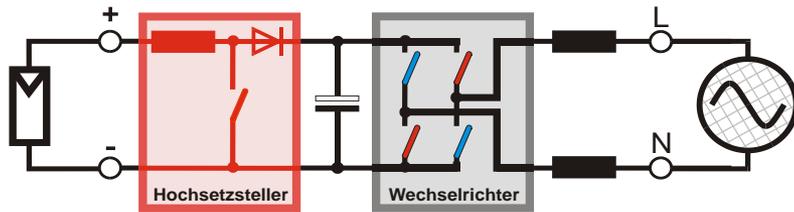
MÖGLICHKEITEN ZUR SPANNUNGSANPASSUNG AM BEISPIEL PV-WECHSELRICHTER



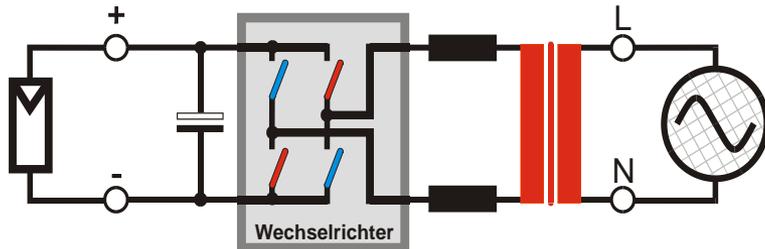
MÖGLICHKEITEN ZUR SPANNUNGSANPASSUNG AM BEISPIEL PV-WECHSELRICHTER



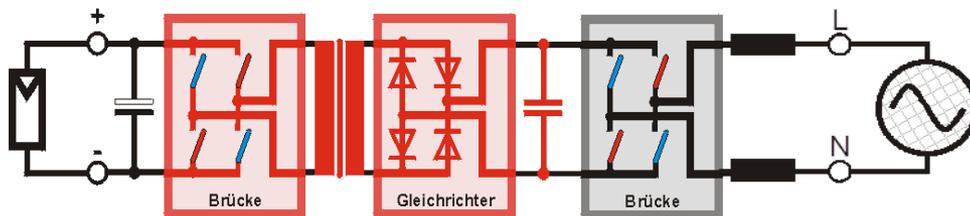
SMC 8000 -1100 TL



SB 5000 TL



SI6.0/8.0H



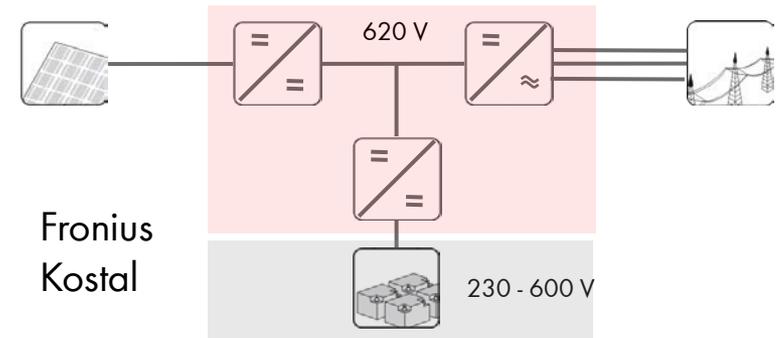
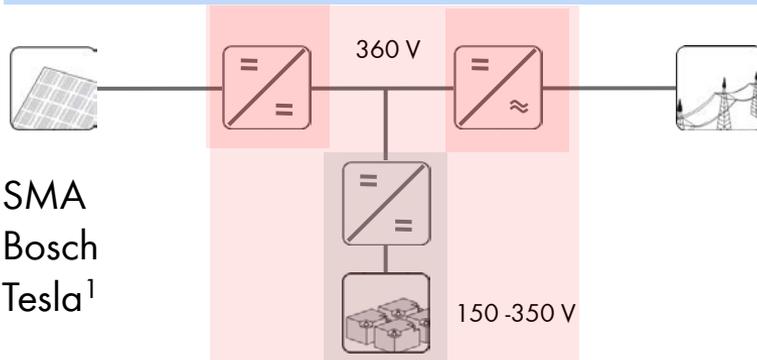
SB 3000 HF



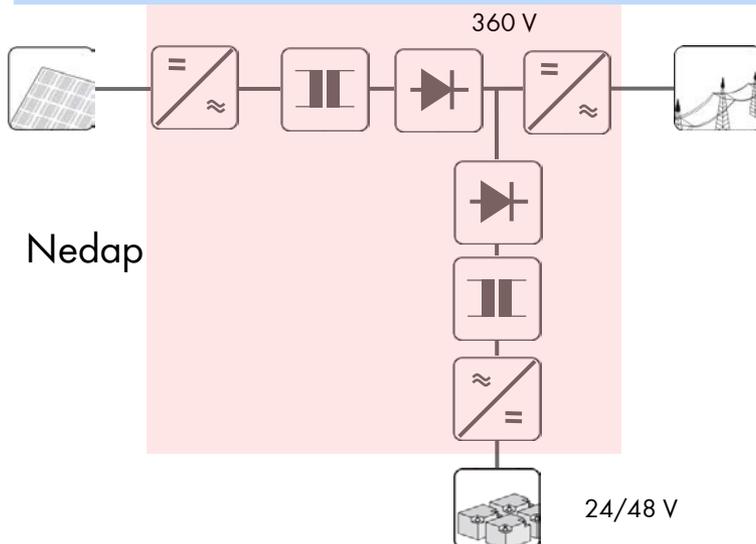
GÄNGIGE SYSTEMKONSTELLATIONEN FÜR SPEICHERSYSTEME



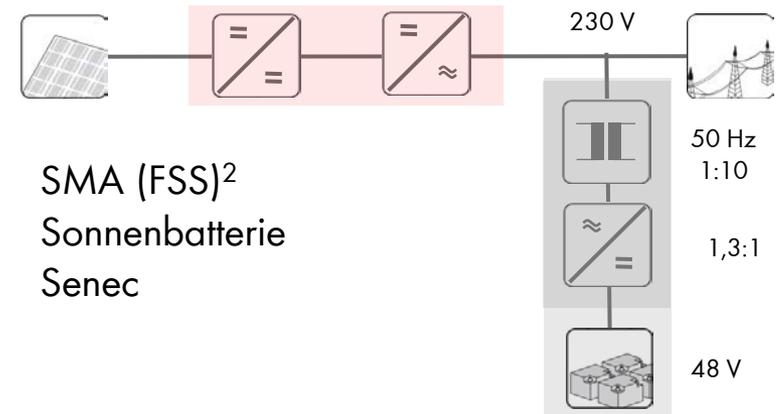
3 Wandlungsstufen



7 Wandlungsstufen!!



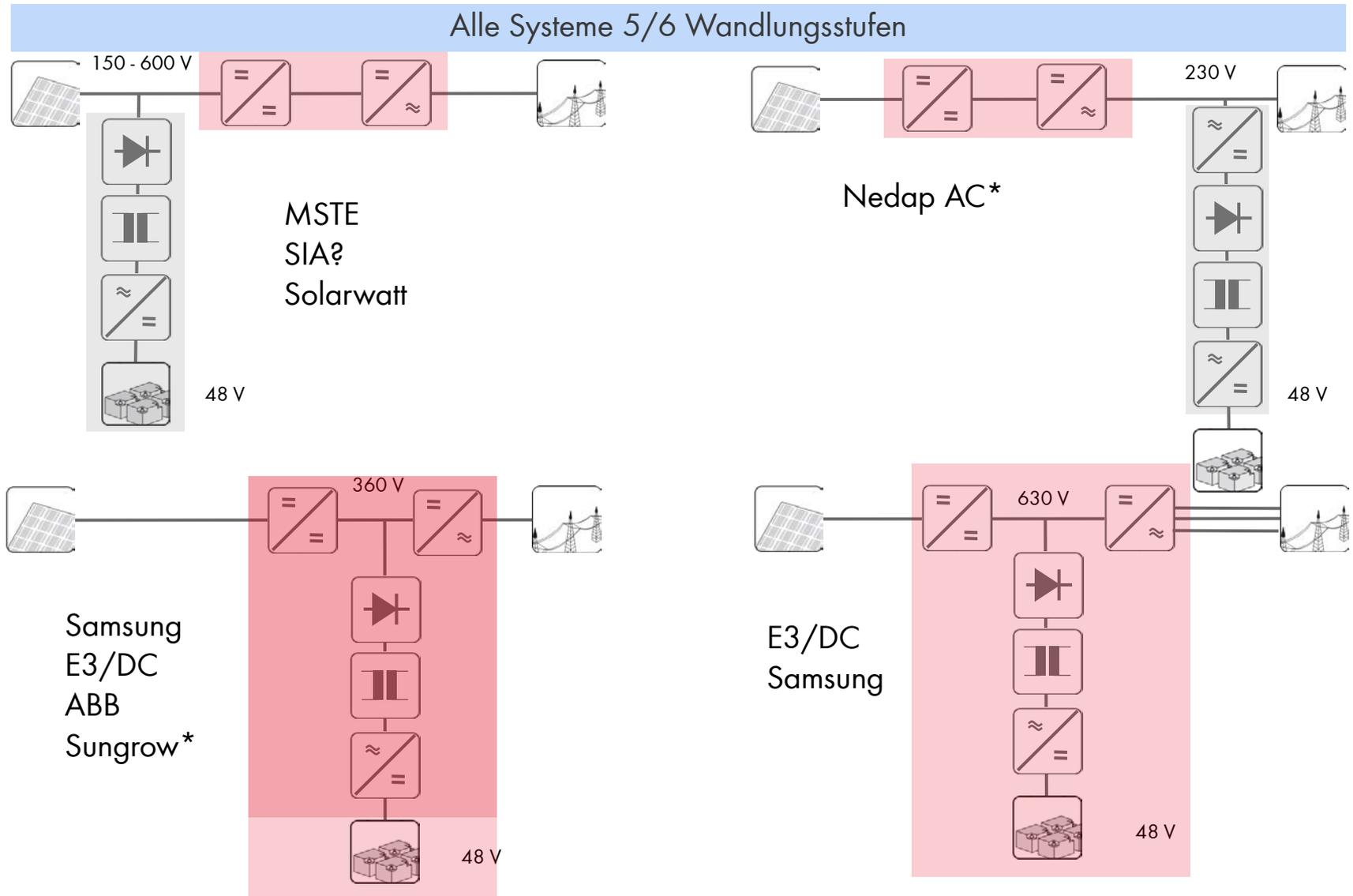
4 Wandlungsstufen



¹ Tesla mit Solaredge

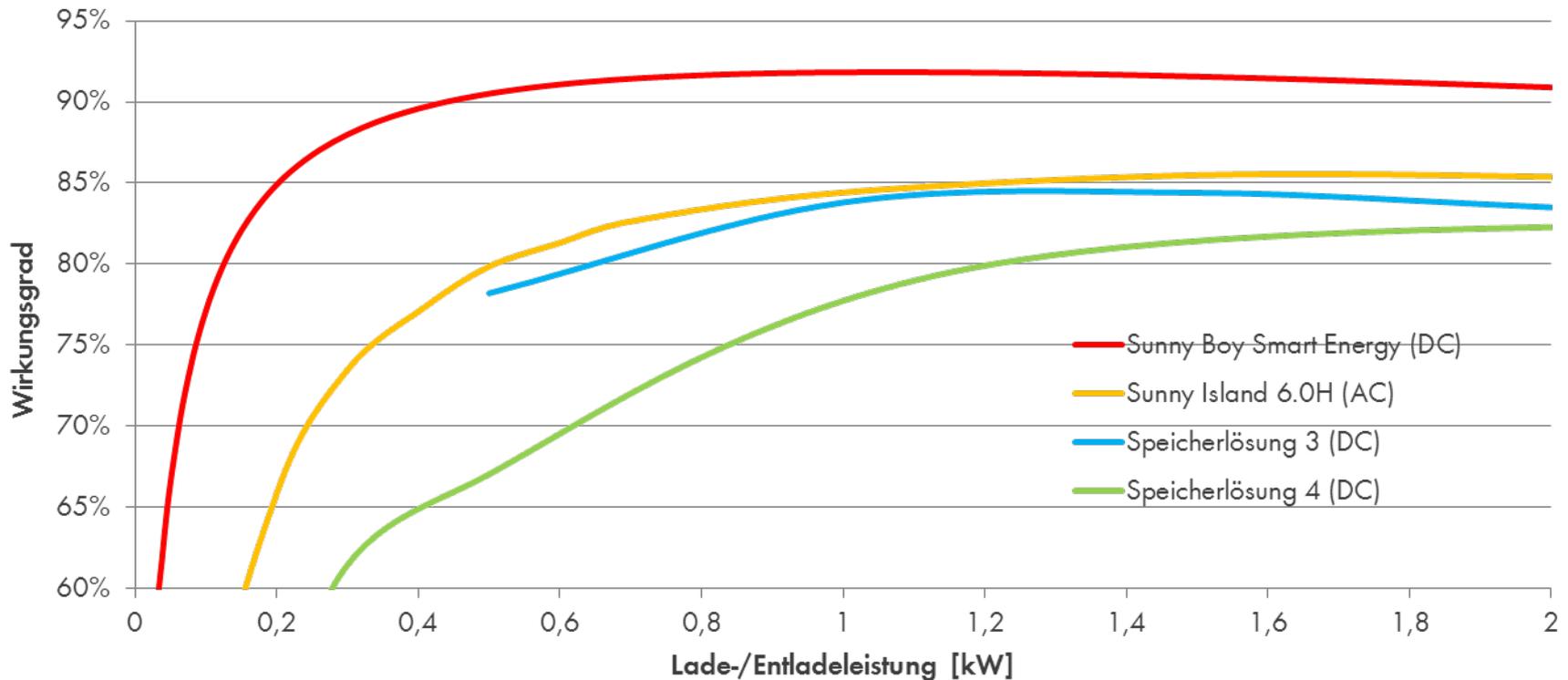
² SMA (FSS) ohne integrierte Batterie

GÄNGIGE SYSTEMKONSTELLATIONEN FÜR SPEICHERSYSTEME



*Sungrow und Nedap ohne integrierte Batterie

VERSCHIEDENE SPEICHERWIRKUNGSGRAD* PV → BATTERIE → NETZ



- Mit hochintegrierten Speichern sind Wirkungsgrade größer **91 % Realität**
- mit **Sunny Island** sind Wirkungsgrade **bis 85 %** möglich
- 20 % geringerer Speicherwirkungsgrad entspricht 20 % geringerer Nutzkapazität
- **3 kWh Speicherkapazität entsprechen dann effektiv nur noch 2,4 kWh**

* SB-SE, SI, Speicherlösung 4: eigene Labormessungen; Speicherlösung 3: Handbuchangabe

VERGLEICH DER UNTERSCHIEDLICHEN SYSTEMTOPOLOGIEN



Leistungselektronik:

- 1) Hochvolt DC-Systeme haben nur 3 Wandlungsstufen und sind von der Effizienz und den Kosten vorteilhaft
- 2) AC Kopplung hat in den gängigen Systemen mit 48 V Batterien ein Wandlungsstufe mehr als DC-Hochvoltsysteme und 1 Wandlungsstufe weniger als 48 V DC-Systeme
- 3) DC-Systeme mit Niedervoltbatterien haben 5 Wandlungsstufen und in der Regel die geringste Effizienz

Batterien:

- 1) Bei Hochvolt-Batterien werden kleinere Zellen benötigt, die in der Regel teurer sind
 - 2) Bei Hochvolt-Batterien müssen mehr Zellen überwacht werden
 - 3) Für Hochvoltbatterien gibt es derzeit keine Standardspannung
-
- > Die Effizienz von Systemen ist weniger eine Frage von AC- und DC-Kopplung, sondern viel mehr von den Spannungsdifferenzen PV → Batterie → Netz
 - > Die Weiterentwicklung von kostengünstigen Hochvoltbatterien (Li-Ionen, Tesla) muss beobachtet werden

1	Marktüberblick – Speichersysteme in Zahlen
2	Übersicht über die SMA Speicherlösungen
3	Auswertungen aus dem Sunny Portal zu Autarkie, Eigenverbrauch und Batterien
4	Effizienz und Kosten von Speichersystemen in der Theorie
5	Effizienz von SMA Speichersystemen in der Praxis
6	Sonstige wichtige Einflussfaktoren auf Speichersysteme (Prognose, Regelgeschwindigkeit usw.)
7	8 Thesen für effiziente und wirtschaftliche Speichersysteme

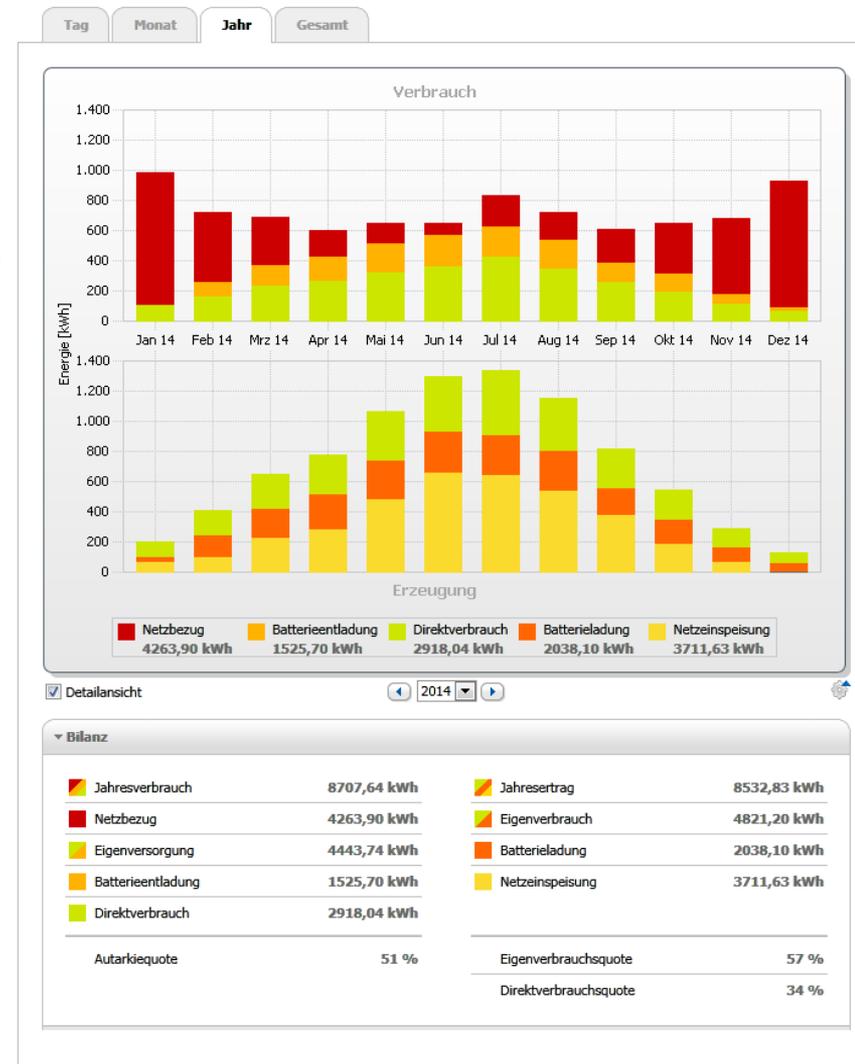
EFFIZIENZ VON SMA SPEICHERSYSTEMEN IN DER PRAXIS



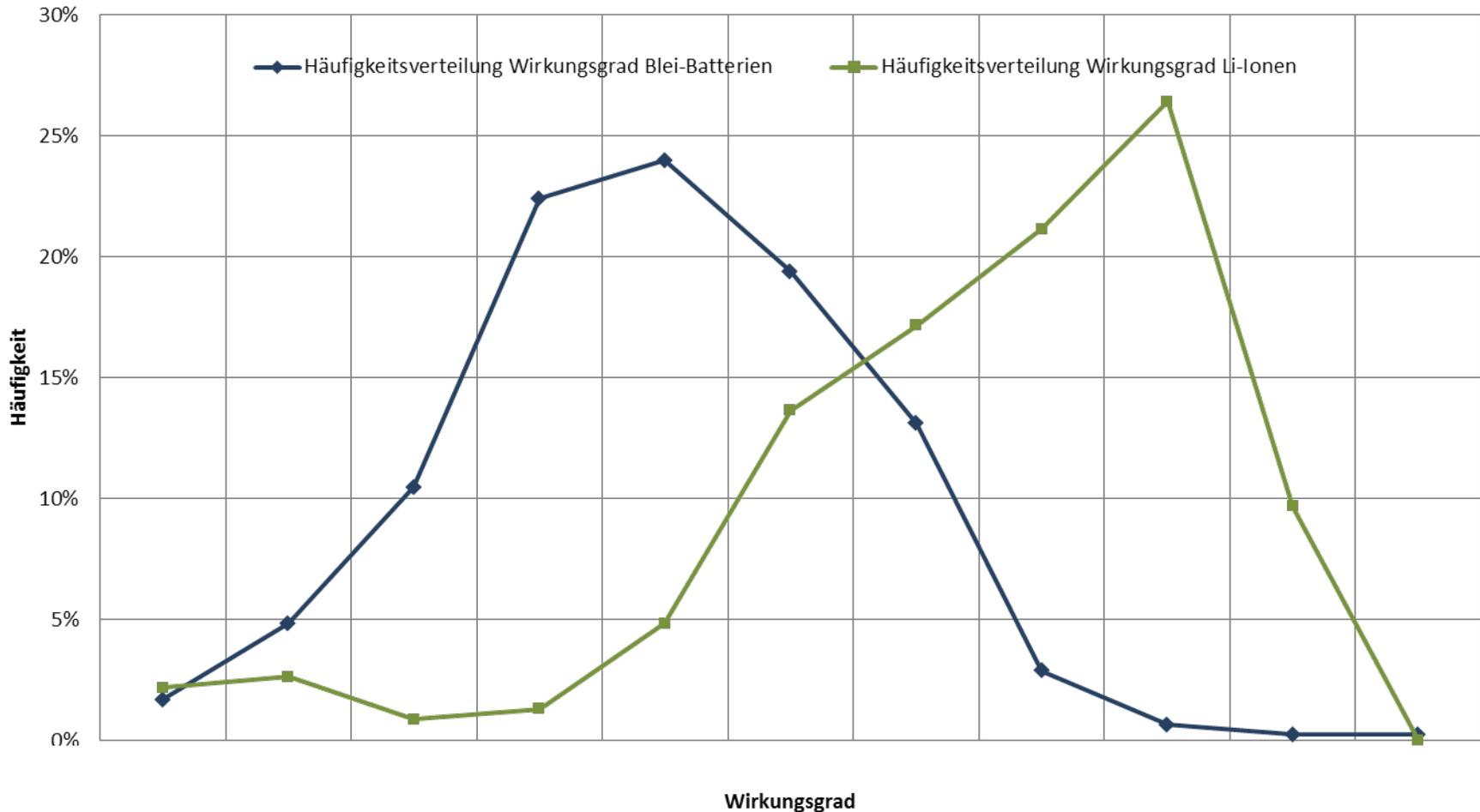
Wichtig zu beachten!!

- > Alle Wirkungsgradwerte sind für das gesamte Speichersystem (Laden, Batterien, Entladen) inkl. aller Leerlaufverluste und Standby-Verluste vom Wechselrichter und Batterie (nicht vergleichbar mit Datenblattangaben von Wettbewerbern)
- > Alle Werte sind für 1-phasige Anlagen mit Sunny Island 6.0H oder Sunny Boy Smart Energy
- > Auf den folgenden Folien ist immer der mittlere Jahreswirkungsgrade für 2014 dargestellt
- > Alle Messwerte basieren auf internen Messgrößen der SMA-Geräte mit einer Messwerttoleranz von typisch +5 % in Extremfällen auch +/- 10 %

- ▶▶ Für 2015 werden die Werte ca. 3 - 4 % besser sein, da ab Firmware 3.1 der Sunny Island bei leerer Batterie in den Standby geht!
- ▶▶ Dies Update kann auch für alle SI 6.0H aufgespielt werden
- ▶▶ Weitere Infos zu dem Thema Wirkungsgrad unter: <http://files.sma.de/dl/7910/Efficiency-FSS-TI-de-10.pdf>

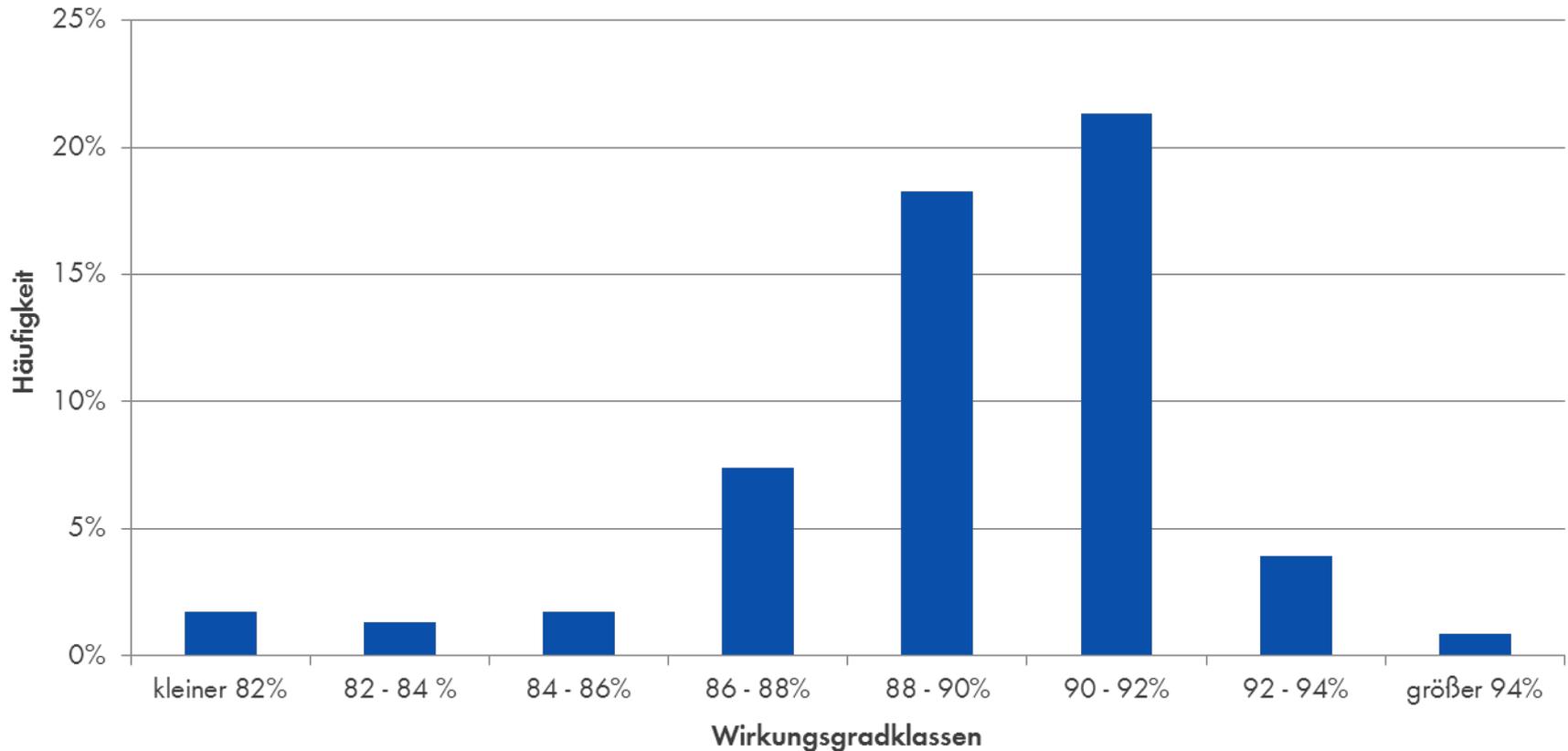


HÄUFIGKEIT BEIM WIRKUNGSGRAD IN ABHÄNGIGKEIT DER BATTERIETECHNOLOGIE



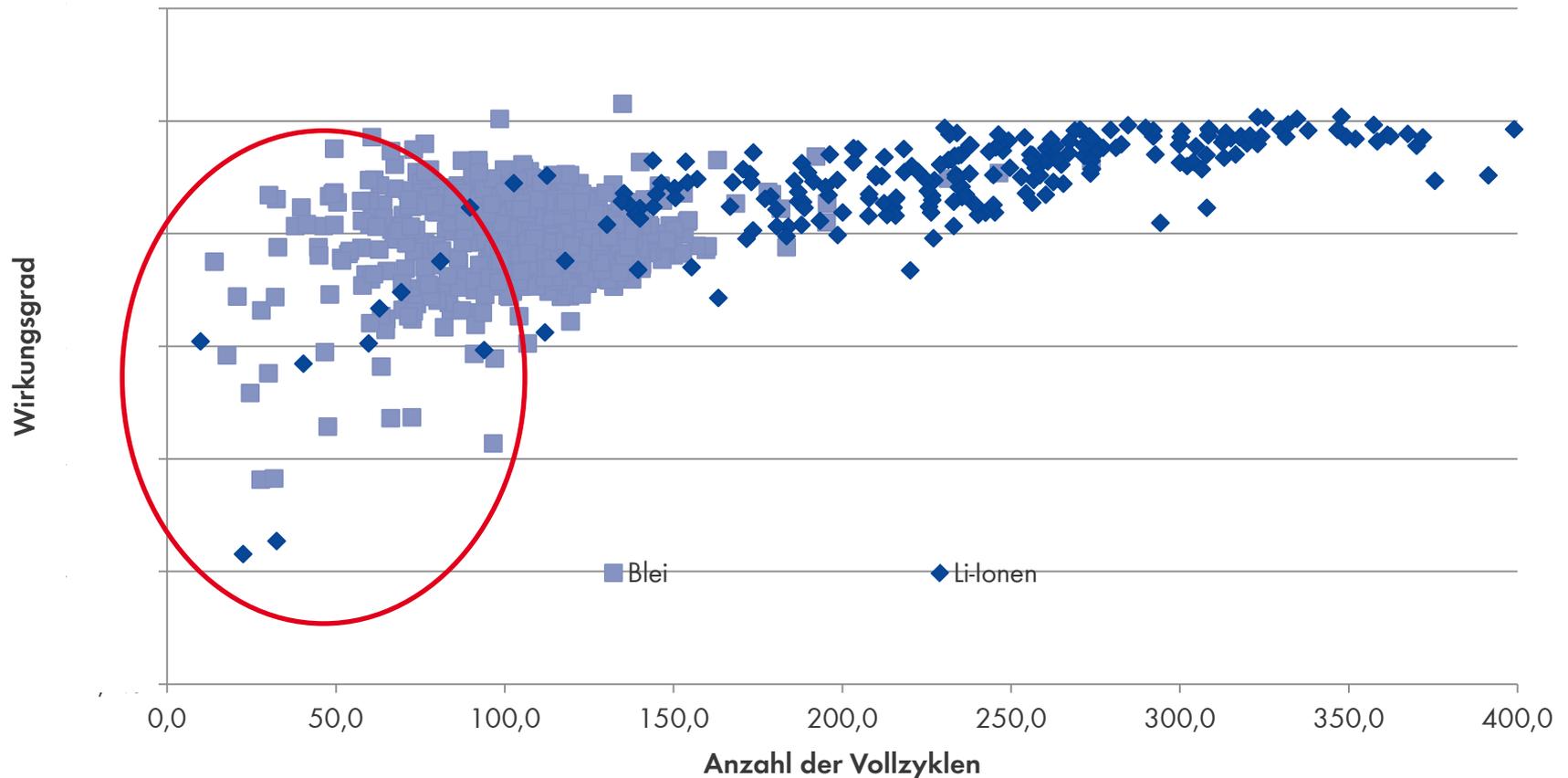
- > **Li-Ionen Batterien** sind im Mittel **5 % effizienter** aber
- > Ca. 25 % der Li-Ionen Systeme sind schlechter als gute Blei-Systeme (schlecht Auslegung?)

HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DES WIRKUNGSGRADS BEIM SUNNY BOY SMART ENERGY



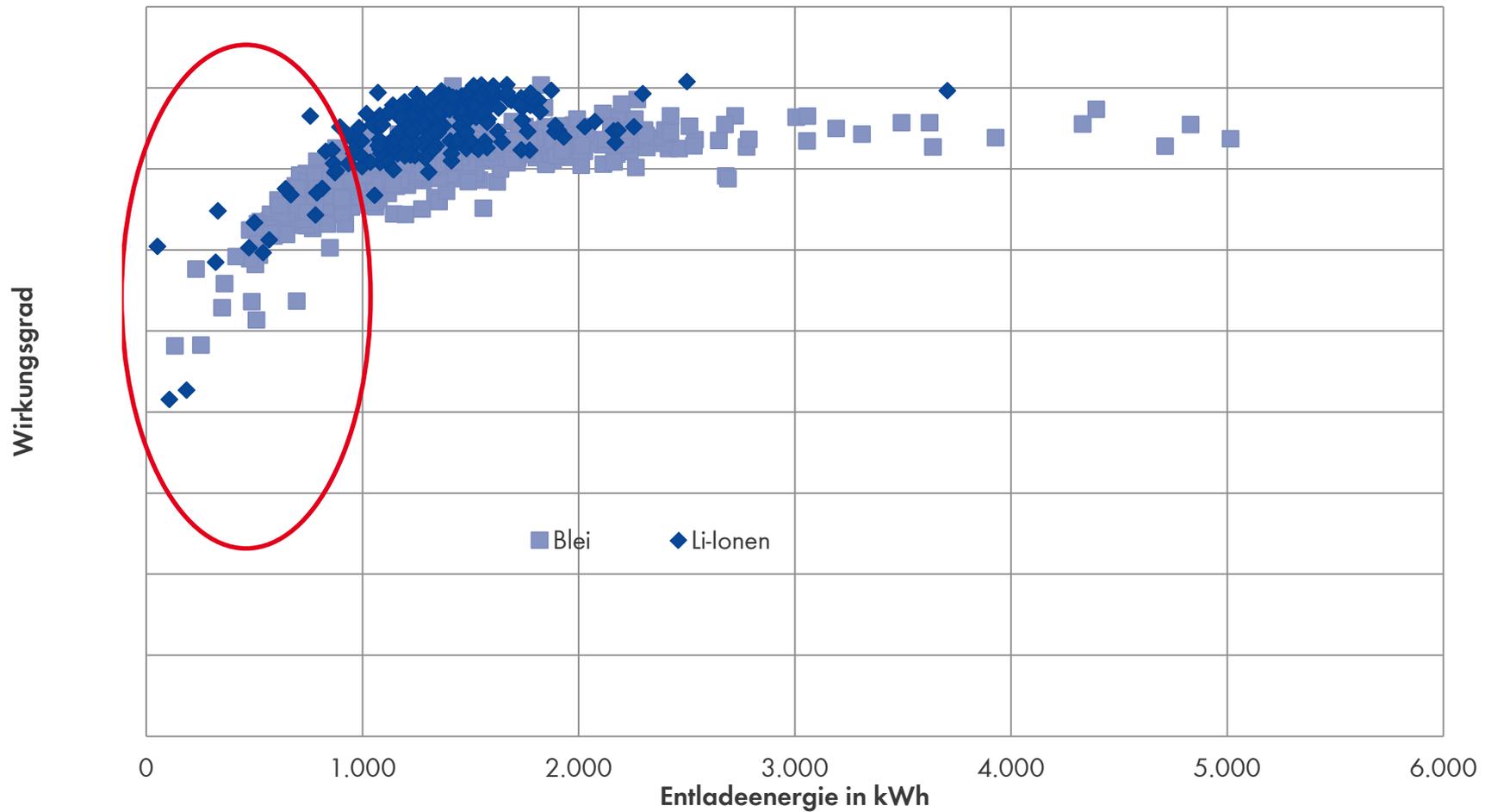
- > Durch Systemoptimierung liegt der mittlere **Wirkungsgrad** 2014 beim **Sunny Boy Smart Energy ca. 10% höher** als beim Sunny Island
- > Durch **Systemoptimierungen bei Li-Ionen** Batterien **und am Sunny Island** werden dort mit neuen Systemen **bis 85 % möglich** sein

ABHÄNGIGKEIT DES WIRKUNGSGRADES VON VOLLZYKLEN



- > Li-Ionen Batterien mit weniger als 100 Zyklen sind nicht effizient (hoher Verbrauch des BMS)
- > Bei hohen Vollzyklen steigt die Effizienz bei Li-Ionen Batterien

WIRKUNGSGRAD IN ABHÄNGIGKEIT DER BATTERIENUTZUNG



> In Systemen mit weniger als 1000 kWh pro Jahr liegt der Wirkungsgrad fast immer unter 70 %

1	Marktüberblick – Speichersysteme in Zahlen
2	Übersicht über die SMA Speicherlösungen
3	Auswertungen aus dem Sunny Portal zu Autarkie, Eigenverbrauch und Batterien
4	Effizienz und Kosten von Speichersystemen in der Theorie
5	Effizienz von Speichersystemen in der Praxis
6	Sonstige wichtige Einflussfaktoren auf Speichersysteme (Prognose, Regelgeschwindigkeit usw.)
7	8 Thesen für effiziente und wirtschaftliche Speichersysteme

AUFTEILUNG DER ZÄHLERTYPEN ÜBER DIE JAHRE



SMA Energy Meter:

Erfassung: 1 s

90 % Ausregelung nach Lastsprung: **5 s**

D0 Zähler:

Erfassung: 2-4 Sekunden

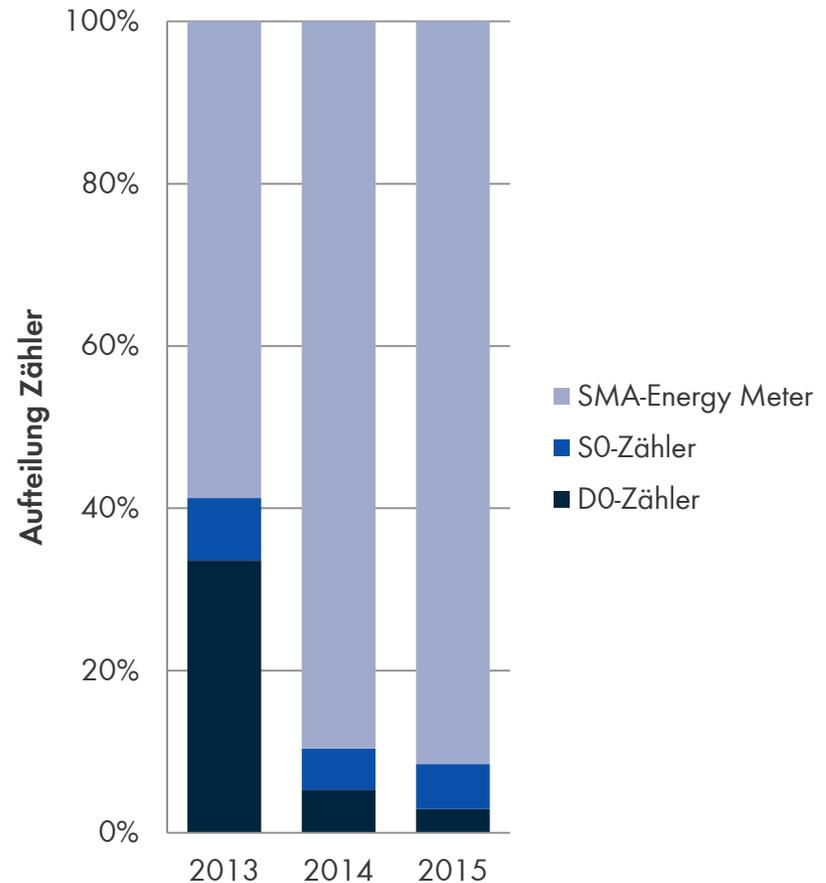
90 % Ausregelung nach Lastsprung: **20 s**

S0 Zähler

Erfassung: 5000 Pulse pro 1 kWh

90 % Ausregelung nach Lastsprung: **20 – 30 s**

Instabiler Betrieb ist möglich



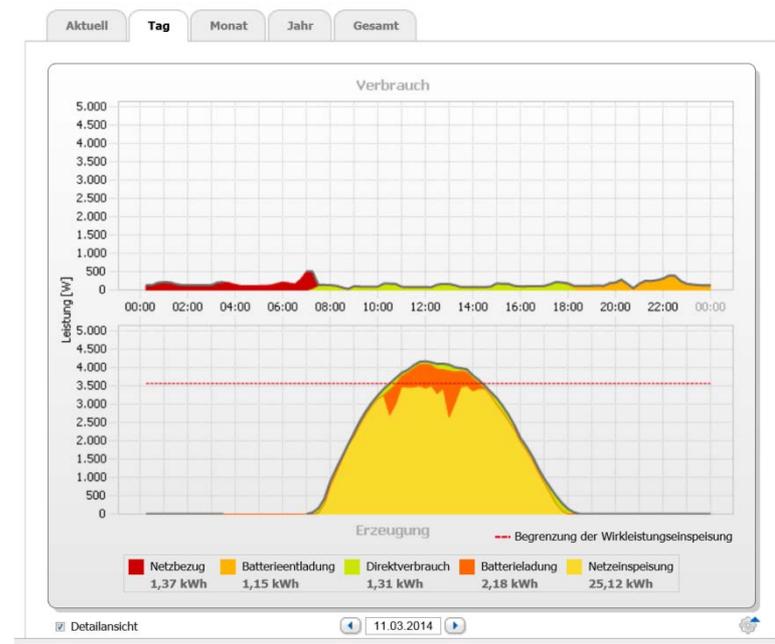
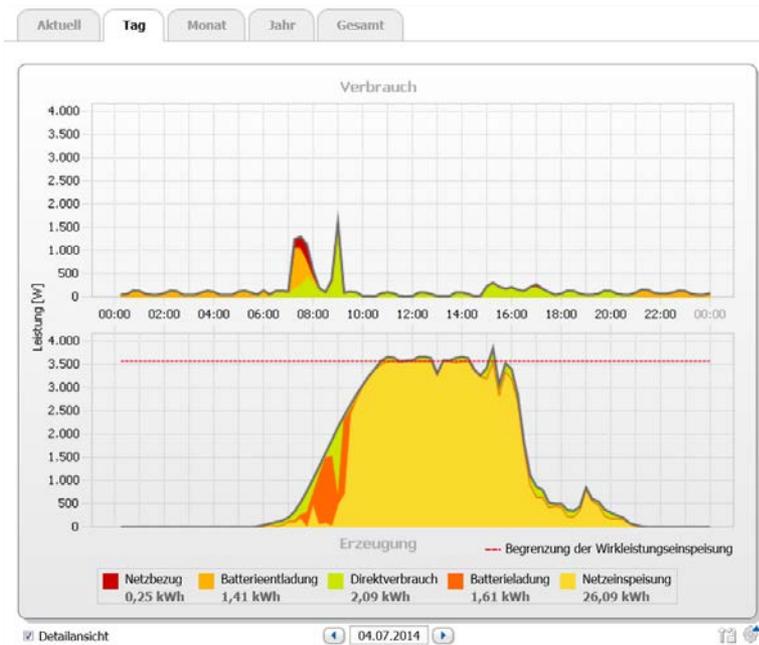
- > In 2015 werden immer noch 10 % der Anlagen nicht mit dem SMA Energy Meter gebaut
- > D0-Zähler erhöhen Verlust um bis zu 30 kWh und die unnötige Netzaustauschleistung von bis zu 100 kWh
- > S0-Zähler sind nicht geeignet

PROGNOSEBASIERTES LADEN



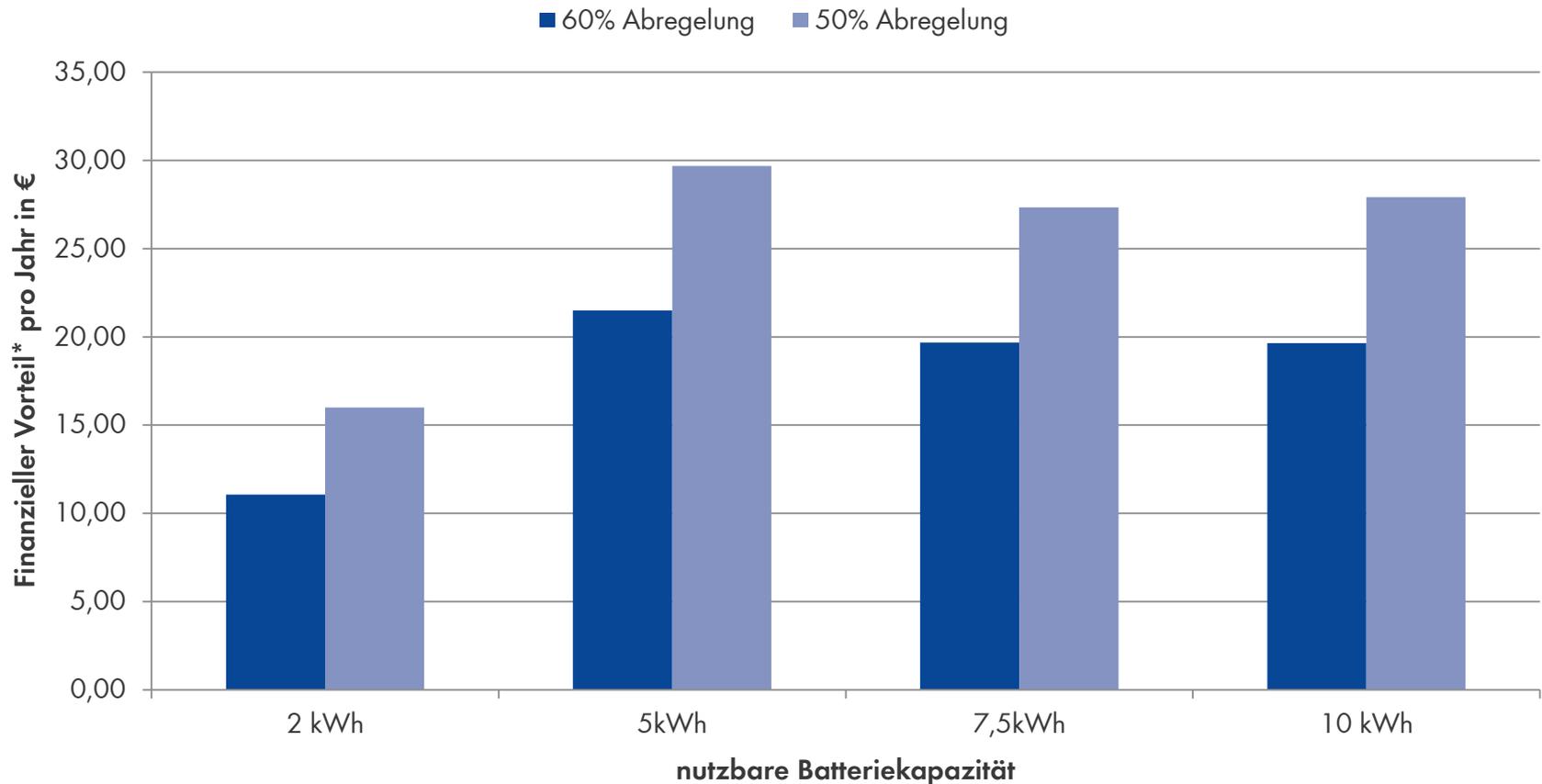
- Sofortiges Laden der Batterie mit PV-Überschüssen

- Batterieladung wird durch Prognose gezielt auf die einstrahlungsstarke Zeit verschoben



> Prognostizierte Abregelenergie **wird** durch entsprechende Einplanung der Batterie **genutzt**

SIMULATIONSERGEBNISSE: VORTEILE DURCH PROGNOSEBASIERTES LADEN



Die Werte gelten in Mitteldeutschland für eine 7,5 kWp PV-Anlage

- > Bei 60 % Abregelung (KfW-Förderung) 18 - 27 € pro Jahr Vorteil durch höhere Einspeisung
- > Bei 50 % Abregelung (Bayrische-Förderung) 25 - 38 € pro Jahr Vorteil durch höhere Einspeisung

1	Marktüberblick – Speichersysteme in Zahlen
2	Übersicht über die SMA Speicherlösungen
3	Auswertungen aus dem Sunny Portal zu Autarkie, Eigenverbrauch und Batterien
4	Effizienz und Kosten von Speichersystemen in der Theorie
5	Effizienz von Speichersystemen in der Praxis
6	Sonstige wichtige Einflussfaktoren auf Speichersysteme (Prognose, Regelgeschwindigkeit usw.)
7	8 Thesen für effiziente und wirtschaftliche Speichersysteme

8 THESEN FÜR EIN BESSERES SPEICHERSYSTEM



- 1) Nutzen Sie den **SMA EnergyMeter** und **nicht S0- oder D0-Zähler**
 - > Dies spart übers Jahr 30 kWh Verluste und über 80 kWh im Jahr unnötiger Netzaustauschleistung (**20 €/Jahr**)
- 2) Nutzen Sie die **automatische Firmwareaktualisierung**
 - > Durch Standby Optimierungen können sie bis zu 100 kWh Verluste (**28 €**) im Jahr einsparen
- 3) Nutzen Sie das **prognosebasierte Laden**
 - > Bei 60 % Begrenzung können sie hier **18 bis 27 € pro Jahr** durch erhöhte Einspeisung erzielen
- 4) Bei Verbräuchen **kleiner 3500 kWh** nutzen Sie den **Sunny Boy Smart Energy**
- 5) Eine **richtige Auslegung** ist für Sunny Island Systeme **notwendig**.
 - > Wechselrichter eher klein, Bleibatterien eher groß und und Li-Ionen Batterien eher knapp auslegen
 - > Genaue Auslegung ist mit Sunny Design einfach möglich
 - > Alternativ Sunny Boy Smart Energy nutzen
- 6) **Überdimensionierte Batterien** verlängern **nicht die Lebensdauer** der Batterie
 - > Die kalendarische Lebensdauer begrenzt bei Bleibatterien auf 8 -12 Jahre.
 - > Bei Li-Ionen Batterien auf 10 bis 15 Jahre und nur bei extrem hochwertigen Li-Ionen Batterien auf 15 bis 20 Jahre
- 7) **Viele DC gekoppelt Systeme** sind **weniger Effizient als AC gekoppelte** Systeme
 - > Bei 24 V oder 48 V Batterien ist die AC-Kopplung effizienter als DC-Kopplung
- 8) Der **Sunny Boy Smart Energy** ist das mit Abstand **effizienteste System** auf dem Markt und erreicht mit 2 kWh in etwas das gleiche wie Wettbewerbssysteme mit 3 kWh



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl. Ing. (FH) Michael Ebel

Technical Sales Manager

Business Unit Off-Grid & Storage

Michael.Ebel@SMA.de