

Wirtschaftlichkeit von PV Hybridsystemen



Georg Dielmann – Produktmanagement Off-Grid Solutions



Disclaimer

Diese Präsentation kann zukunftsgerichtete Aussagen enthalten. Zukunftsgerichtete Aussagen sind Aussagen, die nicht Tatsachen der Vergangenheit beschreiben. Sie umfassen auch Aussagen über unsere Annahmen und Erwartungen. Diese Aussagen beruhen auf Planungen, Schätzungen und Prognosen, die dem Vorstand der SMA Solar Technology AG (SMA oder Gesellschaft) derzeit zur Verfügung stehen. Zukunftsgerichtete Aussagen gelten deshalb nur an dem Tag, an dem sie gemacht werden. Zukunftsgerichtete Aussagen enthalten naturgemäß Risiken und Unsicherheitsfaktoren. Verschiedene bekannte wie auch unbekannte Risiken, Ungewissheiten und andere Faktoren können dazu führen, dass die tatsächlichen Ergebnisse, die Finanzlage, die Entwicklung oder die Performance der Gesellschaft wesentlich von den hier gegebenen Einschätzungen abweichen. Diese Faktoren schließen diejenigen ein, die SMA in veröffentlichten Berichten beschrieben hat. Diese Berichte stehen auf der SMA Webseite www.SMA.de zur Verfügung. Die Gesellschaft übernimmt keinerlei Verpflichtung, solche zukunftsgerichteten Aussagen fortzuschreiben und an zukünftige Ereignisse oder Entwicklungen anzupassen. Diese Präsentation dient lediglich zur Information und ist keine Aufforderung zum Kauf, Halten oder Verkauf von Wertpapieren.

Gliederung

1

Einleitung zu SMA

2

SMA Hybrid-Systeme

3

Kostenanalyse

4

Optimierung eines Systems

5

Vergleich mit Dieselsystemen

6

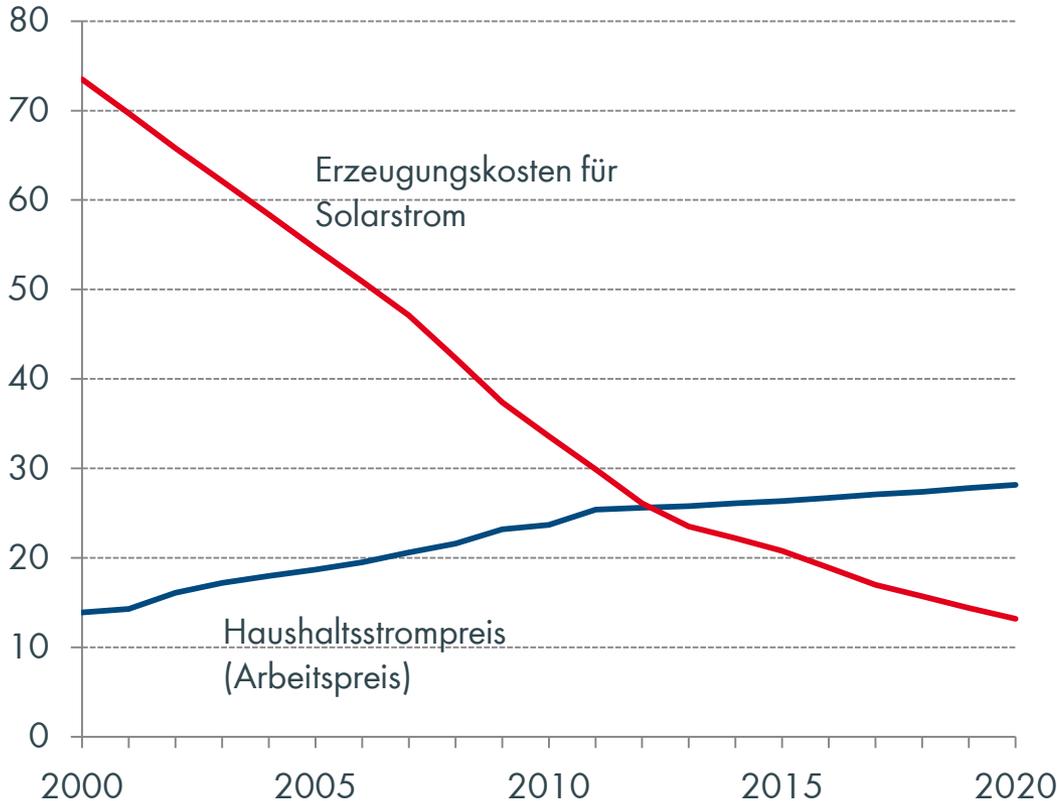
Zusammenfassung

Unsere Vision

Die Menschheit wird weltweit zunehmend durch erneuerbare Energien versorgt. Dezentral erzeugte elektrische Energie aus Photovoltaiksystemen wird dabei einen wesentlichen Anteil übernehmen.

Solarstrom wird kontinuierlich preisgünstiger

Strompreis in Cent je Kilowattstunde



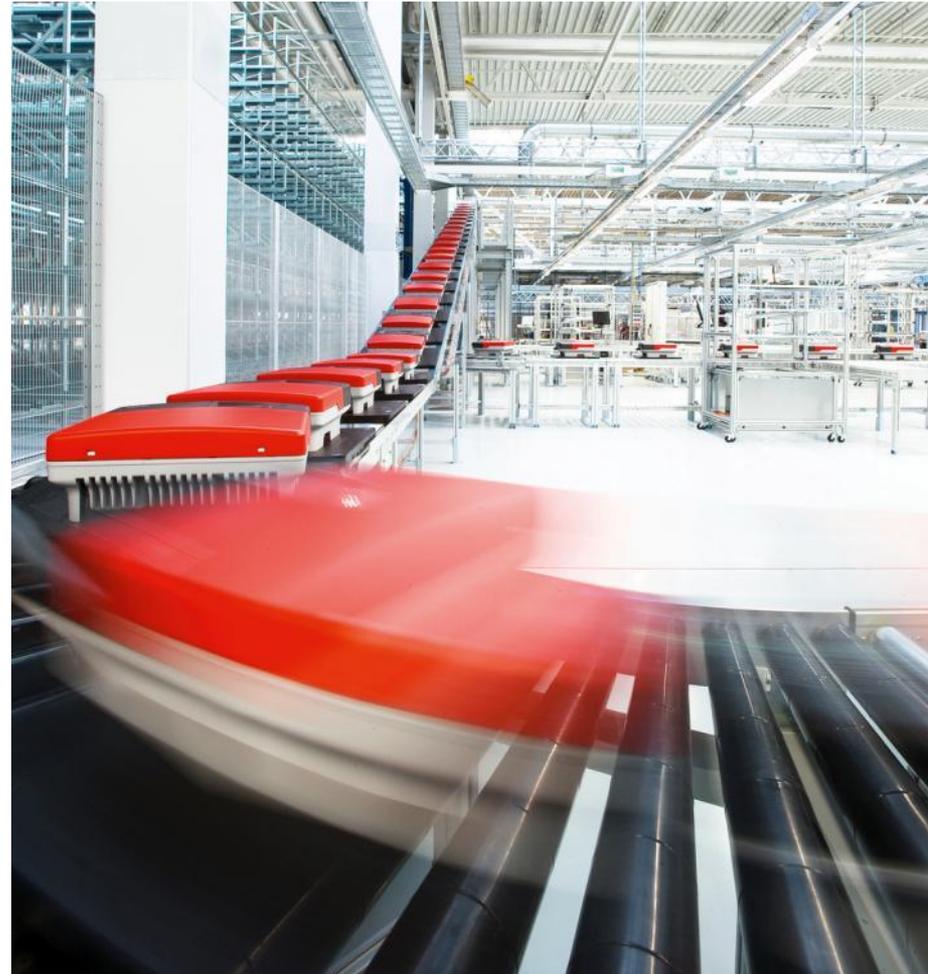
- > Allein in den vergangenen zehn Jahren sind die Erzeugungskosten für Solarstrom um über 60 Prozent gesunken.
- > Solarstrom ist bereits günstiger als Haushaltsstrom.
- > Eine langfristig günstige Energieversorgung erfordert kurzfristig eine weitere Förderung, um Anreize für zusätzliche Investitionen in die Systemtechnik und Speichertechnologie zu geben.

▶▶ **Strom vom Dach ist heute bereits günstiger als Strom aus der Steckdose.**

Das Unternehmen

SMA ist weltweiter Markt- und Technologieführer von **Photovoltaik Wechselrichtern**:

- > Umfassende Produktpalette
- > Globale Präsenz
- > Divisionale Struktur
- > Exzellenter Service
- > Hohe Innovationskraft
- > Besondere Unternehmenskultur



SMA bedient weltweit alle Marktsegmente

Alle Photovoltaikanwendungen



On-Grid



Off-Grid



Backup

Alle Leistungsbereiche



Residential
< 2 kW



Residential
2 kW bis 30 kW

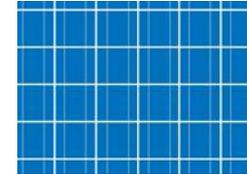


Commercial
30 kW bis 500 kW

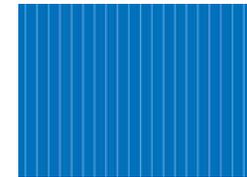


Industrial
Bis > 1 MW

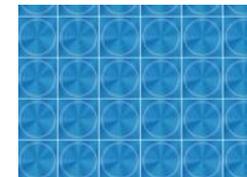
Alle Modultypen



Kristalline
Module



Dünnschicht-
Module



Konzentrator-
Module

▶▶ **Jedes Marktsegment hat andere Produktanforderungen.**

Gliederung

1

Einleitung zu SMA

2

SMA Hybrid-Systeme

3

Kostenanalyse

4

Optimierung eines Systems

5

Vergleich mit Dieselsystemen

6

Zusammenfassung

Wozu Hybrid-Systeme?

- > Elektrische Energie allein genügt nicht als einzige Voraussetzung für wirtschaftliches Wachstum, aber sie ist nahezu unabdingbar um Entwicklungsmöglichkeiten zu schaffen und zunehmender Armut entgegen zu wirken
- > Die IEA* schätzt, dass 1,5 Milliarden Menschen (22% der Weltbevölkerung) im Jahr 2008 keinen Zugang zu Elektrizität hatten
- > Ca. 2 Milliarden Menschen haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. 85% dieser Menschen leben in ländlichen Gebieten

* International Energy Agency



Quelle: Alliance for Rural Electrification

Netzferne Gebiete



Anwendungen PV Hybridsysteme



Industrial

(Mines / Factories ...)



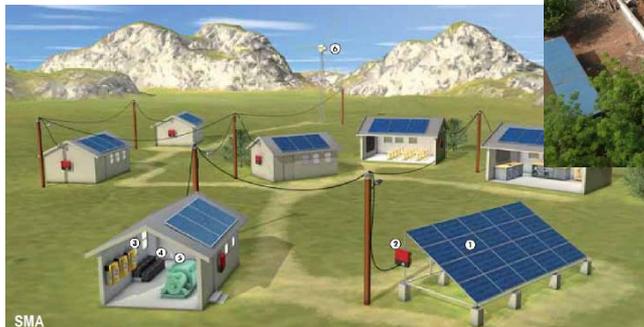
Special Applications

(Desalination / Hospitals...)



Tourism

(Hotels / Gamefarms...)



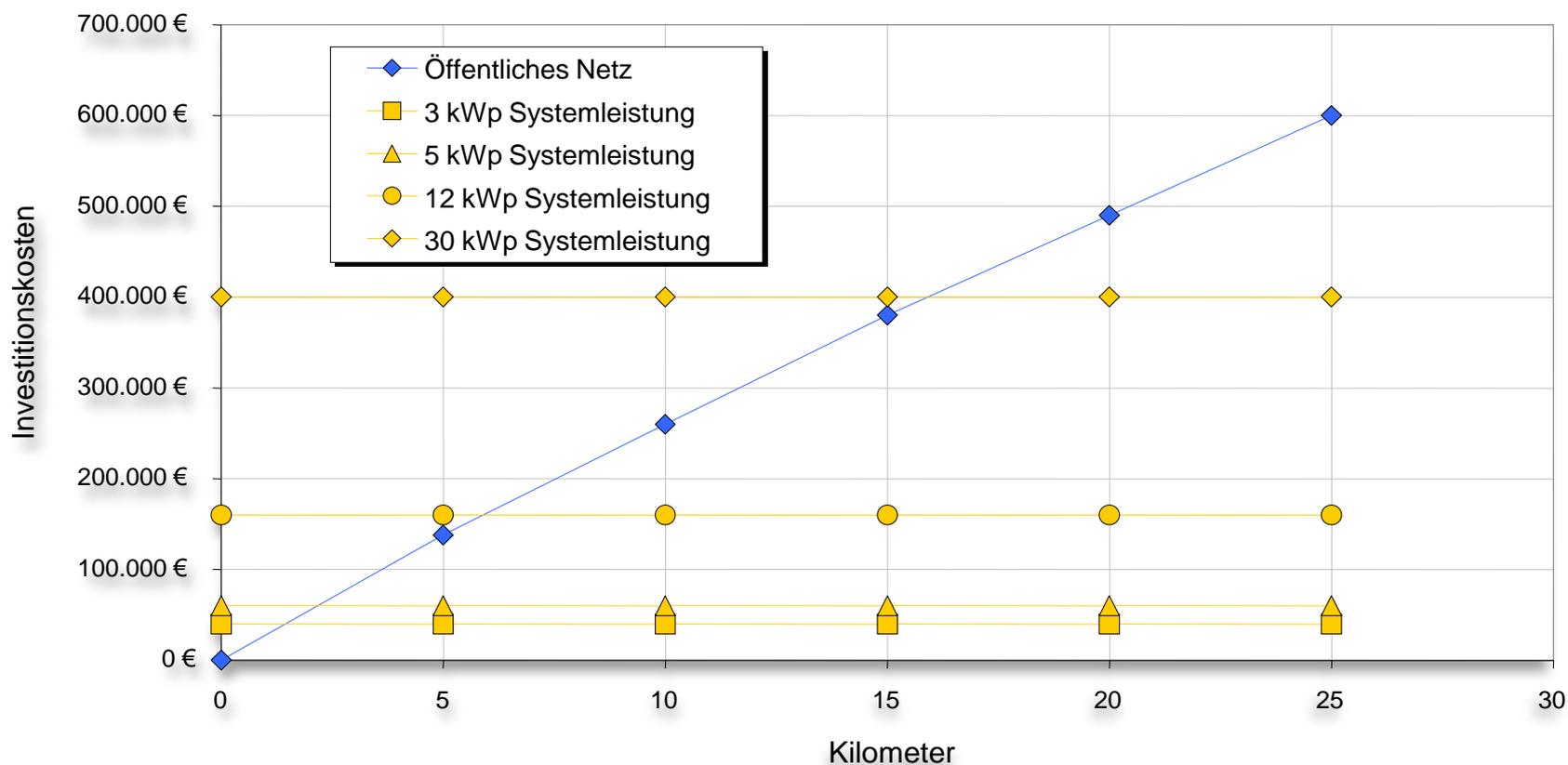
Rural Electrification

(Villages / Waterpumps.....)



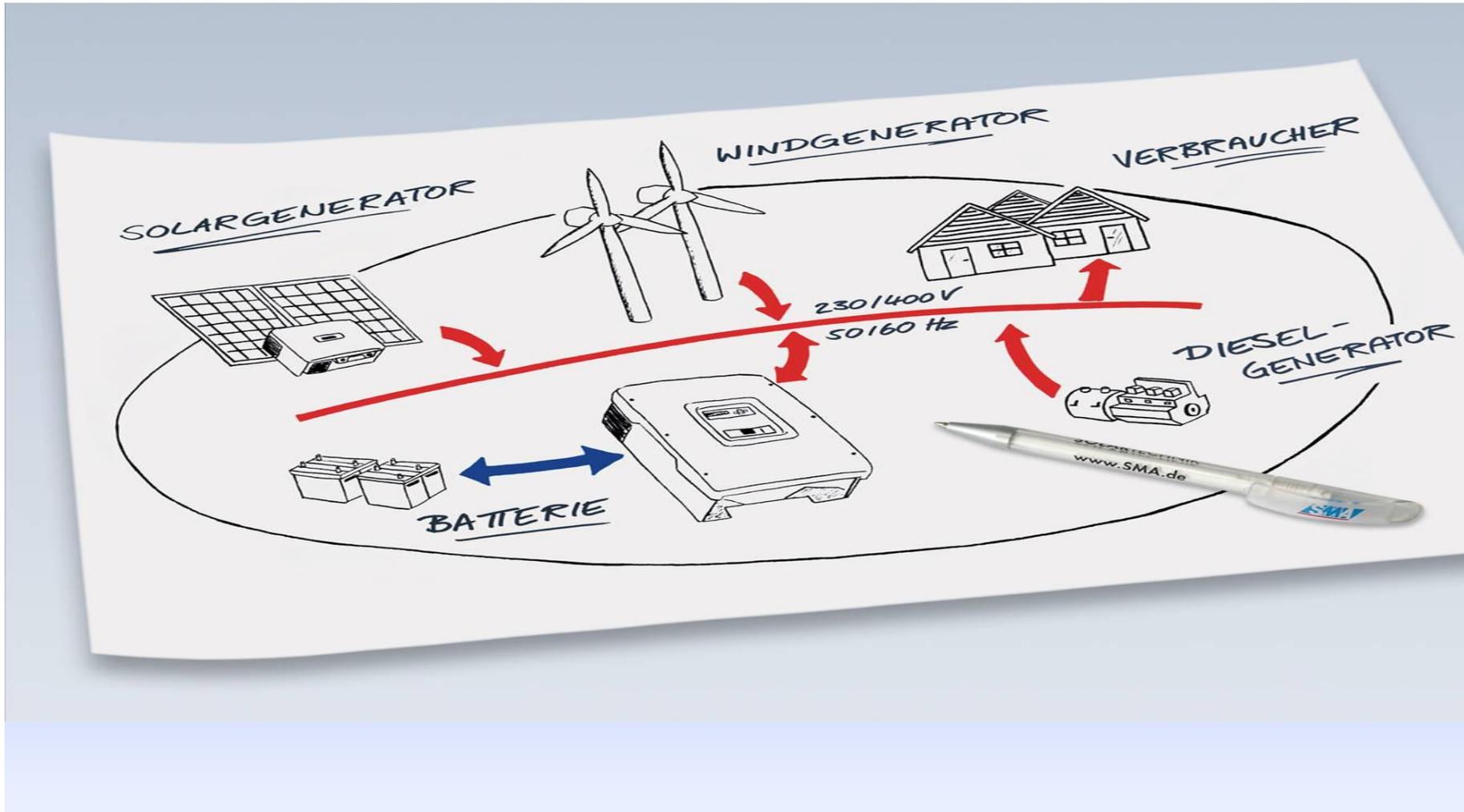
Gegenüberstellung PV-Inselsystem/öffentliches Netz

> Erschließung von abgelegenen Gebieten am öffentlichen Netz ist nicht immer wirtschaftlich



Quelle: Alliance for Rural Electrification

SMA PV Hybrid-Systeme mit Batterien



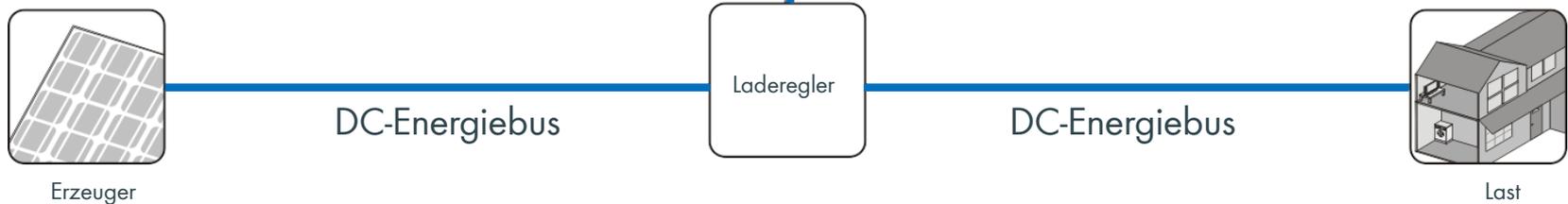
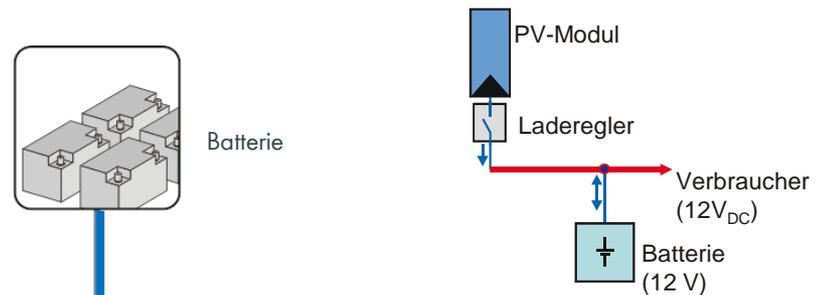
DC-Kopplung

> Verbindung von Erzeuger und Last über einen DC-Energiebus

Beispiel 1: DC-Wasserpumpe (ohne Batterie)



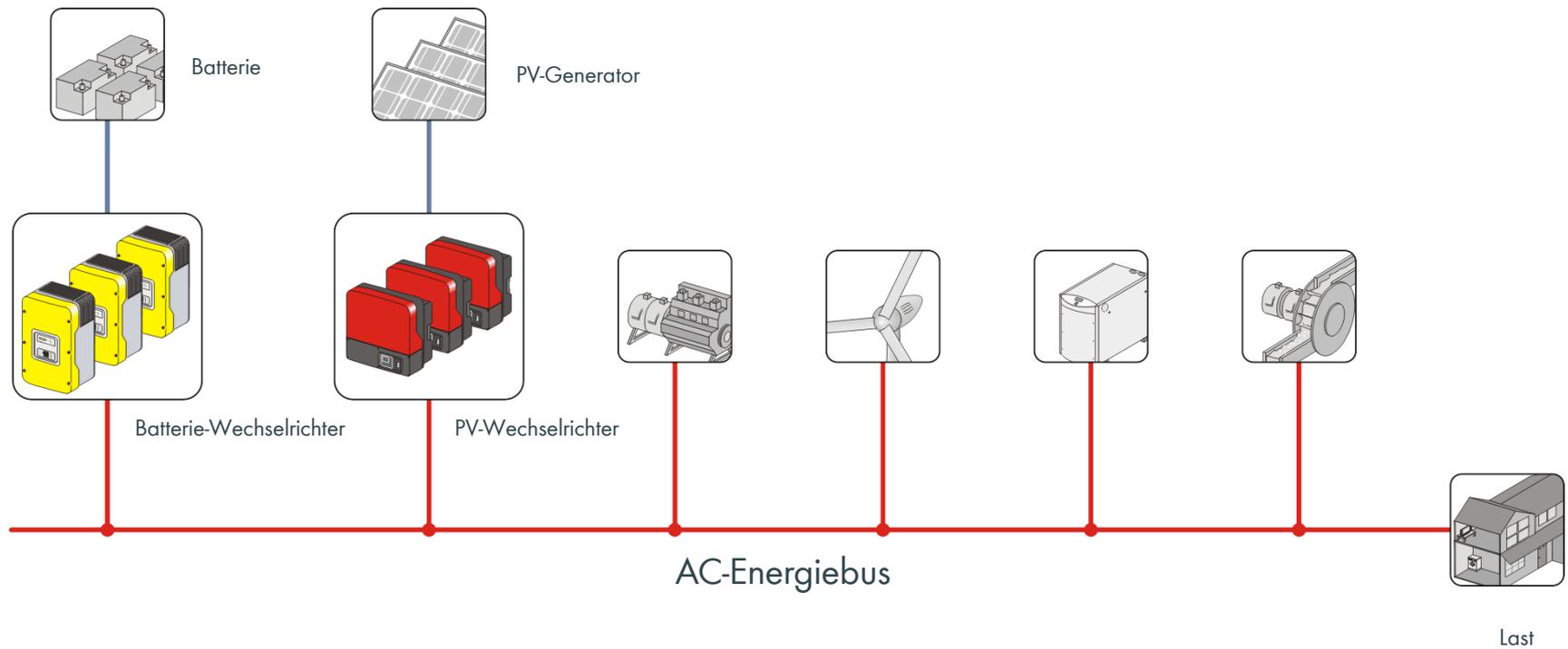
Beispiel 2: Solar Home System (mit Batterie)



AC-Kopplung

> Verbindung von Erzeuger und Last über einen AC-Energiebus

Beispiel: SMA Inselanlage (Mini-Grid)





Leistungsspektrum Sunny Island



3,6 3,8 5,0 7,0 8,4 50 100 300 kW

1min. AC-Leistung bei 25 °C

2,7 2,9 4,2 5,4 6,5 39 78 234 kW

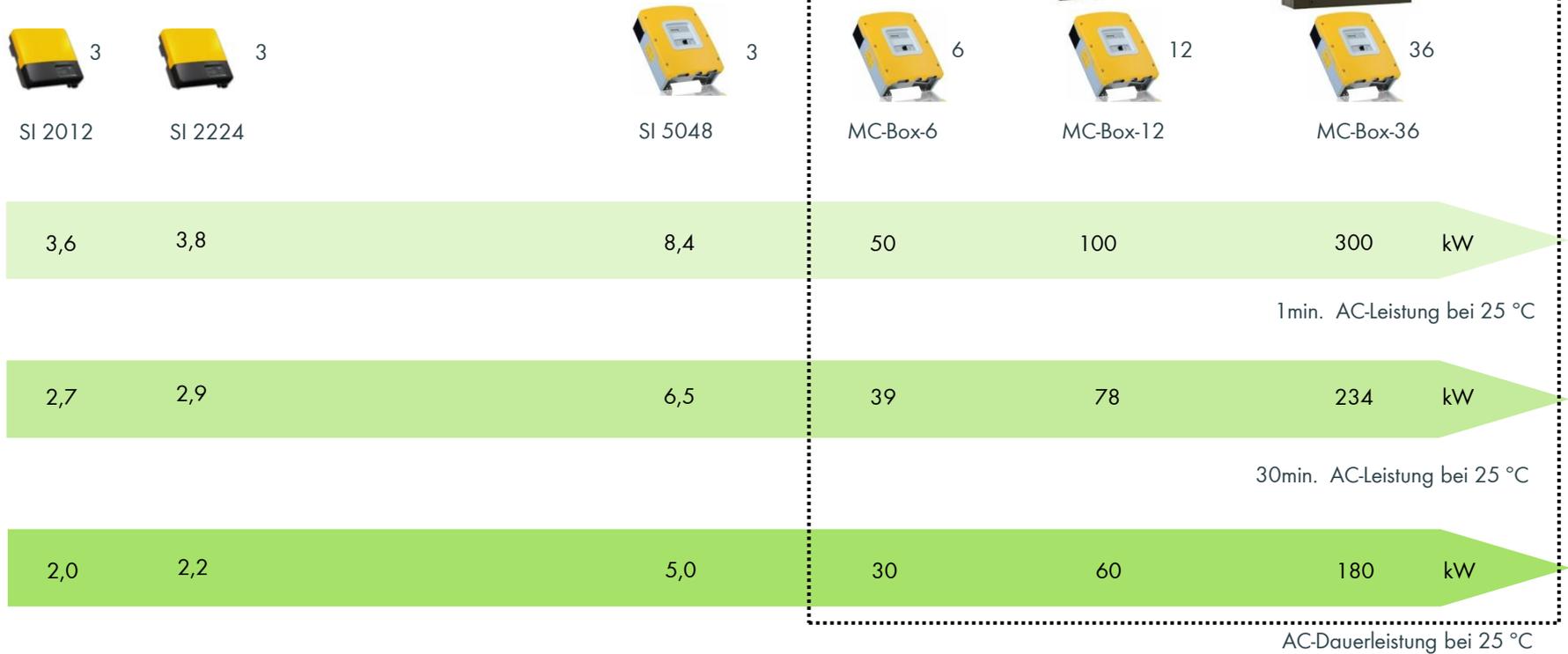
30min. AC-Leistung bei 25 °C

2,0 2,2 3,3 4,2 5,0 30 60 180 kW

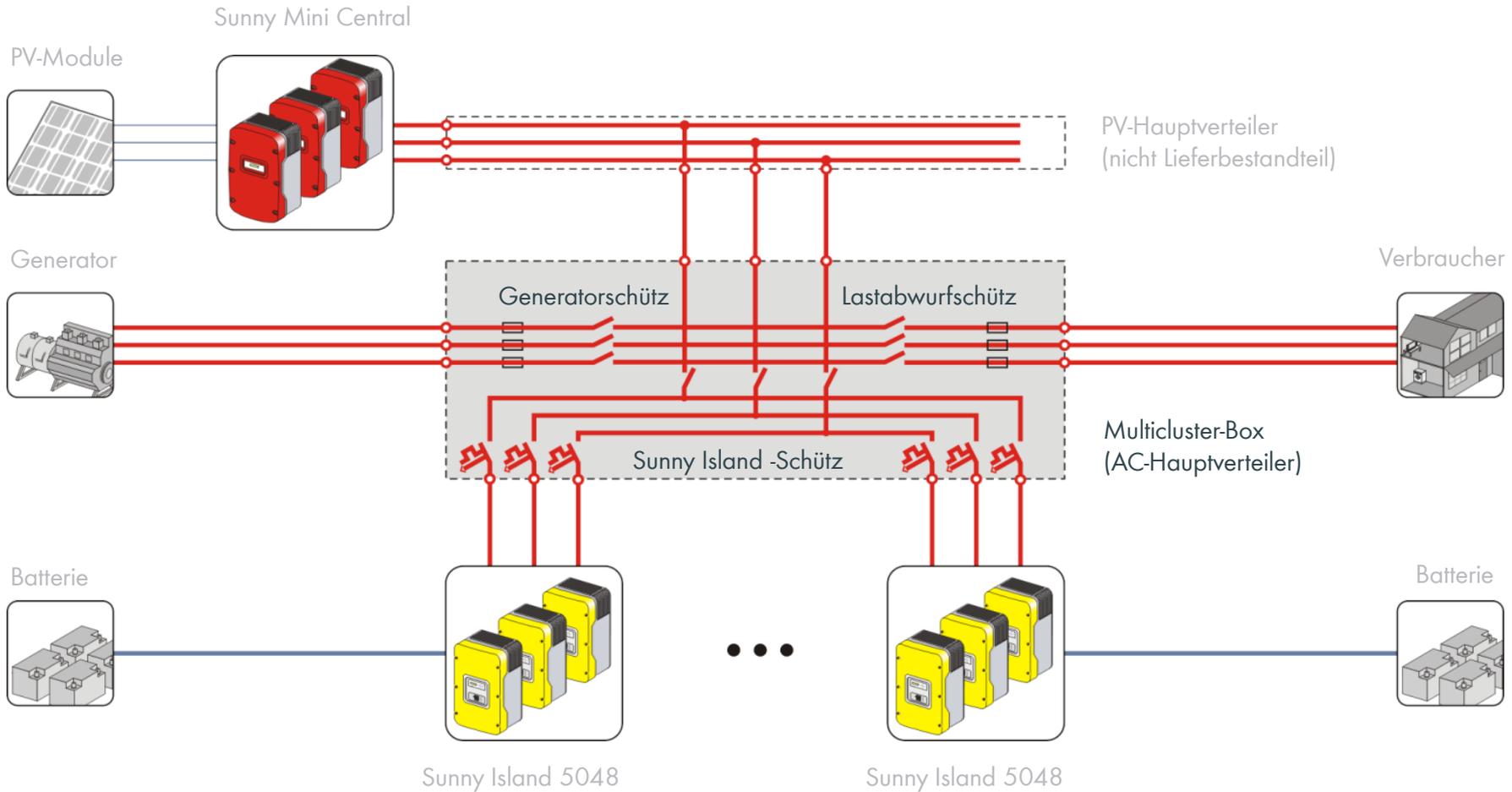
AC-Dauerleistung bei 25 °C



Dreiphasige Sunny Island Systeme

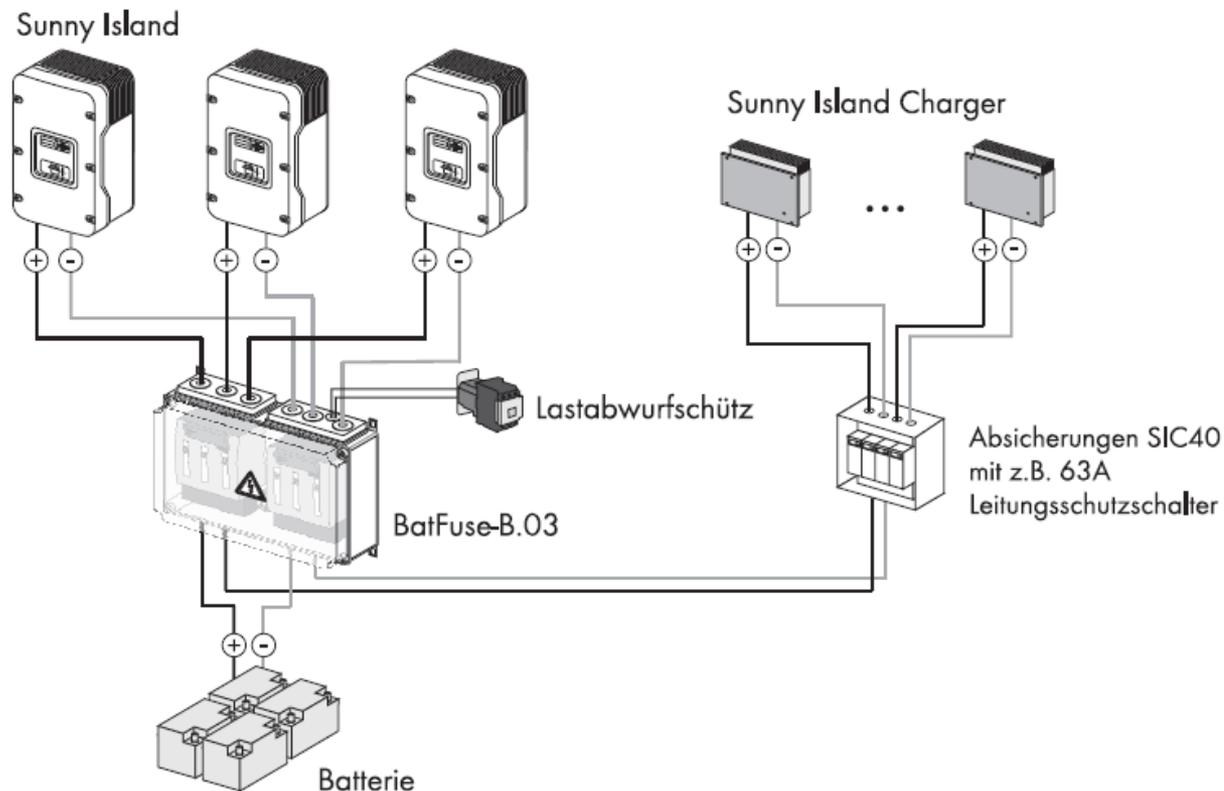


AC Verteilung mit Multicluster-Box

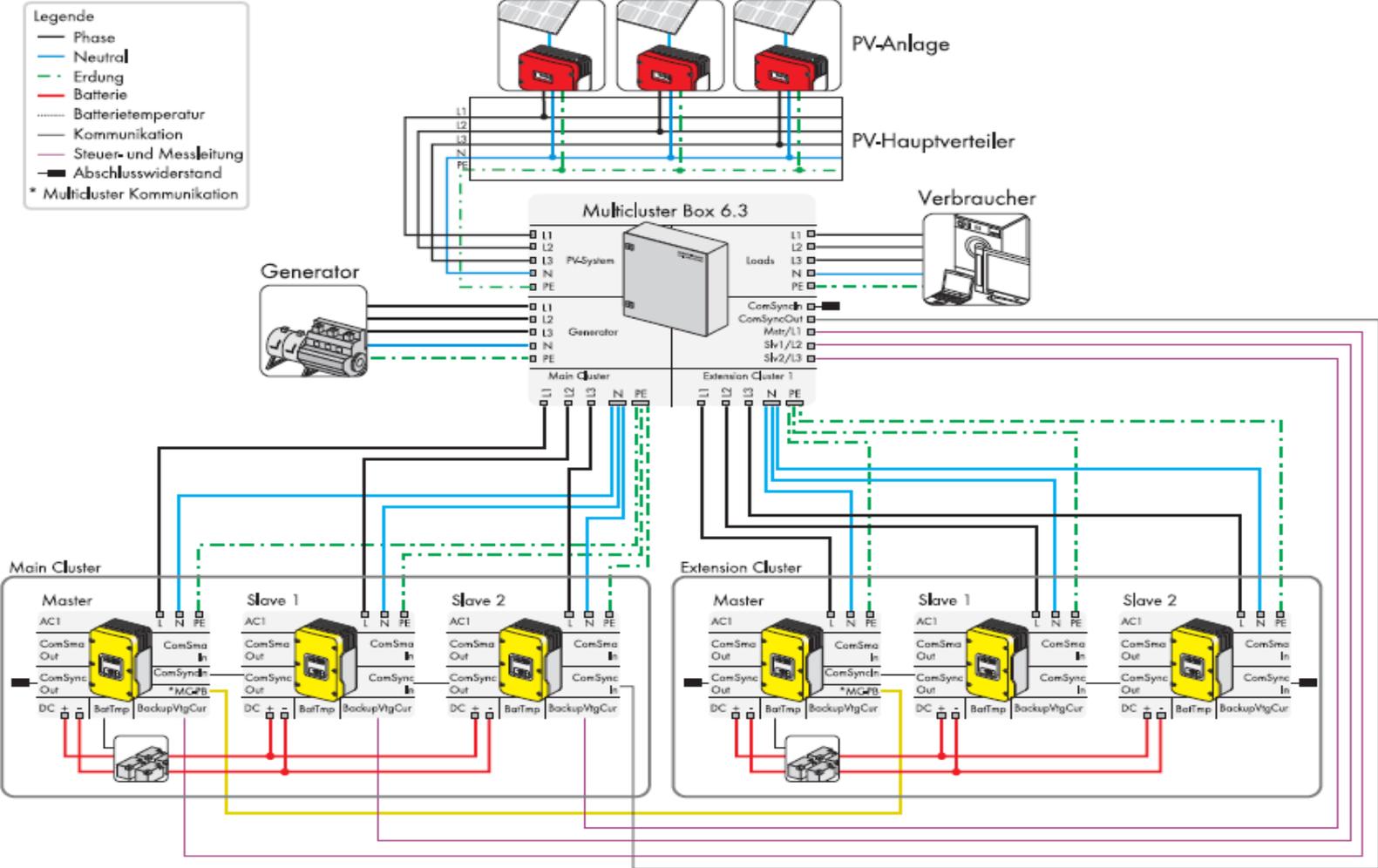


DC-Verteilung mit BatFuse

- > Die BatFuse sichert als externe DC-Sicherung die Batterieanschlussleitungen und ermöglicht das DC-Freischalten (*ohne Last*)

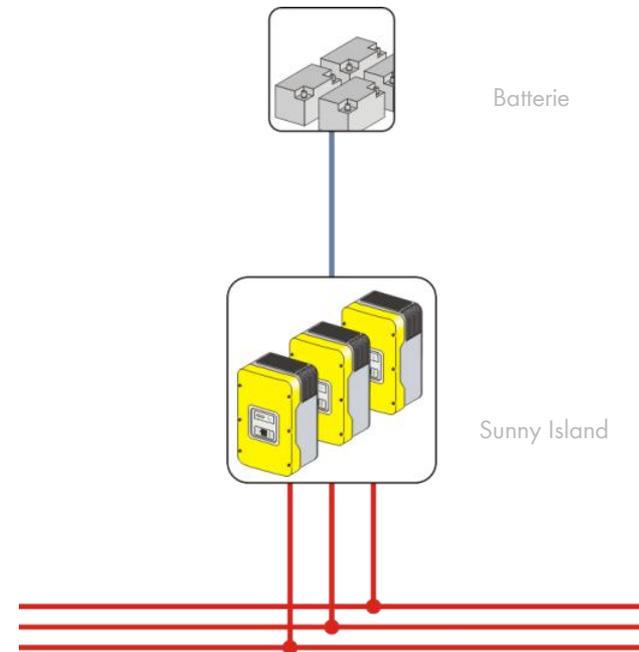


Verdrahtung Multiclusterbox



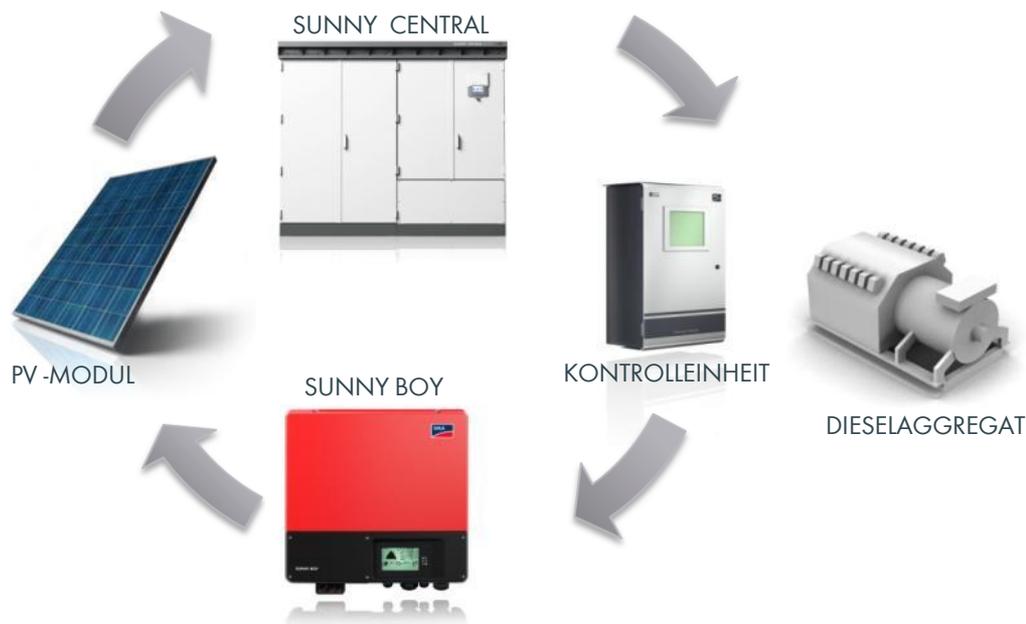
Batterie im PV Hybridsystem

- > Die Batterie soll die Ungleichzeitigkeit von Energieangebot und Energieverbrauch ausgleichen
- > Jedes **Sunny Island System** benötigt eine Batterie
- > Im Inselsystem ist die **Bleibatterie** als elektrischer Speicher am weitesten verbreitet



PV Hybridsysteme ohne Batterien

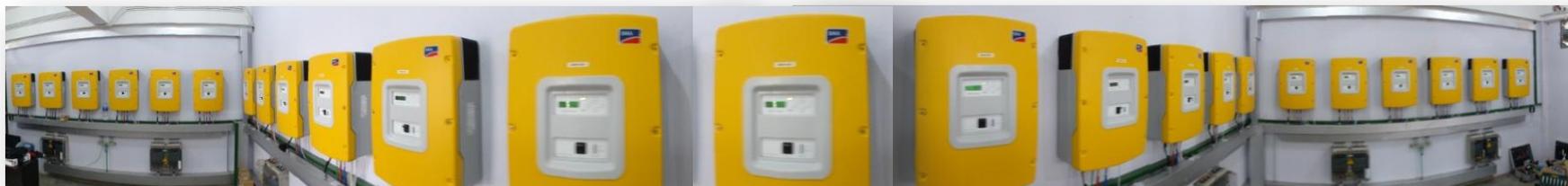
Solar-Diesel-Hybrid-Lösungen



- > Industrielle Verbraucher in entlegenen Gebieten werden heute überwiegend mit Strom aus Dieselaggregaten versorgt.
- > Durch intelligente Systemtechnik lässt sich PV hervorragend in Dieselnetze integrieren.
- > Solar-Diesel-Hybrid-Systeme produzieren Strom deutlich günstiger und effektiver als Verbrennungsaggregate.

Beispiel 1 für Sunny Island Hybridsystem

- > **Dorfstromversorgung „Long Bedian“ (Malaysia)**
 - > Systemleistung 220KW
 - > installierte PV Leistung 198KWp
 - > Batteriekapazität 20.320Ah



Beispiel 2 für Sunny Island Hybridsystem

- > **Dorfstromversorgung „Reao Island“ (franz. Polinesien)**
 - > Systemleistung 190KW
 - > installierte PV Leistung 140KWp
 - > Batteriekapazität 36.000Ah



Gliederung

1

Einleitung zu SMA

2

SMA Hybrid-Systeme

3

Kostenanalyse

4

Optimierung eines Systems

5

Vergleich mit Dieselsystemen

6

Zusammenfassung

Dimensionierung

Batteriewechselrichter

$$P_{max-30min} = \frac{E_{h,max} * 29,682}{E_a^{0,274}}$$

$E_{h,max}$ = maximale stündliche Last

E_a = Jahresenergiebedarf

PV Generator

$$P_{PV} = \frac{E_a * E_0 * SF}{E_{G,tilt} * \eta_{sys}}$$

E_0 = Solarkonstante

SF = Solare Deckungsrate

$E_{G,tilt}$ = Strahlung auf geneigte Ebene

η_{sys} = Systemwirkungsgrad

Batteriegröße

$$C_{10} = \frac{(E_a/365) * AT}{\eta_{discharge} * \eta_{SI} * U_{Batt}}$$

AT = Autonomiezeit

$\eta_{discharge}$ = Entladewirkungsgrad Batterie

η_{SI} = Wirkungsgrad Batteriewechselrichter

U_{Batt} = Batteriespannung

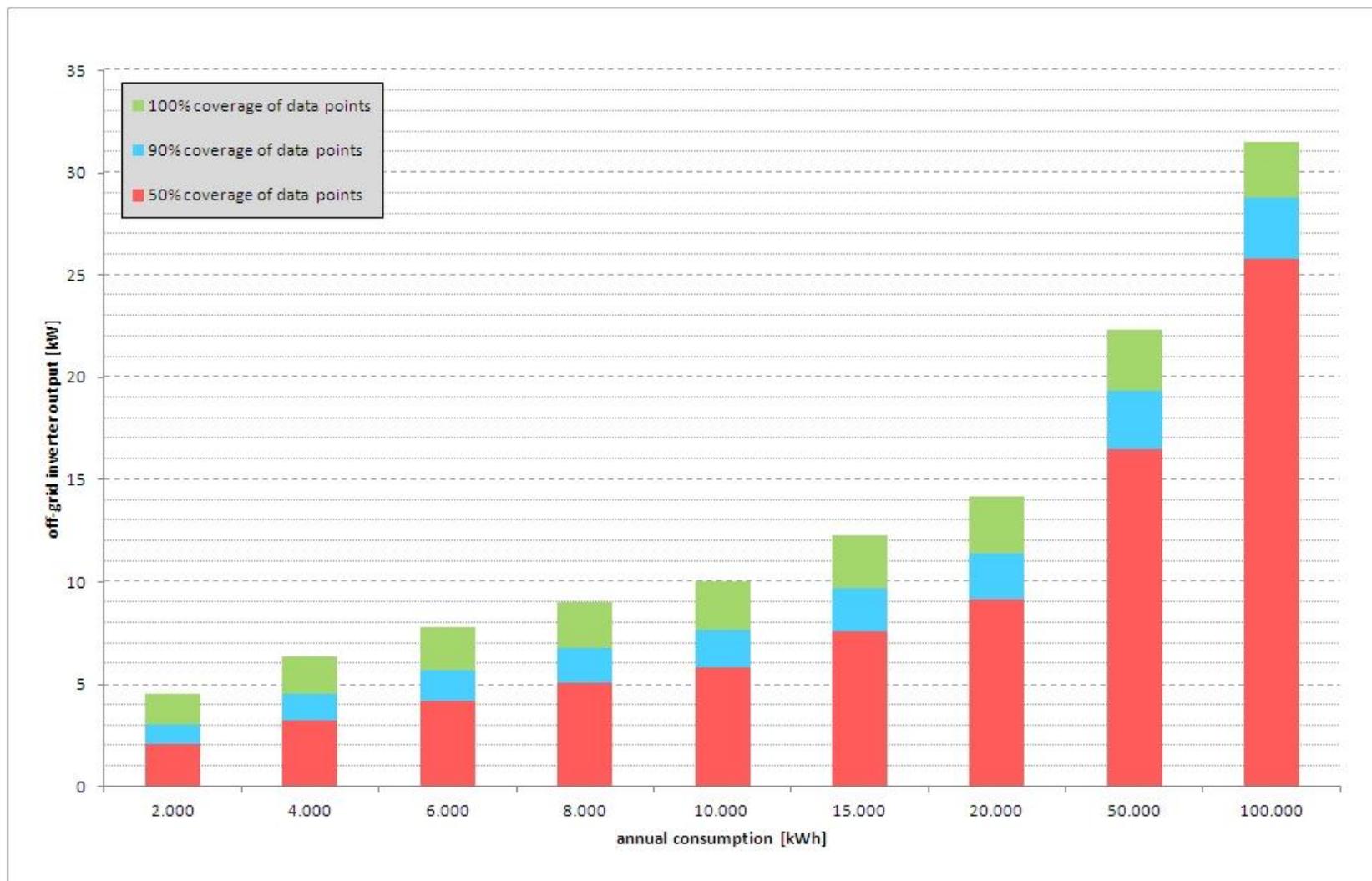
Dieselegenerator

$$0,8 P_{SI} \leq P_{Gen} \leq 1,2 P_{SI}$$

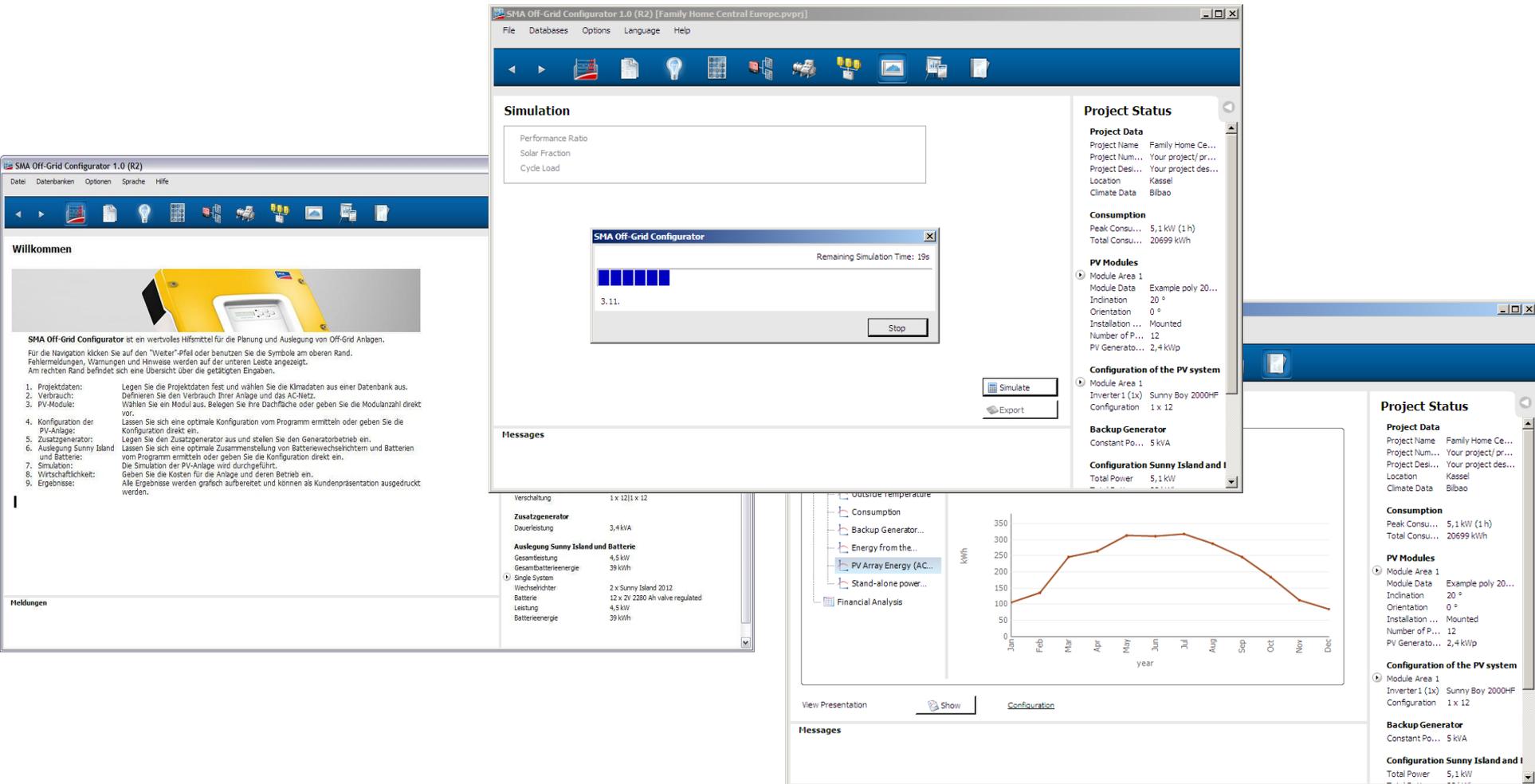
P_{SI} = Dauerleistung Batteriewechselrichter

P_{Gen} = Dauerleistung Dieselegenerator

Bestimmung der Verbraucherleistung anhand Jahresenergieverbrauch



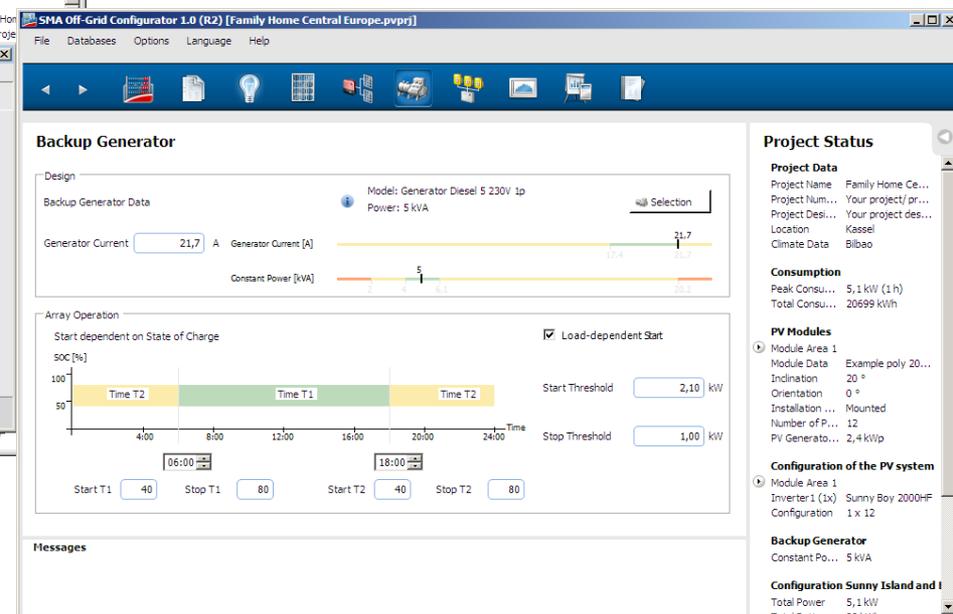
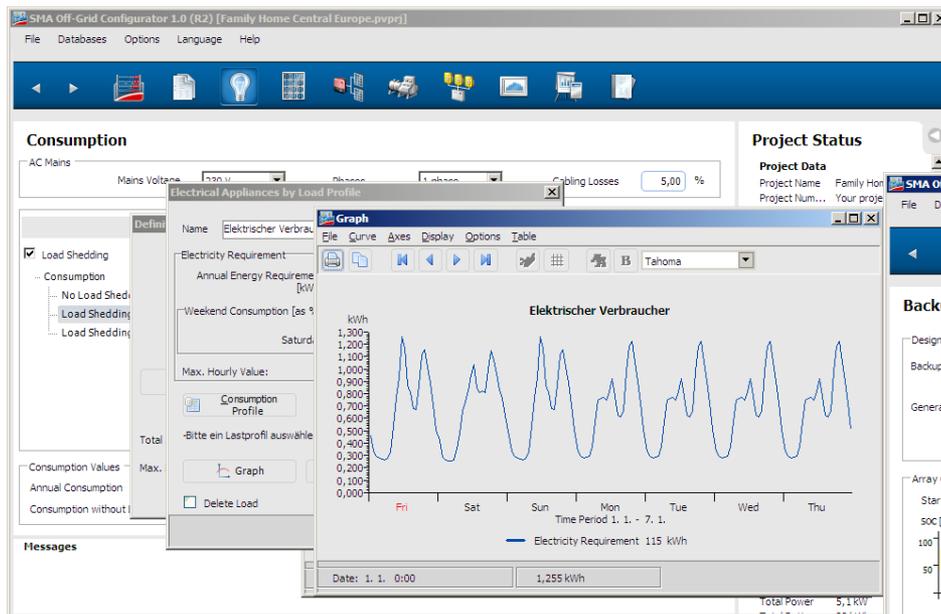
Simulationen mit dem SMA Off-Grid Configurator



The screenshot displays the SMA Off-Grid Configurator 1.0 (R2) software interface. The main window shows a simulation progress bar at 3.11% and a remaining simulation time of 19s. The interface is divided into several sections:

- Simulation:** Performance Ratio, Solar Fraction, Cycle Load.
- Project Status:**
 - Project Data:** Project Name: Family Home Ce..., Project Num..., Your project/pr..., Project Des..., Your project des..., Location: Kassel, Climate Data: Bilbao.
 - Consumption:** Peak Consu...: 5,1 kW (1 h), Total Consu...: 20699 kWh.
 - PV Modules:** Module Area 1, Module Data: Example poly 20..., Inclination: 20°, Orientation: 0°, Installation...: Mounted, Number of P...: 12, PV Generato...: 2,4 kWp.
 - Configuration of the PV system:** Module Area 1, Inverter 1 (1x): Sunny Boy 2000HF, Configuration: 1 x 12.
 - Backup Generator:** Constant Po...: 5 kVA.
 - Configuration Sunny Island and I:** Total Power: 5,1 kW.
- Messages:**
 - Verschaltung: 1 x 12 | 1 x 12
 - Zusatzgenerator:** Dauerleistung: 3,4 kVA
 - Auslegung Sunny Island und Batterie:** Gesamtleistung: 4,5 kW, Gesamtbattereenergie: 39 kWh
 - Single System:** Wechselrichter: 2 x Sunny Island 2012, Batterie: 12 x 2V 230 Ah valve-regulated, Leistung: 4,5 kW, Batterieenergie: 39 kWh
- Financial Analysis:** A line graph showing energy consumption (kWh) over a year (Jan to Dec). The y-axis ranges from 0 to 350 kWh. The x-axis shows months from Jun to Dec. The graph shows a peak in energy consumption during the summer months (May, June, July) and a minimum during the winter months (Nov, Dec).

Simulationen mit dem SMA Off-Grid Configurator



- > Verwendung **Standard-Lastprofile**
- > Ermittlung des **Dieselmotoren**-Verbrauchs

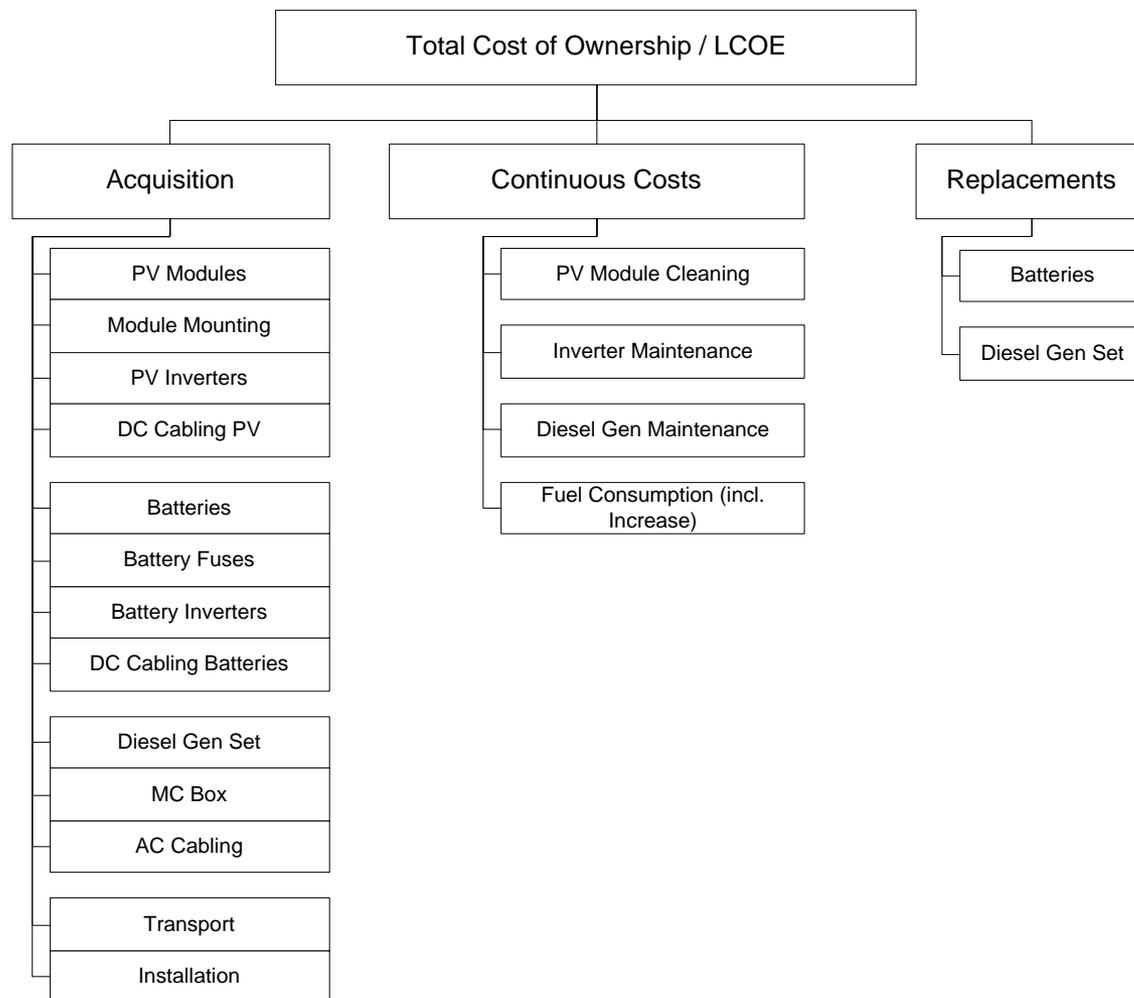
Kostenanalyse

Analyse auf Basis der Stromgestehungskosten:

$$LCOE = \frac{C_0 * KWF}{E_a}$$

$$C_0 = CapEx + OpEx$$

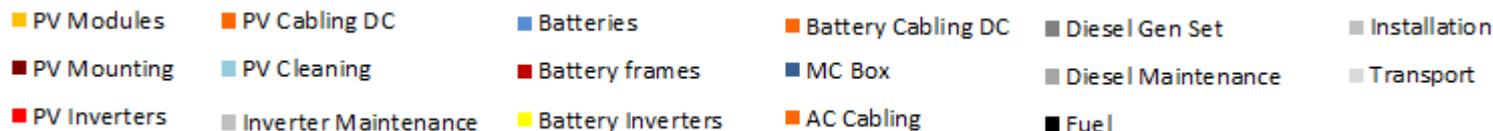
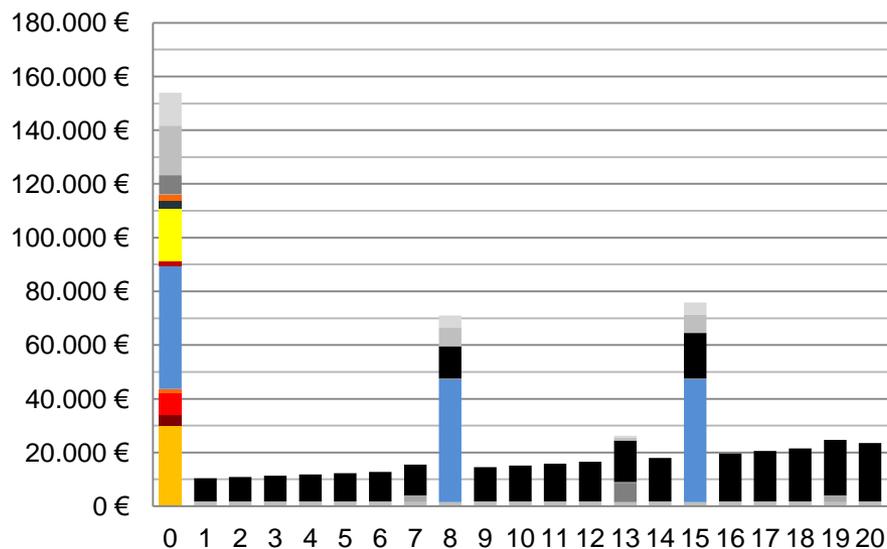
$$= I_0 + \sum_{i=1}^n I_i * (1 + z)^{-i}$$



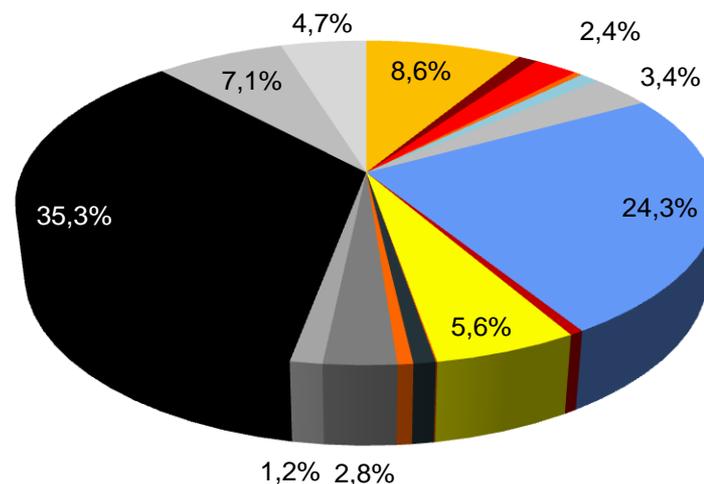
Kostenanalyse

Beispiel für ein System mit 50.000 kWh, Auslegungs-Deckungsanteil 80%, Autonomiezeit 2 Tage

TCO Analyse



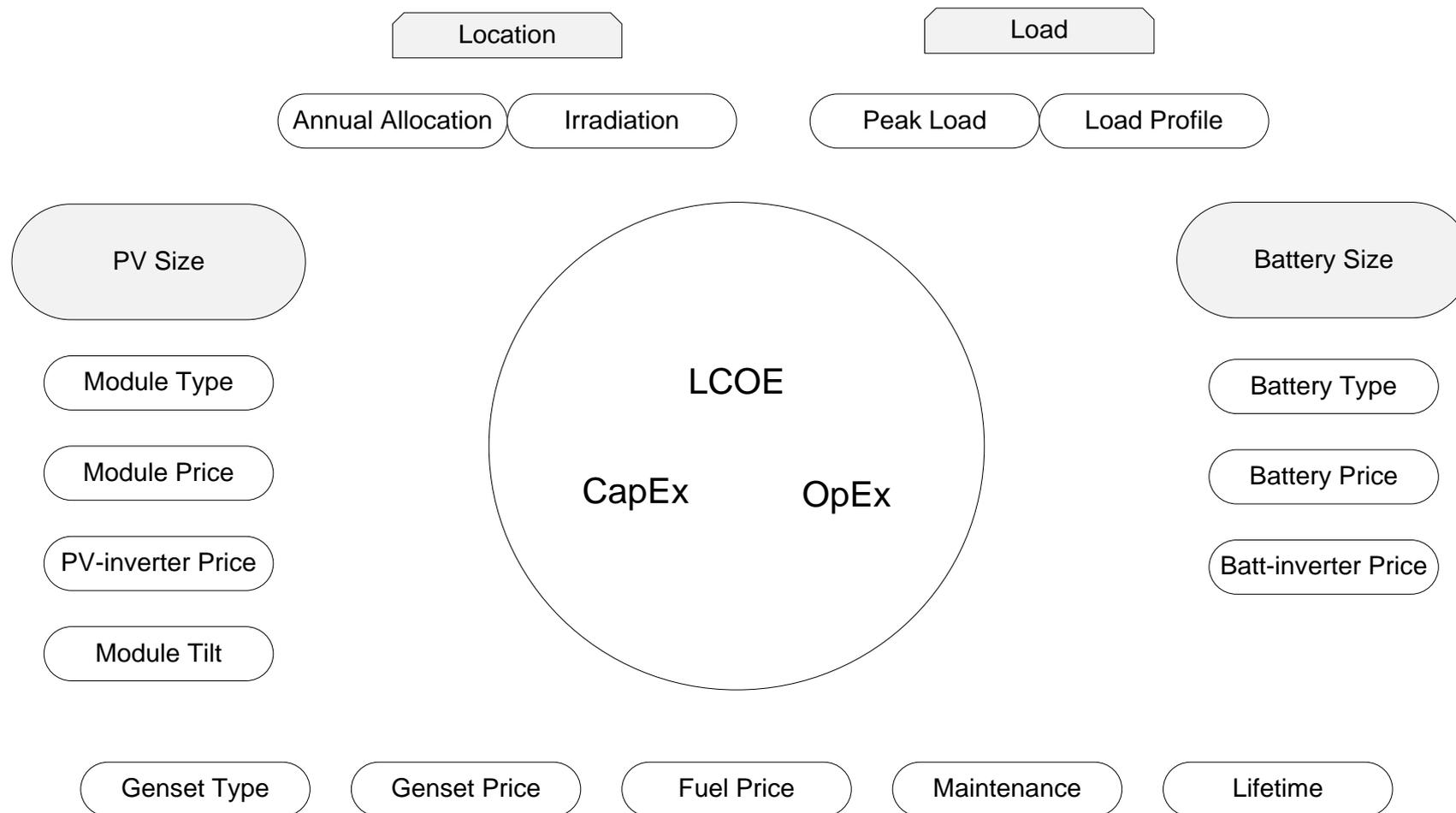
Kostenanteile



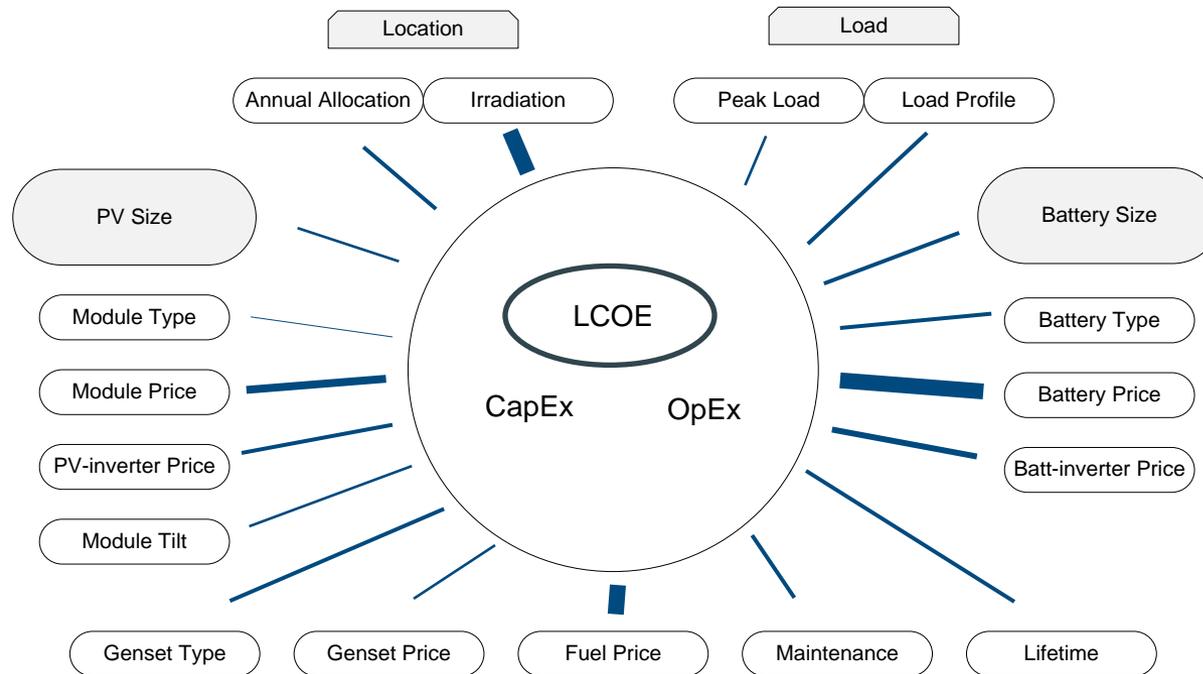
- > Größte Kostenanteile **Dieselmkraftstoff** und **Batterien**
- > Geringer Anteil PV Module in dieser Konfiguration



Einflussfaktoren

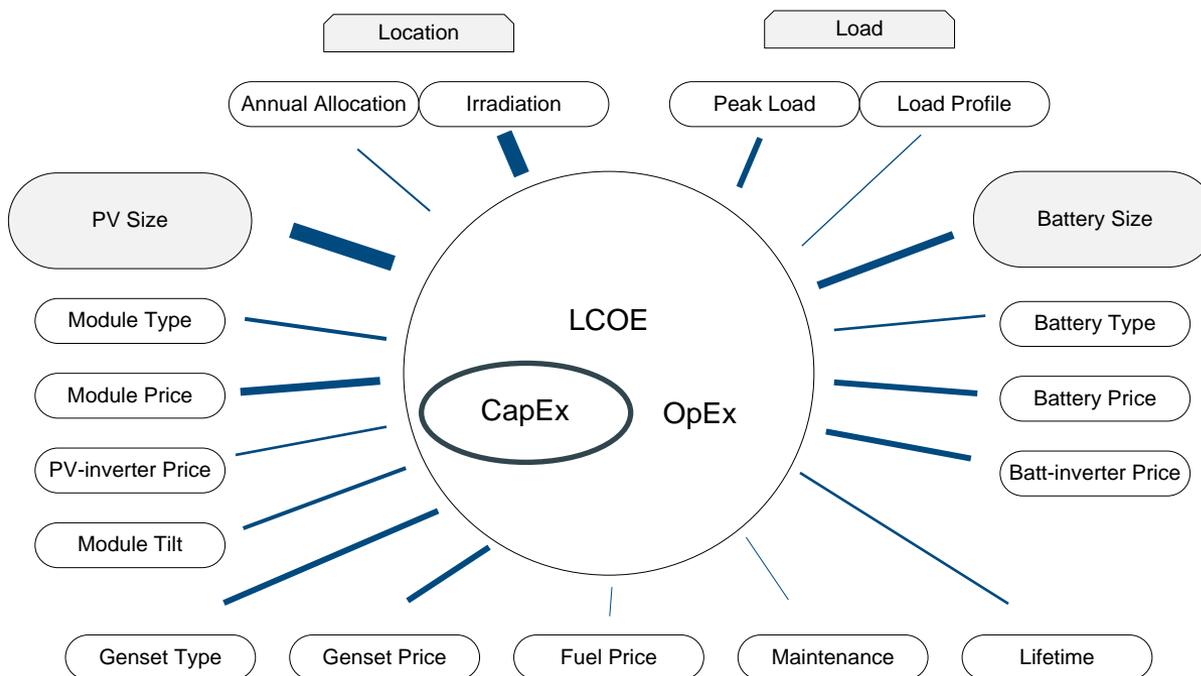


Einflussfaktoren mit Gewichtung



- > Optimierung auf Stromgestehungskosten (LCOE)
- > Größter Einfluss durch **PV Modul-/Batterie-/Diesel-Preis** sowie **solare Einstrahlung**

Einflussfaktoren



- > Optimierung auf Investitionskosten (CapEx)
- > Größter Einfluss durch **PV-/Batterie-Größe** sowie **solare Einstrahlung**
- > Geringerer Einfluss durch **Diesel-Preis** und **PV Modul-Preis**

Gliederung

1

Einleitung zu SMA

2

SMA Hybrid-Systeme

3

Kostenanalyse

4

Optimierung eines Systems

5

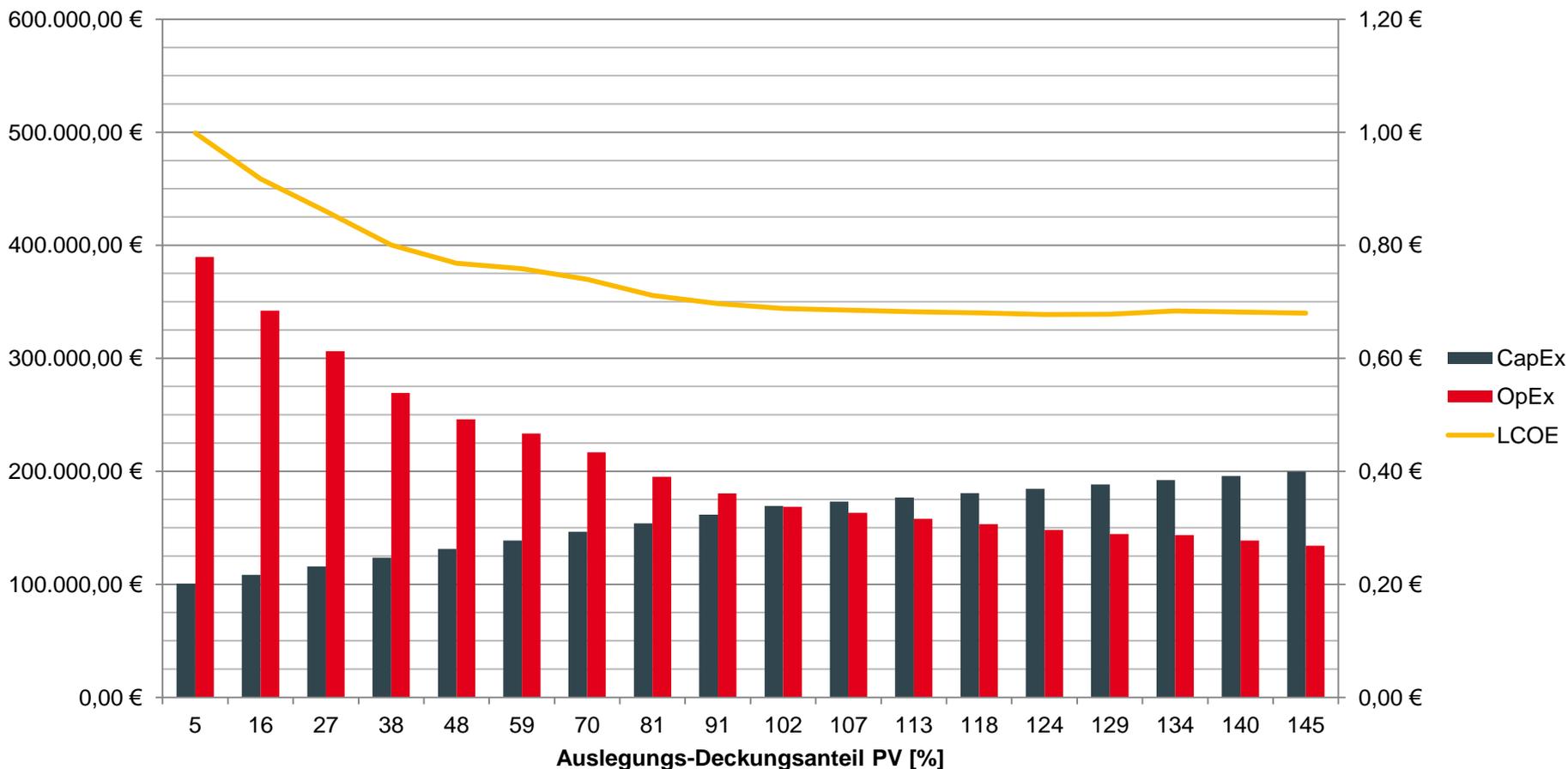
Vergleich mit Dieselsystemen

6

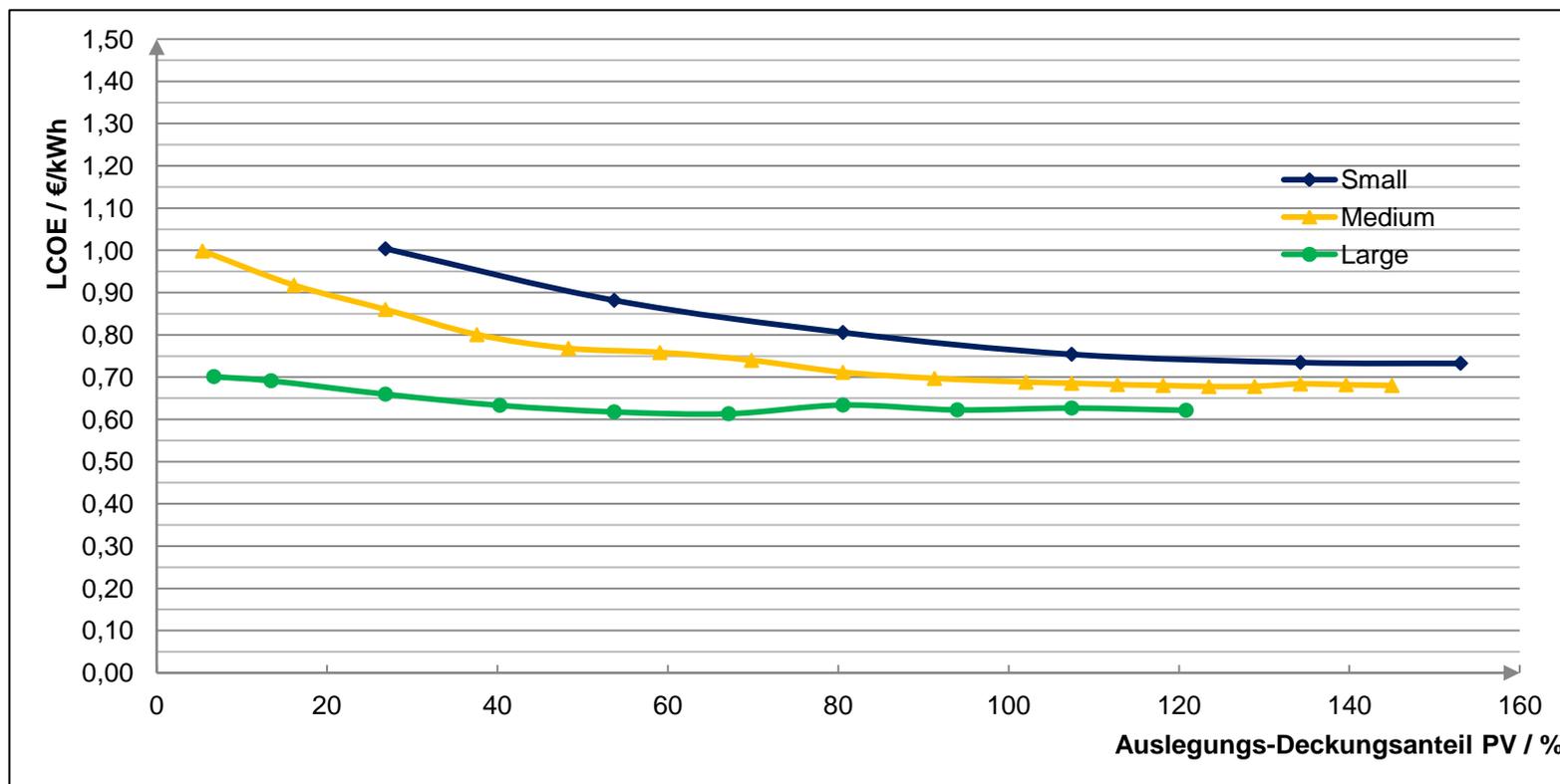
Zusammenfassung

Beispiel einer Optimierung

Mittelgroßes Minigrid für 50.000 kWh/a, Standort Türkei

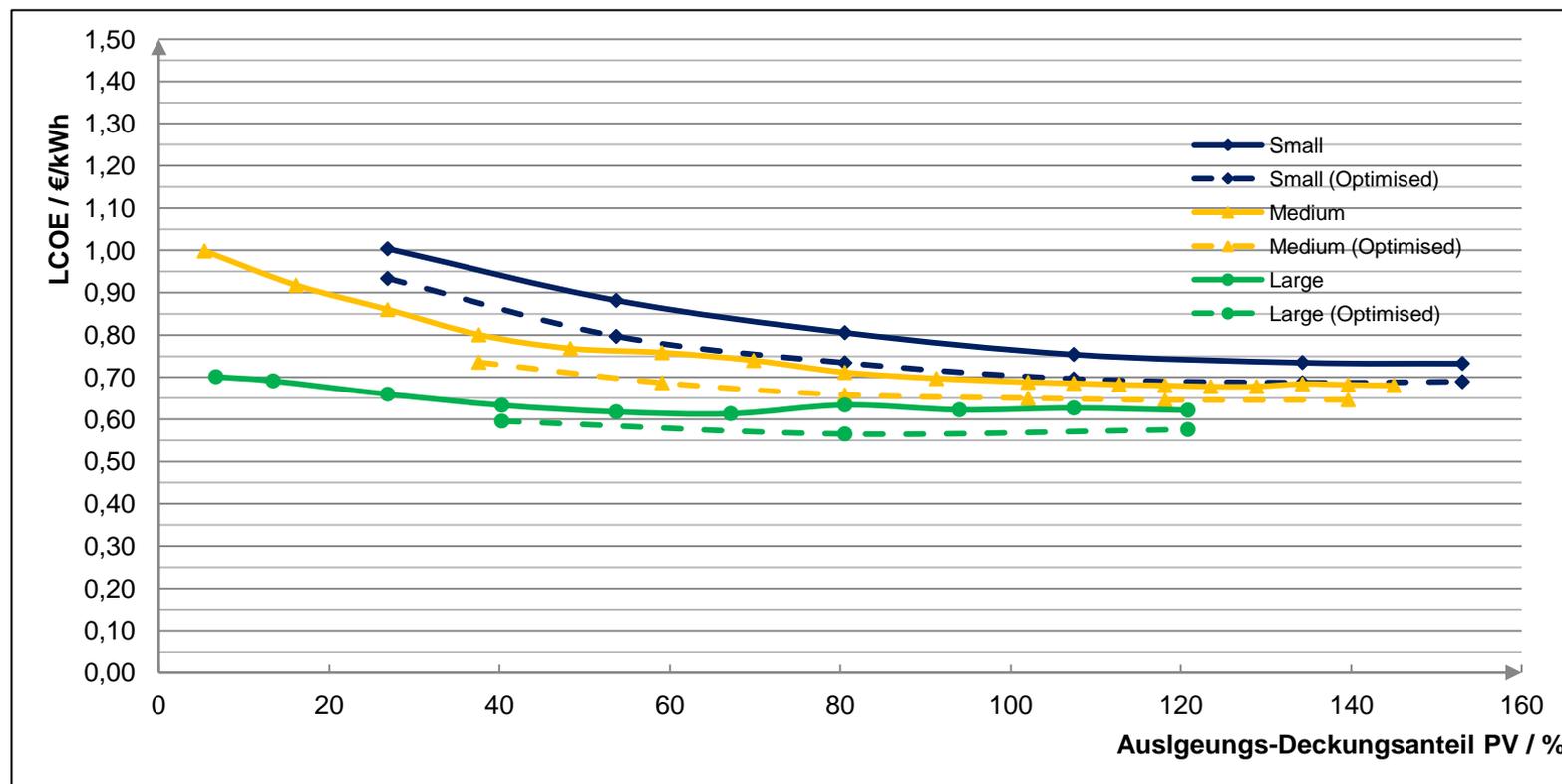


Variation Größe, Standort Türkei



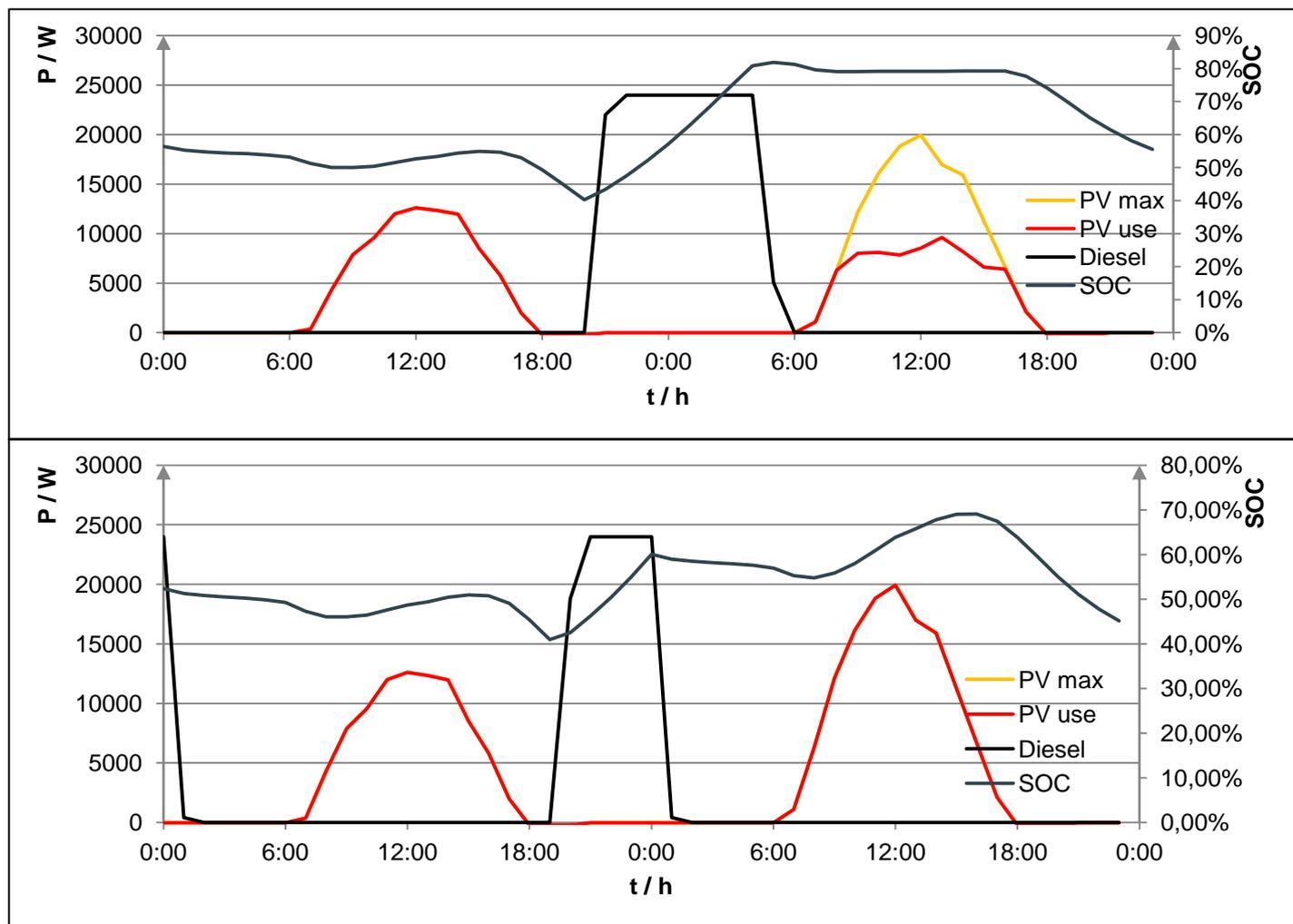
- > Small: 10.000 kWh/a
- > Medium: 50.000 kWh/a
- > Large: 200.000 kWh/a

Optimierung Betriebsführung, Standort Türkei



- > Optimierung durch **Betriebsführung Generator** und **Batteriegröße**
- > An optimalen Standorten **LCOE im Bereich 0,40-0,50 €/kWh** erreichbar
- > Bei geringeren Dieselkraftstoff- und Batterie-Preisen LCOE bis 0,30 €/kWh denkbar

Optimierung Dieselgenerator-Startzeiten



Gliederung

1

Einleitung zu SMA

2

SMA Hybrid-Systeme

3

Kostenanalyse

4

Optimierung eines Systems

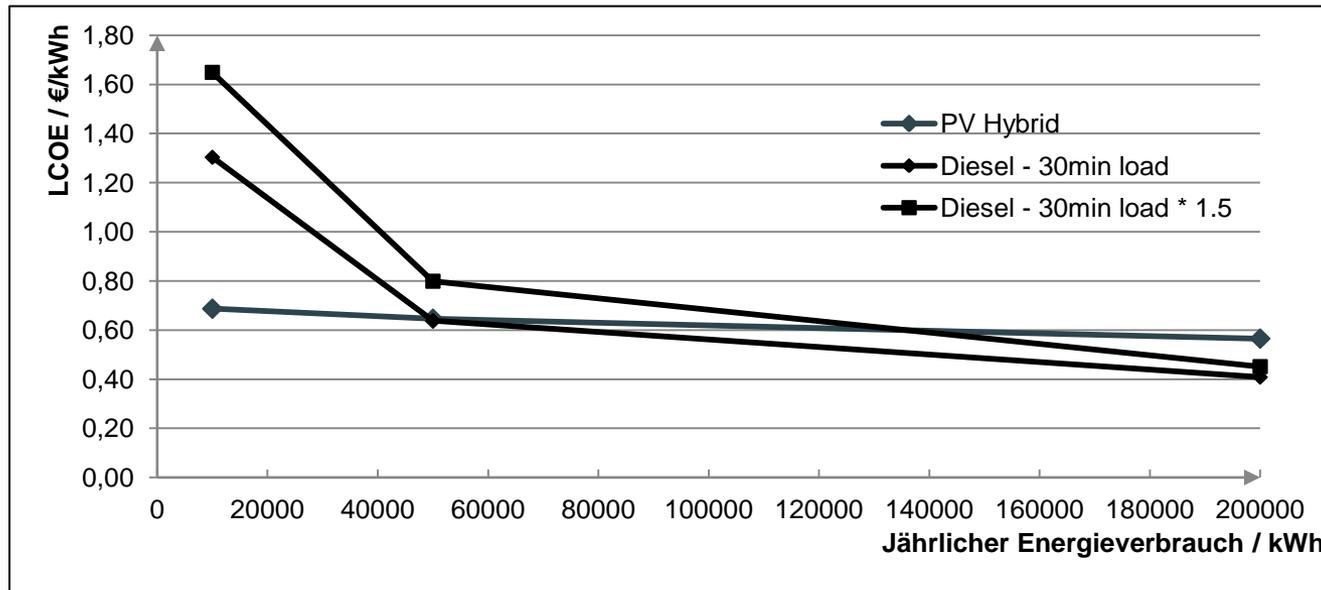
5

Vergleich mit Dieselsystemen

6

Zusammenfassung

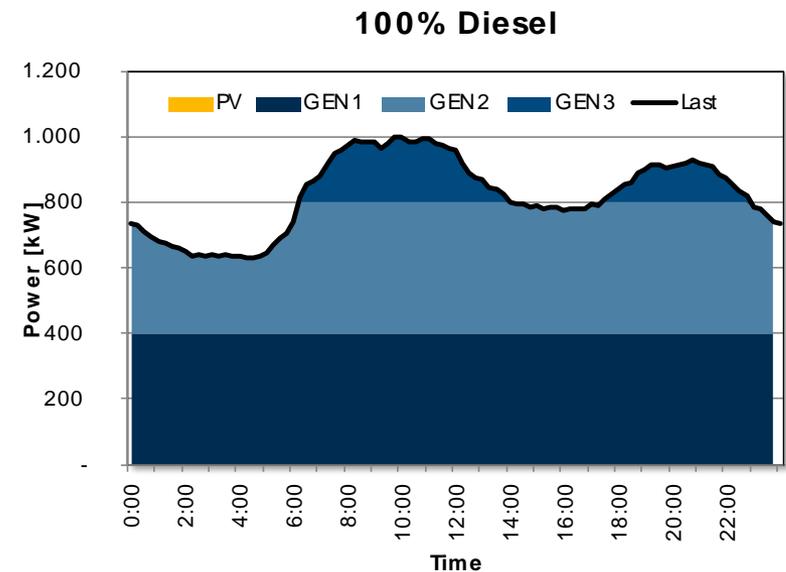
Vergleich 24/7 Dieselgenerator und PV Hybrid Türkei



- > Kleine Dieselgeneratorsysteme sehr teuer wegen **hohem Leerlaufverbrauch** und **notwendiger Überdimensionierung**
- > Hybridsysteme im kleineren Leistungsbereich auch an schlechten Standorten konkurrenzfähig
- > Größere Systeme auch ohne Batterie möglich

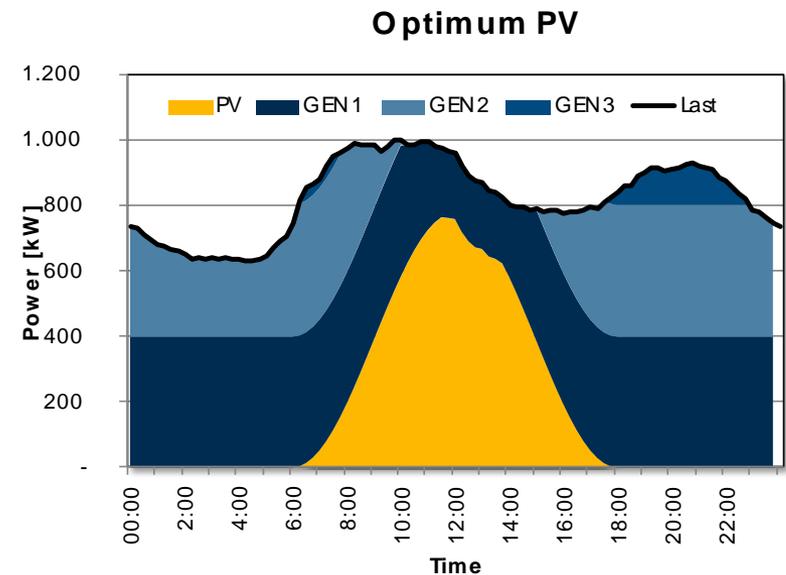
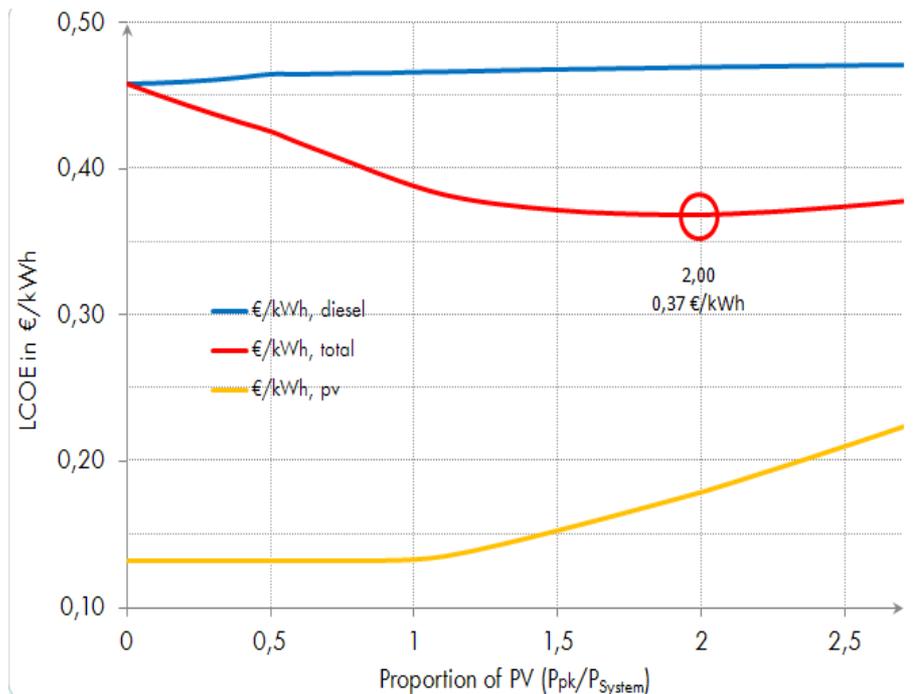
Beispiel eines PV Hybridsystems ohne Batterien

- > Inselsystem
 - > Peak power: 1000 kW
 - > 3 x 400 kW Diesel
 - > Irradiation: 1998 kWh/m²·a
 - > Location: Antalya (Average sunbelt country)
 - > Diesel Retail Price (est. Dec 2011): 1,30 \$/L



Beispiel eines PV Hybridsystems ohne Batterien

- > Reines PV System ohne Batterien reduziert die LCOE eines großen Dieselsystems in jedem Fall



Assumptions

Diesel price of 130 US ct/L disregarding Maintenance costs
 LCOE for PV based on study from the EPIA for the Sunbelt countries

Gliederung

1

Einleitung zu SMA

2

SMA Hybrid-Systeme

3

Kostenanalyse

4

Optimierung eines Systems

5

Vergleich mit Dieselsystemen

6

Zusammenfassung

Zusammenfassung

- > Realisierung von PV Hybridsystemen mit Multicluster-Technologie von SMA
- > Aktuelle Rahmenbedingungen: **geringere PV Modulpreise, hohe Batteriekosten**
- > Daher: keine Erhöhung der Stromgestehungskosten durch höhere PV Anteile
- > **Gute Standorte** und **kleinere Systeme (<100 kW) mit Batterien** heute flächendeckend wirtschaftlich
- > Systeme **ohne Batterien** auch in **großen Systemen** heute flächendeckend wirtschaftlich





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!