
PV-Inselnetze

Von der Hybridisierung existierender Dieselnetze bis zur kompletten erneuerbaren Stromversorgung



Dr. Matthias Vetter
Fraunhofer-Institut für
Solare Energiesysteme ISE

Informationstag
Zukünftige Anforderungen an
Erzeugeranlagen

Wien, 12.11.2015

Agenda

- Motivation
- Märkte für Inselnetze
- Systemlösungen
- Batteriespeicher
- Energiemanagement
- Systemstudien für verschiedene Anwendungsfälle
- Zusammenfassung und Ausblick



Motivation

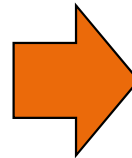
Integration von PV in Dieselnetze

Vergangenheit / Heute



Source: Fraunhofer ISE

Einzelhausversorgung: Bis ~ 15 kW



Heute / Zukunft



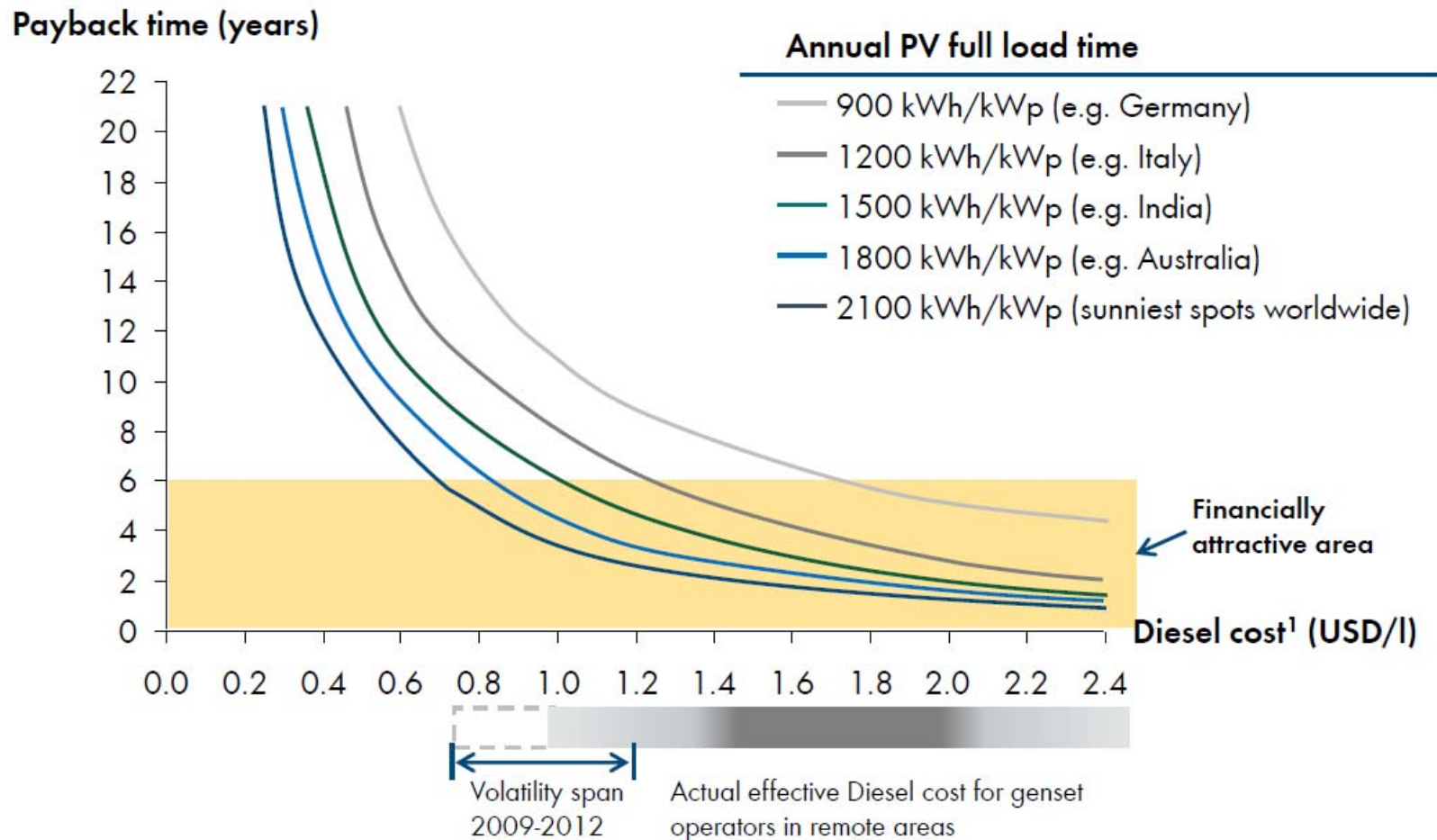
Source: Asantys Systems

Inselnetze: Bis in die (Multi-) MW-Klasse

- Zunehmende Nachfrage nach PV-Inselsystemen größerer Leistung:
 - Sinkende Preise für PV-Systeme
 - Niedrigere Stromgestehungskosten im Vergleich zu Dieselgeneratoren
 - Niedrigere CO₂-Emissionen im Vergleich zu Dieselgeneratoren
- Bis 2030 kann der Anteil von PV-Inselsystemen 30 % des gesamten PV-Zubaus betragen (EPIA)

Motivation

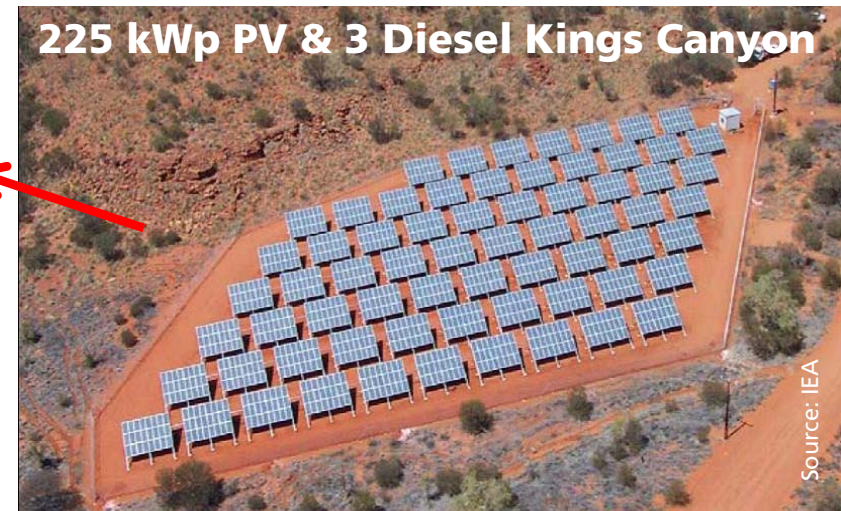
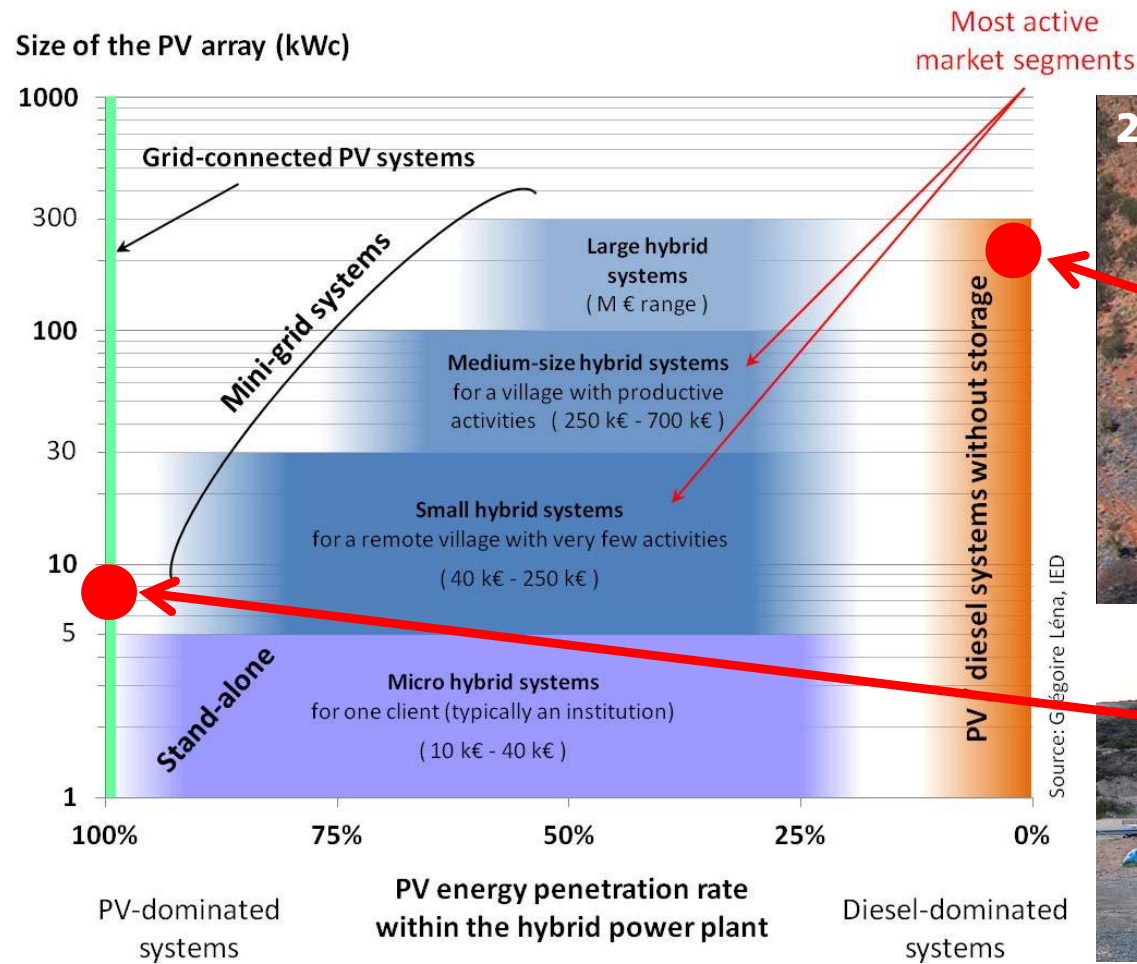
Integration von PV in Dieselnetzen



Quelle: J. Fischmann: PV-Diesel-Hybrid Systems for Industrial Applications – Why it makes sense to combine Diesel systems with PV. PEP Workshop Indonesia, 2013.

Märkte für Inselnetze – Klassifizierung

Von Diesel-dominierten Systemen bis 100 % erneuerbar

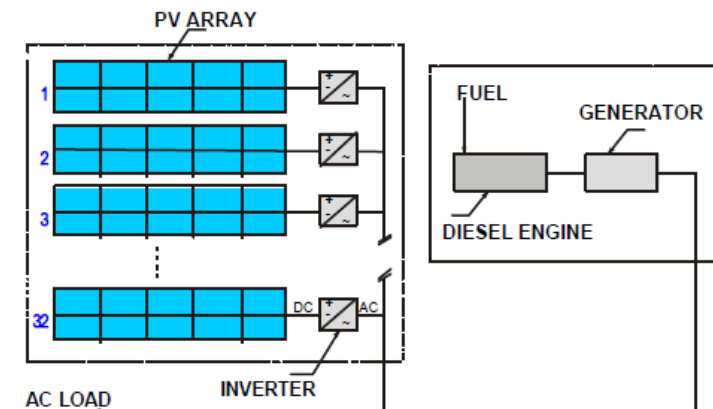
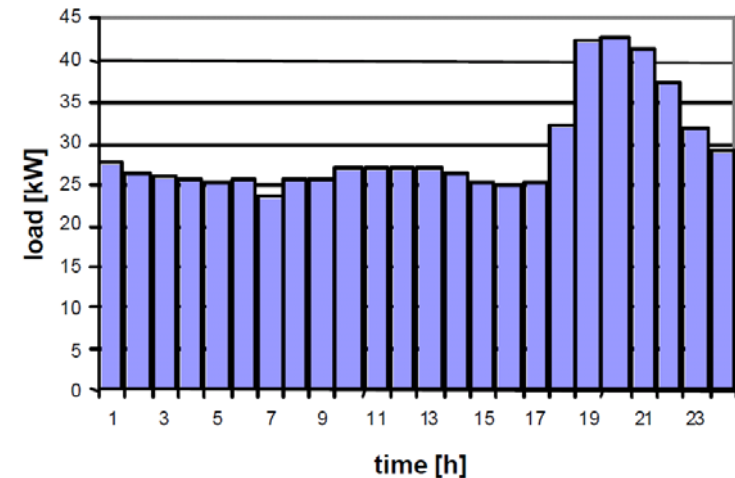


Systemlösungen

Diesel-dominierte Inselnetze ohne Speicher und geringem PV-Anteil

- Beispiel: Araras, Amazonas, Brasilien
 - Dieselgeneratoren: 3 à 54 kW
 - PV-Generator: 12.5 kWp
 - Last: ~ 20 kW bis 45 kW
 - Jährlicher Verbrauch: 224 MWh
 - Jährlicher PV-Anteil: 8.3 % PV
 - Jährliche Dieseleinsparung: 3268 l (5.5 %)

Quelle: H.G. Beyer, R. Rüther, S.H.F. Oliveira: Adding PV generator without storage to medium size stand alone diesel generator sets to support rural electrification in Brazil, 2003.



Systemlösungen

Diesel-dominierte Inselnetze ohne Speicher und mittlerem PV-Anteil

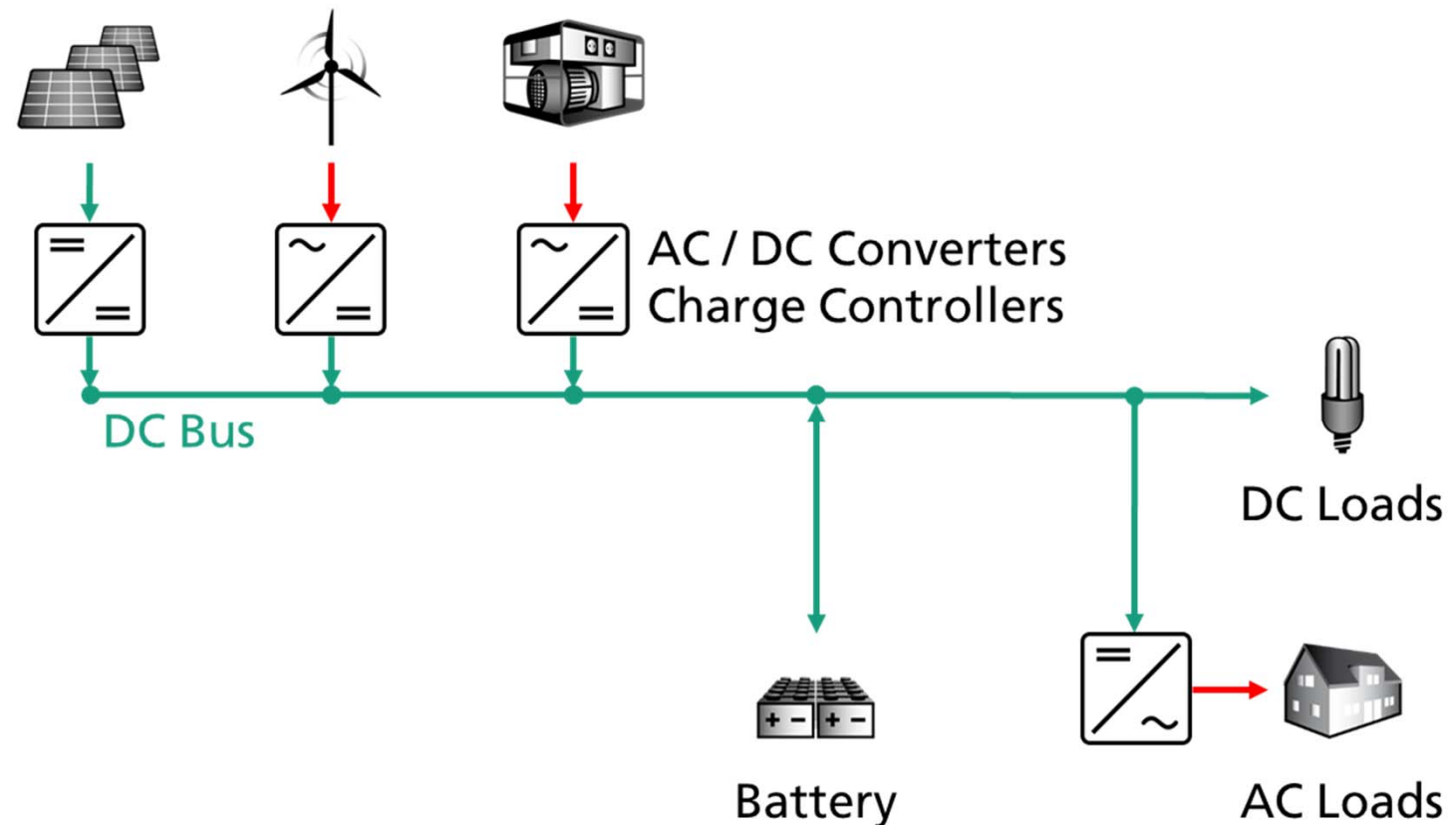
- 50 % bis 100 % momentane PV Durchdringung
- Regelung greift ein, falls residuale Last unter die Mindestlast des Dieselgenerators sinkt (30 - 50 % der Nennleistung):
 - Zuschalten von verschiebbaren Lasten
 - Zuschalten von „Dump loads“
 - Abregelung der PV
- Keine Reduzierung der Wartungskosten des Dieselgenerators, da permanent in Betrieb



Systemlösungen

PV-Inselnetze mit Speicher und Dieselgeneratoren als Zusatzstromerzeuger

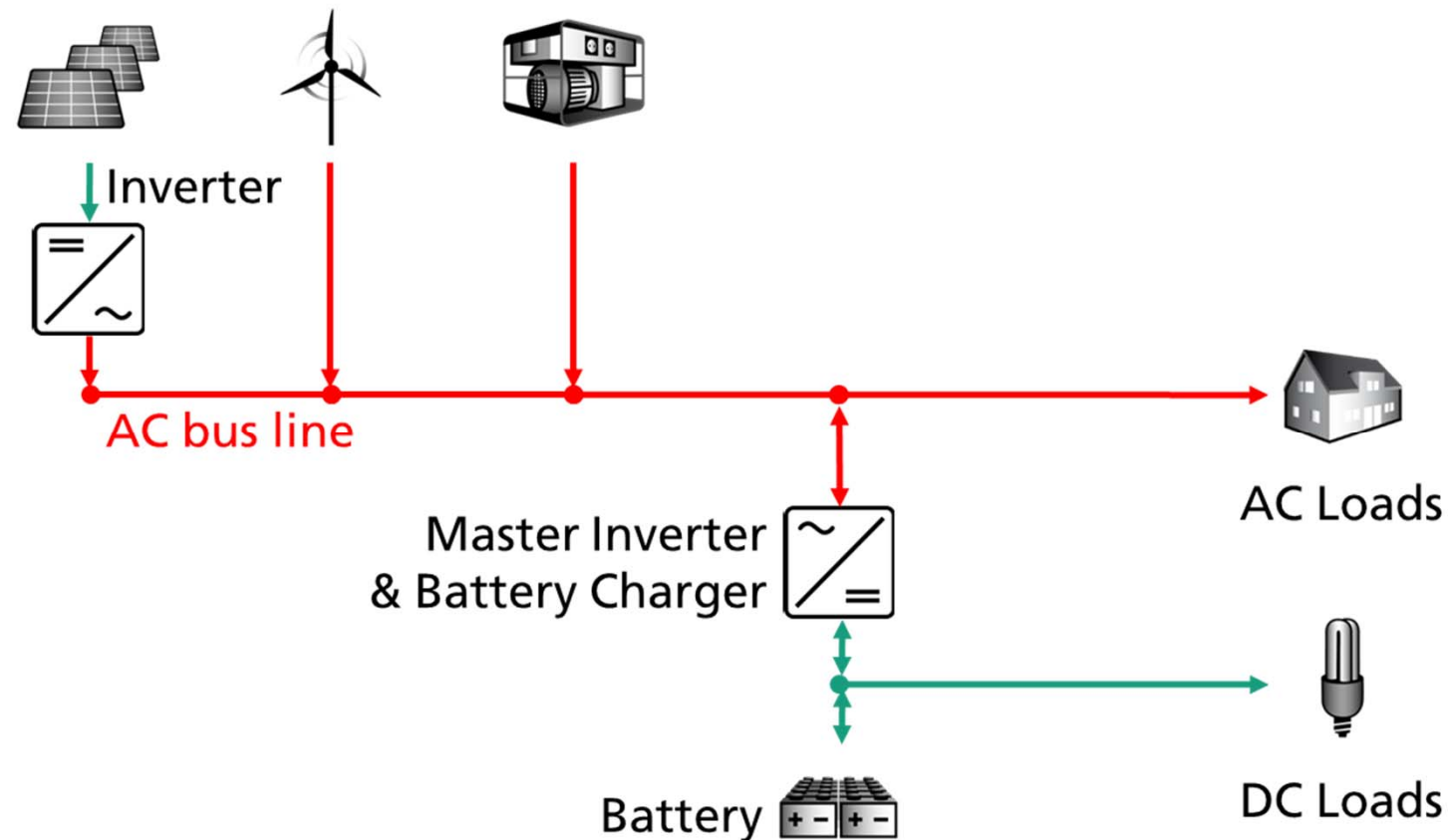
■ DC-gekoppelte Systeme



Systemlösungen

PV-Inselnetze mit Speicher und Dieselgeneratoren als Zusatzstromerzeuger

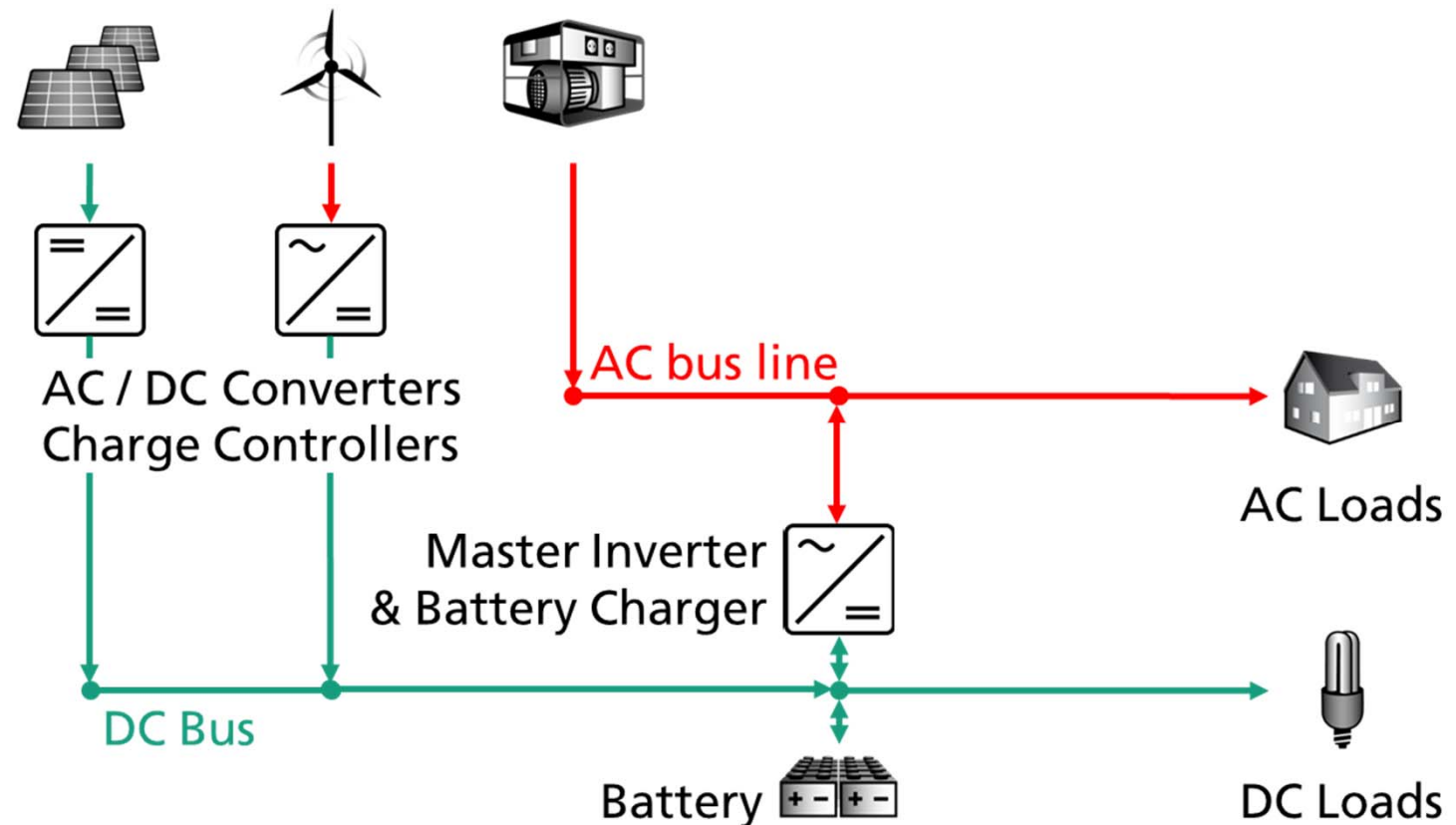
■ AC-gekoppelte Systeme



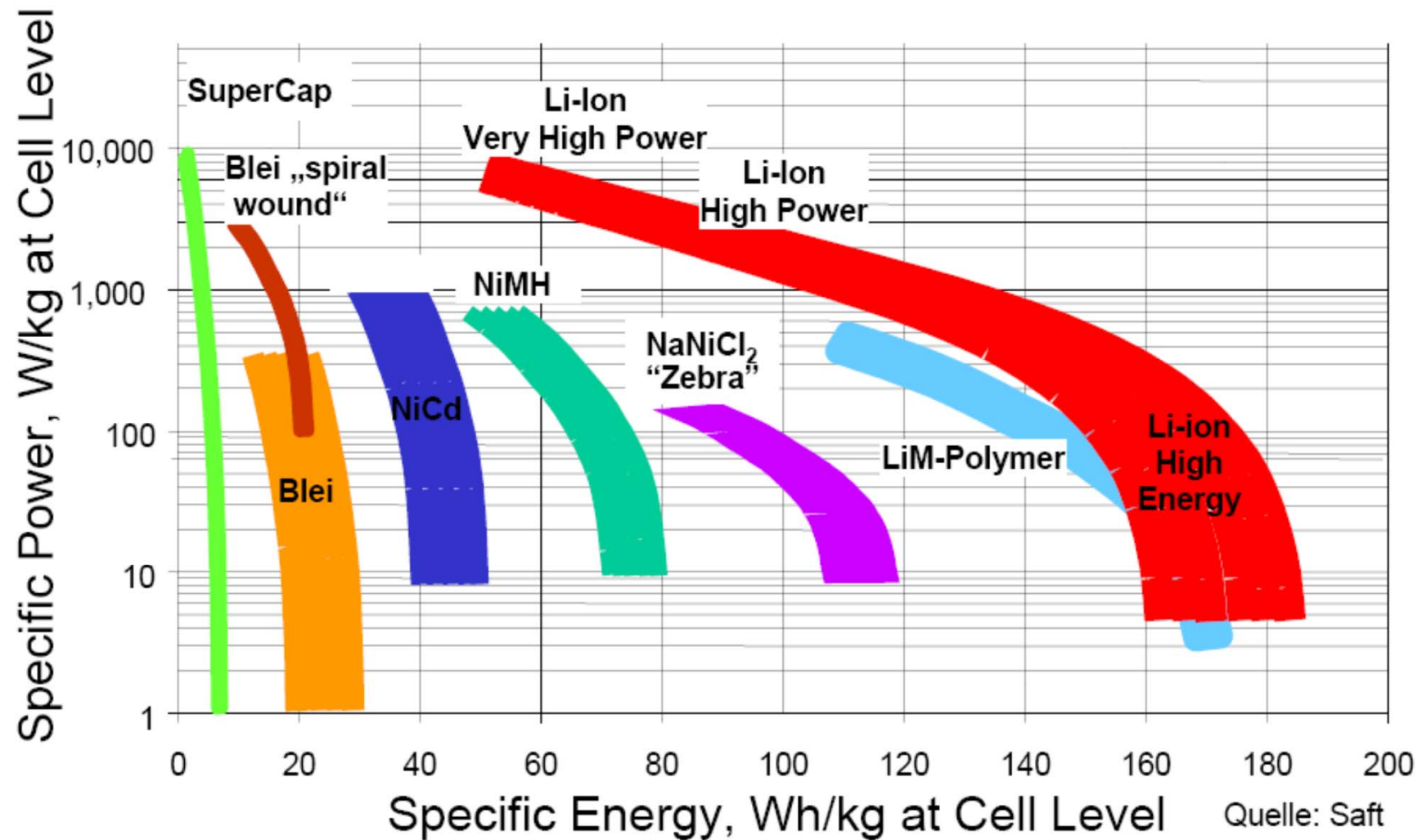
Systemlösungen

PV-Inselnetze mit Speicher und Dieselgeneratoren als Zusatzstromerzeuger

■ Kombinierte DC/AC-gekoppelte Systeme



Batteriespeicher – Klassifizierung



Batteriespeicher: Relevante Technologien

Auswahl für Photovoltaikanlagen

Redox-flow



NiMh



Quelle: www.saftbatteries.com

Lithium-Ionen



NaNiCl / NaS



Quelle: FZSONICK

Blei



Natrium-Ionen



Source: www.aquionenergy.com

Batteriespeicher: Relevante Technologien

Parameter

	Lead acid	NiMH	Li NMC / Graphite	LiFePO4 / Graphite	LMO / Graphite	LMO / Titanat	Vanadium- Redox-Flow	NaNiCl	NaS
Energy density (Wh / kg)	40	75	160	110	130	75	45	100	110
Power density (W / kg)	350	600	1300	4000	1500	4000	120	120	100
Cycle life time	600	900	2500	5000	3000	8000	12000	2500	4500
Calendar life time (years)	7	5	7	14	8	12	15	12	11
Efficiency (%)	85	75	93	94	94	94	80	85	80
Self discharge (% / month)	8	20	3	3	2	2	5	10 pro Tag	12 pro Tag

Bleibatterien

Vorteile:

- Weitverbreitet und hohe Marktanteile
- Verfügbar in großen Mengen
- Verfügbar in einer Vielzahl unterschiedlicher Größen und Designs
- Relativ hoher Wirkungsgrad
- Niedrige Investitionskosten

Nachteile:

- Limitierte Zyklenzahlen
- Niedrige Energiedichte
- Wasserstoff-Entwicklung in manchen Systemdesigns
- Hohe Wartungskosten



Lithium-Ionen Batterien

Pouch bag



Prismatic



Cylindrical

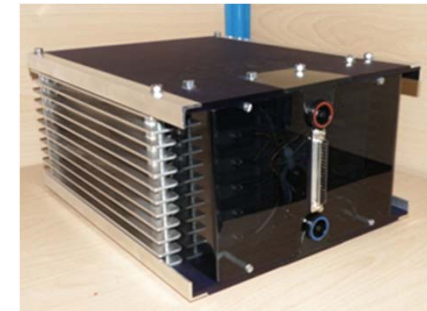


Vorteile:

- Hohe Energiedichte
- Hohes Leistungs-Kapazitätsverhältnis
- Niedriger Wartungsaufwand
- Niedrige Selbstentladung
- Sehr hohe Wirkungsgrade
- Hohe kalendarische Lebensdauer
- Hohe Zyklenlebensdauer

Nachteile:

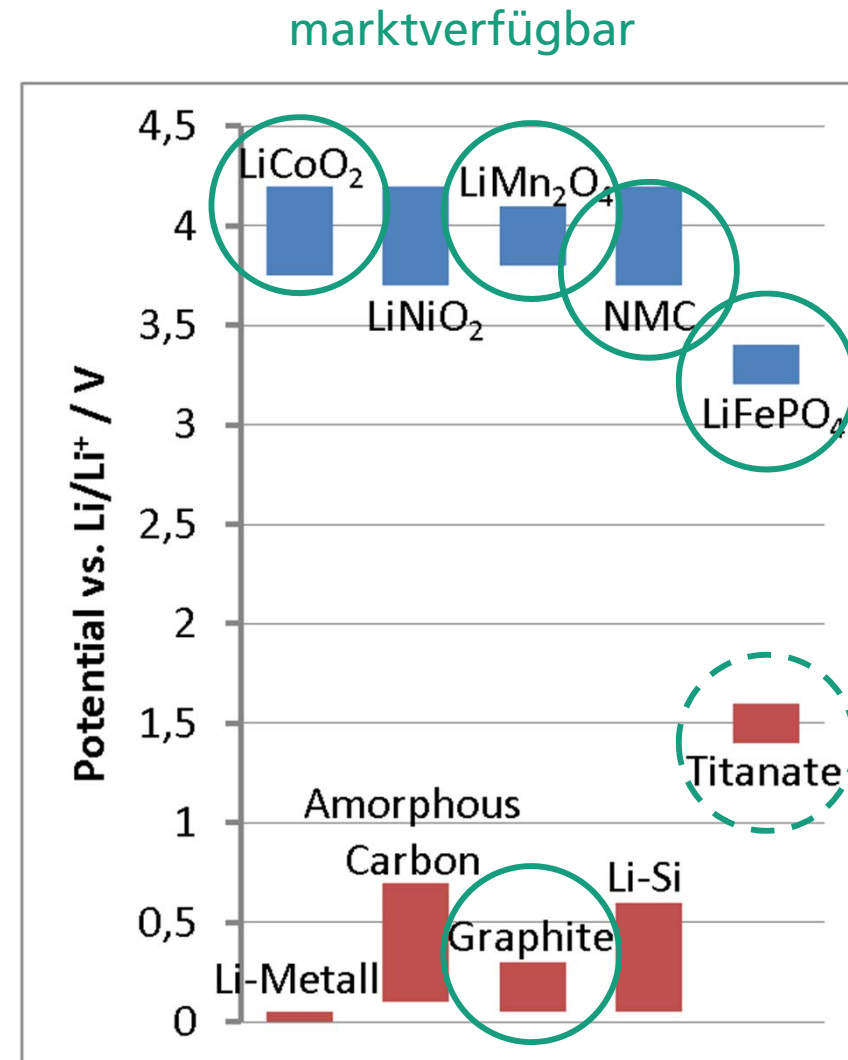
- Sicherheit: Eigene Schutzvorrichtungen notwendig
- Hohe Investitionskosten
- „Thermal runaway“ möglich, z.B. im Falle von Überladung oder bei Beschädigung



Lithium-Ionen Batterien

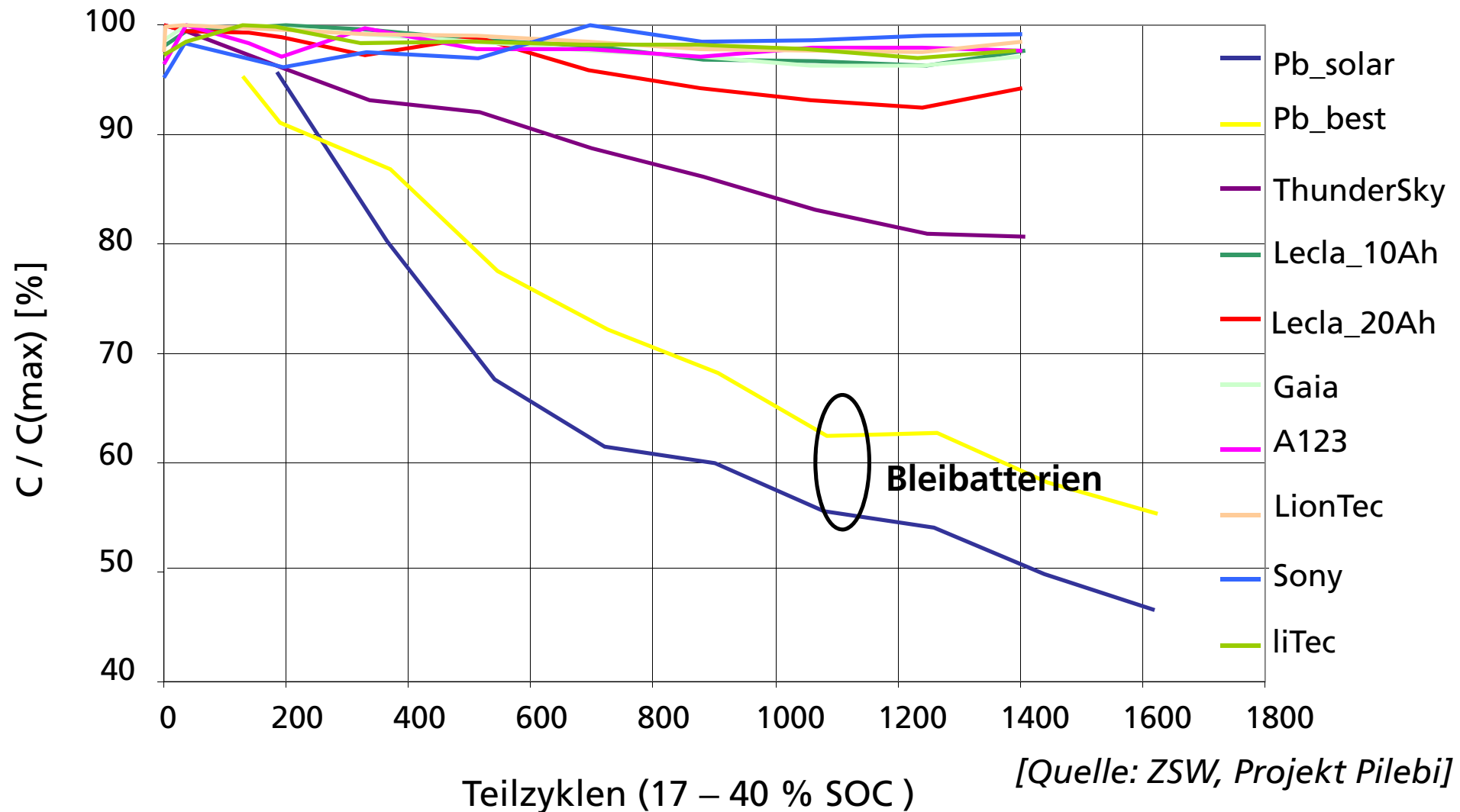
Elektrochemisches Potential von Elektrodenmaterialien

- Kombination von verschiedenen Elektrodenmaterialien
 - Unterschiedliche Zellspannungen
 - Unterschiedliche Energiedichten
 - Unterschiedliche Lebensdauern
- Große Anzahl unterschiedlicher Lithium-Ionen Batterien prinzipiell möglich

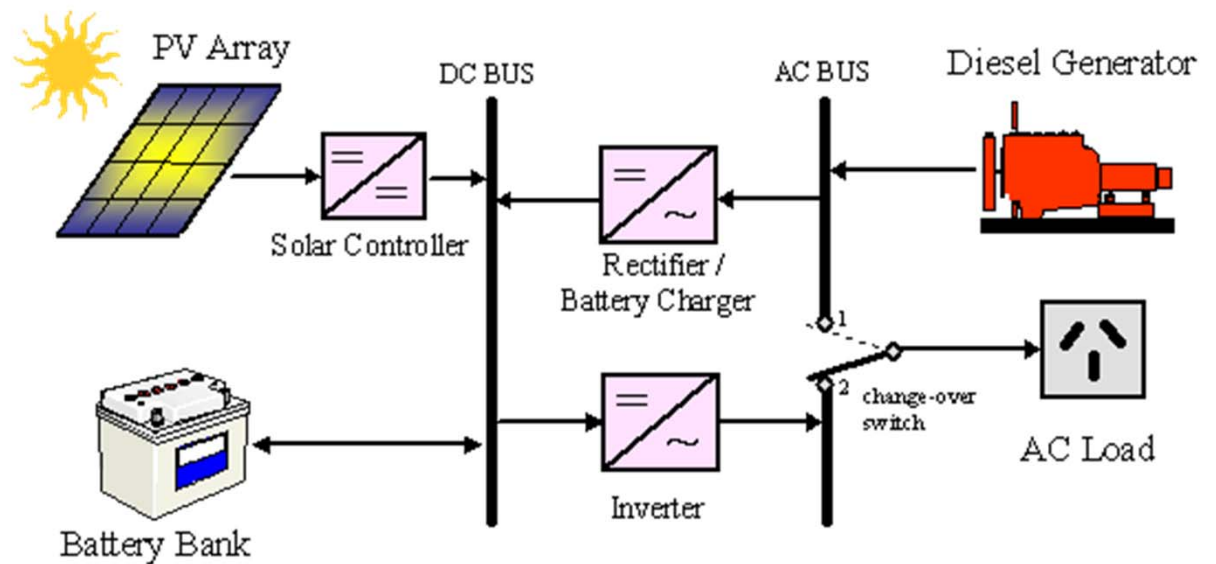
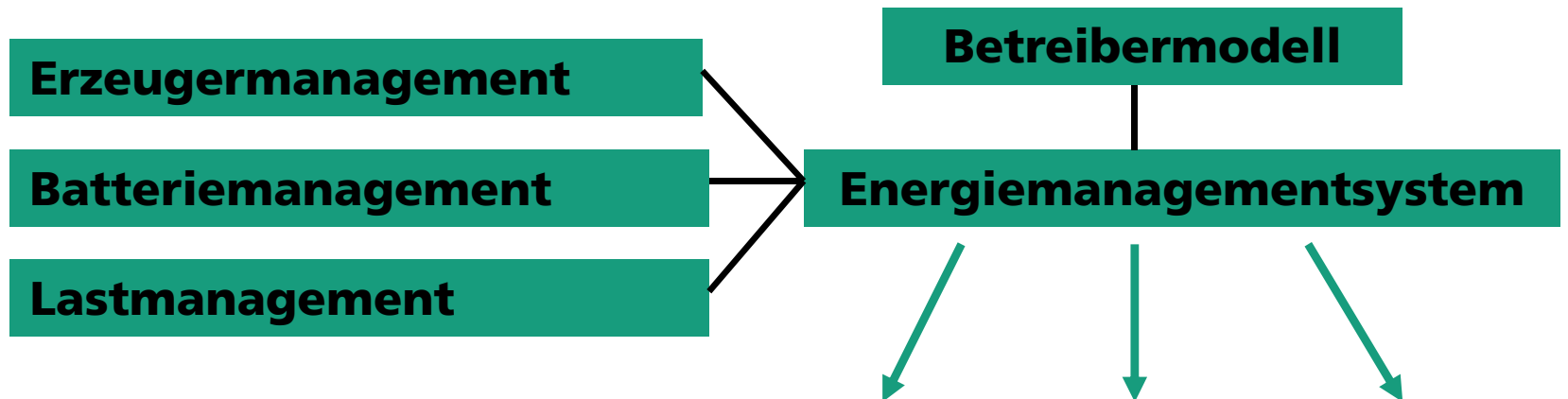


Batterien in Photovoltaik-Anwendungen

Teilzyklen bei niedrigen Ladezuständen



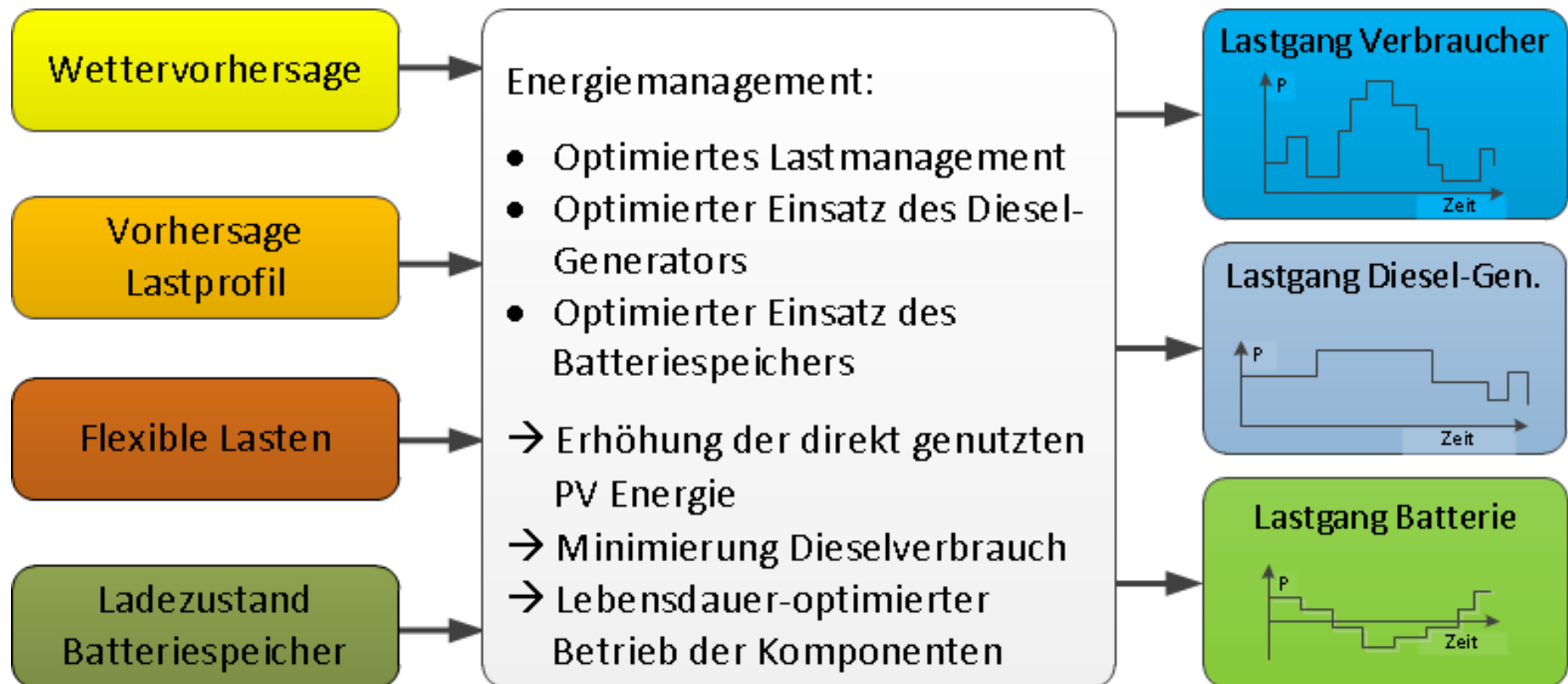
Energiemanagement Struktur



Energiemanagement und Betriebsführung

Lastmanagement und optimierter Speicherbetrieb

■ Maximierung der solaren Deckungsrate



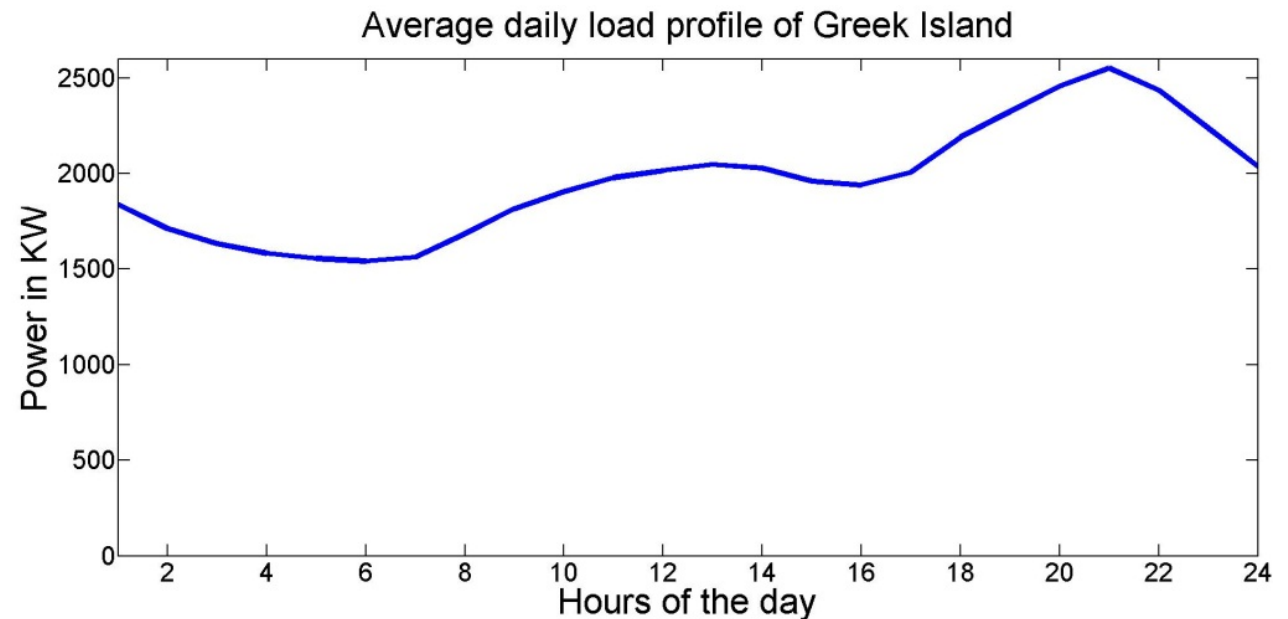
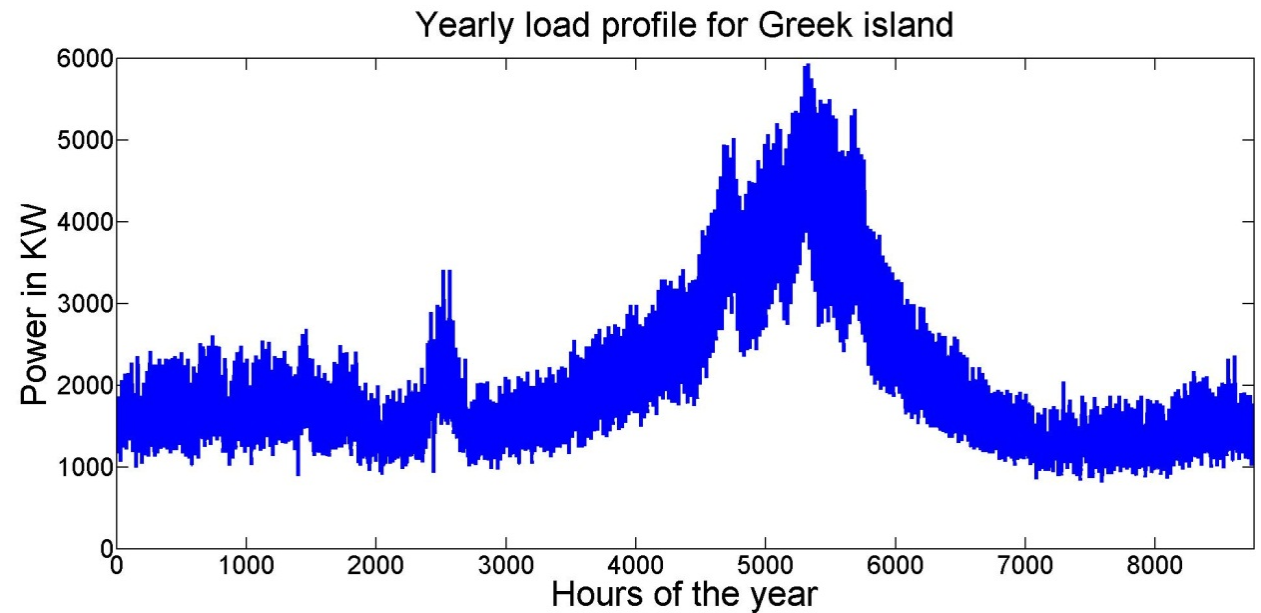
Systemstudien

Inselanwendung in Griechenland

- Verbrauch:
17 GWh/a
- Spitzenlast: 6 MW

Dieseldgeneratoren:

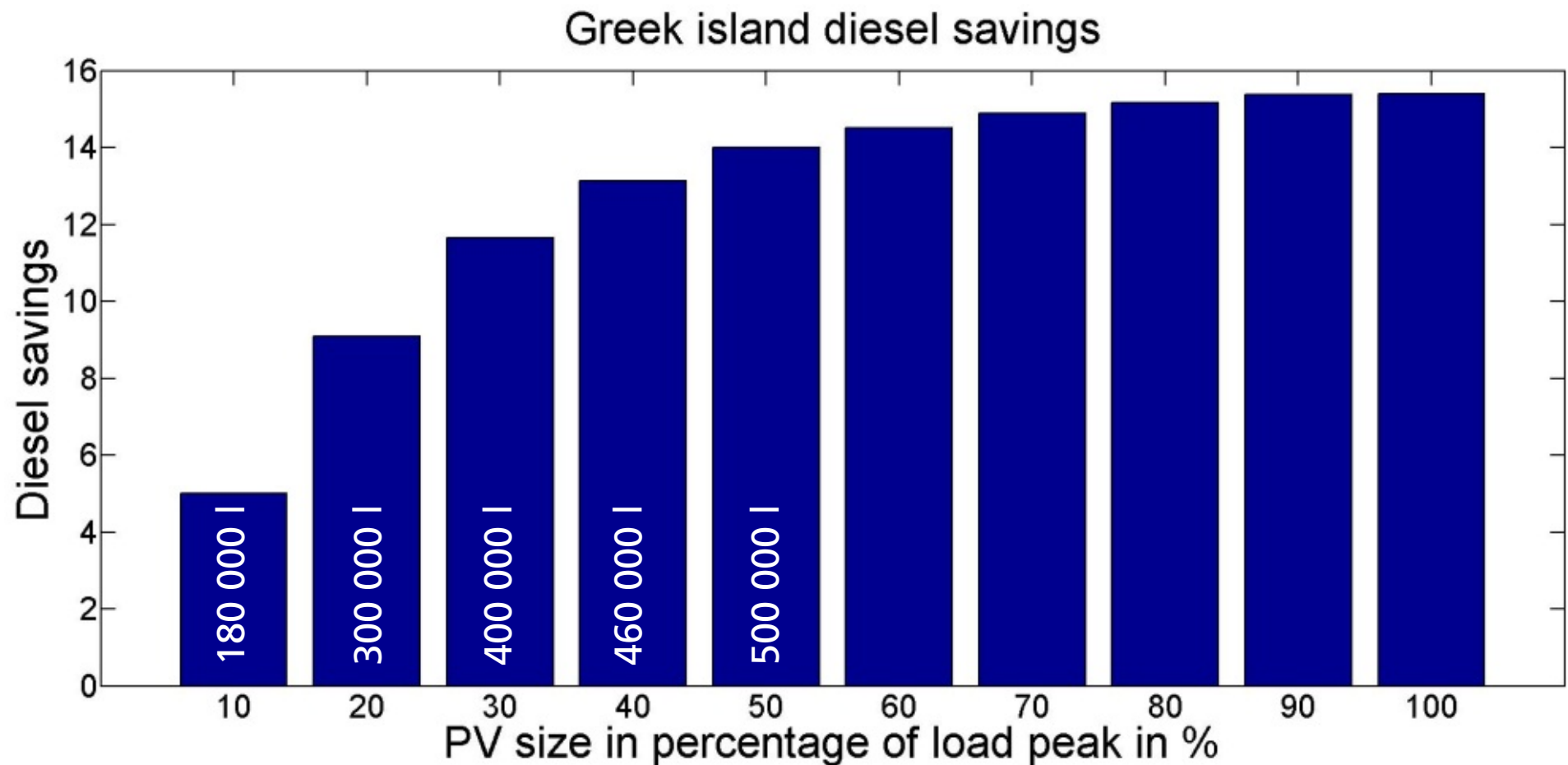
- 3 x 1520 kW
- 2 x 419 kW
- 1 x 1257 kW



Systemstudien

Inselanwendung in Griechenland

- Spitzenlast: 6 MW
- Dieserverbrauch: 3500 Millionen Liter/a



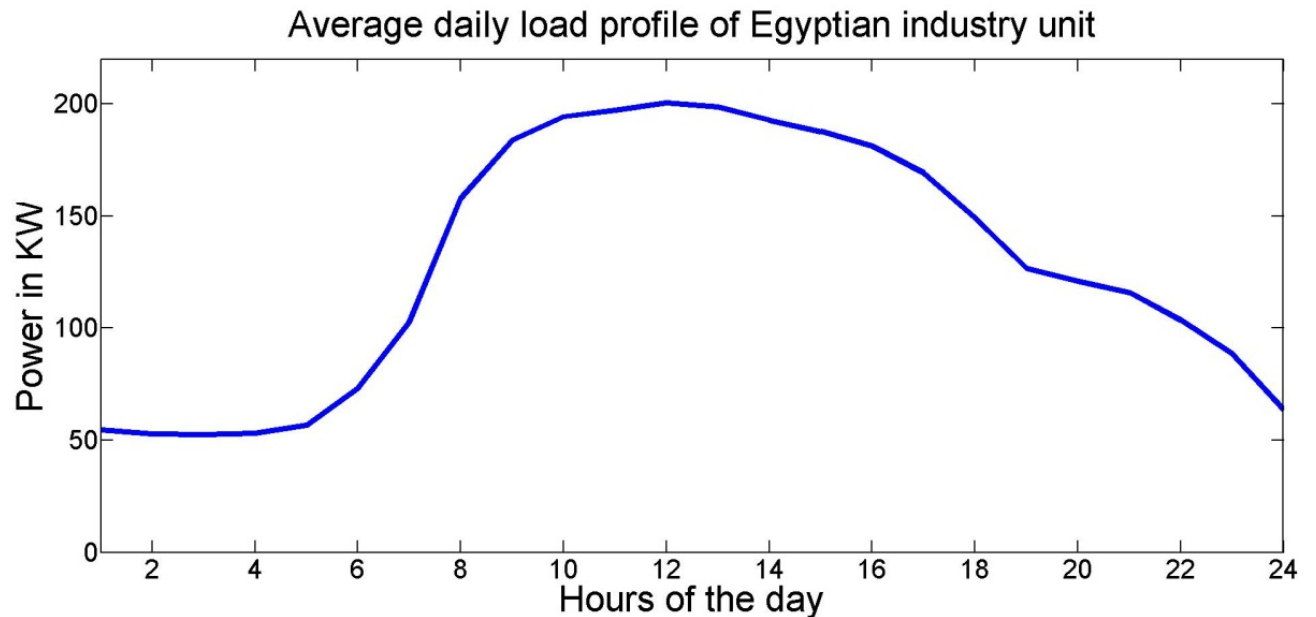
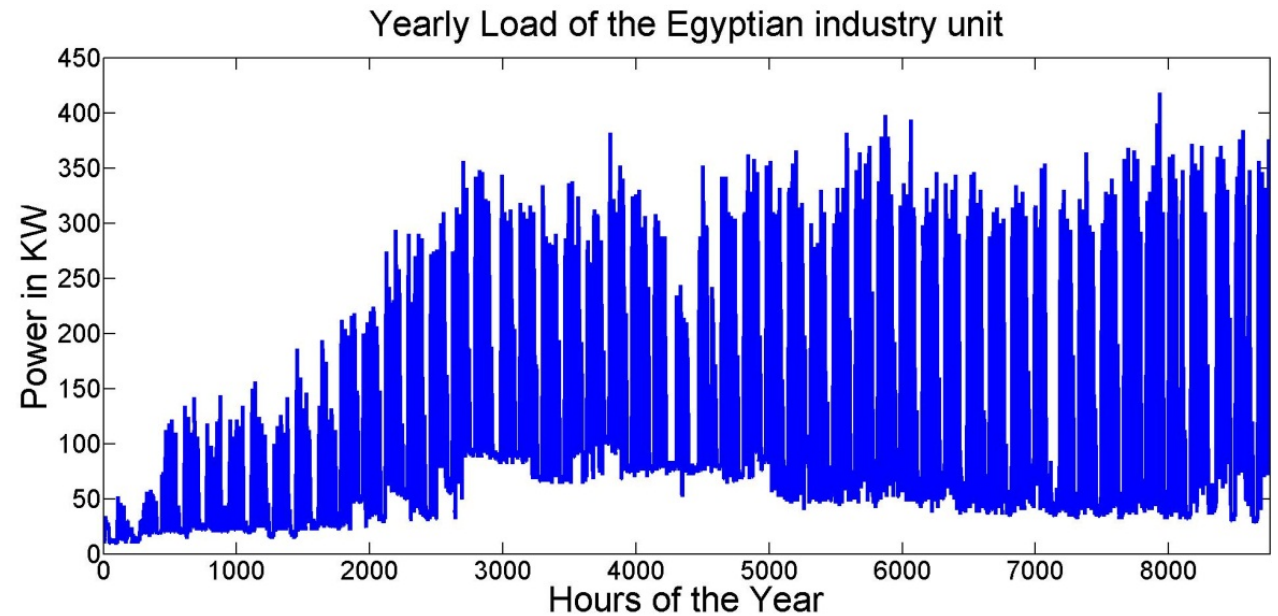
Systemstudien

Industrielle Anwendung in Ägypten

- Verbrauch:
1120 MWh
- Spitzenlast: 420 kW

Dieseldgeneratoren:

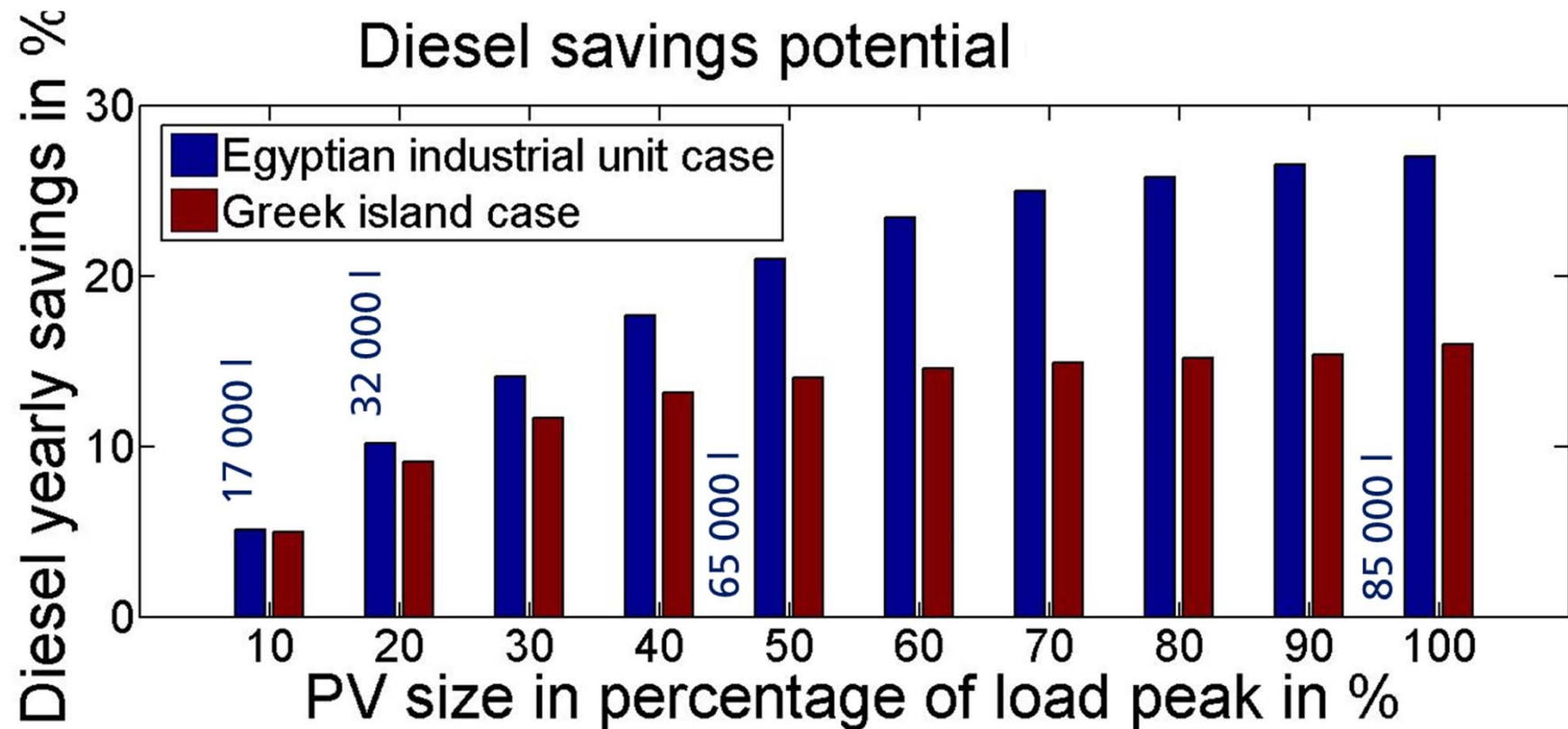
- 350 kW
- 120 kW



Systemstudien

Industrielle Anwendung in Ägypten

- Spitzenlast: 420 kW
- Dieserverbrauch: 300 000 Liter/a



Systemstudien

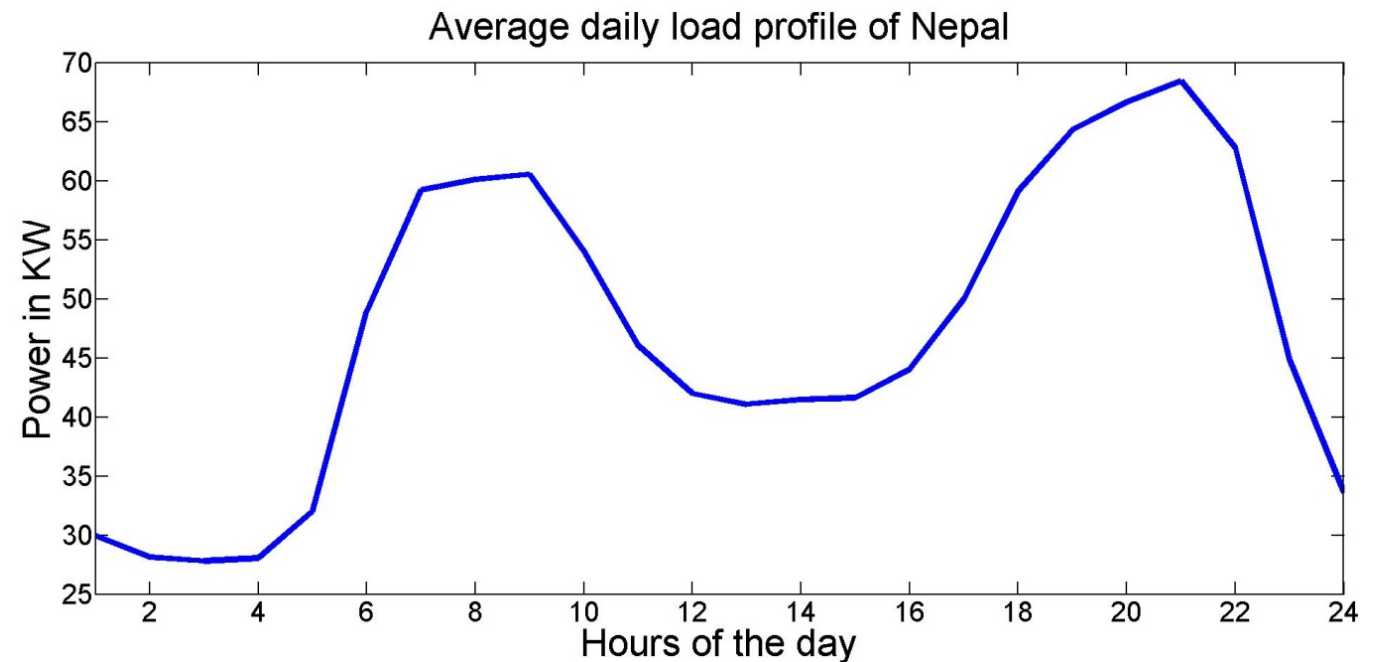
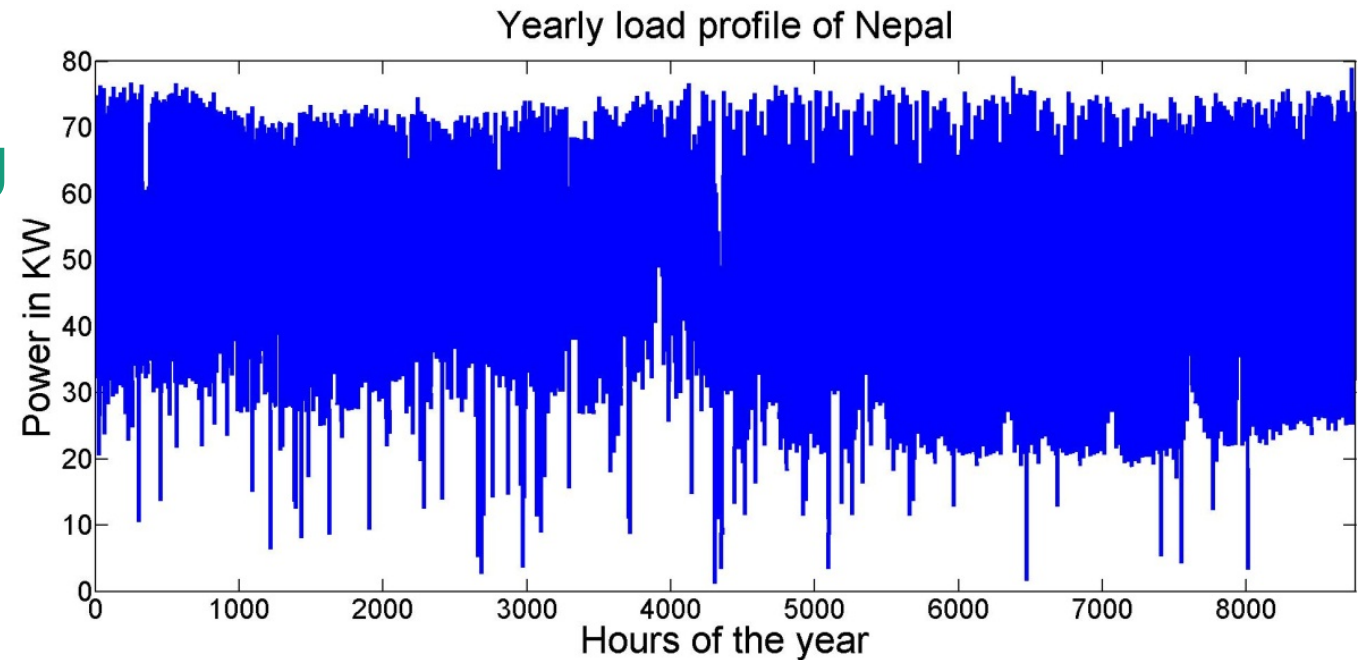
Dorfanwendung

Nepal

- Verbrauch:
410 MWh
- Spitzenlast: 80 kW

Dieseldgenerator:

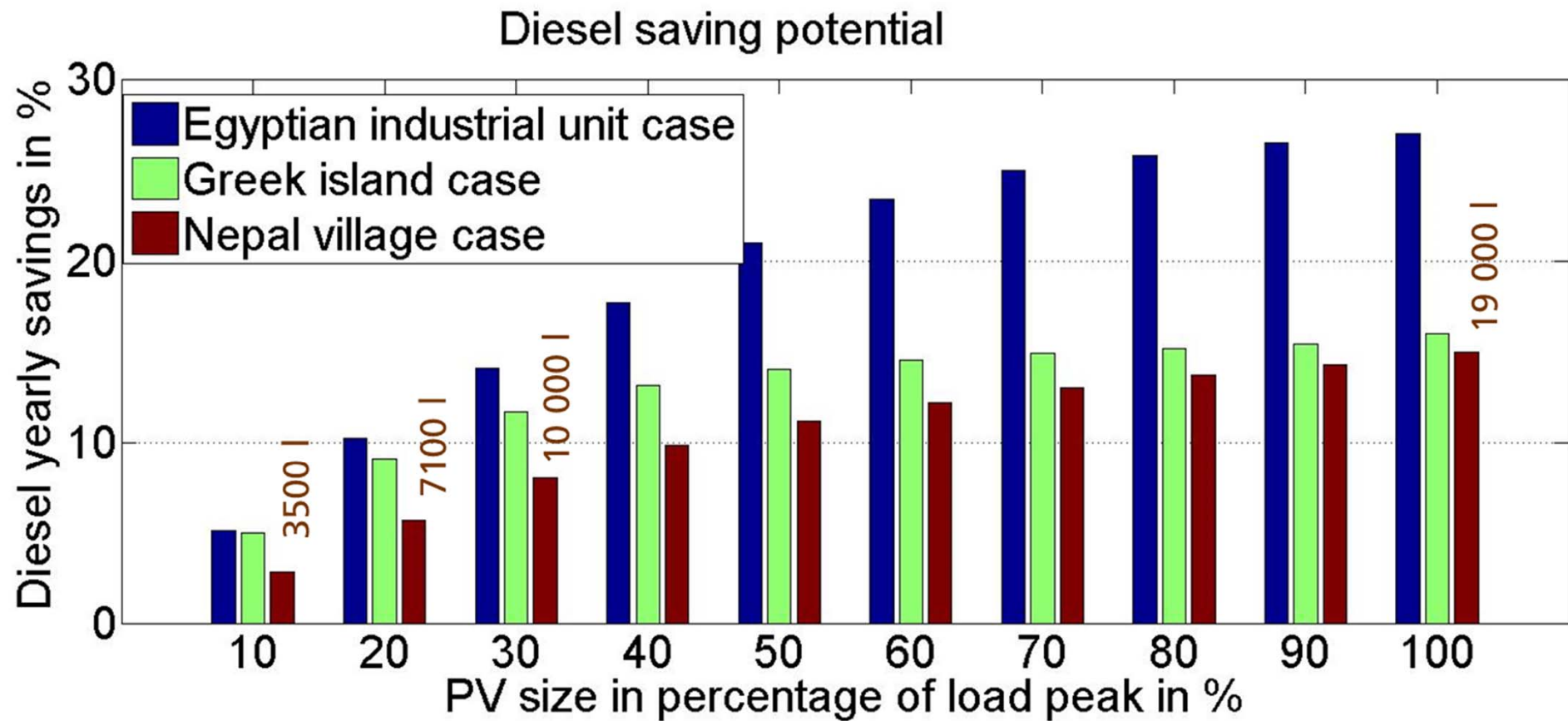
- 80 kW



Systemstudien

Dorfanwendung in Nepal

- Spitzenlast: 80 kW
- Dieserverbrauch: 125 000 Liter/a



Systemstudien

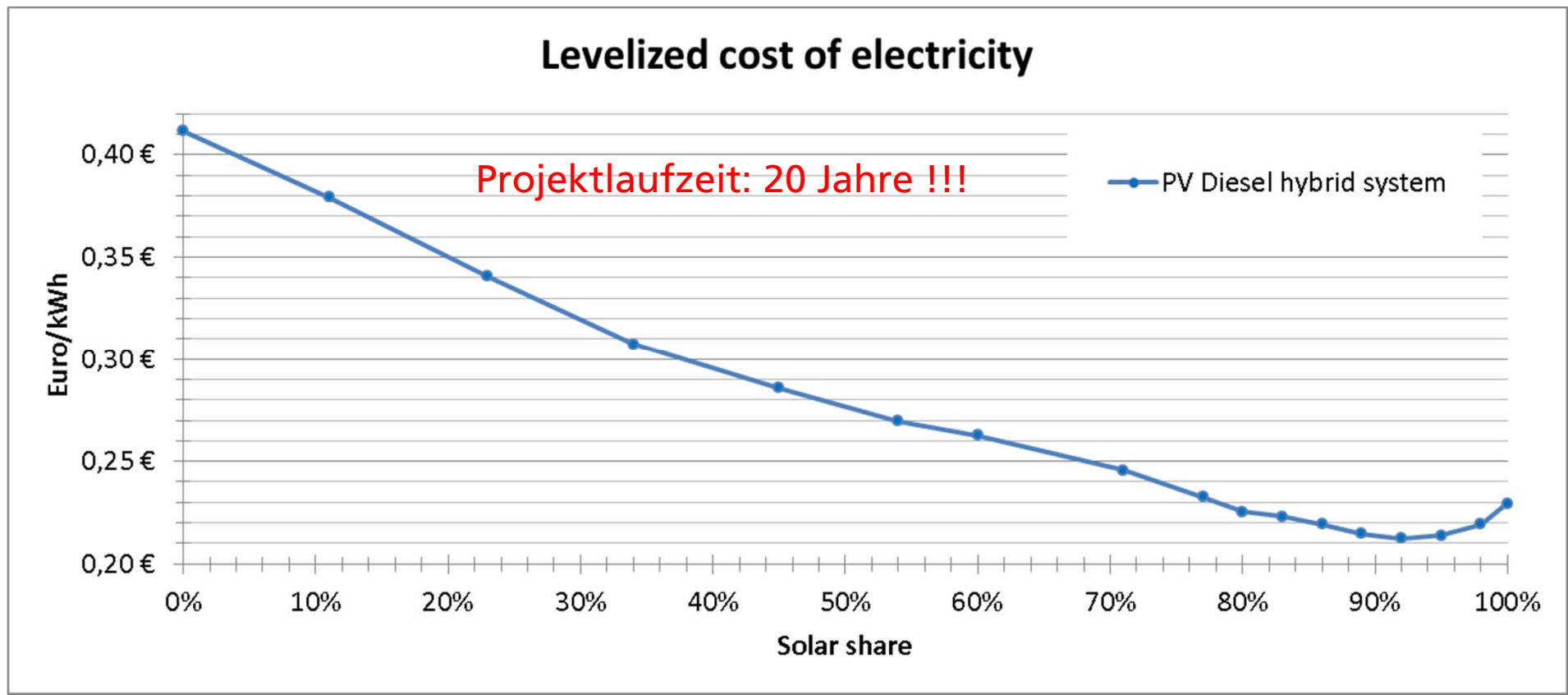
Dorfanwendung in Uganda

■ Last:

- Spitzenlast: 200 kW
- Jährlicher Verbrauch: 574 MWh

■ PV-Diesel-Hybridsystem:

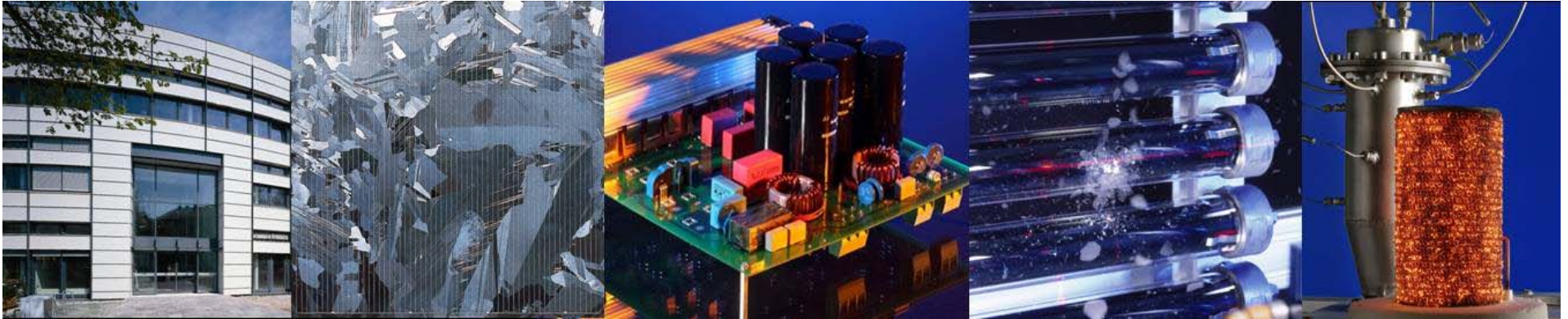
- PV-System (inkl. Wechselrichter): 1,5 Euro/Wp
- Batteriesystem: 220 Euro/kWh
- Diesel: Invest 273 €/kW; Treibstoff 1€/l; Wartung: 0,7 €/h



Zusammenfassung und Ausblick

- Integration von Photovoltaik-Anlagen in Dieselnetze ökonomisch sinnvoll
 - Basis der Betrachtung: Stromgestehungskosten
 - Ökonomisches Optimum abhängig von der darstellbaren Projektlaufzeit
- 3 Stufen der Hybridisierung
 - Niedriger PV-Anteil ohne Speicher: Systemintegration einfach
 - Mittlerer PV-Anteil ohne Speicher: Stabiles Systemverhalten durch zusätzliche Regelung (Fuel Saver) und ggf. zusätzliches Lastmanagement
 - Mittlerer bis hoher PV-Anteil mit Speicher: Optimiertes Systemverhalten durch Energiemanagement (Erzeugermanagement, Speichermanagement, Lastmanagement)
- 100 % erneuerbar in Inselnetzen: In der Praxis stellen Dieselgeneratoren als Backup eine 24 h / 7 Tage Versorgung sicher

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !!!



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Dr. Matthias Vetter

www.ise.fraunhofer.de

matthias.vetter@ise.fraunhofer.de