



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
my campus

PV-Wind-Diesel Hybridsystemen

Regelung und Betriebsführung mit leistungsoptimierten
Energiespeichern

Herbstworkshop Prof. Energiespeichersysteme. TU Dresden, 15.11.2016

Prof. Dr.-Ing. Antonio Notholt – Fakultät Technik



WIE KANN MAN **NACHHALTIGE
ENERGIEN** IN DIE ENTLEGENSTEN
WINKEL DER WELT BRINGEN?





...mit intelligente Systemtechnik

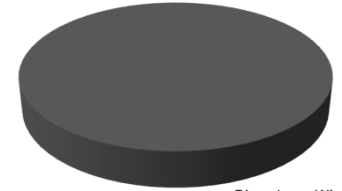
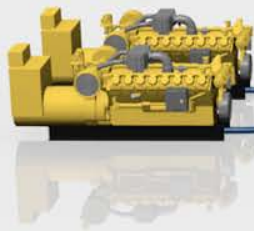
- Verlässliche Rückfallverhalten
- Einsatz von Energiespeicher
- Intelligente Leistungsmanagement
- Schnelle, redundante Kommunikation

Cobija, Bolivien, 2015

Warum Hybridsysteme?



Diesel Gensets erzeugen die notwendige Energie in vielen netzfernen Gebieten. Bei \$1/l für etwa **0,28\$/kWh**



■ Diesel ■ Wind ■ PV

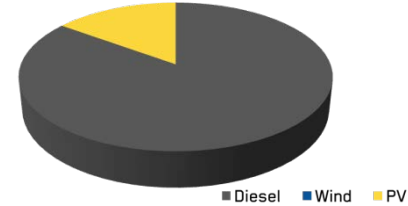
Warum Hybridsysteme?



Diesel Gensets erzeugen die notwendige Energie in vielen netzfernen Gebieten. Bei \$1/l für etwa **0,28\$/kWh**

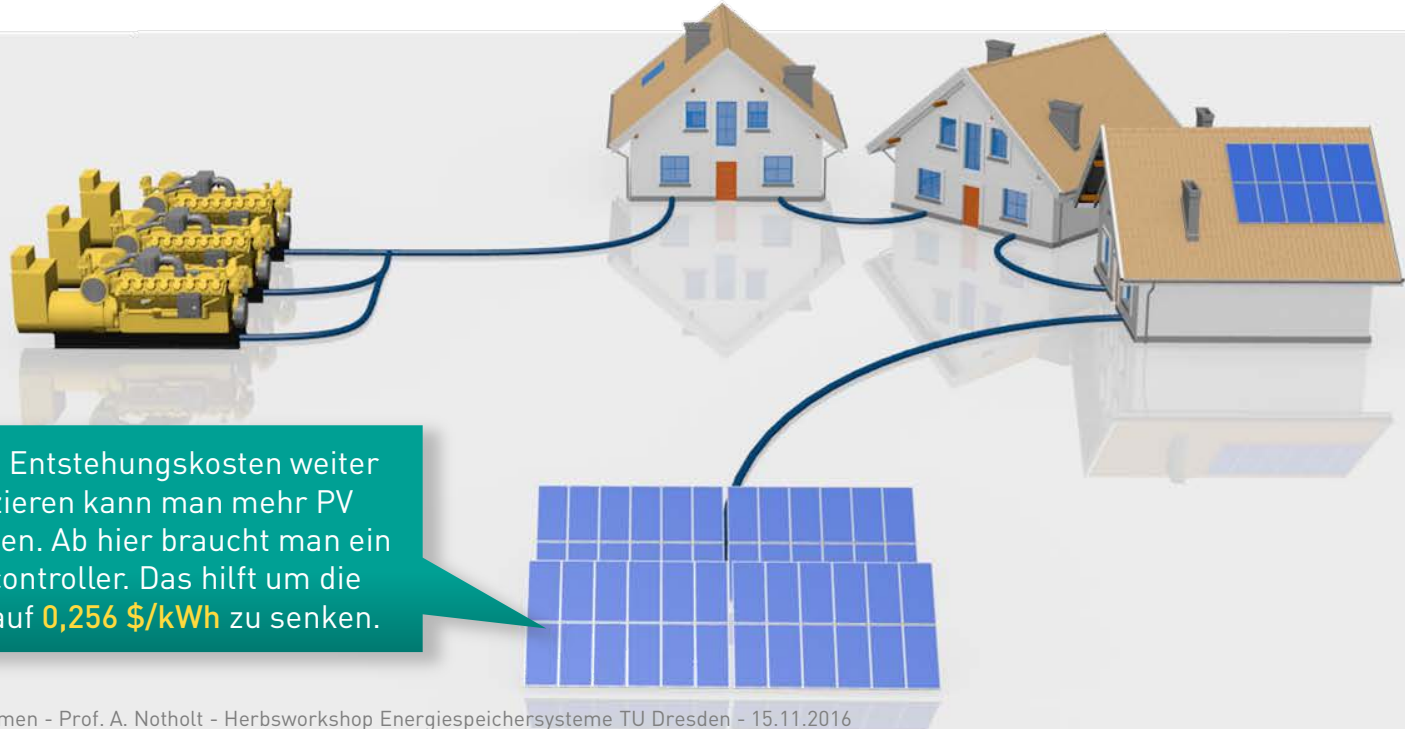
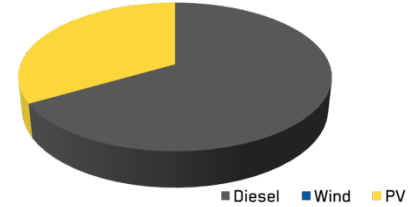


Warum Hybridsysteme?



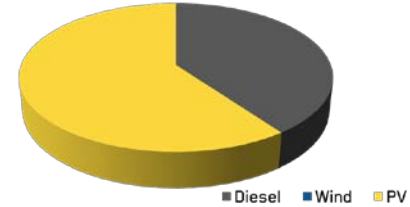
Kleinere PV-Erzeugung (<20%) geht sehr einfach. Mit guten Einstrahlung erzeugt PV zum etwa **0,11 \$/kWh**. Das Hebel ist aber klein, gerade wird zum **0,267 \$/kWh** erzeugt.

Warum Hybridsysteme?

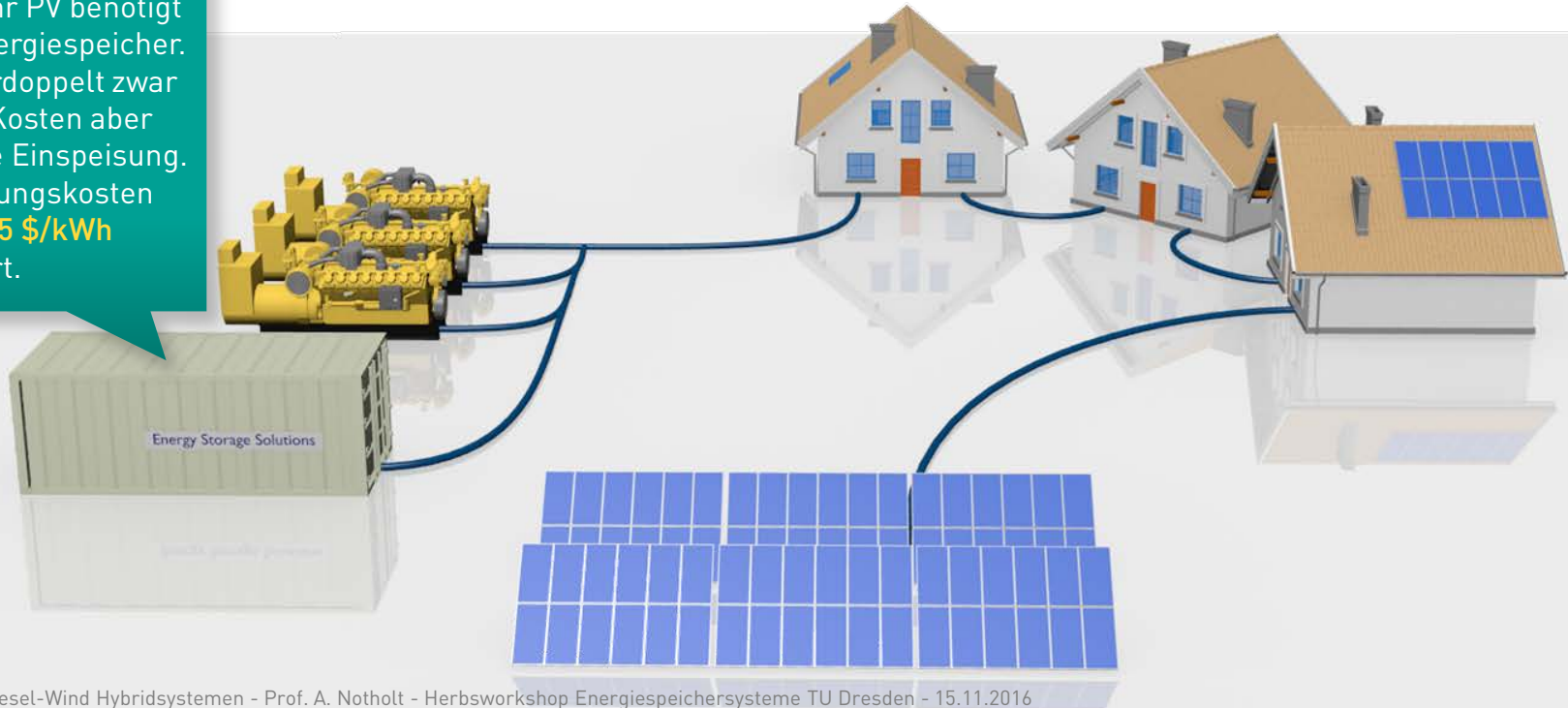


Um den Entstehungskosten weiter zu reduzieren kann man mehr PV einbringen. Ab hier braucht man ein Systemcontroller. Das hilft um die Kosten auf **0,256 \$/kWh** zu senken.

Warum Hybridsysteme?



Für mehr PV benötigt man Energiespeicher. Dies verdoppelt zwar die PV-Kosten aber auch die Einspeisung. Entstehungskosten auf **0,255 \$/kWh** reduziert.

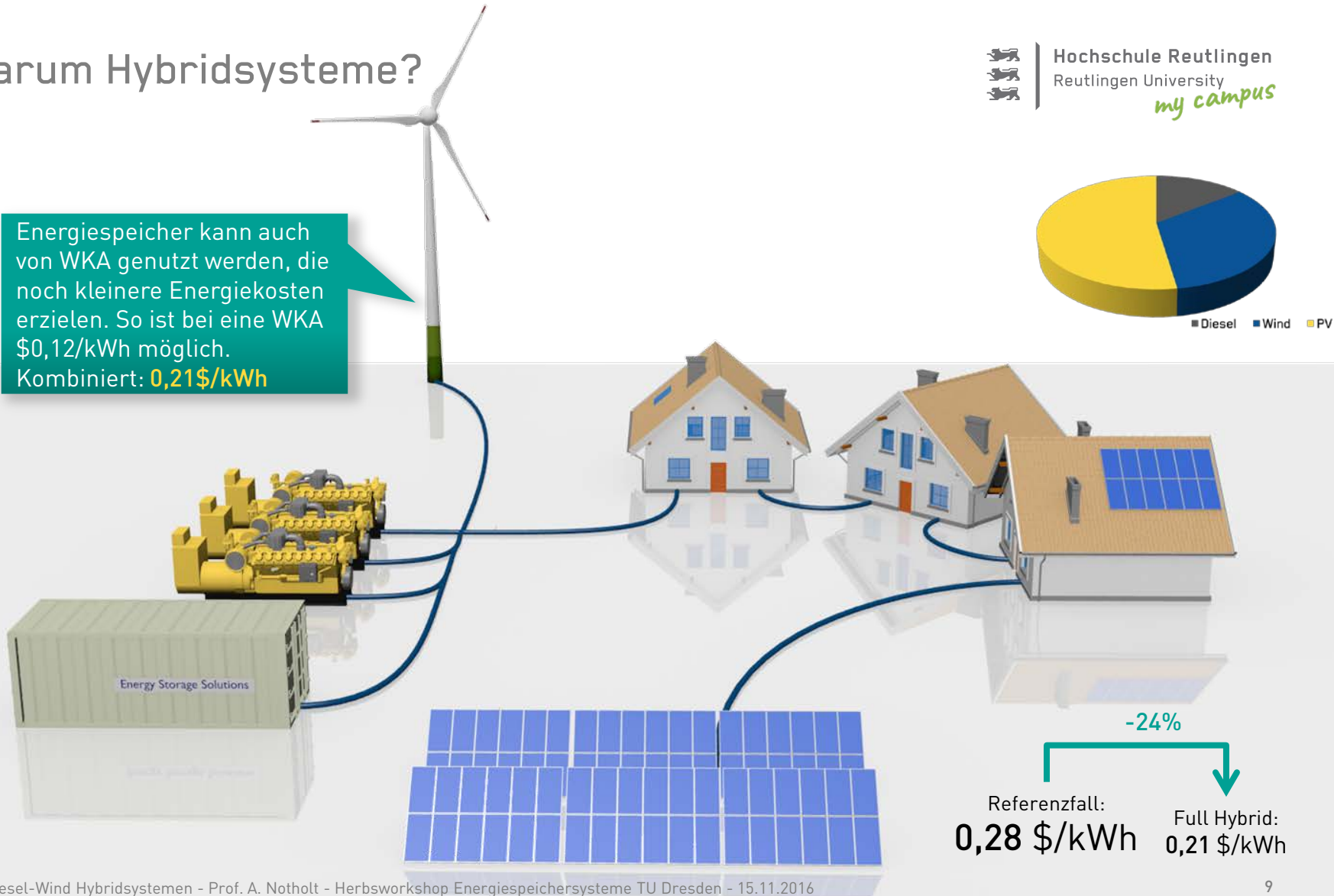
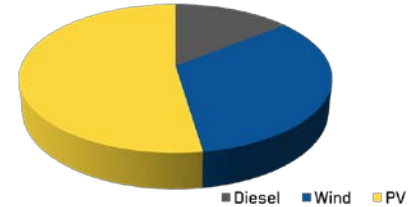


Warum Hybridsysteme?

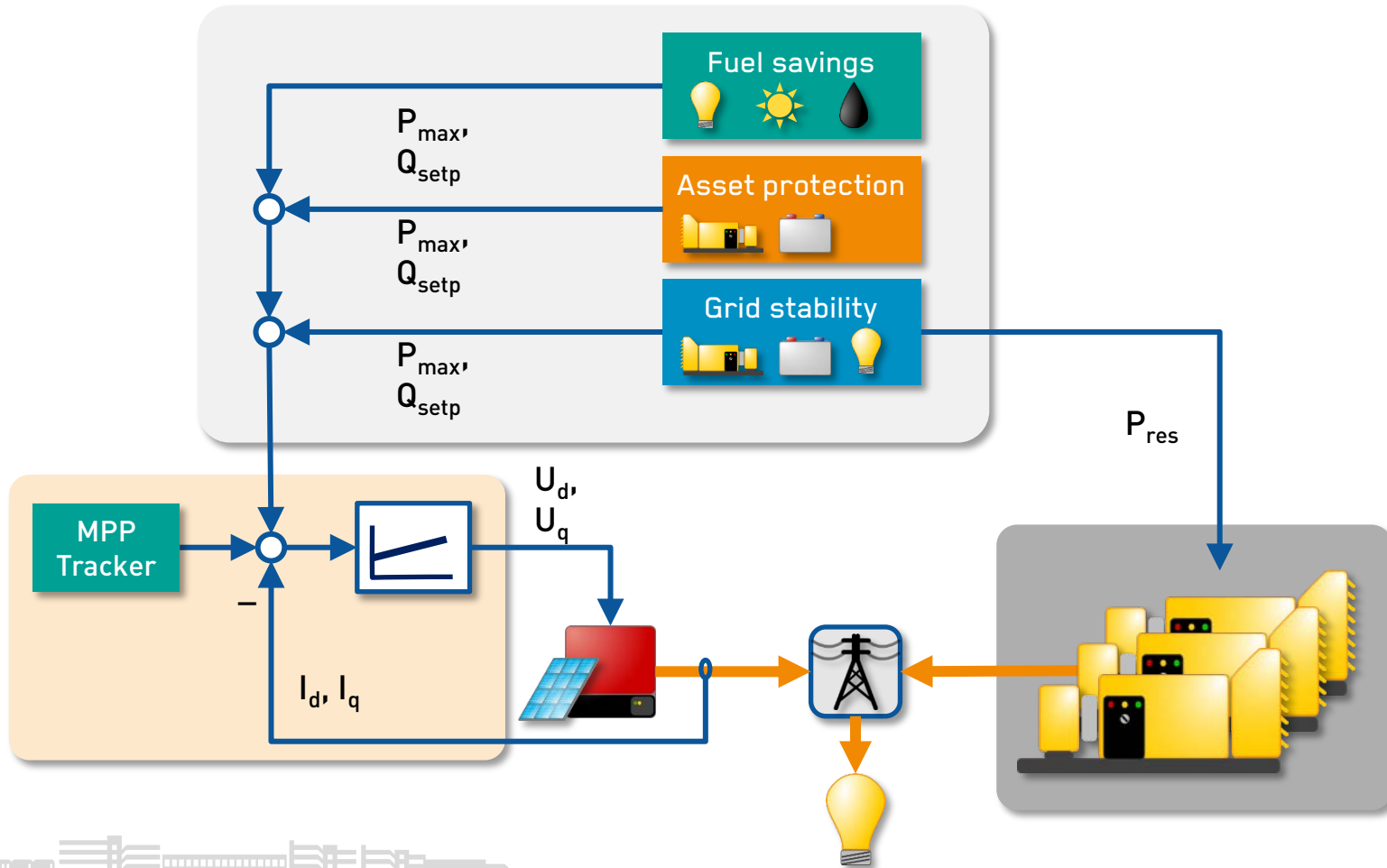


Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
my campus

Energiespeicher kann auch von WKA genutzt werden, die noch kleinere Energiekosten erzielen. So ist bei eine WKA \$0,12/kWh möglich.
Kombiniert: **0,21\$/kWh**



Multi-domain Regelung



Grid stability



Systemstabilität

- Optimierte Teilnahme von PV, Wind und Batterie an den Blindleistungsbedarf
- Deckung der Leistungsgradienten aus PV und Wind
- Überwachung und Steuerung der Reserveleistung



Asset protection



Betriebsmittelschutz

- Gewährung der Mindestbelastung von Generatoren
- Schutz vor übermäßige Zyklisierung der Batterie
- Schutz vor hohe Temperaturzyklisierung der Generatoren

Fuel savings



Kraftstoffeinsparung

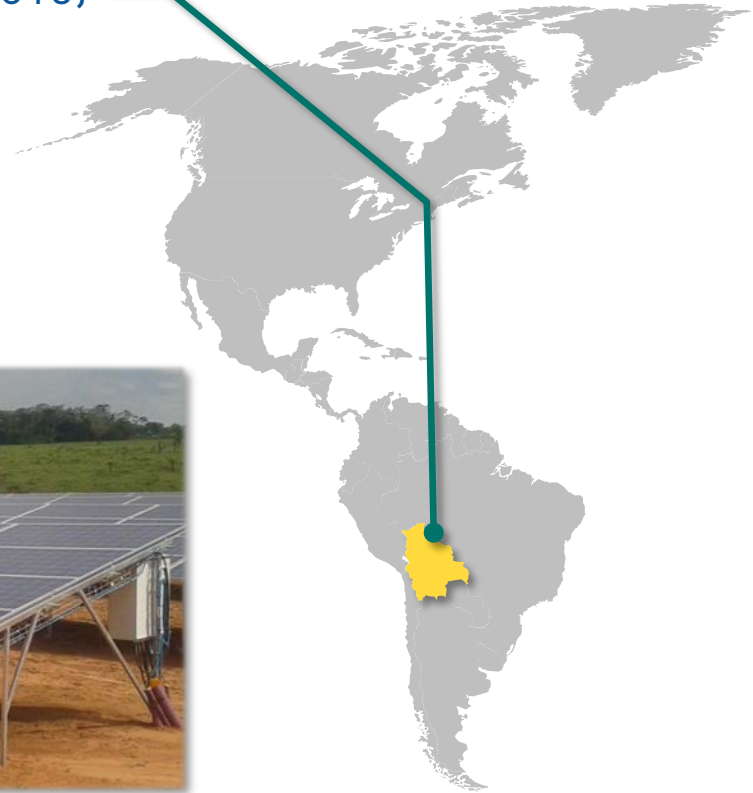
- Einsatz von Erzeuger nach dem Prinzip der günstigerer Entstehungskosten
- Ganz ausschalten von Diesel-Generatoren (Diesel-Off-Mode)
- Änderung in der Einsatzpriorität der Generatoren um Laufzeiten zu optimieren

Größte PV-Diesel-System in Lateinamerika (2015)

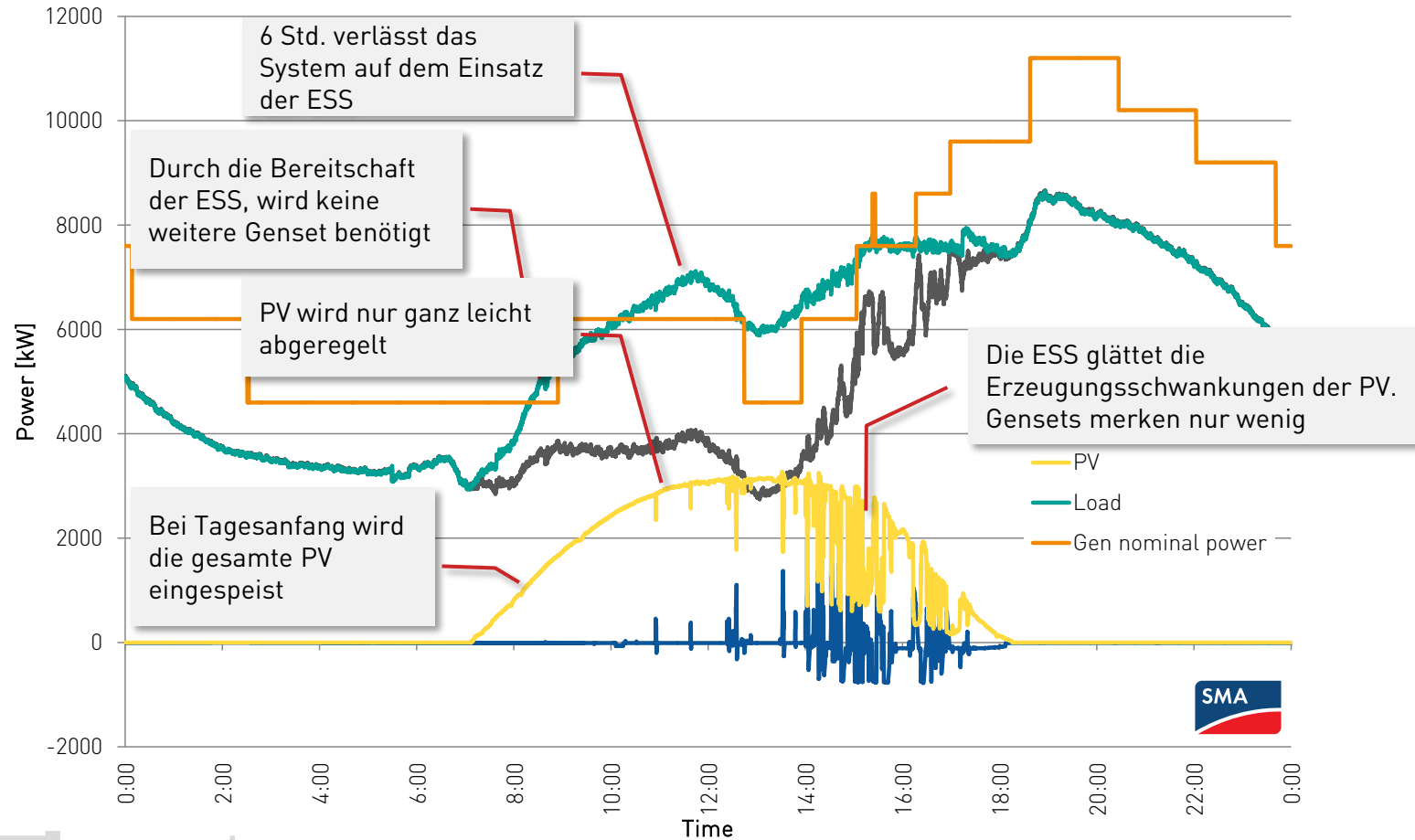
14 MW Diesel-Erzeugung in 10 Einheiten

5 MWp PV mit 6 SMA SC-CP 800

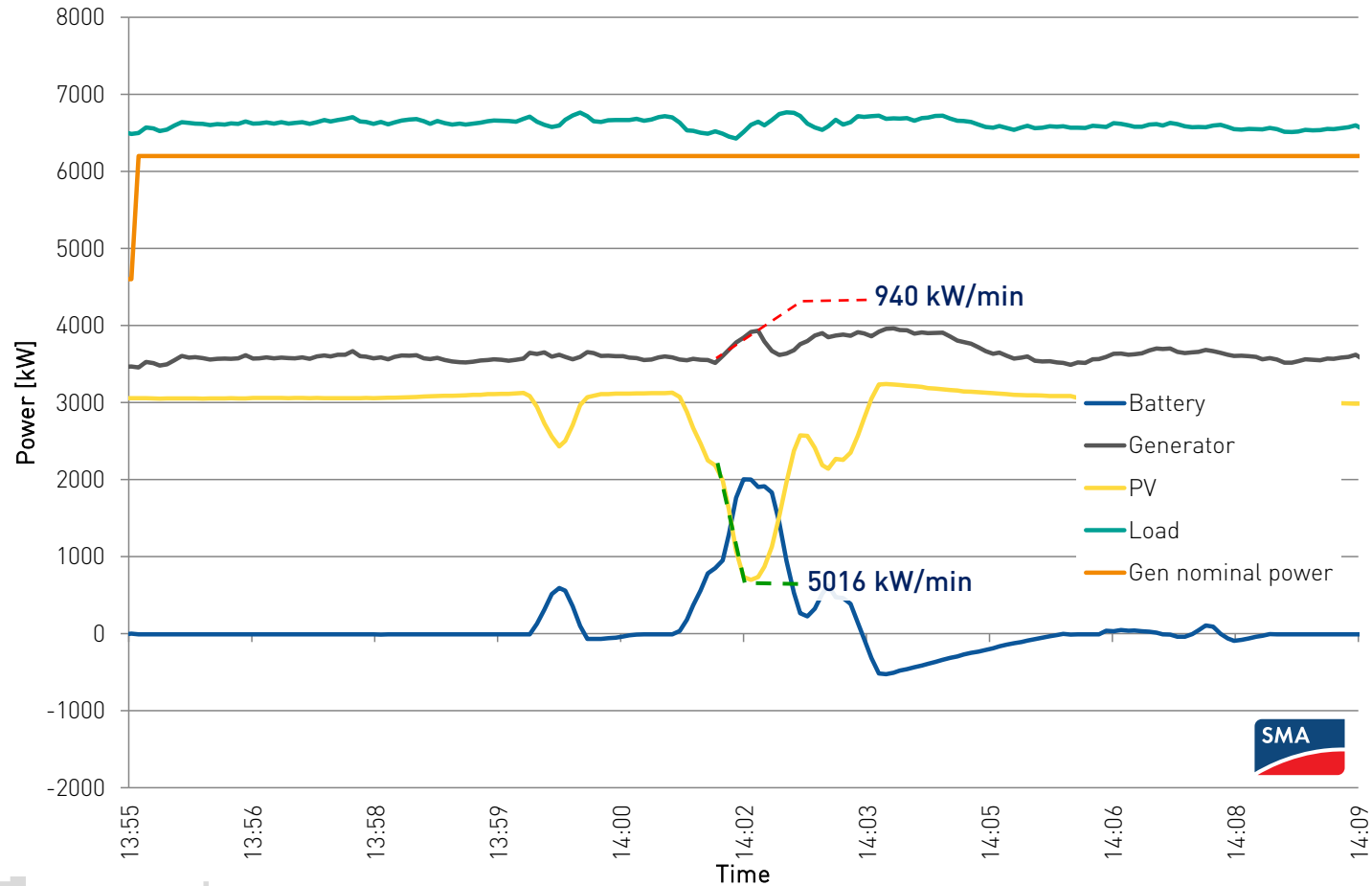
2,5 MWp Li-Ion Batterie (1 MWh)



Ein Tag...



Energiespeicher im Einsatz



Auswertung Daten von Juni 2015 bis Juni 2016

© Paul Stankat, SMA

KPI (Leistungsindikator)	Wert	Rahmenbedingungen
PV System Yield (Performance Ratio)	1 131 kWh/kWp (66,5%)	Typ. 60% - 70%, Einstrahlung: 1 701 kWh/kWp
Production Factor (nicht begrenzten Zustand)	80,28%	88% der Zeit
Solar Fraction (Tagsüber)	12.40% (25.6%)	% der Energie
Energiedurchsatz Batterie	190,6 MWh (0,53 C/day)	< 1 C/day
Kraftstoffeinsparungen	1 516 000 l	(@0,268l/kWh)
Mittlere Genset-Auslastung Tagsüber (Nacht)	59,8% (63,3%)	> 50% typ. gefordert
Mittlere Online-Generatorleistung (Tagsüber)	118% P_{Last}	

Erneuerbare Energien sind **heute**
schon **Wettbewerbsfähig** gegenüber
herkömmliche Erzeugung

Leistungsspeicher **ermöglichen**
EE-Anteile zu erhöhen und bieten
gute Kosten-Leistungsverhältnisse

Glaubwürdigkeit der
Energiespeicher bei
Investoren muss erhöht
werden



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
my campus

Prof. Dr.-Ing. Antonio Notholt – Fakultät Technik
Hochschule Reutlingen, Alteburgstraße 150, 72762 Reutlingen
www.reutlingen-university.de
T. +49 (0)7121 271-7031, F. +49 (0)7121 271-907031
Antonio.Notholt@reutlingen-university.de

Der Autor bedankt sich herzlich für
die freundliche Unterstützung des
Geschäftsbereichs „Off-Grid &
Storage“ der SMA Solar
Technology AG.



Ressource Analysis

Dataset	2015-06-10	2016-06-09
Dataset coverage	8 601 h	98.2%
Dataset sampling	5 s	6 185 412 points
Solar ressource	1 700 kWh/kWp	4.65 kWh/m ² ·d
Measured load	45 587 MWh	