



Technische  
Universität  
Braunschweig



Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel

Fachforum 1:

## **Möglichkeiten und Hindernisse von Photovoltaikanlagen bei der Erbringung von Systemdienstleistungen**

Göttinger Energietage 2016

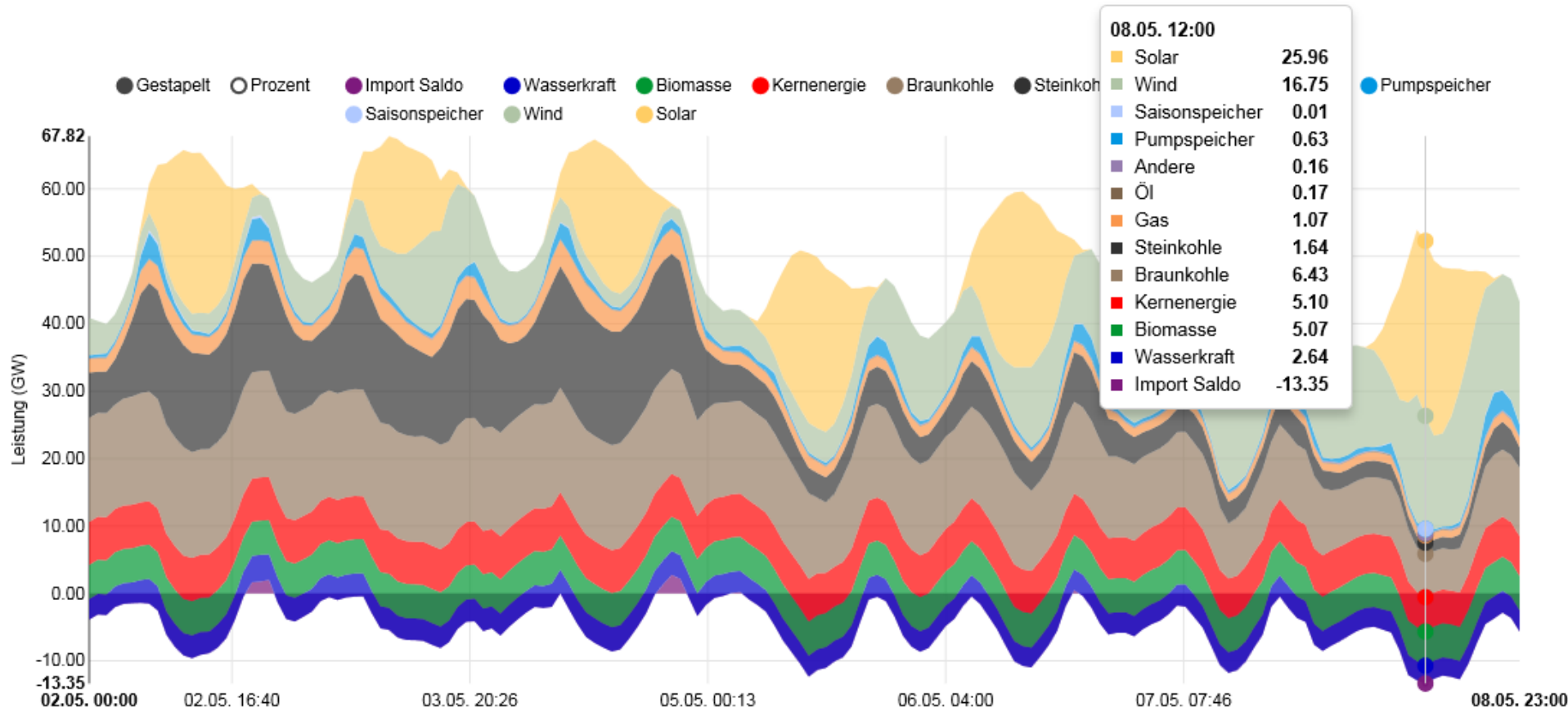
18. Mai 2016

# Diskussionsbeiträge im Fachforum 1

1. Einführung (Prof. Bernd Engel, EFZN und elenia)
2. Möglichkeiten der PV aus Sicht BNetzA (Frau Dr. Christine Müller)
3. Möglichkeiten und Grenzen der Erbringung von SDL durch PV (Volker Wachenfeld, SMA)
4. Kurzberichte aus der Forschung:
  - Regelleistung aus PV (Björn Osterkamp)
  - Eigenversorgung und Systemdienlichkeit (Daniel Unger)
  - Erweiterte Blindleistung aus PV (Engel)
5. Diskussion



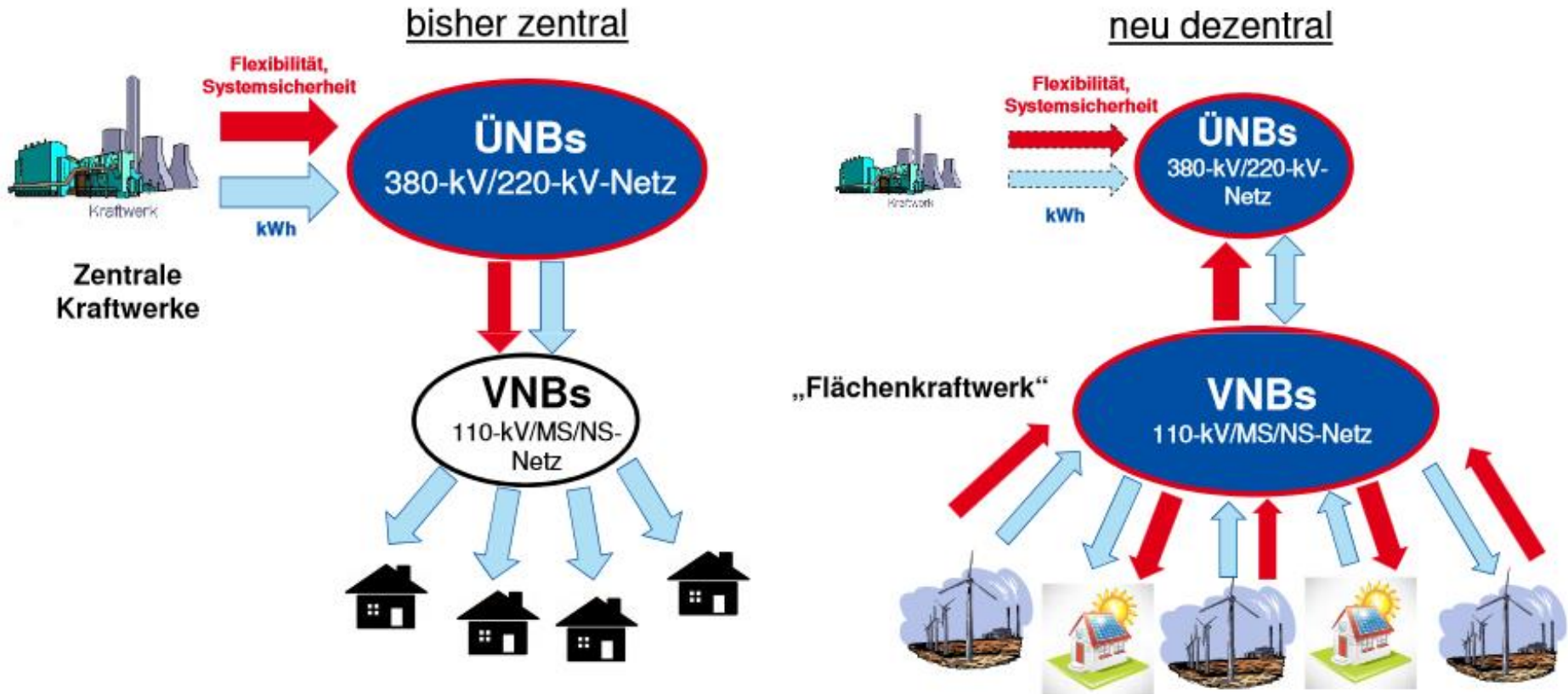
# Muttertag (8.5.2016) war ein Spitzentag für die Erneuerbaren: Über 95 % (50,4 GW) der deutschen Last (52,3 GW) wird aus EE gedeckt!



**13,3 GW Export und bis zu negative Preise bis 13 ct/kWh wegen unflexibler Kohle-, Atom- und Ölkraftwerke**

Datenq  
letztes l

# Energiewende führt zu Paradigmenwechsel: Systemdienstleistungen kommen zukünftig aus dem Verteilungsnetz, um konventionelle Mindesterzeugung zu reduzieren



# Grundlagen Systemdienstleistungen

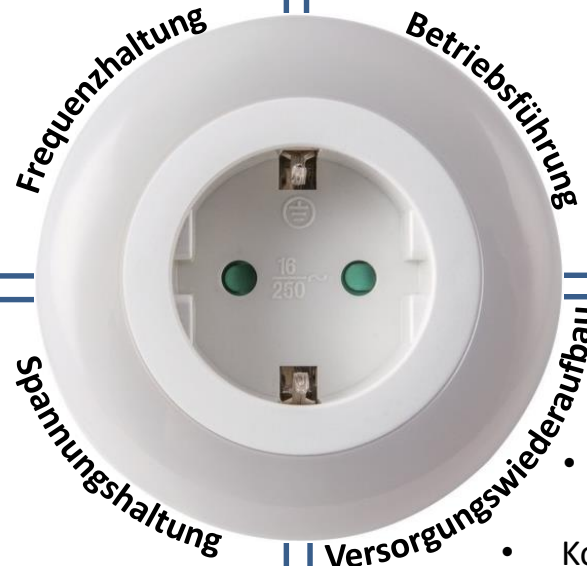
Welche Systemdienstleistungen gibt es?

- Regelleistung als Bilanzausgleich zw. Erzeugung und Verbrauch
- Regelgröße ist die Netzfrequenz  $f = 50 \text{ Hz}$
- Momentanreserve
- Regelkette aus PRL, SRL und MR
- Erbringung durch konv. Großkraftwerke & steuerbare Lasten
- Frequenzabhängige Wirkleistungsreduktion („50,2 Hz“)

- Monitoring und Überwachung aller Netzebenen
  - Engpass- und Einspeisemanagement
- Verhinderung von Betriebsmittelüberlastungen
  - Koordination des Netzbetriebs
  - Netzleitwarte als zentrale Steuerungseinheit

- Blindleistungsmanagement zur aktiven Beeinflussung der Spannung
- Spannungsstützung im Kurzschlussfall
- Phasenschieberbetrieb
- Kompensationsanlagen

- Schwarzstart nach Blackout
  - Trennen von Störquellen
  - Inselnetzbildung
- Schaltmaßnahmen zur sukzessiven Wiederherstellung der Versorgung
- Koordinierung durch zentrale Leitstelle und Erbringung durch schwarzstartfähige Kraftwerke (PSKW, GT)



# Natürlicher Interessenskonflikt zwischen Netzbetreibern und Anlagenbetreibern

## Netzbetreiber

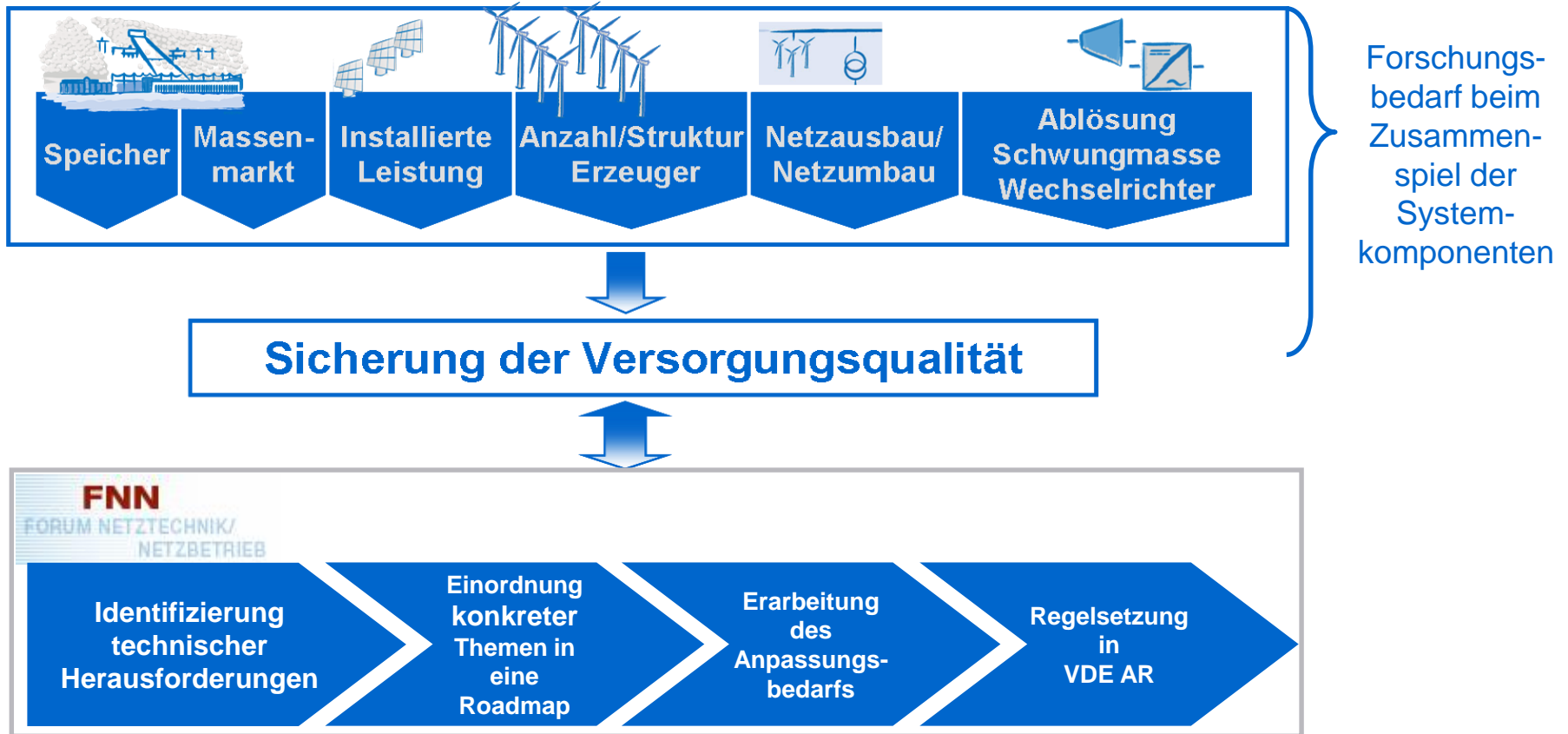


## Anlagenbetreiber

- Möchte möglichst viele Systemdienstleistungen in Netzanschlussbedingungen
- Systemdienstleistungen dann obligatorisch und werden nicht vergütet

- Extrakosten der Systemdienstleistungen sollen Wirtschaftlichkeit der Anlage nicht gefährden
- Systemdienstleistungen sollen möglichst Zusatzeinnahmen generieren, z.B. zu den normalen sinkenden EEG –Vergütungen
- **-> neue Märkte/Erlösmodelle notwendig**

# Systemwandel und Versorgungssicherheit als Treiber für neue Netzanschlussbedingungen



- Die Anwendungsregeln erhalten über die Vermutungswirkung nach EnWG §49 (2) ihre rechtliche Grundlage

# Frage:

## Welche PV-Anlagen (10 MWp) sind netz- und systemfreundlicher?

1000 10 kWp-Dachanlagen zur  
Eigenversorgung im vorstädtischen Raum



- mit Speicher und Energiemanagement
- speist nur 50 % der inst. PV-Leistung in lastdominierte Niederspannungsnetze
- trägt zur lokalen Spannungshaltung und zur Frequenzhaltung bei
- Sektorkopplung möglich (Wärmepumpe) und Elektromobilität
- Speicher kann mittelfristig zeitweise gepoolt in die Energiewirtschaft integriert werden

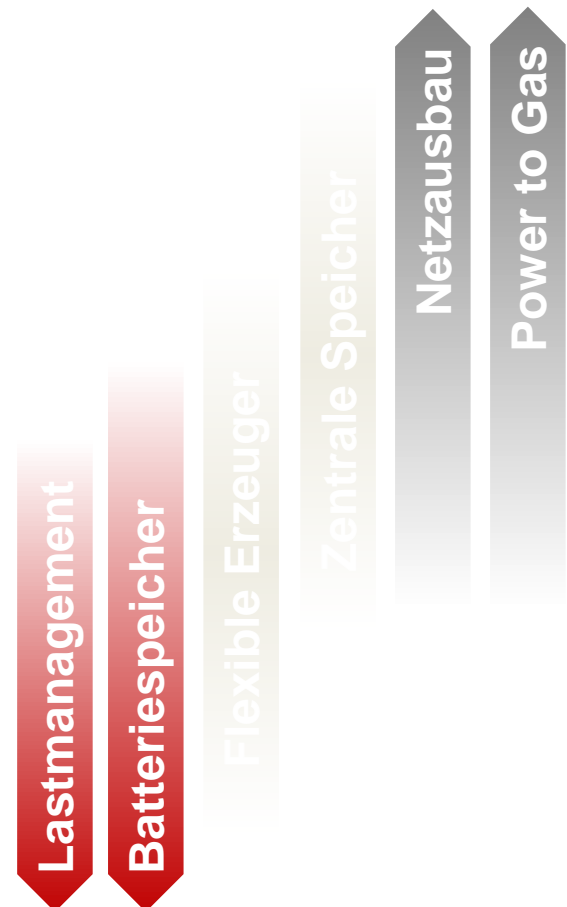
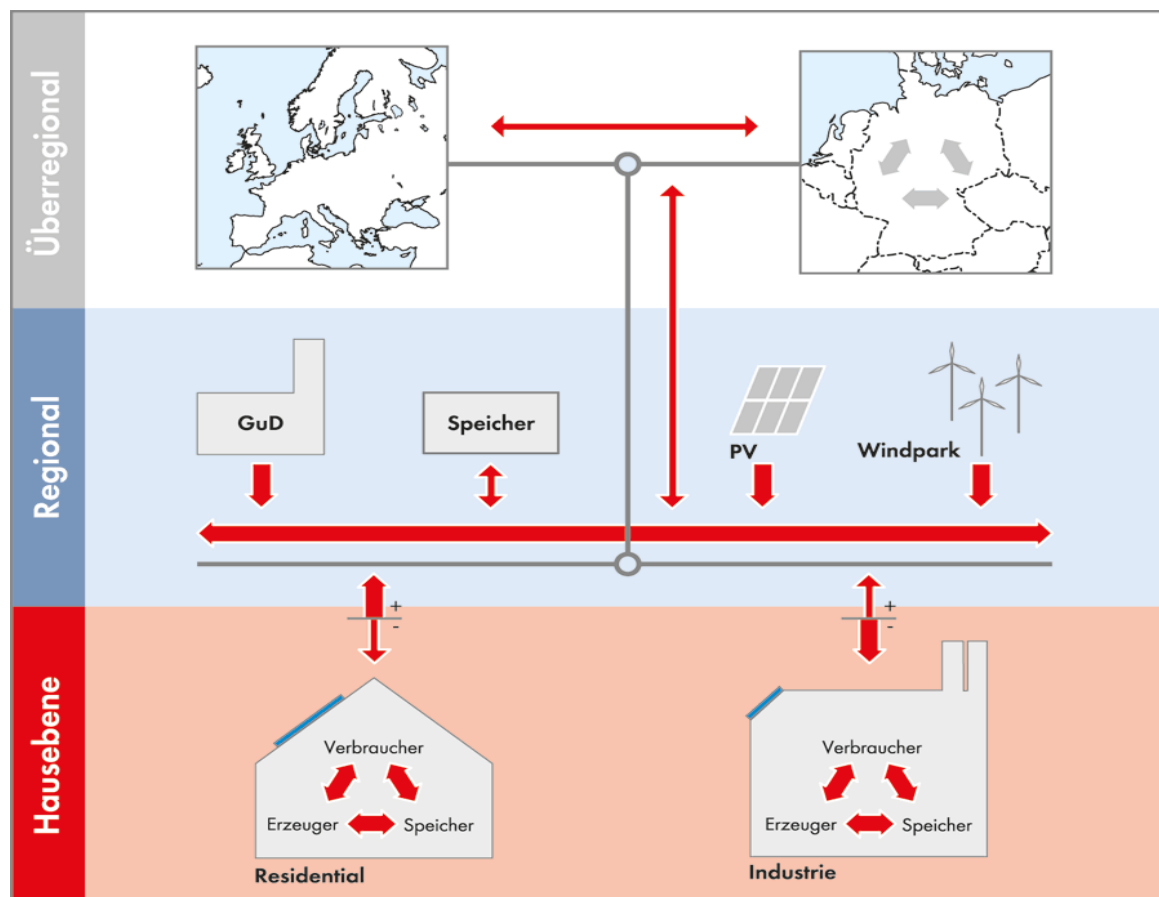
10 MWp – Solarkraftwerk in Brandenburg  
nach Ausschreibung der Bundesnetzagentur



- Direktvermarktung (abgeregelt bei neg. Marktpreisen)
- Normalerweise speist je nach Wechselrichterdimensionierung bis zu 100 % der inst. PV-Leistung lastfern ein in erzeugungsdominierte Hochspannungsnetze (Netzausbau?, Erzeugungsmanagement?)
- Weitergehende Spannungs- und Frequenzhaltung
- Kann in virtuellen Kraftwerken weitere Systemdienstleistungen bereitstellen (z.B. Regelleistung, Blindleistungslieferung Q@night)



# Wesentliche Möglichkeiten zur Flexibilisierung der Stromversorgung



» Flexibilisierungs-Optionen sind auf allen Ebenen sinnvoll und erforderlich

# Kein Förderprogramm für PV-Guerilla! Wir wünschen uns netzdienliche PV

1  
0



Quellen: [www.sonnenflüster.de](http://www.sonnenflüster.de) ; [www.TOP50Solar.de](http://www.TOP50Solar.de)

# Kein Förderprogramm für PV-Guerilla! Wir wünschen uns netzdienliche PV

1  
1



Quellen: [www.sonnenflüster.de](http://www.sonnenflüster.de) ; [www.TOP50Solar.de](http://www.TOP50Solar.de)



Technische  
Universität  
Braunschweig

**elenia**  
Institut für Hochspannungstechnik  
und Elektrische Energieanlagen



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Quelle: SMA

**Ich freue mich auf Ihre Fragen und Kommentare**

Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel

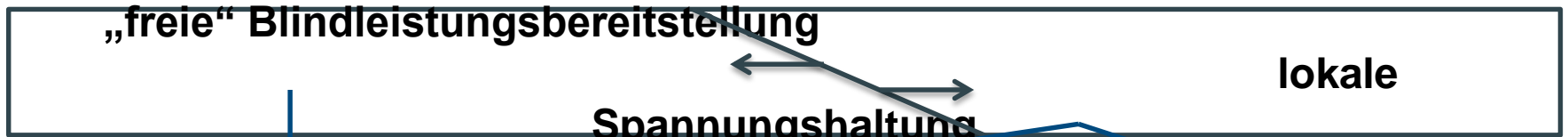
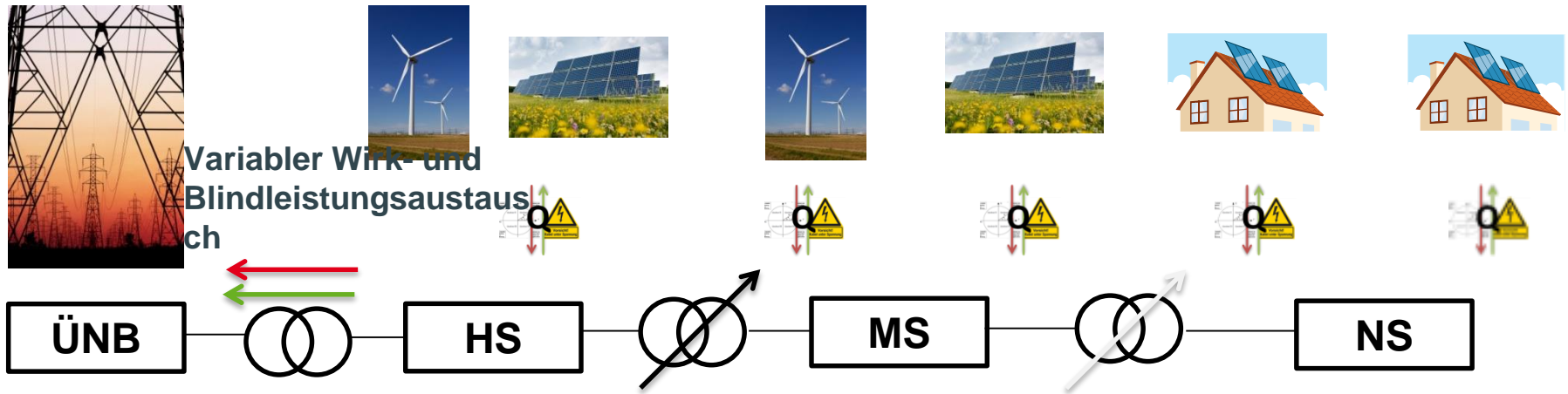
Institutsleiter elenia

Fachgebiet Komponenten nachhaltiger Energiesysteme

0531/391-7740

[bernd.engel@tu-braunschweig.de](mailto:bernd.engel@tu-braunschweig.de)

# Forschungsfrage: Kann das aktive Verteilnetz die vom Übertragungsnetz gewünschte Blindleistung liefern?



- Wie groß ist der Bedarf an Blindleistung?
- Wie kann der Bedarf gedeckt werden (Phasenschieber etc.)?
- Welchen Vorteil / Nachteil (Verluste, Spannung) hat die Bereitstellung von Blindleistung durch ein rBLKW?
- Q@Night bei Solarparks
- Wie groß ist das Potenzial für die Nutzung von Verteilnetzen als regelbarer Q-Quelle?

DEA sorgen für Spannungshaltung, Netzausbau wird vermieden, jedoch auch keine fahrplanmäßige Blindleistungssteuerung möglich

Durch Netzausbau/ rONT bessere Spannungsqualität in den Netzen und somit zunehmend Möglichkeit der fahrplanmäßigen Blindleistungseinspeisung

# Phasenschieber Biblis A von RWE Power für Amprion - Betriebsdiagramm

KWU, Mülheim 1969

damals größter Turbogenerator der  
Welt

$U_N = 27 \text{ kV}$

$S_N = 1500 \text{ MVA}$

wassergekühlt

2012 Umbau zum Phasenschieber

Kosten ca. 7 Mio€

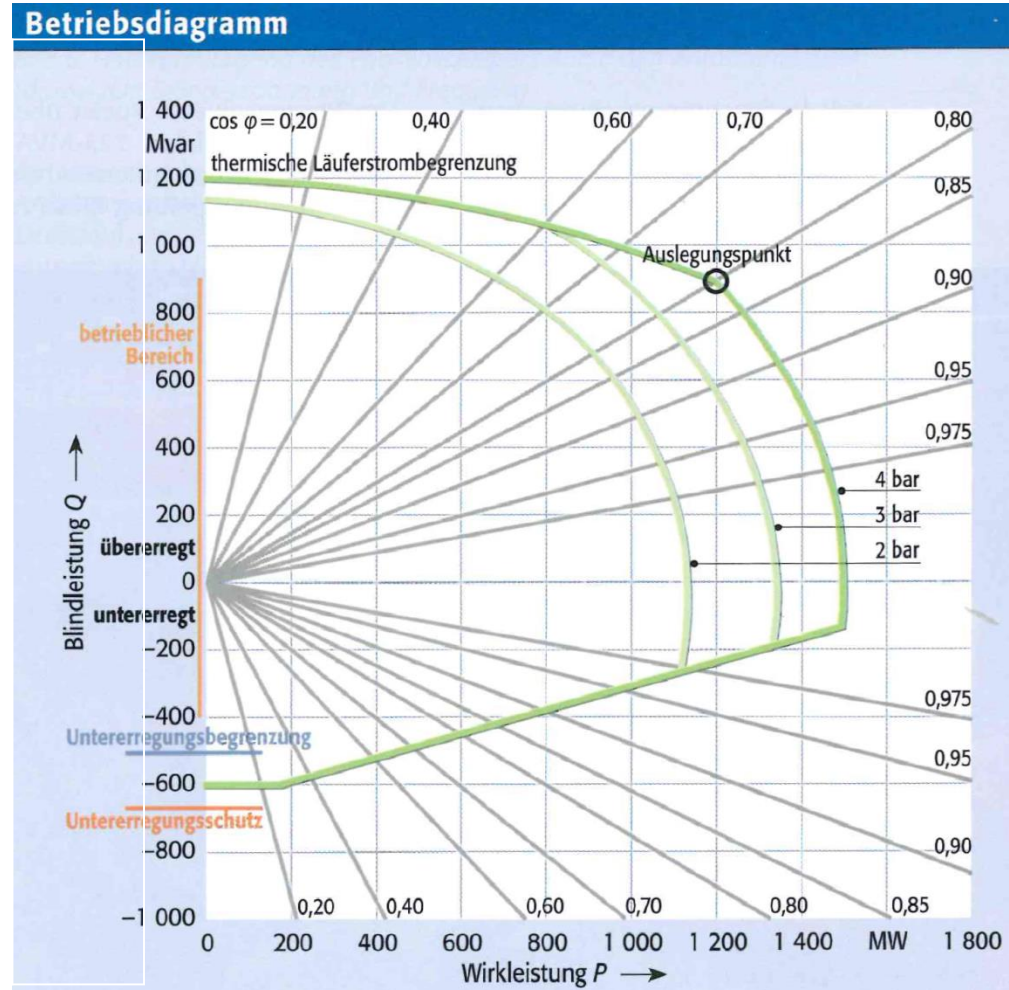
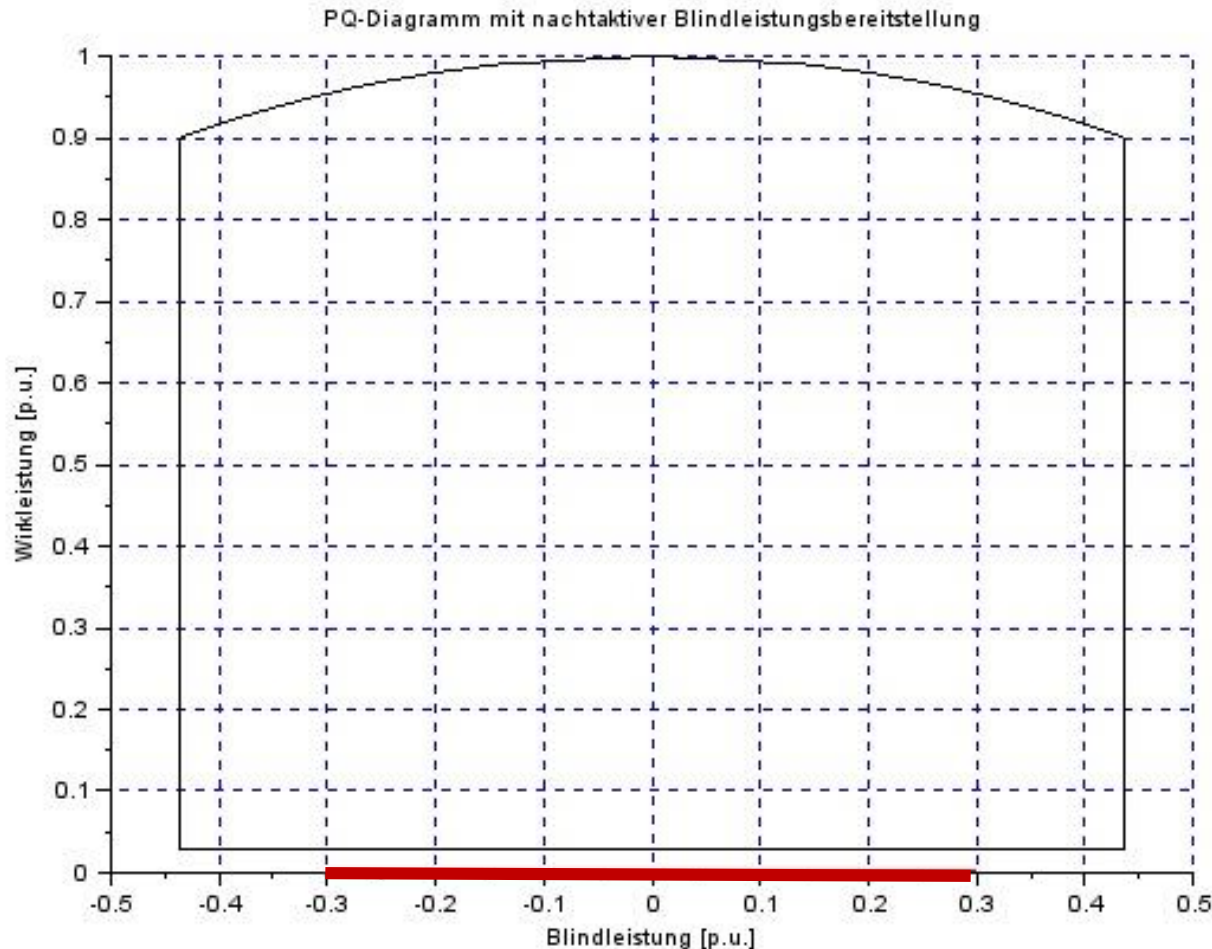


Bild: Betriebsdiagramm des Phasenschieber übererregt und untererregt [damals ew 2012]

„Entschädigung für Mehraufwand?“

# P-Q-Betriebsbereich eines PV-Zentralwechselrichters mit Phasenschieberbetrieb („Q@night“-Funktionalität)



- **zusätzliche Investitionen** von ca. **7000 EUR**/installiertes Mvar
- **0,02 MWh Verlustenergie** je bereitgestellte Mvarh -> ca. **3 €/Mvarh**
- **Vergütung** durch VNB wegen mangelnder Anerkennung durch **BNetzA** fraglich

## Versuch einer Beantwortung der verbleibenden Fragen

- > **Wie** kann eine Bereitstellung von Blindleistung aus DEA umgesetzt werden?
- > Welche **regulatorischen Herausforderungen** sollten gelöst werden, um eine wirtschaftliche Blindleistungsbereitstellung zu ermöglichen?
  - > Alternative Blindleistungsquellen wie Solar-/Windparks müssen durch VNB und BNetzA als eine Option anerkannt werden
  - > Es muss **Vergütungen für erweiterte Blindleistungsbereitstellung** („regelbare Q-Quellen“) geben („Entschädigung für Mehraufwände“)
- > Wie kann eine **diskriminierungsfreie Erbringung von Blindleistung** gewährleistet werden?
  - > **BNetzA muss VNB zur Effizienz anreizen:** „VNB eigene Kompensationsanlage“ vs. „vergüteter Blindleistungsbezug aus DEA“
- > Benötigen wir **regionale BL-Märkte**?
  - > Markt? **Eher feste Vergütung!** Ausschreibung?
  - > **beträchtliche Zusatzinvestitionen und Betriebskosten** in z.B. Phasenschieber-Funktionalität müssen sich amortisieren
  - > Käufermarkt diskriminierungsfrei? Dagegen helfen Musterverträge und



# PV-WIND-SYMBIOSE

START 1.10.2015

Schwerpunkt: Erweiterte Blindleistungsbereitstellung für aktives Blindleistungsmanagement von Wind- und Solarparks an der 110 kV

Geförderte Projektpartner

Fraunhofer-Institut für  
Solare Energiesysteme ISE



TU Braunschweig – Institut für  
Hochspannungstechnik und elektr.  
Energieanlagen - elenia



Assoziierte Projektpartner:

SMA Solar Technology AG



MITNETZ Strom GmbH



Enercon GmbH





Technische  
Universität  
Braunschweig



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Quelle: SMA

**Ich freue mich auf Ihre Fragen und Kommentare**

Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel

Institutsleiter elenia

Fachgebiet Komponenten nachhaltiger Energiesysteme

0531/391-7740

[bernd.engel@tu-braunschweig.de](mailto:bernd.engel@tu-braunschweig.de)