

MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DER ERBRINGUNG VON **SYSTEMDIENSTLEISTUNGEN DURCH PV-ANLAGEN** MIT UND OHNE SPEICHER



1

Systemrelevanz der Photovoltaik

2

Definition: Systemdienstleistungen

3

Welchen Beitrag kann die Photovoltaik leisten

4

Anforderungen an die nächste Generation von PV-Systemen

5

Grenzen der PV - Speicher als Ausweg?

6

Zusammenfassung und Ausblick

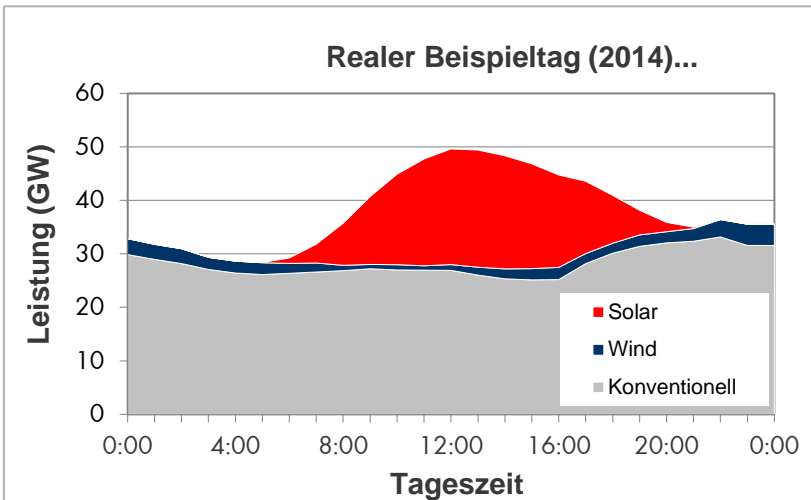
SYSTEMRELEVANZ DER PHOTOVOLTAIK



Photovoltaik ist systemrelevant – mit weiterhin zunehmender Bedeutung

- > Zeitweise Deckung von **40-50 % des Verbrauchs** in Deutschland bei ca. 39 GW install. Leistung
- > Zukunftsszenarien für installierte PV-Leistung: **200 GW** in Deutschland möglich!
- > Netzentwicklungsplan/ Politik rechnet mit 50-60 GW **sehr konservativ**
→ bereits häufige Zeiten PV-dominierter Erzeugung
- > Ziel: **Netzstabilität** und ausreichend Systemdienstleistungen auch bei zeitw. **> 100 % PV** Anteil

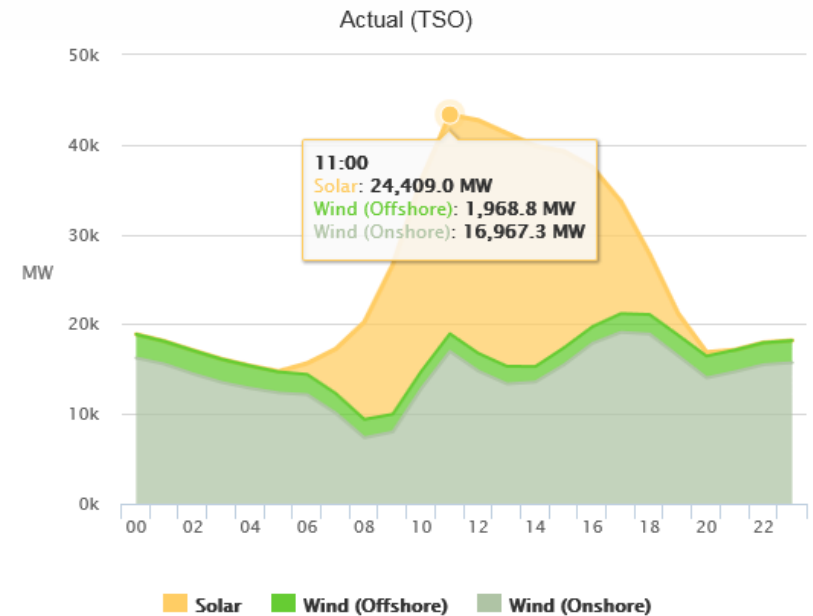
Tagesgang Erzeugung



Daten: EEX
Transparenzplattform

Displayed day: 2016/05/08

Last Update
2016/05/10, 11:01:53



- > Bei PV-dominierter Erzeugung soll **PV** auch die benötigten **Systemdienstleistungen bereitstellen**

DEFINITION SYSTEMDIENSTLEISTUNGEN

SMA



dena
Deutsche Energie-Agentur

Frequenzhaltung

Steter Ausgleich von eingespeister Leistung und Verbrauch

⇒ **Stabilität der Energieversorgung**

Versorgungswiederaufbau

Wiederaufbau der Stromversorgung nach einem großflächigen Ausfall

⇒ **Versorgungssicherheit**

Spannungshaltung

Begrenzung der Netzspannung auf den zulässigen Bereich

⇒ **Schutz von Personen und Betriebsmitteln**

Betriebsführung

Koordination = Steuerung und Überwachung der Stromnetze, Erzeugung und Lasten

⇒ **Langfristige Sicherstellung des Netzbetriebs**

> Systemdienstleistungen sichern die Stromversorgung und werden von **Kraftwerken, regelbaren Lasten, Netzbetriebsmitteln und Netzleitwarten** erbracht

SYSTEMDIENSTLEISTUNGEN - FREQUENZHALTUNG




Frequenzhaltung

Steter Ausgleich von eingespeister Leistung und Verbrauch

⇒ **Stabilität der Energieversorgungen**)

Was?

- Momentanreserve ?
- Regelleistung ?
- ~~Zu /Abschaltbare Lasten~~
- ~~Frequenzabhängiger Lastabwurf~~
- Frequency Response, d.i. Wirkleistungsreduktion bei Über-/Unterfrequenz (EE-und KWK-Anlagen) ?

Wer?

- Konventionelle Kraftwerke
- Flexible, steuerbare Lasten
- Regelleistungspools (u.a. mit EE-Anlagen)




› Beitrag der Erneuerbaren zur Bereitstellung von **Momentanreserve** und zur **Regelleistungserbringung**?

SYSTEMDIENSTLEISTUNGEN - SPANNUNGSHALTUNG




Was?

- Bereitstellung von Blindleistung?
- ~~Spannungsbedingter Redispatch~~
- ~~Spannungsbedingter Lastabwurf~~
- Bereitstellung von Kurzschlussleistung?
- Spannungsregelung?

Spannungshaltung

Begrenzung der Netzspannung auf den zulässigen Bereich

⇒ **Schutz von Personen und Betriebsmitteln**

Wer?

- Konventionelle Kraftwerke
- Netzbetriebsmittel
(z.B. Kompensationsanlagen)
- EE-Anlagen

› Beitrag der Erneuerbaren zur Bereitstellung von **Blind- und Kurzschlussleistung** sowie zur **Spannungsregelung**?

SYSTEMDIENSTLEISTUNGEN - VERSORGUNGSWIEDERAUFBAU

SMA

Was?

- ~~Schaltmaßnahmen zur Störungseingrenzung~~
- ~~Koordinierte Inbetriebnahme v. Einspeisern/Teilnetzen mit Last~~
- Schwarzstartfähigkeit d. Erzeuger?

Versorgungswiederaufbau

Wiederaufbau der Stromversorgung nach einem großflächigen Ausfall
⇒ **Versorgungssicherheit**

Wer?

- Netzleitwarten
- Schwarzstartfähige, konventionelle Kraftwerke
- Pumpspeicherwerke

dena
Deutsche Energie-Agentur



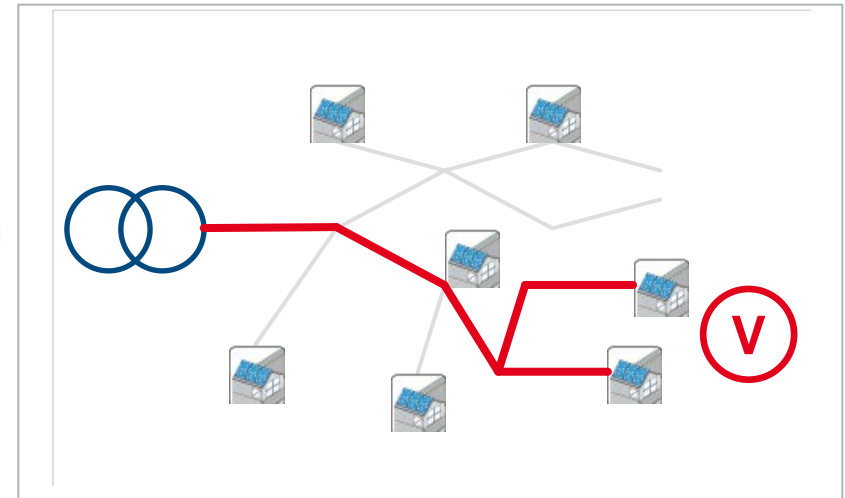
> Versorgungswiederaufbau mit Erneuerbaren verlangt nach **Speichern!**

STATISCHE UND DYNAMISCHE SPANNUNGSHALTUNG



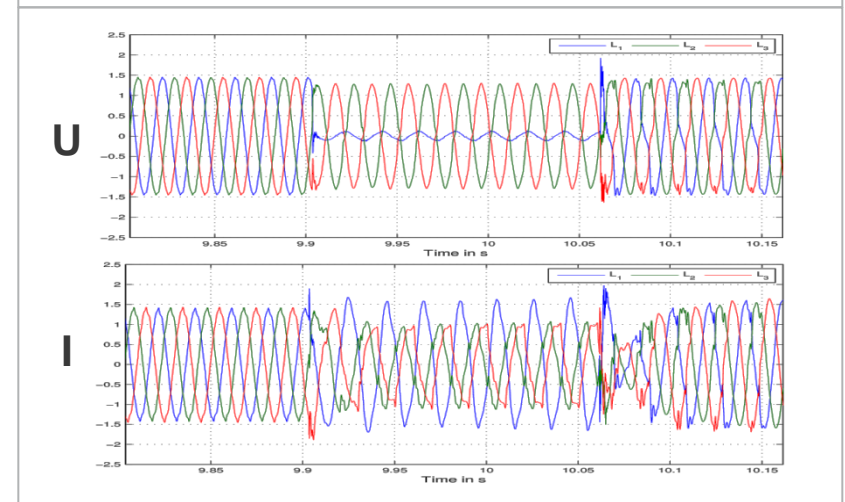
Statische Spannungshaltung

- > Einspeisung führt zu lokalen **Spannungsanhebungen**
→ Einhaltung der Netz-Spannungsgrenzen i. d. R. erste Herausforderung bei hoher PV-Durchdringung
- > In Wirk- und Blindleistung regelbare PV-Anlagen können autark zur **lokalen Spannungshaltung** beitragen
- > Erhöhung der Aufnahmekapazität im Mittel um **ca. 40-50 %**



Dynamische Spannungshaltung

- > PV-Anlagen speisen **unmittelbar nach Behebung eines Netzfehlers** wieder ein
- > Fehlerbehaftete Phasen werden ggf. durch gezielte **Einspeisung von Blindstrom** gestützt
- > Funktion ist auch im **Anlagenverbund** gegeben



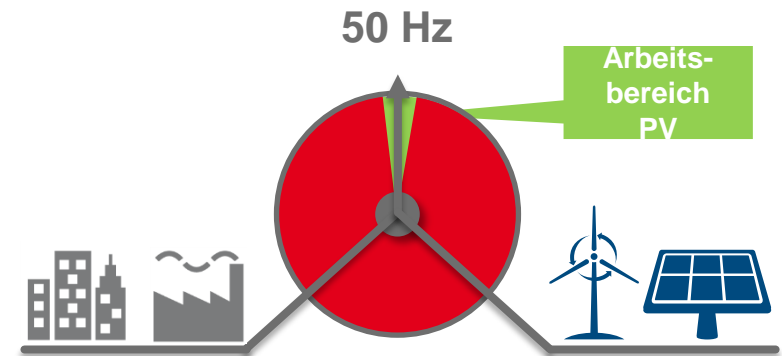
- > Funktionen zur Spannungshaltung sind **STAND DER TECHNIK** bei aktuellen PV-Anlagen

FREQUENZHALTUNG



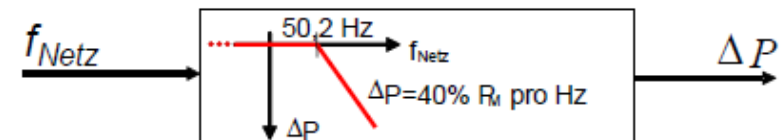
Frequenzabhängige Abschaltgrenzen

- > In frühen Netzanschlussbedingungen wurden **zu enge Netz-Frequenzgrenzen** für PV-Anlagen gesetzt
- > Gefahr der automatischen, gleichzeitigen Abschaltung großer Mengen an Erzeugungskapazität mit **Auswirkung auf Frequenzstabilität**



Gegenmaßnahmen bei PV-Anlagen

- > Erweiterung des zulässigen PV-Arbeitsbereiches und Einführung der **frequenzabhängigen Wirkleistungsreduktion** über Kennlinien im Rahmen von
 - > Netzanschlussbedingungen für Mittel- und Niederspannung
 - > Systemstabilitätsverordnung 2012



> **Aktuelle PV-Anlagen helfen bereits heute, das Netz bei Überfrequenz zu stabilisieren**

SYSTEMDIENSTLEISTUNGEN - WAS FEHLT NOCH?

SMA



dena
Deutsche Energie-Agentur

Frequenzhaltung

- Momentanreserve
- Regelleistung
- Frequency Response, d.i. Wirkleistungsreduktion bei Über-/Unterfrequenz (EE-und KWK-Anlagen) ✓

Versorgungswiederaufbau

- Schwarzstartfähigkeit der Erzeuger

Spannungshaltung

- Bereitstellung von Blindleistung/ Blindleistungsmanagement ✓

> **Übergeordnetes Blindleistungsmanagement**, die **Erbringung von Regelleistung** sowie die **Schwarzstartfähigkeit** sind derzeit bei Erneuerbaren **noch nicht Stand der Technik**

BEITRAG VON PV ZUM BLINDLEISTUNGSMANAGEMENT



Herausforderung

- > Nutzung **verteilter PV-Anlagen** für das Blindleistungsmanagement

Lösungsansatz

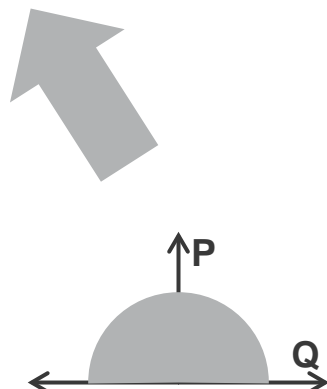
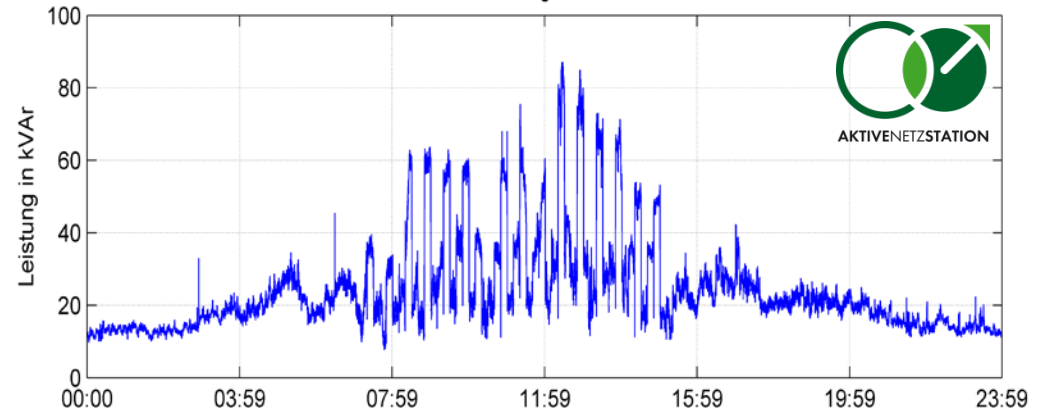
- > PV-Systeme mit **erweitertem Blindleistungs-Stellbereich** (+ Q@Night)
- > **“VPP-Gateway”**-Technologie
 - > Anbindung Leitstelle (Standard-Prot.)
 - > Aggregation + Protokollkonvertierung

Offen

- > **Regulation** / Abrechnungsmöglichkeiten der Dienstleistungen



Q am Ortsnetztransformator durch ferngesteuerte PV-Anlagen



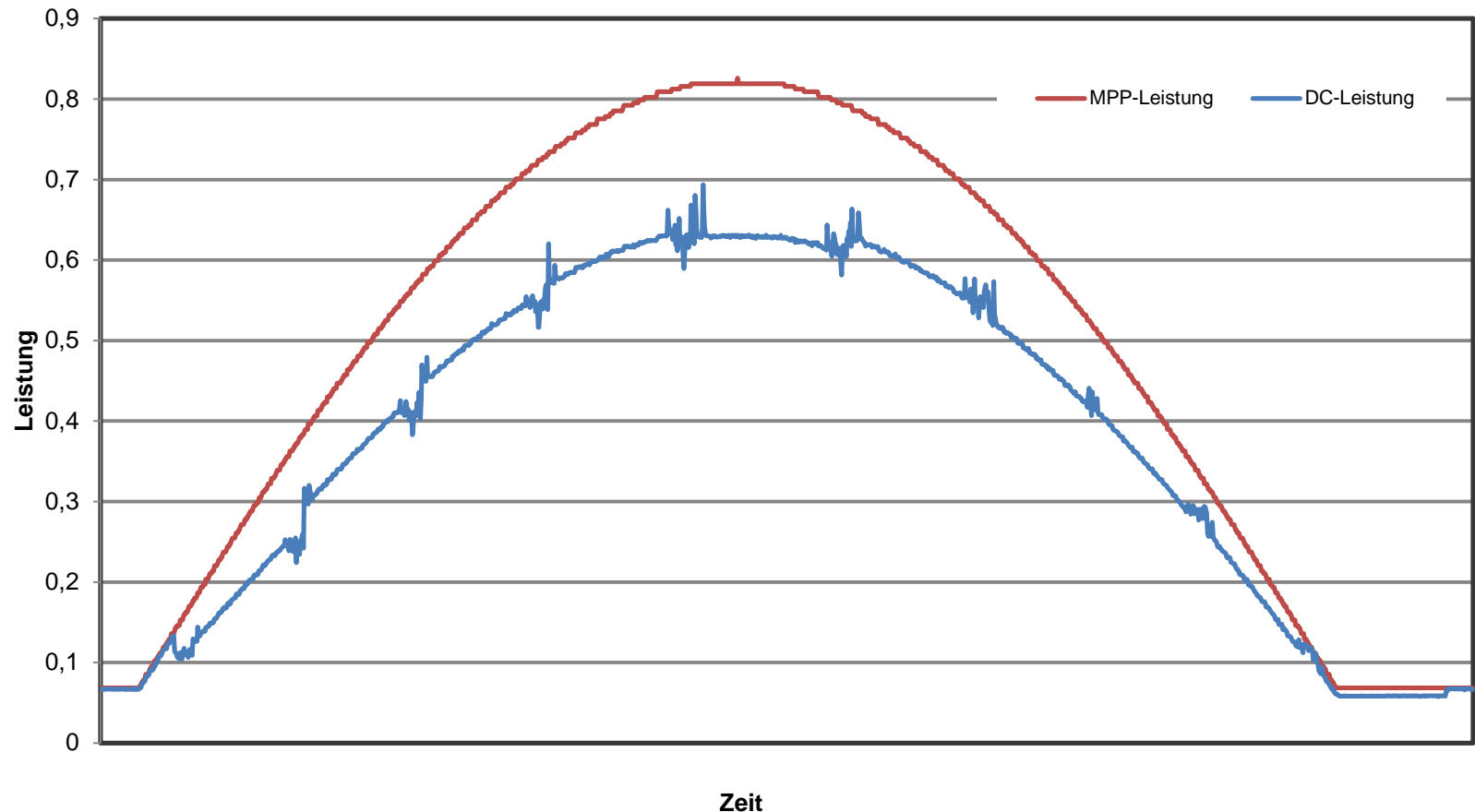
> Basistechnologien existieren, die **regulatorischen Rahmenbedingungen** noch nicht

BETRIEBSVERFAHREN VON PV ZUR FREQUENZHALTUNG



Motivation

- > Bereitstellung einer „positiven“ Leistungsreserve zur Netzstützung bei Unterfrequenz **ohne Speicher!**



- > PV-Anlagen zukünftig für die Bereitstellung **positiver Regelleistung** nutzbar!

SYSTEMDIENSTLEISTUNGEN - WAS FEHLT NOCH?

SMA



dena
Deutsche Energie-Agentur

Frequenzhaltung

- ~~Momentanreserve~~
- ~~Regelleistung~~ ✓
- Frequency Response, d.i. Wirkleistungsreduktion bei Über-/Unterfrequenz (EE- und KWK-Anlagen) ✓

Versorgungswiederaufbau

- ~~Schwarzstartfähigkeit der Erzeuger~~

Spannungshaltung

- Bereitstellung von Blindleistung/Blindleistungsmanagement ✓

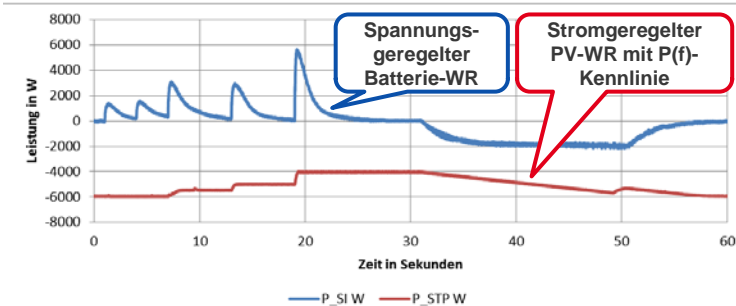
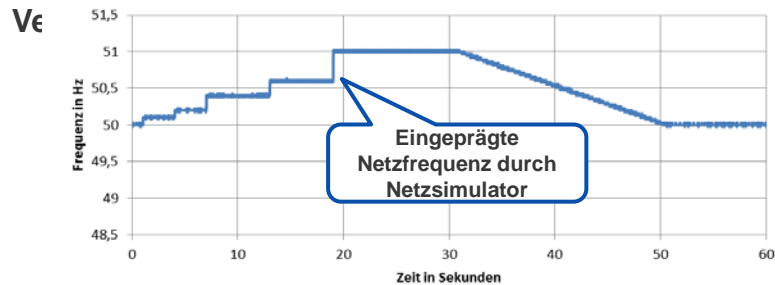
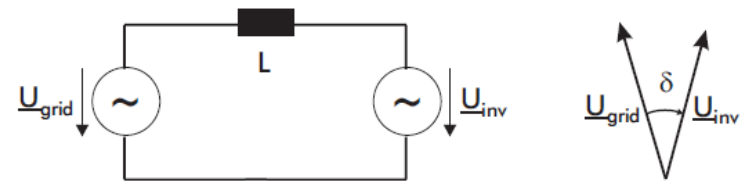
➤ Erbringung von **Momentanreserve** sowie **Schwarzstartfähigkeit** über Speicher darstellbar?

STAND DER TECHNIK: MOMENTANRESERVE AUS BATTERIESPEICHERN

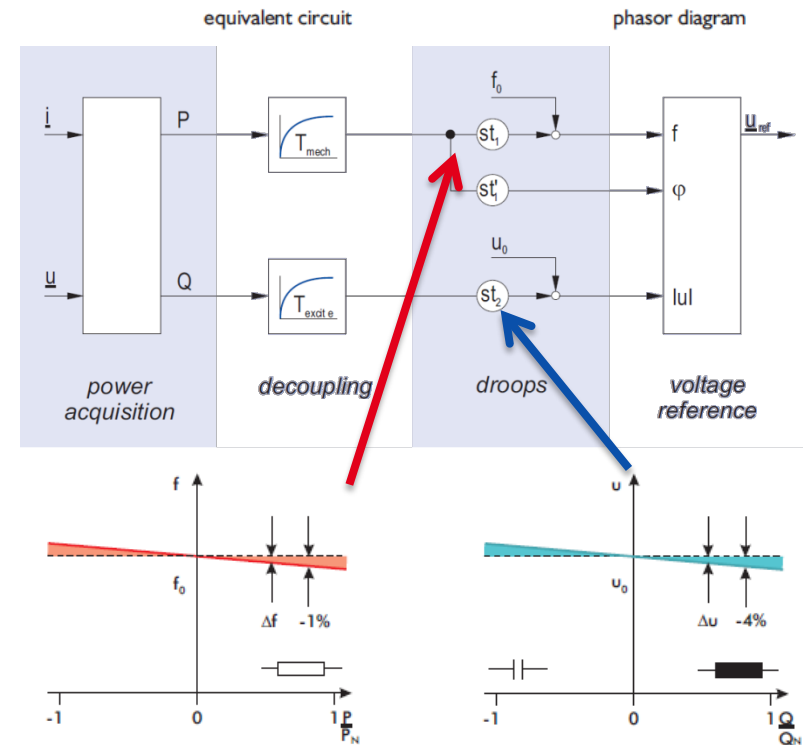


Netzparalleler und netzbildender Betrieb einphasiger Bat

- > Regelung der Ausgangsspannungsamplitude, Frequenz und Phasenlage
- > Sollwertgenerierung der Frequenz f_0
 - > Strom- und Leistungsvorgaben
 - > Nutzung von Statiken ($f(P)$, $U(Q)$)



Messung: elenia, TU Braunschweig



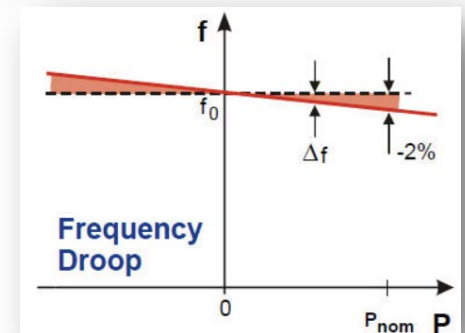
Alfred Engler et. al.: Droop Control in LV Grids

> **Spannungsgeregelte Batterie-WR liefern instantan Leistung bei Frequenzgradienten**

SCHWARZSTARTFÄHIGKEIT – INSELTECHNIK ALS BASIS FÜR NETZGEKOPPELTE BATTERIESYSTEME



- > Forschung und Pilotanwendungen bei SMA seit 1982
- > SMA-Felderfahrung aus kommerziellen Anwendungen
 - > Off-Grid-Systeme mit AC-Kopplung seit 2001
 - > Netzgekoppelte Backup-Systeme seit 2007
 - > Eigenverbrauchs-Optimierung seit 2010
- > Simulations-Modelle werden kontinuierlich basierend auf realen Messdaten kalibriert und weiterentwickelt
- ▶ **Felderfahrung ermöglicht Entwicklung intelligenter „Multi-Purpose“-Betriebsverfahren für Batteriespeicher**
- ▶ **Zur Eigenverbrauchs-Optimierung angeschaffte Systeme können bereits heute bei Blackouts Energieversorgung sicherzustellen (Schwarzstart!)**





- > Die nächste Generation von PV-Systemen wird **umfassende Systemdienstleistungen** anbieten und damit die **Technologien für die Fortführung der Energiewende** bereitstellen.
- > Die **politischen** und **regulatorischen** Rahmenbedingungen für Installation und Nutzung entsprechender Anlagen müssen geschaffen werden
- > Damit die Erneuerbaren die ihnen zugedachte Rolle auch übernehmen können, ist eine **geeignete Vergütung für die Erbringung von Systemdienstleistungen** wesentlicher Bestandteil der notwendigen Rahmenbedingungen!
- > **International** werden PV-Systeme der nächsten Generation früher benötigt werden (in Netzen geringerer Ausdehnung mit hohem PV-Potenzial), ggf. ergänzt durch **elektrische Speicher**