

Denis Mende

PV-Anlagen und Batteriespeicher als Service Provider für Verteil- und Übertragungsnetze

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik

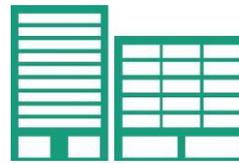
Die **Fraunhofer-Gesellschaft** ist die weltweit führende Organisation für angewandte Forschung.

Mit ihrer Ausrichtung auf die Entwicklung zukunftsweisender Schlüsseltechnologien und deren wirtschaftliche Verwertung durch die Wirtschaft spielt Fraunhofer eine zentrale Rolle im Innovationsprozess.

Das **Fraunhofer IEE** in Kassel forscht auf den Gebieten der Energiewirtschaft und der Energiesystemtechnik.

Wir erforschen und entwickeln Lösungen für eine nachhaltige Transformation der Energiesysteme auf Basis erneuerbarer Energien.

Unser Leistungsportfolio befasst sich mit aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der Energiewirtschaft und Fragen der Energiesystemtechnik.



75

Institute und
Forschungs-
einrichtungen



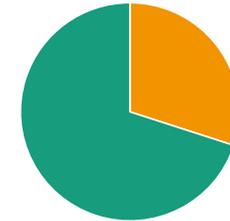
29 000

Mitarbeiter



2,8 Mrd. €

Finanzvolumen



70 %

30 %

Industrieraufträge und
Forschungsprojekte

Grundfinanzierung
durch Bund und Länder

 **Fraunhofer**

Grid Planning and Grid Operation

System Stability and
Grid Integration

Energy Process Engineering
and Energy Storage

Thermal
Energy Technology

 **Fraunhofer**
IEE

Energy Informatics

Energy Economics
and System Design

Energy Meteorology and
Geographic Information Systems

Inhalt / Übersicht

**Systemdienstleistungen durch PV und Batteriesysteme
(PV as ancillary service provider - Input IEA PVPS Task 14)**

Wo stehen wir (in Deutschland)?

Systemdienstleistungen und Stabilitätsanforderungen

Aktuelle Herausforderungen mit intelligenten Lösungen meistern

Inhalt / Übersicht

Systemdienstleistungen durch PV und Batteriesysteme (PV as ancillary service provider - Input IEA PVPS Task 14)

Wo stehen wir (in Deutschland)?

Systemdienstleistungen und Stabilitätsanforderungen

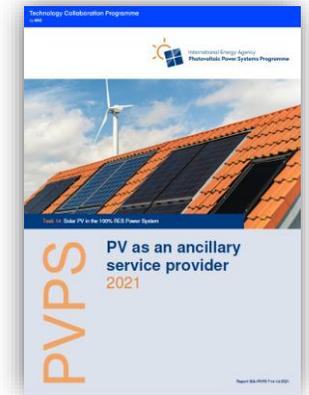
Aktuelle Herausforderungen mit intelligenten Lösungen meistern



PV as an ancillary service provider

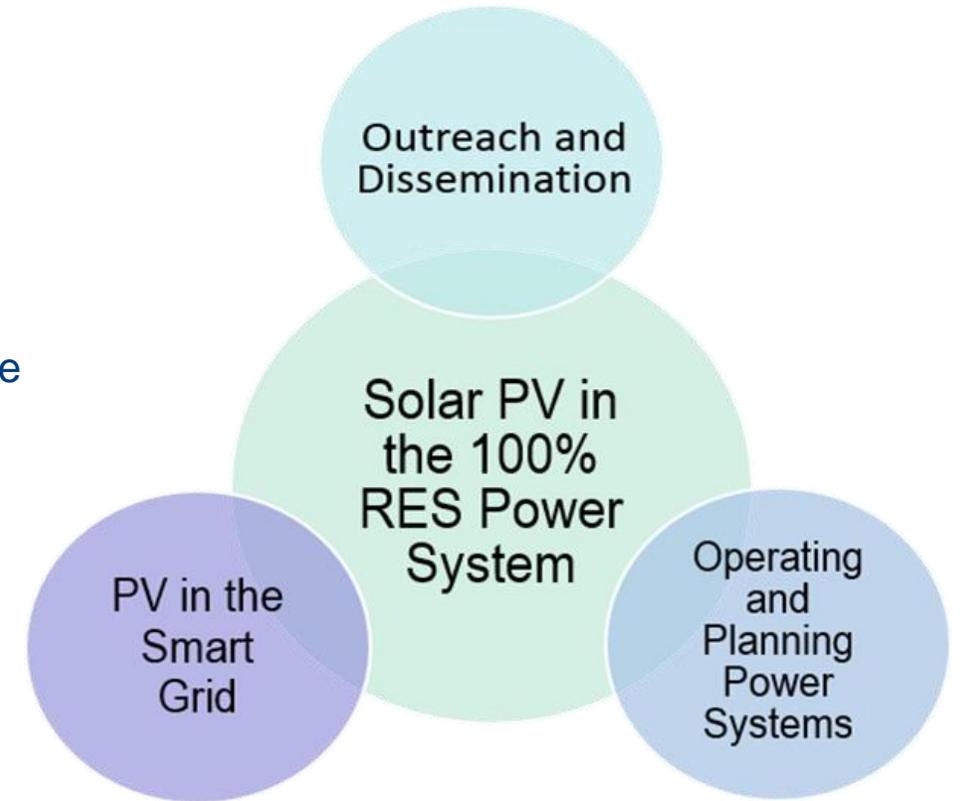
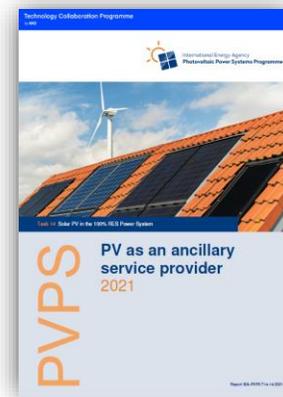
Laboratory and field experiences from different IEA PVPS countries

Kurzeinführung und Ergebnisübersicht





- Das Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS, <https://iea-pvps.org/>) ist eines der Technologie-Kooperationsprogramme, die 1993 innerhalb der Internationalen Energieagentur (IEA) eingerichtet wurden
- Task 14: Solar PV in the 100% RES Power System
 - Förderung des Einsatzes von netzgekoppelten PV-Anlagen als wichtige Energiequelle in Stromversorgungssystemen
 - Identifizierung und Abbau technischer Hindernisse für die Erreichung einer hohen PV/EE-Durchdringung
- Fokus im Folgenden: Report
 - PV as an ancillary service provider – Laboratory and field experiences from different IEA PVPS countries



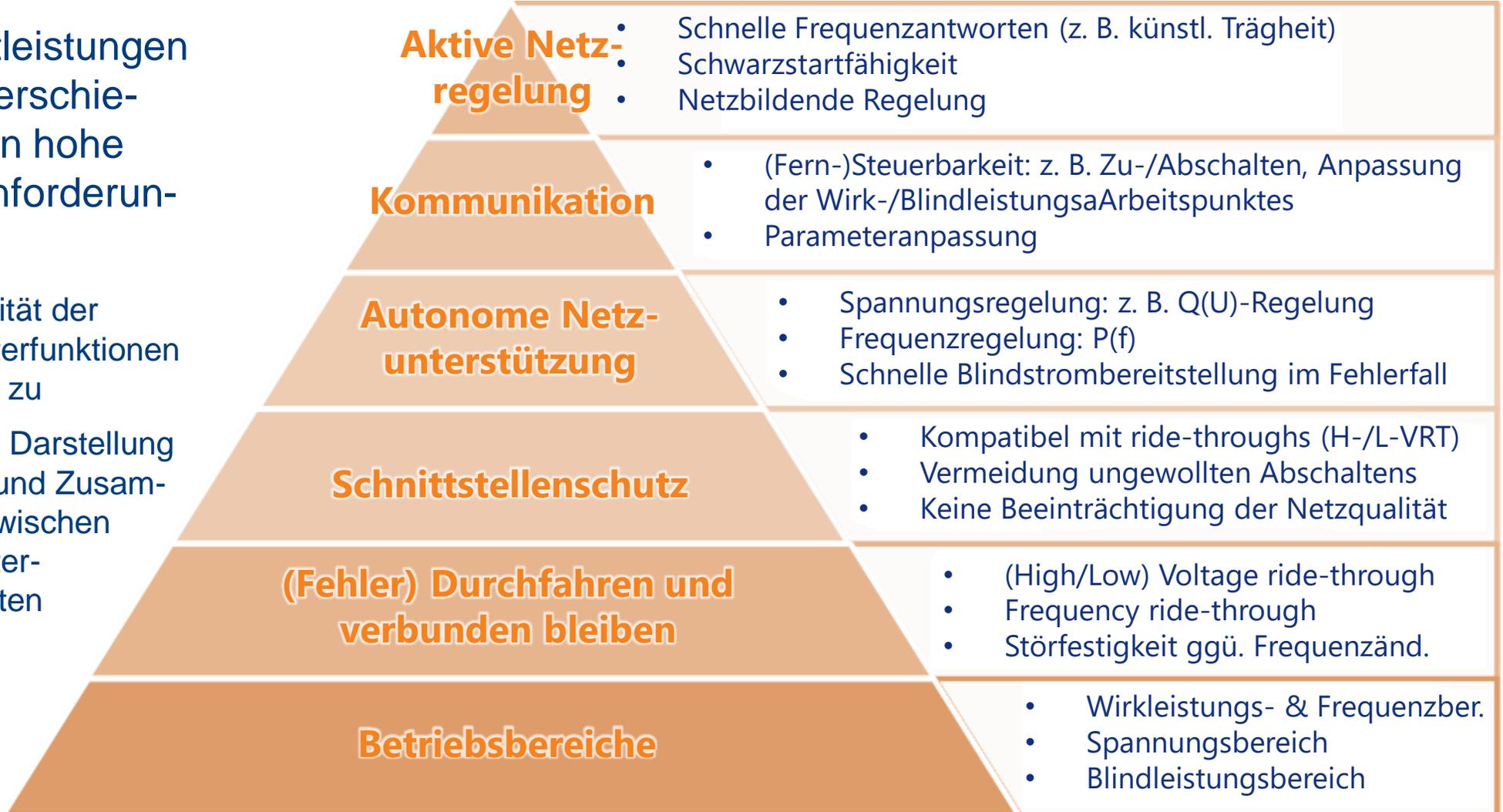
Struktur des IEA PVPS Task 14

PV Wechselrichter-Funktionalitäten



- Systemdienstleistungen bringen auf verschiedenen Ebenen hohe technische Anforderungen mit sich

- Die Komplexität der Wechselrichterfunktionen nimmt weiter zu
- Beispielhafte Darstellung der Ebenen und Zusammenhänge zwischen Wechselrichter-Funktionalitäten



Herausforderungen der PV Netzintegration (Auswahl)



Umrichterfunktionalität im Fokus / relevant Herausforderungen

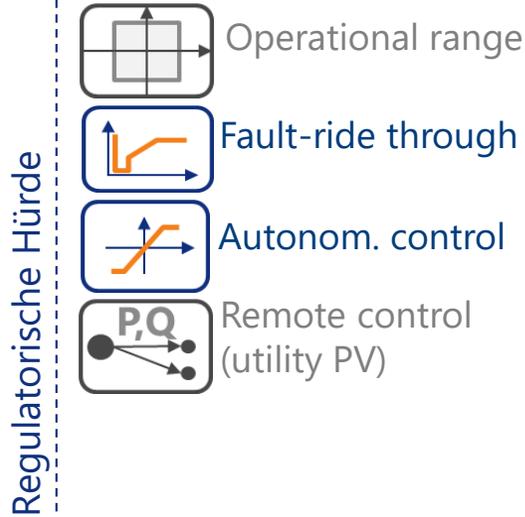
Stufe 1: Niedrige PV/EE Durchdringung

- Netzvorbereitung und der rechtliche Rahmenbedingungen für PV/EE



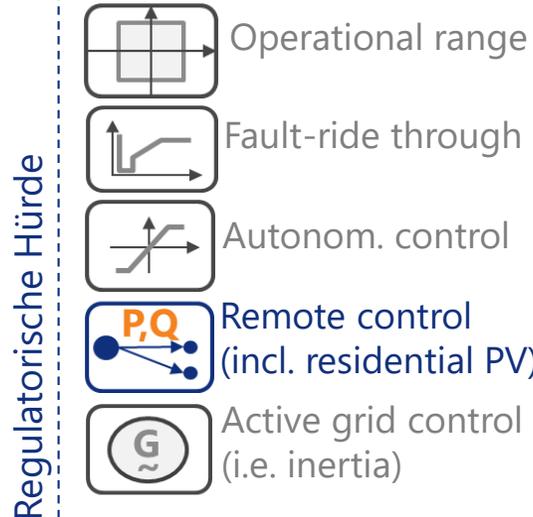
Stufe 2: Regionale PV/ERE Hotspots

- Erhöhung der regionalen Netzaufnahmekapazität
- Relevanz von PV/EE für die systemweite Stabilität in der Regel erreicht



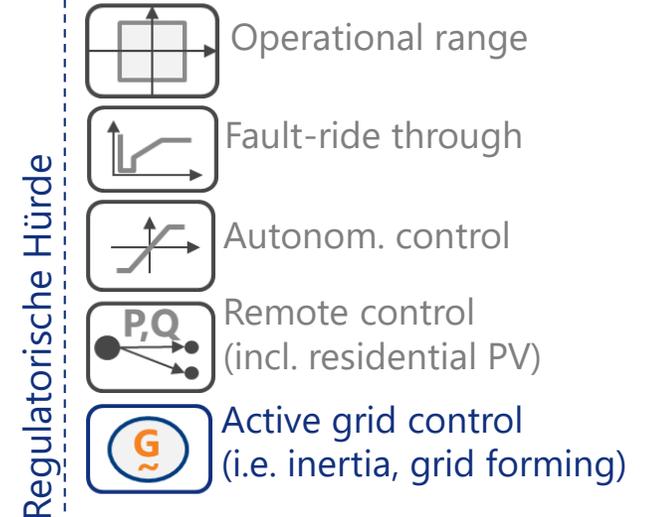
Stufe 3: PV/EE mit wesentl. Einfluss auf Systembetrieb

- siehe Stufe 2
- Hohe Variabilität im systemweiten Netzbetrieb
- Erhöhung & Koordinierung der Flexibilität im Betrieb



Stufe 4: PV/EE- (Umrichter-) dominiertes Energiesystem

- siehe Stufe 2 & 3
- Sicherstellung der systemweiten Stabilität in einem von Wechselrichtern dominierten Stromnetz



WICHTIG: Geeignete rechtliche Rahmenbedingungen (z. B. Netzkodizes) müssen in früheren Stufen entwickelt oder aktualisiert werden!

Inhalt / Übersicht

Systemdienstleistungen durch PV und Batteriesysteme
(PV as ancillary service provider - Input IEA PVPS Task 14)

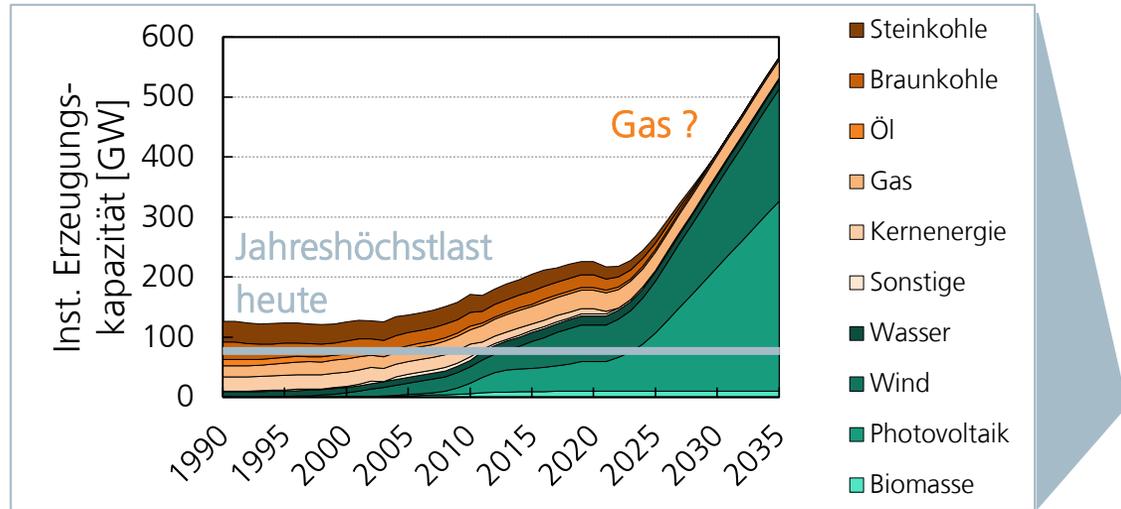
Wo stehen wir (in Deutschland)?

Systemdienstleistungen und Stabilitätsanforderungen

Aktuelle Herausforderungen mit intelligenten Lösungen meistern

Wo stehen wir (in Deutschland)?

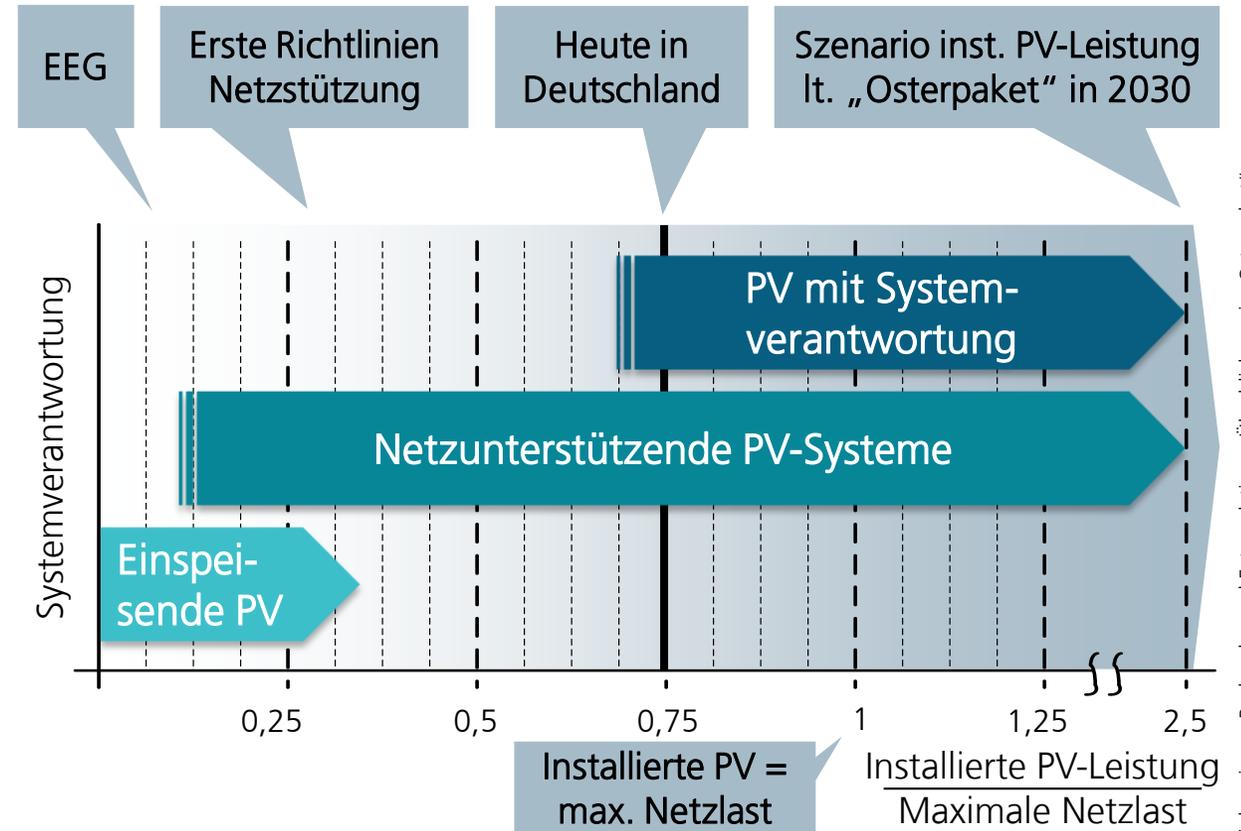
Beschleunigung des Wandels der Energieerzeugung in Deutschland



Wind und PV tragende Säulen der Energieversorgung

„Osterpaket“ der Bundesregierung beschleunigt Transformation!

► Stufe 3 > 4?! Auf jeden Fall PV (und Wind) mit Systemverantwortung!



Daten links: eigene Recherche und Extrapolation, „Überblickspapier Osterpaket“
Abbildung in Anlehnung an: Bettenworth et al.: Systemrelevante PV-Kraftwerke in der zukünftigen
Energieversorgung, 29. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, 2014

Systemdienstleistungen und Stabilitätsanforderungen

EE als Rückgrad der Energieversorgung für Erbringung zunehmend verantwortlich

Systemverantwortliche Erzeugungseinheiten erbringen SDL für Normalbetrieb und zur Beherrschung von Störungen

Netzanschluss-Anforderungen:

- Anzahl an Anlagen macht einheitliches Verhalten und einheitliche Umsetzung notwendig
- Notwendigkeit der korrekten Umsetzung gegeben

Systemdienstleistungen Normalbetrieb und betriebsübliche Schwankungen

Frequenzhaltung

- Regelleistung
 - MRL
 - SRL
 - PRL
 - abschaltbare Lasten
 - schnelle Regelleistung*

Spannungshaltung

- direkte Spannungsregelung
- Schalthandlungen
- Transformatorstufen
- Blindleistungsregelung
 - (quasi-)stationär**
- STATCOM- bzw. Phasenschieberfähigkeit

Netzwiederaufbau

- Schwarzstartfähigkeit**
 - Energievorhaltung
 - Teilnetzbetriebsfähigkeit**
- Fangen im Eigenbedarf
- Koordination

Betriebsführung

- IKT und Datenaustausch
- Betriebsplanung
- Netzsicherheitsmanagement
- Anpassung der Wirkleistungsfahrweise
 - Systemautomatiken (z. B. Mitnahmeschaltung)

Vorleistungen für SDL

Systemdienstleistungen und Stabilitätsanforderungen

EE als Rückgrad der Energieversorgung für Erbringung zunehmend verantwortlich

Systemverantwortliche Erzeugungseinheiten erbringen SDL für Normalbetrieb und zur Beherrschung von Störungen

Netzanschluss-Anforderungen:

- Anzahl an Anlagen macht einheitliches Verhalten und einheitliche Umsetzung notwendig
- Notwendigkeit der korrekten Umsetzung gegeben

Systemdienstleistungen Normalbetrieb und betriebsübliche Schwankungen			
Frequenzhaltung	Spannungshaltung	Netzwiederaufbau	Betriebsführung
Stabilität Beherrschung von Störungen			
Frequenzstabilität	Spannungsstabilität	Winkelstabilität	Resonanz und Reglerstabilität
<ul style="list-style-type: none"> ■ Momentanreserve** ■ Teilnetzbetriebsfähigkeit ■ automatische Trennung abschaltbarer Lasten ■ Systemschutzplan ■ LFSM-O/LFSM-U ■ Erzeugungsabwurf ■ Lastabwurf 	<ul style="list-style-type: none"> ■ dynamische Netzstützung** ■ Stoßerregung ■ Kurzschlussstrom** ■ direkte Spannungsregelung ■ Blindleistungsregelung <ul style="list-style-type: none"> ■ dynamisch/schnell ■ Systemschutzplan <ul style="list-style-type: none"> ■ Lastabwurf ■ Blockieren von Transformatorstufungen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Momentanreserve ■ schnelle Leistungsanpassung („fast valving“, Stoßerregung) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Netzbildung ■ Dämpfung Harmonischer ■ Teilnetzbetriebsfähigkeit ■ PSS- und POD-Regler***
Vorleistungen für Stabilität			
		<p>* Als neue Vorleistung oder Änderung der PRL ** Als sog. nicht frequenzgebundene Systemdienstleistung definiert *** Power System Stabilizer (PSS) und Power Oscillation Damping (POD)</p>	

Abbildungen aus: Stellungnahme der dena-Plattform Systemdienstleistungen zur Untersuchung der langfristigen Bedarfe und Erbringungsoptionen für Vorleistungen im Projekt SDLZukunft

Systemdienstleistungen und Stabilitätsanforderungen

EE als Rückgrad der Energieversorgung für Erbringung zunehmend verantwortlich

Systemverantwortliche Erzeugungseinheiten erbringen SDL für Normalbetrieb und zur Beherrschung von Störungen

Netzanschluss-Anforderungen:

- Anzahl an Anlagen macht einheitliches Verhalten und einheitliche Umsetzung notwendig
- Notwendigkeit der korrekten Umsetzung gegeben

Systemdienstleistungen Normalbetrieb und betriebsübliche Schwankungen

Frequenzhaltung

Spannungshaltung

Netzwiederaufbau

Betriebsführung

Stabilität Beherrschung von Störungen

Frequenzstabilität

Spannungsstabilität

Winkelstabilität

Resonanz und Reglerstabilität



Zu beachten ist:

- Die dargestellten Vorleistungen umfassen sowohl Vorleistungen, die im Bedarfsfall erbracht werden (z. B. Regelleistung), als auch solche, die an den Betrieb der Anlage gebunden sind (z. B. Teilnetzbetriebsfähigkeit).
- Neben den dargestellten Vorleistungen umfasst die Systemauslegung zusätzlich Anforderungen wie beispielsweise an die Robustheit, Netzzrückwirkungen sowie den Anlagen- und Netzschutz.

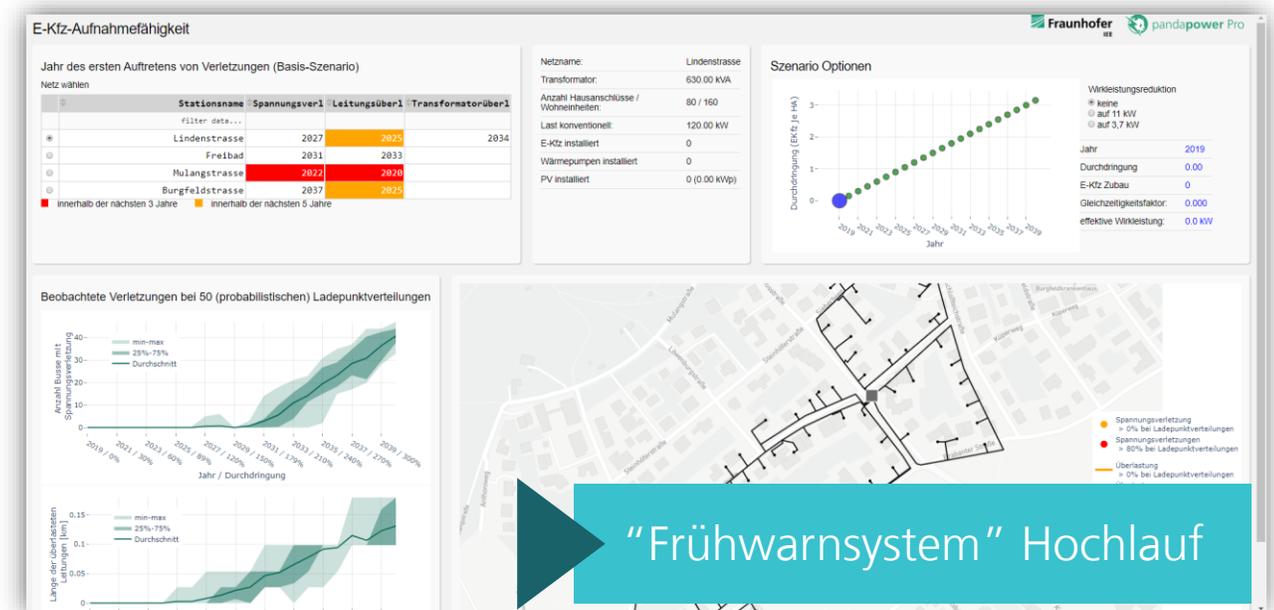
► Analyse und Bewertung von Anforderungen und deren Umsetzung in Studien

Netzzeit: Aktuelle Herausforderungen mit intelligenten Lösungen meistern

Systemintegration und Flexibilitätsnutzung von PV und anderen Prosumern

Beispiele für Lösungen für verschiedene Fragestellungen rund um die Integration von PV, Speicher und e-Kfz-Systemen

pandapower.org



[Netzstudien \(fraunhofer.de\)](http://www.fraunhofer.de)

Netzzeit: Aktuelle Herausforderungen mit intelligenten Lösungen meistern

Systemintegration und Flexibilitätsnutzung von PV und anderen Prosumern

Beispiele für Lösungen für verschiedene Fragestellungen rund um die Integration von PV, Speicher und e-Kfz-Systemen

pandapower.org



[Netzstudien \(fraunhofer.de\)](http://Netzstudien.fraunhofer.de)

konkrete Anschlussgesuche

„Frühwarnsystem“ Hochlauf

Netzwerk: Aktuelle Herausforderungen mit intelligenten Lösungen meistern

Systemintegration und Flexibilitätsnutzung von PV und anderen Prosumern

Beispiele für Lösungen für verschiedene Fragestellungen rund um die Integration von PV, Speicher und e-Kfz-Systemen

pandapower.org

Betriebsführungsaspekte / SDL

konkrete Anschlussgesuche

„Frühwarnsystem“ Hochlauf

[Netzstudien \(fraunhofer.de\)](https://www.fraunhofer.de)

► **Lösungen für Fragen auf allen Stufen der EE-Integration sind grundsätzlich verfügbar**

Kontakt

Dr.-Ing. Denis Mende

Gruppenleiter Methoden optimierter Netzbetriebsführung
Forschungsbereich Netzplanung und Netzbetrieb

Tel.: +49 561 7294-425

denis.mende@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer IEE

Joseph-Beuys-Straße 8
34117 Kassel | Germany
www.iee.fraunhofer.de

Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit