

PV als Treiber für Smart Grids in Bayern

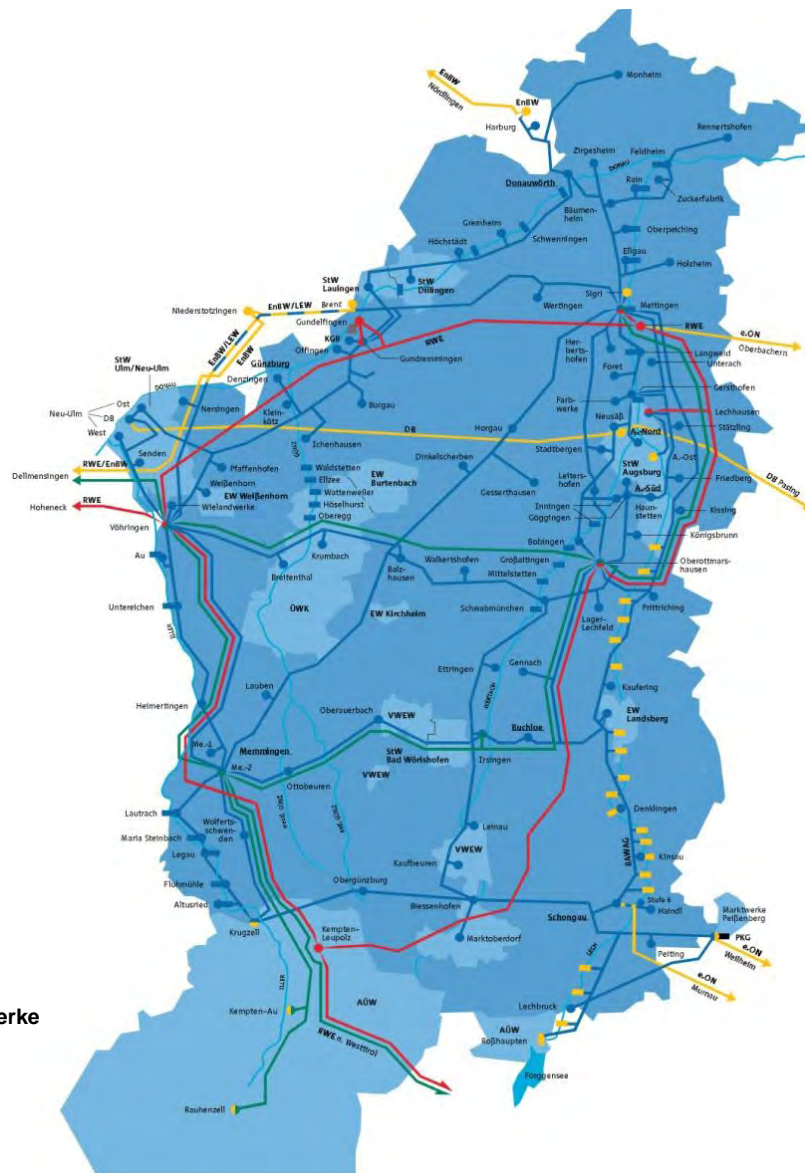
Smart Grids Week Bregenz 2012

Walter Albrecht
23.05.2012

Agenda

- > **Einleitung, Kennzahlen und Prognose 2021**
- > **Spannungshaltung**
 - Unsymmetrische Einspeisung
 - Blindleistungsregelung
 - Spannungsregelung im UW
- > **50,2-Hz-Problematik in Deutschland**
 - Normierung in der Niederspannung
 - Entwurf Systemstabilitätsverordnung
- > **Leistungsabregelung der Erzeugungsanlagen**
 - Techn. Einrichtungen nach § 6 EEG
 - EEG-Einspeisemanagement
 - Systemsicherheitsmanagement nach EnWG
- > **Ausblick Technologiefortschritt**
 - Intelligente Netzstation
 - Regelbarer Ortsnetztransformator
 - Batteriespeicher
 - Smart Grids als Chance?
- > **Fazit**

Das Stromnetz – LEW Verteilnetz GmbH



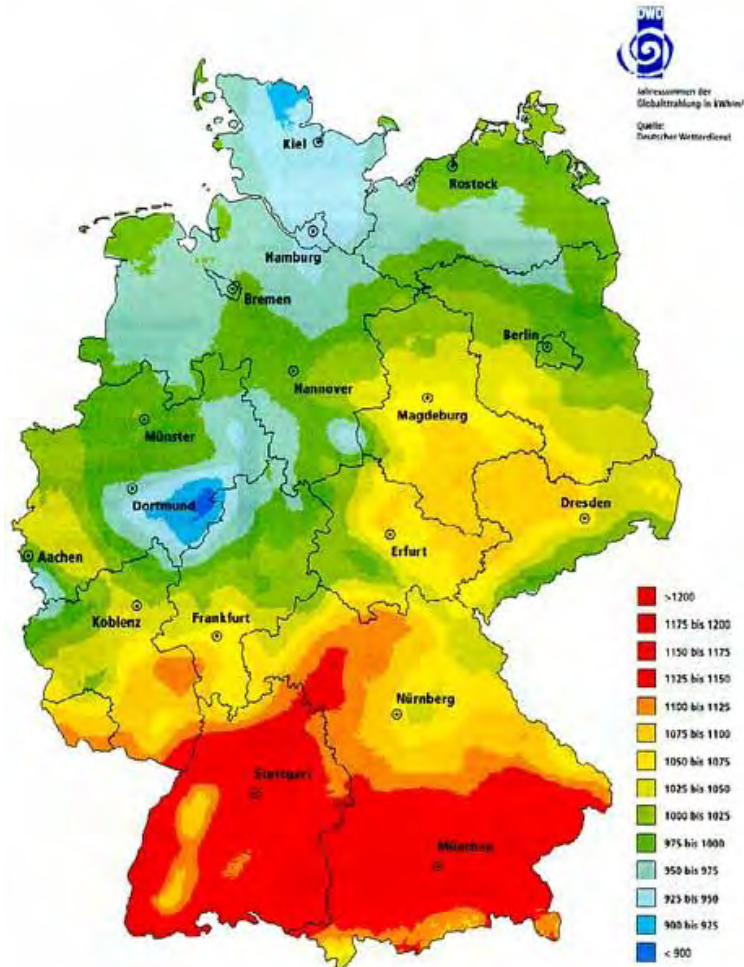
— 380-kV-Leitung
— 220-kV-Leitung
— 110-kV-Leitung
● ● ●
 380-kV-, 220-kV-,
 110-kV-Umspannwerke

Wesentliche Kennziffern

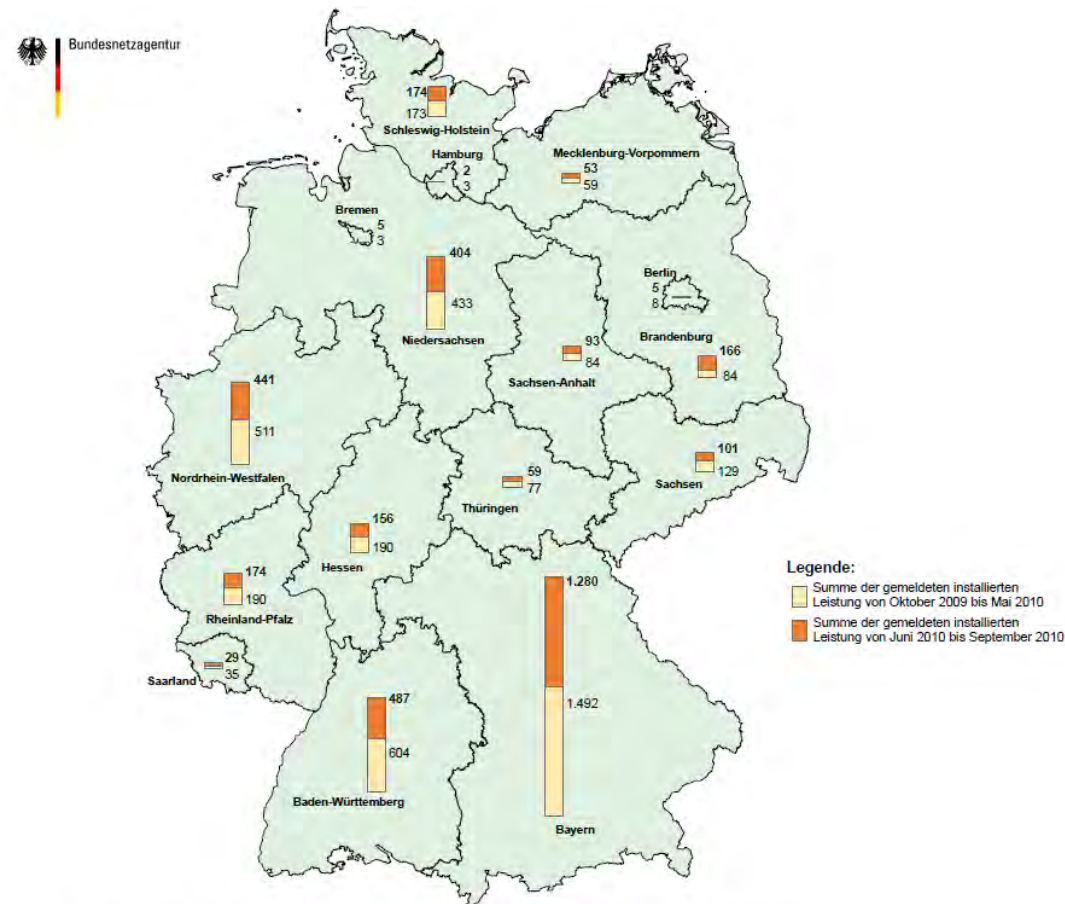
- > **Hochspannung (110 kV)**
 - Freileitung 1.800 km
 - Umspannanlagen 120
- > **Mittelspannung (20 kV)**
 - Freileitung 3.380 km
 - Kabel 3.830 km
 - Ortsnetzstationen 9.200
- > **Niederspannung (0,4 kV)**
 - Freileitung 10.400 km
 - Kabel 14.360 km
- > **Dezentrale Erzeugeranlagen**
 - EEG-Anlagen ~52.000
 - KWK-Anlagen ~ 350

km-Angaben als Stromkreislänge gerundet!

Die Höhe der Globalstrahlung bestimmt die Wirtschaftlichkeit und somit den Zubau der Photovoltaikanlagen in den Bundesländern

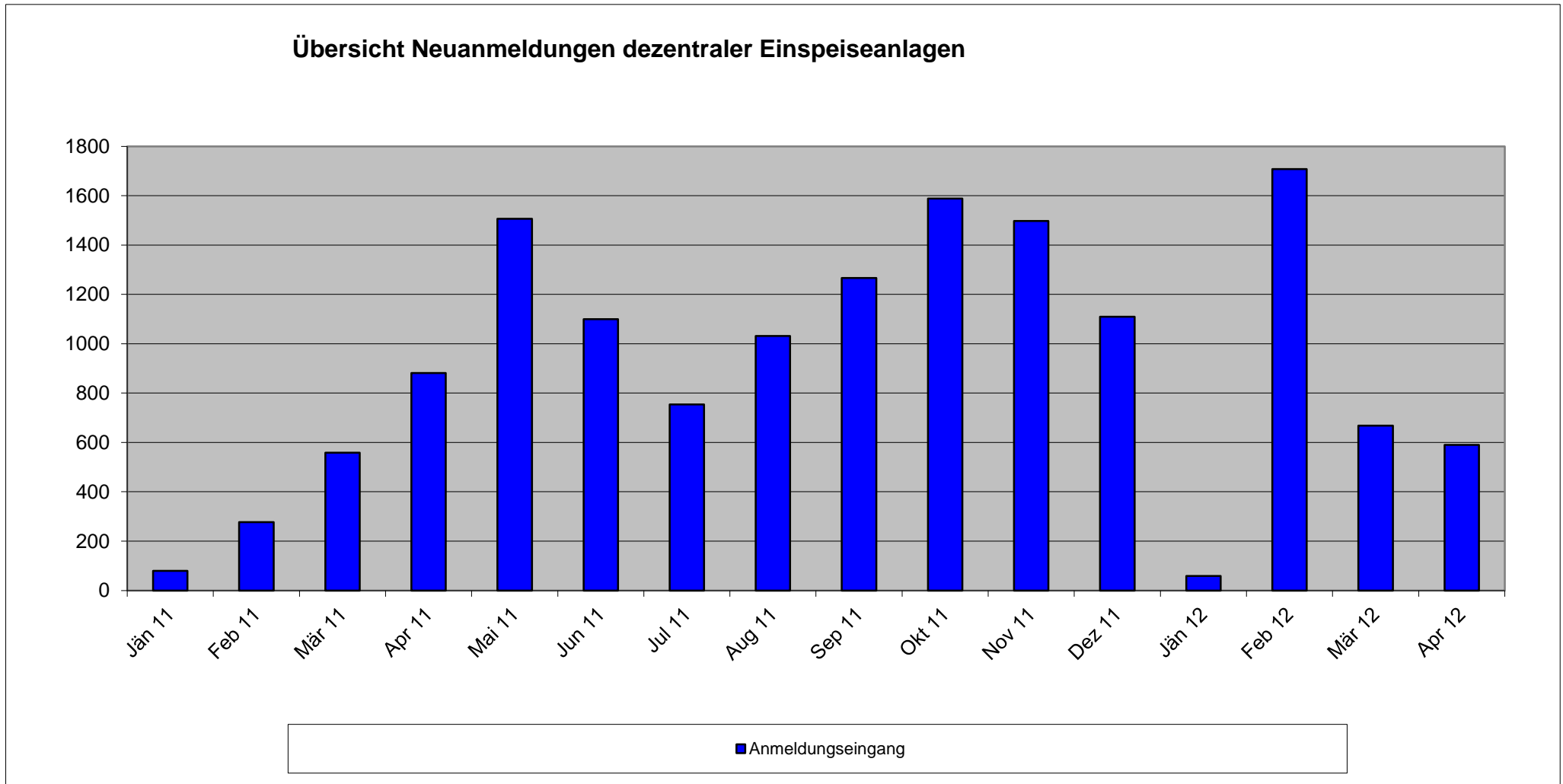


Globalstrahlung in Deutschland



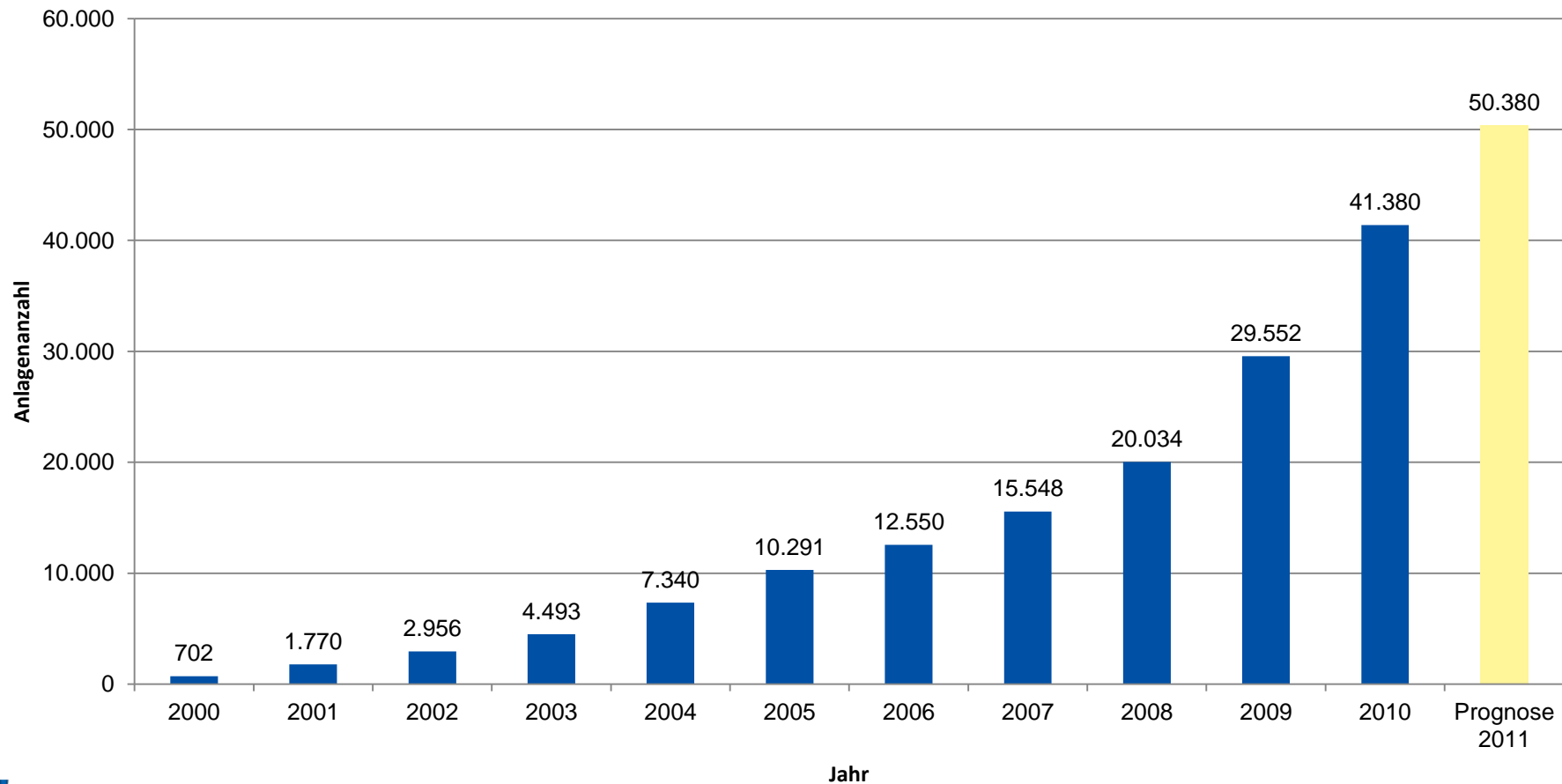
Der Bundesnetzagentur von Oktober 2009 bis September 2010 gemeldete installierte PV-Anlagenleistung pro Bundesland in MW

Neuanmeldungen von dezentralen EEG-Anlagen



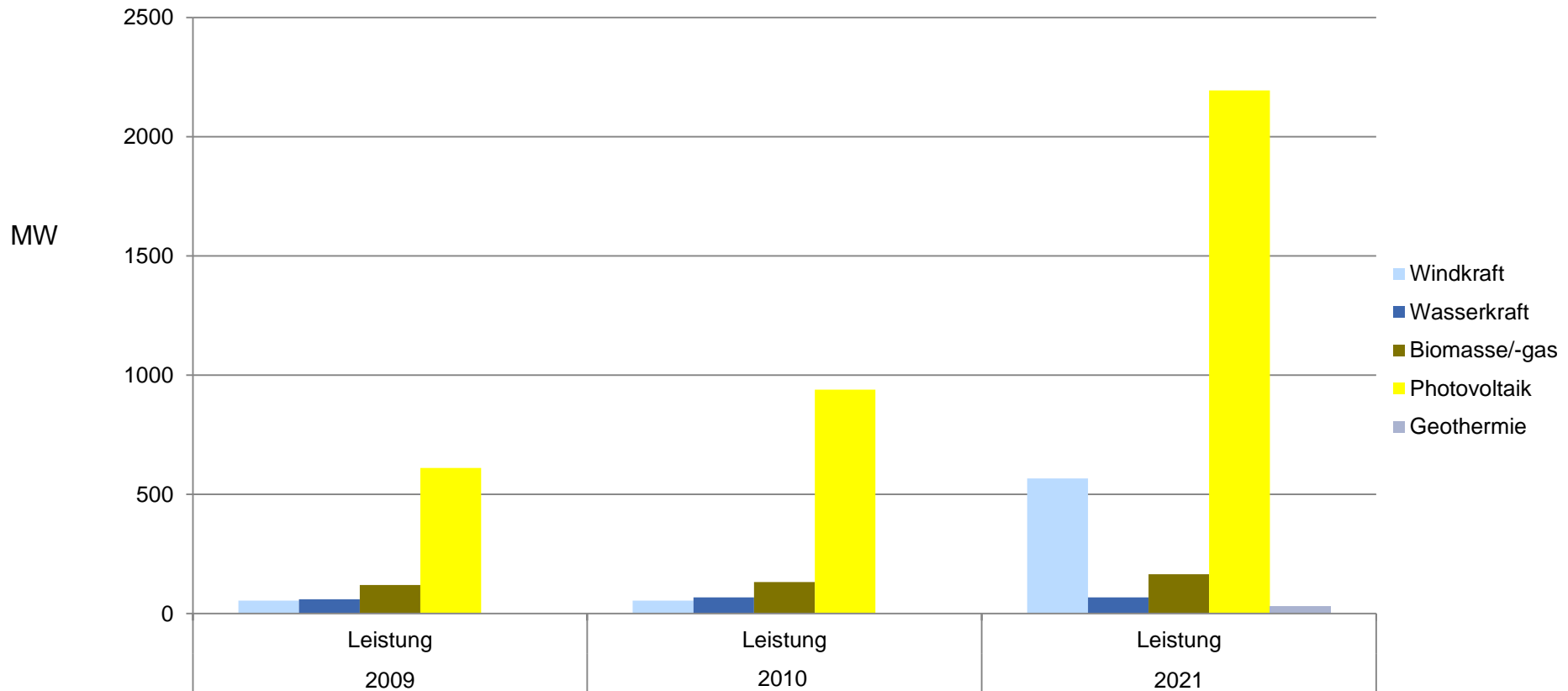
Erneuerbare Energien in der Region: LEW schließen mehr als 50.000 Anlagen an

Anzahl der EEG-Einzelanlagen am Netz der LEW Verteilnetz GmbH

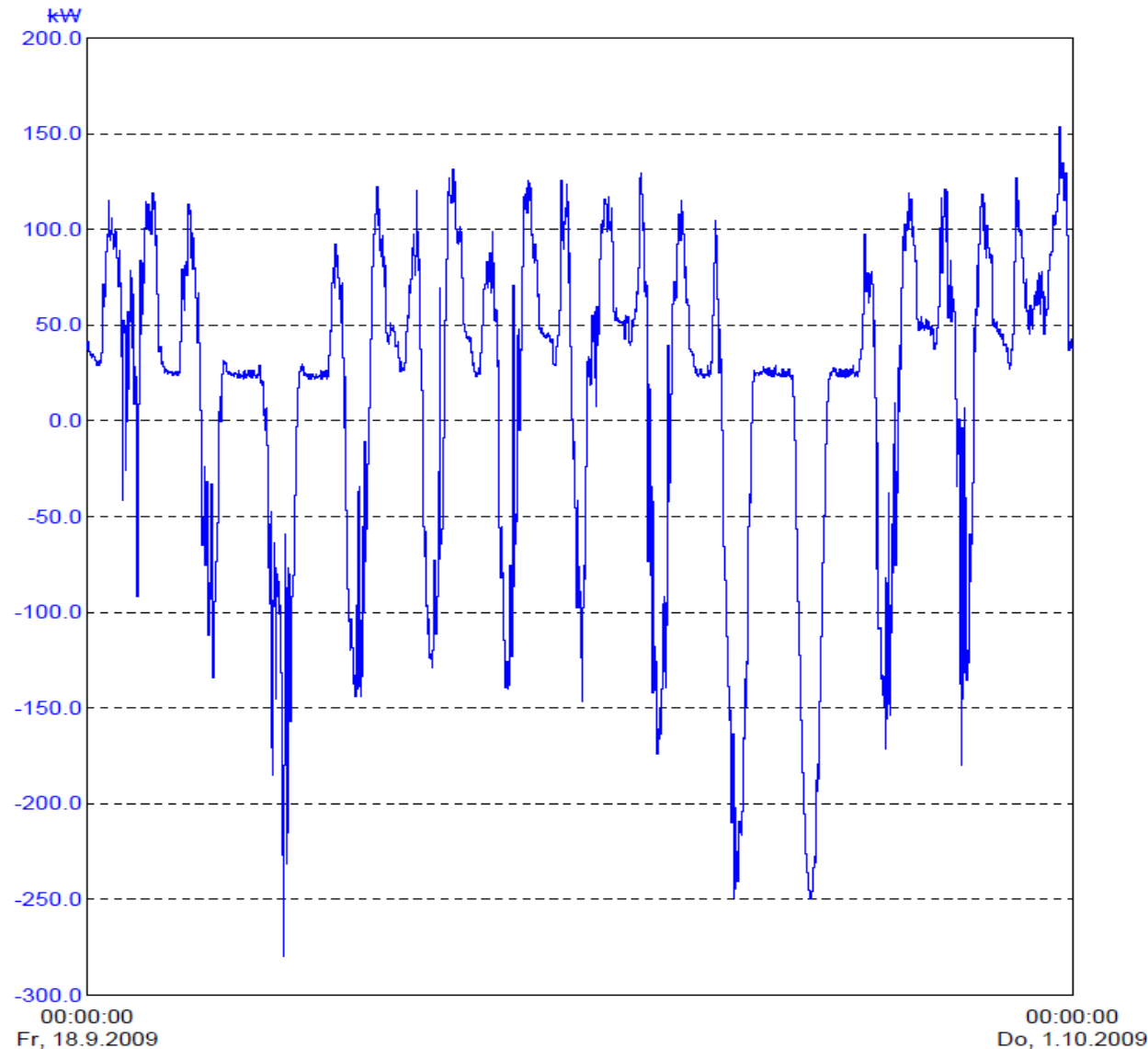


Die Leistung wird sich im Netzgebiet der LEW Verteilnetz GmbH in 10 Jahren nahezu verdreifachen

Ableitung des EEG-Anlagen-Leistungs-Zubaus bei der LEW Verteilnetz GmbH nach dem Bay. Energiekonzept

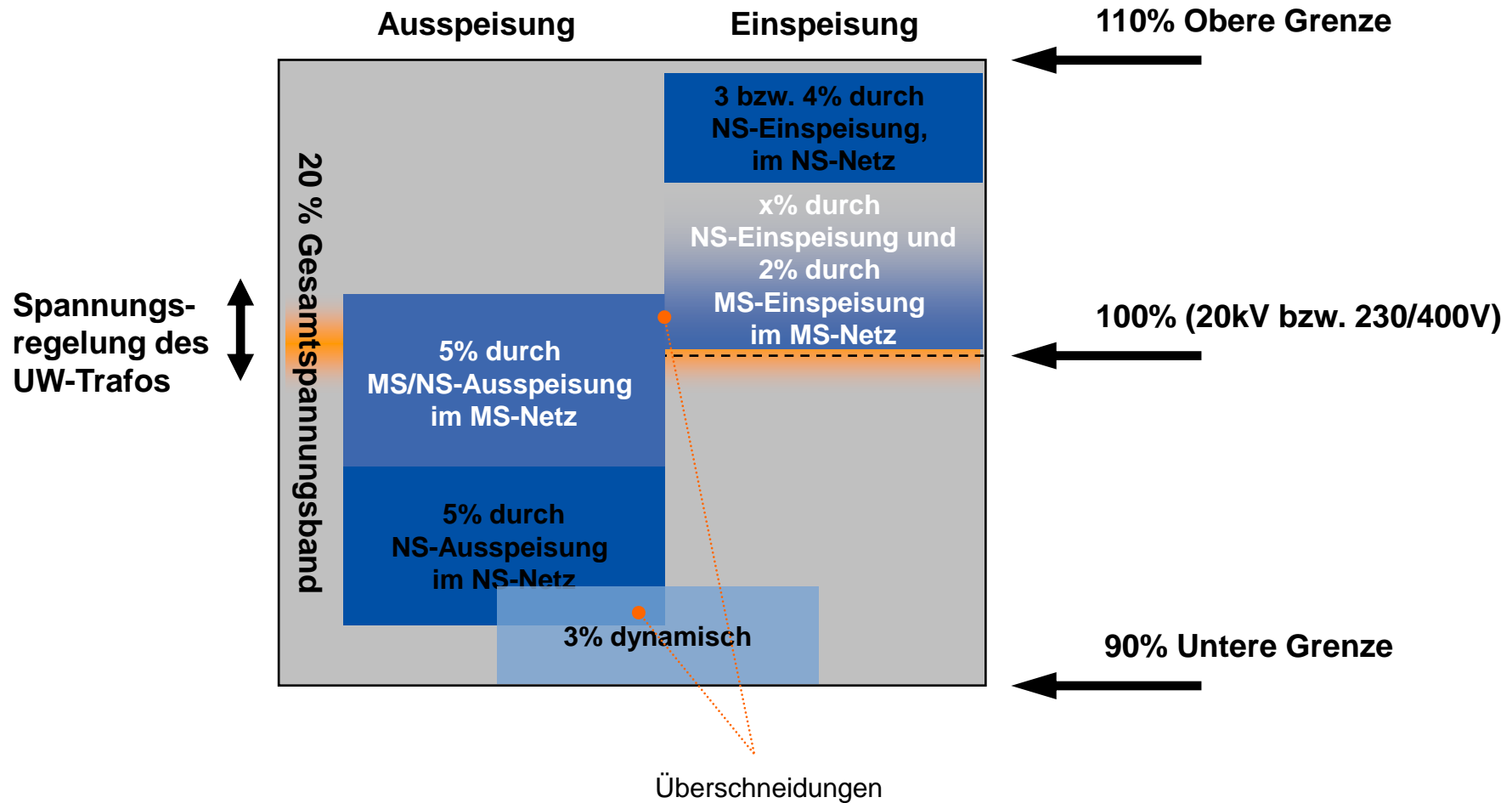


Beispiel der Lastflussumkehr an einer Ortsnetzstation



statische Spannungsänderung

Theoretische Aufteilung des Spannungsbandes



Annahmen:

- Ortsnetztransformatoren Einstellung Stufe 2 entspricht 20.000/400 V
- NS-Ein- bzw. Ausspeisung beinhaltet die MS/NS-Ebene

Wegen der zusätzlichen Spannungsanhebung ist eine unsymmetrischer Einspeisung zu vermeiden

Durch einphasige, bzw. asymmetrische Erzeugungsanlagen wird die Spannung zusätzlich beeinflusst:

Beispiel aus der Praxis:

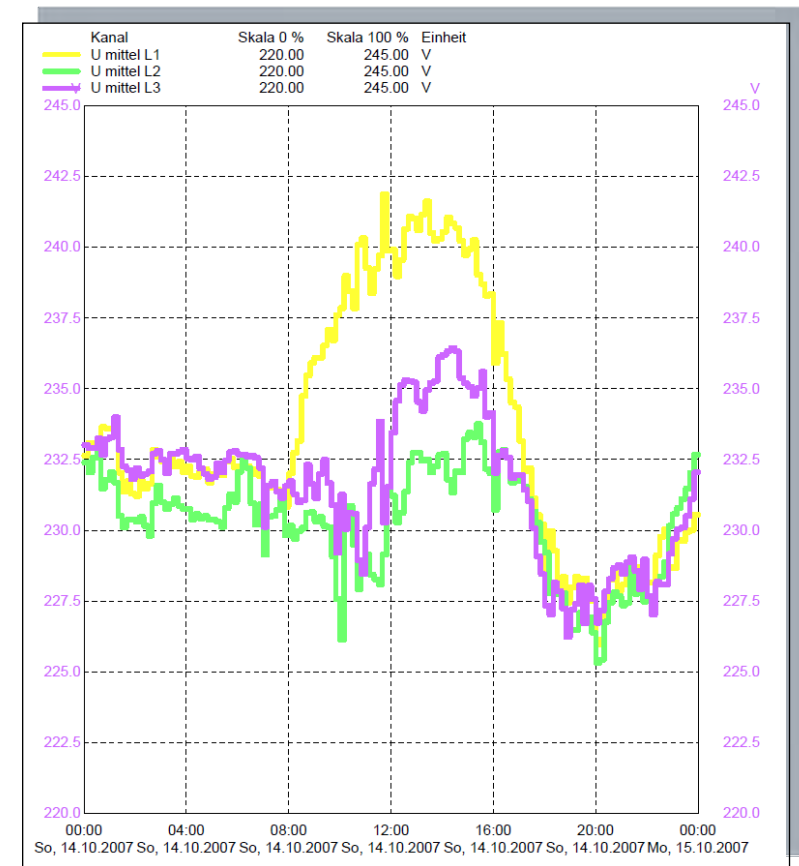
Anschluss einer PV-Anlage mit Netzverknüpfungspunkt nach 380 m NS-Freileitung; $S_K = 720 \text{ kVA}$



Einspeiseleistungen L1: **9,2 kW** L2: 4,6 kW L3: 4,6 kW

Berechnung der statischen Spannungsänderung

- bei vorhandener asymmetrischer Einspeisung
L1: **4,8 %** L2: 1,5 % L3: 1,5 %
- bei symmetrischer Einspeisung würde sich ergeben
L1: 2,0 % L2: 2,0 % L3: 2,0 %



Spannungsmessung am Netzverknüpfungspunkt

Spannungshaltung

Ab 13,8 kVA wird eine generelle symmetrische Drehstromeinspeisung durch die VDE-AR 4105 vorgegeben

Anschlusskriterien

Leistungsbereich	Phasenaufteilung	anlagenseitige Maßnahmen
$\leq 3 \times 4,6 \text{ kVA}$	Grundsätzlich symmetrisch, allerdings Einzelphaseneinspeisung mit max. 4,6 kVA je Außenleiter möglich	
$> 13,8 \text{ kVA}$	Symmetrischer Anschluss für Einheiten, welche 13,8 kVA überschreiten.	Drehstromwechselrichter Kommunikative Kopplung der Erzeugungseinheiten

> keine Einspeisung von 110 % nach bisheriger VDEW-Regel mehr möglich

Die statische Spannungshaltung wird durch die Regelung von Blindleistung unterstützt

Blindleistung

> Erzeugungsanlagen

$$S_{E_{\max}} \leq 3,68 \text{ kVA (16 A)}$$

- $\cos\varphi = 0,95$ untererregt bis 0,95 übererregt nach DIN EN 50438
- **Empfehlung:**
untererregt nach Kennlinie

> Erzeugungsanlagen

$$3,68 \text{ kVA} < S_{E_{\max}} \leq 13,8 \text{ kVA}$$

- $\cos\varphi = 0,95$ untererregt bis 0,95 übererregt nach Kennlinie

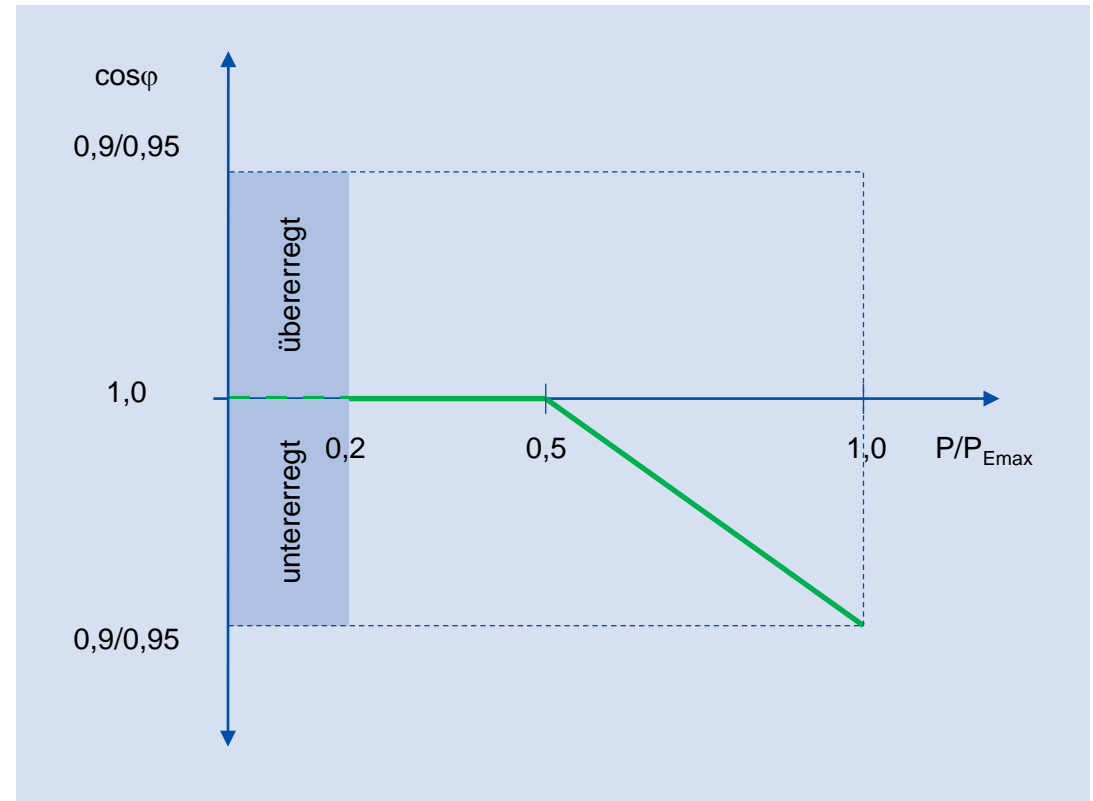
> Erzeugungsanlagen

$$S_{E_{\max}} > 13,8 \text{ kVA}$$

- $\cos\varphi = 0,90$ untererregt bis 0,90 übererregt nach Kennlinie

> Bei Erzeugungsanlagen mit direkter Netzkopplung z. B. BHKW's

- feste $\cos\varphi$ -Einstellung, ohne Kennlinie



Die Blindleistung birgt je nach Netzkonstellation unterschiedliche Optimierungspotentiale

E VDE-AR-N 4105:2010-07

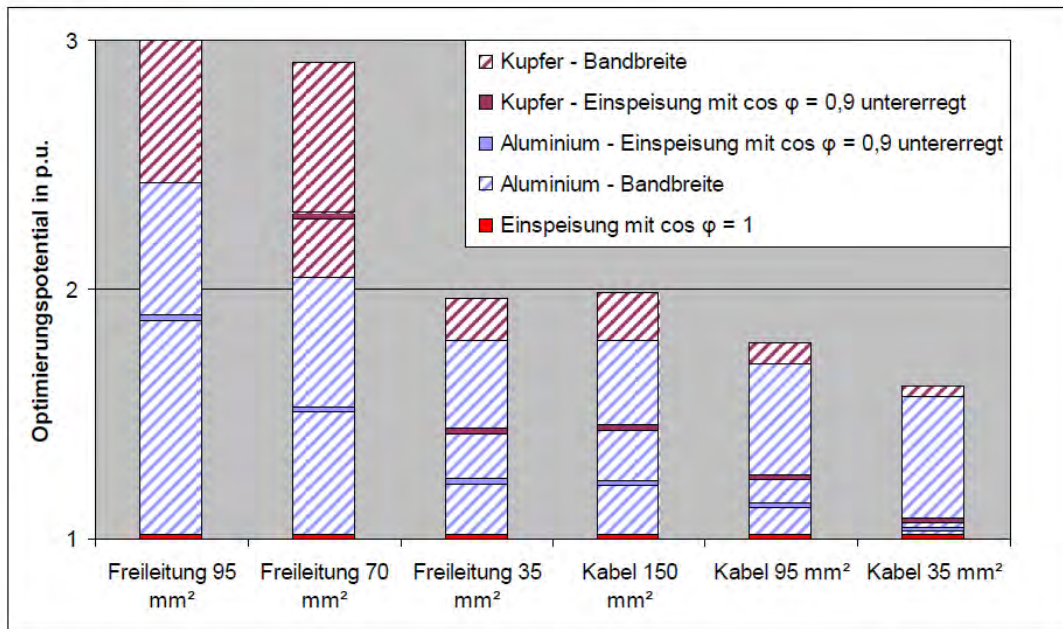


Bild A.1 – Optimierungspotential durch geeignete Blindleistungseinspeisung bei üblichen Freileitungs- bzw. Kabeltypen (bezogen auf eine Betriebsweise mit $\cos \varphi = 1$)

Berechnungsgrundlage:

$$\Delta U = (-)\sqrt{3} \cdot (I_W \cdot R_{L+T} + I_B \cdot X_{L+T})$$

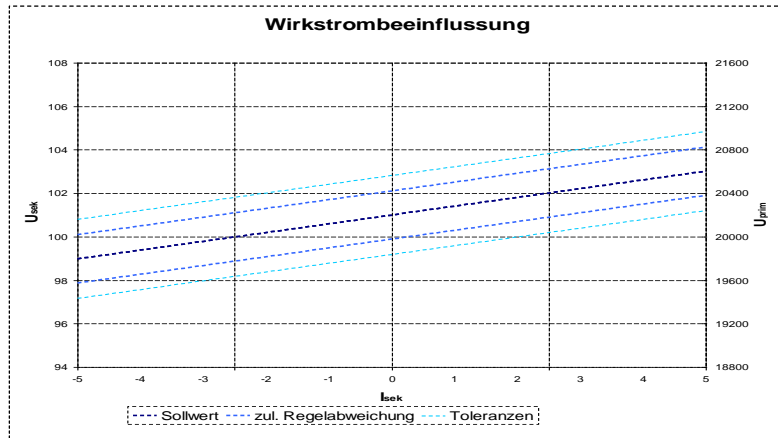
Daten von Transformatoren und Leitungen:

Trafo	Leitung	S_k	Verhältnis R/X
250kVA	ohne	6.012 kVA	0,46
250kVA	400m Kabel 150mm ² Al	1.408 kVA	1,69
250kVA	400m Iso-Freiltg. 95mm ² Al	1.018 kVA	2,18
250kVA	400m Freiltg. 70mm ² Al	660 kVA	1,21
630kVA	ohne	14.925 kVA	0,35
630kVA	400m Kabel 150mm ² Al	1.594 kVA	2,06
630kVA	400m Iso-Freiltg. 95mm ² Al	1.101 kVA	3,10
630kVA	400m Freiltg. 70mm ² Al	702 kVA	1,28

Je niedriger das Verhältnis R/X um so höher ist der Einfluss der Blindleistung im Verhältnis zur Wirkleistung bei der Spannungsänderung.

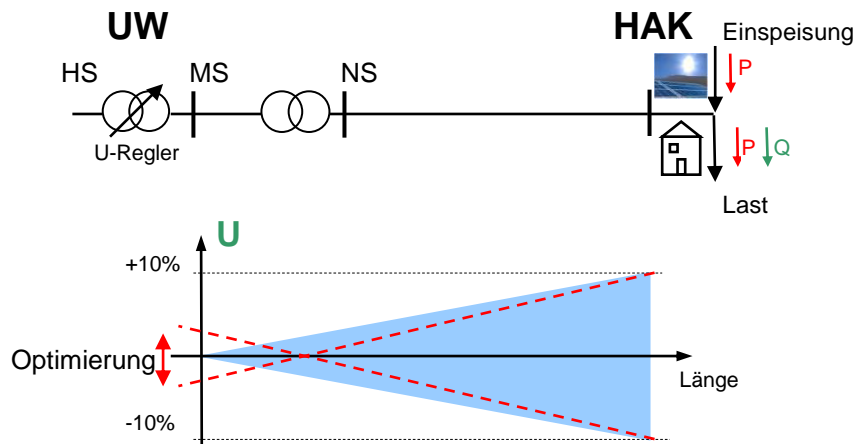
Daraus ergibt sich, dass direkt am Transformator oder bei einer blanken Freileitung eine große Beeinflussung der Spannungsänderung durch die Blindleistung möglich ist.

Einige techn. Herausforderungen lassen sich auch mit Optimierungsmaßnahmen lösen



Optimierung der Spannungsregelung (Mittelspannung) in den Umspannwerken

- > Tauschprogramm für Spannungsregler zur Optimierung der Spannungsregelung in Umspannwerken auch bei Rückspeisung

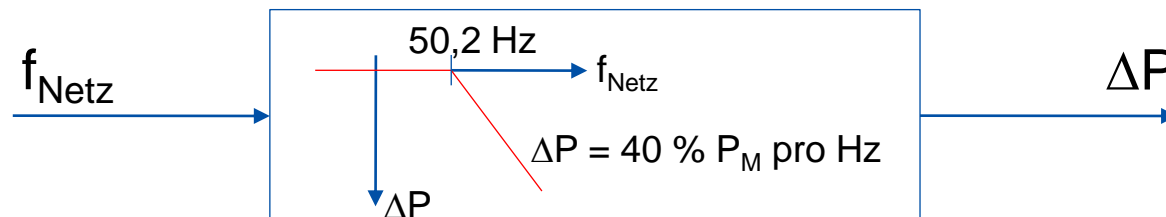


- > Um das Spannungsband ($\pm 10\%$) weitestgehend auszunutzen werden die Sollwerteinstellungen (bisher Standardeinstellung 102%) priorisiert und umspannbezirksscharf berechnet und neu eingestellt (Ziel: Sollwertabsenkung). Ebenfalls werden in diesem Zusammenhang auch die Reglerkennlinien für die stromabhängige Spannungsregelung bedarfsgerecht optimiert.

Durch die stufenlose Abregelung der Wirkleistung bei Überfrequenz wird eine sprunghafte Leistungsreduzierung vermieden

Wirkleistungsabsenkung bei Überfrequenz

- > regelbaren Erzeugungsanlagen
 - Wirkleistungsabsenkung zwischen 50,2 bis 51,5 Hz
 - mit einem Gradienten, 40 % von P_{Momentan} je Hertz
 - Einfrierung der Wirkleistung bei einer Frequenzreduzierung zwischen 51,5 und 50,2 Hz
 - Wirkleistungszunahme ab einer Frequenz von 50,2 Hz
 - mit einem Gradienten 10 % der max. Wirkleistung pro Min.



- > nicht regelbaren Erzeugungsanlagen
 - Herstellerverteilte Abschaltung gleichmäßig zwischen 50,2 u. 51,5 Hz

Der Entwurf der Systemstabilitäts-VO sieht mehrere Nachrüstvarianten nach Wechselrichtermöglichkeiten vor

vor

1.) Erfüllung der VDE AR-N 4105:2011-08
„Erzeugungsanlagen am NS-Netz“
Kapitel 5.7.3.3 und 5.7.3.4



2.) Erfüllung der BDEW-RL
„Erzeugungsanlagen am MS-Netz“
Kapitel 2.5.3 und Bild 2.5.3-1, sowie Kapitel 5.7.1
in der Fassung von Juni 2008



3a.) Falls Frequenzeinstellung von weniger als 0,1 Hz
nicht möglich:
Einstellwert 50,30 Hz; 50,40 Hz; 50,50 Hz; 50,60 Hz,
50,70 Hz; 50,80 Hz; 50,90 Hz und 51,00 Hz



3b.) Falls Frequenzeinstellung von weniger als 0,1 Hz
möglich:
Einstellwert 50,25 Hz; 50,35 Hz; 50,45 Hz; 50,55
Hz; 50,65 Hz; 50,75 Hz; 50,85 und 50,95 Hz



4.) Wechselrichter von Anlagen, die auch bei einer
Nachrüstung nach Absatz 3 ausgetauscht werden
müssten, müssen die Anforderungen der
Absätze 1 bis 3 nicht erfüllen.

Der Netzbetreiber gibt den
jeweiligen Frequenzwert vor

Die Vorgaben durch § 6 EEG 2012 sind vielseitig

Anlagentyp	Umsetzungsaufgaben	techn. Schnittstelle zum Netzbetreiber	Nachrüstpflicht bei Bestandsanlagen § 66	
			für	Frist
Alle Anlagen > 100 kW inkl. PV und KWK-Anlagen	Leistungsreduzierung inkl. Istwertübertragung	ja	Alle PV-Anlagen	30.06.2012
PV-Anlagen > 30 kW und ≤ 100 kW	Leistungsreduzierung	ja	PV-Anlagen ab 1.1.2009	31.12.2013
PV-Anlagen ≤ 30 kW	Leistungsreduzierung	ja	keine	keine
	alternativ: dauerhafte Leistungsbegrenzung auf 70 %	nein	keine	Keine

Mehrere PV-Anlagen auf einem Grundstück oder in unmittelbarer Nähe und innerhalb 12 Monaten zählen unabhängig von den Eigentumsverhältnissen für die Ermittlung der installierten Leistung zusammen.

Möglichkeiten zur Leistungsbegrenzung von EEG-Anlagen (3)

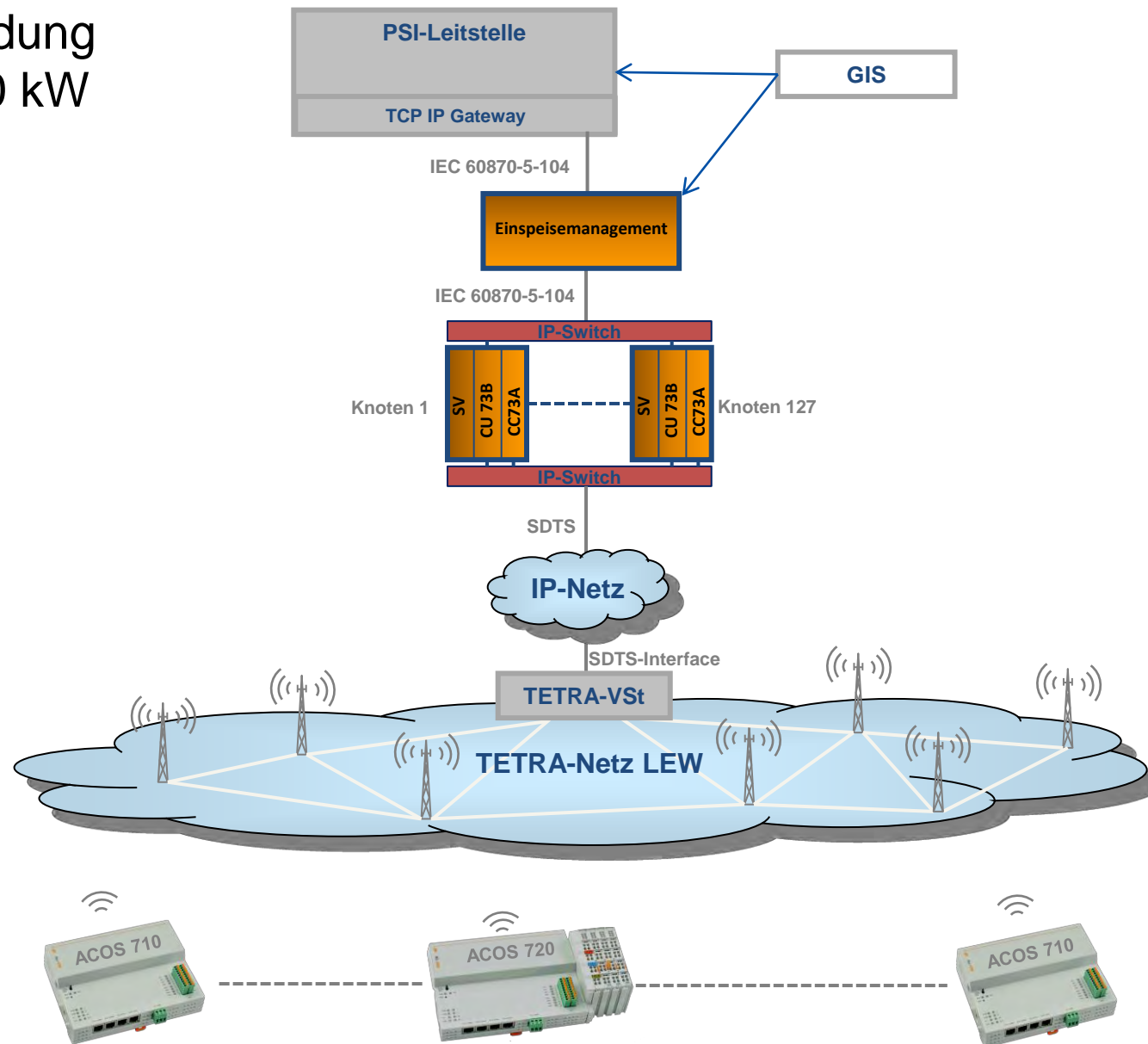
Fernwirkanbindung
für > und <100 kW

Steuerung:
(durch System)

- > Einzelanlage
- > ONS
- > 20-kV-Abgang
- > UW Bezirk
- > Global

Meldung:

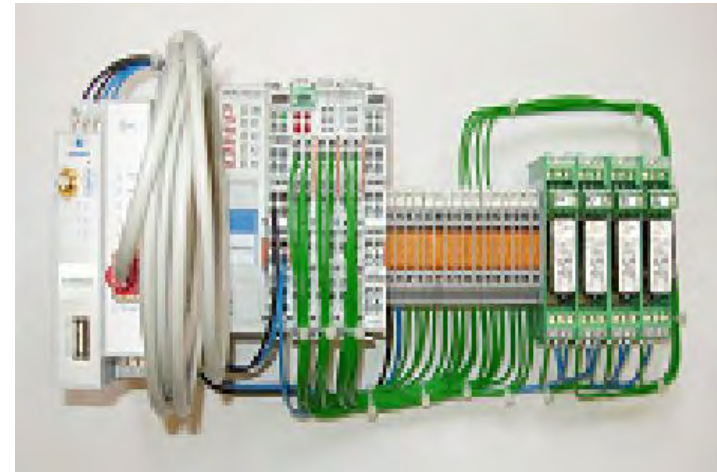
- > Messwerte



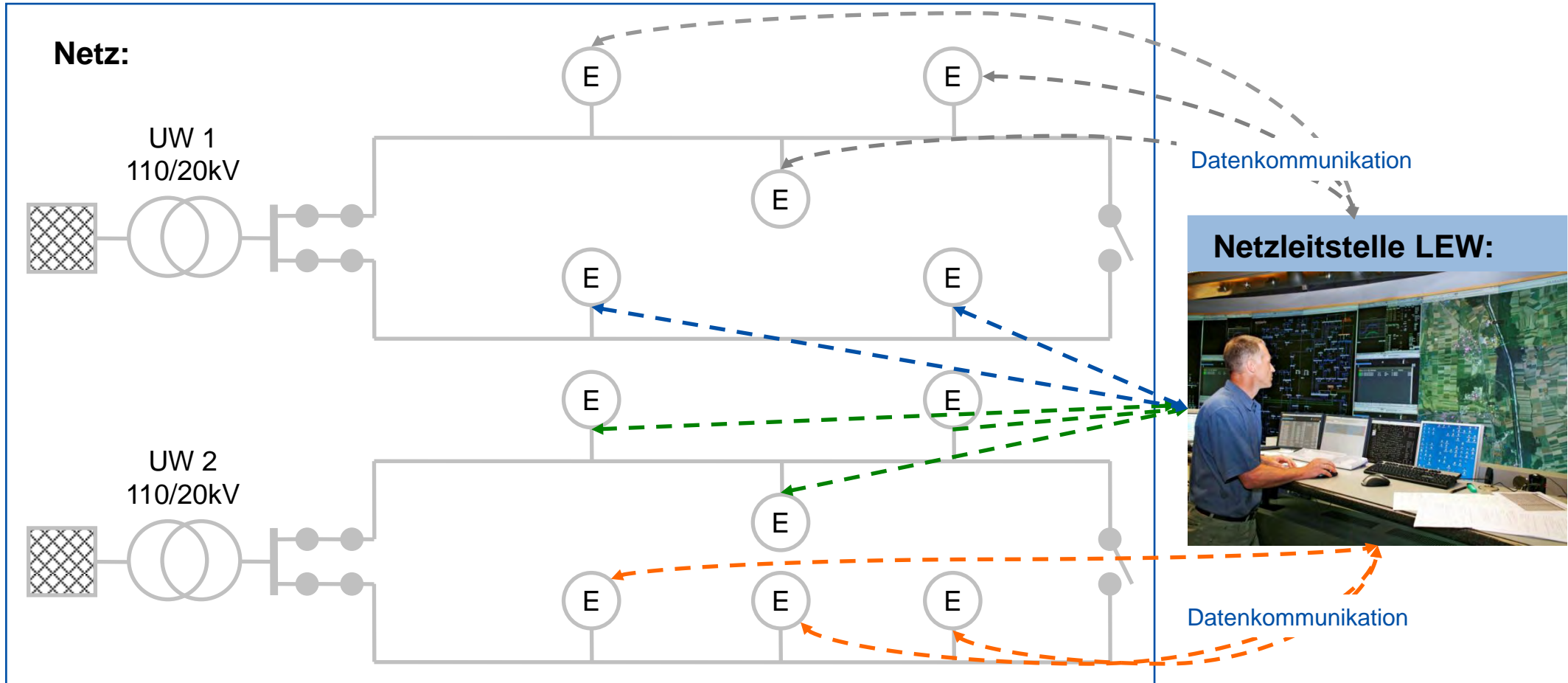
Die LEW Verteilnetz GmbH bietet > 100 kW eine Kleinstfernsteuerung mit Anbindung über ein GPRS-Modem an.

Technische Einrichtung größer 100 kW:

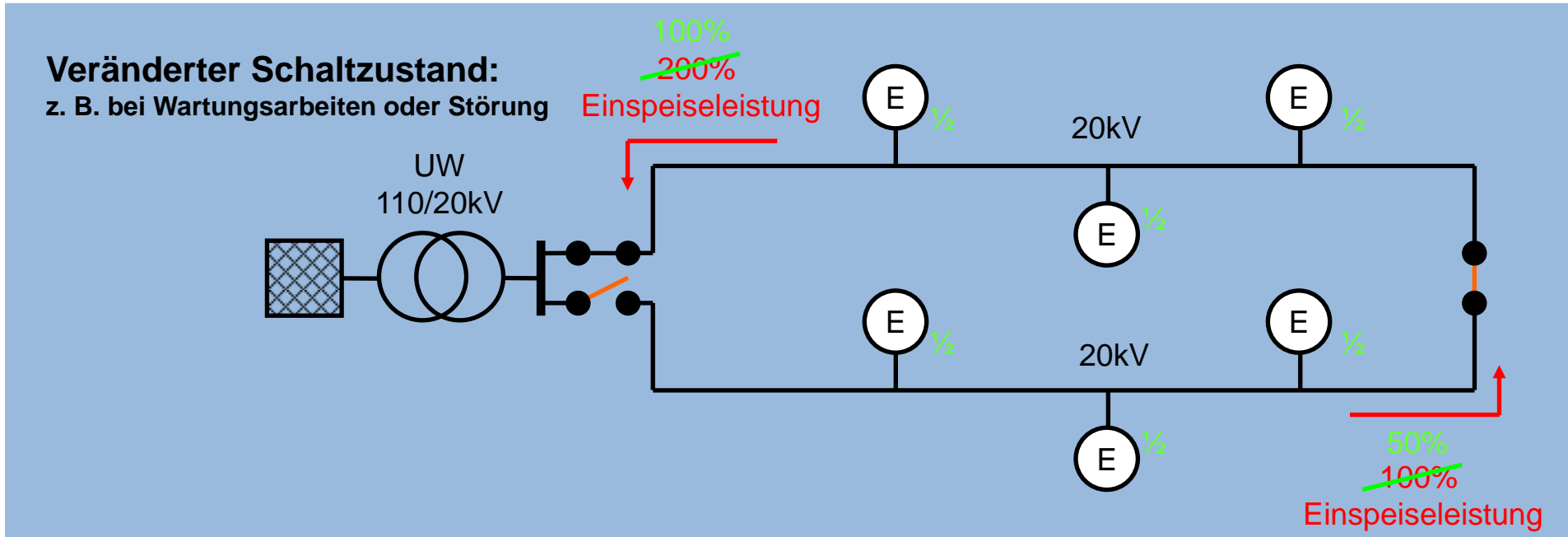
- > Die Kleinstfernsteuerung wird über ein **GPRS Modem** an die Leitstelle in Augsburg angebunden.
- > Analoge Eingänge, **0...20mA** für Wirkleistung oder Alternative: Digitale **Eingänge für Zählerimpulse**
- > 4 Digitale Ausgänge zur **Leistungsreduzierung 0% (Aus), 30 %, 60 %, 100 %**



Die LEW-Netzleitstelle kann auf jede einzelne EEG-Anlage >100 kW zugreifen und nur bei absoluter Notwendigkeit regeln

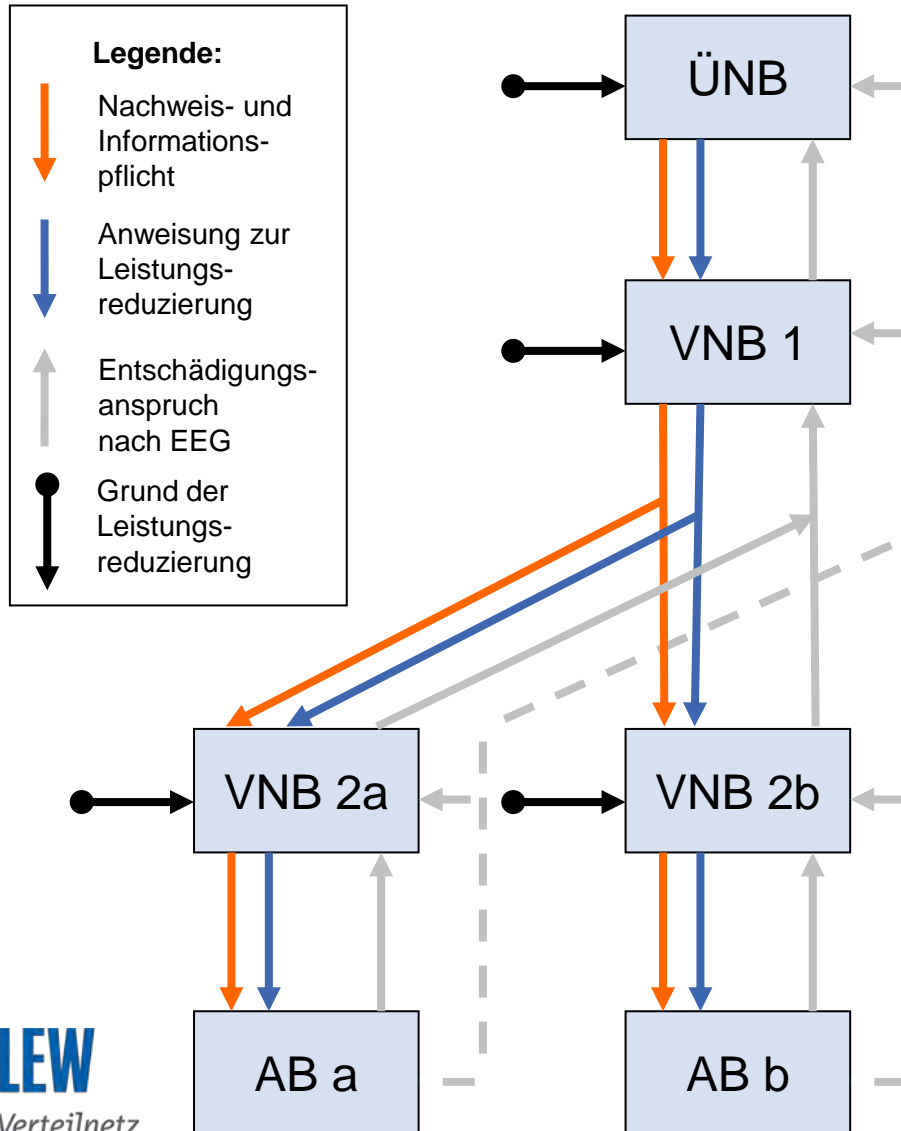


Systemsicherheitsmanagement nach § 14 EnWG ist unumgänglich für den sicheren Betrieb der Netze



- > Ohne Regelungsmöglichkeiten werden die Netze bei Netzumschaltungen überlastet bzw. die Netzverträglichkeitspegel überschritten. **Deshalb ist es zwingend erforderlich, dass die Leistung der Erzeugungsanlagen reduziert** werden kann.
- > Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, muss diese Reduzierung der Einspeiseleistung **innerhalb weniger Minuten** möglich sein.

Vertragsbeziehungen und Meldewege der beteiligten Netzbetreiber beim Netzsicherheitsmanagement



- > Jeder Netzbetreiber kann einen Netzengpass nach § 11 EEG ausweisen.
- > Dabei muss der Netzbetreiber mit Netzengpass die Anweisung zur Leistungsreduzierung diskriminierungsfrei an die betreffenden Beteiligten anstoßen. Die beteiligten Netzbetreiber sind nach § 14 EnWG zur Unterstützung verpflichtet.
- > Die Betreiber aller Netzebenen sind für die Erfüllung der Informations- und Nachweispflichten verantwortlich.
- > Der Netzbetreiber, in dessen Netz die Ursache der Regelung liegt, trägt die Kosten der Entschädigung. Er haftet gesamtschuldnerisch mit dem Netzbetreiber an dessen Netz die Anlage angeschlossen ist.

„Intelligente“ Netzstation ist für den Einsatz vorbereitet



Automatisierte Netzstation mit folgenden Funktionalitäten im Vollausbau:

- > Aufnahme und Übertragung von Messwerten (Spannung, Strom, Leistung)
- > Kurzschlussanzeiger
- > Erdschlussanzeige
- > Erdschlussrichtung
- > Fernsteuerbarer Lastschalter

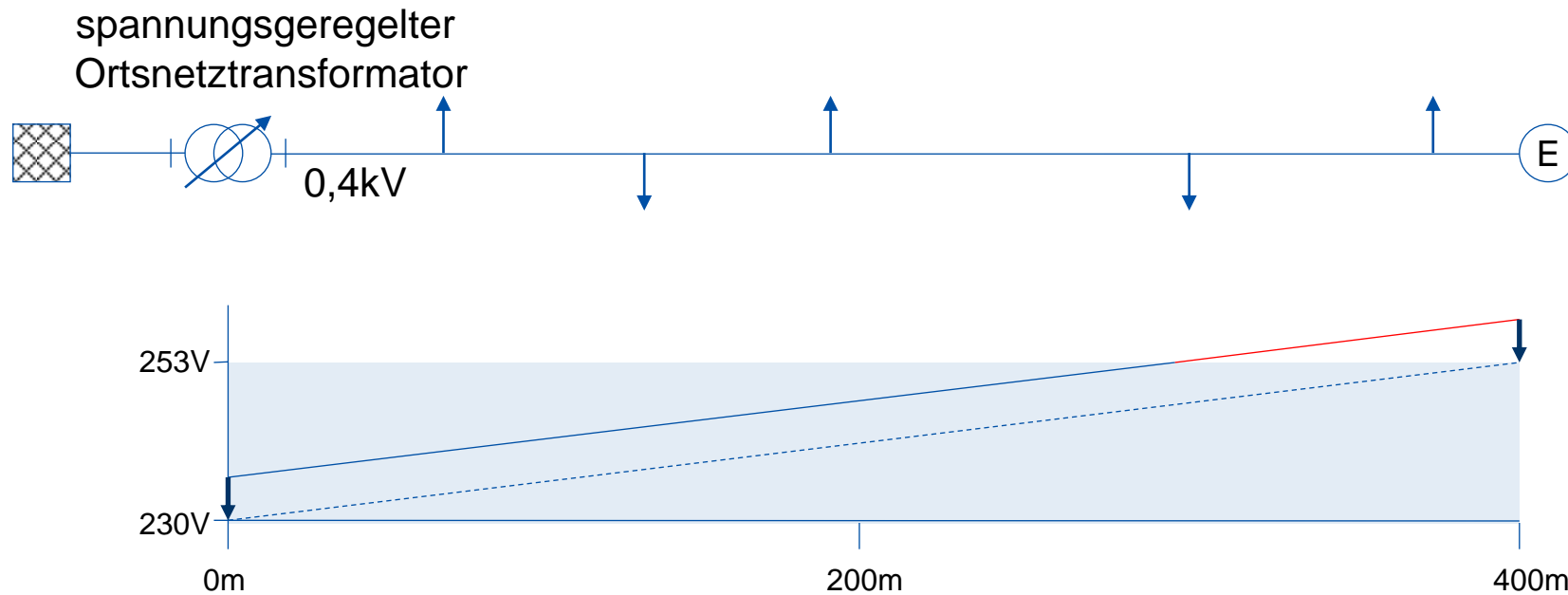
Übertragung und Anbindung zur Netzleitstelle

- > Funk-Kleinfjernsteuerung

Geplantes erstes Projekt

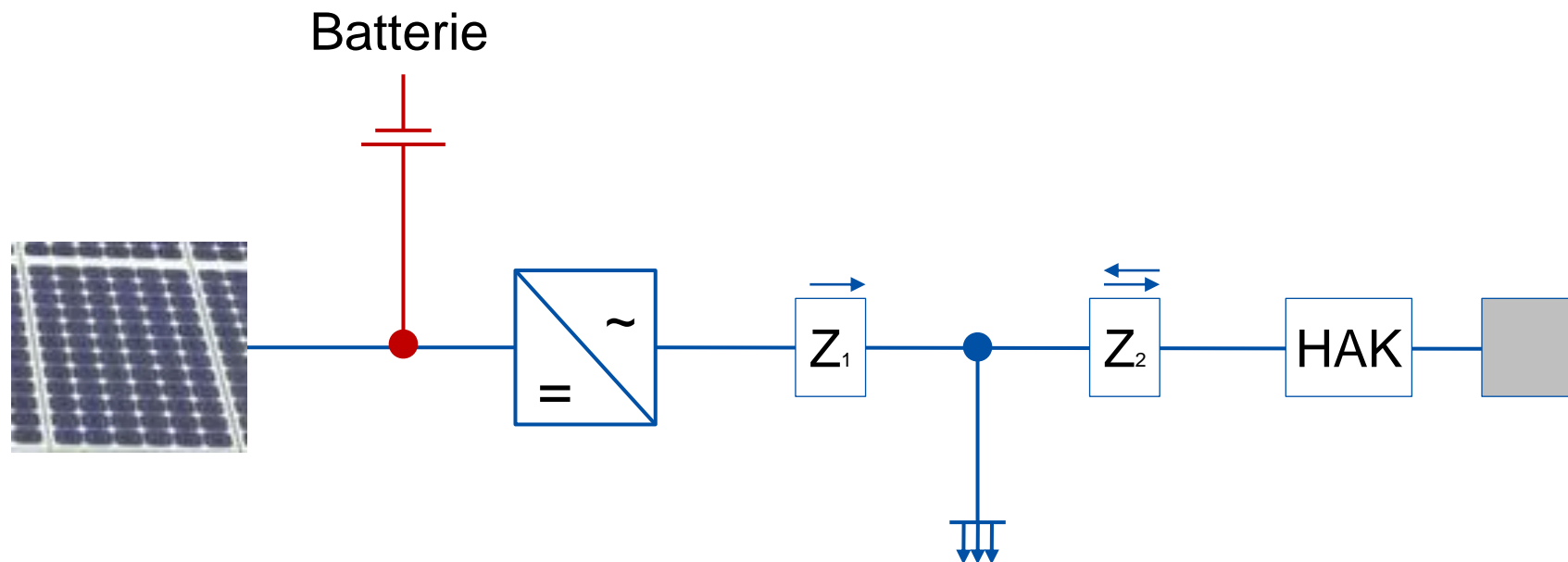
- > Ersatz der Verteilerstation Krottenhill

Derzeit werden spannungsgeregelte Ortsnetztrafos in einigen Pilotprojekten getestet



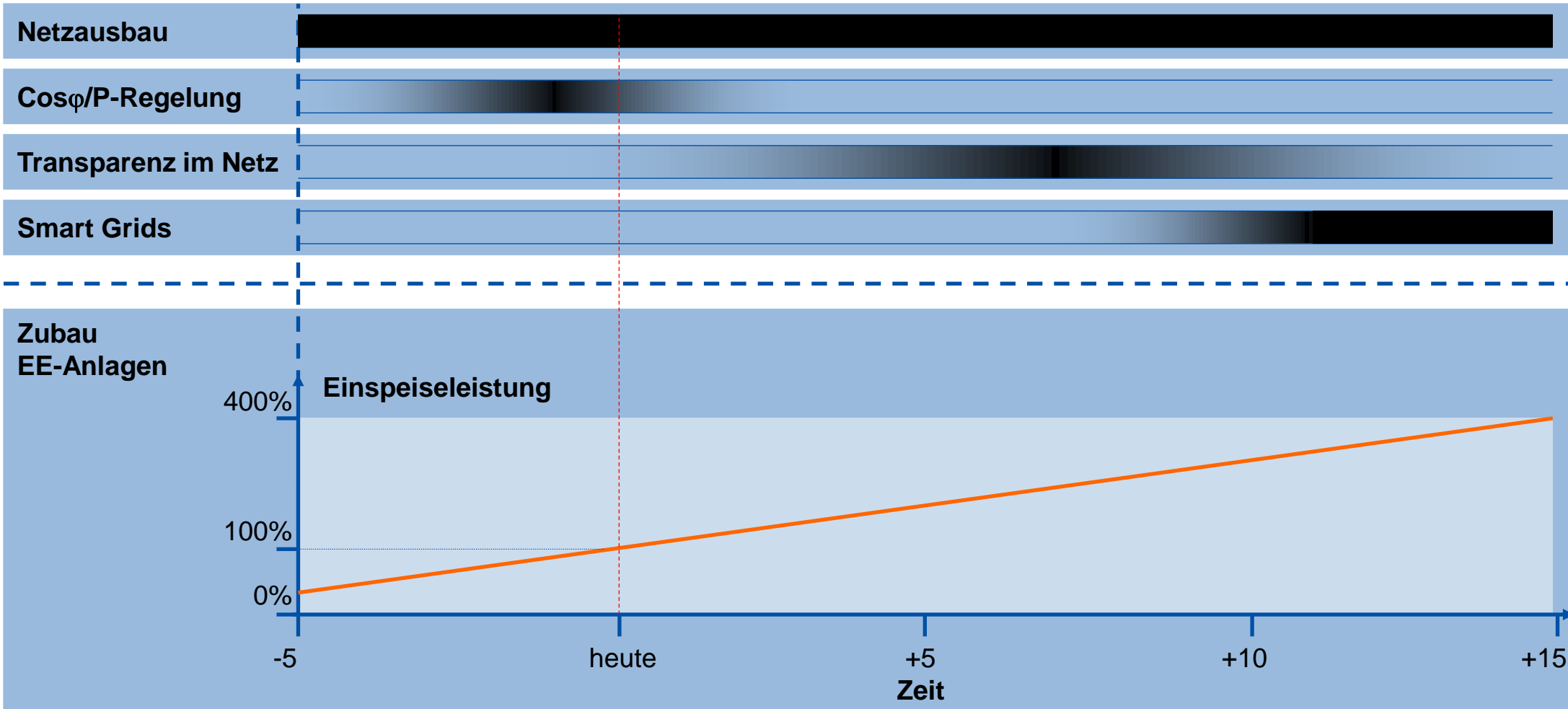
Die Photovoltaikanlage der Zukunft könnte über den Eigenbedarf hinaus Energie speichern

exemplarisch



Die rechtzeitige Integration von neuen, intelligenten Techniken bleibt eine Herausforderung

Umsetzungsszenario:



Fazit

- > Der Zubaus von Erneuerbaren Energien hat im Netzgebiet der LEW Verteilnetz GmbH in den vergangenen Jahre massiv an „fahrt“ gewonnen.
- > Neben dem Netzausbau können intelligente Lösungen teilweise genutzt werden. Die intelligenten Lösungen finden auch zunehmend in den normativen und gesetzlichen Vorgaben Berücksichtigung.
- > Um die Herausforderungen der Energiewende lösen zu können, ist die Weiterentwicklung von Technologien z. B. Speicher, smart Grids... notwendig.
- > Neben der Beteiligung der Netzbetreiber, Energieversorger und Technologiehersteller ist auch das Mitwirken der Anlagenbetreiber, Stromkunden und weiterer Bürger notwendig.