

Bericht über **Trends** und **Lösungsansätze** aus Sicht Vorarlberger Netzbetreiber

10. Österreichische Photovoltaik Tagung
Laxenburg, 19. Oktober 2012



Manuel Dürr, Vorarlberg Netz

Agenda

- 1) Energiepolitische Zielsetzungen in Vorarlberg, Fokus Photovoltaik
- 2) Strategien/Lösungsansätze zur Beherrschung des PV-Zuwachses
- 3) Fernvorgabe der Blindleistung durch NB bei DEA > 100kVA (Smart Grid)
- 4) WR-Regelstrategie Q(U) bei PV-Anlagen > 9kVA
- 5) Projekt: Feldtest - Einführung Q(U)-regelfähiger Wechselrichter bei PV in Vorarlberg; Wissenschaftliche Begleitung durch TU München
 - Parameterset der spannungsabhängigen Blindleistungsregelung Q(U)
 - Schwingungsneigung: WR untereinander und in Wechselwirkung mit Lasten
- 6) Stromkompoundierung U(P) – Regelstrategie zur Spannungshaltung
- 7) Zusammenfassung, Fazit

Kraftwerke und Stromerzeugung in Vorarlberg vor allem Wasserkraftwerke; Photovoltaik steigend



Kennzahlen Kraftwerke in Megawatt (MW)

Installierte Turbinenleistung	1.973
Installierte Pumpleistung	999

Stromerzeugung in GWh 2010

Stromerzeugung Illwerke-Kraftwerke	2.378
Stromerzeugung VKW-Kraftwerke (brutto)	478
Summe Stromerzeugung illwerke vkw	2.856

Ausblick (nur PV) 2020

Stromerzeugung aus Photovoltaik (in GWh)	43
--	----

entspricht dem Jahresverbrauch von rund **8600 Haushalten**
(bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 5.000 kWh/Jahr)

Energiepolitik in Vorarlberg, Erwartungen

Energieautonomie 2050 als einstimmiger Landtagsbeschluss aller 4 Fraktionen am 8. Juli 2009 (Gesamtenergiemenge/Jahr)

http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/wasser_energie/energie/energie/weitereinformationen/energiezukunftvorarlberg/vorarlbergerlandtagbeschl.htm

101 enkeltaugliche Maßnahmen als einstimm. Landtagsbeschluss aller 4 Fraktionen am 14.11.2011 mit ambitionierten Teilzielen **bis 2020**,

http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/wasser_energie/energie/energie/weitereinformationen/energiezukunftvorarlberg/energiezukunftvorarlberg-.htm

- **PV-Verfünffachung** (entspricht jährl. PV-Zubau ~ 5-6 MW)

Photovoltaik

Basisjahr 2005: 7.4 GWh_{el}
(bzw. ca. 100'000 m²)

Stand 2009: 7.6 GWh_{el}
(bzw. ca. 100'000 m²)

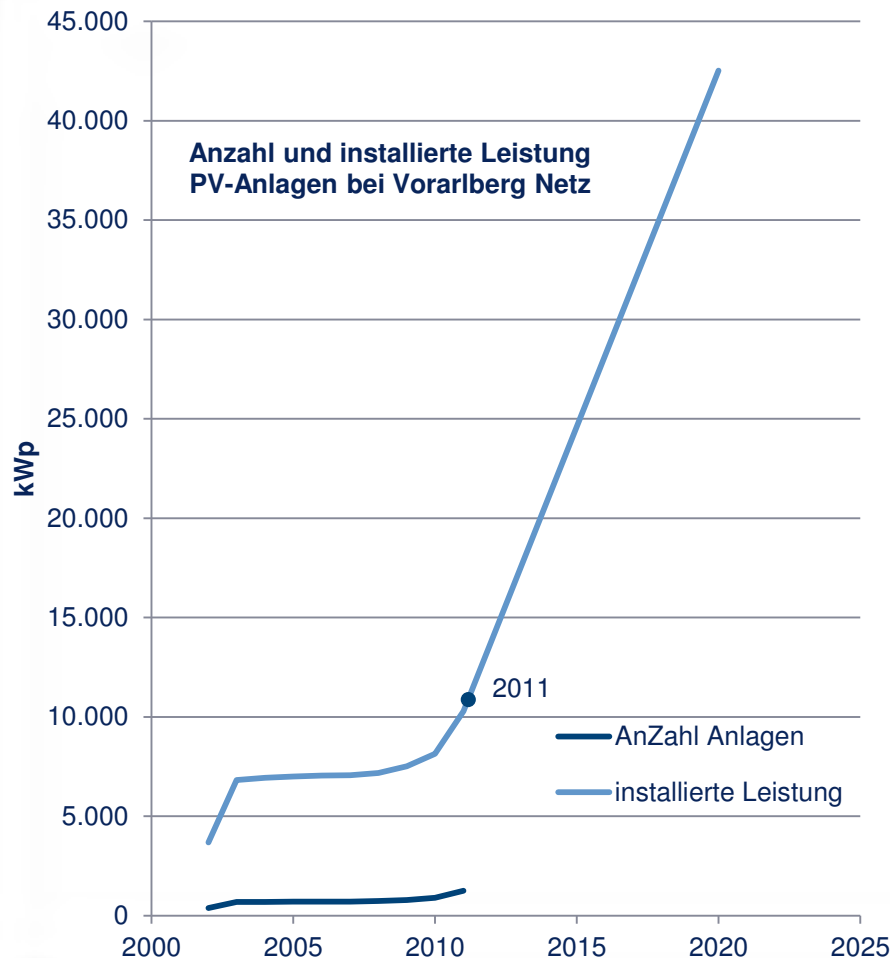
Zubau bis 2020: zusätzlich 35 GWh_{el}
bzw. + rund 400'000 m² (ca. 40'000 m² p.a.)

Total Produktion aus Photovoltaik Anlagen
im Jahr 2020: 43 GWh_{el}

Annahme: Die Rahmenbedingungen des Bundes (Einspeisetarife für Ökostrom) verbleiben mindestens auf dem Stand gemäß Regierungsvorschlag zur Ökostrom-Novelle vom Juni 2011.

Quellen: Energiebericht 2006, Energiebericht 2010, Eigene Schätzungen der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien, Beschluss Ministerrat zur Ökostrom-Novelle vom 15.6.2011.

Zunahme DEA im VKW-Netz 2000 – 2011 (– 2020) → Folgerungen / Erfordernisse*



- Einspeisung aus PV wird zunehmend systemrelevant
- Aufgrund hoher Zahl von Einzelanlagen: „generelle Ansätze“ erforderlich
- Anlagen im NS-Netz müssen zunehmend „Verantwortung“ für das Netz übernehmen



Mehr „Kraftwerksverhalten“ gefordert

- Mitarbeit bei Frequenzhaltung im Störfall
- Mitwirkung beim Erhalt des „Drehstromnetzes“
- Mehr Blindleistungsregelung zur Spannungsstützung u. Erhöhung der Netzaufnahmefähigkeit

* Aus Vortrag Michael Rapp EnBW am 11.4.2012

Strategien zur Beherrschung des PV-Zuwachses

Spannungsränder (+/- 10% Un) sind einzuhalten ! Versch. Optionen:

- **Netzverstärkung, Smart Grids, regelb. ON-Trafos, Stromkompoundierung, Kappung Einspeisespitzen** (Wirkenergieverlust ca 5%) – kritisch (€-Erträge)
- **Kontrollierter Blindstrombezug/-einspeisung (Beteiligung der Einspeiser an der Blindleistungsregelung)**
 - $\cos \varphi$ - Fixwerteinstellung
 - $\cos \varphi (P)$ - Regelung gemäß VDE AR-N 4105
 - Q (U) Regelung
 - Q-Vorgabe durch den VNB gleitend über eine Schnittstelle
- **Spannungsregelung $\cos \varphi (P)$** gem. Punkt 5.7.5 in VDE AR 4105
 - alternative Regelstrategie (Standard bei Ländereinstellung DE)
 - Nachteil: erhöhtes Blindstromaufkommen - unnötiger Blindenergieverkehr in den Netzen bei Volleinspeisung und Starklast (meist „normale“ Spannungshöhe)
- **Wirkleistungsreduktion im Notbetrieb** gemäß EEG 2012 §6 und VDE-AR-N 4105 Pkt. 5.7.3.2
 - Erzeugungs-/Netzsicherheitsmanagement: Bei Anlagen >100kW muss die Leistung der WR in 4 Stufen extern vom NB gesteuert werden können (100/60/30/0%)
 - Dzt. ist für PV-Anlagen in Vorarlberg diese Anforderung nicht gegeben

Gleitende Q-Vorgabe durch VNB (Vlbg.-Beispiel einer Smart Grid Lösung)

Fernvorgabe Q durch NB bei DEA > 100kVA:

- Zur Realisierung einer intelligenten Spannungsregelung und allfälligen Steuerung des Blindenergieaufkommens in den Netzen hat der NB die Möglichkeit, über eine Schnittstelle gleitend Q-Werte vorzugeben.
- Smart Grid Ausführung „Großes Walsertal“
- Umsetzung der „Technischen Anforderungen an neue Einspeiseanlagen ab 100 kW zur Unterstützung der Spannungshaltung im Netz“
- Anlagenschränke gemäß eigener Spezifikation
Kosten je Schrank € 10.000 bis 15.000.- ohne Anbindung an die Zentrale
- Kommunikationsanbindung: LWL, PLC, Datenfunk, Cu-Adern oder Telekom
- Messwerte von Kraftwerk an Zentrale
Steuerbefehle von Zentrale an Kraftwerk

Maßnahme seitens Vorarlberger Netzbetreiber

Technische Anforderungen an Einspeiseanlagen ab 100 kW zur Unterstützung der Spannungshaltung im Netz (27.07.2012)



Die Vorarlberger Verteilernetzbetreiber Vorarlberg Netz, Stadtwerke Feldkirch, E-Werke Frastanz und Montafonerbahn AG.

Bregenz, 27. Juli 2012

Technische Anforderungen an Einspeiseanlagen ab 100 kW zur Unterstützung der Spannungshaltung im Netz

Diese Richtlinie gilt für Einspeiseanlagen im Netz der Vorarlberger Netzbetreiber ab einer Engpassleistung von 100 kW und einem Inbetriebnahmedatum ab 01.07.2011. Die Richtlinie ist unter Berücksichtigung der Vorgaben folgender Regelwerke „TOR D4“ (AT), BDEW-Richtlinie „Technische Richtlinie für Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“ und der VDE AR-N 4105 formuliert worden.

Ziel ist eine kostenoptimierte Anpassung der Netzinfrastruktur an vermehrt dezentrale Einspeisung sowie die Vermeidung von spannungsbedingten Kraftwerksabschaltungen. Dies wird vermieden, indem der Netzbetreiber zumindest größere Einspeiseanlagen fernsteuern kann, wenn die Netzstabilität oder die Einhaltung des Spannungstoleranzbandes dies erfordert.

Gesamtes Dokument unter http://www.vorarlbergnetz.at/downloads/at/Anforderungen_an_Einspeiseanlagen_ab_100kW.pdf

Regelstrategie Q (U) bei PV-Anlagen > 9kVA

Ziel:

- PV-Zubau im Bestandsnetz bei minimiertem Netzaufwand ohne komplexe Steuereinrichtungen (v.a. lokale Intelligenz)
 - gem. VDE AR-N 4105 Anm. 3 in Punkt 5.7.5 als Zukunftsanwendung

Vorteil

- lokale Regelstrategie Q (U) beeinflusst Blindleistungshaushalt nur bei extremen Spannungsabweichungen und erzeugt damit nur bedarfsgesteuert Blindleistungsflüsse (kein dauernder Anstieg der Netzverluste und des Blindenergiebedarfes)

Nachteil

- Parametrierung durch Elektriker vor Ort erforderlich
- Netzberechnung wird aufwändiger

Bei Inbetriebnahme einer Anlage:

- Prüfung der Konformität samt Regelstrategie Q(U) durch Anlagenbetreiber
- Vorlage des Protokolls (Fertigstellungsmeldung) beim NB

Thema:

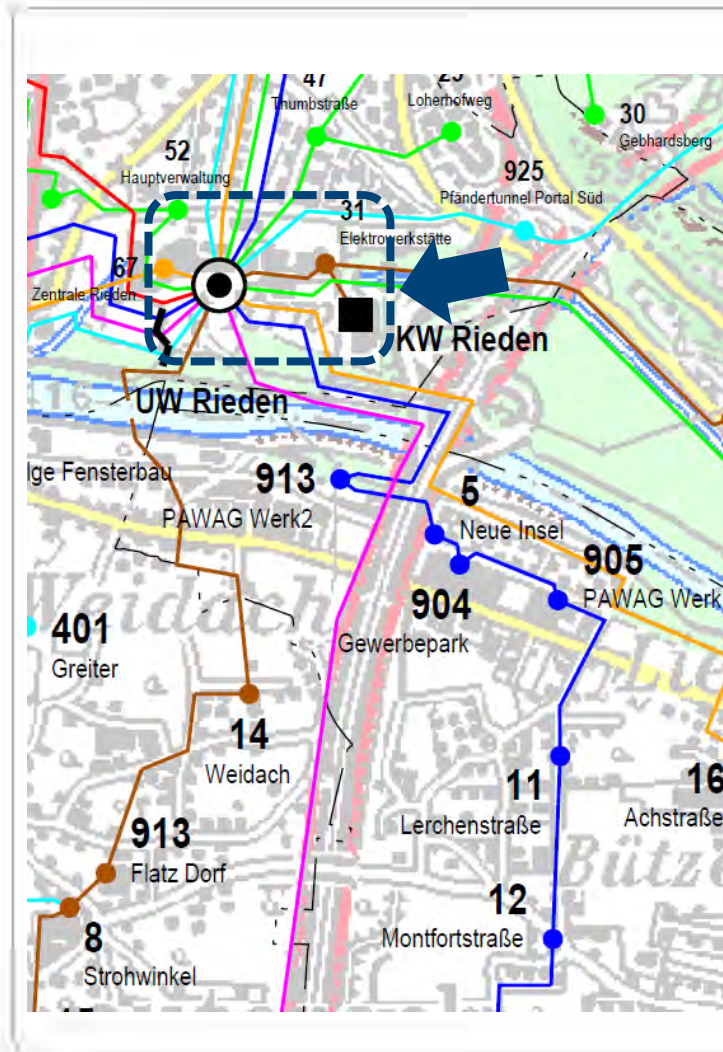
Wissenschaftliche Begleitung der Erprobung einer Q(U) Regelung bei PV-Wechselrichter

→ Stabilitätsverhalten der spannungsabh. Blindleistungsregelung Q(U)

- Ermittlung geeigneter Parametereinstellungen (für stabilen Betrieb), um Schwingungsneigungen entgegenzuwirken
- Einbindung verschiedener WR-Typen in den Feldtest (Fokus: Wechselwirkung untereinander u. Wechselwirkung Einspeiser mit Lasten)
- Nachweis: 50% mehr PV am selben Netz

Wichtiges Kriterium für Vorarlbergnetz:

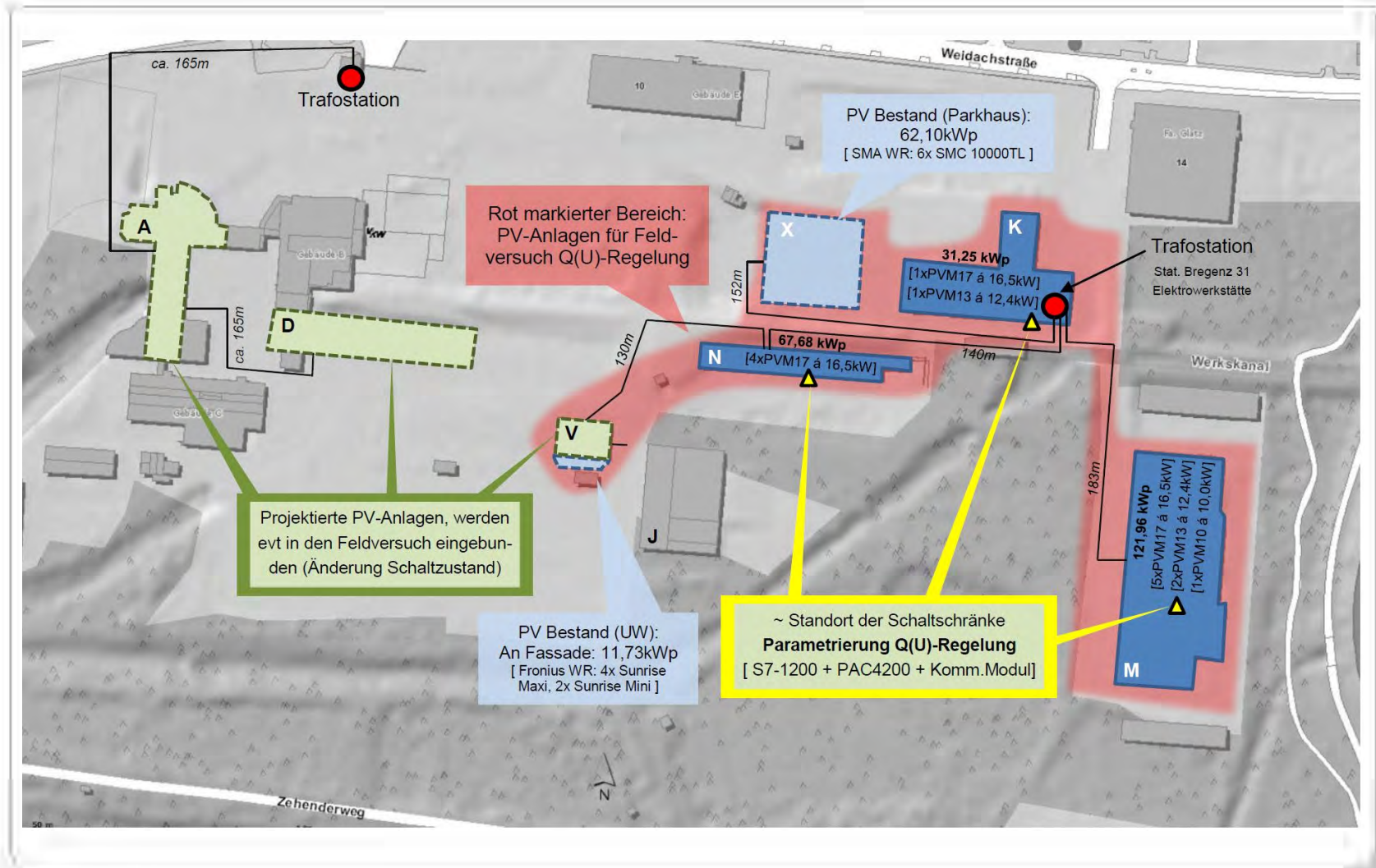
- Maximale technische Sicherheit, dass aufgrund Q(U) ab 1.1.2013 keine Probleme im Netz und damit bei Kunden und deren Anlagen auftreten



Feldtest in repräs. NS-Netz:

- Je nach Var. 300-350kVA
Einspeiseleistung aus PV
- Unterschiedliche WR-Typen/Hersteller
- Verschiedene Lasten: Werkstätte/Büro
- KKW Rieden (~800kW)
- Handlungsfelder/Stellgrößen:
 - Einspeise-/Lastverschiebung zw. Trafostationen (für zusätzlichen Spannungshub, Spannungsänderungen)
 - Option für Versuchszweck: temporär Doppel-SS-Betrieb im UW (nur betroffene TST Werkstätte) – Variation des Spannungsreglersollwertes

Feldversuchsbereich Q(U)-Regelung Vorarlberg Netz

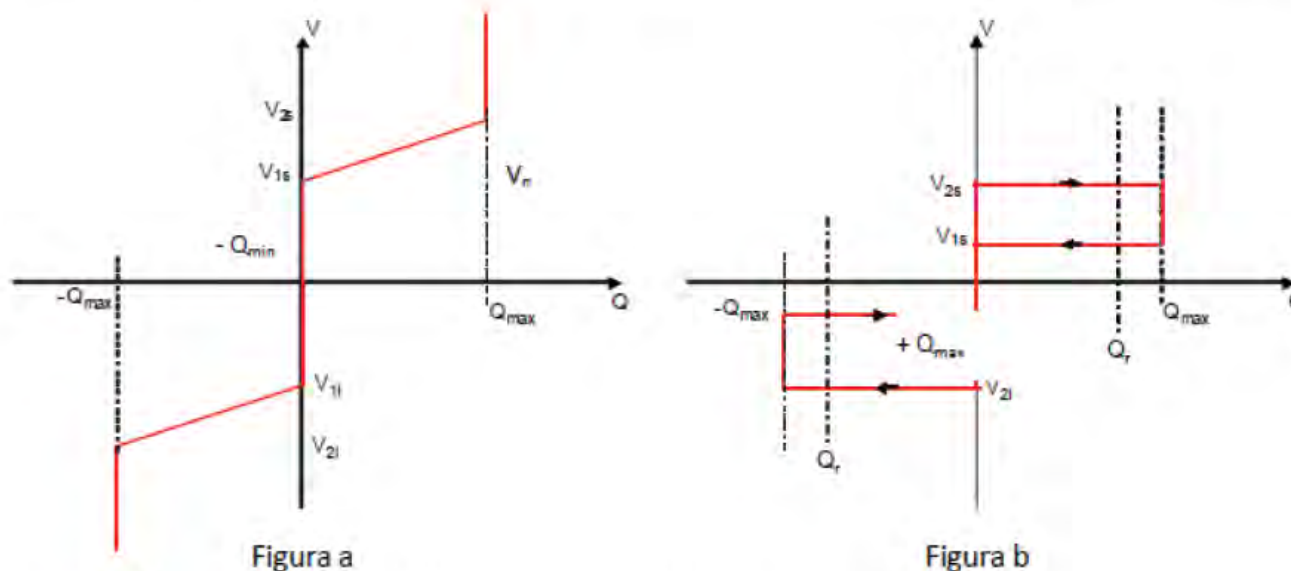


Q (U) Regelung gemäß neuer ital. PV-Norm CEI 0-21: 2011-12 (1)

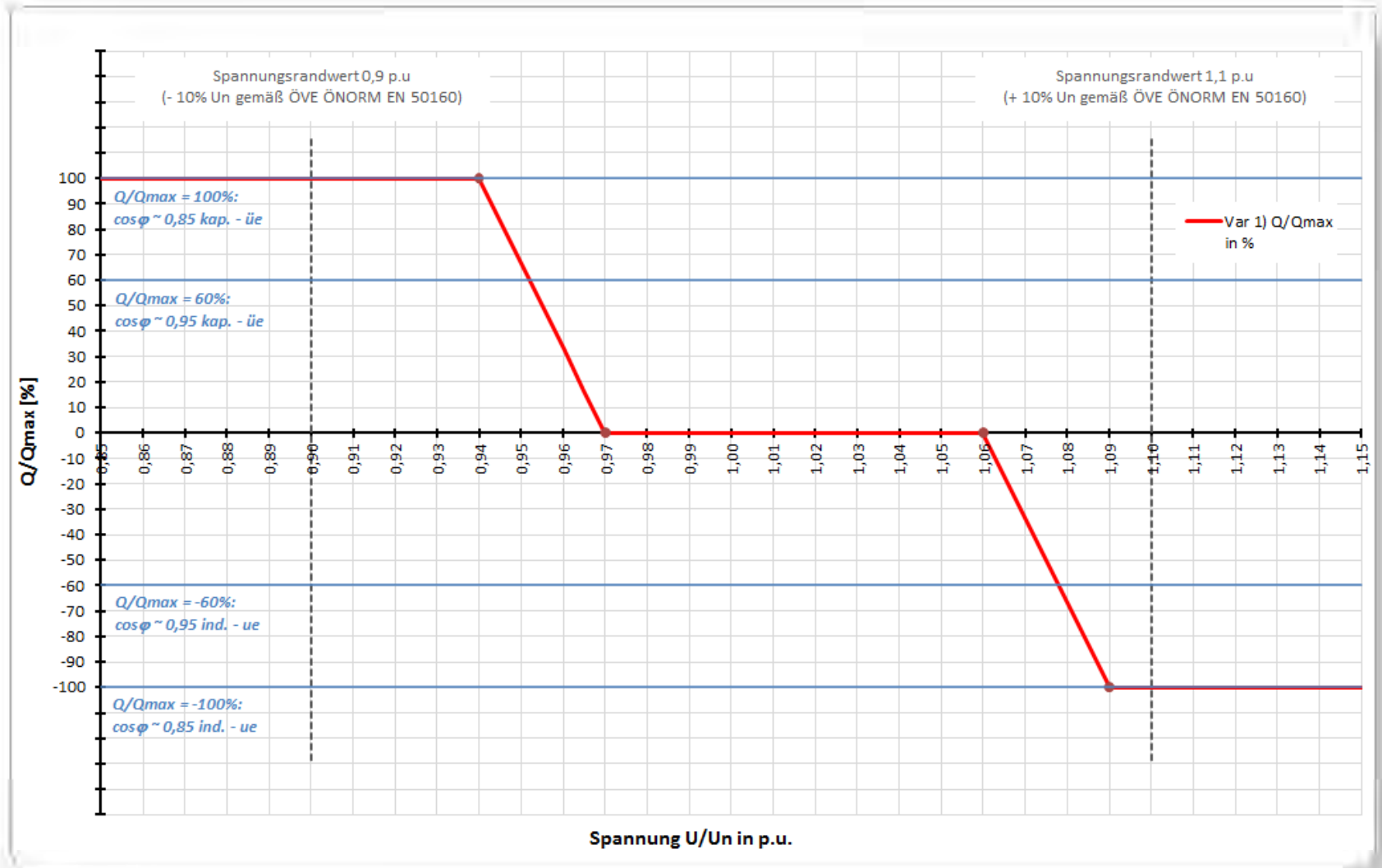
- Neue ital. PV-Norm CEI 0-21: 2011-12 (gültig ab 1.7.2012)
- Standardeinstellung ist die Q(U) Regelung
- Namhafte WR-Hersteller DE und AT sind darauf eingestellt

TECHNICAL STANDARD

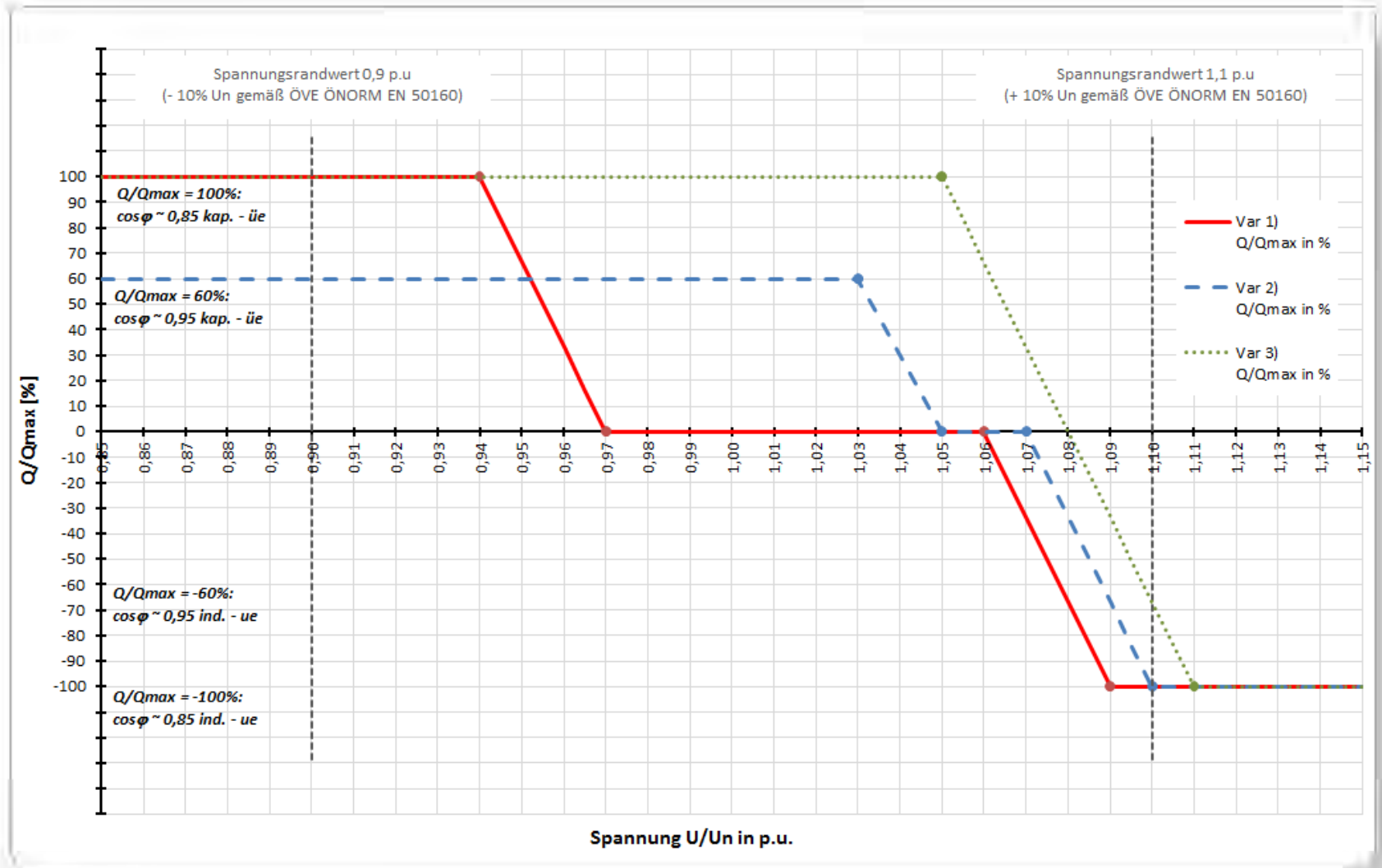
CEI 0-21:2011-12

Figure 39 - Standard characteristic curves $Q = f(V)$ $Q=f(V)$.64)

Mögliche Kennlinie der spannungsabhängigen Blindleistungsregelung Q(U) – Var. 1



Mögliche Kennlinie(n) der spannungsabhängigen Blindleistungsregelung Q(U)



Q(U) Funktionsbeschreibung (Parameterfestlegung)

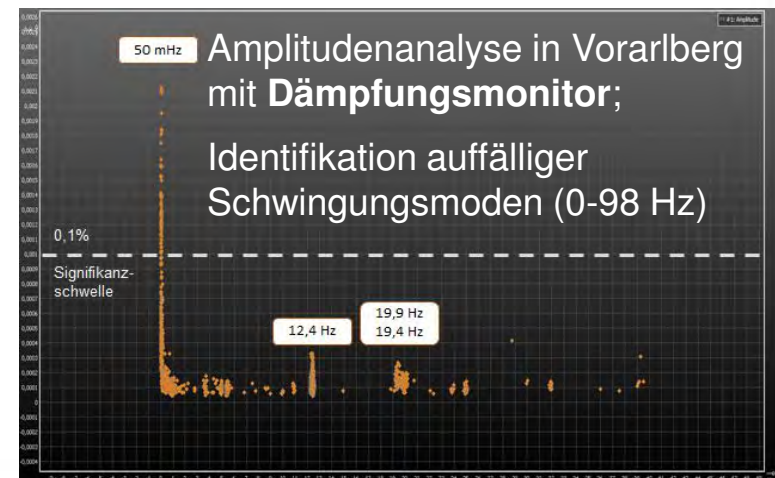
→ Erster Ansatz

Parameter	Festlegung	Anmerkung
Regelstrategie	Q (U)	VDE AR-N 4105 Anm. 3 in Punkt 5.7.5 als Zukunftsanwendung
Grenzleistung PV-Anlage	> 9 kVA	WR bereits am Markt verfügbar
Kennlinie	Polygonzug mit bis zu 4 Punkten	z.B. 0,93-0,96-1,06-1,09 U/Un
Bedämpfung Kennlinie	Gemäß Ergebnisse wissenschaftliche Begleitung durch TU München	Minimierung Schwingungsneigung, v.a. an den Ecken der Funktion
Genauigkeit	± 1%	Ausreichend und gemäß WR-Hersteller möglich
Cos Phi Grenzwert	0,85 symmetrisch ue/üe	Qmax/Pn=0,62 (Pn=0,85*kW _{peak}) Bedeutende Netzentlastung
Reaktionszeit	< 1 Minute	Ausreichend (EN 50160 überwacht 10min-Mittelwerte)
Einführungszeitpunkt	1. Jänner 2013	Gemäß Rundschreiben
Nachweis	Herstellereklärung bzw. Nachweis durch Prüfanstalt	Ab 1.1.2013
Alternative Regelstrategien	Cos Phi = konstant Cos Phi (P) gem VDE AR-N 4105	Weiterhin zusätzlich im WR implementieren (z.B. wegen Abrechnung Blindenergiebezug Überschusseinspeiser)

Fokus: Schwingungsneigung aufgrund Wechselwirkung Q(U)-regelfähige PV-WR mit Lasten

Erwartete Erkenntnisse bzgl. Schwingungsneigung aufgrund:

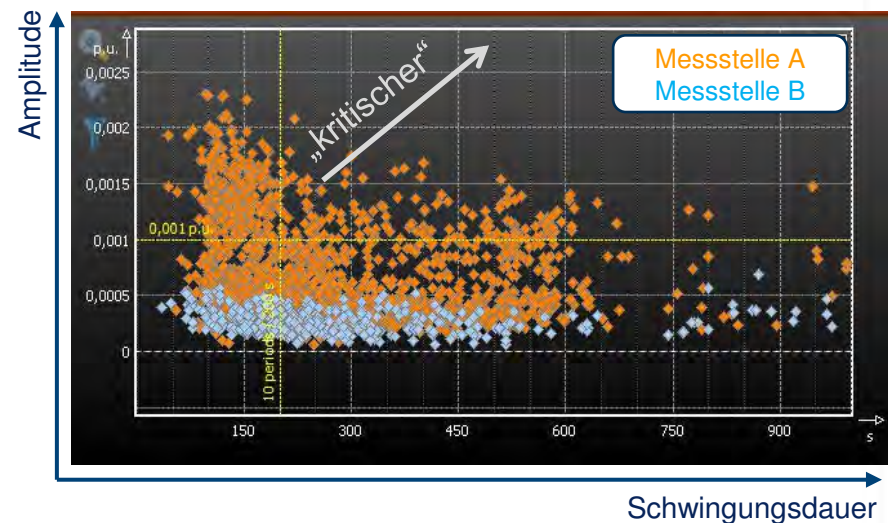
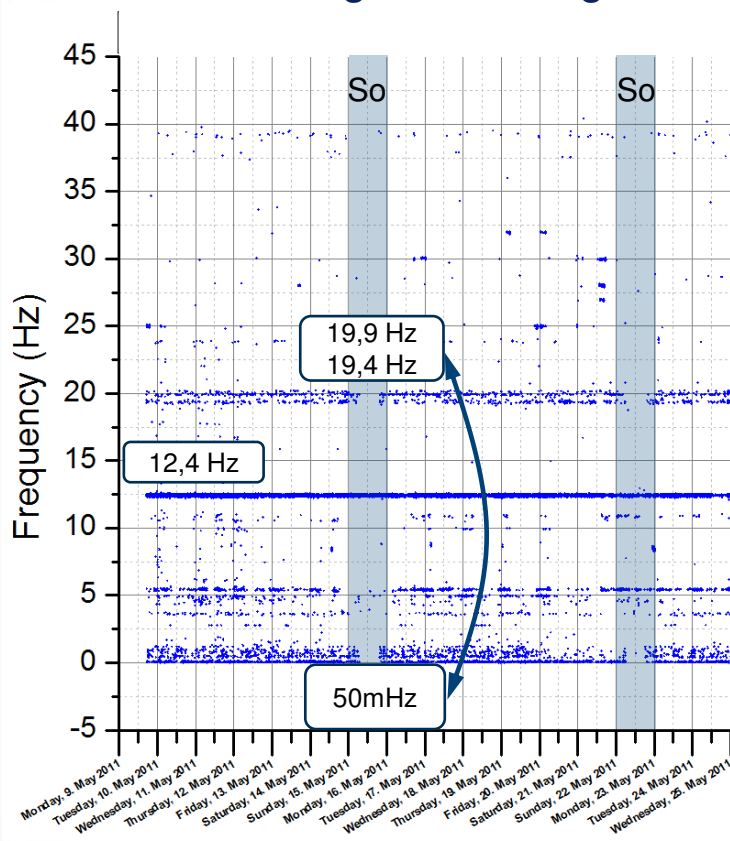
- der **Ergebnisse** der wissenschaftlichen Begleitung des **Feldversuchs der Q(U)-Erprobung in Vorarlberg** seitens TU München
- div. **Impulse** seitens der im Projekt beteiligten **WR-Hersteller**
- zunehmender Bedeutung der Q(U)-Regelung bei Netzbetreibern sowie in anderen **Forschungsprojekten** (u.a. Projekte *morePV2grid*, *DG Demonetz Smart LV Grid*, *Studie Q(U)*,...) und den diesbezüglichen Erfahrungen.
 - →Wissenschaftlicher Austausch, Ergebnisveröffentlichung erwünscht;
- Einsatz eines **Dämpfungsmonitors** (a-eberle, DABox 2000) in Vorarlberg
 - kritisch 9Hz (Flickerwahrnehmung): Messerfahrung Dr. Fette in NS-Netz Süddeutschland*:
 - hohe Dichte an Schwingungsereignissen (1-10Hz) bei PV-Einspeisung (Leistungsrückspeisung in vorgelagertes MS-Netz; WR schwingen untereinander, trennen sich vom Netz, Resynch., ...)



* **Quelle:** Vortrag Dr. Fette, System&Dynamik, 20.6.2012, Mannheim (PQ-Veranstaltung: Intelligente Netze & Dynamische Netzstabilität)

Fokus: Schwingungsneigung aufgrund Wechselwirkung Q(U)-regelfähige PV-WR mit Lasten

- Fokus auf niederfrequente Ereignisse (0-98 Hz; meist sehr energiereich)
- Praxis bisheriger Messungen: überschaubare Anzahl versch. Frequenzmuster



Charakteristik einer „kritischen Störung“ *

- große Amplitude
- lange Dauer, d.h. schlechte Dämpfung

Faustregeln Warnung/Alarm:

Größe	Warnung	Alarm
Amplitude	0,001 p.u.	0,005 p.u.
Dauer	10 Perioden	50 Perioden

* Quelle: Vortrag Dr. Ruster, a-eberle und Dr. Fette, System&Dynamik, 19.9.2012, Bregenz (Messauswertung DA-Box 2000; Messungen bei Vorarlbergnetz)

Bisher getroffene Maßnahmen

- Erfolgreich umgesetzt: **Einphasige Anlagen** nur noch bis **3kWp** zulässig (ohne Deckung durch irgend eine Vorschrift)
- **Phasenbestimmung** (kostenpflichtig) zur gleichmäßigen Aufteilung von einphasigen PV-Anlagen (problematisch), in Einzelfällen zur Vermeidung von Netzverstärkungen
- Wahl eines besser **geeigneten Verknüpfungspunktes** oder **Netzverstärkung** (auf eigene Kosten)
- Fallweise Vorschreibung von **konstantem $\cos(\varphi) \neq 1$**
- Seit Mitte 2011: **Pflichtenheft für Einspeiser > 100 kW** (zentrale Steuerung von Q oder $\cos(\varphi)$ und/oder P)
- Engagement in der einschlägigen **Standardisierung** (Novelle TOR D4, PV-Norm E8001-4-712, usw..)
- **Rundschreiben** bzgl. *Erweiterte Anforderungen an neue PV Anlagen:* an PV-Anlagenerrichter, Elektroplaner, Elektroinstallateure

Maßnahme seitens Vorarlberger Netzbetreiber

Rundschreiben erweiterte Anforderungen PV (Gültigkeit 1.1.2013)



Die Vorarlberger Verteilernetzbetreiber Vorarlberg Netz, Stadtwerke Feldkirch, E-Werke Frastanz und Montafonerbahn AG.

Bregenz, im Juni 2012

Rundschreiben 1/2012

an alle Elektroplaner, Elektroinstallateure und PV-Anlagenerrichter

Erweiterte Anforderungen an neue Photovoltaikanlagen ab dem 1. Januar 2013

Sehr geehrte Damen und Herren,

1. die starke Zunahme von Photovoltaikanlagen - auch größerer Leistung - macht es erforderlich, die Anforderungen an die Wechselrichter teilweise zu erweitern, um langfristig einen wirtschaftlichen und stabilen Netzbetrieb und insbesondere die Einhaltung des Spannungsbandes von $3 \times 230/400V \pm 10\%$ sicherzustellen.

Je nach Gesamtleistung der PV-Anlage gelten folgende Vorgaben:

S/kVA	Aufteilung der Einspeiseleistung	Blind/Wirkleistungsregelung	Bemerkung
≤ 3	einphasiger Anschluss grundsätzlich möglich	$\cos(\varphi) = 1$	wie bisher: der einphasige Anschluss ist möglich, wenn die Berechnung des Netzbetreibers dies zulässt

Gesamtes Dokument unter http://www.vorarlbergnetz.at/downloads/at/RS_1-2012_unterschieden.pdf

Auszug aus dem Rundschreiben (Juni 2012)

→ Erweiterte Anford. an neue PV ab dem 1.1.2013

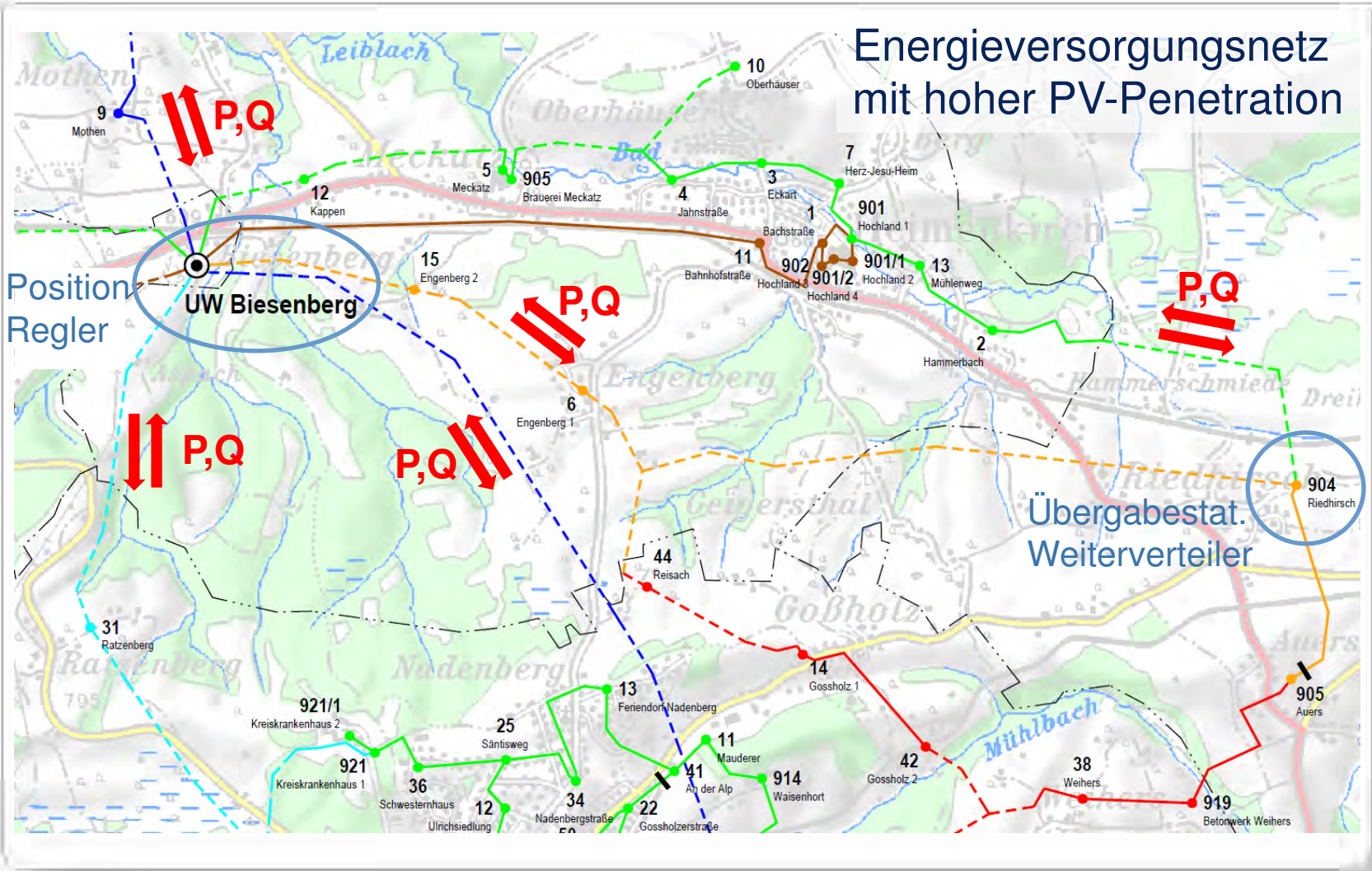
S/kVA	Aufteilung der Einspeiseleistung	Blind/Wirkleistungsregelung	Bemerkung
≤ 3	einphasiger Anschluss grundsätzlich möglich	$\cos(\varphi) = 1$	wie bisher: der einphasige Anschluss ist möglich, wenn die Berechnung des Netzbetreibers dies zulässt
>3 bis 9	symmetrisch auf L1-L2-L3	$\cos(\varphi) = 1$	wie bisher: in Ausnahmefällen können sich aus der Berechnung des Netzbetreibers andere Vorgaben betreffend der Aufteilung der Einspeiseleistung ergeben.
>9 bis 100	symmetrisch auf L1-L2-L3	Blindleistungsregelstrategie parametrierbar gemäß Vorgabe des Netzbetreibers, wahlweise: - $Q=f(U)$, - $Q=f(P)$, - $\cos(\varphi)=\text{konstant}$, Stellbereich 0,85 ind. bis 0,85 kap.	neu: spätestens ab 1.1. 2013 sind nur noch Wechselrichter zulässig, für die alle nebenstehenden Regelstrategien parametrierbar sind. Solange im Netzzugangsvertrag keine andere Parametrierung vorgegeben ist, gilt die Standardvorgabe $\cos(\varphi) = 1$.
>100	symmetrisch auf L1-L2-L3	zusätzlich zu den Parametriermöglichkeiten für Anlagen von >9 bis 100 kVA ist eine zentrale Steuerung mit gleitender Sollwertvorgabe von Q bzw. $\cos(\varphi)$ und von P gefordert	gültig seit Mitte 2011: Ausführung gemäß Richtlinie „Technische Anforderungen an neue Einspeiseanlagen ab 100 kW..“.

Erläuterungen zu den erweiterten Anforderungen an neue Photovoltaikanlagen

- Leistungsgrenze 3kVA einphasig wurde zwischen VNB und WR-Industrie als brauchbarer Kompromiss gefunden
- Leistungsgrenze 9kVA für erweiterte Regelstrategien wie Q(U) und $\cos\varphi(P)$ ergibt sich pragmatisch, weil seitens namhafter WR-Hersteller ab 9kVA Geräte dafür verfügbar sind (Druck durch ital. Norm CEI 0-21: 2011-12), bisherige Nachfrage durch Vorarlberg Netz bei Fronius, Refu, Siemens, Kostal, SMA, KACO, SolarMax(CH)
- **Leistungsfaktor 0,85** ist für die WR-Hersteller ebenfalls kein Problem (WR ist für die Scheinleistung S um ca. 10% größer zu dimensionieren). **Damit lassen sich gegenüber $\cos\varphi=1$ Anlagen um 50% mehr PV in den NS-Strängen anschließen.**
- Bei Anlagen über 100kVA wird derzeit nur die Rangierung der Stellgrößen auf eine Klemmleiste gefordert. Vollausbau mit FA-Schrank (15TEUR) erst bei Bedarf, aber im NZV vereinbart.

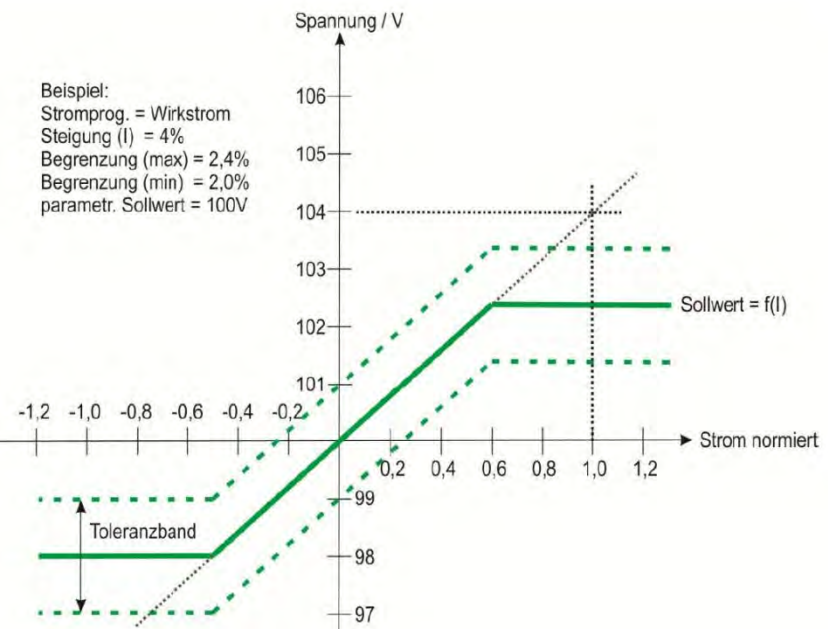
Stromkompoundierung – MS Übersicht

[geeignet bei homogen verteilter PV-Einspeisung]



Spannungsregelung in MS-Netzen mit hoher Einspeiseleistung (Stromkompoundierung)

- Bedarf der Anpassung der Regelungsstrategie aufgrund aktueller Engpässe, Spannungsprobleme (Weiterverteiler: U variiert, da $U >$)
- Zubau von Erzeugungsanlagen (größtenteils PV) führt in konkretem Verteilernetzbereich (nicht nur in Schwachlastzeiten) zu Leistungsflussumkehr (Fluss überschüssiger Leistung von NS über MS in übergeordnetes 110kV-Netz)
v.a. im Sommer werden in ländlichem Verteilernetz mit hoher PV-Einspeiseleistung teils kritische Spannungswerte (Systemzustände) erreicht.
- Veränderung Sollspannung: 20,7 kV (103,5% U_n) \rightarrow 20,4 kV (102,0% U_n) (urspr. 20,7kV für Spannungshaltung bei Starklast und min. Einspeiseleistung an entfernten MS-Netzausläufer konzipiert)



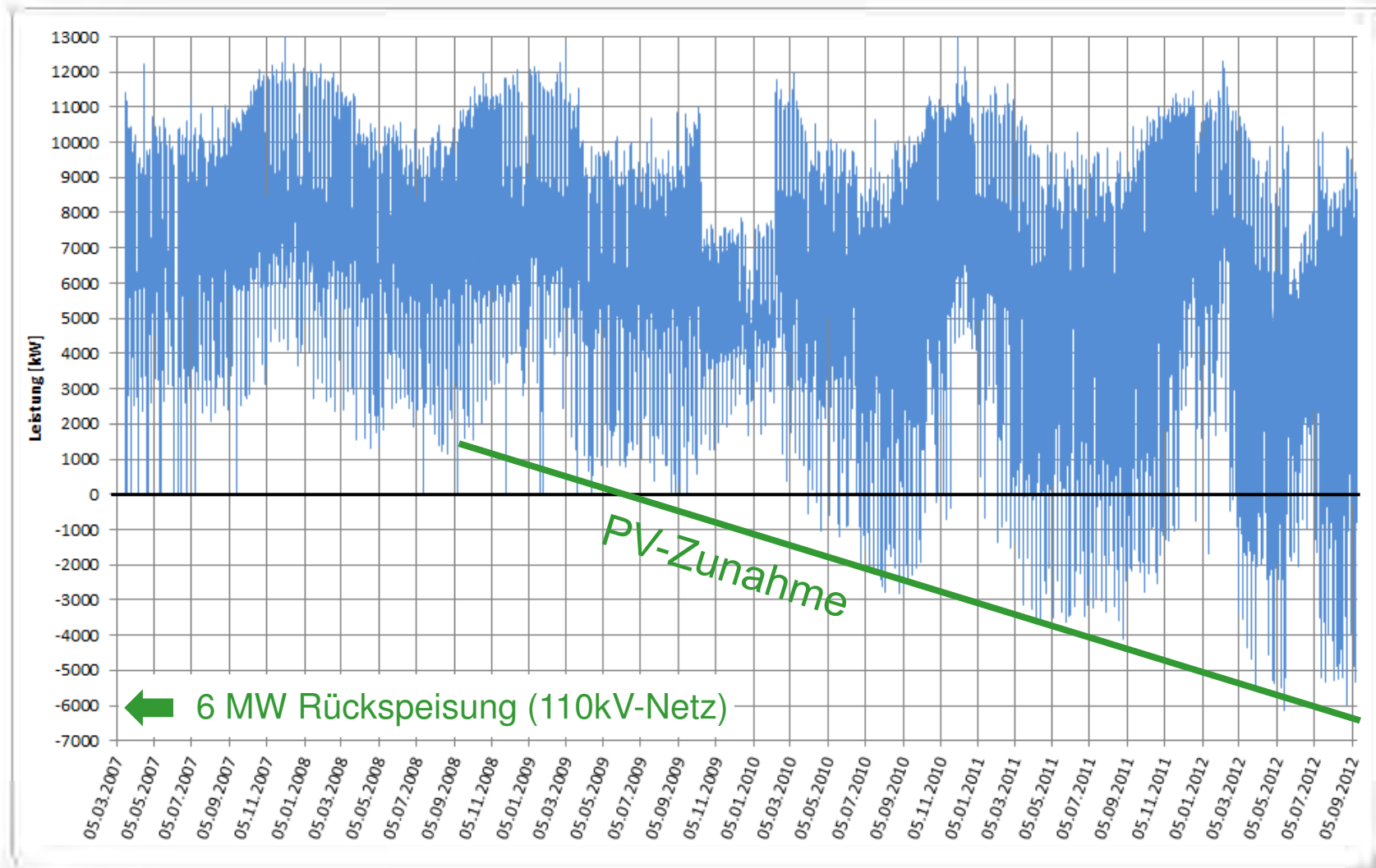
Quelle der Grafik: Vortrag Till Sybel, a-eberle anlässlich der Smart Grid Week in Bregenz am 24.5.2012

Spannungsregelung in MS-Netzen mit hoher Einspeiseleistung (Stromkompoundierung)

Strategien zur Beherrschung des Spannungsproblems

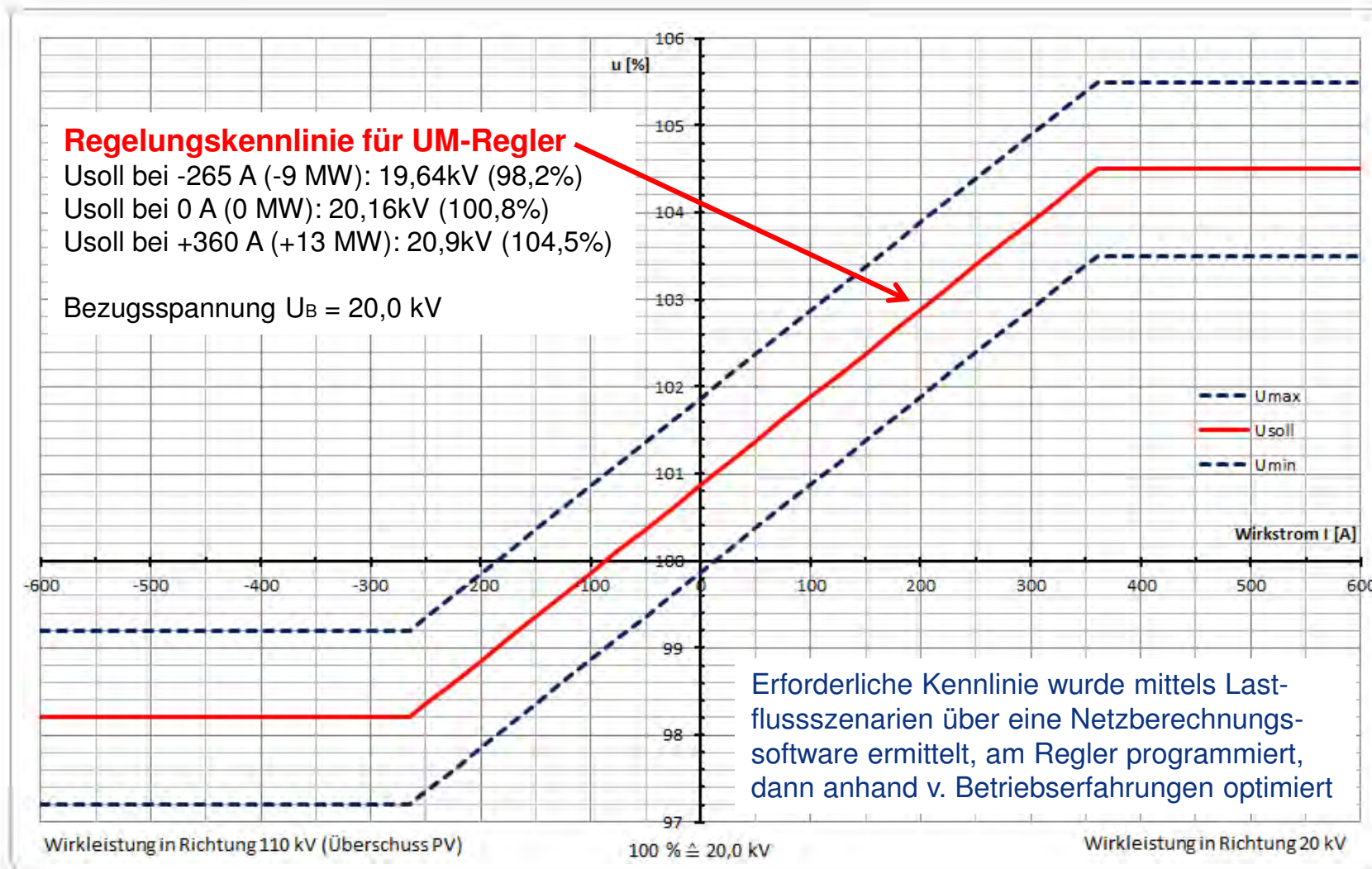
1. Messtechnische Erfassung des **Wirkleistungsflusses** über den 110kV/20kV-Umspanner und Regelung der UW Spannung (Sollwertvariation) abhängig von Höhe & Richtung des Stromflusses über den Umspanner (Stromkompoundierung)
2. konventioneller Netzausbau über **Zielnetzplanung** weiter forcieren
3. Mögliche Ausbauvariante: **Fernregelung** = UW-Spannungsregelung auf Basis **externer Messwerte** (Netzränder, Schwerpunktstationen) wie im Smart Grid Demonetzgebiet Großes Walsertal umgesetzt
 - Voraussetzung: Nachbildung Schaltzustand, zusätzliche Messpunkte, Wege für Messwertübertragung (teuer, gesicherte Übertragung schwierig)
4. **Q(U)-Regelung bei PV-WR** und zukünftig evt. gleichzeitig U-Sollwertvorgabe über Blindleistungsfluss $U(Q)$ im UW (dzt. 2-3Mvar Lieferung/Bezug bei 0MW; tendenziell zunehmend)

Gemessene Leistungsflussumkehr im UW

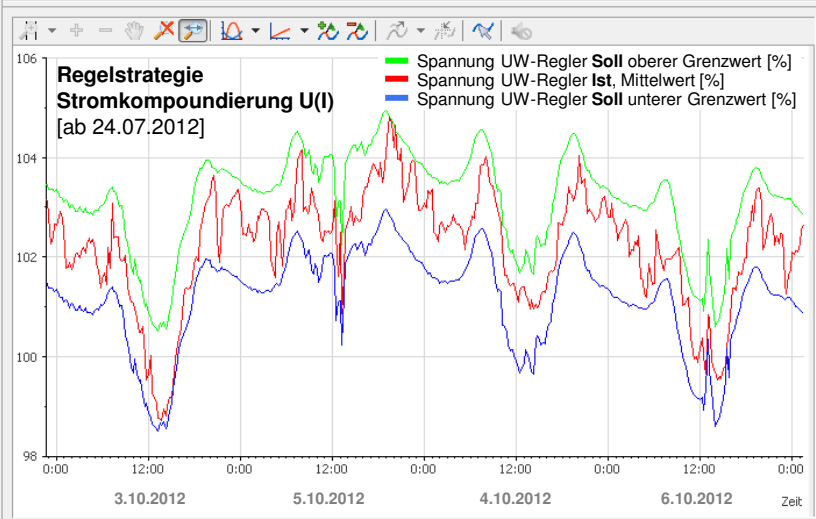
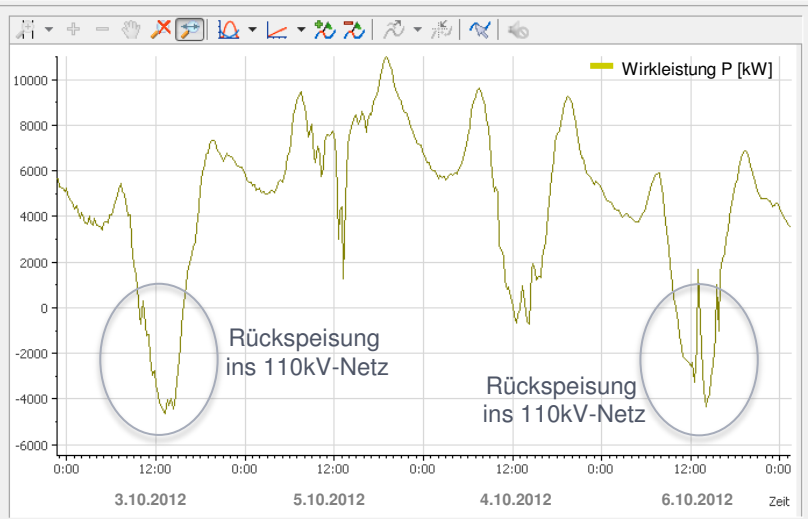
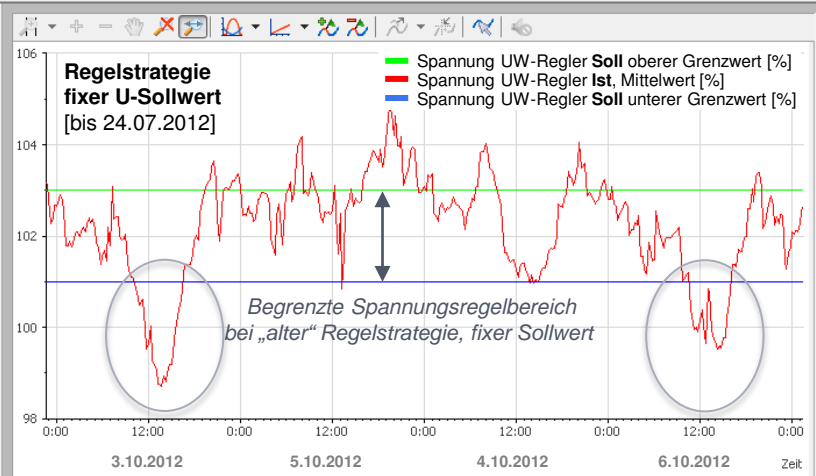
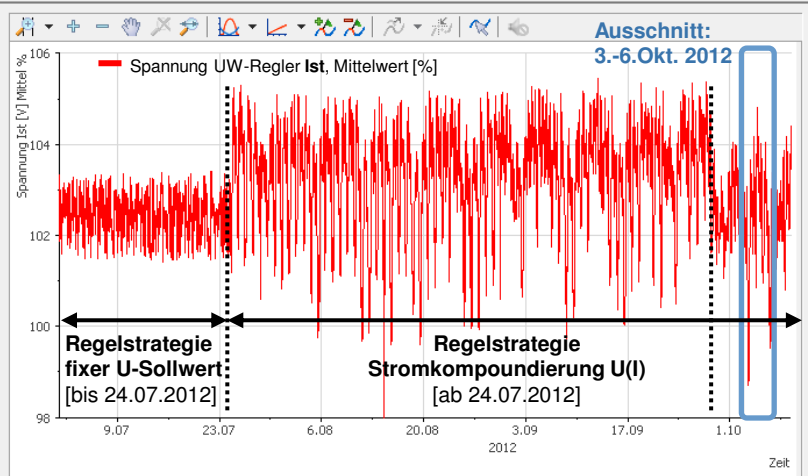


Stromkompoundierung im Umspannwerk

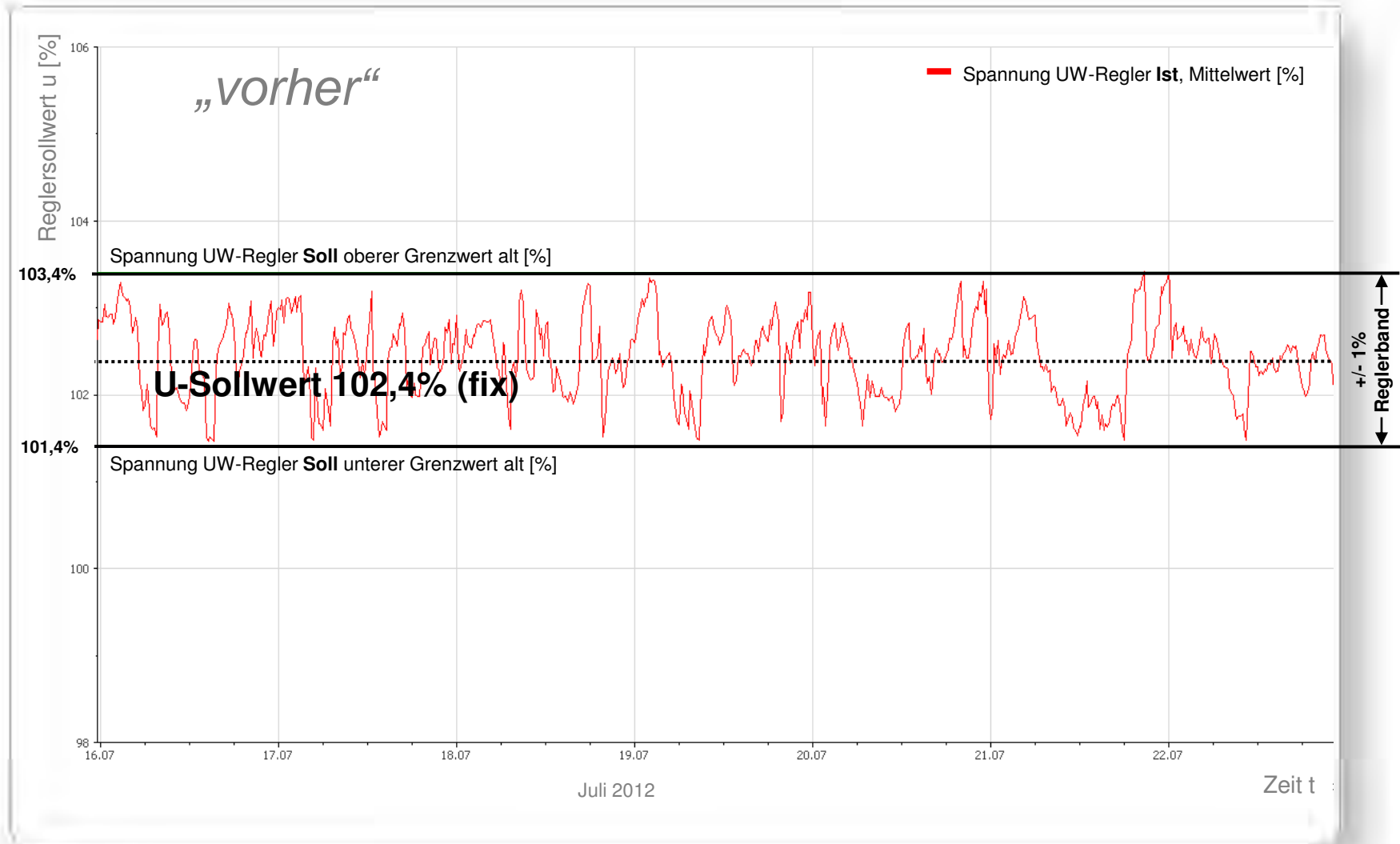
Regelungskennlinie zur Einstellung der Sollspannung in Abhängigkeit des Wirkleistungsflusses



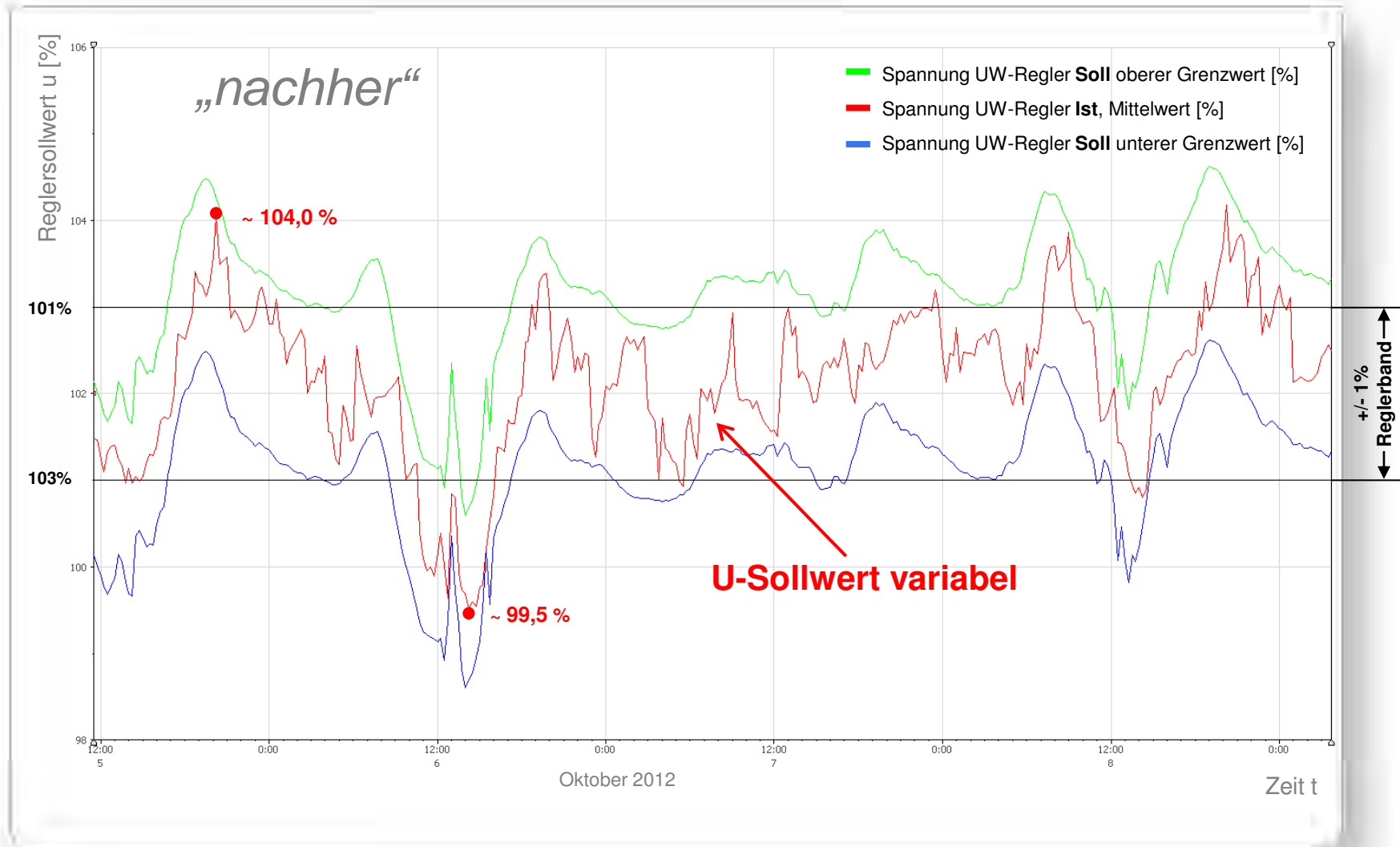
Stromkompoundierung im Umspannwerk → Reglersollwert



Klassische Spannungsregelung im Umspannwerk → Reglersollwert 16.-23. Juli 2012



Stromkompoundierung im Umspannwerk → Reglersollwert 5.-9. Oktober 2012



Info: Dokumentation Reklamationen DEA

[oberer Auslösewert Entkupplungsschutz 112%]

NA-Schutz (ENS) nicht geeignete Stelle um Spannungsprobleme zu regeln [€]

Nr.	Erzeugungseinheit				Reklamation / Ursache weiterer Untersuchungen		Grund				Messung?		EN 50160 eingehalten? (langs. Spgs.änderung)			Maximaler 10 Minuten Mittelwert	Maximaler 200ms. - Max.wert	Maßnahme					Einstellwert
	PV	KWK	Biogas	BHKW	Ausfall wegen Überspannungsauslösung	Sehr hohe Spannung	Kraftwerk "hinausgeflogen"	Überfunktion Entkupplungsschutz	Stufen der Kompensationsanlage	Wassermangel	Häufung DEA	ja	nein	ja	nein			nicht bekannt	Einstellung des oberen Auslösewertes	Änderung der Trafübersetzung	keine	andere	
1		X					X				X	X			X	?	?			X			
2		X			X		X				X		X			251,82	255,80		X				
3	X				X		X				X		X			249,28	251,22	X				260 V	
4			X		X		X				X			X		255,13	262,30	X				260 V	
5	X				X		X				X		X			251,38	273,28	X				260 V	
6		X			X		X				X		X			249,04	254,99	X				260 V	
7			X		X		X				X			X		253,88	255,93	X				260 V	
8				X	X		X				X		X			248,92	250,91		X				
9			X		X		X				X		X			240,79	242,55				X		
10	X				X		X				X		X			245,00	246,73	X				253 V	
11	X				X		X				X		X			249,59	259,48	X				260 V	
12	X				X		X				X		X			246,65	248,71	X				260 V	
13				X		X		X				X			X	?	?			X			
14	X					X				X	X		X			246,06	249,34			X			
15	X				X		X					X		X		?	?	X				265 V	
16	X				X		X				X		X			249,37	251,54	X				265 V	
17	X				X		X					X		X		?	?	X				265 V	
18	X				X		X				X		X			251,37	256,14	X				260 V	
19		X				X				X	X			X		253,35	255,93				X		
20	X				X		X				X		X			247,22	256,87	X				260 V	
21	X				X		X				X		X			248,14	250,18	X				260 V	
Σ	12	4	3	2	17	3	1	17	1	1	2	18	3	14	3	4			14	2	3	2	

Zusammenfassung, Fazit

- **Zunehmende Herausforderung** der Netzintegration von PV-Anlagen; Lastflussumkehr im Verteilernetz, Wirkleistungsrückspeisung 110kV-Netz
- Unterschiedliche Strategien zur Beherrschung des Spannungsproblems
- Anwendung jeweils situativ erforderlicher, optimaler Maßnahme (in vielen Fällen wird ein Mix der Lösungsvarianten sinnvoll sein)
 - **spannungsabhängige Blindleistungsregelung $Q(U)$** – $\cos \varphi$ 0,85 ue/üe (bzw. teils auch fixe $\cos \varphi$ -Vorgabe, mitunter $\cos \varphi(P)$ -Kennlinienvorgabe)
 - **Stromkompoundierung** - geeignet bei homogen verteilter PV-Einspeisung
 - **Fernregelung** = UW-Spannungsregelung auf Basis externer Messwerte (**Smart Grid**) – geeignet bei inhomogenen Verhältnissen (DEA, Lasten)
 - **konventioneller Netzausbau** (jedenfalls ab Erreichen therm. Grenze $I >$)
 - Regelbare Ortsnetztrafos, usw. ...
- **Schwingungsneigung** aufgrund Wechselwirkung $Q(U)$ -regelfähige PV-WR untereinander und in Kombination mit Lasten weiter zu beachten
- Fachlicher, Wissenschaftlicher **Austausch erwünscht**

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Manuel Dürr

Dipl.-HTL-Ing., BSc, MA
Zertifizierter PQ-Sachkundiger (VDE)

Vorarlberger Energienetze GmbH

Netzplanung und Power Quality

6900 Bregenz, Weidachstraße 10

Telefon: +43 5574 9020-73722

Fax: +43 5574 9020-78511

Email: manuel.duerr@vorarlbergnetz.at