

Wir regeln das.



LVRSys™

Längsregler im Niederspannungsnetz



Markus Schimon

Wir regeln das.



- ca. 70 Mitarbeiter
- Firmensitz in Nürnberg
- Fertigung im Großraum Nürnberg

Wir regeln das.

Agenda



- News und Trends
- Zukunft des Verteilnetzes (BMW Verteilnetzstudie)
- Energieversorgungsnetze im Grenzbereich
- Verbesserung der Spannungsqualität durch aktive Regelung
- LVRSys™ - Niederspannungsregelsystem
- Applikationsbeispiel
- Zusammenfassung & Ausblick

News und Trends

■ Treibhauseffekt und Klimawandel



Deutschland versagt beim Klimaschutz: Treibhausgasemissionen stiegen 2015 wieder an

Trotz aller Klimaschutzversprechen der deutschen Regierung sind die Treibhausgasemissionen in Deutschland im Jahr 2015 wieder geringfügig angestiegen. Um den globalen Temperaturanstieg durch den Klimawandel auf 1,5°C zu begrenzen, sollten die Kohlendioxidemissionen im Jahr 2040 auf nahe null sinken. Dazu reichen die deutschen Klimaschutzmaßnahmen aber nicht einmal ansatzweise aus. [mehr...](#)
(03-2016)

☰ Regenerative Kraftwerksleistung in Deutschland in GW

Jahr	Biomasse ²	Photovoltaik	Geothermie
2015		39,70	
2014	8,79	38,24	0,02
2013	8,38	36,34	0,02
2012	7,61	33,03	0,02
2011	7,26	25,43	0,01
2010	6,61	17,94	0,01
2009	6,00	10,57	0,01

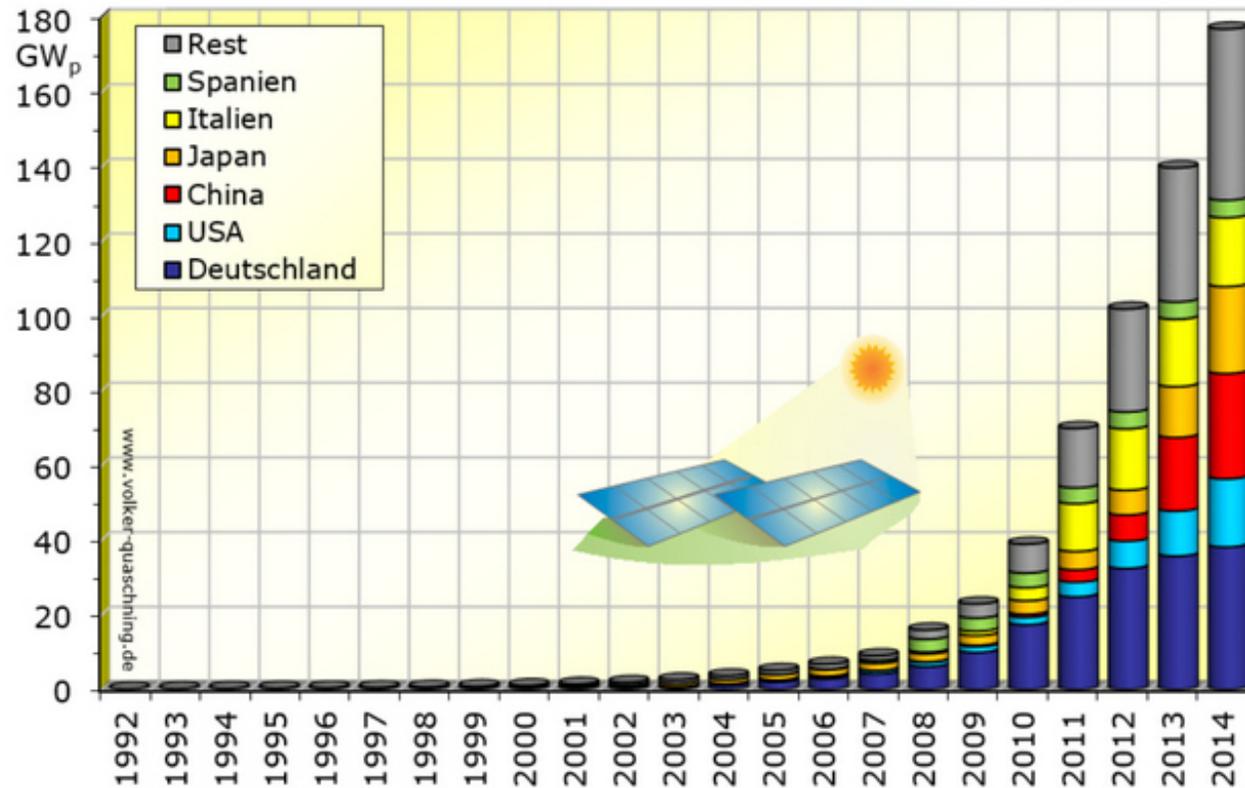
☰ Regenerative Kraftwerksleistung in Deutschland in GW

Jahr	Wasserkraft ¹	Wind onshore	Wind offshore
2015		41,65	3,29
2014	5,60	38,12	1,01
2013	5,59	33,76	0,90
2012	5,61	31,00	0,31
2011	5,63	28,86	0,20
2010	5,41	27,01	0,17
2009	5,34	25,63	0,06

Wir regeln das.

News und Trends

☑ Weltweit installierte Photovoltaikleistung



Wir regeln das.

Zukunft des Verteilnetzes

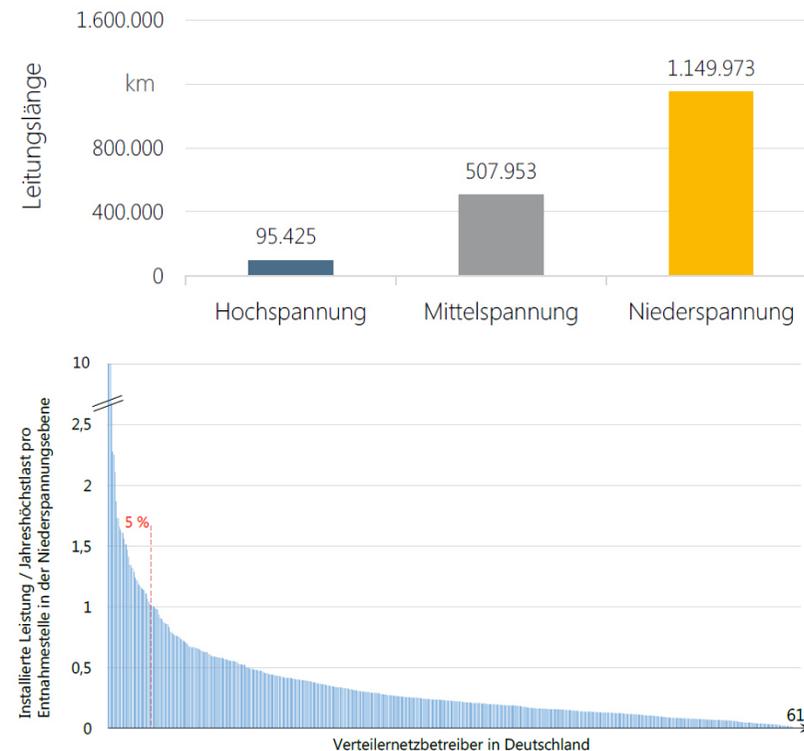
Verteilnetzstudie 2014

Forschungsprojekt Nr. 44/12
„Moderne Verteilernetze für
Deutschland“
(Verteilernetzstudie)

Aktuelle Situation in deutschen Verteilernetzen

- ca. 500.000 Niederspannungsnetze
 - ca. 4.500 Mittelspannungsnetze
 - ca. 100 Hochspannungsnetze
 - 888 Verteilnetzbetreiber
-
- 61 GW PV + Windenergie in deutsche Verteilnetze installiert
 - 75% aller Netzbetreiber sind bereits heute zumindest punktuell vom Netzausbau betroffen

2032 werden ca. 139GW regenerativer Energie installiert sein.



Wir regeln das.

Zukunft des Verteilnetzes

Verteilnetzstudie 2014 Ergebnisse

Umbau der Verteilnetze durch konventionellen Netzausbau (Niederspannungsnetze)

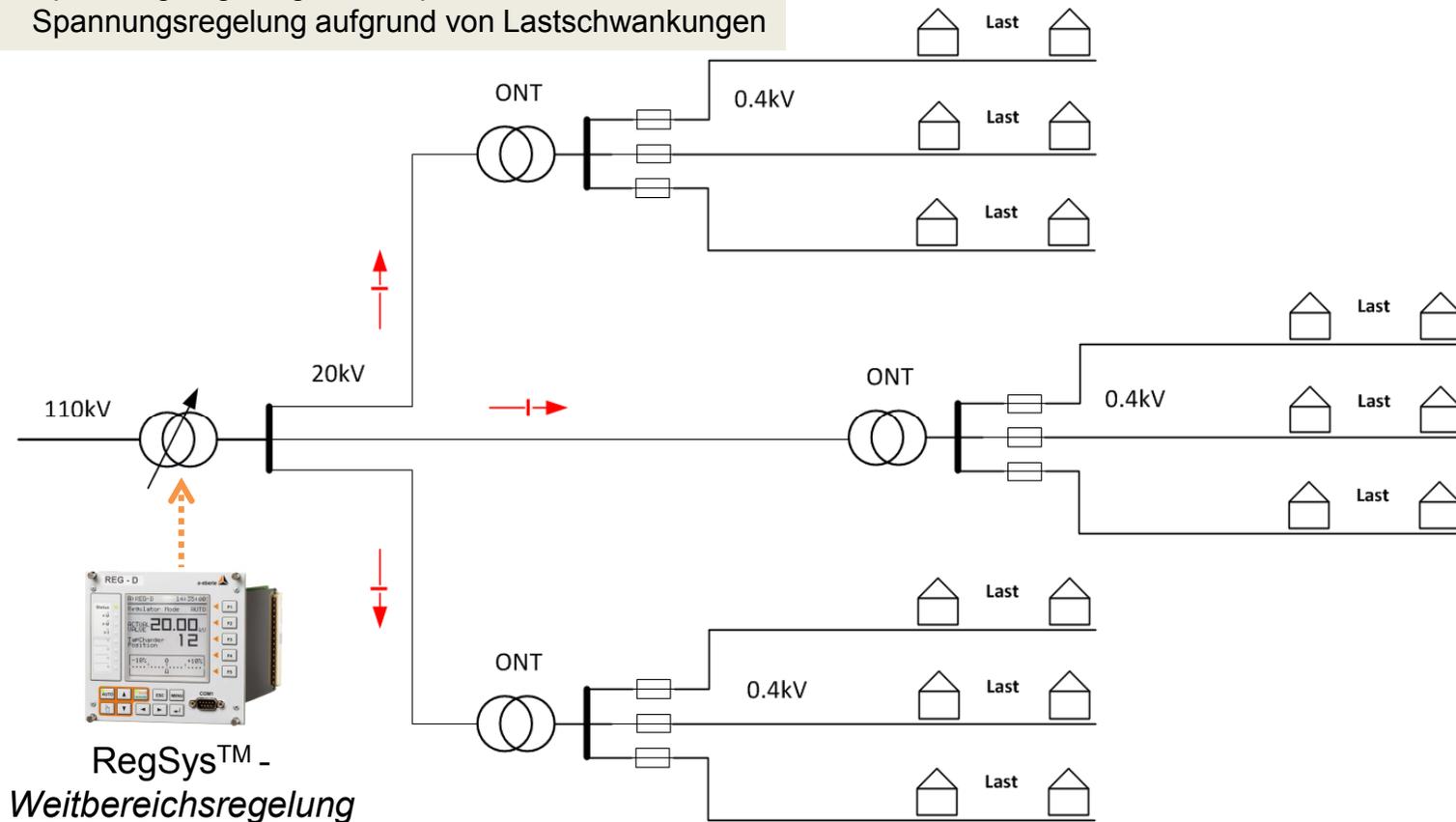
- 8% der Niederspannungsnetze sind betroffen
- Bis 2032 müssen 50.000 km Niederspannungsnetze gebaut werden

Spezifische Kosten [in TEUR]	Minimum	Maximum	Basis für die Berechnung in der Studie
Niederspannung Kabel [pro km]	68	86	75
Mittelspannung Kabel [pro km]	99	112	105
Hochspannung Freileitung [pro km]	395	450	420
Hochspannung Kabel [pro km]	940	1.070	1.000
Transformator 630 kVA [pro Stk.]	10	15	12
Transformator 400 kVA [pro Stk.]	6	10	8
Transformator 40 MVA [pro Stk.]	940	1070	1.000
Transformator 31.5 MVA [pro Stk.]	846	963	900
Regelbarer Ortsnetztransformator [pro Stk.]	26	56	27
IKT Controller [pro Stk.]	-	-	0,5
Spannungslängsregler [pro Stk.]	10	30	22

Wir regeln das.

Energieversorgungsnetze im Grenzbereich Klassische Netztopologie

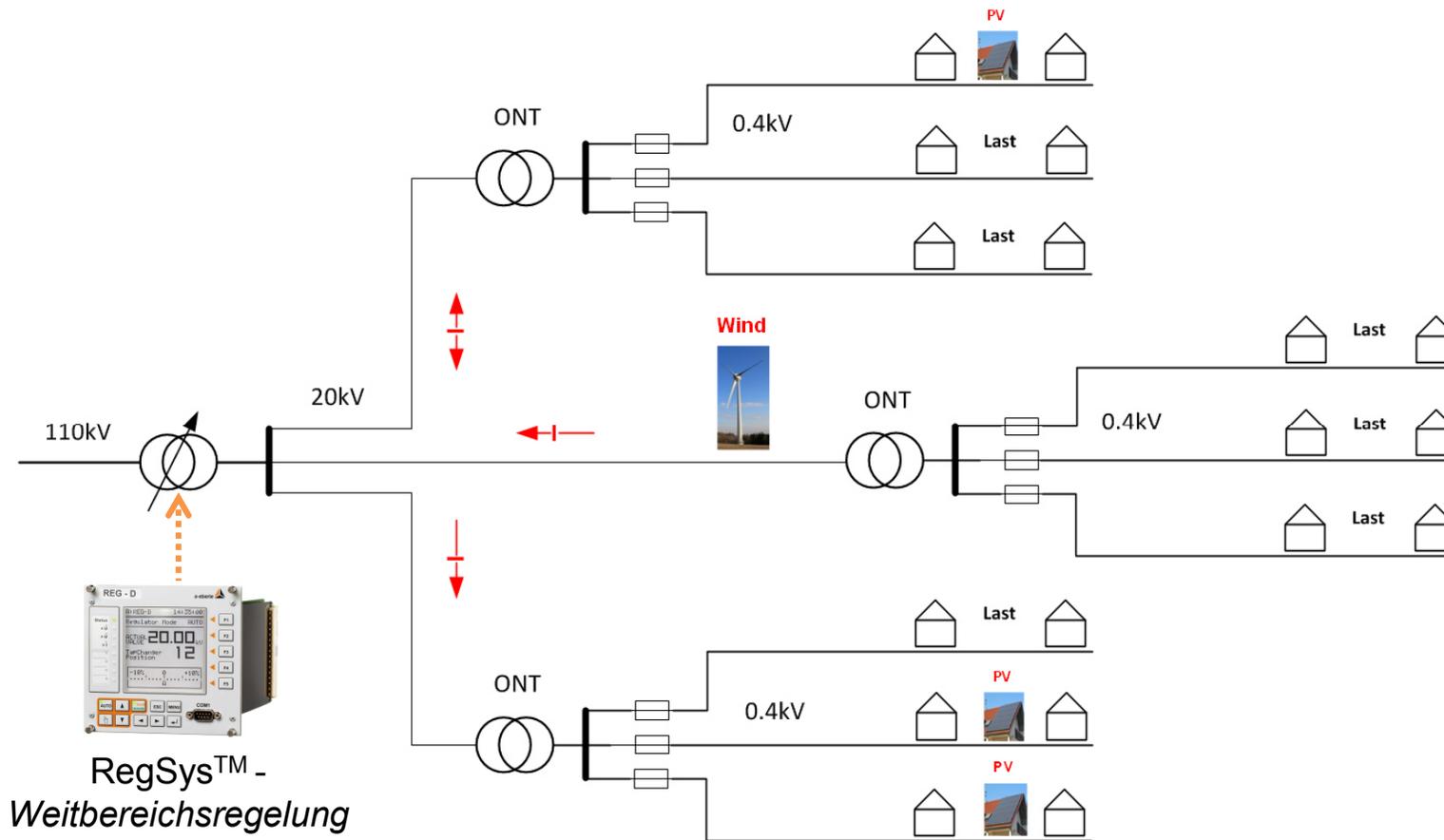
- Spannungsregelung im Umspannwerk
- Spannungsregelung aufgrund von Lastschwankungen



Wir regeln das.

Energieversorgungsnetze im Grenzbereich

Klassische Netztopologie



RegSys™ -
Weitbereichsregelung

LVRSys™

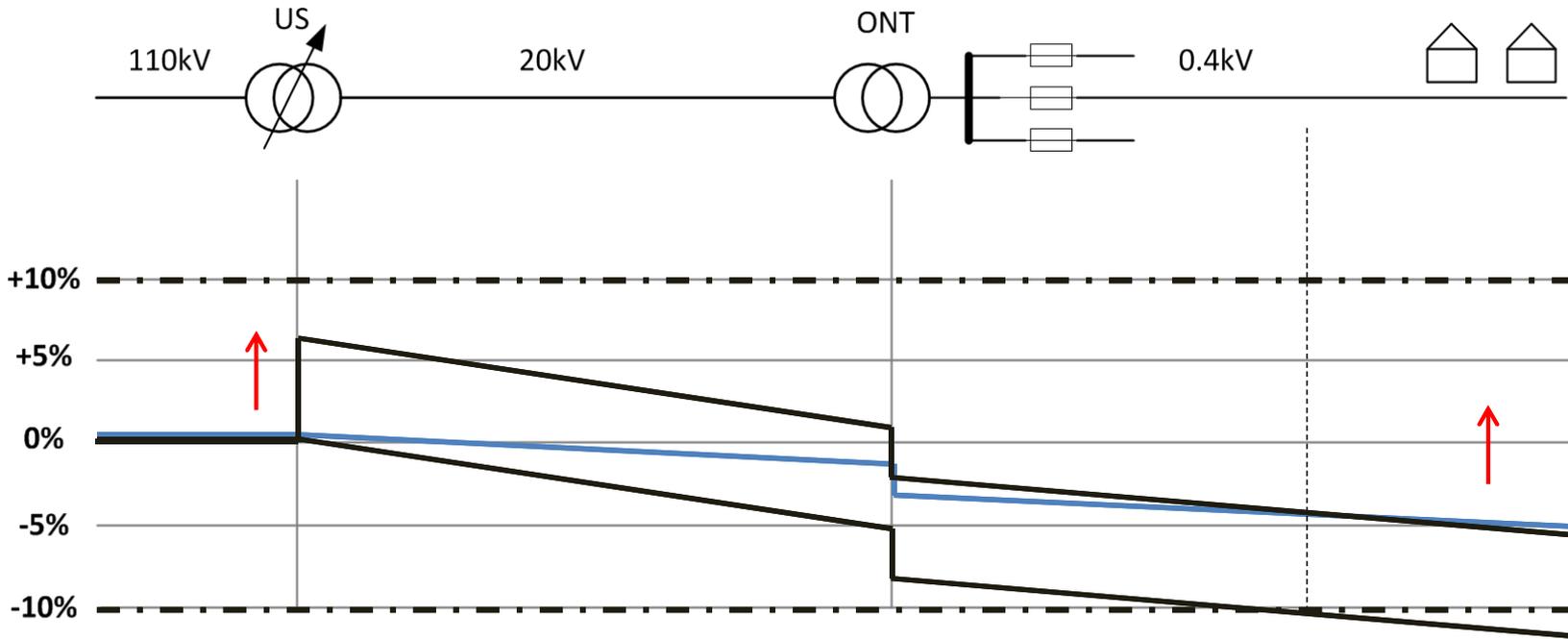
Wir regeln das.

Energieversorgungsnetze im Grenzbereich

Klassische Netztopologie

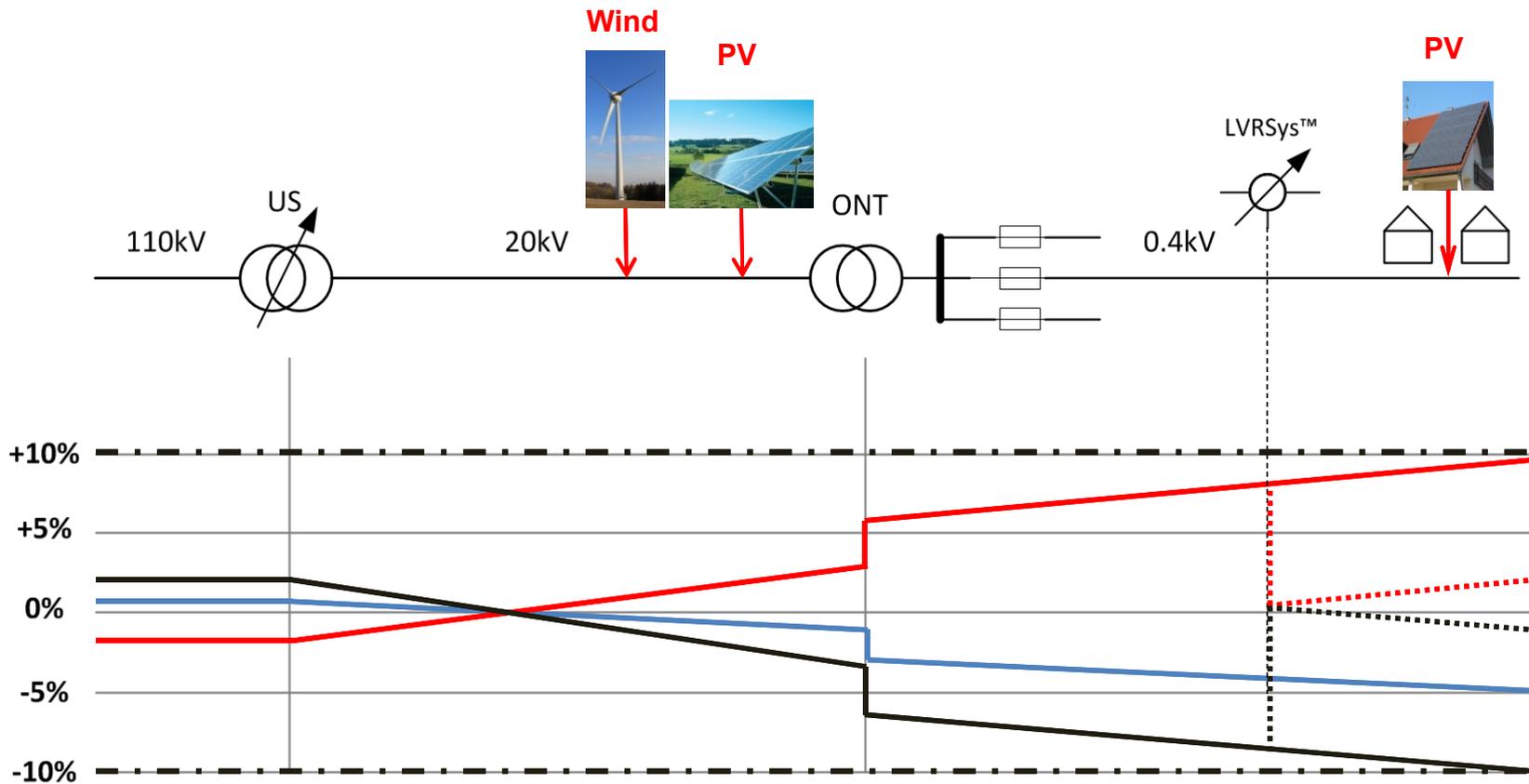


RegSys™ -
Weitbereichsregelung



Wir regeln das.

Energieversorgungsnetze im Grenzbereich Künftige Netztopologie

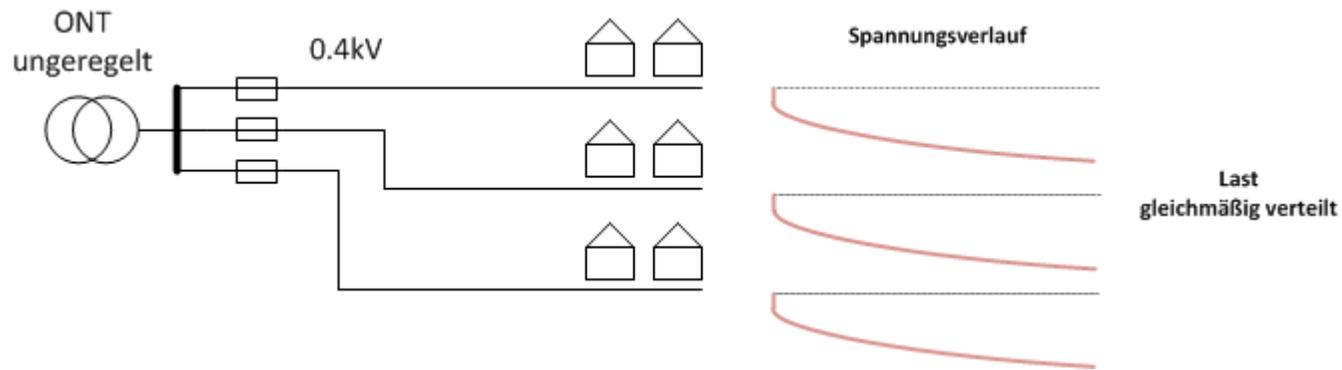


Wir regeln das.

Aktive Regelung

Unterschiedlichste Netzstrukturen im Niederspannungsnetz

Netz 1



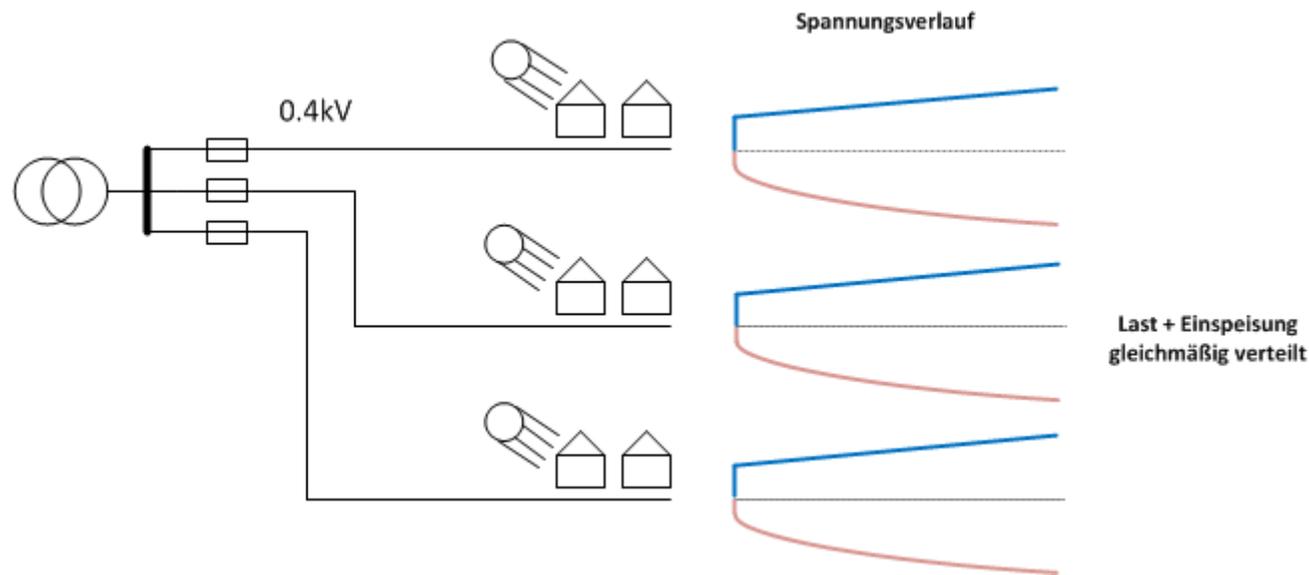
RONT?	
Strangregler?	

Nur wenn Mittelspannung extrem fluktuiert

Wir regeln das.

Aktive Regelung Unterschiedlichste Netzstrukturen im Niederspannungsnetz

Netz 2



RONT?

Strangregler?

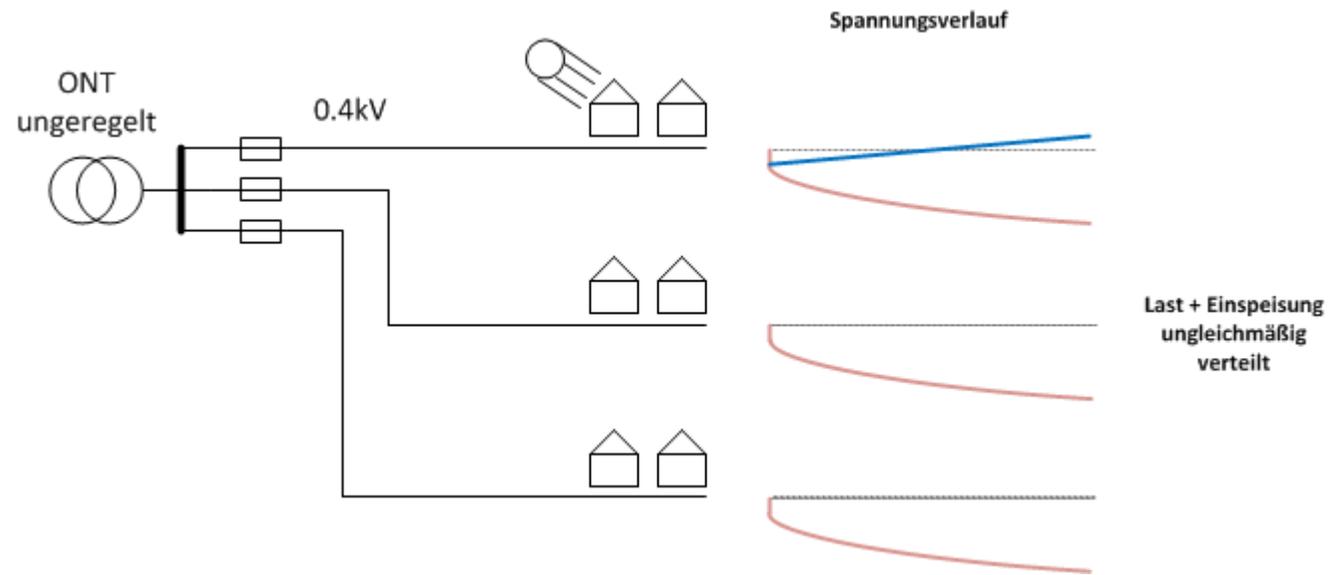
Nur wenn Mittelspannung extrem fluktuiert

Wir regeln das.

Aktive Regelung

Unterschiedlichste Netzstrukturen im Niederspannungsnetz

Netz 3



RONT?	
Strangregler?	

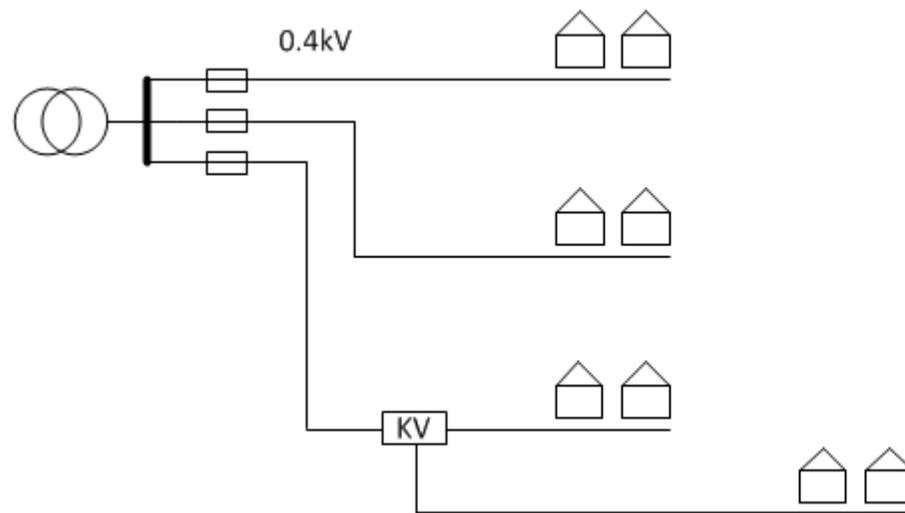
-> ONT Stufe verstellen

Wir regeln das.

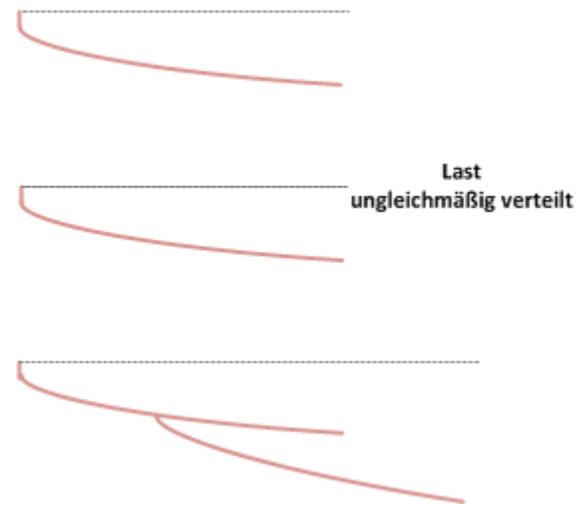
Aktive Regelung

Unterschiedlichste Netzstrukturen im Niederspannungsnetz

Netz 4



Spannungsverlauf



RONT?	
Strangregler?	

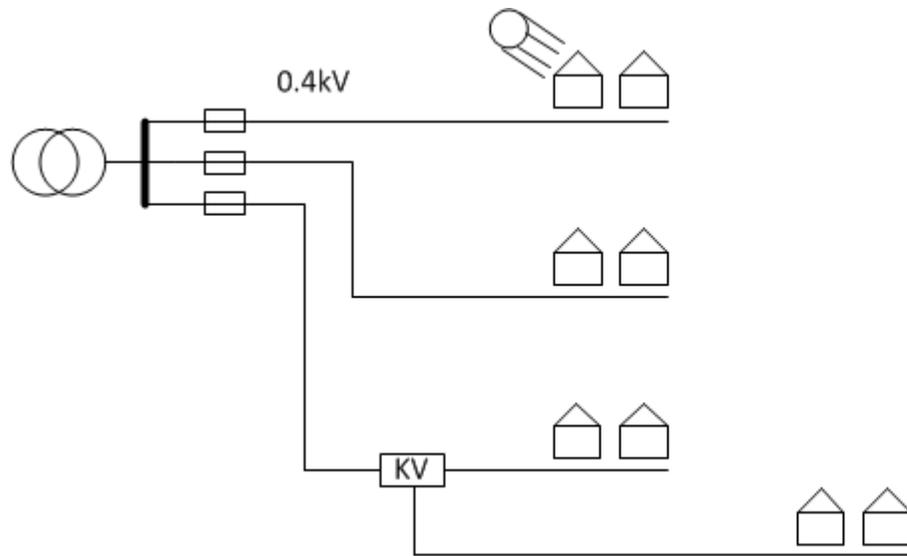
-> ONT Stufe verstellen

Wir regeln das.

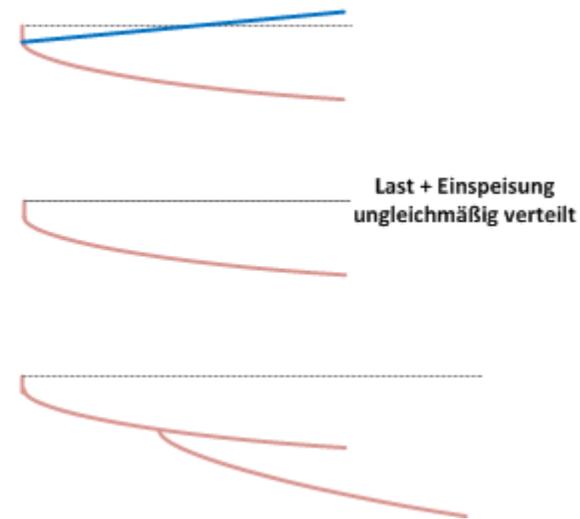
Aktive Regelung

Unterschiedlichste Netzstrukturen im Niederspannungsnetz

Netz 5



Spannungsverlauf



RONT?	
Strangregler?	

-> ONT Stufe verstellen

Wir regeln das.

Spannungs-Längsregler



A. Eberle
LVRSys™



AEG PS



Walcher

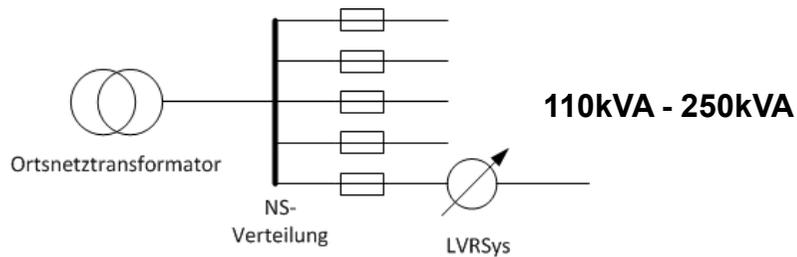
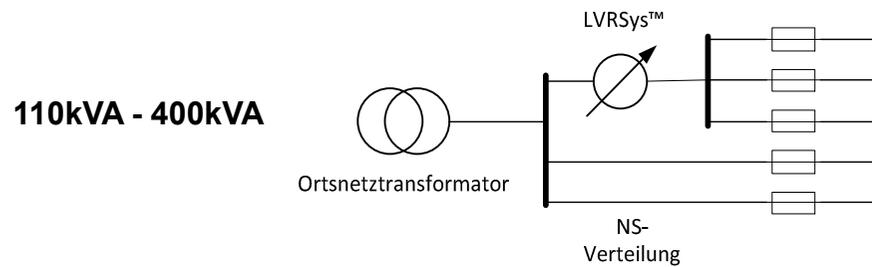
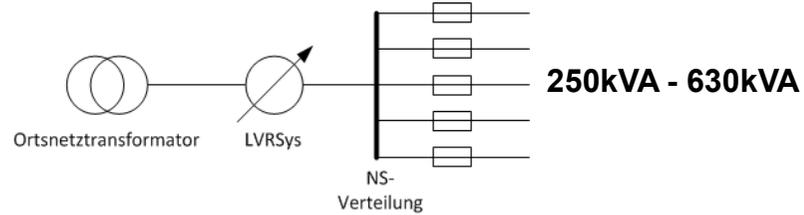


Magtech

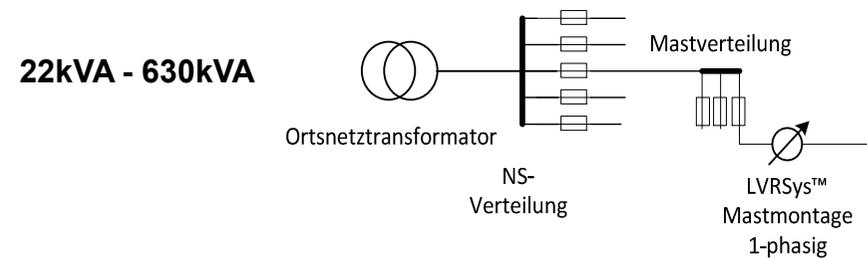
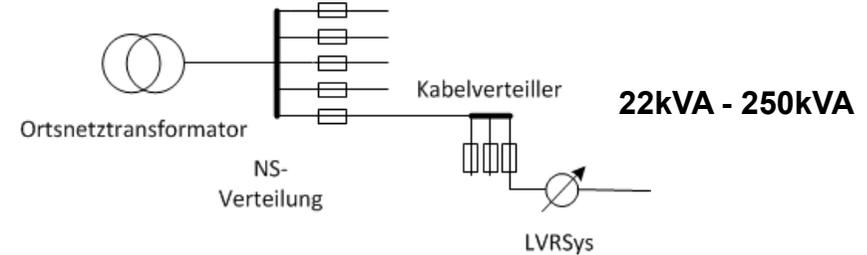
Wir regeln das.

LVRSys™ Einsatzmöglichkeiten

Stationsapplikationen

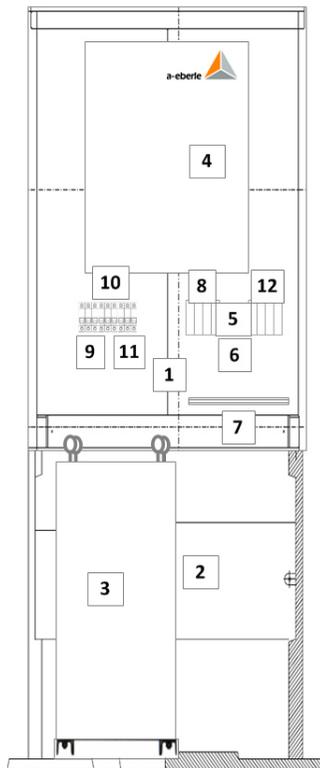


Freiluftapplikationen



Wir regeln das.

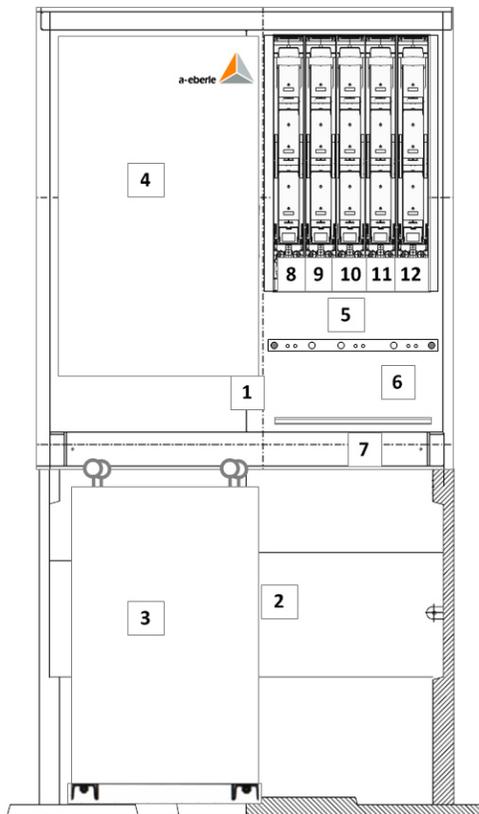
LVRSys™ 22 kVA bis 70 kVA



Pos.	Bezeichnung
1	Schaltschrank LVRSys™
2	Betonsockel
3	Transformatorblock
4	Schaltschrank Elektronik
5	Anschlussklemmen bis 70 mm ²
6	PEN Klemmen
7	C-Profilschiene Kabelabfang
8	Eingangsklemmen Ortsnetz
9	Eingang LVRSys™
10	Bypass
11	Ausgang LVRSys™
12	Ausgangsklemmen Ortsnetz

Wir regeln das.

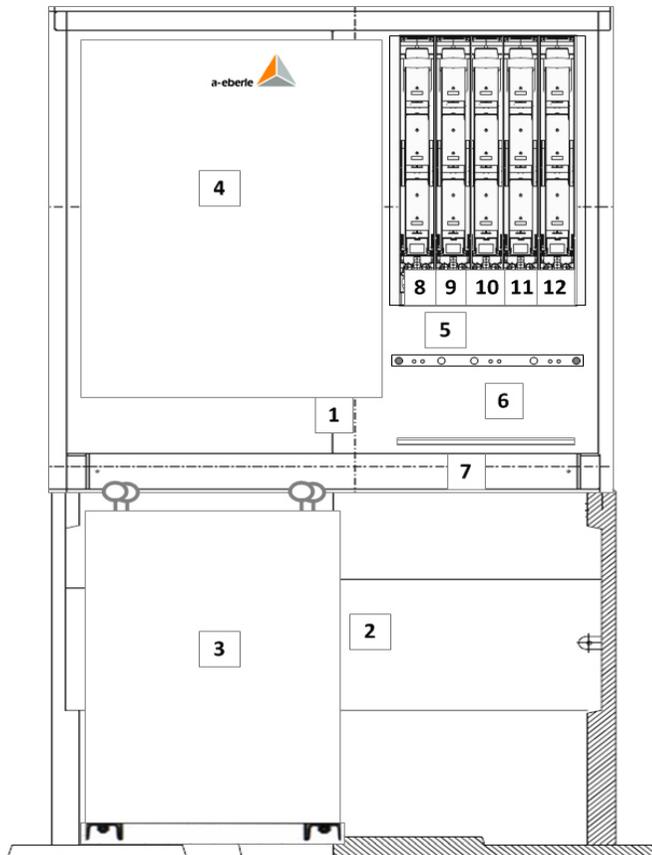
LVRSys™ 110 kVA bis 250 kVA



Pos.	Bezeichnung
1	Schaltschrank LVRSys™
2	Betonsockel
3	Transformatorblock
4	Schaltschrank Elektronik
5	Anschluss - Lastschaltleisten NH 2
6	PEN - Schiene
7	C - Profilschiene Kabelabfang
8	Eingangs - Lastschaltleiste LVRSys™
9	Eingangs - Lastschaltleiste Ortsnetz
10	Bypass - Lastschaltleiste
11	Ausgangs - Lastschaltleiste Ortsnetz
12	Ausgangs - Lastschaltleiste LVRSys™

Wir regeln das.

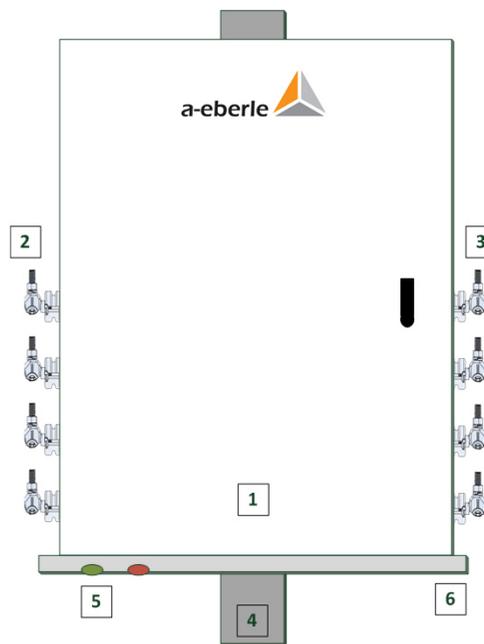
LVRSys™ 400 kVA bis 630 kVA



Pos.	Bezeichnung
1	Schaltschrank LVRSys™
2	Betonsockel
3	Transformatorblock
4	Schaltschrank Elektronik
5	Anschluss - Lastschaltleisten NH 3
6	PEN - Schiene
7	C - Profilschiene Kabelabfang
8	Eingangs - Lastschaltleiste LVRSys™
9	Eingangs - Lastschaltleiste Ortsnetz
10	Bypass - Lastschaltleiste
11	Ausgangs - Lastschaltleiste Ortsnetz
12	Ausgangs - Lastschaltleiste LVRSys™

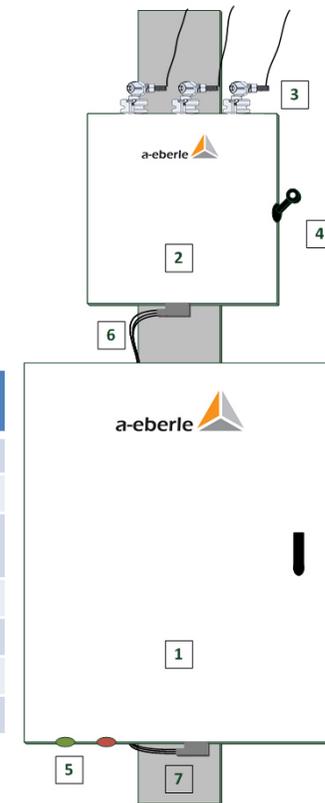
Wir regeln das.

LVRSys™ 7,5 kVA bis 110 kVA Maßmontage 1 oder 3 phasig



Pos.	Bezeichnung
1	Schaltschrank LVRSys™
2	Direktanschluss Ortsnetz eingangsseitig
3	Direktanschluss Ortsnetz ausgangsseitig
4	Montagemast
5	Kontrollleuchten
6	Montageplattform

Pos.	Bezeichnung
1	Schaltschrank Regelung LVRSys™
2	Schaltschrank Anschluss LVRSys™
3	Direktanschluss Ortsnetz eingangs- und ausgangsseitig
4	System Schalter (Hotstick)
5	Kontrollleuchten
6	Verbindungskabel
7	Montagemast



Wir regeln das.

LVRSys™ Aufbau



70 kVA – 400 kVA

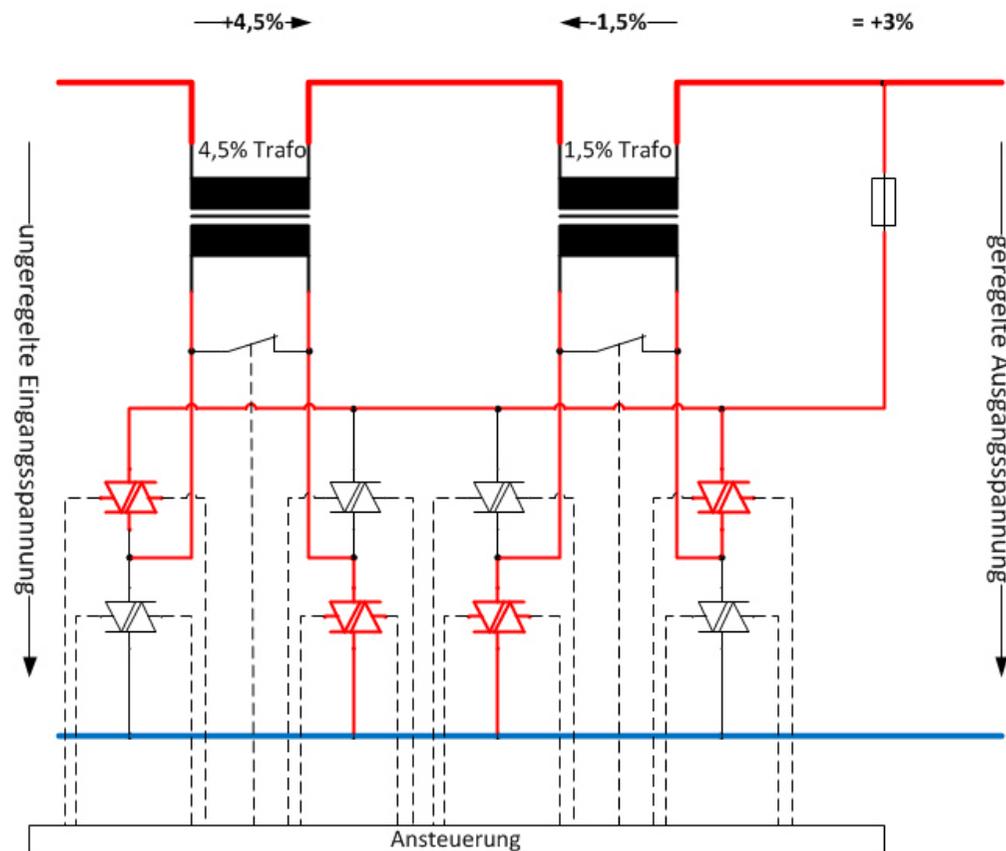


LVRSys™

Wir regeln das.

LVRSys™ Funktionsprinzip

Einphasiges Prinzipschaltbild

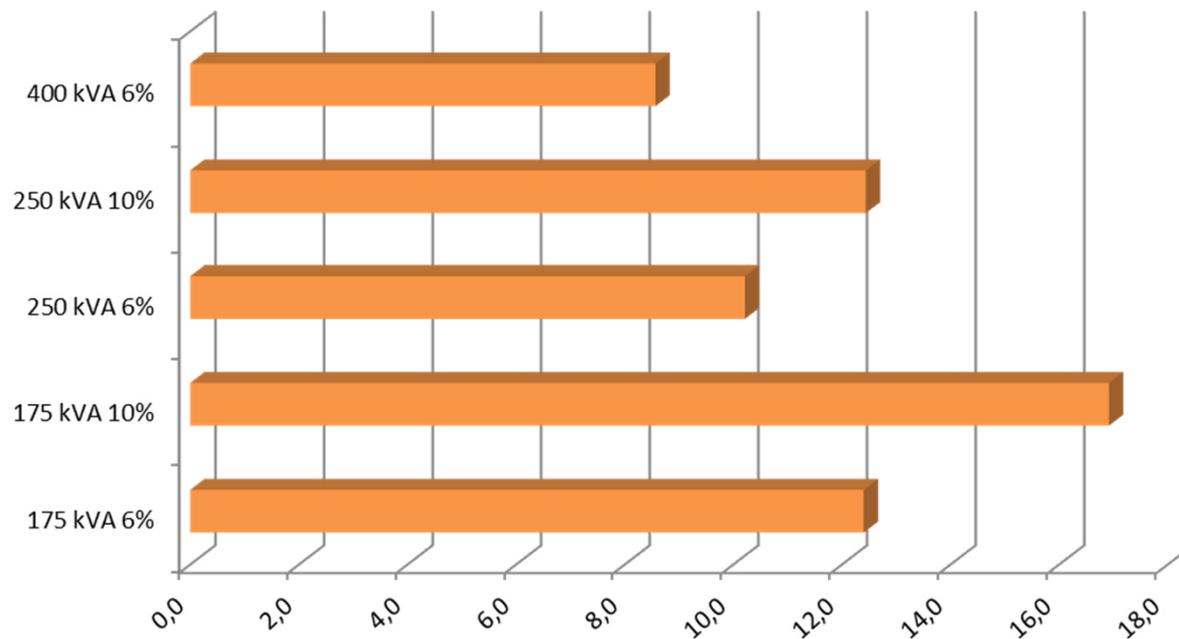


- Anheben der Spannung um 4,5% durch ansteuern des 4,5% - Trafos
- Absenken der Spannung durch invertiertes ansteuern des 1,5% - Trafos
- Summenspannung ergibt sich zu +3%
- Schützkontakt schließt bei Fehlern im System, das Ortsnetz wird weiterhin, jedoch unregelt betrieben.

Wir regeln das.

LVRSys™ Beeinflussung Netzimpedanz

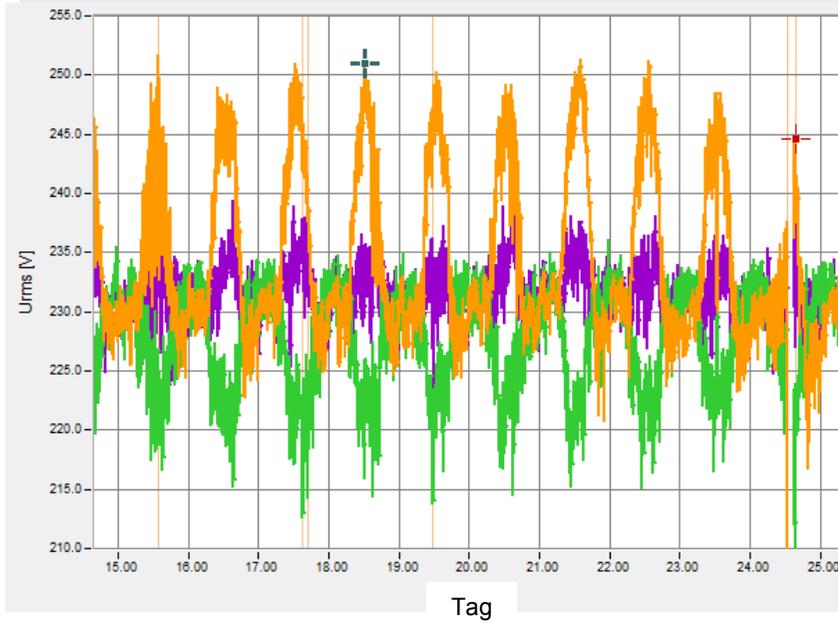
Netzimpedanz des LVRSys™ bezogen auf die Kabellänge
(NASXY 4x150)



Wir regeln das.

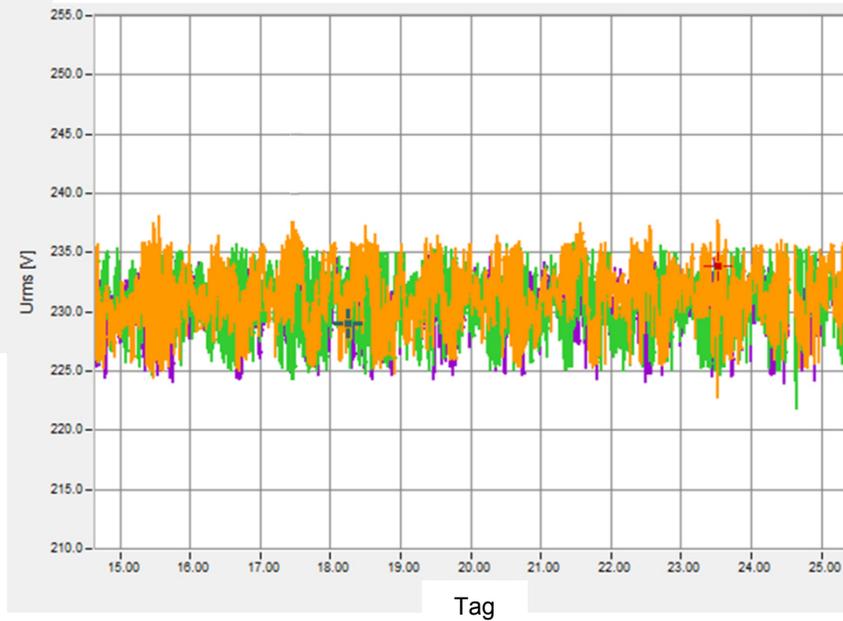
ungeregelte Eingangsspannung

geregelt Ausgangsspannung



ohne LVRSys

mit LVRSys



Wir regeln das.

Applikationen

- **Regelung der Sammelschiene (rONT)**
- **Regelung von Ausläufern Freileitung**
- **Bergstationen**
- **Aussiedlerhöfe**



Wir regeln das.

PQ-Messungen - LVRSys™

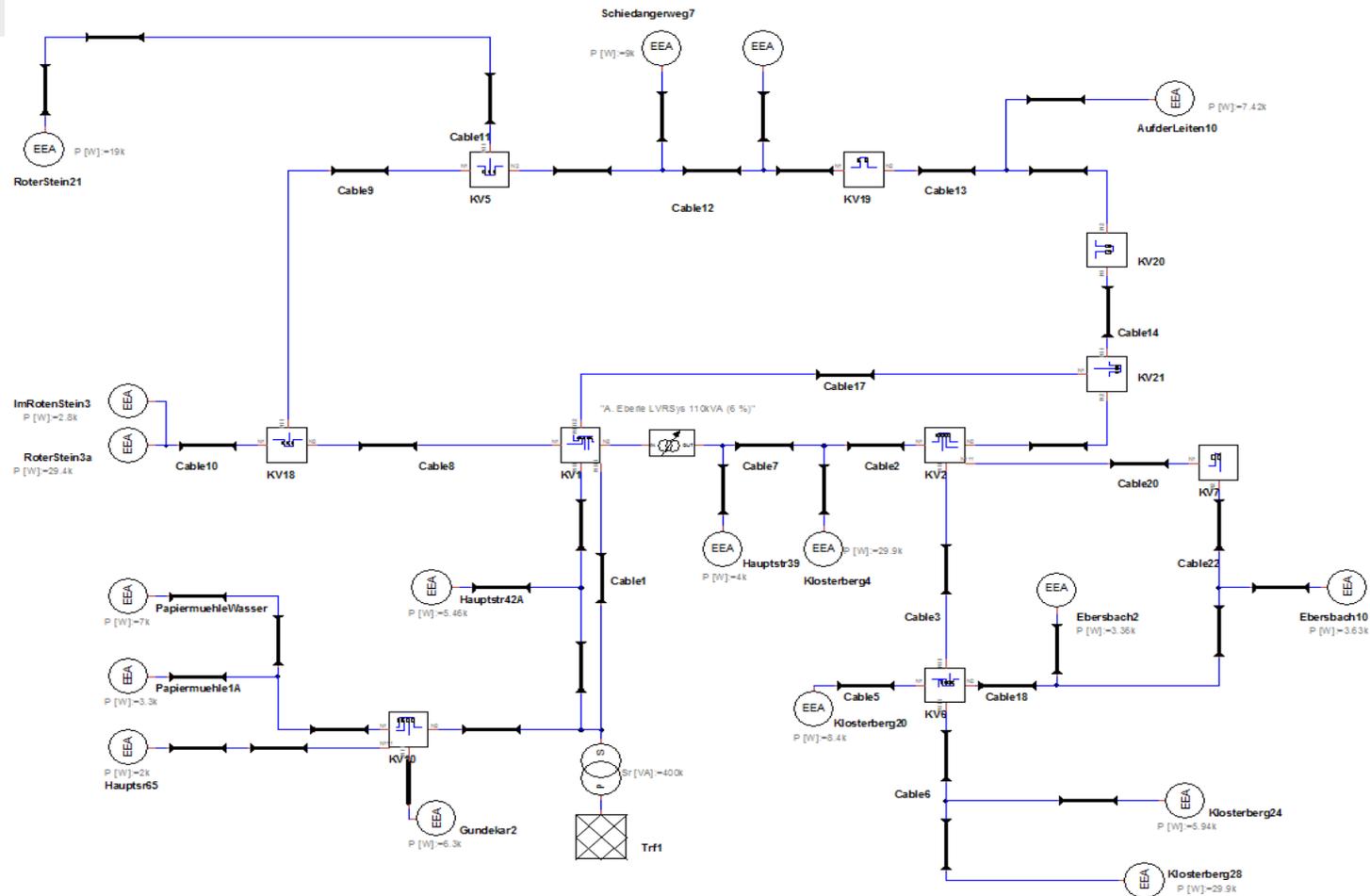
Stadtwerke Altdorf



Wir regeln das.

Simulation mit Cerberus

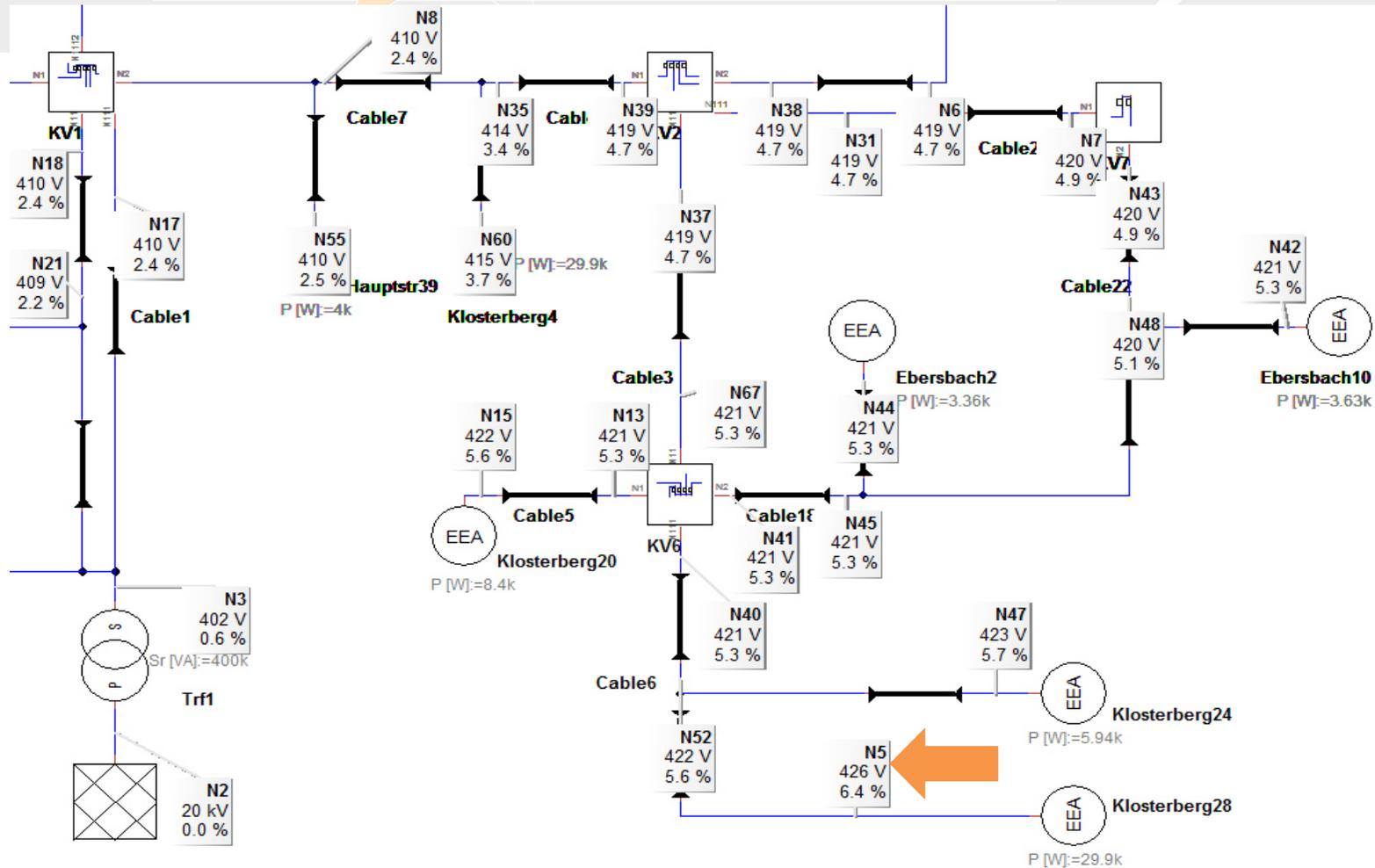
Ortsnetz Hagenhausen (SW Altdorf)



Wir regeln das.

Simulation mit Cerberus

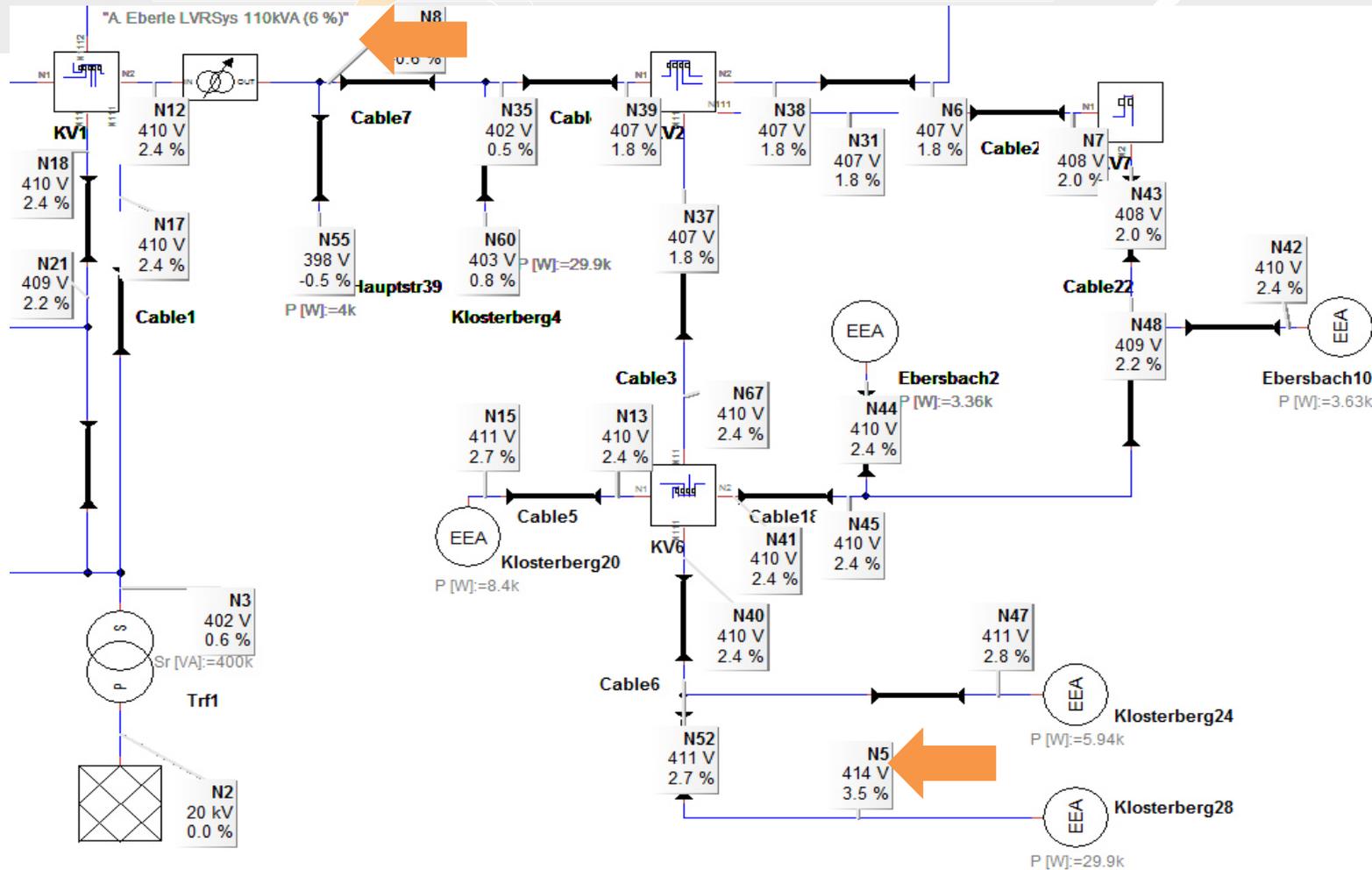
Ortsnetz Hagenhausen – ohne LVRsSys™



Wir regeln das.

Simulation mit Cerberus

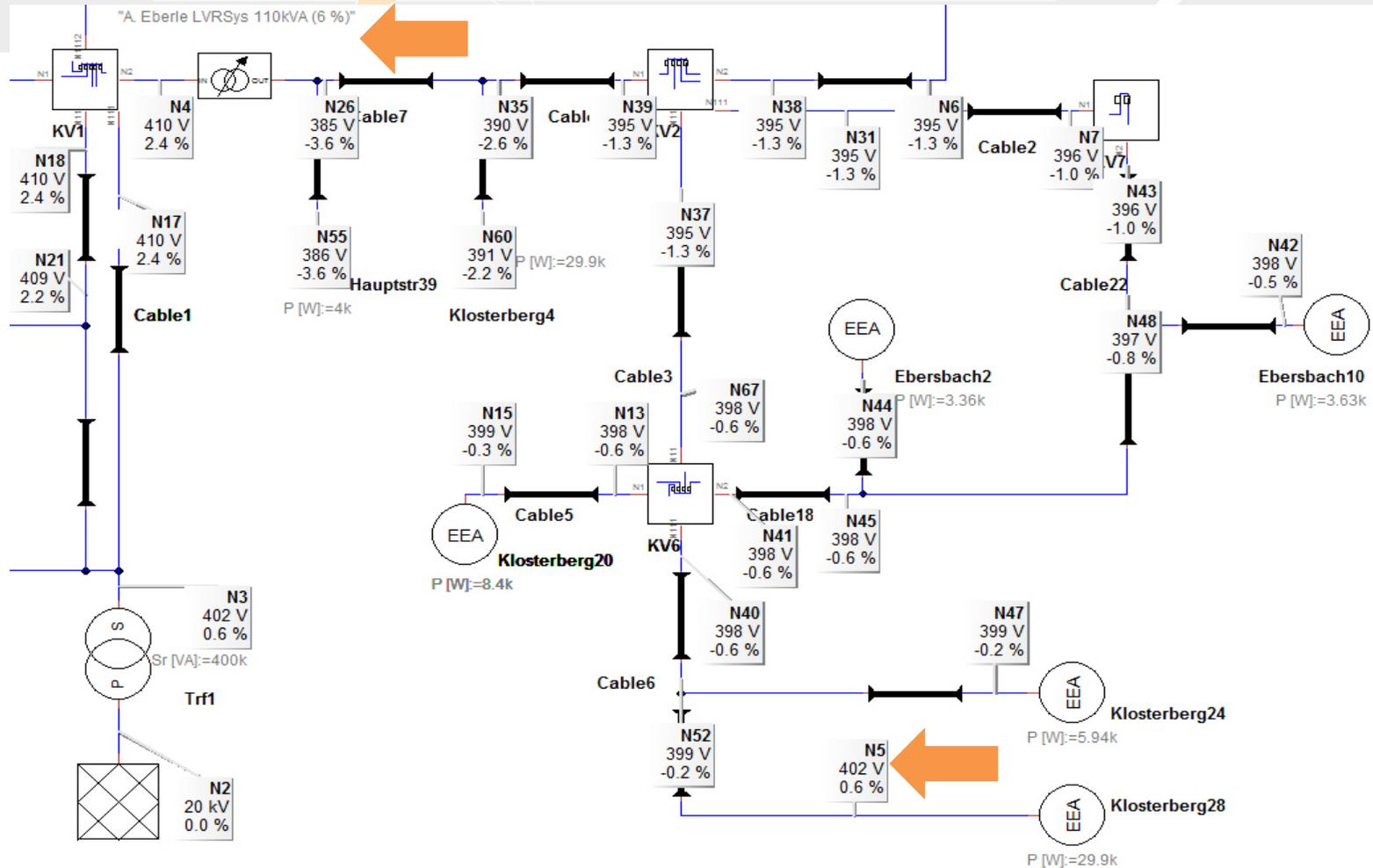
Ortsnetz Hagenhausen – LVRsSys™ ohne Netzimpedanz-Regelung



Wir regeln das.

Simulation mit Cerberus

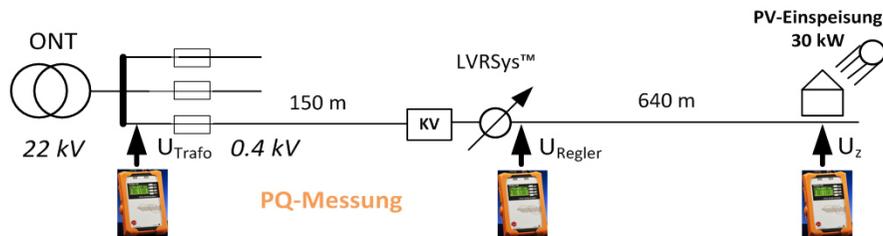
Ortsnetz Hagenhausen – mit Netzimpedanz-Regelung $0,2 \Omega$



Wir regeln das.

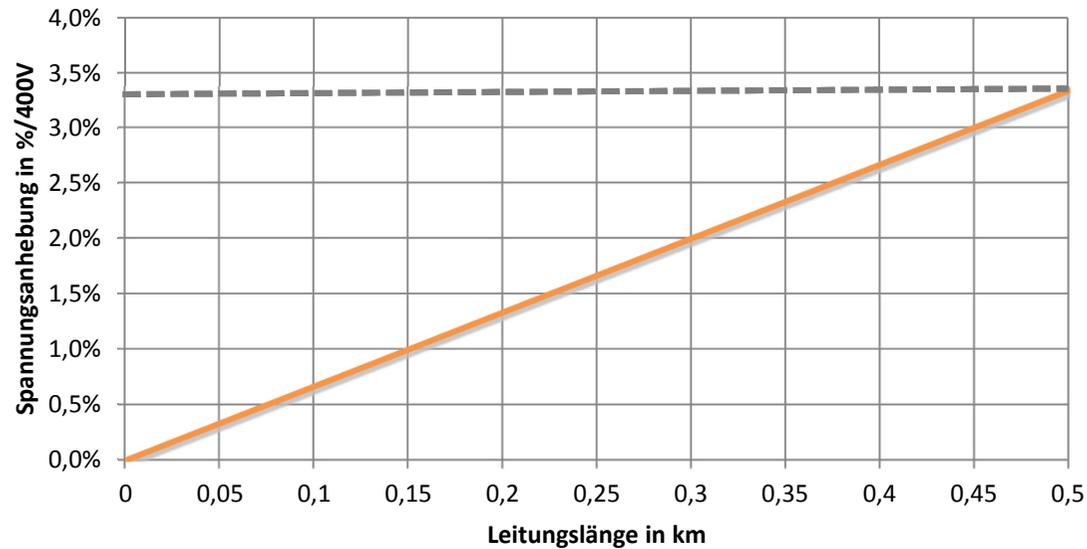
Netzimpedanz-Regelung

Spannungsfall auf dem Kabel



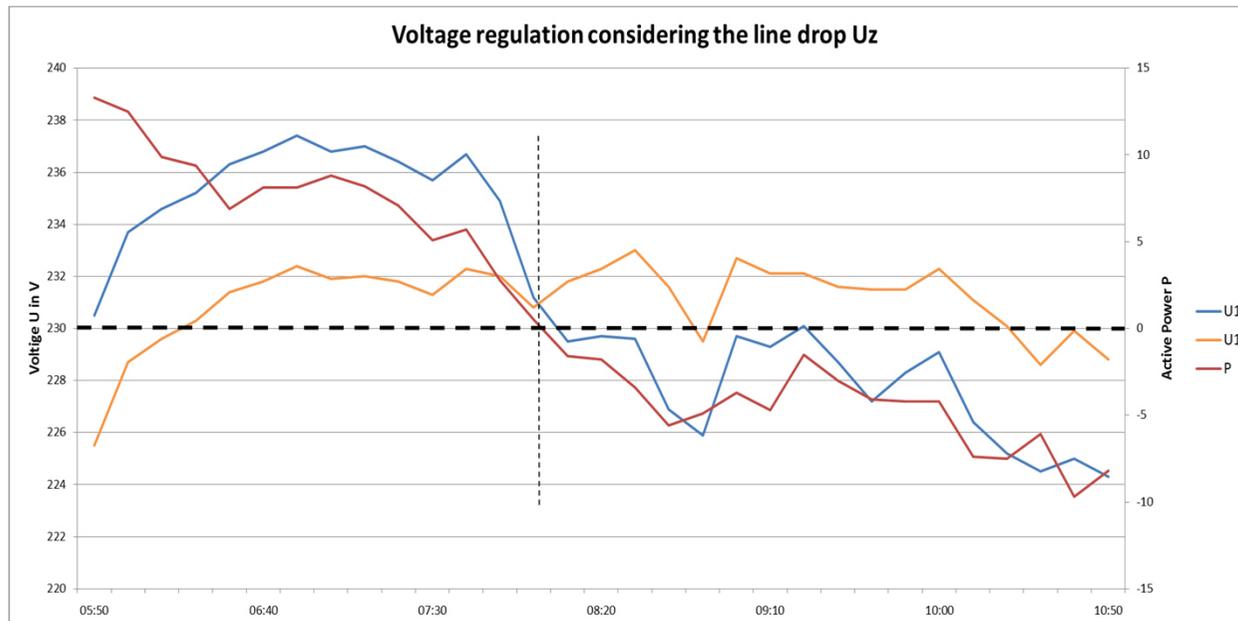
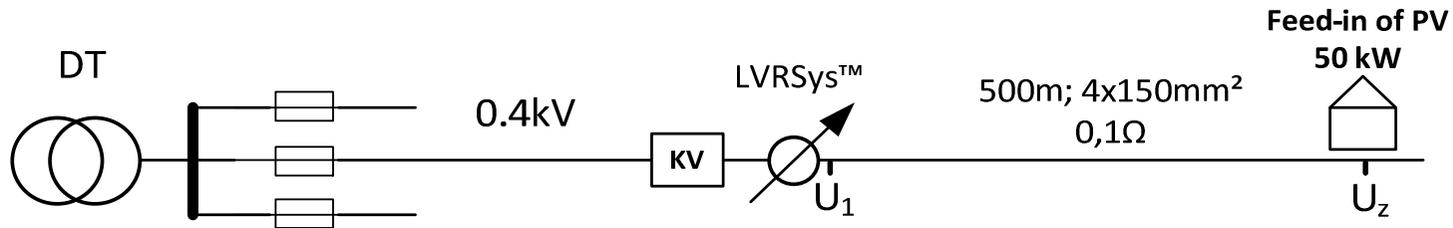
$$U_z = U_{Regler} - Z_{Netz} * I_{Netz}$$

Spannungsanhebung entlang eines 500 m Kabels (NAYY-J 4x150 SE)
bei Einspeisung (S=50 kW, cos phi= 0,94)



Wir regeln das.

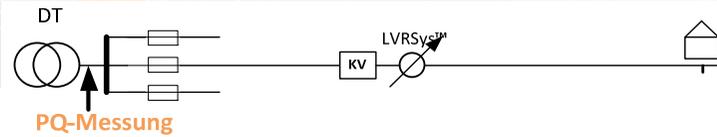
Netzimpedanz-Regelung Funktionsweise



Wir regeln das.

LVRSys™ – Anwendungsbeispiel

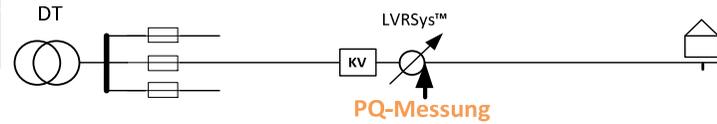
Ortsnetz-Transformator – Hagenhausen (SW Altdorf) - 1 Tag



Wir regeln das.

LVRSys™ – Anwendungsbeispiel

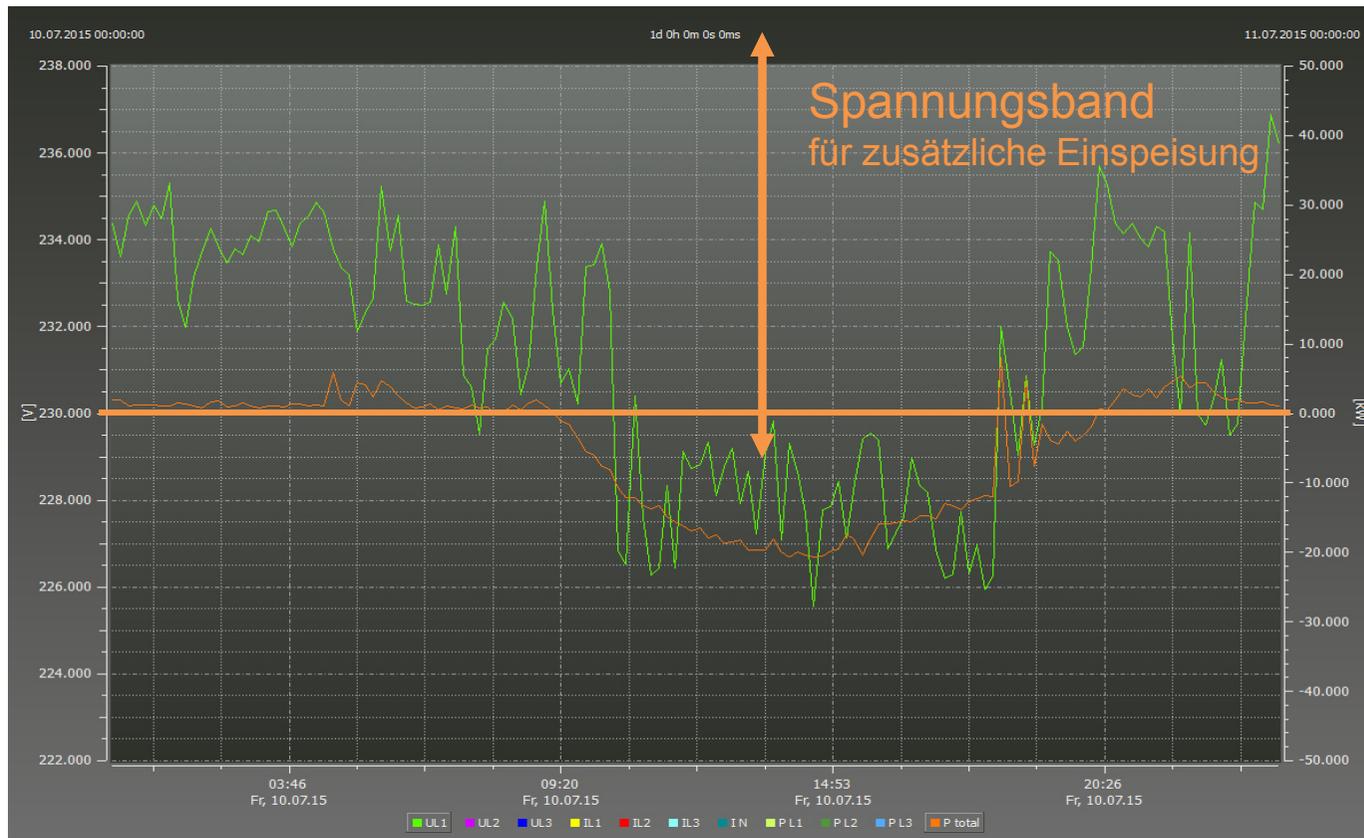
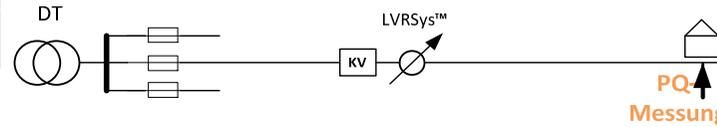
LVRSys™ Ausgang – Hagenhausen (SW Altdorf) - 1 Tag



Wir regeln das.

LVRSys™ – Anwendungsbeispiel

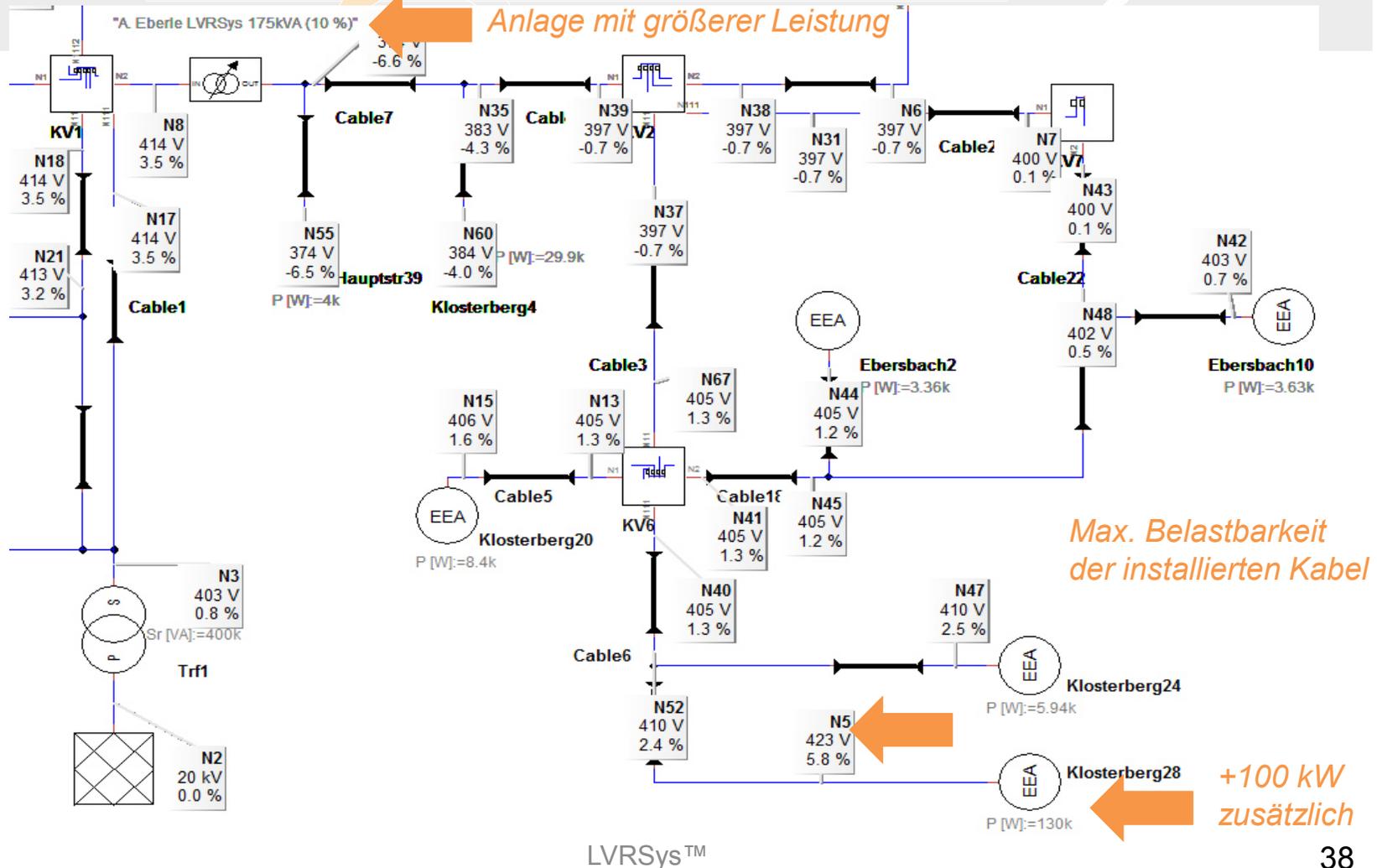
PV-Einspeisung – Hagenhausen (SW Altdorf) - 1 Tag



Wir regeln das.

Simulation mit Cerberus

Ortsnetz Hagenhausen – zusätzliche PV-Installation möglich



LVRSys™ – Anwendungsbeispiel

Erkenntnisse aus ersten Messungen – Impedanz-Regelung

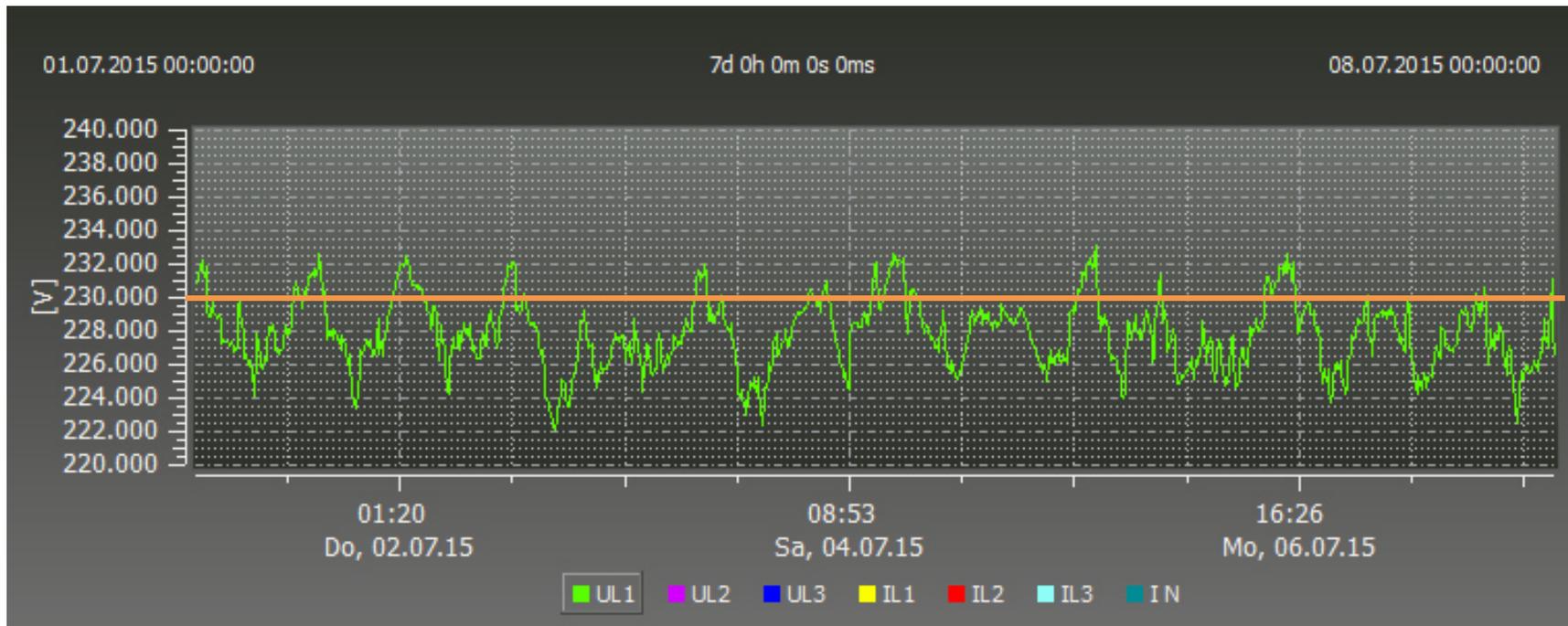
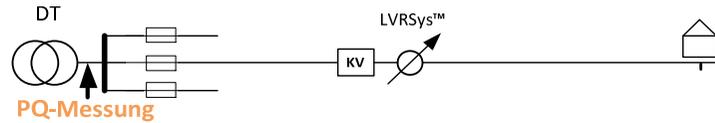


- Spannungsband eingehalten
- Netzimpedanz – Regelung bringt gewünschten Effekt
 - Impedanz-Wert mit $0,2 \Omega$ ein wenig zu hoch eingestellt
 - Überkompensation hat Vorteile:
 - ✓ Geringere Übertragungsverluste
 - ✓ Vergrößertes Spannungsband für zusätzliche Einspeisung/Last (bis zur Strombelastbarkeit)
 - Impedanz-Wert berechnet aus Messungen $\approx 0,05 \Omega$
 - ✓ Genauere Ausregelung an PV-Einspeisung auf 230 V

Wir regeln das.

LVRSys™ – Anwendungsbeispiel

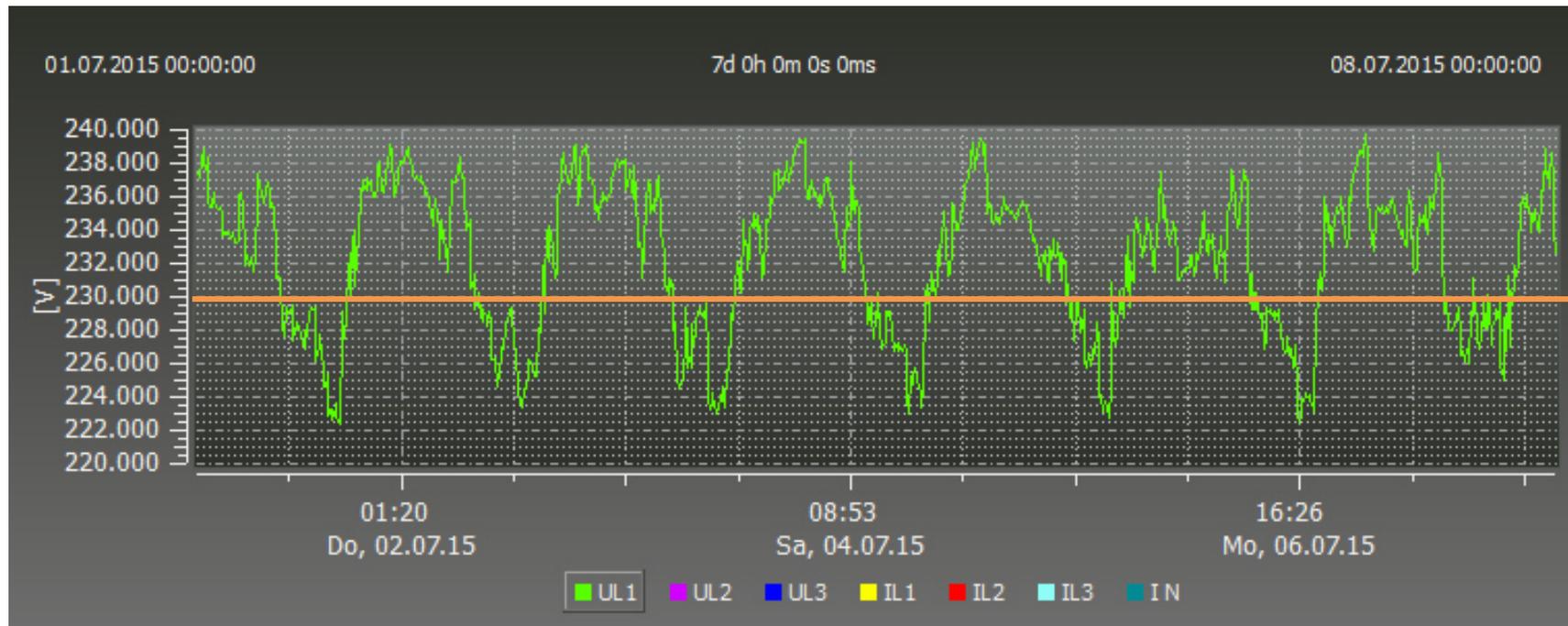
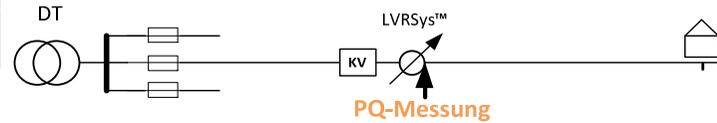
Ortsnetz-Transformator – Hagenhausen (SW Altdorf) - 1 Woche



Wir regeln das.

LVRSys™ – Anwendungsbeispiel

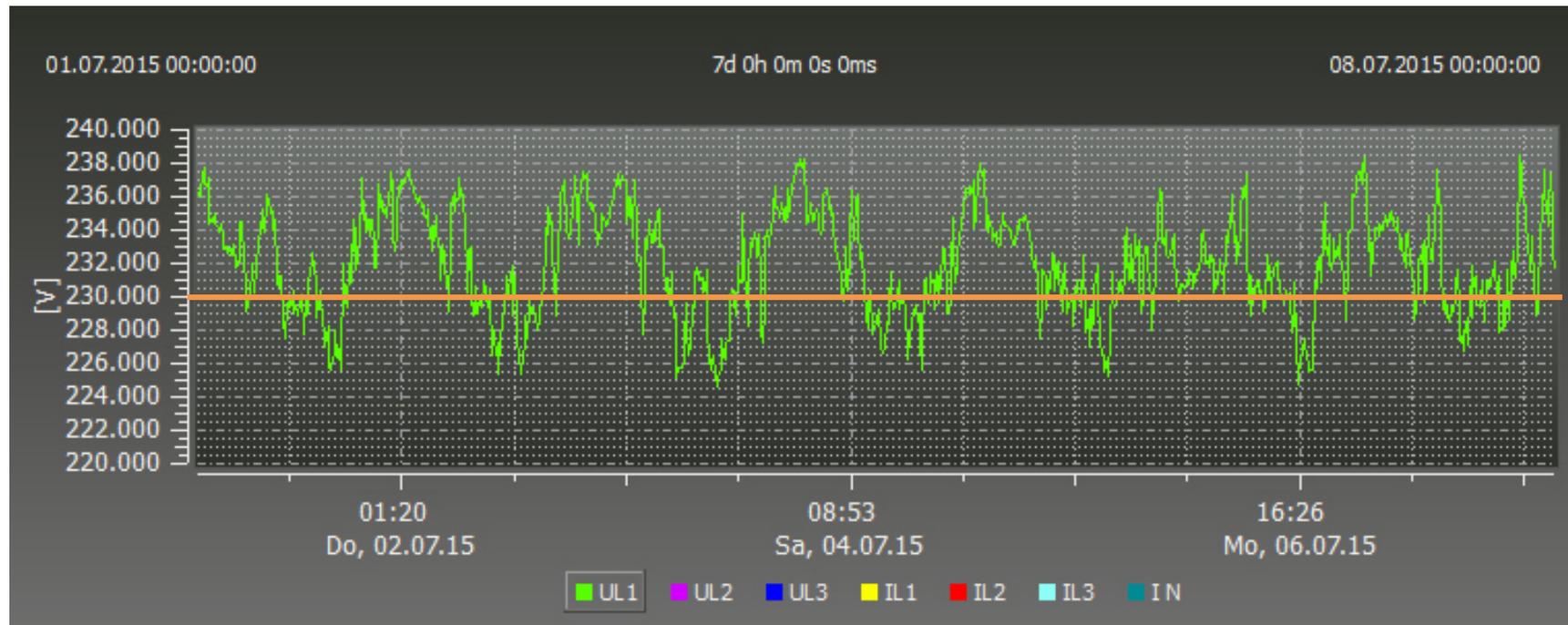
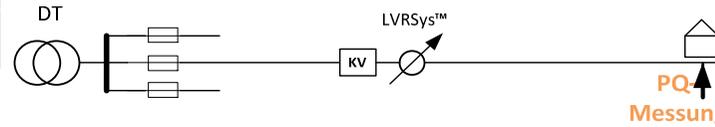
LVRSys™ Ausgang – Hagenhausen (SW Altdorf) - 1 Woche



Wir regeln das.

LVRSys™ – Anwendungsbeispiel

PV-Einspeisung – Hagenhausen (SW Altdorf) - 1 Woche



Wir regeln das.

LVRSys™ – Anwendungsbeispiel

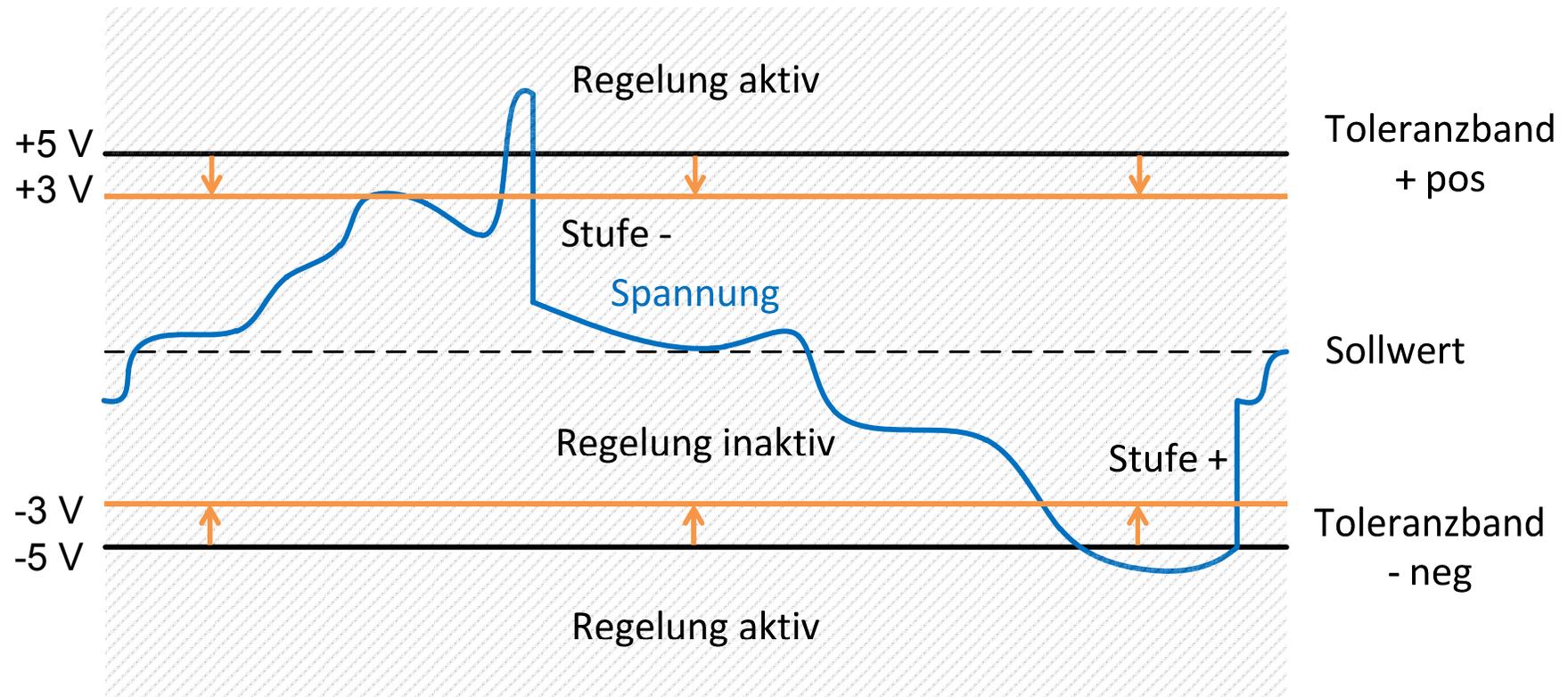
Erkenntnisse aus ersten Messungen – EN 50160



- Spannungsproblematik an PV-Einspeisung behoben
- Langzeitflicker an PV-Einspeisung minimal über Grenzwert
- Harmonische übersteigen an PV-Einspeisung knapp den Grenzwert
 - ✓ Nicht als kritisch anzusehen

Toleranzband-Verschmälerung von $\pm 5\text{ V}$ auf $\pm 3\text{ V}$

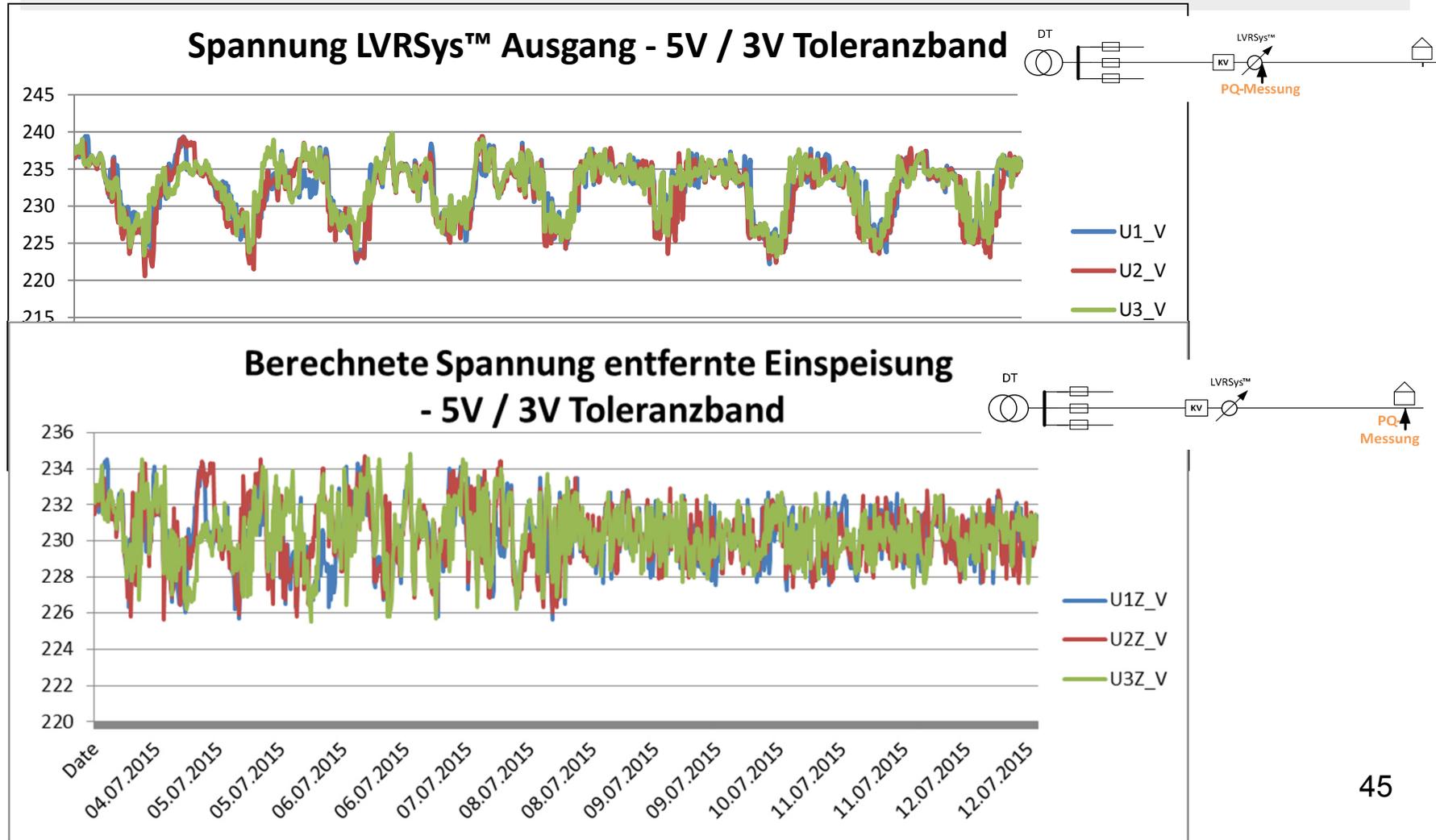
Funktionsprinzip



Wir regeln das.

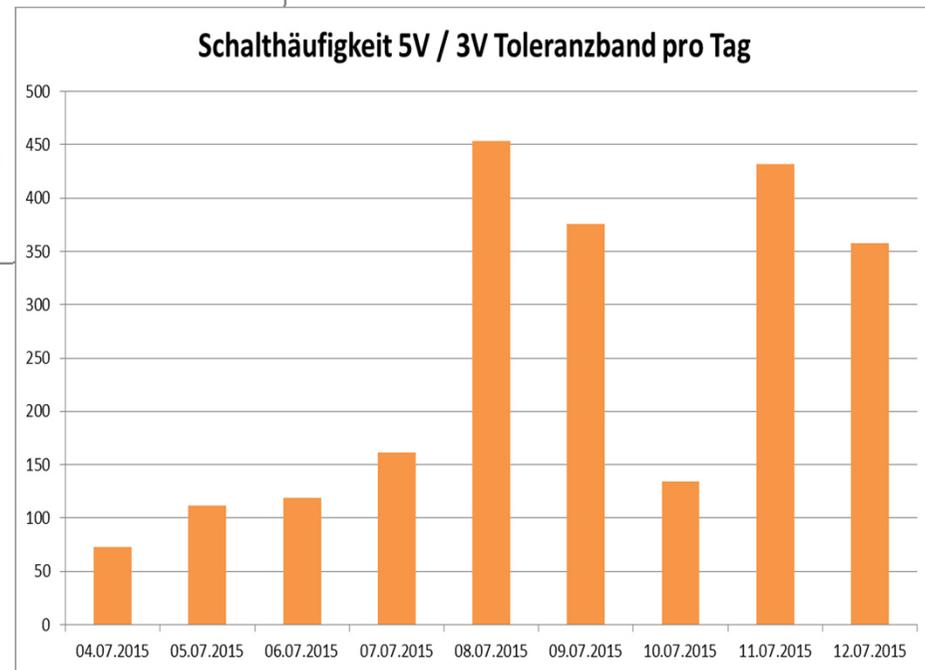
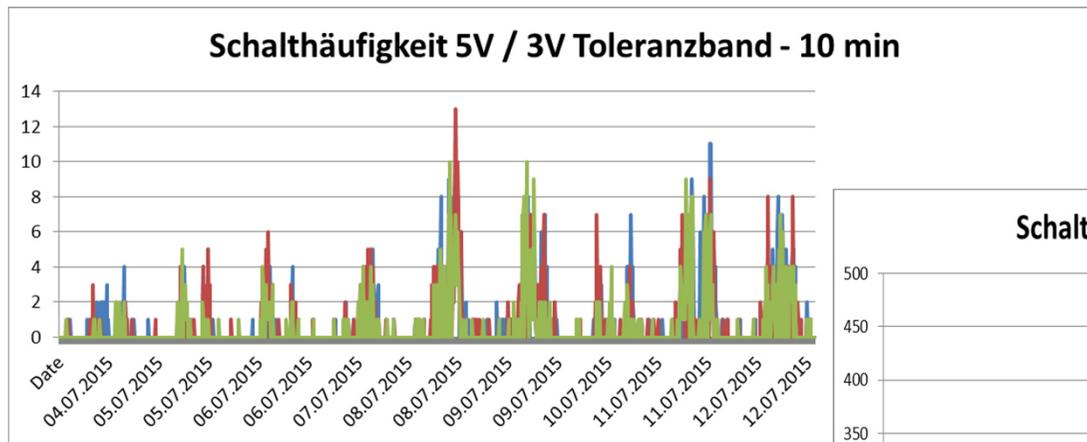
LVRSys™ – Toleranzband von 5V – 3V

Spannung im entfernten Einspeisepunkt



Wir regeln das.

LVRSys™ – Toleranzband von $\pm 5V$ auf $\pm 3V$ Schalthäufigkeit



LVRSys™ – Toleranzband von $\pm 5V$ auf $\pm 3V$

Erkenntnisse



- Einhalten von schmalem Spannungsband möglich
- Schalthäufigkeit erhöht
 - ✓ Kein Problem für LVRSys™-Komponenten,
da Thyristoren unbegrenzte Schalthäufigkeit besitzen
 - ✓ Spannung-Regelung für sensible Anwendungen möglich
- Langzeit-Flicker steigt leicht an
- Harmonische & Spannungsunsymmetrien werden verringert

Für dieses Netz kann ein Spannungsband von $\pm 5V$ als ausreichend betrachtet werden.

Wir regeln das.

Vielen Dank



Stefan Hoppert (M. Eng.)

Produktmanager Smart Grid

Telefon +49 (0) 911 / 62 81 08-160

Telefax +49 (0) 911 / 62 81 08-96

E-Mail Stefan.Hoppert@a-eberle.de

Web <http://www.a-eberle.de>

A. Eberle GmbH & Co. KG

Frankenstraße 160

D-90461 Nürnberg

