



Regelbarer Ortsnetztransformator - ein anderer Weg

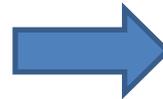
Vortragsthemen:

- **Einleitung: (Zukünftige) Netzproblematiken**
- **Ideen zur Spannungsregelung im Niederspannungsnetz**
- **Übersicht heutiger Lösungen**
- **Praktische Eingrenzung der Regeldynamik**
- **Pilotprojekte im Bereich der EnBW Regional AG
(weitere fünf Pilotprojekte in D und Nachbarländern)**

Zukünftige Netzproblematiken

Erneuerbare Energien Szenarien 2020:

- 30% Anteil an der Stromversorgung (Bundesministerium für Umwelt)
- 48% Anteil an der Stromversorgung (Branchenprognose der Erneuerbaren-Energien-Industrie)
- 55% Anteil an der Stromversorgung (Befragung der Bundesländer)



Entwicklung Photovoltaik

Kürzung der Förderung von Dachanlagen bis 30kW

Kürzung der Förderung von Jan. 2011 – Jan. 2012	15%
Kürzung der Förderung von Jan. 2009 – Dez. 2011	33%

Preisverfall von Solarmodulen

Preisverfall von Solarmodulen Jan. 2011 – Jan. 2012	35%-46%
Preisverfall von Solarmodulen Jan. 2009 – Dez. 2011	65%-73%

Förderung der Photovoltaik nach dem EEG ab 1. April 2012

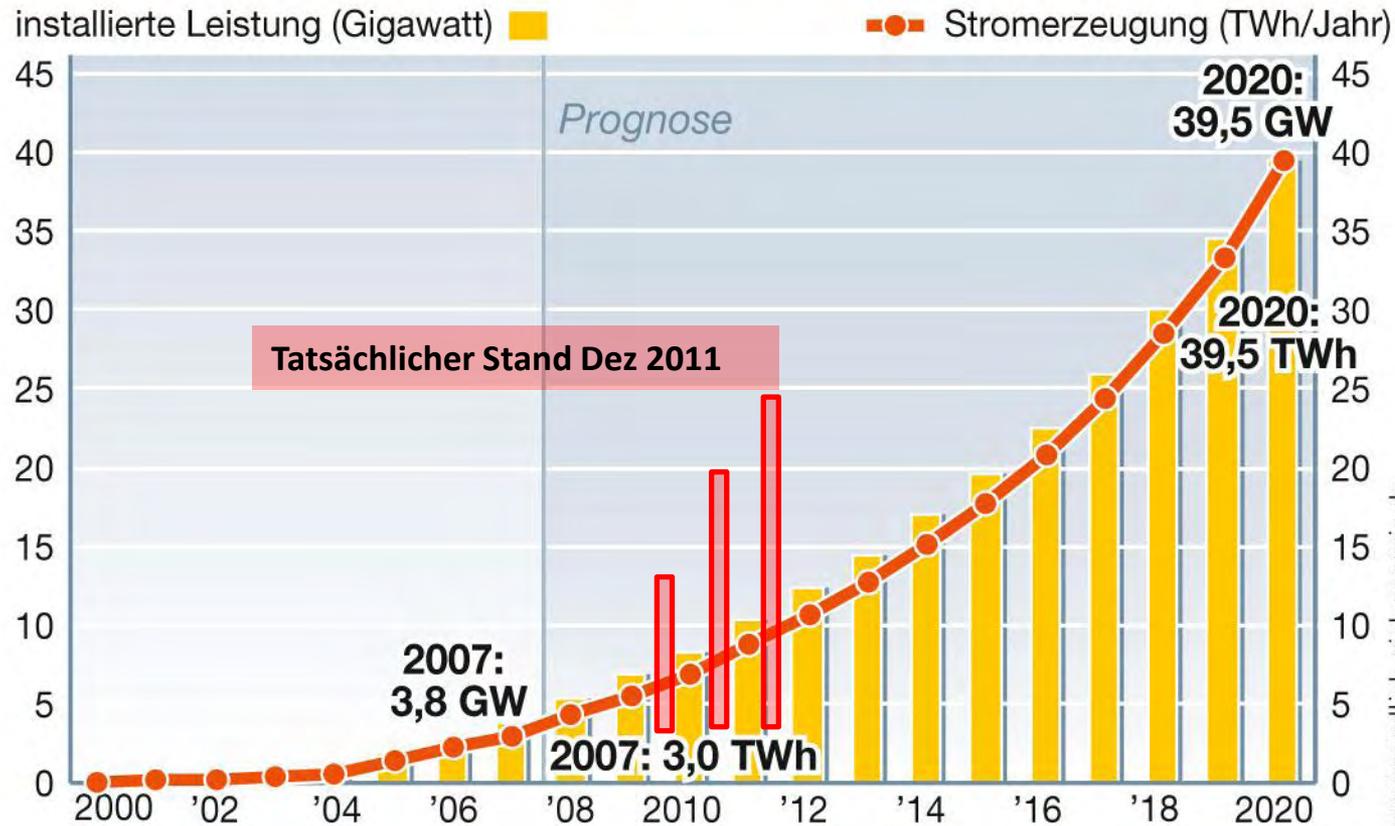
Dachanlagen		Freiflächenanlagen
bis 10 kW	bis 1000 kW	bis 10MW
19,5ct/kWh	16,5ct/kWh	13,5ct/kWh

Weniger Geld für Solarstrom

Vergütung in Cent pro Kilowattstunde



Strom aus Photovoltaik in Deutschland bis 2020

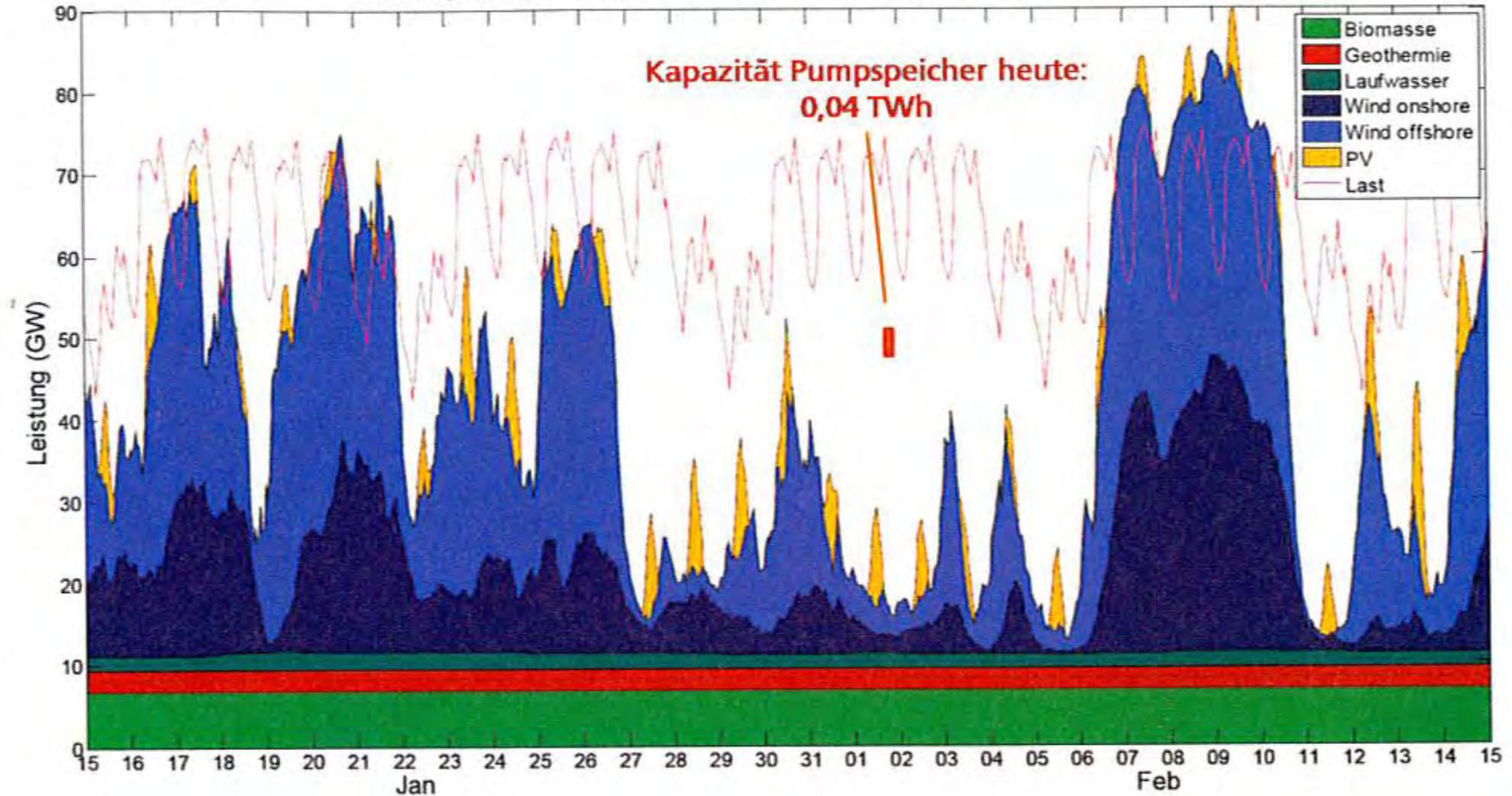


Quelle: Branchenprognose 2020
Stand: 1/2009



Speicherproblematik

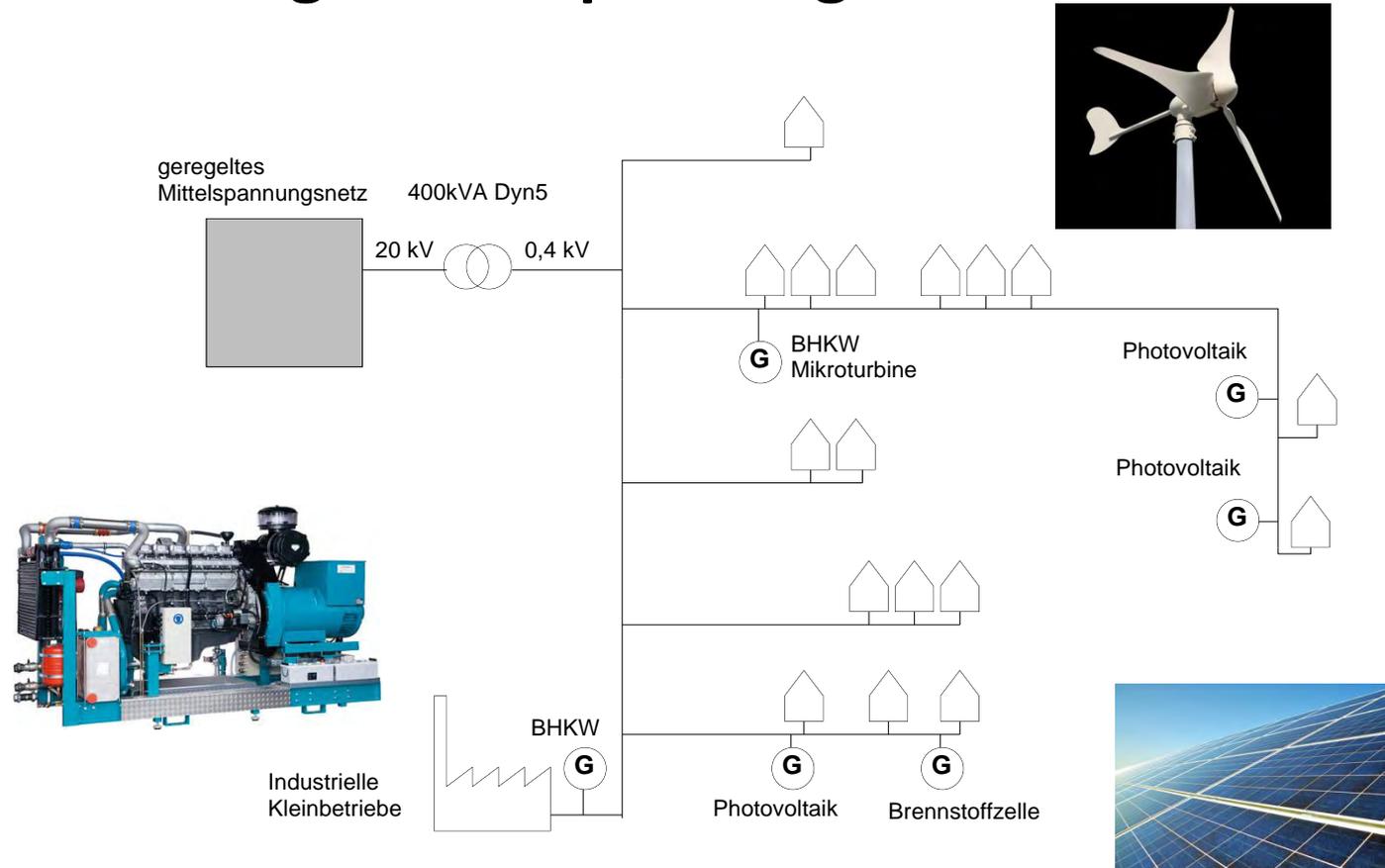
EE-Einspeisung und Last, Mitte Jan bis Mitte Feb, 2050 (Meteo-Jahr 2006)



Entwicklung der Netzstruktur

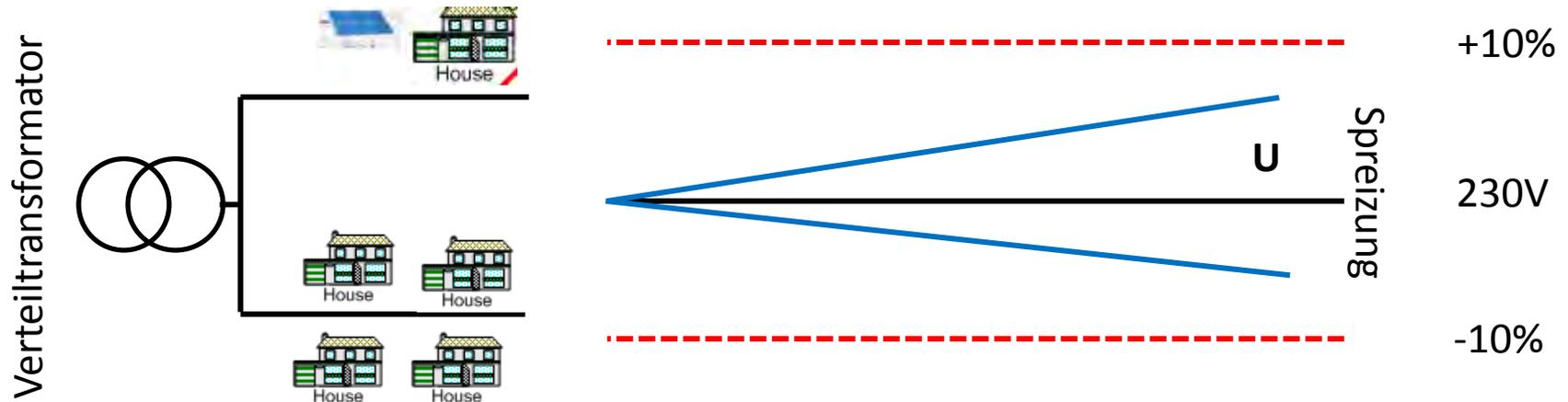
Früher	Zukunft
Wenige zentral speisende Großkraftwerke	Viele dezentral speisende Kleinkraftwerke
Leistungsfluss stets vom „Erzeuger“ zum „Verbraucher“	Leistungsfluss variabel
Regelung durch Zu- und Abschaltung von Kraftwerksleistung	Regelverfahren bis in die Niederspannungsebene
Lasten sind hauptsächlich linear und ohmsch-induktiv	Lasten sind kapazitiv und nichtlinear

Entwicklung Niederspannungsnetz



Spannung im unregulierten Netz

- Spannungsanstieg in Leitungen mit dezentraler Einspeisung
- Spannungsabfall in Leitungen ohne dezentraler Einspeisung

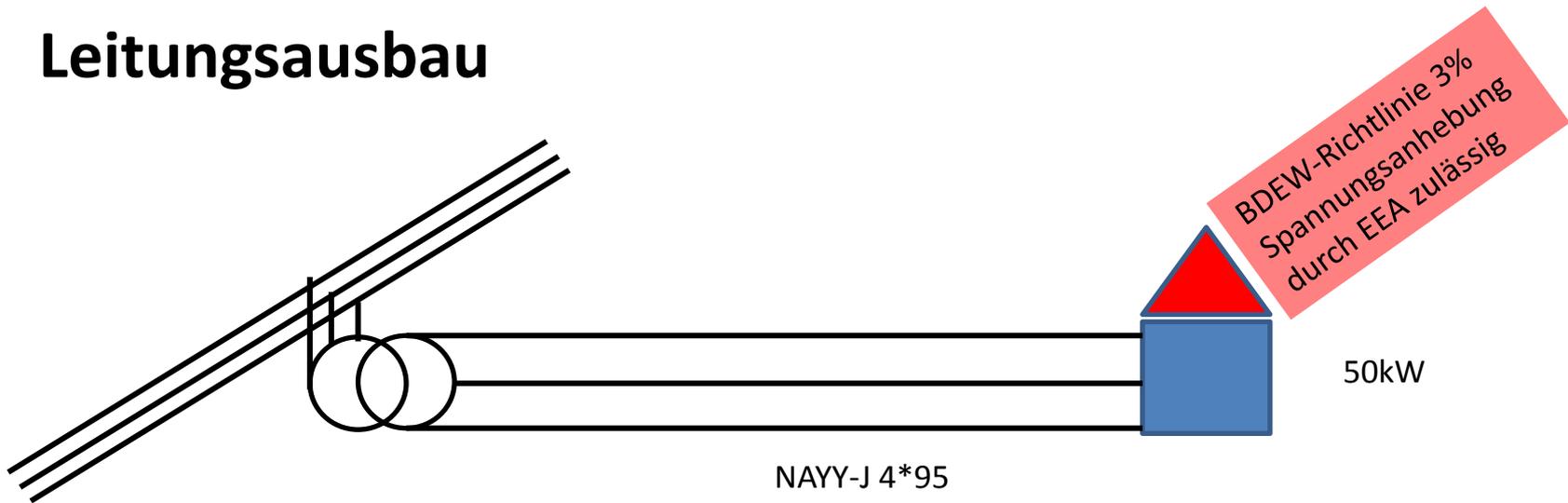


Ideen zur Regelung des Niederspannungsnetzes

Das Spannungshaltungsproblem kann gelöst werden durch:

- **Leitungsausbau**
 - + Erhöhung der Kurzschlussleistung
 - extrem teuer
 - löst Überspannungsprobleme nicht
- **Blindleistungsregelung**
 - + günstigste Methode
 - hilft in Niederspannungsnetzen nur bedingt
- **Aktive Spannungsregelung**
 - + erhöht den Nutzungsgrad des Netzes
 - + regelt Überspannungen aus
 - + nachhaltige Lösung
 - Erfahrungen fehlen; z. T. Entwicklungsstatus

Leitungsausbau



Spannungsabfall am NS Kabel

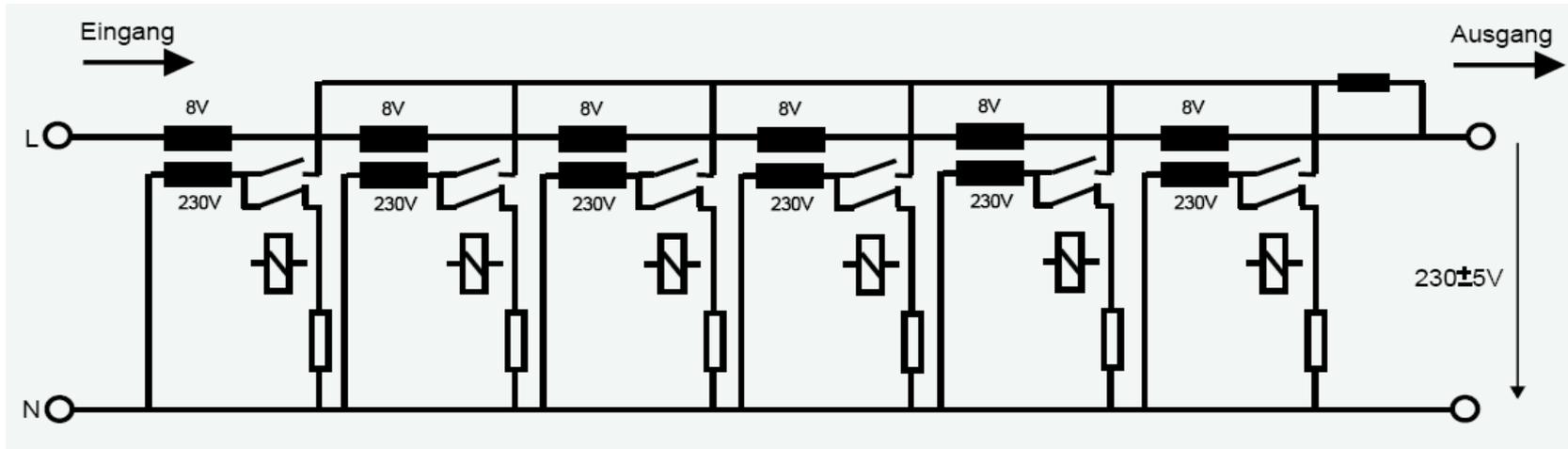
Kabel	R/20°C	XL/50Hz	Strom	Kapazität	Anschlussmöglichkeit nach 500m	Auslastung
NAYY-J 4*150	0,20Ω/km	0,08Ω/km	275A	63,3kW	15,4kW	24%
NAYY-J4*95	0,32Ω/km	0,08Ω/km	215A	50kW	9,9kW	20%

Blindleistungseinspeisung (Beispiel)

Kabel	Widerstand	Strom	Kapazität	Anschlussmöglichkeit nach 500m	Auslastung
NAYY-J 4*150	0,206Ω/km	275A	190kW	45kW	24%
NAYY-J4*95	0,32Ω/km	215A	150kW	30kW	20%

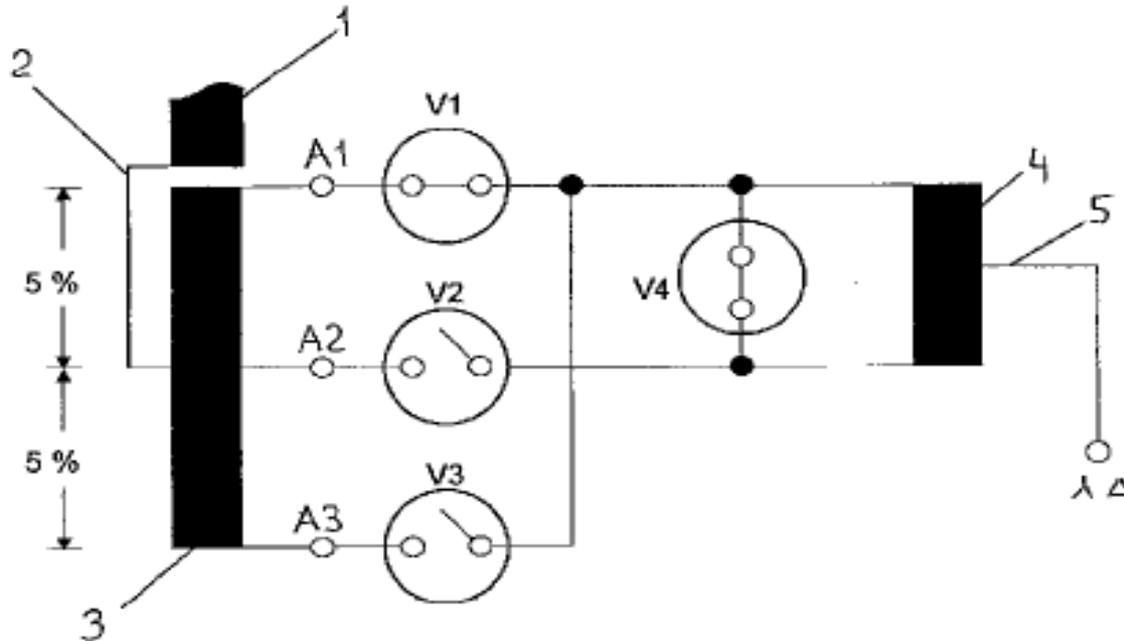
Kabel	Anschlussmöglichkeit nach 500m	Wirkleistung	Blindleistung	Auslastung
NAYY-J 4*150	96kVA	68kW	68kVAr	50%
NAYY-J 4*150	190kVA	59kW	180kVAr	100%

Spannungsregelung - Steuerung mit Relais^[3]



- Anpassung der Spannung über Stufen
- Verwendung von mehreren Zusatztransformatoren
- Relais als Schalter
- max. 300kVA

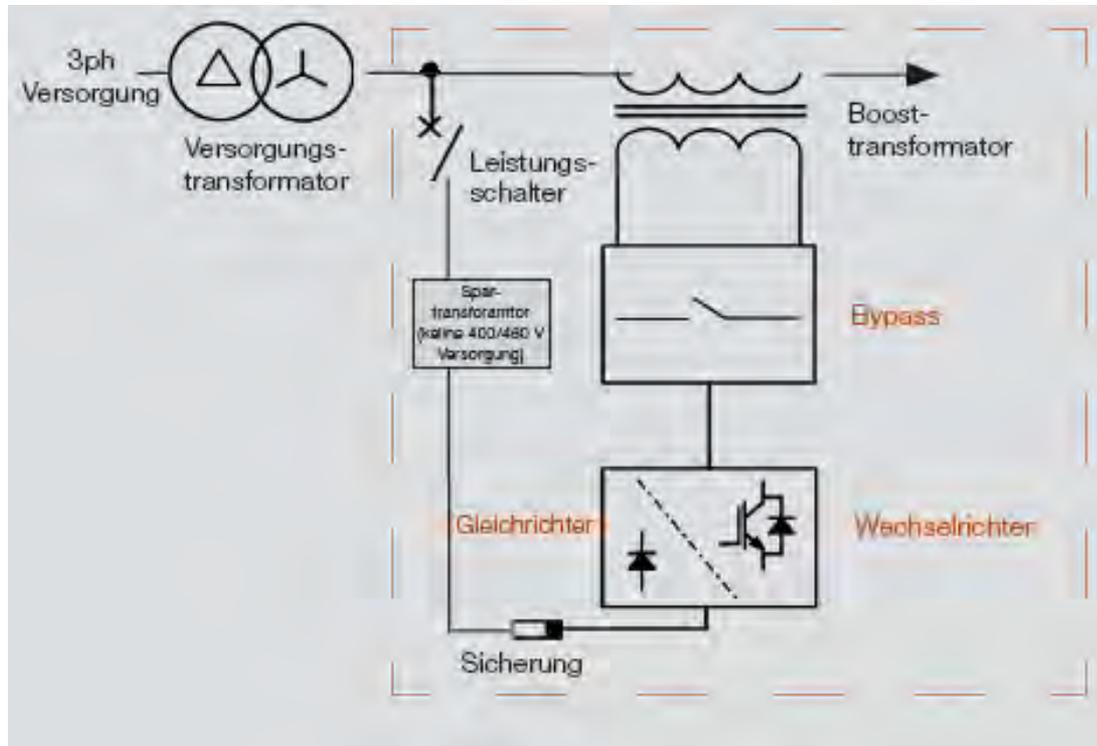
Spannungsregelung - Patent DE 10 2004 046 926 B3^[4]



- Anpassung der Spannung über Stufen
- Schalter: Vakuum oder Thyristoren
- Regelbereich: $\pm 5\%$, Stufen 2,5%
- Kann nicht nachgerüstet werden

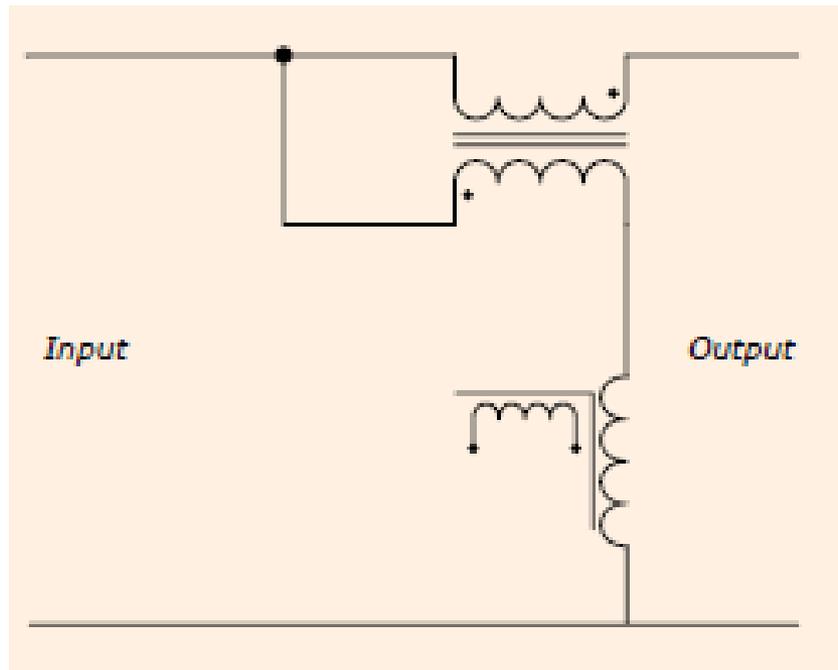
[4] Patent
Maschinenfabrik
Rheinhausen

Spannungsregelung - Wechselrichtersteuerung^[5]



- Stufenlose Regelung
- Regelbereich $\pm 10\%$
- Nachrüstung möglich
- Wechselrichter mit Zwischenkreis
- 3 zusätzliche Transformatoren nötig
- Auch für Mittelspannung
- Leistungsbereich 160kVA... 40MVA

Spannungsregelung - Variable Induktivität^[6]

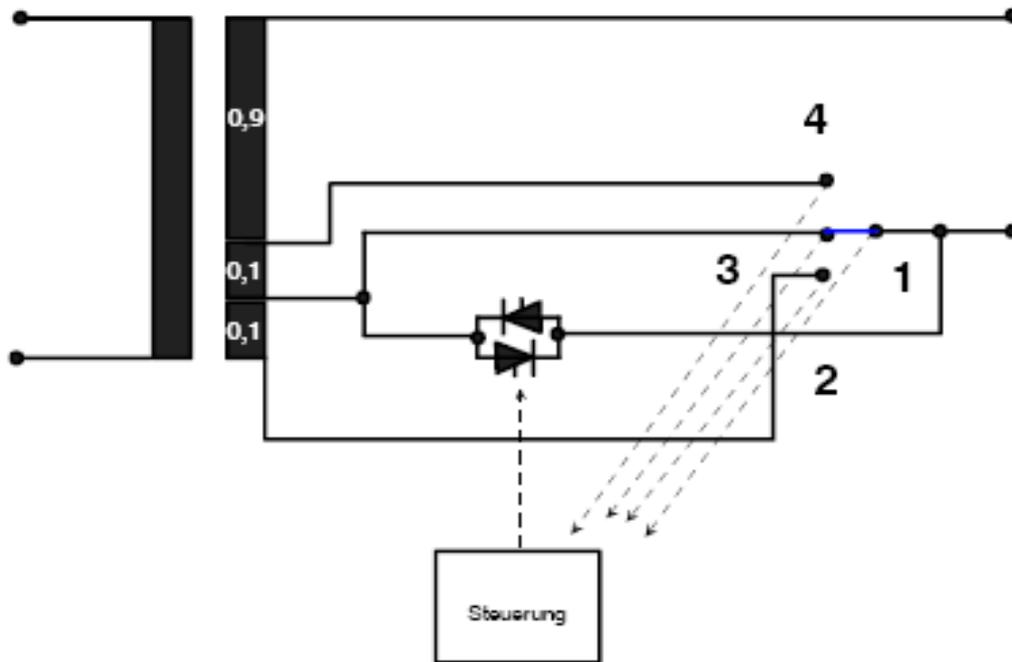


- Zusatztransformator mit variabler Induktivität
- Für kleine Leistungen bis 53kVA
- Einsatz in Stickleitungen



[6] Magtech Voltage Booster

Spannungsregelung - Anzapfung Ortsnetztransformator [7]

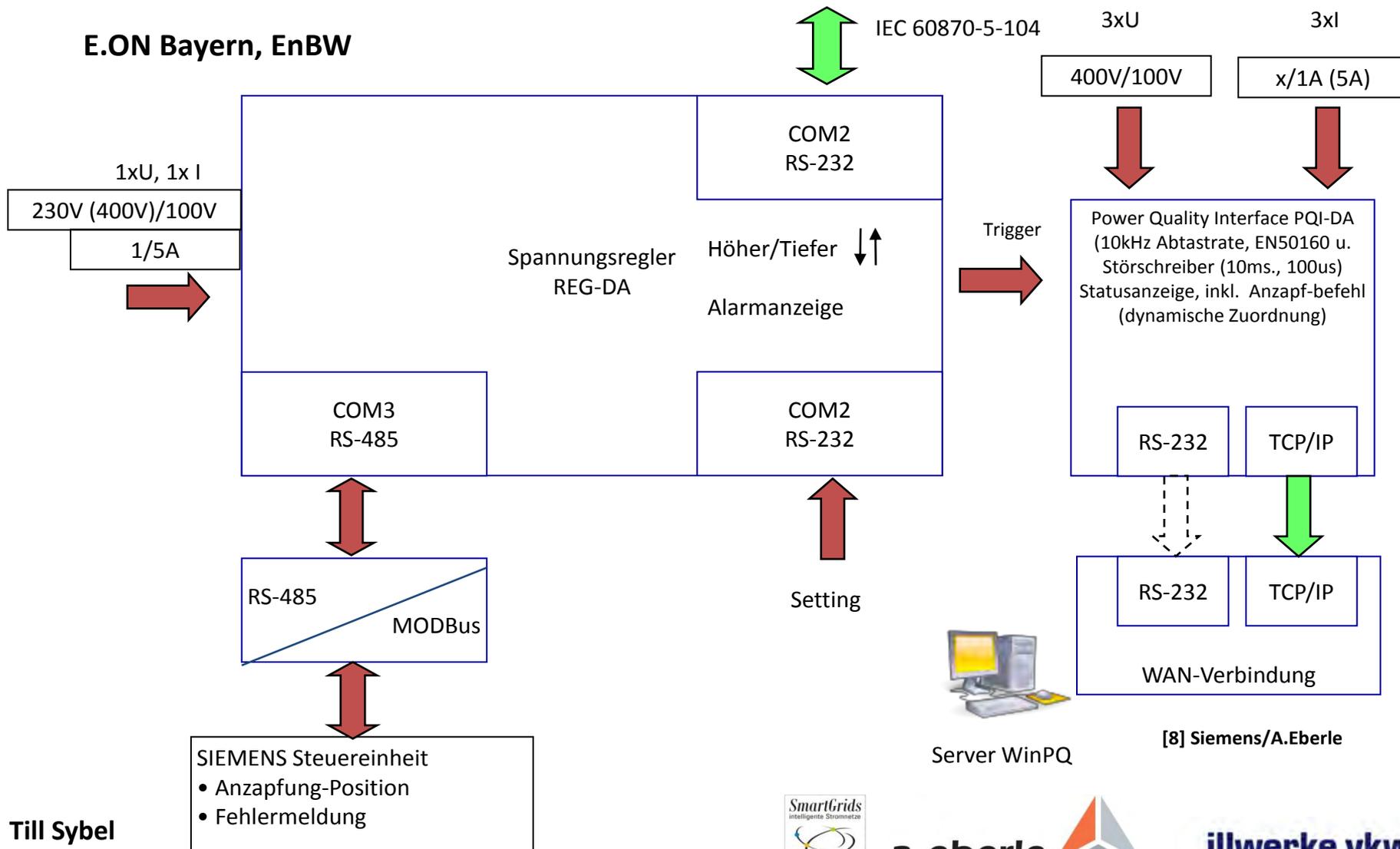


- Anpassung der Spannung über Stufen
- Mechanische Schalter für große Lasten
- Verteiltransformator mit Anzapfungen
- Nicht nachrüstbar
- Leistungen 160...630kVA

[7] Siemens
Ortsnetztransformatoren
„smart grid“.pdf

Spannungsregelung – A. Eberle

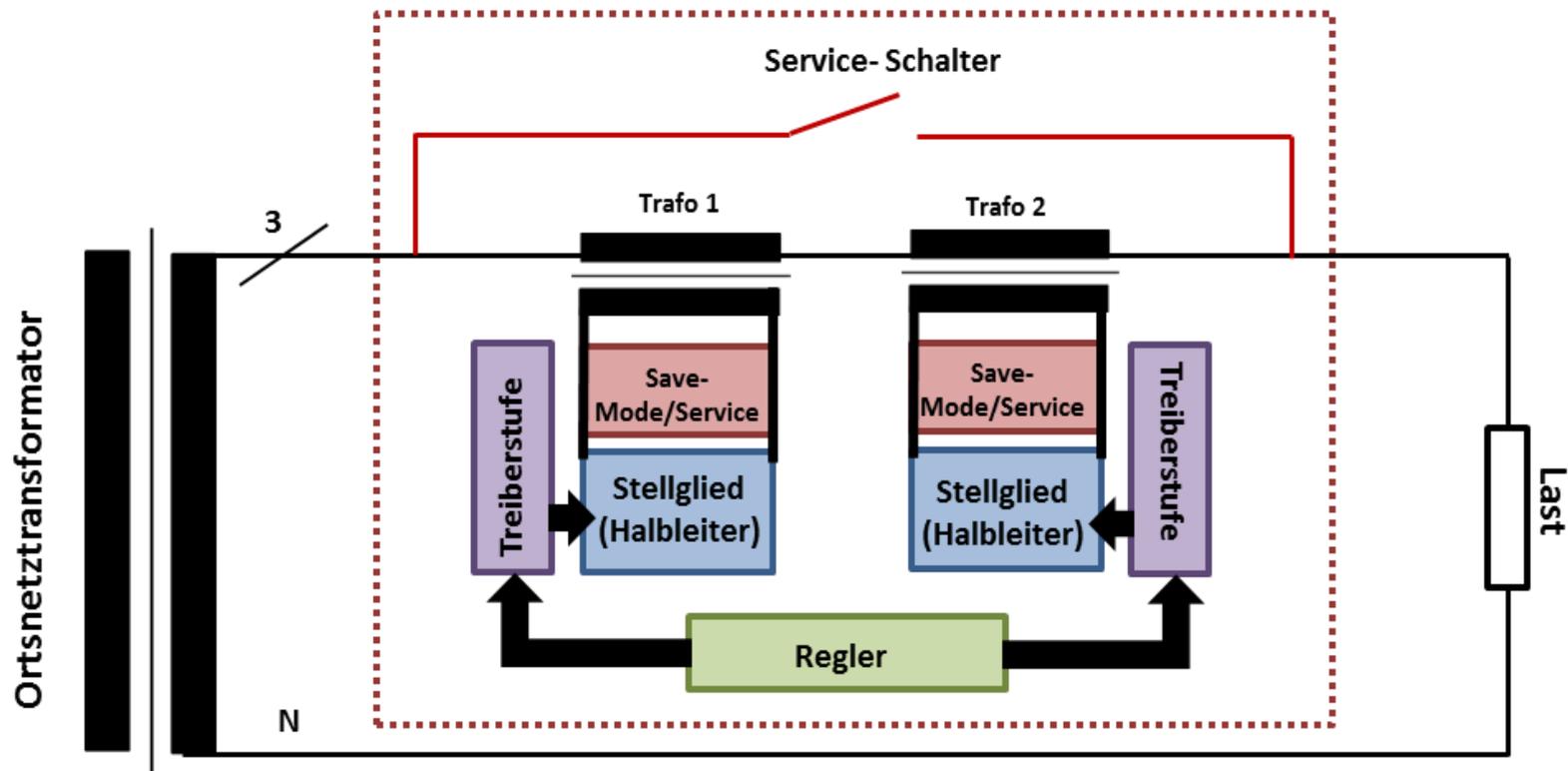
E.ON Bayern, EnBW



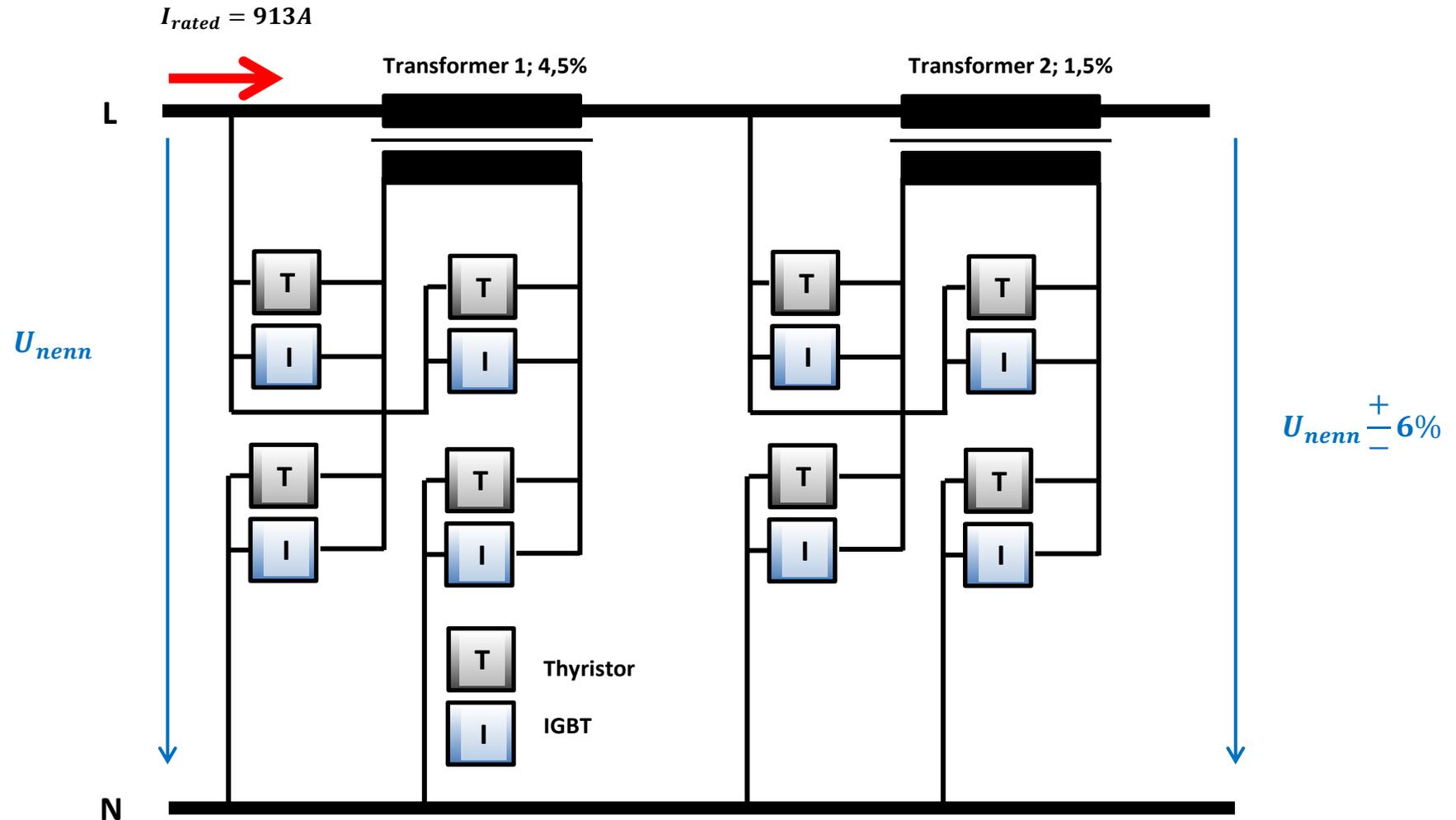
[8] Siemens/A.Eberle

Spannungsregelung – A. Eberle

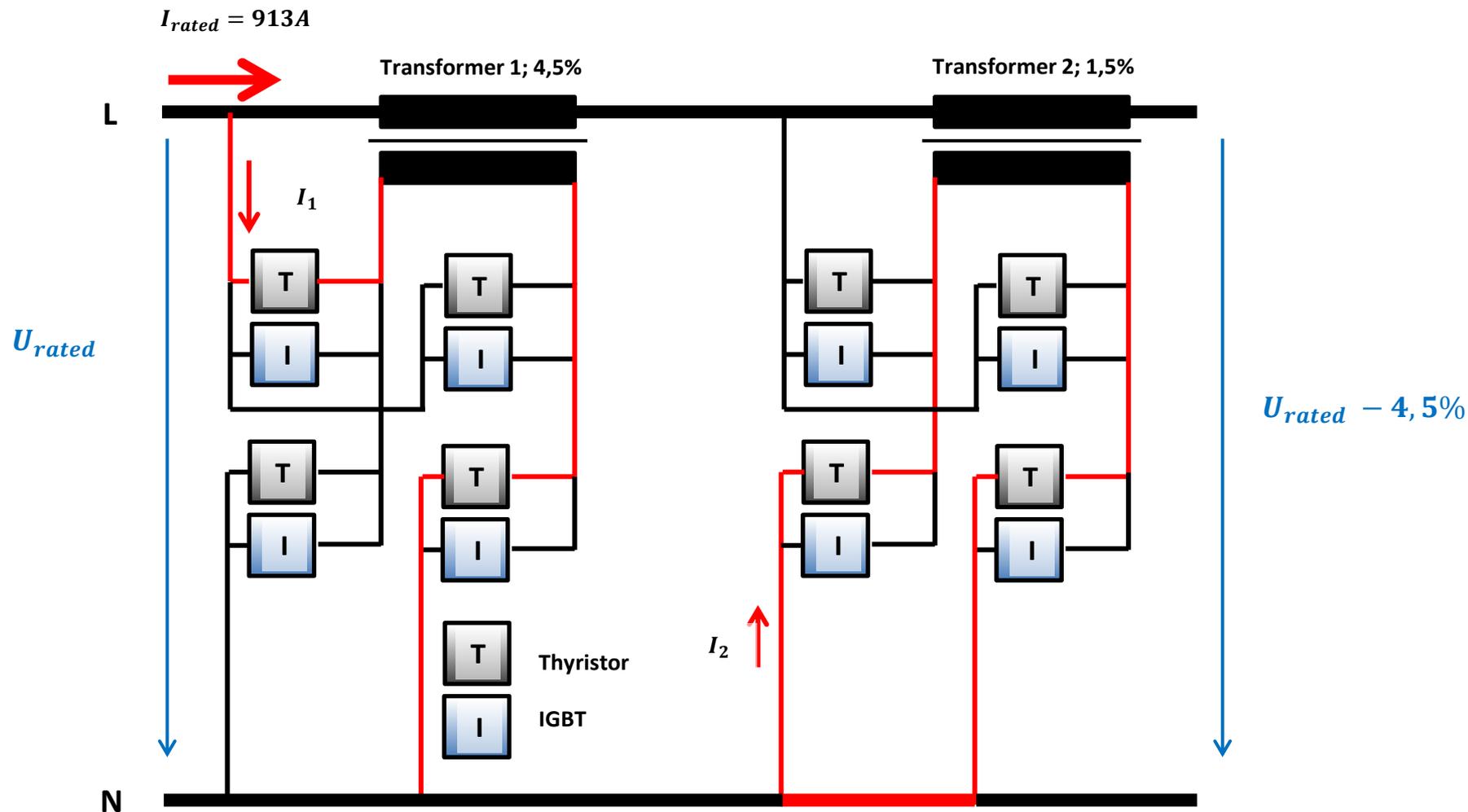
LVRsys (Low-Voltage-Regulation-System)



Technische Funktion



Beispiel: -4,5%



Spannungsregler REG-LVR™

Algorithmen

Die bewährten Algorithmen wurden vom Spannungsregler REG-D übernommen, angepasst und ergänzt

- Stromabhängige Sollwertbeeinflussung
- Sollwertermittlung / -bewertung aus externen Messwerten
- Minimierung der Kreisblindströme



Sollwertermittlung aus externen Messwerten

- **Min-Max-Methode**

Die Regelung erfolgt wahlweise auf den minimalen oder maximalen Messwert

- **Remote-Methode**

Die Regelung erfolgt auf einen externen Messwert mit Fix-Sollwert

- **Mittelwert-Methode**

Arithmetischer Mittelwert aus allen externen Messwerten

- **Gewichtungsmethode**

Die einzelnen Messwerte können mit einem Gewichtungsfaktor belegt werden

Spannungsregler REG-LVR™

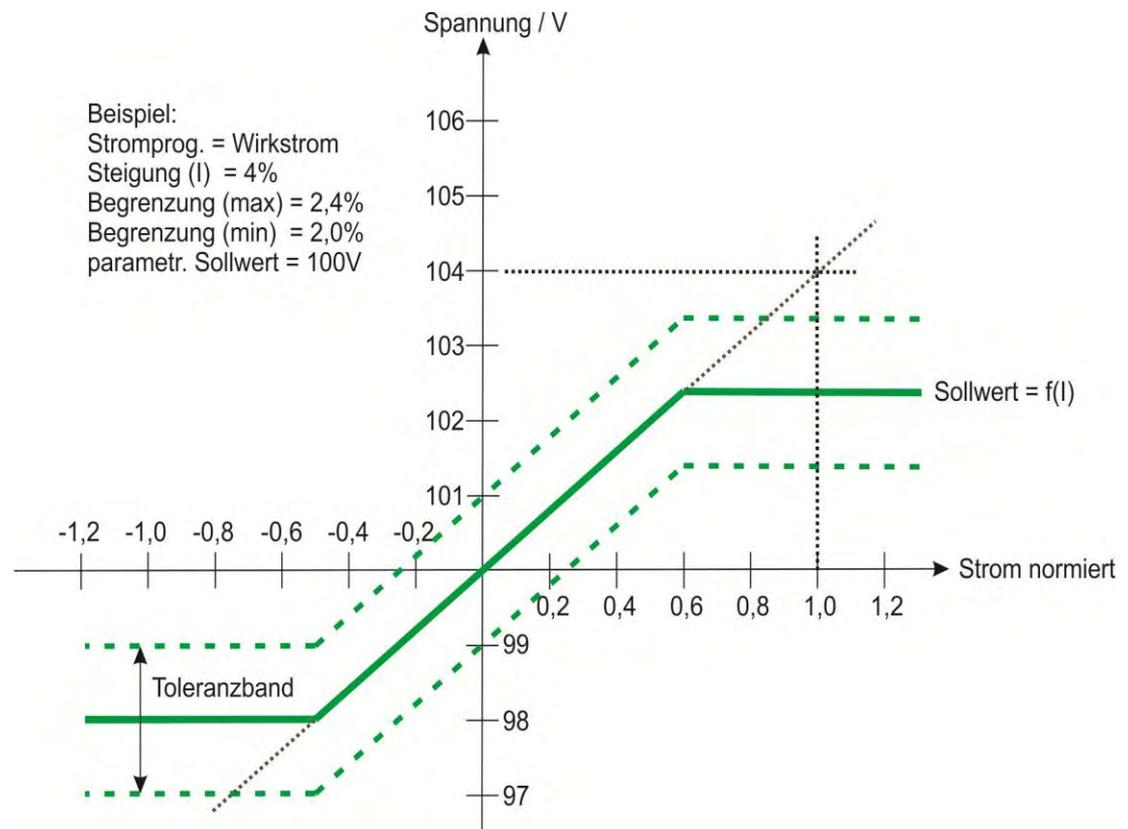
Weitere Möglichkeiten

- Mix aus festem / variablem Sollwert
- Stromabhängige SW-Anpassung (bzw. LDC)
- Erfassung der „Einspeiserströme“ via MU, d.h. pro Abgang am rONT
- Kundenspezifische Lösungen

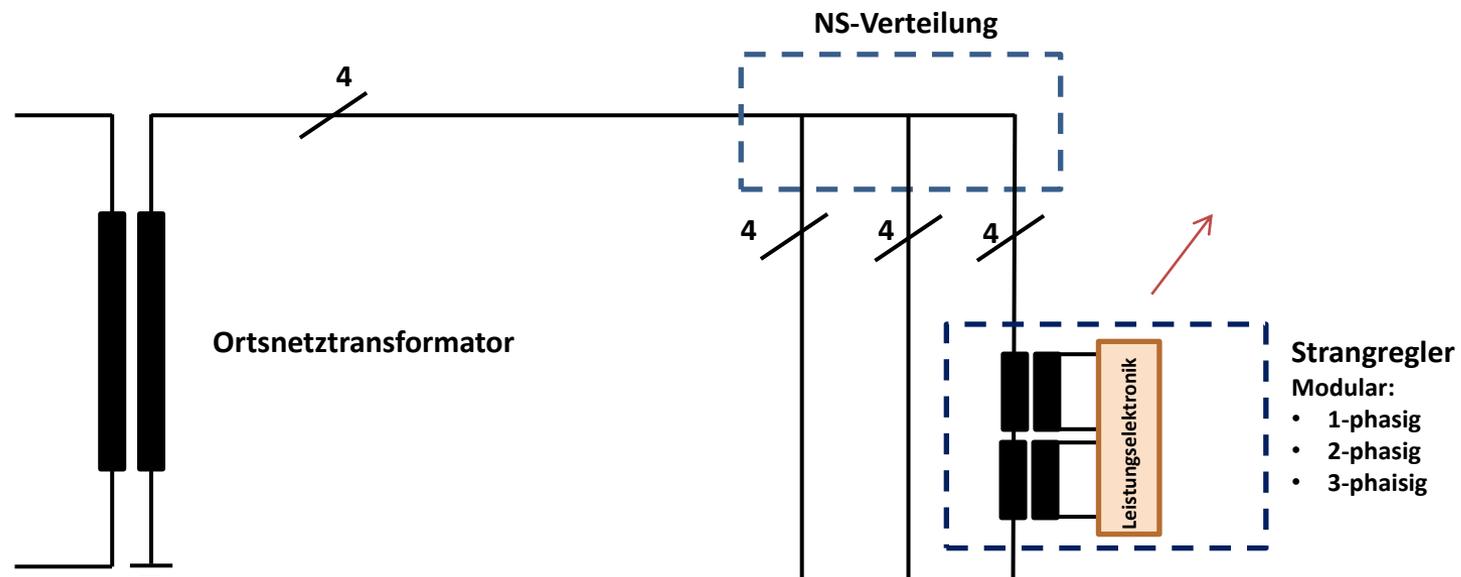
Variabler Sollwert oder Stromeinfluß

Stromeinflußprogramme

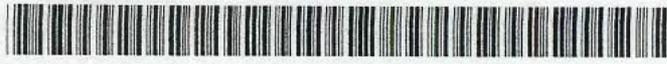
- Scheinstrom
- Wirkstrom
- Blindstrom
- LDC (Line Drop Compensation)



„Strangregler“ – A. Eberle



Das Stellglied - Grundlage

<p>(19) </p>	<p>Deutsches Patent- und Markenamt</p>	
<p>(10) DE 10 2009 014 243 A1 2010.09.23</p>		
<p>(12) Offenlegungsschrift</p>		
<p>(21) Aktenzeichen: 10 2009 014 243.6 (22) Anmeldetag: 20.03.2009 (43) Offenlegungstag: 23.09.2010</p>		<p>(51) Int Cl.⁸: H02P 13/06 (2006.01) H01F 27/42 (2006.01) G05F 1/30 (2006.01)</p>
<p>(71) Anmelder: A. Eberle GmbH & Co. KG, 90441 Nürnberg, DE</p>	<p>(72) Erfinder: Haussel, Werner, 90537 Feucht, DE; Lehmann, Klaus, 91315 Höchstadt, DE</p>	
<p>(74) Vertreter: RA Albrecht Schuhmann c/o Merten & Pfeffer, Rechtsanw., 90461 Nürnberg</p>	<p>(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften: AT 5 01 582 A1 US 36 21 375 A</p>	
<p>Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt. (54) Bezeichnung: Ortsnetztrafo, bzw. Schaltung für einen elektrischen Verteiltransformator</p>		

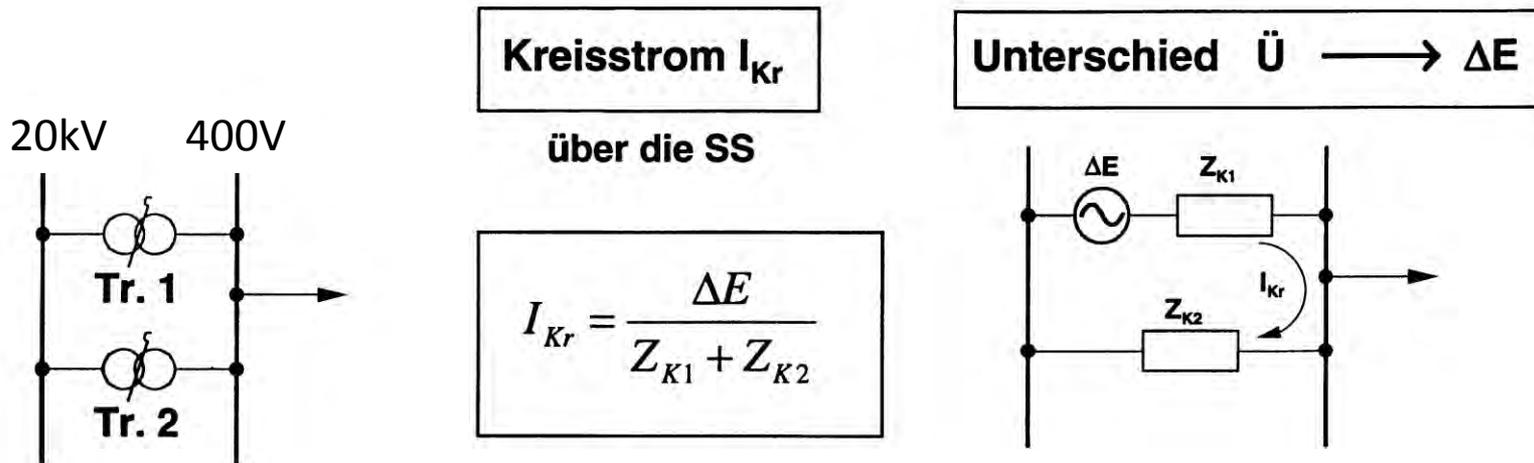
Eingrenzung der Regeldynamik

IEC- Flickermeter [8]

Änderungen pro Minute r/min^{-1}	Spannungsschwankung $\Delta U/U$ in %
1	2,72
2	2,21
7	1,46
39	0,905
110	0,725
1620	0,402

Relative regelmäßige rechteckförmige Eingangsspannungsschwankung $\Delta U/U$, die zur Flickerstärke $P_{st} = 1$ führt.

Sonderfall: Parallelbetrieb von rONT`s



Beispiel:

$$\Delta E = 8 \%$$

$$u_{K1} = 4 \%$$

$$u_{K2} = 4 \%$$

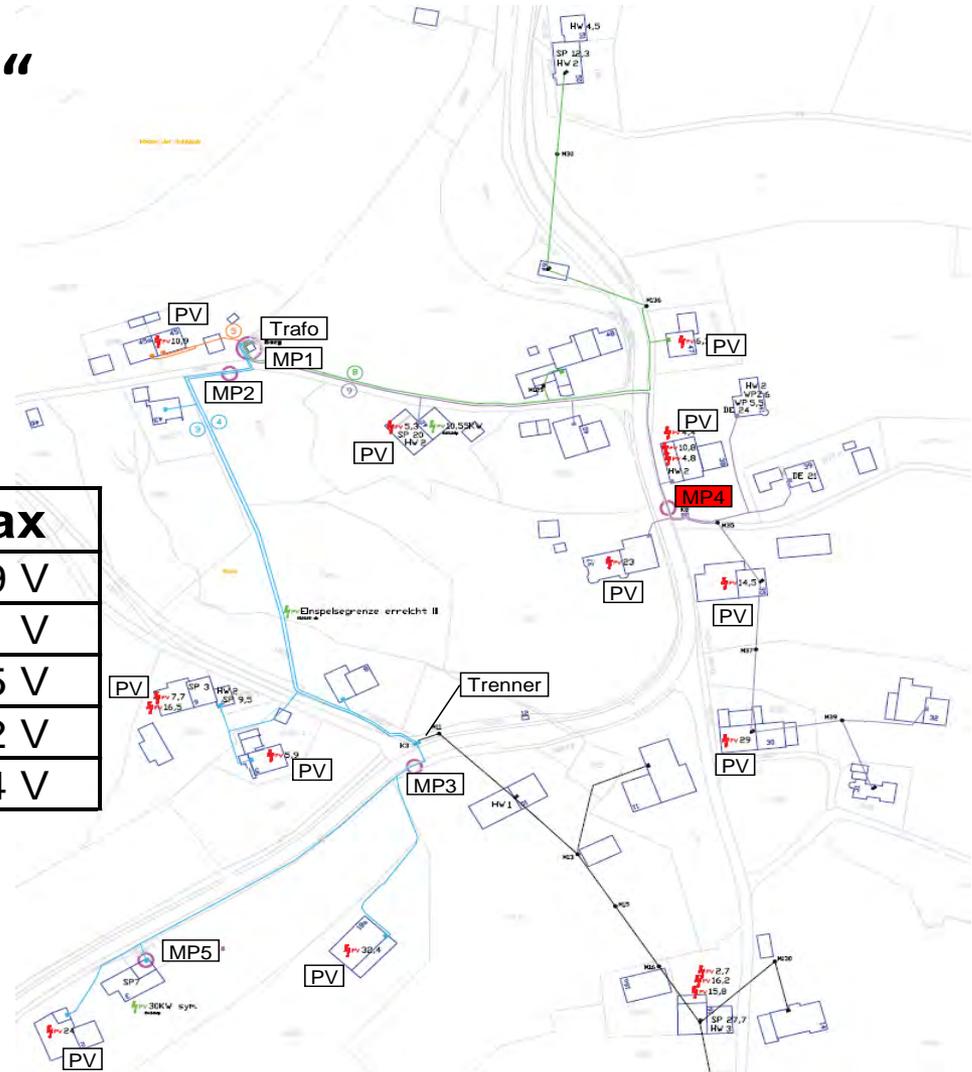
$$\Rightarrow I_{Kr} = I_N$$

Pilotprojekt „Rotzingen“

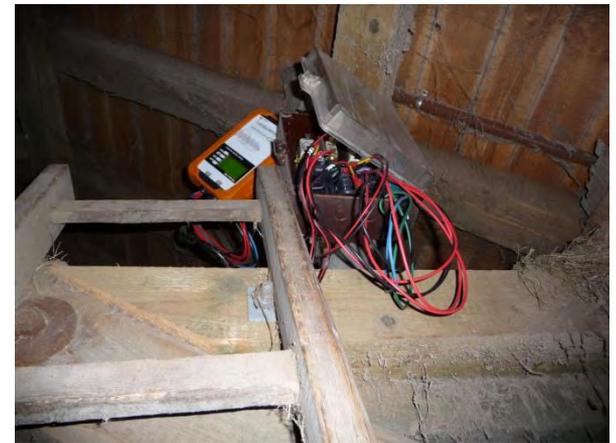
- Strahlennetz
- Nennleistung 400kVA



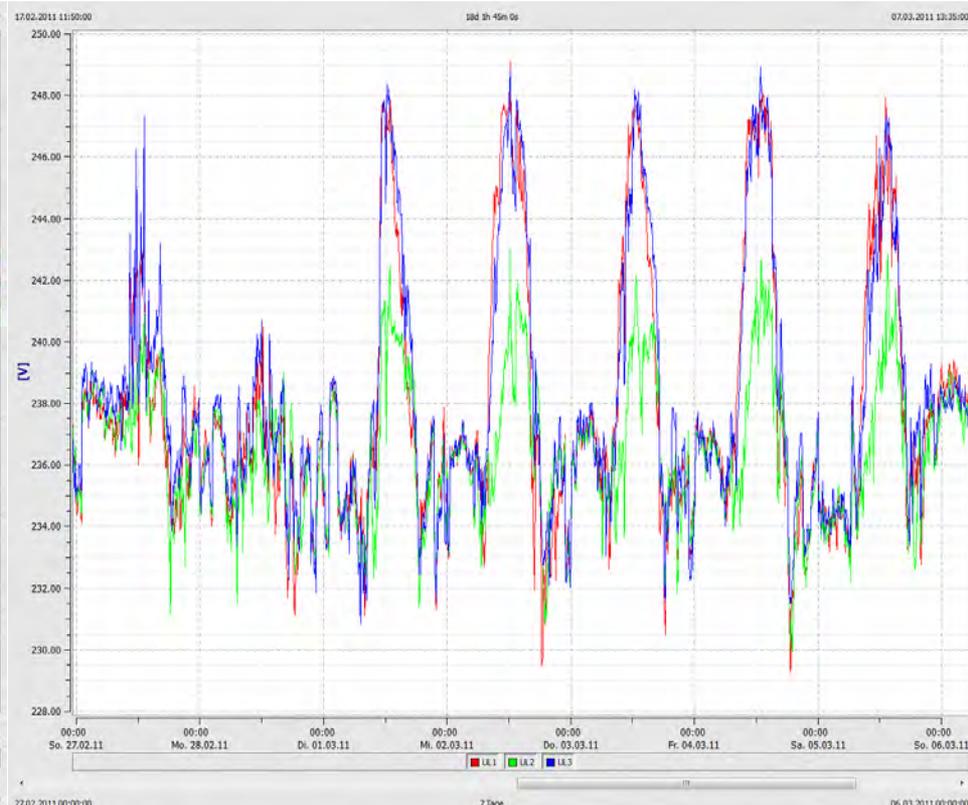
Pilotprojekt „Rotzingen“



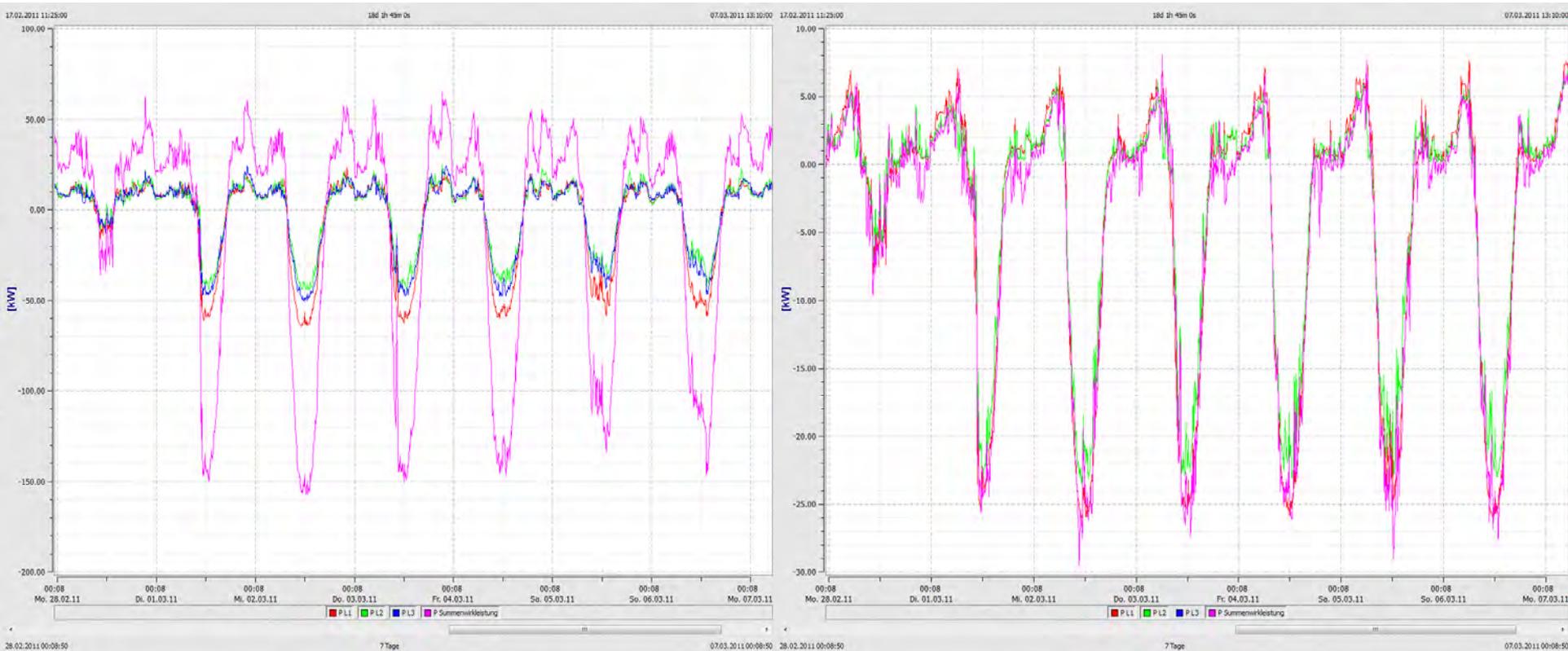
Messpraxis EDN



Messpunkt 1 (Ortsnetztransformator) / Messpunkt 4



Messpunkt 1 (Ortsnetztransformator) / Messpunkt 4



Pilotprojekt „Rotzingen“

Maßnahmen:

- Einbau der Regeleinrichtung mit Regelbereich $\pm 6\%$ u. Optimierung der Einstellung der primären Transformatorstufe
- Im zweiten Schritt: Optimierung und Installation der Messpunkte mit z.B. Power Line Kommunikation
- Im dritten Schritt: Ausstattung des zweiten Trafos und Implementierung der Parallelregelung für die Variante mit geschlossenem Trenner





Vielen Dank für ihre
Aufmerksamkeit

Till Sybel

A. Eberle GmbH & Co. KG

Nürnberg / Deutschland

