



BUW Seminar „Smart Grid Systeme“, 05. Februar 2019

BUW Seminar „Smart Grid Systeme 2019“ Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

05. Februar 2019



BUW Seminar „Smart Grid Systeme 2019“

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

Wuppertal, 2019

NEUE ENERGIE AUS WUPPERTAL

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Elektrische Energieversorgungstechnik der Bergischen
Universität Wuppertal

BUW Seminar „Smart Grid Systeme 2019“
Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen
Neue Energie aus Wuppertal, Band 23

© Alle Rechte vorbehalten
Titelbild: Jan Meese

Haftungsausschluss

Der Herausgeber, die Autoren sowie die Körperschaften bzw. Unternehmen haften nicht für Schäden, die durch die Nutzung, Nichtnutzung oder Anwendung der Inhalte wie etwa den Grundsätzen und Empfehlungen entstehen. Trotz sorgfältiger Erarbeitung kann nicht sichergestellt werden, dass Inhalte vollständig, fehlerfrei, aktuell oder verständlich sind.

Hinweis zum Urheberrecht und geistigem Eigentum

Das Urheberrecht für die von den Autoren erstellten Inhalte dieses Dokuments bleibt alleine den Autoren vorbehalten. Alle Texte, Tabellen, Listen, Bilder und Graphiken unterliegen dem Urheberrecht und Gesetzen zum Schutz geistigen Eigentums.



Energiewende – Made in Wuppertal

Prof. Dr.-Ing. Markus Zdrallek

Sehr geehrte Damen und Herren,

der Umbau des Energieversorgungssystems in Deutschland schreitet weiter voran. Dabei stehen die Verteilnetze durch die Integration einer stetig wachsenden Zahl dezentraler Einspeiser sowie neuer, „flexibel“ gewordener Verbraucher im Mittelpunkt des Wandels. Den Smart Grids kommt dabei eine Schlüsselrolle zu: Vielfältige Untersuchungen zeigen, dass sich damit der Ausbaubedarf auf Verteilnetzebene erheblich reduzieren lässt.

Hier setzt unser Seminar an: Es präsentiert den aktuellen Entwicklungsstand der Technik ebenso wie die benötigten Bausteine zur Realisierung eines intelligenten Netzes anhand zahlreicher, konkreter Realisierungen in der Praxis. Lernen Sie zudem, wie man intelligente Netzkomponenten im Rahmen einer kostenoptimalen Ausbauplanung einsetzt und wie Flexibilitäten für das Verteilnetz nutzbar gemacht werden können.

Ich freue mich sehr, Sie in Wuppertal zu interessanten Diskussionen unter Fachleuten begrüßen zu dürfen.

Ihr

Prof. Dr.-Ing. Markus Zdrallek

Seminarleiter

Inhalt

Begrüßung und Einführung	1
Prof. Dr.-Ing. Markus Zdrallek Bergische Universität Wuppertal	
Verteilnetze im Wandel	7
Prof. Dr.-Ing. Markus Zdrallek Bergische Universität Wuppertal	
Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien	19
Daniel Wolter, M. Sc. Bergische Universität Wuppertal	
Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen	61
Philippe Steinbusch, M. Sc. Bergische Universität Wuppertal	
Technikbausteine und ihre Aufgaben	121
Wolfgang Friedrich PHOENIX CONTACT Electronics GmbH	
Lademanagement für Elektrofahrzeuge	151
Evgeny Schnittmann, M. Sc. Bergische Universität Wuppertal	

Einsatz von Verteilnetzautomatisierungssystemen	177
Dr.-Ing. Ulrik Dietzler Energieversorgung Leverkusen GmbH & Co KG	
Intelligente Verteilnetze in der Praxis	213
Alexander Schalk. VSE AG	
Flexibilität als zukünftige Lösungsoption	231
Jan Meese, M. Sc. Bergische Universität Wuppertal	
Impressum	249

Begrüßung und Einführung

Prof. Dr.-Ing. Markus Zdrallek
Bergische Universität Wuppertal

Einführung – Was sind eigentlich Smart Grids?

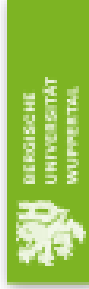
Seminar Smart Grids –

Planung und Betrieb intelligenter Verteilnetze

Bergische Universität Wuppertal

Einführung – Was sind eigentlich Smart Grids?
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Zöfeltek

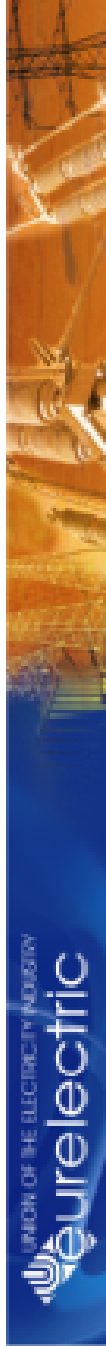
S1





Smart Grids – Schlagworte von der Cired 2017

Einbindung von Photovoltaikanlagen – **Betrieb und Schutz von „aktiven“ Netzen** – Smart Meter – „**Smart Haus**“ – Elektromobilität – **Elektrofahrzeuge** – Hybridfahrzeuge – **Batteriespeicher** – Virtuelles Kraftwerk – **Virtueller Marktplatz** – **Automatisierung von MS-Netzen** – „selbstheilende Netze“ – Automatisierung der NS-Netze – **Intelligente Ortsnetzstation** – **Einbindung Brennstoffzellen** – Einbindung von Windkraftanlagen, BHKW, Biomasse etc. – **Monitoring von Transformatoren, Kabel, Schaltgeräten** – Distribution Management Systems – **intelligente Lastflusssteuerung** – Intelligente on-line Schutzparametrierung – **Phase Measurement Units** – Supraleitung – **Regulierung und Smart grids** – und und und...



PRELIMINARY DEFINITION

A Smart Grid is an electricity network that can intelligently integrate the behaviour and actions of all users connected to it - generators, consumers and those that do both - in order to efficiently ensure sustainable, economic and secure electricity supply.

Mihai PAUN – EURELECTRIC – Round Table 5A

BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.) - Definition

Definition „Smart Grid“

- Der BDEW definiert ein Smart Grid als ein Energienetzwerk, welches das Verbrauchs- und Einspeise-Verhalten aller Marktteilnehmer, die mit ihm verbunden sind, integriert. Es stellt ein ökonomisch effizientes, nachhaltiges Versorgungssystem mit dem Ziel niedriger Verluste und hoher Verfügbarkeit dar. Zentral ist das Zusammenwirken von Markt und Netz.
- Kurzfristig sind Smart Grids insbesondere auf den Strommarkt ausgerichtet, mittel- und langfristig erfolgt zunehmend eine Kopplung der Strom-, Gas-, Wärme- und Verkehrsnetze zu Hybridnetzen.

Quelle: BDEW-Roadmap - Realistische Schritte zur Realisierung von Smart Grids in Deutschland, Dezember 2012

Einführung – Was sind eigentlich Smart Grids?
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Zöfeltek

54



DEUTSCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

„Smart Grid“ vs. „Smart Market“

Definition „Smart Grid“

- Das konventionelle Energienetz wird zu einem **Smart Grid**, wenn es durch Kommunikations-, Mess-, Steuer-, Regel- und Automatisierungstechnik sowie IT-Komponenten aufgerüstet wird. ... Ein **Smart Grid** führt zu einer besseren Ausnutzung der Netzinfrastruktur, was deren Ausbaubedarf dämpft oder die Netzstabilität bei gleicher Auslastung verbessert.

Definition „Smart Market“

- **Smart Market** ist der Bereich außerhalb des Netzes in welchem Energiemengen oder daraus abgeleitete Dienstleistungen... unter verschiedenen Marktpartnern (z.B. Produzenten, Verbraucher, „Prosumer“, Energieeffizienzdienstleister, Aggregatoren) gehandelt werden. ... Nicht netzdienliche Komponenten (**Smart Market** Komponenten) werden nicht durch das Netz finanziert.

Quelle: Eckpunktpapier der BundesNetzagentur zum Thema "Smart Grid (Januar 2012)

Einführung – Was sind eigentlich Smart Grids?
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Zörrlein

55



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Verteilnetze im Wandel

Prof. Dr.-Ing. Markus Zdrallek
Bergische Universität Wuppertal

Verteilnetze im Wandel

Seminar Smart Grids –

Planung und Betrieb intelligenter Verteilnetze

Bergische Universität Wuppertal

Verteilnetze im Wandel
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Zöfeltek

S1



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

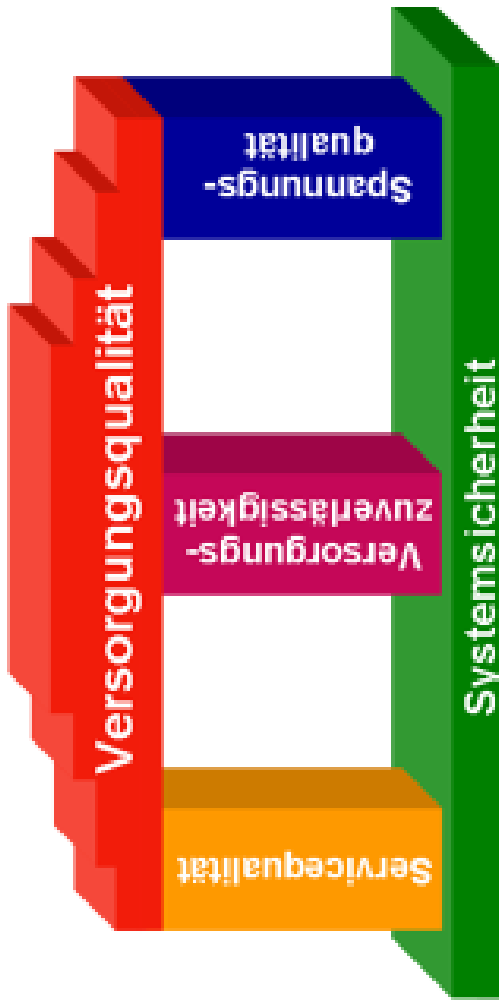
Energiepolitischer Rahmen

- 20/20/20-Agenda der Europäischen Union (bis 2020)
 - Reduzierung der CO₂-Emissionen um 20%
 - Steigerung der Energieeffizienz um 20%
 - Deckung des Energiebedarfs zu 20% aus regenerativen Energien
- Energiekonzept 2050 der Bundesregierung
 - 80% Stromerzeugung aus regenerativen Quellen
- Beschlüsse Pariser UN-Klimakonferenz 2015
 - Weitaus ambitionierter als das Energiekonzept 2050!

Aufgabe der regionalen Verteilnetze:

Anschluss erheblicher Mengen regenerativer Einspeiser unter
Beibehaltung der bestehenden (hohen) Versorgungsqualität bei
möglichst geringen Netzausbaukosten

Versorgungsqualität



- Aufgaben der Verteilungsnetzbetreiber:
 - Servicequalität (z.B. schneller Netzanschluss)
 - Versorgungszuverlässigkeit (möglichst wenige Ausfälle der Versorgung)
 - Spannungsqualität (Spannung: 50 Hz, nicht zu hoch / nicht zu niedrig)

Energieversorgung im Wandel

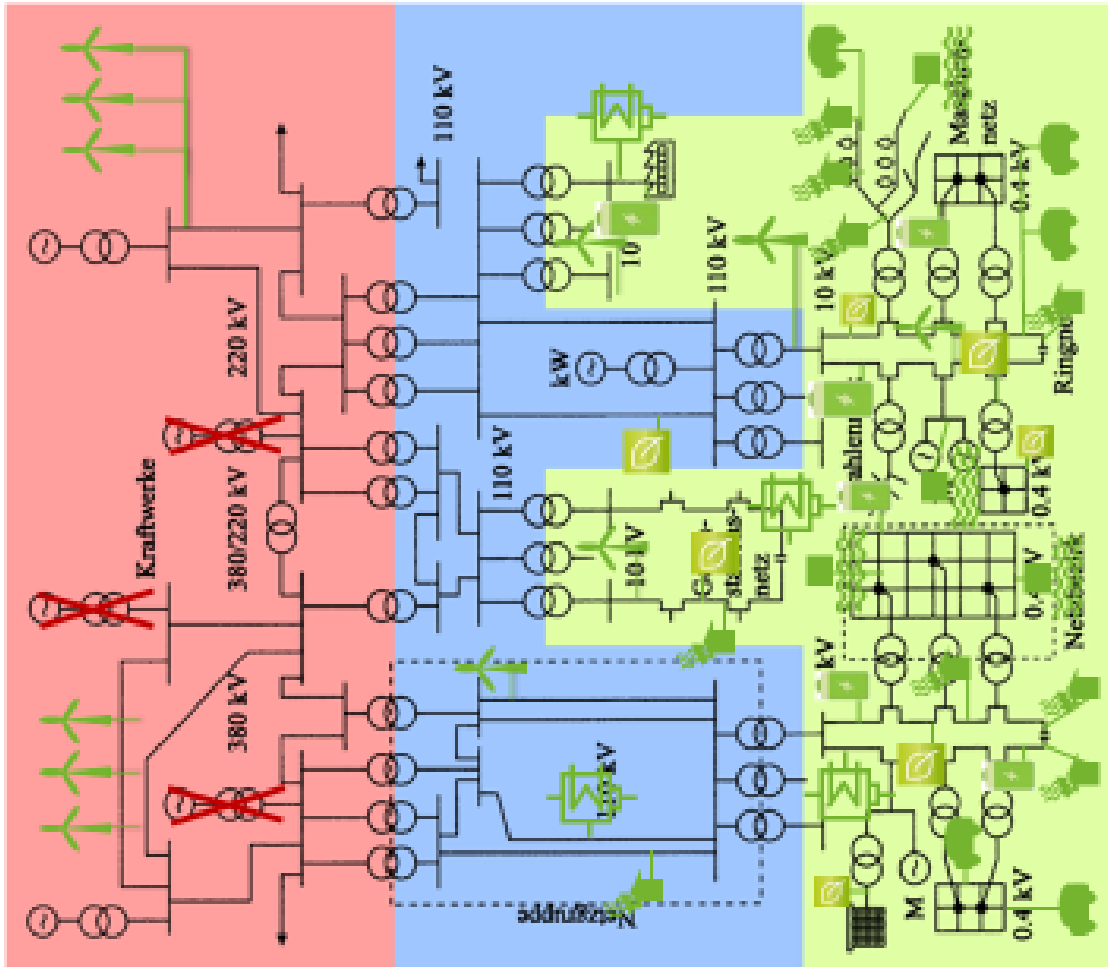
Veränderte Einspeisung

- Windkraft
- Photovoltaik
- Kernenergie-Ausstieg
- Blockheizkraftwerke
- Biomasse

Neue elektr. Verbraucher

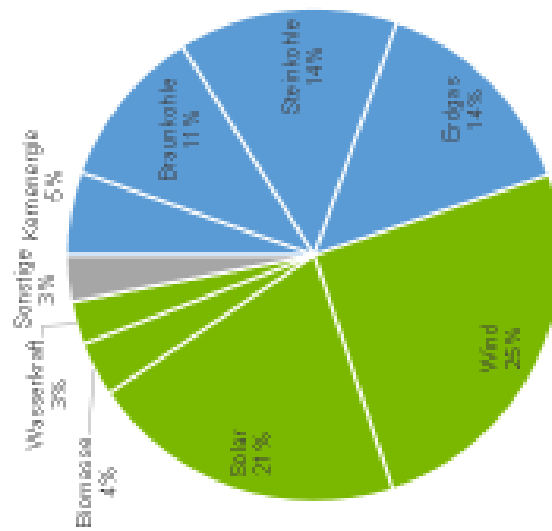
- Elektrofahrzeuge
- Wärmepumpen

Elektr. Speicher



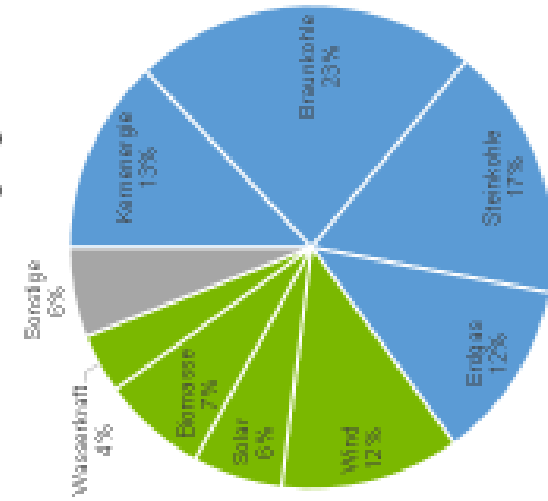
Einspeiseleistung

Installierte Leistung 2016



Quelle: Fraunhofer ISE, energy-charts.de

Bruttostromerzeugung 2016



Quelle: AG Energiebilanzen

Auswirkungen auf die Netze

- Verteilungsnetze sind für derartige Belastungen und dezentralen Einspeisungen nie geplant und konzipiert worden – gerade im MS/NS-Bereich !
- Preisgesteuertes Verbrauchs- und Einspeisungsverhalten (Smart Market) führt zusätzlich zu erheblichen Belastungsspitzen:
 - **Alle** Elektroautos laden bei „Happy-Hour“
 - **Alle** Photovoltaik-Anlagen speisen ein bei Sonnenschein
- ⇒ Erhebliche Kapazitätsengpässe
- ⇒ Erhebliche Probleme der Spannungshaltung

Erhebliche Investitionen in den Ausbau der Verteilungsnetze

Steuerungs- und Überwachungszintelligenz („Smart Grids“)

Konventioneller Netzausbau im Verteilnetz

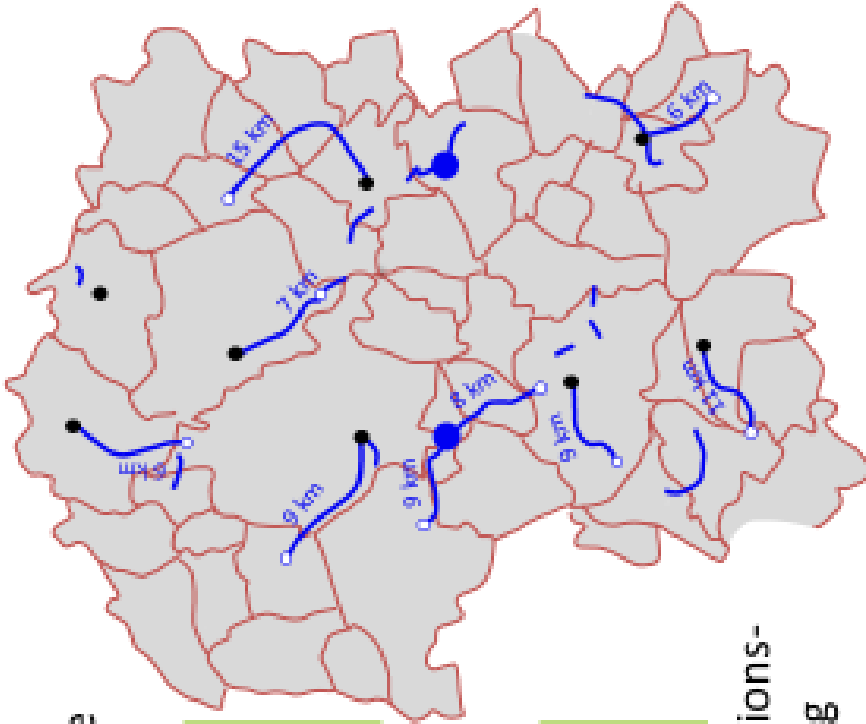
- Anpassung ländlicher MS-Netze an ihre neue Aufgabe:

Verteilnetze werden zu „Einsammelnetzen“ von reg. Energie

- Erheblicher Investitionsbedarf bei „geschlossener“ Lösung:

Mind. 2 Mio. €/10.000 Ew.
+ „Intelligenz“

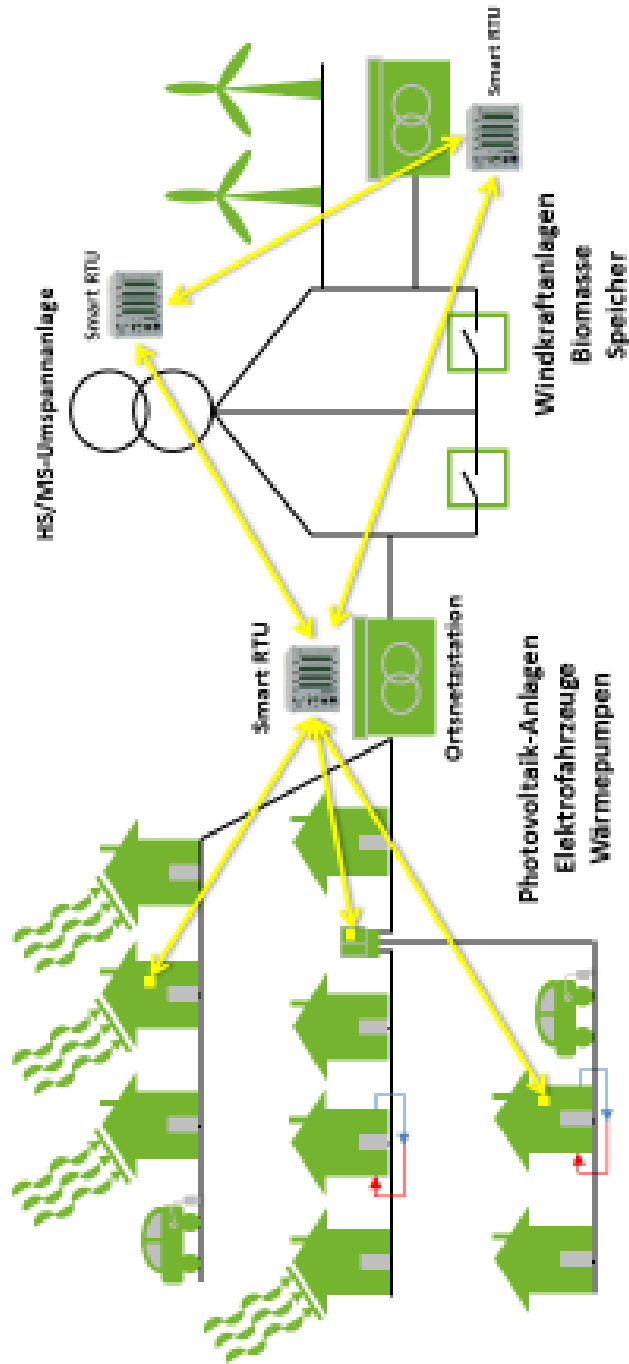
- Noch deutlich größerer Investitionsbedarf bei „kleinteiliger“ Lösung



„Intelligente“ Verteilungsnetze (Smart Grids)

Autarke Überwachung und Steuerung des MS-Netzes

Autarke Überwachung und Steuerung des NS-Netzes

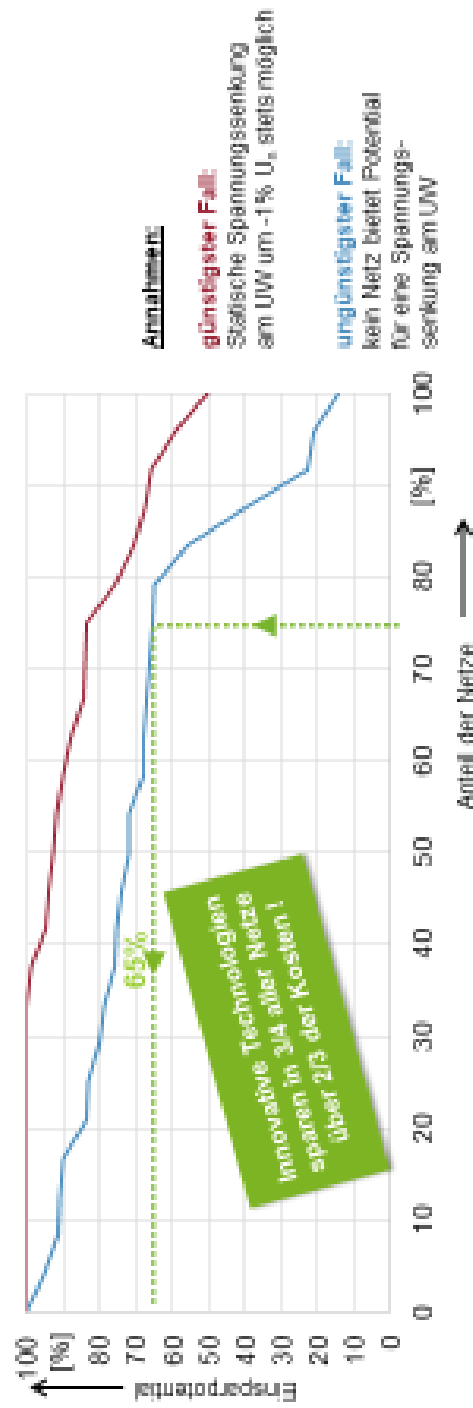


Verteilnetze im Wandel
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Zöfel

58

Einsparpotential durch Smart Grids in ländlichen MS-Netzen

- Datenbasis: Mehr als 1100 Planungen für reale MS-Netze



- ➔ In allen untersuchten Fällen ist eine innovative Variante günstiger als Ausbau ausschließlich mit konventionellen Betriebsmittel und Methoden
- ➔ Hohes mittleres Einsparpotential durch Einsatz innovativer Technologien

Zusammenfassung

- Die Energiewende wird den Energiemarkt und **gerade** die Verteilnetze in den nächsten Jahren nachhaltig beeinflussen.
- Versorgungsnetze werden gleichzeitig zu „Einsammelnetzen“ von regenerativem Strom. Ländliche Netze tragen die „Last“ der Energiewende.
- Gezieltes Einfügen von Steuerungszintelligenz kann den Investitionsbedarf erheblich verringern.
- Kommunikation und konsequente Datennutzung ebnet den Weg zu „intelligenten“ Verteilnetzen.
- „Kupfer“ oder „Intelligenz“ ?



Die „intelligente“ Technik ist vorhanden!

**Planungsstrategien für den Einsatz
innovativer Netztechnologien**

Daniel Wolter, M. Sc.

Bergische Universität Wuppertal

Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien

Vortrag im Rahmen des Seminars „Smart Grids“

Daniel Wolter

Wuppertal, 05.02.2019

Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Wolter

S-1



Agenda

1. Hintergrund und Rahmenbedingungen
2. Technologieoptionen
3. Ergebnisse der Netzplanungen in der MS-Ebene
4. Ergebnisse in der Niederspannungsebene
5. Elektromobilität
6. Innovativer Netztechnologien und Versorgungszuverlässigkeit
7. Zusammenfassung und Ausblick

1. HINTERGRUND UND RAHMENBEDINGUNGEN

Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Wolter

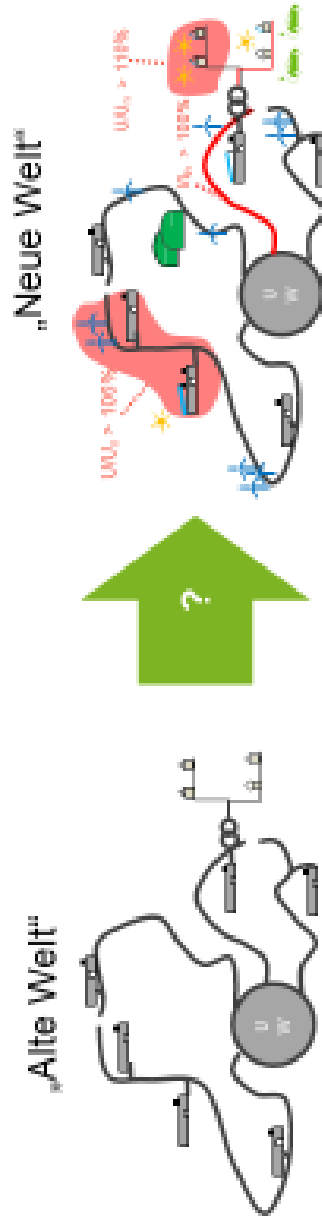
83



UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Hintergrund und Problemstellung

- Transformationsprozess → neue Aufgaben für Verteilungsnetze im ländlichen Raum auf allen drei Spannungsebenen (HS, MS, NS)



Wie können ländliche Verteilungsnetze möglichst kostengünstig und bedarfsgerecht ausgebaut werden?

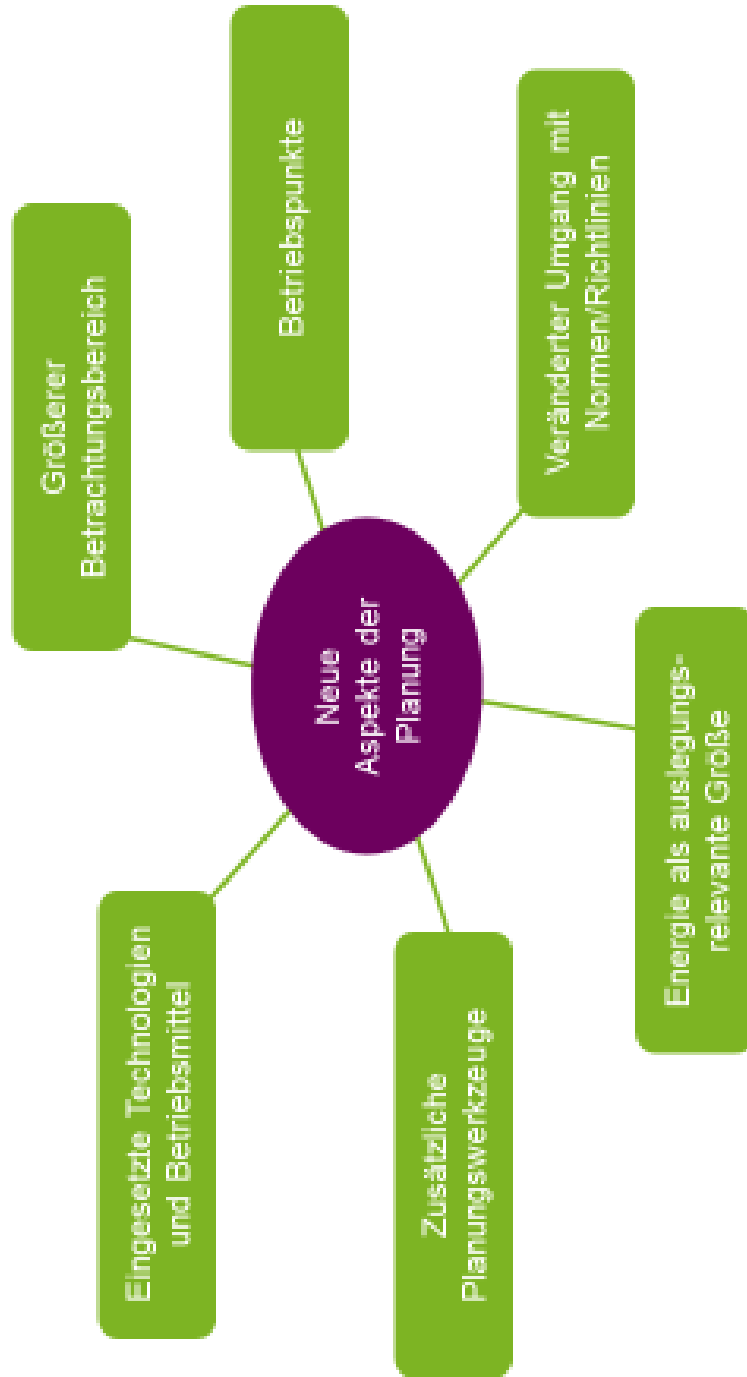
Wie und wann sollten Netzautomatisierungssysteme eingesetzt werden? Wann sind diese wirtschaftlich?

Strategische Netzplanung

- Ausrichtung der Netze an künftigen Anforderungen
- Optimierung der Netzstruktur
- Bestimmung des technischen/ökonomischen Umfangs von Maßnahmen
- Bestimmung der geeigneten/anzuwendenden Netztechnologien



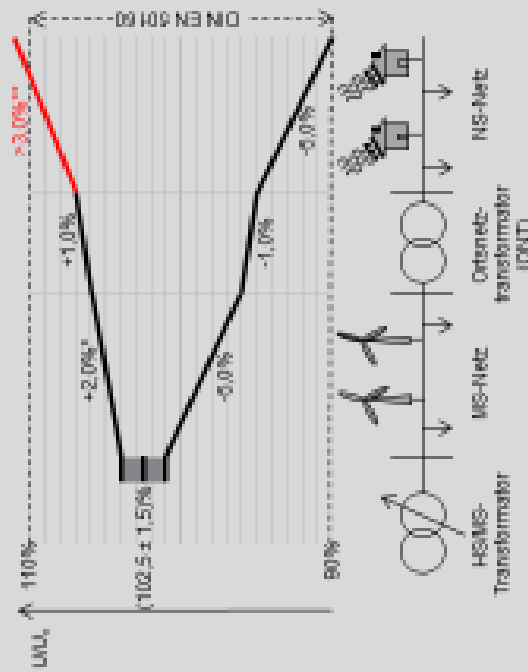
Innovative Netzplanung



Problemidentifikation

Spannungshaltung

- DIN EN 50160: An Verknüpfungspunkten (in MS- und NS-Ebene) muss die Spannung innerhalb des Bandes $U_n \pm 10\%$ liegen
- Heute: MS- und NS-Ebene starr über ONS gekoppelt



*) in Anlehnung an die BDEW MS-Richtlinie
 **) in Anlehnung an die VDE AR-N 4105

Problemidentifikation

Betriebsmittelauslastung

- Auslegung von Kabeln gemäß *DIN VDE 0276-1000*
- Kabelauslastung in der Niederspannung:
 - $I_{b,max} = 100 \% I_{th}$
- Kabelauslastung in der Mittelspannung:
 - (n-0)-Starklastfall: $I_{b,max} = 60 \% I_{th}$
 - (n-1)-Starklastfall auf $I_{b,(n-1),max} = 120 \% I_{th}$
 - Im Rückspeisefall $I_{b,max} = 100 \% I_{th}$
- Standardwert für Belastungsgrad: $m = 0,7$
- Dieser Wert ist je nach zeitlicher Auslastung zu modifizieren, zum Beispiel bei direkter Anbindung einer BMA

2. TECHNOLOGIEOPTIONEN

Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Wolter

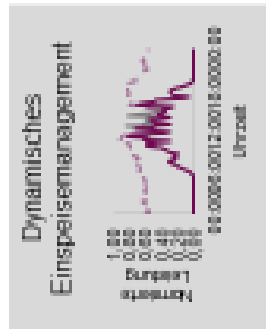
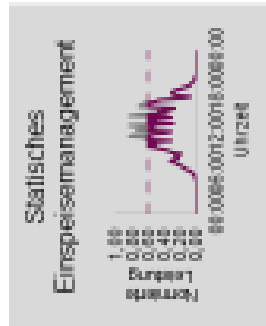
39



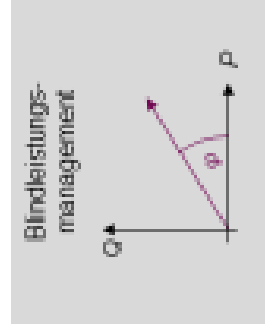
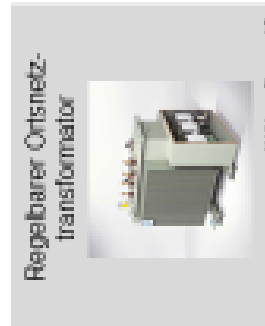
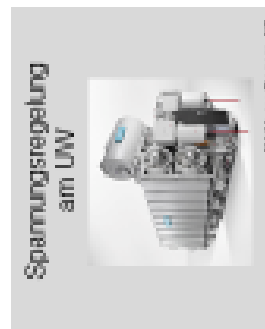
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Technologieoptionen

Auslastung (und Spannung):



Spannung:



Konventioneller Netzausbau

Konventioneller Netzausbau (KONV)



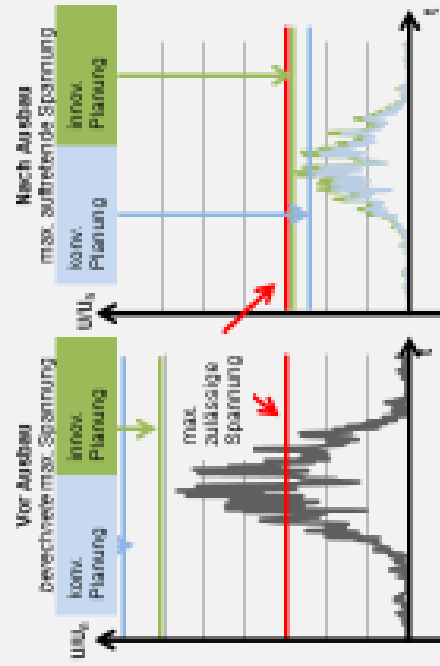
Gängige Betriebsmittel:

- Kabel, Freileitungen
- Transformatoren, Schaltanlagen

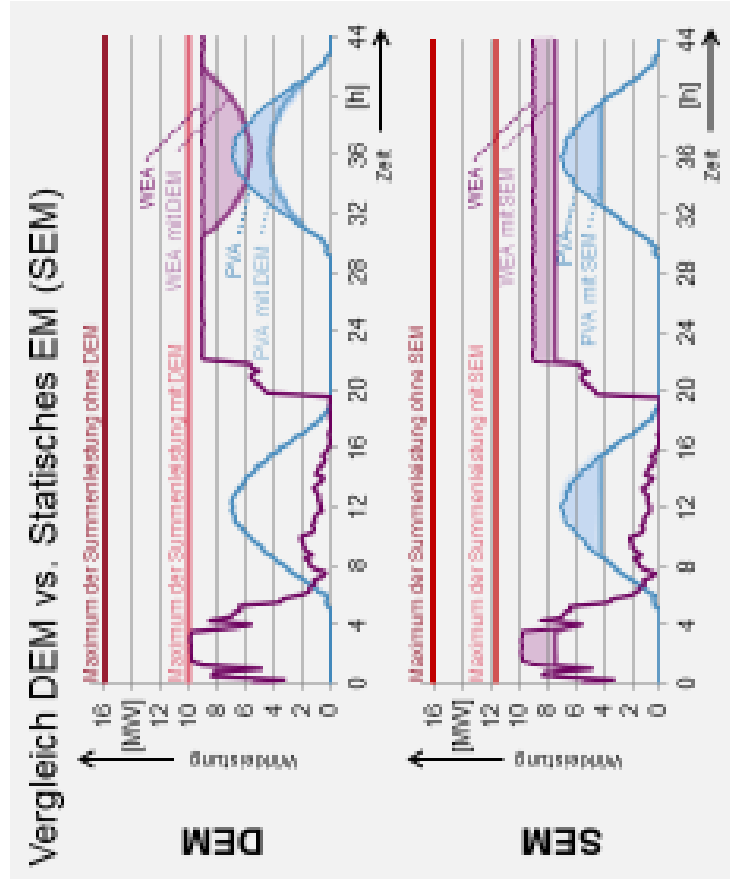
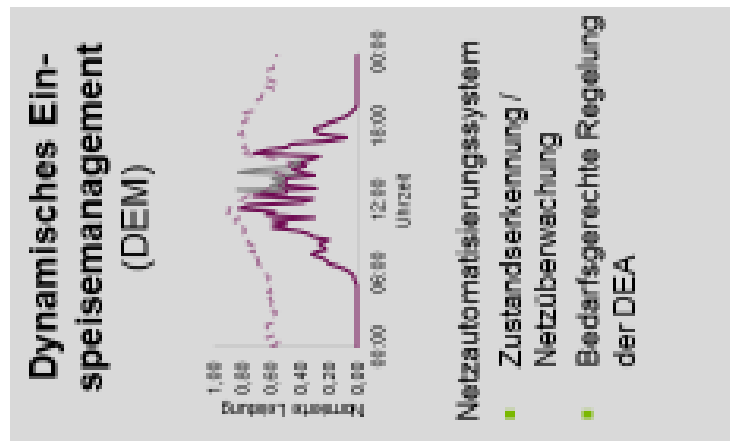
Abbildung: Siemens AG

Modellierung in der Planung

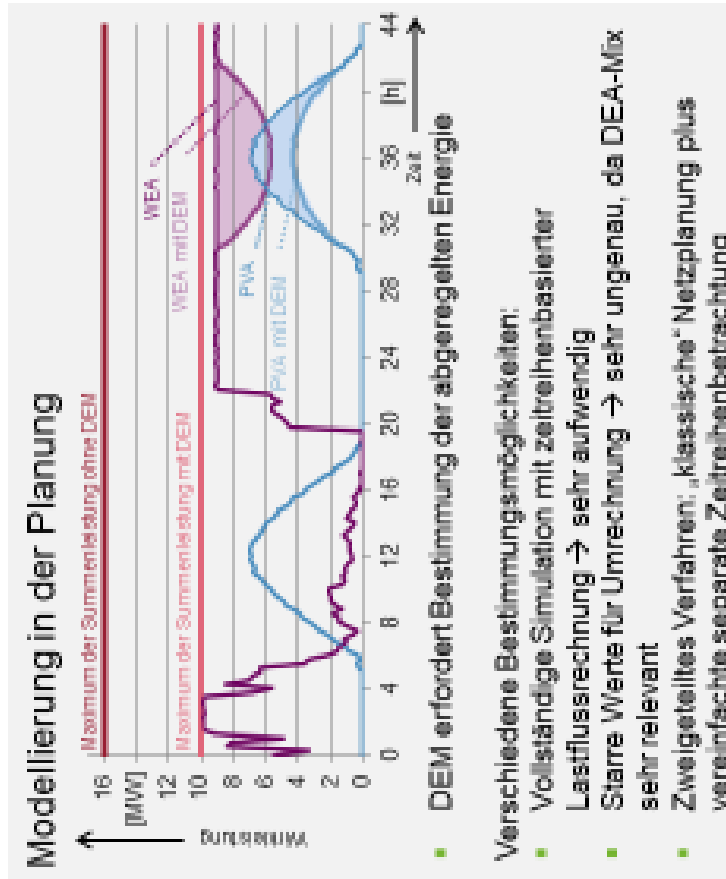
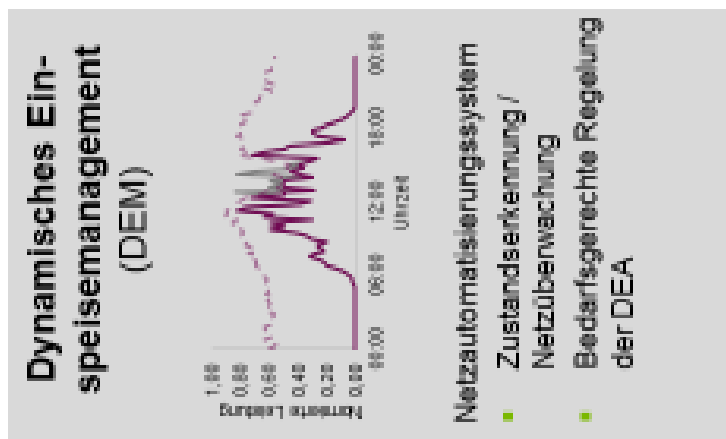
- Weitestgehend unabhängige Netzplanung je Spannungsebene
- Betrieb findet in MS- und NS-Ebene weitestgehend ohne Messung und Überwachung statt
- Hohe Sicherheitszuschläge erforderlich



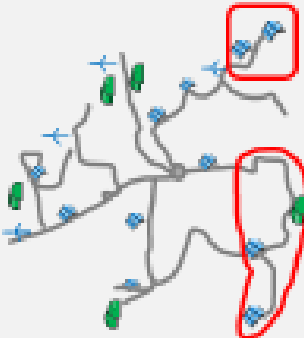
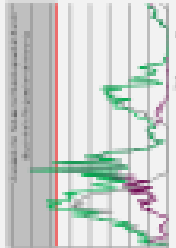
Dynamisches Einspeisemanagement



Dynamisches Einspeisemanagement




Modellierung: DEM

Leistungsauslegung	Energiebetrachtung
<p>Leistungsflussrechnung</p> <p>Ziel:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einhaltung von Spannungsband und Betriebsmittelbelastbarkeit <p>Vorgehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung der anzusteuermnden DEA  <p>Bestimmung der Leistungsabregelung bei maximaler Netzbelastung</p>	<p>Algorithmus bestimmt</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ nichteingespeiste Energie ▪ Leistungslimit äquivalent zu abgeregelter Energie von 3% bzw. 5% <p>Vorgehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Überlagerung der Leistungskurven der DEA im Problemgebiet  <p>Bestimmung der Zeitpunkte und Höhe der Kappung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gleichmäßige Abregelung der MS-DEA ▪ Berechnung der abgeregelten Energie

Regelbarer Ortsnetztransformator

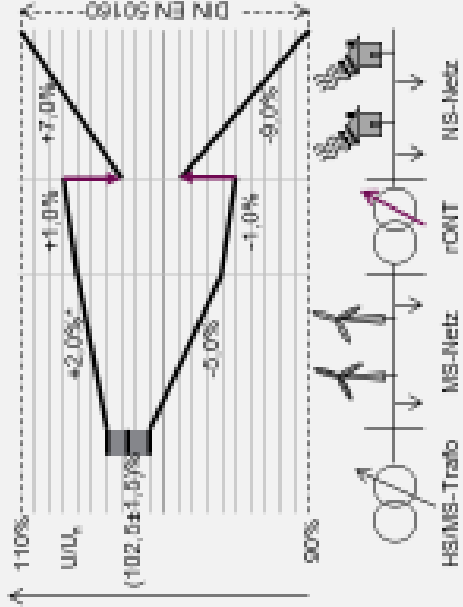
Regelbarer Ortsnetztransformator (rONT)



- Entkopplung von NS- und MS-Ebene
- Höhere Spannungsanhebung zulässig
 - NS-dienlich
 - MS-dienlich
 - NS- + MS-dienlich

Abbildung: Siemens AG

Modellierung (NS-dienlich)



110%
100%
90%

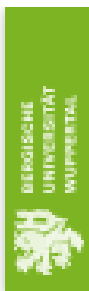
102,5 ± 1,0%
+2,0%
+1,0%
-1,0%
-9,0%

7,0%
7,0%
7,0%

HS/MS-Transfo MS-Netz rONT NS-Netz

DIN EN 50160

- Anpassung der Spannung des Bilanzknotens
- Aktivierung der Transformatorregelung



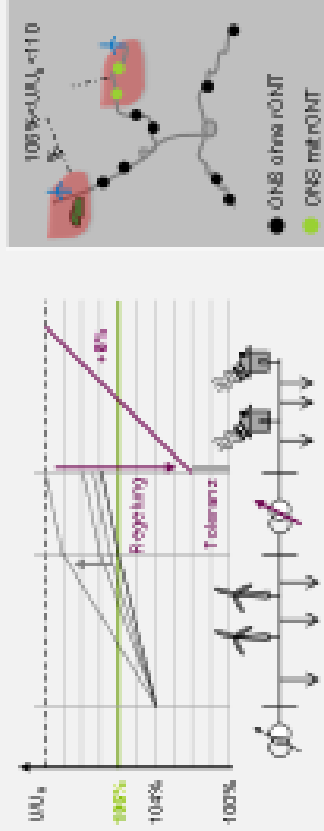
Regelbarer Ortsnetztransformator

Regelbarer Ortsnetztransformator (rONT)



Abbildung: Siemens AG

Modellierung (MS-dienlich)



Bei ONT mit NS-DEA:

- wenn $U/n_n > 106\%$: rONT an ONT notwendig
- wenn $U/n_n > 110\%$: rONT nicht mehr ausreichend
- Höherer zulässiger Grenzwert an Knoten mit rONT
- Bestimmung Anzahl über Knoten-Tabelle

3. ERGEBNISSE MITTELSPANNUNG

Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Wolter

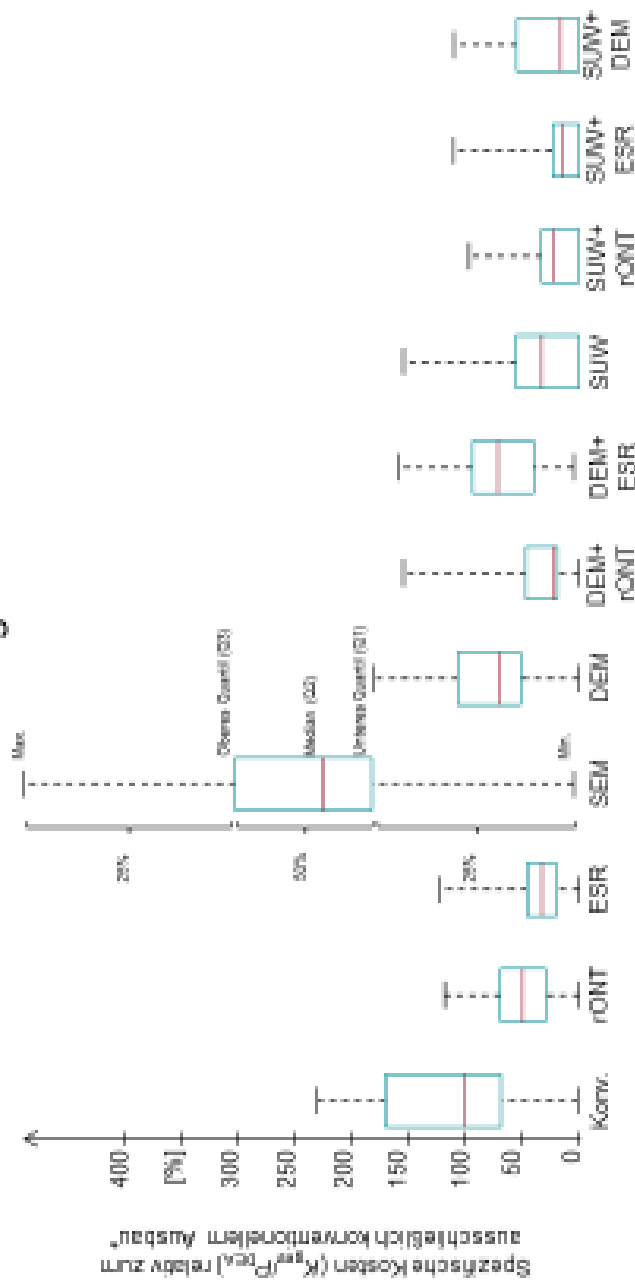
S17



UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Einsparungen durch innov. Planung

- Datenbasis: Mehr als 1100 Planungen für reale MS-Netze

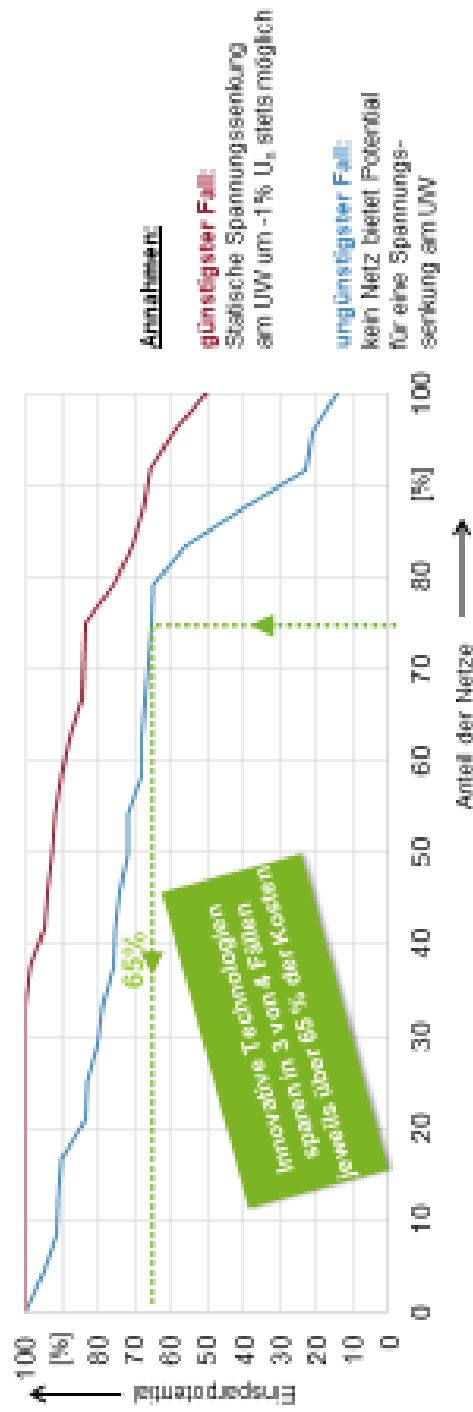


*) Summe der Barwerte (2015) für Investition und Betrieb bis 2050 im Verhältnis zur DEA-Leistung in 2050. Ggf. notwendige Kabelmaßnahmen sind berücksichtigt.

- Deutliche Senkung der spezifischen Kosten durch neue Technologien
- Verringerung des Risikos für Fehlinvestitionen (Spreizung geringer)

Einsparungen durch innovative Planung

- Basis: Mehr als 1100 Planungen für reale MS-Netze



Welche innovative Technologie ist wann am günstigsten?

Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien

Daniel Walter

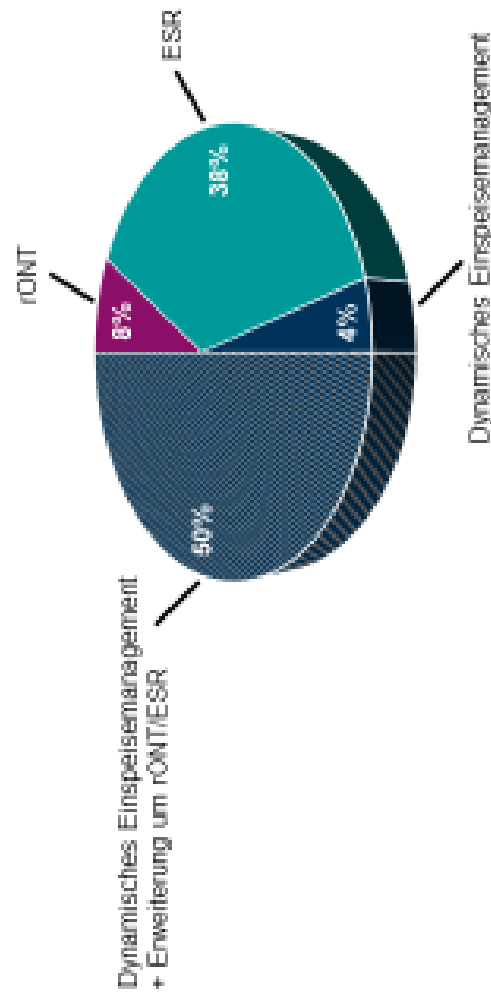
S 19



UNIVERSITÄT
WÜRZBURG

Technologiespezifische Anwendungsfälle

Anteil an den untersuchten Netz-Szenarien



Auswahl der geeignetsten Technologie:

Gesicherter moderater DEA-Zubau

ESR oder rONT

Hoher / Unsicherer DEA-Zubau

Netzautomatisierungssystem mit
- DEM und Weitbereichsregelung
- Bei Bedarf zusätzlich ESR oder rONT


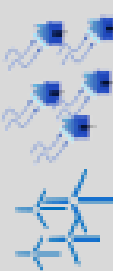


Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Wolter

S20



RWTH AACHEN
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Technologiespezifische Anwendungsfälle

Planungshorizont 	Vorausschauende Planung mit innovativen Betriebsmitteln statt sukzessivem Kabelausbau
Einspeise-Szenarien 	Hoher Zubau oder unsichere Prognose; Investition in Netzautomatisierungssystem (DEM + SUW) Moderater Zubau; Einzelstrangregler oder rONT
Einspeise-Mix 	Durchmischung von PVA zu WEA begünstigt dynamisches Einspeisemanagement (DEM)
Geographische Verteilung der Einspeiser	Homogene Verteilung: rONT Lokale Konzentration: Einzelstrangregler
Verteilung der ONS 	Geringe Anzahl UW-ferner ON-Stationen begünstigt rONT

Grundsätze für die innovative Planung

- 1** Netzausbau ausschließlich mit konventionellen Betriebsmitteln und Methoden ist technisch nicht empfehlenswert und verursacht unnötige Kosten.
- 2** Eine Senkung des Spannungssollwerts am Umspannwerk kann den Ausbaubedarf stark reduzieren, sodass die Anwendbarkeit vor jeder Investition zu prüfen ist.
- 3** Ein optimiertes Blindleistungsmanagement reduziert den Spannungsanstieg und kann den Ausbaubedarf senken.
- 4** Eine Spitzenkappung von NS-DEA entlastet auch das überlagerte MS-Netz. Die Wirkung solcher Maßnahmen ist in der Planung von MS-Netzen zu berücksichtigen.

4. ERGEBNISSE NIEDERSPANNUNG

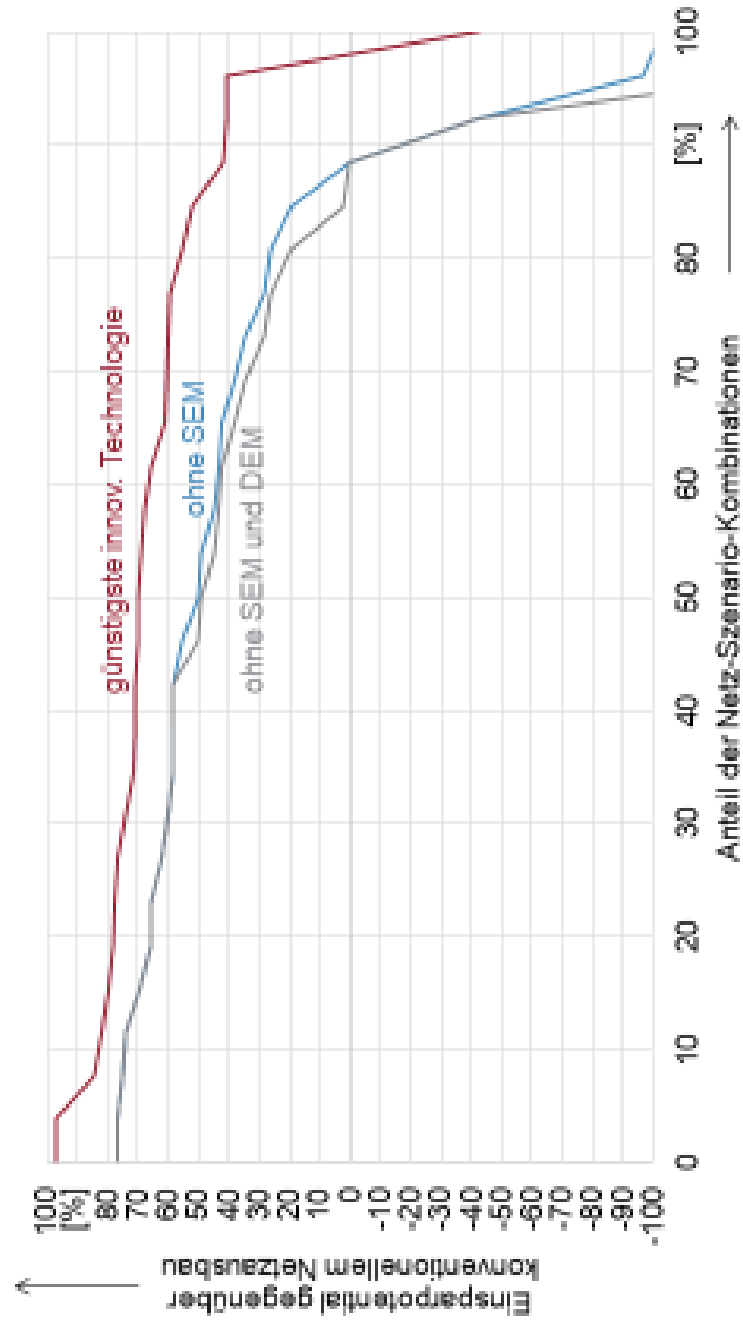
Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Wolter

523



UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Einsparungen durch innovative Planung



Verfügbarer Leitfaden



Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien

Daniel Wolter

525



UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

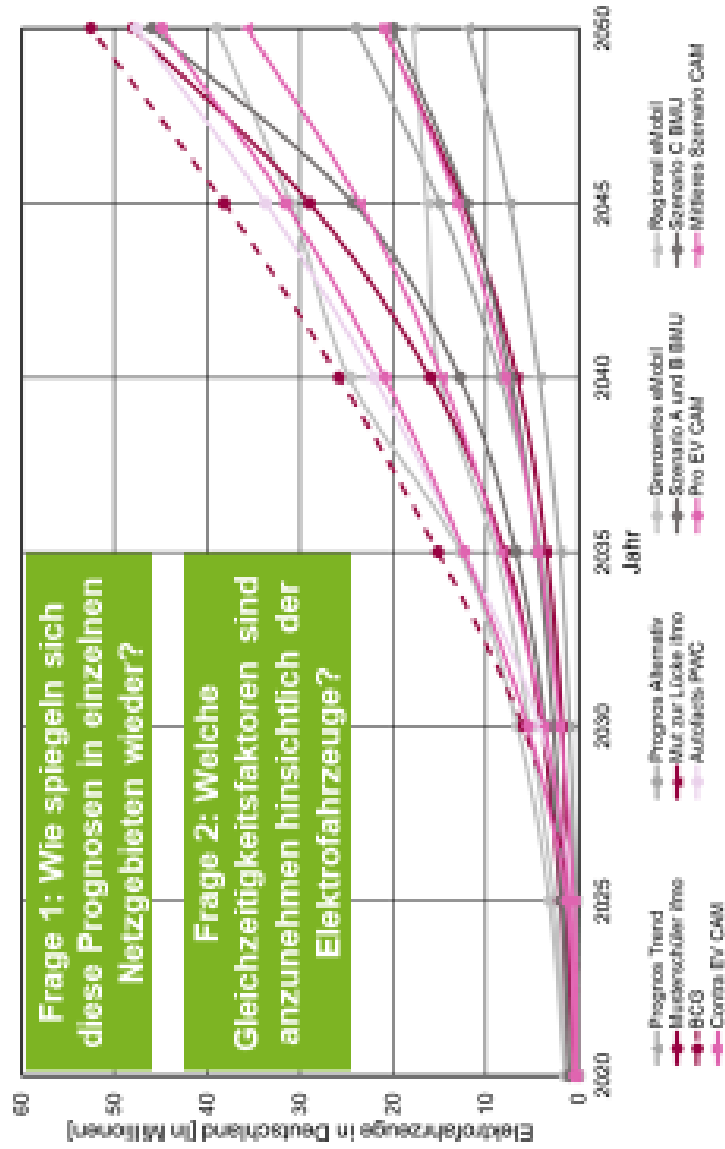
5. ELEKTROMOBILITÄT

Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Wolter

S26



Herausforderungen



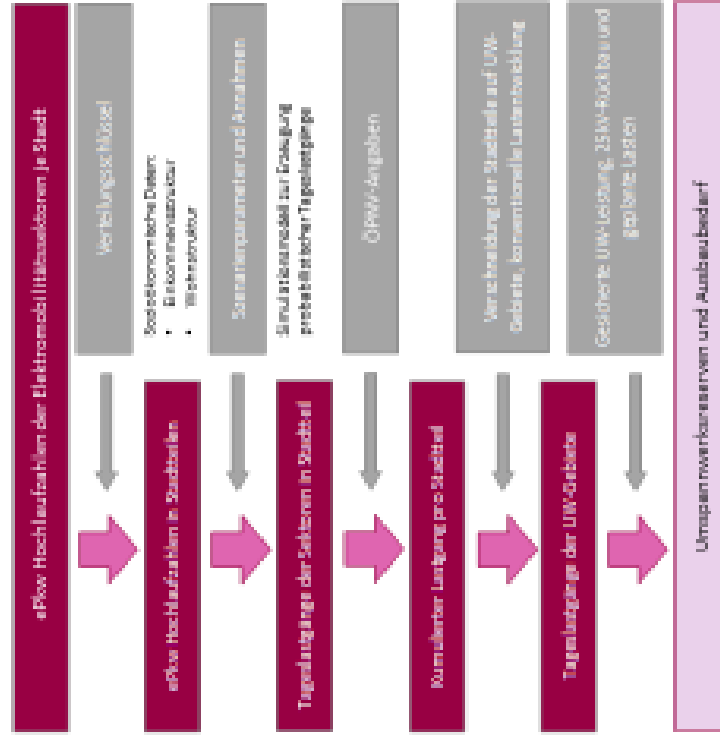
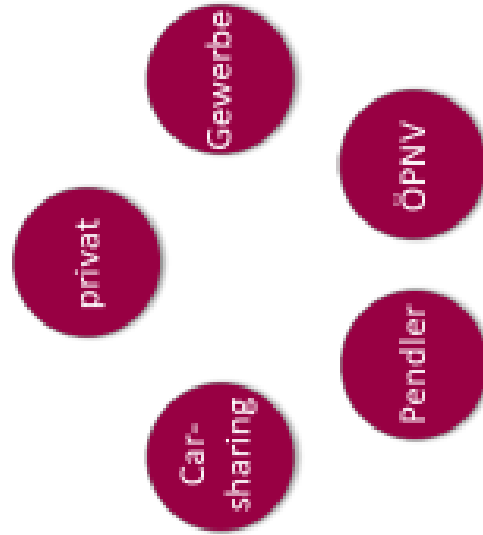
Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
 Daniel Walter

527

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

Regionalisierung auf Netzgebiete

Definition von Mobilitätssektoren



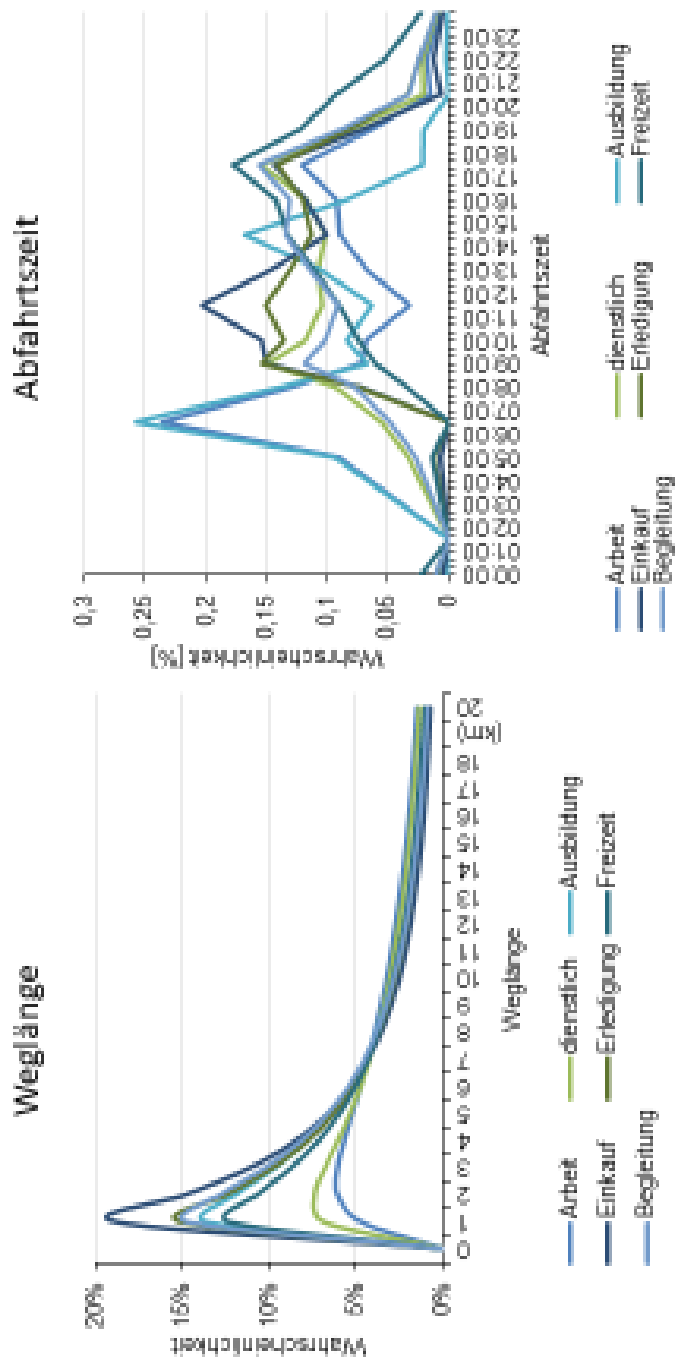
Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Wolter

528



DEUTSCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

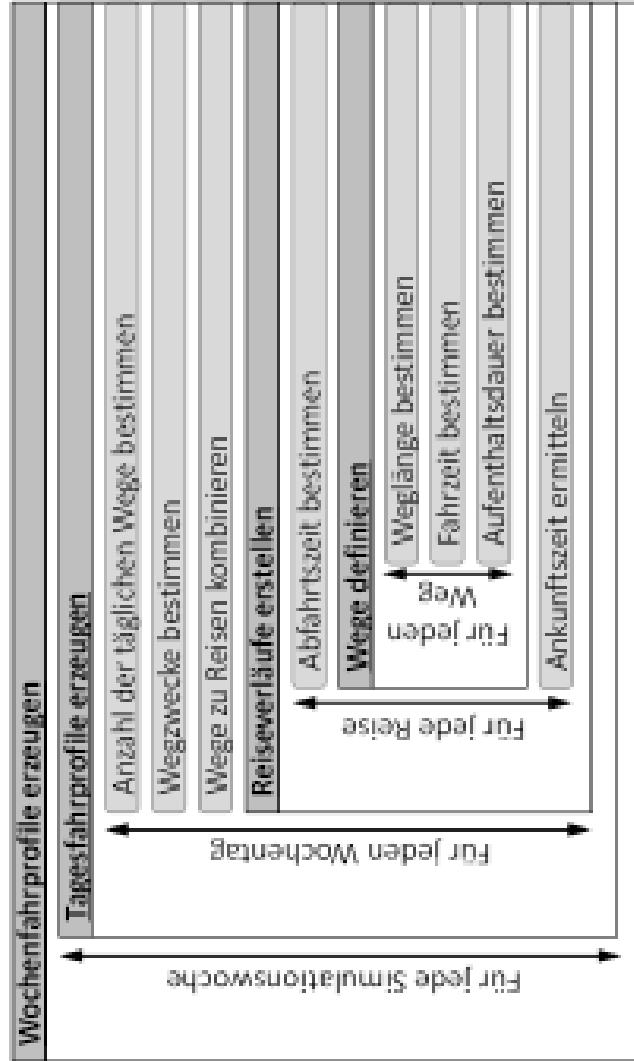
Simulationsmodell Mobilitätsverhalten



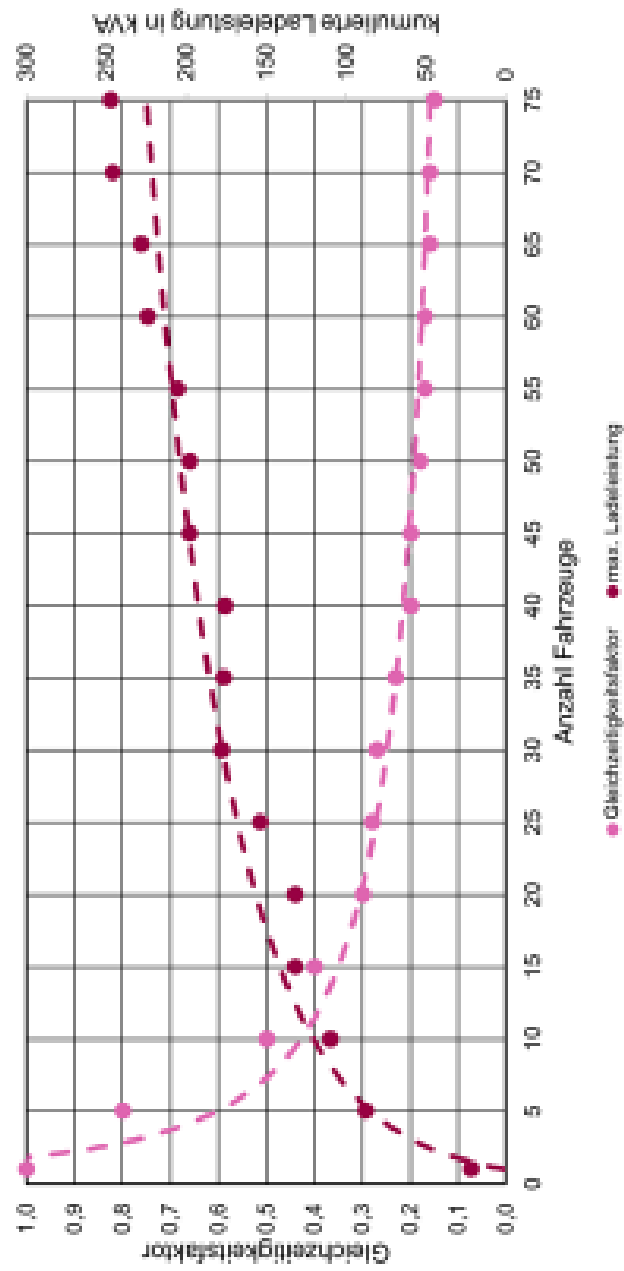
Rohdatenquelle: MID 2008



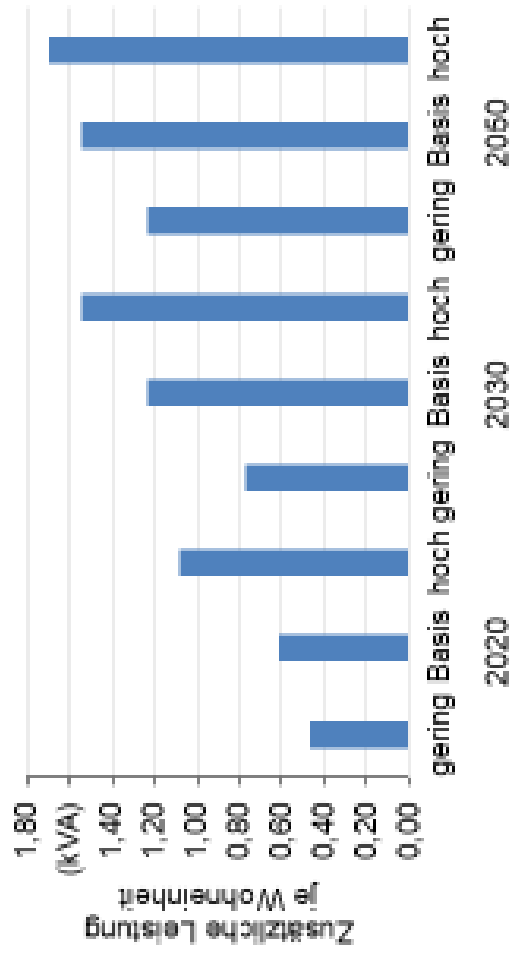
Simulationsmodell - Ladeprofile



Simulationsergebnis: Gleichzeitigkeiten



Ergebnis: Maximale Strangbelastung städtisches Niederspannungsnetz



- Einsatz von Lademanagementsystemen notwendig

Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Wolter

S32



DEUTSCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

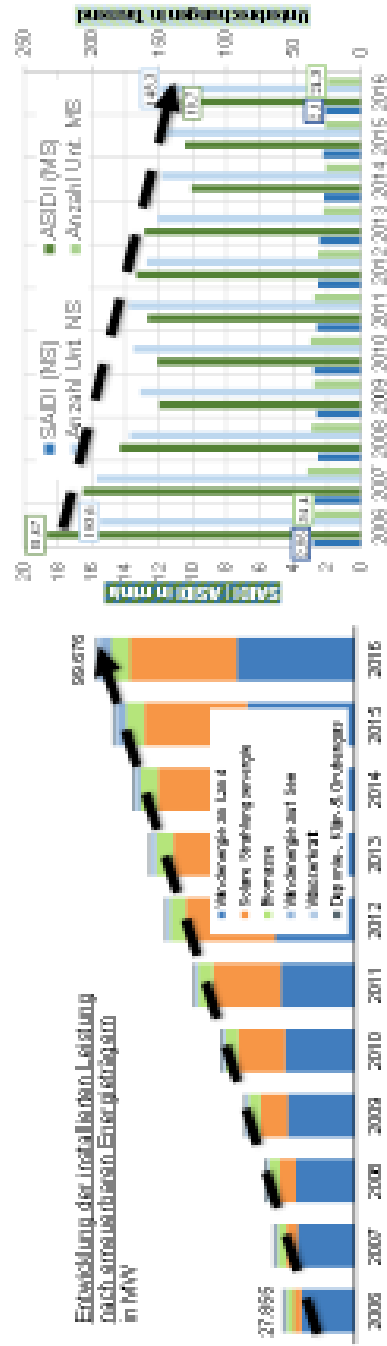
6. AUSWIRKUNGEN INNOVATIVER NETZTECHNOLOGIEN AUF DIE ZUVERLÄSSIGKEIT

Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Wolke

S33



Motivation



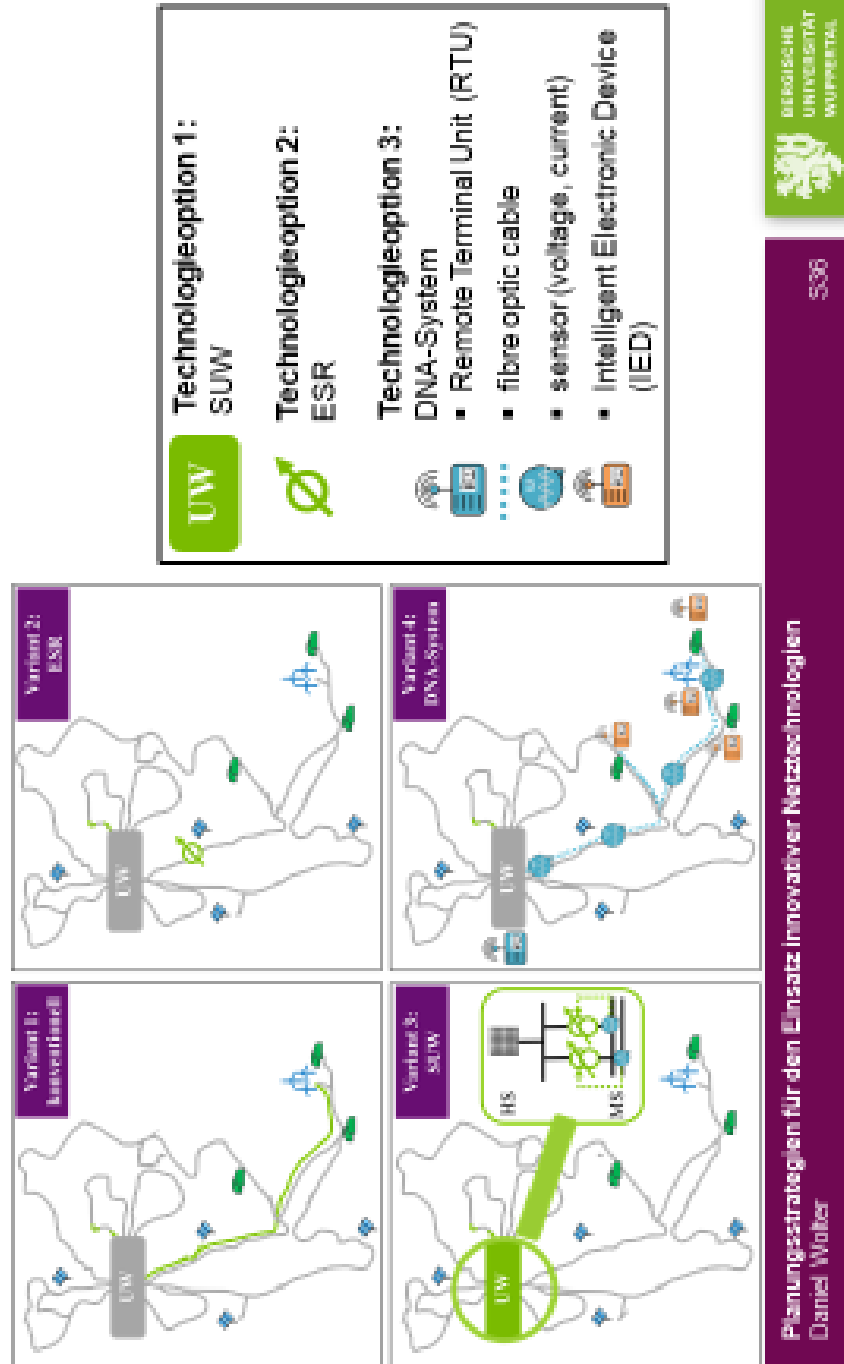
- Wie wirken sich neue Netznutzer und Smart-Grid-Komponenten (Spannungsregler, Automatisierungssysteme) auf die zukünftige Versorgungs- und Einspeisezuverlässigkeit aus?
- Wie zuverlässig sind neue Netznutzer und Smart-Grid-Komponenten?

AEwene – Auswirkungen auf die Versorgungszuverlässigkeit

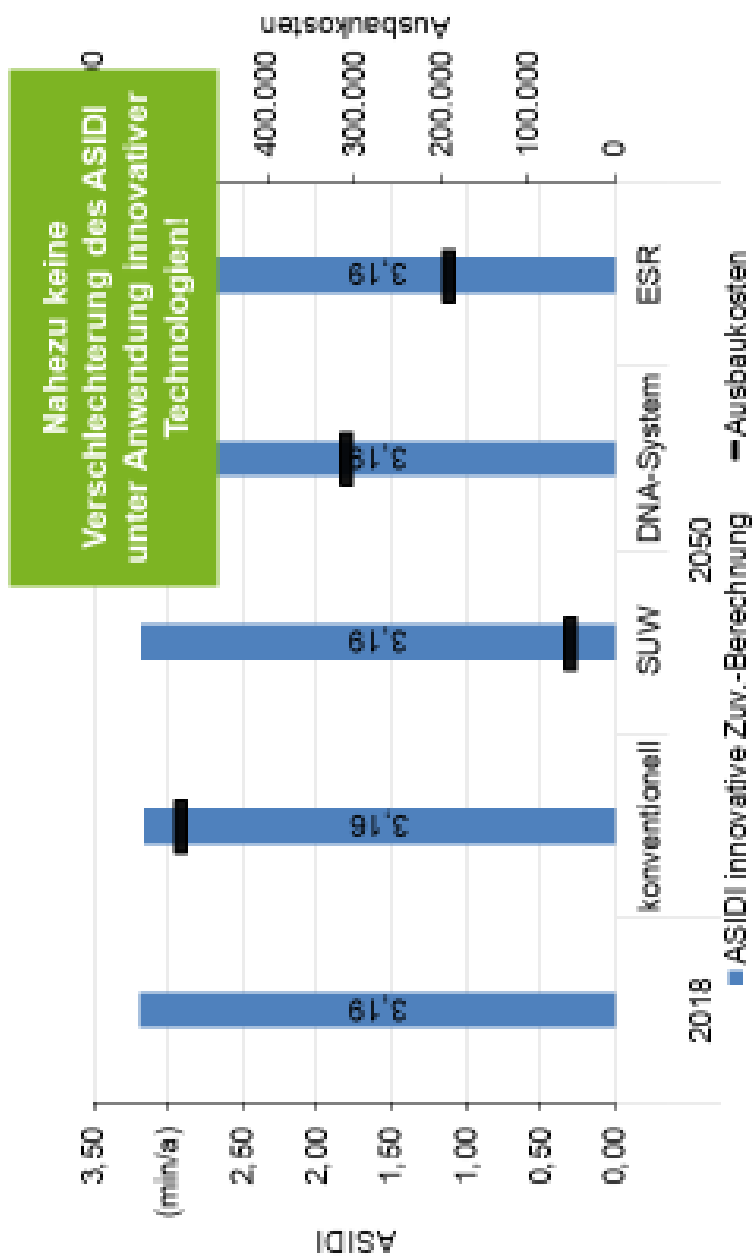
- Abschlussbericht in Kürze verfügbar!



Fallbeispiel: Mittelspannungsnetz



Ergebnisvergleich ASIDI



Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
 Daniel Walker
 SS17

7. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Wolter

S38



Zusammenfassung und Ausblick

Innovative Netztechnologien ermöglichen eine umfangreiche Substitution konventionellen Netzausbaus. Hiermit sind in den meisten Fällen deutliche Gesamtkostenersparnisse verbunden

Eine spannungsebenenübergreifende Betrachtung ist technisch sinnvoll bietet ein hohes Kostenreduktionspotential

In vielen Fällen führt erst eine geeignete Kombination verschiedener innovativer Netztechnologien zu einem Kostenoptimum

Zunehmende Elektromobilität erfordert „smarte“ Netze

Die Beeinträchtigung der Versorgungszuverlässigkeit durch innovative Netztechnologien ist sehr gering

Planungsstrategien für den Einsatz innovativer Netztechnologien
Daniel Walter

S.39



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Daniel Wolter, M.Sc.

Forschungsgruppe Netzstrukturen und Netzplanung

Bergische Universität Wuppertal

Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Medientechnik

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

Rainer-Gruenter-Str. 21 | 42119 Wuppertal



Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen

Philippe Steinbusch, M. Sc.
Bergische Universität Wuppertal



Smart Grids
Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen

Wuppertal, 05. Februar 2018

INES

Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen
Philippe Sternbusch

S1

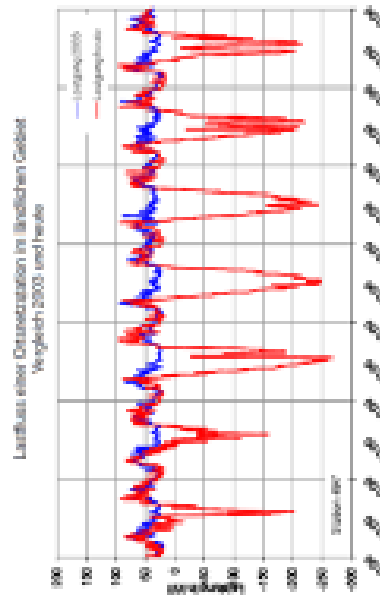
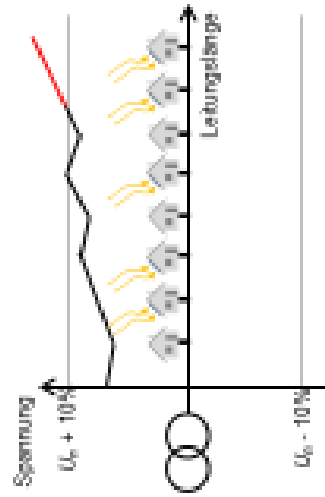
BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Themen

- Verfahren der Zustandsbestimmung in Mittel- und Niederspannungsnetzen
- Konzepte der dezentralen Netzautomatisierung
- Steuer- und Regelungsmöglichkeiten
- Zukünftige Applikationen

Herausforderungen für die Verteilnetze (1)

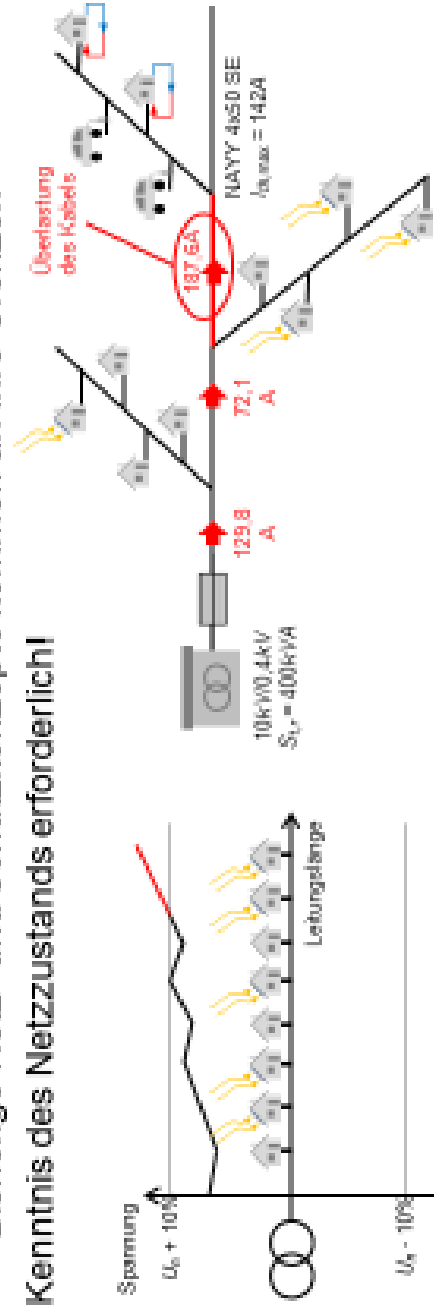
- Hohe Anzahl dezentraler Erzeugungsanlagen
- Integration leistungsintensiver Verbraucher, z.B. E-Mobility
- Auslastung der Netze steigt
- Veränderte Netznutzung führt zu neuen Herausforderungen für den Netzbetrieb:
 - Verletzungen des zulässigen Spannungsbands, Kapazitätsengpässe



Quelle: Lechwerke AG

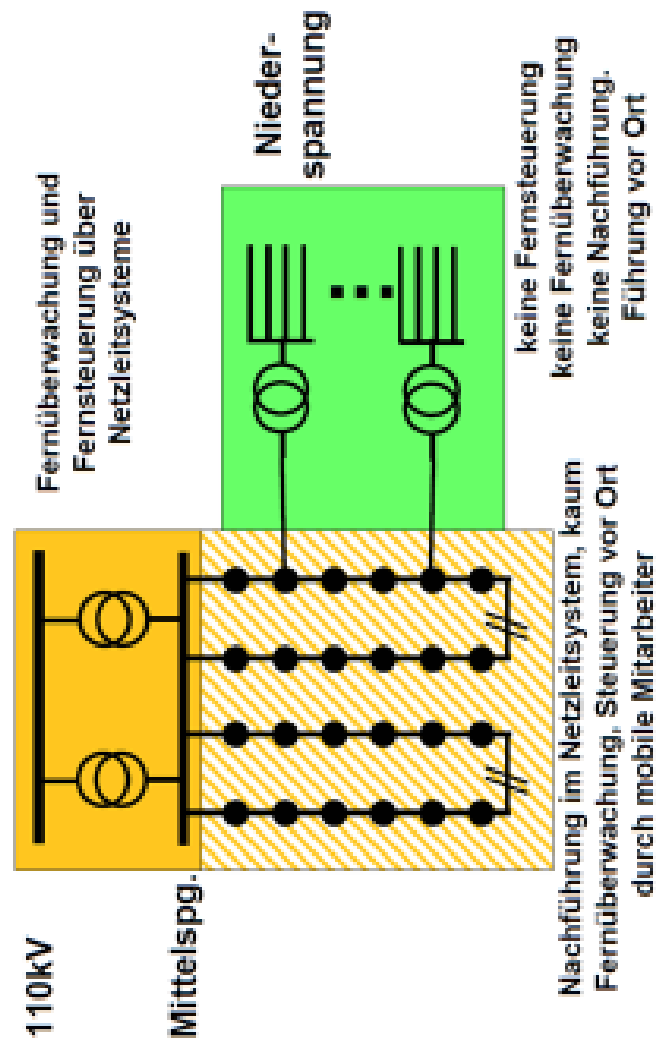
Herausforderungen für die Verteilnetze (2)

- Hohe Anzahl dezentraler Erzeugungsanlagen
- Integration leistungintensiver Verbraucher, z.B. E-Mobility
- Auslastung der Netze steigt
- Veränderte Netznutzung führt zu neuen Herausforderungen für den Netzbetrieb:
 - Verletzungen des zulässigen Spannungsbands, Kapazitätsengpässe
 - Bisherige Netz- und Schutzkonzepte kommen an ihre Grenzen
- Kenntnis des Netzstatus erforderlich!



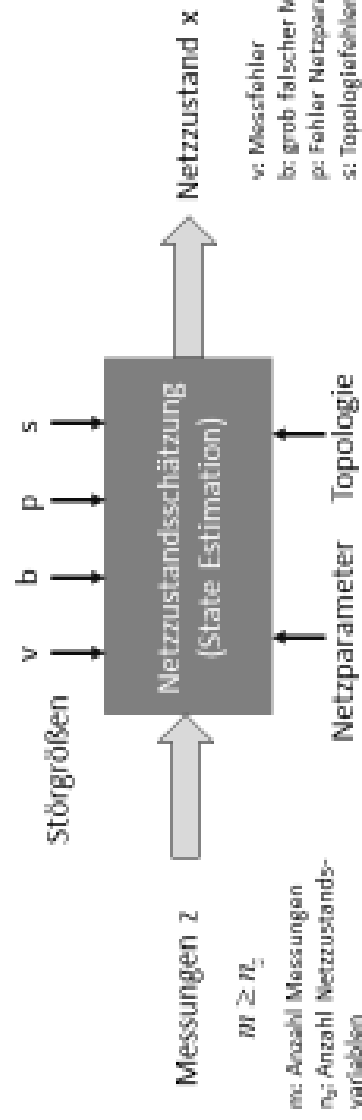
Automatisierung in Verteilungsnetzen

Status Quo



Netzstandsbestimmung in Höchst- und Hochspannungsnetzen

- Verfahren der Netzzustandsschätzung (State Estimation) für Höchst- und Hochspannungsnetze schon lange bekannt
 - Fehlerhafte Messwerte korrigieren
 - Fehlende Messwerte ergänzen/abschätzen
 - Erstellung eines konsistenten Netzabbildes
 - Voraussetzung ist die Redundanz der Messwerte (Überbestimmtheit)

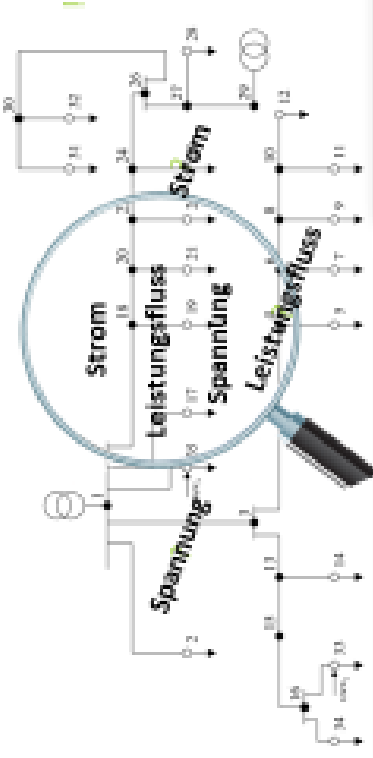


Aktueller Stand Netzstatusbestimmung in Mittel- und Niederspannungsnetzen

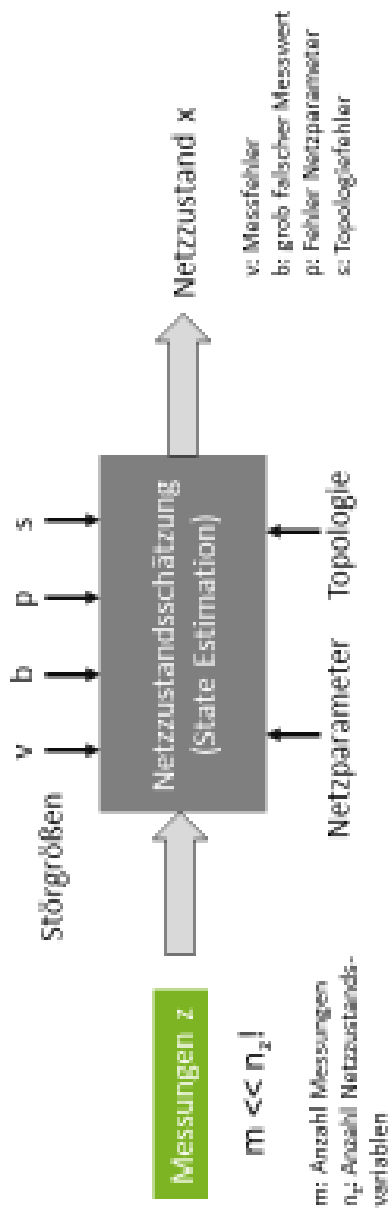
- Keine oder nur sehr geringe Messtopologie vorhanden
 - Außerhalb der 10-kV/MS-Umspannwerke vergleichsweise wenige Messungen im Netz verbaut
 - Quasi-„Netzstatusschätzung“ (Worst-Case-Betrachtung) nur im Rahmen der Netzplanung vorgenommen
- Hohe Unsicherheiten, insbesondere bei Veränderung der Lastflusssituation durch dezentrale Einspeiser und neue Lasten
- „Blindflug“ durch das MS-Netz ► der Netzstatus wird nicht überwacht!
- Spannungsüberwachungen/Schutzgeräte sind die einzigen „Sensoren“ im Netz

Identifikation des Netzstatus: Herausforderungen im Verteilungsnetz

- Ziel ist eine Implementierung und ein Echtzeit-Einsatz eines Leistungsfluss-Algorithmus
 - Ermittlung der gesuchten Zustandsgrößen und eines ausreichend genauen Netzabbilds
- Zustandsüberwachung unter wirtschaftlichen Rahmenbedingungen
 - Reduzierung des Informationsbedarfs und damit der Anzahl der erforderlichen Sensoren

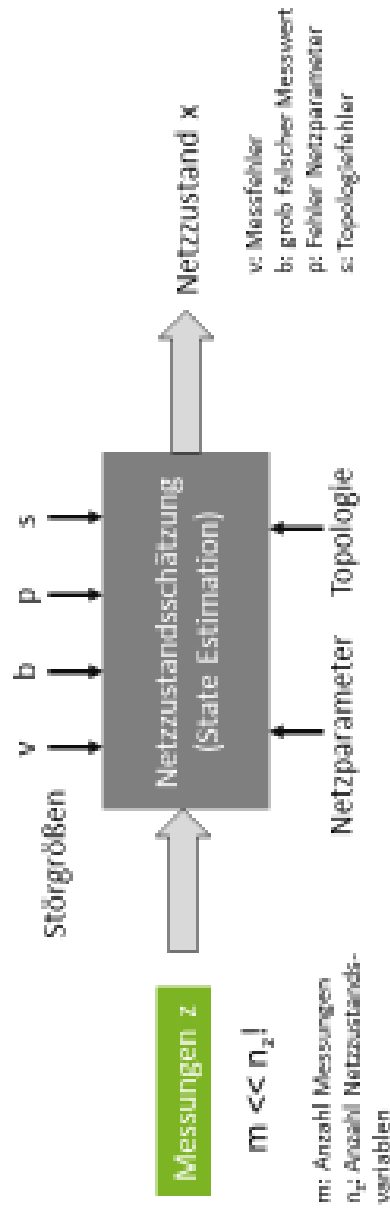


Netzzustandsbestimmung in Verteilnetzen (1)



- Verteilungsnetze der MS-/NS-Ebene sind unterbestimmt.
- Anzahl der verfügbaren Messwerte in Mittel- und Niederspannungsnetzen nicht ausreichend um eine klassische Netzzustandsschätzung durchzuführen.
- Gängige Verfahren der Leistungsflussberechnung/ State Estimation erfordern eine vollständige Datenbasis.

Netzzustandsbestimmung in Verteilnetzen (2)



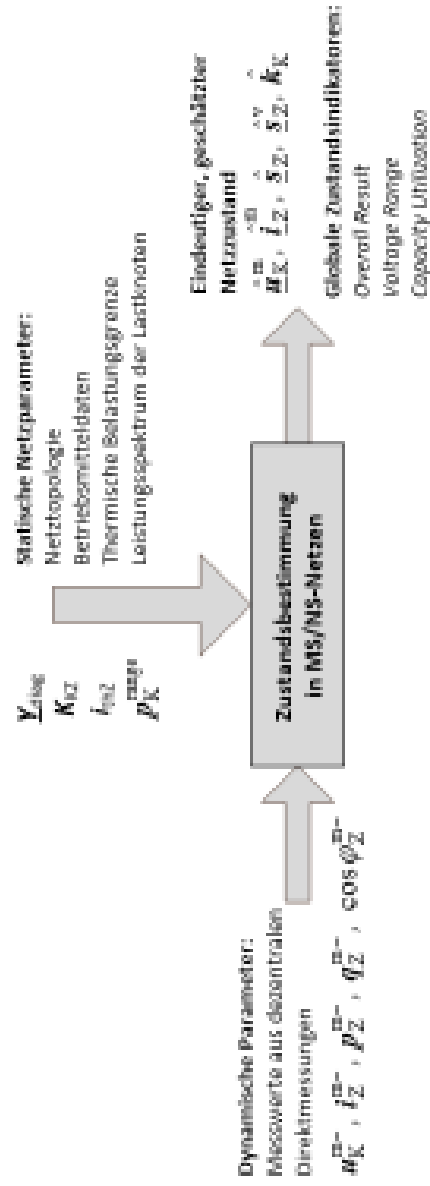
- Leistungsflussalgorithmen liefern nur dann valide Ergebnisse, wenn ihm geeignete Ersatzwerte zugeführt werden.
- Es besteht somit der Bedarf an einem Verfahren zur Berechnung von Ersatzleistungswerten für nicht überwachte Last- und Einspeisepunkte.



Unsicherheiten in Form von Messfehlern, Topologiefehlern und fehlerhafter Netzparameter sind auch in den Verteilungsnetzen vorhanden.

Anforderungen an die Netzstatusbestimmung

- Resultierende Anforderungen an den Algorithmus:
 - Erzeugung geeigneter Ersatzwerte für fehlende Messwerte
 - Max. Kompression der Lösungsmannigfaltigkeit
 - Phase selektive Berechnung in NS-Netzen (Unsymmetrie!)
 - Kurze Rechenzeiten und Robustheit

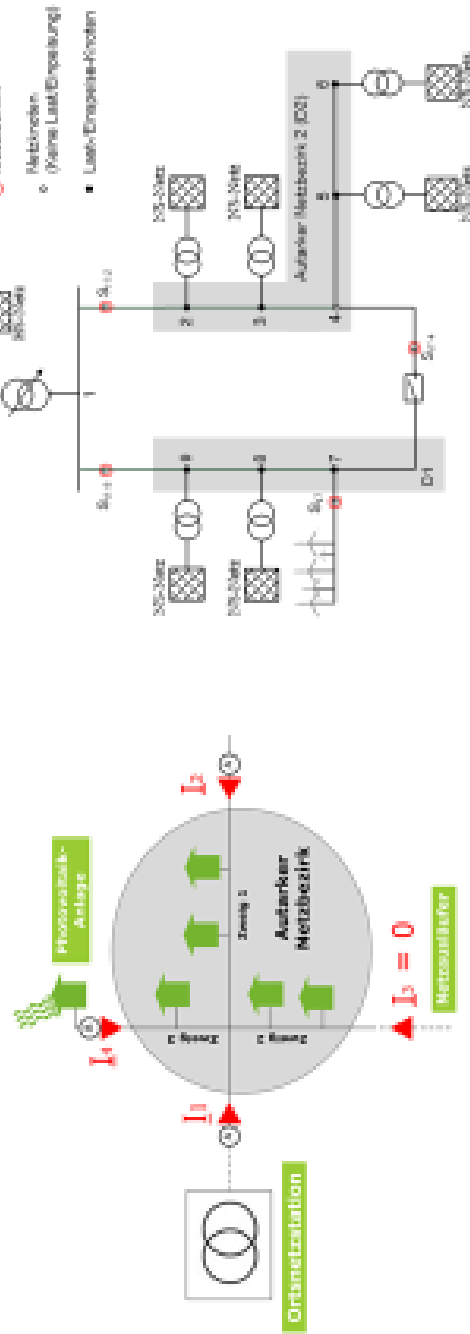


Möglichkeiten der Ersatzwertbildung (1)

1. Einbindung von Lastprofilen nicht gemessener Netzteilnehmer
 - Ableitung von Ersatzwerten aus Standard-Lastprofilen
 - Struktur der Lasten in den NS-Netzen vielfach nicht ausreichend bekannt ► Wissenslücke muss geschlossen werden
 - Neuartige Netzteilnehmer (eMobility) und Veränderungen in der Gleichzeitigkeit durch flexible Verbraucher/ variable Stromtarife schwer zu prognostizieren bzw. nicht abgebildet
 - Berücksichtigung von zusätzlichen Einflussfaktoren notwendig (z.B. Außentemperatur bei Wärmepumpen/KWK-Anlagen)
 - Gemessene Lastprofile aus Smart Meter-Messungen bzw. Registrierende Leistungsmessungen (RLM) bei größeren Kunden
 - hoher (Kosten-)Aufwand bei der Einbindung in das Smart Grid-System

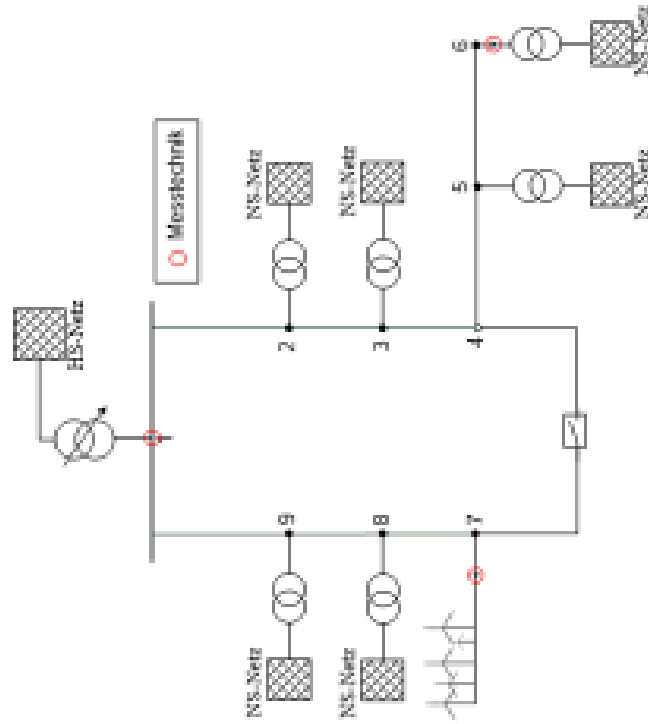
Möglichkeiten der Ersatzwertbildung (2)

2. Berechnung von Ersatzwerten anhand gemessener Zweiggrößen
 - Geschickte Einteilung des Netzes in sog. autarke Netzbezirke
 - An den Grenzen der Netzbezirke werden die Zweigströme und Spannungen gemessen
 - Aufteilung der Zweigströme auf die Lastknoten



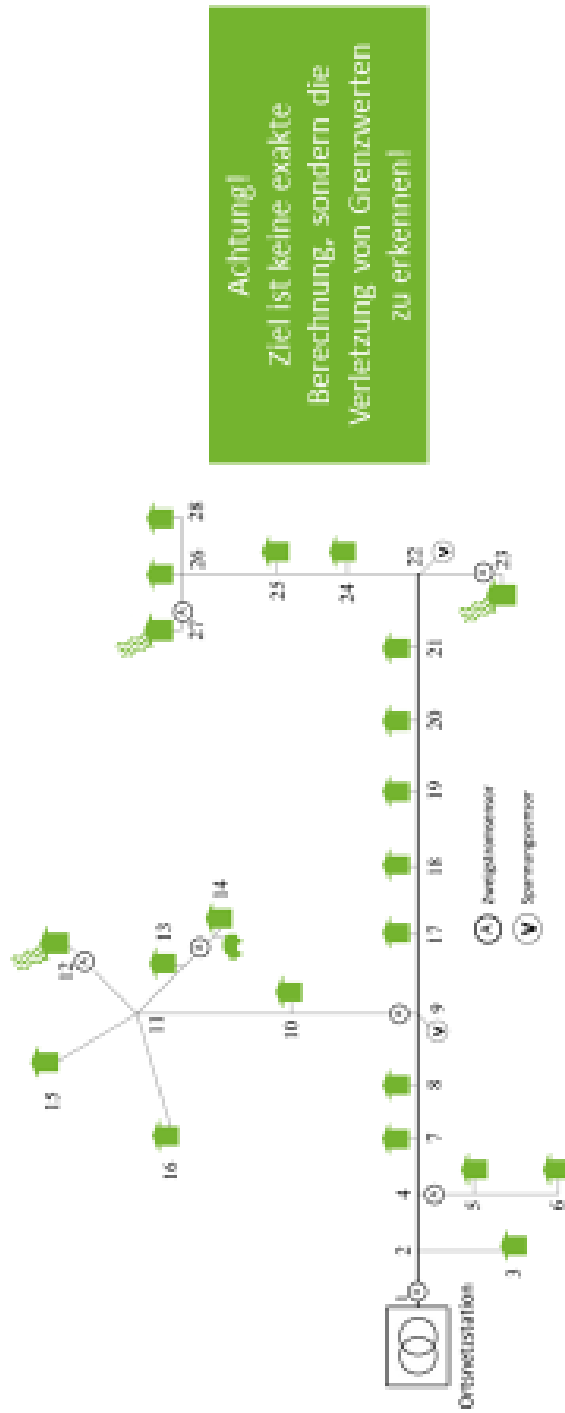
Möglichkeiten der Ersatzwertbildung (3)

3. Identifikation des Netzstatus mittels Sensitivitätsanalyse
 - Basiert auf der Kenntnis über die Abhängigkeit der Netzknoten voneinander
 - Abhängigkeit der Knotenspannung von den Strömen, der Schein-, Wirk- oder der Blindleistung an jedem Knoten
 - Bestimmung des Netzzustands als Abweichung von einem angenommenen Arbeitspunkt

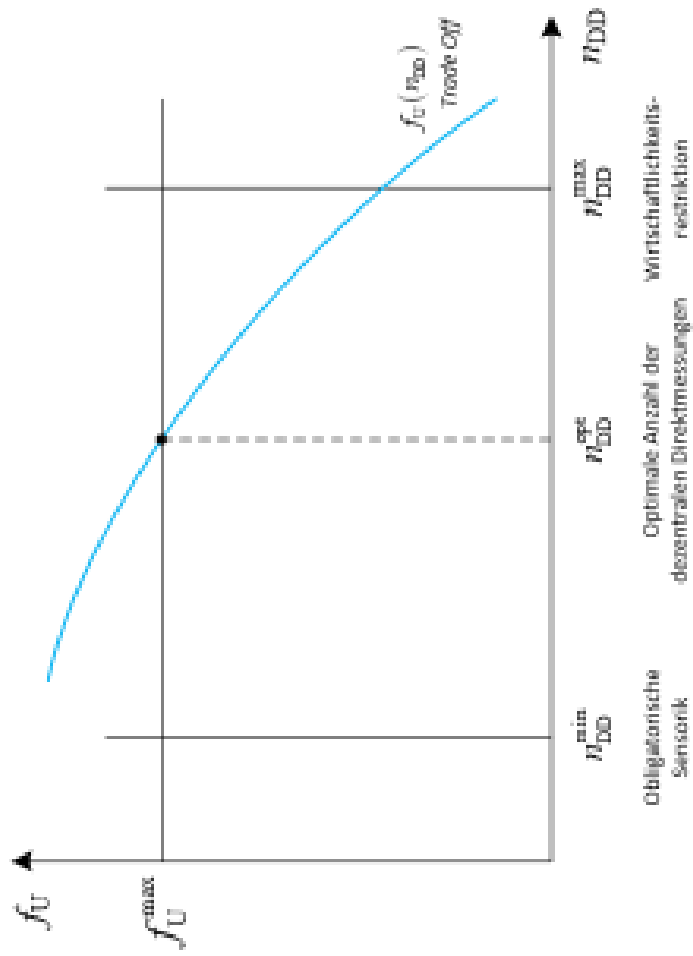


Sensorenpositionierung (1)

- Geschickte Verteilung der möglichst wenigen Sensoren zur Messung von Knotenspannung und Zweigstrom
- Je mehr Sensoren, desto größer die Genauigkeit



Sensorenpositionierung (2) Optimierung der Messtopologie

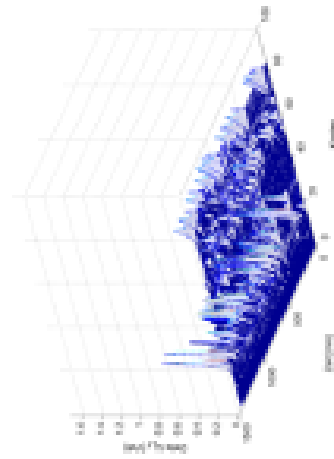


Sensorenpositionierung (3)

- Geschickte Verteilung der möglichst wenigen Sensoren zur Messung von Knotenspannung und Zweigstrom
- Je mehr Sensoren, desto größer die Genauigkeit

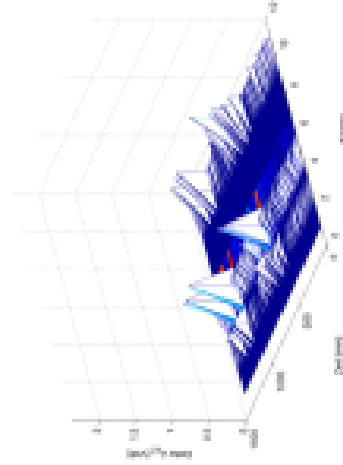
Stadtnetz:

- Max. Spannungsfehler: 0,5%
- Sensorenausstattung: 6% der Knoten + 6 obligatorische Sensoren an der Systemgrenze



Landnetz:

- Max. Spannungsfehler: 0,88%
- Sensorenausstattung: 15% der Knoten



Zustandsinformationen für die Netzleitstelle

- Beschränkung des Informationsumfangs auf ein übersichtliches Minimum → Ampelprinzip
- 3 Zustandsampeln:
 - *Systemzustand* → Laufzeitstatus der Berechnungslogik
 - *Spannungsband* → Aggregation Spannungsband
 - *Auslastung* → Aggregation Betriebsmittelauslastung



Grenzwertverletzung (nicht behebbar)

Grenzwertverletzung (behebbar)

Keine Grenzwertverletzung

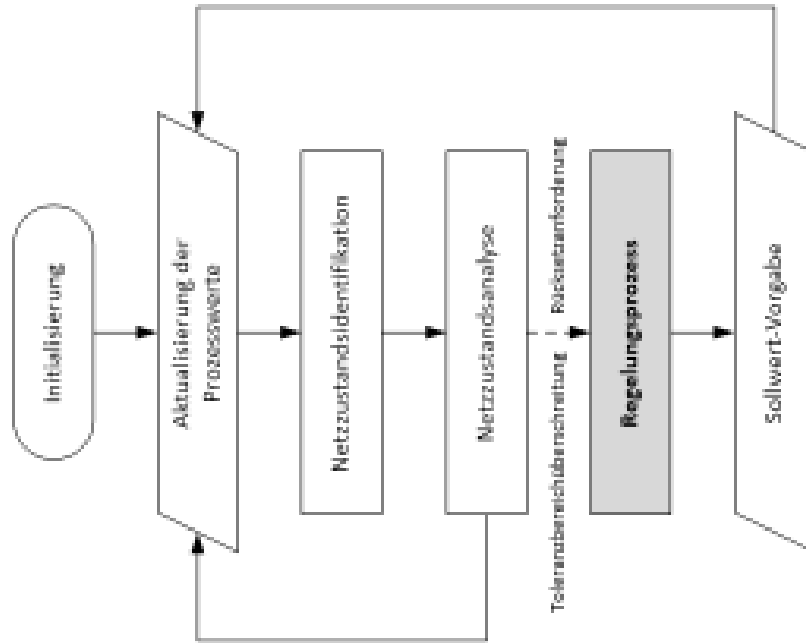
Setzen der Ampeln mithilfe einer Echtzeit-Zustandsüberwachung

Prozessübersicht

- **Prozessablauf:**
 - zyklischer Betrieb
 - Quasi-Echtzeit-Verhalten
 - Zyklusintervall: 10 Sekunden
- **Optimierungsaufgaben:**
 - Robustheit
 - Geschwindigkeit
- **Regelungsprozess:**

Optimierung der Regelung

 - mehrere Freiheitsgrade
 - minimale Beeinflussung
 - effektive Regelung



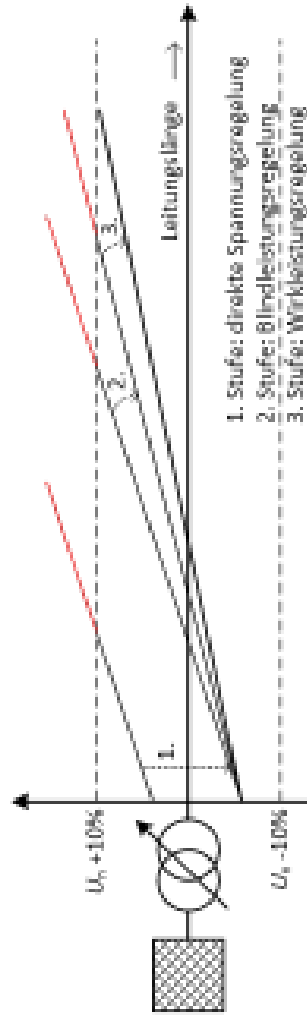
Regelung des Netzzustands

- **Ausgangspunkt: Netzzustandsanalyse**
 - Auswertung des aktuellen Netzzustands hinsichtlich Spannungsbandverletzungen oder Betriebsmittelüberlastungen
 - keine Toleranzbereichüberschreitung
 - keine Anforderung zur Beeinflussung des Netzzustands, ggfs. Rücksetzung von Netzteilnehmern auf Standard-Sollwert
 - Toleranzbereichüberschreitungen
 - Anforderung zur Ausregelung von Spannungsbandverletzungen und Betriebsmittelüberlastungen
- **Zielstellung:**
 - Ausregelung der Toleranzbereichüberschreitungen mit möglichst minimaler Beeinflussung der Netzteilnehmer
 - koordinierte, selektive Regelung

Koordinierte Spannungs- und Leistungsregelung in Niederspannungsnetzen

- Kombination der einzelnen Regelungsoptionen in einem konsekutiven 3-stufigen Modell
 → Wirkleistungsregelung als *Ultima Ratio*

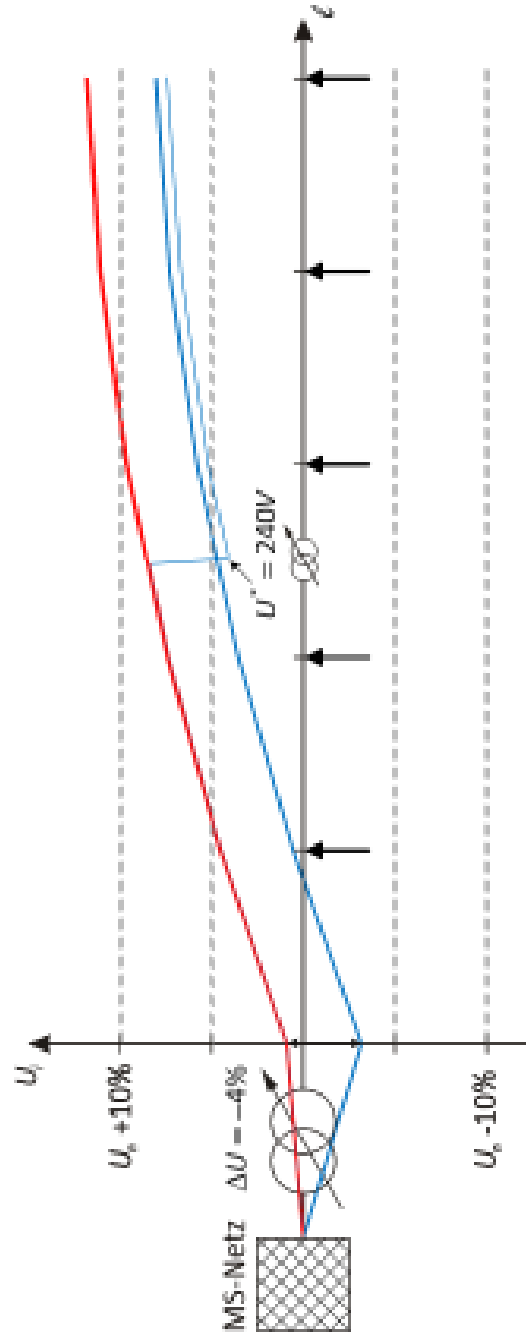
3-stufiges Regelungsmodell bei maximaler Einspeisung und minimaler Last



→ bei Betriebsmittelüberlastungen ist die Wirkleistungsregelung jedoch die einzige effektive Option

Regelungsoptionen im Niederspannungsnetz – Direkte Spannungsregelung

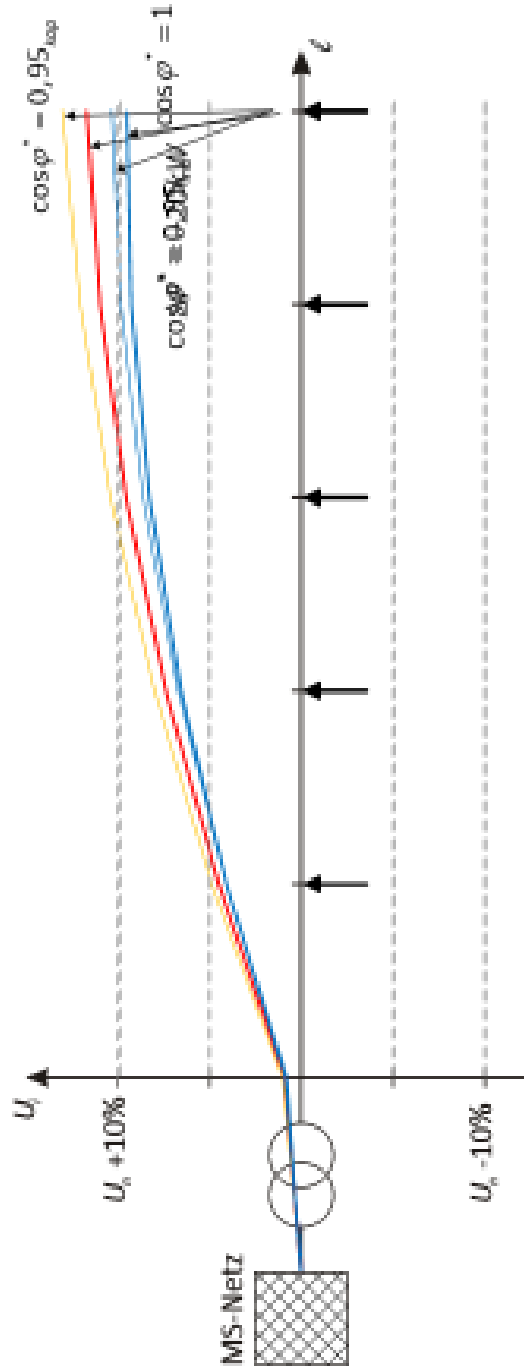
- regelbare Ortsnetztransformatoren (rONT)
- dezentrale Spannungsregler (Längsregler)



Szenario: maximale Einspeisung, minimale Last

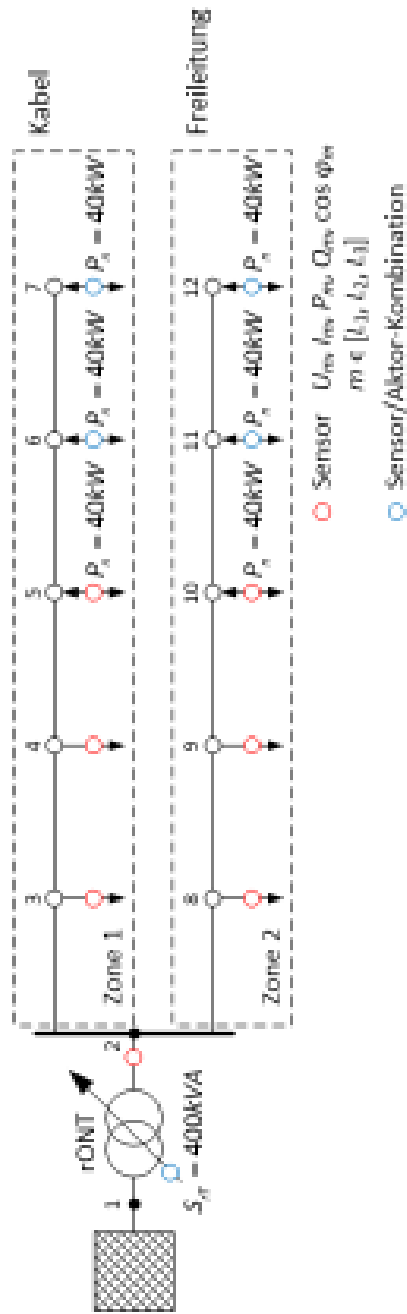
Regelungsoptionen im Niederspannungsnetz – Blind- und Wirkleistungsregelung

- Blindleistungsregelung eines Netzteilnehmers
- Wirkleistungsregelung eines Netzteilnehmers

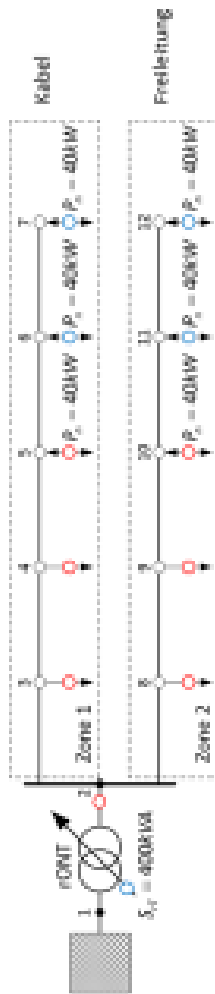


Szenario: maximale Einspeisung, minimale Last

Selektive Spannungs- und Leistungsregelung in Niederspannungsnetzen



Selektive Spannungs- und Leistungsregelung in Niederspannungsnetzen



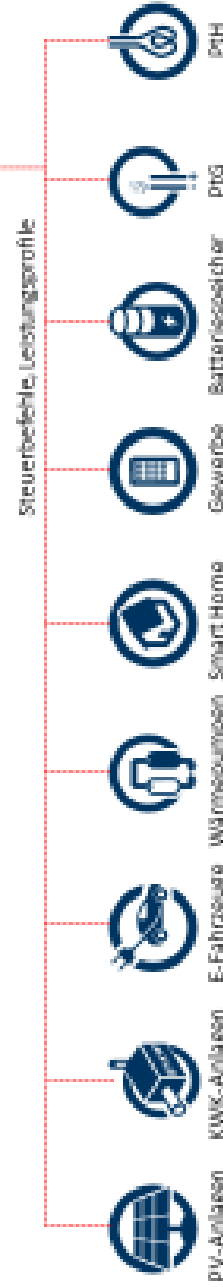
- **Anforderung:**
 - Identifikation der jeweils geeignetsten Aktoren zur Behebung einer spezifischen kritischen Netzsituation
- Einflussgrößen auf die Wirksamkeit eines Aktors:
 - Netztopologie
 - Position des Aktors im Netz
 - Stellbereich des Aktors
- Maximale Wirkung eines Regelungseingriffs aus Netzsicht und folglich minimale Beeinflussung von Netzteilnehmern
- Entschädigung des Netzteilnehmers für entgangene Einspeisevergütung durch den Netzbetreiber

Regelungsoptionen im Niederspannungsnetz – Blind- und Wirkleistungsregelung

Mögliche Aktoren zur Wirk-/ Blindleistungsregelung

- Dezentrale Einspeiser (PV-Anlagen, BHKW, ...)
- Elektrofahrzeuge (Steuerung der Ladeleistung)
- Steuerbare Lasten in Kundenanlagen
- Speicher (Netz-, Kundenspeicher)
 - Batteriespeicher
 - Power-to-Gas (PtG)
 - Power-to-Heat (PtH)

Verteilnetzautomatisierung

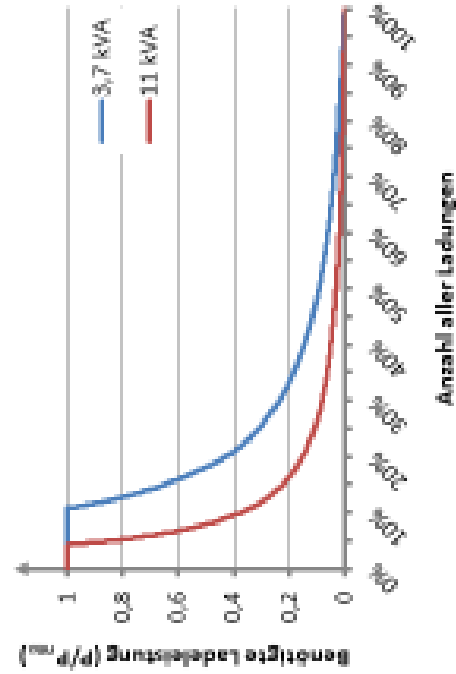
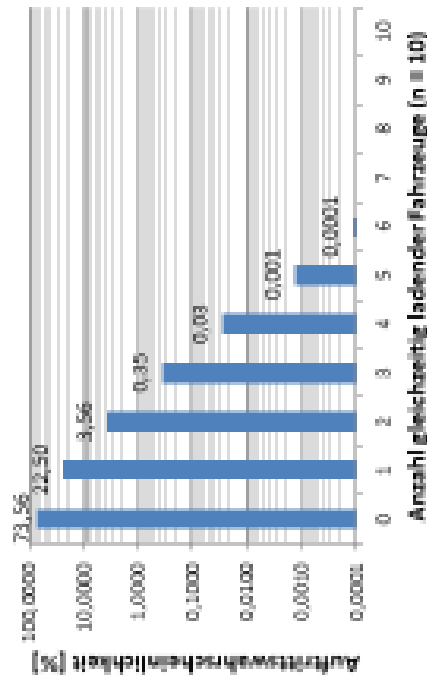


Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen
Philippe Steintusch

526

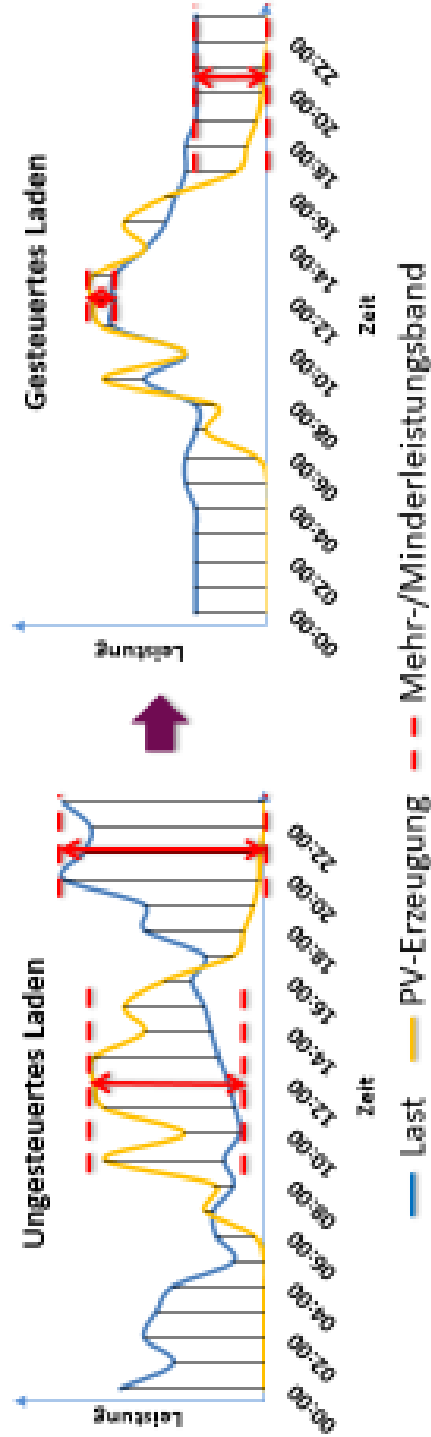
Intelligentes Lademanagement Mobilitätsverhalten

- Hohe Gleichzeitigkeiten treten sehr selten auf
→ Netzausbau unwirtschaftlich
- Gesamte Ladeleistung wird nur sehr selten benötigt
→ Hohes Flexibilitätspotential



Intelligentes Lademanagement Anforderungen

- Kritische Netzstände beheben bzw. verhindern
- Optimiertes Zusammenwirken mit Erneuerbaren Energien
- Nutzers Auswirkungen minimieren
- Kosteneffizienz



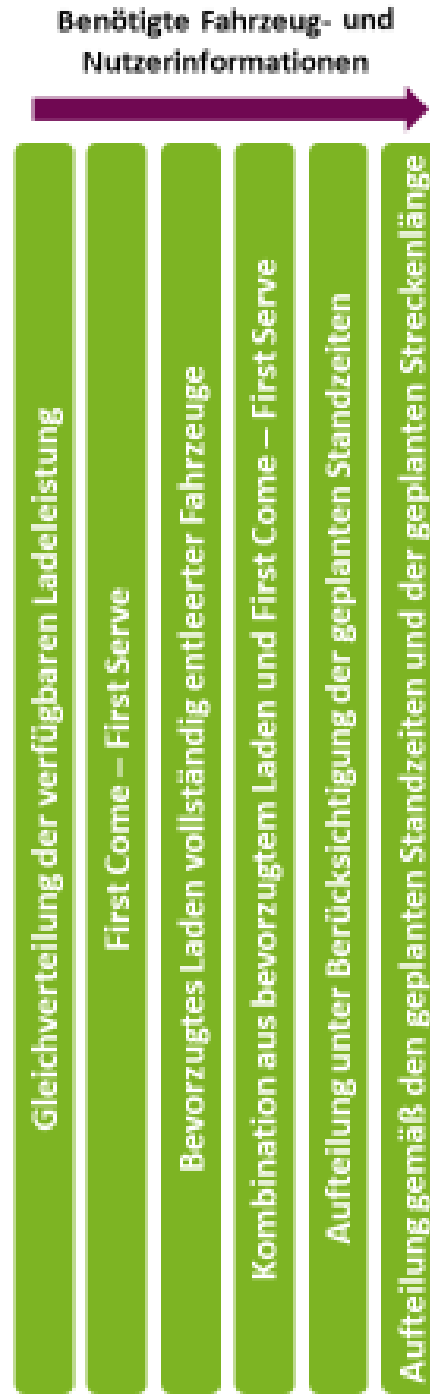
Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen
Philippe Steinitzsch

528



Intelligentes Lademanagement Diskriminierungsfreiheit und Nutzeroptimierung

- Die Regelung der Ladeleistung verursacht direkte negative Auswirkungen (Ladung verzögert sich)
- Diese Auswirkungen müssen zur Akzeptanzsteigerung **minimiert** und **diskriminierungsfrei** verteilt werden





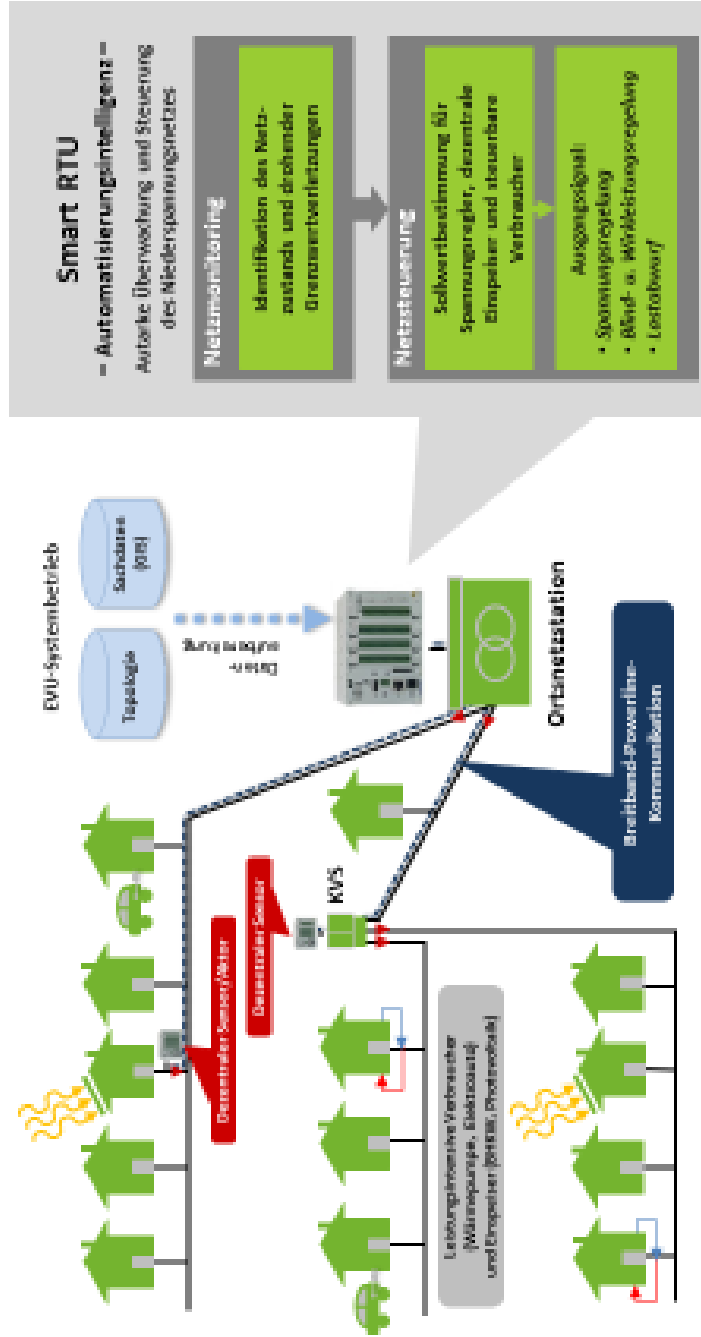
Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilernetzen
Philippe Sternbach
530



Vorteile des dezentralen Ansatzes

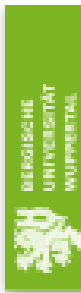
- Hierarchie und Topologie des Verteilungsnetzes ideal für dezentralen Ansatz
- kurze Übertragungswege für Mess- und Sollwerte von Sensoren und Aktoren
- dedizierte und damit kostengünstige Automatisierungsgeräte für einzelne Ortsnetze
- höhere Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit durch voneinander unabhängig arbeitende Systeme
- vollständig autarker Betrieb möglich
 - unabhängig von einer übergeordneten Netzleitstelle

Konzept der dezentralen Netzautomatisierung in Niederspannungsnetzen

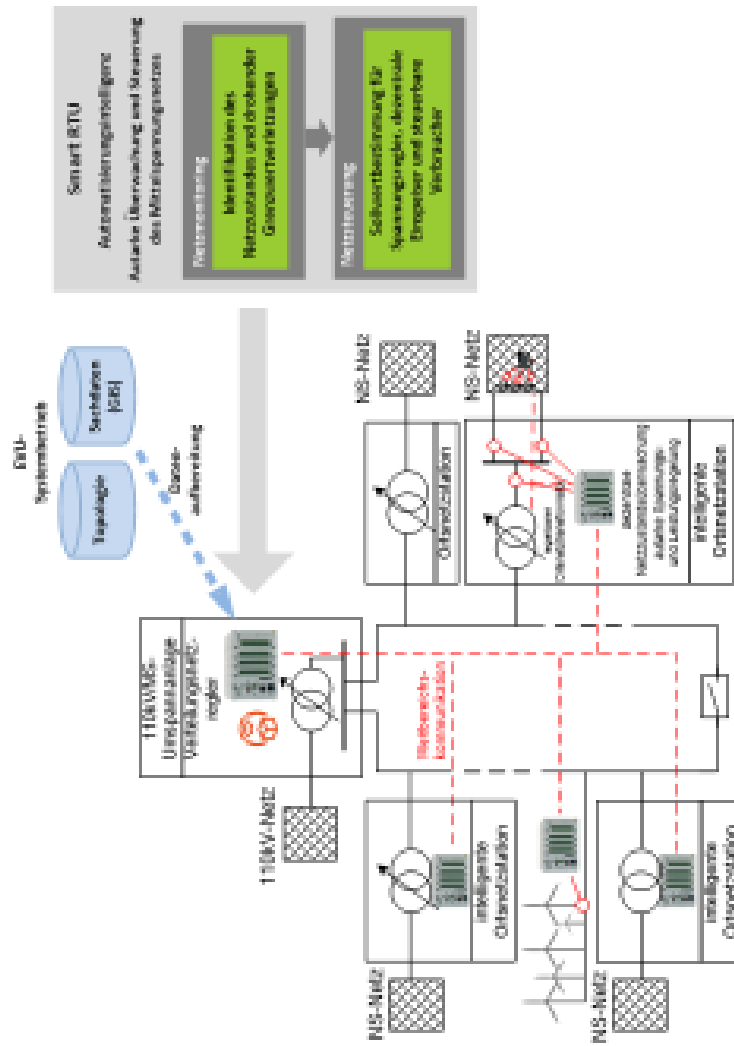


Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen
 Philippe Steimtsch

532



Konzept der dezentralen Netzautomatisierung in Mittelspannungsnetzen



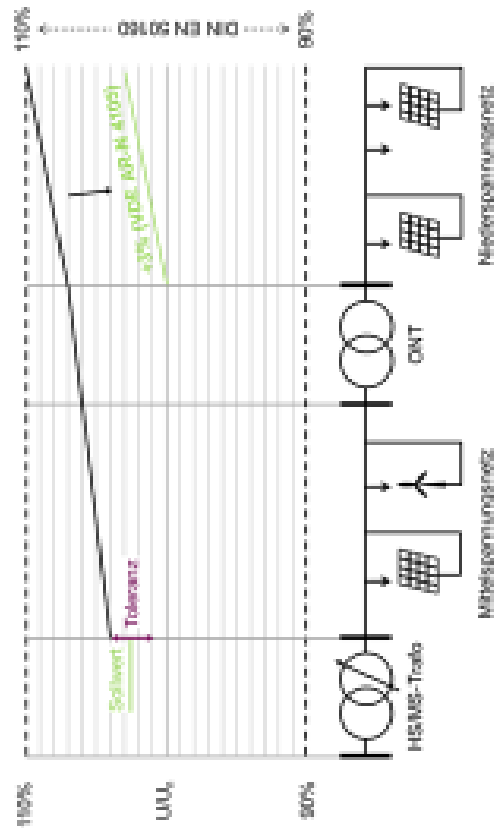
Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen
 Philippe Steimbach
 533

Regelungsoptionen im Mittelspannungsnetz

- Mögliche Aktoren zur direkten Spannungsregelung
 - Trafostufensteller der speisenden 110-kV/MS-Transformatoren
 - MS-Längsregler
- Mögliche Aktoren zur Wirk- und Blindleistungsregelung
 - Dezentrale Einspeiser (PV-Anlagen, BHKW, ...)
 - Steuerbare Lasten in Kundenanlagen
 - Speicher (PtG, Batteriespeicher, ...)
- Weitere Möglichkeiten
 - Änderung und Anpassung des Schaltzustands (Topologieoptimierung)

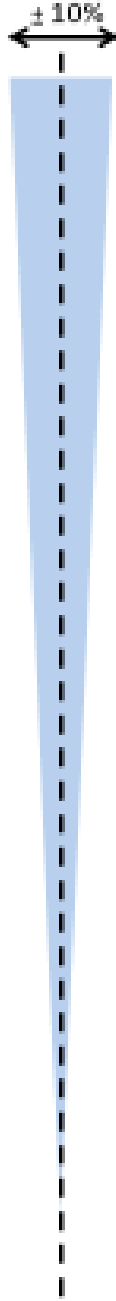
Herausforderungen bei der Spannungsregelung in Mittelspannungsnetzen

- Bei getrennter Betrachtung der Mittel- und Niederspannungsebene steht in der Mittelspannung nur ein sehr geringes Regelband zur Verfügung.
- Daraus ergibt sich die Anforderung an eine hohe Genauigkeit in der Zustandsschätzung der Netzspannung an den einzelnen Netzstationen.



Bedarf für eine Spannungsebenen- übergreifende Regelung

- Mittel- und Niederspannungsnetze beeinflussen sich gegenseitig (insb. ohne rONT)
- Es ist ein gemeinsames Spannungsband einzuhalten ($90\% U_n \leq U \leq 110\% U_n$)

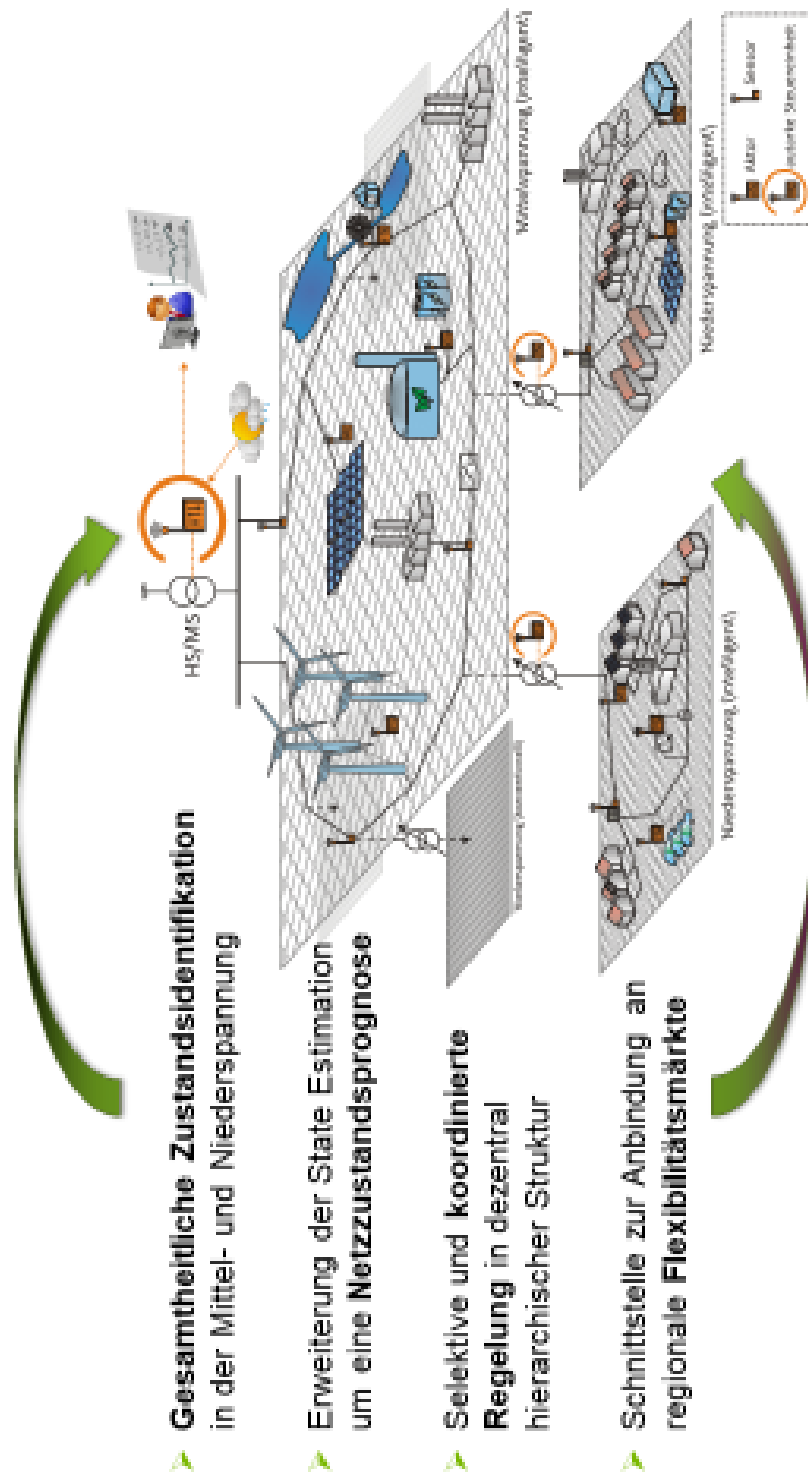


Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen
Philippe Steinhilber

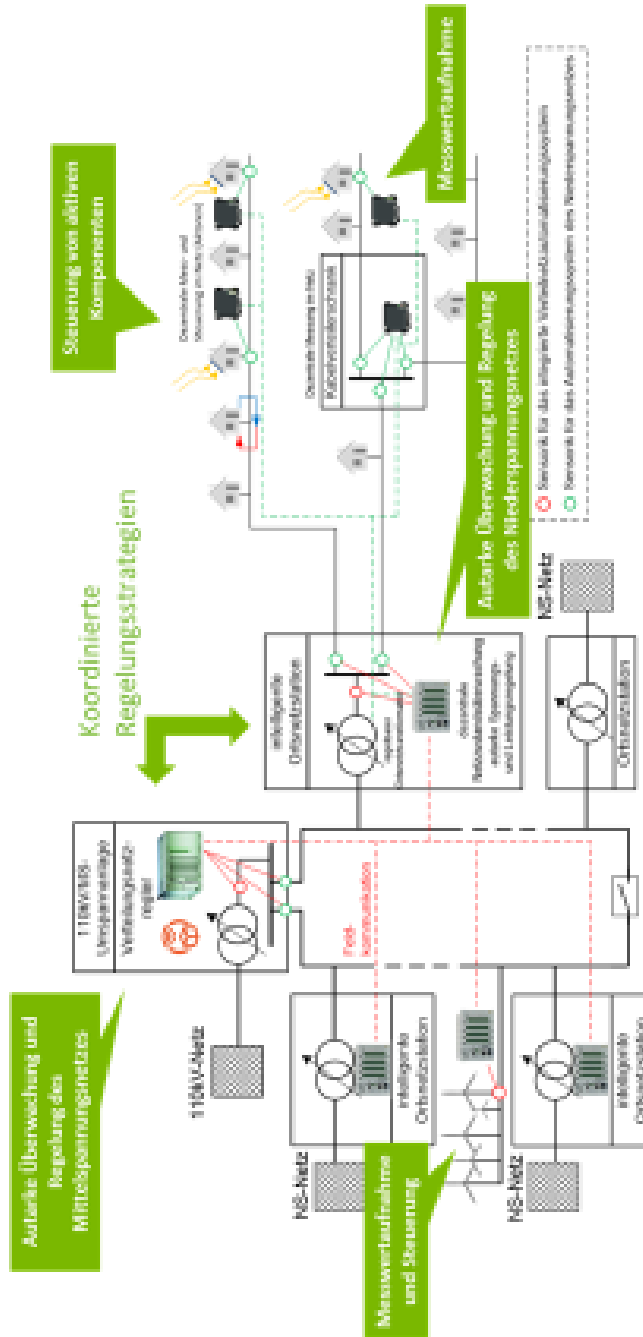
536



Ansatz: Verteilnetzebene als „Einheit“

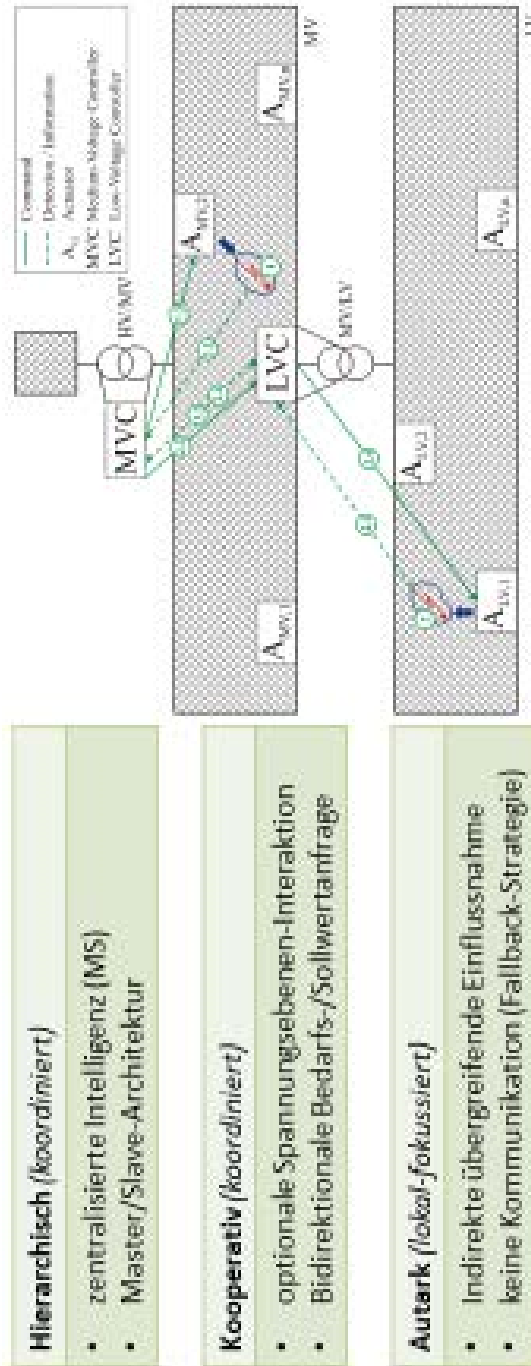


Systemarchitektur



- Autarker Regler für Mittelspannungsautomatisierung im HS/MS-Umspannwerk
- Einbindung bereits vorhandener Sensoren und Aktoren im Umspannwerk und im Netz
- NS-Automatisierungssystem verhalten sich aus Sicht des MS-Systems wie Sensoren und Aktoren (Kaskade)

Koordination: 3-stufiges Hierarchiekonzept



Smart Grid. Quo vadis?

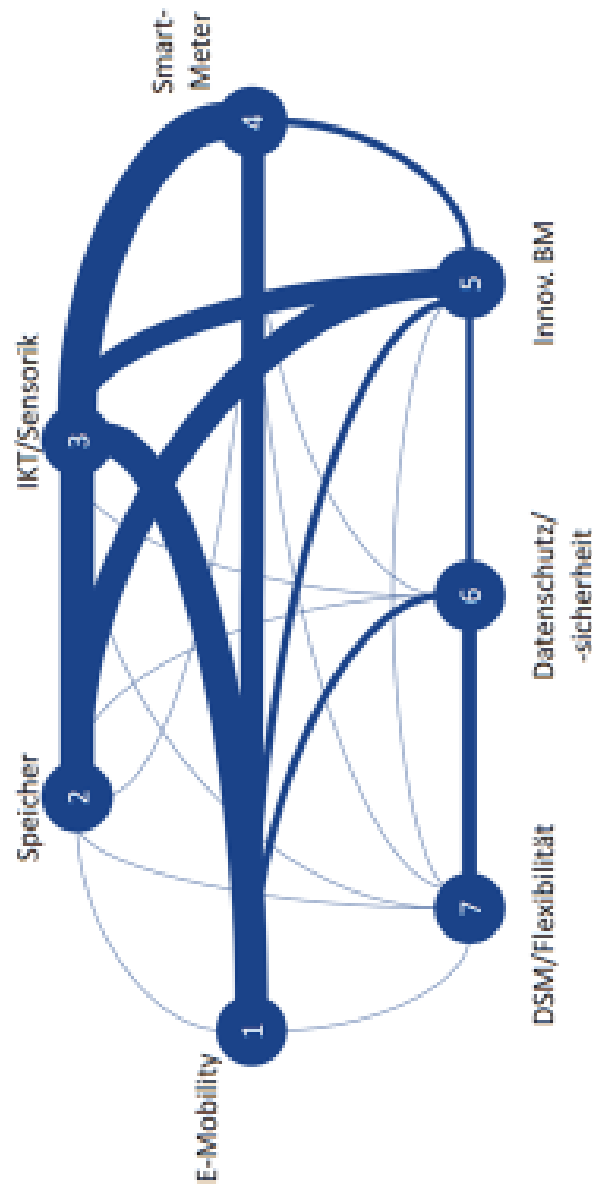
Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen
Philippe Sternhusch

S40



Smart Grid Entwicklung

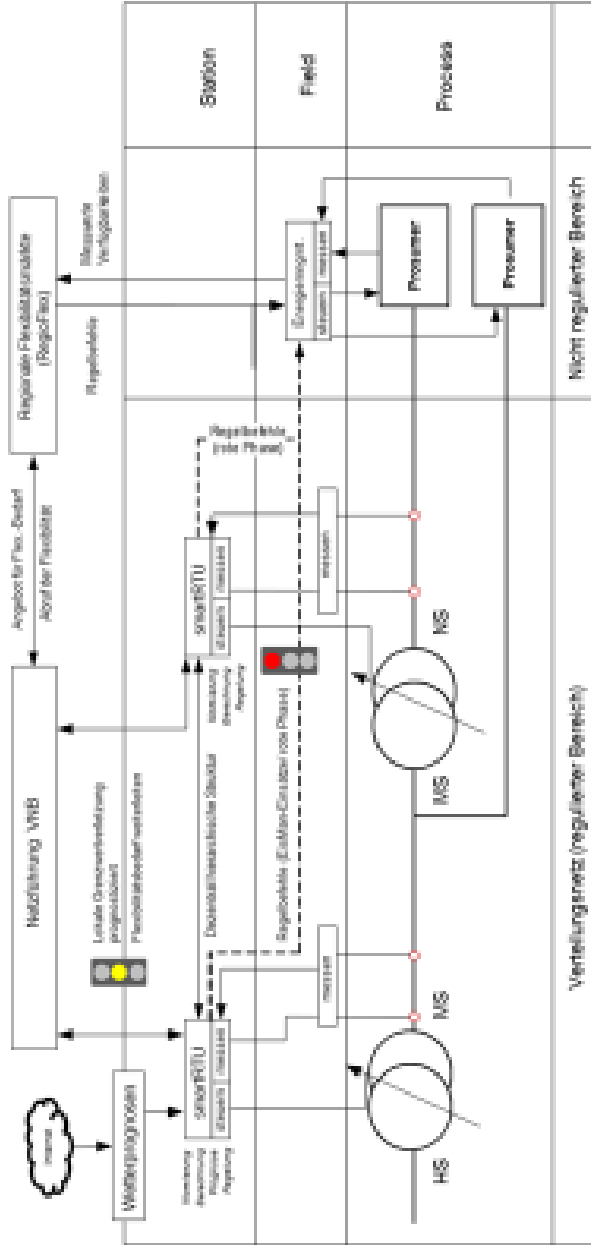
Vernetzung der Forschungsthemen



Zukünftige Applikationen (1)

- Prognose des Netzzustands (zukünftige Grenzwertverletzung) als notwendiger Baustein für regionale Flexibilitätsmärkte

Smart Market Ready



- Datenbasis und netzseitige Schnittstelle für die Entstehung regionaler Flexibilitätsmärkte
- Ausgestaltung der „gelben Ampelphase“ (BDEW Ampelkonzept)



Zukünftige Applikationen (1)

- **Prognose der Netzzustands (zukünftige Grenzwertverletzung) als notwendiger Baustein für regionale Flexibilitätsmärkte**
- **Automatische Erkennung/ Einbindung von neuen dezentralen Einspeisern und leistungsintensiven Verbrauchern (z. B. Elektrofahrzeuge)**
- **Probabilistische Topologieerkennung**

Plug&Automate – Wegbereiter für eine flächendeckende Verteilnetzautomation

- Derzeitige Systeme erfordern eine umfangreiche Projektierung und benötigen eine Vielzahl von statischen Parametern
- Projektierung und Inbetriebnahme:
 - Nicht vorhandene bzw. fehlerhafte statische Werte
- Änderungen der Parameter durch:
 - Umschaltmaßnahmen im Netz
 - Installation von neuen dezentralen Einspeisern bzw. Repowering
 - Verändertes Lastverhalten (Leistung & Profil)
- Manuelle Konfiguration/Aktualisierung der Parameter aufwendig und fehleranfällig



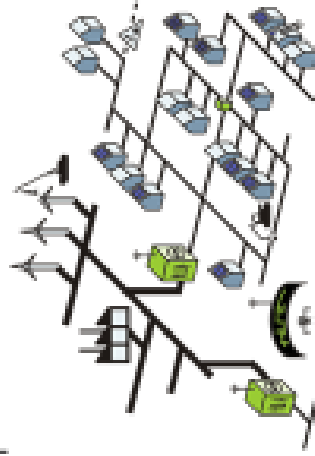
Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen
Philippe Steimbusch

S45



Green Access – Plug&Automate-Fähigkeiten für die Verteilnetzautomation

- Integration in ein übergeordnetes Automatisierungskonzept
- Reduktion der benötigten statischen Parameter
- Erweiterung der Überwachungs- und Regelungsalgorithmen:
 - Automatische Ermittlung von Topologieänderungen
 - Automatische Erkennung/Einbindung zusätzlicher dezentraler Einspeiser und leistungsstarker Verbraucher
- Aufwandsreduzierung
 - Projektlierung
 - Installation
 - Dynamische Re-Konfiguration



STROMNETZE

Forschungsgebiete der Bundesagentur

Gesetzgebungs-



entwird eine Bewertung der Netzwerke



Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen
Philippe Steinitz

S46



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

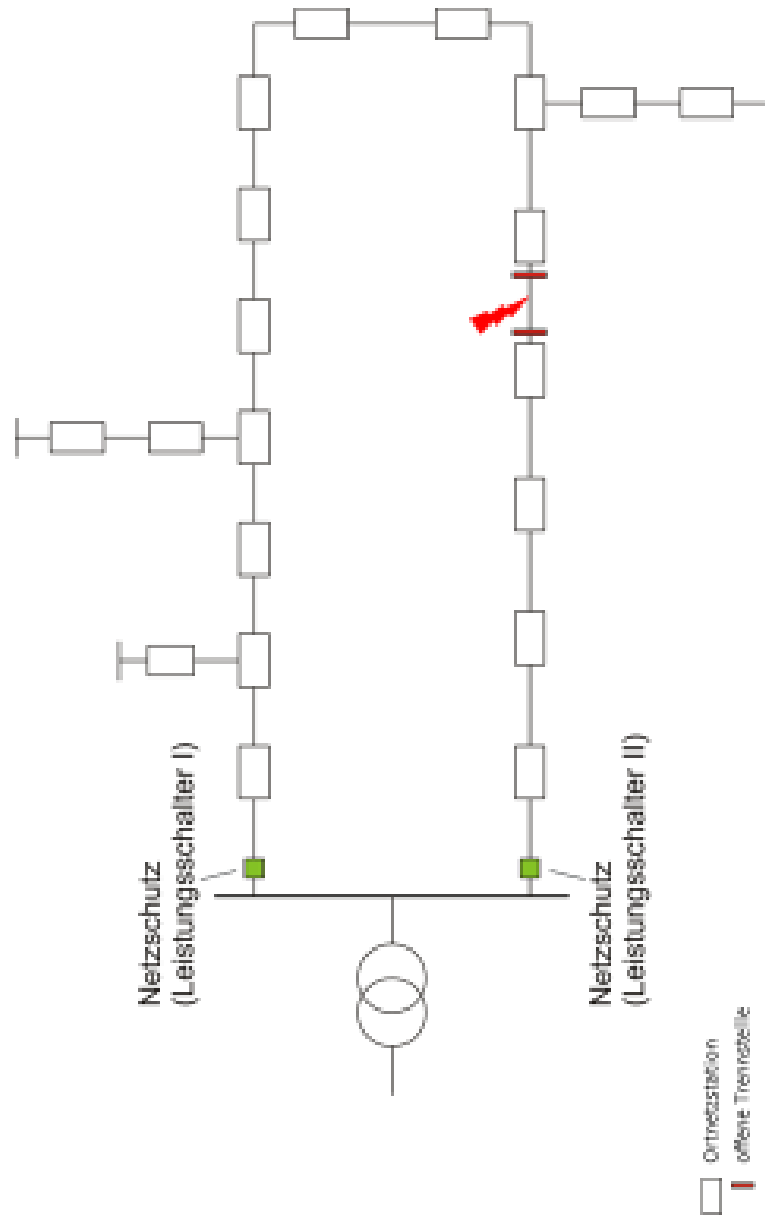
Zukünftige Applikationen (1)

- **Prognose der Netzstatus (zukünftige Grenzwertverletzung) als notwendiger Baustein für regionale Flexibilitätsmärkte**
- **Automatische Erkennung/ Einbindung von neuen dezentralen Einspeisern und leistungsintensiven Verbrauchern (z.B. Elektrofahrzeuge)**
- **Probabilistische Topologieerkennung**
- **Aktives Blindleistungsmanagement (z.B. Q@night)**
- **Spannungsqualitätsmessung (Flickerpegel, Oberschwingungen, Unsymmetrien usw.)**
- **Inselnetzbetrieb (μ Leitstelle im Inselnetz)**

Zukünftige Applikationen (2)

- Optimierung der Netztopologie und adaptive Schutzanpassung
 - Erhöhung der Netzeinspeisekapazität
 - Verlustminimierung
- Leistungsflusssteuerung mittels flexibler Drehstromübertragungssysteme (FACTS)
- Erkennung von Netzfehlern in Mittel- und Niederspannungsnetzen (Integration von Smart Metern, proaktive Störfalkommunikation)
- Intelligentes Störungsmanagement („Self-healing Grid“)

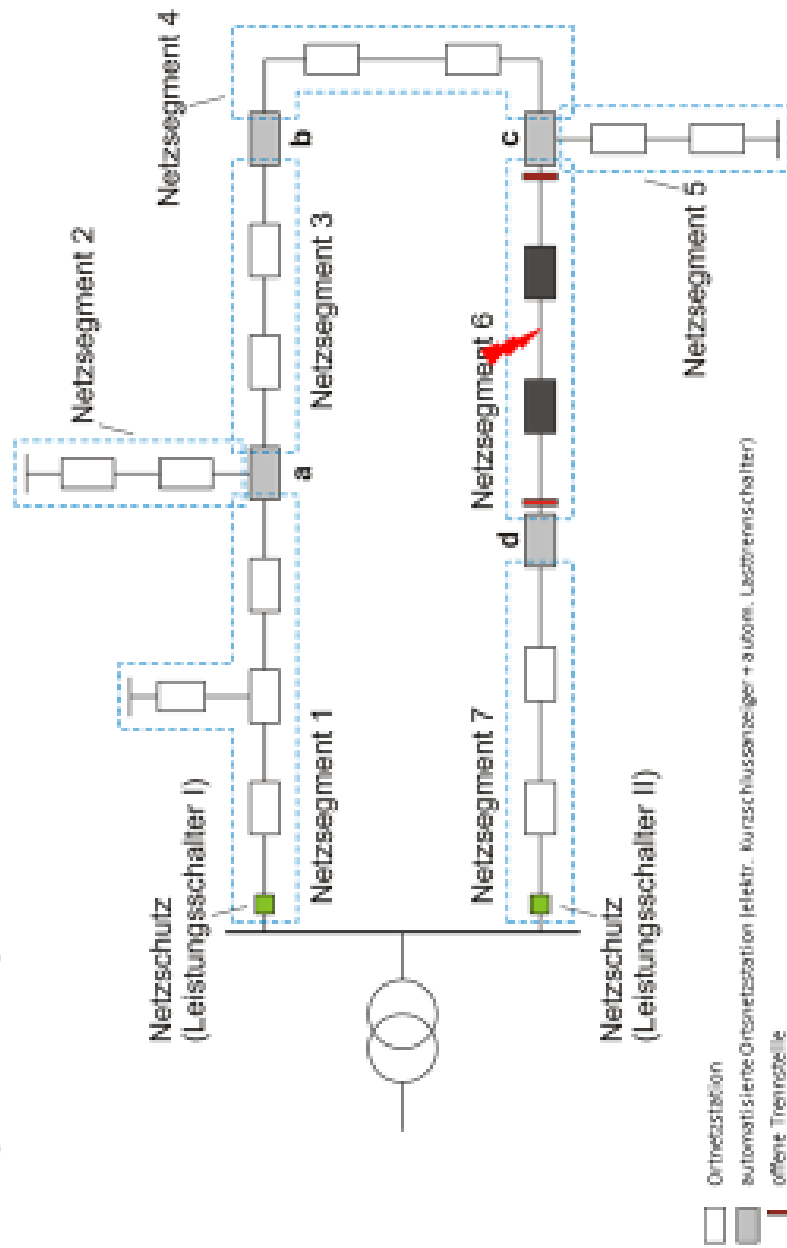
Klassisches Entstörungsverfahren ohne intelligente Ortsnetzstation



□ Ortsstation
 | offene Trennzelle

Intelligentes Störungsmanagement

Self-healing Grid



550

Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen
Philippe Steintusch

Zukünftige Applikationen (2)

- Optimierung der Netztopologie und adaptive Schutzanpassung
 - Erhöhung der Netzeinspeisekapazität
 - Verlustminimierung
- Leistungsflusssteuerung mittels flexibler Drehstromübertragungssysteme (FACTS)
- Erkennung von Netzfehlern (Integration von Smart Metern, proaktive Störfallkommunikation)
- Intelligentes Störungsmanagement („Self-healing Grid“)
- Sektorenkopplung (Strom, Gas, Wärme, Verkehr)
- Offene Systemplattformen ► Open Source



Agent.HyGrid – iNES als Energie-Agent

- Schaffung einer hardwareunabhängigen Softwarelösung
 - Zur Zeit unterschiedliche, proprietäre Smart Grid-Lösungen
 - Hindern gemeinsames Vorschreiten der Energiewende
 - Agent.HyGrid als nachhaltige Entwicklung auf Basis einer leistungsstarken Open-Source-Plattform (JADE)
- Aufbau hybrider Systeme
 - Dezentralisierung der Intelligenz
 - Nahtloser Übergang von Simulation zu Realität
 - Kopplung unterschiedlicher Energieformen (Strom, Gas, Wärme)
 - Integration Smart-Home-Automation
- iNES in Form eines Multiagentensystems
- Netzzustandsprognose

Agent.HyGrid – Agentenbasierte Leistungsflussberechnungen

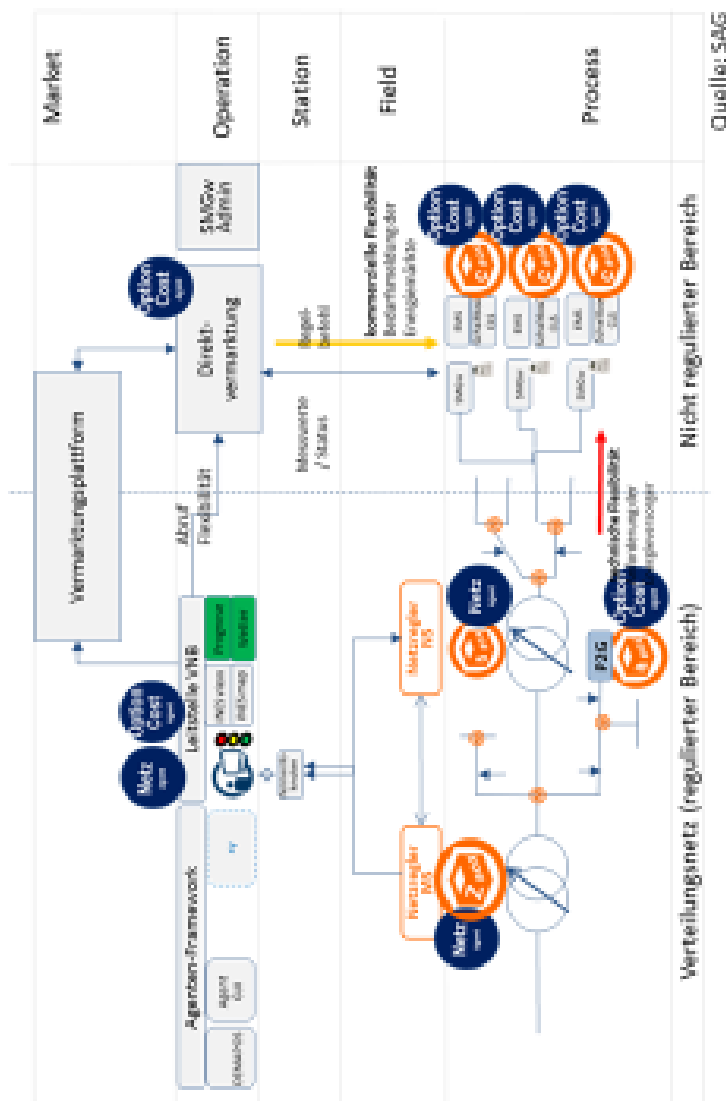
- Bildung autarker Netzgebiete
- Jedes Netzgebiet wird einem Agenten (Netzbezirksagent) zugeordnet
- Jeder Netzbezirksagent kann sein Netzgebiet überwachen
- Partielle Leistungsflussberechnung

Vorteile:

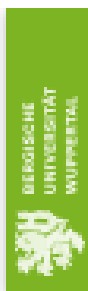
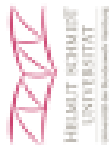
- Parallele Zustandsberechnung wesentlich schneller
- Dezentralisierung der Intelligenz
- Autarkie bei Ausfall der Kommunikation (Fallback-Strategie)
- Kooperative Regelstrategien



Multi-Agentennetz Agent.HyGrid: Ein System dezentraler Agenten mit lokalem Handlungsspielraum



Partner:



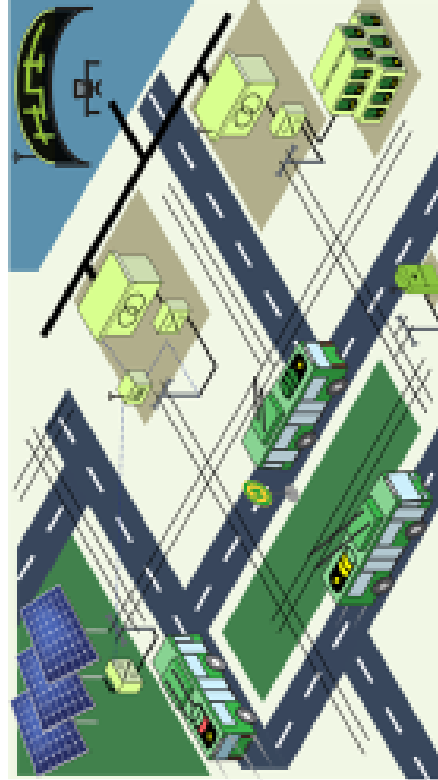
Beobachtbarkeit und Regelung von Verteilnetzen
Philippe Steinhilber

SS4

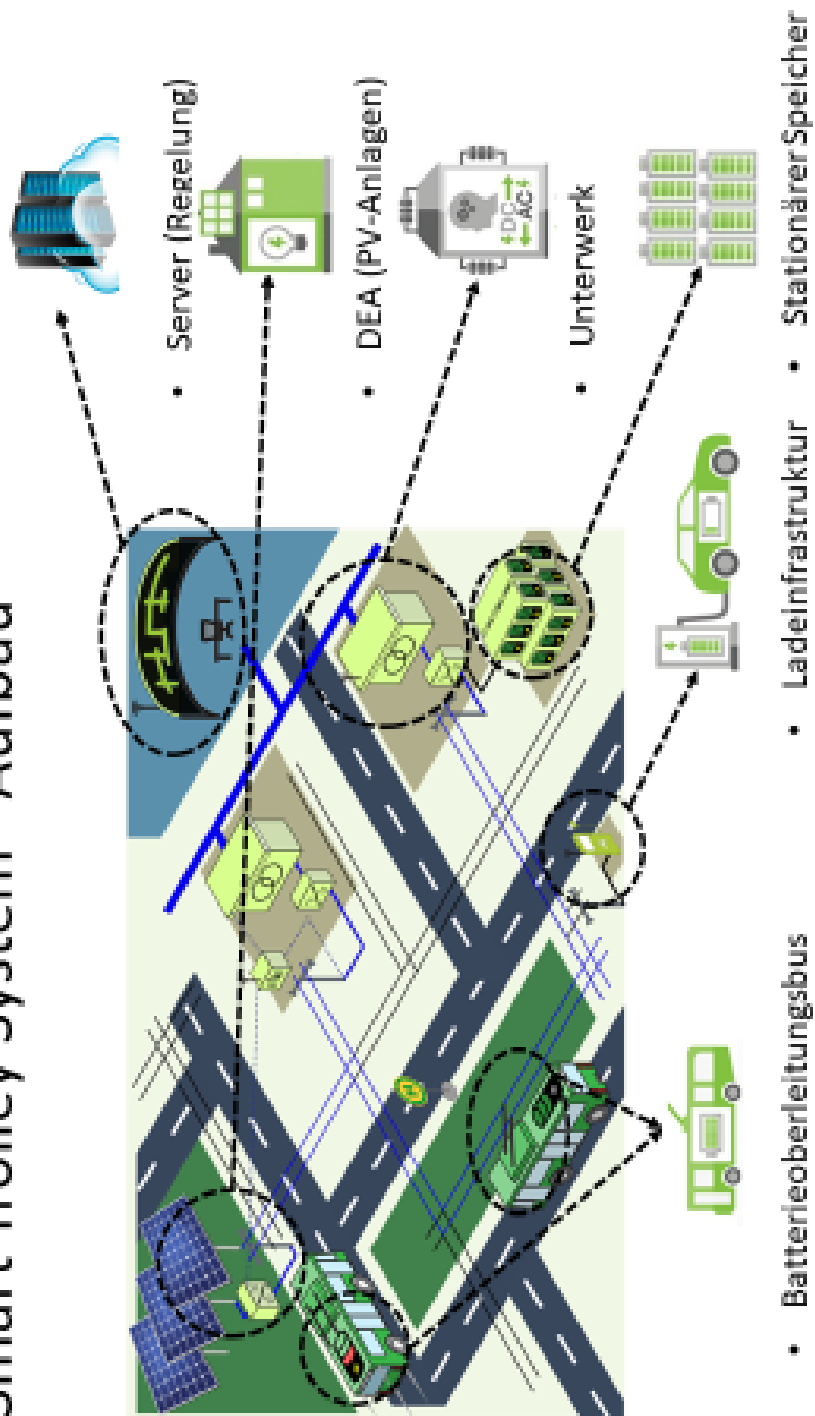
BOB Solingen

Mit dem Batterie-Oberleitungs-Bus (BOB) und der intelligenten Ladeinfrastruktur zum emissionsfreien ÖPNV

- Elektrifizierung des Solinger ÖPNV durch Kombination von bewährter Oberleitungsbus- und neuester Batterietechnologie im BOB
- Realisierung eines Smart Trolley System (STS)
 - Einbindung von volatiler erneuerbarer Energiequellen (z.B. PV-Anlagen)
 - Integration von Speichertechnologien (Elektromobilität bzw. stationäre Großspeicher)
 - Intelligente Steuerung aller Netzkomponenten im STS
- Intelligente Kopplung des vorgelagerten AC-Netzes und dem DC-Oberleitungsnetz
 - Optimierung der Auslastung der Infrastruktur (netzdienlicher Einsatz)
 - Marktanbindung zur Nutzung von Flexibilitäten (marktorientierter Einsatz)
 - Anpassung von Planungs- und Betriebskonzepten



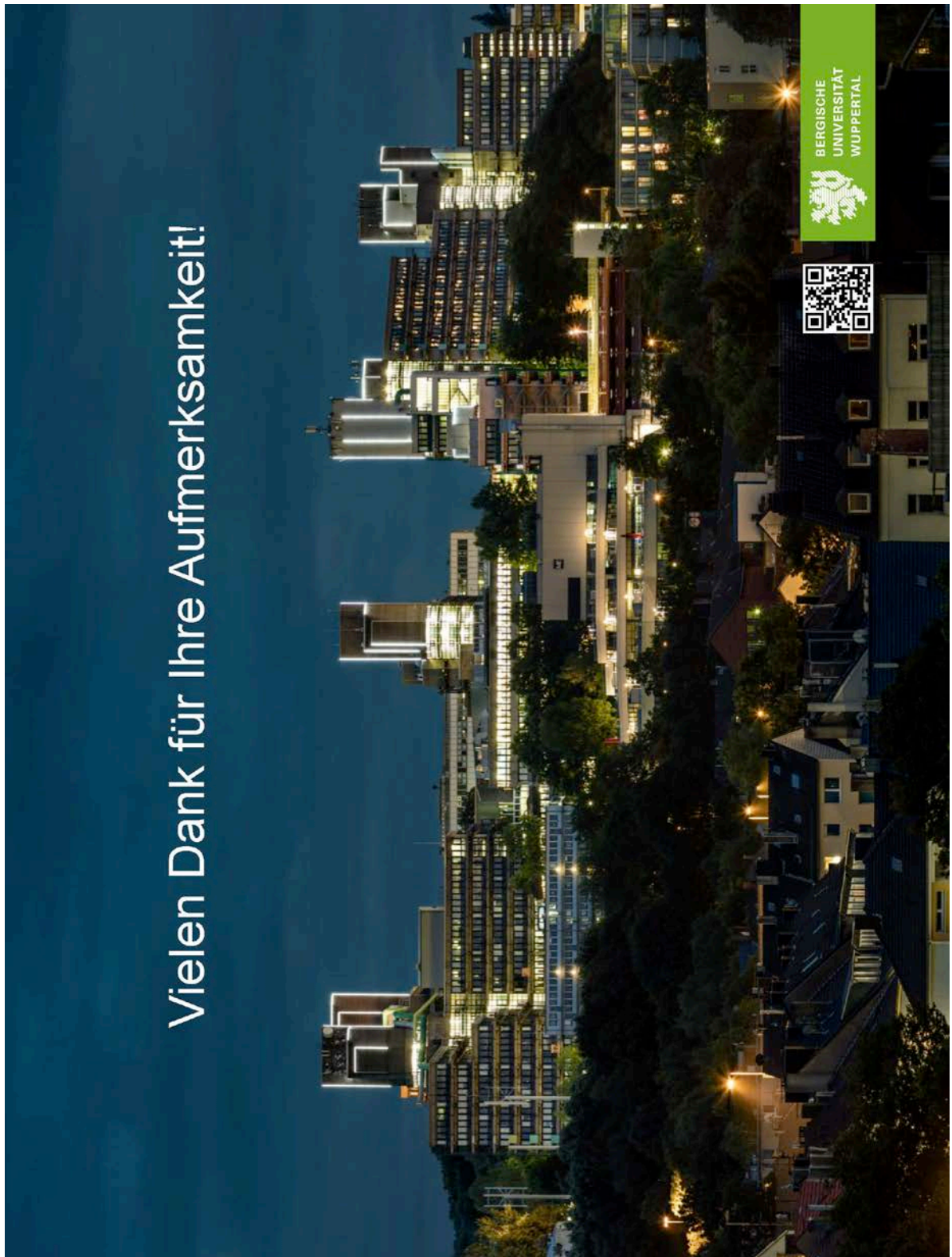
Smart Trolley System - Aufbau



Fazit



Quelle: Infineon, Forschungsprojekt „Energy To Smart Grid“



Technikbausteine und ihre Aufgaben

Wolfgang Friedrich

PHOENIX CONTACT Electronics GmbH



Phoenix Contact
Energie



Technikbausteine und ihre Aufgaben

Themen:

Stand der Technik

Von der Anforderung zur Lösung

Ausblick



Standortbestimmung:

Welche Anforderungen an Produkte und Lösungen ergeben sich?



3. JHR | 05.02.2019

Technikbausteine und ihre Aufgaben

Aktuelle Veröffentlichungen

- **2015 ETG/ITG/FNN Task Force**
„Schutz- u. Automatisierungstechnik in aktiven Energie- u. Verteilungsnetzen“
 - Beschreibung von Lösungskonzepten und Handlungsempfehlungen
- **2017 CIRED Working Group „Smart Secondary Substations“**
 - Technology Development an Distribution Systems Benefits

4 WPT | 05.02.2019



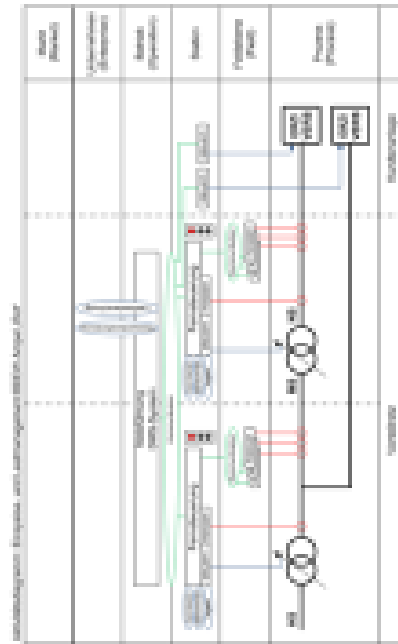
Technikbausteine und ihre Aufgaben

ETG/ITG/FNN Task Force

Identifizierte Lösungskonzepte auf Grundlage der Studie

- **Wartung und Instandhaltung (1)**
- **Optimierung der Grundsatz- und Ausbauplanung (1)**
- **Netzüberwachung (2)**
- **Spannungshaltung (7)**
- **Operatives Engpassmanagement (2)**
- **Koordination sowie Durchführung von Schaltmaßnahmen (2)**
- **Inselnetzbetrieb und Schwarzstartfähigkeit in Verteilungsnetzen (2)**
- **Entstörungsmanagement (5)**

5 WFR | 05.02.2019



Quelle: ETG - Task Force Anhang B, Automatisierungstechnik

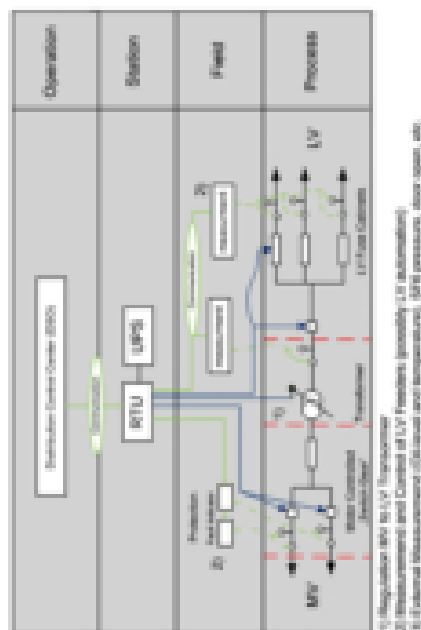


Technikbausteine und ihre Aufgaben

CIREC Working Group

Identifizierte Handlungsempfehlungen der Working Group

- Spannungsregelung in der Ortsnetzstation
- Messen in der Mittel- und Niederspannung mit konventionellen oder nicht konventionellen Wandlern
- Steuerung von Schaltgeräten in der Mittel- und Niederspannung
- Überwachung von Netzbetriebsmitteln
- Sichere Stromversorgung (UPS)
- Einsatz von modernen Übertragungstechniken über private oder öffentliche Kommunikationsnetze (LWL, Powerline, SHDSL oder Funk)



© WFP | 05.02.2019

Quelle: CIREC : Working Group on Smart Secondary Substations

Technikbausteine und ihre Aufgaben Themen:

Stand der Technik

Von der Anforderung zur Lösung

Ausblick



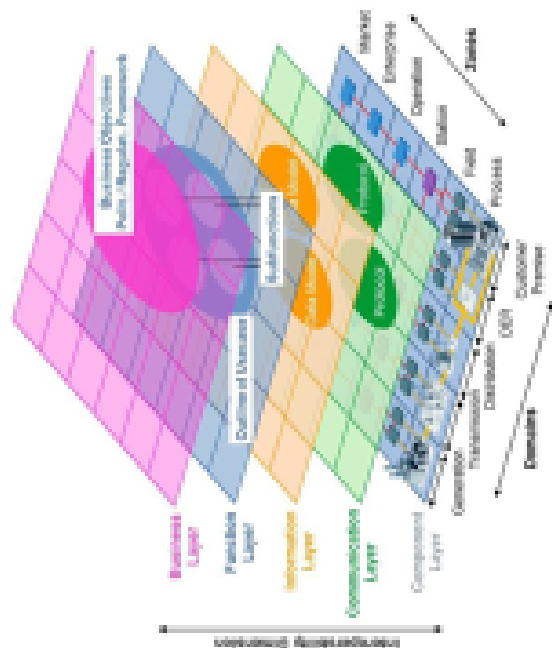
7. INF | 05.02.2019

Technikbausteine und ihre Aufgaben

Von der Anforderung zur Lösung

Der Weg von der Anforderung zur Lösung mit Hilfe des Smart Grid Architecture Model (SGAM)

- I. Definition des Geschäftsmodells für den Anwendungsfall
- II. Auswahl der Funktion (Algorithmus) für den Netzbetrieb
- III. Erstellen eines Datenmodells
- IV. Festlegen der Kommunikations- & Übertragungstechnik
- V. Auswahl der notwendigen Geräte



Quelle: Smart Grid Architecture Model IEC 62699-2

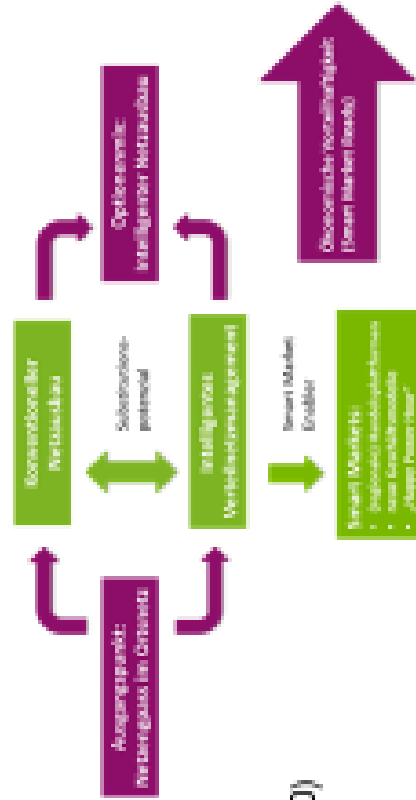


8 WPT | 05.02.2019

Technikbausteine und ihre Aufgaben

Von der Anforderung zur Lösung „Business Layer“

- Geschäftsmodell
 - Vermeidung von konventionellen Netzausbau durch Aufbau eines dezentralen intelligenten Verteilnetzmanagement
 - Definition der Anwendungsfälle (USE CASE)
 - Spannungs- und Blindleistungsregelung zur Einhaltung des Spannungsbandes (EN50160)
 - Engpassmanagement zur Vermeidung von Überlastungen bei den Netzbetriebsmitteln
 - Bereitstellung von Systemdienstleistungen für den vorgelagerten Netzbetreiber



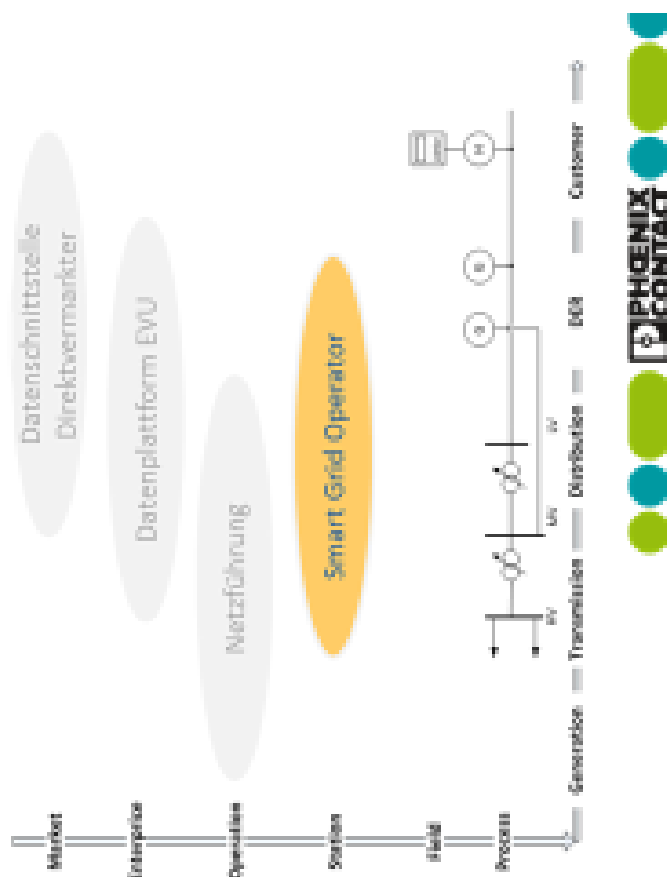
9 WPE | 05.02.2019

Quelle: BUW Berechnung von Flexibilität durch das Netz


Technikbausteine und ihre Aufgaben

Von der Anforderung zur Lösung „Function Layer“

- **Funktionalität**
 - Kurzschluss- und Erdschlusserfassung
 - Netzüberwachung
 - Steuerung von Netzbetriebsmitteln
 - Spannungsregelung
 - Blindleistungsregelung
 - Spannungsebenen übergreifende Regelung
 - Bereitstellung von Systemdienstleistungen
 - Regelung von Kundenanlagen
 - Inselnetzbetrieb
 - Netzwiederaufbau in der Insel nach Schwarzfall



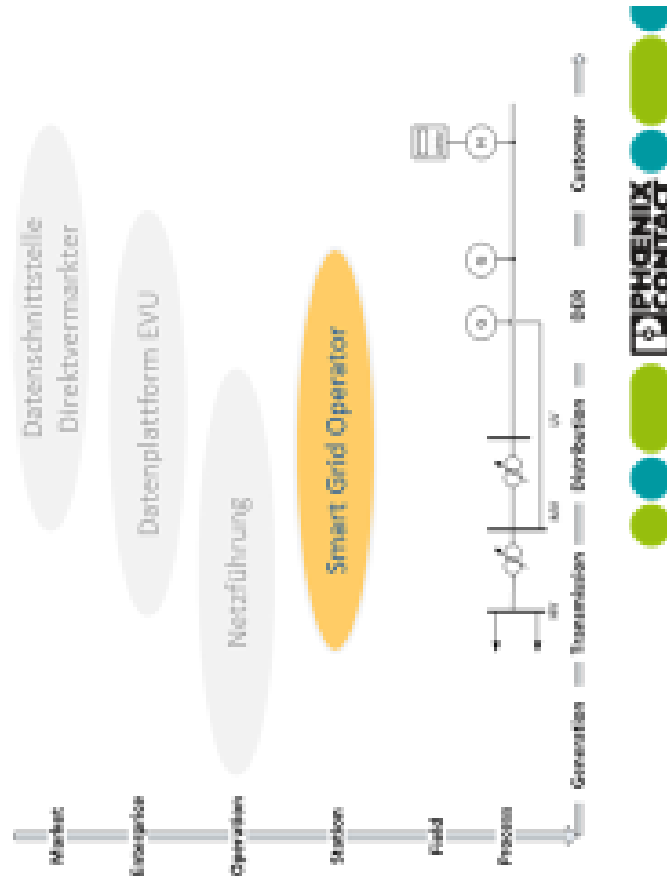
18 WPT | 05.02.2019

Technikbausteine und ihre Aufgaben

Beispiel: Detailspezifikation „Spannungsregelung“

Anforderungen:

- an die Messtechnik zur Erfassung von Betriebsmesswerten in Echtzeit
 - Auflösung, Genauigkeit, Zykluszeiten, Filter
 - Automatisches Erkennen der Netztopologie
 - Übertragungszeiten in Melderrichtung
- an die Funktion des Algorithmus
 - Robustheit der Funktion gegenüber Geräte- oder Kommunikationsstörungen
 - Plug- und Automatafähigkeit von Sensoren und Aktoren
- an die Steuerung von Betriebsmittel
 - Regelbarer Transformator oder Schaltgeräten
 - Übertragungszeiten in Stellerrichtung



11 WRS | 05.02.2019

Technikbausteine und ihre Aufgaben

Beispiel: mögliche Netzbetriebsmittel

- **Regelbare Transformatoren in der Mittel- und Niederspannung**
 - Ansteuerung Höher (▲) – Tiefer (▼)
 - Rückmeldung Stufe (1...n)
- **Längsregelung (regelbare Komponenten im Verteilnetz)**
 - Ansteuerung über Sollwert „Q“
 - Rückmeldung Istwert „Q“
- **Blind- oder Wirkleistungsregelung in der Kundenanlage**
 - Ansteuerung Wechselrichter über Sollwert P oder Q
 - Rückmeldung Istwert P und Q am Netzzanschlusspunkt
- **Steuerung Schaltgeräten**
 - Änderung der Schalttopologie durch öffnen oder schließen von Lasttrennern

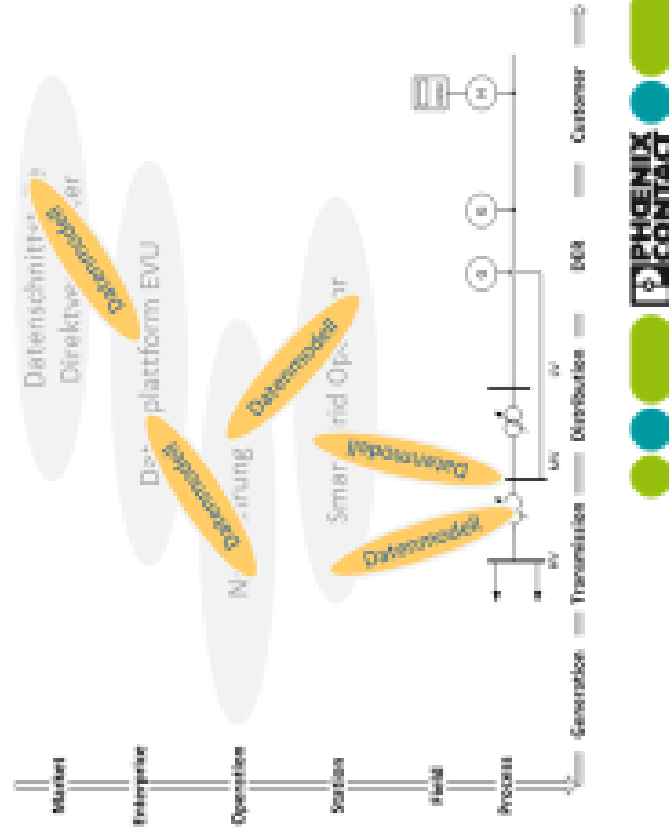


12 WPT | 05.02.2019

Technikbausteine und ihre Aufgaben

Von der Anforderung zur Lösung „Information Layer“

- **Allgemeine Festlegungen für die Funktion:**
 - Welche Informationen werden benötigt?
 - Welche Informationen werden an welcher Stelle „Algorithmus, Netzführung oder Archivierung“ benötigt?
 - Welche Informationen werden für andere Geschäftsbereiche (Digitalisierung) benötigt?
- **Spezifische Festlegungen zum Datenmodell:**
 - Wie sollen Störungen von Geräten oder Kommunikationsverbindungen erfasst, bewertet und gemeldet werden?



13 WPE | 05.02.2019

Technikbausteine und ihre Aufgaben

Beispiel: Definition möglicher Szenarien

- Informationswege
- Art der Übertragung
- Funktion Normalbetrieb
- Funktion im Störfall

Id.	Szenario Name	Primärer Actor	Triggering Event	Prozession	Final-Condition
001	Überwachung Historie	Person	Person	System in Normalbetrieb	System im Normalbetrieb
002	Erfassung der Messwerte laut einer Ablesung mit Hilfe von abgesetzten Behältern	System	Zyklisch oder Sperre	Einzelne Messwerte sind gesammelt und werden der Historie übergeben. Vom Messwert wird eine Messung erstellt.	Der Messwert überlebt am nächsten Morgen.
003	Manuelle Übertragung des Messwertes	Person	Manuelle Übertragung	Der übertragene Messwert wird in der Historie gespeichert. Der Messwert wird in der Historie gespeichert.	Ein Ereignis über den Messwert ist nicht erforderlich.
004	Übertragung von Betriebs- und Störzuständen	Person	Person	In der Anlage liegen die Anlagen vor die über den Messwert der Historie gespeichert werden.	System im Normalbetrieb
005	Erfassung und Übertragung von Messwerten	System	Person	Auf Grund von Messwert werden die Anlagen vor die über den Messwert der Historie gespeichert werden.	System im Normalbetrieb
006	Detektieren von Störungen	Person	Person	Die Anlagen vor die über den Messwert der Historie gespeichert werden werden in der Anlage vor die über den Messwert der Historie gespeichert werden.	System im Normalbetrieb

Technikbausteine und ihre Aufgaben

Beispiel: Informationsaustausch je Szenario

- In Melde- und Steuerrichtung zwischen Quellen und Senken
- wie die Übertragung der Informationen erfolgt spontan, zyklisch bzw. mit oder ohne Zeitstempel

Typ	Produkt	Produktions-Produktionsart	Produktions-Produktionsart	Produktions-Produktionsart	Produktions-Produktionsart	Produktions-Produktionsart	Produktions-Produktionsart
1	Strom	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung
2	Wärme	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung
3	Wärme	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung
4	Wärme	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung
5	Wärme	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung	Erzeugung



15 WPR | 05.02.2019

Technikbausteine und ihre Aufgaben Beispiel: Qualitätskennzeichen

- Überwachungsrichtung
 - Signalisierung von Geräte-, Prozess- und Kommunikationsstörungen bei der Übertragung von Meldungen und Messwerten
- Steuerrichtung
 - Überwachung von Befehlen und Sollwerten auf Plausibilität

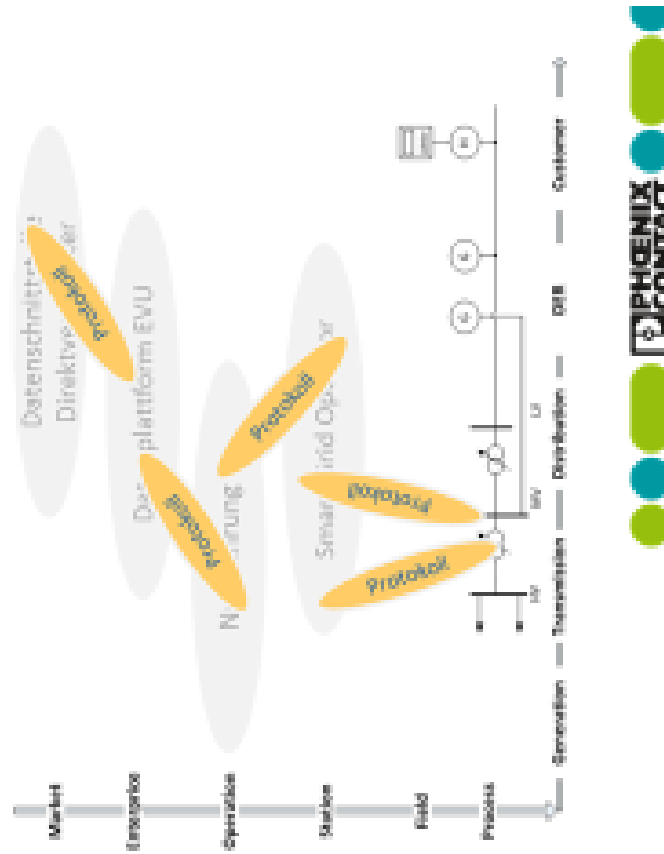
Name der Information (ID)	Kategorie der Information (Kategorie)	Beispiel für Daten	Beispiel für Informationen
Verfahrensbefehl	Steuerung	<p>Die Zahl der in Betrieb genommenen Erzeugerleistungseinheiten (Erzeugerleistung) ist ein Messwert, der die Leistung des Erzeugers anzeigt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p> <p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p>	<p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p> <p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p>
Messwert	Überwachung	<p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p> <p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p>	<p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p> <p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p>
Messwert	Überwachung	<p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p> <p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p>	<p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p> <p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p>
Messwert	Überwachung	<p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p> <p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p>	<p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p> <p>Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt. Ein solches Messwertfeld ist ein Beispiel für eine Information, die ein Steuerbaustein an einen anderen überträgt.</p>



Technikbausteine und ihre Aufgaben

Von der Anforderung zur Lösung „Communication Layer“

- **Übertragungseinrichtung**
 - Welche Übertragungsverbindungen (Kabel, Lichtwellenleiter, Funk oder Powerline) werden für die angedachte Funktionalität benötigt?
- **Kommunikationsprotokolle**
 - Welche Kommunikationsverfahren kommen für die Prozesskommunikation, das Zeitsetzen und den Servicezugang zum Einsatz?
- **Informationssicherheit**
 - Welche Rahmenbedingungen sind für die vorgesehene Anwendung einzuhalten?



17 MPB | 05.02.2019



Technikbausteine und ihre Aufgaben

Beispiel: Übertragungstechnik

Welche technischen Mindestanforderungen für die Umsetzung des Algorithmus gibt es?

- Bandbreite und Latenzzeit
- Verfügbarkeit (MTBF Zeiten)
- Informationssicherheit (Härtung)
- Device-Management (Patch- und Update)
-

Welche wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind einzuhalten?

- Beschaffung und Folgekosten über den Betriebszeitraum der Übertragungstechnik



18 WPT | 05.02.2019



Technikbausteine und ihre Aufgaben

Beispiel: Kommunikationsprotokolle

Datenübertragung von Prozessinformationen (a)

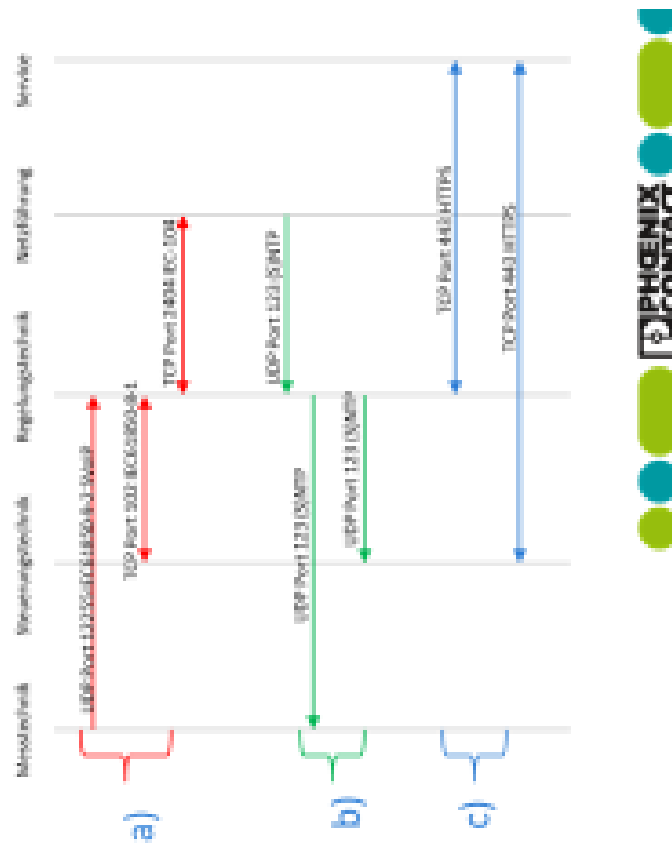
- IEC 60870-5-104
- IEC 61850

Zeitsetzen (b)

- Netzwerk Time Protokoll (NTP)

Konfiguration, Service, ... (c)

- HTTPS



Technikbausteine und ihre Aufgaben

Beispiel: Informationssicherheit

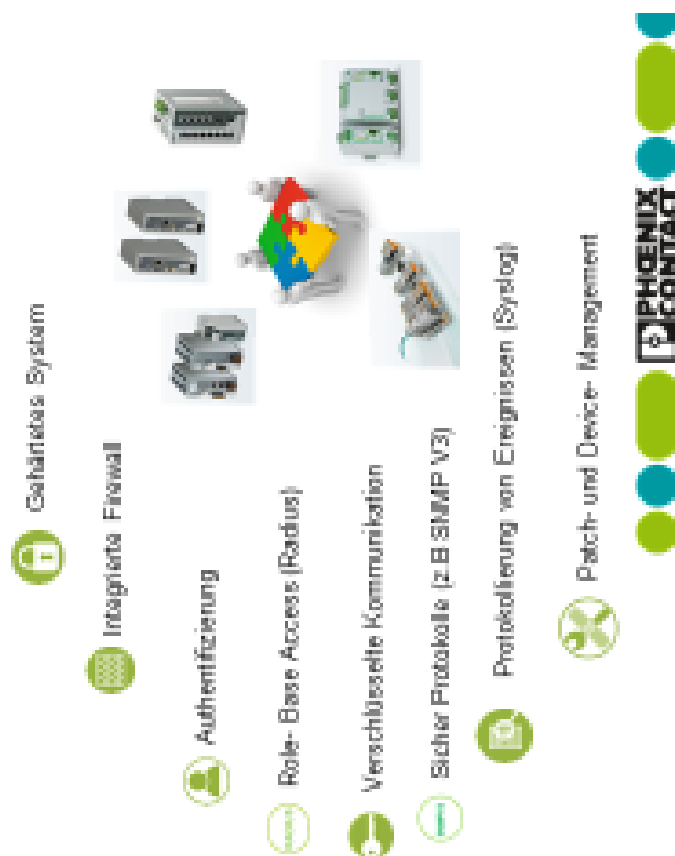
Was ist Bestandteil der IT-Sicherheit?

- der physikalische Anlagenschutz
- die Netzwerksicherheit
- die Sicherheit der System- und Übertragungstechnik
- die Systemintegrität

Wie wird der Nachweis erbracht?

- IT Sicherheitsrichtlinie für die Produktentwicklung und – abwicklung (IEC 62443)
- Sicherheitshandbuch für die Anwendung
- Sicherheitsaudit für die Anwendung durch einen unabhängigen Prüfer

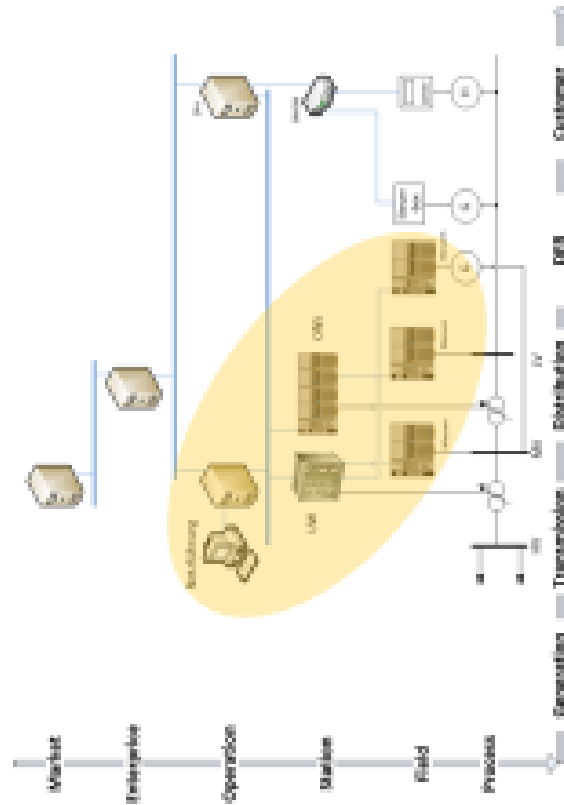
28.11.19 | 05.02.2019



Technikbausteine und ihre Aufgaben

Von der Anforderung zur Lösung „Component Layer“

- Anforderungen an die Geräte
 - der Fernwirk- und Automatisierungstechnik
 - Mess- und Steuerungstechnik
 - der Netzwerk- und Übertragungstechnik
 - Modem, Router und Switches
- zur Sicherstellung der Stromversorgung der Geräte bei Bedarf auch nach einem Spannungsausfall
 - Unterbrechungsfreie Stromversorgung mit Batterie oder Kondensatorspeicher



Technikbausteine und ihre Aufgaben

Beispiel: Anforderung an die Gerätetechnik

- **Wirtschaftliche Lösung** über die Betriebsdauer des Systems
- **Zuverlässigen Bezug** auf Verfügbarkeit, Informationssicherheit, Qualität und Umwelteigenschaften auf Grundlage der Normen für den Einsatzbereich
- **Netzwerkfähig** durch Verwendung von internationalen Kommunikationsstandards
- **Prozessgerecht** durch optimale Anpassung an die vorhandenen Prozessschnittstellen bzw. Echtzeitfähigkeit
- **Flexibel** erweiterbar ohne Verlust der Projektierungsdaten bei einem Systemwechsel
- **Offen** durch flexible und sichere Kommunikation über unterschiedliche Übertragungssystem und Protokolle
- **Servicefreundlich**, einfaches Engineering, Patch- und Updatefähigkeit sowie Diagnose des Systems



22.01.2019 | 05.02.2019

Technikbausteine und ihre Aufgaben

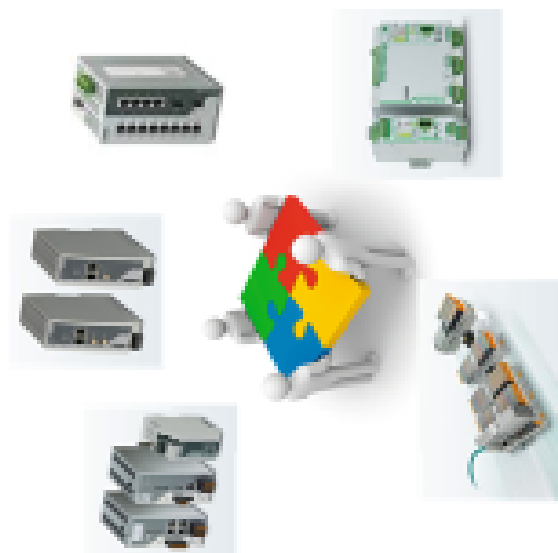
Beispiel: Umweltanforderungen an die Geräte

Umwelteigenschaften nach IEC60068

- Temperatur
- Feuchte
- Mechanik (IEC 60255-21)
- Schock
- Vibration

Anforderungen an die Geräte beim Einbau in M_S-Anlagen (EMV)
(IEC 61850-3 „G“ MV bzw. IEC61000, IEC60255, IEC60870)

- Geräte allgemein
- Stromversorgung
- Kommunikationsschnittstellen
- Ein- Ausgabebaugruppen

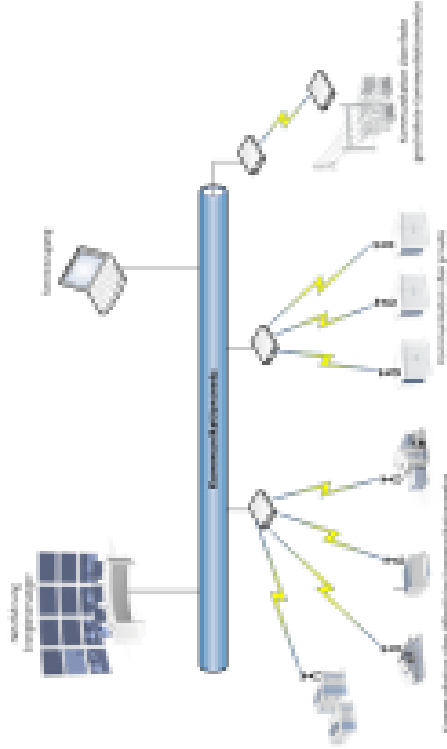


23 WFB | 05.02.2019

Technikbausteine und ihre Aufgaben

Beispiel: Anforderungen an das Engineering

- Bereitstellung eines
 - Offlinewerkzeuges zu Erstellung und Änderung von bestehenden Konfiguration
 - eines zentralen Device- und Patch- Managements
 - zur Unterstützung des Betriebspersonals im Servicefall
 - für Firmware und Konfigurationsdaten
 - für Sicherheitspatches,
 - zur Auswertung von Logbüchern und Archivdaten



Technikbausteine und ihre Aufgaben

Themen:

Stand der Technik

Von der Anforderung zur Lösung

Ausblick



28.09.18 | 05.02.2019

Technikbausteine und ihre Aufgaben

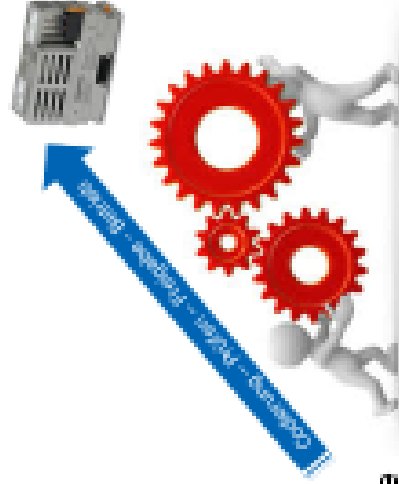
Beispiel: automatische Codeübernahme

Anforderung

- Automatisierungssysteme sollten in der Lage sein, neben eigenen Programmen auch geprüfte Fremdsoftware einbinden zu können

Lösung am Beispiel MATLAB Simulink

- Erstellung eines neuen Anwendungsprogramm in der Testumgebung
- Prüfen der Anwendung gegen eine Referenzarchitektur
- Automatische Codeübernahme ins Automatisierungssystem
- Prüfen der Anwendung im Automatisierungssystem über eine definierte Protokollschnittstelle gegen die Referenzarchitektur der Testumgebung
- Freigabe der Anwendung für den Netzbetrieb
- Automatisierte Nachprüfung bei Firmware- und Funktionsupdate oder nach Änderung der Referenzarchitektur



26 WPT | 05.02.2019



Technikbausteine und ihre Aufgaben

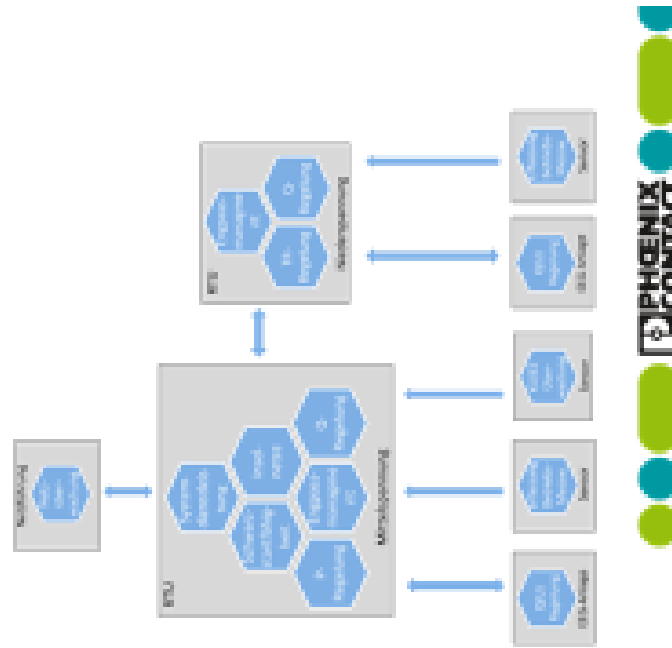
Ausblick

Wo stehen wir heute?

- Erste Betriebsergebnisse aus Pilotanwendungen zeigen das intelligente Lösungen in vielen Fällen wirtschaftlicher als ein konventioneller Netzausbau sein können.

Welche Trends sind erkennbar?

- Betriebs- und Planungsprozesse bei den Netzbetreibern ändern sich.
- Es werden verstärkt intelligente Lösungen bei der Netzplanung mit einbezogen.
- Der Bedarf an zusätzlichen Informationen aus dem Verteilungsnetz steigt.
- Durch die Standardisierung von Funktionen, Datenmodellen und Prüfabläufen können die Aufwände für das Engineering gesenkt werden



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Lassen Sie uns die Zukunft gemeinsam gestalten!



Wolfgang Friedrich PoC E, Drogenauer Straße 26, D-31812 Bad Pyrmont
38 1078 | 05.02.2019



Lademanagement für Elektrofahrzeuge

Evgeny Schnittmann, M. Sc.

Bergische Universität Wuppertal

BUW Seminar „Smart Grids“
Planung und Betrieb intelligenter
Verteilnetze

Lademanagement für
Elektrofahrzeuge

Evgeny Schnittmann

05. Februar 2019



Lademanagement für Elektrofahrzeuge
Evgeny Schnittmann | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

Themen

- 1. Motivation
- 2. Netzauswirkungen der E-Mobilität
- 3. Intelligentes Lademanagement
- 4. Ladeflexibilität im Gesamtsystem
- 5. Zusammenfassung & Ausblick

Motivation

Energiewende – Umweltverträglichkeit

CO₂-Emissionen



Feinstaub, NO_x

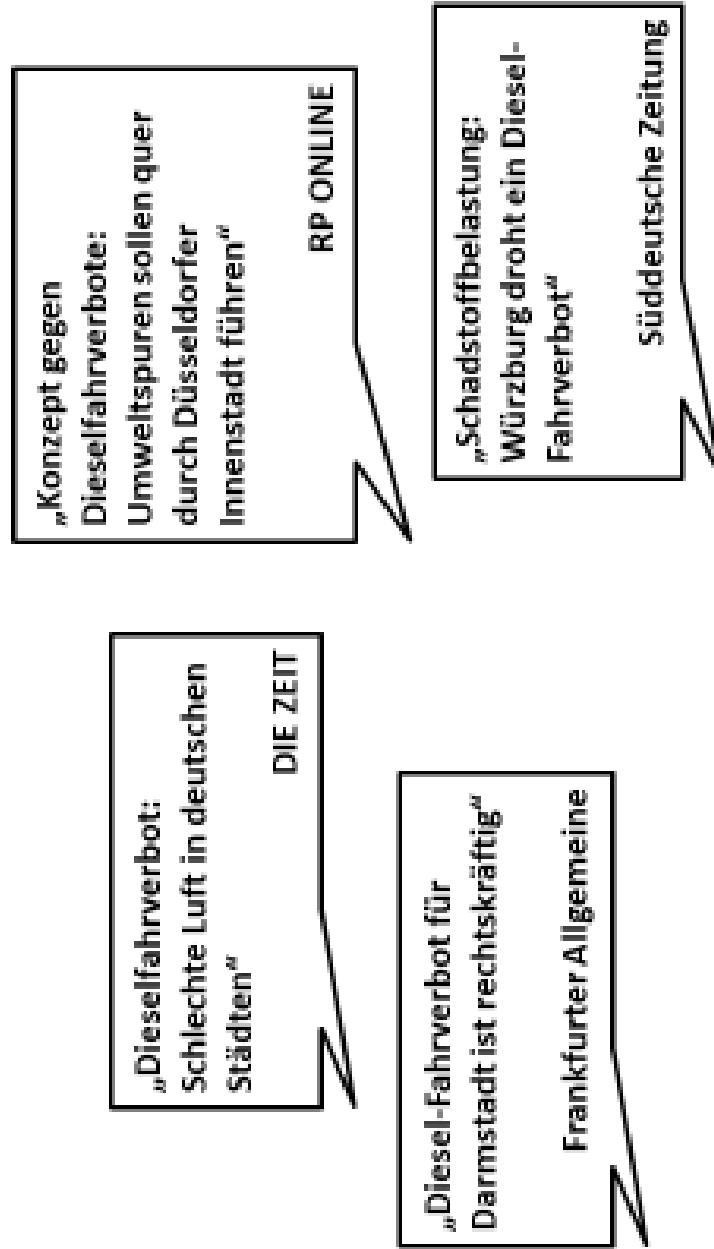


Ressourcenendlichkeit



Motivation

Energiewende – Umweltverträglichkeit

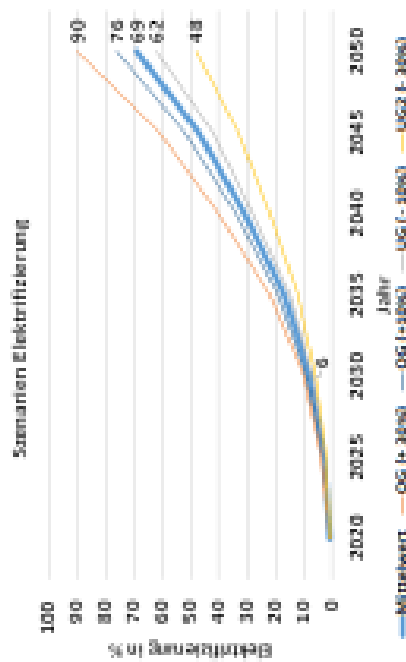


Motivation

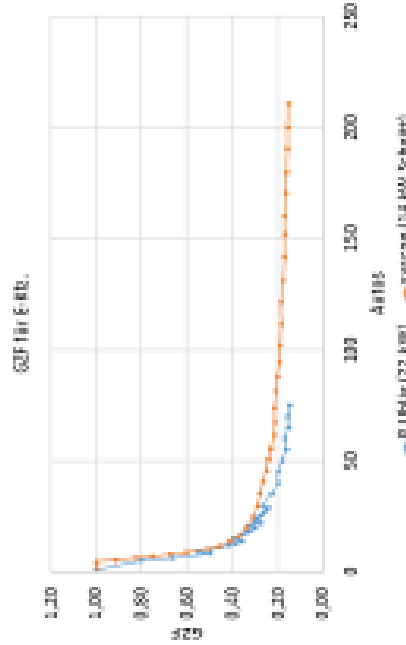
Voraussichtliche Entwicklung der Elektromobilität

Veränderungen auf der Verbraucherseite:
Wachsende Anzahl leistungsintensiver Verbraucher (wie E-Fahrzeuge)

Nur geringe Abnahme des
Gleichzeitigkeitsfaktor ab bestimmter Marktdurchdringung



Quelle: Fraunhofer IEE, Prognose
 EMISSIONEN DER ENERGIEERZEUGUNG
 IN DEUTSCHLAND 2010-2050
 Langfristige Szenarien für die Energieerzeugung
 und den Verbrauch von Strom bis zum Jahr 2050, 2018
 Fraunhofer IEE
 The content was prepared by: The Boston Consulting Group



„Diversityfaktor“ – Maß für unkorrelierte Abweichung im gegl. Lastverhaltensniveau eines (Fahrgastkollektivs)
 Dr. rer. nat. Christian Bruns, E.ON Energy Research Center (ERC), 2015, 2018
 „Ausgang der Lastkurven für elektrische Hochleistungs- und -leistungsstarke“
 v. Christoph Wiedemann, 2017

Lademangement für Elektrofahrzeuge
 Evgeny Schmittmann | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

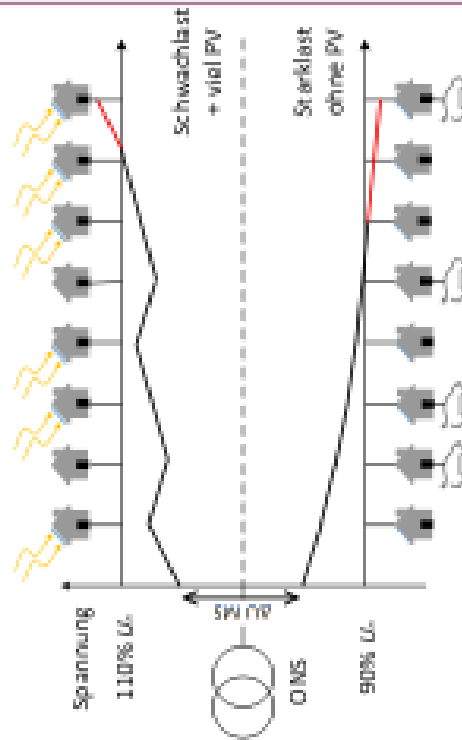
85



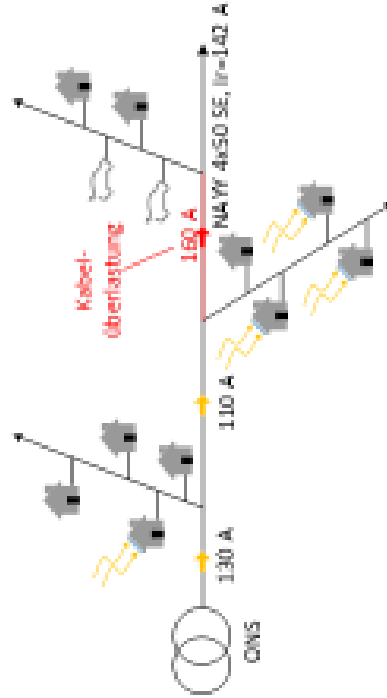
Netzauswirkungen

Versorgungsqualität

Spannungsbandverletzungen
 - Städtische und ländliche Netze

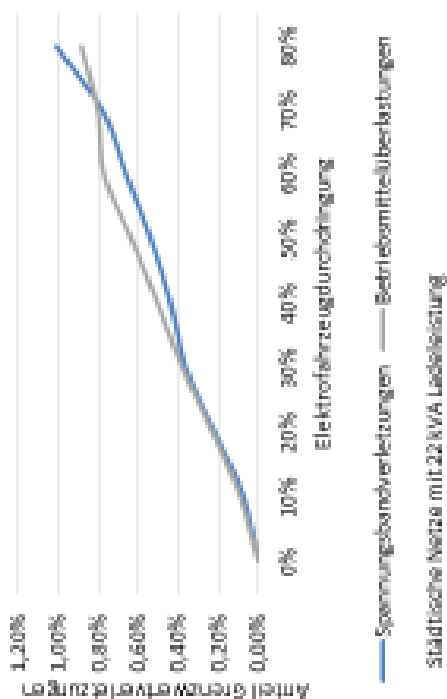


Kabelüberlastungen
 - Hauptsächlich städtische Netze



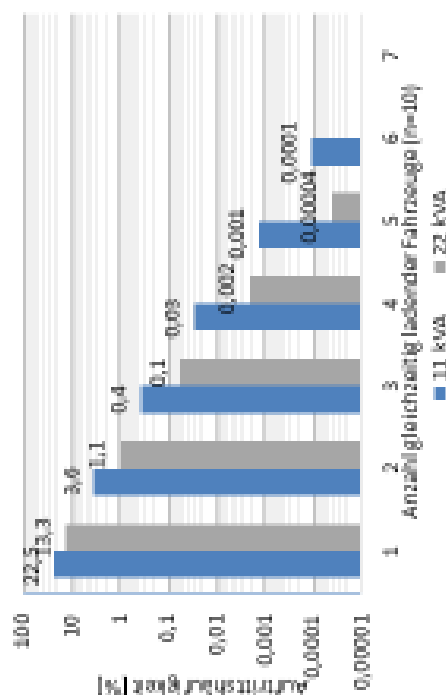
Netzauswirkungen Versorgungsqualität

Geringer zeitlicher Anteil der
Grenzwertverletzungen ...



Quelle: Auszug der Messwerte für Spannungswertverletzungen und Betriebsmittelüberlastungen, 4. Jährg. Messwertes Messnetzes 2017

... auf Grund geringer Wahrscheinlichkeiten
einer hohen Gleichzeitigkeit



Netzauswirkungen

Lösungsalternativen

Konventioneller Netzausbau



VS

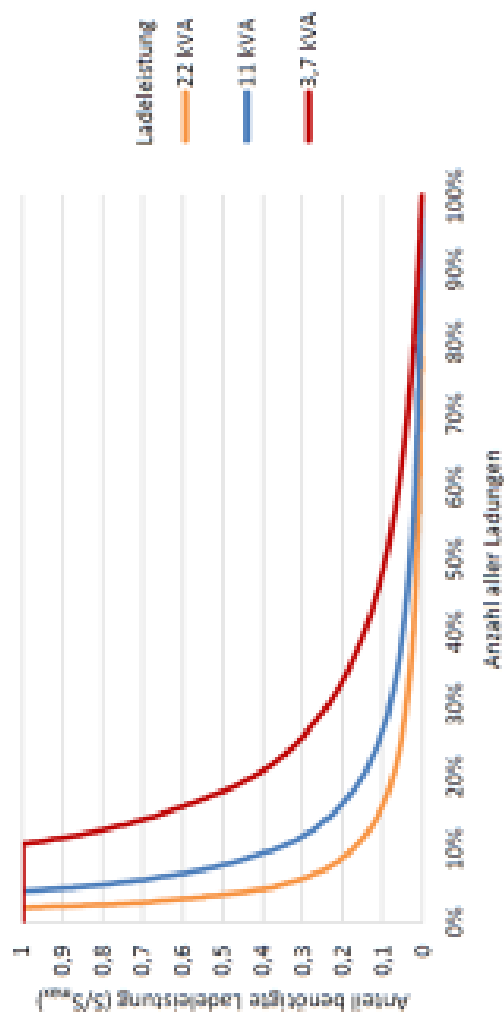
Smart Grid Systeme



Netzauswirkungen

Flexibilität von Ladevorgängen

- Hohe Gleichzeitigkeiten sehr selten → Viele Ladevorgänge bieten hohes Flexibilitätspotential
- Meist nur ein geringer Teil der Ladeleistung nötig → Netzausbau oft unwirtschaftlich



Quelle: „Mittig, An- und Abfahrzeiten in öffentlichen Ladeinfrastrukturen“, S. 108ff., veröffentlicht unter: https://www.energie-und-transport.de/Dateien/20180601_Mittig_Ab-und_Anfahrzeiten_in_oeffentlichen_Ladeinfrastrukturen.pdf

Lademangement für Elektrofahrzeuge

Evgeny Schmittmann | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

S10

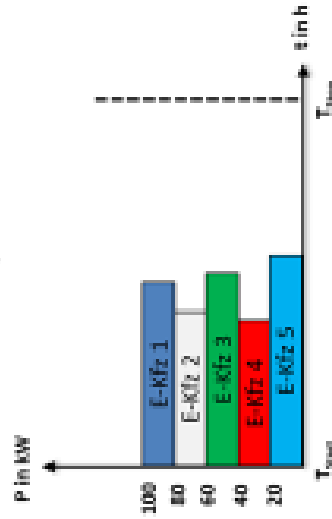


BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

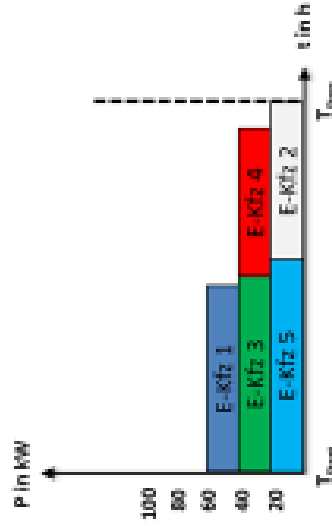
Netzauswirkungen

Flexibilität von Ladevorgängen

Hohe kumulierte
Ladeleistung bei relativ
geringem Energiebedarf...



... eine Lastverschiebung bietet
sich hier bspw. zur Minimierung
der Spitzenleistung an



Quelle:
„Übergangstrategie zwischen den zwei Lasten von Elektrofahrzeugen“ (V. Aggarwal, S. Das,
D. Das, T. Bhatia und R. Srikumar: 2014, S. 1-12).
DOI: 10.1007/978-98-1-1-1-1111-1_1

„Automotive“ → „Energy“ (www.energies.com) (2014), Berlin, 2017

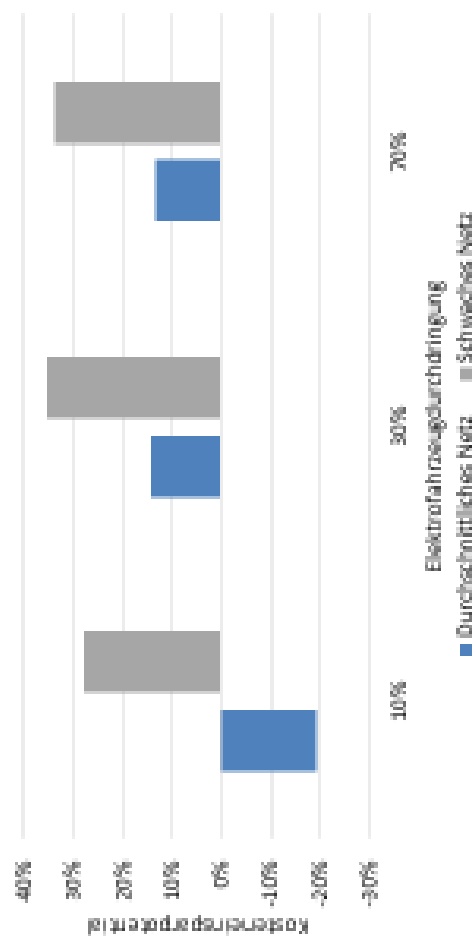
Lademangement für Elektrofahrzeuge
Energy Switchmann | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

S11

Netzauswirkungen

Wirtschaftliche Betrachtung - Kosten

Netzautomatisierungssysteme bringen bei höheren Fahrzeugdurchdringungen große ökonomische Vorteile



Quelle: Auszug der Publikation „Ergebnisse des Projekts „Smart Grids““ von der Fraunhofer IPT, 2010.

Landmanagement für Elektrofahrzeuge
Evgeny Schnittmann | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

S12

Intelligentes Lademanagement

Netzdienlich & Nutzeroptimiert

Lademanagement für Elektrofahrzeuge
Eugen Schmittmann | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

UNIVERSITÄT WÜRZBURG

Intelligentes Lademanagement

Ladekonzepte

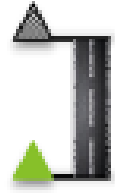
Wovon hängt die Flexibilität eines Ladevorgangs ab?



→ Standzeit



→ Batteriefüllstand



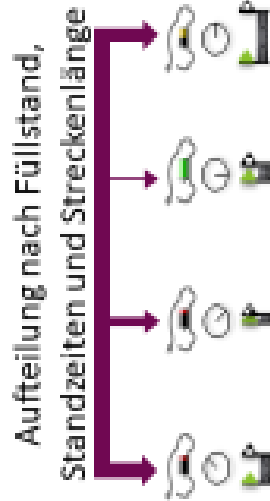
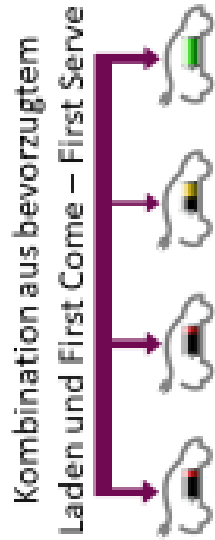
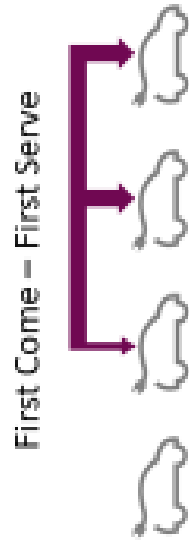
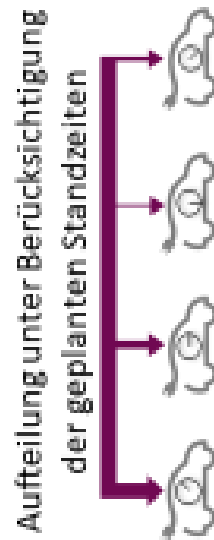
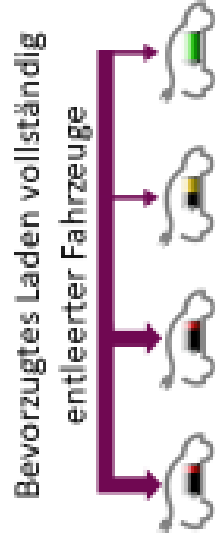
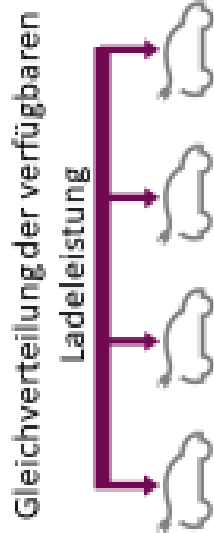
→ Geplante Strecke
bzw. Energiebedarf

→ Hürde: Informationsbedarf (Emob-Nutzer)

→ Diskriminierungsfreiheit muss gewährleistet sein

Intelligentes Lademanagement

Ladekonzepte



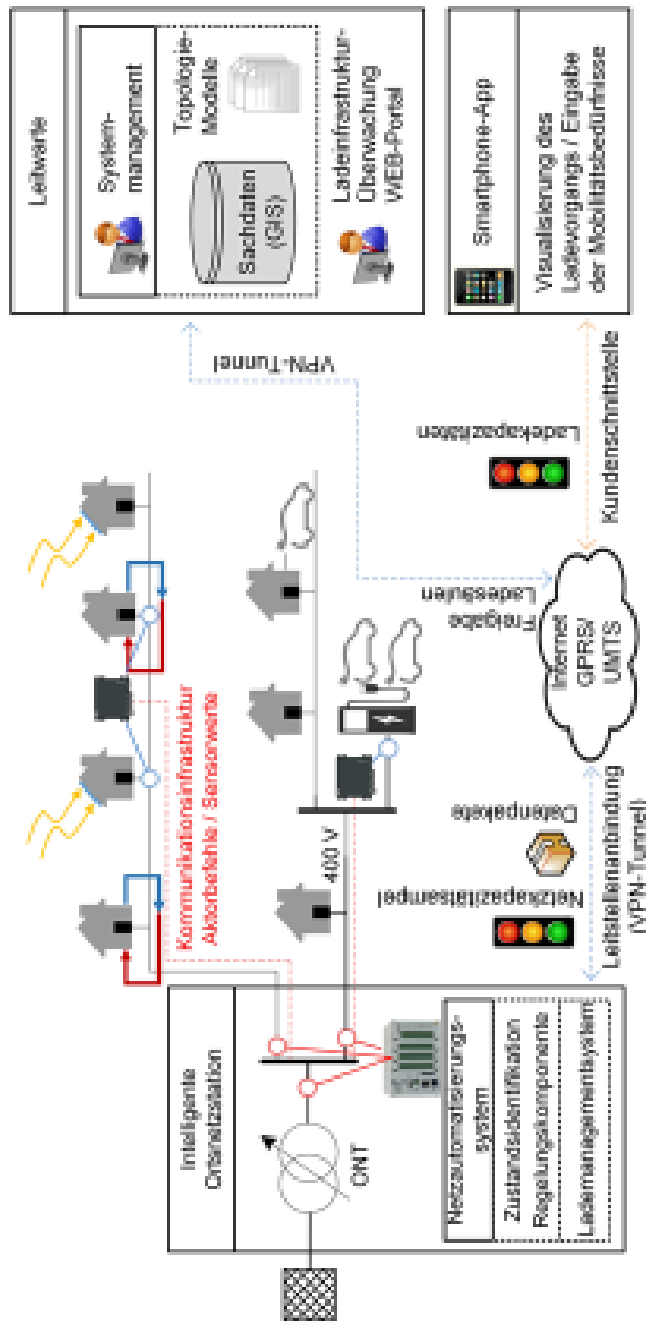
Lademanagement für Elektrofahrzeuge
 Evgeny Schnittmann | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

S15

UNIVERSITÄT WUPPERTAL

Intelligentes Lademanagement

Konzeption – Öffentliches Netz



Ladeflexibilität im Gesamtsystem

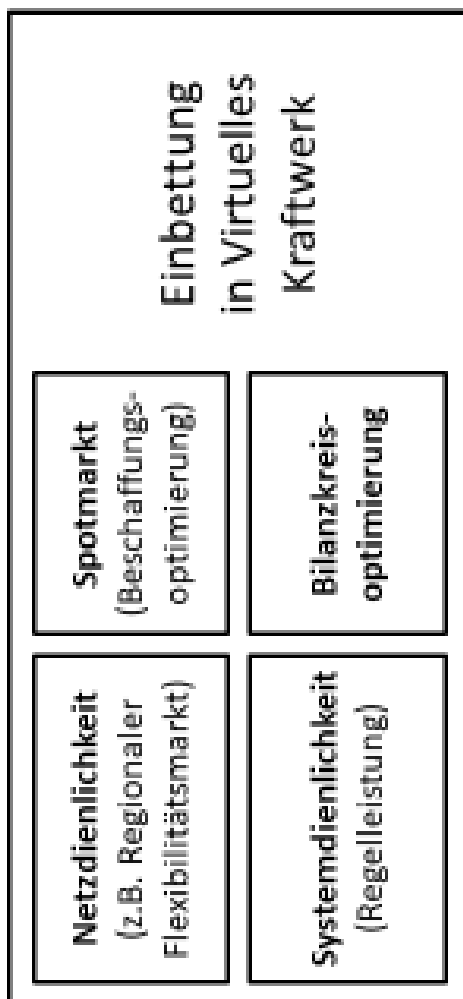
Lademangement für Elektrofahrzeuge
Evgeny Schnittmann | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

517

UNIVERSITÄT
WÜRZBURG

Ladeflexibilität im Gesamtsystem

Unterschiedliche Plattformen und Einsatzgebiete

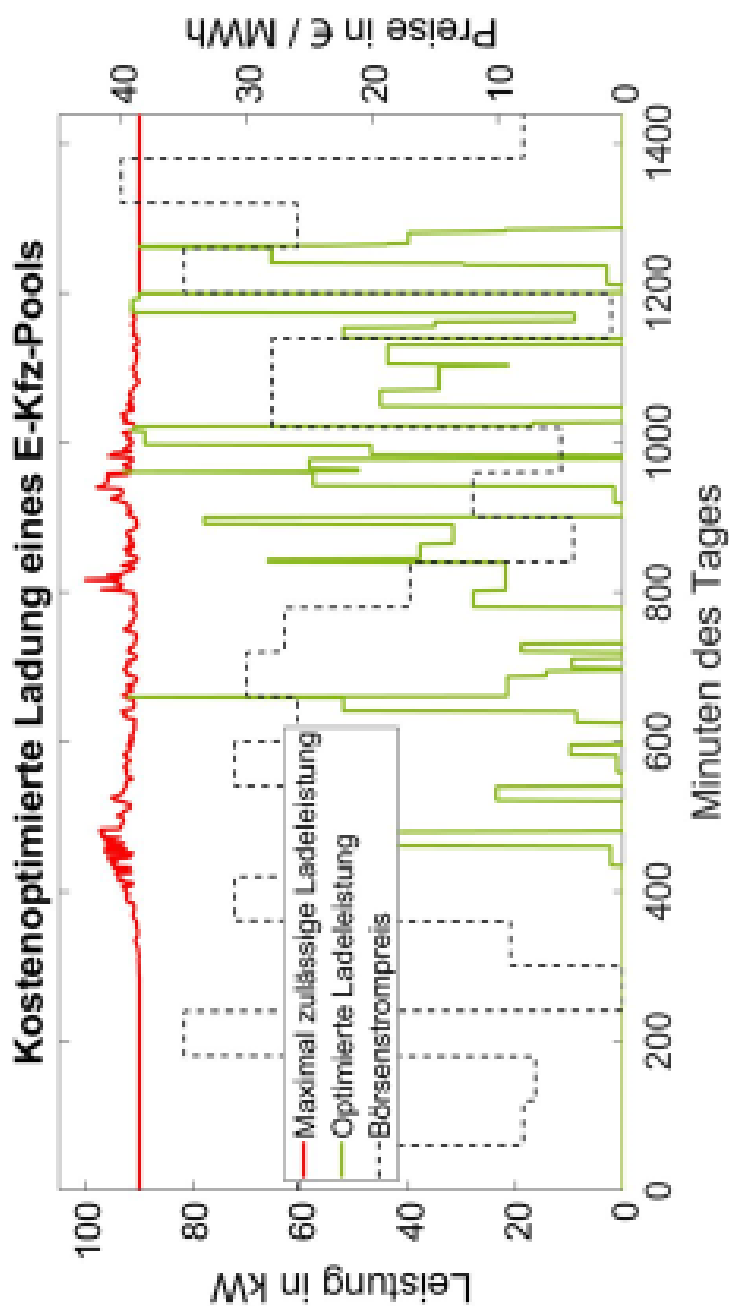


Mindestmengen auf allen Plattformen

→ E-Kfz zu Schwärmen vernetzen (Aggregation)

Ladeflexibilität im Gesamtsystem

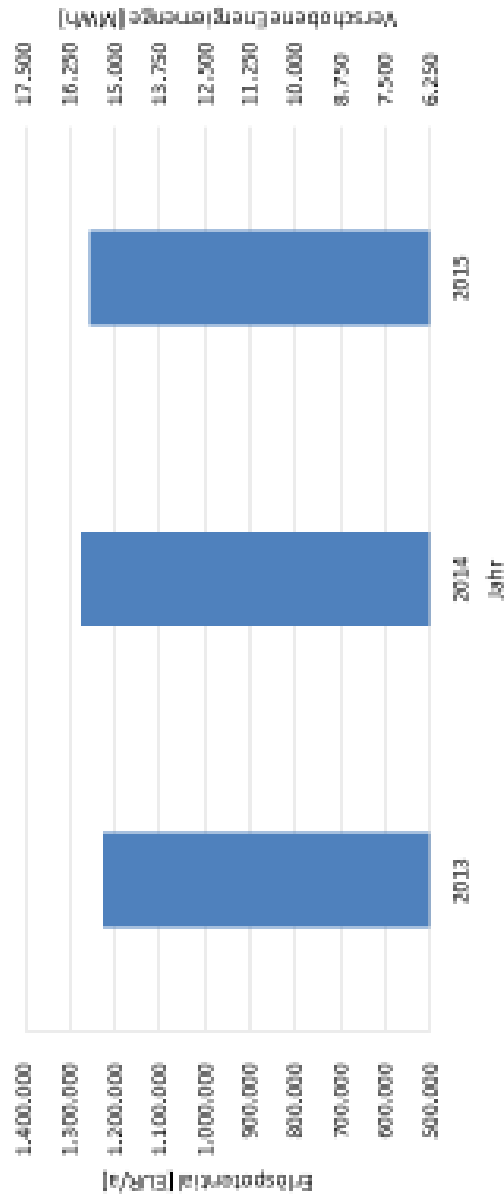
Unterschiedliche Plattformen und Einsatzgebiete - Börsenhandel



Ladeflexibilität im Gesamtsystem

Unterschiedliche Plattformen und Einsatzgebiete - Bilanzkreisoptimierung

Direkter Ausgleich von Ungleichgewichten zwischen
Einspeisung und Verbrauch in einem Bilanzkreis



Quelle: Auszug der Bilanzierung für öffentliche Versorgungsunternehmen (Bilanzierungsrichtlinien) 4. Jahrgang, Stand 1.1.2015, S. 100-101

Landmanagement für Elektrofahrzeuge

Evgeny Schmittmann | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

520



DEUTSCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Ladeflexibilität im Gesamtsystem

Unterschiedliche Plattformen und Einsatzgebiete - Regelleistung

PRL-Erbringung mit V2G-Technologie



© 2018 Nissan North America, Inc. Nissan Leaf ist ein Markenname der Nissan North America, Inc. Nissan Leaf ist ein Markenname der Nissan North America, Inc.

Lademangement für Elektrofahrzeuge

Evgeny Schnittmann | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

521



ELEKTROISCHE
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSENT



Zusammenfassung & Ausblick

- Hoher Handlungsbedarf mit steigender Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen
- Netzengpässe selten, daher oft durch Smart Grid Systemen lösbar
- Nutzung der Flexibilität von Ladevorgängen:
 - Erhöhung der Netzaufnahmekapazität für E-Kfz und EE-Anlagen (ohne konv. Netzausbau)
 - Vermarktung (→ Kostenreduktion für die Verkehrswende)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

 Kontakt

Evgeny Schnittmann | Forschungsgruppe Energiemärkte und Flexibilitätsmanagement

Bergische Universität Wuppertal

Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Medientechnik

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

Rainer-Gruenter-Str. 21 | 42119 Wuppertal

Campus Freudenberg | Gebäude FG | Raum 2.05

Tel.: 0202 439 1772 | E-Mail: schnittmann@uni-wuppertal.de



Einsatz von Verteilnetzautomatisierungssystemen

Dr.-Ing. Ulrik Dietzler

Energieversorgung Leverkusen GmbH & Co KG



Einsatz von Verteilnetzautomatisierungssystemen

Dr.-Ing. Ulrik Dietzler
Energieversorgung Leverkusen GmbH & Co KG

EVL / GF DI

Smart Grids
Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

1



Agenda

- „Werbeblock“
- Dezentrale Regelung
- Von der iNES zum Grid-Commander
- FuE-Projekt Grid-Commander in Leverkusen

EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

2

EVL – Wer sind wir?

Gesellschafter

```

graph TD
    SL[Stadt Leverkusen] -- 50% --> EVL[EVL]
    RE[Rhein Energie] -- 50% --> EVL
    EVL -- 50% --> EVL
            
```

EVL in Zahlen:

- Kunden: rd. 80.000
- Mitarbeiter: 363
- Versorgungssparten
 - ✓ Strom 528 Mio. kWh
 - ✓ Gas 838 Mio. kWh
 - ✓ Wasser 9 Mio. m³
 - ✓ Fernwärme 188 Mio. kWh
- Umsatzerlöse 195 Mio. €
- Bilanzsumme 170 Mio. €

Quelle: EVL (2017)

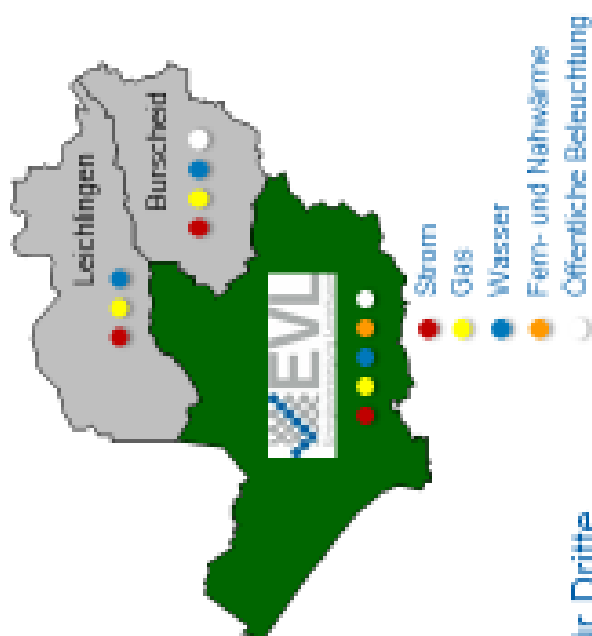
EVL / GF DI **Smart Grids**

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen 3



EVL – Unsere Leistungen

- „Erzeugung
 - Wassergewinnung
 - Fern- und Nahwärmeerzeugung
 - Stromerzeugung aus BHKWs/EEG-Anlagen
- Versorgung
 - Energie- und Wasserversorgung in Leverkusen
- Betriebsführung
 - Energie- und Wasseretze in Leverkusen und für Dritte
 - Öffentliche Beleuchtung in Leverkusen und für Dritte



EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

4



Was treibt uns an?

Die „Versorgungs“aufgabe ändert sich.



EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

5



Agenda

- „Werbeblock“
- **Dezentrale Regelung**
- Von der iNES zum Grid-Commander
- FuE-Projekt Grid-Commander in Leverkusen

EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

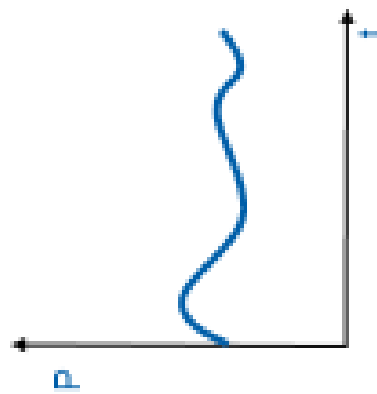
6



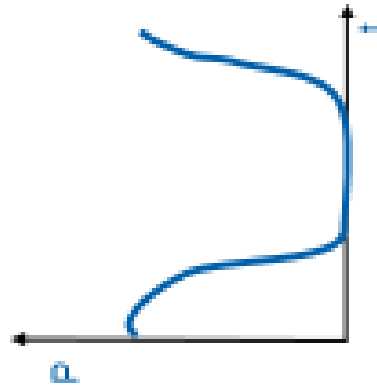
Einfluss am Netzanschluss

Die Veränderung findet am Anschluss statt! (qualitativ)

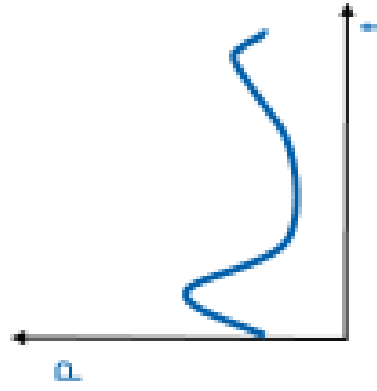
„EVU-Lastgang“ H-Kunde:



E-mob.



El. Wärmepumpe



⇒ Der Leistungsbedarf am Anschluss steigt tendenziell, die Energiemenge wird ca. verdreifacht!

EVL / GFDI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

7



Die Erneuerbaren haben Einfluss

... und die Veränderung findet in den Verteilnetzen statt!

Installierte Leistung Erneuerbarer Energieträger in MW nach Spannungsebenen

Quelle: EEG in Zahlen 2016

System	Spannungsebene	Prognosewert	100% Erneuerbare	Wiedererträge an Land	Wiedererträge auf See	Gesamt	100% Erneuerbare
EEG	HÜS	5.200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EEG	HÜS/HÜ	410,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EEG	HÜ	18.900,2	25,4	0,0	0,0	25,4	25,4
EEG	HÜ/HÜS	15.410,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EEG	HÜ	19.880,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EEG	HÜ	1.481,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EEG	HÜ	23.874,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EEG	gesamt	30.000,0	25,4	0,0	0,0	25,4	25,4

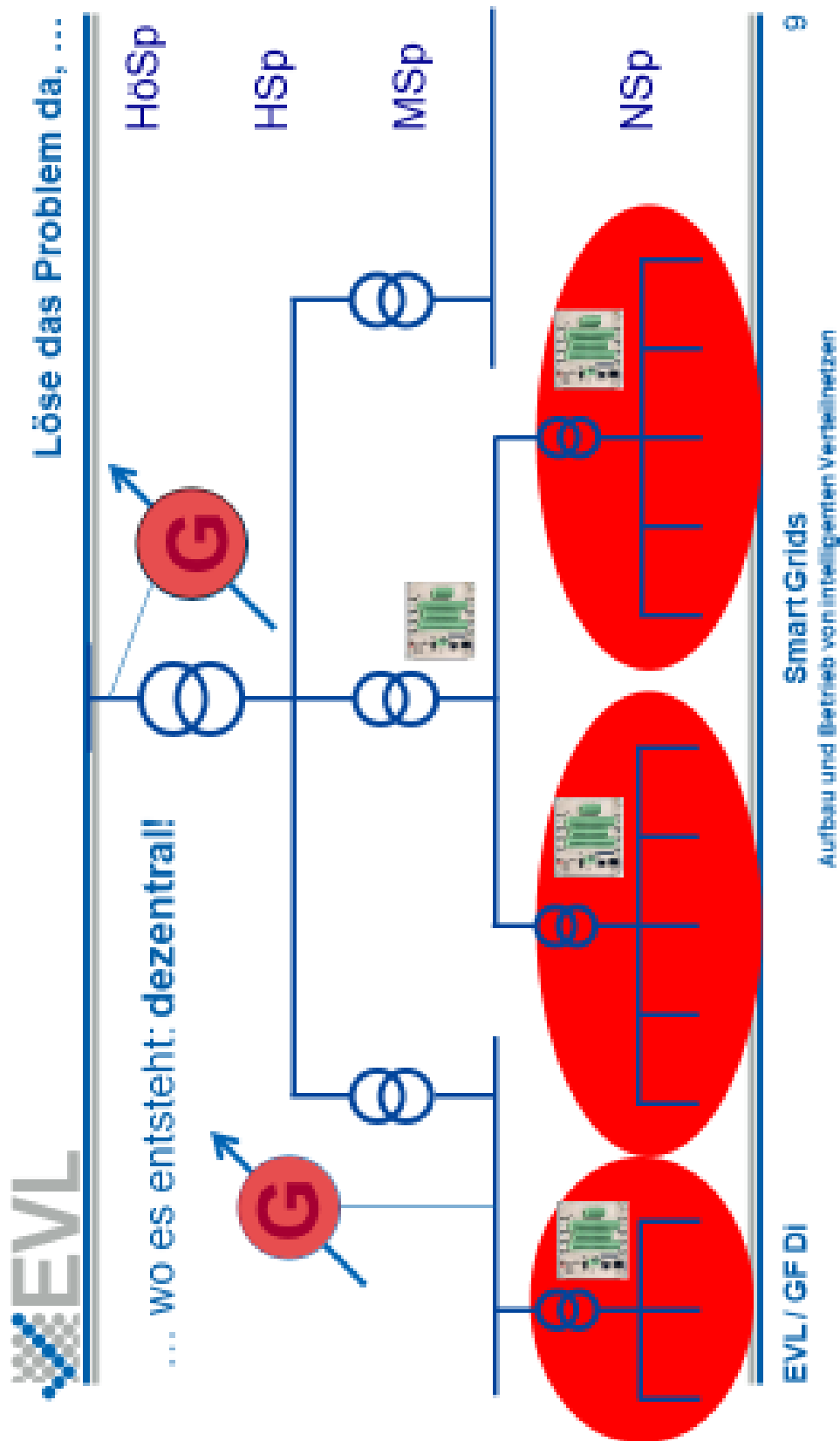
Spannungsebene	100% Erneuerbare	Wiedererträge an Land	Wiedererträge auf See	Gesamt	100% Erneuerbare
HÜS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HÜS/HÜ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HÜ	25,4	0,0	0,0	25,4	25,4
HÜ/HÜS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HÜ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HÜ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HÜ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
gesamt	25,4	0,0	0,0	25,4	25,4

→ **Künftig werden auch Verteilnetze aktiv⁴⁴ geführt werden müssen!**

EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen



Zusätzliche und verteilte Erzeuger mit volatiler Einspeisung und zusätzliche Verbraucher führen zu veränderten Betriebsmittelbeanspruchungen.

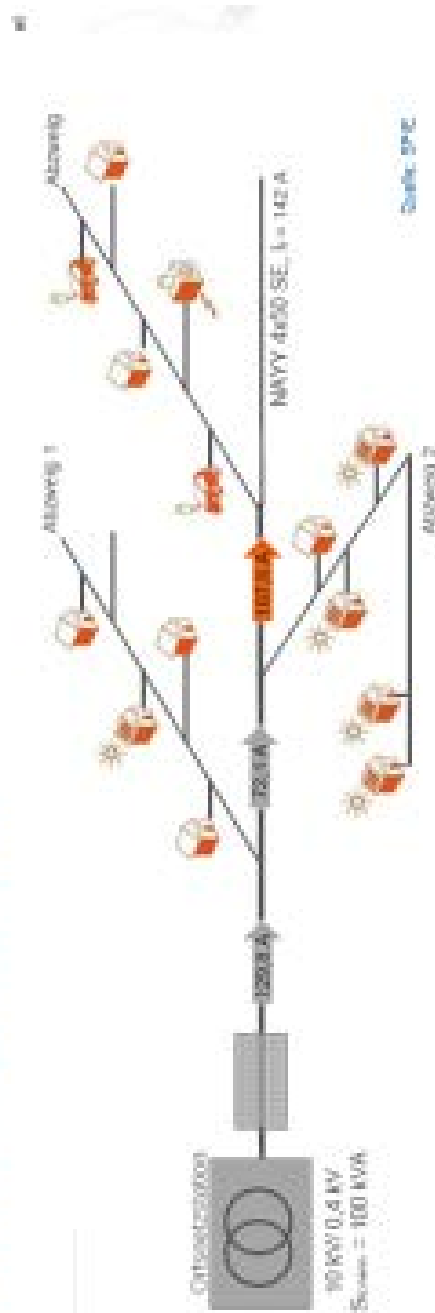
Nach wie vor müssen eingehalten werden:

Pf

- zulässiges
- Zulässige E

Zwei Lösungsn

- Netzausbal
- Sensorik im
=> iNES.





Agenda

- „Werbeblock“
- Dezentrale Regelung
- Von der iNES zum Grid-Commander
- FuE-Projekt Grid-Commander in Leverkusen

EVL / GF DI

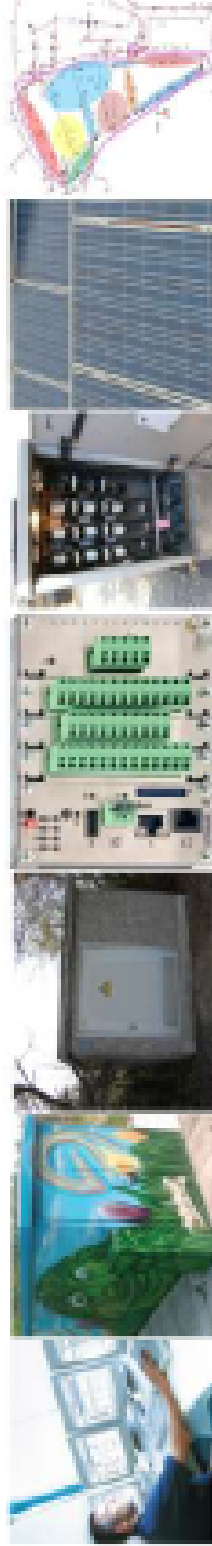
Smart Grids
Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

11

Intelligente Niederspannungsnetze

iNES – Die intelligente Ortsnetzstation

Die SAG-Systemlösung für Ihr Einspeise- und Verbrauchsmangement aus einer Hand



mauell



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

mainova

SAG

EVL
Energieversorgungsunternehmen

Zielsetzung:

- Optimierung der Netzaufnahmekapazität durch online-Messung und online-Lastflussberechnung.
- Dadurch Minimierung des erforderlichen Netzausbaus und
- Zuverlässigkeit der Verteilung durch Schutz vor Betriebsmittelüberlastung

EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

12



Dezentrale Reglung in der Niederspannung

Die Smart-Grid-Lösung: iNES

1. Nachbilden der Topologie



EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen



Die Smart-Grid-Lösung INES

Arbeitsweise der INES:

- Sensoren/Aktoren
 - obligatorische Sensoren messen den In- resp. Output der Niederspannungszelle
 - fakultative Sensoren dienen der Einstellung der Genauigkeit der Lastflussberechnung
 - In einem Netz mit 270 Knoten brauchen wir lediglich 3 obligatorische und 4 fakultative Sensoren, um mit einer Genauigkeit von besser als 1,5% Abweichung rechnen zu können.
 - Die Sensoren senden alle 30 Sekunden die Messwerte an die RTU
- In der RTU wird der Lastfluss (dreiphasig!) berechnet.
- Im Falle von Grenzwertverletzungen (Strom oder Spannung!) wird in der RTU berechnet, über welche Aktion und welchen Aktor die Niederspannungszelle am besten zu stabilisieren ist, z.B.:
 - rONT
 - (erneuerbare) Einspeiser
 - Speicher
 - steuerbare Verbraucher

EVL / GF DI

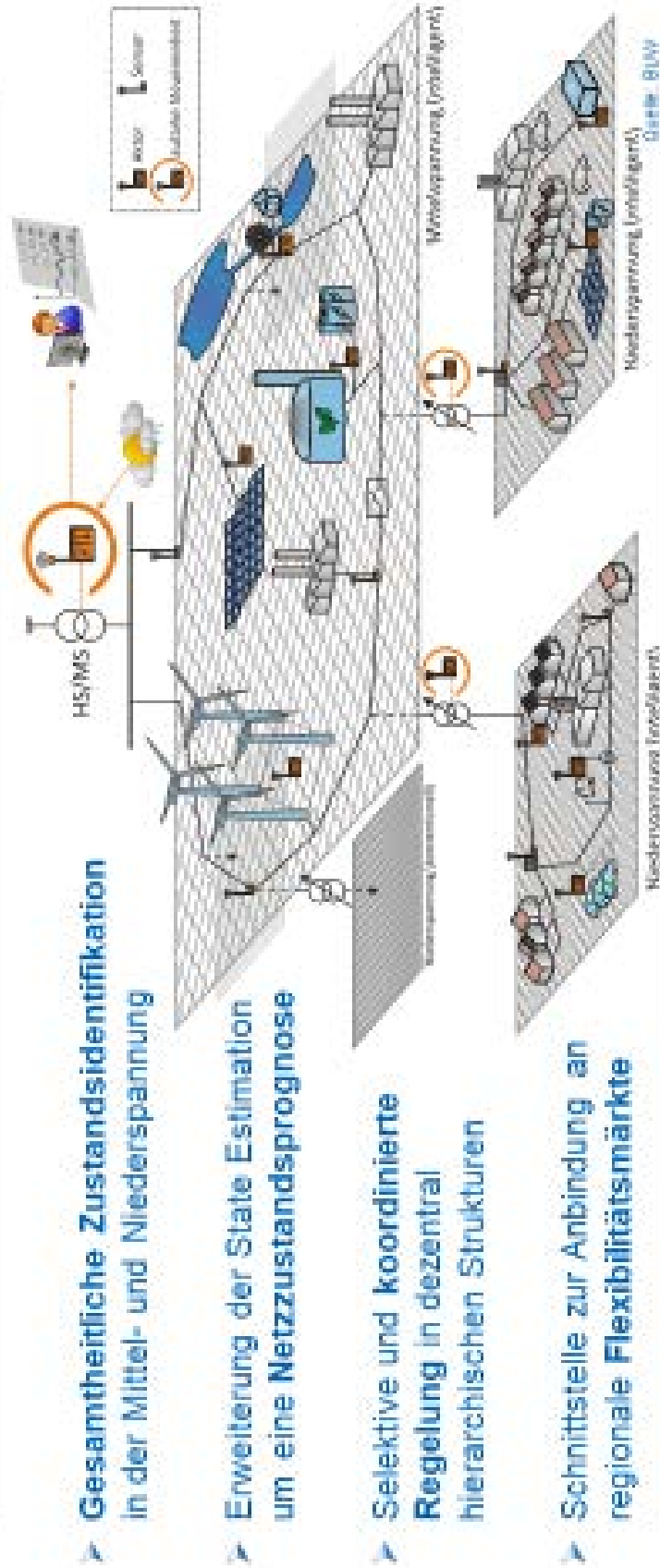
Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

14



Der logische nächste Schritt ... in die Mittelspannung



➤ Gesamtheitliche Zustandsidentifikation in der Mittel- und Niederspannung

➤ Erweiterung der State Estimation um eine Netzzustandsprognose

➤ Selektive und koordinierte Regelung in dezentral hierarchischen Strukturen

➤ Schnittstelle zur Anbindung an regionale Flexibilitätsmärkte

EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

15



Agenda

- „Werbeblock“
- Dezentrale Regelung
- Von der iNES zum Grid-Commander
- FuE-Projekt Grid-Commander in Leverkusen

EVL / GF DI

Smart Grids

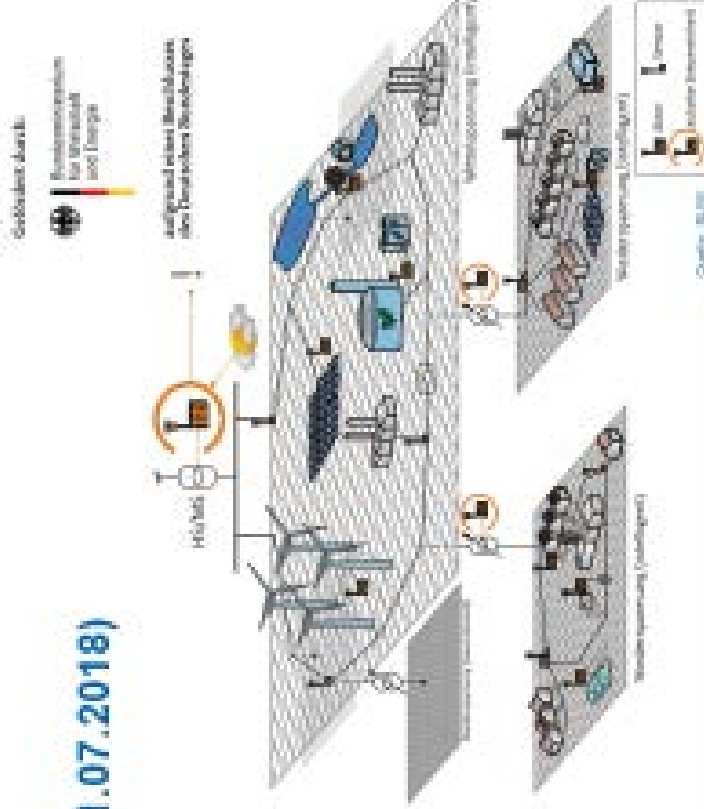
Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

16



FuE-Projekt GridCommander - Projektinformationen

- Laufzeit: 36 Monate (01.08.2015 – 31.07.2018)
- Kooperation



- Ziel: Koordinierte, spannungsebenenübergreifende Automatisierung im Verteilnetz

EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

17



Eckpunkte des GridCommander

Koordinierte, spannungsebenenübergreifende Automatisierung im Verteilnetz

- Vollständiges Smart-Grid-Konzept auf Verteilnetzebene
 - Antwort auf die veränderten Rahmenbedingungen im Verteilnetz
- Optimierte Betriebsführung
 - Überwachungsalgorithmen beenden „Blindflug“ im Verteilnetz
 - Verteilnetz wird durchgängig mess- und regelbar
- Bessere Netzauslastung
 - (Virtuelle) „Steigerung“ der Netzkapazität und Einsatz in zukünftigen Flexibilitätsmärkten

EVL / GF DI

Smart Grids

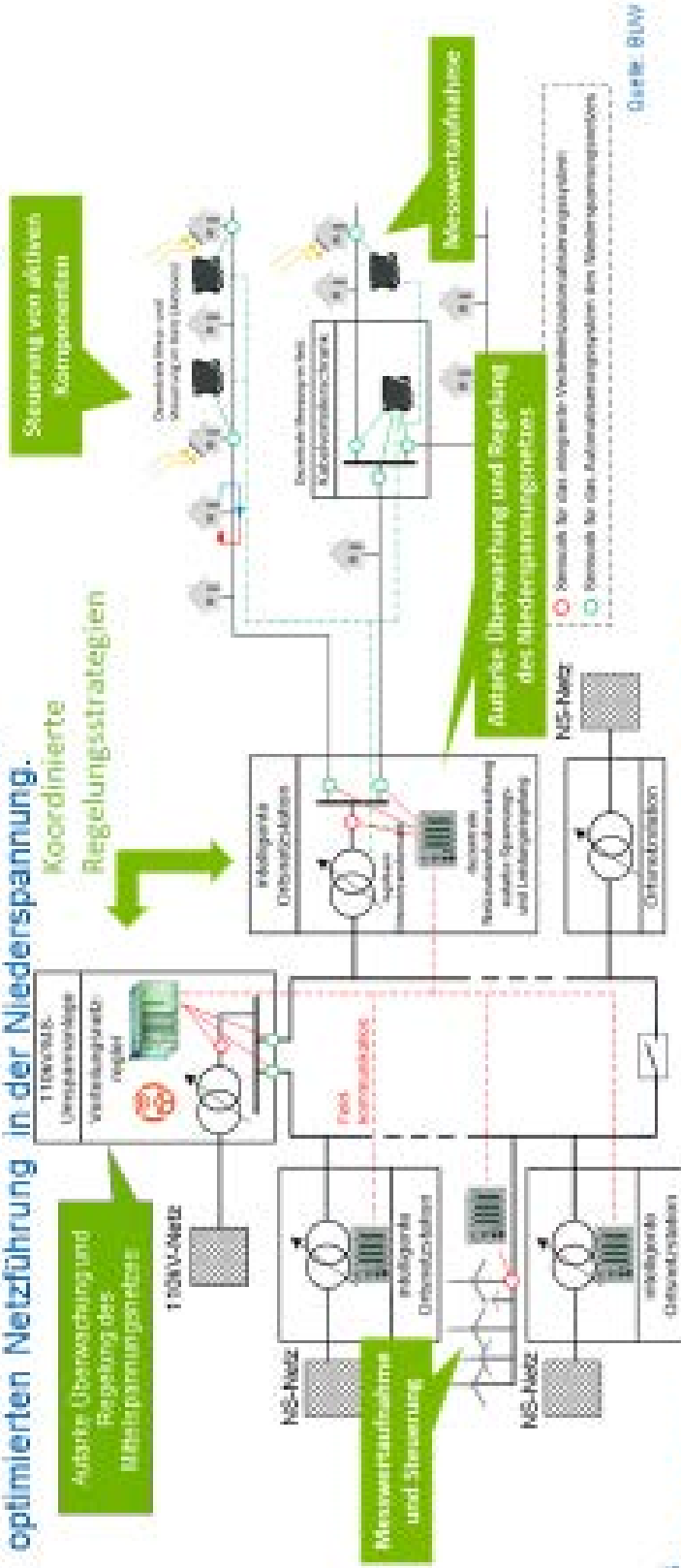
Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

18



Systemarchitektur des GridCommander

Der Grid Commander kombiniert Steuerungsmöglichkeiten der Mittelspannung mit einer optimierten Netzführung in der Niederspannung.



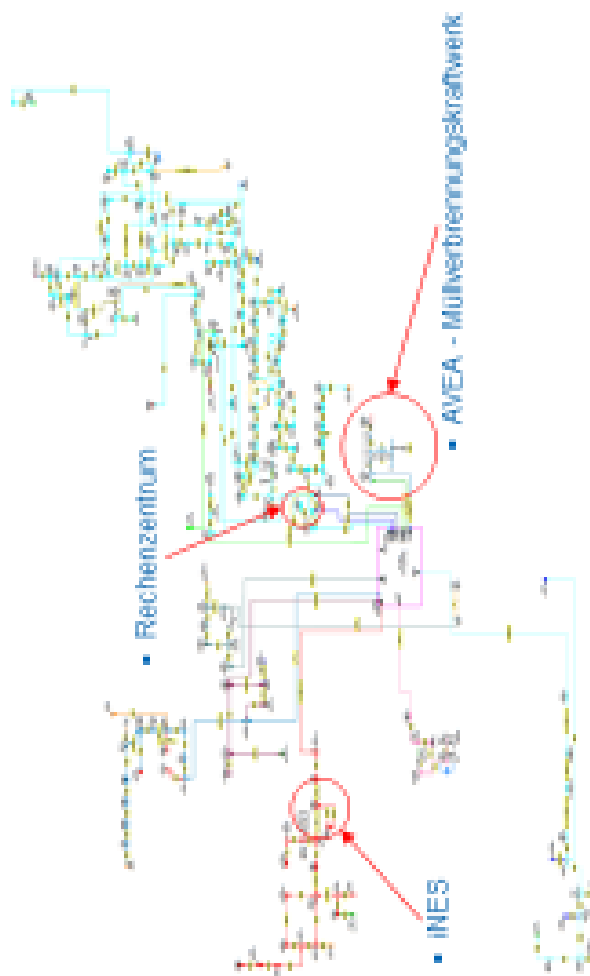
EVL / GF DI

Smart Grids
Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen



GridCommander - Netzgebiet für den Feldversuch

Das Netz wurde eigens für den Feldversuch geschaltet. Ziel war es, ein Müllverbrennungskraftwerk sowie eine INES trotz kritischer Kunden zu steuern.





GridCommander – Komponenten und Lastbänke im Feldversuch

Neben den Komponenten des Grid Commander an sich waren zusätzliche Lasten und Einspeiser notwendig, um signifikante Last(fluss)änderungen zu erzeugen.



EVL / GF DI

Smart Grids

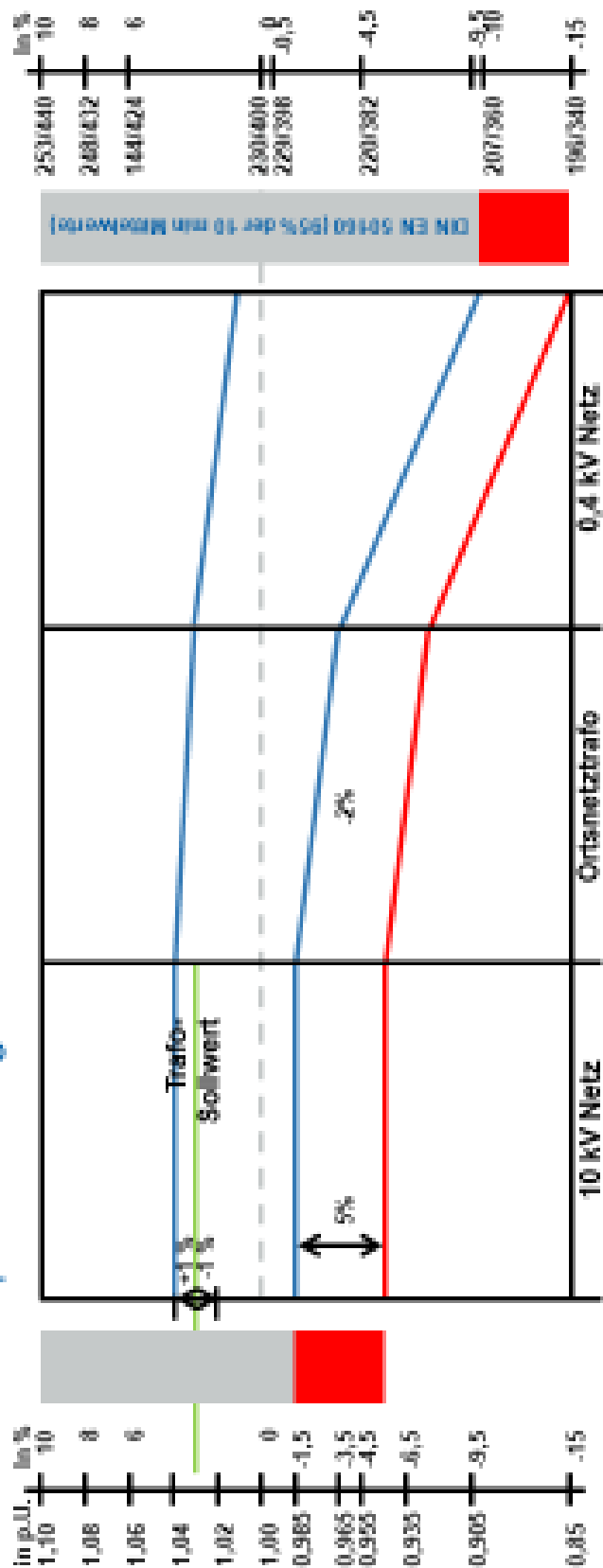
Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

21



Der GridCommander funktioniert

Aktuell wird bei der EVL nicht mit variabler Sammelschienenspannung im MSP bzw. im NSp – Bereich gearbeitet.



EVL / GF DI

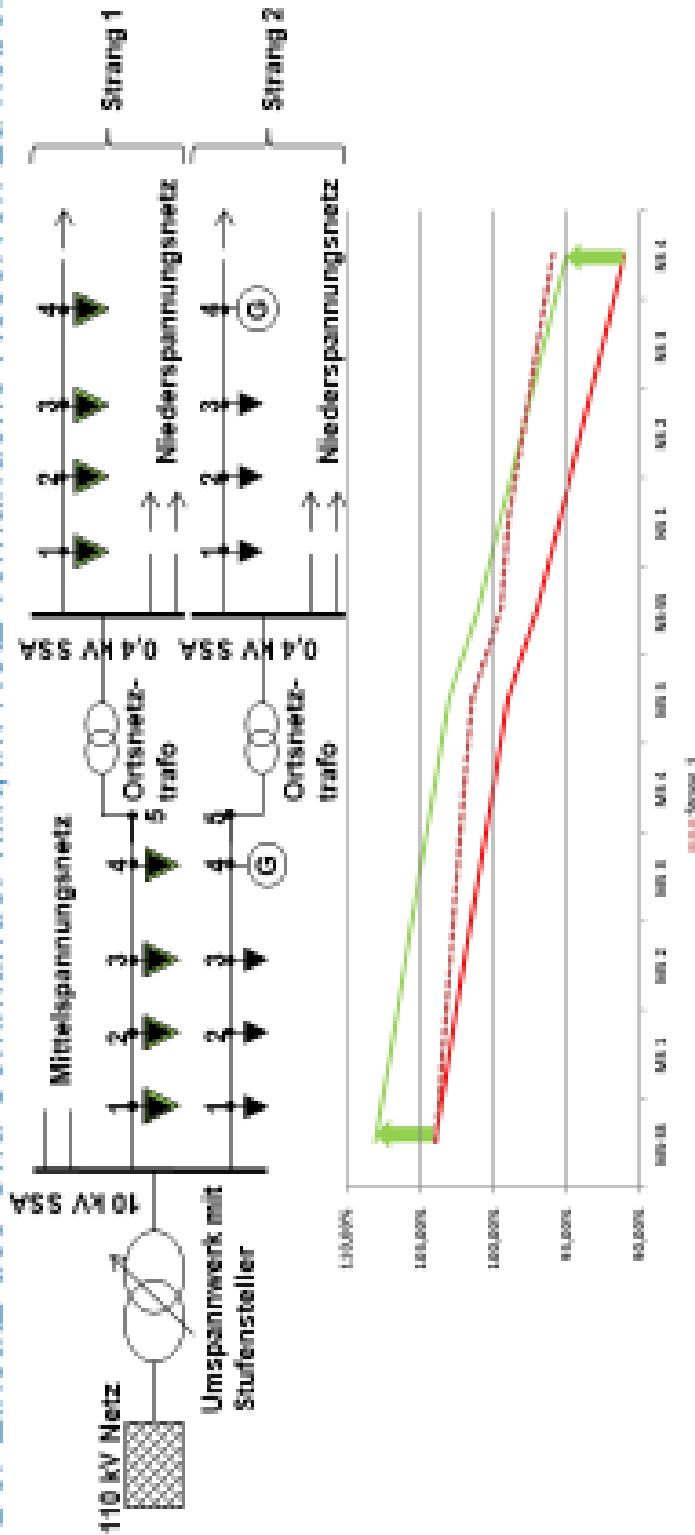
Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

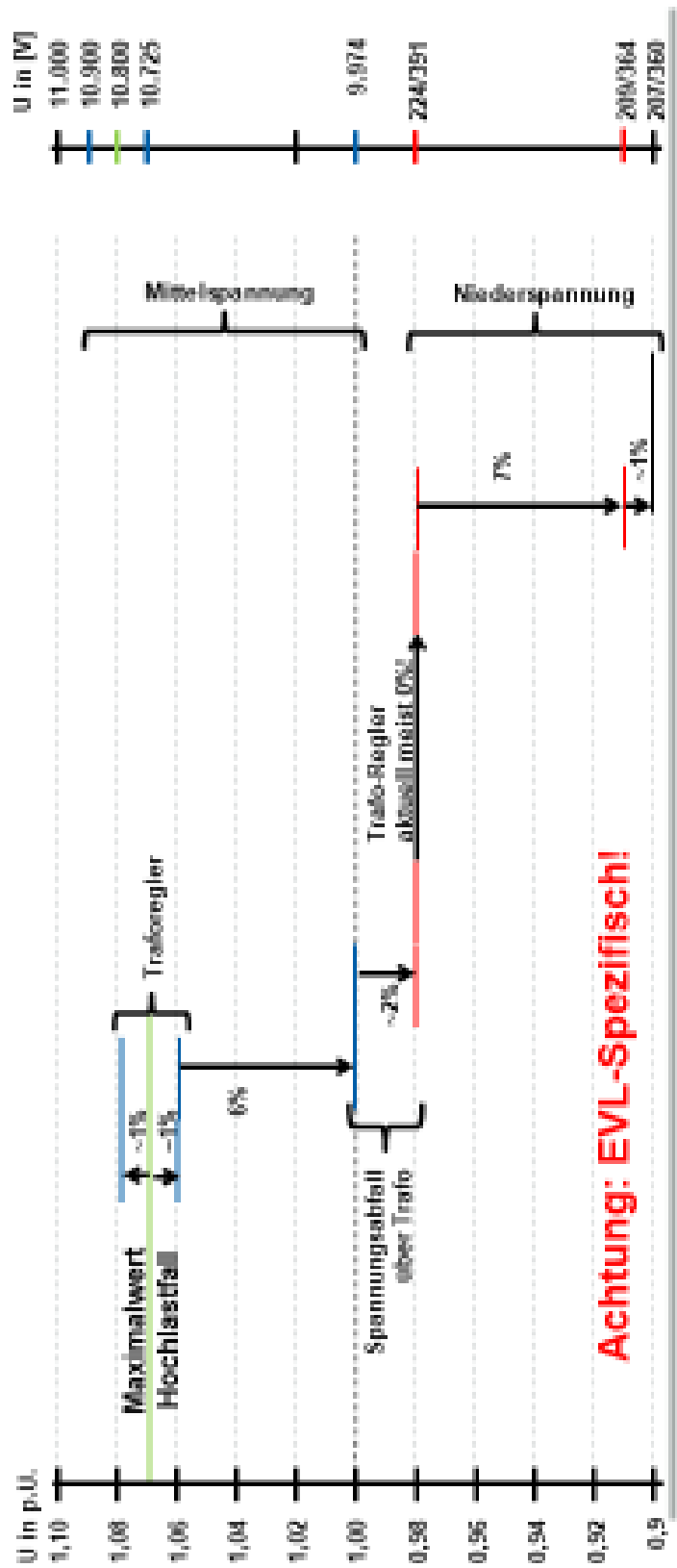


Regelung des GridCommander (Beispiel:Lasterhöhung)

Der Einsatz des Grid Commander hilft, im Netz vorhandene Reserven zu heben.



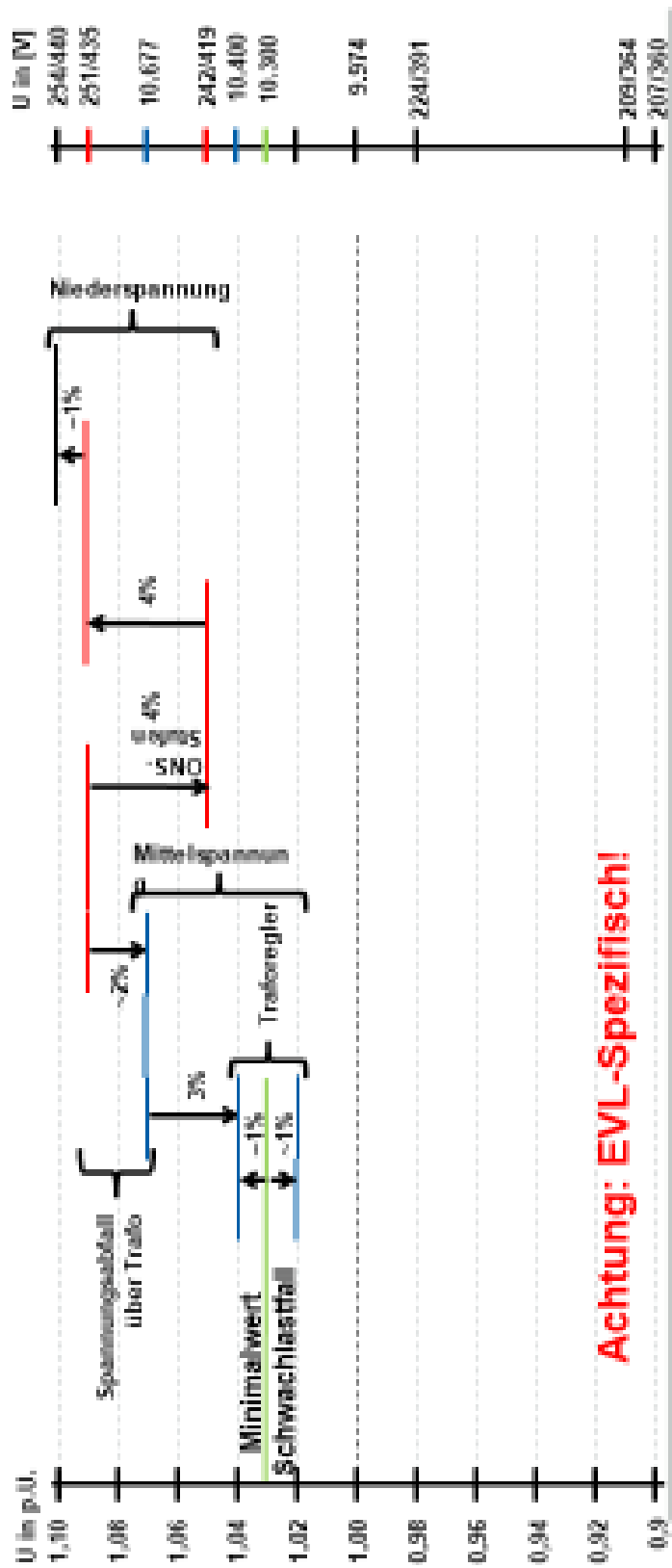
EVL Sollspannung an UW-Sammelschiene im GC-Feldversuch „Hochlastfall“ mit max. Lastannahme



Achtung: EVL-Spezifisch!



Sollspannung an UW-Sammelschiene im GC-Feldversuch „Rückspeisefall“ mit max. Rückspeisung

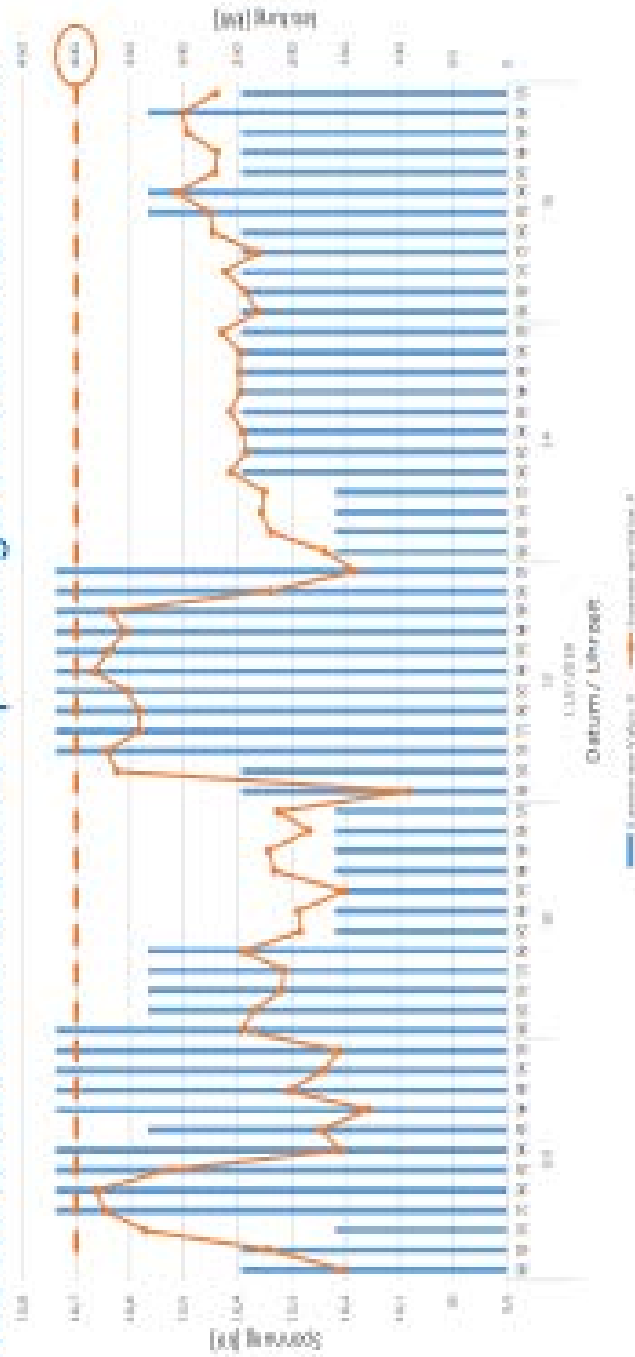


Achtung: EVL-Spezifisch!



Simulation der Laständerung durch Lastbänke (Bsp: 5 min Max-Werte SS Kübersteg / 400 kVA-Station)

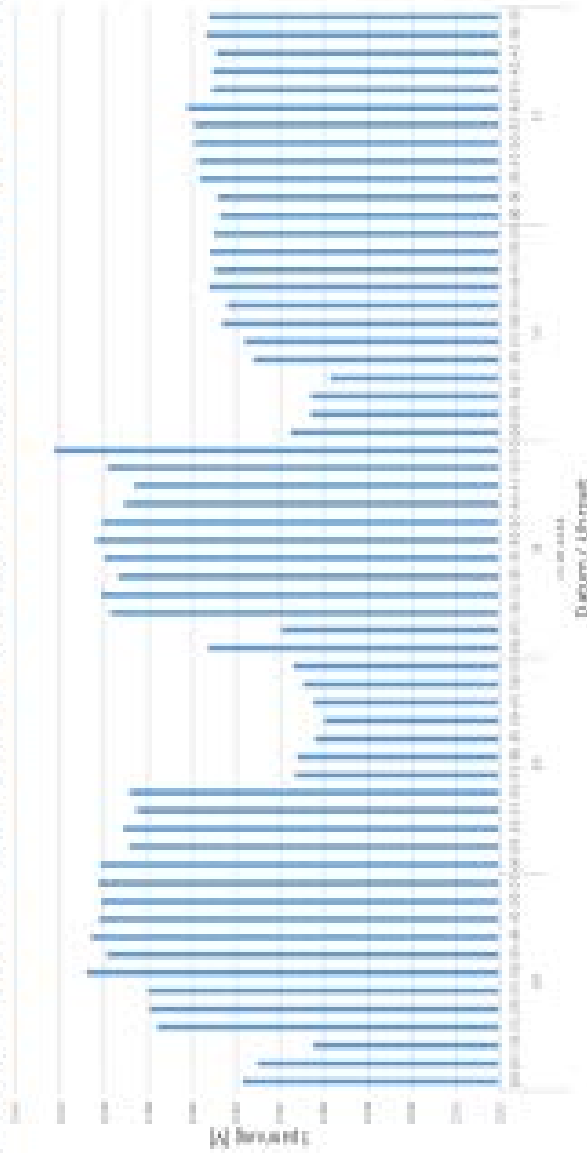
Durch die Lastbänke wurde die Netzbelastung erhöht. Als Folge veränderte der GridCommander automatisch die Spannung an der Sammelschiene.





Auswirkungen der Laständerung auf die Niederspannung

Das Spannungsband in der Niederspannung wird selbst am „Schlechtpunkt“ zu keinem Zeitpunkt verletzt. Gleichzeitig sind die Umschaltungen deutlich sichtbar.



EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

27



Die iNES im GridCommander

Die in der Station Rüttersweg installierte iNES hat die Einspeisung (400 kVA-Aggregat) wie schon in vorherigen Versuchen festgestellt problemlos abgeregelt.



EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

28



Ergebnisse des Feldversuchs (1)

- **Spannungsband an UW-Sammelschiene**
 - Belastungsabhängige Variation der Sammelschiene-Sollspannung zwischen 1,0 p.U. und 1,07 p.U. ist mit geeigneter Technik möglich
 - Keine Spannungen > 1,07 p.U. im Mittelspannungsnetz durch alle Anlagen
 - Keine Spannungen < 0,98 p.U. im Mittelspannungsnetz im Hochlastfall
 - Der Einsatz eines entsprechenden Spannungsreglers ist spezifisch im Vorfeld zu prüfen (insbes. Überlastungen am Trafo und im Netz)
 - Der Einsatz einer lastabhängigen Traforegelung ermöglicht erweiterte Spannungsbandnutzung

EVL / GF DI

Smart Grids

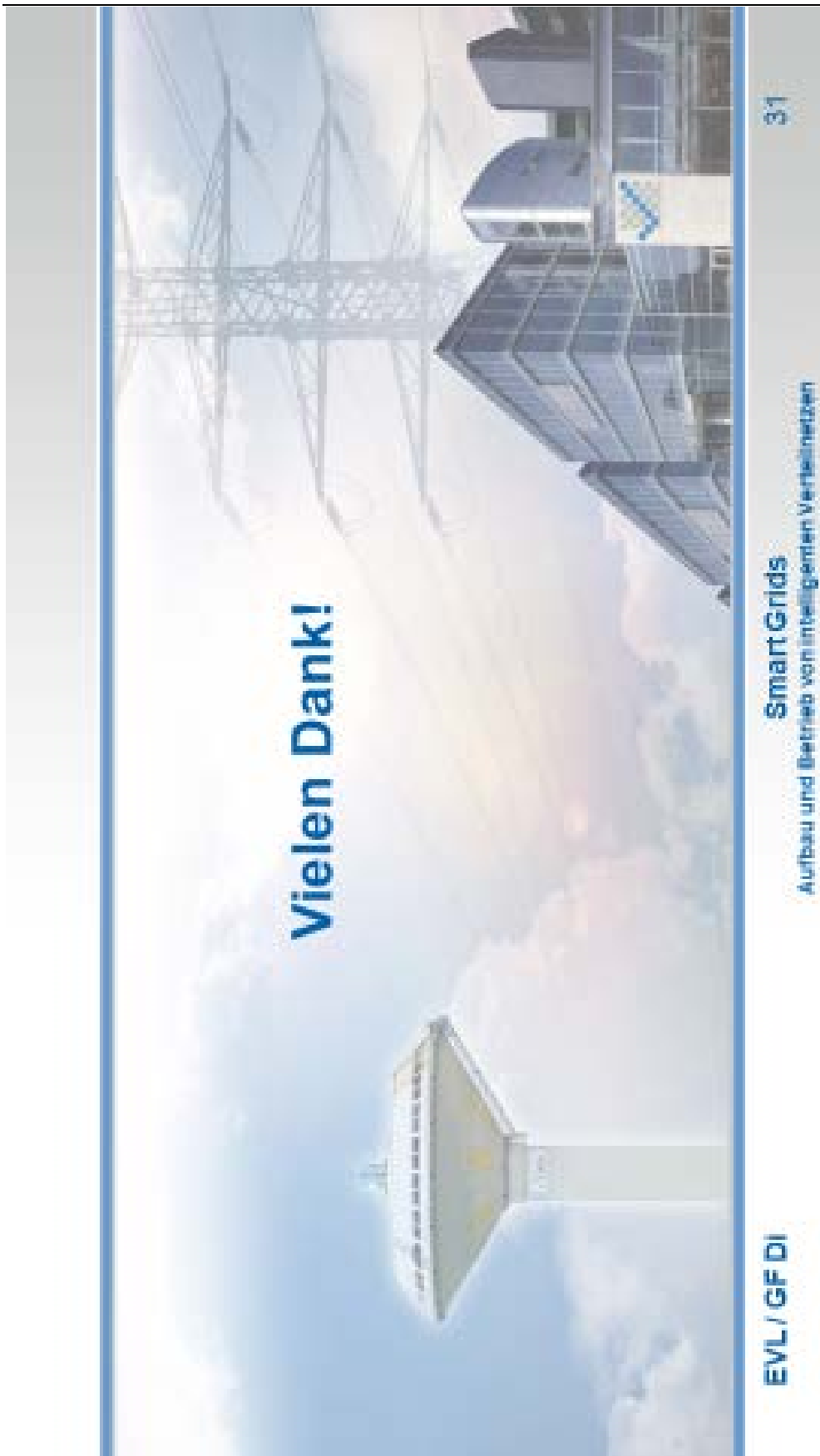
Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

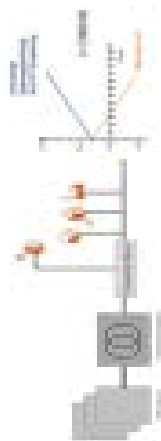
29



Ergebnisse des Feldversuchs (2)

- **Auswirkungen auf den Netzausbau**
 - Bedarfsmäßiger Ersatz von Ortsnetztrafos mit ca. $\pm 4\%$ Stufungsmöglichkeit inkl. Vorbereitung auf eigenständige Regelung
 - Netzverstärkungen in der MSp erst bei Netzspannungen $< 0,98$ p.U. (vorher ggf. Einsatz eines Ortsnetztrafos mit neg. Stufungsmöglichkeit)
 - Ein weiterer Faktor ist die Steigerung der Datenqualität: um die Reserven der Netze nutzen zu können, müssen spezifische, teils individuelle Betriebsmittelinformationen vorhanden sein (z.B. reale Spannung bei Trafostufung)

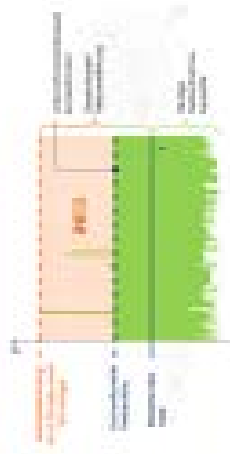




Quelle: SPIE



Quelle: SPIE



Quelle: SPIE



Bildnachweis – Folie 15 bis 20



Folie 15 und 17

Quelle: Bergische Universität Wuppertal

<https://www.presse.uni-wuppertal.de/de/medieninformationen/2015/10/08/17955-energieversorgung-mes-20-geht-an-den-start/>



Folie 19

Quelle: Bergische Universität Wuppertal



Folie 20

Quelle: EVL

EVL / GF DI

Smart Grids

Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

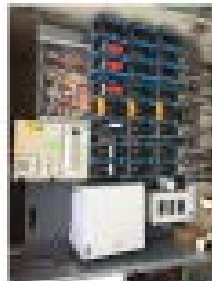
33



Bildnachweis - Folie 21



Quelle: EVL



Quelle: EVL



Quelle: EVL

EVL / GF DI

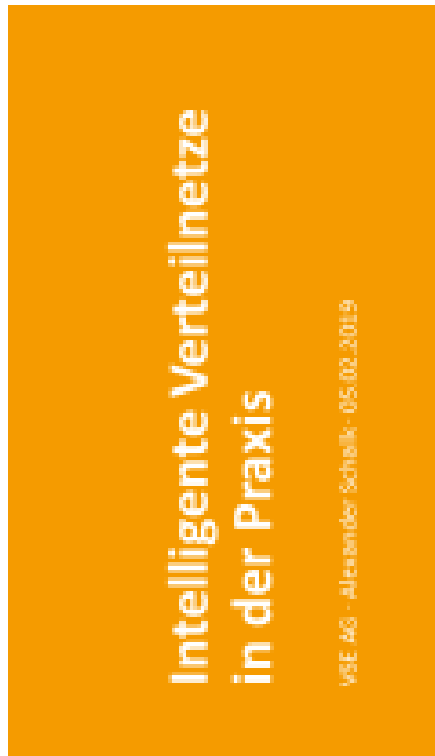
Smart Grids
Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen

34

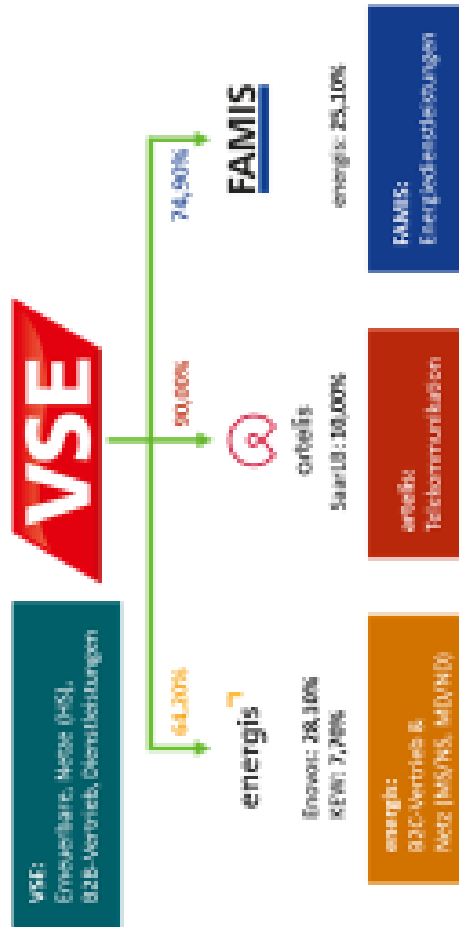
Intelligente Verteilnetze in der Praxis

Alexander Schalk.

VSE AG



Die VSE-Gruppe – Gemeinsam sind wir stark

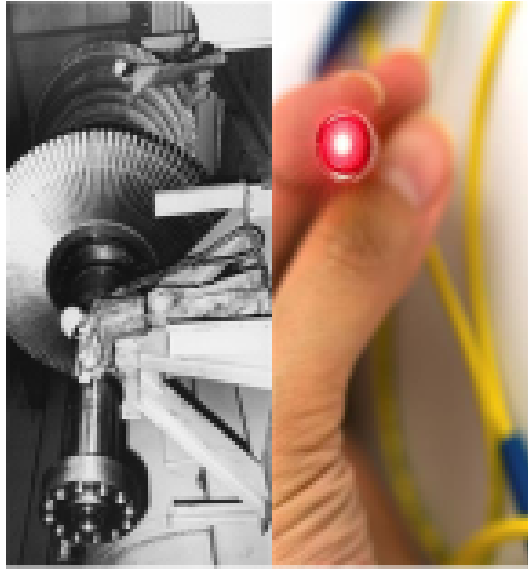


VSE-Gruppe	2017
Umsatzerlöse	1.400 Mio. €
Stromabgabe	15.000 GWh
Endgasabgabe	16.000 GWh
Wasseralabgabe	6,8 Mio. m ³
Sachinvestitionen	41,9 Mio. €
Anzahl Mitarbeiter	1.438

Tradition und Innovation prägen die Entwicklung der VSE



Vom reinen Stromversorger zum regionalen Energie- und Infrastruktur-Dienstleister für Privatkunden, Kommunen, Industrie und Gewerbe



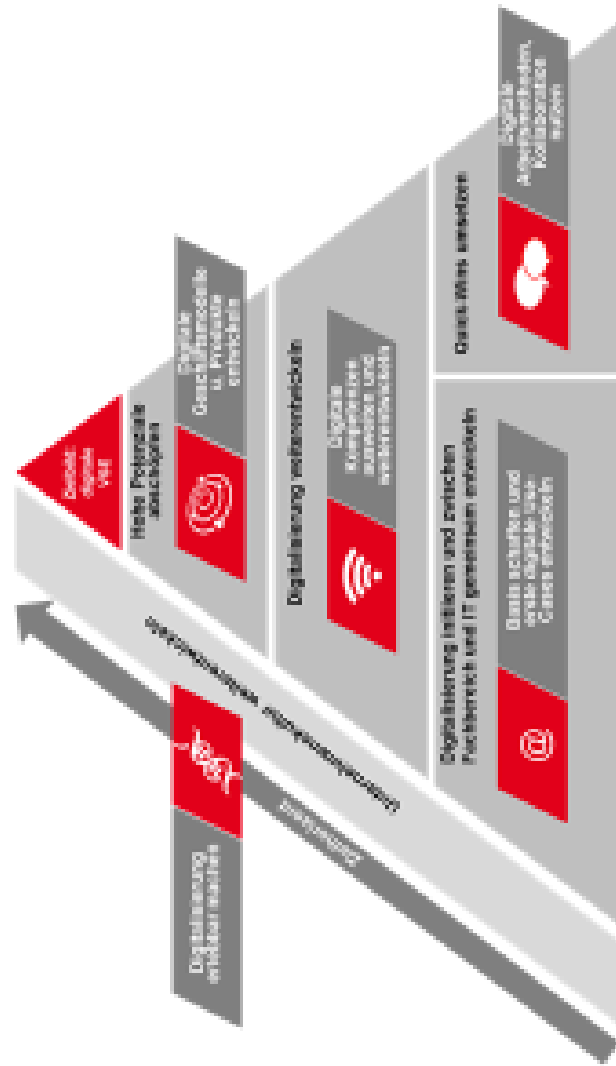
- Strategische Maßnahmenfelder
 - Operative Exzellenz, wie z.B. Digitalstrategie entwickeln und umsetzen oder Prozesse, Organisation und Legalstrukturen optimieren
 - Evolutionäre Weiterentwicklung, d.h. Kunden gewinnen, Produkte und Dienstleistungen weiterentwickeln
 - Neue Geschäftsmodelle: Innovationen vorantreiben und Kooperationen, z.B. mit Start-ups eingehen

Der Partner in der Region für Energie, Innovation und Effizienz.

VSE AG · Alexander-Straße · 05.03.2019

3 Teil von Energie

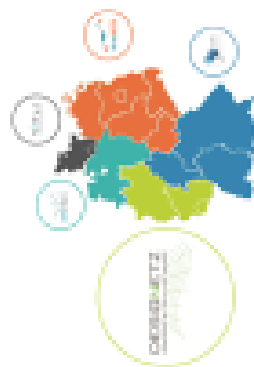
VSE-Gruppe setzt auch auf das Thema Digitalisierung



VSE AG - Alexander Schalk - 05.03.2019

4 Teilvorlesung

Designetz: Bündelung von Kompetenzen in NRW, Rheinland-Pfalz und dem Saarland



Übersicht der 3 BUND-Schaufeln für „Schaukeln intelligents Energie - Digitale Agenda für die Energiewende“



Übersicht der 47 Designetz-Partner

VSE AG · Alexander Schalk · 05.03.2019

- Projektlaufzeit 4 Jahre (bis 12/2020)
- Projektvolumen 66 Mio. € (rd. 30 Mio. € Fördermittel); Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
- 47 Erfahrene Partner aus Stadtwerken, Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung
- Ziele: Lösungen für eine klimafreundliche, effiziente und sichere Energieversorgung mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien sollen entwickelt und großflächig demonstriert werden
- Vielzahl unterschiedlicher Lösungen in den 20 neuen Demonstratoren sowie 11 bestehenden Hebelprojekten

5

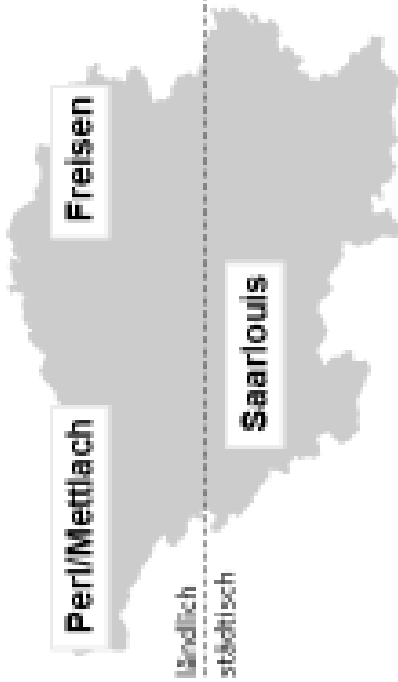
Teil von Energy

Zusammen mit zahlreichen Partnern wird der saarländische Demonstrator „EMIL“ errichtet



EMIL:

Energienetze mit innovativen Lösungen



3 Test-Demonstrationsregionen;
Ländliche und städtische Versorgungsaufgaben;
Unterschiedliche Durchdringung mit dez. Erzeugung

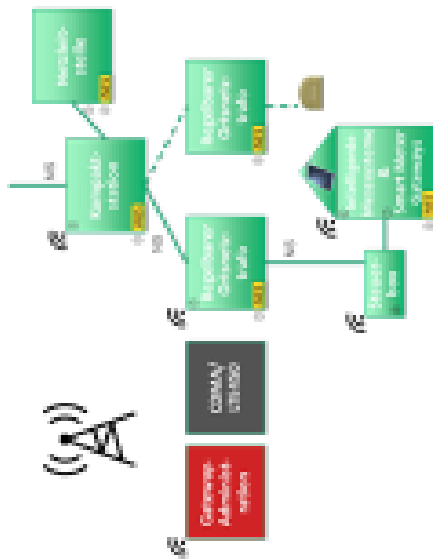
EMIL demonstriert Smart-Grid und entwickelt innovative Technologien und innovative Netzkonzepte und -komponenten, wie z.B. fernsteuerbare Stationen oder rGNTs

- Automatisierung im Verteilnetz durch iNES
- Intelligente Messsysteme
- Kommunikationskonzepte mittels 450-MHz-Funknetzen

Partner



Funktionsweise Demonstrator D15 „EMIL“ in Perl/Mettlach und Freisen



Komponente	Ort	Erfällung
⊕ Fernsteuerbare Kompaktstationen	MS-/NS-Netz	Automatisiertes MS-/NS-Ordnetz für den Pilotbetrieb mit Anbindung an das Leitsystem zur Verbesserungen der Lastflusssteuerung
⊕ Regelbarer Ortsnetztrafo	MS-/NS-Netz	Optimierung des Regelbandes unter Einbeziehung erneuerbarer Einspeisung
⊕ IES-Elemente (Steuer-, Mess- + Regelkomponenten)	MS-/NS-Netz + Haushalt	Ausbau von 8 NS-Ringen mit Sensoren und Aktorik zum regelnden Eingriff
⊕ IES-Software	Netzführung	Schnittstelle Leittechnik
⊕ Erweiterung Netzleittechnik	Netzführung	Ankopplung intelligente Komponenten an Leittechnik
⊕ Intelligente Messsysteme	Haushalt	Messwertfassung auf Netzseite
⊕ Smart-Meter Gateways	Haushalt	Verteilung der erfassten Daten sowie Kommunikation
⊕ Steuerboxen	NS-Netz	Eingriffsmöglichkeit auf Nutzer mit Einspeisung sowie Steuerung von Anlagen



Die Realisierung der Smart Grids in EMIL ist 2018 gestartet: Beispiel iNES

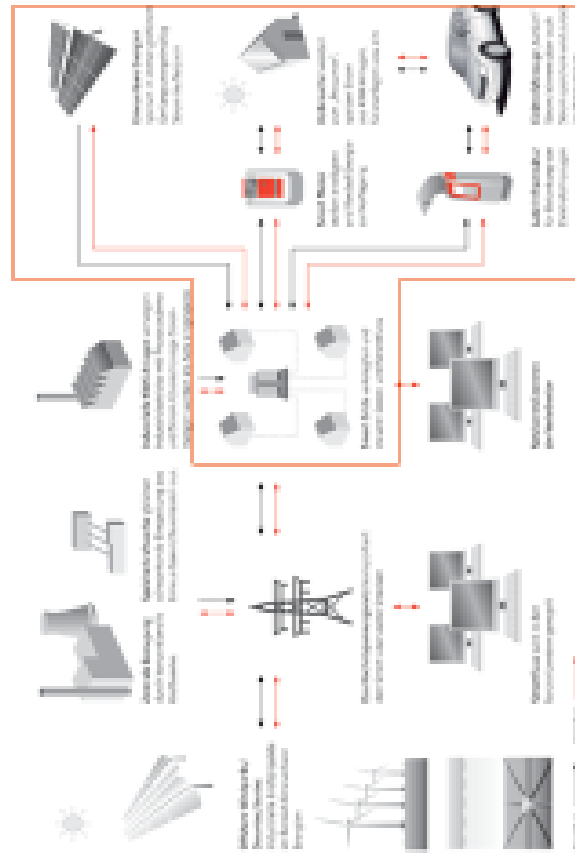


© E.ON - Alexander Schalk - 05.03.2018



© E.ON - Alexander Schalk - 05.03.2018

Die Kommunikation im Smart Grid wird mittels 450-MHz-Funknetzen realisiert



- Im Saarland werden hierzu in vier Regionen Funknetze realisiert
- Errichtung der Netze an TK-Funkmasten, auf Strommasten und auf Umspannanlagen
- Vorteile der 450-MHz-Funknetze:
 - Gute Ausbreitung => Wirtschaftlich
 - Gute Durchdringung => Smart Meter
 - Schwarzfallfestigkeit => Versorgungssicherheit
 - Hohe Sicherheit => Privatnetz
- Herausforderung durch das Thema Grenzkoordination
- Inbetriebnahme ab Q1/2019

Quelle: Fraunhofer - Smart Grid Communications 2009, Seite 13

VSE AG - Alexander Schalk - 05.02.2019

Einsetzungsbereich der 450-MHz-Funknetze



Teil von Energie



Smart Grids sorgen für *interne* Anpassungen auf die Betriebsführungsprozesse und Abläufe

- Schulungen für Handhabung neuer Komponenten müssen durchgeführt werden
- Betriebshandbücher müssen umgeschrieben werden
 - Wartung und Instandhaltung des Betriebes
 - Anweisungen bei Störungen für Betrieb und Netzleitstelle
 - Auswirkungen von Netzerweiterungen für GIS, Netzautomatisierung usw.
- Zudem Einbindung und Schulung der Planungsabteilungen notwendig: Wann und wo ist welche Komponente sinnvoll?
- Neue Marktrollen werden für neue Anforderungen bei den Netzbetreibern sorgen, d.h. neue Systeme müssen implementiert werden

Auch Extern gibt es zahlreiche Herausforderungen und Klärungsbedarfe



Installation
(Wahlfreiheit oder Verpflichtung?)

Datenschutz
(Was passiert mit meinen Daten?)

Akzeptanz
(Brauche ich solche Netze und Smart Meter überhaupt?)

Kommunikative Anbindung
(Sicherheit gewährleistet? (BSI))

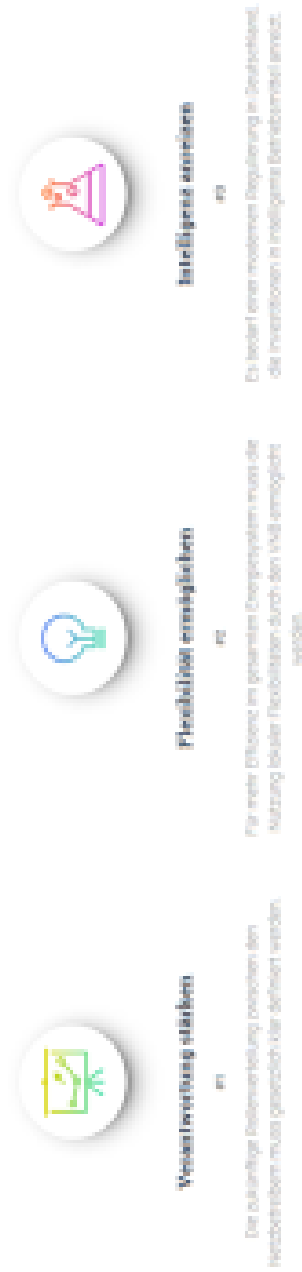
Investitionskosten
(Kostensenkung Industrie vs. Anerkennung Regulierung)

Anpassungen an die Regulierung durch Intelligenz existieren ebenfalls

- Die Politik wird nicht mit allen Entscheidungen auf die SINTEG-Projekte warten können. Die politische Beirat hat daher Vorschläge für Anpassungen entwickelt, die bereits in den nächsten Jahren greifen müssen.

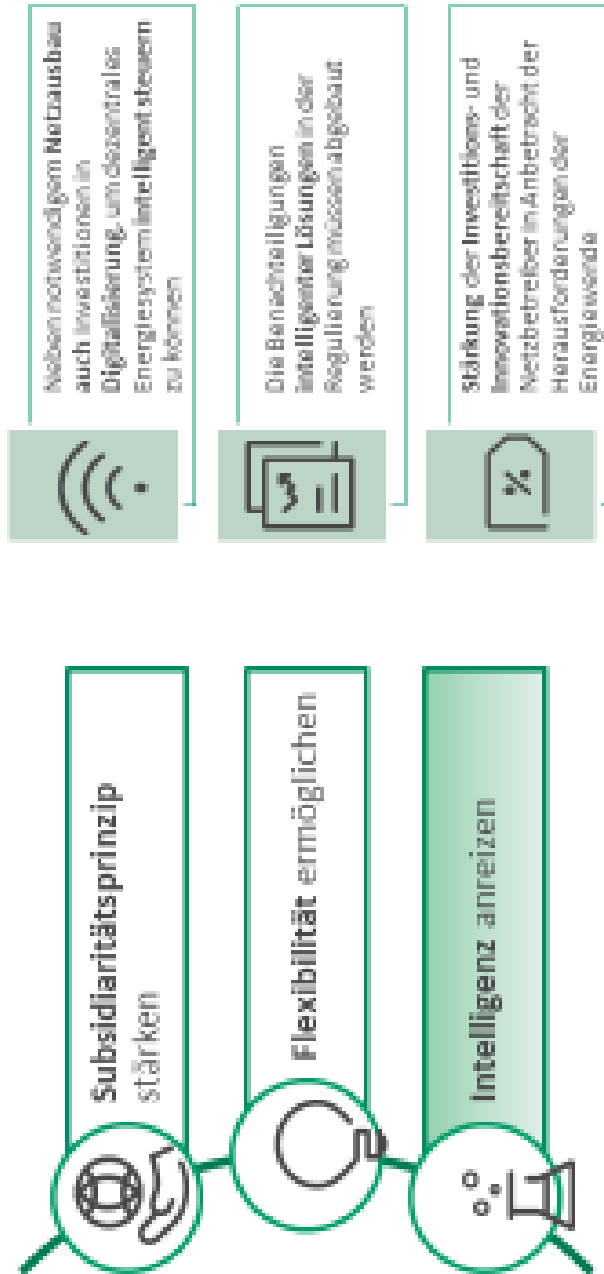
Kernforderungen

Damit die Verteilnetzbetreiber die Herausforderungen der Energiewende meistern können, müssen die folgenden Voraussetzungen geschaffen werden:





Unter dem Stichwort „Intelligenz anreizen“ sind Forderungen aufgestellt worden



VSE AG - Alexander Schalk - 05.03.2019



Fazit

- Smart zur Energiewende: Smart Grids können ein wichtiger Baustein für die erfolgreiche Bewältigung der Energiewende werden.
- Aktuell fehlt es hierzu jedoch teilweise noch an Rahmenbedingungen, welche z.B. die Installation in Haushalten auf der Niederspannungsebene ermöglichen.
- Weitere Handlungsfelder, welche gelöst werden müssen sind u.a. eine Verbesserung der Akzeptanz, das Kosten-Nutzen-Verhältnis und auch das Thema Regulierung.



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

VSE AG - Alexander-Schalk - 05.02.2019



Ansprechpartner

Alexander Schalk

Projektleiter Designnetz VSE-Gruppe

+49 681 607 1262

schalk.alexander@vse.de

VSE AG - Alexander Schalk - 05.03.2019

Flexibilität als zukünftige Lösungsoption

Jan Meese, M. Sc.

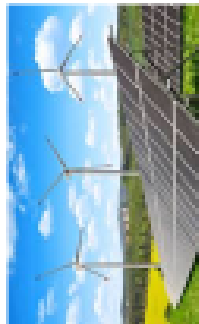
Bergische Universität Wuppertal



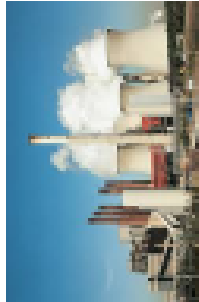
Flexibilität

Flexibilität ist die Fähigkeit einer technischen Anlage, die elektrische Leistung (Entnahme oder Einspeisung) auf Grund eines externen Signals kurzfristig zu ändern.

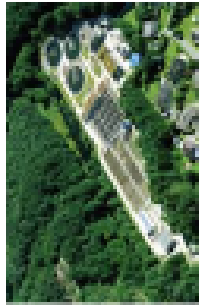
Erneuerbare



Konventionelle



Flexible Lasten



Speicher



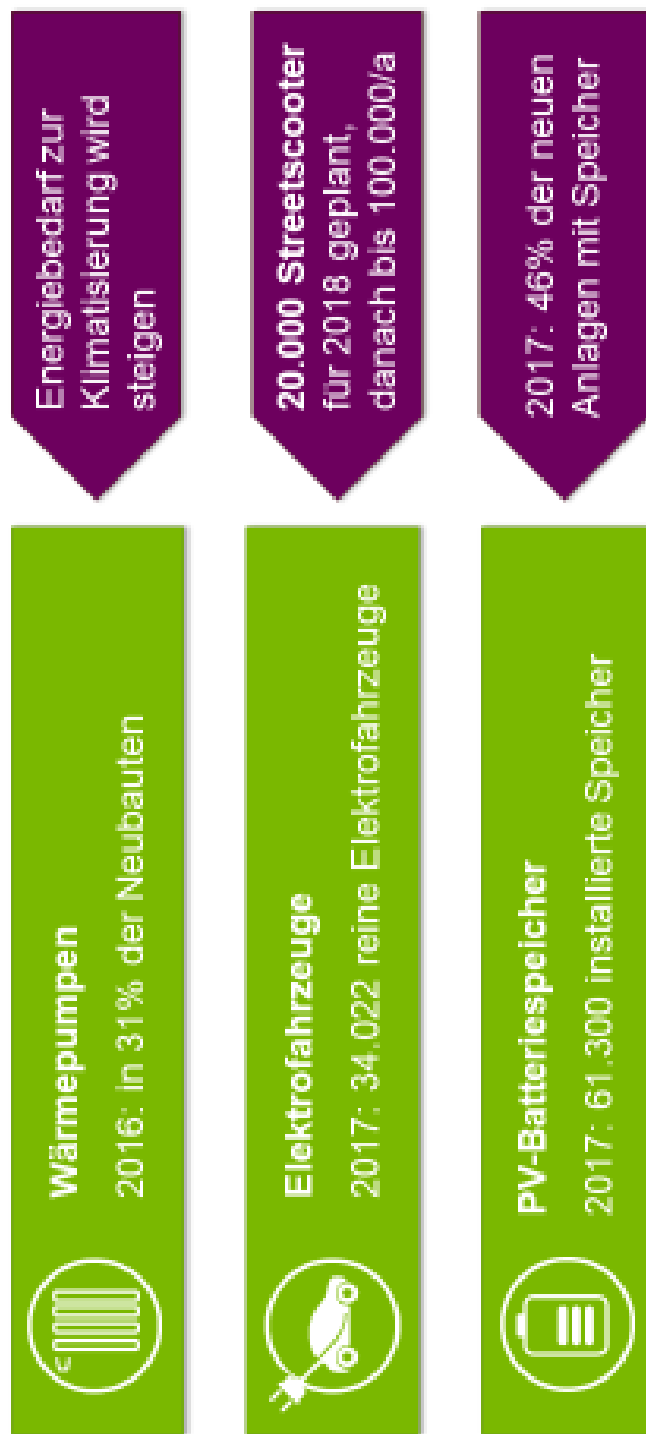
Flexibilität



Smart Grid Seminar – Flexibilität als zukünftige Lösungsoption
05.02.2019

52

Neue Verbraucher & Anlagen



Quellen: Bundesverband Wärmepumpe e.V., Kraftfahr Bundesamt, Speichermonitoring

Smart Grid Seminar – Flexibilität als zukünftige Lösungsoption
05.02.2019

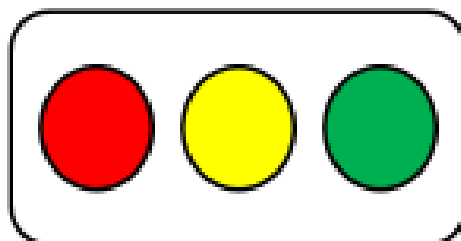
54

Flexibilität – Anwendungsfälle



Netzkapazitätsampel für das Verteilnetz

- Aktivitäten der Märkte und die Zustände der Netze müssen koordiniert werden
- bessere Auslastung bestehender Infrastruktur



Regulierter/netzdominierter Bereich

Der Netzzustand ist kritisch. Der Netzbetreiber greift steuernd ein. Das Marktgeschehen wird ausgesetzt.

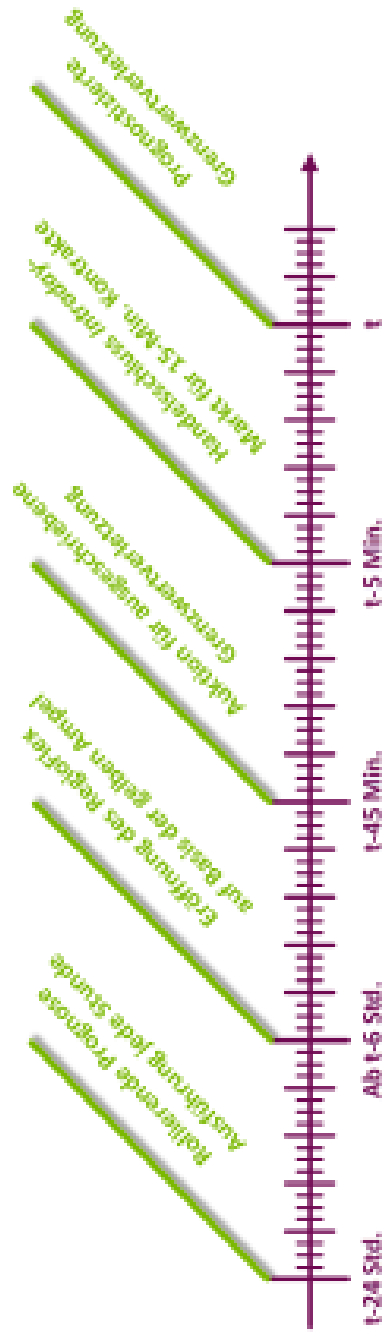
Netzorientierter Bereich mit marktgetriebenen Prozessen

Netzbetreiber fragt in Abhängigkeit von der Netzsituation lokale und zeitlich eingeschränkte Flexibilität nach.

Marktgetriebener Bereich (Wettbewerb)

Der Netzzustand ist unkritisch. Alle Kunden können frei am Markt agieren

Zeitlicher Ablauf im MS-/NS-Netz

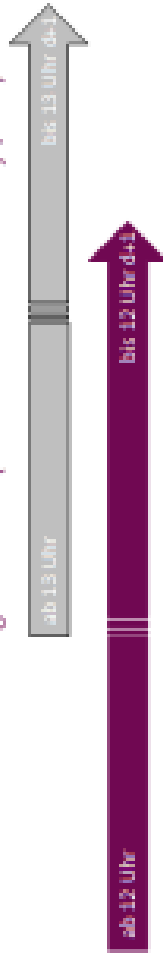


- **Kurzfristige Zuschlagsvergabe (45 Minuten Vorlauf)**
 - Ermöglicht höhere Prognosegenauigkeit
 - Nicht bezuschlagte Anbieter können ihre Energie am Intraday-Markt handeln.
- **Auf MS-Ebene frühere zusätzliche Ausschreibung für gesicherten Bedarf**

Netzzustandsprognose

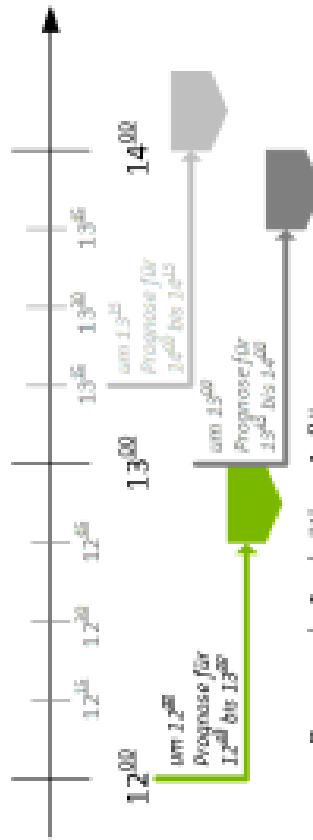
Langfristprognose

- Prognose in 1-minütiger Auflösung
- Prognosehorizont 24 Stunden
- Stündliche Ausführung
- Ziel: Information der Anlagenbetreiber (wird ein Problem erwartet ja/nein)

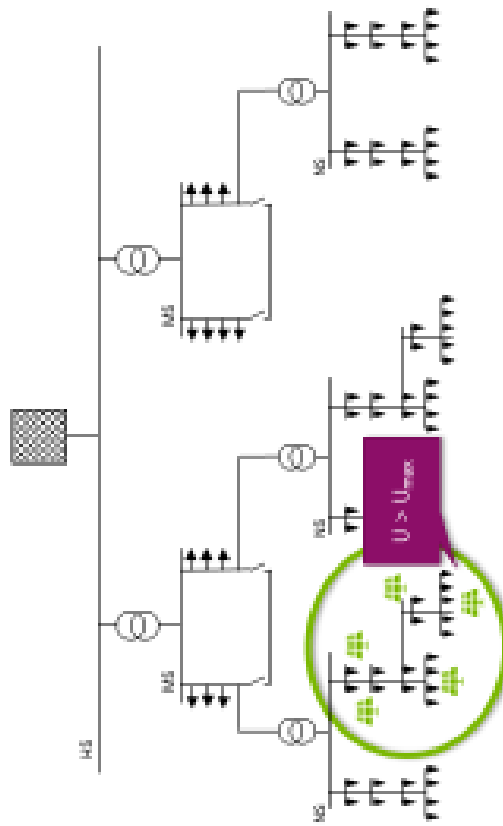


Kurzfristprognose

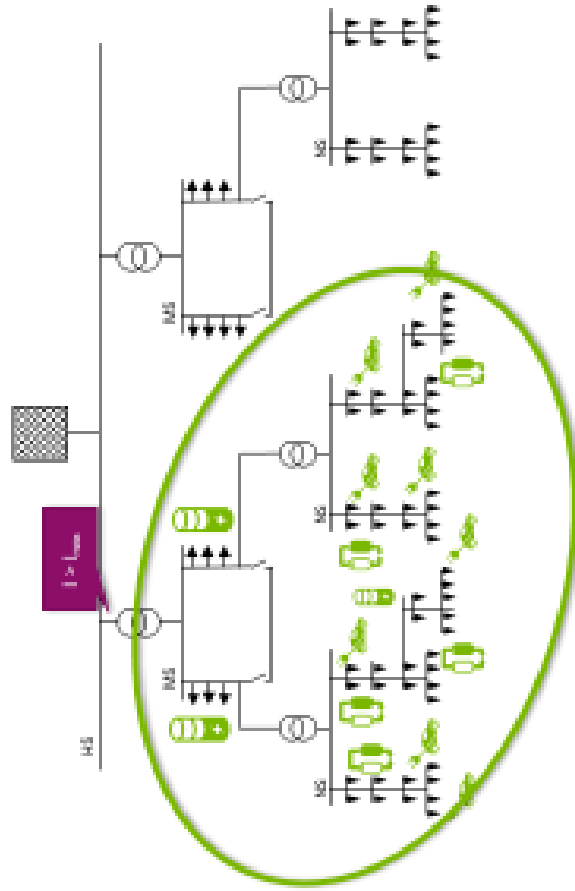
- Prognose in 1-minütiger Auflösung
- Prognosehorizont 60 Minuten
- Ausführung alle 15 Minuten
- Ziel: Auswahl der Anlagen (z. B. OFF)



Räumliche Aufteilung der Märkte

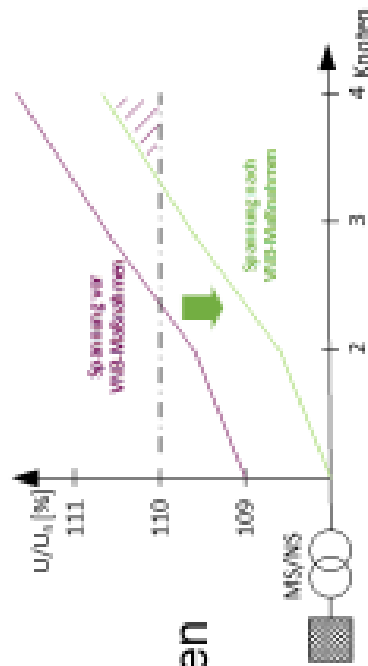


Räumliche Aufteilung der Märkte



Übergang von grüner zu gelber Phase

- Berechnung möglicher Regelungseingriffe durch VNB-eigene Betriebsmittel/Maßnahmen
- Diese Maßnahmen werden immer zuerst ergriffen
- Wenn danach noch ein Restproblem besteht, soll dies durch die Flexibilitäten am Markt vermieden werden



Zusammenfassung

- Zunehmend flexible Verbraucher im Netz vorhanden
 - Durch eine Smart Grid Marktschnittstelle können weitere Flexibilitäten eingebunden werden
 - Kosten für Abregelungen können reduziert werden
 - Einmal erschlossene Flexibilitäten können auf unterschiedlichen Marktplätzen platziert werden
- Smart Grid System ist die Grundlage für weitere netz- und marktdienliche Einsatzzwecke von Flexibilitäten




BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik
www.evt.uni-wuppertal.de

Rainer-Gruenter-Straße 21
42119 Wuppertal

Dr.-Ing. Jan Meese
meese@uni-wuppertal.de
0202/439-1946


BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

NEUE ENERGIE AUS WUPPERTAL

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Elektrische Energieversorgungstechnik der Bergischen Universität Wuppertal (Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Markus Zdrallek)

Band 1

Neusel-Lange, Nils:

Dezentrale Zustandsüberwachung für intelligente Niederspannungsnetze

1. Auflage 2013, ISBN 978-3-8442-7401-1

Band 2

Stötzel, Marcus:

Strategische Ressourcendimensionierung von Netzleitstellen in Verteilungsnetzen

1. Auflage 2014, ISBN 978-3-8442-7826-2

Band 3

Zdrallek, Markus (Hrsg.):

Tagungsband zum 2. Wuppertaler Energie-Forum

1. Auflage 2014

Band 4

Oerter, Christian:

Autarke, koordinierte Spannungs- und Leistungsregelung in Niederspannungsnetzen

1. Auflage 2014, ISBN 978-3-7375-1758-4

Band 5

Athamna, Issam:

Zuverlässigkeitsberechnung von Offshore-Windparks

1. Auflage 2015, ISBN 978-3-7375-5678-1

Band 6

Thies, Hans Henning:

Ein übergreifendes Modell zur Optimierung von Netz und Netzbetrieb

1. Auflage 2015, ISBN 978-3-7375-7465-5

Band 7

Zdrallek, Markus (Hrsg.):

Tagungsband zum 3. Wuppertaler Energie-Forum

1. Auflage 2016

Band 8

Harnisch, S.; Steffens, P.; Thies, H.; Monscheid, J.; Münch, L.; Böse, C.; Gemsjäger, B.:
Planungs- und Betriebsgrundsätze für ländliche Verteilungsnetze – Leitfaden zur Ausrichtung
der Netze an ihren zukünftigen Anforderungen
1. Auflage 2016

Band 9

Pawlowski, Erik:
Realitätsgerechte Zustandsbewertung gasisolierter Hochspannungsschaltanlagen
1. Auflage 2016, ISBN: 9783741819834

Band 10

Zdrallek, Markus:
Tagungsband BUW Seminar "Smart Grids" - Aufbau und Betrieb von intelligenten
Verteilnetzen
1. Auflage 2016, 2. Auflage 2017

Band 11

Beerboom, Dominik:
Objektive Zustandsbewertung von Mittelspannungsnetzen als Grundlage der Asset-Optimierung
1. Auflage 2017, ISBN: 978-3-7418-9539-5

Band 12

Tabke, Thorsten:
Entwicklung und Anwendung eines typunabhängigen, minimalinvasiven Zustandsbewertungs-
verfahrens für SF₆-Hochspannungsschaltanlagen
1. Auflage 2017, ISBN: 978-3-7450-0240-9

Band 13

Uhlig, Roman:
Nutzung der Ladeflexibilität zur optimalen Systemintegration der Elektromobilität
1. Auflage 2017, ISBN: 978-3-7450-5959-5

Band 14

Zdrallek, Markus:
Tagungsband zum 4. Wuppertaler Energieforum
1. Auflage 2018

Band 15

Zdrallek, Markus:

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik - Portrait

1. Auflage 2018

Band 16

Steffens, Philipp:

Innovative Planungsgrundsätze für ländliche Mittelspannungsnetze

1. Auflage 2018, ISBN: 978-3-7450-9538-8

Band 17

Johae, Christopher:

Realitätsgerechte Zustandsbewertung von Mittelspannungsanlagen durch Einsatz geeigneter Messverfahren

1. Auflage 2018, ISBN: 978-3-7467-4381-3

Band 18

Meese, Jan:

Dynamische Stromtarife zur Erschließung von Flexibilität in Industriunternehmen

1. Auflage 2018, ISBN: 978-3-7467-7558-6

Band 19

Dorsewagen, Felix:

Zustandsidentifikation von Mittelspannungsnetzen für eine übergreifende Automatisierung der Mittel- und Niederspannungsebene

1. Auflage 2018, ISBN: 978-3-7467-7488-6

Band 20

Harnisch, Sebastian:

Planung von ländlichen Niederspannungsnetzen mit innovativen Lösungsoptionen

1. Auflage 2019

Band 21

Nebel, Arjuna:

Auswirkung einer übergeordneten Steuerung dezentraler elektrischer Anlagen auf die Höhe des konventionellen positiven Redispatcheinsatzes in Deutschland

1. Auflage 2019

Band 22

Kornrumpf, Tobias:

Bewertung von Flexibilitätsoptionen in Mittelspannungsnetzen

1. Auflage 2019

Impressum

Neue Energie aus Wuppertal

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Elektrische Energieversorgungstechnik
der Bergischen Universität Wuppertal

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Markus Zdrallek
Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik
Bergische Universität Wuppertal

Rainer-Gruenter-Straße 21
D-42119 Wuppertal
Tel.: 0202/439-1976
Fax: 0202/439-1977
zdrallek@uni-wuppertal.de
www.evt.uni-wuppertal.de

Redaktion und Gestaltung

Schaugar Azad
Jan Meese
Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik
Bergische Universität Wuppertal

Druck

Offsetdruckerei Figge GmbH, Wuppertal
Auflage: 48 Stück

© Alle Rechte vorbehalten

Der Nachdruck von Beiträgen ist nur mit Genehmigung
der Bergischen Universität gestattet.

Wuppertal, Februar 2019