

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

Mitveranstalter:

neue/effizienz

Mit freundlicher Unterstützung von:



BAUR
ensuring the flow



B E T



EVL
Energie. Weiter denken
Energieversorgung Leverkusen
Zeit für Sie.



OPAL-RT
TECHNOLOGIES



innogy



PHOENIX
CONTACT



TANKE

5. Wuppertaler Energie-Forum 13.02.2020

26



5. Wuppertaler Energie-Forum

13. Februar 2020

Neue Energie aus Wuppertal
Band 26

5. Wuppertaler Energie-Forum

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

Bergische Universität Wuppertal

Neue Effizienz – Bergische Gesellschaft für
Ressourceneffizienz mbH

13. Februar 2020

Hörsaal FZH 1

Campus Freudenberg

Rainer-Gruenter-Straße

42119 Wuppertal

Das 5. Wuppertaler Energie-Forum wird unterstützt von:



ensuring the flow



Energie. Weiter denken



Energieversorgung Leverkusen

Zeit für Sie.



OPAL-RT
TECHNOLOGIES



innogy



Energiewende – Made in Wuppertal
Prof. Dr.-Ing. Markus Zdrallek

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Freunde des Lehrstuhls für Elektrische Energieversorgungstechnik,
mit der kürzlich vorüber gegangenen UN-Klimakonferenz haben die – durchaus kontrovers geführten – Diskussionen rund um den Klimawandel und den daraus resultierenden grundsätzlichen Umbau der weltweiten Energieversorgung einen weiteren Höhepunkt erreicht. Dazu passen die – ebenfalls vehement diskutierten – Beschlüsse des „Klimakabinetts“, mit dem die Bundesregierung versucht, wieder eine Vorreiterrolle in Sachen Klimaschutz und Energiewende einzunehmen.

Diesen grundlegenden Wandel mit technischen Lösungen zu unterstützen – genau daran arbeiten wir seit Jahren in Wuppertal. So werden auch in der fünften Auflage unseres Energie-Forums wieder wichtige Ergebnisse von einschlägigen Forschungsprojekten durch hochrangige und renommierte Vertreter der Energieversorgungsbranche präsentiert – dieses Mal mit dem besonderen Fokus auf Elektromobilität und Sektorenkopplung. Besonders hervorzuheben ist hier der Beitrag von Staatssekretär Andreas Feicht, der „aus erster Hand“ von den neuesten politischen Richtungsentscheidungen in Berlin berichtet.

Ich freue mich, Sie in Wuppertal wiederum zu interessanten Vorträgen und Diskussionen begrüßen zu dürfen.

Ihr

Inhalt

Keynote:

Impulse für die Energiewende 9

Andreas Feicht

**Auswirkungen der Energiewende auf die Versorgungszuverlässigkeit von
Verteilungsnetzen11**

Dr. Michael Schwan

Forschung für ein ganzheitliches Quartierskonzept – Electric City Neuss33

Ekkehard Boden

**AMika: Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von
Mittelspannungskabeln..... 49**

Dr. Hendrik Adolphi

Gasnetze werden „grün“ - Wasserstoff als Unterstützer der Energiewende.. 69

Dr. Matthias Krumbeck

Auswirkungen der Elektromobilität auf die Netze der RheinEnergie 91

Dr. Ulrich Groß

Impressum114

Keynote:
Impulse für die Energiewende

Andreas Feicht
Staatssekretär, BMWi

Die Vortragsunterlagen von Herrn Staatssekretär Feicht lagen bei Redaktionsschluss leider noch nicht vor.

Es gilt das gesprochene Wort.

Auswirkungen der Energiewende auf die Versorgungszuverlässigkeit von Verteilungsnetzen

Dr. Michael Schwan

Leiter Power Technologies International (PTI), Siemens AG

Auswirkungen der Energiewende auf die Versorgungszuverlässigkeit von Verteilungsnetzen

5. Wuppertaler Energieforum – 13.02.2020
Dr. Michael Schwan

Unrestricted © Siemens 2020

[siemens.com/power-technologies](https://www.siemens.com/power-technologies)

Agenda

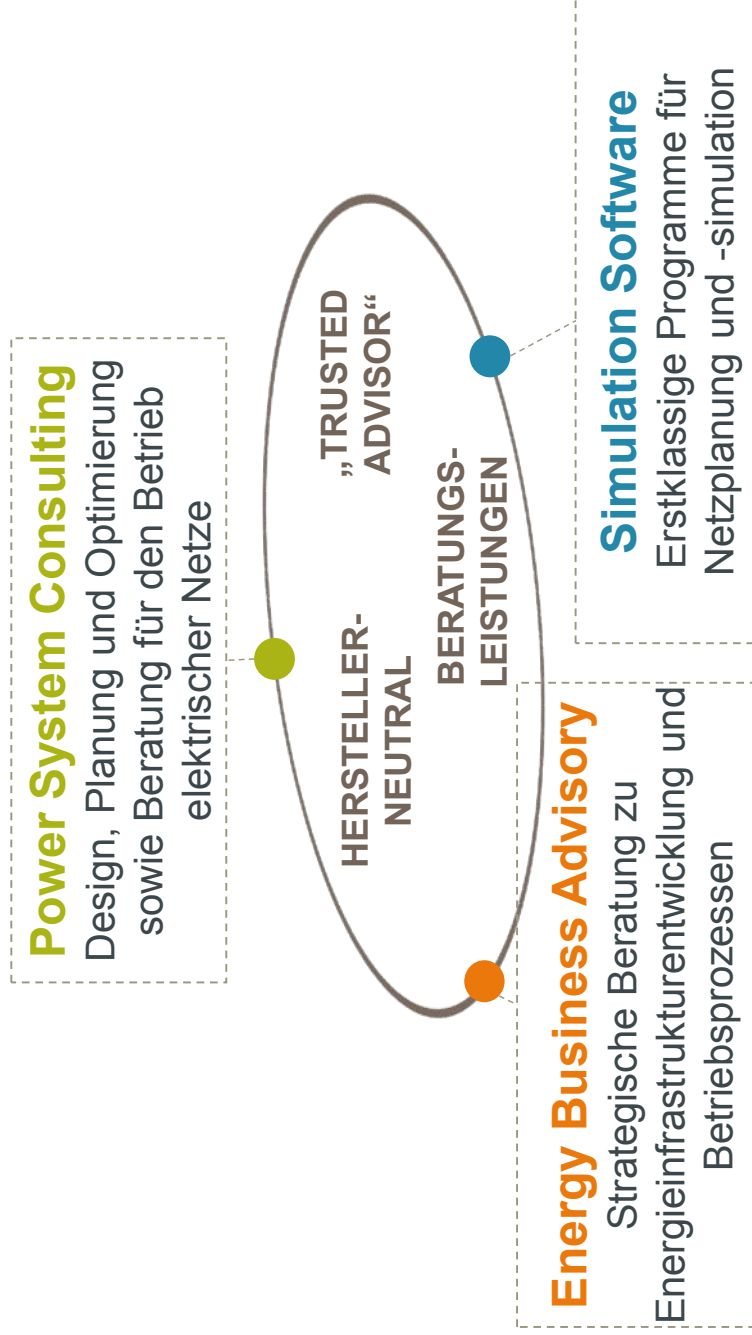


- 1** Siemens PTI
- 2** Ausgangssituation und Motivation
- 3** AEwene – Methodik
- 4** AEwene – Ergebnisse
- 5** Fazit

Siemens Power Technologies International – Überblick

SIEMENS

Ingenuity for life



Zahlen & Fakten

- 1956 gegründet
- 30+ Standorte
- ~400 Mitarbeiter
- ~250 Berater
- 2000+ Kunden
- 1000+ Projekte p.a.
- alle Branchen

Agenda



- 1** Siemens PTI

- 2** Ausgangssituation und Motivation

- 3** AEwene – Methodik

- 4** AEwene – Ergebnisse

- 5** Fazit

Der Anteil dezentraler, nachhaltiger Energieerzeugung, Digitalisierung & Automatisierung nimmt weltweit zu



Ausbau Erneuerbarer Energien

Neuinstallationen in GW p.a.

Jahr	Wind	Solar	Andere	Gesamt
2010	19%	36%	45%	~90
2020	33%	47%	20%	~191
2030	29%	58%	14%	~303

Erhöhter Abstand zur Last / Notwendigkeit des Ausgleichs

- Verstärkung nationaler Netze
- Ausbau Netzverbund
- Integration Erneuerbarer Energien

Wachsende Elektrizitätsversorgung

Erzeugung in 1000 TWh

Jahr	Erneuerbare	Konventionell	Gesamt
2010	20%	80%	~21
2020	29%	71%	~26
2030	40%	60%	~32

Zunehmende Elektrifizierung...

- in Schwellenländern z.B. China, Indien, Indonesien
- von Gebäudeheizungen und Industrieprozessen
- von Mobilität (eCars, eBus...)

Dezentrale Erzeugung

Neuinstallationen in GW p.a.

Jahr	dezentral	zentral	Gesamt
2010	49%	51%	~373
2020	62%	38%	~358
2030	67%	33%	~444

DES & kritische Stromsysteme

- Energiespeicher Lösungen
- Aufbau von Micro-/Nanogrids
- Marktwachstum in NS & MS

Digitalisierung & Automatisierung

Neue Smart Meter-Installationen (Strom, Gas, Wasser) in Mio. Einheiten p.a.

Jahr	Smart Grid IT-Ausgaben in Mrd. USD	Gesamt
2015	~9	~50
2020	~14	~90
2025	~18	~100

Zunehmende Agilität in Energiesystemen

- Sensoren / Zähler liefern Daten, IT-Lösungen optimieren
- Neue Marktteilnehmer
- Neue Preis-/Geschäftsmodelle
- Effizientes Asset Management

Anmerkung: Annahmen von Siemens basierend auf Markt- und Branchenanalysen

Unrestricted © Siemens 2020

Page 5 2020-02-13 5. Wuppertaler Energie-Forum

SIDGPTI

AEwene – Auswirkungen der Energiewende auf die Versorgungszuverlässigkeit von Verteilungsnetzen

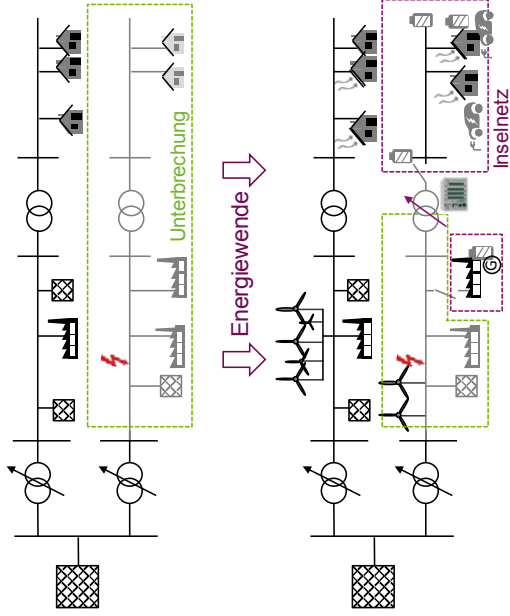


Lösungsansatz

- Formulierung zukünftiger Anforderungen an Verteilungsnetze
- Erweiterung der Zuverlässigkeitsberechnung
- Zielnetzplanung und Zuverlässigkeitsanalyse von 20 Mittelspannungs- und 56 Niederspannungs-Varianten
- Ableitung von Grundsätzen zur Entwicklung der Versorgungszuverlässigkeit

Projektdaten

- Laufzeit: 11/2015 – 10/2018
- Personal: 2 wissenschaftliche Mitarbeiter
- Partner: BU Wuppertal, Siemens PTI, 3 Verteilungsnetzbetreiber



Agenda

1 Siemens PTI

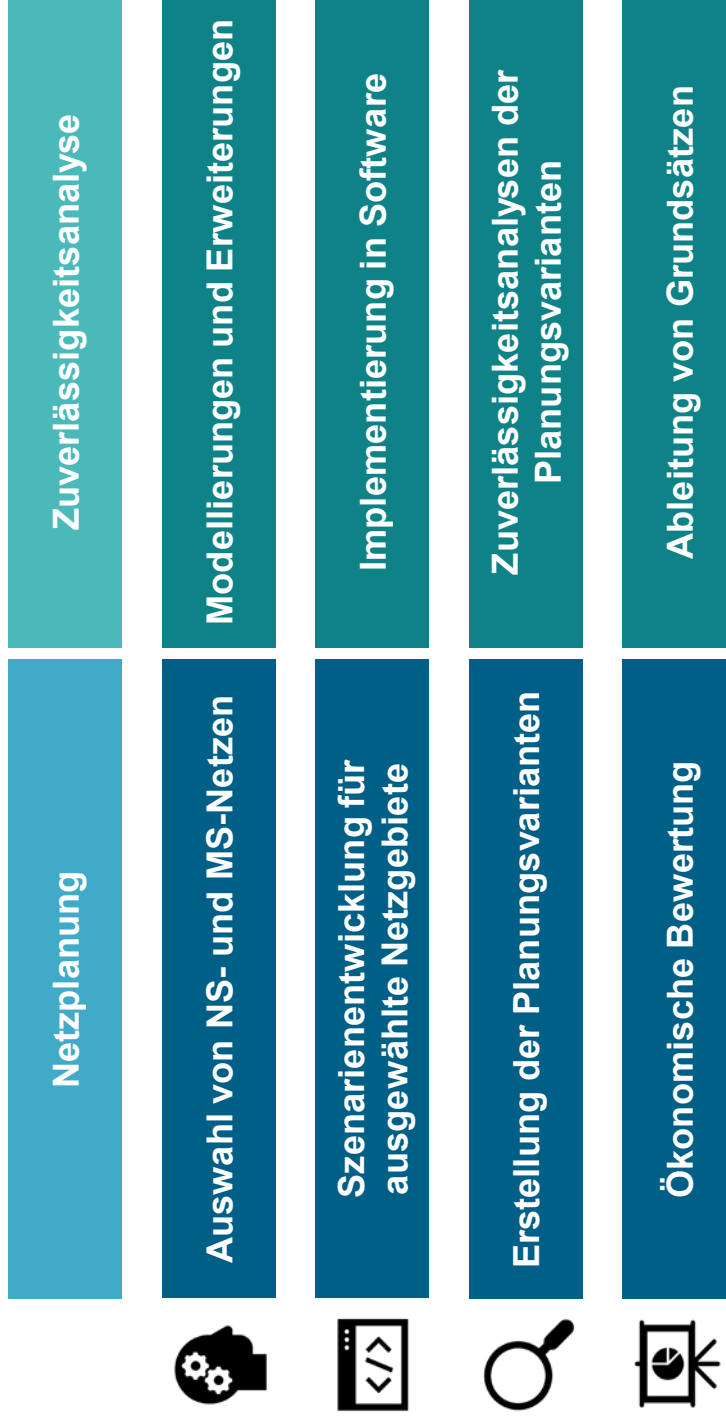
2 Ausgangssituation und Motivation

3 AEwene – Methodik

4 AEwene – Ergebnisse


5 Fazit

Gesamtmethode



Modellbildungen



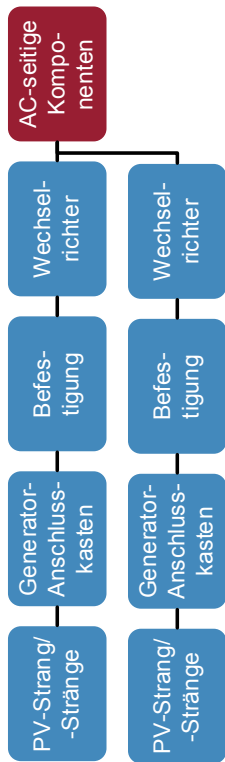
<p>Markov-Modellierung und Verhalten im Störungs-geschehen</p>	<p>Bildung von Netznutzungssituationen</p> 									
<p>Dezentrale Energiewandlungsanlagen</p> 	<p>Reduktion von Kombinationen</p> <table border="1" data-bbox="614 324 710 548"> <tr> <td>NNS 1</td> <td>...</td> <td>NNS m</td> </tr> <tr> <td>AK-x</td> <td>Komb-a</td> <td>Komb-b</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Komb-e</td> </tr> </table>	NNS 1	...	NNS m	AK-x	Komb-a	Komb-b			Komb-e
NNS 1	...	NNS m								
AK-x	Komb-a	Komb-b								
		Komb-e								
<p>Energiespeicher</p> 	<p>Ermittlung neuer Kenngrößen</p> 									
<p>Elektrofahrzeuge und flexible Lasten</p> 	<p>Spannungsgeregelter HS/MS-Transformator (SUW)</p> 									
<p>Modellbildung von Smart-Grid-Technologien</p>	<p>Dezentrales Netzautomatisierungssystem (DNA-System)</p> 									
<p>Regelbarer Ortsnetztransformator (rONT)</p> 	<p>Einzelstrangregler (ESR)</p> 									

Modellbildungen – Dezentrale Energiewandlungsanlagen

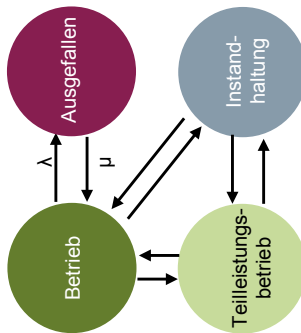


Ingeniery for life

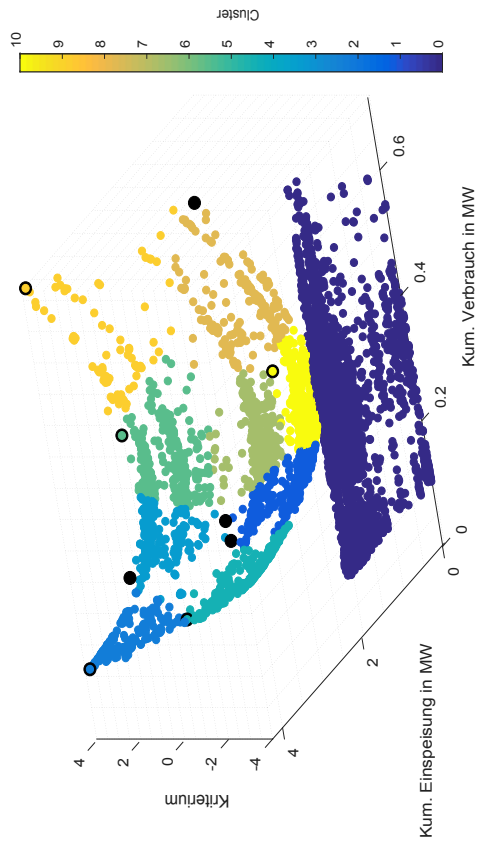
Modellierung von Reliability Block Diagrams (Beispiel: PV)



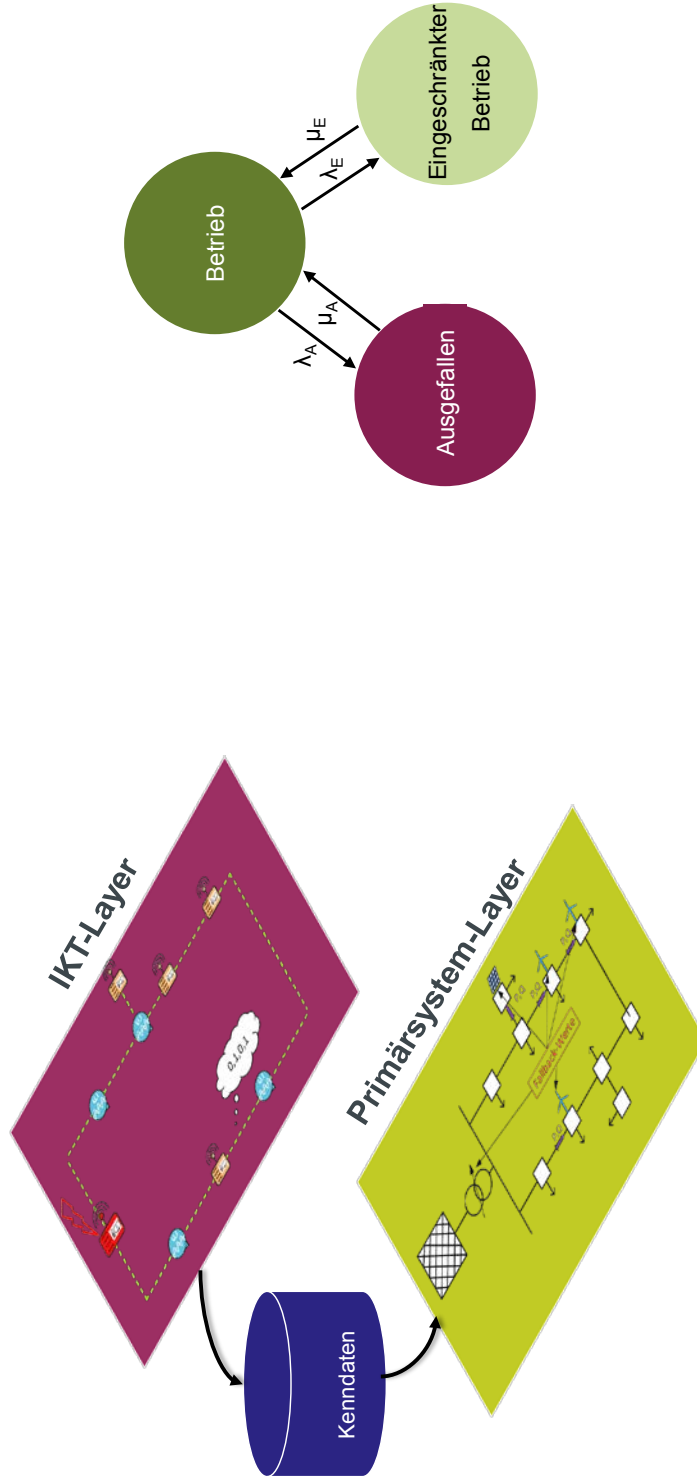
Bildung von Markov-Modellen (Beispiel: DEA 4-Zustandsmodell)



Erweitertes Verfahren zur Ermittlung von Netznutzungssituationen



Modellbildungen – Dezentrales Netzautomatisierungssystem



Konventionelle und innovative Netzausbauplanung

Konventionelle Zielnetzplanung

- Tausch/Verstärkung von Betriebsmitteln
- Verlegung von zusätzlichen Abgängen
- Umschaltmaßnahmen

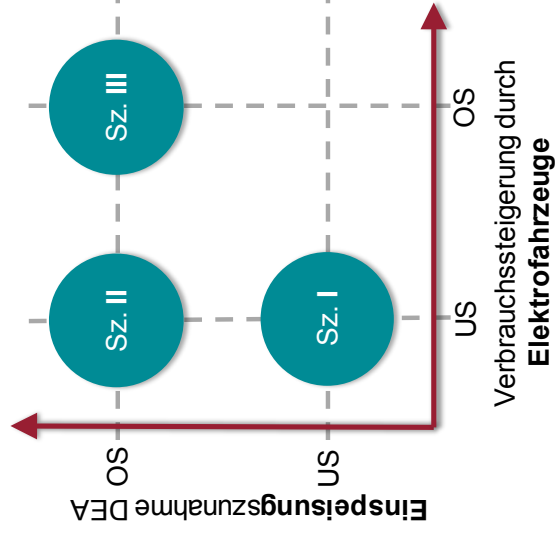
Innovative Zielnetzplanung

- Kostensoptimale, ergänzende Zielnetzplanung unter Einsatz von Smart-Grid-Technologien

Ökonomische Bewertung

- Anwendung der Barwertmethode

Szenarien bis 2050



Agenda

1 Siemens PTI

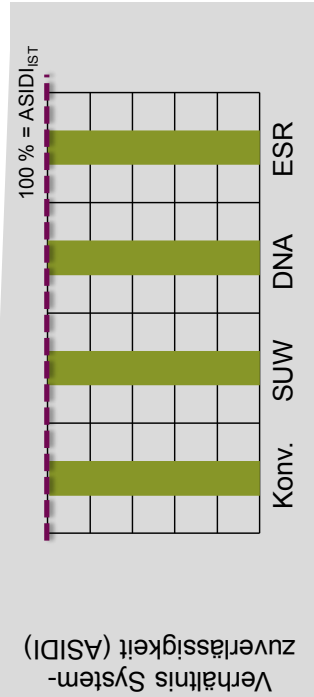
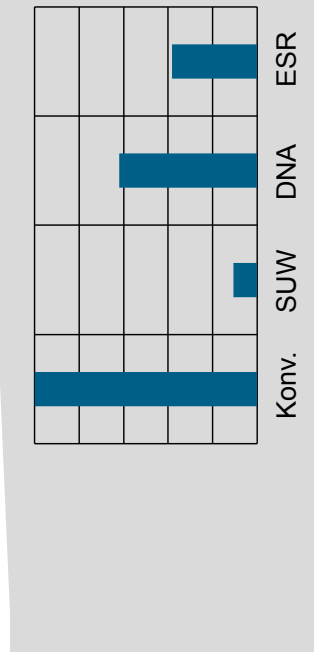
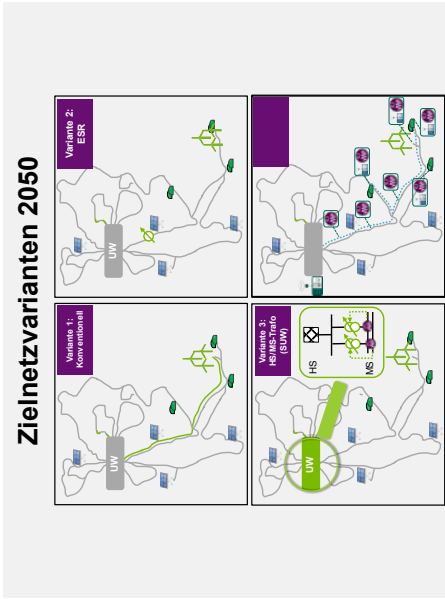
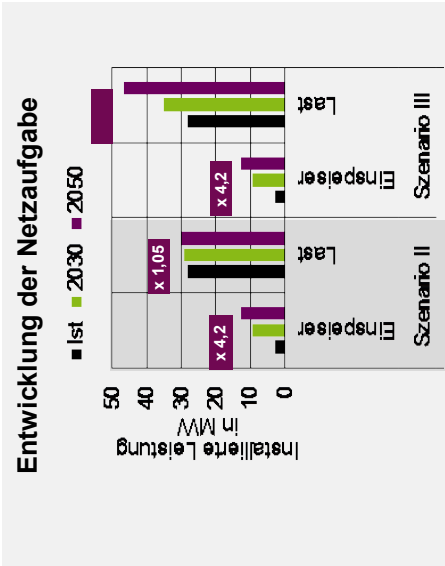
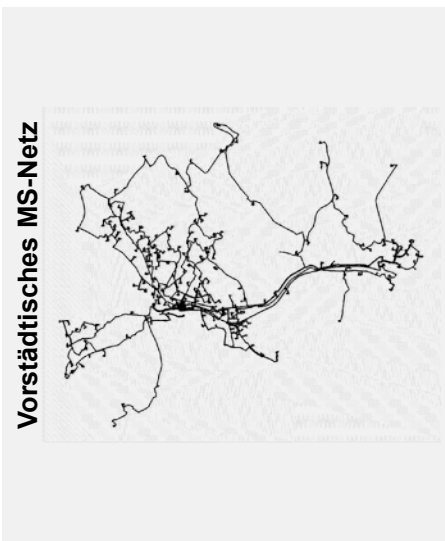
2 Ausgangssituation und Motivation

3 AEwene – Methodik

4 AEwene – Ergebnisse

5 Fazit

Exemplarische Analyse – MS-Netz

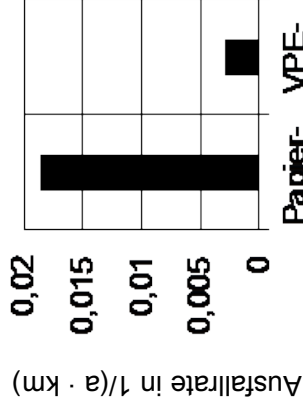
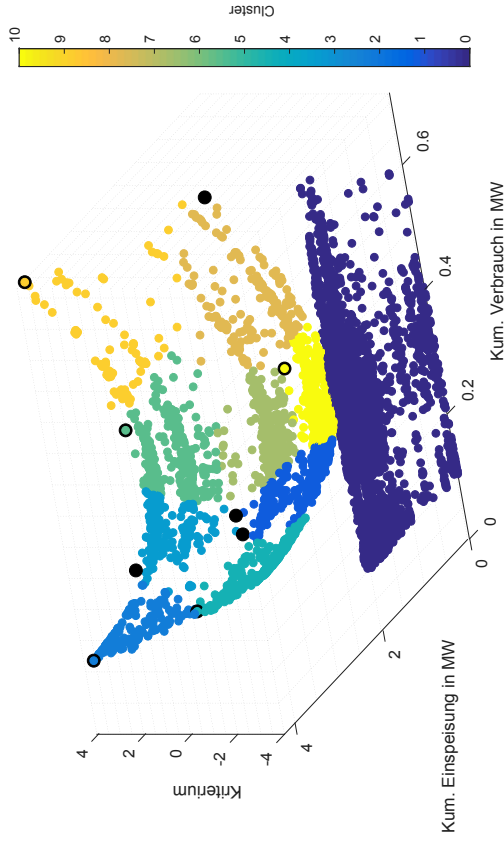


Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit



Die Berücksichtigung von Netznutzungssituationen ist relevant für die realitätsnahe Einschätzung von Grenzwertverletzungen

Konventionelle Netzausbaumaßnahmen haben potentiell starke Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit



Datenquelle: Vennegerts et. al., Ermittlung von Eingangsdaten zur Zuverlässigkeitsberechnung aus der FNN-Störungsstatistik 2004-2011, 2013 (10 kV, komp.)

Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit



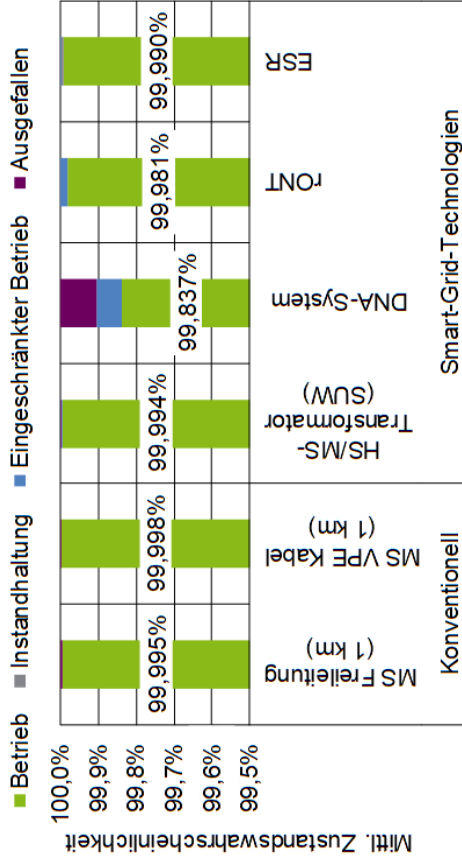
Smart-Grid-Technologien können die Netzausbaukosten gegenüber konventionellen Netzausbau erheblich reduzieren

Spannungsregelnde Smart-Grid-Technologien haben eine vergleichbare Zuverlässigkeit wie konventionelle Betriebsmitteln

MS: Mittlere Kostenreduktion bei Zielnetzplanungen von **65 %**

- Mit **SUW** höchste Kostenreduktion (**90 %**)

NS: Mittlere Kostenreduktion bei Zielnetzplanungen **15 %**



Agenda

1 Siemens PTI

2 Ausgangssituation und Motivation

3 AEwene – Methodik

4 AEwene – Ergebnisse

5 **Fazit**

Zusammenfassung



Modellbildungen und Erweiterungen ermöglichen Zuverlässigkeitsanalysen von zukünftigen Nieder- und Mittelspannungsnetzen

Durch den Netzausbau und die Modernisierung der Netze beim Austausch alter Papier-Masse-Kabel und Freileitungen kann sich die Versorgungszuverlässigkeit stark verbessern

Die Zuverlässigkeit von Smart-Grid-Technologien ist vergleichbar mit der Zuverlässigkeit von konventionellen Betriebsmitteln

Die Versorgungszuverlässigkeit von NS- und MS-Netzen bleibt auch beim Einsatz von Smart-Grid-Technologien mindestens auf heutigem Niveau

Kontakt

SIEMENS
Ingenuity for life



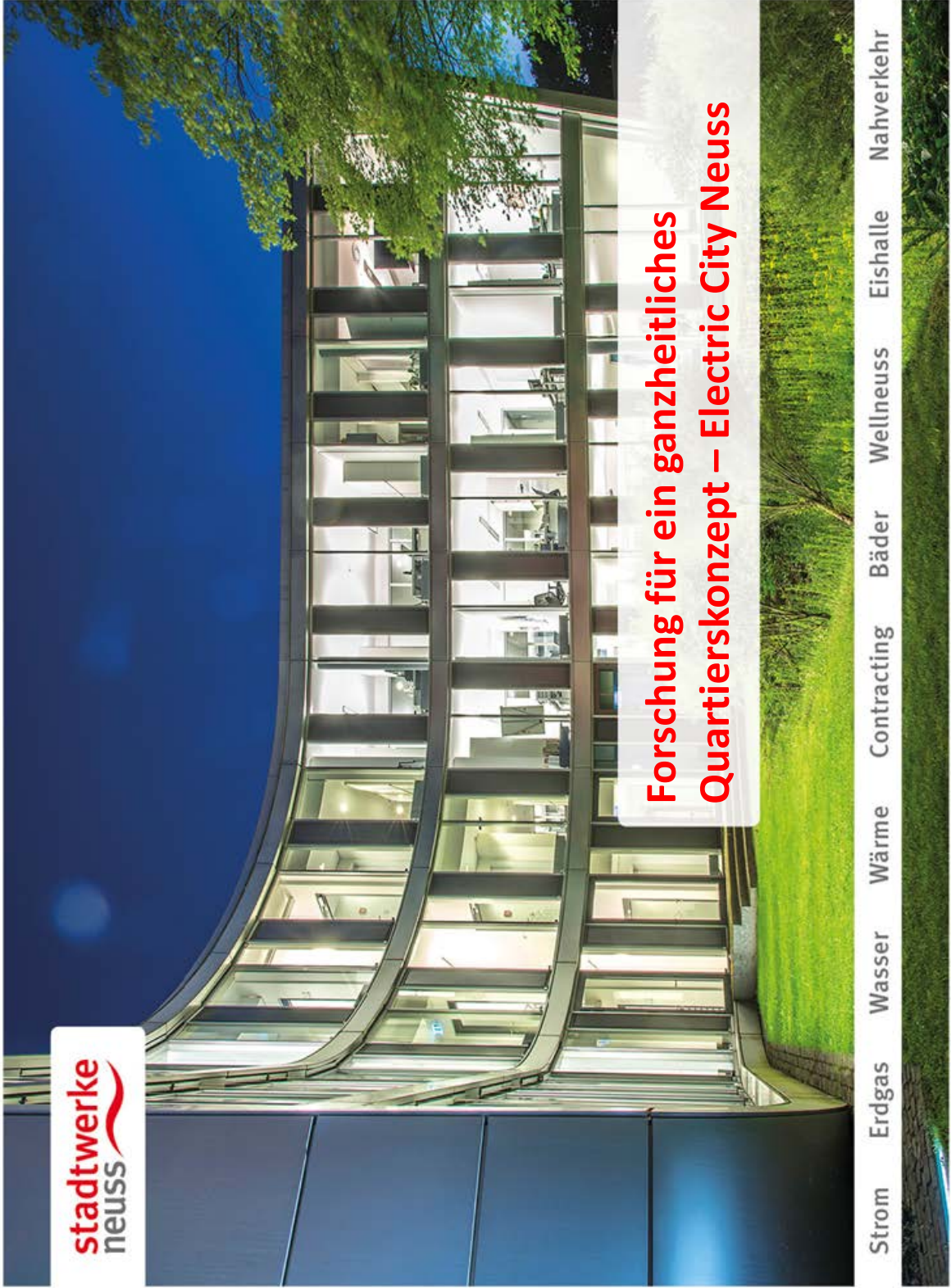
Herausgeber: Siemens AG
Dr. Michael Schwan
Leiter Power Technologies International
SI DG PTI
Freyeslebenstraße 1
91058 Erlangen
Telefon: +49 9131 17-35661
Mobil: +49 172 6174594
E-Mail:
michael.schwan@siemens.com

siemens.com/power-technologies

Electric City Neuss – Sektorenübergreifende Energieversorgung im Quartier der Zukunft

Ekkehard Boden

Geschäftsführer, Stadtwerke Neuss GmbH



stadtwerke
neuss

Forschung für ein ganzheitliches Quartierskonzept – Electric City Neuss

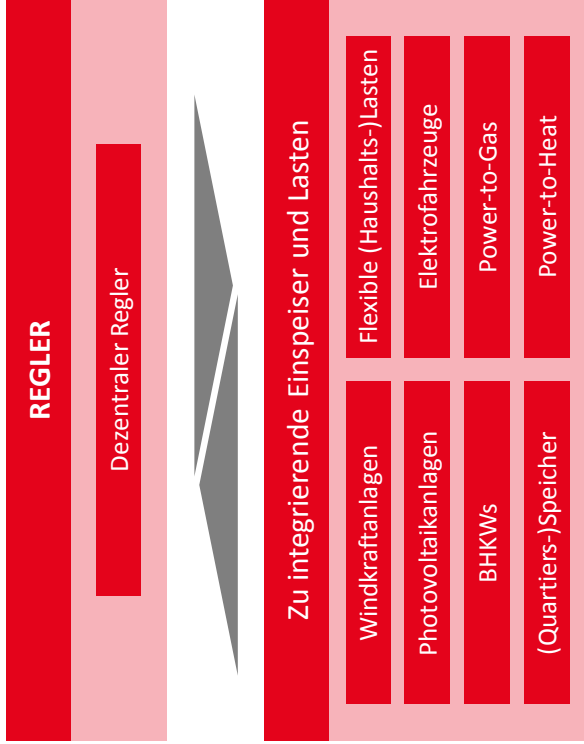
Strom Erdgas Wasser Wärme Contracting Bäder Wellneuss Eishalle Nahverkehr

Das Regulationssystem soll Erneuerbare Energien bestmöglich in die Netze integrieren



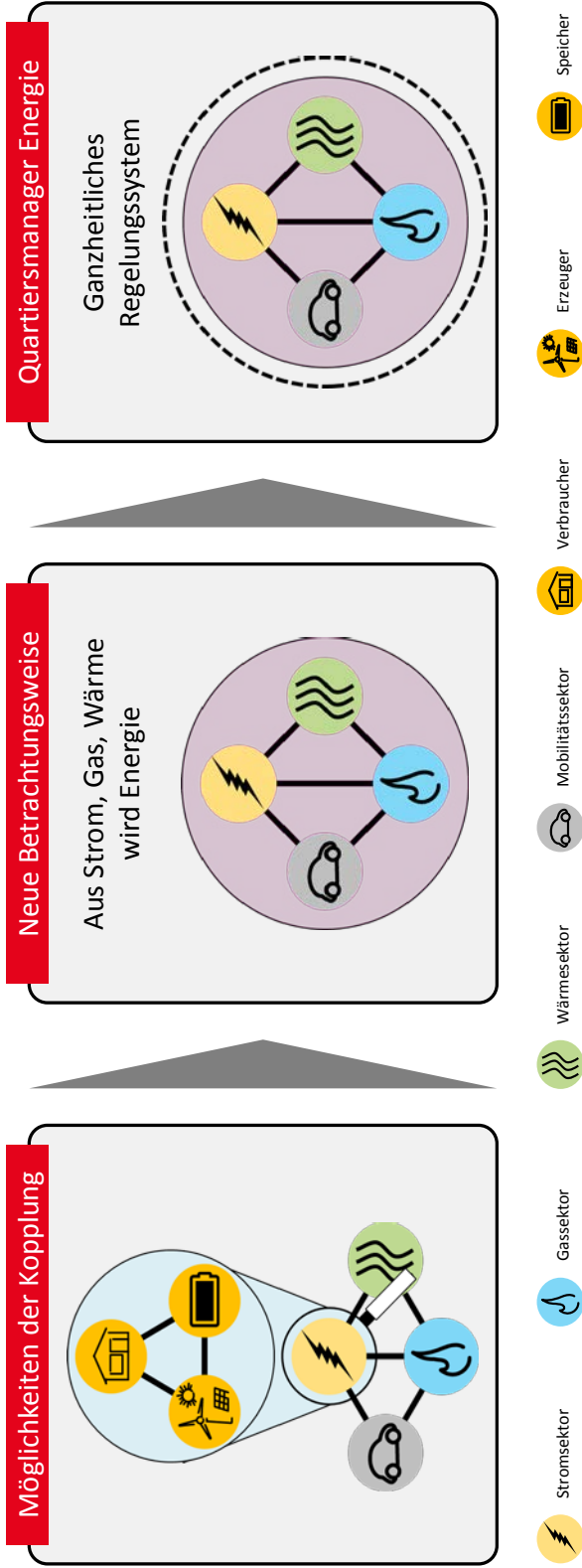
- Entwicklung eines energetischen Quartiers der Zukunft
- Kopplung der Sektoren Strom, Gas, Wärme und Mobilität
- Bestmögliche Integration von Erneuerbaren Energien in die Verteilnetze
- Optimierte Steuerung von flexiblen Anlagen und Lasten, Erneuerbarer Energien und Speichern
- Netzdienlicher Ansatz auf Grundlage der BDEW-Kapazitätsampel
- Energiebilanzausgleich auf lokaler Ebene

Projektpartner



Assoziierte Partner

Der nächste Schritt zur CO₂-armen Energieversorgung: Kopplung aller Sektoren



In den ausgewählten Quartieren wird das energetische Quartier der Zukunft entwickelt

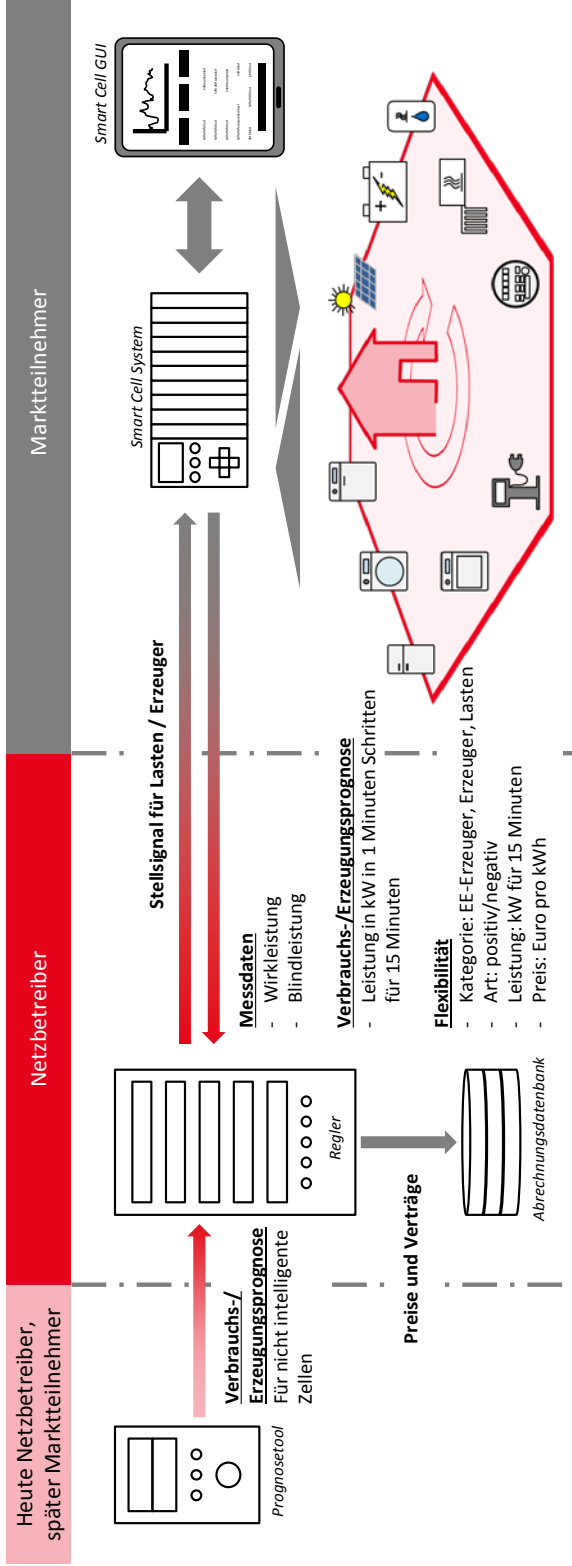


13.02.2020

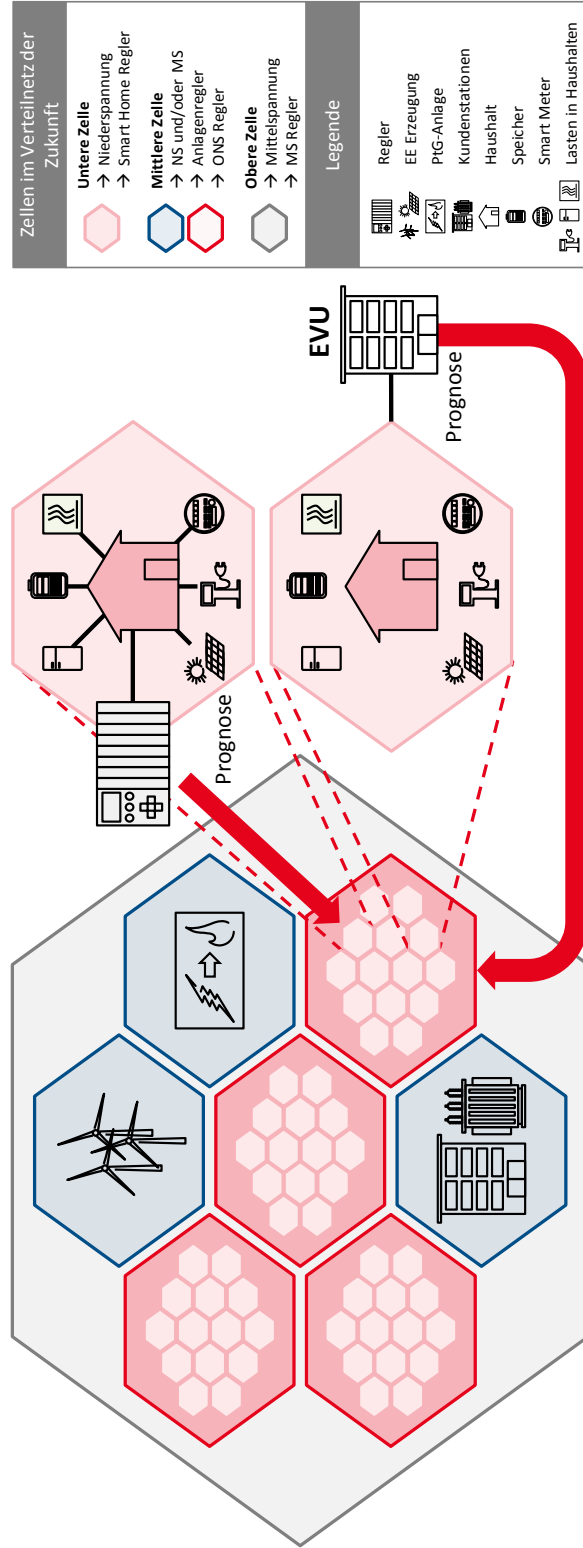
Dipl.-Ing. Ekkehard Boden

Der Regler soll Marktmechanismen zur Optimierung der Netze nutzen

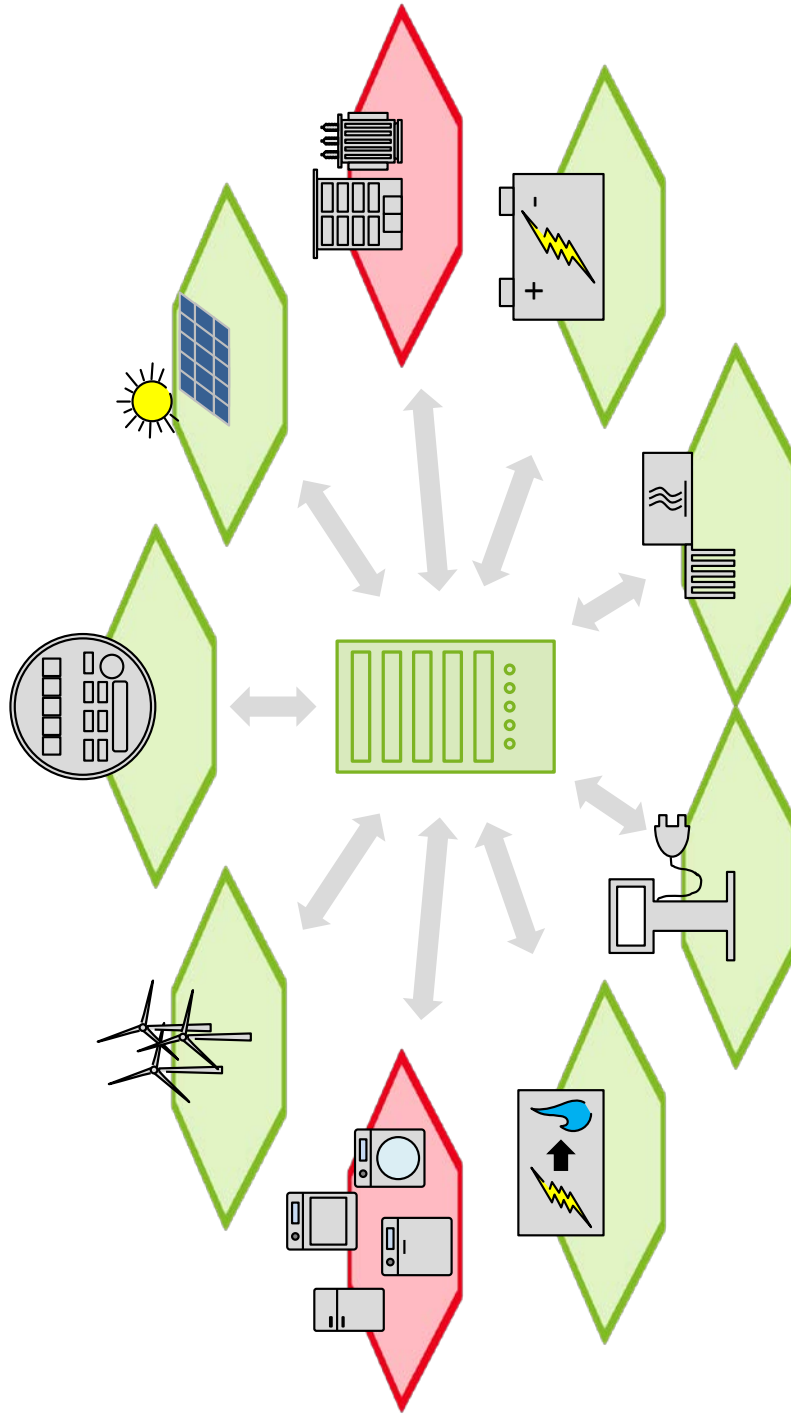
Das EICiN-System basiert auf dem **zellularen Ansatz**, wodurch das energetische Quartier der Zukunft strukturiert wird und Einspeiser, Speicher und Lasten dort geregelt werden, wo sie wirtschaftlich bzw. eigentumsrechtlich zusammen gehören.



Zellen optimieren sich selbst und bieten nachgelagert anderen Zellen Flexibilitäten an

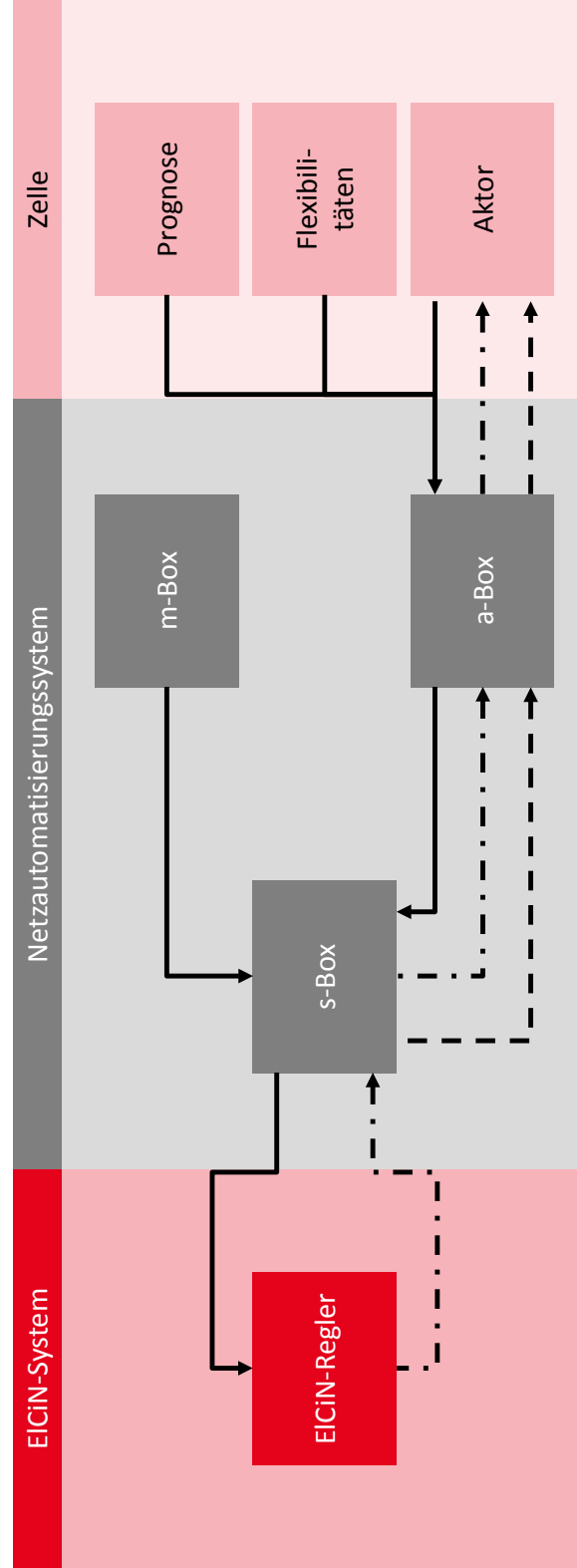


Der Regler und die Anlagenflexibilisierung stehen im Vordergrund des Projektes

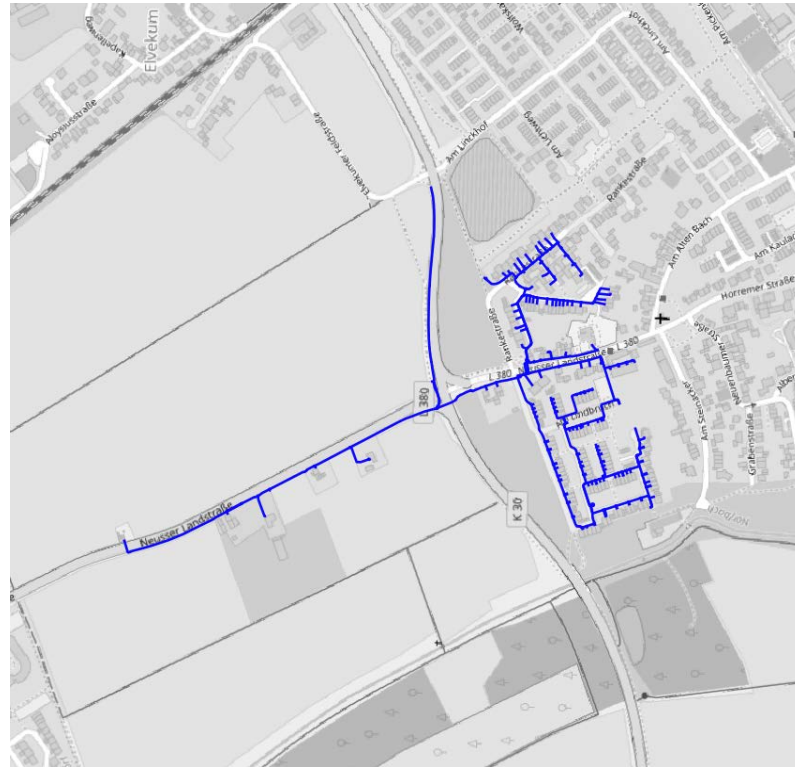


Das EICiN-System erweitert Netzautomatisierungssysteme um einen prädiktiven Regler

Das EICiN-Regelungssystem basiert auf Prognosen. Daher muss zusätzlich zum EICiN-System eine Echtzeitüberwachung durchgeführt werden, die bei (durch Prognosefehlern hervorgerufenen) kritischen Netzzuständen eingreift.



Ein wichtiges Ziel des Projektes ist die Einbeziehung der Neusser Bürgerinnen und Bürger



Technologien im Feldtest		
Ladesäulen	2	✓
Photovoltaik	12	?
Wärmepumpen	0	?
Batteriespeicher	0	?
Power-to-Gas	0	✗

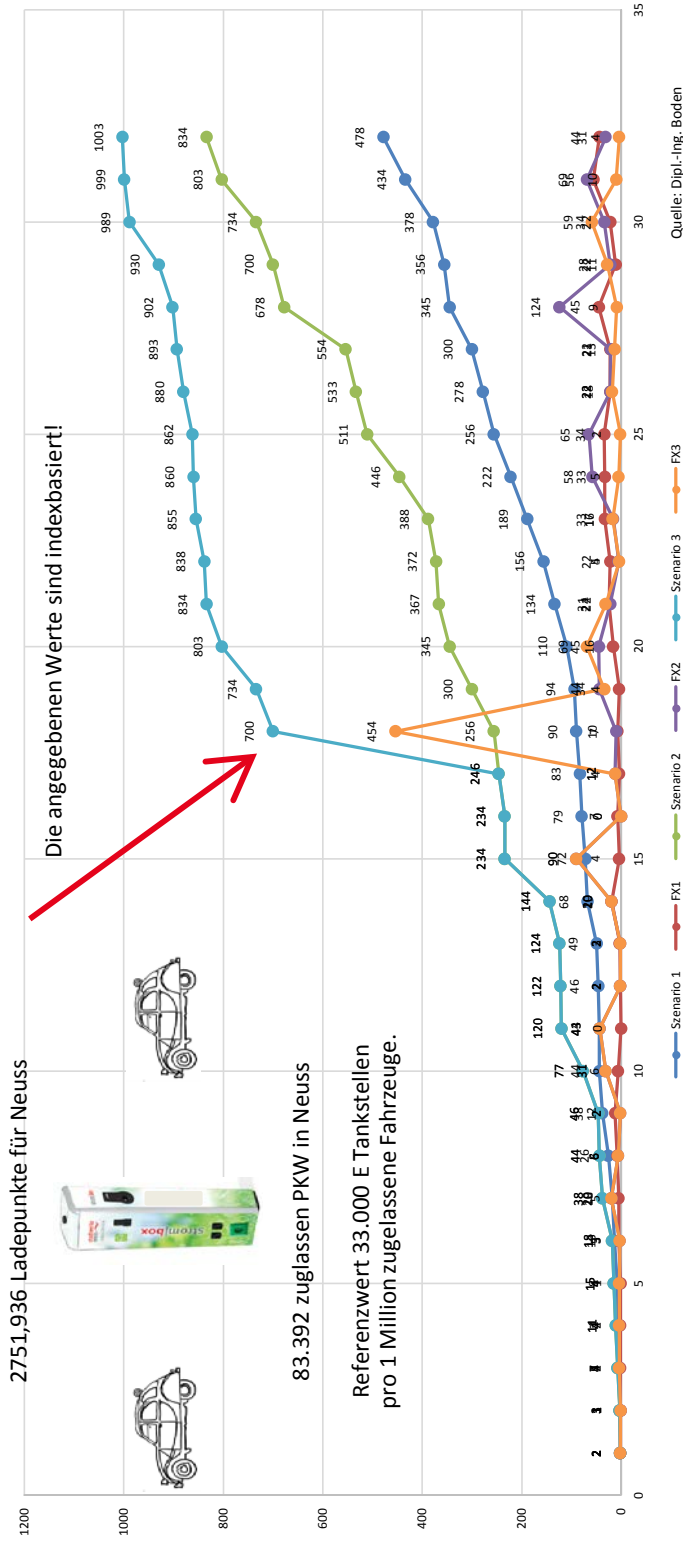


Durch Workshops sollen die Bürger zu einer Teilnahme im Feldtest für da energetische Quartier der Zukunft bewegt werden.

Der Ladesäulenbedarf wird von vielen unterschiedlichen Faktoren beeinflusst

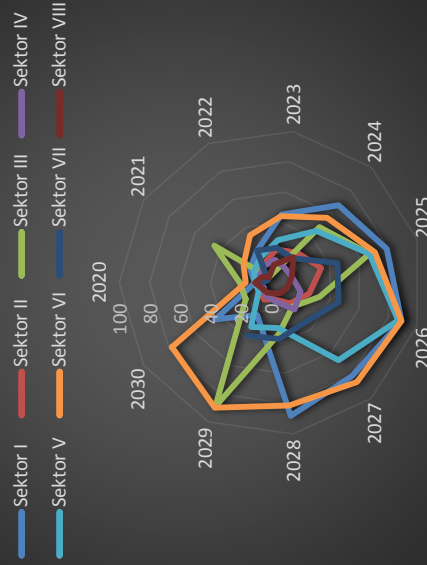


$$F(X) = f(\text{Ort/Nutzungsgrad}); f(E \text{ Verfügbarkeit KFZ}); f(\text{Zweitwagen}); f(\text{Sozioökonomie}); f(\text{Politik}); f(n-1) = \text{Ladesäulenbedarf}$$



Individuelle und regionale Klimaschutz- konzepte beeinflussen die Sektorenkopplung

Verteilung der Ladepunkte f(t; Stadtteil, Splittfaktor)

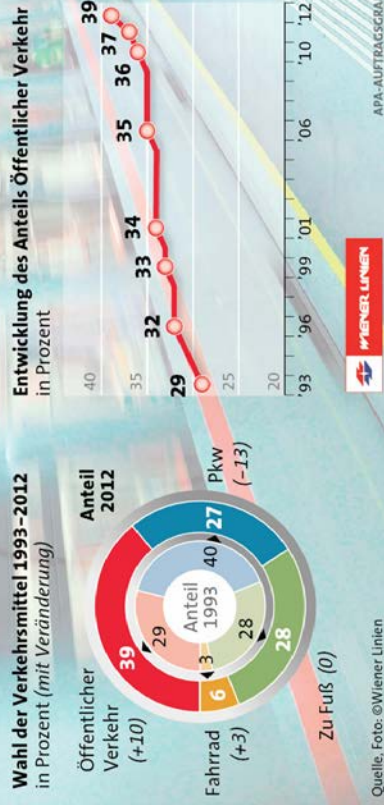


Insbesondere im Ausbau von Ladeinfrastruktur, dem Einsatz alternativer Antriebstechnologien wird hier eine Einflussnahme erfolgen.

Die Sektorenkopplung wird teilweise in den nächsten Jahren durch neu verabschiedete Klimaschutzkonzepte einen neuen Einflussparameter erhalten.

Diese Konzepte sind sehr regional, damit auch individuell je nach vorhandener Infrastruktur ausgerichtet.

Modal Split – So sind die Wiener unterwegs



Besuchen Sie uns auf unserer Internetseite
www.electric-city-neuss.de



ECN Start News Projektschritt Forschung Publikationen Kontakt News

Forschungsprojekt 'Electric City Neuss'



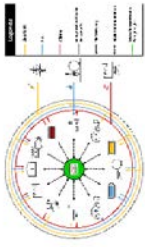
Forschungsprojekt 'Electric City Neuss' ist gestartet

EICN
Das Forschungsprojekt in Neuss

Das Forschungsprojekt 'Electric City Neuss' wurde am 13. Februar 2020 offiziell gestartet. Die Projektschritte sind: 1. Projektziele und -ziele, 2. Projektorganisation, 3. Projektbudget, 4. Projektmanagement, 5. Projektfortschritt, 6. Projektabschluss.





Die Konzepte
Der Quadrantenplan ist das Ziel

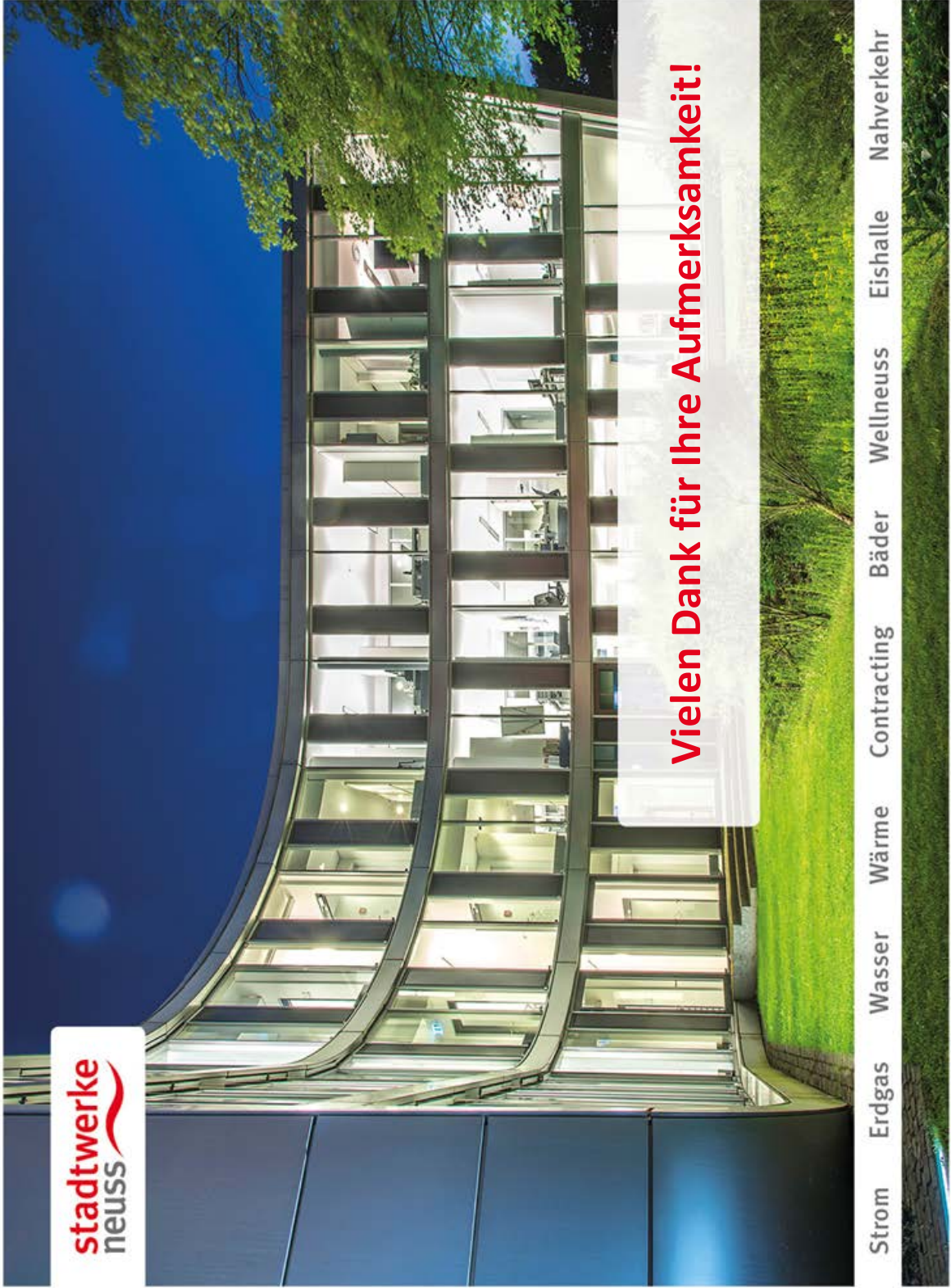


Die Quartiere
Die vier Quartiere sind die Grundbausteine des Quadrantenplans. Sie sind: 1. Quartier A, 2. Quartier B, 3. Quartier C, 4. Quartier D.

Nach dem Projekt
Die Ergebnisse des Projekts werden in der Stadtplanung von Neuss genutzt.

2024
EUROPEISCHE UNION
Investitionsinitiative zur Förderung des regionalen Wirtschaftswachstums



stadtwerke
neuss

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Strom Erdgas Wasser Wärme Contracting Bäder Wellneuss Eishalle Nahverkehr

AMika: Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Mittelspannungskabeln

Dr. Hendrik Adolphi

Leiter Technisches Anlagenmanagement Strom/Gas, Netze BW GmbH

5. Wuppertaler Energieforum - AMika: Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Mittelspannungskabeln

Dr. Hendrik Adolphi
Leiter Technisches Anlagenmanagement Strom/Gas
13. Februar 2020



Ein Unternehmen der EnBW

10. Oktober 2019, 11:09 Uhr · Feuergefähr

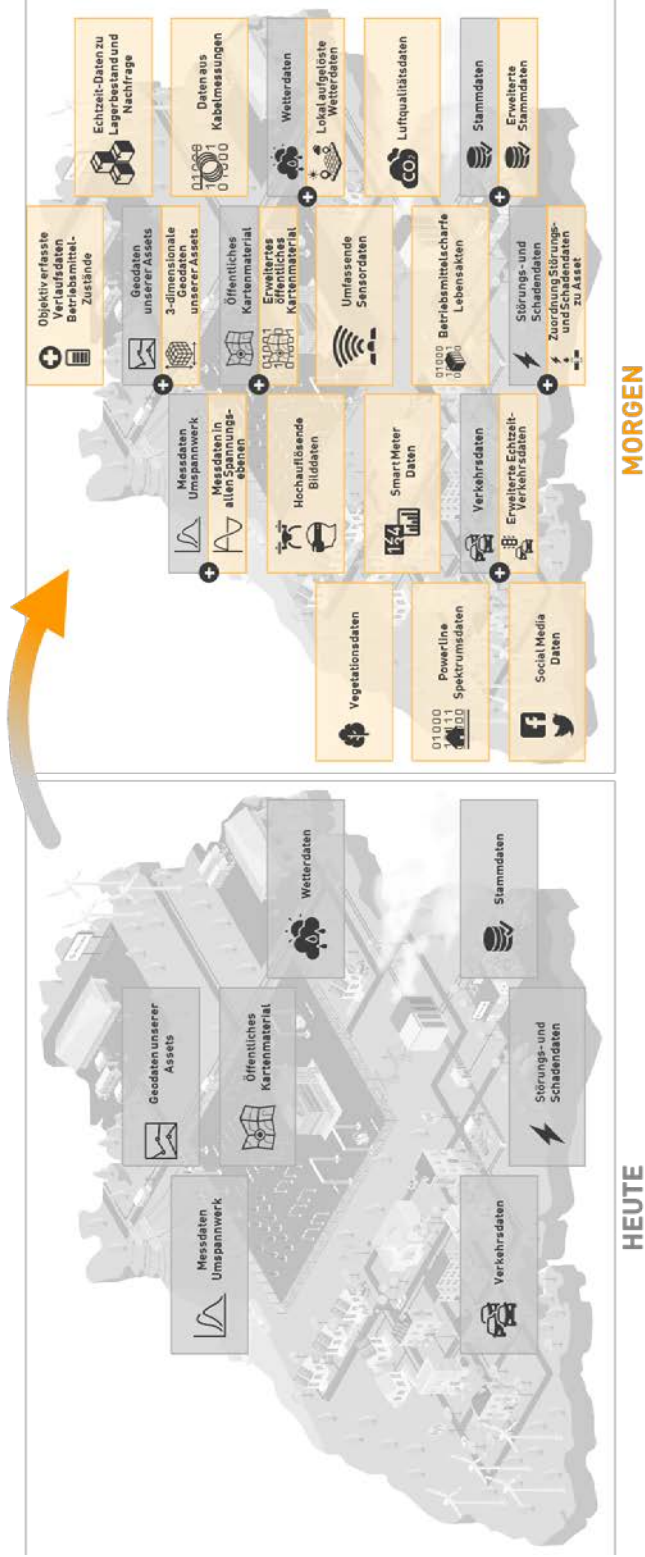
Millionen Kalifornier ohne Strom, Kleinstadt verhängt Ausgangssperre



5. Wuppertaler Energieforum - AMiKa: Neue Erkenntnisse zum Altersverhalten von Mittelspannungskabeln · 13. Februar 2020 · Dr. H. Adolph · Quelle des Artikels: Süddeutsche Zeitung / Quelle des Fotos: dpa

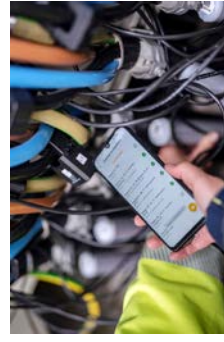
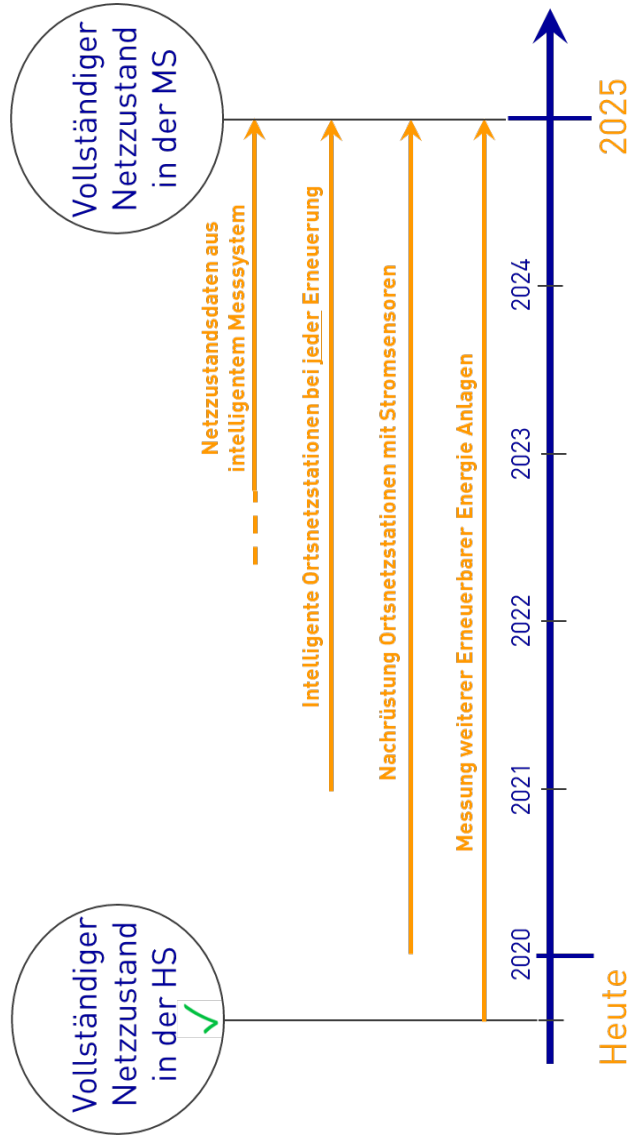
Die Anzahl an Daten als Basis von Entscheidungen

wird in den nächsten Jahren exponentiell zunehmen



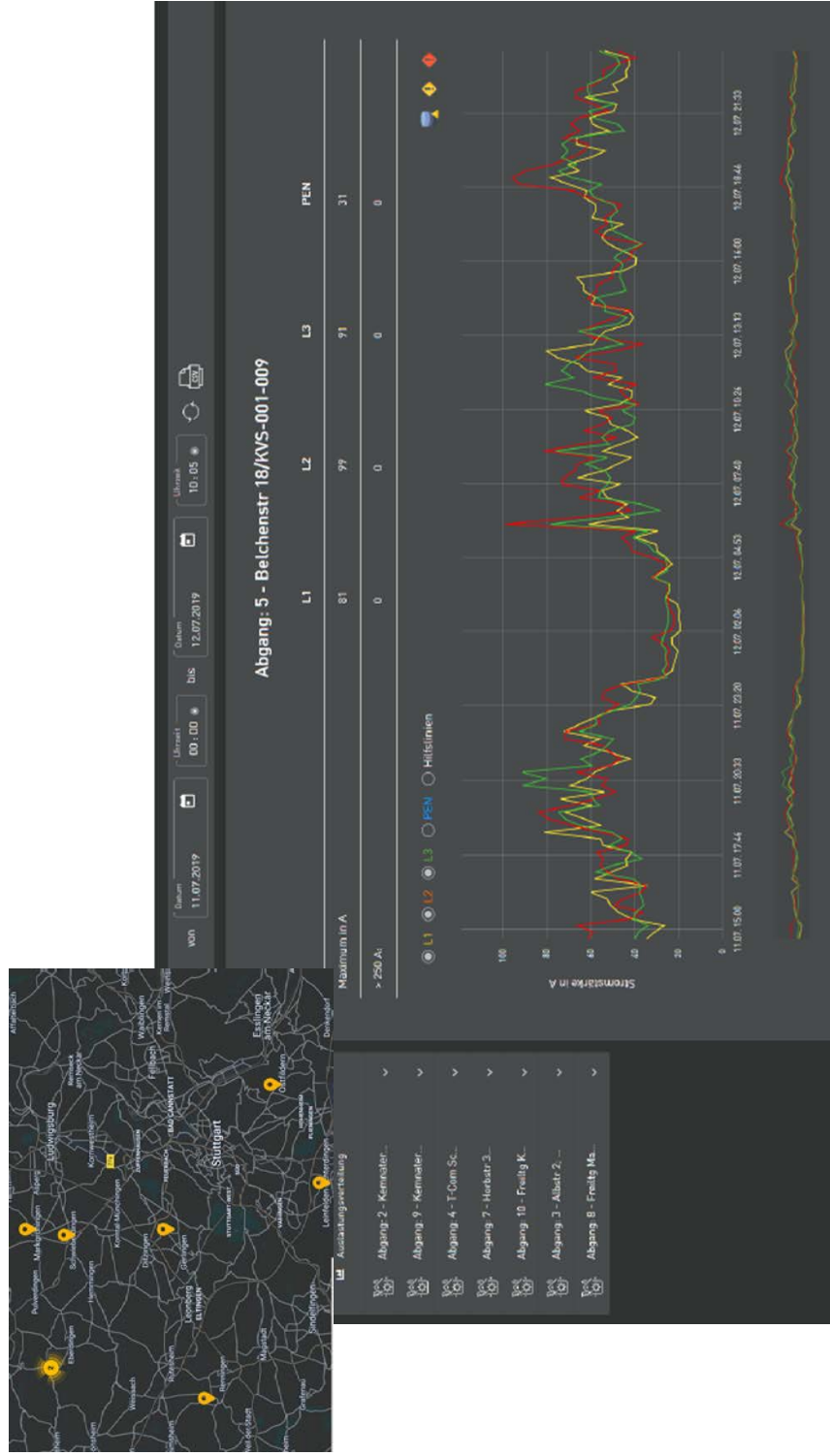
Handlungsfeld 1: Daten erheben

Ausrollen von Sensorik in der MS und NS



Handlungsfeld 2: Visualisierung

Beispiel Smight Grid Portal



Handlungsfeld 3: Analytics

Auswertung historischer Störungsdaten



REGION

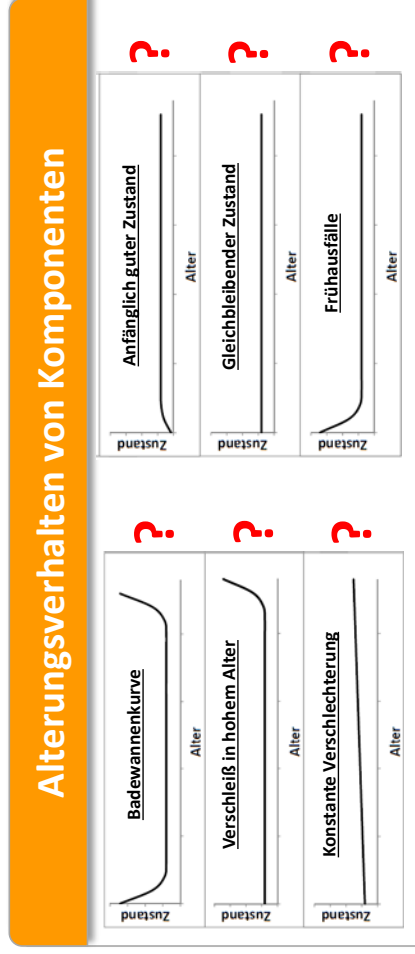
	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
	115	105	120	102	85	188	106
	116	144	89	181	183	176	168
	84	113	105	100	105	114	137
	121	105	123	122	116	156	138
	99	104	89	121	96	138	112
	86	97	88	86	113	120	101
	102	101	106	121	123	116	140

WOCHENTAG



Herausforderungen für Netzbetreiber bei der Zustandsbewertung von Mittelspannungskabeln

- > Nur wenige Informationen zu Schäden und Störungen für Betriebsmittel, die nahe dem Ende der prognostizierten technischen Lebensdauer sind
- > Häufig erfolgt der Austausch von Betriebsmitteln nach der vorher festgelegten kalkulatorischen Lebensdauer
- > Wenige Informationen zu sehr alten Betriebsmitteln und wann deren tatsächliche technische Lebensdauer erreicht wäre



Neuer Ansatz aus Wuppertal

Problemstellung:

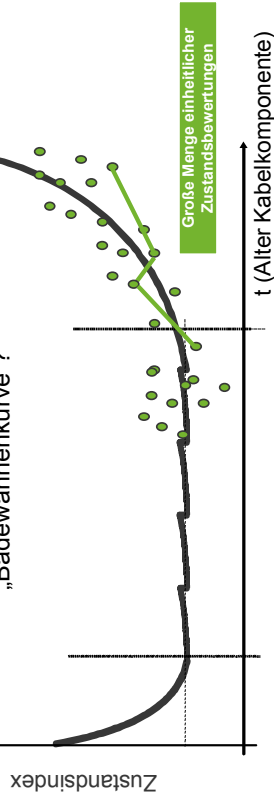
- > Präzise Zustandsbewertungen sowie die Bestimmung des Alterungsverhaltens (max. Lebensdauer, Ausfallverhalten etc.) bewirken maßgeblich die (Kosten-)Effizienz von IH- und Asset-Strategien
- > Bislang existieren keine validen Kenntnisse zum Alterungsverhalten von Mittelspannungskabeln
- > Aktuell genutzte Alterungsmodelle von Mittelspannungskabeln basieren auf heuristischen Annahmen!
- > Weitverbreitete „Theorie der Badewannenkurve“ ist statistisch nicht belegt

Projektidee – Neuer Ansatz:

- > Heranziehen der Mess-, Stamm- und Stördaten der Projektpartner
- > Vereinheitlichung in einer Datenbank
- > Vereinheitlichung verschiedener Messsysteme und Analyse der gesammelten Daten
- > Verifizierung der Alterungskurven im HS-Prüffeld

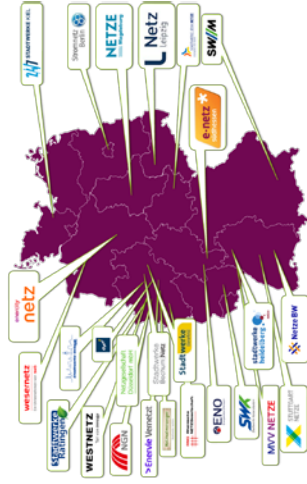
Gleichbleibender Zustand?

- Geringe Verschlechterung?
- Exponentielle Verschlechterung?
- „Badewannenkurve“?



Basis aller optimierten Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien ist die möglichst objektive und realitätsgerechte Bestimmung des aktuellen Netz- und Betriebsmittelzustands!

Forschungsprojekt AMika



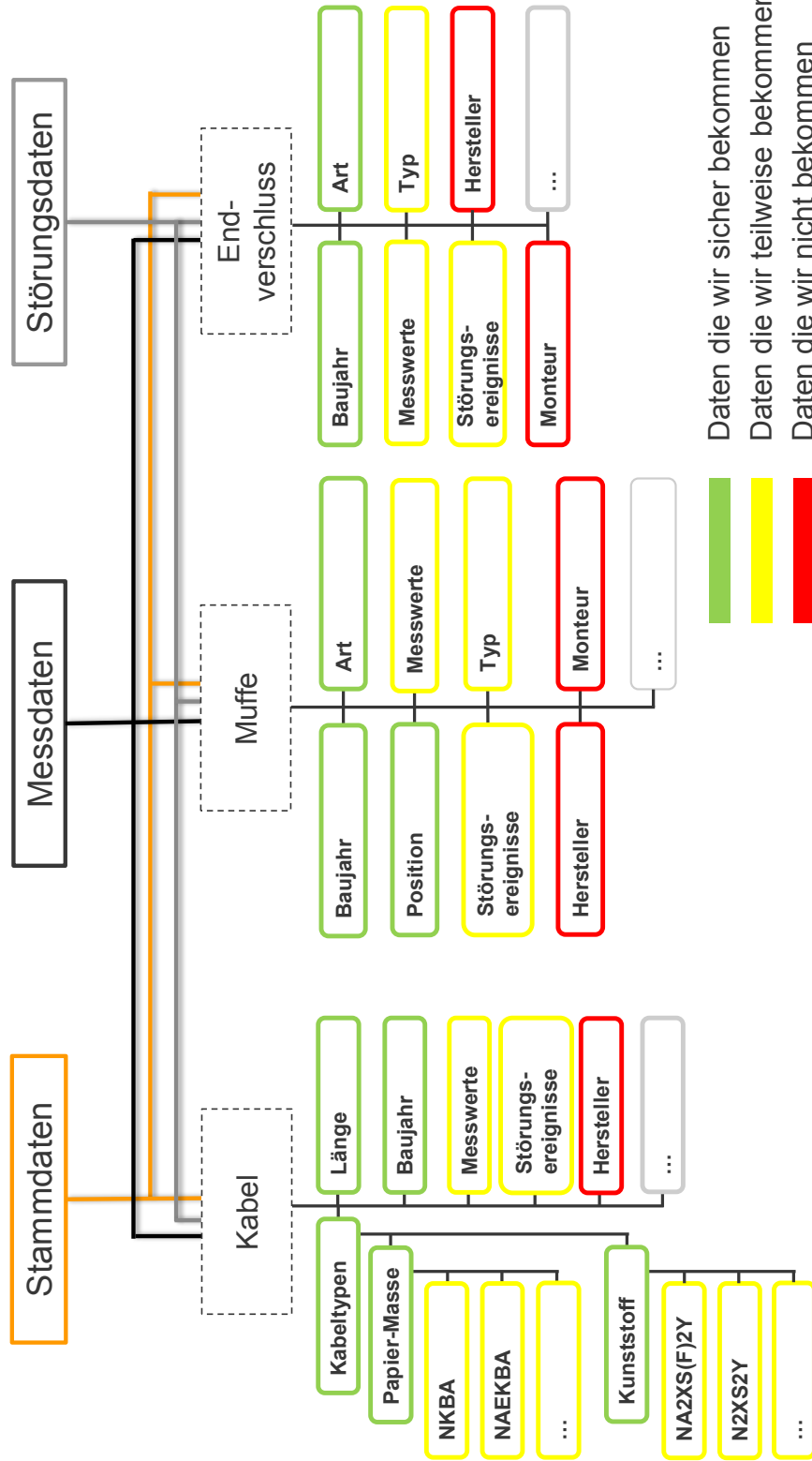
Ziele des Projektes:

- > Nachweis des Alterungsverhaltens von Mittelspannungskabeln, den wichtigsten Betriebsmitteln im Verteilnetz
- > Fundierte Datenbasis durch Bündelung der betrieblichen Erkenntnisse zahlreicher Projektpartner (Netzbetreiber)

Mehrwert für die Projektpartner:

- > Gemeinsame Weiterentwicklung von Methoden zur Zustandsprognose durch Partizipieren am breiten Wissen der Projektpartner und der Universität
- > Zustandsdarstellung der eigenen Netze (Betriebsmittel: Kabel)
- > Belastbare Kurven zur Parametrierung der Asset-Simulation
- > Anpassung bestehender Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien

Datenbankstruktur



Aktuelle Datenbasis



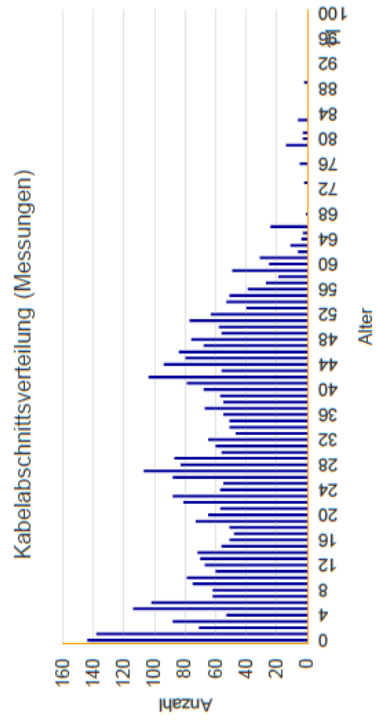
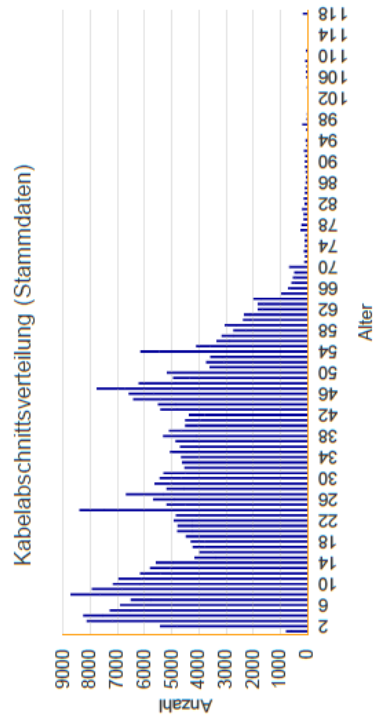
Stammdatenharmonisierung in einer Datenbank

- > ca. 80.000 Kabelstrecken
- > ca. 350.000 Kabelabschnitte



Messdatenzuordnung und -validierung

- > ca. 1.300 Kabelstrecken
- > ca. 7.000 Kabelabschnitte



Erhebung der Messdaten

Prüfungen und Messungen der Projektteilnehmer:

- > Übermittlung und Aufbereitung aller durchgeführten (Wiederholungs-)Prüfungen und Messungen
- > Integration der Messdaten in die Datenbank

AMika-Messungen vor Ort:

- > Messungen bei Projektpartnern
- > Streckenauswahl auf Basis der Datenlage
 - Um Datenlücken zu schließen
- > Messergebnisse ergänzen die Datenbank

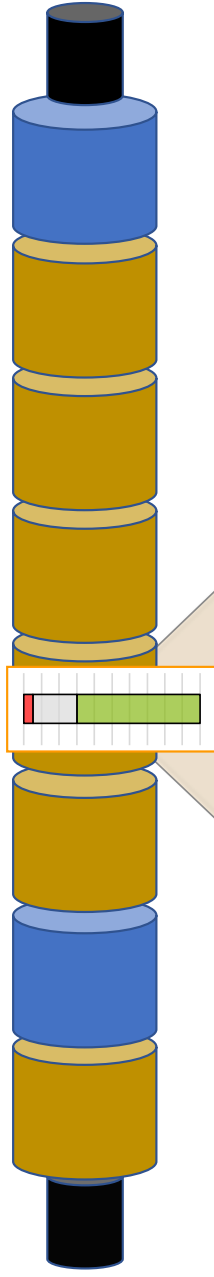
AMika-Laborprüfungen:

- > Eingehende Prüflinge werden nach Laborbedingungen geprüft
- > Laborergebnisse ergänzen die Datenbank und Alterungsanalyse

- > **Besonderheit: Einsatz aller gängigen Messsysteme**



Grundlogik zur Bewertung einer Kabelkomponente

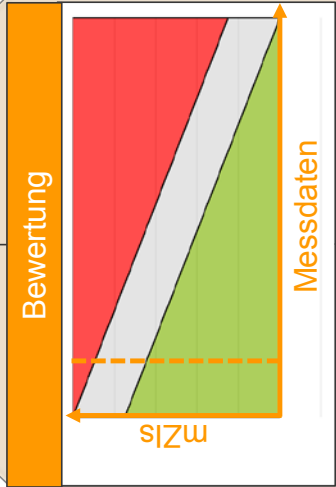


Zustandsindizes pro Komponente

Evidenztheorie
Erweiterung klassischer Wahrscheinlichkeitstheorien durch Betrachtung der Unsicherheit

Einteilung in:

- Substanzverlust
- Unsicherheit
- Nutzungsvorrat



Unsicherheitsquellen

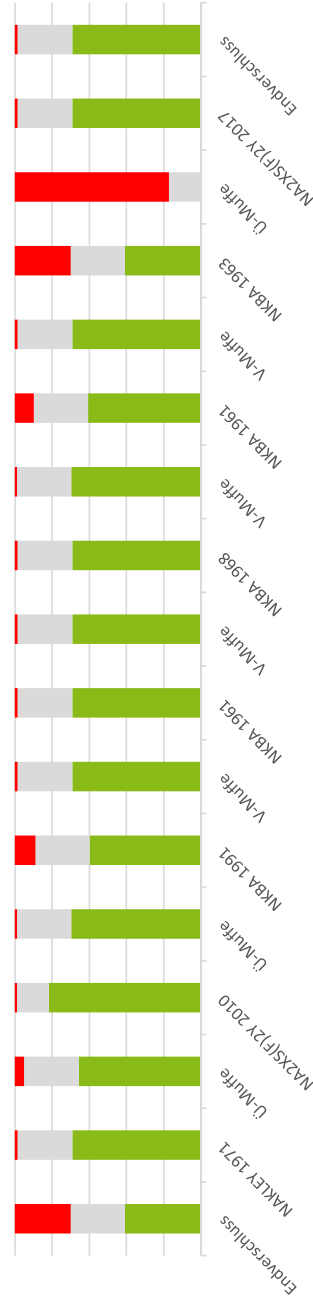
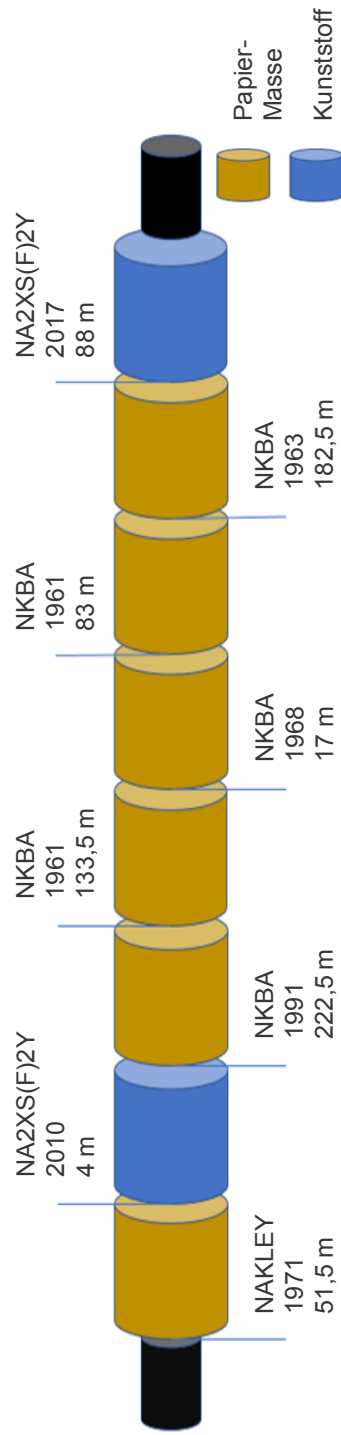
- Prüfling (Muffenanzahl, Kabellänge ...)
- Umwelt (Temperatur, Grundstörpegel ...)
- Messtechnik (Messgenauigkeit, Spannungsform ...)

Messdaten der Verlustfaktormessung

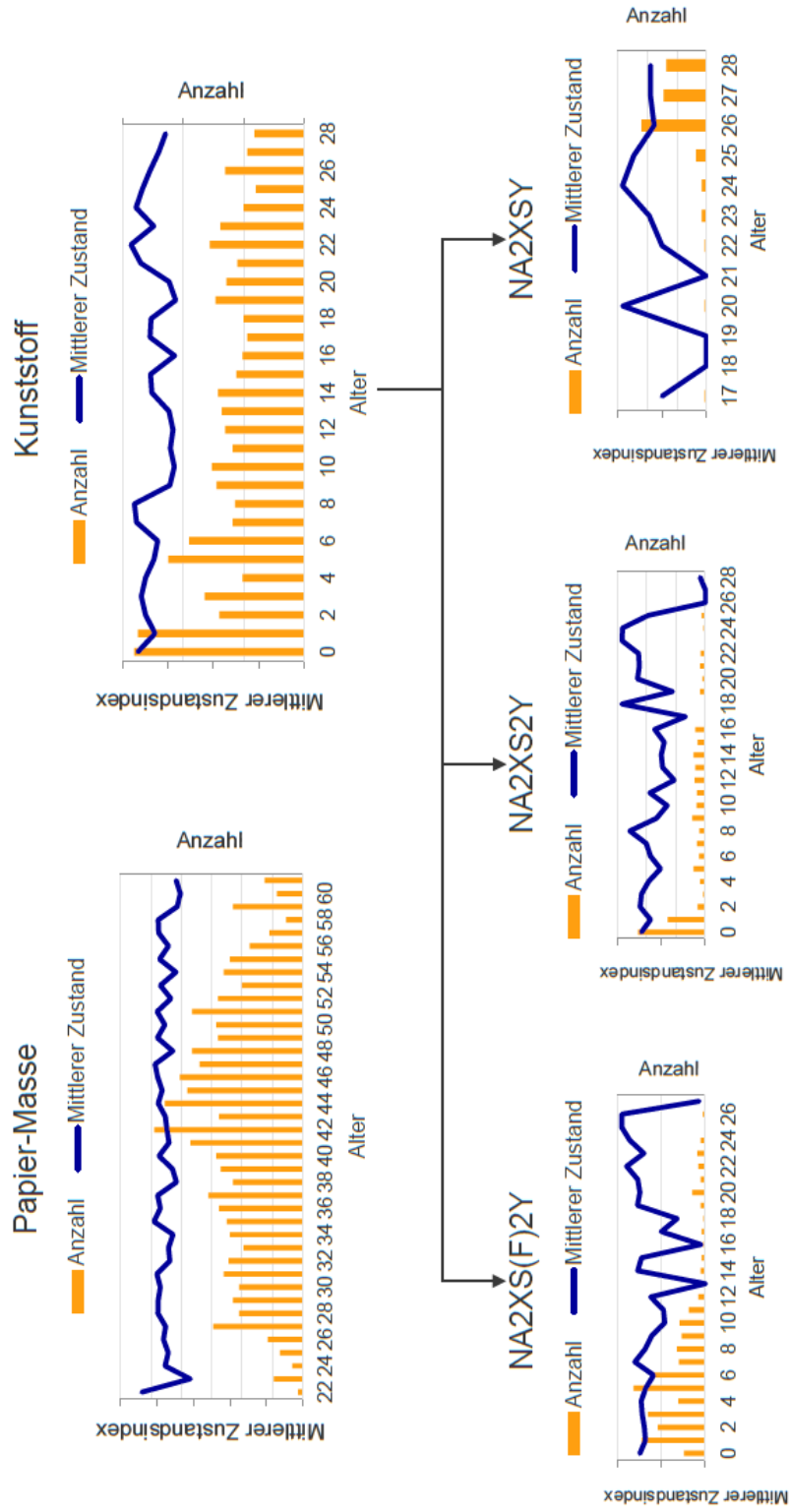
Komponentenspezifische Grenzwerte

Messdaten der Teilentladungsmessung

Ergebnis 1: Bewertung einer Kabelstrecke durch bewertete Kabelkomponenten



Ergebnis 2: Darstellung unterschiedlicher Alterungskurven* auf Basis verschiedener Kabeltechnologien und -typen



*Die Alterungskurven basieren auf der Datenbasis aller Projektteilnehmer

Resümee



365 Tage
100 Prozent Leidenschaft
1 Versprechen

Wir kümmern uns drum.

Netze BW GmbH
Scheißenwasenstraße 15
70567 Stuttgart

Dr. Hendrik Adolphi
Leiter Technisches Anlagenmanagement
h.adolphi@netze-bw.de

Ein Unternehmen der EnBW



Gasnetze werden „grün“ - Wasserstoff als Unterstützer der Energiewende

Dr. Matthias Krumbeck

Leiter Speziaalservice Gas, Prokurist, Westnetz GmbH

Teil von innogy

WESTNETZ



Gasnetze werden „grün“-
Wasserstoff als Unterstützer
der Energiewende

Westnetz GmbH · Dr. Matthias Krumbeck, Annika Schäfers · 13. Februar 2020

WESTNETZ

- 
- 1 Grüne Gasnetze als Schlüssel zur Sektorenkopplung
 - 2 Wasserstoff-Aktivitäten des DVGW
 - 3 DVGW-Studie: Potentialstudie Power to Gas in deutschen Verteilnetzen
 - 4 DVGW-Studie: GuStaV
 - 5 Die Gasinfrastruktur der Zukunft
 - 6 Gasnetze bereit für Wasserstoff machen – Forschungsprojekte
 - 7 Überblick über die Wasserstoff-Projekte der Westnetz

Teil von innogy

Grüne Gasnetze als Schlüssel zur Sektorenkopplung

CO₂ Emissionen in allen Sektoren reduzieren mit Wasserstoff als Schlüsseltechnologie

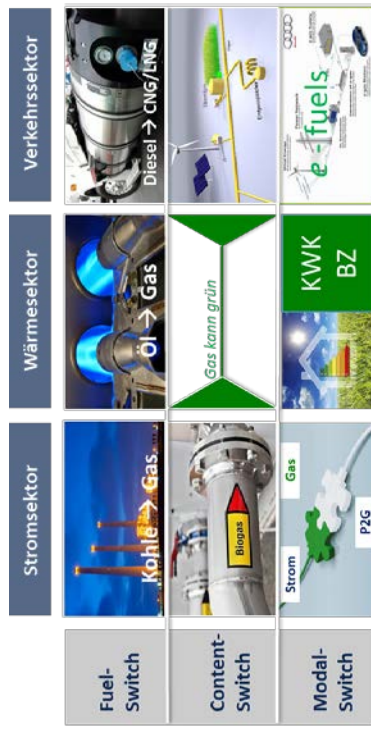
WESTNETZ

Gas wird Partner von Strom - Lösung im Verteilnetz um EE flexibel zu nutzen und Langfristspeicher zu schaffen

- Erreichung der Dekarbonisierungsziele durch Ablösung von Kohle und Öl durch im Idealfall grüne Gase wie grünen Wasserstoff
- Sektorenübergreifende Verknüpfung der Infrastrukturen bei gleichzeitiger Flexibilisierung der Energienutzung

Vorteile von Gas im Vergleich zum Strom:

- Durch Effizienzsteigerung im Wärmemarkt ergeben sich freie Kapazitäten in der bestehenden Gasnetzinfrastruktur
- Sehr gute Energiespeicherung in vorhandenen Gasspeichern
- Größere Energiedichte beim Transport

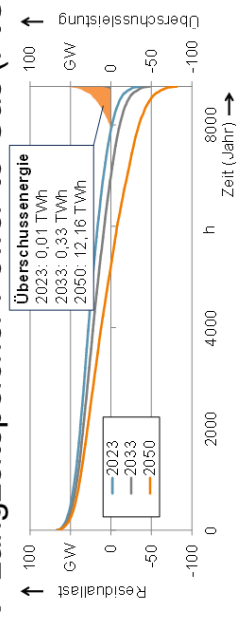


Quelle: DVGW 2017

Grüne Gasnetze als Schlüssel zur Sektorenkopplung


Besonderer Systemnutzen von Power-to-Gas (Wasserstoff) als Gasquelle für grüne Gasnetze **WESTNETZ**


Speicherbedarf für EE-Überschüsse bei hohen EE-Anteilen in DE und EU
→ Langzeitspeicher Power-to-Gas (PtG)



Bereitstellung von „grüner Energie“ für Mobilität, Wärmesektor und Industrie

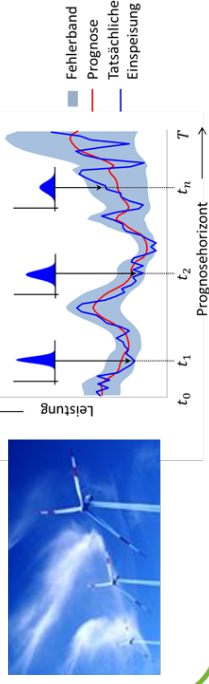


 Langfristiges Potenzial

 Kurz- und mittelfristiges Potenzial

Quelle: Potentialstudie: https://www.dvbw.de/medien/dvbw/forschung/berichte/bericht_e/201617-pig-potenziale-verteilnetze-abschlussbericht.pdf

Beitrag zur Systemstabilität (Stellung Regelreserve, Ausgleich kurzfristiger Prognoseunsicherheiten)



Reduzierung von Stromnetzausbau durch Weiternutzung vorhandener Gasnetzinfrastruktur



Westnetz GmbH · Dr. Matthias Krumbach, Annika Schäfers · 13. Februar 2020

4 Teil von innogy

Aktivitäten des DVGW hinsichtlich Wasserstoff **WESTNETZ**

- Weiterentwicklung des **DVGW-Regelwerks** bezüglich Wasserstoff
 - 10 Vol.-% H₂-Beimischung im Erdgasnetz sicher verankern
 - 20 Vol.-% H₂-Beimischung im Erdgasnetz ermöglichen
 - Regelwerklinie für 100 Vol.-% H₂-Versorgungsnetze ergänzen
 - H₂-Abtrennanlagen berücksichtigen
- Identifikation von Regelungsbedarfen
- **Innovationsforschung** und **betriebliche Forschung** im DVGW



Gaserzeugung und Energiesysteme

Mobilität

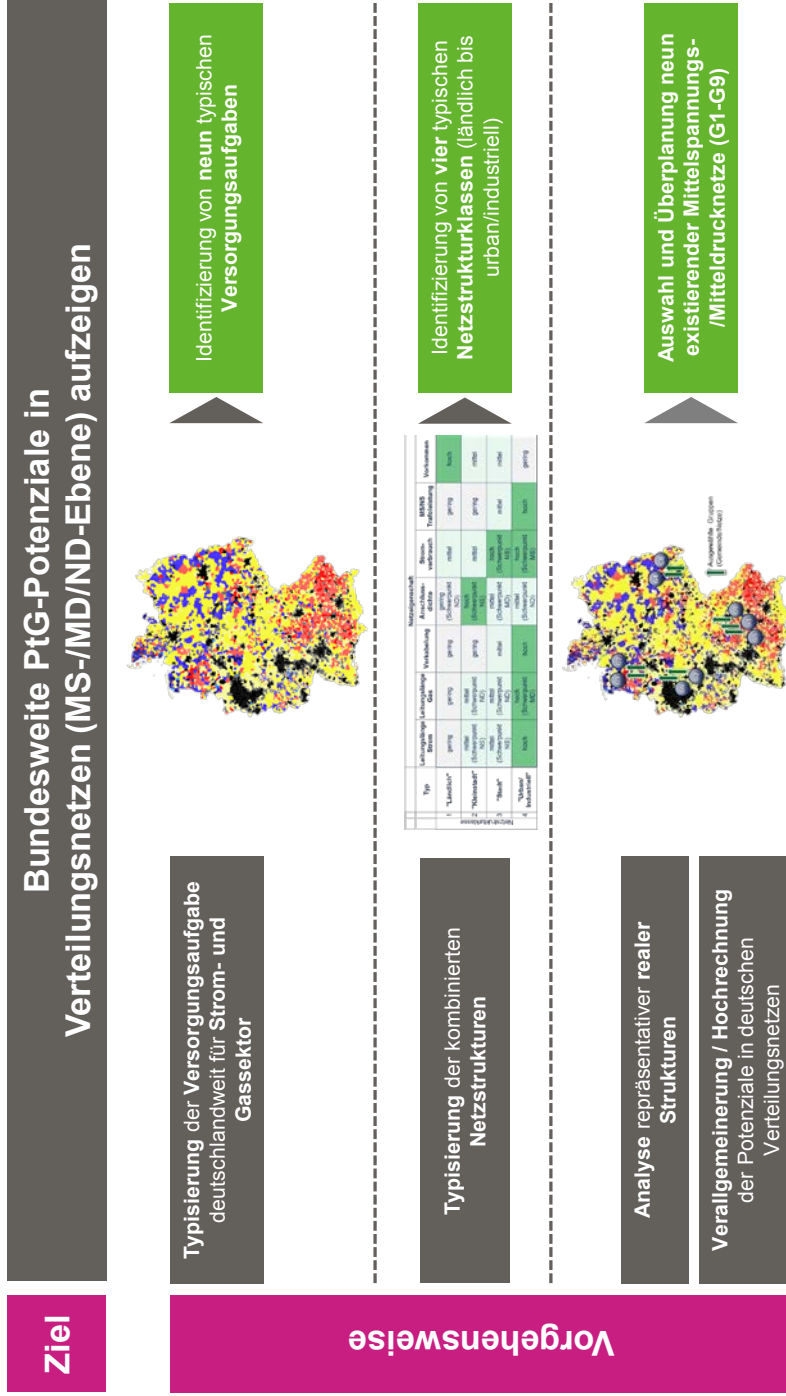
KWK / Anwendungstechnik

Smart Grids

- Potenzialstudie Power to Gas in Verteilnetzen
- GuStaV-Kombinierte Gas- und Stromnetzautomatisierung

DVGW-Studie: Potenzialstudie von Power to Gas Anlagen in deutschen Verteilnetzen

Potenzialstudie von Power-to-Gas Anlagen in deutschen Verteilnetzen **WESTNETZ**

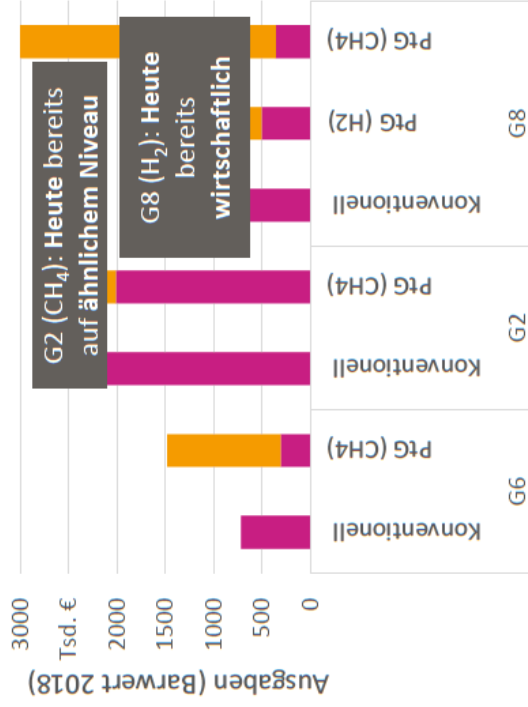


Quelle: Kopplung von Strom- und Gasnetzen als Basis des zellularen Energiesystems der Zukunft_Prof. Dr. Markus Zralak_gwf-Fachtagung ENERGIESPEICHER & SEKTORENKOPPLUNG_2019_Essen_S.8

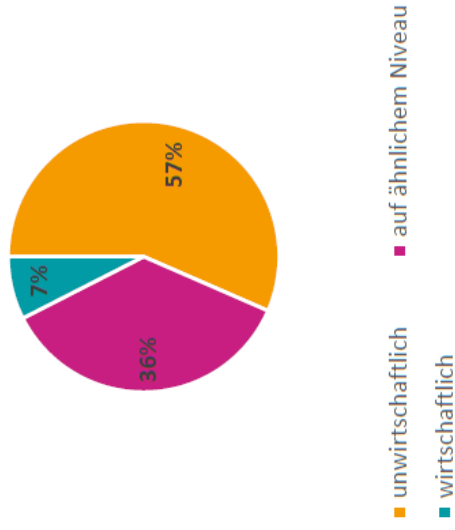
Potenzialstudie von Power-to-Gas Anlagen in deutschen Verteilnetzen - Ergebnisse

WESTNETZ

Wirtschaftlichkeit in Beispielregionen



Wirtschaftliche Einordnung von PtG (Anteil aller Gemeinden)



PtG-Anlagen können bereits heute in ca. 7 % aller Gemeinden volkwirtschaftlich sinnvoll betrieben werden.

■ PtG-Anlagen-Kosten (CAPEX und OPEX)
■ Kosten Netzausbau

Quelle: Kopplung von Strom- und Gasnetzen als Basis des zellularen Energiesystems der Zukunft_Prof. Dr. Markus Zrailek_gwf-Fachtagung ENERGIESPEICHER & SEKTORENKOPPLUNG_2019_Essen_S8

DVGW-Studie: GuStaV

Sektorenkopplung führt zur Herausforderung der Strom- und Gasnetzautomatisierung (GuStaV) WESTNETZ

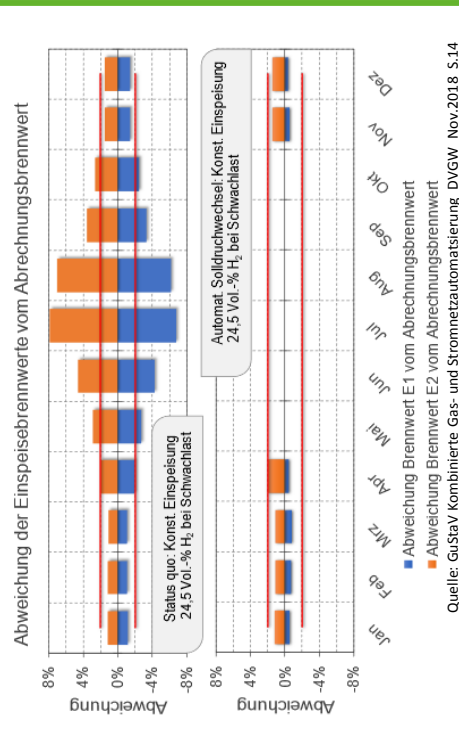
Automatisierungsbedarf zur Überwachung der dezentralen Einspeisung von erneuerbaren Gasen und für die effiziente Nutzung der Gasnetzkapazität

- Gewährleistung der Gasbeschaffenheit bzw. Gasabrechnung
- Einhaltung der max. Abweichung Einspeisebrennwert zu Abrechnungsbrennwert von 2 % (DVGW Arbeitsblatt G 260)
- Regelung der H₂- Einspeisung
- Erhöhte Aufnahmekapazität für H₂

Zweiseitengespeistes Ortsnetz:

- Permanente Einspeisung von 10 Vol.-% H₂ nicht möglich
- Automatischer Solldruckwechsel an einer GDRM-Anlage ermöglicht Einhaltung der 2 %-Grenze bis 24,5 Vol.-% H₂ und mehr

→ **Aber:** Ab 10 Vol.-% H₂ Verletzung geltender Gasbeschaffheitsgrenzwerte



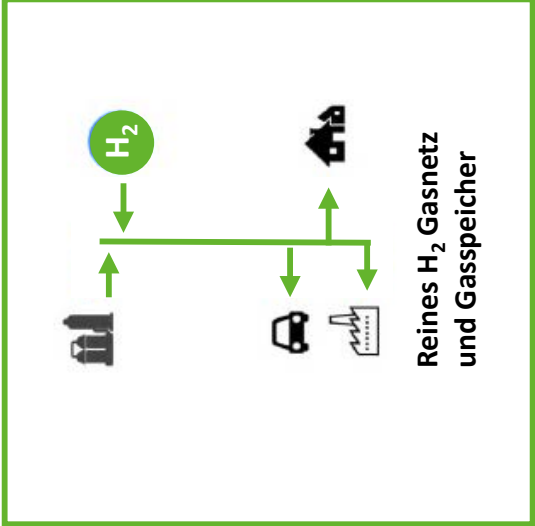
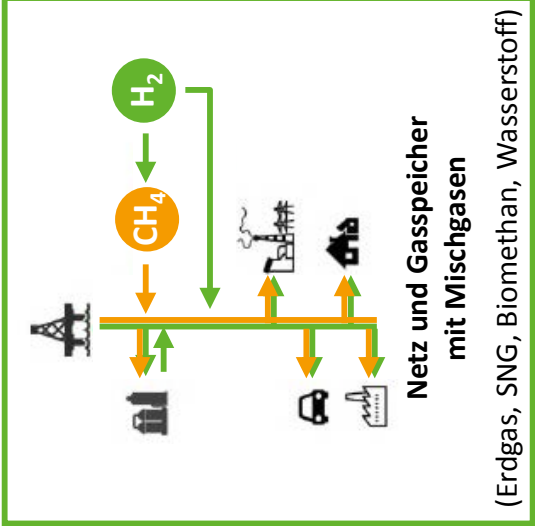
Westnetz GmbH · Dr. Matthias Krumbek, Annika Schäfers · 13. Februar 2020

8 Teil von Innogy

Neue Anforderungen erfordern Anpassungen der Gasinfrastruktur **WESTNETZ**

- Zukünftig wird die Erdgasinfrastruktur vermehrt Wasserstoff aufnehmen müssen und neue Gasanwendungen in allen Sektoren bedienen müssen
- Die Import-, Transport-, Speicherungs- und Verteilungsinfrastruktur für Gas wird auf zwei separaten Systemen beruhen

Die bestehende Infrastruktur bildet eine solide Grundlage und kann angepasst und erweitert werden.
Das H₂-System wird auf bestehenden, umgewidmeten und neuen Leitungen beruhen



Quelle: DVGW Obbleitertagung H2-Readiness_DVGW_13.09.2019_Bonn_S.121

Stärkeres Monitoring, smarte Netzsteuerung und eine erhöhte Zahl von Aufbereitungsanlagen sind unabdingbar

Gasnetze bereit für Wasserstoff machen - Forschungsprojekte

Leitfragen bei Wasserstoffprojekten beim DVGW e.V. und der Westnetz GmbH

WESTNETZ

Was ist bei der
Umstellung von
Bestandserdgasnetzen
auf Wasserstoff zu
berücksichtigen?

Wie schafft man
Akzeptanz für Wasserstoff
in der Öffentlichkeit?

Wie errichtet man
eine Infrastruktur zur
öffentlichen
Versorgung mit
Wasserstoff?

Welche Speicher
sind erforderlich?

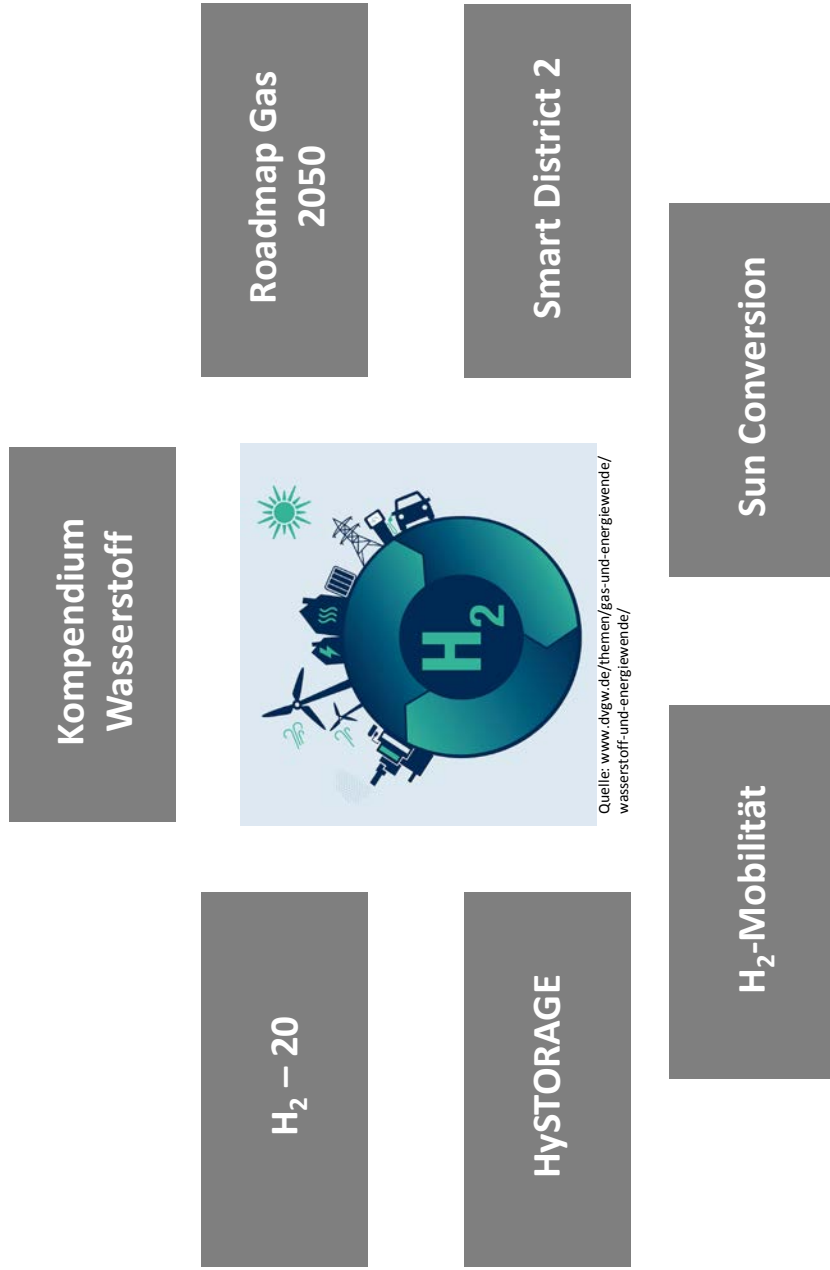
Wie koppelt man
Sektoren sinnvoll?

Welche Regelwerke
dienen als Grundlage?

Welche
Wasserstoffanwendungen
kommen zum Tragen?

Gasnetze bereit für Wasserstoff machen - Forschungsprojekte

Auszug aktueller DVGW Wasserstoffprojekte **WESTNETZ**

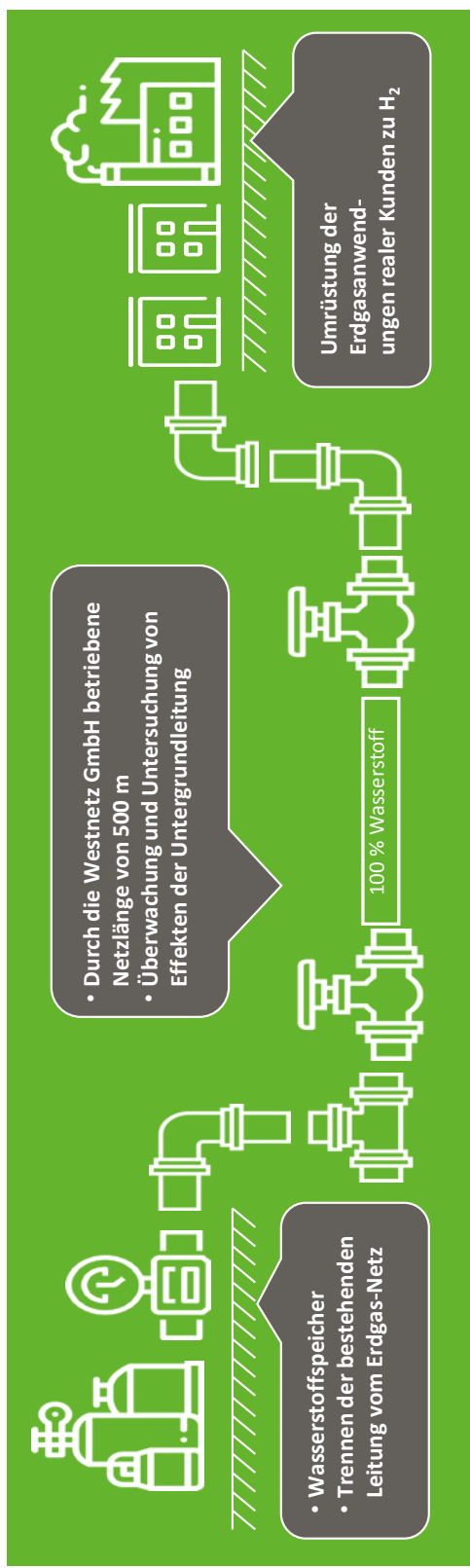


Überblick über die Wasserstoffprojekte der Westnetz

Westnetz Projekt: Schaffung eines Wasserstoffteilnetzes durch Umwidmung eines bestehenden Erdgas Assets

WESTNETZ

- Umrüstung einer Erdgasleitung inkl. aller Bestandteile für den Einsatz von 100% Wasserstoff
- Nachweis der Wasserstofftauglichkeit der bestehenden Erdgas-Infrastruktur
- Umstellung eines Industriekunden von Erdgas auf 100 % Wasserstoff zur Wärmeherzeugung



Überblick über die Wasserstoffprojekte der Westnetz

Erweiterung des Projektvorhabens „Schaffung eines Wasserstoffverteilnetzes“ WESTNETZ

- Zubau einer PV-Anlage und Installation eines Elektrolyseurs zur regenerativen Wasserstoffproduktion
- Einspeisung des vor Ort produzierten **grünen** Wasserstoffs in die umgerüstete Erdgasleitung
- Aufstellung einer PKW-Wasserstofftankstelle, um **grünen** Wasserstoff für den Mobilitätssektor bereitzustellen



Abbildung links: Power-to-Gas Anlage der Westnetz GmbH in Ibbenbüren
Abbildung rechts: Betankung eines Brennstoffzellen-Fahrzeuges

Überblick über die Wasserstoffprojekte der Westnetz

Projekt: Errichtung eines innovativen Speicherfeldes für einen neuen Windpark WESTNETZ

- **Ziel:** Verstärkung und Speicherung der Windenergie eines neuen Windparks (67 MW Leistung) am Standort Fehndorf / Lindloh durch ein **Speicherfeld** bestehend aus einer **Power-to-Gas-Anlage** (4 MW Leistung im Endausbau) und einem **Batteriespeicher**
- Versorgung der Stadt Haren mit **grüner** Energie
- Erhöhung der Energieautarkie der Stadt Haren von 45 % auf 75 %
- Einspeisung des erzeugten **grünen** Wasserstoffs in die bestehende Gashochdruckleitung der Open Grid Europe GmbH
- Gesamtnutzungsgrad des Systems von größer 72 %
- Erzeugter Wasserstoff kann den Wärmebedarf von 1.600 Haushalten decken



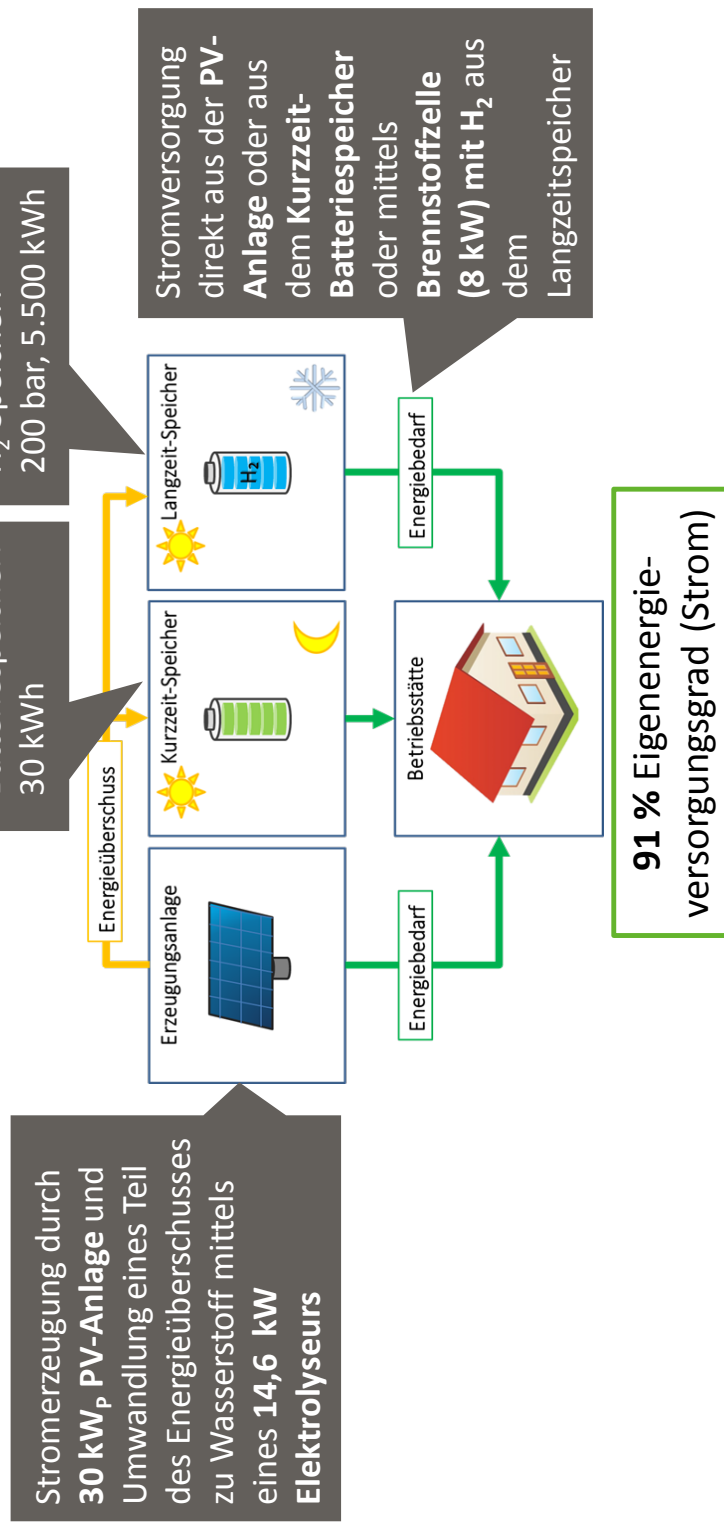
Westnetz GmbH · Dr. Matthias Krumbäck, Annika Schäfers · 13. Februar 2020

14 Teil von innogy

Projekt: Smarte Betriebsstelle Metelen

WESTNETZ

- **Ziel:** Versorgung einer Westnetz Betriebsstelle in Metelen mit aus **grünem** Wasserstoff erzeugten Strom

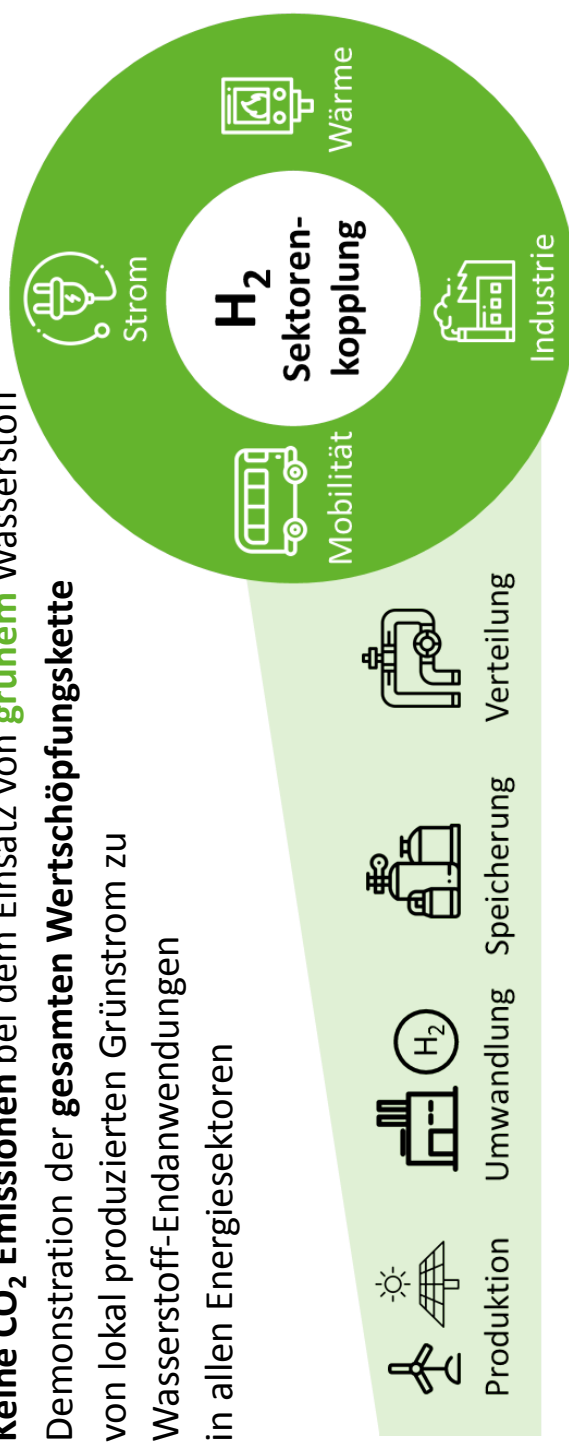


Überblick über die Wasserstoffprojekte der Westnetz

Reallabor des BMWi SmartQuart: Quartier Kaisersesch

WESTNETZ

- **Ziel:** Aufbau und Betrieb eines **wasserstoffbasierten Microgrids** in der Verbandsgemeinde Kaisersesch mit einem gewerblich-industriellen Fokus des Quartiers
- Sektorenkopplung über Wasserstoffinfrastruktur bedient gesamte Energie-Wertschöpfungskette in Kaisersesch
- **Keine CO₂ Emissionen** bei dem Einsatz von **grünem Wasserstoff**
- Demonstration der **gesamten Wertschöpfungskette** von lokal produzierten Grünstrom zu Wasserstoff-Endanwendungen in allen Energiesektoren



Westnetz GmbH · Dr. Matthias Krumbach, Annika Schäfers · 13. Februar 2020

16 Teil von innogy



Teil von **innogy**

WESTNETZ

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!



Ansprechpartner

Dr. Matthias Krumbeck

Leiter Spezialservice Gas, Prokurist
T +49 231 438 6250
matthias.krumbeck@westnetz.de

Annika Schäfers

Integrity Management
T +49 231 438 4312
annika.schaefers@westnetz.de

Auswirkungen der Elektromobilität auf die Netze der RheinEnergie

Dr. Ulrich Groß

Geschäftsführer, Rheinische NETZGesellschaft mbH



Mittel- und langfristige Auswirkungen der Elektromobilität auf ein (groß-)städtisches Netz

5. Wuppertaler Energie-Forum

Bergische Universität Wuppertal, 13. Februar 2020

Auswirkungen der Elektromobilität

Wuppertal, 13. Februar 2020

Agenda

Ausgangssituation

Netzstudie in Köln

Weitere Schritte





Ausgangssituation
Netzstudie in Köln
Weitere Schritte

RNG in Kurzform

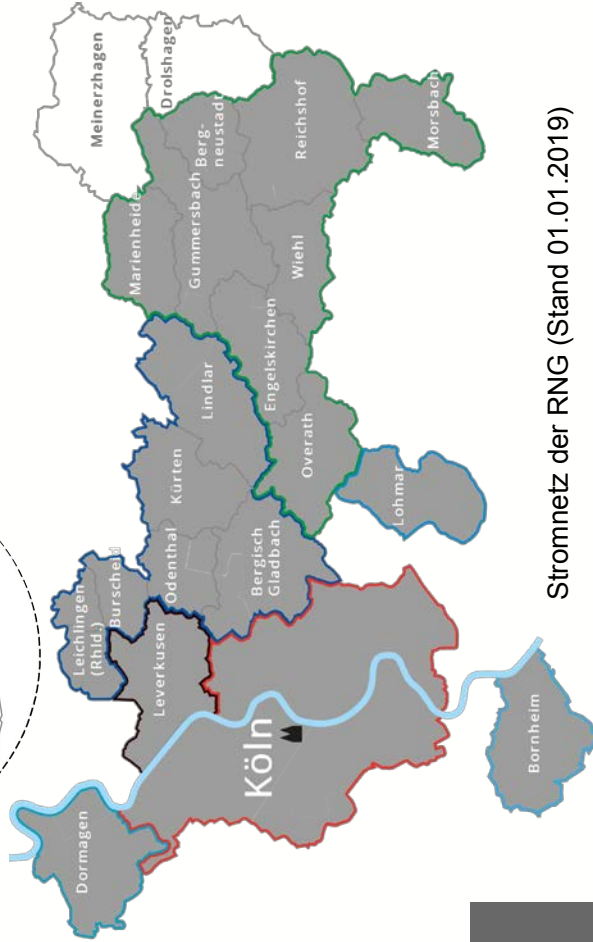
- Schlanker Netzbetreiber (ca. 100 Mitarbeiter)
- Kooperatives Netzmodell
- 13 Netzeigentümer
- 18 gepachtete Strom- und Gasnetze
- Wahrnehmung strategischer Aufgaben.
- Assetmanagement für 6 Wasser- und Fernwärmenetze
- Steuerung von acht Betriebsführern



Stromnetz

21.133 km Länge
1.785 Tsd. Einwohner

1.128 Tsd. Entnahmestellen
7,86 Mrd. kWh/a



Stromnetz der RNG (Stand 01.01.2019)

Zukünftige Entwicklung der Elektromobilität?

Der gesellschaftliche und politische **Druck** steigt!



Die **Aktivitäten der Automobilindustrie** nehmen deutlich zu!



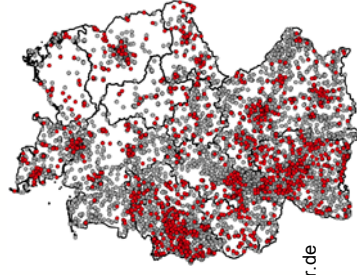
Foto: VW

„Bis 2025 wird jedes vierte Auto aus dem Konzern ein sauberer Stromer sein“

Herbert Diess, CEO Volkswagen AG



Öffentlich zugängliche Ladepunkte in Deutschland:
23.840 (Stand 10.12.2019)



Bildquelle: Wintzek, P., BUW
Datenbasis: Bundesnetzagentur.de

Elektromobilität in Köln

Ladepunkte der Tanke in Köln

rd. 300 (heute)
rd. 700 (bis Mitte 2021)



Quelle: <https://www.tanke.info/> (13.08.2019)

Elektroautos in Köln

rd. 1.000 (heute)



Vergleich:

PKW-Bestand: 483.000

Einpendler: 180.000

(motorisierter Individualverkehr)

Elektrobusse

9 (heute) → 50 (2021) → 340 (2030)
Umstellung der gesamten Busflotte!



Landstromversorgung für Schiffe

18 Versorgungssäulen für Schiffe





Elektromobilität

Politik

- Hochlaufverhalten
- Batteriekapazitäten
- Ladeverhalten: Öffentlich, privat, ...
- Ladeverfahren: AC, DC, induktiv, ...
-

- Förderungen Elektromobilität vs. andere Antriebsarten
- Verbot Verbrennungsmotoren
- Förderung alternativer Mobilitätsarten
-

Demographie

- Individualverkehr
- ÖPNV
- Vernetzte Mobilität
- Wieviel Mobilität ist erforderlich?
-

Elektromobilität während des Übergangs

Wuppertaler Energie-Forschungszentrum

Studie zur Elektromobilität in Köln

Welche Auswirkungen hat die Elektromobilität auf das Kölner Stromnetz?



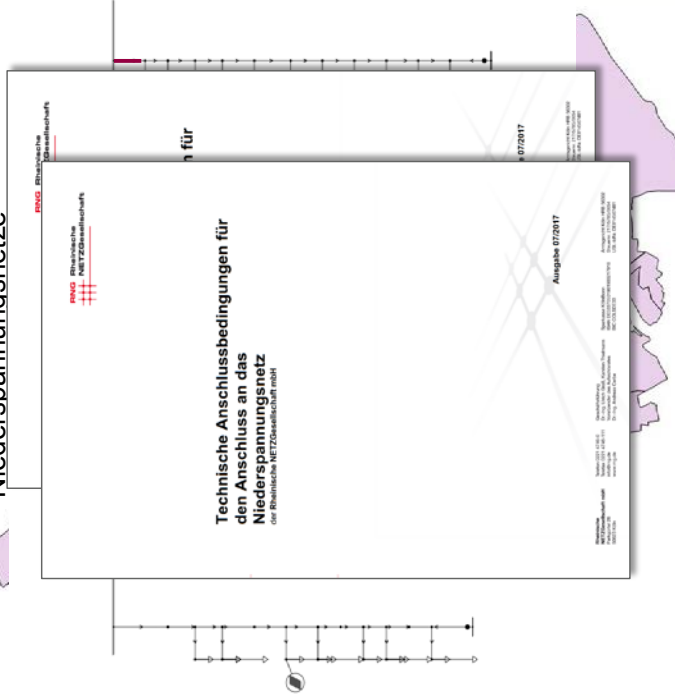
↑ Entwicklung abgestimmter Szenarien für die Elektromobilität in Köln bis 2050

↑ Analyse der zusätzlichen Umspannwerksauslastung

↑ Analyse der Auslastung im Mittel- und Niederspannungsnetz

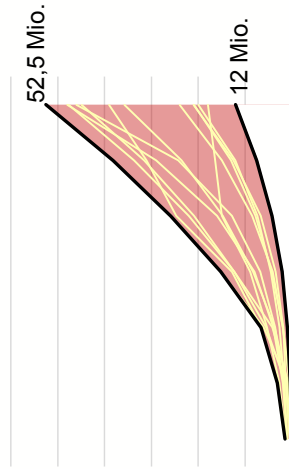
↑ Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen

Auswirkungen auf die Mittel- und Niederspannungsnetze



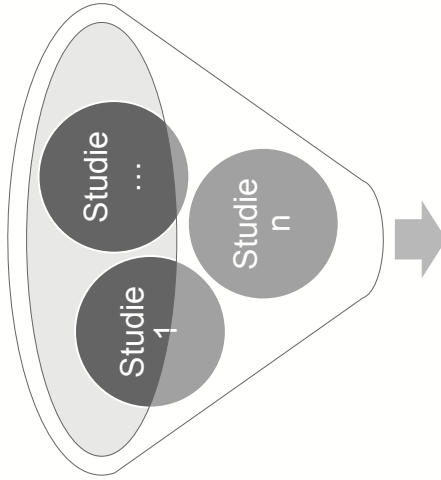
Szenarien zur Entwicklung der Elektrofahrzeuge

Die Bandbreite möglicher Entwicklungsszenarien ist hoch!



u.a.
 Öko-Institut: eMobil 2050
 ifmo: Die Zukunft der Mobilität
 BMU: Langfristszenarien und Strategien (Leitstudie)
 CAM: Marktentwicklung von Elektrofahrzeugen
 PWC: Autofacts
 Prognos: Shell | PKW-Szenarien 2040

Methode: Metaanalyse von aktuellen Studien und Regionalisierung der Deutschlandszenarien



13 mögliche Szenarien zur Mobilitätsentwicklung in Köln

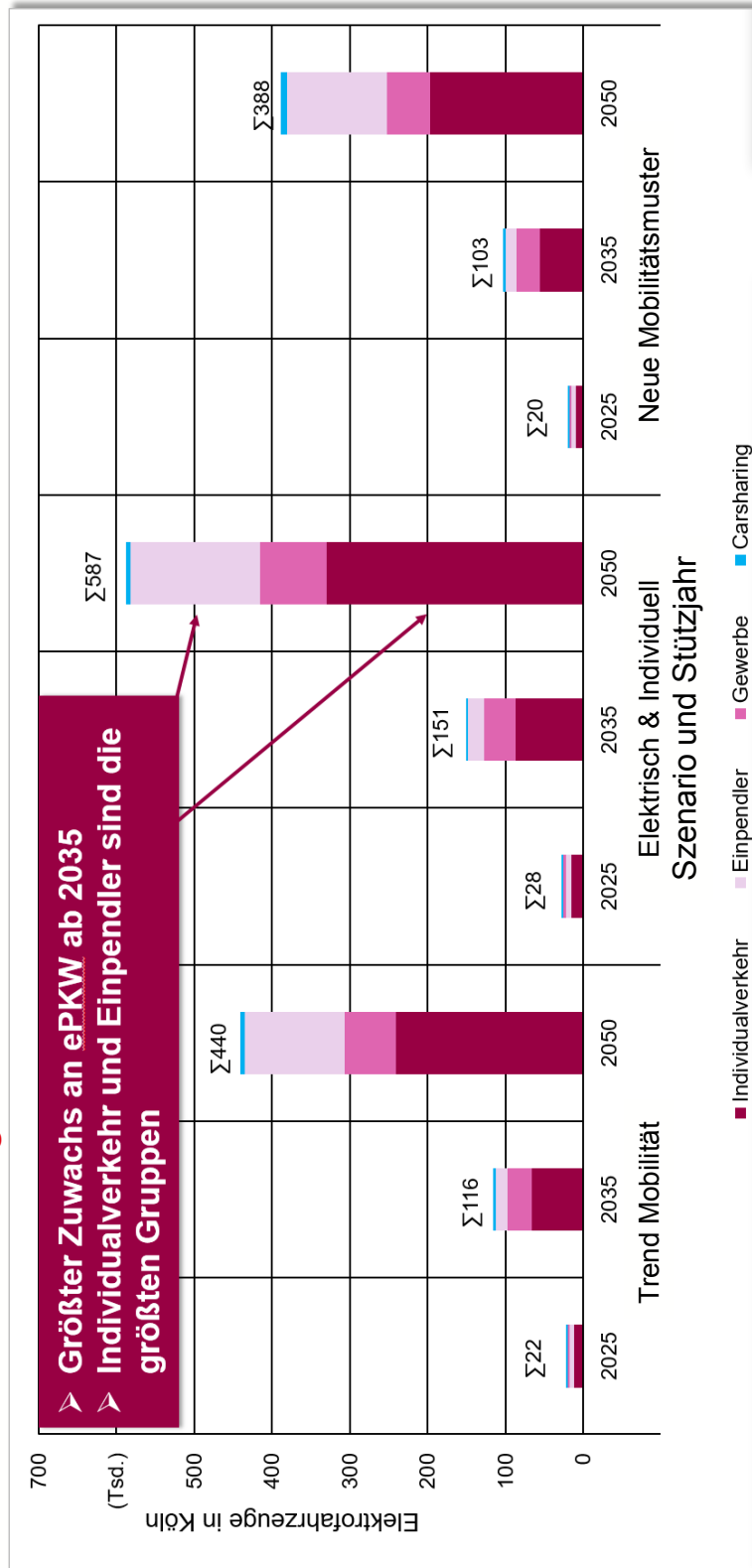
Ergebnis:
Auswahl von drei spezifischen Szenarien

Weniger private PKW,
mehr Carsharing und ÖPNV



Verstärkter Individualverkehr

Detaillierte Vorstellung der Szenarien



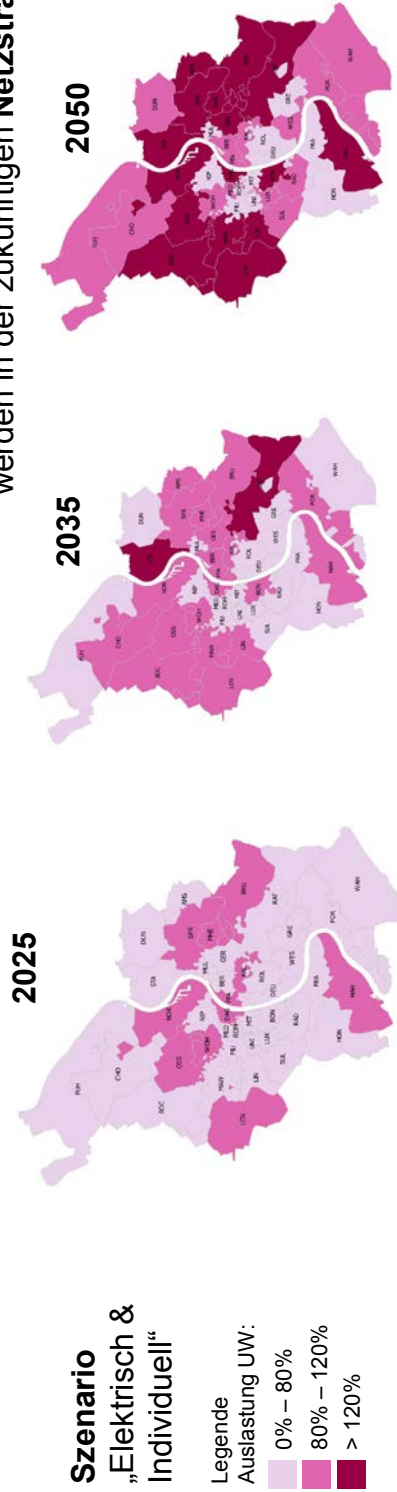
Auswirkungen auf die Umspannwerke (110 kV / 10 kV)

Systematik:

- Ermittlung der Gleichzeitigkeitskurven mithilfe eines **Simulationstools**, dem das statistische Mobilitätsverhalten in Deutschland zugrunde liegt.
- **Überlagerung der Lastgänge** aus den unterschiedlichen Mobilitätssektoren mit den konventionellen Lasten.

Ergebnisse:

- **Ausbaubedarf** entsteht in allen Szenarien **erst nach 2025**.
- Im Extremszenario können bis zum Jahr 2050 **40 % der UWs die gesicherte Leistung nicht mehr erbringen** → Austausch oder Zubau von Transformatoren
- „**Hot Spots**“ sind **identifiziert** und werden in der zukünftigen **Netzstrategie** berücksichtigt.



Systematik auf Mittelspannungsebene

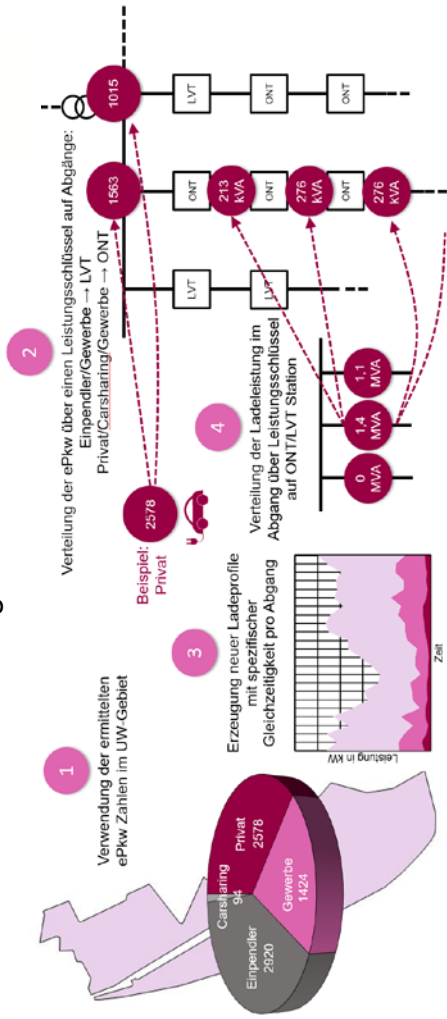
Auswahl dreier repräsentativer MS-Netze

durch eine Clusteranalyse unter Berücksichtigung der:

- Leitungslänge
- Lastdichte (Innenstadt vs. Stadtrand)
- Elektromobilitätsverteilung im Stadtgebiet



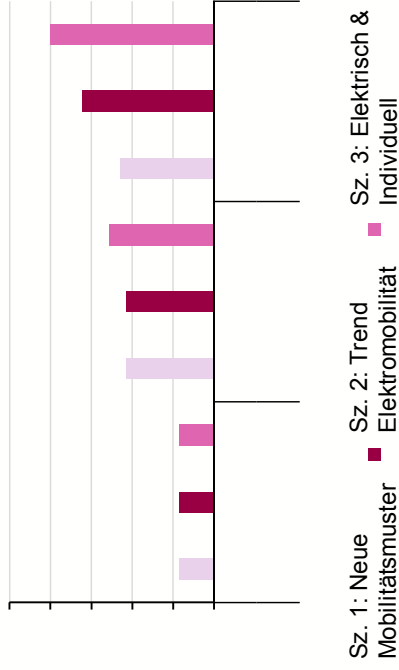
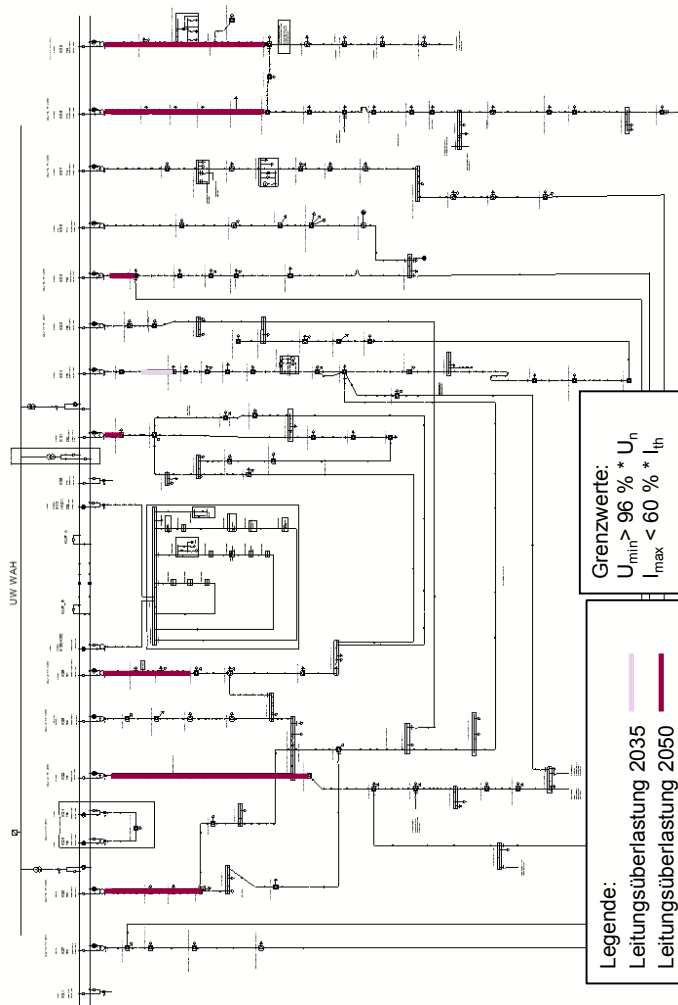
Methode zur Verteilung der ePKW im MS-Netz



- Verteilung der pro UW-Gebiet ermittelten E-Autos auf die einzelnen Abgänge des MS-Netzes
- Berechnung der spezifischen Ladeleistungen je Abgang und Verteilung auf die Kunden- und Netzstationen

Auswirkungen auf die Mittelspannungsebene

Exemplarische Darstellung der Netzplanung für MS-Netz 3
(Szenario 2 - „Trend Elektromobilität“):



Die Netze sind spannungsstabil!

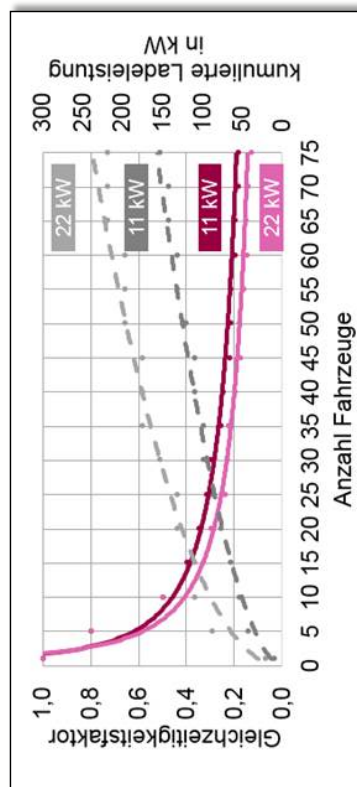
→ Kein Einsatz spannungsregelnder Betriebsmittel notwendig

Es treten Leitungsüberlastungen auf!

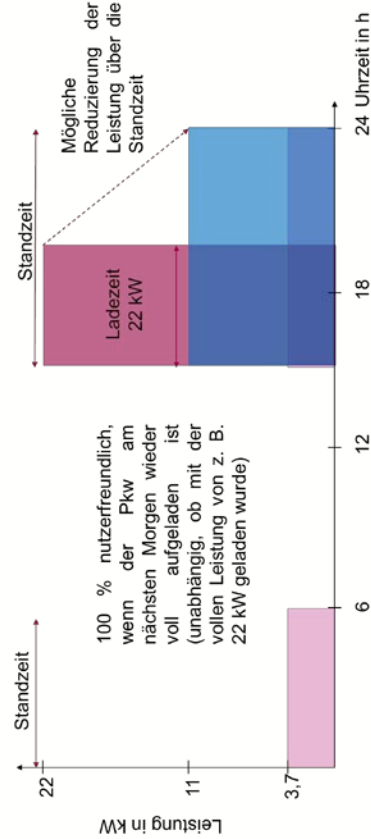
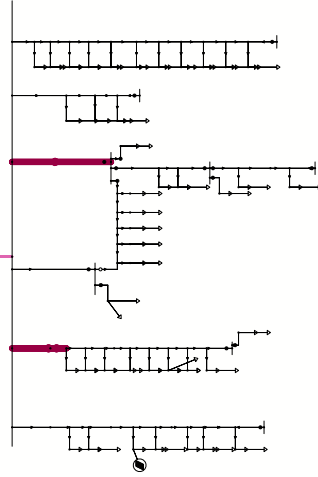
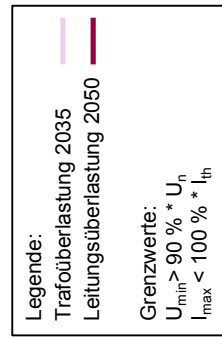
→ Erneuerungen von einzelnen Kabelstrecken erforderlich

Auswirkungen auf die Niederspannungsebene

- Keine maßgeblichen Unterschiede der Gleichzeitigkeit zwischen 11 kW und 22 kW Ladeleistung! Jedoch **höhere kumulierte Netzbelastung** bei 22 kW.
- Belastung durch E-Mobilität führt zur **Überlastung von Ortsnetztransformatoren und Leitungen**
- Intelligentes, netzdienliches Lademanagement kann **Netzausbau vermeiden** (Ausnutzung der Standzeiten)



Exemplarische Darstellung der Netzplanung für NS-Netz 3 (Szenario 2 - „Trend Elektromobilität“):



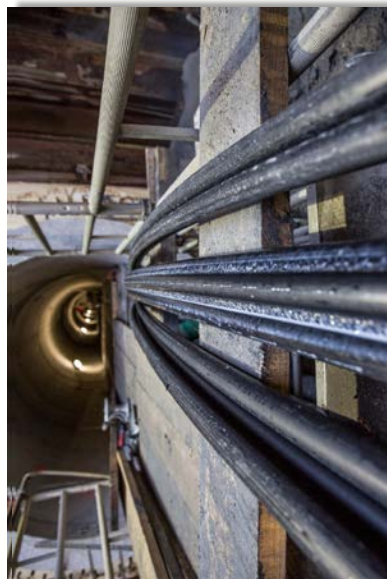
Zusammenfassung der Ergebnisse



Konsequenzen für das Netz der RNG in Köln

Anpassung der Planungsgrundsätze und Betriebsmittelstandards!

Mittelspannungskabel → 300 mm² Al
 Niederspannungskabel → 240 mm² Al
 Ortsnetztransformator → 800 kVA



Förderung steuerbarer Ladepunkte nach §14a EnWG!

Steuerbare Ladestationen sind
kostenfrei beim Netzanschluss!

Wir müssen wissen, wo Ladeeinrichtung entstehen!

Technische
 Anschlussbedingungen (TAB):
 Meldepflicht für alle
 Ladeeinrichtungen!



Ausweitung der Studie

- Die Elektromobilitätsstudie wird derzeit auf das gesamte Netz der RNG ausgeweitet.
- Erste Zwischenergebnisse aus **einem ländlich geprägten Netzgebiet** liegen vor:

Systematik

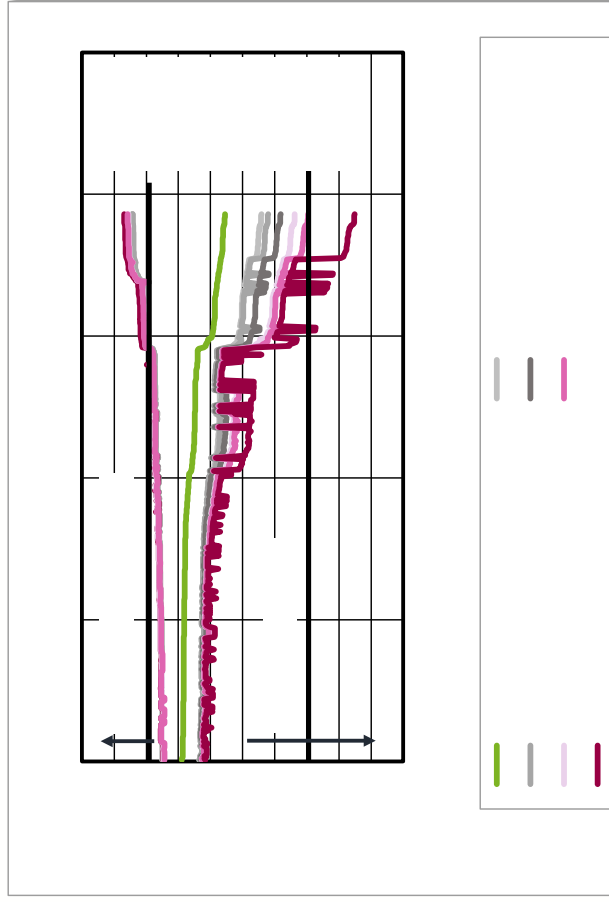
- Zusätzliche Betrachtung der Auswirkungen von **PV- und Wind-Zubau** sowie der zusätzliche Last durch **Wärmepumpen**.

Erste Ergebnisse

- Ausbau nur für bisher schon stark ausgelastete UW notwendig.
- In den UWs besteht kein Auslastungsproblem im Starkeinspeisefall.
- **Spannungsbandprobleme** in ländlichen MS- und NS-Netzen ab 2035, weniger Leitungsüberlastungen.

Maßnahmenansätze

- Spannenbenenübergreifende Netzmodellierung und -planung
- Lastabhängige Sollwertvorgabe am UW-Trafo
- Einsatz von rONT



Pilotprojekt Netzdienliches Lademanagement

Verschiebung/Reduzierung des Netzausbaubedarf durch Vermeidung von Betriebsmittel-
überlastungen
→ Bessere Integration der Ladepunkte

Ziele:

- Aufbau und Test einer Netzzustandsüberwachung in zwei Niederspannungsnetzen
- Integration von verteilten Ladepunkten in einem Ortsnetz
- Integration eines konzentrierten Ladegebietes
- Aufbau und Test eines netzzustandsbasierten Lademanagements an öffentlichen Ladepunkten

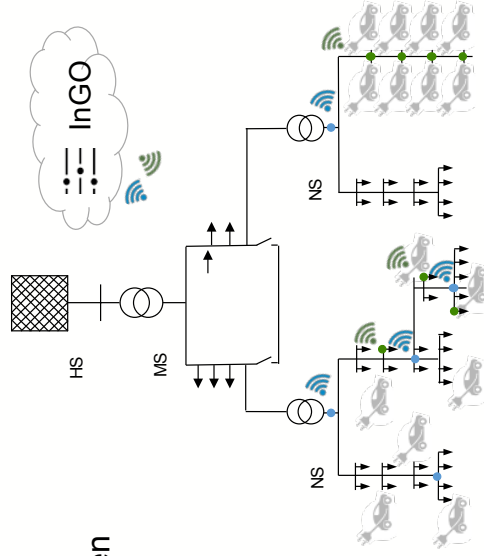
Status:

- Inbetriebnahme: Anfang 2020
- Laufzeit: 09/2019 bis 08/2020

chargecloud

RNG Rheinische
NETZGesellschaft

RheinEnergie
PSI



Noch ein Hinweis:



<https://backbone.vde.com/>



Stecker rein und los: Shary Reeves erklärt „Wie funktioniert das Stromnetz?“

Im ersten Video unserer Serie mit Shary Reeves erklärt die charmante Moderatorin, wie unser Stromnetz funktioniert und warum es das Rückgrat der Elektromobilität ist. Jetzt anschauen!



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Dr.-Ing. Ulrich Groß
Technischer Geschäftsführer
u.gross@rng.de

Copyrightinweis

Copyright 2019 der Rheinische NETZGesellschaft mbH (RNG). Alle Rechte vorbehalten. Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind, zu welchem Zweck und in welcher Form auch immer, ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch die RNG nicht gestattet. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

Die vorliegenden Angaben werden von der RNG bereitgestellt und dienen ausschließlich zu Informationszwecken. Die RNG übernimmt keinerlei Haftung oder Garantie für Fehler oder Unvollständigkeit in dieser Publikation.

Die RNG steht lediglich für Produkte und Dienstleistungen nach der Maßgabe ein, die in der Vereinbarung über die jeweiligen Produkte und Dienstleistungen ausdrücklich geregelt ist. Aus den in dieser Publikation enthaltenen Informationen ergibt sich keine weiterführende Haftung. Sofern diese Publikation Verweise auf Internetseiten enthält, die nicht von der RNG verantwortet werden, so ist die RNG für diese Inhalte nicht verantwortlich.

Rheinische NETZGesellschaft mbH (RNG), Parkgürtel 26, 50823 Köln

Neue Energie aus Wuppertal

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Elektrische Energieversorgungstechnik
der Bergischen Universität Wuppertal

Herausgeber

Univ.-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

Dr.-Ing. Karl Friedrich Schäfer
Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik
Bergische Universität Wuppertal

Druck

Offsetdruckerei Figge GmbH, Wuppertal

Auflage: 300 Stück

© Alle Rechte vorbehalten

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

Wuppertal, Februar 2020

NEUE ENERGIE AUS WUPPERTAL

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

Band 1: Neusel-Lange, Nils: Dezentrale Zustandsüberwachung für intelligente Niederspannungsnetze 2013

Band 2: Stötzel, Marcus: Strategische Ressourcendimensionierung von Netzleitstellen in Verteilungsnetzen

Band 3: Zdrallek, Markus (Hrsg.): Tagungsband zum 2. Wuppertaler Energie-Forum, 2014

Band 4: Oerter, Christian: Autarke, koordinierte Spannungs- und Leistungsregelung in Niederspannungsnetzen, 2014

Band 5: Athamna, Issam: Zuverlässigkeitsberechnung von Offshore-Windparks, 2015

Band 6: Thies, Hans Henning: Ein übergreifendes Modell zur Optimierung von Netz und Netzbetrieb 2015

Band 7: Zdrallek, Markus (Hrsg.): Tagungsband zum 3. Wuppertaler Energie-Forum, 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, 2016

Band 9: Pawlowski, Erik: Realitätsgerechte Zustandsbewertung gasisolierter Hochspannungsschaltanlagen, 2016

Band 10: Zdrallek, Markus (Hrsg.): Seminar "Smart Grids" – Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen, 2. Auflage 2016

Band 11: Beerboom, Dominik: Objektive Zustandsbewertung von Mittelspannungsnetzen als Grundlage der Asset-Optimierung, 2017

Band 12: Tabke, Thorsten: Entwicklung und Anwendung eines typunabhängigen, minimalinvasiven Zustandsbewertungsverfahrens für SF₆-Hochspannungsschaltanlagen, 2017

Band 13: Uhlig, Roman: Nutzung der Ladeflexibilität zur optimalen Systemintegration von Elektrofahrzeugen, 2017

Band 14: Zdrallek, Markus (Hrsg.): Tagungsband zum 4. Wuppertaler Energie-Forum, 2018

Band 15: Zdrallek, Markus (Hrsg.): Portrait des Lehrstuhls für Elektrische Energieversorgungstechnik, 2017

Band 16: Steffens, Philipp: Innovative Planungsgrundsätze für ländliche Mittelspannungsnetze, 2018

Band 17: Johae, Christopher: Realitätsgerechte Zustandsbewertung von Mittelspannungsanlagen durch Einsatz geeigneter Messverfahren, 2018

Band 18: Meese, Jan: Dynamische Stromtarife zur Erschließung von Flexibilität in Industrieunternehmen, 2018

Band 19: Dorsemagen, Felix: Zustandsidentifikation von Mittelspannungsnetzen für eine übergreifende Automatisierung der Mittel- und Niederspannungsebene, 2018

Band 20: Harnisch, Sebastian: Planung von ländlichen Niederspannungsnetzen mit innovativen Lösungsoptionen, 2019

Band 21: Nebel, Arjuna: Auswirkung einer übergeordneten Steuerung dezentraler elektrischer Anlagen auf die Höhe des konventionellen positiven Redispatcheinsatzes in Deutschland, 2019

Band 22: Kornrumpf, Tobias: Bewertung von Flexibilitätsoptionen in Mittelspannungsnetzen, 2019

Band 23: Zdrallek, Markus (Hrsg.): Seminar "Smart Grids" – Aufbau und Betrieb von intelligenten Verteilnetzen, 2019

Band 24: Wolter, Daniel: Neue Topologiekonzepte für moderne Mittelspannungsnetze, 2019

Band 25: Hopfer, Nikolai: Nutzen der Breitband-Powerline-Kommunikation zur Erfassung kritischer Kabelzustände in Verteilungsnetzen, 2019