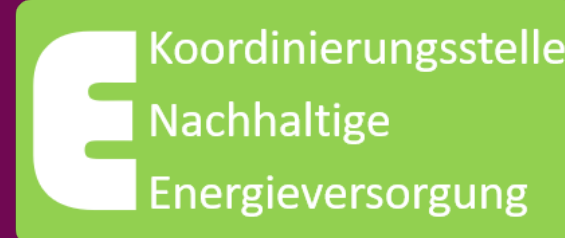


Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

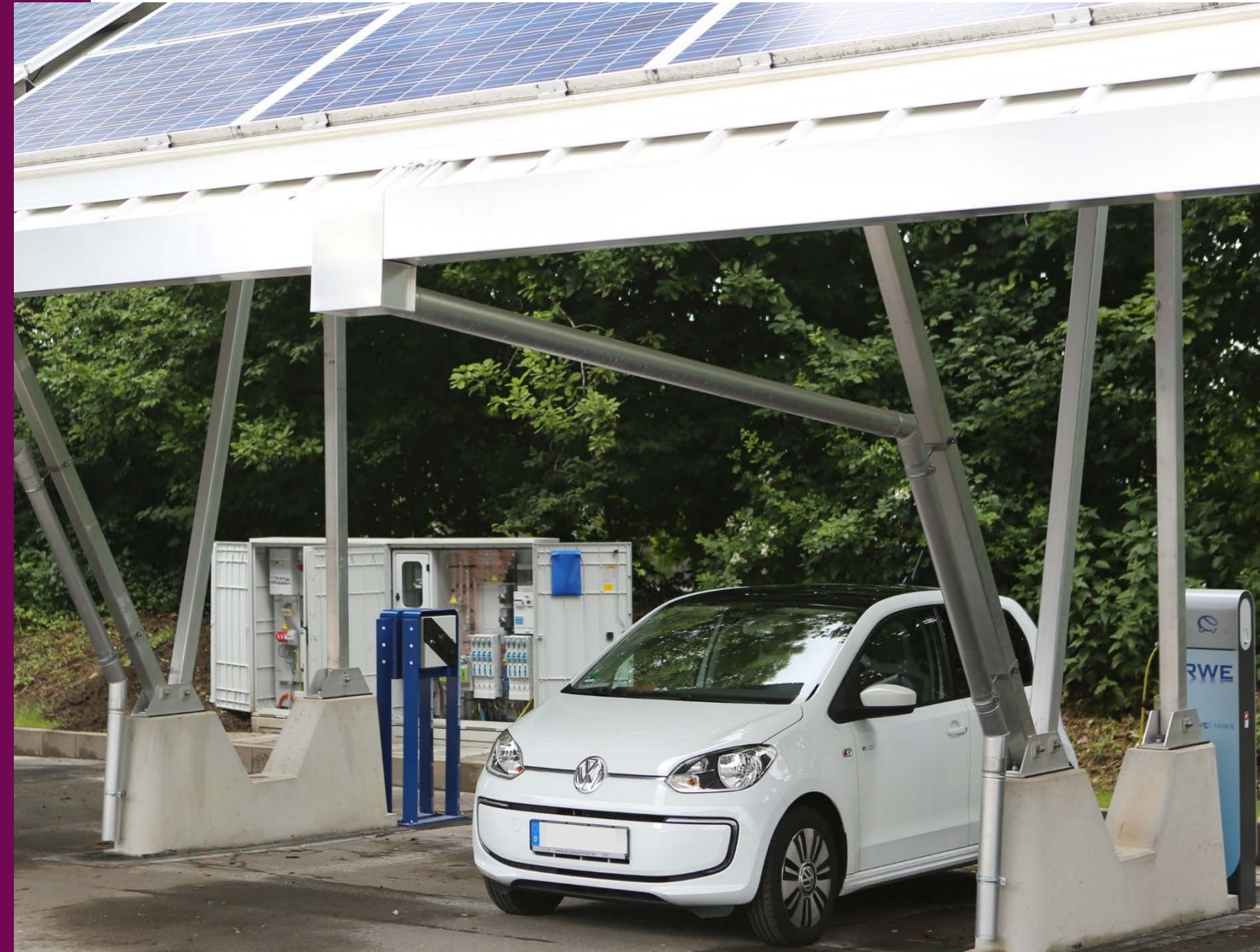
Mitveranstalter:



Mit freundlicher Unterstützung von:



innogy



4. Wuppertaler Energie-Forum

12. Januar 2018

4. Wuppertaler Energie-Forum 12.01.2018

4. Wuppertaler Energie-Forum

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

Bergische Universität Wuppertal

Neue Effizienz – Bergische Gesellschaft für
Ressourceneffizienz mbH

12. Januar 2018

Hörsaal FZH 1

Campus Freudenberg

Rainer-Gruenter-Straße

42119 Wuppertal

Das 4. Wuppertaler Energie-Forum wird unterstützt von:



Energie. Weiter denken



innogy





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

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Freunde des Lehrstuhls für Elektrische Energieversorgungstechnik,
der Umbau des Energieversorgungsystems in Deutschland schreitet stetig
weiter voran und stellt Netzbetreiber vor bisher unbekannte Heraus-
forderungen. An der Bewältigung dieser Aufgaben arbeiten wir in Wuppertal
gemeinsam mit unseren Partnern bereits seit einigen Jahren erfolgreich.

Im Rahmen des 4. Wuppertaler Energieforums werden erneut Ergebnisse von
praxisnahen Forschungsprojekten vorgestellt, die Elemente eines modernen
und innovativen Energieversorgungssystems darstellen können.

Besonders hervorzuheben ist die Präsentation der dena-Netzflexstudie durch
Herrn Kuhlmann, an deren Entstehung die Bergische Universität Wuppertal
maßgeblich mitgewirkt hat.

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

Ihr

Inhalt

Keynote:

Flexibilität für Netz und Markt – Ergebnisse der dena-Netzflexstudie..... 9

Dipl.-Phys. Andreas Kuhlmann

Sonne statt Feinstaub – Das „smarte“ Oberleitungsnetz zur Realisierung eines emissionsfreien ÖPNV in Solingen33

Andreas Schwarberg

Hochtemperatur-Supraleiter als innovatives Planungselement in großstädtischen Netzen.....51

Dr.-Ing. Frank Merschel

Wie altern eigentlich Mittelspannungs-Netzstationen?85

Dr.-Ing. Ulrich Groß

Designetz – Koordination von Smart Grids und Flexibilitäten in Smart Markets im Energiesystem der Zukunft105

Dr.-Ing. Gabriël Clemens

Nachhaltige Optimierung eines Mehrsparten-Netzbetriebs der Zukunft.....123

Dipl.-Ing. Michael Steffens

Impressum139


Keynote:

**Flexibilität für Netz und Markt
Ergebnisse der dena-Netzflexstudie**

Dipl.-Phys. Andreas Kuhlmann

Vorsitzender der dena-Geschäftsführung

WIR MACHEN ENERGIEWENDE

 **Kompetenzzentrum**
für Energieeffizienz, erneuerbare Energien und intelligente Energiesysteme

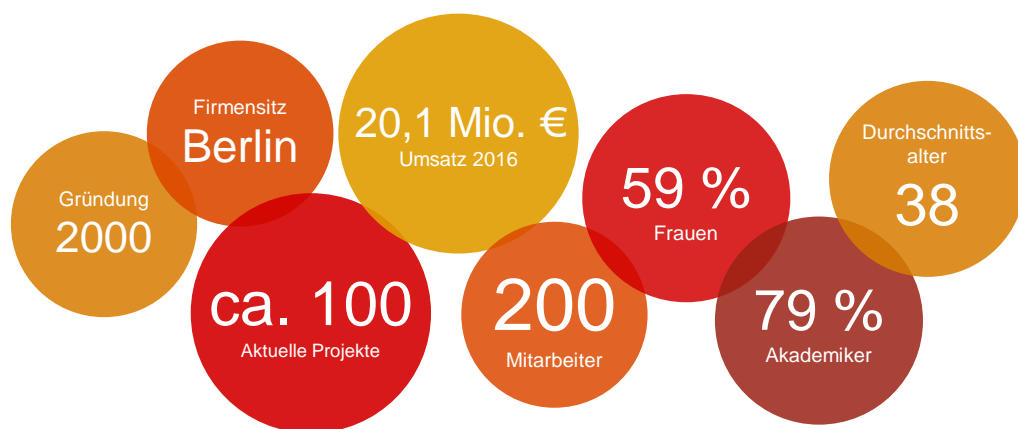
 **Mittler**
zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft

 **Ministeriumsübergreifend**
und im ständigen Dialog mit den Marktteilnehmern

 **Mit klaren Zielen:**

- Unterstützung der Bundesregierung in ihrer energiepolitischen Strategie
- Themenorientierte Kommunikation für Endabnehmer und Anbieter
- Realisierung der Energieeffizienz- und EE-Potenziale inklusive Systemintegration

WIR SIND AUCH ZAHLEN, DATEN, FAKTEN



dena im Dialog in 2016:

- 6,5 Millionen Seitenaufrufe auf dena-Websites
- Vertrieb von 225.000 Publikationen
- Über 3.400 Artikel in Print- und rund 1.100 Artikel in Online-Medien
- Rund 4.800 Besucher auf dena-Veranstaltungen

4 DENA-NETZFLEXSTUDIE
WUPPERTAL, 12.01.18

dena
Deutsche Energie-Agentur

UNSERE VIER SÄULEN

ENERGIEEFFIZIENZ



Thinktank und Moderator für die Etablierung der Energiewende

INTELLIGENTE ENERGIESYSTEME



Integration, Optimierung und Thinktank

STAKEHOLDER-PROZESSE



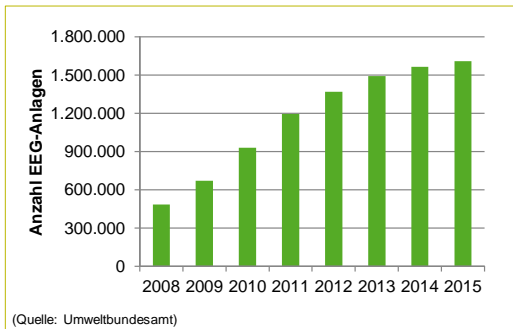
Moderator an der Schnittstelle von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft

INTERNATIONALE AKTIVITÄTEN

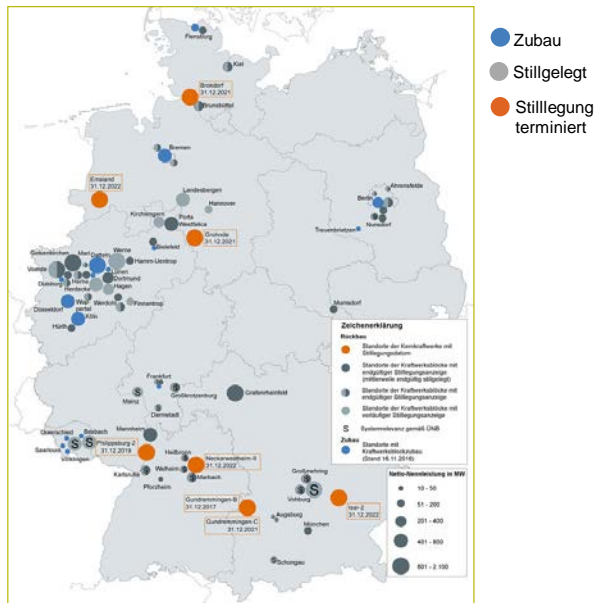


Vermarktung der Energiewende im Ausland

DIE STROMERZEUGUNG IST IM UMBRUCH, ANDERE BEREICHE WERDEN FOLGEN



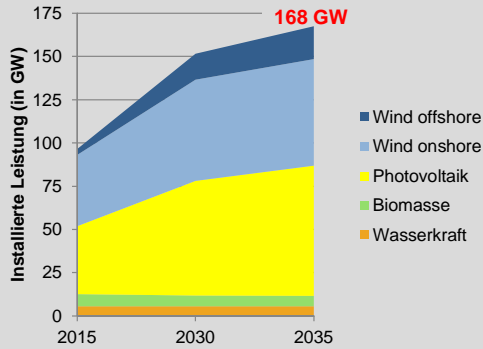
- Seit 2008 hat sich die Anzahl der EEG-Anlagen **vervierfacht**
- EEG-Anlagen werden zu **95%** am Verteilnetz angeschlossen
- Die Anzahl der **Stilllegungen konventioneller Kraftwerke** übertrifft den Neubau deutlich



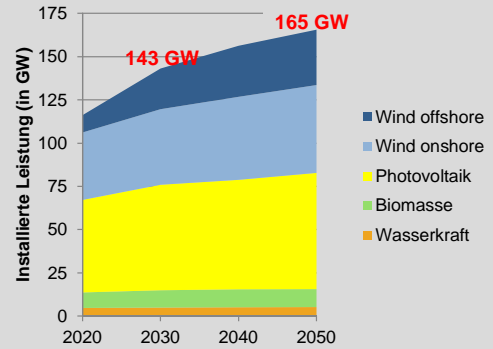
DIE STROMERZEUGUNG WIRD VOLATILER UND DEZENTRALER

- Aktuell sind 42 GW Photovoltaik, 45 GW Wind onshore und 4 GW Wind offshore an das Stromnetz angeschlossen
- Die installierte Leistung volatiler erneuerbarer Energien wird sich zukünftig weiter deutlich erhöhen

Entwicklung instal. Leistung EE gemäß Szenario B des Netzentwicklungsplan (Quelle: Netzentwicklungsplan 2017-2030)



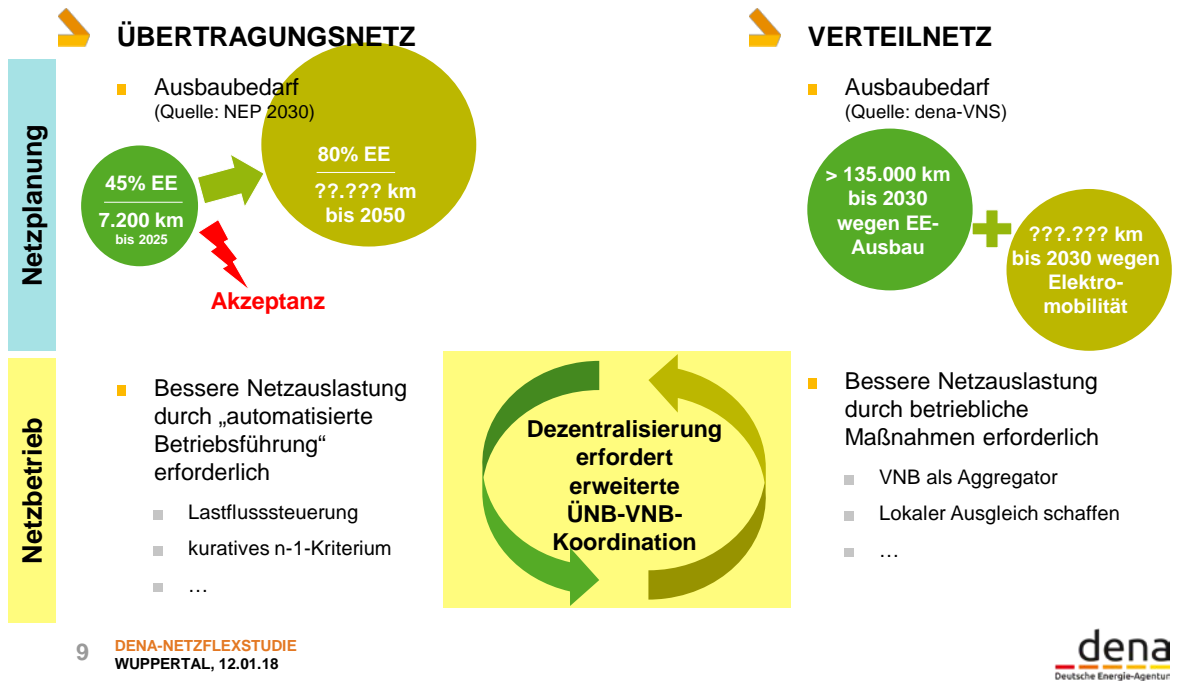
Entwicklung instal. Leistung EE gemäß Szenario 2011A der BMWi-Langfristszenarien (Quelle: Langfristszenarien, 2017)



8 DENA-NETZFLEXSTUDIE
WUPPERTAL, 12.01.18



NETZBETRIEB BRAUCHT INNOVATION BEI TECHNOLOGIEN UND PROZESSEN



FLEXIBILISIERUNG: KOMMT NACH PV- DER BATTERIE-BOOM?



18 Batteriegroßspeicher mit 128 MW Gesamtleistung sind in Betrieb.

Quelle: Büro F



60.000 Hausspeichersysteme sind im Markt (Zuwachs 2015: 15.000; Zuwachsprgnose 2016: 25.000)

Quelle: BVES



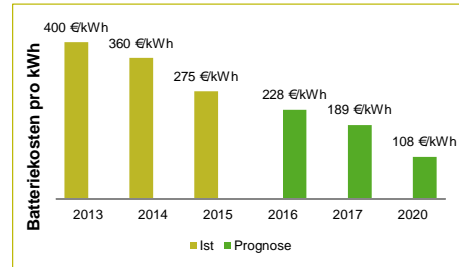
Etwa 600 Projekte im Bereich Industriespeicher realisiert

Quelle: BVES

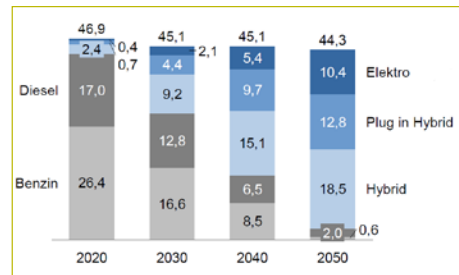


Innovationen entstehen aus nutzerbezogenen Bedürfnissen, z.B.:

- Unternehmen streben nach CO₂-neutralen Produktionsketten
- Privatanutzer möchten bilanzielle Autarkie („eigenen“ Strom nutzen)



Entwicklung Batteriekosten pro kWh (Quelle: Statista)



Entwicklung Kfz-Antriebstechnologien (Quelle: Thüga)

PARTNER DER DENA-NETZFLEXSTUDIE

➤ DIE DENA-NETZFLEXSTUDIE WURDE DURCH EINEN STAKEHOLDER-ÜBERGREIFENDEN PARTNERKREIS REALISIERT



➤ FORSCHUNGSPARTNER DER DENA-NETZFLEXSTUDIE WAREN



13 DENA-NETZFLEXSTUDIE
WUPPERTAL, 12.01.18

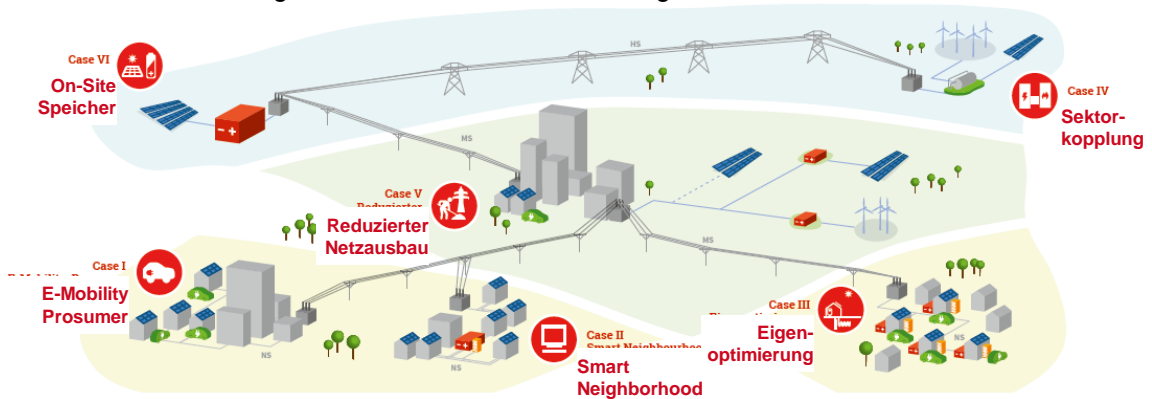


FALLSTUDIEN BASIERTE UNTERSUCHUNG

➤ Auswahl von 6 repräsentativen Fallstudien, die beispielhaft für heutige und zukünftige Anwendungsfelder für Flexibilitäten im Verteilnetz sind

➤ Vergleichende Analyse unterschiedlicher Randbedingungen:

- Betriebswirtschaftliches Optimum ohne Restriktionen von Netz und Gesetz
- Netzdienliche Fahrweise mit Netzrestriktionen
- Derzeit mögliche Fahrweise im aktuellen regulatorischen Rahmen



14 DENA-NETZFLEXSTUDIE
WUPPERTAL, 12.01.18

dena
Deutsche Energie-Agentur

MULTI-USE FÜR FLEXIBILITÄTEN STEIGERT DIE WIRTSCHAFTLICHKEIT FÜR ANWENDER

➤ Erste Multi-Use Anwendungen sind bereits heute im Markt

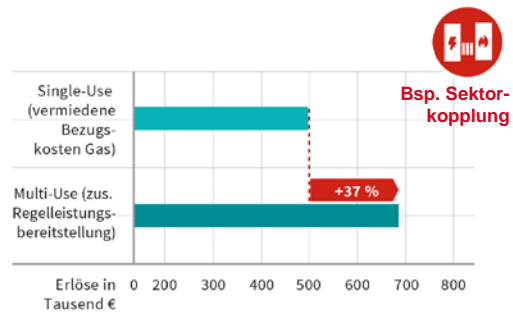
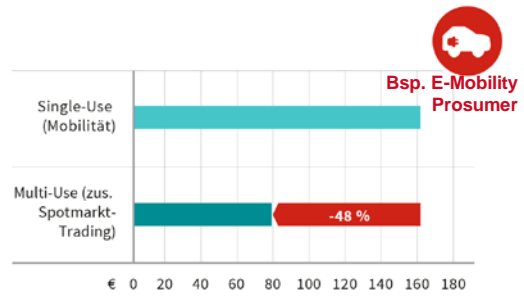
- z.B. Kombination von Eigenverbrauchs-optimierung und Regelleistungserbringung bei Heimspeichern

➤ Weitere kombinierbare Anwendungen sind z.B.

- Spannungshaltung, Engpassmanagement, Redispatch, Vermarktung von Wärme, Spotmarkt

➤ Multi-Use kann Strombezugskosten senken bzw. Erlöse erhöhen

- In vielen Fällen ist hierfür jedoch ein alternativer regulatorischer Rahmen erforderlich



17 DENA-NETZFLEXSTUDIE
WUPPERTAL, 12.01.18

dena
Deutsche Energie-Agentur

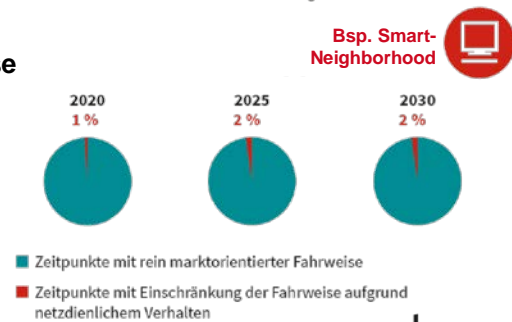
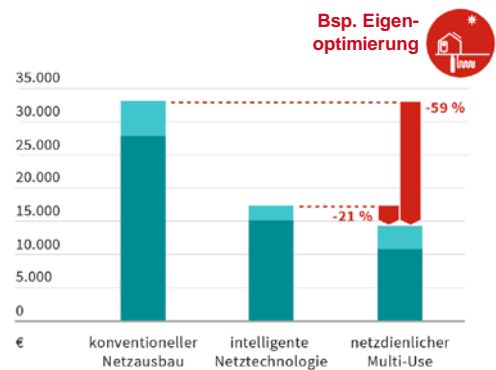
MULTI-USE OPTIMIERT NETZAUSBAUKOSTEN

➤ Netzdienlicher Multi-Use kann zur verbesserten Nutzung der Netzkapazitäten führen

- In fünf der sechs untersuchten Cases stellt die netzdienliche Flexibilitätsnutzung die günstigste Option dar
- Einzelfallbetrachtung zur Auswahl der optimalen Lösung notwendig

➤ Marktorientierte und Netzdienliche Fahrweise sehr gut miteinander vereinbar

- 1,8 % der untersuchten Zeitpunkte 2020 und 3,5 % der untersuchten Zeitpunkte 2030 durchschnittlich betroffen



AUSGANGSPUNKT FÜR DISKUSSION ÜBER NETZDIENLICHEN MULTI-USE

➤ MUSS DAS STROMNETZ (INSBESONDERE FÜR NEUE FLEXIBLE LASTEN) JEDEM NUTZER JEDERZEIT ALLES ERMÖGLICHEN?

JA

- Dies führt im Zweifel zu einem hohen Netzausbau-Bedarf („Kupferplatte“).
- Die Kostentragung ist zu klären (sozialisieren / individualisieren).
- Die Stärke von flexiblen Assets (ihre Flexibilität) bleibt beim Ausbau unberücksichtigt und kann so nicht zur volkswirtschaftlichen erstrebenswerten Kostendämpfung genutzt werden.

NEIN

- Der Netzbetreiber muss in der Lage sein, in die Betriebsweise einzugreifen wenn der Netzzustand dies erfordert.
 - Hierzu gehört die rechtliche Absicherung
 - sowie die technische Umsetzbarkeit.
- Zur Realisierbarkeit des Flexibilitätseinsatzes im Netzbetriebs besteht in der Regel Ertüchtigungsbedarf der Netze (z.B. Zustandsüberwachung) zu einem „smarten“ Netz.
- Zentral ist die Kalkulierbarkeit des Zugriffsrechts / der Möglichkeit, damit diese bei der Planung des Netzes berücksichtigt werden kann.
- Für einen volkswirtschaftlich optimalen Zustand müssen existierende Flexibilitäten mit eingebunden werden.

➤ LEITLINIE LÖSUNGSANSATZ NETZFLEXSTUDIE:

- Der netzdienliche Flexibilitätseinsatz soll für den Nutzer über sein Einsparpotenzial attraktiv sein.

19 DENA-NETZFLEXSTUDIE
WUPPERTAL, 12.01.18

dena
Deutsche Energie-Agentur

Sonne statt Feinstaub

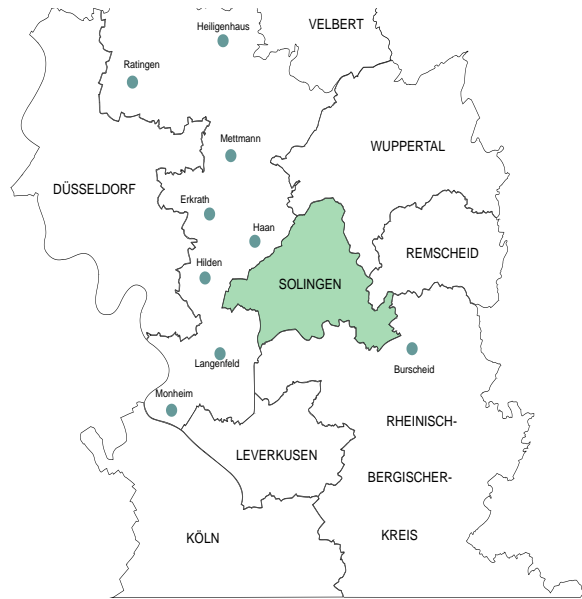
**Das „smarte“ Oberleitungsnetz zur Realisierung eines
emissionsfreien ÖPNV in Solingen**

Andreas Schwarberg

Geschäftsführer der Stadtwerke Solingen GmbH

Konzernvorstellung

Verknüpfungspunkte AC/DC-Netz	22
Entnahmestellen Mittelspannung	226
Entnahmestellen Niederspannung	106.658
Netzlänge Stromnetz	1.868 km
Entnommene Jahresarbeit Strom	809 GWh
Zeitgleiche Jahreshöchstlast	147 MW
Fahrgäste pro Jahr	24 Mio.
Fahrgäste pro Tag	66 Tsd.
Anzahl Fahrzeuge Gesamt	96
Gelenkbusse	50
Autobusse	46
Anzahl Linien (O-Bus)	24 (6)
Länge Liniennetz Gesamt	200 km
Oberleitungs-Streckennetz	102 km
CO2-Einsparung pro Jahr	4.934 t



Stand: 31.12.2016

Projektkennzahlen

Gesamtprojekt	
	19 Mio. €
	15 Mio. €
	5 Jahre
	7 Projektpartner

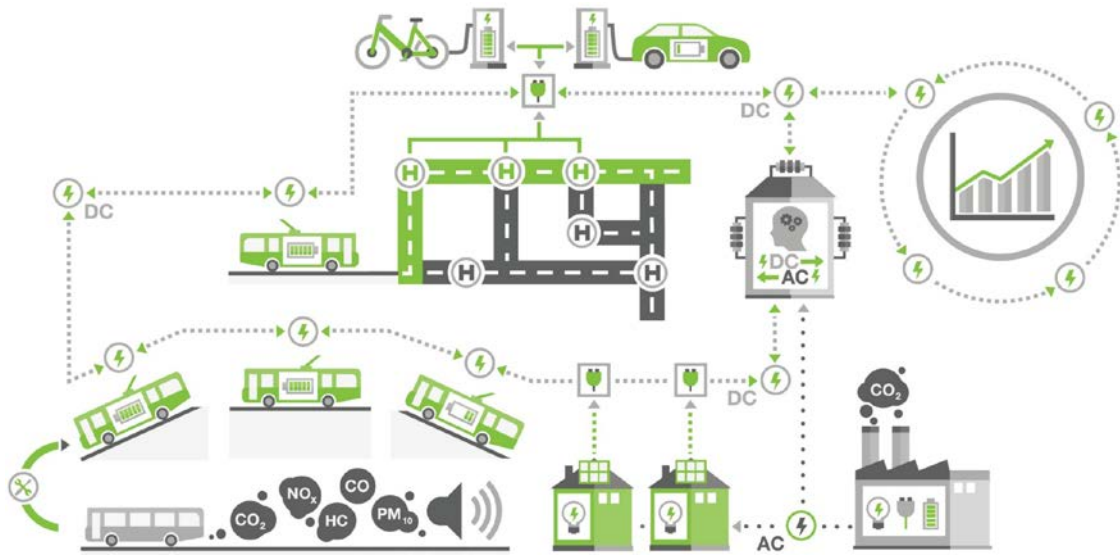
Kennzahlen Stadtwerke Konzern

- Projektvolumen: 8,2 Mio. €
- Fördervolumen: 5,4 Mio. €
- Förderquote: 65 %

Fördermittelgeber



Zusammenhänge der Projektinhalte

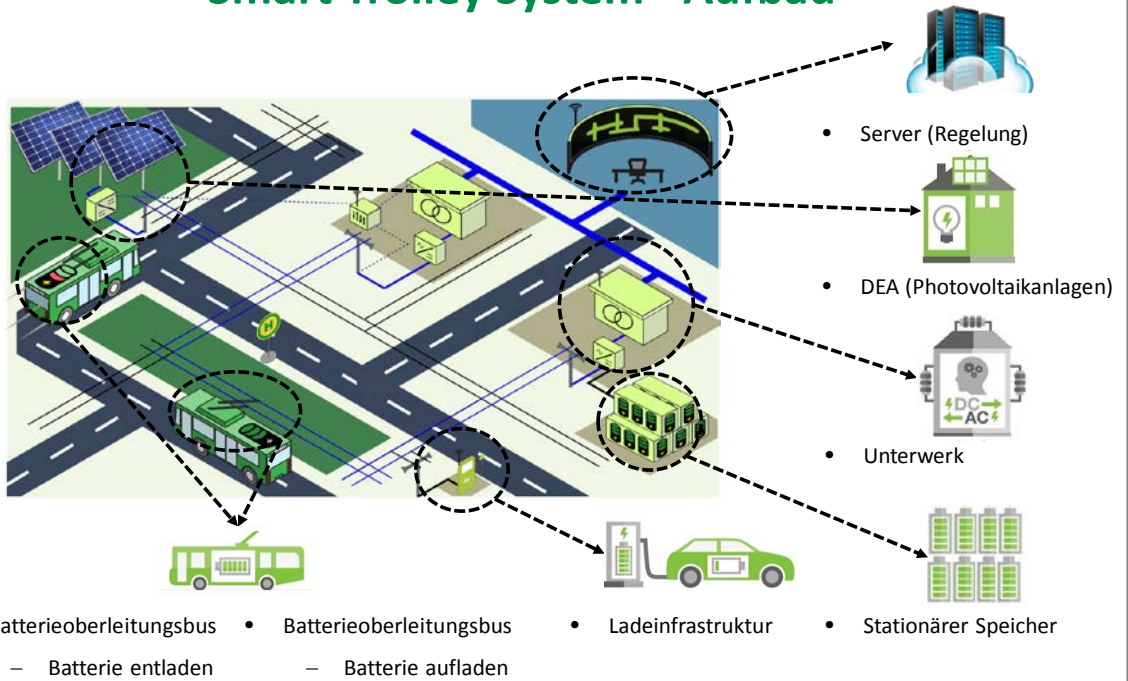


12.01.2018

Andreas Schwarberg

Seite 8

Smart Trolley System - Aufbau

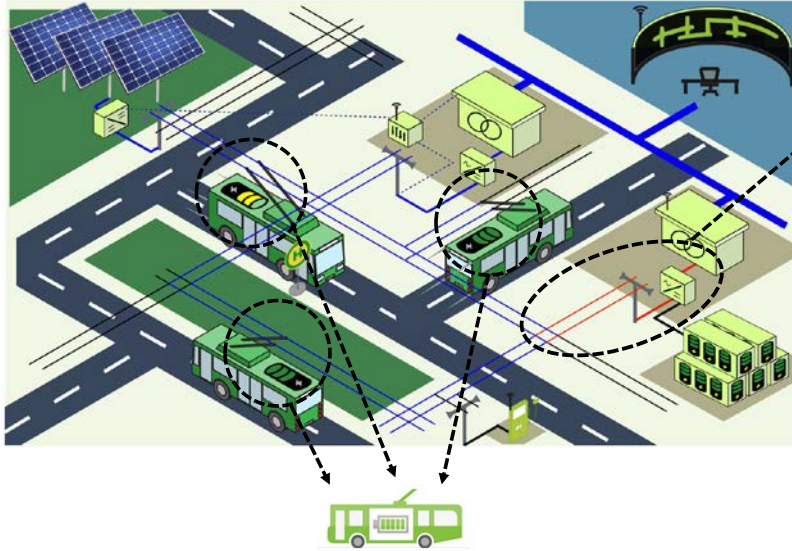


12.01.2018

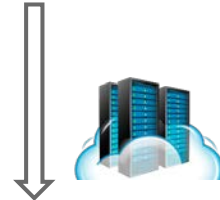
Andreas Schwarberg

Seite 10

Smart Trolley System – Funktionsprinzip (I)



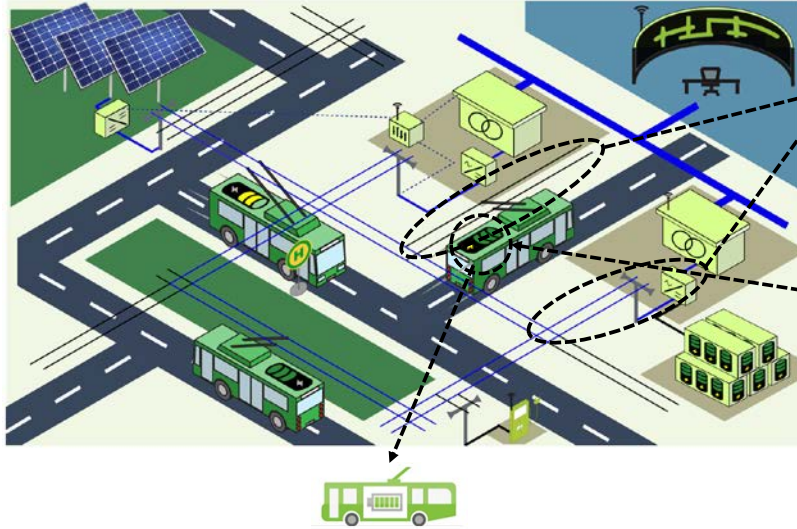
- Überlastung einer Leitung aufgrund hoher Leistungsaufnahme
- **Drohende Überschreitung des maximal zulässigen Leitungsstroms**



- **Rechtzeitiger Eingriff der automatisierten Regelung als Präventivmaßnahme**

- Batterieoberleitungsbusse beziehen Antriebsenergie aus dem Oberleitungsnetz
- Zusätzlich wird die interne Batterie aufgeladen

Smart Trolley System – Funktionsprinzip (I)



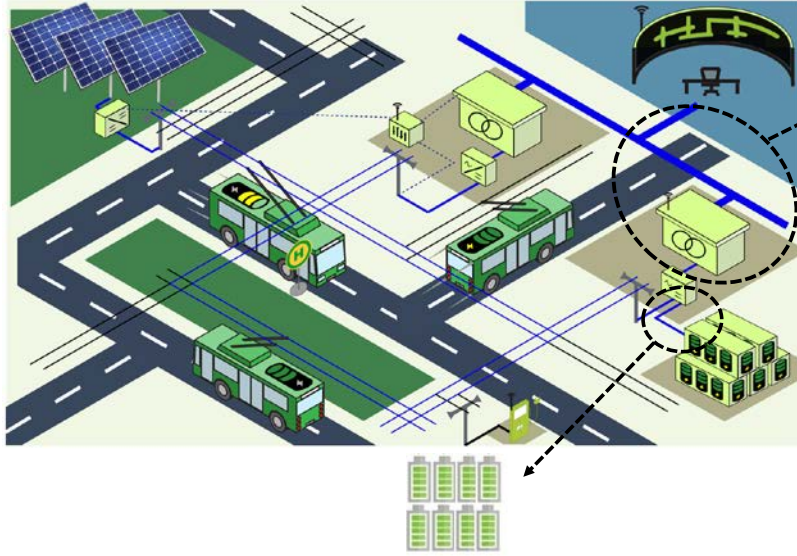
- Potenzielle Überlastung der Leitungsabschnitte wird vorgebeugt



- Rechtzeitiger Eingriff der automatisierten Regelung als Präventivmaßnahme

- Regelungseingriff schaltet um auf Batteriebetrieb

Smart Trolley System – Funktionsprinzip (II)



- Das betroffene Unterwerk hält durch rechtzeitige Erkennung die reguläre Betriebsweise ein

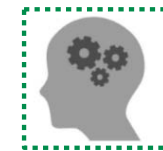


- **Rechtzeitiger Eingriff der automatisierten Regelung als Präventivmaßnahme**

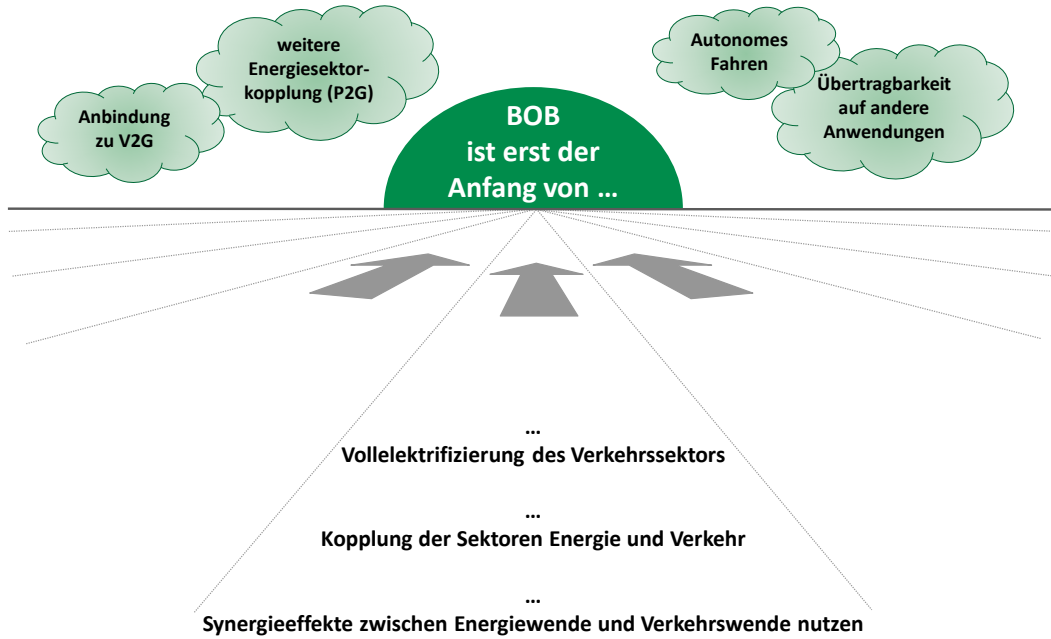
- Regelungseingriff speist Energie aus dem stationären Speicher ein

Verbindung zwischen Smart Trolley System und Energiesektor

- Intelligente Kopplung des DC- und AC-Netzes...
... um Flexibilitäten effizient nutzen zu können
- Einspeise-/Lastspitzen abflachen...
... um die Belastung des DC-Netzes zu verringern
- Vermarktungsmöglichkeiten nutzen...
... zur Steigerung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit
- Netzdienlicher Betrieb...
... zur Unterstützung des vorgelagerten Mittelspannungsnetzes
in den folgenden Fällen:
 - Hohe Einspeisung der Photovoltaikanlagen
 - Geringe Belastung der Ladeinfrastruktur
 - Hohe Rückspeisung der Busse durch Bremsenergieerückgewinnung



Projektansatz weitergedacht – Vision 2030+



Hochtemperatur-Supraleiter als innovatives Planungselement in großstädtischen Netzen

Dr.-Ing. Frank Merschel

innogy SE



innogy SE · Januar 2018



innogy

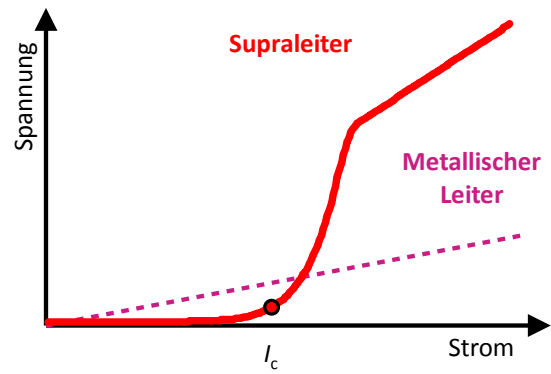
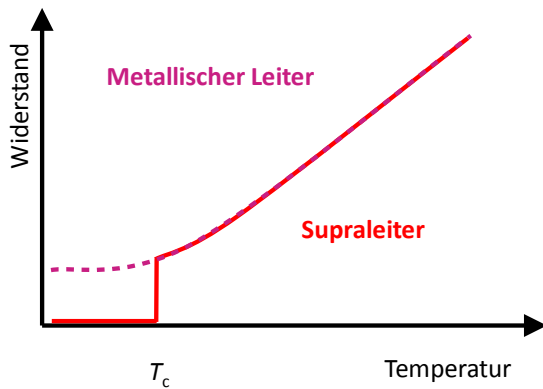
Wuppertaler Energie-Forum

Freitag, 12.01.2018

Hochtemperatur-Supraleiter als innovatives Planungselement in großstädtischen Netzen

Dr.-Ing. Frank Merschel (VDE)
innogy SE, Essen; Neue Technologien und Projekte
Sebastian Harnisch, M.Sc.
Bergische Universität Wuppertal

Supraleitung – was ist das?



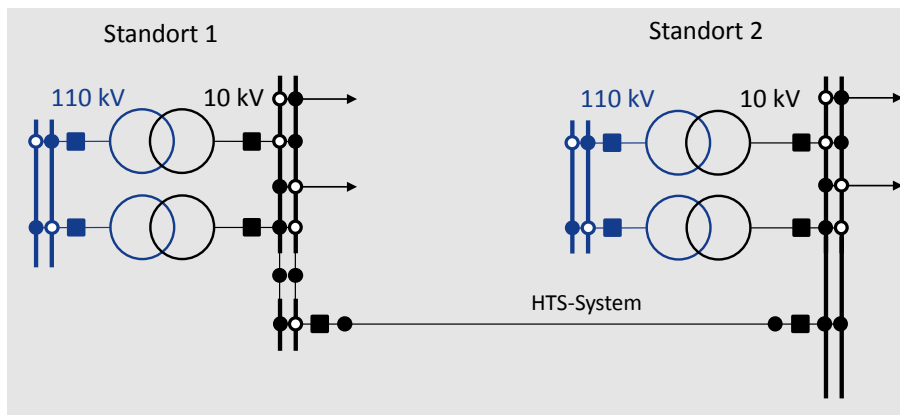
Kein elektrischer Widerstand unterhalb der kritischen Temperatur T_c

→ Stromübertragung nahezu ohne Energieverluste

Notwendig: Kühlung auf -200°C (bei HochtemperaturSupraleitern - HTS)

→ mit flüssigem Stickstoff einfach erreichbar

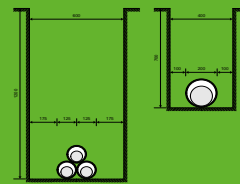
Mittelspannungs-Hochtemperatur-Supraleiter (HTS)



Vorteile Supraleitung

- Geringerer Raumbedarf bei Anlagen und Trassen
- Geringerer Installationsaufwand
- Keine elektromagnetische Beeinflussung
- Wegfall von Umspannanlagen HS/MS
- Möglichkeiten für neue Netzstrukturen

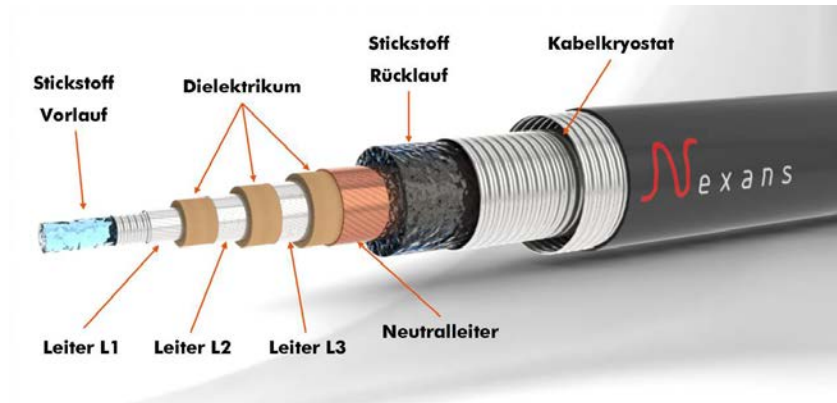
→ „Doppelgarage statt Turnhalle“



Dies sind die Komponenten der Anlage (1)

▪ Kabelsystem

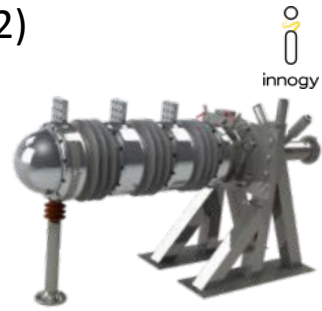
- Kabelader
 - Stromtransport und Spannungsfestigkeit
 - Transport von flüssigem Stickstoff
- Kabelkryostat
 - Thermische Isolierung der Kabelader
 - Transport von flüssigem Stickstoff



Dies sind die Komponenten der Anlage (2)

▪ **Kabelsystem**

- **Endverschlüsse**
 - Verbindung des Kabels mit Netz / Strombegrenzer, Anschluss Kühlanlage
 - Übergang zwischen Betriebs- und Umgebungstemperatur



- **Verbindungs-muffe**
 - Verbindung von einzelnen Kabellängen



▪ **Kurzschlussstrombegrenzer**

- Schutz des HTS-Kabels bei Kurzschlüssen im Netz



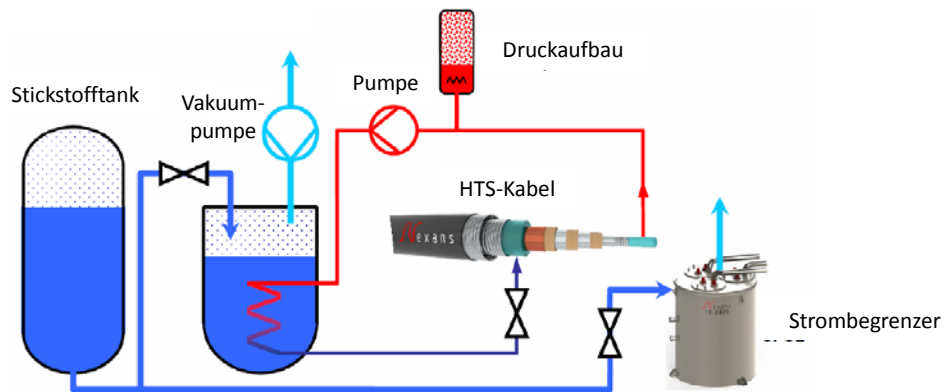
Prototyp

Dies sind die Komponenten der Anlage (3)



■ Kühlanlage

- Bereitstellung Kühlleistung für Kabelsystem und Strombegrenzer

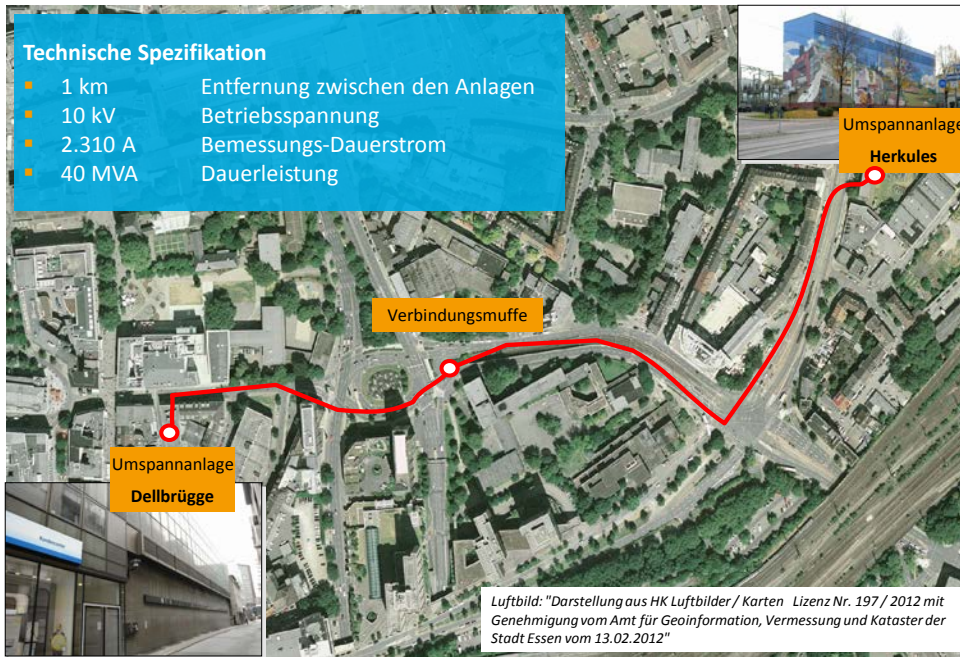


innogy SE · Hochtemperatur-Supraleiter · 12. Januar 2018

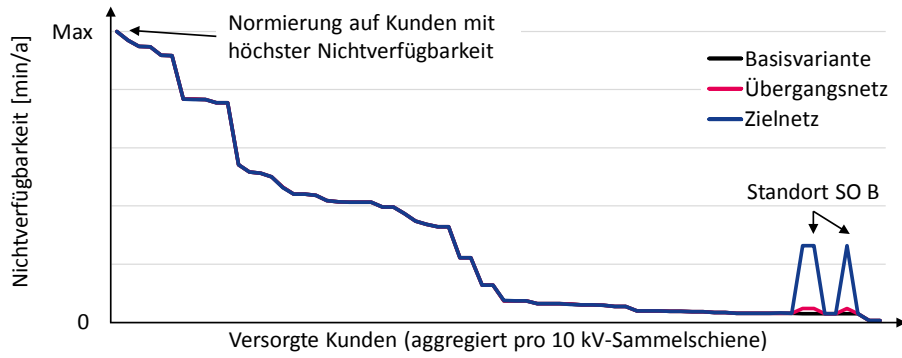
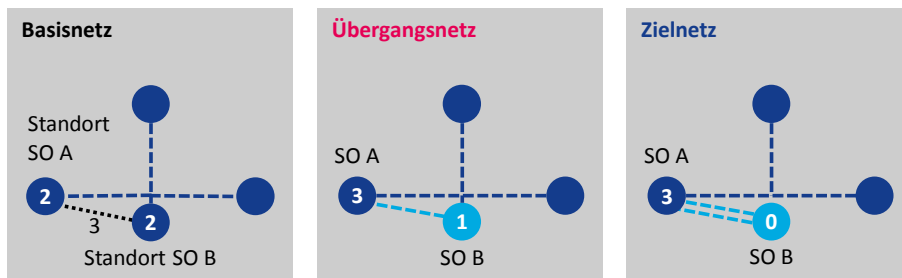
Dr.-Ing. Frank Merschel, innogy SE, Neue Technologien

12 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Trassenverlauf



Anwendungsfall 1: Innerstädtisches Kabelnetz



Kontakt

Dr. Frank Merschel

innogy SE

Sparte Netz & Infrastruktur

Neue Technologien

T. +49 201 12-29389

frank.merschel@innogy.com



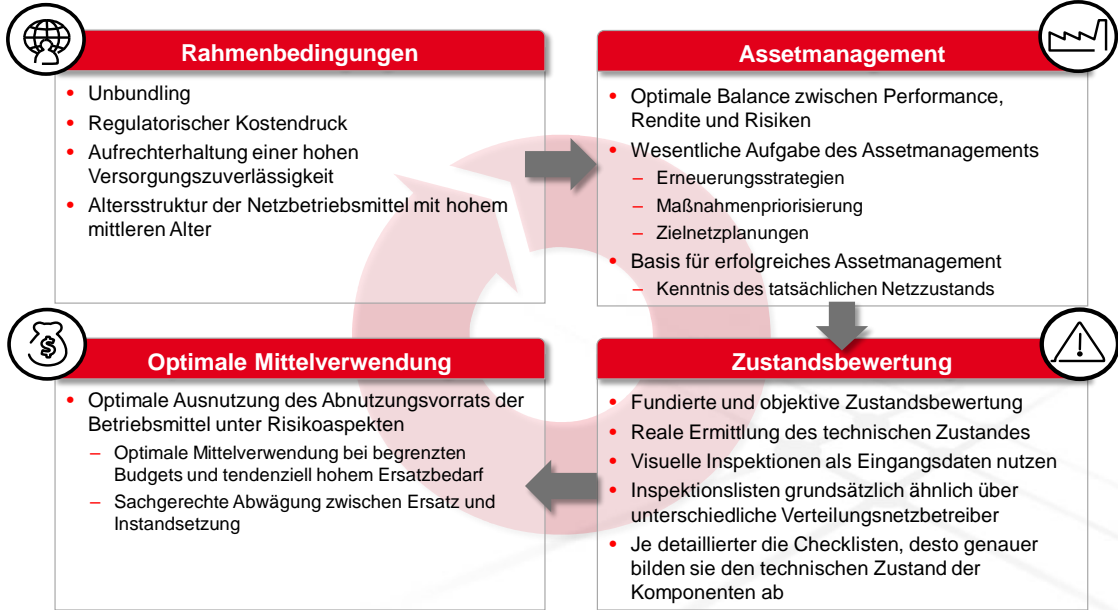
Wie altern eigentlich Mittelspannungs-Netzstationen?

Dr.-Ing. Ulrich Groß

Geschäftsführer der Rheinischen NETZGesellschaft GmbH

Einführung

Hintergrund & Zielstellung



Bisherige Ansätze zur Ermittlung des Alterungsverhaltens

- In der Regel liegen nur wenige Informationen zu Schäden und Störungen für Betriebsmittel, die nahe dem Ende der prognostizierten technischen Lebensdauer sind, vor
- Da diese Informationen weiter differenziert werden, beruhen die daraus abgeleiteten Alterungsfunktionen auf wenigen belastbaren Daten/Messpunkten



→ Nachweis des Alterungsverhaltens anhand von Informationen aus Zustandsbewertungen (z. B. Inspektionen)

Projekt Alterungsverhalten yon Betriebsmitteln (AvB)

Ziele für BUW

- Nachweis des Alterungsverhaltens von Betriebsmitteln im Verteilnetz
- Fundierte Datenbasis durch Bündelung der betrieblichen Erkenntnisse verschiedener Projektpartner (Netzbetreiber)

Ziele für RNG

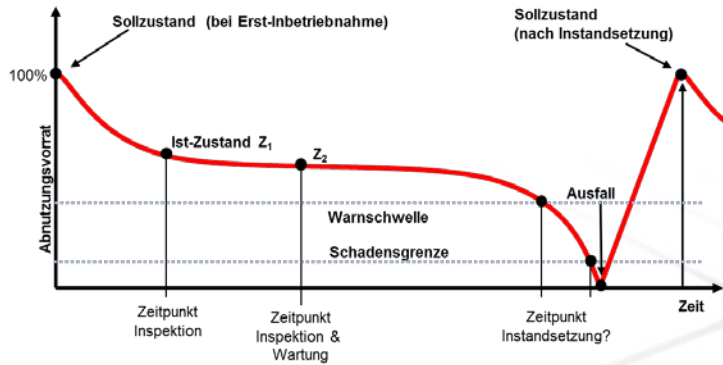
- Gemeinsame Weiterentwicklung von Methoden zur Zustandsprognose durch Partizipieren am breiten Wissen der Projektpartner und der Universität
- Belastbare Kurven zur Parametrisierung der Assetsimulation (→ Verbesserung der Langzeitprognose von Budgetbedarfen, optimale Mittelallokation bei beschränkten Budgets)



Dr.-Ing. Ulrich Groß RNG-TGF Projekt AvB 12.01.2018 Folie 5

Korrelation Betriebsmittelzustand und Ausfallrate

- **Technischer Zustand:** Eigenschaft, die auf dem Maß des vorhandenen Abnutzungsvorrates basiert und als Grad für die einwandfreie Funktionserfüllung einer Anlage im Sinne von Ausfallsicherheit interpretiert werden kann



Grundannahme des Projektes:
Schlechter technischer Zustand → höhere Ausfallrate

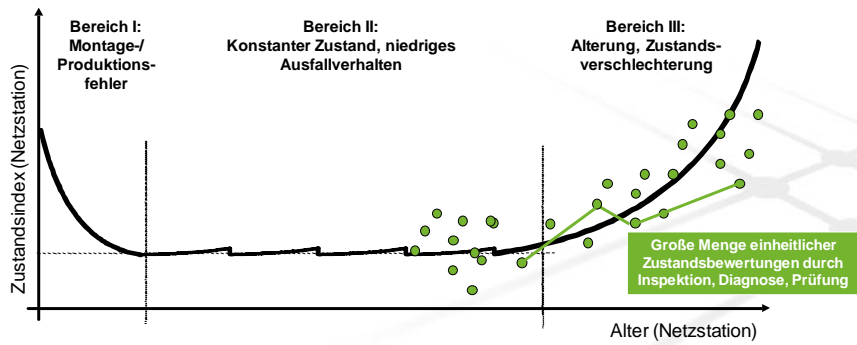
Dr.-Ing. Ulrich Groß RNG-TGF Projekt AvB 12.01.2018 Folie 6

RNG Rheinische
NETZGesellschaft



Projektidee – Neuer Ansatz

- Inspektionsergebnisse der Projektpartner vereinheitlichen und konsolidieren
- Datenbankgestützte systematisierte Auswertung der Informationen
- Analyse statistischer Abhängigkeiten innerhalb der neuen Erkenntnisse
- Verifizierung der Alterungskurven im HS-Prüffeld (ausgebaute Schaltanlagen der Projektpartner)



Dr.-Ing. Ulrich Groß

RNG-TGF

Projekt AvB

12.01.2018

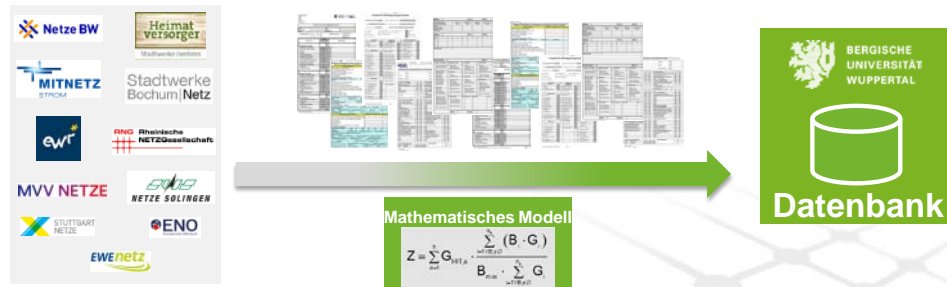
Folie 7

RNG Rheinische
NETZGesellschaft



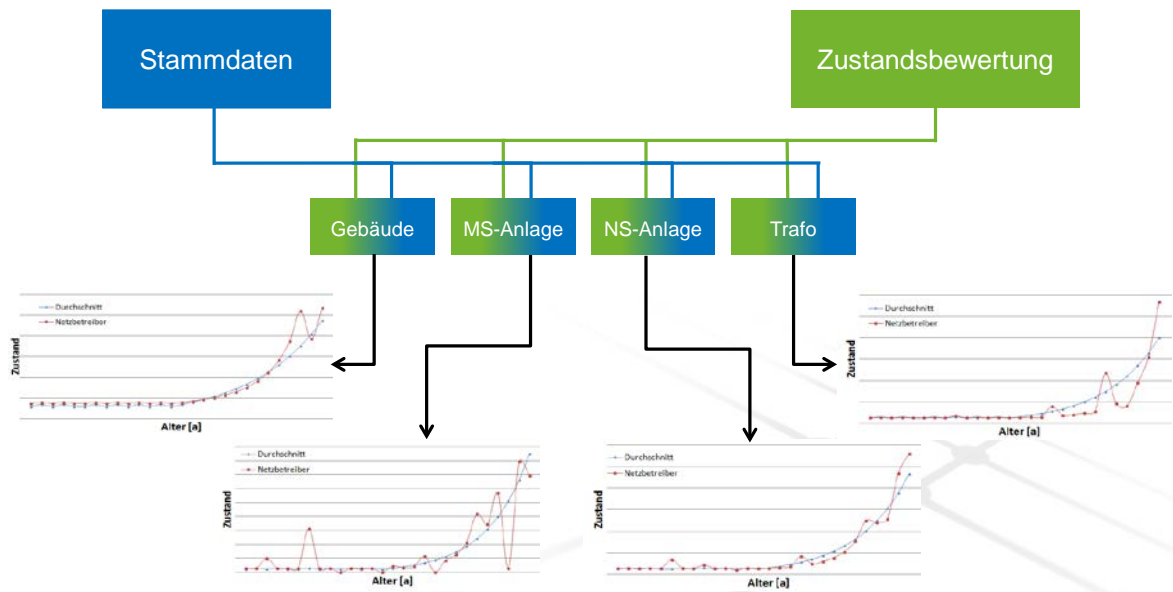
Inspektionsergebnisse konsolidieren

- Datenbasis von 95.000 fundierten Inspektionsergebnissen
- Definition einer netzbetreiberindividuellen Transformationsmatrix und Anwendung eines einheitlichen Bewertungsmodells auf alle Inspektionsergebnisse



Hohe Anzahl an gleichartigen Daten liegen zur weiteren Analyse vor und können stetig durch neue Informationen ergänzt werden

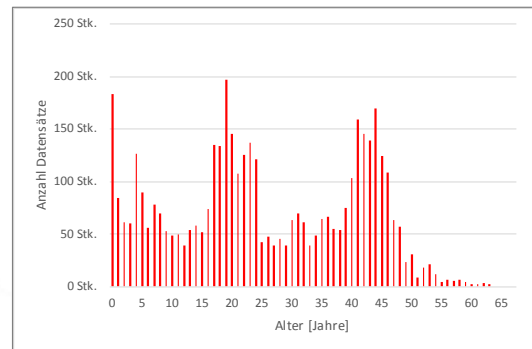
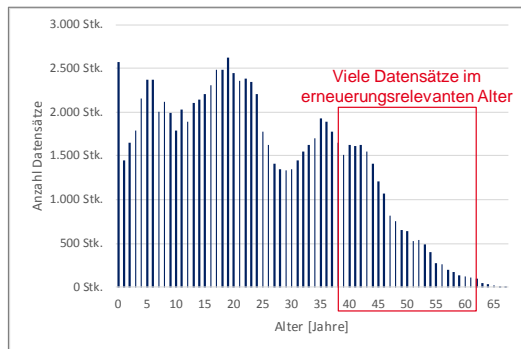
Funktionale Datenbankstruktur



Dr.-Ing. Ulrich Groß RNG-TGF Projekt AvB 12.01.2018 Folie 9



Datensätze in der funktionalen Datenbankstruktur Stand: Ende 2017



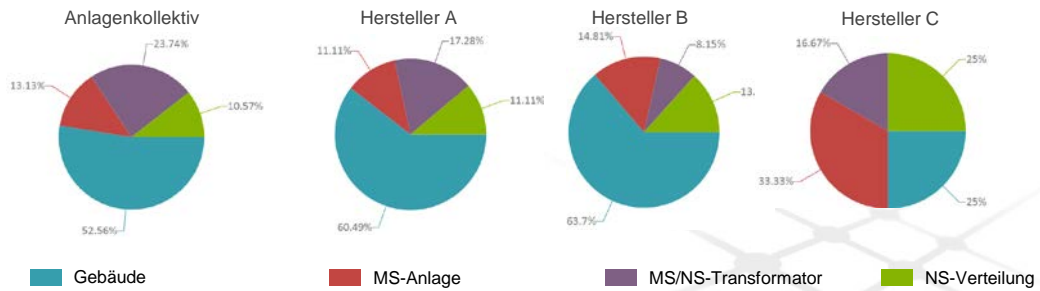
Hohe Anzahl an Informationen in den relevanten Altersstrukturen liegen vor und können stetig durch neue Informationen ergänzt werden

Dr.-Ing. Ulrich Groß RNG-TGF Projekt AvB 12.01.2018 Folie 10



Ergebnisse aus einer statistischen Analyse

- Mithilfe der Datenbankstrukturen ist eine spezifische Analyse der Zustandsbewertungen in jeder Hierarchiestufe möglich
- Es lassen sich beispielsweise Hersteller, Typen, Baujahresklassen etc. differenzieren



Durch Analyse auffälliger Cluster können schon in dieser Betrachtung Schwachstellen identifiziert werden!

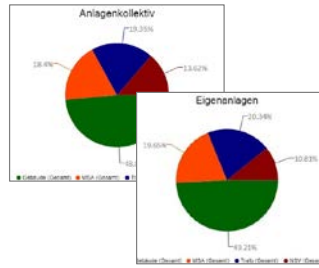
AvB SmartData-Tool



BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

LEHRSTUHL FÜR ELEKTRISCHE ENERGIEVERSORGUNGSTECHNIK
UNIV.-PROF. DR.-ING. MARKUS ZÜRALLEK

AvB SmartData



Auswahlmenü

Betrachtungsbereich: Nutzungszonen
 Basis für das Alter (in Jahren): MSA Alter
 Berücksichtigungsbereich (in Jahren): Mittelwertanalyse
 Konfidenzniveau: 50% Niveau
 Anlagenbereich: Alle Anlagen
 Spaltenanordnung: Geordnete Listen

Filter hinzufügen
 Filter entfernen
 Anzahl ausblenden
 Daten einblenden

Funktionsgruppe: Gebäude Status
 Gebäude Status: Kundenstation
 Ort: Kundenstation
 unbekannt

Gebäude Status: Gebäude Status
 Gebäude Status: Einbaustation
 Gebäude Status: Kellerräumen
 Gebäude Status: Kommunikation
 Gebäude Status: Maststation
 1910
 1911
 1912
 1914

Gebäude Belegungsart: Gebäude Belegungsart
 Gebäude Belegungsart: Eigen
 Gebäude Belegungsart: Fremd
 Gebäude Belegungsart: unbekannt

Gebäude Eigentümer: Gebäude Eigentümer
 Gebäude Eigentümer: AEB
 Gebäude Eigentümer: AEG
 Gebäude Eigentümer: BSC
 Gebäude Eigentümer: ...

Gebäude Hersteller: Gebäude Hersteller
 Gebäude Hersteller: unbekannt

Gebäude Typ: Gebäude Typ
 Gebäude Typ: eigen

Zustandentwicklung

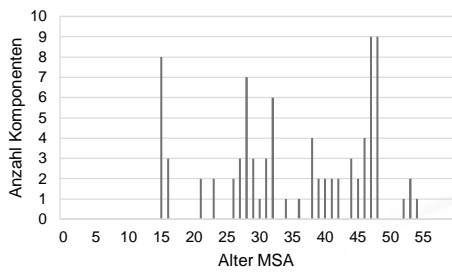
Basierend auf 54653 (Anlagenkollektiv) bzw. 4376 (Eigenanlagen) gültigen Datensätzen

Dr.-Ing. Ulrich Groß RNG-TGF Projekt AvB 12.01.2018 Folie 13



Verifikation im HS-Prüffeld

Typ MS-Schalter/Schaltanlage	Anzahl
RKL x	1
Minor x	5
Mipak x	3
LDTC x	1
ZLDT 10 x	1
LTSE x	1
LTKE x	21
L-TRI 5 x	12
KL 20 x	18
L-TRI 64 x	5
CK 3 x	2
CK 2 x	1
CR 2 x	1
L-TRI 60 x	3
L-TRI 53 x	1
ELA 12	8



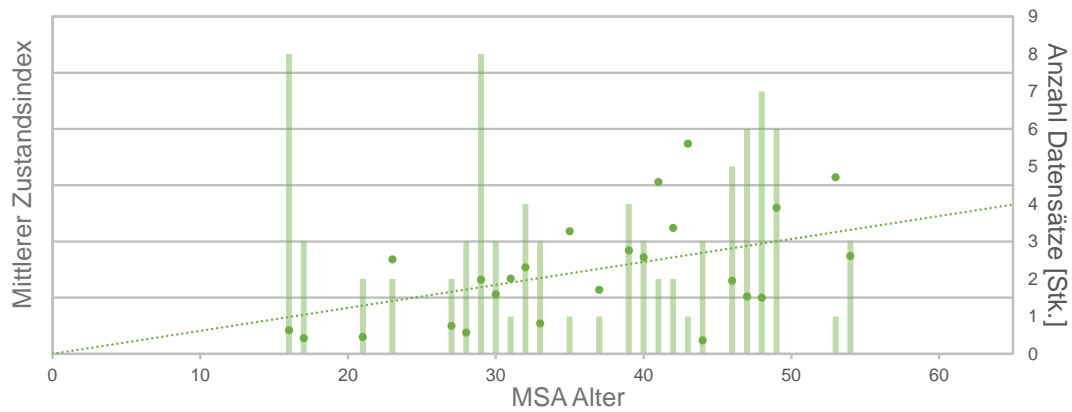
Unauffällig

Auffällig

Dr.-Ing. Ulrich Groß RNG-TGF Projekt AvB 12.01.2018 Folie 14



Ergebnisse aus Verifikation im HS-Prüffeld



Die Verifikation im HS-Prüffeld bestätigt die Altersabhängigkeit des Zustandsindex und wird durch weitere Messungen stetig belastbarer!

Dr.-Ing. Ulrich Groß

RNG-TGF

Projekt AvB

12.01.2018

Folie 15



Zusammenfassendes Fazit

- Die häufig angenommene Badewannenkurve konnte nicht nachgewiesen werden
- Dennoch ist eine Altersabhängigkeit der Zustandskennzahlen belegbar
- Es ist möglich aus einem großen Betriebsmittelstamm gezielt Schwachstellen zu identifizieren
- Die Alterungsfunktionen können zur Parametrisierung von Assetsimulationen genutzt werden
- Differenzierung der Alterungsfunktionen je nach Datenlage auf Hauptkomponentenebene (grobe Analyse) und für spezifische, auffällige Betriebsmittel (detaillierte Analyse)
- Die Untersuchungen im HS-Prüffeld unterstützen die Inspektionsergebnisse, die hauptsächlich auf Sichtkontrollen beruhen
- Die Erkenntnisse und die Belastbarkeit wachsen stetig durch neue Informationen weiter

Dr.-Ing. Ulrich Groß RNG-TGF Projekt AvB 12.01.2018 Folie 16



Alterungsverhalten von Mittelspannungskabeln

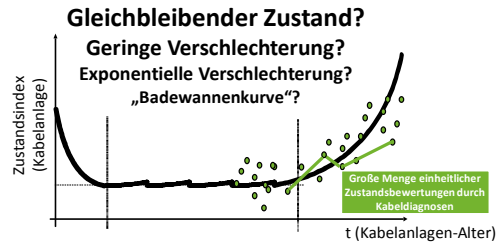
AMika

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**
- Ergebnisse des Forschungsprojektes** zum Alterungsverhalten von Mittelspannungs-Ortsnetzstationen zeigen **fundamentale Erkenntnisse**

Lösungsansatz:

- Einheitliche Analyse der **Messergebnisse** von Kabelstrecken
- Vereinheitlichung unterschiedlicher Messmethoden
- Ableitung des **Alterungsverhaltens**
- Validierung der Erkenntnisse mit umfangreichen **Laboruntersuchungen** an einer Vielzahl von Mittelspannungskabeln



➔ **Verifizierung des Alterungsverhaltens mit validen Daten!**

Ansprechpartner:

Christopher Johae	Nikolai Hopfer	Niklas Tichelkamp
christopher.johae@uni-wuppertal.de	nikolai.hopfer@uni-wuppertal.de	niklas.tichelkamp@uni-wuppertal.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Zdrallek | Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik
Projekt „AMika“

Projektpartner:



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Dr.-Ing. Ulrich Groß
Rheinische NETZGesellschaft mbH
Technische Geschäftsführung
Parkgürtel 26
50823 Köln
u.gross@rng.de

Dr.-Ing. Ulrich Groß RNG-TGF Projekt AvB 12.01.2018 Folie 18



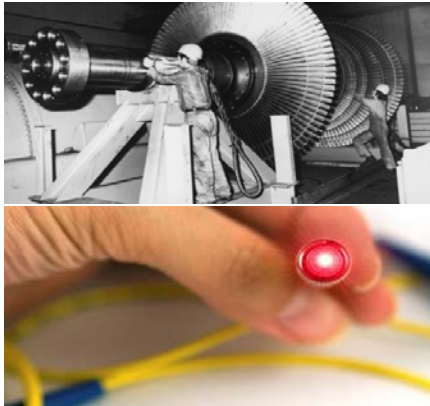
**Designetz – Koordination von Smart Grids und
Flexibilitäten in Smart Markets im Energiesystem der
Zukunft**

Dr.-Ing. Gabriël Clemens

Vorstand der VSE AG

TRADITION UND INNOVATION PRÄGEN DIE ENTWICKLUNG DER VSE

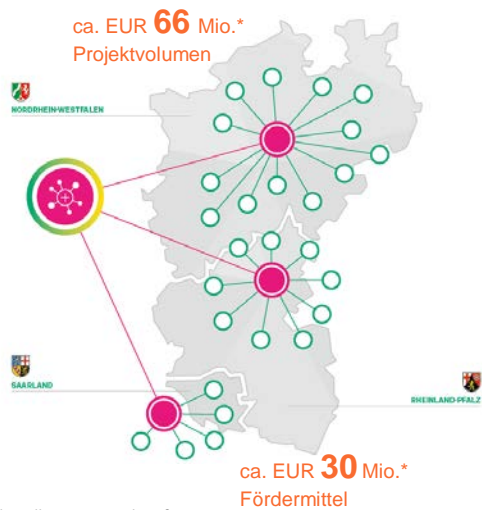
Vom reinen Stromversorger zum regionalen Energie- und Infrastruktur-Dienstleister für Privatkunden, Kommunen, Industrie und Gewerbe



- 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

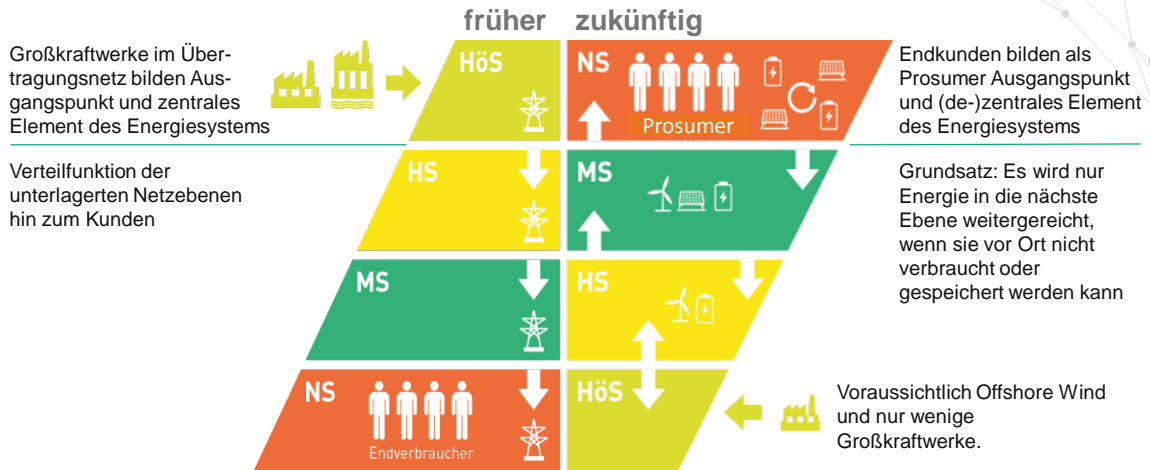
Der Partner in der Region für Energie, Innovation und Effizienz.

DESIGNETZ: BÜNDELUNG VON KOMPETENZEN IN NRW, RHEINLAND-PFALZ UND DEM SAARLAND



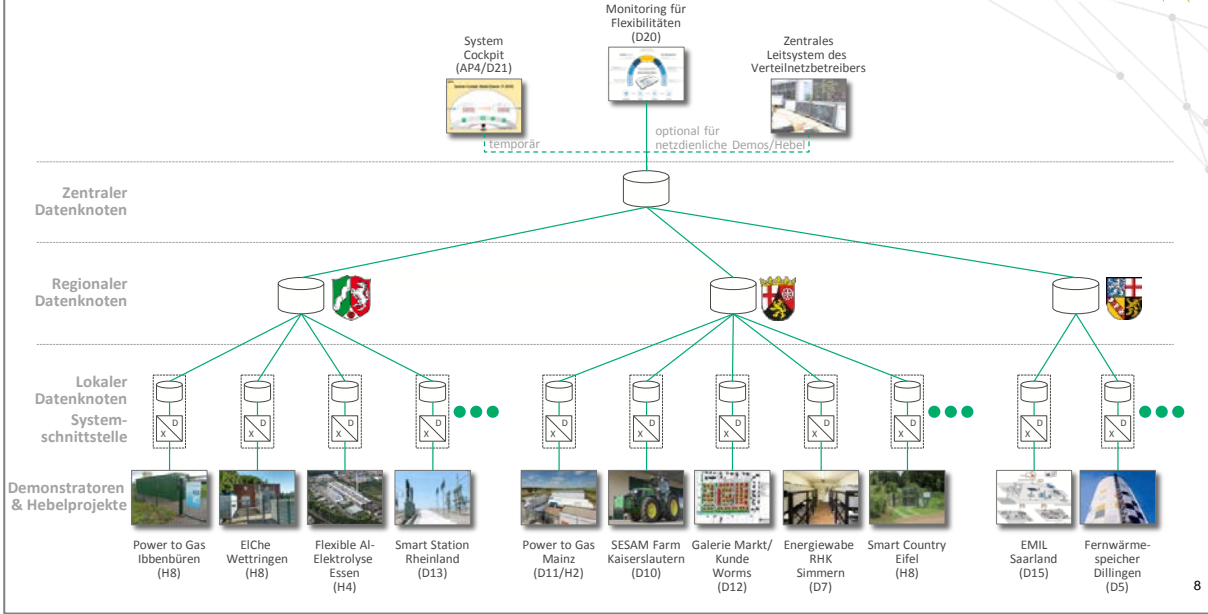
- Fördermittelbescheid am 06.12.2016
Projektstart am 01.01.2017
Projektlaufzeit 4 Jahre (bis 12/2020)
- 46 Erfahrene Partner aus Stadtwerken, Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung
- Mischregion aus PV und Wind sowie teilweise hohen EE-Überschüssen und nahen Lastzentren mit starker Vorbildfunktion für viele andere Regionen
- Vielzahl unterschiedlicher Lösungen in den 20 neuen Demonstratoren sowie 11 bestehenden Hebelprojekten
- Viele Einzellösungen werden zu einem Gesamtsystem

DAS ENERGIESYSTEM WIRD DEZENTRALER UND KOMPLEXER



NS/MS/HS/HöS: Nieder-/Mittel-/Hoch-/Höchstspannung

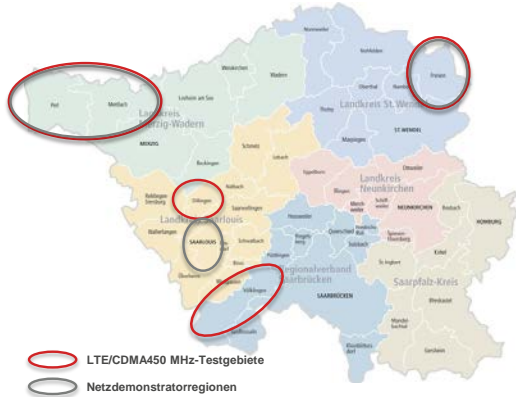
KASKADIERTES ENERGIESYSTEM



DESIGNETZ INTEGRIERT EINZEL- LÖSUNGEN VERSCHIEDENER SEKTOREN



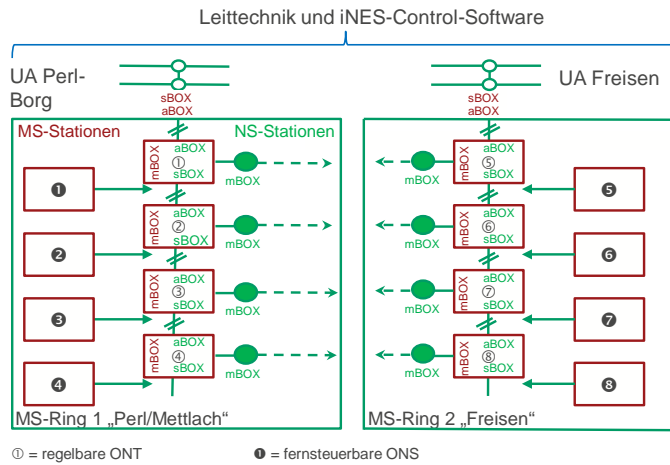
NETZDIENLICHER EINSATZ VON ERNEUERBAREN IN INTELLIGENTEN STROMVERTEILNETZEN



- Entwicklung von Systemen zum **Steuern von MS/NS-Netzen** mit dezentraler Einspeisung
- Intelligente Netzplanung/-betrieb zur **Integration Erneuerbarer** in zwei ländlichen und einem städtischen Netzgebiet
- **Intelligente Messsysteme** werden integriert, **netzdienlich eingesetzt** und in Netzbetriebskonzepten berücksichtigt
- **Aufbau einer 450 MHz-Funknetzlösung** mit Ende-zu-Ende-Anwendungen mit unterschiedlichen Gegebenheiten (z.B. Grenznahe, Stadtgebiet, ländliche Region)

KOMPONENTEN DES DEMONSTRATORS „EMIL“ IN PERL/METTLACH UND FREISEN (AUSZUG)

Entwicklung und Erprobung von Netzautomatisierung für über 200 Last- und Einspeisekunden in ländlicher Netzstruktur



Bestandteile Demonstrator EMIL Grobkonzept

- 2 Ringe á 4 MS-Stationen (regelbare ONT) mit Steuer-, Aktorik- und Messboxen
- Einbau von 400 intelligenten Messsystemen/Smart Meter Gateways sowie 225 Steuerboxen zur Durchführung von Einspeise- und Demand-Side-Management
- Anbindung Ringe in iNES-Control-Software mit Schnittstelle zum Leitsystem
- Tausch von 8 Ortsnetzstationen (ONS) gegen 8 fernsteuerbare ONS zur Verbesserung der Lastflusssteuerung sowie des Qualitätsfaktors (SAIDI-Werte)

Nachhaltige Optimierung eines Mehrsparten- Netzbetriebs der Zukunft

Dipl.-Ing. Michael Steffens

Geschäftsführer der NEW Netz GmbH



646.000 Einwohner
160.000 Zähler
543 km HD
3.600 km ND



360.000 Einwohner
103.000 Zähler
1.877 km Leitung



724.000 Einwohner
421.000 Zähler
2.800 km MS
6.700 km NS

Vorstellung

Die NEW Netz GmbH ist

- der regionale Netzbetreiber für Strom, Gas und Wasser
- über die letzten Jahre gewachsen aus dem Zusammenschluss mehr als 7 lokaler Versorgungsunternehmen
- ein Unternehmen der NEW AG

Die NEW Netz GmbH hat

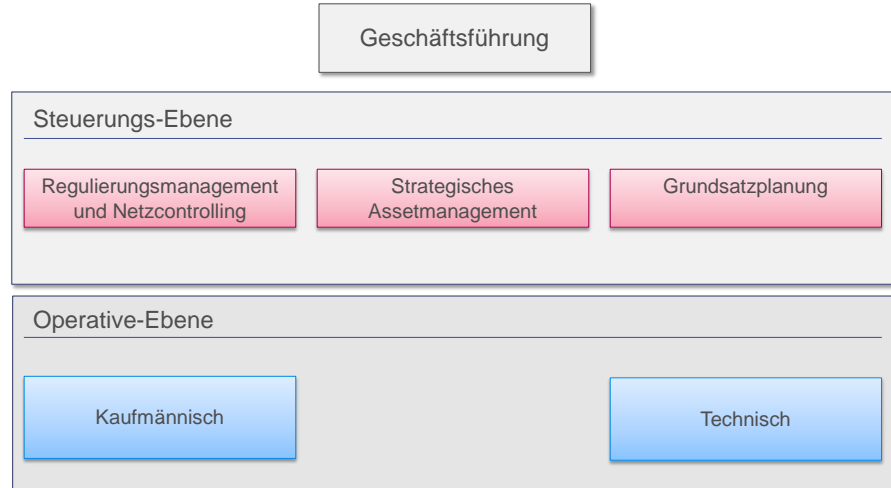
- aktuell 480 Mitarbeiter
- über das Netzgebiet verteilt vier Standorte (Erkelenz, Geilenkirchen, Mönchengladbach und Viersen)





Strategisches Assetmanagement als Bindeglied zwischen Unternehmensergebnis und Versorgungssicherheit

Organisatorische Struktur in der NEW Netz GmbH





Unmittelbare Einbindung von Betriebsrat und den betroffenen Mitarbeitern

Gemeinsame Diskussion und Entscheidung für den gewählten Lösungsansatz

Gemeinsam zur Lösung

- Um herausfordernde Situationen in ein konstruktives und auf Kooperation ausgerichtetes Fahrwasser zu lenken, ist es notwendig im Gespräch zu bleiben um frühzeitig Missverständnissen und Intransparenzen entgegenzuwirken.
- Fühlen wir uns erst einmal aus dem Veränderungsprozess ausgeschlossen, nicht ernstgenommen mit unseren Anliegen und ohnmächtig gegenüber den Entwicklungen, wird unsere Arbeitsmotivation erheblich leiden.
- Je weiter eine solche Entwicklung voranschreitet, umso mehr verstärkt sich der Konflikt und umso komplizierter und langwieriger wird es, den Weg zu einer effizienten und erfolgreichen Zusammenarbeit zu finden.
- Bevor wir aber diskutieren wollen WAS zu klären ist, sollten wir zunächst die Rahmenbedingungen klären, also die Frage WIE das Problem angegangen werden sollte.



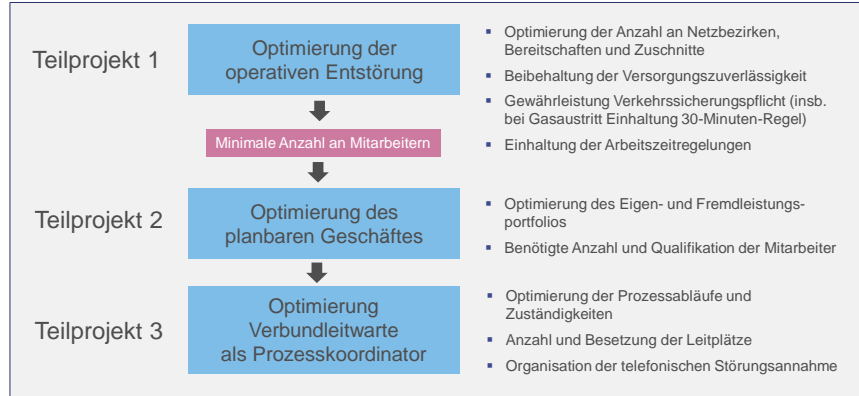
Zielsetzung des Projektes

Vollständige Optimierung des operativen Netzbetriebs inkl. der Verbundleitwarte für die Sparten Strom, Gas und Wasser

Systematische, belastbare und quantitative Entscheidungsbasis durch Simulationsmodelle

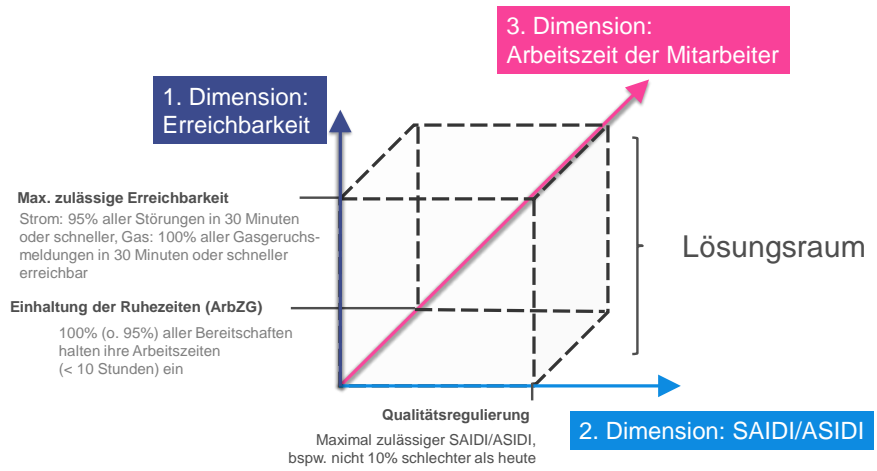
Organisationsveränderungen können so vorab geprüft und optimiert werden

Objektiver und transparenter Bewertungsmaßstab ermöglicht eine Versachlichung der Diskussionen





Wesentliche Dimensionen der Optimierung





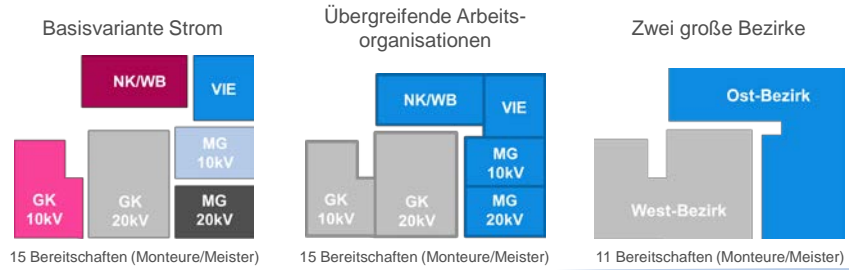
Unterschiedliche Organisationsvarianten

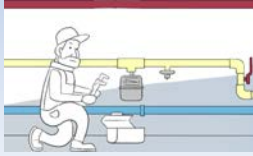
- Gemeinsam wurden unterschiedliche Organisationsvarianten festgelegt, die sich hinsichtlich der folgenden Parameter unterscheiden:
 - Gebietszuschnitte der Netzbezirke (Zusammenlegung, Verschiebung von Bezirksgrenzen)
 - Anzahl Rufbereitschaften in den Bezirken
 - Neuordnungen der Mitarbeiter zu den Bezirken und Bereitschaftskreisen
 - Zuständigkeiten und Arbeitsorganisation (bspw. übergreifende Modelle Bezirke/Sparten)
 - Arbeitszeitmodelle (verkürzte Tagesarbeitszeit für die Bereitschaften, Zweischichtmodelle)

Betrachtung von über 100 unterschiedlichen Organisationsvarianten und Vergleich anhand der relevanten Kenngrößen

Simulation der unterschiedlichen Organisationsvarianten auf Basis realer und damit belastbarer Störungsdaten

Berücksichtigung von weiteren Einflussfaktoren wie „fehlende Netzkenntnis“ und zukünftig veränderten Störungsaufkommen





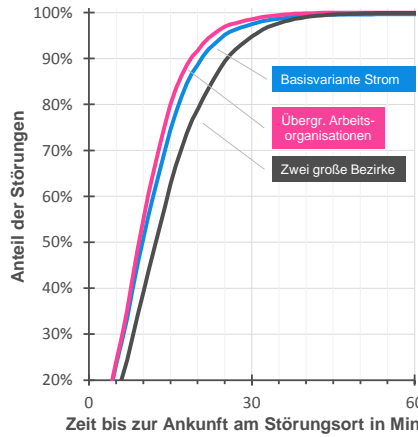
Reaktionsgeschwindigkeit der heutigen Organisation auf Störungen mit anderen Netzbetreibern vergleichbar

Bezirksübergreifende Bereitschaftsorganisation erschließt weiteres Optimierungspotential

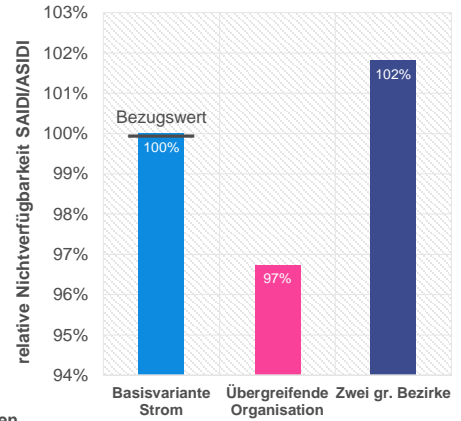
Beseitigung der Hemmnisse aus fehlender Netzkenntnis durch geeignete Schulungsmaßnahmen und techn. Unterstützung

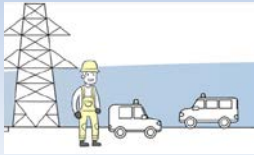
Übergreifende Bereitschaftskonzepte

Verkehrssicherungspflicht



Versorgungszuverlässigkeit



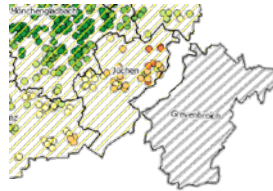


Sicherstellung der unverzüglichen Erreichbarkeit bei Gasgeruch-/Gasaustrittstörungen durch sparten- und unternehmensübergreifende Erstsicherung

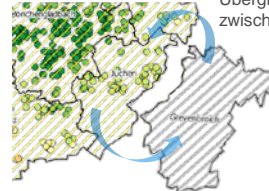
Optimierung der Bereitschaftskreise im Gasnetzbetrieb anhand der Wohnorte der Mitarbeiter

Sicherstellung der unverzüglichen Reaktion bei Gasaustritt

- Hohe Anforderungen an den Bereitschaftsdienst für Gasnetze gemäß GW 1200 und DVGW-Rundschreiben 05/01:
 - Bereitschaftsdienst (Erstsicherung) hat in ausreichender Anzahl unverzüglich (innerhalb von 30 Minuten) am Störungsort zu sein (bis auf wenige Ausnahmetatbestände in 100% der Fälle)
 - Insbesondere in den Randlagen des Versorgungsgebietes kann dieses manchmal nur mit hohen Aufwänden sichergestellt werden
 - Kooperationen mit benachbarten Stadtwerken/ Netzbetreibern können diese Situationen deutlich entschärfen.



Status Quo



Kooperation mit der GWG



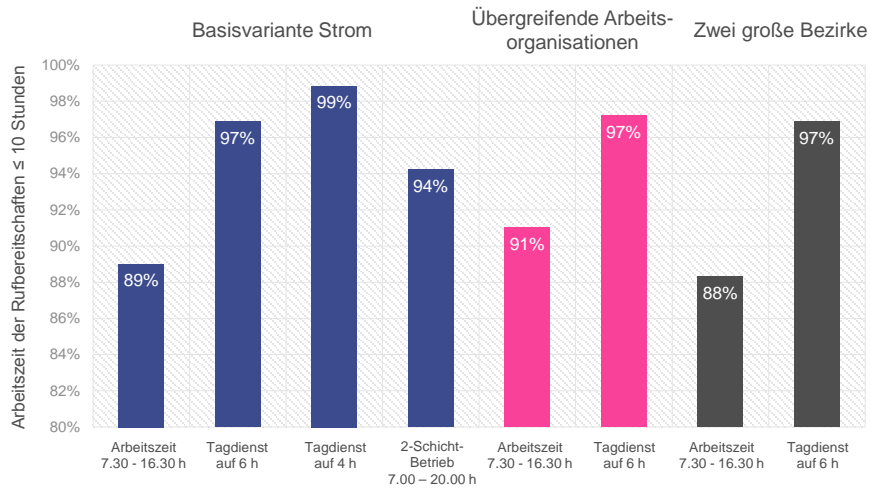


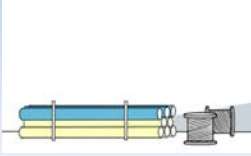
Größere Bezirke und insgesamt weniger Rufbereitschaften führen zu einer Arbeitsverdichtung und damit zu kürzeren Ruhezeiten und Arbeitszeitverletzungen.

Lösungsansätze

- Bezirksübergreifende Entstörung
- Verkürzung der Tagesarbeitszeit für Bereitschaften
- Zweischichtbetrieb
- Hintergrundbereitschaften (hier nicht betrachtet)

Überprüfung der 10-Stunden-Regel



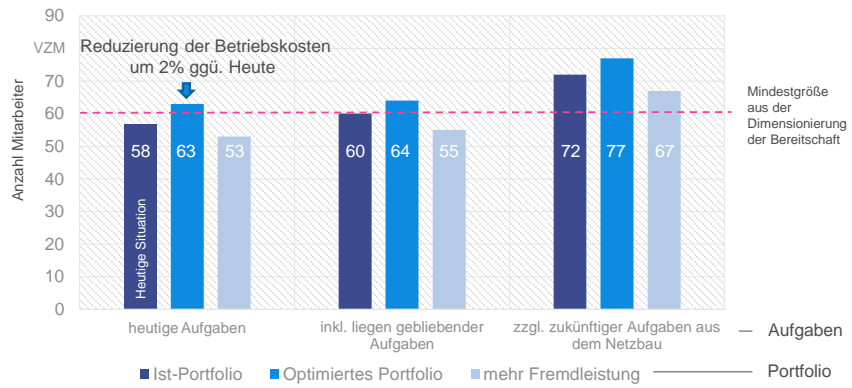


Inhaltliche Ausgestaltung des planbaren Tagesgeschäftes unter Beachtung der minimalen Mitarbeiteranzahl aus der Entstörung

Optimale Festlegung des Eigenleistungsportfolios und des Fremdvergabeumfangs

Optimierung des planbaren Tagesgeschäftes

- Untersuchungen belegen das „Bauchgefühl“ der Belegschaft hinsichtlich Personalreduzierung und Fremdvergabe
- Erhöhung der Eigenleistungsquote bei den „richtigen“ Tätigkeiten senkt die Betriebskosten





Wesentliche Erkenntnisse im Projekt

- Übergreifende Arbeitsorganisationen im Entstörungsmanagement erschließen deutliche Optimierungspotentiale: **Bezirks- und Spartenübergreifende Bereitschaftsorganisation**
- Eine **kombinierte Strom-/Gas-Erstsicherung** verbessert die 30-Minuten-Erreichbarkeit bei Gasaustrittstörungen.
- **Kooperationsmodelle** mit umliegenden Netzbetreibern und Stadtwerken helfen im Einzelfall bei der Sicherstellung der 30-Minuten-Erreichbarkeit.
- Die Einführung einer **übergreifenden Bereitschaftsorganisation** wirkt sich **positiv** auf die **Einhaltung der Arbeits- und Ruhezeiten** aus. Im Einzelfall können Bereitschaften aus benachbarten Bezirken unterstützen und Mitarbeiter ablösen.
- Eine moderate **Verkürzung des Tagesdienst** auf ca. 6 Stunden für die Bereitschaften ist häufig **sinnvoller als** die Einführung eines **Zweischichtbetriebes**
- **Verbundleitwarte** ist **essentiell** für eine effiziente Prozesssteuerung ► Arbeitsverdichtung und **Engpässe** führen zu **deutlichen Verzögerungen** und damit zu **höheren Kosten** im Netzbetrieb

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, Januar 2018

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, ISBN 978-3-8442-7401-1

Band 2: Stötzel, Marcus: Strategische Ressourcendimensionierung von Netzleitstellen in Verteilungsnetzen, 2014, ISBN 978-3-8442-7826-2

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

Band 4: Oerter, Christian: Autarke, koordinierte Spannungs- und Leistungsregelung in Niederspannungsnetzen, 2014, ISBN 978-3-7375-1758-4

Band 5: Athamna, Issam: Zuverlässigkeitsberechnung von Offshore-Windparks, 2015, ISBN 978-3-7375-5678-1

Band 6: Thies, Hans Henning: Ein übergreifendes Modell zur Optimierung von Netz und Netzbetrieb 2015, ISBN 978-3-7375-7465-5

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, ISBN: 9783741819834

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, ISBN: 978-3-7418-9539-5

Band 12: Tabke, Thorsten: Entwicklung und Anwendung eines typunabhängigen, minimalinvasiven Zustandsbewertungsverfahrens für SF₆-Hochspannungsschaltanlagen, 2017, ISBN: 978-3-7450-0240-9

Band 13: Uhlig, Roman: Nutzung der Ladeflexibilität zur optimalen Systemintegration von Elektrofahrzeugen, 2017, ISBN 978-3-7450-5959-5

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

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