



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Lehrstuhl für Elektrische
Energieversorgungstechnik

Mitveranstalter:

neue/effizienz

Mit freundlicher Unterstützung unseres Hauptsponsors

Megger[®]

und der weiteren Veranstaltungssponsoren

B E T

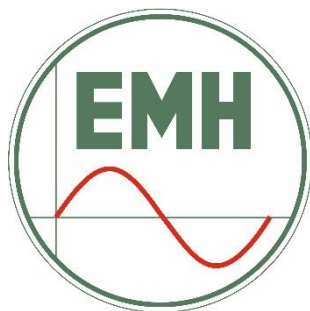
Energie. Weiter denken

EVL
Energieversorgung Leverkusen
Zeit für Sie.

BAUR
ensuring the flow

PSI 

BMU
Energy Consulting



be energy SG

PHOENIX CONTACT

WSW.

Foto Cover: <https://www.colourbox.de/supplier/astrid-gast-253826>



7. Wuppertaler Energie-Forum 23.02.2024

63

7. Wuppertaler Energie-Forum

23. Februar 2024

Neue Energie aus Wuppertal
Band 63



7. Wuppertaler Energie-Forum

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

Bergische Universität Wuppertal

Neue Effizienz – Bergische Gesellschaft für
Ressourceneffizienz mbH

23. Februar 2024

Campus Freudenberg
Rainer-Gruenter-Straße
42119 Wuppertal

Das 7. Wuppertaler Energie-Forum wird unterstützt von
unserem Hauptsponsor

Megger^R

Und den weiteren Veranstaltungssponsoren

B E T

Energie. Weiter denken



EVL

Energieversorgung Leverkusen
Zeit für Sie.



BAUR

ensuring the flow

PSI



BMU

Energy Consulting



EMH



be energy SG



PHOENIX CONTACT

WSW.



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

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Freunde des Lehrstuhls für Elektrische Energieversorgungstechnik,

heute halten Sie den Tagungsband zu unserem 7. Wuppertaler Energie-Forum in Händen, das wir – endlich wieder – wie gewohnt als Präsenzveranstaltung in einem der größten Hörsäle der Bergischen Universität durchführen werden.

Wir haben ein interessantes Programm mit hochkarätigen Vertretern der Energieversorgungsbranche für Sie zusammengestellt. Die Themen reichen von der sektorenübergreifenden Zielnetzplanung über die Wärmeleitplanung und das Asset-Management bis zur Black-Out-Vorsorge. Besondere Highlights stellen sicherlich die Keynote unseres Oberbürgermeisters Prof. Uwe Schneidewind zur urbanen Energiewende sowie die Ernennung unseres langjährigen Lehrbeauftragten Dr. Heinrich Hoppe-Oehl zum Honorarprofessor dar.

So freue ich mich, Sie zu interessanten Vorträgen und Diskussionen unter Fachleuten in Wuppertal begrüßen zu dürfen.

Ihr

Inhalt

Grußwort und Ernennung von Dr. Heinrich Hoppe-Oehl zum Honorarprofessor der Bergischen Universität.....	9
Prof. Dr. Birgitta Wolff, Rektorin der Bergischen Universität Wuppertal	
Keynote: Urbane Energiewende – Herausforderungen und Lösungen in Wuppertal	11
Prof. Dr. Uwe Schneidewind, Oberbürgermeister der Stadt Wuppertal	
Auf Kurs zur Energiewende: Einspeiseboom und entfesselte Energienetze für die Energieversorgung von morgen.....	13
Dr. Joachim Kabs, Geschäftsführer Ressort Technik, Bayernwerk Netz GmbH	
Sektorenübergreifende Planungs- und Betriebsgrundsätze für Energienetze.....	31
Dr. Daniel Wolter, Technischer Leiter, Stadtwerke Service Meerbusch Willich GmbH & Co. KG	
Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren	47
Fredi Belavić, Asset Manager, Austrian Power Grid AG	
Großflächiger Stromausfall – Möglichkeiten zur Teilversorgung von kritischen Infrastrukturen	73
Dr. Ulrik Dietzler, Technischer Geschäftsführer, Energieversorgung Leverkusen GmbH & Co. KG	
Auswirkungen der kommunalen Wärmeplanung auf die Energienetze	101
Thomas Lehmann, Leiter Netzentwicklung und Projekte, Westenergie AG Jennifer Olde, Referentin Assetgrundsätze & Nachhaltigkeit, Westnetz GmbH	
Impressum	119

**Grußwort und Ernennung von
Dr. Heinrich Hoppe-Oehl zum
Honorarprofessor der Bergischen Universität**

Prof. Dr. Birgitta Wolff

Rektorin der Bergischen Universität Wuppertal

Keynote:
**Urbane Energiewende –
Herausforderungen und Lösungen in Wuppertal**

Prof. Dr. Uwe Schneidewind
Oberbürgermeister der Stadt Wuppertal

**Auf Kurs zur Energiewende:
Einspeiseboom und entfesselte Energienetze
für die Energieversorgung von morgen**

Dr. Joachim Kabs

Geschäftsführer Ressort Technik

Bayernwerk Netz GmbH



Auf Kurs zur Energiewende: Einspeiseboom und entfesselte Energienetze für die Energieversorgung von morgen

Dr. Joachim Kabs
Wuppertaler Energietage
23.02.2024

bayernwerk

Bayernwerk Netz - Wir gestalten die Energiezukunft in ganz Bayern

1.200 Kommunen

unterstützen wir als Partner bei den Energiethemen von heute und morgen

Rund 7 Mio. Menschen

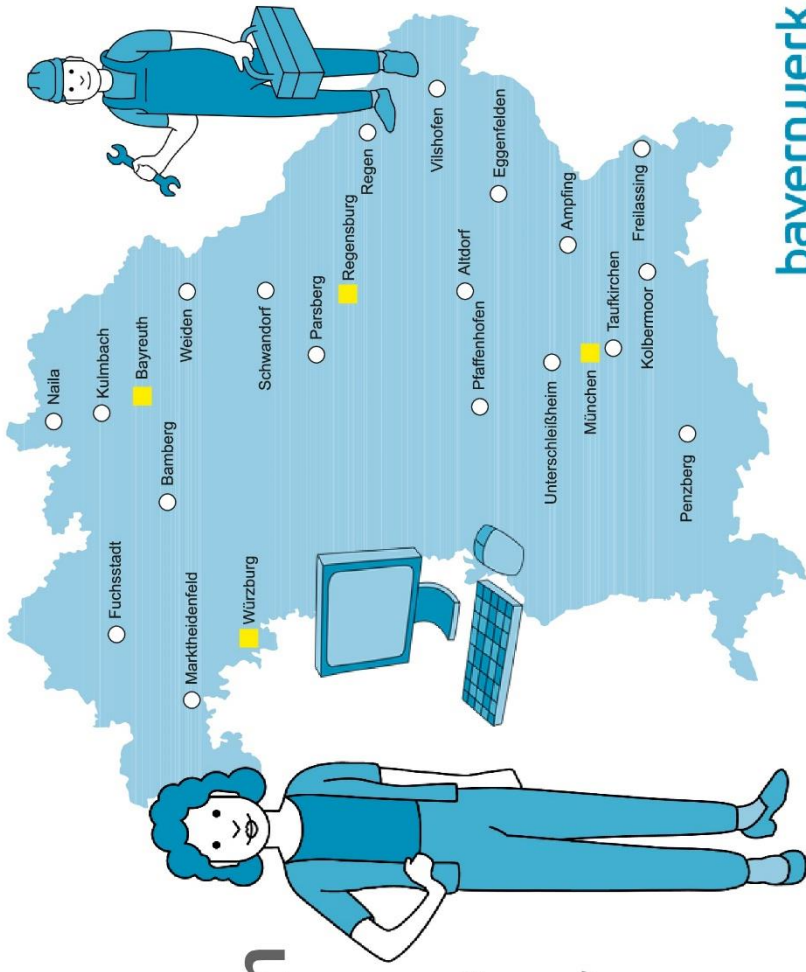
werden durch uns mit Energie versorgt

In 19 Kundencenter

stellen wir eine sichere Versorgung und örtliche Nähe zu unseren Kunden her

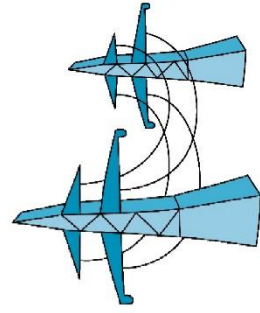
Rund 3000 Mitarbeiter

der Bayernwerk-Gruppe kümmern sich, heute und morgen, um moderne und sichere Energielösungen für Bayern



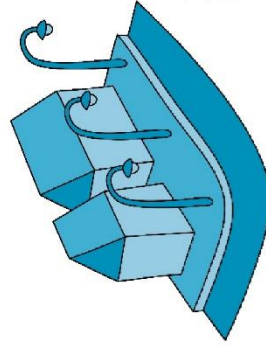
bayernwerk

Wir bringen **Strom** und **Gas**, aber auch **nachhaltige Wärme** in bayerische Haushalte, Kommunen und Unternehmen



4,7x

...reichen unser Strom- & Gasnetz **um die Welt**



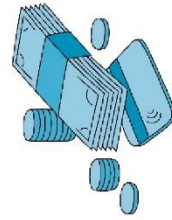
85%

...**Bayerns** werden durch unsere Energienetze versorgt

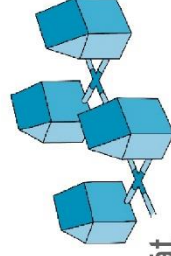


75%

... Grünstrom-Quote im Bayernwerk-Netz



rd. **2,5 Mrd. Euro** für Netz-Baumaßnahmen zwischen 2023 und 2025



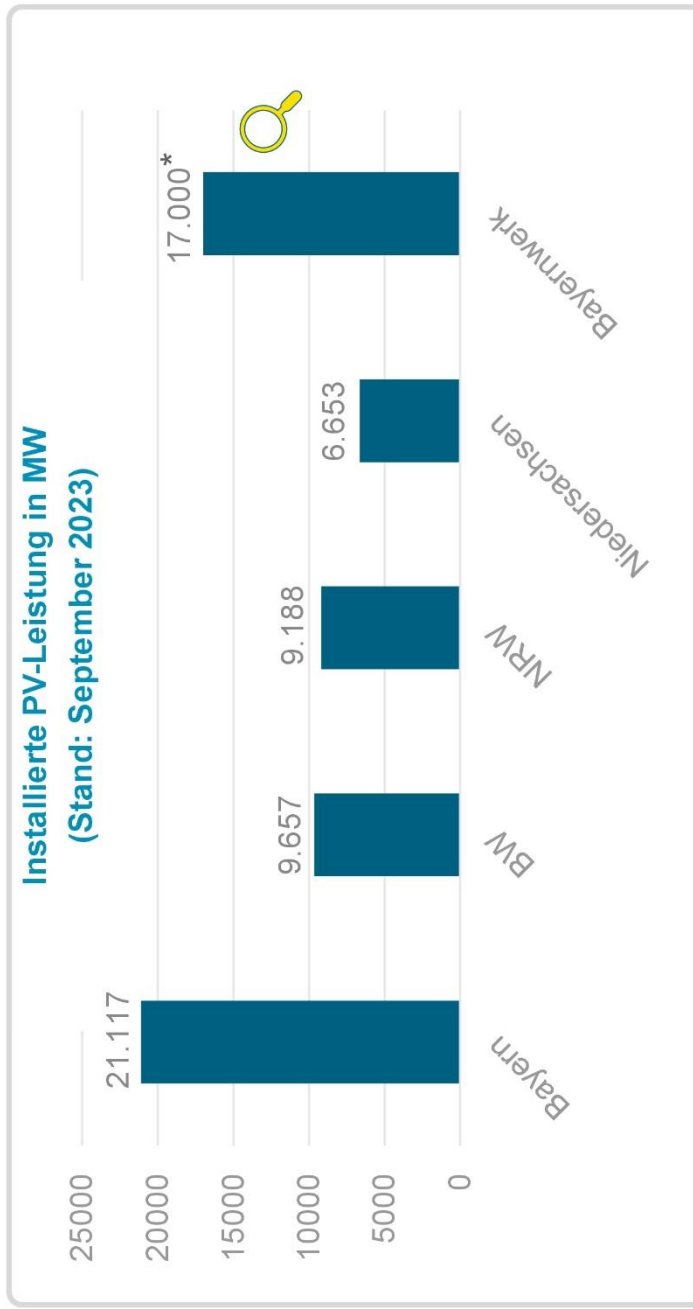
99,99%

Versorgungsqualität

bayernwerk

3

Seit 20 Jahren treiben wir die Energiewende voran



75% erneuerbare
Energie im
Bayernwerk-Netz

* Inklusive nachgelagerte Netzbetreiber der Bayernwerk Netz GmbH

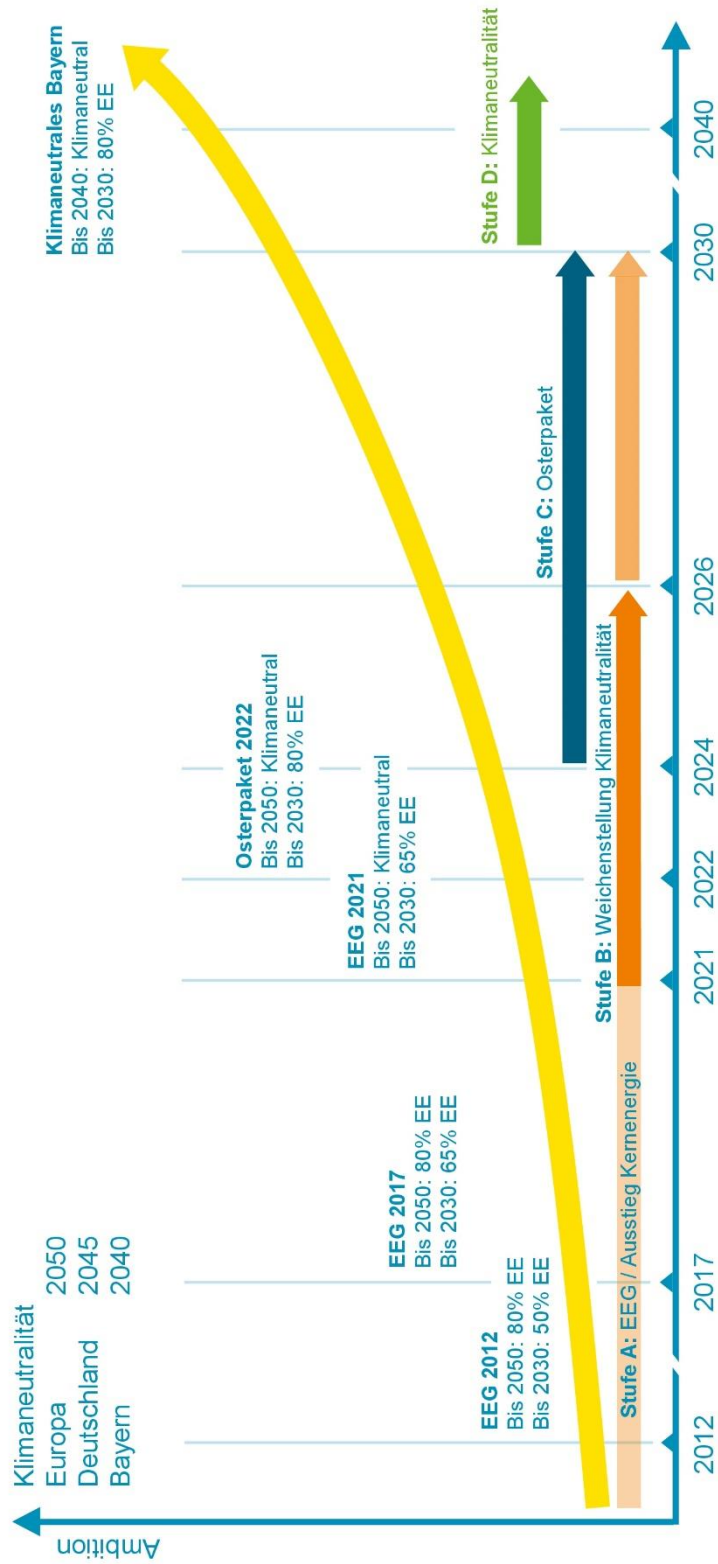
Quelle: Statistiken ausgewählter erneuerbarer Energieträger zur
Stromerzeugung – Mai 2023 (Bundesnetzagentur, 19.10.2023)

4

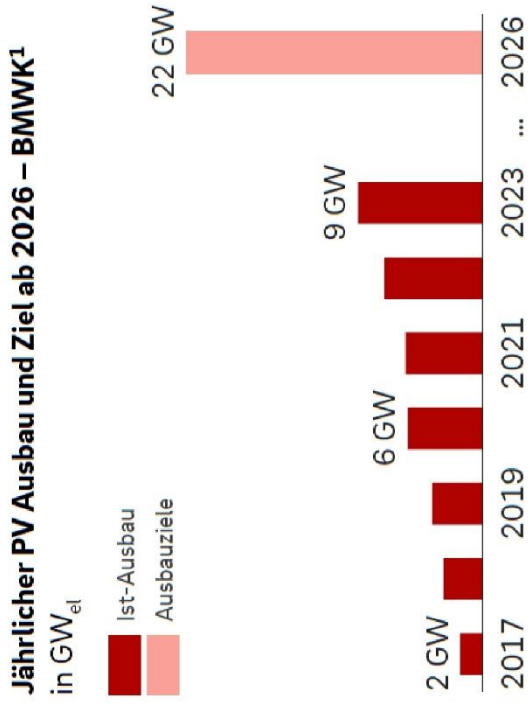
Am Bayernwerk-Netz sind mehr Megawatt PV als in ganz Baden-Württemberg.

bayernwerk

Verschärfte Anforderungen durch Klimaziele und Osterpaket



Die Ausbaugeschwindigkeit ist heute bereits deutschlandweit sichtbar

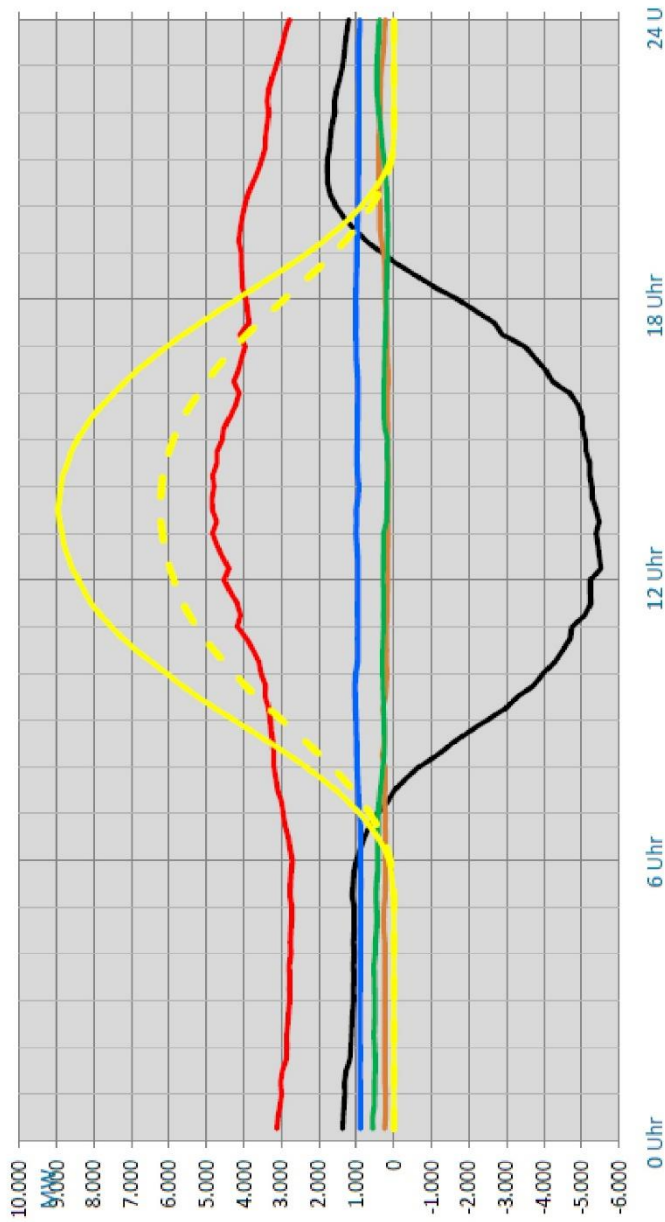


Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft & Klimaschutz (2023) - Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland

9GW Ausbauziel Solar für 2023 bereits im September erreicht

bayernwerk

Immer neue Rekorde bei der PV-Erzeugung im Bayernwerk Netz



Samstag, 27.05.2023

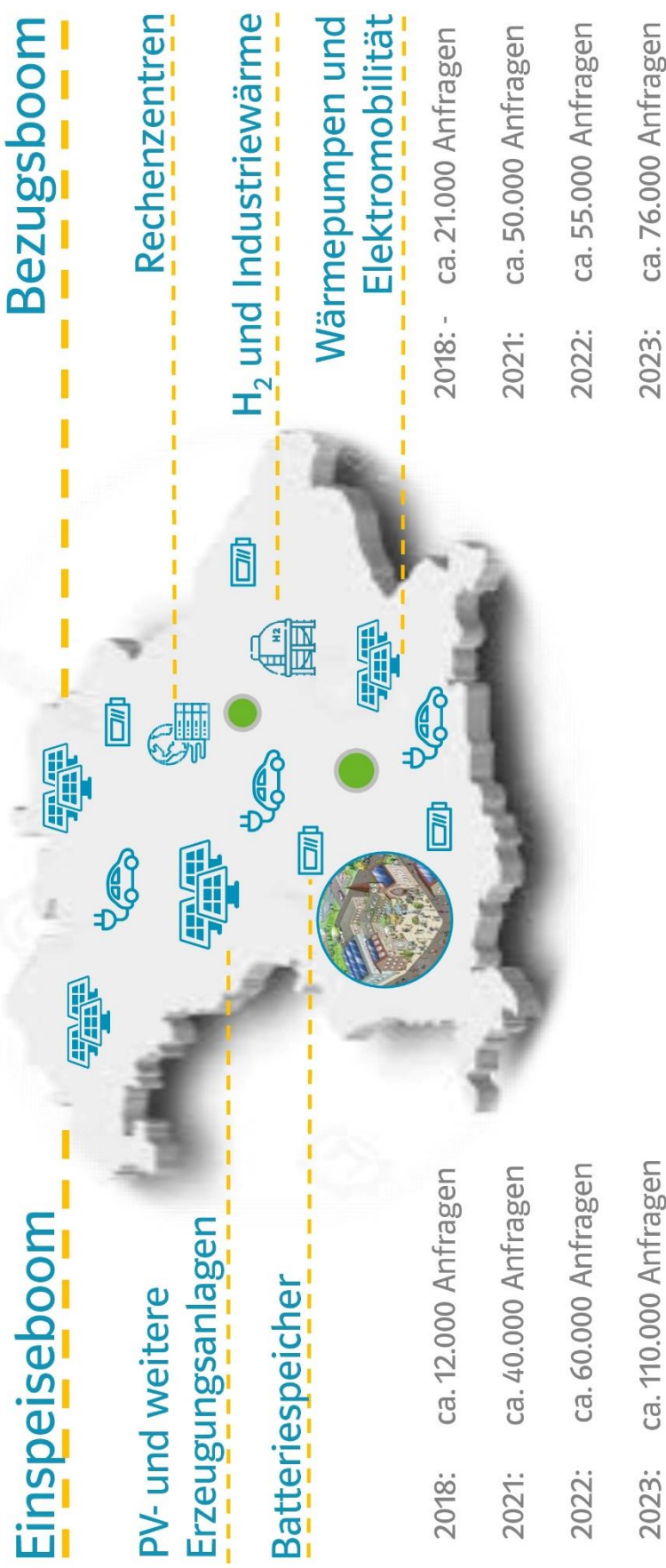
- **6.225 MW**
Solarleistung direkt ins Bayernwerk-Netz eingespeist
- **9.000 MW**
unter Berücksichtigung nachgelagerter Netzbetreiber
- **5.500 MW**
ins EU-Verbundnetz zurückgespeist

bayernwerk

Bayernwerk ist ein PV-Labor im operativen Betrieb

7

Seit 2018 steigen die Anschlussanfragen mit wachsender Dynamik



⁸ Masse an Einspeiser-Anfragen und Bezugs-Anfragen bedeutender Großindustrien.

bayernwerk

Wir gehen das Tempo der Energiewende bislang mit ...

EE-Ausbau Jan-Dez 2023 im Vergleich zu Jan-Dez 2022:



Ersatz und Neubau der Stromnetze bis Dez. 2023:

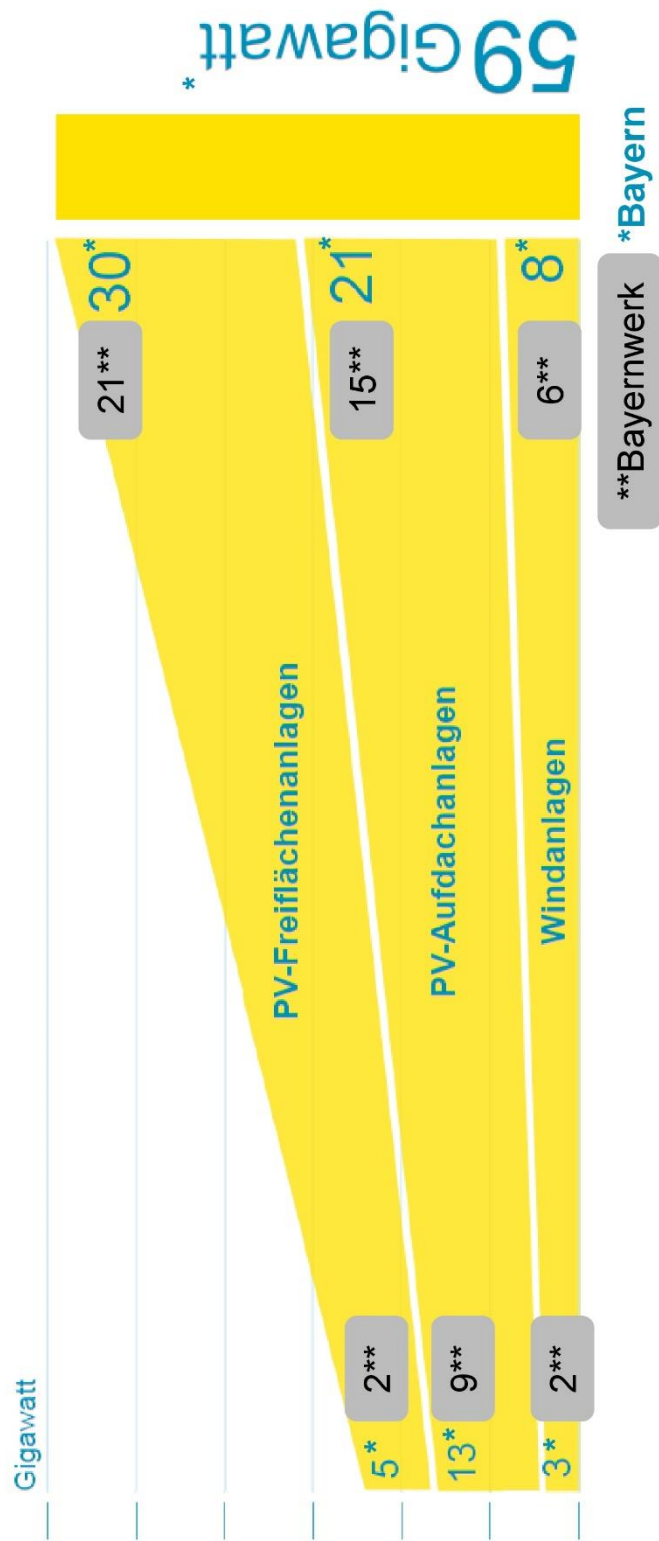


... und haben ca. 2.000 km Stromnetz 2023 ausgebaut.

bayernwerk

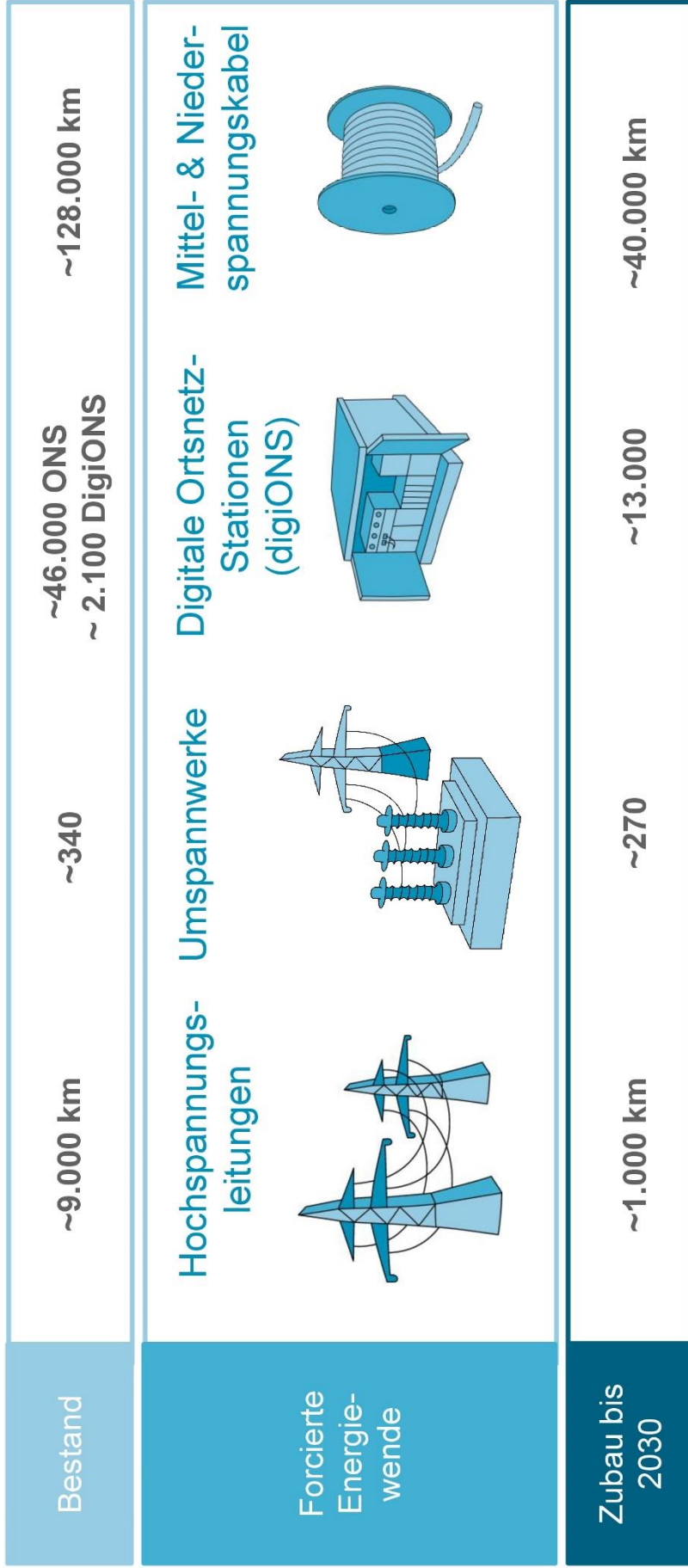
Stand: Dezember 2023

Erwarteter Zubau an erneuerbarer Erzeugung bis 2030



In Bayern wächst die Energiewende von „unten nach oben“

Energiewende: Unser Stromnetz in Zahlen



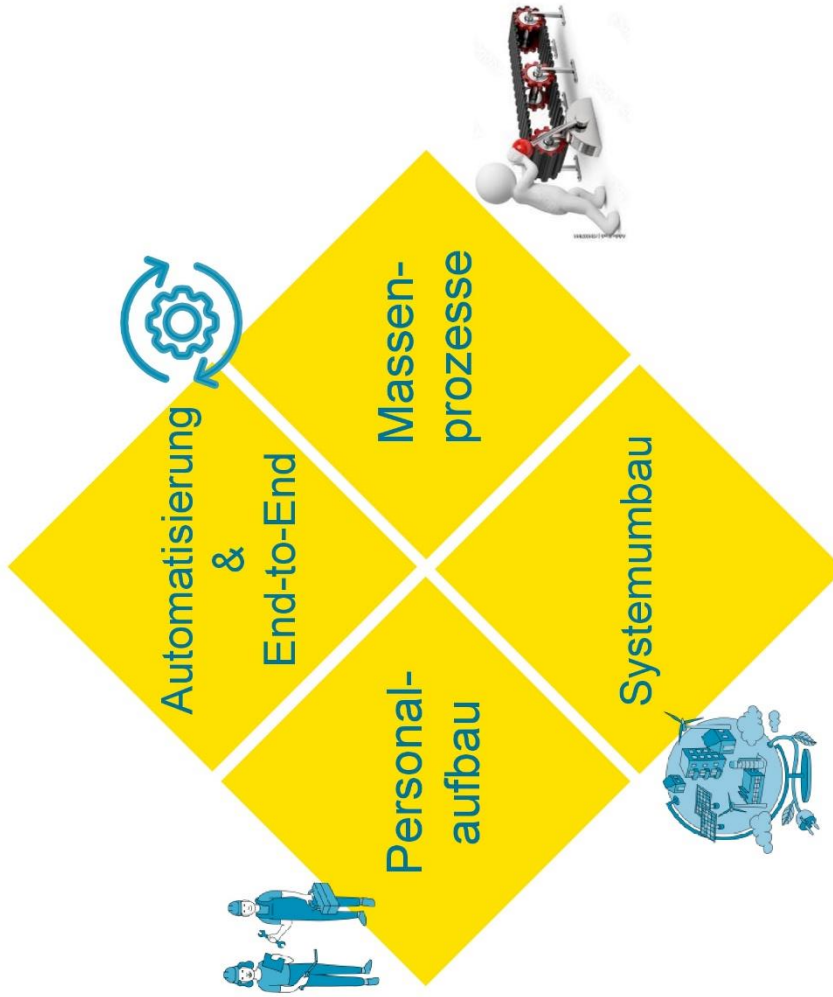
bayernwerk

Wir werden eine CO₂-freie Energiezukunft mit massiven Investitionen in unsere Energienetze vorantreiben!

11

Da die Baumenge 2024-2030 Erneuerungen beinhaltet, sind aus der geplanten Baumenge sowie dem Bestand keine Rückschlüsse auf das Gesamtnetz 2030 möglich. Stand November 2023

Wir stellen uns für den bevorstehenden Wachstum auf..



... und wir brauchen eine Verantwortungsgemeinschaft!

bayernwerk

Wichtige Voraussetzung für den Erfolg:
Wir arbeiten an einem neuen Rahmen für die Umsetzung...

Umsetzung für Bayern

- Landesbedarfsplangesetz
- „Sprenu vom Weizen trennen“
- Clustering statt Einzelanfragen

Entfesselungspolitik für die Netzinfrastruktur

- Sofortpaket Genehmigungsbeschleunigung
- Vereinfachungen und Entbürokratisierung
- Mehr „Fleximer“ ermöglichen

Rahmen für die Klimaneutralität

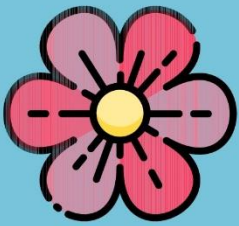
- Gesicherte Leistung für Bayern
- Digitalisierung der Energieversorgung
- Regulierung für Gestaltungsauftrag

Es braucht die Akzeptanz-Kampagne „Pro Netzausbau“

... und fordern ihn aktiv von der Politik ein.

bayernwerk





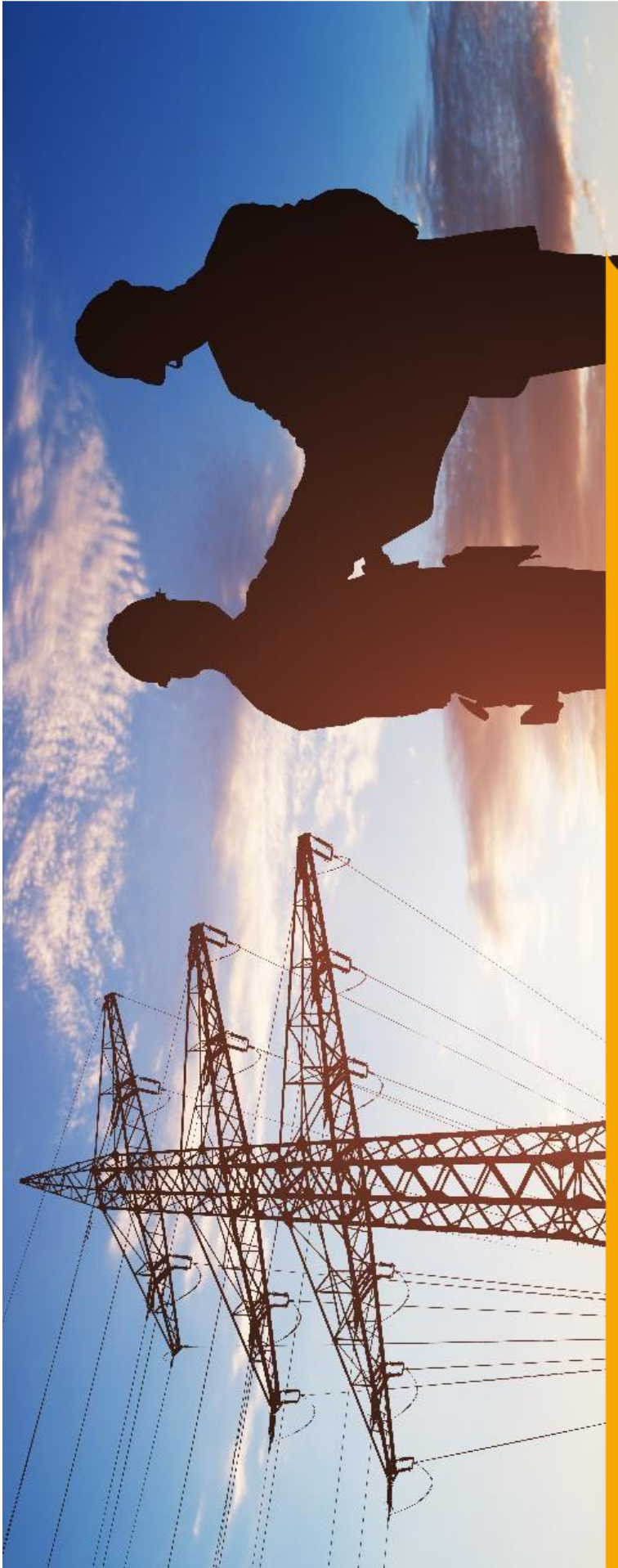
100 Jahre
Bayernwerk –
Wir vernetzen
Flexumer!

**Sektorenübergreifende
Planungs- und Betriebsgrundsätze
für Energienetze**

Dr. Daniel Wolter

Technischer Leiter

Stadtwerke Service Meerbusch Willich GmbH & Co. KG

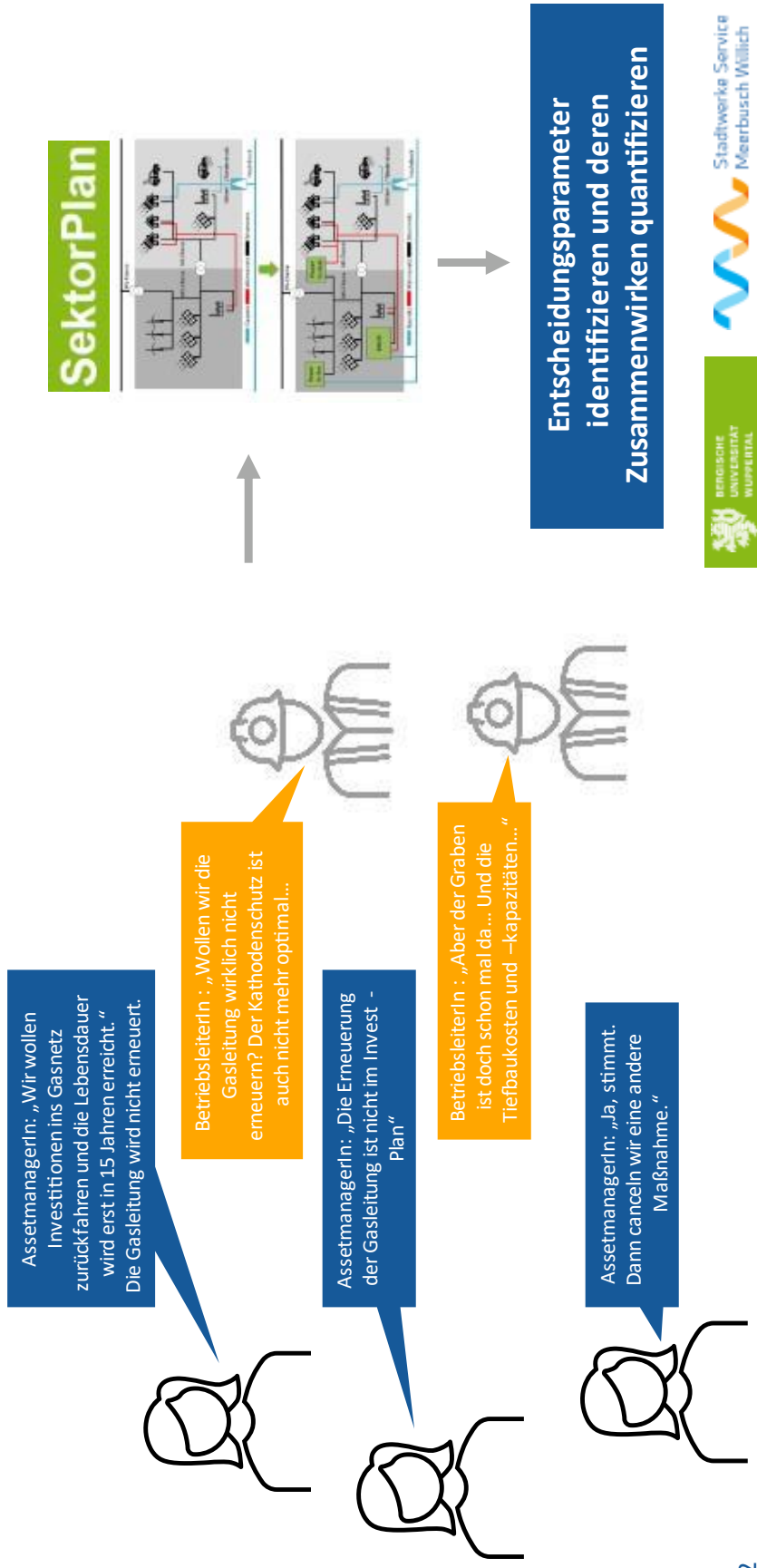


Sektorübergreifende Planungs- und Betriebsgrundsätze für Energienetze

Dr. Daniel Wolter | Technischer Leiter Stadtwerke Service

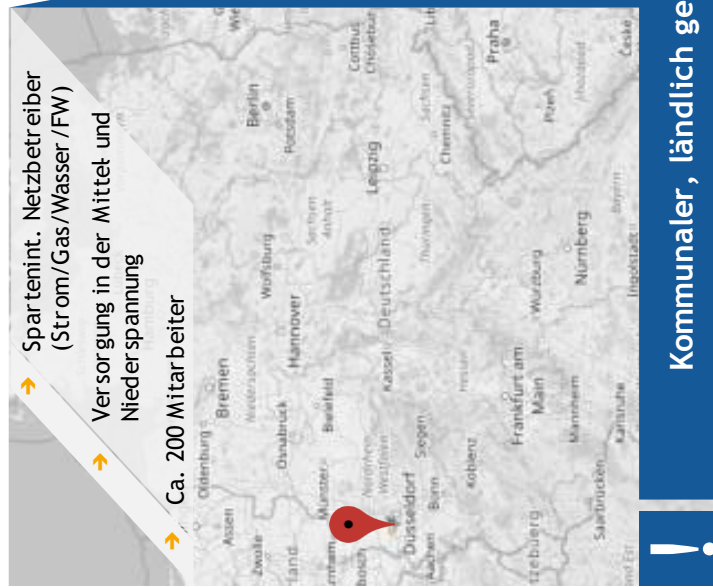
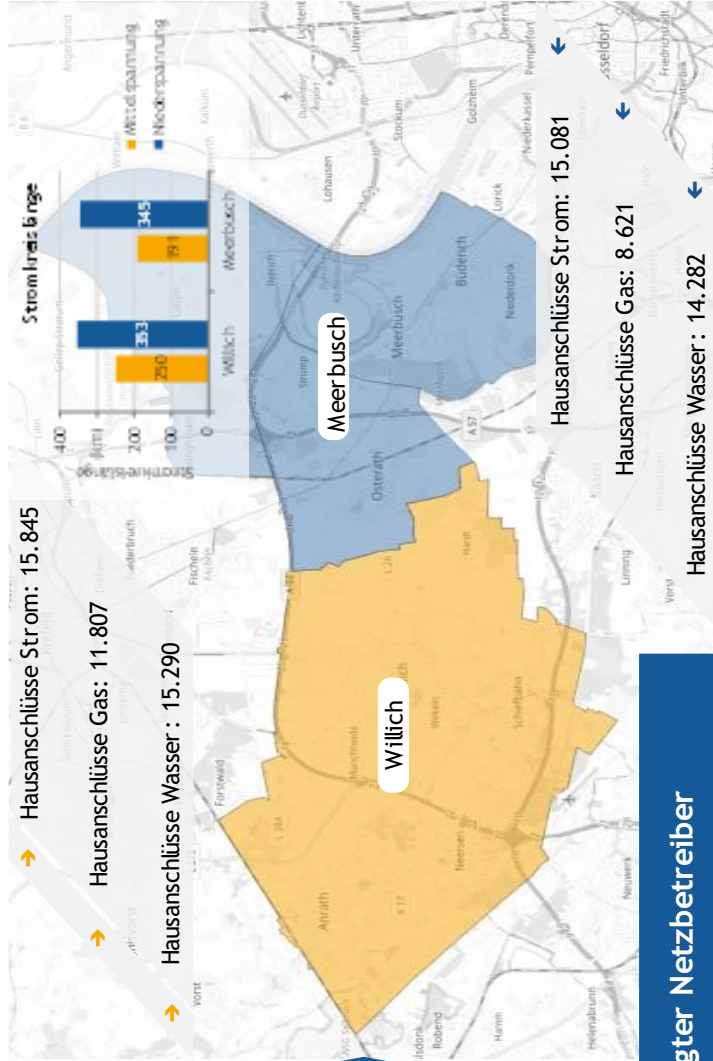
Wuppertal, 23.02.2024

Intro - Entscheidungsfindung



Die Stadtwerke Meerbusch Willich

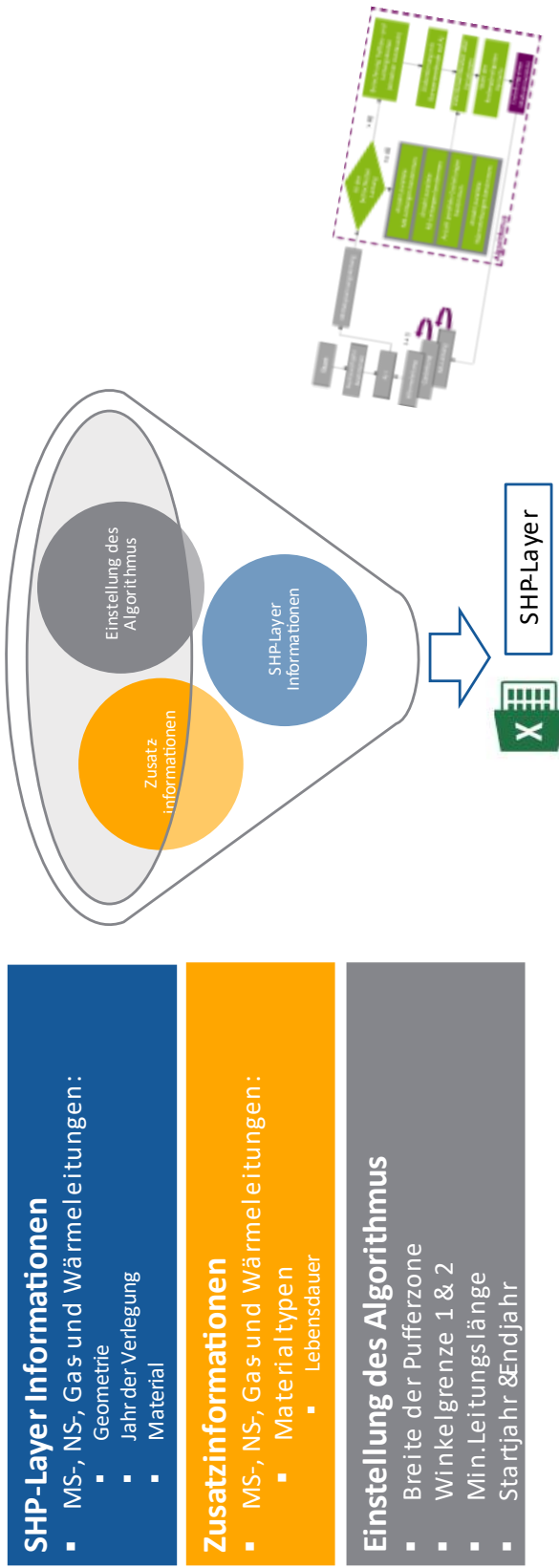
- Sparint. Netzbetreiber (Strom/Gas/Wasser /FW)
- Versorgung in der Mittel und Nieder spannung
- Ca. 200 Mitarbeiter

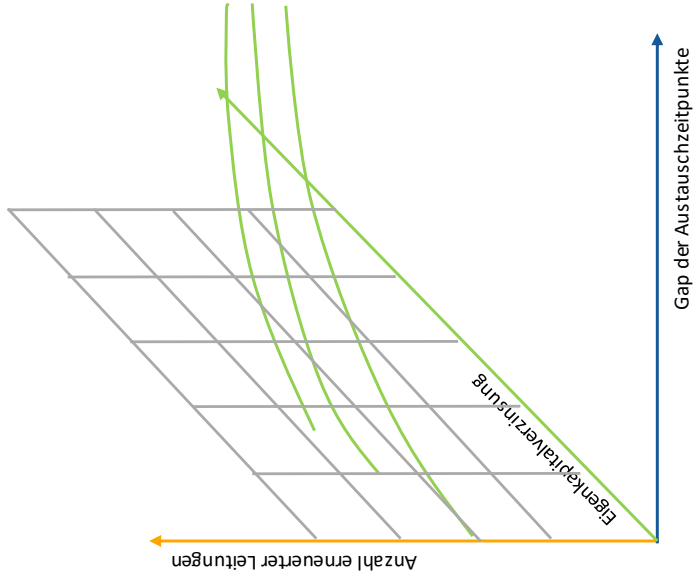
Kommunal, ländlich geprägter Netzbetreiber



Aufbau und Untersuchungsmethode



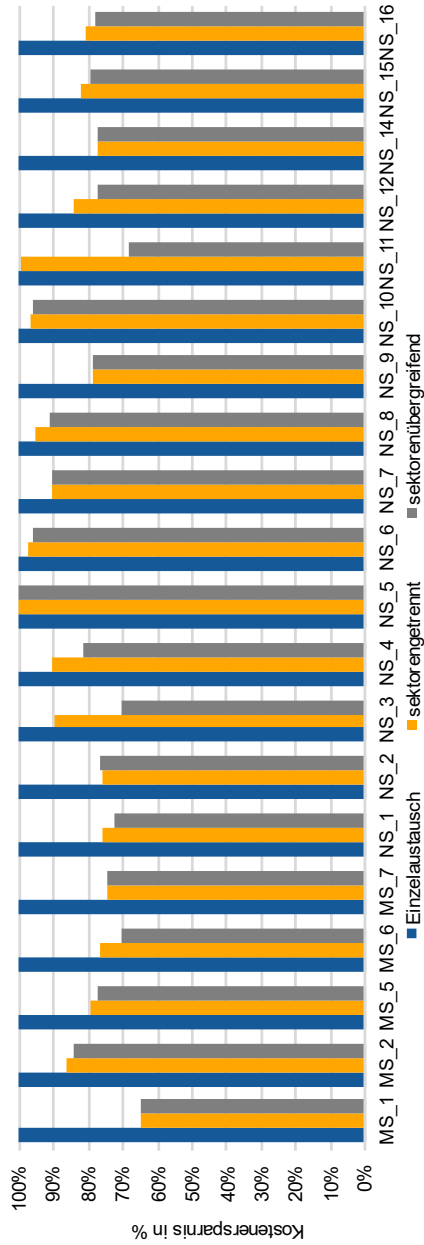
Einflussfaktoren einer sektorübergreifenden Erneuerungsplanung



- ✔ Der wirtschaftliche Vorteil einer sektorübergreifenden Erneuerungsplanung ist abhängig von
 - ✔ Der Eigenkapitalverzinsung bzw. -rendite
 - ✔ Dem Abstand der Austauschzeitpunkte (Gap)
 - ✔ (Realisierungsmöglichkeit)
- ✔ Instrument der **Steuerung** ist im Wesentlichen der Zeitpunkt des Austauschs eines Betriebsmittel (Verschieben oder Vorziehen).

Grundsatz I: Sektorübergreifender Austausch lohnt sich!

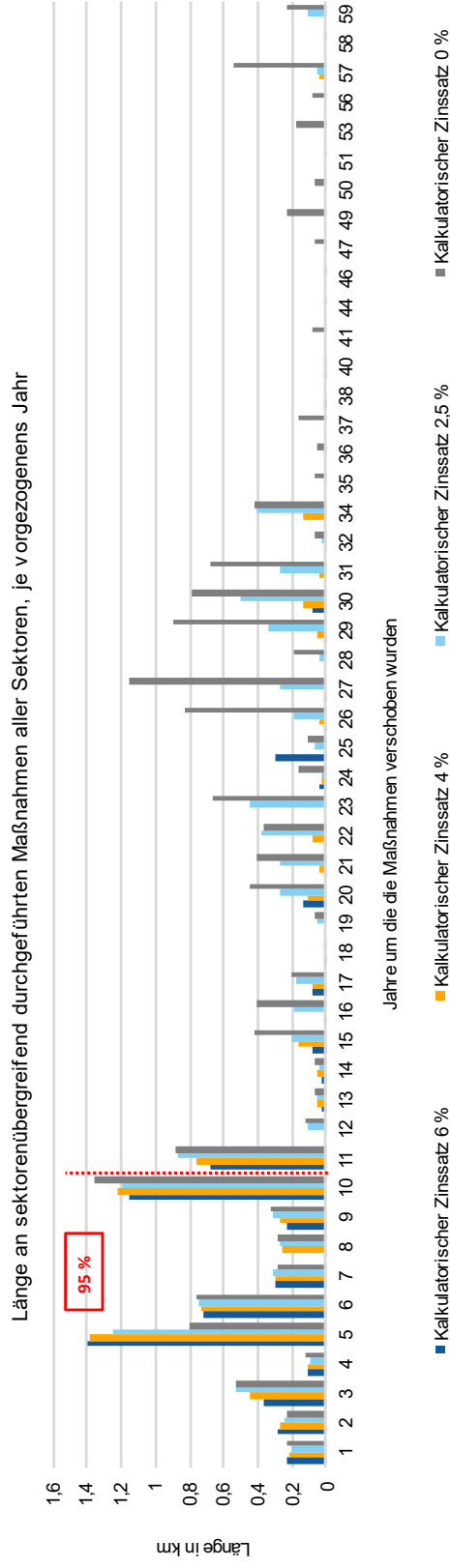
Kostensparnis sektorübergreifender Erneuerungsplanung ggü. Einzelaustausch



Ein sektorenübergreifender Austausch ist mit aktuell festgelegten Austauschzeitpunkte in einem überwiegenden Anteil der Netze kosteneffektiver.



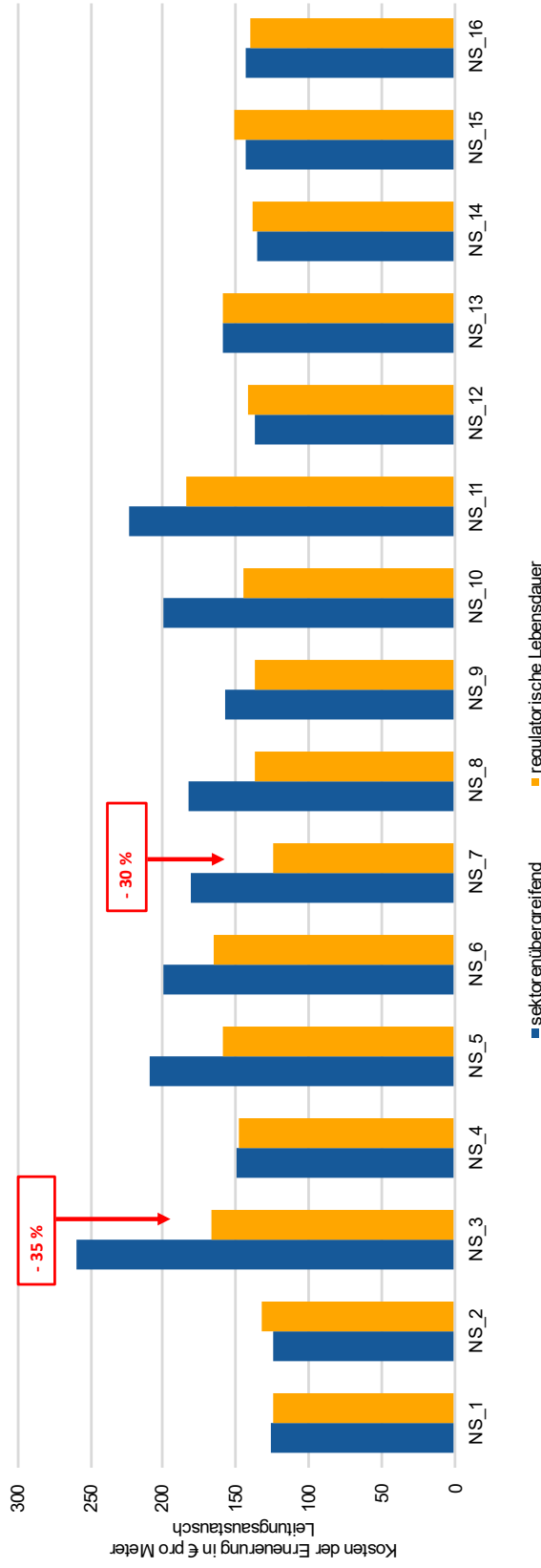
Grundsatz II: Dekadenregel



Ein gemeinsamer sektorenübergreifender Austausch von Leitungen ist zu empfehlen sofern die geplanten Austauschzeitpunkte der Leitungen weniger als 10 Jahre auseinanderliegen.



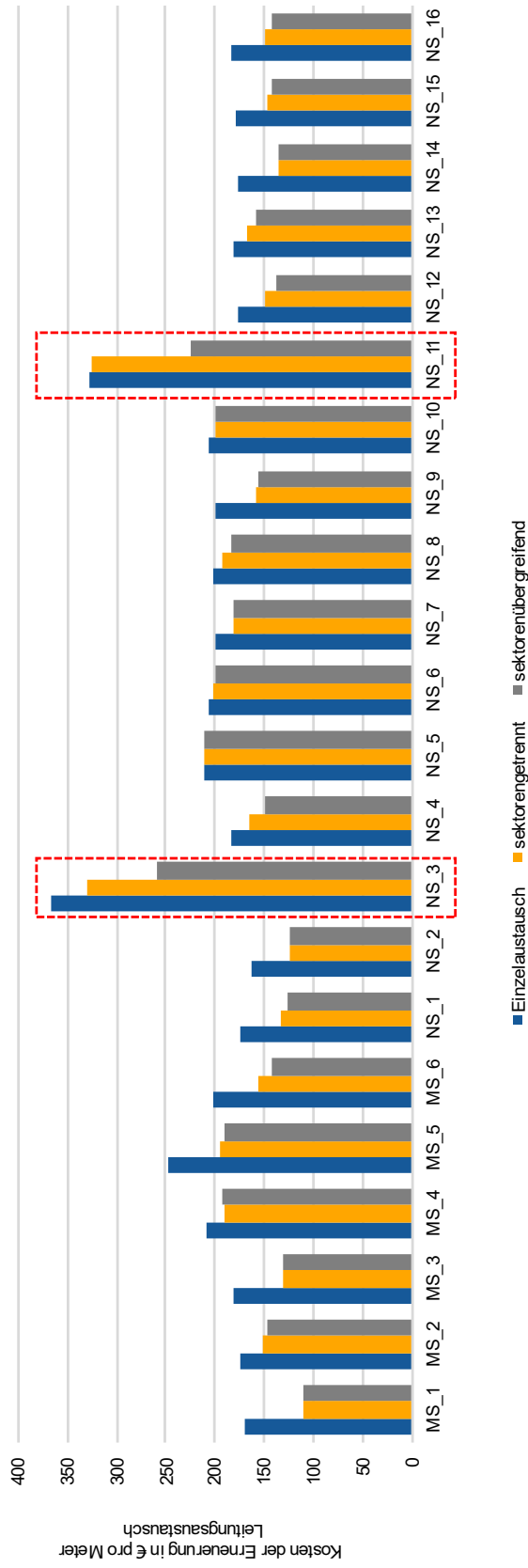
Grundsatz III: „Angleichung“ der Austauschzeitpunkte sinnvoll!



Eine Angleichung der Austauschzeitpunkte der Leitungen erhöht das Potential einer sektorenübergreifenden Erneuerungsplanung und senkt die Erneuerungskosten.



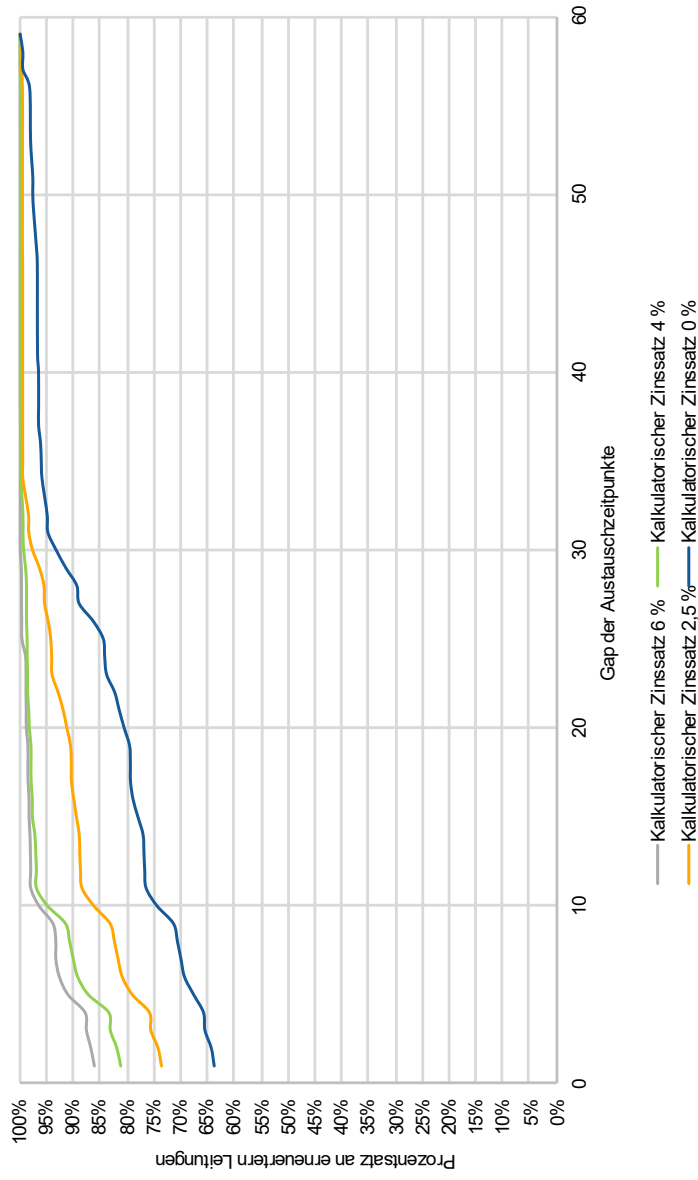
Grundsatz IV: Trassierung ist entscheidend für Kostenminderung!



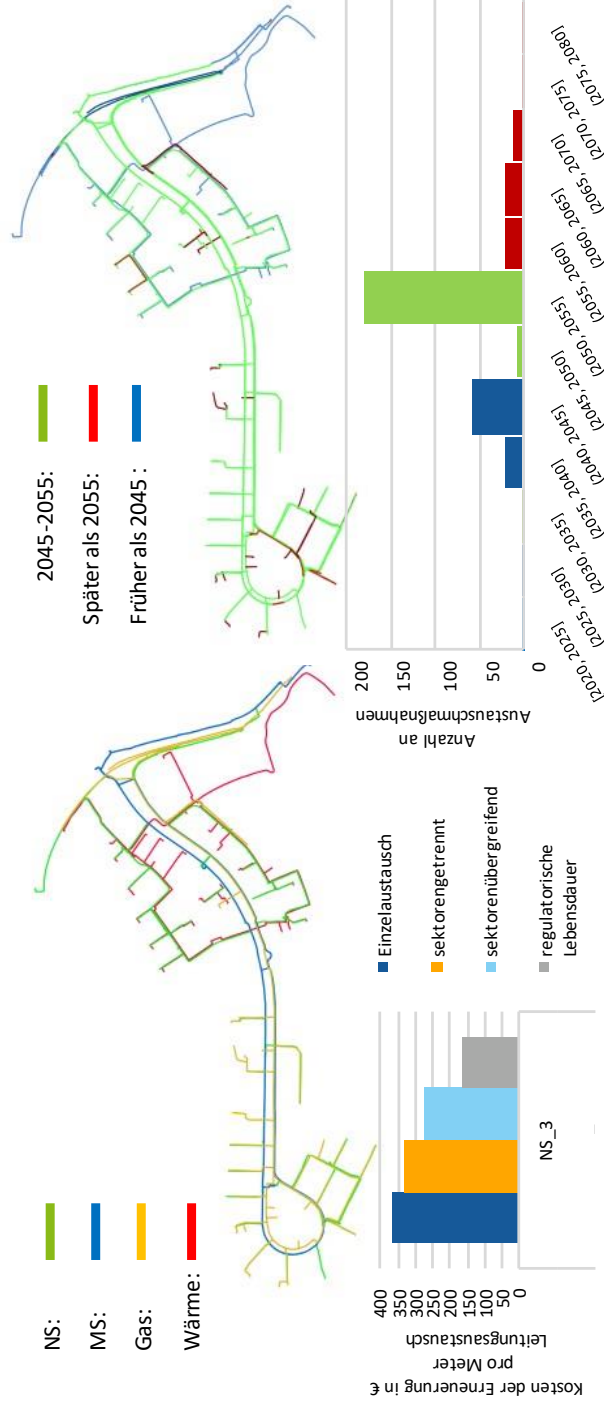
Eine steigende Anzahl von Leitungen und / oder Sektoren in einem gemeinsamen Graben wirkt sich kostensenkend aus.



Einflussfaktoren einer sektorübergreifenden Erneuerungsplanung



Beispiel Ortsnetz: Auswirkungen des sektorüberggr. Ansatzes



Wrap up



Eine sektorenübergreifende Erneuerungsplanung ist zwingend erforderlich für die richtige (Erneuerungs-) Entscheidung.



Eine sektorenübergreifende Erneuerungsplanung ist in vielen Fällen wirtschaftlich effizienter!



Einflussfaktoren für die Wirtschaftlichkeit sektorenübergreifender Erneuerung sind die Kapitalrendite und die Austauschzeitpunkte der einzelnen Betriebsmittel.



Geringe Kapitalrendite/EKZins begünstigt eine Maßnahmenbündelung und das Vorziehen von Maßnahmen. Eine hohe Kapitalrendite führt eher zur getrennten Verlegung bzw. zur Verschiebung von Maßnahmen.

Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren

Fredi Belavić

Asset Manager

Austrian Power Grid AG



Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren

Fredi Belavíc | 23.02.2024

Agenda



- Unternehmensvorstellung
- Herausforderungen und Trends im AssetManagement
- Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt AHtra
- Alterungsfaktoren von Hochspannungstransformatoren
- Ausblick: Forschungsschwerpunkte Folgeprojekt



Unternehmensvorstellung

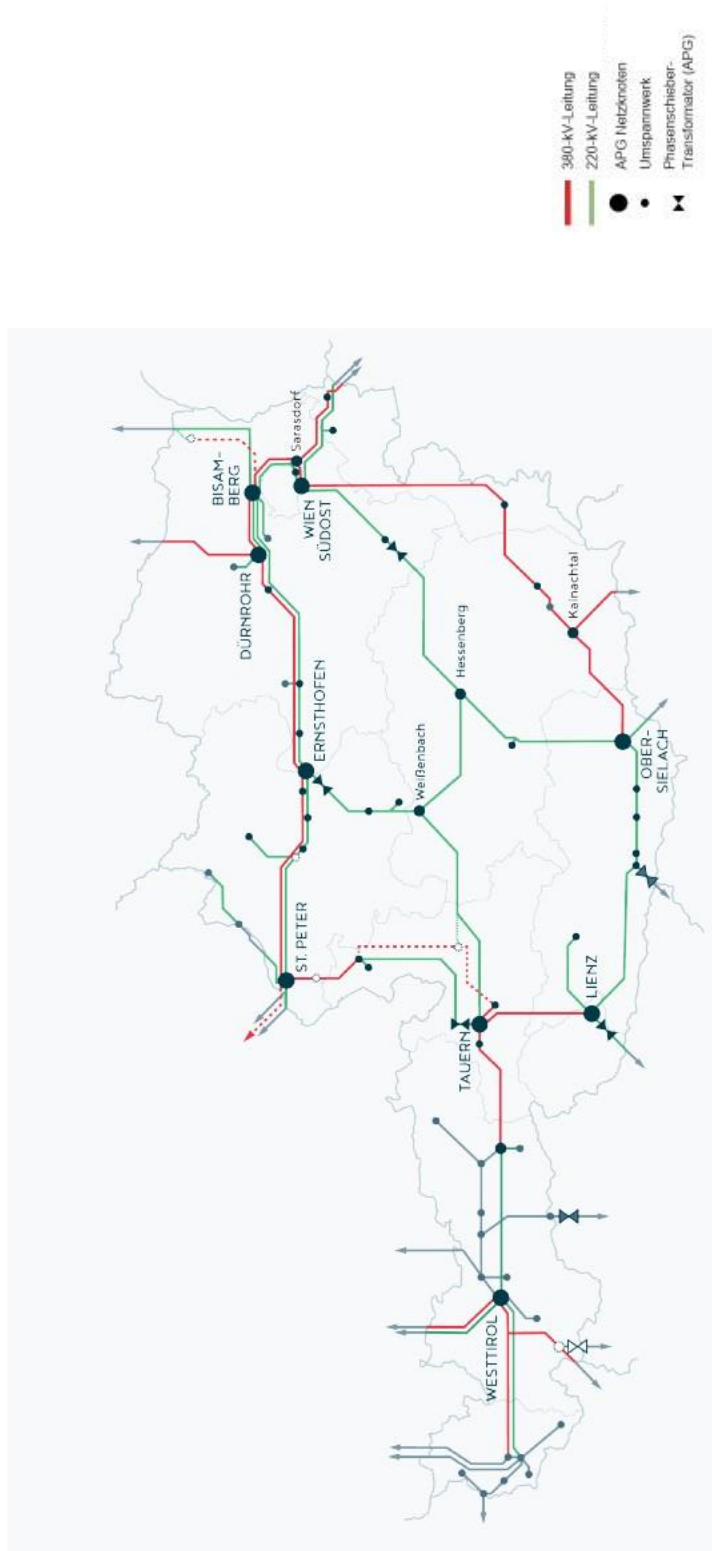
Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavić | 23.02.2024

3



APG-Netz

Überregionaler Stromtransport:
 APG verbindet Windkraftwerke im Osten mit den Pumpspeichern im Westen Österreichs

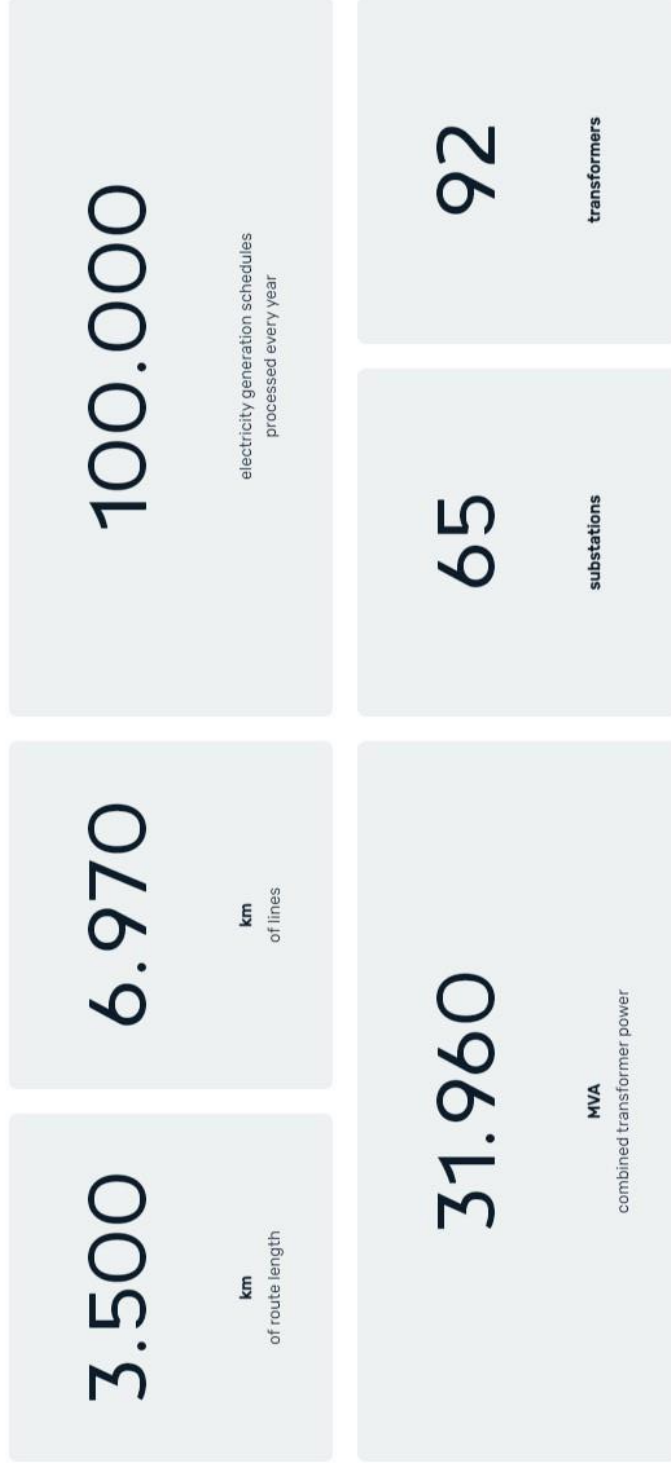


Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavic | 23.02.2024

APG-Netz in Zahlen



Die APG betreibt das österreichische Übertragungsnetz auf den Spannungsebenen 110-, 220 und 380-kV.
Das 50 Hertz-Prinzip: Balance halten als Kernaufgabe der APG



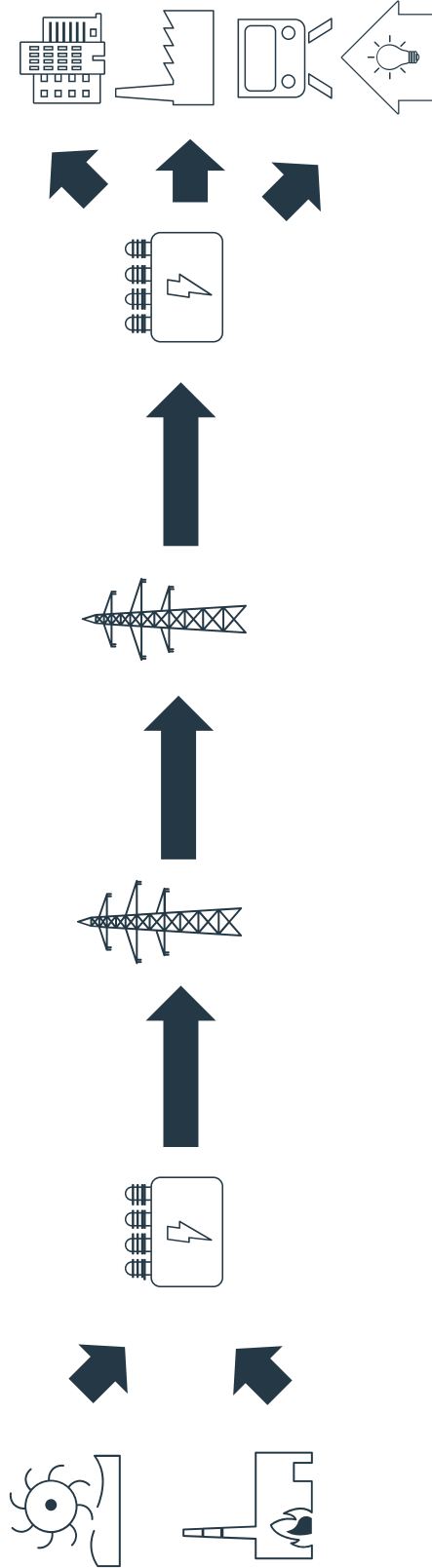
Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavic | 23.02.2024



Herausforderungen und Trends im AssetManagement

Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavíc | 23.02.2024

Unser Netz – Gestern

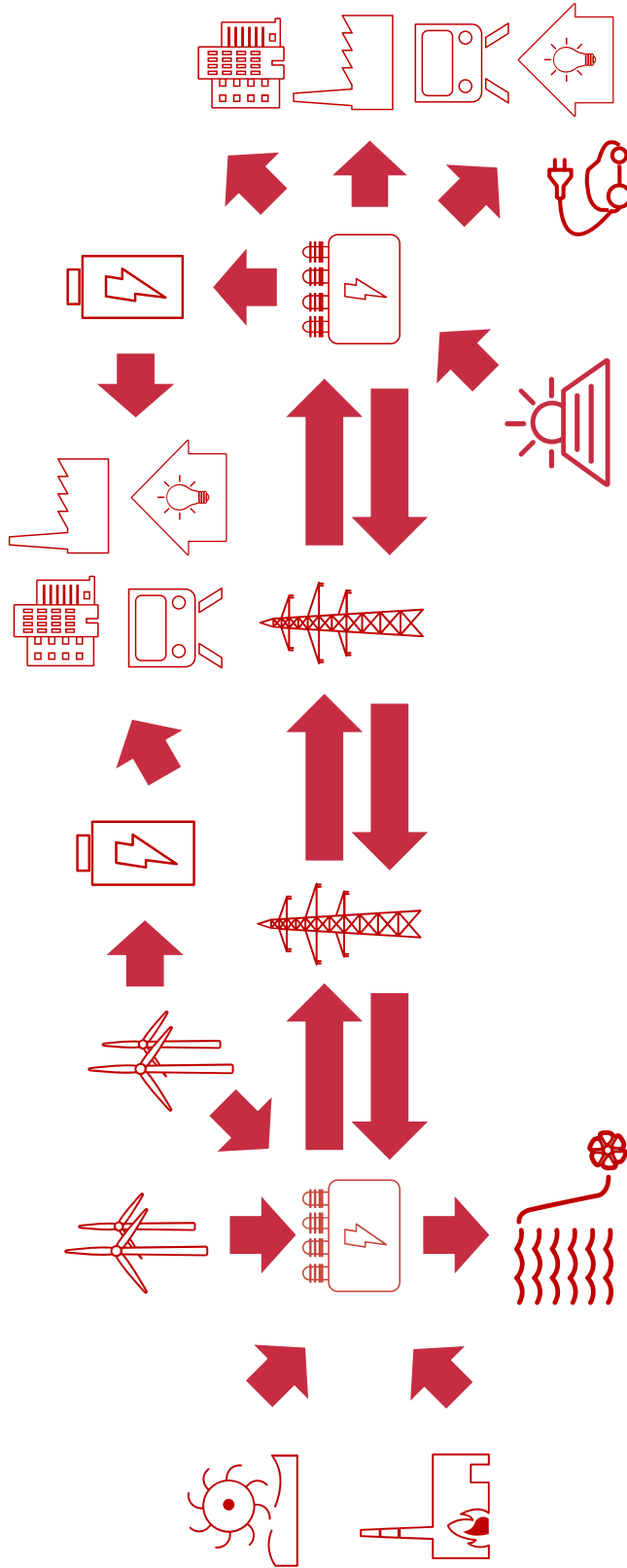


Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavic | 23.02.2024

Unser Netz – Heute, morgen

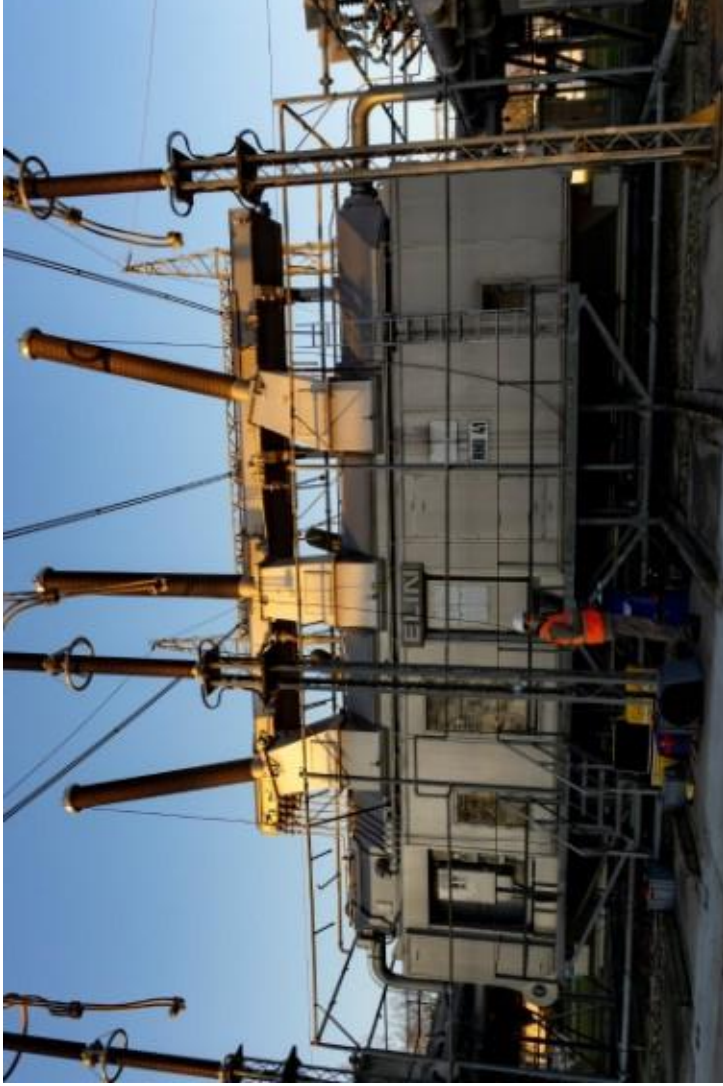


Unser Netz – Heute, morgen



Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavic | 23.02.2024

Trafolebensdauer und Beanspruchungsfaktoren



- Thermisch
- Elektrisch
- Mechanisch

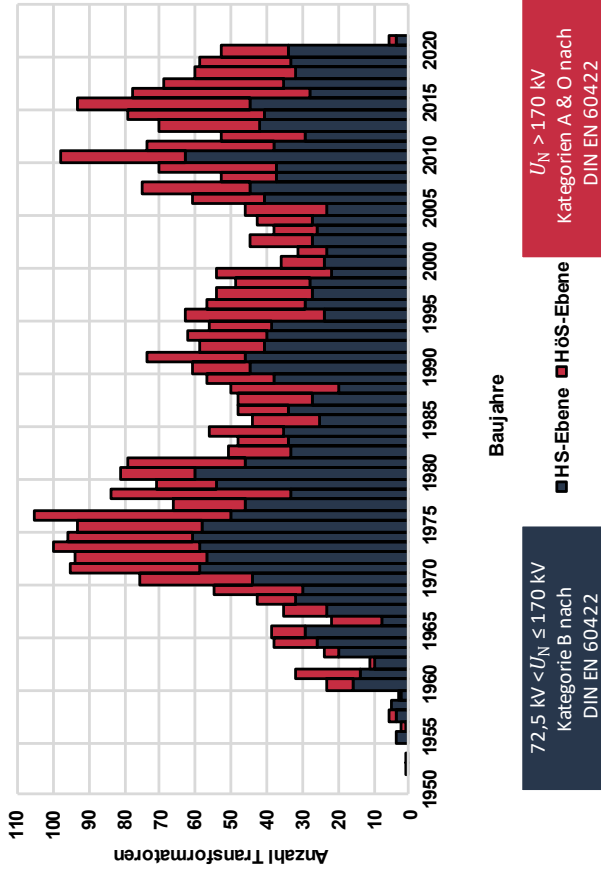
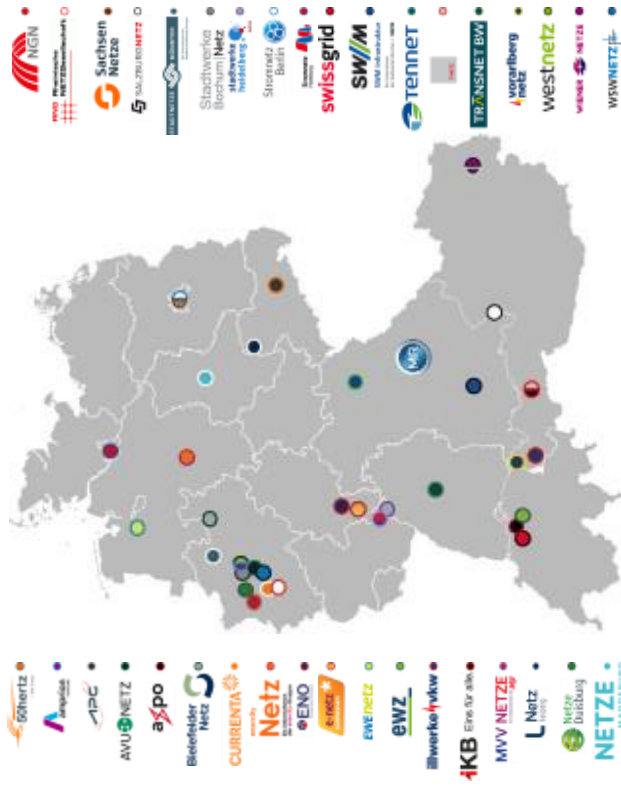


Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt AHtra- Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren

Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavic | 23.02.2024

11

Zentrale Erkenntnisse I – Repräsentativer Stammdatensatz

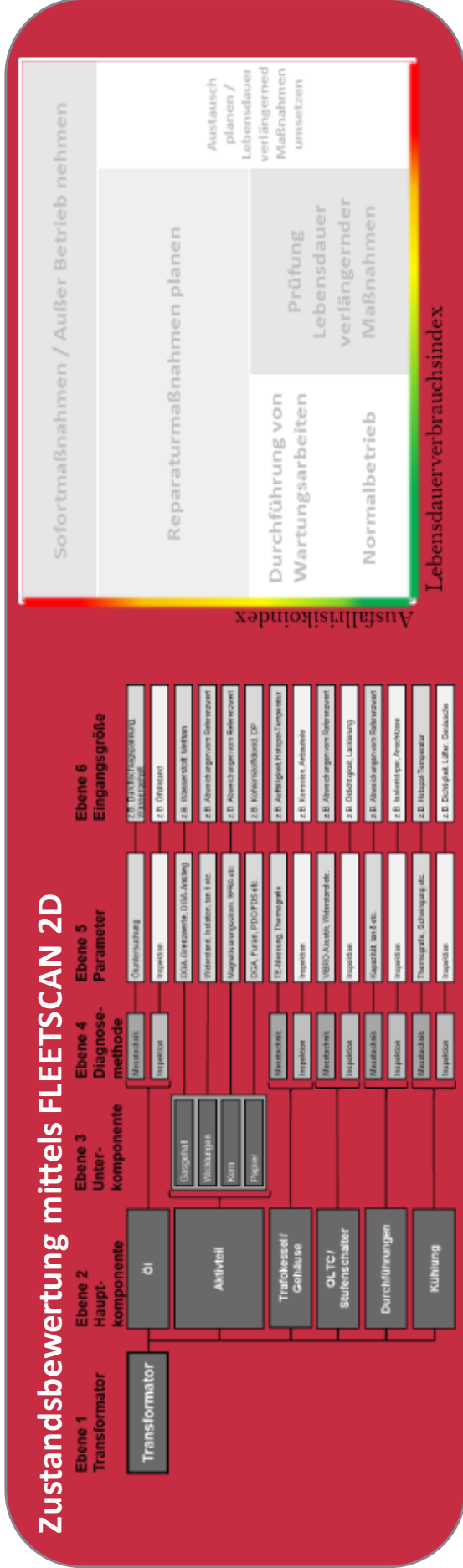


Stamm- und Messdaten aus allen Regionen der DACH-Region
 3.665 Transformatoren in Datenbank integriert (vgl.: 7.500 Transformatoren in Deutschland)
 Mittleres Alter: 32 Jahre (HS) und 29 Jahre (Hös)

Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavrić | 23.02.2024

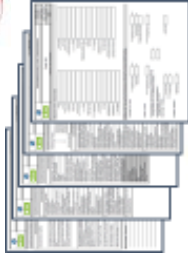


Zentrale Erkenntnisse II – Datenbank und Zustandsbewertung



Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavic | 23.02.2024

Zentrale Erkenntnisse III – Repräsentativer Messdatensatz



4.180 visuelle Inspektionen zu 860 Transformatoren integriert (14 Netzbetreiber)

54.430 Isolierölberichte zu 3.083 Transformatoren integriert (36 Netzbetreiber)

3.302 elektrische Messberichte zu 1.297 Transformatoren integriert (23 Netzbetreiber)



Diversifizierung der Informationsquellen erreicht!
 Vereinheitlichte Zustandsbewertung durch FLEETSCAN 2D!
 Anpassung einiger IH-Strategien durch wissenschaftliche Begleitung (Empfehlung wichtiger Eingangsgrößen sowie Analysemethoden)!

Zentrale Erkenntnisse IV – Alterungsverhalten von Transformatoren



HS-Ebene	HöS-Ebene
<p>Lineare Verschlechterung bis ins hohe Alter; kein exponentieller Anstieg festzustellen</p> <p>Konfidenzintervall sehr schmal und besitzt somit eine hohe Aussagekraft. Erhöhte Unsicherheit erst im höheren Alter (> 55 Jahre).</p> <p>Kein Hinweis auf die Badewannenkurve!</p>	<p>An einen Lebensdauererbreichsindex von 30 annähernde Verschlechterung; es stellt sich ein konstantes Niveau ab einem Alter von 25 Jahren ein.</p> <p>Konfidenzintervall sehr schmal und besitzt somit eine hohe Aussagekraft. Erhöhte Unsicherheit ab einem Alter von 50 Jahren.</p> <p>Kein Hinweis auf die Badewannenkurve!</p>

Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavic | 23.02.2024

Zentrale Erkenntnisse VI – Alterungsverhalten von Isolierölen



HS-Ebene	HöS-Ebene
<p>Starke Verschlechterung mit exponentiellem Anstieg. Hohe Aussagekraft durch wenig schwankende Bewertungen bis ins hohe Alter von 55 Jahren. Inhibierte Öle dauerhaft auf niedrigerem Niveau.</p> <p>Der Einsatz von inhibierten Ölen ist empfehlenswert !</p>	<p>An einen Lebensdauerverbrauchsindex von 55 annähernde Verschlechterung; es stellt sich ein inkonstantes Niveau ab einem Alter von 35 Jahren ein. Erhöhte Unsicherheit durch schwankende Bewertungen. Inhibierte Öle fast dauerhaft auf niedrigerem Niveau.</p> <p>Der Einsatz von inhibierten Ölen ist empfehlenswert !</p>

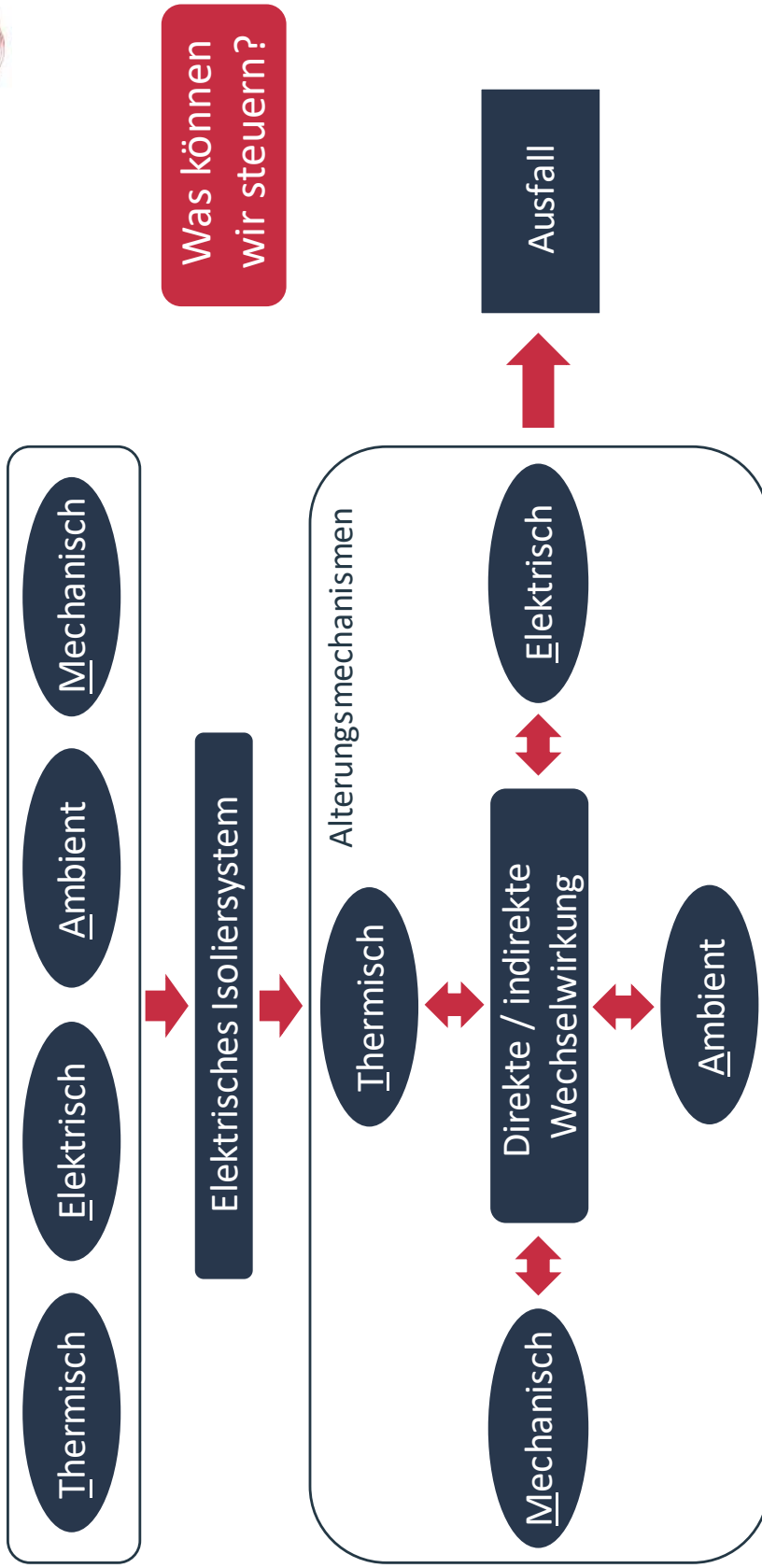
Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavíc | 23.02.2024



Alterungsfaktoren von Hochspannungstransformatoren

Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavic | 23.02.2024

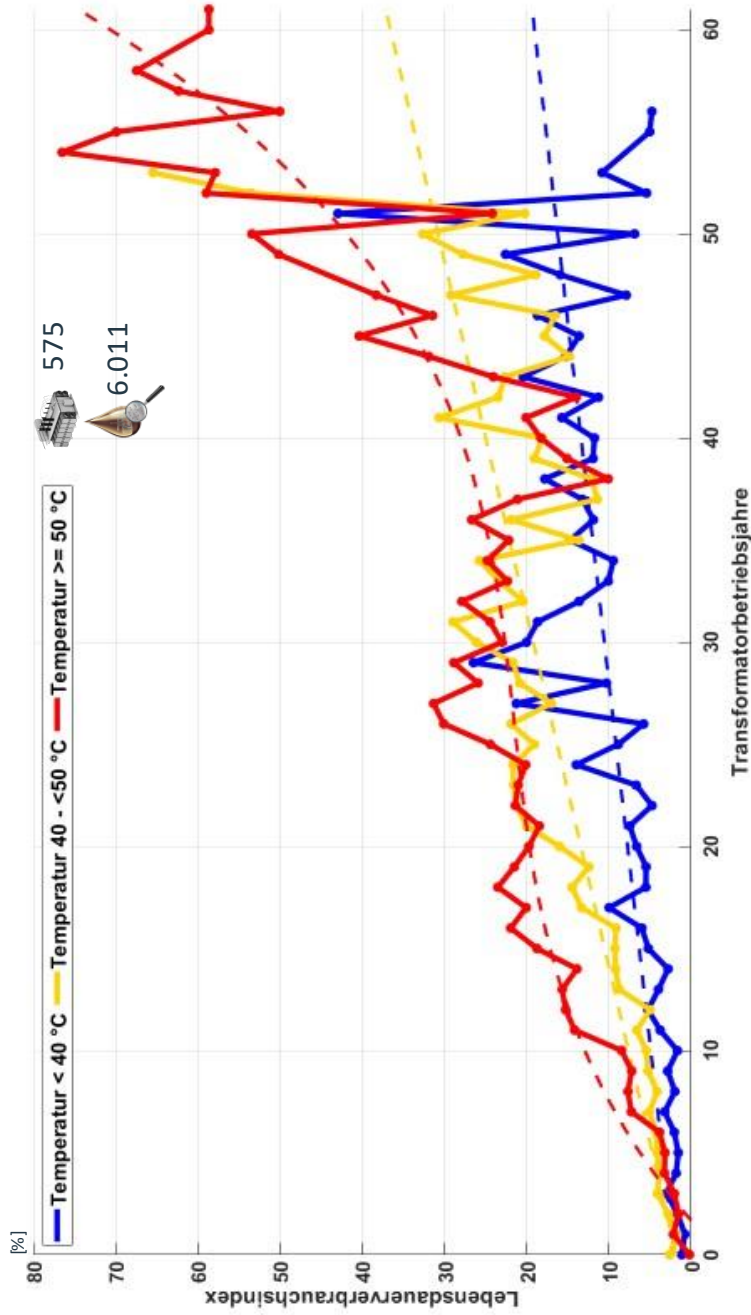
TEAM-Alterungsfaktoren



Zentrale Erkenntnisse VIII – Temperatureinfluss und Ölbehandlung



Temperatureinfluss auf Alterung



Hohe Temperaturen
lassen Transformatoren
schneller altern

Erster Ansatz:

- Berechnung einer repräsentativen Temperatur pro Transformator (90%-Quantil)
- Einteilung in Temperaturcluster
- Verfolgung des Alterungsverhaltens

Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavic | 23.02.2024



Ausblick: Forschungsschwerpunkte Folgeprojekt

Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavrić | 23.02.2024

Übersicht über Projektphasen von AHtra Advanced



Ausblick: Forschungsschwerpunkte Folgeprojekt



Härtung und Erweiterung der gesammelten Erkenntnisse



Validierung und weitere Detailanalysen



Ableitung von Asset-Management-Entscheidungen

Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavic | 23.02.2024

Vorläufige Projektpartner des „AHtra Advanced“-Projekts

																				
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------



Neue Erkenntnisse zum Alterungsverhalten von Hochspannungstransformatoren | Fredi Belavíc | 23.02.2024



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Großflächiger Stromausfall – Möglichkeiten zur Teilversorgung von kritischen Infrastrukturen

Dr. Ulrik Dietzler

Technischer Geschäftsführer

Energieversorgung Leverkusen GmbH & Co. KG



Wiederversorgung kritischer Infrastrukturen während eines langandauernden großflächigen Stromausfalls (Blackout)

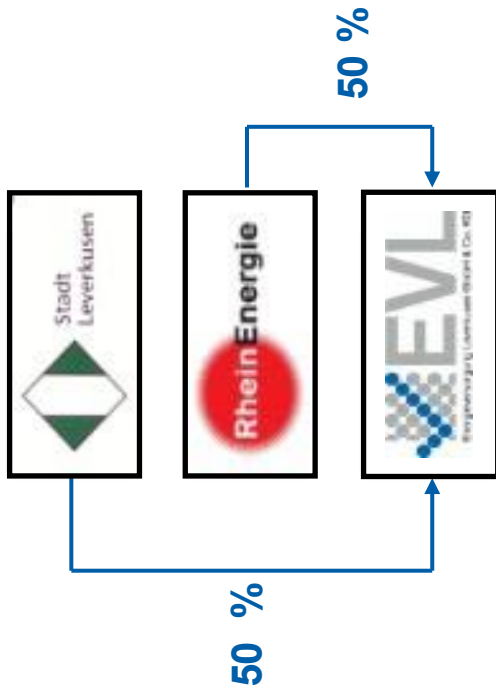
7. Wuppertaler Energie -Forum

23.02.2024

Dr. Ulrik Dietzler

- **Die Energieversorgung Leverkusener GmbH & Co. KG**
- **Was ist ein Blackout?**
 - Ursachen
 - Auswirkungen
- **Das Forschungsprojekt SiSKIN**
 - Das SiSKIN -Konzept
 - Labortest
 - Feldtest

Gesellschafter



EVL in Zahlen:

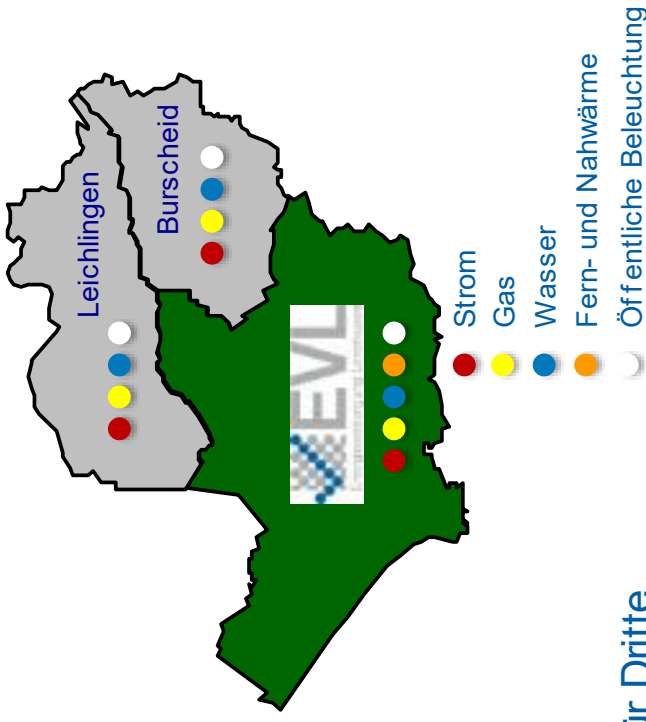


- Kunden: rd. 80.000
- Mitarbeiter: 372
- Versorgungssparten

- ✓ Strom 464 Mio. kWh
- ✓ Gas 732 Mio. kWh
- ✓ Wasser 9 Mio. m³
- ✓ Fernwärme 179 Mio. kWh
- Umsatzerlöse 218 Mio. €
- Bilanzsumme 186 Mio. €

Quelle: EVL (2022)

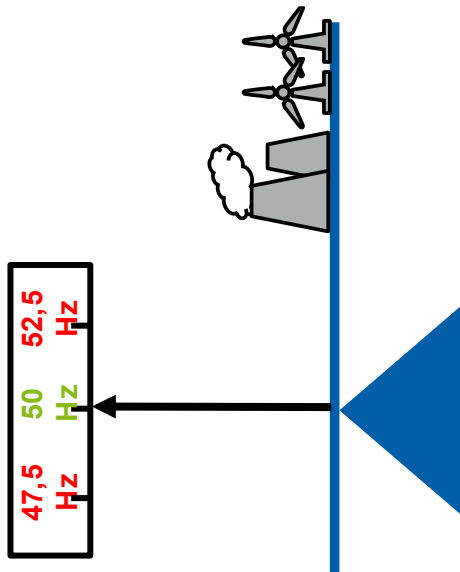
- „Erzeugung“
 - Wassergewinnung
 - Fern- und Nahwärmeerzeugung
 - Stromerzeugung aus BHKWs/EEG -Anlagen
- Versorgung
 - Energie- und Wasserversorgung in Leverkusen
- Betriebsführung
 - Energie- und Wassernetze in Leverkusen und für Dritte
 - Öffentliche Beleuchtung in Leverkusen und für Dritte



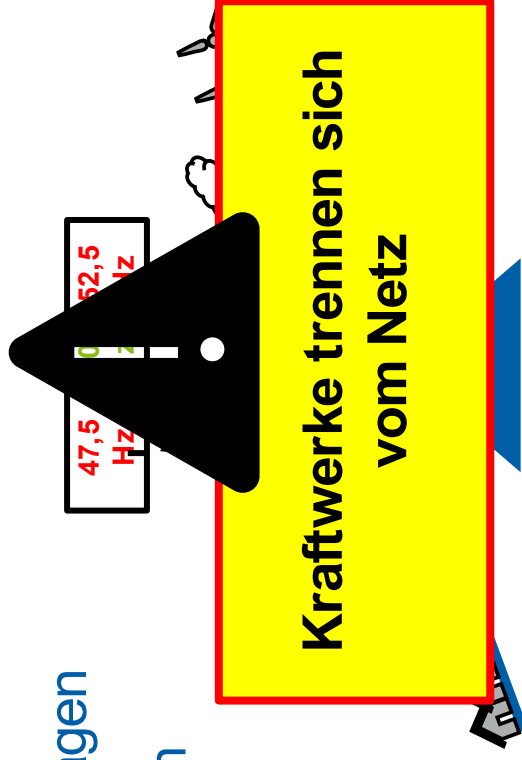
Definition der Bundesnetzagentur

„Ein **Blackout** ist ein unkontrolliertes und unvorhergesehenes Versagen von Netzelementen. Das führt dazu, dass größere Teile des europäischen Verbundnetzes oder das gesamte Netz ausfallen (sogenannter Schwarzfall)“

- Technisches und menschliches Versagen
- Kriminelle oder terroristische Aktionen
- Epidemien und Pandemien
- Extremwetterereignisse
- Steigende Dynamik der Stromnetze



- Technisches und menschliches Versagen
- Kriminelle oder terroristische Aktionen
- Epidemien und Pandemien
- Extremwetterereignisse
- Steigende Dynamik der Stromnetze



Kategorie	Dauer	Auswirkungen
Typ A:	8 Stunden	<ul style="list-style-type: none"> • Störung der Wasserversorgung (Ausfall der Pumpen) • Keine Versorgung mit Lebensmitteln (Ausfall der Kassensysteme) • Keine Kraftstoffversorgung (Ausfall der Kassensysteme & Zapfsäulen) • Probleme in der häuslichen Pflege (Ausfall der elektrischen medizinischen Geräte)
Typ B:	8 bis 24 Stunden	<ul style="list-style-type: none"> • Schwierigkeiten bei der Versorgung mit Arzneimitteln (Produktion & Kühlung) • Schwerpunkttankstellen, zu begrenzten Aufrechterhaltung der Kraftstoffversorgung
Typ C:	> 24 Stunden	<ul style="list-style-type: none"> • Versagen von kraftstoffbetriebener NSV (Mangel an Kraftstoff) • Überflutungsgefahr wegen stillstehender Abwasserentsorgung • Hygieneprobleme

23.02.2024

Wiederversorgung von KRITIS während eines Blackouts

8

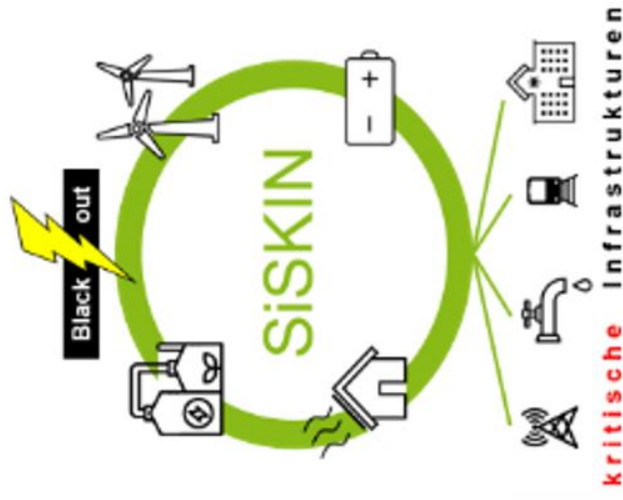
Quellen: Detlef Schulz, et al., Autarke Notstromversorgung der Bevölkerung unterhalb der ~~KSR~~ ~~FFW~~ ~~Selle~~, 2015

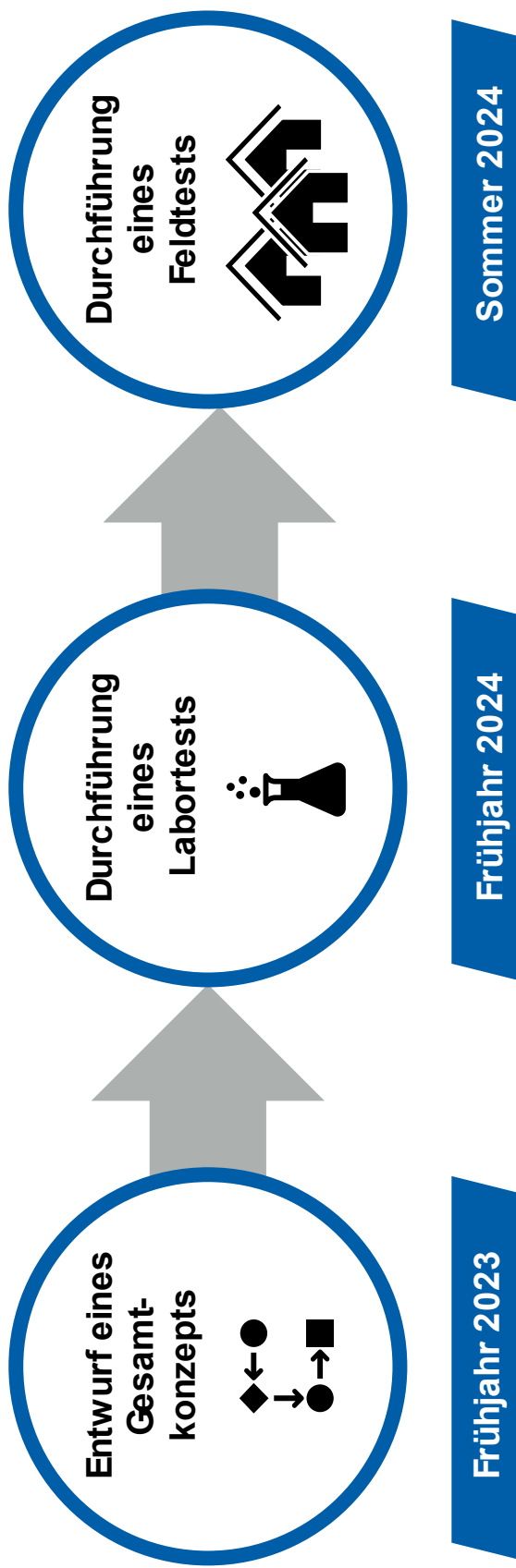
Motivation:

- Große gesellschaftliche Abhängigkeit von kritischen Infrastrukturen mit elektrischer Energieversorgung
- Steigende Wahrscheinlichkeit von Blackouts aufgrund Häufung von Extremwetterereignissen und kriegerischen Handlungen
- Verminderung schwerwiegender Folgen eines langandauernden großflächigen Stromausfalls

Ziel:

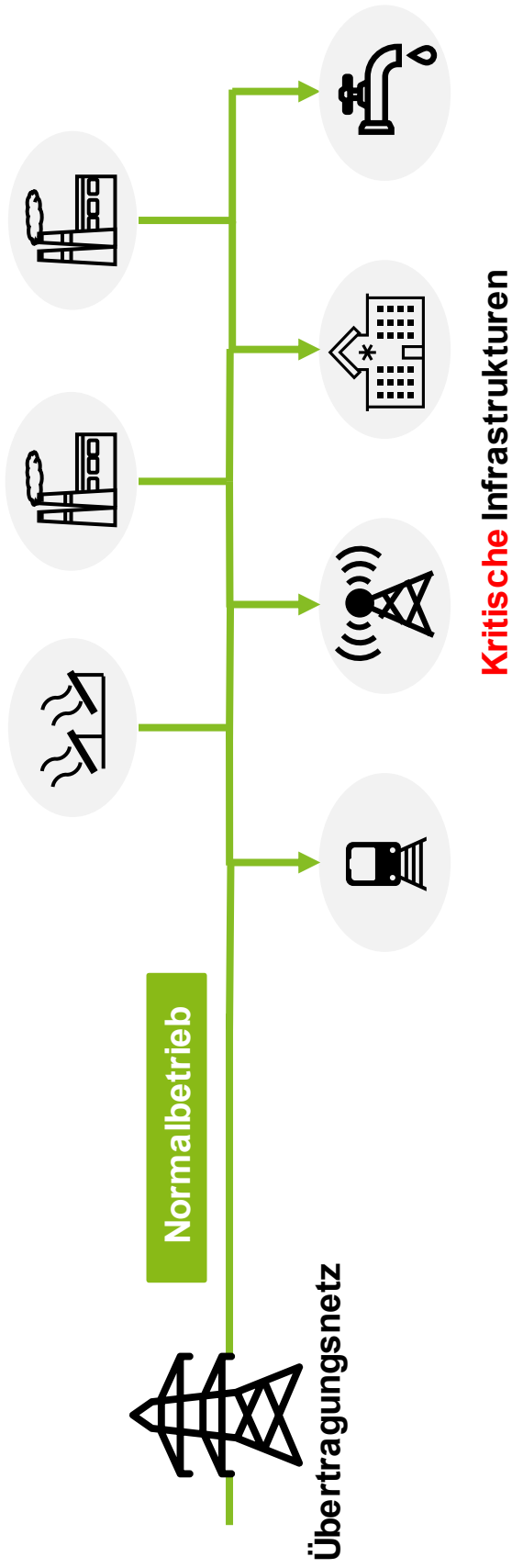
- Entwicklung von Konzepten für einen Teilnetzbetrieb von Verteilungsnetzen durch die Bildung von Inselnetzen
- Aufrechterhaltung und schnelle Wiederherstellung der elektrischen Versorgung kritischer Infrastrukturen



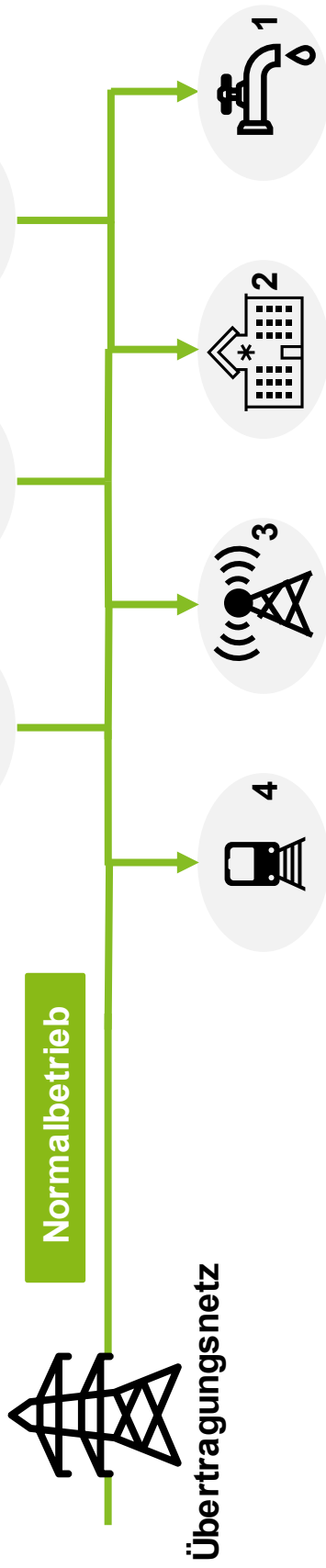


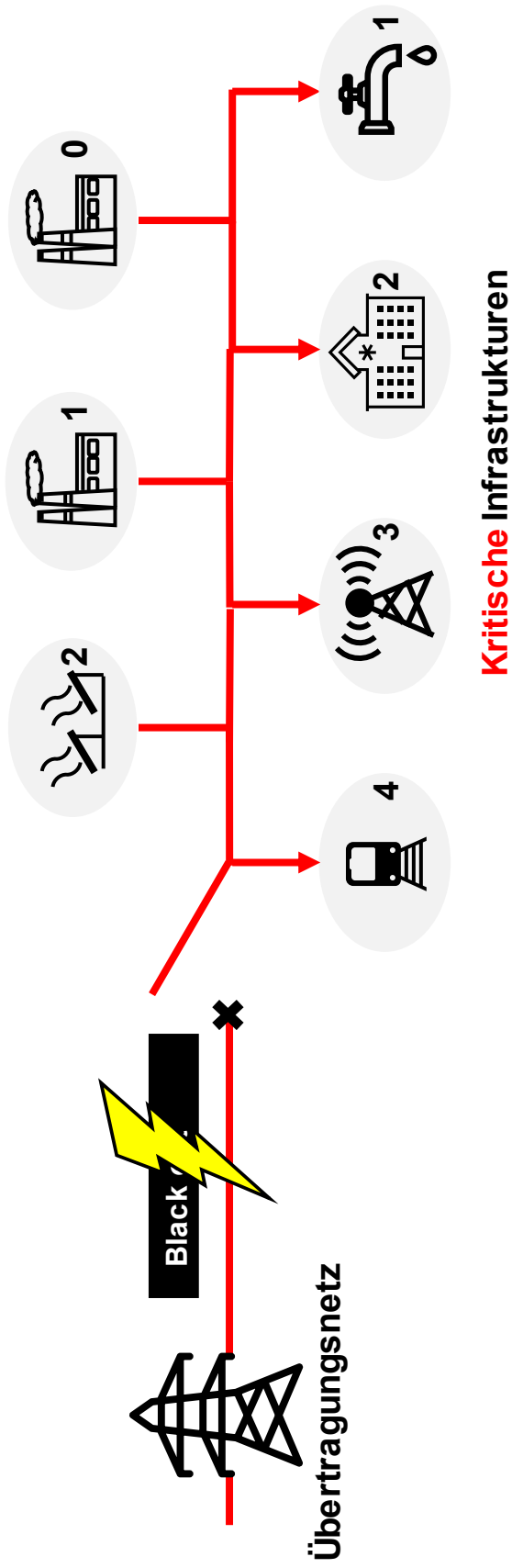
Spezifizierung der Bottom-Up Strategie

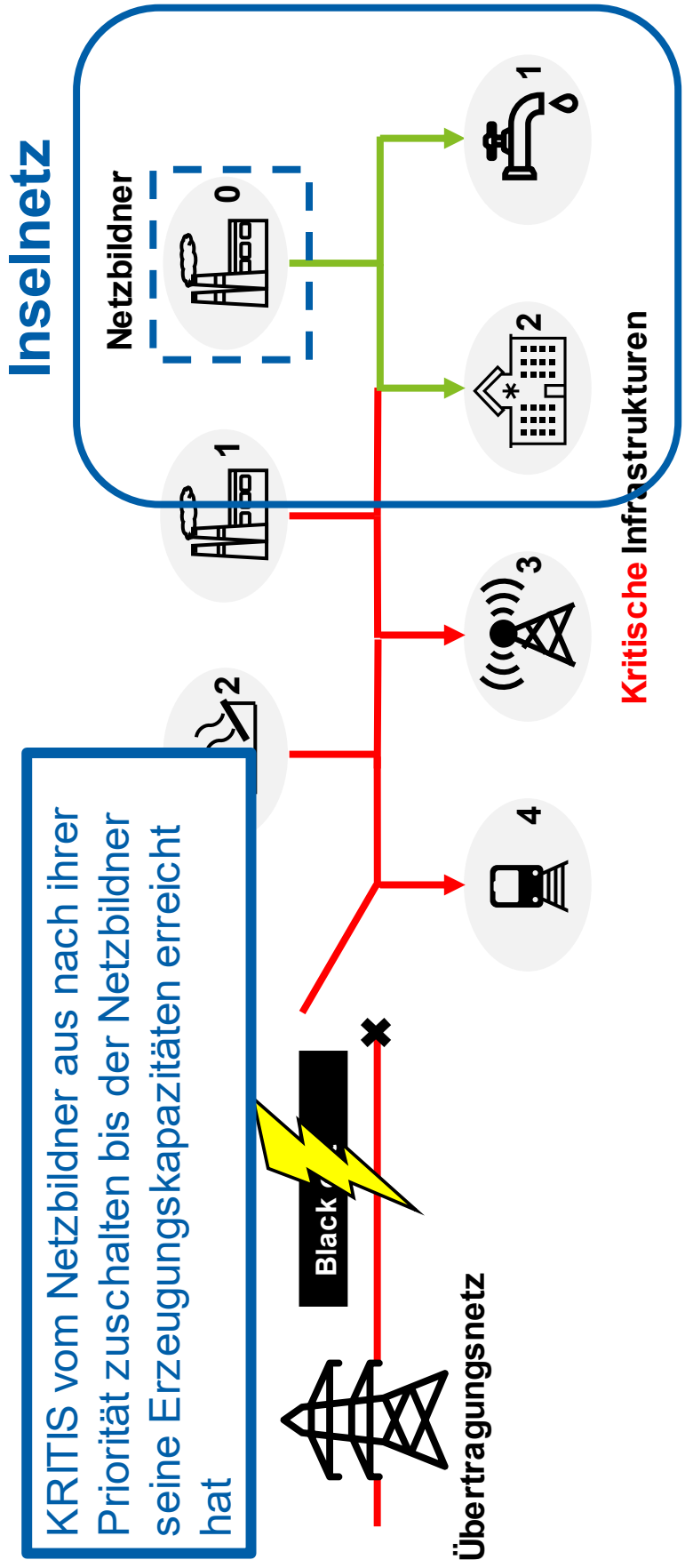
- Netzwiederaufbau erfolgt auf Verteilnetzebenen über dezentrale Erzeugungseinheiten
- Fokus liegt auf der Aufrechterhaltung des Betriebs von KRITIS
- Konzept über Eingabewerte (Verbraucher - und Versorgerprioritäten sowie Netzdaten) auf verschiedene Verteilnetztopologien individualisierbar

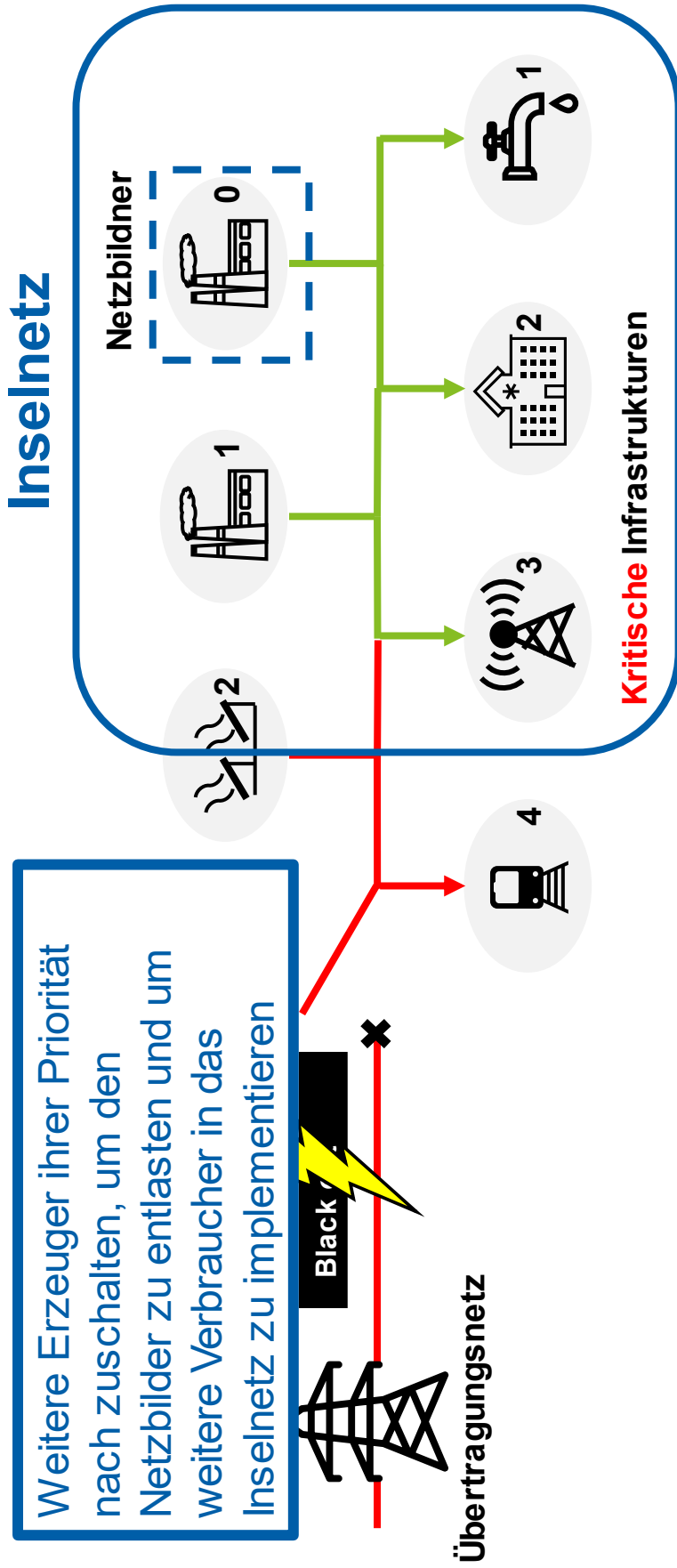


Verbraucher - und Erzeugerprioritäten müssen vor dem Krisenfall festgelegt werden



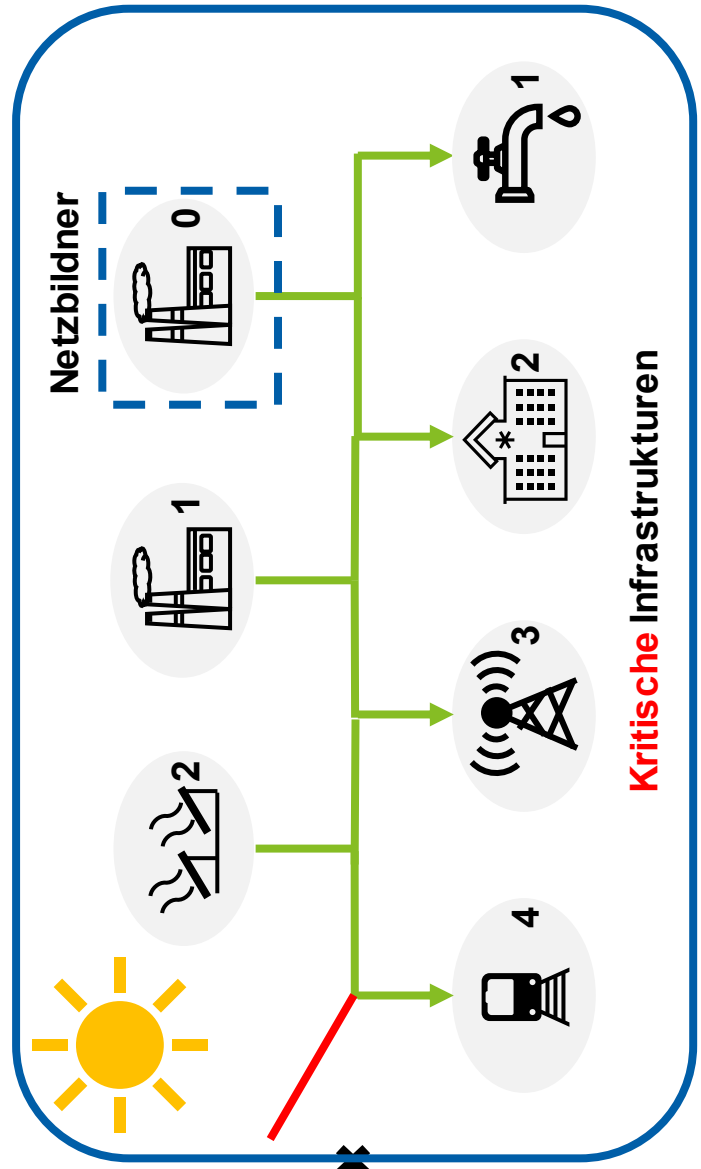




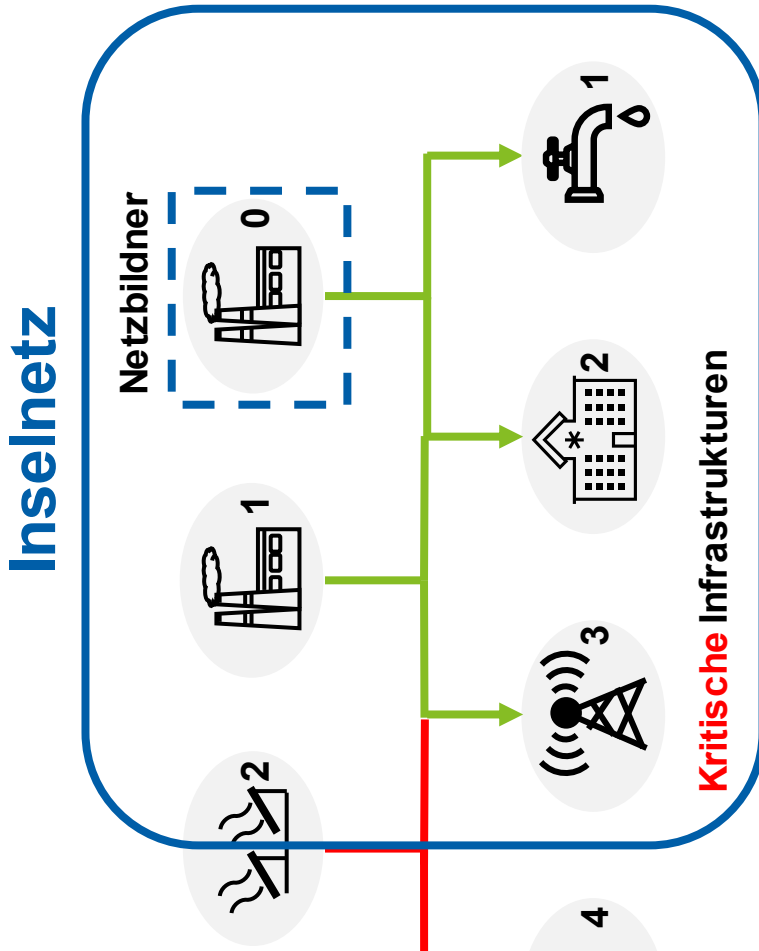
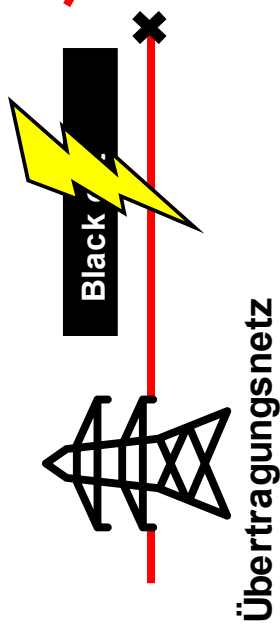


Inselnetz bei volatiler
Einspeisung zeitweise
weiter vergrößern

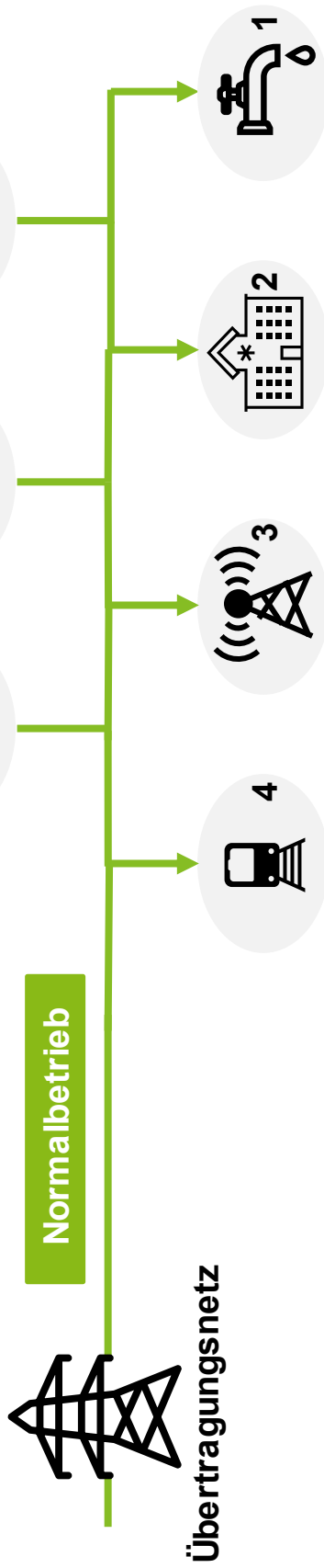
Inselnetz



Inselnetz beim Wegfall von volatiler Einspeisung wieder verkleinern



Inselnetz mit dem überlagerten Netz synchronisieren sobald es wieder im Betrieb ist



Kritische Infrastrukturen

- Der Labortest wird im Smart Grid Labor auf dem Campus Freudenberg der BUW durchgeführt
- Im Rahmen von SiSKIN wurde das Testnetz um eine netzbildende Einheit erweitert, um dort Inselnetzversuche durchführen zu können



Netzbildende Wechselrichter der Firma SMA mit 100 kW elektrischer Leistung

Smart Grid Labor

- Niederspannungstestnetz, in dem Stromversorgungs-konzepte mithilfe realer Netzkomponenten und Stromflüsse in einer geschützten Umgebung getestet werden können
- Gestaltung der Testnetzkonfiguration ist flexibel und kann individuell über die installierten Komponenten, wie
 - Lastbänke,
 - Ladesäulen für EPKWs,
 - PhotovoltaikAnlage,
 - und Frequenzumrichter
 angepasst werden

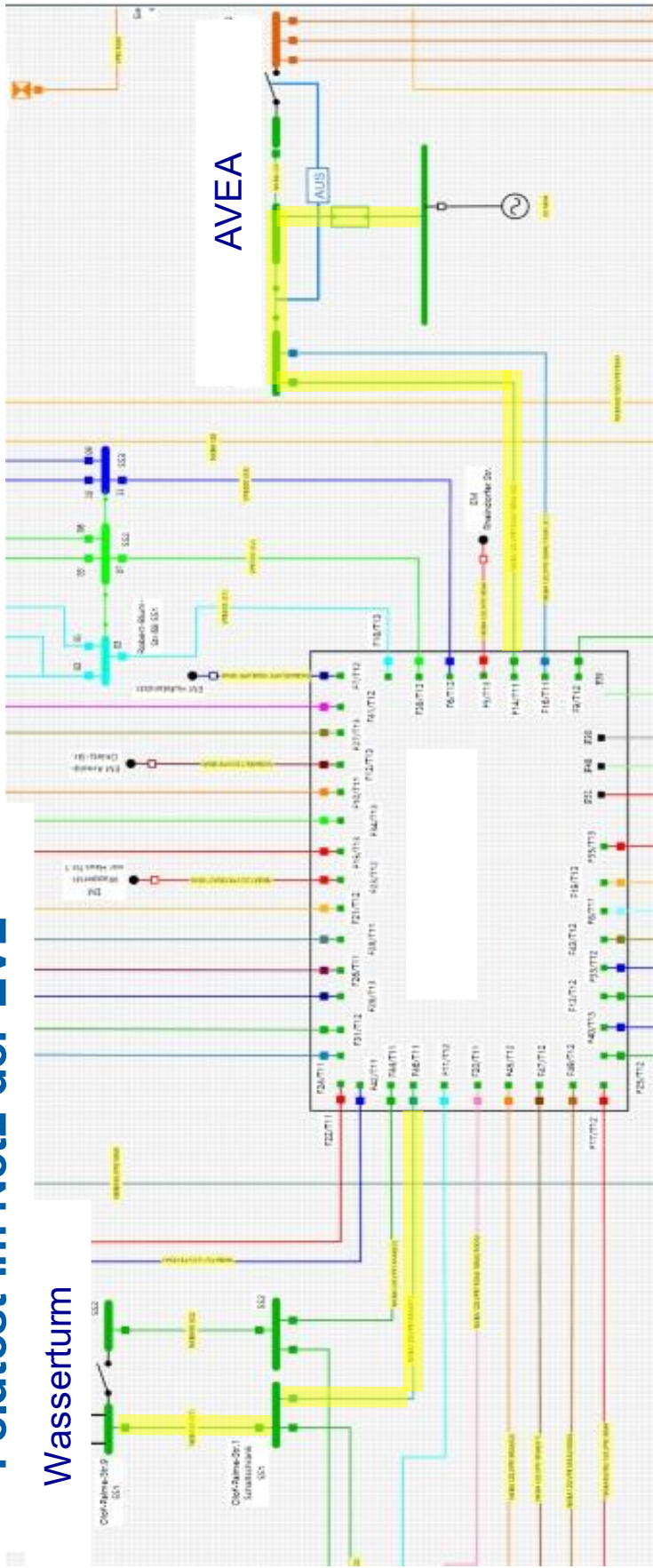
Feldtest im Netz der EVL

- Möglichst ohne Rückwirkungen auf (egal welche) Verbraucher,
- genügend großer Leistungsbedarf und
- möglichst gut weiterzuentwickeln

⇒ Vom Netzbildner AVEA zu (eigener) KRITIS -Anlage Wasserturm (Netzpumpen)

▪ **Feldtest im Netz der EVL**

Wasserturm



23.02.2024

Wiederversorgung von KRITIS während eines Blackouts

22

Wenn es klappt (und es wird klappen!), haben wir ein echtes WIN-WIN

- **Die Wasserversorgung ist bestmöglich abgesichert,**
- **einige KRITIS -Einrichtungen können versorgt werden und**
- **die Fernwärmeversorgung ist bestmöglich abgesichert**
(AVEA produziert und verteilt weiter Fernwärme und unser eigenes Heizwerk und die Netzpumpen sind in der Betriebsstätte am Wasserturm)



Vielen Dank!



Auswirkungen der kommunalen Wärmeplanung auf die Energienetze

Thomas Lehmann

Leiter Netzentwicklung und Projekte

Westenergie AG

Jennifer Olde

Referentin Assetgrundsätze & Nachhaltigkeit

Westnetz GmbH

Teil der
westenergie

Westnetz Wärmestudie Weichenstellung für die Klimawende

DigiKoo



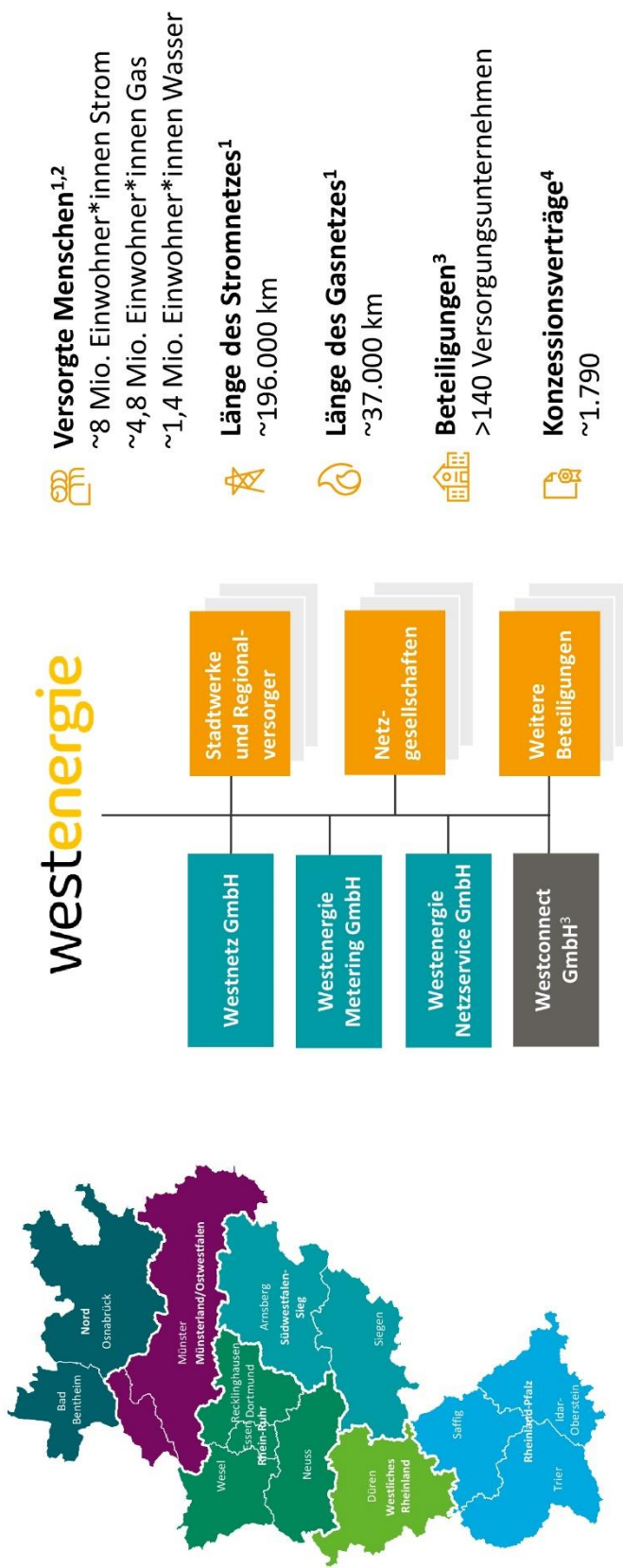
7. Wuppertaler Energie-Forum
Westenergie AG · Lehmann, Olde · 23. Februar 2024



Die Westenergie

westenergie

Westenergie hält neben dem Verteilnetzbetreiber Westnetz weitere funktionale und regionale Beteiligungen

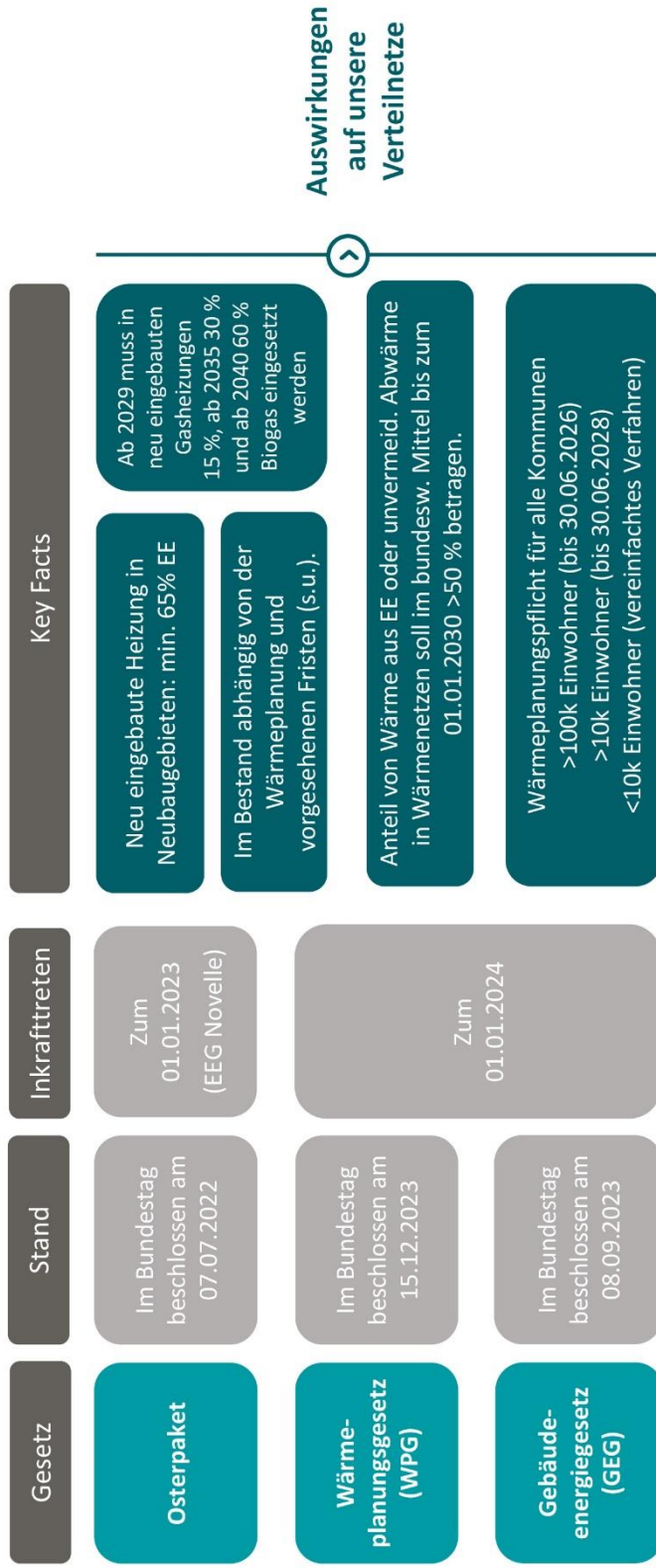


Zahlen basierend auf Werten aus 2021: ¹ Westenergie-Gruppe, inkl. vollkonsolidierte Beteiligungen, | ² ~6,1 Mio. Haushalte Strom und Gas, ~128 Tsd. Unternehmen Strom und Gas, 21 versorgte Kommunen Breitband.
³ Davon: ~40 Stadtwerke und Regionalversorger, ~70 Netzgesellschaften, ~30 sonstige Beteiligungen, | ⁴ Strom & Gas: inkl. Netzgesellschaften, inkl. vollkonsolidierte Beteiligungen, inkl. Netzgesellschaften, exkl. vollkonsolidierte Beteiligungen: 1.600

Westenergie AG · Lehmann, Olde · 23 Februar 2024, 7. Wuppertaler Energie-Forum

Hintergrund

Wir reagieren auf die Herausforderungen des Osterpakets und die aktuelle Gesetzeslage



Auswirkungen auf unsere Verteilnetze

Wir adressieren zentrale Herausforderungen im Kerngeschäft und beantworten Fragen zur Wärmewende

Partner

westenergie
Technisches
Kompetenzzentrum

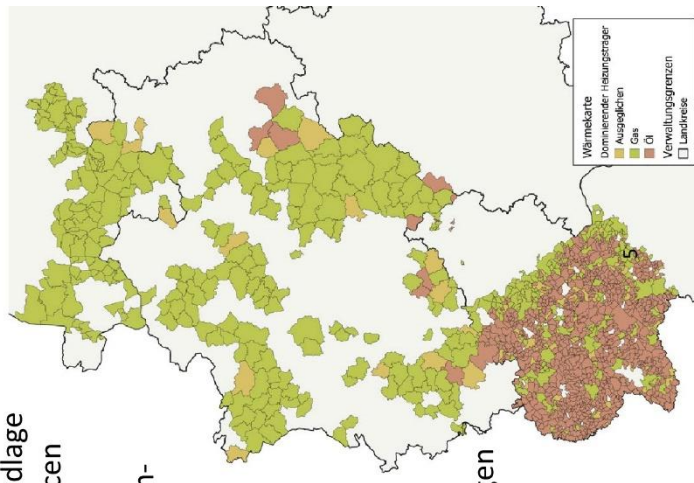
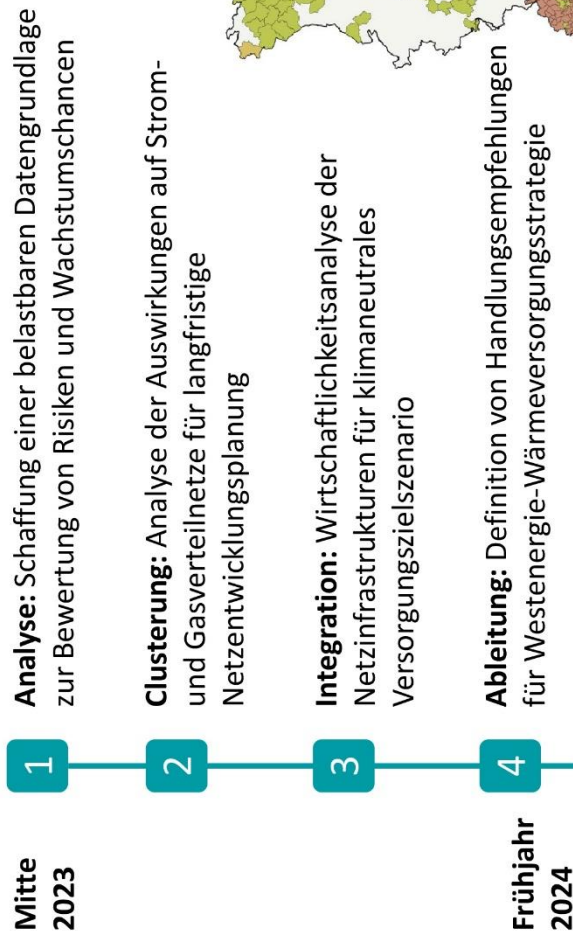
westnetz
Regulierung

Assetmanagement

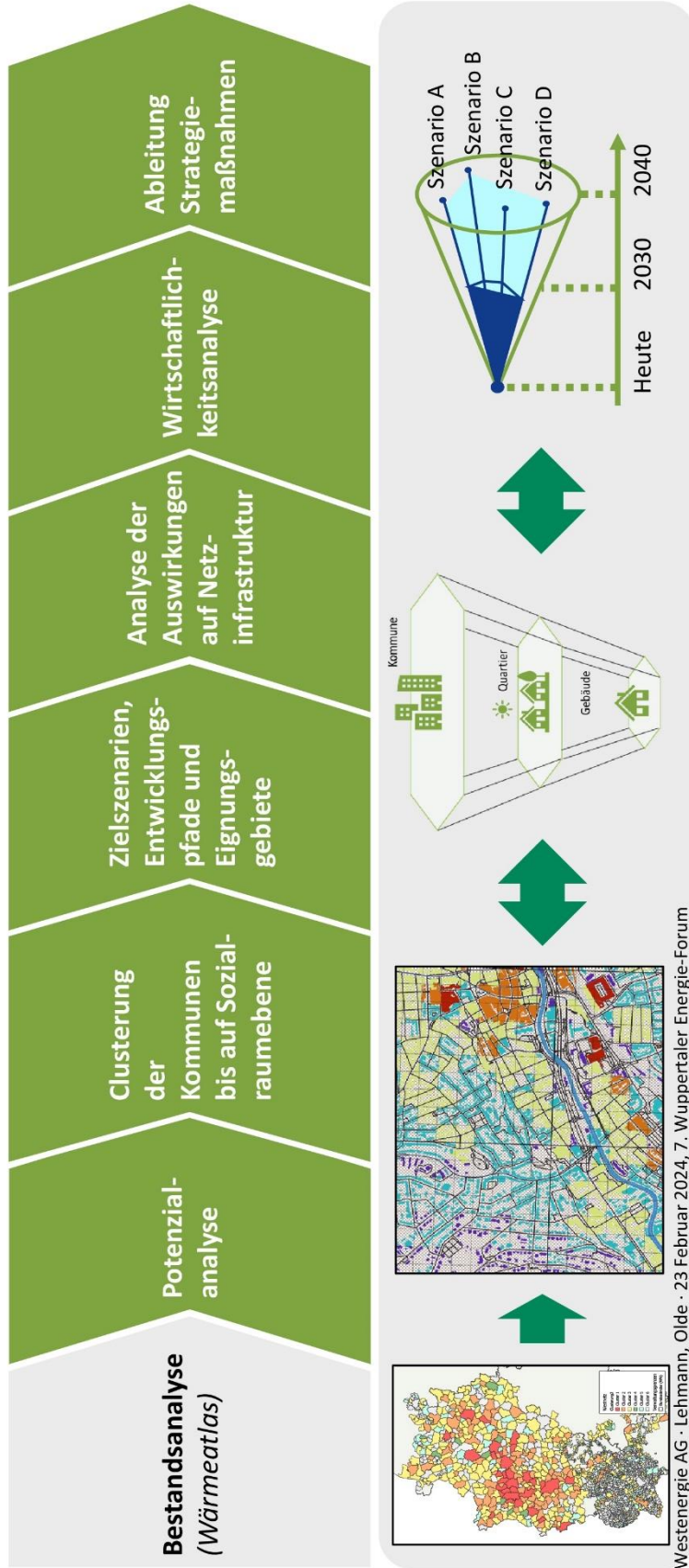
DigiKoo

BMU
Energy Consulting

Datengetriebene Entwicklung strategischer Transformationspfade in 4 Phasen



Ausgehend von der Bestandsanalyse leiten wir Strategiemaßnahmen ab

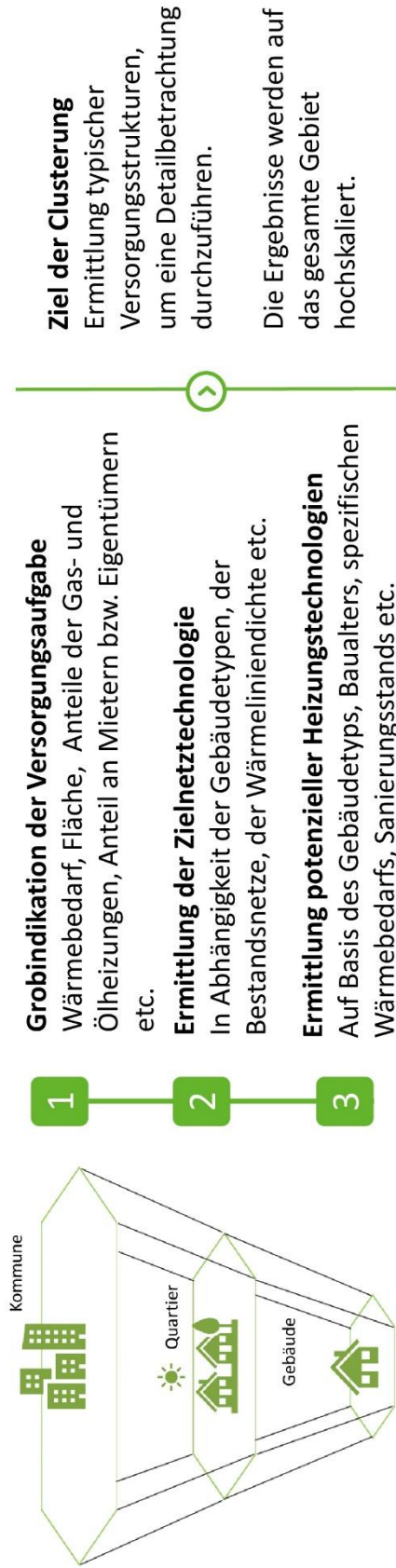


Westenergie AG · Lehmann, Olde · 23 Februar 2024, 7. Wuppertaler Energie-Forum

Die Clusterung im Mittelpunkt der Methode

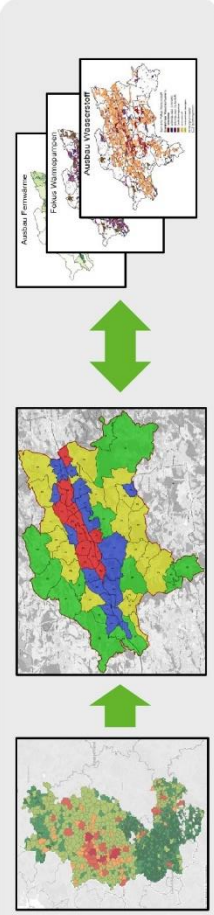
westenergie

Identifizierung von relevanten Clusterparametern auf unterschiedlichen Ebenen



Deep Dive Clusterung

Im Rahmen des Projektes findet eine Analyse aller Gemeinden im Versorgungsgebiet (Makrosicht) und eine Clusterung bis auf Sozialraumebene statt. Über Repräsentanten der Cluster wird eine exakte Detailanalyse bis auf Sozialraumebene durchgeführt (Mikrosicht).



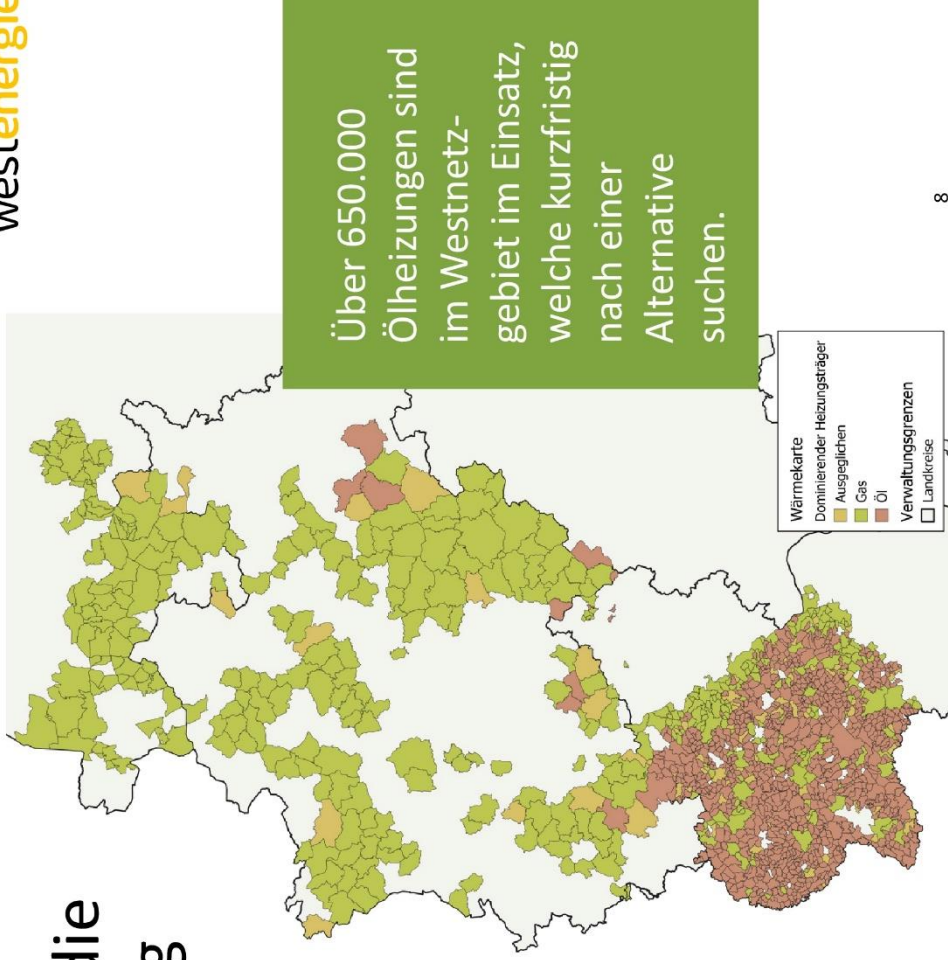
Westenergie AG · Lehmann, Olde · 23. Februar 2024, 7. Wuppertaler Energie-Forum

7

Analyse und Clusterung

Die Bestandsanalyse bildet die Grundlage für die Clusterung

- Die aktuell pro Kommune dominierende Heizungstechnologie ist regional sehr unterschiedlich
- In NRW ist in fast allen Kommunen die Gasheizungen meistgenutzte Technologie, wobei in Rheinland-Pfalz in den meisten Kommunen Ölheizungen diese Position einnehmen
- Die Bestandsanalyse geht als Ausgangsgröße in die Identifizierung der Cluster ein. Ein Faktor bildet dabei die hier untersuchte Heizungstechnologie

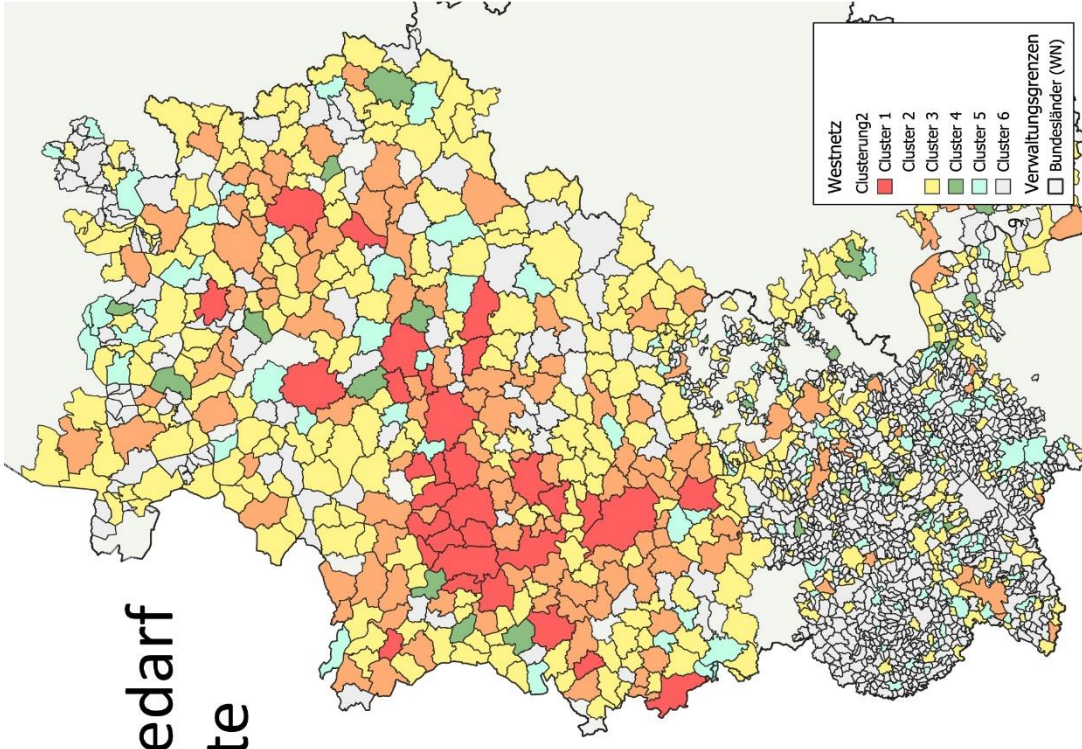


Analyse und Clusterung

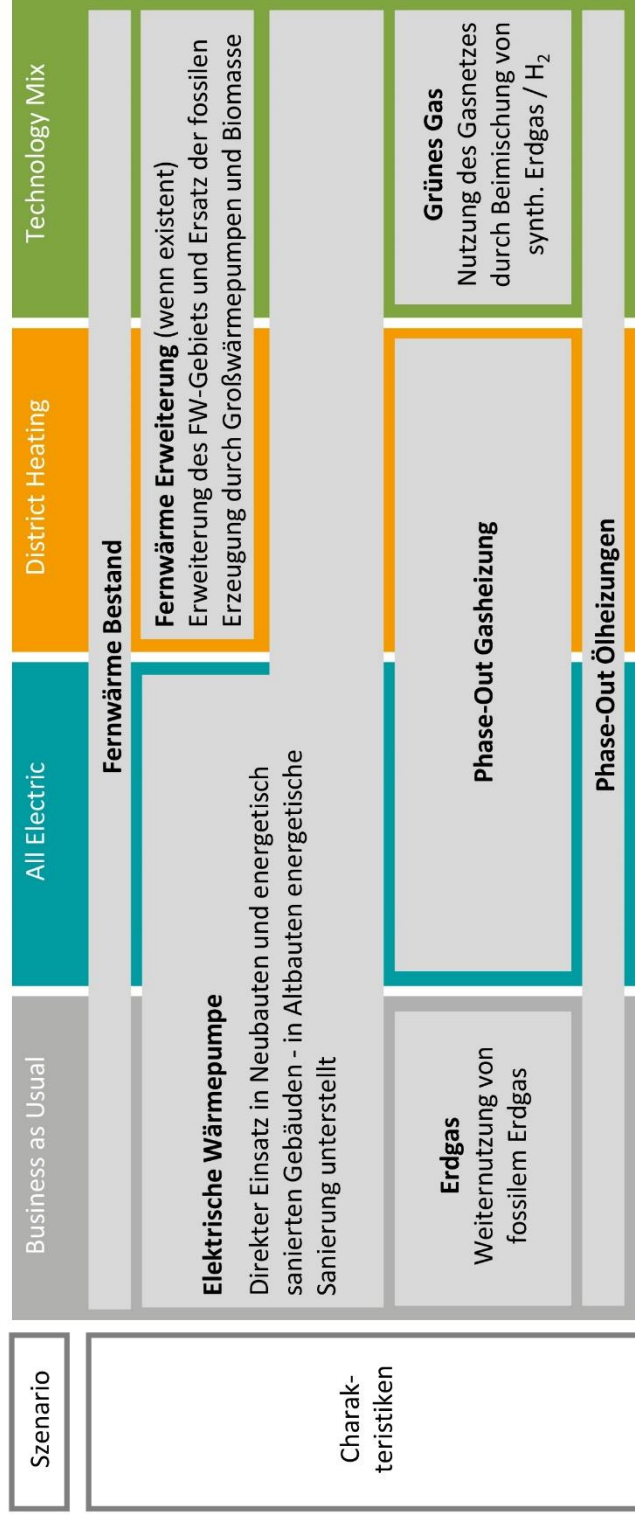
Wärmeversorgungsstransformation bedarf sehr vieler unterschiedlicher Konzepte

- Für die Clusterung auf Kommunen-Ebene werden folgende Parameter genutzt:
 - Spezifischer Wärmebedarf
 - Verhältnis von Gas- zu Ölheizungen und
 - Verhältnis von vermieteten zu von Eigentümer bewohnten Wohnungen
- Dadurch ergeben sich auf kommunaler Ebene die folgenden Cluster:
 - Cluster 1: Großstadt mit wärme- und gasnetzdominierter Wärmeversorgung
 - Cluster 2: (Groß-)Stadt mit gasdominierter Wärmeversorgung (ohne relevantes Wärmenetz)
 - Cluster 3: Mittelstadt mit gas- und heizöldominierter Wärmeversorgung
 - usw.

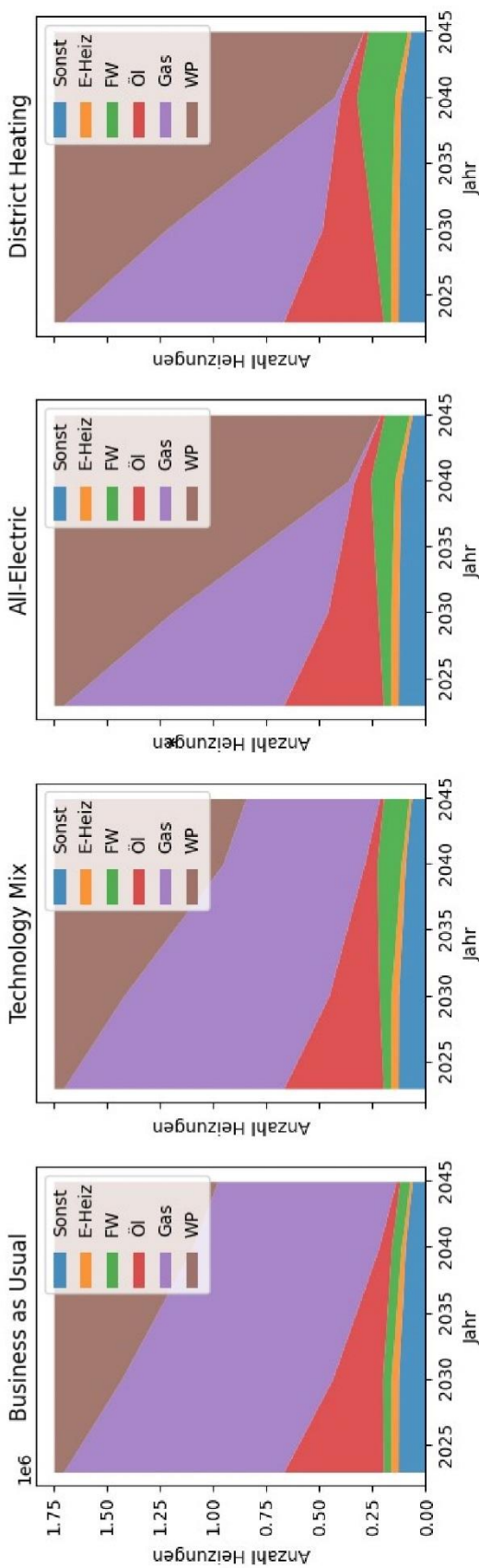
Westenergie AG - Lehmann, Olde - 23 Februar 2024, 7. Wuppertaler Energie-Forum



Die Betrachtung unterschiedlicher Szenarien ermöglicht eine Einschätzung zur Robustheit der Ergebnisse



Die Ergebnisse der Szenarien spannen den Betrachtungsrahmen auf

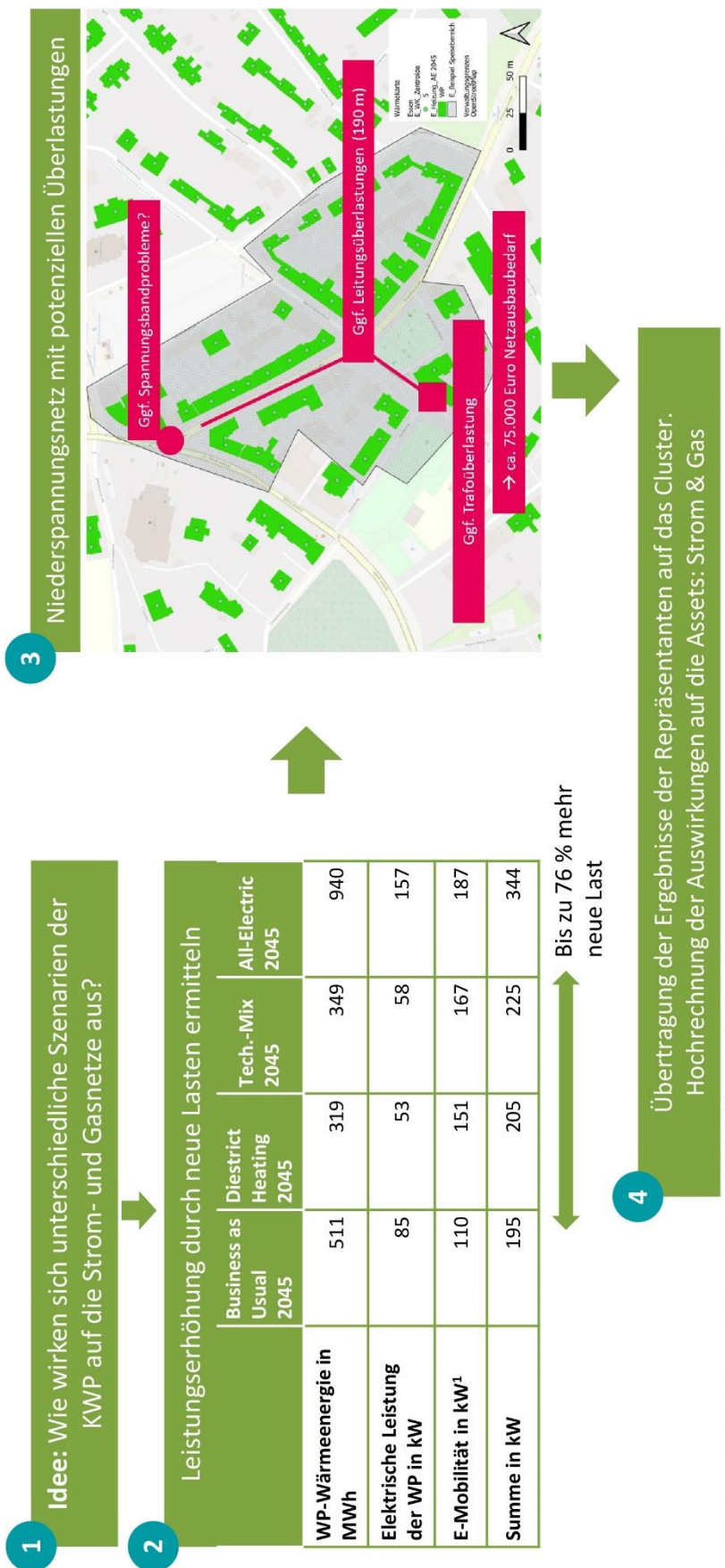


! Es handelt sich hierbei um Extremszenarien. Ein realistisches Szenario, welches die wahrscheinlichsten Entwicklungen zusammenführt wird derzeit erstellt und berechnet. Es werden zudem weitere Technologien betrachtet.

*Im Technology Mix Szenario findet eine Transformation zu grünen Gasen statt

Westenergie AG · Lehmann, Olde · 23 Februar 2024, 7. Wuppertaler Energie-Forum

Auswirkungen auf Niederspannungsnetze



Westenergie AG - Lehmann, Olde · 23 Februar 2024, 7. Wuppertaler Energie-Forum

1: Beispiel mit 50, 20, 30, 40 Ladepunkten mit 22 kW und Gleichzeitigkeit nach Wintzek et. Al., Uni Wuppertal 2022

Erkenntnisse zum derzeitigen Projektstand



Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung ist eine enorme Herausforderung!



Klimaneutrale Wärmequellen sind sehr lokal und oft schwer/ nur sehr kostenintensiv erschließbar



Wärmenetze können nur partiell eine Lösung sein



Für eine Dekarbonisierung werden insbesondere Wärmepumpen & Wärmenetze, aber auch grüne Gase benötigt



Spartenübergreifende Planung essentiell, damit Auswirkungen auf Strom- und Gasnetze ersichtlich werden



VNB-Herausforderungen wachsen:
- Aus- & Aufbau von Wärmenetzen
- Verstärkung der Stromnetze
- Einbindung grüner Gase

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

Impressum

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

42119 Wuppertal

Tel.: 0202/439-1976

Fax: 0202/439-1977

zdrallek@uni-wuppertal.de

www.evt.uni-wuppertal.de

Redaktion und Gestaltung

Dr.-Ing. Michael Popp

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 2024

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

- Band 26:** Zdrallek, Markus (Hrsg.): Tagungsband zum 5. Wuppertaler Energie-Forum, 2020
- Band 27:** Schäfer, Karl Friedrich: Netzberechnung - Übungsaufgaben mit Lösungen, 2020
- Band 28:** Dahlmann, Benedikt: Aktivierung und Vermarktung industrieller Flexibilitätsoptionen mittels eines dynamischen Stromtarifs, 2020
- Band 29:** Ludwig, Marcel: Aktivierung und Vermarktung industrieller Flexibilitätsoptionen mittels eines dynamischen Stromtarifs, 2020
- Band 30:** Zdrallek, Markus (Hrsg.): Seminar "Elektromobilität in der Netzplanung" - Strategien für Ladeinfrastruktur, Anwendungsfälle und Praxisbeispiele, 2020
- Band 31:** Korotkiewicz, Kamil: Koordinierte, teilautarke Regelung von Mittelspannungsnetzen unter Einsatz dezentraler Automatisierungslösungen, 2021
- Band 32:** Steinbusch, Philippe: Adaptive, aufwandsminimale und fehlerrobuste Automatisierung von Niederspannungsnetzen, 2021
- Band 33:** Möhrke, Fabian: Auswirkungen der Energiewende auf die Zuverlässigkeit von Nieder- und Mittelspannungsnetzen, 2021
- Band 34:** Wruk, Julian: An Optimisation Approach to Automated Strategic Network Planning at Low-Voltage Level, 2021
- Band 35:** Zdrallek, Markus (Hrsg.): Planungs- und Betriebsgrundsätze für städtische Verteilnetze, 2021
- Band 36:** Kamps, Kristof: Auswirkungen von Smart-Grid-Technologien auf die Zuverlässigkeit von Mittel- und Niederspannungsnetzen, 2021
- Band 37:** Cibis, Kevin: Automatisierte Zielnetzplanung zur Entwicklung von innovativen Planungsgrundsätzen für ländliche Niederspannungsnetze in Europa, 2022
- Band 38:** Stephan, Jessica: Modulare Netzzustandsprognosen für Mittel- und Niederspannungsnetze, 2022
- Band 39:** Schmidt, Robert: Gewinnoptimale Vermarktung lastseitiger Flexibilitätsoptionen in Virtuellen Kraftwerken, 2022
- Band 40:** Paulat, Frederik: Lokale Flexibilitätsmärkte für das präventive Engpassmanagement von Mittelspannungsnetzen, 2022
- Band 41:** Zdrallek, Markus (Hrsg.): Tagungsband zum 6. Wuppertaler Energie-Forum, 2022
- Band 42:** Kotthaus, Kevin: Marktbasierter Flexibilitätseinsatz zur präventiven Netzengpassbewirtschaftung in Mittel- und Niederspannungsnetzen, 2022
- Band 43:** Dalamaras, Petros: Realitätsgerechte Alterungsmodelle von Mittelspannungs-Netzstationen als Basis optimierter Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien, 2022
- Band 44:** Garzon-Real, James: Ein Netzautomatisierungskonzept für gekoppelte Strom- und Gasverteilnetze, 2022
- Band 45:** Uhlemeyer, Björn: Optimale Eigenversorgung in zellularen Energiesystemen auf Mittel- und Niederspannungsebene, 2022
- Band 46:** Hobert, Alexander: Analyse der Flexibilitätsoptionen zur Optimierung des elektrischen Energiesystems von urbanen Quartieren, 2023
- Band 47:** Zdrallek, Markus (Hrsg.): Tagungsband: NRW Kompetenzzentrum Zustandsbewertung, 2023
- Band 48:** Azad, Schaugar: Optimierte Netzzustandsschätzung von Niederspannungsnetzen durch Integration von Smart Meter Daten in Automatisierungssysteme, 2023
- Band 49:** Zdrallek, Markus (Hrsg.): Tagungsband BUW Workshop Sektorenübergreifende Planungs- und Betriebsgrundsätze für Energienetze, 2023
- Band 50:** Baumeister, Dirk: Betrieb und Planung von Oberleitungsbussystemen, 2023
- Band 51:** Wazifehdust, Mahjar: Prädiktive Regelung und Optimierung eines Oberleitungsbussystems, 2023
- Band 52:** Modemann, Marcel: Adaptive Netzzustandsidentifikation zur Automatisierung von Mittel- und Niederspannungsnetzen, 2023
- Band 53:** Abohat, Mohamed: Real-World Simulation Model for Advanced Analyses and Developments of Trolleybus Systems, 2023

Band 54: Wintzek, Patrick: Innovative Grundsätze für die strategische Planung von städtischen Niederspannungsnetzen im Kontext der Sektorenkopplung, 2023

Band 55: Weber, Jens: Analyse des Blindleistungspotentials von zukünftigen Verteilnetzen, 2023

Band 56: Kerzel, Marco: Dynamische Vermaschung von Mittelspannungsnetzen zur Erhöhung der Stromnetzkapazität, 2023

Band 57: Reske, Thorsten: Alterungsverhalten von Mittelspannungskabelanlagen, 2023

Band 58: Ali, Shawki: New Strategic Planning Guidelines for Urban Medium-Voltage Grids, 2023

Band 59: Koralewicz, Marlon: Integrierte Simulation gekoppelter Strom-, Gas- und Wärmesysteme, 2023

Band 60: Koch, Markus: Verbesserte Netzzustandsidentifikation in der Niederspannung durch Breitband Powerline Technik, 2023

Band 61: Pack, Sven: Realisierung eines regionalen Flexibilitätsmarktes auf Basis des BDEW-Ampelkonzeptes, 2023

Band 62: Möller, Christian: Marktorientierter, systemdienlicher und netzdienlicher Einsatz der Ladeflexibilität von Elektrofahrzeugen, 2024