



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Mit freundlicher Unterstützung von:



BILFINGER

EnergieAgentur.NRW
klimaschutz made in nrw



mainova

SAG

UTILITY PARTNERS

VORWEG GEHEN



2. Wuppertaler Energie-Forum 17.01.2014

2. Wuppertaler Energie-Forum

17. Januar 2014

**Neue Energie aus Wuppertal
Band 3**



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

2. Wuppertaler Energie-Forum

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

Bergische Universität Wuppertal

17. Januar 2014

13 - 17 Uhr

Hörsaal FZH 1

Campus Freudenberg

Rainer-Gruenter-Straße

42119 Wuppertal

Das 2. Wuppertaler Energie-Forum wird unterstützt von:



UTILITY PARTNERS





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

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Freunde des Lehrstuhls für Elektrische Energieversorgungstechnik,
die Energieversorgung in Deutschland befindet sich in einem grundlegenden
und nie dagewesenen Wandel. Insbesondere auf die Stromversorgungsnetze
kommen durch die Energiewende völlig neue Herausforderungen zu. Genau
daran arbeiten wir in Wuppertal.

Im Rahmen des 2. Wuppertaler Energie-Forums werden wieder hochaktuelle
und praxisnahe Projekte der drei Forschungsschwerpunkte
„Zustandsbewertung von Netzen“, „Netzstrukturen und Netzbetrieb“ und
„Intelligente Netze und Systeme“ präsentiert. Auch diesmal konnten wir
renommierte Referenten der Energieversorgungsbranche für die Vorstellung
der Projektergebnisse gewinnen.

Ich freue mich, Sie in Wuppertal zu einer Vielzahl interessanter Vorträge und
Diskussionen begrüßen zu dürfen.

Ihr

Inhalt

Keynote: „Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung“ ... 7

Prof. Dr.-Ing. Klaus-Dieter Maubach

Zustandsbewertung von gasisolierten Hochspannungsschaltanlagen15

Dr.-Ing. Stefan Küppers, Westnetz GmbH

Realitätsgerechte Zustandsbewertung von Verteilungsnetzen25

Reiner Timmreck, Stadtwerke Iserlohn GmbH

Smart Grids im Praxistest, Teil 145

Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner, Mainova AG

Smart Grids im Praxistest, Teil 259

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

Optimierung des Netzbetriebs auf Übertragungsnetzebene75

Dipl.-Ing. Joachim Pfister, TransnetBW GmbH

Übergreifende Optimierung von Netz- und Betriebskosten87

Dr.-Ing. Michael Schwan, Siemens AG

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen.....97

Dipl.-Ing. Heinz Busch, DVGW e.V.

Impressum107

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

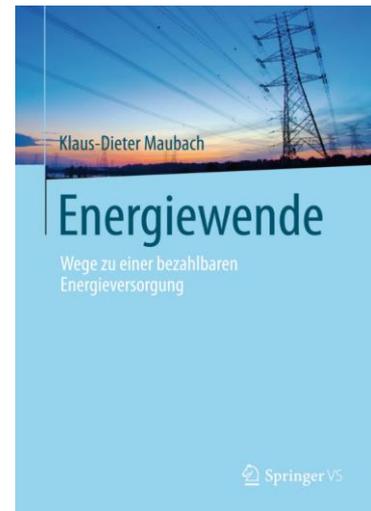
Prof. Dr.-Ing. Klaus-Dieter Maubach

Energiewende -

Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Die Energiewende im Koalitionsvertrag aus 2013 -

eine kritische Würdigung



2. Wuppertaler
Energie-Forum
17. Januar 2014

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Ausgangspunkt der großen Koalition aus CDU/CSU und SPD:

- Die deutsche Energiewende ist ein Generationenprojekt und bedeutet
 - eine Transformation des gesamten Energiesystems
 - von Kohlenstoff - basiert (ca. 80 % in 2012)
 - nach Erneuerbar (ca. 60 % in 2050) und damit
 - eine langfristige, sehr kapitalintensive Investition in die Zukunft.

Bewertung:

- Die Energiewende ist politisch und gesellschaftlich akzeptiert.
- Die Ziele der Energiewende sind partei - politischer Konsens und stehen im Einklang mit wichtigen globalen Megatrends, insbesondere dem Klimawandel.
- Noch ist nicht entschieden, ob die Industrienation Deutschland.....
 -ein weltweiter Pionier mit Vorbildfunktion oder
 -ein energiepolitischer Geisterfahrer ist.

2

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Liste der Empfehlungen als Auszug aus dem Kapitel

„Politik für die Energiewende“ (Seite 225 ff.):

1. Zukunftssicherung deutscher Primärenergien, d.h. von Braunkohle und Erdgas
2. Stiftungsmodell für die deutsche Kernenergie
3. Mehr Energieeffizienz durch mehr Energieverbrauchstransparenz
4. Klarheit und Verlässlichkeit für den Emissionshandel
5. Eine Zukunft für Wind und Sonne durch die Kernsanierung des EEG
6. Ein neues Preissystem für die Netzregulierung
7. Sichere, faire Strommärkte durch Einlösung des Lieferversprechens
8. Koordinierung der Energiewende innerhalb der Bundesregierung

Im Folgenden: Ein bewertender Abgleich dieser Empfehlungen.....

..... mit dem Koalitionsvertrag der Bundesregierung aus 2013

3

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Die Empfehlungen im Detail:

1. Zukunftssicherung deutscher Primärenergien, d.h. von Braunkohle und Erdgas
 - Deutschland braucht auch in 2050 fossile Primärenergien (Anteil ca. 40%)
 - Deutschland verfügt über eigene Energierohstoffe in bescheidenem Umfang
 - Braunkohle und Erdgas müssen in Deutschland auch langfristig gefördert und zur Energieversorgung eingesetzt werden können
- Empfehlungen:
 - CCS Technologien im industriellen Maßstab erproben
 - Exploration von unkonventionellem Erdgas ermöglichen

Koalit. Vertrag



4

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Die Empfehlungen im Detail:

2. Stiftungsmodell für die deutsche Kernenergie

- Kernenergie ist in Deutschland ein unwiderrufliches Auslaufmodell; es muss ein geordneter Ausstieg organisiert werden
- Rechtliche Auseinandersetzungen zwischen Betreibern und Regierung sind zu beenden; Sicherheit des Auslaufbetriebes hat Priorität

• Empfehlungen:

- Eigentum aller Kernkraftwerke unter einem Dach
- Betrieb, Rückbau und Endlagerung in eine Stiftung

Koalit. Vertrag



5

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Die Empfehlungen im Detail:

3. Mehr Energieeffizienz durch mehr Energieverbrauchstransparenz

- Energieeffizienz ist der „schlafende Riese“ der Energiewende
- Staatliche Regulierung zur Energieeffizienz muss Investoren anziehen und ein effizientes Verbraucherverhalten anreizen

• Empfehlungen:

- Umsetzung der EU Effizienzrichtlinie
- Flächendeckende Einführung von smart meter

Koalit. Vertrag



6

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Die Empfehlungen im Detail:

4. Klarheit und Verlässlichkeit für den Emissionshandel
 - Emissionshandel hat das Potential zum Leitsystem zur Steuerung der europaweiten CO2 Emissionen;
 - Energiewende braucht einen funktionsfähigen Emissionshandel
 - Emissionshandel in schwieriger Phase bei Preisen von ca. 5 Euro / t CO2

- Empfehlungen:

- Kurzfristige Intervention in den Emissionshandel

Koalit. Vertrag



- Ziel: deutliche Preissteigerung für CO2 Zertifikate



7

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Die Empfehlungen im Detail:

5. Eine Zukunft für Wind und Sonne durch die Kernsanierung des EEG
 - Bisherige Interventionen in das EEG verhinderten nicht den Strompreisanstieg
 - Ungezügelter Ausbau verschwendet Milliarden Euro Summen
 - Ohne Intervention gefährdet das EEG den Standort Deutschland

- Empfehlungen:

- Umstellung Direktvermarktung und Marktprämie

Koalit. Vertrag



- Neustart für off-shore Wind; neues Geschäftsmodell für PV



8

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Die Empfehlungen im Detail:

6. Ein neues Preissystem für die Netzregulierung

- Energiewende verändert die Funktionsweise der Strom- und Gasnetze
- Dezentrale Einspeisungen (Photovoltaik, Biogas etc.) erfordern Umbau zu intelligenten Netzen
- Das bestehende, hierarchische Netzmodell wird mehr und mehr abgelöst

• Empfehlungen:

- Regulierung muss Systematik der Netzentgelte ändern
- Einspeiser und Nachfrager müssen Kosten tragen

Koalit. Vertrag



9

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Die Empfehlungen im Detail:

7. Sichere, faire Strommärkte durch die Einlösung des Lieferversprechens

- Stromnetze sind am Rande der Tragfähigkeit; Strommärkte erzwingen aufgrund niedriger Preise Kraftwerksstilllegungen
- Engpässe drohen
 - a) durch mangelnden Netzausbau und
 - b) durch Stilllegung von erforderlichen Kraftwerken

• Empfehlungen:

- Beschleunigung des Netzausbaus
- Kraftwerksreserve und vorsichtige Regulierungseingriffe

Koalit. Vertrag



10

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Die Empfehlungen im Detail:

8. Koordinierung der Energiewende innerhalb der Bundesregierung
 - Energiewende ist überall; bei Bund, Ländern und Gemeinden
 - Mangelnde Koordination behindert die Energiewende und macht sie unnötig teuer
 - Ganzheitlicher Überblick zur Energiewende fehlt; Monitoring mangelhaft

- Empfehlungen:
 - Bündelung der Verantwortung in der Bundesregierung
 - Unabhängige Erfolgsmessung zur Energiewende

Koalit. Vertrag



11

Energiewende - Wege zu einer bezahlbaren Energieversorgung

Zusammenfassung

- Energiewende ist politisch und gesellschaftlich akzeptiert
.... Wirtschaft und Wissenschaft sollten Antworten auf das „Wie ...?“ finden.

- Die Energiewende kann in Deutschland gelingen,
.... gleichwohl droht sie ohne materielle Kurskorrektur zu entgleisen.

- Neue Bundesregierung liefert ein klares Bekenntnis zur Energiewende und
.... sie betont Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit und das ist gut so.

- Geplante Maßnahmen nehmen die richtigen Schwerpunkte in den Blick,
.... sind aber bislang wenig konkret.

Fazit: In 2014 kommt Deutschland auf den Boden der Tatsachen,
aber von dort geht es nur noch aufwärts.

12

Zustandsbewertung von gasisolierten Hochspannungsschaltanlagen

Dr.-Ing. Stefan Küppers, Westnetz GmbH

Zustandsbewertung von gasisolierten Hochspannungsschaltanlagen

2. Wuppertaler Energie-Forum am 17.01.2014



Ein Unternehmen der RWE

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke SEITE 1

Westnetz GmbH - Größter Verteilnetzbetreiber Deutschlands

Kennzahlen

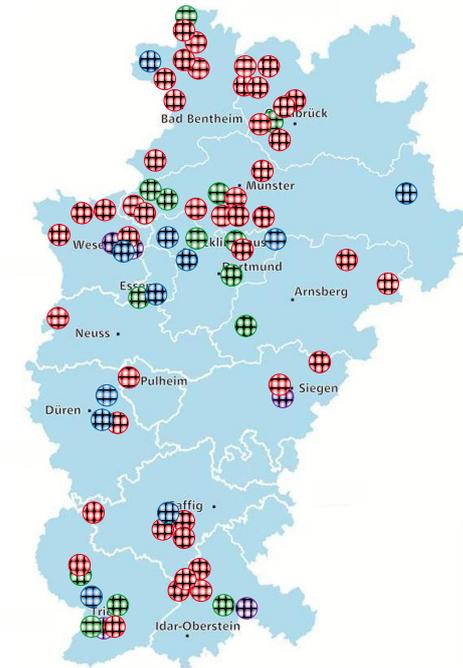
Umsatz	5,6 Mrd. €
Mitarbeiter/innen	5.200
Versorgte Fläche	50.000 km ²
Netzlänge Strom	195.000 km
Netzlänge Gas	26.000 km
Kundenanschlüsse Strom	4.500.000
Kundenanschlüsse Gas	600.000



Ein Unternehmen der RWE

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke SEITE 2

Innovations- und F&E-Themen



WESTNETZ

Ein Unternehmen der RWE



Entwicklung innovativer Netzsysteme und des zukünftigen Rollenverständnisses

- > Smart Grids
- > Speichertechnologien



Ausreizung vorhandener Kapazitäten

- > IKT / Schutz- und Leittechnik
- > Spannungsbandregelung



Optimierung des Betriebsmitteleinsatzes

- > Innovative Betriebsmittel



Optimierung der Instandhaltung

- > Innovative Werkzeuge und Prozesse

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke

SEITE 3

Optimierung in der Instandhaltung: Zustandsbewertung von HS-SF₆-Schaltanlagen

Hintergrund

- > Hochspannungs-SF₆-Schaltanlagen sind wegen ihrer äußerst kompakten Bauform in Innenstädten von Ballungszentren oder wegen ihrer hohen betrieblichen Verfügbarkeit bei großen Industriekunden im Einsatz
- > Durchschnittsalter liegt derzeit bei ca. 30 Jahren
- > Umsetzung der zustandsorientierten Instandhaltung und Hebung von Einsparpotentialen
- > Optimierung der Instandhaltung

WESTNETZ

Ein Unternehmen der RWE

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke

SEITE 4

Kooperationsprojekt: Zustandsbewertung von SF₆-Schaltanlagen mit der Bergischen Universität Wuppertal

Ziele

- > Bewertung des technischen Anlagenzustands auf Basis messtechnischer Methoden
- > Harmonisierung und Standardisierung der Mess- und Bewertungsverfahren
- > Aufbau von Fehlerkatalogen
- > Bestimmung der Bewertungsqualität (Stichwort: Evidenztheorie)

Randbedingungen

- > Minimierung von Freischaltzeiten
- > Durchführung durch vorhandenes Instandhaltungspersonal
- > Konzentration auf nicht-invasive Messtechnik
- > Anwendung vorhandener Messverfahren



Ein Unternehmen der RWE

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke

SEITE 5

Aufgaben und Zeitplanung

Projekt	2012			2013				2014			
	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal
Zustandsbewertung GIS											
Vorarbeiten/Feinkonzeption											
Teilprojekt 1: Labortest											
Erzeugung Fehlstellen											
Messwertaufnahme											
Klassifikation der Fehlstellen/-muster											
Teilprojekt 2: Feldtest											
Pretests											
Bereitstellung Versuchsanlagen											
Begleitung der anstehenden Wartungen zur messtechnischen Analyse											
Teilprojekt 3: Gesamtsystematik											
Erstellung Inspektionsprotokolle											
Erstellung Messprotokolle											
Entwicklung Aggregationssystematik											
Zusammenführung der Ergebnisse											
Teilprojekt 4: Finale Bewertung											



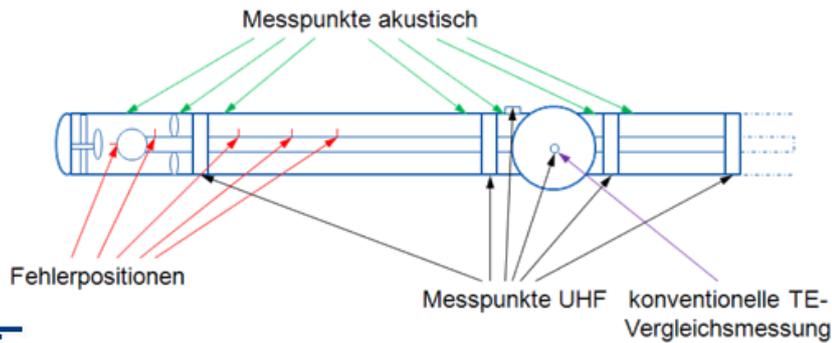
Ein Unternehmen der RWE

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke

SEITE 6

Labortests: Teilentladungsdiagnose

Fehlerart / Messung	Status
Spitze auf Hochspannungspotential	Abgeschlossen
Spitze auf Erdpotential	Abgeschlossen
Freie Partikel	Wird durchgeführt
Freie Potentiale	Vorbereitet
Partikel an Stützisolator	Vorbereitet
Fehler in Stützisolator	Vorbereitet
Laufzeitmessung	Vorbereitet
Messungen im Prüfgefäß	Vorbereitet
Kombination verschiedener Fehler	Vorbereitet



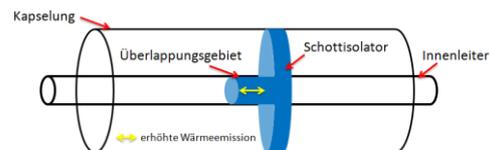
Ein Unternehmen der RWE

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke

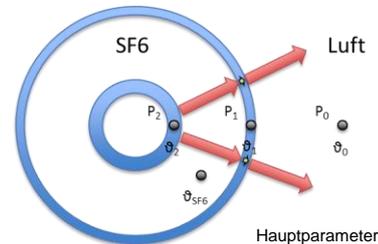
SEITE 7

Labortests: Erwärmungsverhalten zur Bewertung von Kontaktsystemen

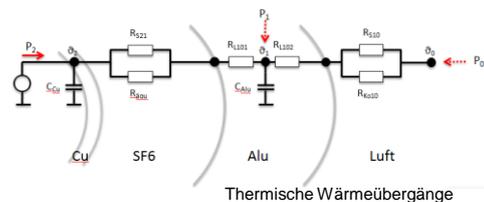
- > Theoretische Betrachtungen (Wärmenetz einfacher Anordnungen)
- > Durchführung von Belastungsversuchen an Testanlage seit Dezember 2013
- > Gleichzeitige Erfassung mit Thermografie und RFID-Sensoren bei definierten Fehlerzuständen



GIS-Modell



Hauptparameter



Thermische Wärmeübergänge



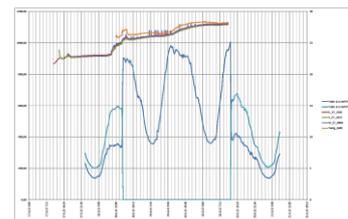
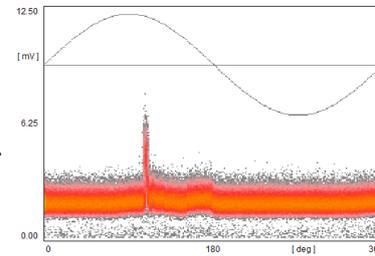
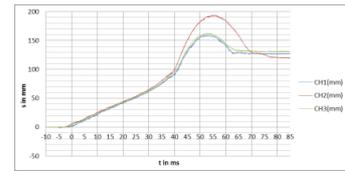
Ein Unternehmen der RWE

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke

SEITE 8

Feldtests

- > Antriebe der Schaltgeräte
 - Weg-Zeit- und Strom-Zeit-Messungen
- > Isolationsvermögen
 - Bestimmung der Teilentladungsaktivität
 - Bestimmung der SF₆-Gasqualität und der SF₆-Gasleckagen
- > Elektrische Verbindungen
 - Thermoobservation bei hochbelasteten Anlagen
 - Thermografie
- > Allgemeine Sicht- und Funktionskontrollen



Ein Unternehmen der RWE

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke

SEITE 9

Gesamtsystematik: Grundsätzliches

- > Betrachtung von einzelnen Anlagenfunktionalitäten
 - unabhängig von der technischen Ausführung
 - einheitliche Datenstruktur
- > Ableitung von Bewertungsparametern aus Funktion und tatsächlicher Anlagentechnik
- > Bewertung mit Messtechnik
- > (Teil-)Zustandsaussage(-n) mit zwei Kriterien:
 1. Grad der Funktionserfüllung [gut ●, kritisch ●, schlecht ●]
 2. Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit der Aussage über den Grad der Funktionserfüllung [0...100%]

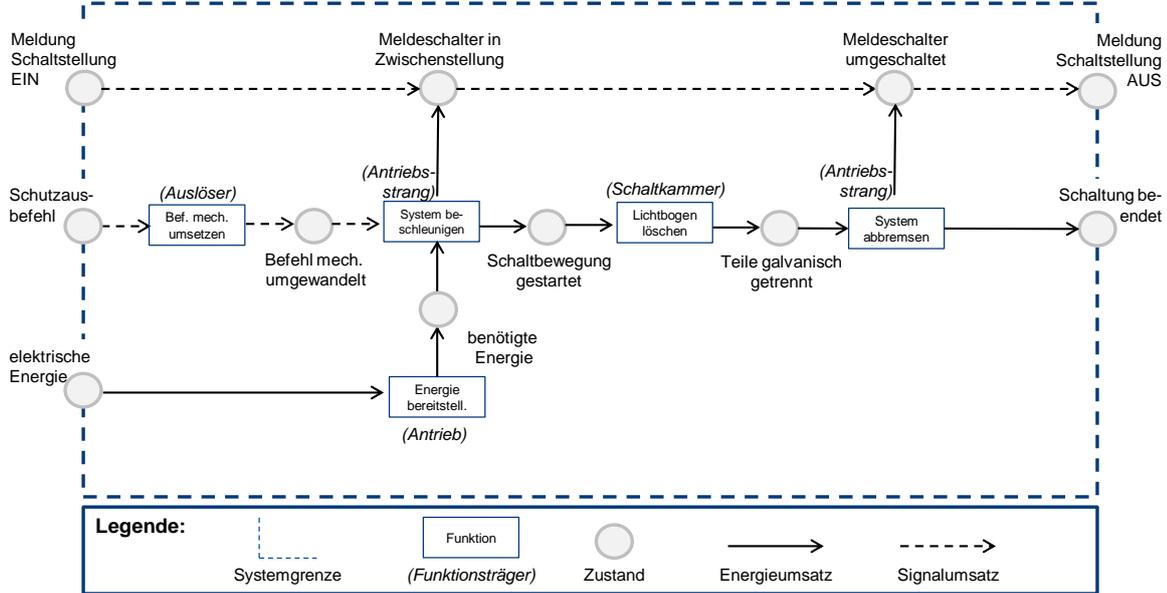


Ein Unternehmen der RWE

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke

SEITE 10

Gesamtsystematik: Funktionsmodellierung am Beispiel „Fehlerströme ausschalten“



Darstellungsweise in Anlehnung an Ponn, J. und Lindemann, U.; Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte, Springer-Verlag 2011



Ein Unternehmen der RWE

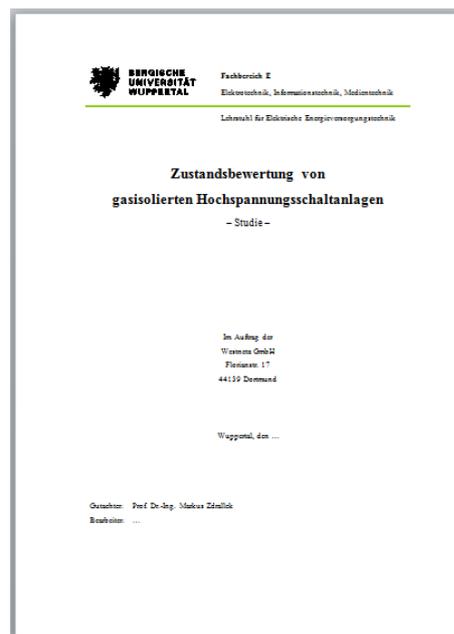
Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke

SEITE 11

Finale Bewertung

> Vereinigung vorangegangener Untersuchungen

- Bewertungsliste der im Projekt gemessenen Anlagen
- Bewertung der Vorgehensweise bei der Zustandserfassung
- Bestimmung der Grenzen der Zustandsbewertungssystematik
- Ableitung notwendiger Maßnahmen zur betrieblichen Integration



Ein Unternehmen der RWE

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke

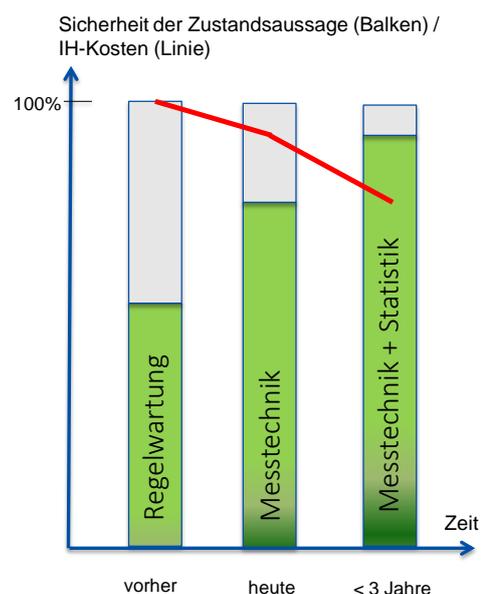
SEITE 12

Bisherige Meilensteine

- > Messtechnik ist identifiziert, beschafft und in der Anwendung durch Labor- und Feldtests erprobt
- > Vorgehensweise zur Zustandserfassung ist definiert und wird derzeit geschult
- > Fehlerkataloge sind grundsätzlich erzeugt, werden aber durch die Erkenntnisse der Instandhaltung stets weiterentwickelt
- > IT-gestützte Verfahren für den Vergleich von Messergebnissen mit den Fehlerkatalogen sind erzeugt

Zusammenfassung und Ausblick

- > Verbesserungen durch heute verfügbare Messtechnik:
 - neue Einsparpotentiale und bessere Entscheidungssicherheit
- > Die Herausforderung besteht jetzt im Anwendungstransfer:
 - Erkenntnisse in große, inhomogene Anlagenkollektive überführen
- > Sammlung und Auswertung braucht stabile Gesamtsystematik:
 - Grundlage für die Anwendung statistischer Werkzeuge in der Zukunft



Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Ein Unternehmen der RWE

Dr. S. Küppers | Prof. M. Zdrallek | E. Pawlowski | T. Tabke

SEITE 15

Realitätsgerechte Zustandsbewertung von Verteilungsnetzen

Reiner Timmreck, Stadtwerke Iserlohn GmbH

Realitätsgerechte Zustandsbewertung von Verteilungsnetzen

- Erfahrungsbericht der Stadtwerke Iserlohn GmbH -

2. Wuppertaler Energie-Forum

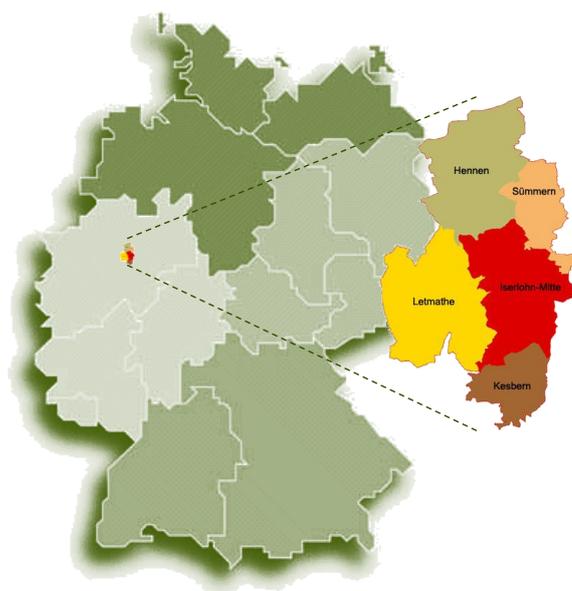
Wuppertal, den 17.01.2014

R. Timmreck, Stadtwerke Iserlohn GmbH

17. Januar 2014

1

Stadtwerke Iserlohn GmbH



Iserlohn	Bundesland	Nordrhein-Westfalen	
	Regierungsbezirk	Arnsberg	
	Kreis	Märkischer Kreis	
	Fläche in km ²	125	km ²
	Einwohner	96.000	
	Bevölkerungsdichte	750	je km
Strom	Stromnetz	1.600	km
	Hausanschlüsse	15.800	Stück
	Trafostationen:	720	Stück
	Stromabgabe:	900	Mio kWh
Gas	Gasnetz	300	km
	GDRM-Anlagen	60	Stück
	Hausanschlüsse	13.500	Stück
	Erdgasabgabe	850	Mio kWh
Wärme	Wärmenetz	70	km
	Heizwerke	4	Stück
	Hausanschlüsse	1.400	Stück
	Fernwärmeabgabe	160	Mio kWh
Wasser	Wassernetz	475	km
	Hochbehälter	15	Stück
	Hausanschlüsse	20.000	Stück
	Pumpwerke/DEA	26	Stück
	Wasserabgabe	11	Mio. m ³

17. Januar 2014

2

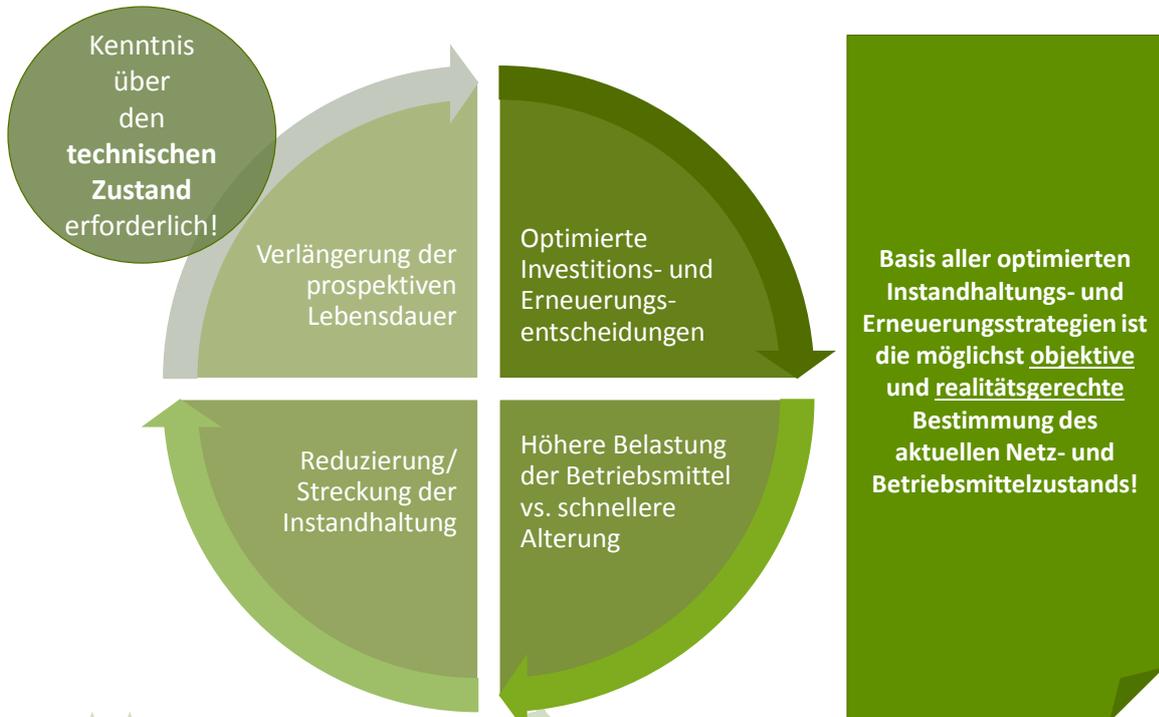


Optimale Balance zwischen Gesamtkosten und Versorgungszuverlässigkeit

17. Januar 2014

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

3



17. Januar 2014

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

4



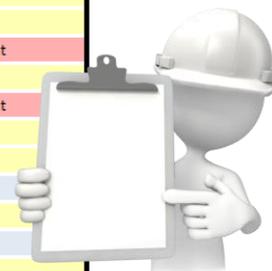
Zustandsbewertung

Traditionelle Zustandsfeststellung

Bisher wurden Wartungen im vierjährigen Turnus ungeachtet des Anlagenzustandes und der strategischen Wichtigkeit im Netz durchgeführt.

Subjektiver Eindruck der zuständigen Facharbeiter führte zur Terminierung und Festlegung der Instandhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen.

Netzstationen				
Nr.	Stationsname	Stationsfunktion	Stationsbauart	Gesamtzustand
6065	An der Stennert	Ortsnetzstation	Kompaktstation	Gut
5027	M - Im Berge	Ortsnetzstation	Maststation	Mittel
5283	Berglose	Ortsnetzstation	Maststation	Mittel
5005	Letteweg	Ortsnetzstation	Maststation	Schlecht
5870	Haus Letmathe	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Mittel
1277	Vogelhenne	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Schlecht
5702	Schedaer Mühle	Ortsnetzstation	Maststation	Mittel
163	Duloh	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Mittel
3	Kamacksweg	Übernahmestation	Gebäudestation	Gut
5058	Nölle-Wying	Ortsnetzstation	Maststation	Mittel
7	Obere Mühle	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Gut
48	Auf der Aeumes	Ortsnetz u. Sonderkunden Station	Gebäudestation	Mittel
83	Auerweg	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Mittel
5708	Rombrock	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Mittel





Wissenschaftlich begleitetes Projekt zur Anlagenbewertung mittels objektiver Betriebsmittelaufnahme und IT-gestützter Bewertung des Anlagenzustandes

Ziel:
Optimierung der IH-Strategie

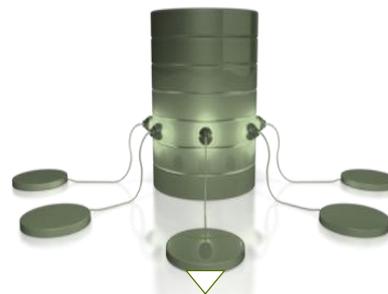
Zustandsorientierte Investition in Anlagen

Schulung und Bewertungskatalog

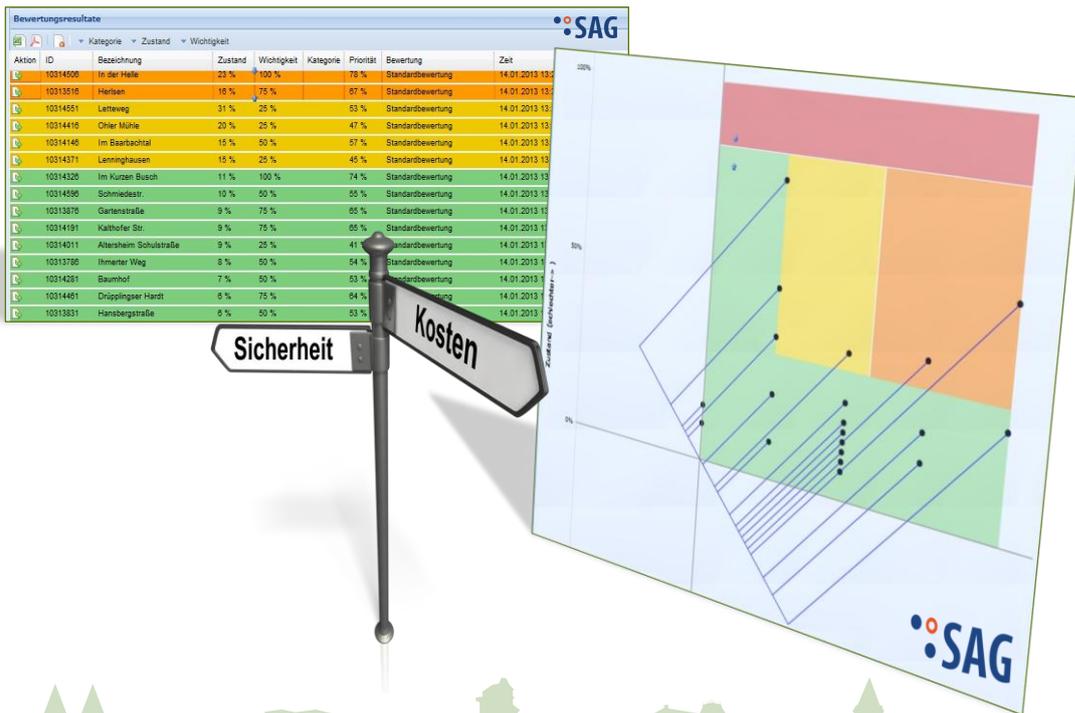
Checkliste

Messwerte (Hard Facts)

Mathematisches Modell

$$Z = \sum_{i=1}^n G_{HITA} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n_i} (B_i \cdot G_i)}{B_{max} \cdot \sum_{i=1}^{n_i} G_i}$$


Zustandsbewertung der Betriebsmittel



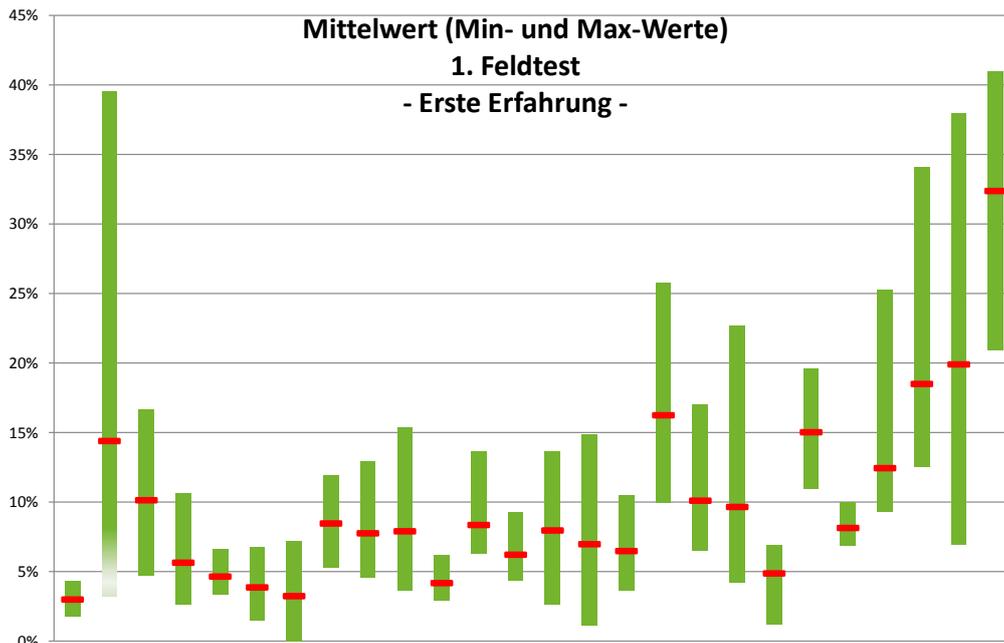
- **1. Feldtest Stadtwerke Iserlohn**
 - 25 Ortsnetzstationen
 - Inspektion (Sichtkontrolle) durch 6 Personen
 - 3 x SAG-Mitarbeiter
 - 3 x Mitarbeiter der Stadtwerke Iserlohn



- **2. Feldtest Stadtwerke Iserlohn**
 - 26 Ortsnetzstationen
 - Inspektion (Sichtkontrolle) durch 6 Personen inkl. Schadenskatalog
 - 3 x SAG-Mitarbeiter
 - 3 x Mitarbeiter der Stadtwerke Iserlohn
 - Einsatz von Messtechnik (BUW)
 - Fotodokumentation



- **Weitere Feldversuche bei Netzbetreibern**



17. Januar 2014



13

1. Feldtest Iserlohn - Priorisierte Listen

Station	Zustandsindex	Mittelwert	Bewertender Monteur						subjektiver Gesamtzustand
			1	2	3	4	5	6	
Tannenweg	2,69%	1	5	3	3	3	3	1	4 gut, 2 mittel
Calvinstraße	4,12%	2	13	4	9	1	4	10	6 gut
Grabenstr.	4,36%	3	2	8	4	10	8	4	5 gut, 1 mittel
Pumpwerk in der Calle	4,45%	4	4	7	13	2	5	2	5 gut, 1 mittel
Burgberg 2	4,47%	5	10	2	8	12	2	6	6 gut
Friedlandstr.	4,85%	6	12	13	2	4	6	15	3 gut, 2 mittel, 1 schlecht
Hallstraße	5,20%	7	9	5	11	8	10	3	6 gut
Brinkhofstr.	5,56%	8	7	15	5	9	14	7	3 gut, 3 mittel
Nordengraben	5,94%	9	14	1	17	5	1	8	6 gut
Kolping-Siedlung	6,15%	10	15	12	10	6	9	11	1 gut, 4 mittel, 1 schlecht
Altenaer Str.	6,15%	11	8	9	1	14	16	19	6 gut
Am Hagen	6,35%	12	3	6	14	7	11	18	4 gut, 2 mittel
Ernststraße	6,58%	13	6	10	7	11	17	17	5 gut, 1 mittel
Bergstr. 14	6,68%	14	1	14	15	13	13	9	6 gut
Vom Stein Str.	7,31%	15	11	16	6	15	15	12	6 gut
Wasserwerk	8,87%	16	20	17	12	16	7	5	4 gut, 2 mittel
Südenberg 1	12,15%	17	16	11	21	17	12	14	3 gut, 2 mittel, 1 schlecht
Untergrüne	13,80%	18	17	18	19	18	22	16	2 gut, 4 mittel
In der Läger	14,44%	19	18	19	18	19	18	21	1 gut, 3 mittel, 2 schlecht
Gosla Kunstst. GmbH	15,53%	20	21	21	16	21	19	13	4 schlecht, 2 kritisch
Lennestr.	19,83%	21	19	22	20	20	21	22	4 mittel, 2 schlecht
Obstfeld Gebr.	24,09%	22	22	20	22	22	20	20	5 schlecht, 1 kritisch



17. Januar 2014



14

- Bewertungsergebnisse unterliegen - trotz einheitlicher Checkliste - aufgrund der „rein“ visuellen Inspektion dem individuellen Erfahrungsschatz der Mitarbeiter
 - Reproduzierbarkeit / Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse daher nur eingeschränkt möglich
- Wirksame Maßnahmen zur Reduzierung der Subjektivität:
 - Systematische Vorgehensweise und Auswertung der Inspektionsprotokolle
 - Bewertungsgrundsätze der Mitarbeiter durch intensive Schulungen vereinheitlichen
 - Verwendung eines Schadenkatalogs empfehlenswert
 - Einsatz von Messverfahren empfehlenswert
 - Subjektiver Einfluss wird durch objektive Messwerte verringert
 - Aussagefähigkeit der Inspektion wird erhöht

Schadenkatalog Ortsnetzstationen		SAG
1. Außenanlage der Station		
1.1. Zugänglichkeit, Wege, Flächen		
1	Zugänglichkeit ohne Gefahr/Einschränkung gegeben	
2	leichter Zuwuchs der Station; Zugänglichkeit leicht eingeschränkt	
3	Unfallgefahr (durch nasses Laub oder Bewuchs), Stolpergefahr; fehlendes Geländer	
4	nicht begehbar, kein sicherer Stand, Fluchtweg nicht gegeben	
1.2. Anstrich, Putz, Fassade, Gehäuse		
1	keine Mängel erkennbar	
2	Lack-, Anstrichschäden, kleine Risse; Graffiti	
3	mehrere Risse- und Lackschäden	
4	Große Beschädigung kann im Fachgespräch mit dem Fahrer; Graffiti mit rassistischer oder anstößiger Bemerkungen	

1. Außenanlage der Station

1.1 Zugänglichkeit, Wege, Flächen

1	Zugänglichkeit ohne Gefahr/Einschränkung gegeben
2	leichter Zuwuchs der Station; Zugänglichkeit leicht eingeschränkt
3	Unfallgefahr durch nasses Laub oder Bewuchs, Stolpergefahr; fehlendes Geländer
4	nicht begehbar, kein sicherer Stand, Fluchtweg nicht gegeben



Es ist darauf zu achten, dass die Station jederzeit zugänglich ist. Eine nicht mehr zu öffnende oder zugängliche Station muss sofort wieder zugänglich gemacht werden. Bei leichtem Bewuchs vor den Eingängen der Station muss nach der nächsten Inspektion für eine Mängelbeseitigung gesorgt werden. Um zudem ein sicheres Arbeiten zu gewährleisten, ist ein unsicherer Weg und Stand ebenfalls zu beurteilen.



- Anforderungen an die Messtechnik
 - Ohne vorheriges Freischalten der Anlage einsetzbar
 - Einfache, kostengünstige Messverfahren
 - Schnelle, aber trotzdem aussagekräftige Messverfahren
- Ausgewählte messtechnische Verfahren
 - Akustische Detektion von Teilentladungen
 - Detektion von Teilentladungen über Transiente Ableitspannungen
 - Erdschleifen-Messung
 - Thermografie



- Prüfung der Messverfahren im Hochspannungslabor der BUW an einer nach 40 Jahren Betriebszeit ausgebauten Ortsnetzstation, in die auch künstliche, realitätsgerechte Fehlstellen eingebaut wurden

- Luftisolierte Anlagen
- Transformatoren
- Kurzschlussanzeigern und Wandlern

Erfolgreiche Detektion von TE, die durch „normale“ Sichtkontrollen kaum erzielbar wäre



- „Britzeln“ wie bei Koronaentladungen an Freileitungen



Detektion mit allen Teilentladungsmessgeräten möglich, jedoch mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten



- MS-Schaltanlagen
- Transformatoren
- NS-Schaltanlagen

Thermografische Kontrolle von



- Über eine Sichtkontrolle waren die Fehler nicht erkennbar
 - Auffällig bei $\Delta T > 5K$
- Fehlinterpretationen möglich bei Spiegelungen oder Reflexionen
 - Korrekte Anwendung notwendig
 - Einfluss der Umgebung berücksichtigen



- Tatsächlicher Zustand der Erdungsanlage kann über Sichtkontrolle nicht beurteilt werden
- Freilegen durch Aufgraben nach VDE0105 empfohlen

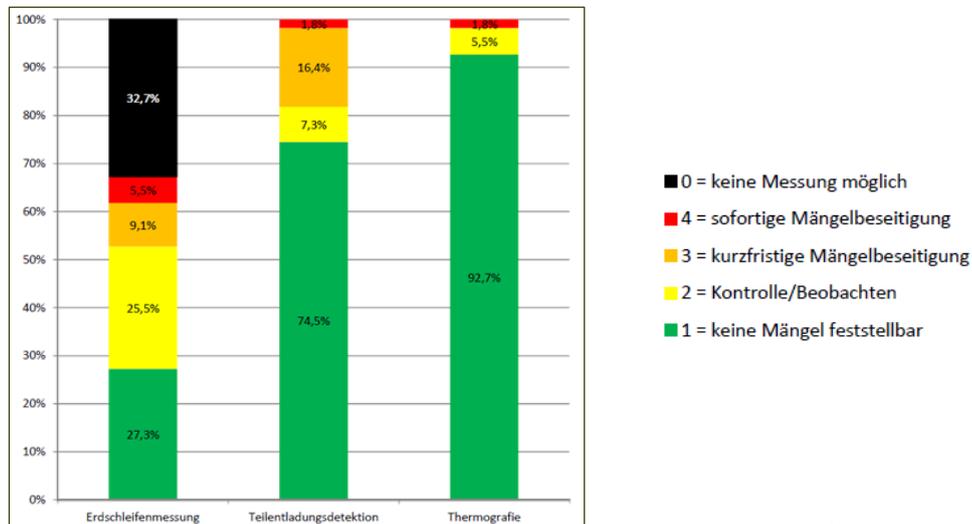
Erdschleifenmessung



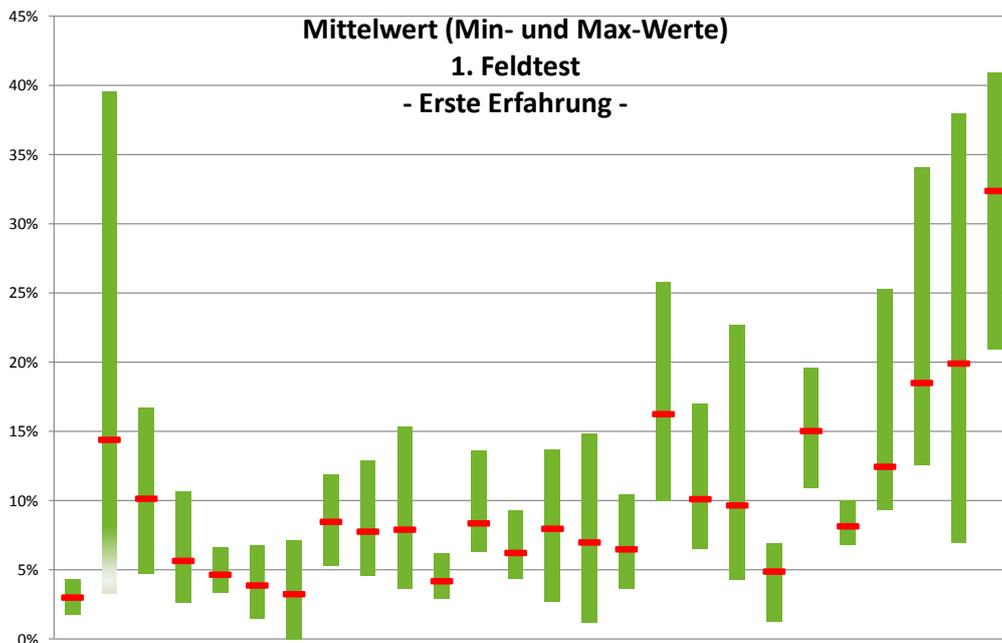
- Aus rechtlicher Sicht ist eine niederohmige Erdung vorgeschrieben
- Messung der Erdungsanlage bietet Mehrwert für eine gesicherte Zustandsbewertung
- Keine exakten Messwerte möglich, da parallele Erden mit gemessen werden
- Auslegung der Erdungsanlage entscheidet über Messmöglichkeit
 - Erdung über Bandeisen verhindert Messungen
 - Erdung innerhalb eines Mittelspannungsschaltfeldes verhindert Messung
 - Zugänglichkeit zu Erdungsanlage

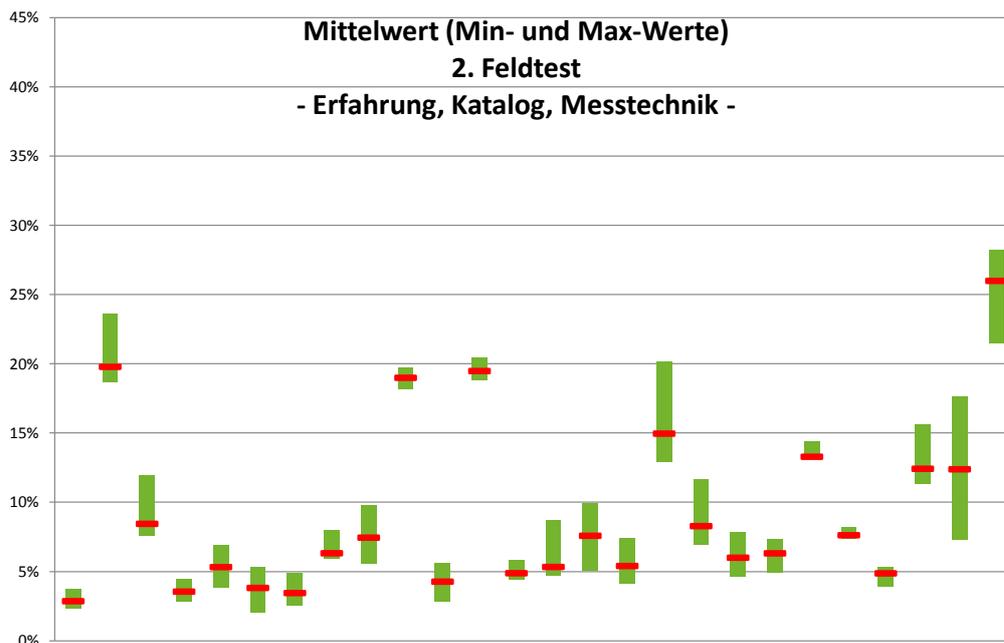
Ergebnisse aus verschiedenen Feldtests

- Auswertung der einzelnen Messverfahren unter Berücksichtigung der entsprechenden Zustandsklassifizierung:



Feldtest - Reduzierung der Subjektivität





17. Januar 2014



23

2. Feldtest Iserlohn - Priorisierte Listen

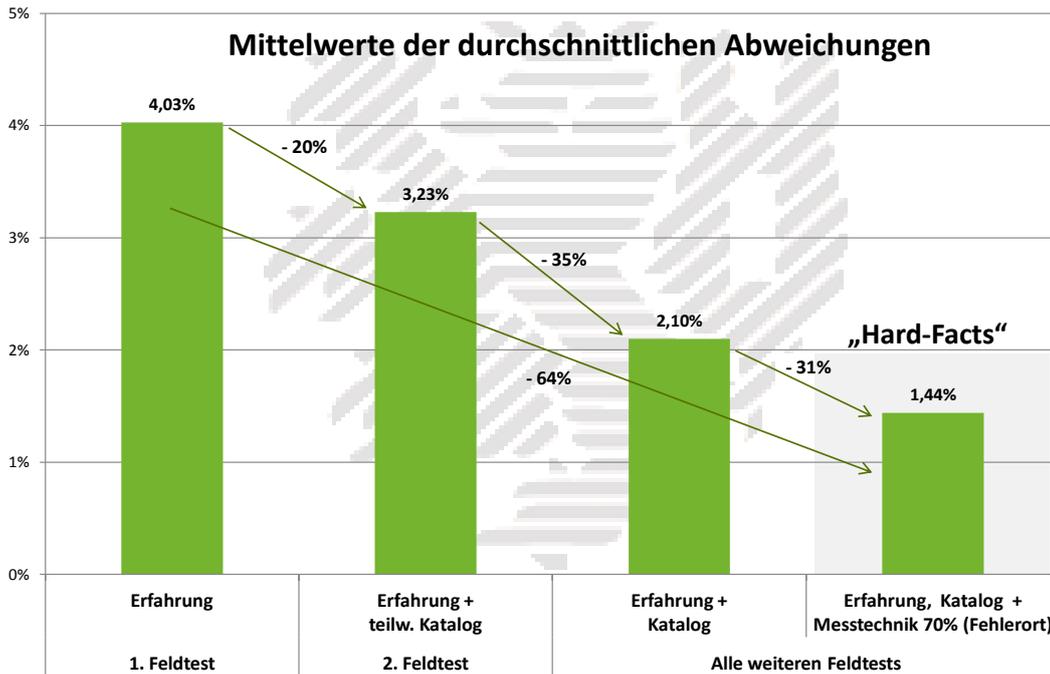
Station	Zustandsindex	Mittelwert	Bewertender Monteur						subjektiver Gesamtzustand
			1	2	3	4	5	6	
Na-Wi-Über dem Dorfe	3,33%	1	2	1	3	5	3	3	5 gut, 1 mittel
Parkplatz Seilersee	3,81%	2	6	12	1	3	4	1	6 gut
im Lau	4,10%	3	5	7	2	9	7	2	5 gut, 1 mittel
Am Tyrol	4,26%	4	11	2	5	7	1	6	6 gut
Zur Sonnenhöhe	4,54%	5	7	3	7	12	2	4	4 gut, 2 mittel
im kurzen Busch	4,87%	6	8	11	4	6	10	5	4 gut, 2 mittel
Ackenbrock	4,88%	7	10	10	9	1	9	10	5 gut, 1 mittel
Pastorenweg	5,32%	8	15	4	6	4	8	14	5 gut, 1 mittel
Drüpplingser Hardt	5,40%	9	4	9	11	8	6	13	5 gut, 1 mittel
Bahnhofstraße Hennen	5,54%	10	1	14	16	2	13	8	6 gut
Neue-Scheidt-Straße	6,10%	11	3	13	8	13	15	7	6 gut
Hansbergstr.	6,88%	12	17	5	17	10	11	15	3 gut, 3 mittel
Ihmerter Weg	7,03%	13	12	6	14	15	12	18	4 mittel, 2 schlecht
Fingerhutmühle	7,36%	14	14	8	13	17	5	17	3 gut, 3 mittel
Baumhof	7,58%	15	9	18	10	11	18	12	5 gut, 1 mittel
Kalthofer Straße	8,08%	16	16	15	12	14	16	16	2 gut, 3 mittel, 1 schlecht
Na-Wi-Bachstr.	9,00%	17	18	17	18	18	17	9	4 gut, 2 mittel
Schmiedestraße	9,03%	18	13	16	19	16	14	19	1 gut, 4 mittel, 1 schlecht
Ohler Mühle	13,45%	19	25	21	15	20	21	11	3 gut, 2 mittel, 1 schlecht
im Baarbachtal	14,00%	20	19	19	21	19	22	22	5 mittel, 1 schlecht
Lenninghausen	14,05%	21	20	20	20	23	19	21	2 gut, 4 mittel
In der Helle	14,96%	22	21	23	22	21	20	20	6 kritisch
Gartenstr.	18,99%	23	23	24	24	22	23	23	4 gut, 2 mittel
Altersheim Schulstr.	20,11%	24	24	22	25	24	24	25	2 gut, 4 mittel
Na-Wi-Herlens	22,00%	25	26	25	23	26	26	24	3 gut, 1 mittel, 2 schlecht
Letteweg	24,67%	26	22	26	26	25	25	26	5 schlecht, 1 kritisch



17. Januar 2014



24



Aufgrund der positiven Untersuchungsergebnisse der Studie wurde die Systematik auf alle Mittelspannungsstationen im Netzgebiet angewendet.



500 Stationen wurden überprüft und die Ergebnisse durch das mathematische Modell mit einem Zustandsindex bewertet.



Aufgrund der Bewertung wurde die Instandhaltungsstrategie angepasst und wirtschaftlich bewertet.

Objektive Zustandsbewertung

Durch Entwicklung der Bewertungskriterien, welche zur Unterstützung bei der Bewertung geschult und als Dokument zur Verfügung gestellt werden, ist es gelungen den subjektiven Eindruck zu eliminieren und ungeachtet der Person eine neutrale Bewertung zu erzielen.

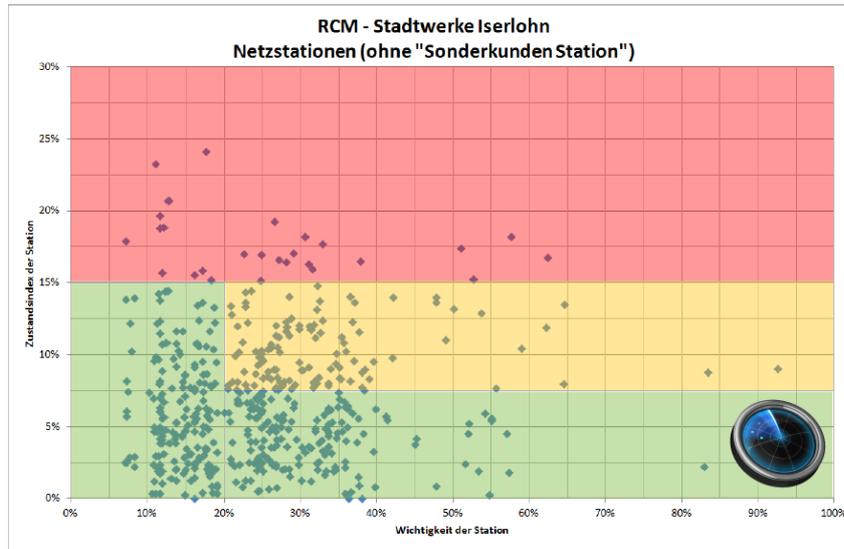
Netzstationen					Gesamtzustandsindex
Nr.	Stationsname	Stationsfunktion	Stationsbauart	Gesamtzustand	Z _{norm}
6065	An der Stennert	Ortsnetzstation	Kompaktstation	Gut	24,10%
5027	M - Im Berge	Ortsnetzstation	Maststation	Mittel	23,24%
5283	Berglose	Ortsnetzstation	Maststation	Mittel	20,69%
5005	Letteweg	Ortsnetzstation	Maststation	Schlecht	19,67%
5870	Haus Letmathe	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Mittel	19,24%
1277	Vogelhenne	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Schlecht	18,83%
5702	Schedaer Mühle	Ortsnetzstation	Maststation	Mittel	18,82%
163	Duloh	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Mittel	18,20%
3	Kamacksweg	Übernahmestation	Gebäudestation	Gut	18,19%
5058	Nölle-Wying	Ortsnetzstation	Maststation	Mittel	17,92%
7	Obere Mühle	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Gut	17,71%
48	Auf der Aeumes	Ortsnetz u. Sonderkunden Station	Gebäudestation	Mittel	17,42%
83	Auerweg	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Mittel	17,05%
5708	Rombrock	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Mittel	16,98%

Objektivierung der Zustandsbewertung

Die durch **Messtechnik** und **beispielhafte Schadensbilder** unterstützte Aufnahme bewirkt im verwendeten Bewertungsmodell unter Berücksichtigung der **Wichtigkeit** einen **handlungsorientierten Zustandsindex**.

Netzstationen					Gesamtzustandsindex
Nr.	Stationsname	Stationsfunktion	Stationsbauart	Gesamtzustand	Z _{norm}
5103	Beulstraße	Ortsnetzstation	Kompaktstation	Schlecht	2,07%
211	Friedlandstraße	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Schlecht	4,16%
5183	Marks	Sonderkunden Station	Gebäudestation	Schlecht	4,51%
5907	Brause	Sonderkunden Station	Gebäudestation	Schlecht	5,19%
5159	Hagener Straße 22	Sonderkunden Station	Gebäudestation	Schlecht	5,24%
5009	Hennen	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Schlecht	5,29%
5076	Landw.-Schule	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Schlecht	5,33%
5261	Schützenstr. Sümmern	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Schlecht	5,38%
5653	Nimmermann&Hüttebräuker	Sonderkunden Station	Gebäudestation	Schlecht	5,62%
175	Bräke	Ortsnetzstation	Kompaktstation	Schlecht	5,62%
5867	Feldmarkring I	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Schlecht	5,62%
50	Am Löbbeckenkopf	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Schlecht	5,62%
5147	Holzhauser	Sonderkunden Station	Gebäudestation	Schlecht	5,62%
5901	Husemann&Hücking	Sonderkunden Station	Gebäudestation	Schlecht	5,62%
5071	Stübbeken	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Schlecht	5,62%
1650	Einsaler Hof	Ortsnetzstation	Kompaktstation	Schlecht	5,62%
28	In der Läger	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Schlecht	5,62%
5044	Hagebuchen	Ortsnetzstation	Gebäudestation	Schlecht	5,62%
5945	Cantus	Ortsnetzstation	Kompaktstation	Schlecht	5,62%
5074	Hallenbad	Sonderkunden Station	Gebäudestation	Schlecht	11,09%

Netzstationen (ohne Sonderkunden Stationen)



- Nur 5,61 % aller Ortsnetzstationen im „roten“ Bereich

Entscheidungen aus dem Bewertungsprozess

Bei einem Wartungszyklus von 4 Jahren bei 500 bewerteten Ortsnetzstationen 125 Wartungen im Jahr

Nach Zustandsbewertung können folgende Ansätze getroffen werden:

- | | | |
|---|------------------------------|------------|
| ➤ 28 Ortsnetzstationen im roten Bereich | ➔ Wartungszyklus jährlich | 28 Stück/a |
| ➤ 178 Ortsnetzstationen im gelben Bereich | ➔ Wartungszyklus beibehalten | 44 Stück/a |
| ➤ 50 Ortsnetzstationen im grünen Bereich | ➔ Wartungszyklus 6 Jahre | 8 Stück/a |
| ➤ 244 Ortsnetzstationen im grünen Bereich | ➔ Wartungszyklus 8 Jahre | 30 Stück/a |

Durch die Veränderungen der Wartungsintervalle können wir zukünftig unser Instandhaltungsbudget um 15 Stationswartungen entlasten.



Das Ziel, Wartung und Instandhaltung zu optimieren und eine Erneuerungsstrategie zu entwickeln, wurde erreicht!

- 1 Bei einem guten Zustandsindex wird das Wartungsintervall auf bis zu acht Jahre verlängert
- 2 Bei schlechtem Zustandsindex werden Inspektionsintervalle verkürzt
- 3 Bei überwiegend gutem Zustandsindex deutliche Einsparungen bei Wartungskosten

- Objektivierte Zustandsbewertung
- Durchgehende und einheitliche Dokumentation bei Inspektionen
- Reproduzierbar, kennzahlenbasiert
- Nutzen des Erfahrungsschatzes der Mitarbeiter vor Ort
- Aber:**
 - Intensive Schulung der Mitarbeiter / Schadenskatalog empfehlenswert
 - „rein“ visuelle Inspektion → Messverfahren empfehlenswert
- Einsatz der Messtechnik liefert deutlichen Mehrwert
- Zusammenspiel von Sichtkontrolle und Einsatz von Messtechnik ermöglicht eine fundierte und nachvollziehbare Zustandsbeurteilung
- Entscheidungsgrundlage für
 - Asset Management (Zustandsindices)
 - Operativen Netzbetrieb (IH-Maßnahmen)

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Entdecke die Möglichkeiten!

Reiner Timmreck

Stadtwerke Iserlohn GmbH
Stefanstrasse 4-8
58638 Iserlohn

E-Mail: r.timmreck@stadtwerke-iserlohn.de

Dominik Beerboom

Bergische Universität Wuppertal
Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

Telefon: (0)202 439-3025
E-Mail: beerboom@uni-wuppertal.de

Christopher Johae

Bergische Universität Wuppertal
Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik

Telefon: (0)202 439-3027
E-Mail: christopher.johae@uni-wuppertal.de

17. Januar 2014



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

33

Smart Grids im Praxistest, Teil 1

Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner, Mainova AG



Smart Grids im Praxistest (1/2)

2. Wuppertaler Energie-Forum

Lebenslauf – Peter Birkner

Studium der Elektrotechnik und Dissertation
an der Technischen Universität München (Dipl.-Ing., Dr.-Ing.)

Positionen in der RWE Gruppe

Lechwerke AG, Augsburg, DL (11/1987 – 12/2004; Prokurist, Geschäftsbereich Netz)
Wendelsteinbahn GmbH, Brannenburg, DL (1/2004 – 12/2008; Geschäftsführer)
Vychodoslovenska energetika a.s., Kosice, SK (1/2005 – 8/2008; Mitglied des Vorstandes)
RWE Rhein-Ruhr Netzservice GmbH, Siegen, DL (9/2008 – 6/2011; Geschäftsführer)



Mainova AG, Frankfurt, DL (seit 7/2011; Mitglied des Vorstandes)

Chairman DSO Committee, Eurelectric, Brüssel (seit 6/2008)

Vorstandmitglied AGFW (seit 2011) und ETG (seit 2013)

**Honorarprofessor (Elektrische Energietechnik) Bergische Universität Wuppertal (seit 7/2013),
Lehraufträge in Bonn (1/2009 – 1/2011) und Wuppertal (seit 6/2010)**

Zahlreiche Veröffentlichungen zu energiewirtschaftlichen und technischen Themen

- 1 Integration erneuerbarer Energien als zentrale Herausforderung für das Energiesystem
- 2 Strom als zentrales Kopplungselement des Energiesektors
- 3 Grundsätze eines Smart Grid
- 4 Die Frankfurter Smart Grid Feldtests
- 5 Zwischenfazit und Ausblick



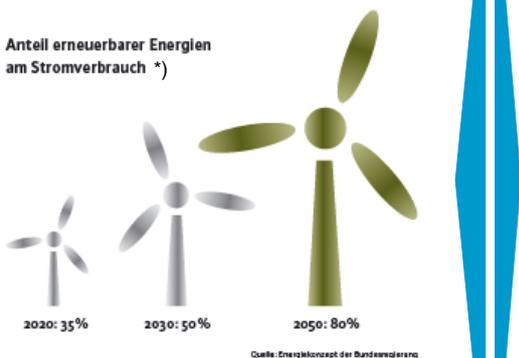
#

Die Energiewende setzt auf regenerative Energie unter den von der Ethikkommission definierten Bedingungen

Der Ausbau der erneuerbaren
Energiequellen erfolgt schnell ...

... aber wie sieht es mit den Forderungen
der Ethikkommission aus?

Anteil erneuerbarer Energien
am Stromverbrauch *)



2013: ca. 25 %
 bis 2020: + 1,4 % p.a.
 bis 2030: + 1,5 % p.a.
 bis 2050: + 1,5 % p.a.

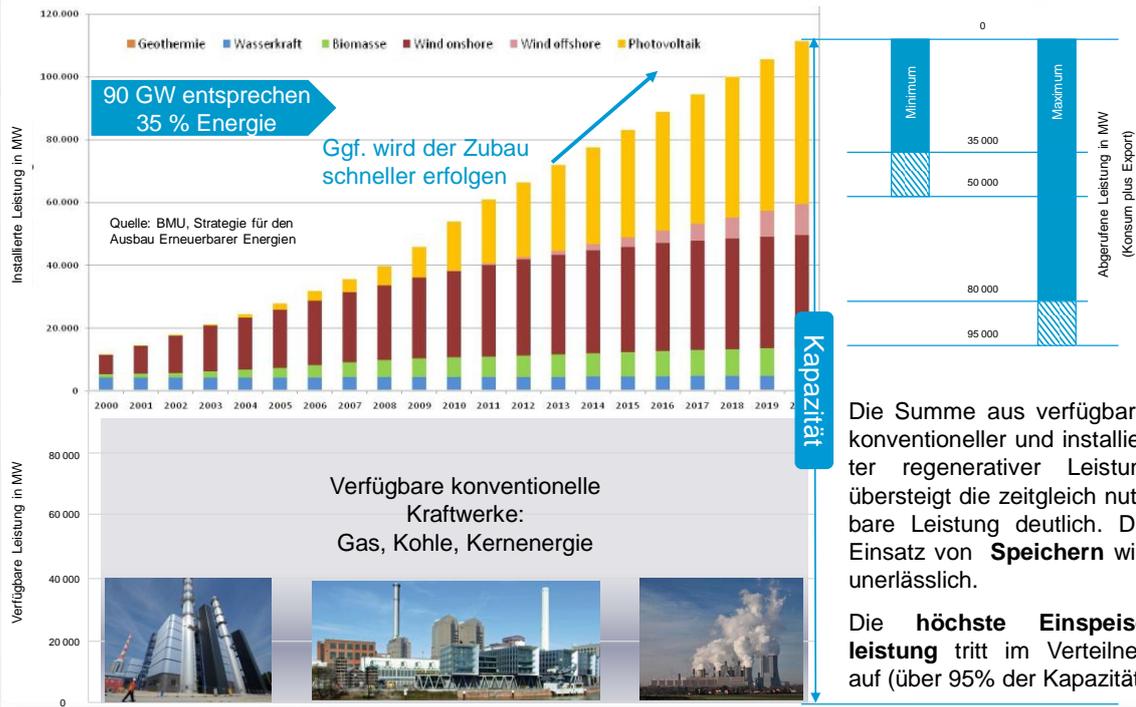
Transformation-
geschwindigkeit

Ethikkommission

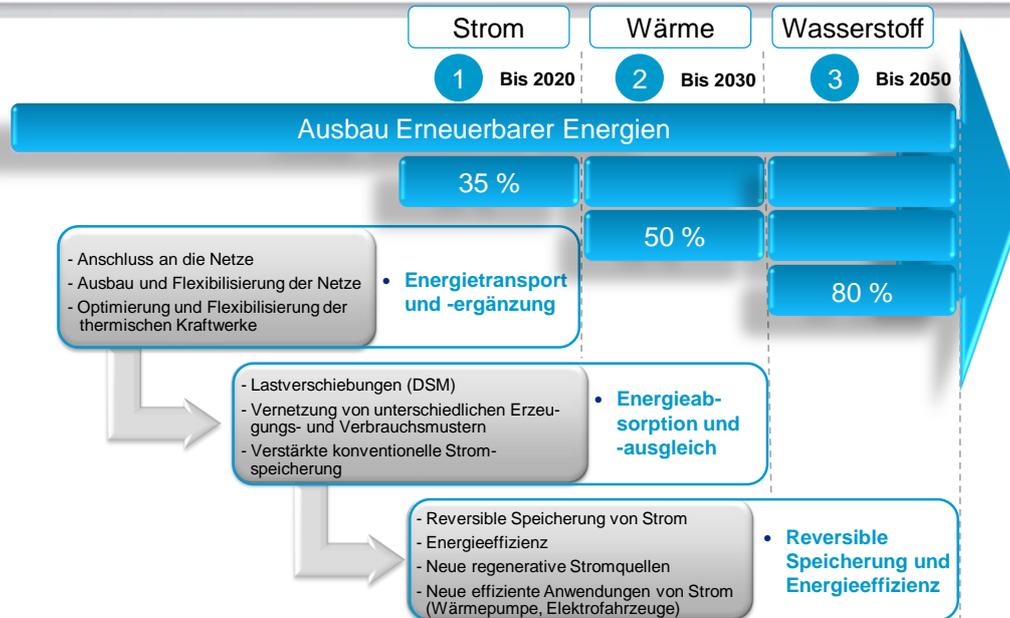
- Kein Anstieg der CO₂-Emission
- Keine zusätzlichen Stromimporte aus ausländischen Atomkraftwerken
- Die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft muss gewährleistet sein
- Soziale Instabilität durch hohe Energiepreise muss vermieden werden
- Die Netzstabilität muss auf dem gegebenen hohen Niveau gehalten werden

*) Bei deutlicher Energieeinsparung und deutlichem Import!

Die Energiewende bewirkt ein Überangebot an (temporär) verfügbarer Kraftwerksleistung

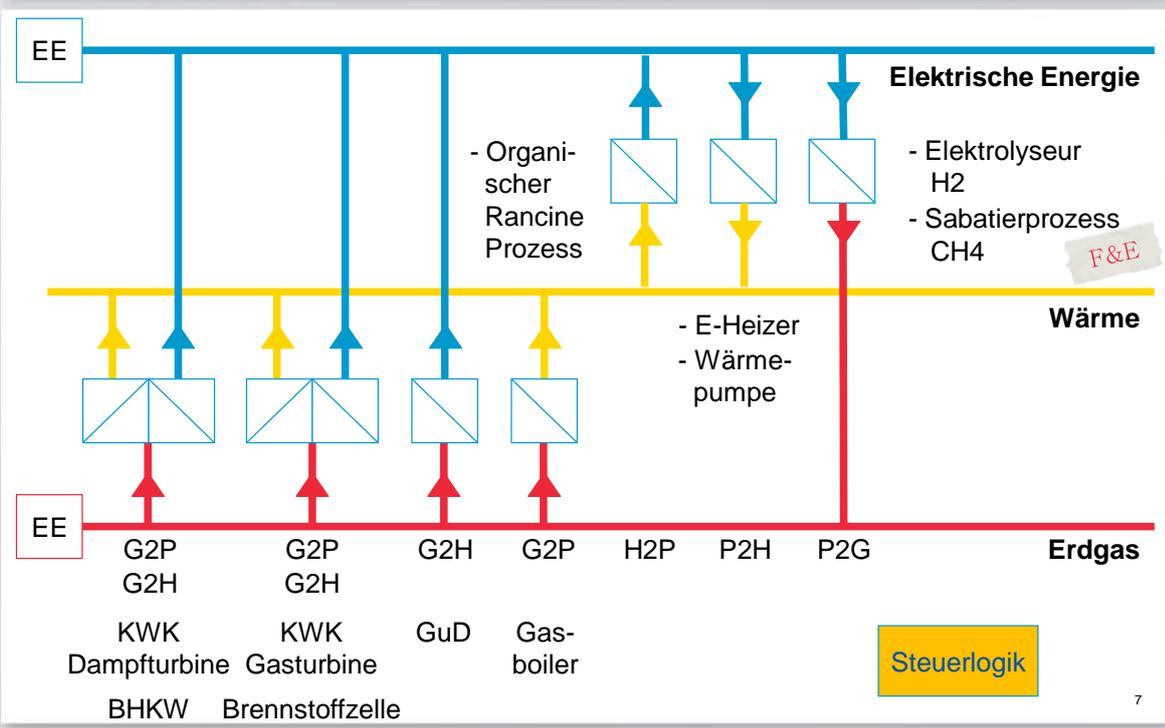


Technologisch wird die Energiewende im Wesentlichen in drei Etappen umgesetzt

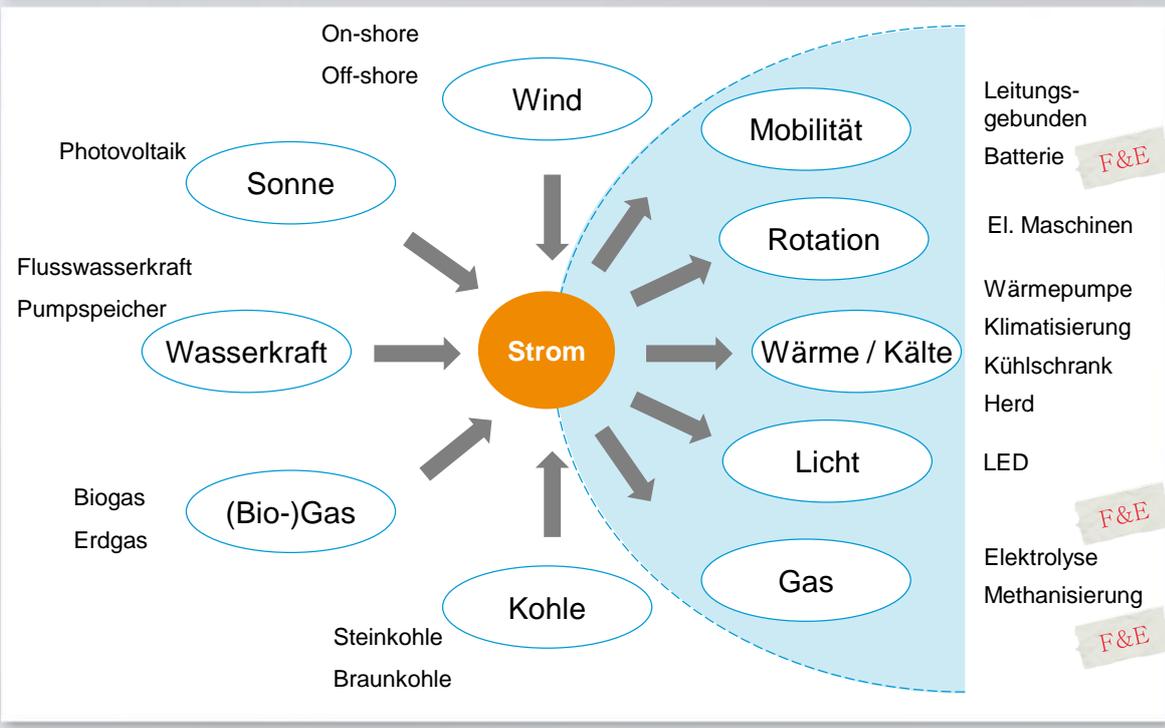


Ab 35 % Anteil regenerativer Energie am Gesamtenergiemix liegt die zu installierende Leistung über der Summe aus **maximalem** Konsum, Speicher und Export.

Die bidirektionale Kopplung der Medien stellt die künftige technische Kernkompetenz dar



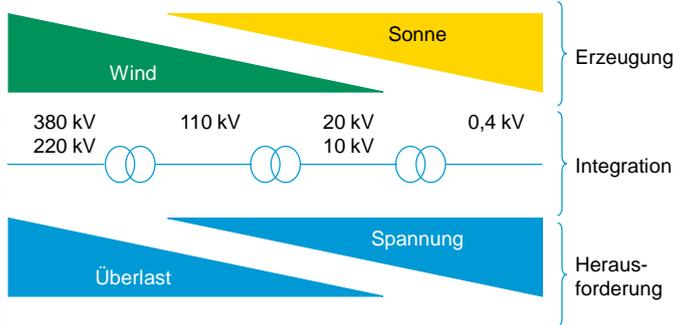
Die Energieform „Strom“ wird zum zentralen Kopplungselement des Energiesektors



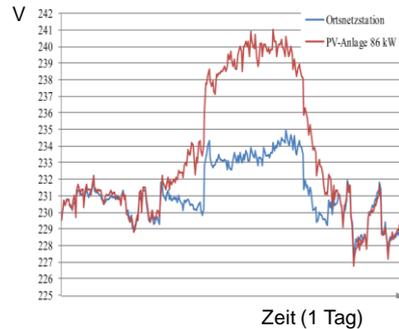
Verteilnetze tragen die Hauptlast – über 95 % der regenerativen Erzeugung speist hier ein



Bedeutung der regenerativen Energiequellen



Spannungsanstieg im Netz

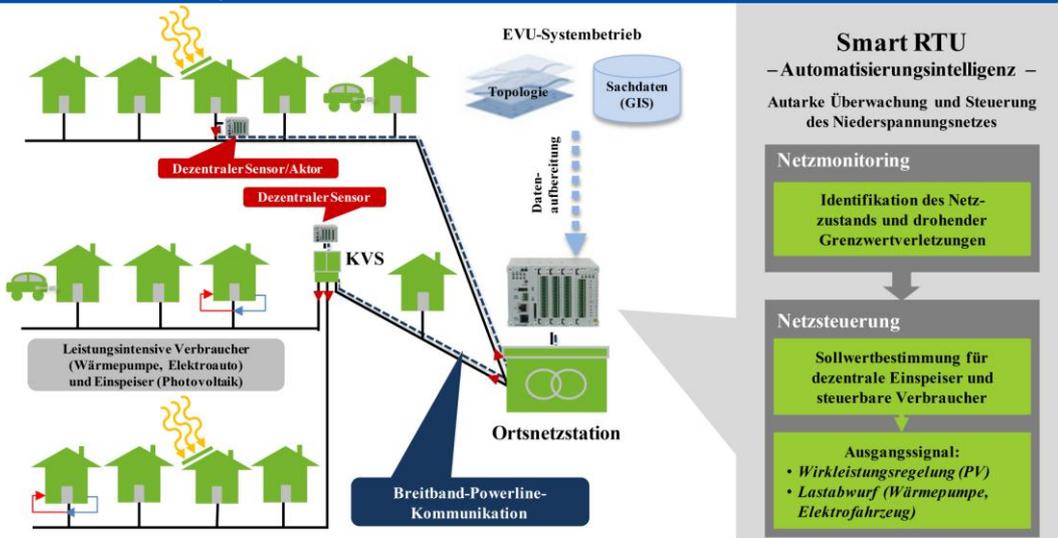


- Erneuerbare Energie müssen an die vorhandenen Netze angebunden werden (**Netzerweiterung**).
- Die vorhandenen Netze müssen die Volatilität (Spannungsschwankungen) und das von den erneuerbaren Energien verursachte Stromaufkommen (Überlastung) beherrschen. Dies kann durch **Netzverstärkung** oder durch „**Smartness**“ umgesetzt werden.

Mainova arbeitet mit Partnern an der pragmatischen Realisierung eines Smart Grid mit dem Namen iNES



Smart Grid Lösungen nutzen die Reserven der vorhandenen Infrastruktur und wirken so netzkostendämpfend. iNES kann die Ausbaukosten um rund ein Drittel reduzieren.

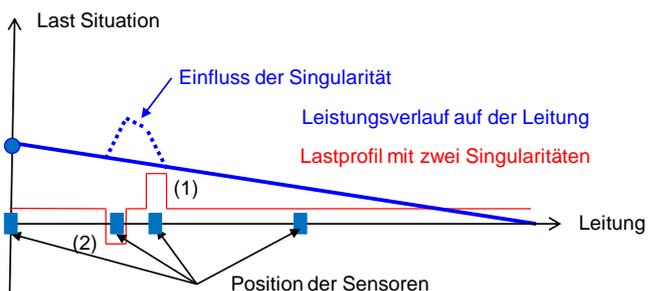
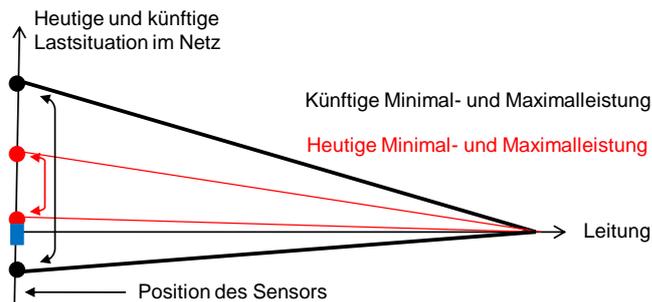


mainova

SAG



Prinzipien der Netzautomatisierung bei iNES – Grundsätze der Sensorpositionierung



Veränderungen im System

Synchrones und homogenes Kundenverhalten

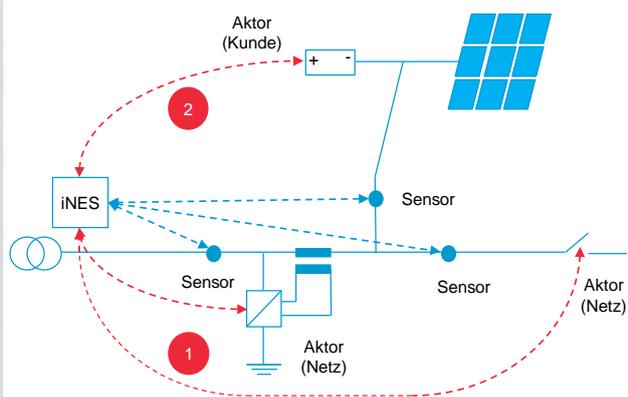
- Höhere Wechsel-
frequenz
- Höhere Amplituden
- State Estimation
Verfahren

Synchrones und asynchrones; homogenes und inhomogenes Kundenverhalten

- Singularitäten
- State Estimation
Verfahren

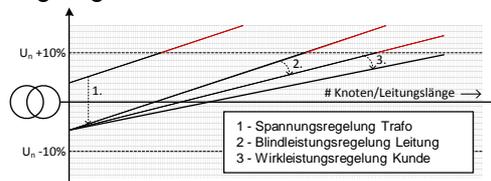
11

Prinzipien der Netzautomatisierung bei iNES – “Netzeingriffe zuerst – Kundenbeeinträchtigung zuletzt“



Grundsätze

Netzaktoren **1** sind **vor** Kunden-
aktoren **2** anzusprechen
Blindleistung wird **vor** Wirkleistung
geregelt

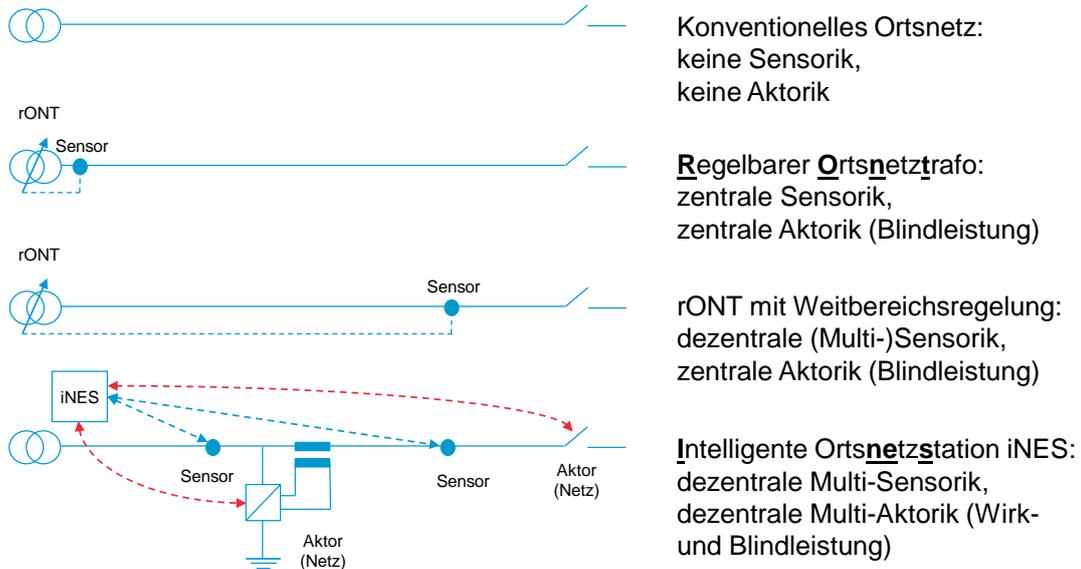


Die Sensoren sind **unabhängig**
von Smart Meter

Qualität und Netzausbau

- Die **Ansprechhäufigkeit** von Kundenaktoren wird **dokumentiert** und kann als Grundlage von Netzausbaumaßnahmen herangezogen werden
- Je mehr **Interventionen** dem Netzbetreiber pro Jahr zugestanden werden, umso geringer fällt der Netzausbau aus. Allerdings werden auch mehr regenerative Energien „vernichtet“

Prinzipien der Netzautomatisierung bei iNES – Vergleich mit anderen Smart Grid Lösungen



iNES verwendet integrale Messwerte von Sensoren im öffentlichen Netz. Dieses System ist unabhängig von Smart Metern, die zudem nur inkrementale Messwerte liefern. Das Problem kundenspezifischer Datensicherheit existiert nicht. Smart Meter können aber integriert werden

Der Frankfurter Smart Grid Feldtest – Zwei Testgebiete / zwei Niederspannungsnetze



Umsetzung

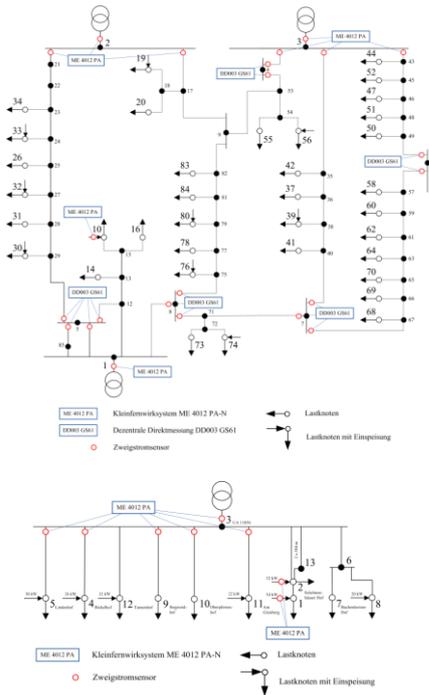
Zwei ausgewählte Testgebiete im Raum Frankfurt mit hoher PV-Dichte:

- **Ländliches Strahlennetz
Bergen-Enkheim**
Aussiedlerhöfe mit großen PV-Anlagen,
1 MS/NS Trafostation
- **Städtisches Maschennetz
Bornheim**
Liegenschaften der ABG zwischen
Dortelweiler Straße und Preun-
gesheimer Straße mit PV-Anlagen,
3 MS/NS Trafostationen



Das Smart Grid Projekt wird in zwei ausgewählten charakteristischen Gebieten durchgeführt. Die Ergebnisse sind damit aussagekräftig.

Der Frankfurter Smart Grid Feldtest – Das Netzmodell der Testgebiete



Netztopologie und Sensorik

Bornheim:
Vermaschtes städtisches Netz mit Photo-
voltaikanlagen und drei Ortsnetzstationen

Bergen-Enkheim:
Ländliches Strahlennetz mit Photovoltaik-
anlagen und einer Ortsnetzstation

Der Frankfurter Smart Grid Feldtest – Sensor, Logik und Aktor im Niederspannungsnetz



Kabel verteilerschranke

Sensor



Misst Istwerte vom
Kabelverteilerschrank
(Direktmessung)
Kommunikation zur sBOX



Ortsnetz-
station

Sensor
und Logik



Messung Istwerte aus der ONS
Kommunikation zum übergeordneten
Diagnose- und Leitsystem
Erfasst Daten der dezentralen
Direktmessungen aus mBOX und aBOX
Autarke Überwachung und Regelung durch
Identifikation des Netzzustandes
Gezielte Steuerung von Erzeugungs- und
Verbrauchsanlagen



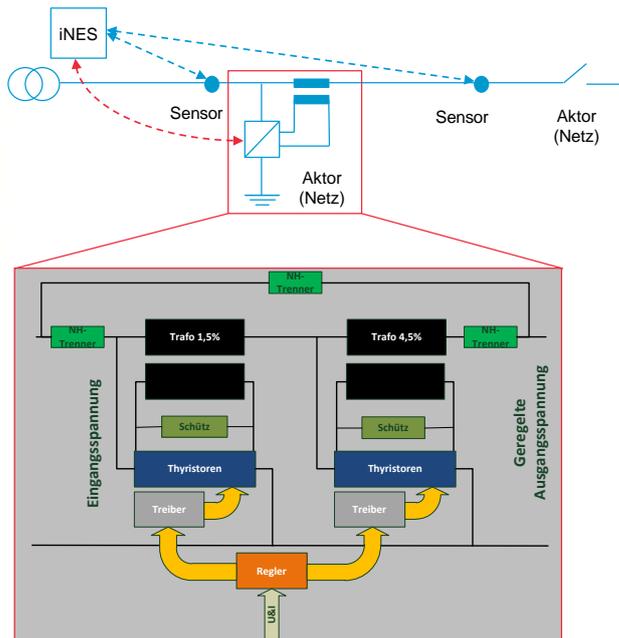
EEG-
Einspeisung

Aktor
(Blind-
leistung)



Misst Istwerte vom Einspeiser,
Verbraucher (Direktmessung)
Schaltet Verbrauchs- und
Erzeugungsanlagen
Kommunikation mit sBOX

Der Frankfurter Smart Grid Feldtest – Aktive Spannungsregelung als Aktor



Grünstromlabel
Frankfurt



Niederspannungsregelsystem

Durchgangsleistung:	630kVA
Regelbereich:	+/- 6%
Stufengröße:	1,5%
Gesamtwirkungsgrad:	99,7%



17

Auszeichnungen des iNES Konsortiums

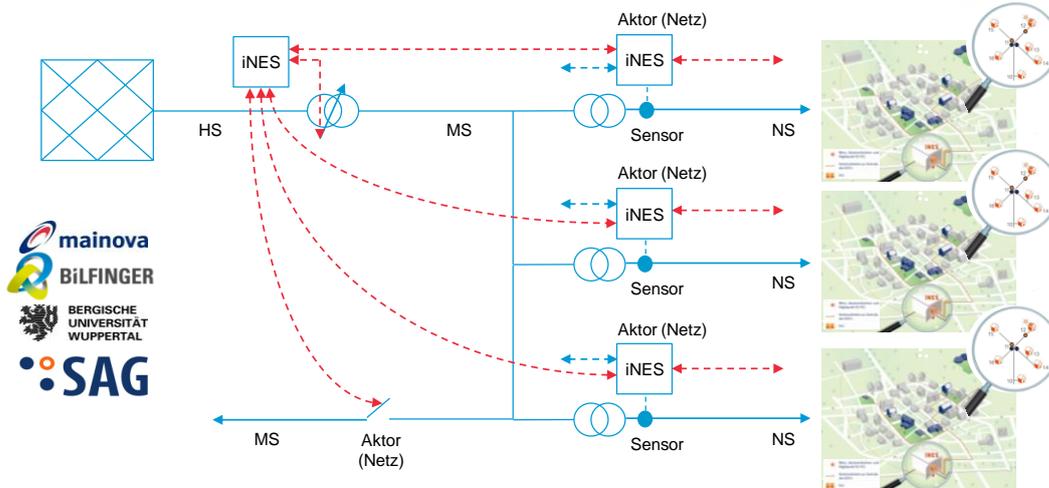


- Wissenstransferpreis der Universität Wuppertal
- Smart Energy Award 2013
- DKE Auszeichnung im Rahmen des Projektes „Energiewende 180 Grad“



18

Das Smart Grid Konzept iNES soll für den Einsatz in der Mittelspannung weiterentwickelt werden

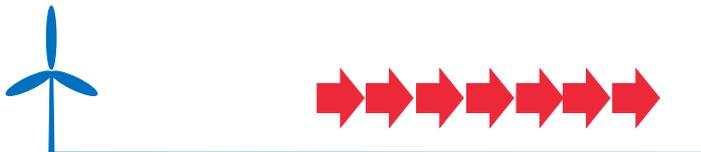


Die iNES Geräte an den Ortsnetztrafos dienen als **Sensoren** für das Mittelspannungsnetz. Weitere **Sensoren** können über Wandler direkt im Mittelspannungsnetz angebracht werden. Das iNES Gerät am HS/MS-Trafo dient als **Zentrale**. Es analysiert die Werte der Sensoren und aktiviert die **Aktoren**. Dies kann z.B. ein Mittelspannungsschalter oder der Stufenschalter des HS/MS-Trafos sein. Genauso können die iNES Geräte an den Ortsnetztrafos als **Aktoren** eingesetzt werden und Steuersignale in das Niederspannungsnetz senden.

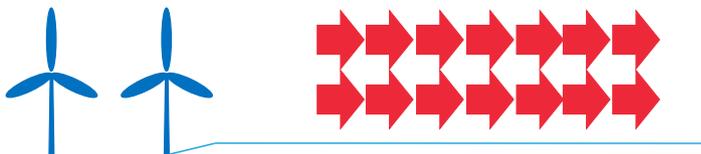
Netzausbau versus Speicherung – Ein Smart Grid braucht Aktoren



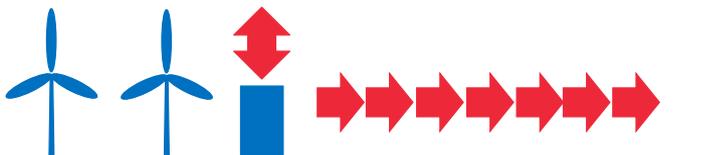
Ausgangssituation



Erzeugungs- und Leitungsausbau



Erzeugungsausbau und Speichereinsatz



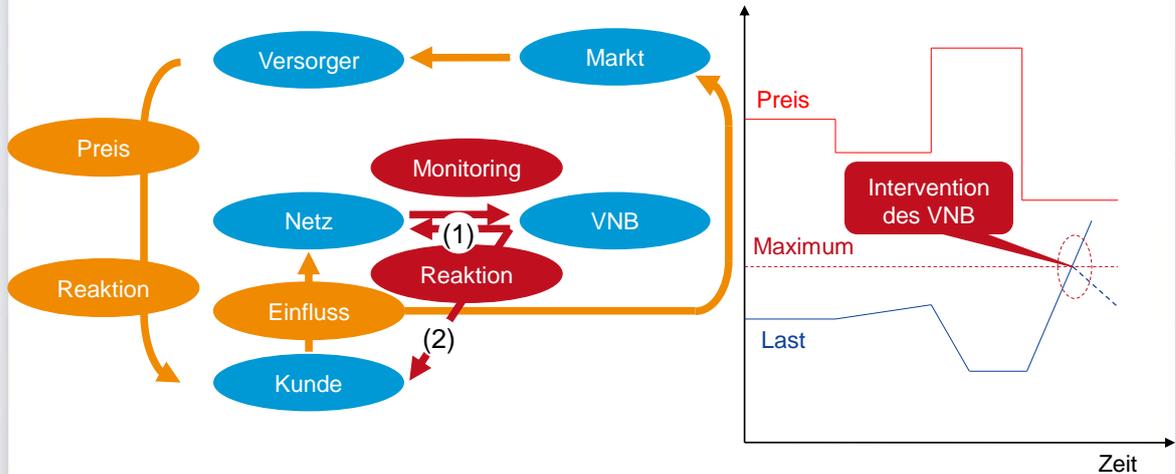
Sind dezentrale Energiespeicher Netz- oder Marktelemente?

Was ist preiswerter, die Verdoppelung der Leitungskapazität oder der Einsatz eines Energiespeichers (Aktor)?

Smart Grid und Smart Market müssen koordiniert agieren – Eckpunkte der Aufgabenteilung



Smart Market: ▶ Preis ist das Steuerungssignal
Smart Grid: ▶ Steuerung erfolgt durch **physikalische Signale** ▶ Leistungsgleichgewicht
 ▶ Optimierte Netznutzung

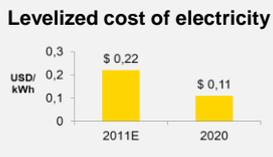
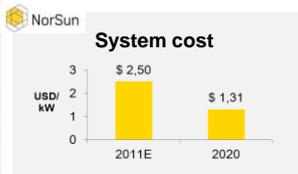


Intervention des VNB bedeutet: Priorität gegenüber dem Markt **aber** Minimierung der Beeinträchtigung des Kunden – erst Netz- (1) und dann Kundenmaßnahmen (2).
 Automatisiertes physikalisches **Engpassmanagement** im Verteilnetz.

Gebäudeintegrierte Photovoltaik bildet die wesentliche urbane Energiequelle der näheren Zukunft



Kostendegression: Siliziumzellen



Neu: Organische Solarzellen



Die **Integration von Solarmodulen** in Gebäude erlaubt die Nutzung der Module als Infrastrukturelement und damit eine Kostensenkung, die den Stromgestehungskosten gutgeschrieben werden kann.

Polykristalline Siliziumzellen benötigen Direktstrahlung.

Organische Solarzellen bestehen aus Kohlenwasserstoff und absorbieren auch diffuse Strahlung.

Auch **Batterien** machen enorme Fortschritte. Rund 100 Laptopbatterien speichern den durchschnittlichen Strombedarf eines Vierpersonenhaushalts.



Das erste Aktivenergiehaus wird in Frankfurt
in der Speicherstrasse errichtet (Fotomontage)



23

Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner, Mitglied des Vorstands der Mainova AG
Frankfurt am Main, 17. Januar 2013



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Smart Grids im Praxistest, Teil 2:

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

iNES funktioniert!

Warum noch ein Pilotvorhaben?

... die Anforderungen der Energiewende treffen auch uns

- Einzelne NS-Netze mit „größeren“ Einspeisern
- Netzberechnungen auch für kleine PV-Anlagen in der NS erforderlich

... die Technologie erscheint interessant und zukunftssträftig

... iNES nutzt Powerline als Kommunikationsweg, wir haben bereits zwei Powerline-Testgebiete für Smart-Metering

... wir wollen gestalten und haben deshalb zusätzliche Anforderungen an iNES formuliert

1. iNES-Pilot in einem Gebiet mit 100% Breitband-Powerline-Ausbau!

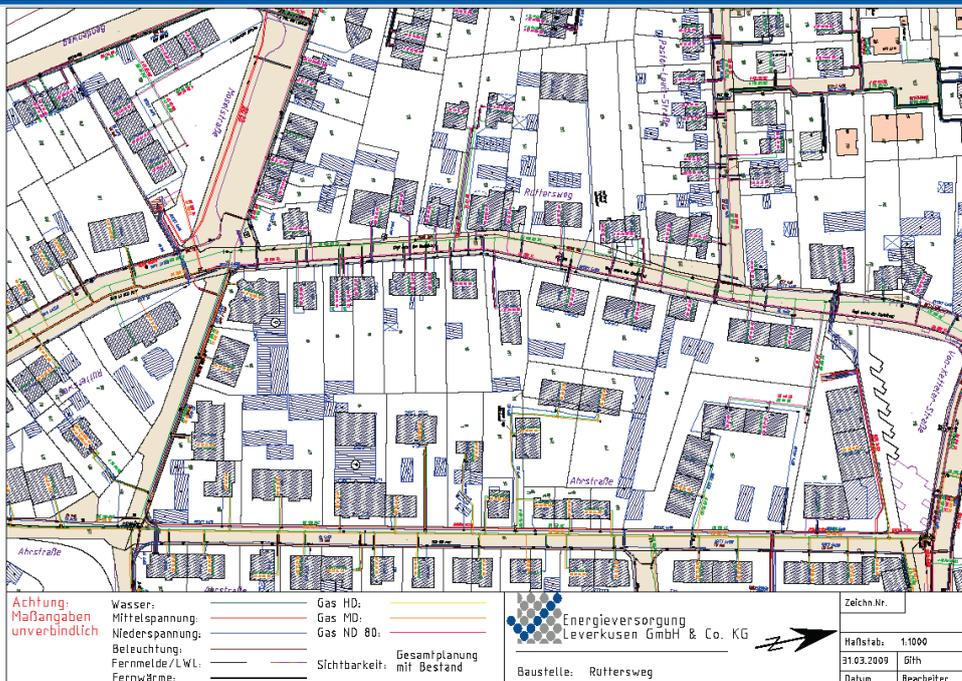
Zielsetzungen des Pilotprojektes

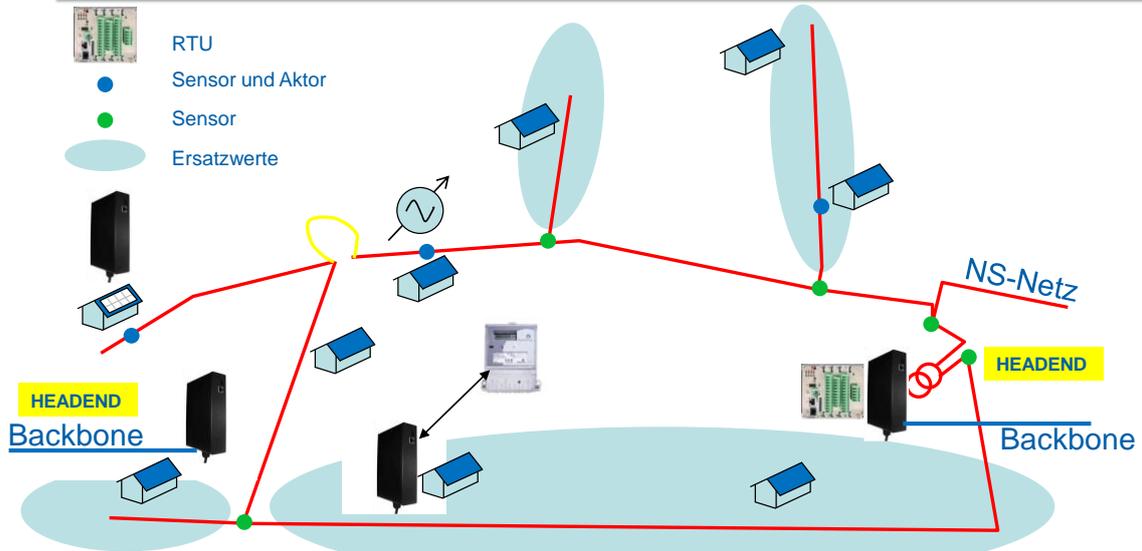
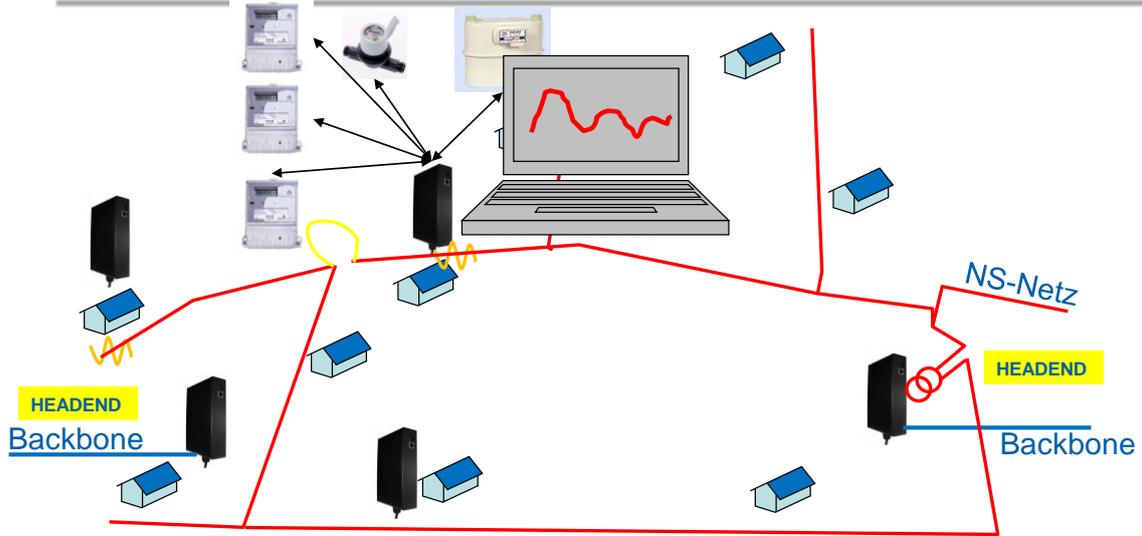
1. Überprüfung der Genauigkeit

Ist der Algorithmus genau genug? (vielleicht zu genau?)
Regelt der Algorithmus genügend genau?

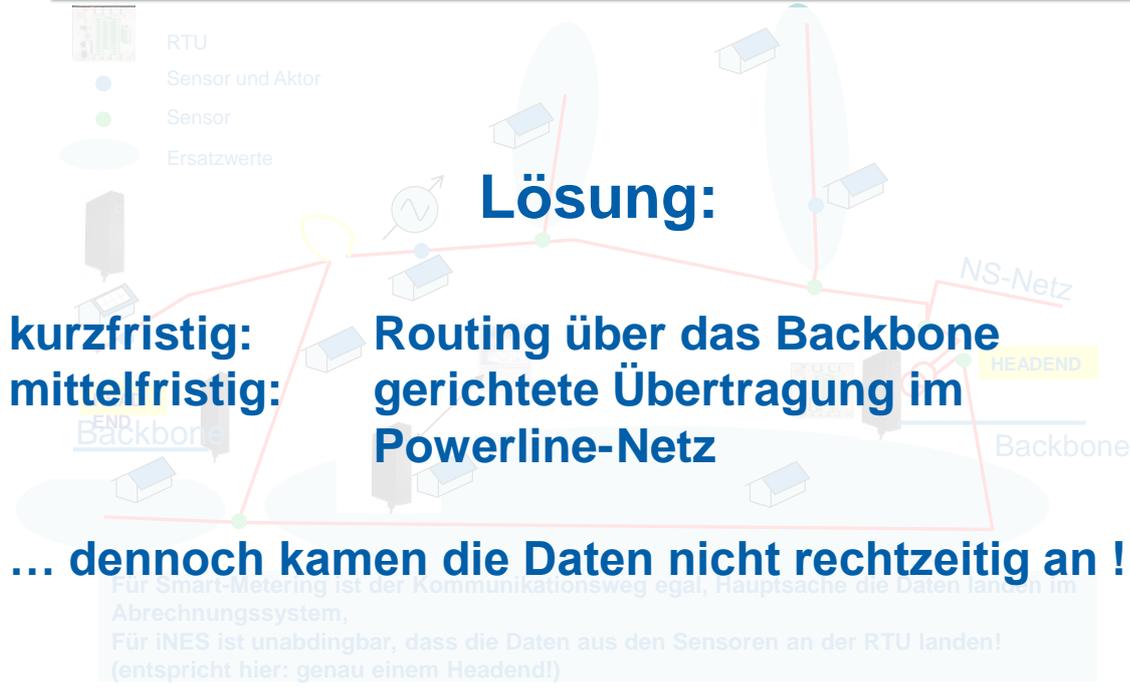
2. Schaffen von „Praxistauglichkeit“

Erweiterung um eine automatische Topologie-Erkennung



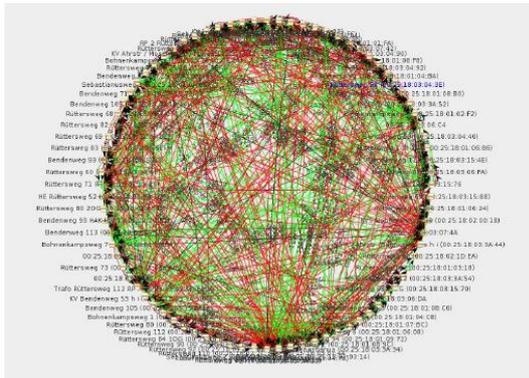


**Für Smart-Metering ist der Kommunikationsweg egal, Hauptsache die Daten landen im Abrechnungssystem,
Für iNES ist unabdingbar, dass die Daten aus den Sensoren an der RTU landen!
(entspricht hier: genau einem Headend!)**



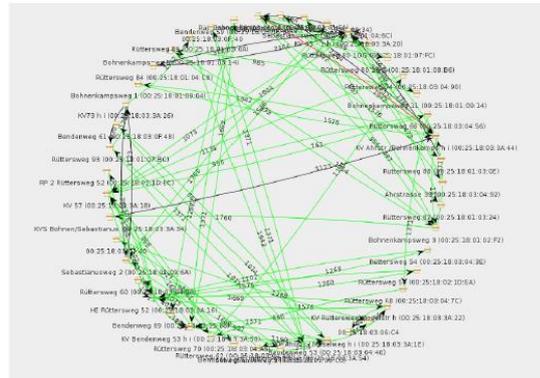
Breitband-Powerline ist selbstkonfigurierend aufgebaut, d. h., das System sucht sich ständig die besten Kommunikationswege!

Live-Screenshot:



Vom Meshed-Net-Algorithmus gepflegte pot. nutzbare Links

- grün = gute,
- schwarz = zufriedenstellende und
- rot = ausreichende Verbindung



Vom System zur Kommunikation bevorzugt genutzte Links

Quelle: ppc AG

Breitband-Powerline ist selbstkonfigurierend aufgebaut, d. h., das System sucht sich ständig die besten Kommunikationswege!

100% ausgebautes Netz!

- jedes Gateway sieht ganz viele andere Gateways,
- jedes Gateway muss ständig ganz viele Verbindungen bewerten.

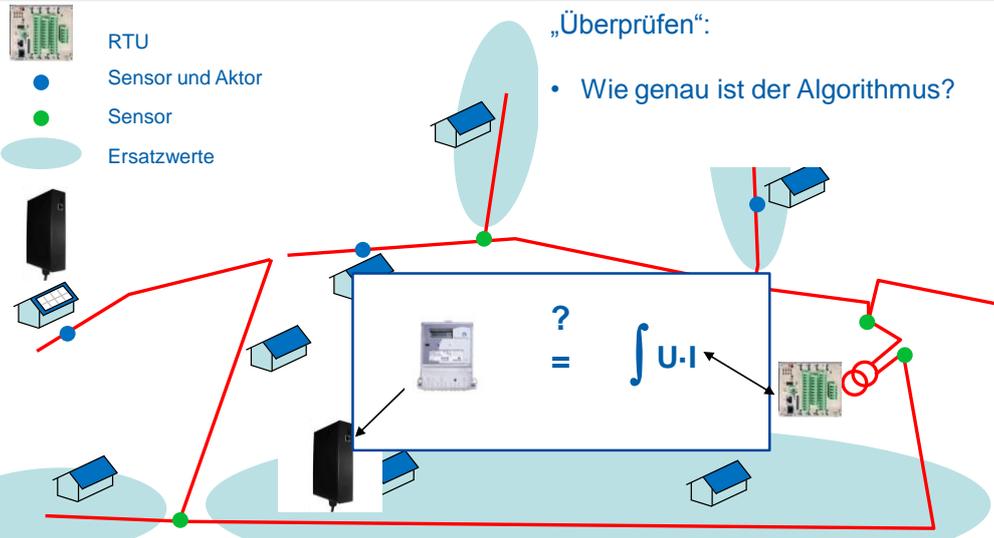
Lösung: Einschränken der bevorzugten Verbindungen!

Vom Meshed-Net-Algorithmus gepflegte pot. nutzbare Links

Vom System zur Kommunikation bevorzugt genutzte Links

grün = gute,
schwarz = zufriedenstellende und
rot = ausreichende Verbindung

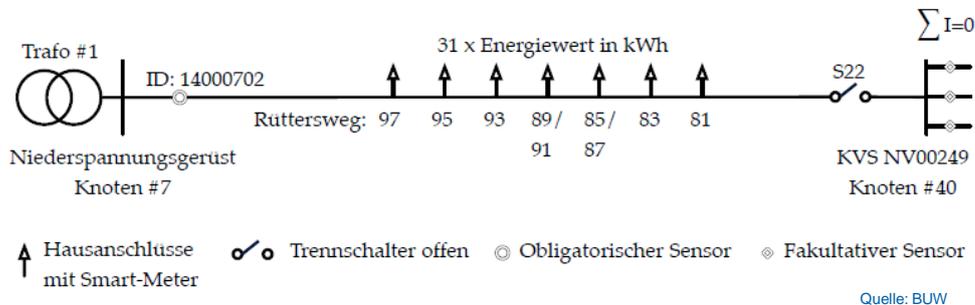
Quelle: ppc AG



Vergleich der Energiemessung über die Smart-Meter mit berechneten Energiewerten aus der RTU

Genauigkeit des Algorithmus:

1. Abgleich mit Smart-Meter-Daten



Genauigkeit des Algorithmus:

1. Abgleich mit Smart-Meter-Daten

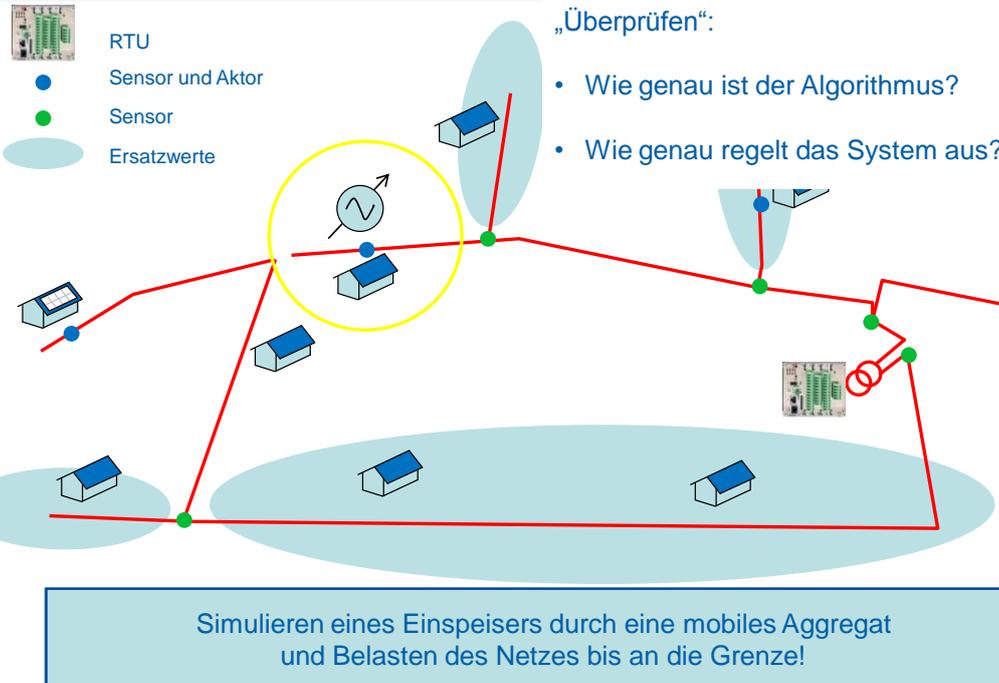
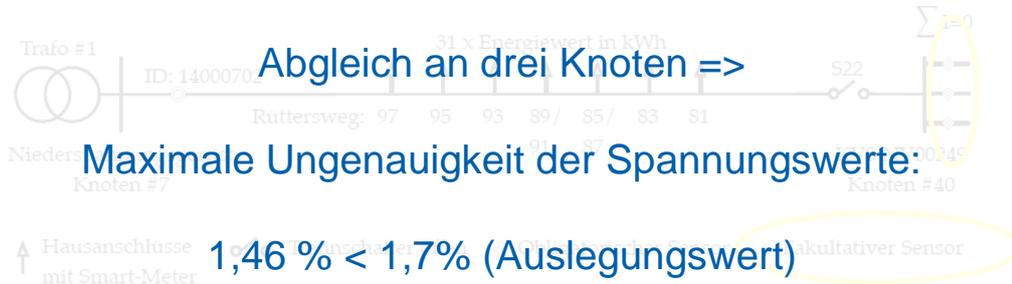
kWh	08.11.	09.11.	12.11.
Smart-Meter	198	201	52
iNES	239	245	148
Delta	41	44	96

Der Abgleich mit Smart-Meter-Daten ist nicht wirklich zielführend:

1. die Abweichung im Delta zwischen 12.11. und den vorherigen Tagen ist zum größten Teil durch nicht valide Daten am 12.11. erklärt.
2. Straßenbeleuchtung als nicht Smart-Meter-gemessener Verbrauch erklärt das rel. konstante Delta nicht ausreichend.

Genauigkeit des Algorithmus:

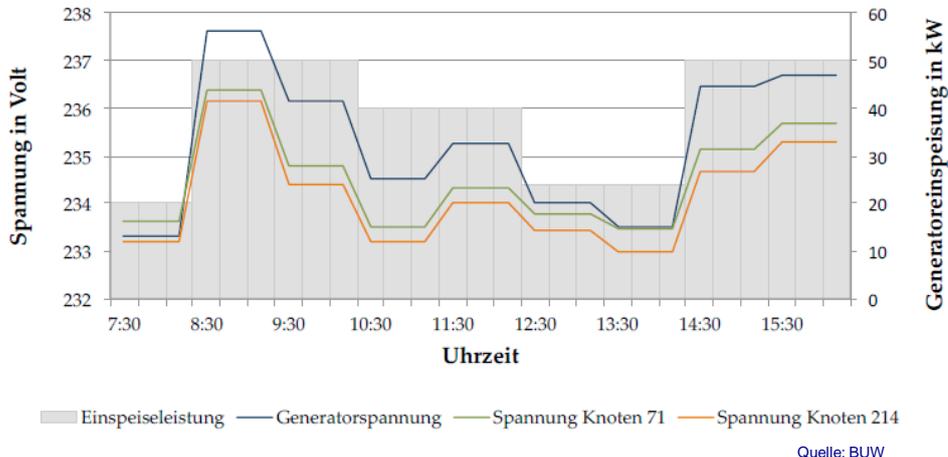
2. Abgleich mit „unbenutzten“ (fakultativen) Sensoren



Ausregeln des Systems:

Simulation der Einspeisung von mehrere Mini-BHKW durch ein Aggregat:

Überlagerung der Generatoreinspeisung mit den gemessenen Spannungen



Ausregeln des Systems:

Simulation der Einspeisung von mehrere Mini-BHKW durch ein Aggregat:

Überlagerung der Generatoreinspeisung mit den gemessenen Spannungen





RTU



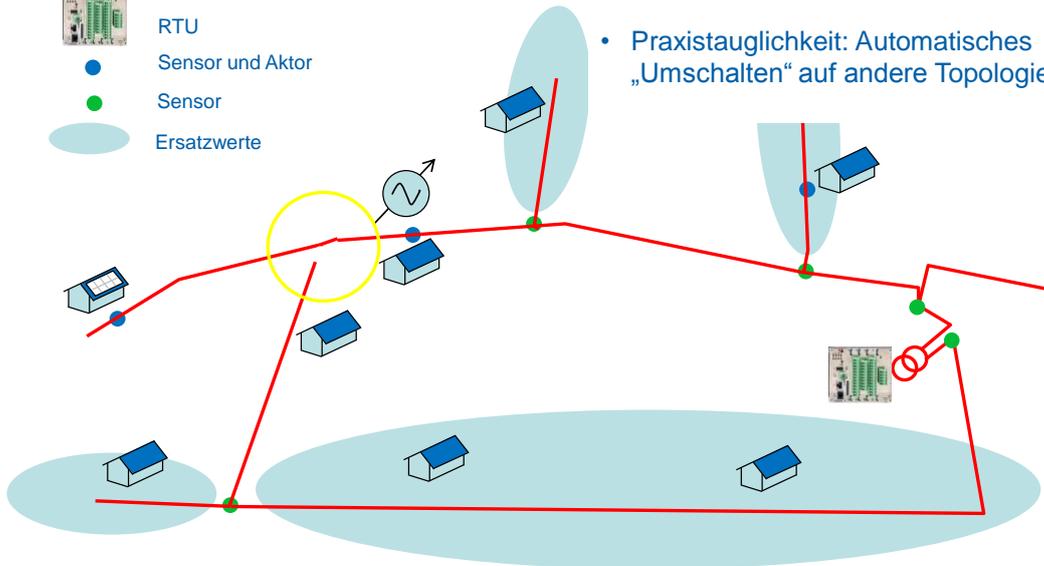
Sensor und Aktor



Sensor



Ersatzwerte



- Praxistauglichkeit: Automatisches „Umschalten“ auf andere Topologie

Veränderung der online-gemessenen Strom- und Spannungswerte
=> Rückschluss auf Schaltvorgang
=> Umschalten auf entsprechende Topologie

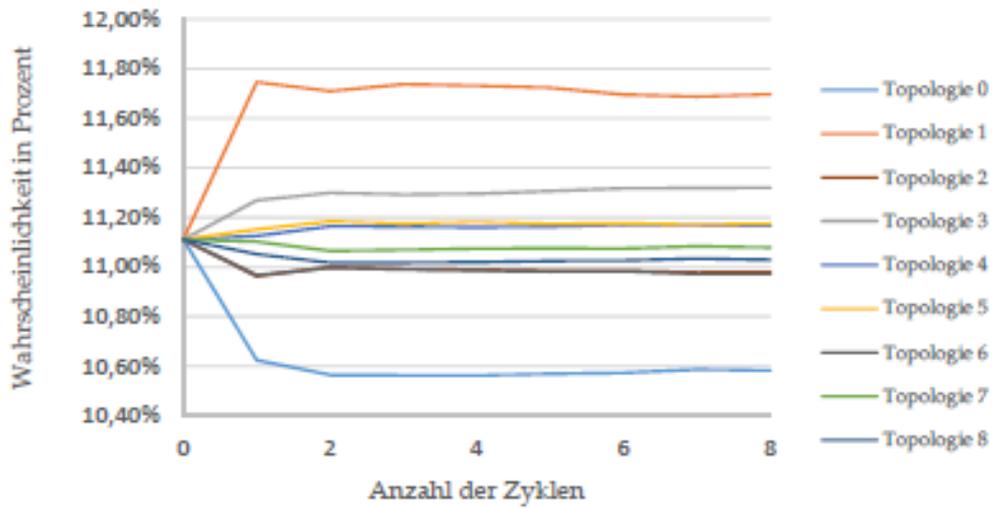
Ansatz: Die „wahre“ Topologie weist die geringste Abweichung zwischen gemessenen und berechneten Größen auf.

Vorgehen:

1. Hinterlegen der (sinnvollen) möglichen Topologien
2. Durchrechnen der Topologien mit den *obligatorischen* Sensoren
3. Vergleich der Messwerte der *fakultativen* Sensoren mit den Rechenwerten der o.a. Topologien
4. Ermitteln der wahrscheinlichsten Topologie
5. Setzen der wahrscheinlichsten Topologie als aktuell gültige Topologie

Automatische Topologie-Erkennung:

Topologiemodell 1



Quelle: BUW

Automatische Topologie-Erkennung:

Table II: Results of the probability calculation

Topology Model	standard correct	#1 correct	#2 correct	#3 correct	#4 correct	#5 correct	#6 correct	#7 correct	#8 correct
standard	12,18%	10,73%	11,32%	10,77%	11,00%	10,60%	11,18%	10,25%	11,22%
#1	11,12%	11,96%	10,82%	10,51%	10,62%	11,27%	10,73%	10,53%	10,57%
#2	11,23%	11,21%	11,66%	11,57%	11,80%	11,33%	11,75%	11,28%	11,30%
#3	10,51%	10,85%	10,40%	12,17%	10,87%	10,79%	10,55%	10,88%	10,53%
#4	11,10%	11,18%	11,25%	11,86%	11,86%	11,07%	11,12%	11,17%	11,20%
#5	10,53%	11,20%	10,84%	10,48%	10,62%	11,93%	10,76%	11,09%	10,42%
#6	11,26%	11,25%	11,55%	11,60%	11,41%	11,28%	11,80%	11,26%	11,33%
#7	10,70%	11,02%	10,98%	10,48%	10,74%	10,99%	10,88%	12,27%	11,20%
#8	11,37%	10,61%	11,18%	10,55%	11,06%	10,75%	11,24%	11,27%	12,24%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Anzahl der Zyklen

Quelle BUW

Automatische Topologie-Erkennung:

Simulation:

Table II: Results of the probability calculation

Topology Model	standard	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
#1	11.18%	11.96%	10.82%	10.51%	10.62%	11.27%	10.73%	10.25%	11.22%
#2	11.23%	11.21%	11.66%	11.57%	11.80%	11.33%	11.75%	11.28%	11.30%
#3	10.51%	10.85%	10.40%	12.17%	10.87%	10.79%	10.55%	10.88%	10.53%
#4	11.10%	11.18%	11.25%	11.86%	11.86%	11.07%	11.12%	11.17%	11.20%
#5	10.53%	11.20%	10.84%	10.48%	10.62%	11.93%	10.76%	11.09%	10.42%
#6	11.18%	11.65%	11.37%	11.00%	11.41%	11.28%	11.80%	11.26%	11.33%
#7	10.40%	11.02%	10.98%	10.48%	10.74%	10.99%	10.88%	12.27%	11.20%
#8	11.37%	10.61%	11.18%	10.55%	11.06%	10.75%	11.24%	11.27%	12.24%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Das richtige Topologiemodell setzt sich innerhalb von drei Berechnungszyklen durch!

Validierung im Feld:

Das richtige Topologiemodell setzt sich innerhalb von fünf Berechnungszyklen durch!

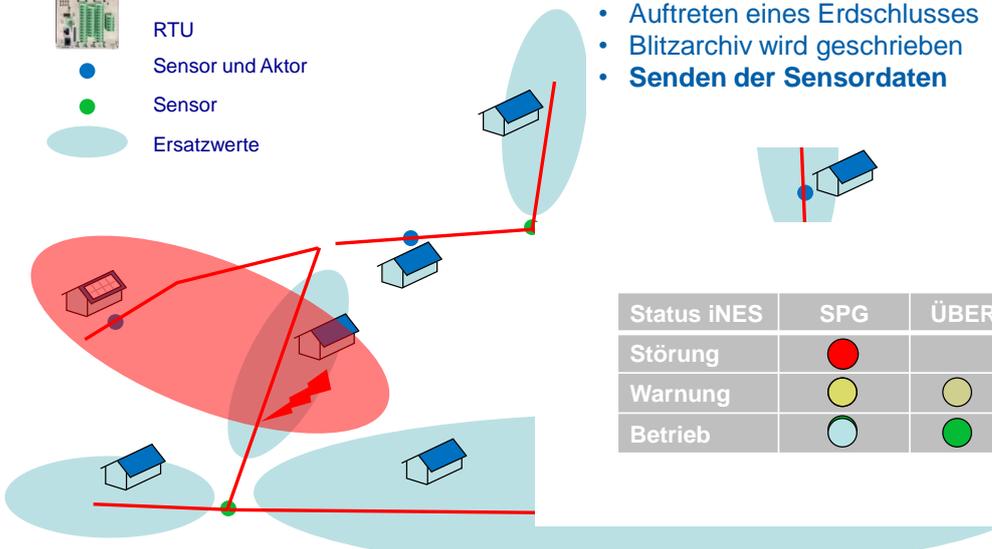
Die automatische Topologie-Erkennung funktioniert.

Anzahl der Zyklen

Quelle BUW

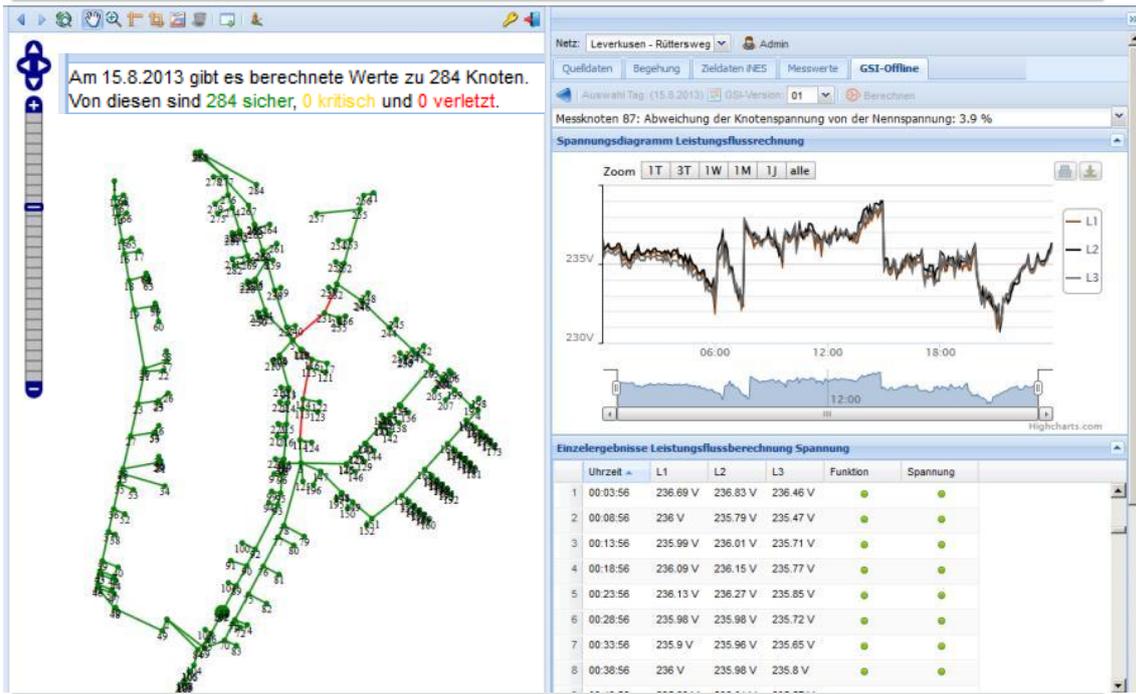
- RTU
- Sensor und Aktor
- Sensor
- Ersatzwerte

- Auftreten eines Erdschlusses
- Blitzarchiv wird geschrieben
- **Senden der Sensordaten**



Status iNES	SPG	ÜBERL	KOMM
Störung			
Warnung			
Betrieb			

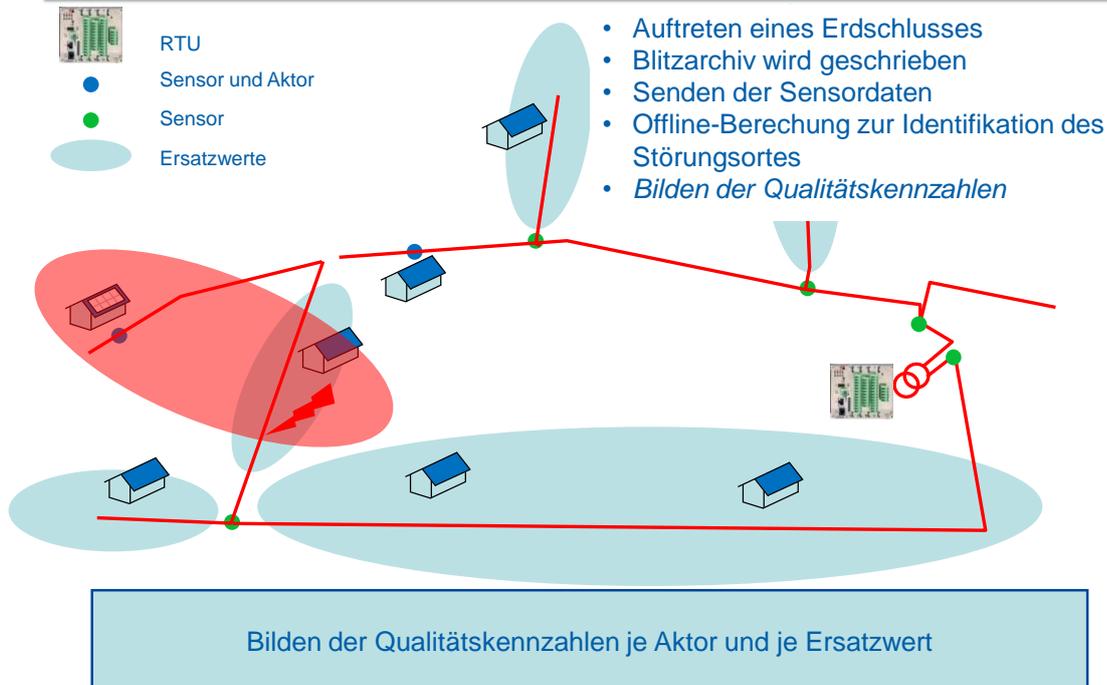
Bsp. $I = 0$ und $U = 0$ => Kommunikationsstörung, Sensor ausgefallen oder Sicherung ausgelöst?



EVL / GF - Di

2. Wuppertaler Energie-Forum 17.01.2014

23



EVL / GF - Di

2. Wuppertaler Energie-Forum 17.01.2014

24

Vielen Dank fürs Zuhören!

Dr.-Ing. Ulrik Dietzler
Energieversorgung Leverkusen

Optimierung des Netzbetriebs auf Übertragungsebene

Dipl.-Ing. Joachim Pfister, TransnetBW GmbH

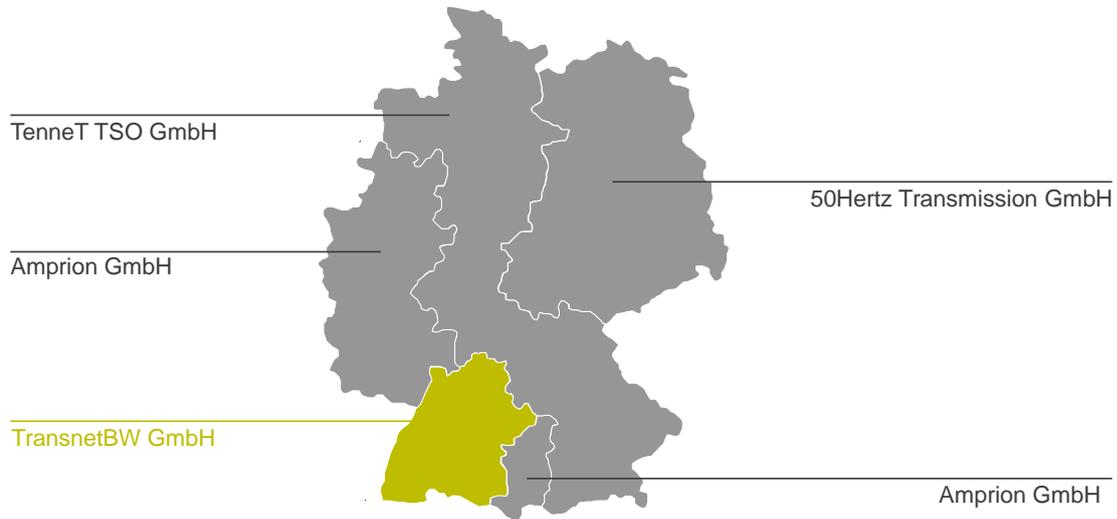
OPTIMIERUNG DES NETZBETRIEBES AUF ÜBERTRAGUNGSNETZELENE

JOACHIM PFISTER, LEITER ANLAGENBETRIEB PRIMÄR- UND SEKUNDÄRTECHNIK
Wuppertal, 17.01.2014

AGENDA

- 01 Wer ist die TransnetBW
- 02 Flächenorganisation heute
- 03 Prämissen für eine Optimierung der Flächenorganisation
- 04 Flächenorganisation morgen
- 05 Zusammenfassung

WER IST DIE TRANSNETBW



Seite 3

WER IST DIE TRANSNETBW



- / Mitarbeiter 380
- / Umsatz 5,5 Mrd. €
- / Geschäftsmodell 100%-ige Tochter der Energie Baden-Württemberg AG und zertifizierter Unabhängiger Transportnetzbetreiber (ITO-Modell)

Seite 4

WER IST DIE TRANSNETBW



- / 34.600 km² versorgtes Gebiet
- / 3.331 km Leitungslänge (220- und 380-kV)
- / 49 Umspannwerke
- / 11 GW jährlicher Leistungsbedarf in Baden-Württemberg
- / 67 TWh jährlicher Strombedarf in Baden-Württemberg

Seite 5

Wer ist die TransnetBW

BEREICHE

Energiemarkt und Netzmanagement (Rainer Joswig)

/ ENERGIEMARKT

- / Marktprozesse
- / Regulierungsmanagement
- / Grundsatzfragen/ Compliance
- / Kommunikation

/ NETZBETRIEB UND ANLAGEN-MANAGEMENT

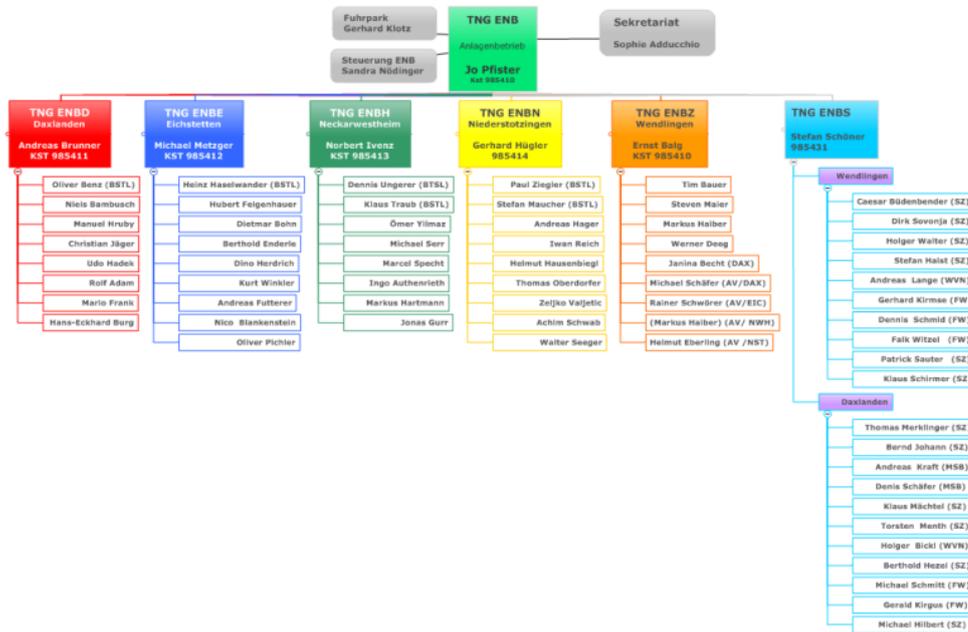
- / Anlagenmanagement
- / Prozessdatenverarbeitung
- / Systemführung

/ NETZSERVICE

- / **Anlagenbetrieb**
- / Netzprojekte
- / Anlagentechnik
- / Präsenz in der Fläche

Seite 6

FLÄCHENORGANISATION HEUTE



Seite 7

Prämissen für eine Optimierung der Flächenorganisation

ÜBERSICHT

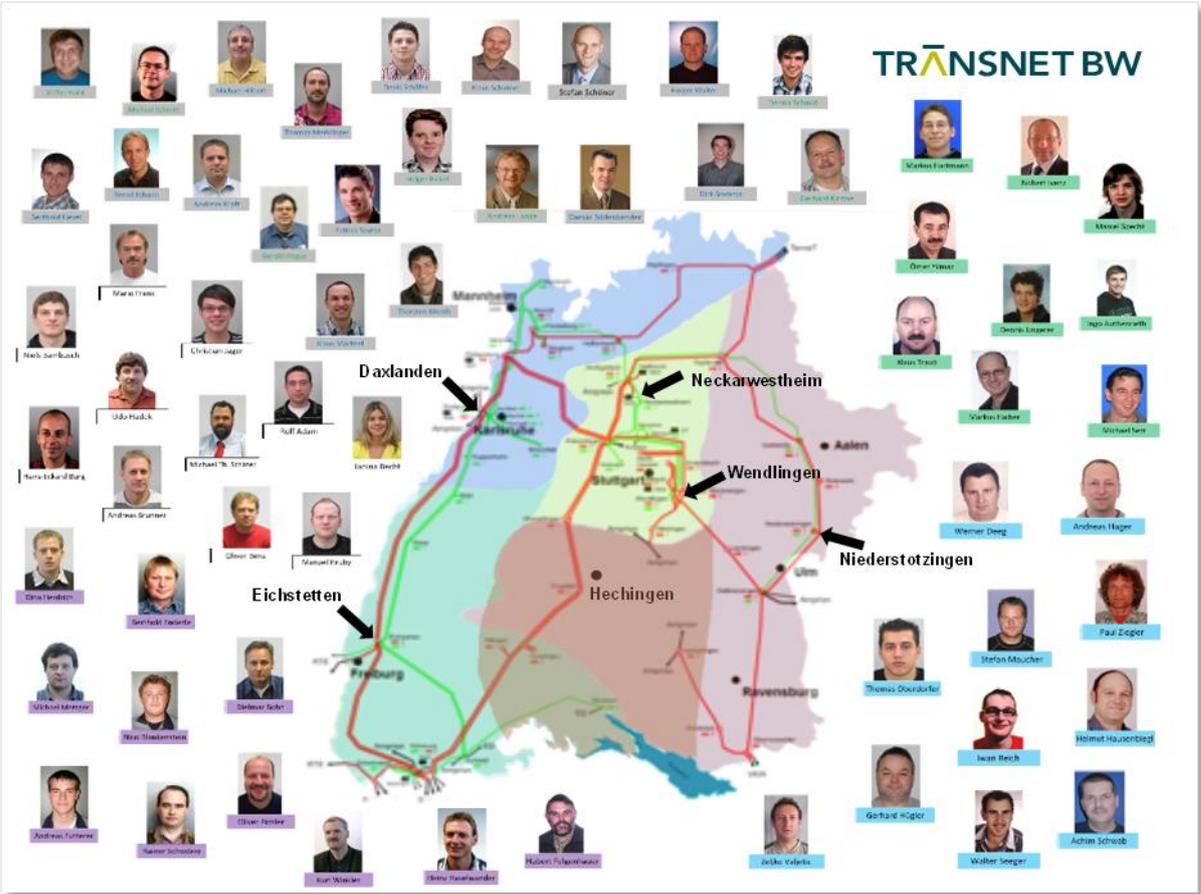
- / Modellbeschreibung
- / Prämissen
- / Basisvariante der heutigen Organisation
- / Fünf eigenständige Netzbezirke
- / Zusammenfassung
- / Ergebnisse weiterer Zwischenvarianten

Seite 8

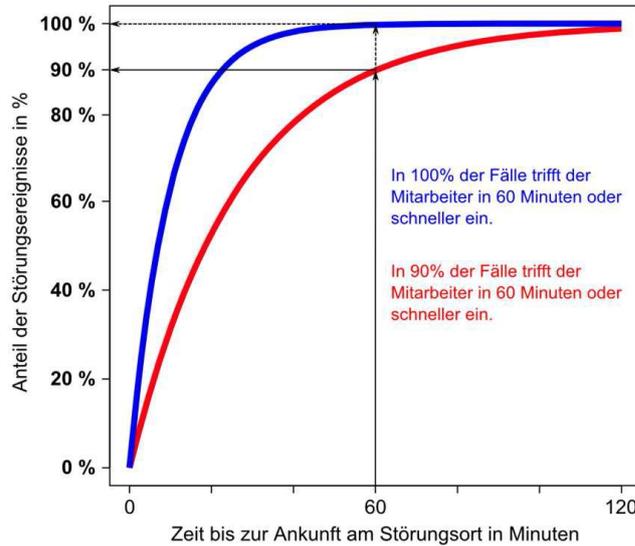
PRÄMISSEN FÜR EINE OPTIMIERUNG DER FLÄCHENORGANISATION

- / Standorte der Teams in der Fläche
- / Wohnorte der Mitarbeiter
- / Straßenverbindungen
- / Vom Assetmanagement vorgegebene Reaktionszeiten
- / Umfang der Tätigkeiten, resultierend aus dem Wartungsplan

Seite 9

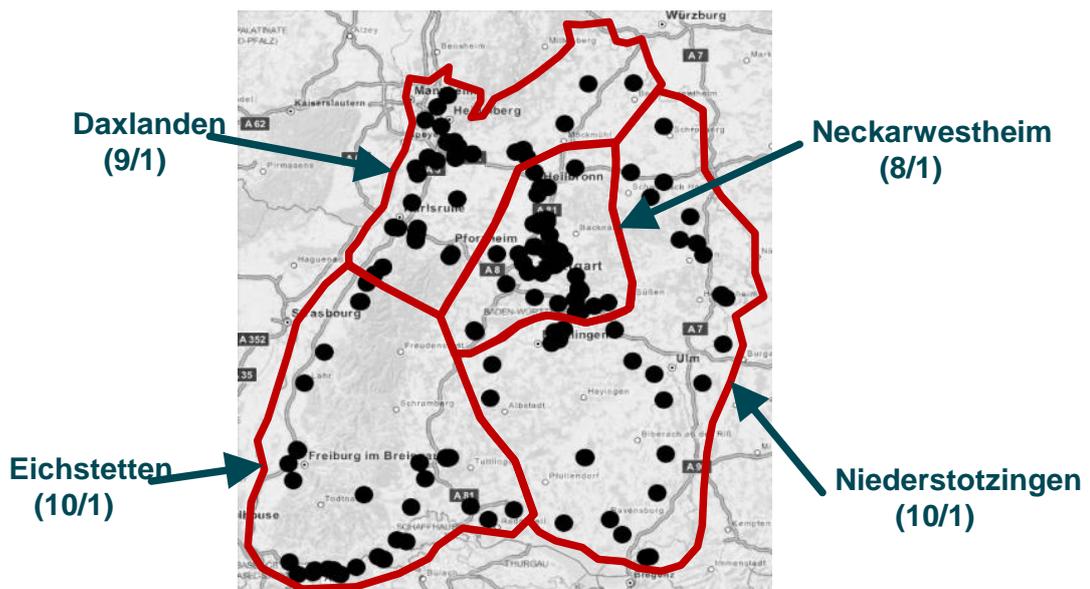


PRÄMISSEN FÜR EINE OPTIMIERUNG DER FLÄCHENORGANISATION



Seite 11

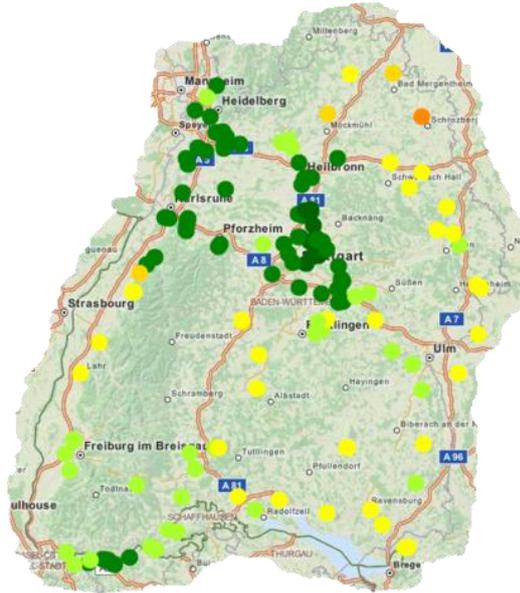
HEUTIGER ORGANISATIONSZUSCHNITT



Seite 12

ERREICHBARKEIT DER ANLAGEN NORMALARBEITSZEIT

Organisation heute (Basisvariante)



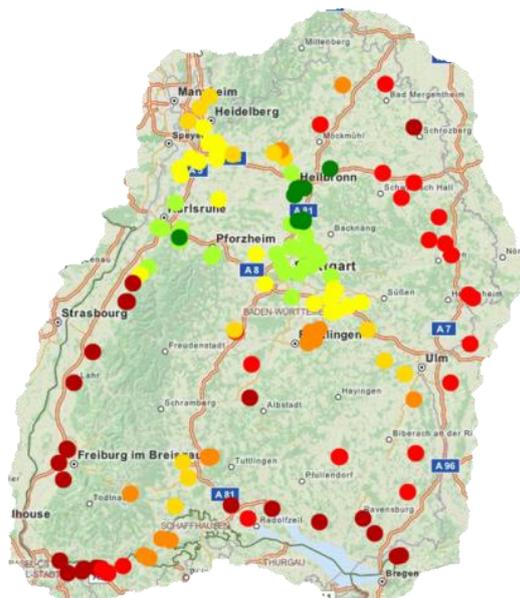
In 95% aller Fälle werden Störungen in diesem Knoten in ...

- 0 - 19 Minuten
- 20 - 39 Minuten
- 40 - 59 Minuten
- 60 - 79 Minuten
- 80 - 99 Minuten
- 100 - 119 Minuten
- 120 - 139 Minuten
- > 140 Minuten

... oder schneller erreicht.

ERREICHBARKEIT DER ANLAGEN RUFBEREITSCHAFT

Organisation heute (Basisvariante)

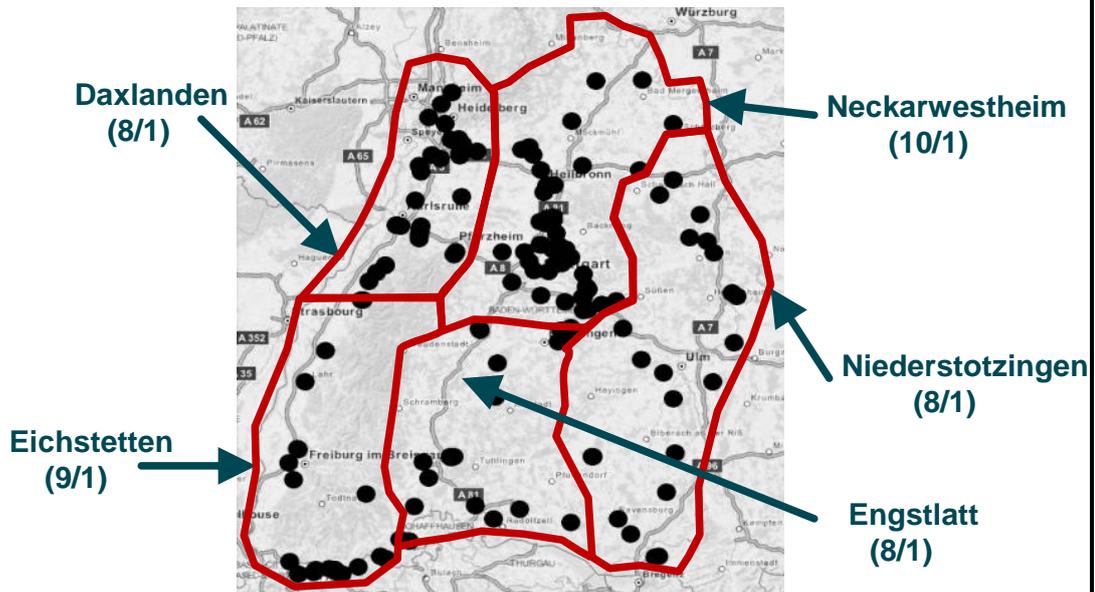


In 95% aller Fälle werden Störungen in diesem Knoten in ...

- 0 - 19 Minuten
- 20 - 39 Minuten
- 40 - 59 Minuten
- 60 - 79 Minuten
- 80 - 99 Minuten
- 100 - 119 Minuten
- 120 - 139 Minuten
- > 140 Minuten

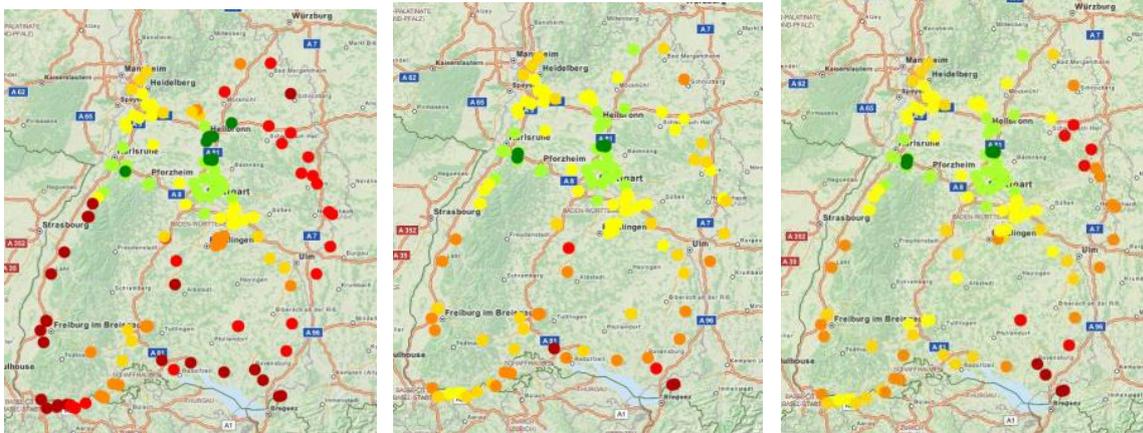
... oder schneller erreicht.

ORGANISATIONSZUSCHNITT VARIANTE 4.8



ERREICHBARKEIT DER ANLAGEN RUFBEREITSCHAFT

Variante 4.8



- 0 - 19 Minuten
- 20 - 39 Minuten
- 40 - 59 Minuten
- 60 - 79 Minuten
- 80 - 99 Minuten
- 100 - 119 Minuten
- 120 - 139 Minuten
- > 140 Minuten

Zusammenfassung

STÖRUNGSSZENARIO

- / Die Erreichbarkeit der Netzanlagen ist abhängig von
- / ... dem Zuschnitt und der Größe der Entstörbezirke,
- / ... der Anzahl der zur Verfügung stehenden Entstörressourcen (zur Normalarbeitszeit und zur Rufbereitschaftszeit),
- / ... den Wohnorten der Rufbereitschaftsressourcen,
- / ... der Topografie und den vorhandenen Verkehrswegen.
- / Mit Hilfe der Störungsszenarien können zusätzlich Ressourcenengpässe durch zeitlich überlappende Störungen in den Simulationen berücksichtigt werden.
- / Das Störungsszenario 1 basiert auf der aktuellen Störungsstatistik der TransnetBW für den Zeitraum 4.9.2012 – 13.5.2013 und wurde für die Monate Juni bis August um weitere Störungen aus dem Störungsszenario 2010 der EnBW-Studie ergänzt.

Übergreifende Optimierung von Netz- und Betriebskosten

Dr.-Ing. Michael Schwan, Siemens AG

2. Wuppertaler Energieforum

Übergreifende Optimierung von Netz- und Betriebskosten

Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

Answers for infrastructure and cities.

Ausgangslage

- Anreizregulierung → Qualitätselement
- Kosten aus Versorgungsunterbrechungen → Interne Kosten
- Erweiterte Kostenbetrachtungen notwendig
 - Investitionen in Netzstruktur (Capital Expenditures CAPEX)
 - Kosten für Betrieb der Netze (Operational Expenditures OPEX)
 - Systemweite Versorgungsqualität

Zusammenhängendes Modell zur Optimierung von Netz, Netzbetrieb und Versorgungsqualität

- Bewertung von Maßnahmen vor deren Ausführung
- Substitutionsmöglichkeiten: Versorgungsqualität, OPEX, CAPEX

Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

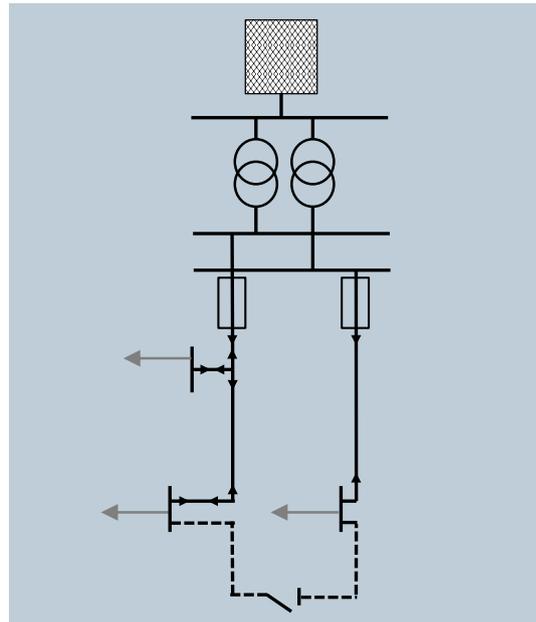
Seite 2 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Zuverlässigkeitsmodell (1/2)

Abbildung des vollständigen Netzes

- Netzstruktur
 - Topologie
 - Schaltmöglichkeiten (Redundanzen)
 - Schutzkonzept
- Betriebsmitteleigenschaften
 - Typen (z.B. Freileitung, Kabel)
 - Elektrische Kenndaten
 - Ausfallverhalten
- Einspeisungen und Lasten
(Kunden, nachgelagerte Netze)



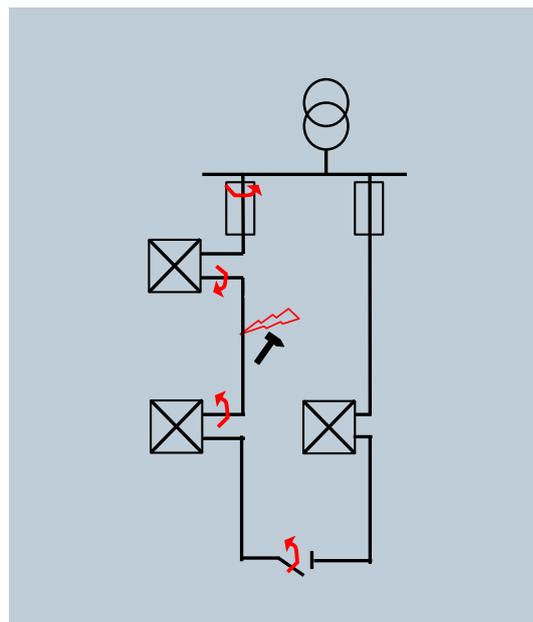
Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

Seite 3 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Zuverlässigkeitsmodell (2/2)

- Zuverlässigkeitsberechnung
 - Modellierung Ausfälle
 - Verschiedene Ausfallmodelle
 - Ausfallparameter je Betriebsmittel
 - Modellierung Wiederversorgung
 - Reaktion Schutzsystem
 - Freischaltung / Schaltmaßnahmen
 - Reparatur / Wiederinbetriebnahme
- ➔ Erweiterung der Modelle notwendig



Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

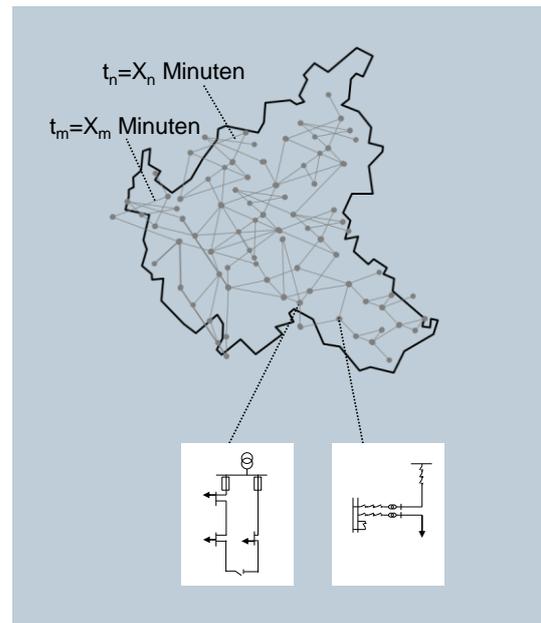
Seite 4 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Betriebsmodell (1/3)

Geographische Eigenschaften
Untersuchungsgebiet

- Knoten-Kanten-Modell
 - Knoten → Betriebsmittel/Netzstrukturen
 - Kanten → Reisezeiten
- Zuordnung von GIS-Daten
- Erreichbarkeit jedes Knotens für Ressourcen



Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

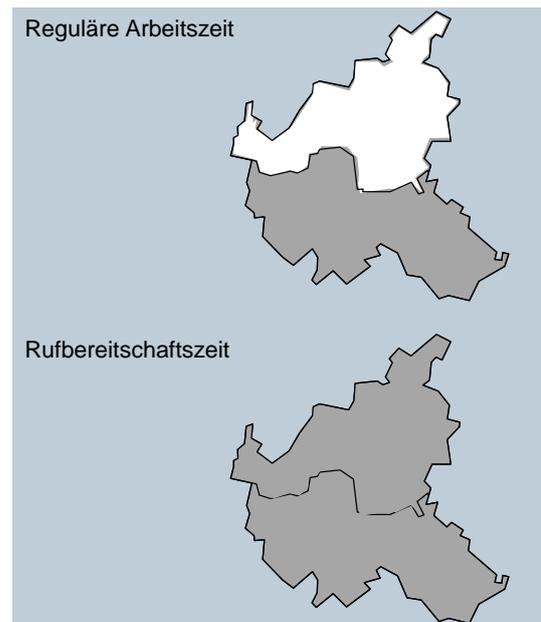
Seite 5 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Betriebsmodell (2/3)

Betriebsstrukturen

- Aufteilung in Betreuungsgebiete
- Zuständigkeiten für Störungen je Betreuungsbereich
- Zeitliche Differenzierung Zuständigkeiten
 - Reguläre Arbeitszeit
 - orientiert an geplanten Tätigkeiten
 - Rufbereitschaftszeit
 - orientiert an Störungsgeschehen



Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

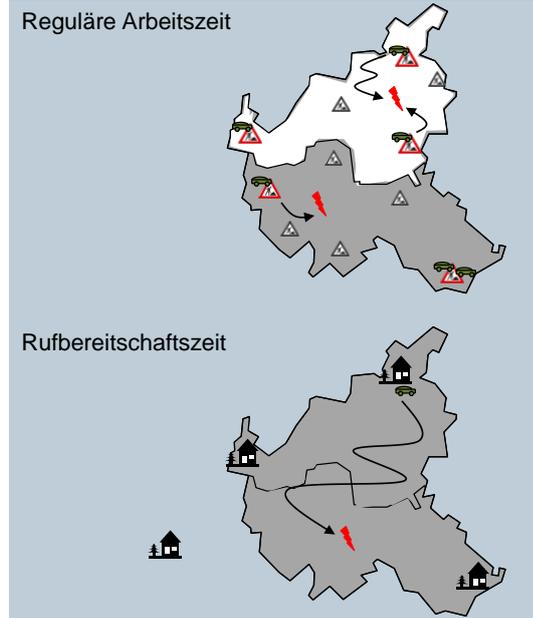
Seite 6 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Betriebsmodell (3/3)

Mitarbeiter

- Anzahl / Zuständigkeiten
- Reguläre Arbeitszeit
 - Bindung in geplanten Tätigkeiten
 - Zufällige Verteilung im Betreuungsbereich
- Rufbereitschaftszeit
 - Start vom Wohnort
 - Verminderte Anzahl Mitarbeiter

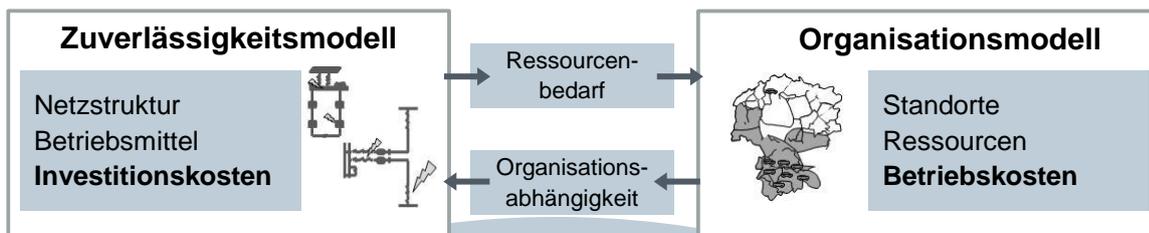


Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

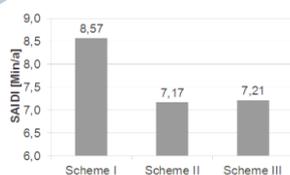
Seite 7 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

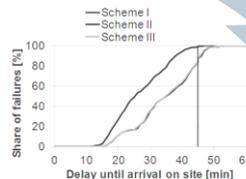
Gesamtmodell



Zuverlässigkeitskenngrößen



Organisationskenngrößen



Zusammenhängende Bewertung
 → OPEX/CAPEX-Strategie
 → Qualität der Versorgung

Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

Seite 8 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

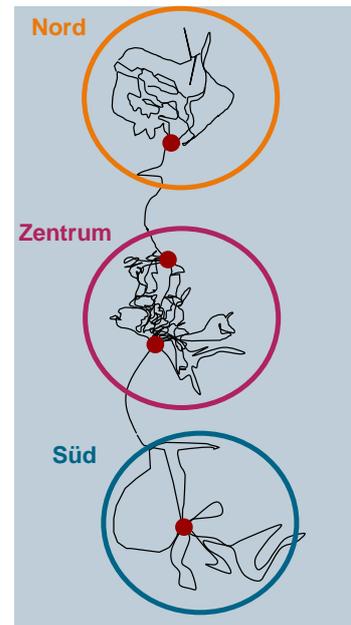
Übergreifende Optimierung (1/5)

Netzaufbau

- 4 Umspannanlagen 110/20 kV
- Offene Ringstrukturen
- Schaltmöglichkeiten
- 45 km MS-Freileitungen 20 kV
- 403 km MS-Kabel 20 kV
- 79.000 Kunden / 110 MW Spitzenlast

- Versorgungsgebiete
 - Ländliche Strukturen – **Nord**
 - Städtische Strukturen – **Zentrum**
 - Suburbane Strukturen – **Süd**

- Ausdehnung ca. 40 x 15 km



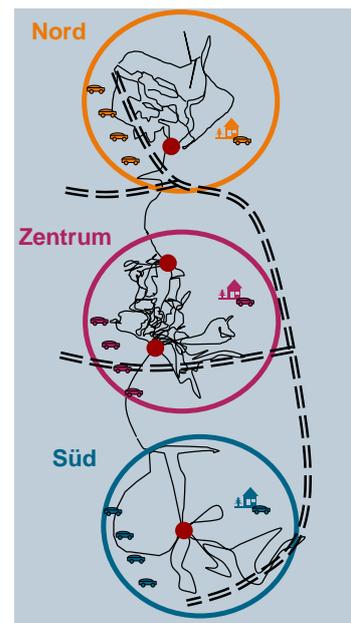
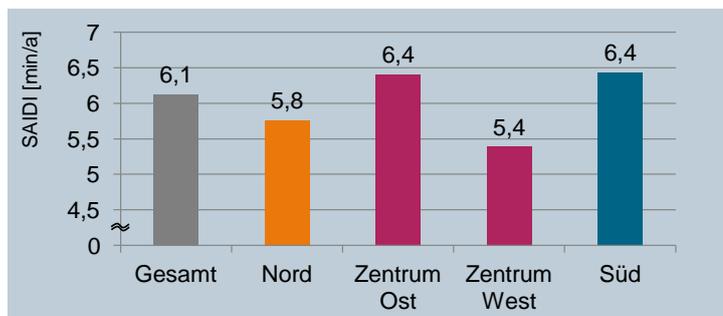
Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

Seite 9 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Übergreifende Optimierung (2/5)

- Reisen entlang der Netzstruktur
- Umfangreiche zusätzliche Verkehrsinfrastruktur
- Grundvariante der Organisation



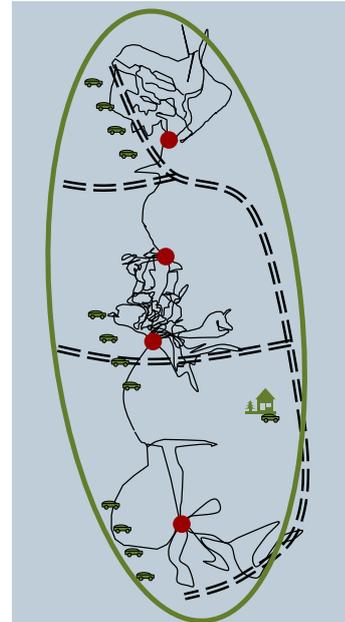
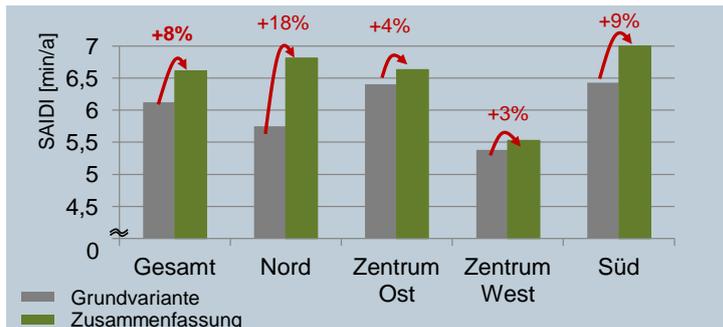
Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

Seite 10 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Übergreifende Optimierung (3/5)

- Zusammenfassung der Betreuungsbereiche
- Keine Begrenzung der Zuständigkeiten
- Reduktion der Rufbereitschaften von 3 auf 1



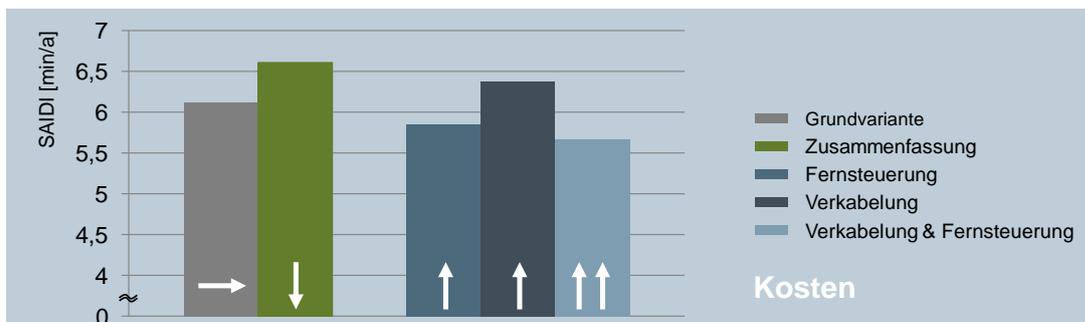
Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

Seite 11 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Übergreifende Optimierung (4/5)

- Kompensation der verminderten Versorgungsqualität durch netzseitige Maßnahmen
 - Fernsteuerung an dezentralen Trennstellen
 - Verkabelung von Freileitungen
 - Kombination Verkabelung & Fernsteuerung



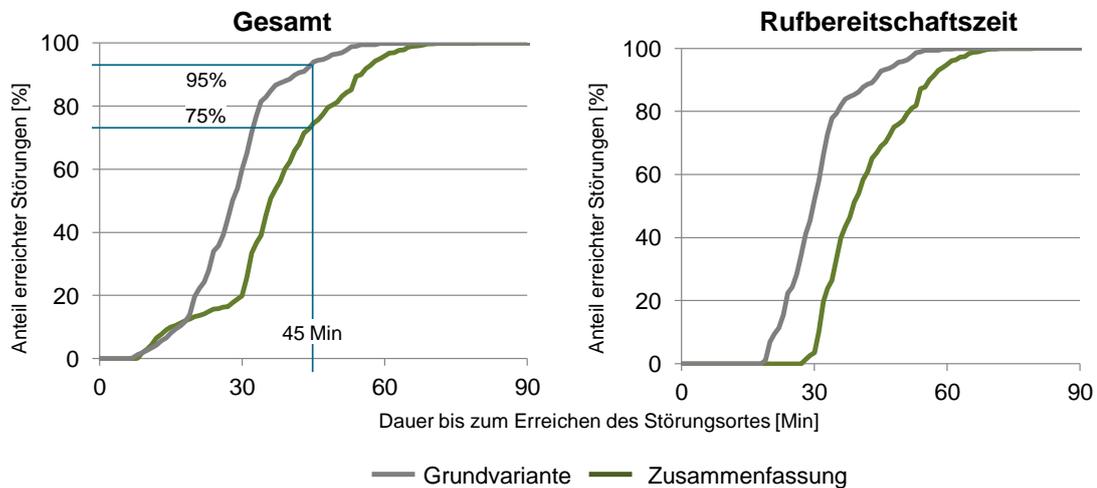
Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

Seite 12 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Übergreifende Optimierung (5/5)

- Verkehrssicherungspflicht der Netzbetreiber
- Gefahrenabwehr vor Ort
- Ausschließen von Personengefährdung durch Mitarbeiter



Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

Seite 13 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Zusammenfassung

- Zusammenhängendes Modell
 - Netz
 - Netzbetrieb
 - Qualität der Versorgung
- Gleichzeitige Simulation von qualitätsbezogenem OPEX und CAPEX
- Quantifizierung der Erlöswirkung von Einzelmaßnahmen
- Quantifizierung von Substitutionspotentialen
- Bewertung der Organisationsgüte

Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

Seite 14 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Vielen Dank!



Dr. Michael Schwan

Leiter Network Consulting
Siemens AG, IC SG SE PTI NC

Tel.: +49 (9131) 7 33967

E-Mail:

michael.schwan@siemens.com

Hans Henning Thies

Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgung
Bergische Universität Wuppertal

Tel.: +49 (202) 439 1925

E-Mail:

thies@uni-wuppertal.de

Answers for infrastructure and cities.

Unrestricted © Siemens AG 2013 Alle Rechte vorbehalten.

Seite 15 2014-01-17 2. Wuppertaler Energieforum

Schwan (Siemens PTI) / Thies (BU Wuppertal)

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen

Dipl.-Ing. Heinz Busch, DVGW e.V.

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen

2. WUPPERTALER ENERGIE-FORUM
17. Januar 2014

Dipl.-Ing. Heinrich Busch

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

S1



Forschungsprojekt: Nutzen von Smart-Grid-Konzepten unter Berücksichtigung der Power-to-Gas-Technologie

Herausforderungen der Stromnetze:

- Integration von enormen Mengen dezentraler Erzeugungsanlagen (Wind, PV, KWK) mit zusätzlichen 75 GW installierter Leistung bis 2023
 - sehr hoher Netzausbaubedarf
- Bereitstellung von Speichern

Zentrale Fragestellung:

In welchem Umfang kann Nutzen durch den intelligenten gekoppelten Betrieb von Stromverteil- und Gasnetzen entstehen?

Lösungsansatz:

- Gekoppelter Betrieb von Stromverteil- und Gasnetzen durch Power-to-Gas-Anlagen und Lastverschiebungselemente
- Anwendung von Smart-Grid-Konzepten
- Nutzung des Gasnetzes als Speicher



Projektkonsortium:



Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

S2



Vorgehensweise

- Zielnetzplanung für drei reale Netze im Emsland

(vor)städtisches Niederspannungsnetz / Gasverteilungsnetz

ländliches Niederspannungsnetz / Gasverteilungsnetz

ländliches Mittelspannungsnetz / regionales Gasverteilungsnetz

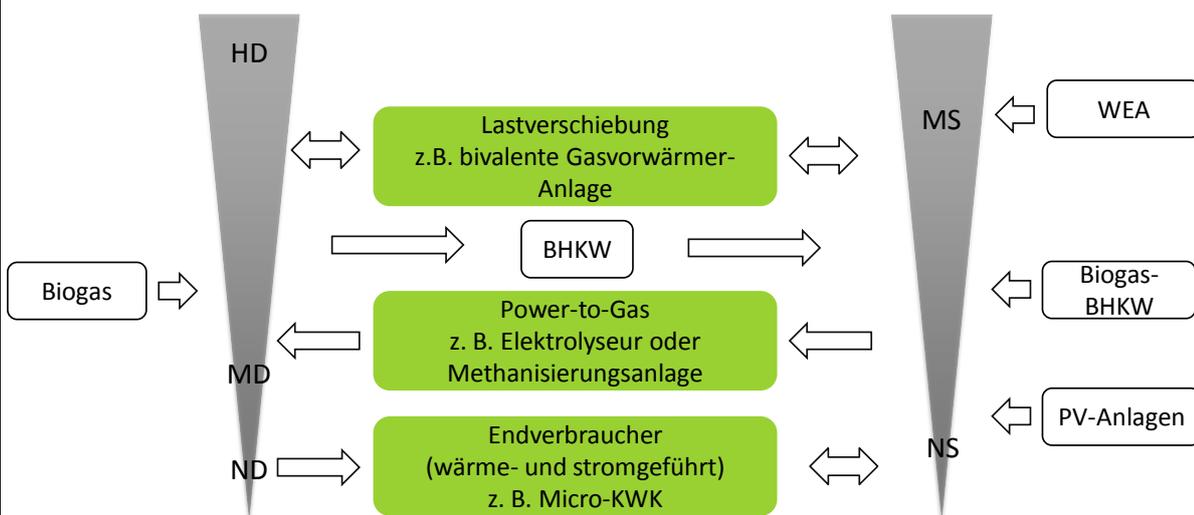
- Aufstellen eines energiewirtschaftlichen Rahmens für die Stützjahre 2023, 2033 und 2050
 - Marktsimulation zur Bestimmung des Anlageneinsatzes („Frei am Markt“ oder „Netzdienliches Verhalten“)
 - Getrennte Zielnetzplanung Strom und Gas
 - Gekoppelte Zielnetzplanung Strom und Gas
- Bewertung des Gesamtrahmens (Markt und Netz)

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

S3



Identifikation der Kopplungselemente



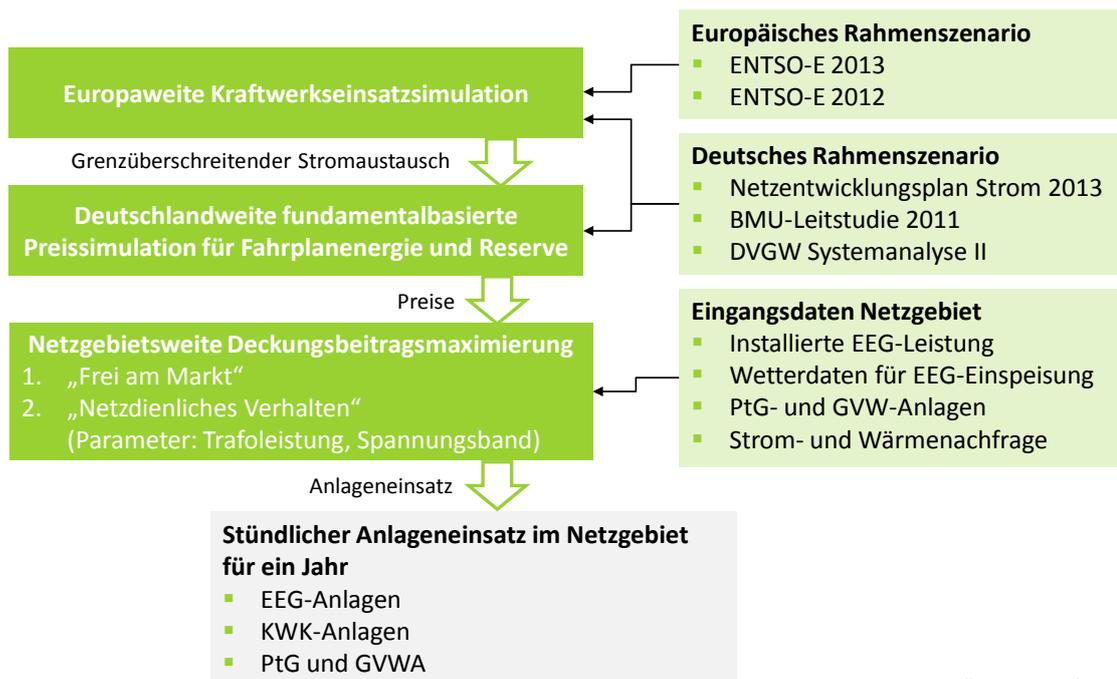
- Relevante Kopplungselemente: Bivalente Gasvorwärmer-Anlagen (GVWA), Power-to-Gas-Anlagen (PtG) und KWK

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

S4



Marktsimulation



Quelle: IAEW, Aachen

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

S5



Netztechnischer Nutzen von PtG-Elementen

- Einzuhaltendes Spannungsband im Niederspannungsnetz 230 V \pm 10 %
- Auswirkung von PtG-Anlagen auf das Netz:
 - Fall 1: PtG AUS, volle DEA-Einspeisung („Frei am Markt“)
 - Fall 2: PtG EIN, keine DEA-Einspeisung („Frei am Markt“)
 - Fall 3: PtG EIN, volle DEA-Einspeisung („Netzdienliches Verhalten“)



rot: Spannung zu hoch blau: Spannung zu niedrig grün: Spannung ok

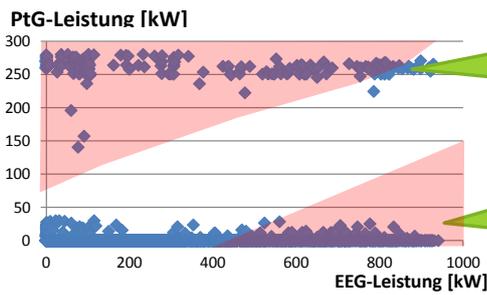
- „Frei am Markt“ führt zu zusätzlichem Netzausbau
- „Netzdienliches Verhalten“ reduziert Netzausbau

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

S6



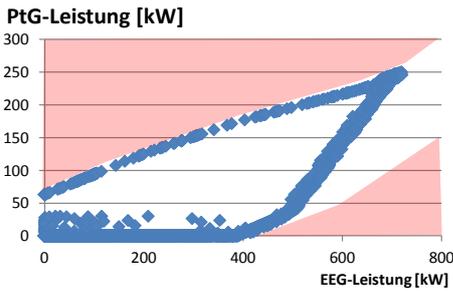
Szenarien für den Anlageneinsatz



Netzbelastung:
Spannung zu niedrig

Netzbelastung:
Spannung zu hoch

„Frei am Markt“:
Anlageneinsatz
entsprechend Strom- und
Gaspreisen



**„Netzdienstliches
Verhalten“:**
Einsatz entsprechend
Strom- und Gaspreisen
vorbehaltlich der
Netzerfordernisse

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

S7



Vorstellung der Netzgebiete



**ländliches MS-Netz / regionales
Gasverteilnetz: Esterwegen**

**(vor)städtisches NS-Netz /
Gasverteilnetz: Sögel**

**ländliches NS-Netz /
Gasverteilnetz: Werlte**

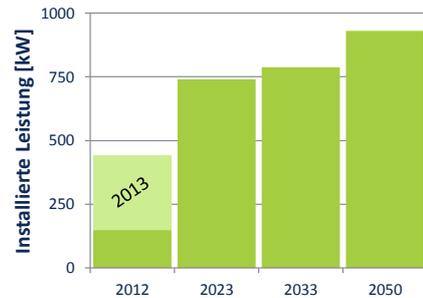
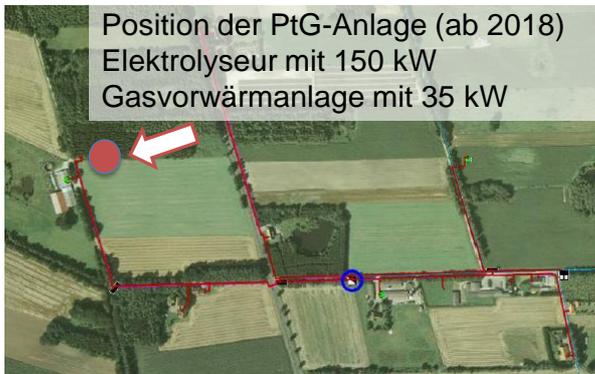
Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

S8



Charakteristik des ländlichen Netzgebietes

Kennzahlen (2012)	Wert
Transformatorleistung	250 kW
Anzahl Kunden	12
Gasabsatz	920 MWh
elektrischer Energiebedarf	200 MWh
Maximallast	25 kW
Installierte Leistung PV	150 kW

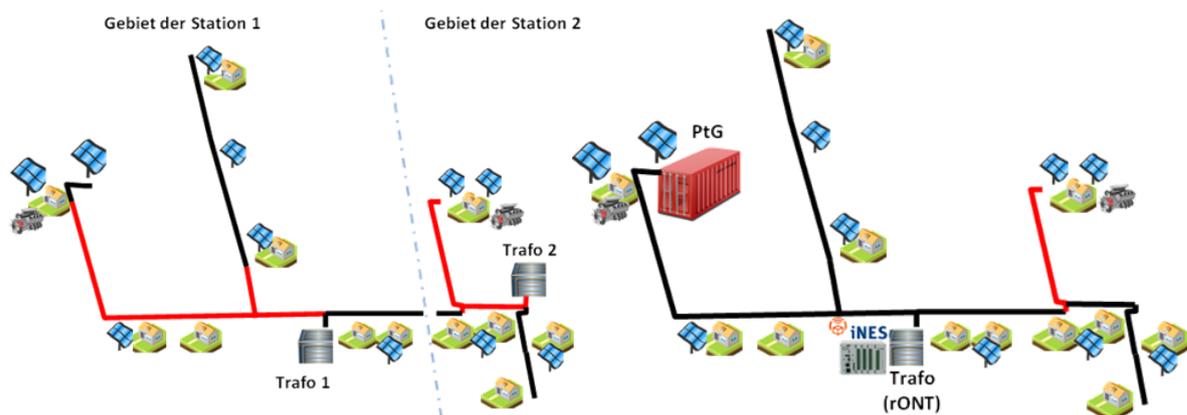


Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

S9



Netzausbaubedarf bis 2023



nichtgekoppelter Ausbau „Konventionell“

- Transformator verstärken (Trafo 1)
- zweite Ortsnetzstation (Trafo 2)
- ca. 3.600 m Kabel
- Gasnetzausbau nicht erforderlich

gekoppelter Ausbau (Elektrolyseur + GVWA)

Szenario: „Netzdienlich“

- Smart-Grid-System iNES: steuert PtG-Anlage
- regelbarer Transformator (rONT)
- ca. 230 m Kabel
- Gasnetzausbau nicht erforderlich

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

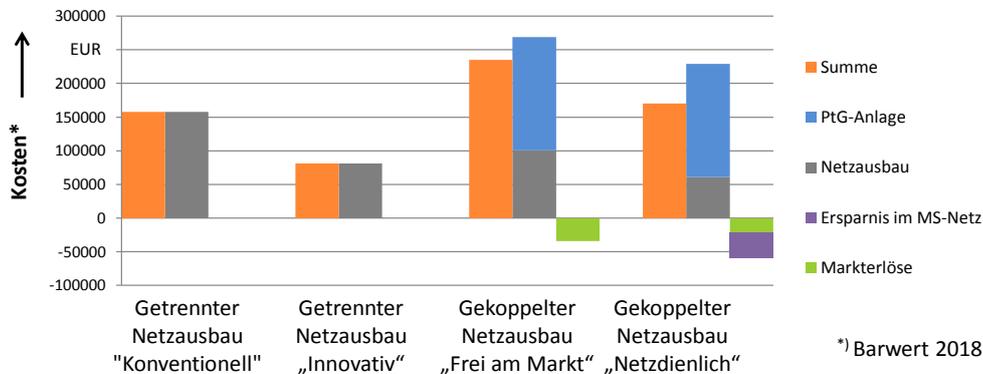
S10



Erste Ergebnisse für das ländliche Netzgebiet

Marktsimulation:

Erlöse der Kopplungselemente	2023	2033	2050
„Frei am Markt“ [EUR/a]	508	1.106	7.724
„netzdienliches Verhalten“ [EUR/a]	258	752	4.813



Annahmen:

- Elektrolyseur mit 150 kW für 1.000 EUR/kW
- Bivalente Gasdruckregelanlage mit 35 kW für ca. 500 EUR/kW.

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

S11



Wesentliche Erkenntnisse

- Allein „Frei am Markt“ (ohne Deckungsbeitrag aus vermiedenem Stromnetzausbau) agierende Power-to-Gas-Anlagen sind zur Zeit auf Verteilungsnetzebene nicht wirtschaftlich.
- Durch Kopplung von Strom- und Gasnetzen lassen sich die Ausbaukosten auf Verteilungsnetzebene signifikant reduzieren.
 - ➔ Wesentlicher Deckungsbeitrag für die Power-to-Gas-Anlage aus der Reduzierung des Netzausbaus.
 - ➔ Integration in ein Smart-Grid mit „netzdienlichem Verhalten“
- Anlagenpreise für Power-to-Gas-Anlagen müssen signifikant sinken (auf 1.000 EUR/kW, Lebensdauer größer 20 Jahre).
- Lastverschiebungspotenzial der Gasvorwärmer-Anlagen ist sofort wirtschaftlich realisierbar, die Leistung ist allerdings eher gering.

Konvergenz von Gas- und Stromverteilungsnetzen
Dipl.-Ing. Heinrich Busch, DVGW e.V.

S12



Schlussfolgerungen und Ausblick

- Zusätzlich zu bewerten (volkswirtschaftliche Betrachtung):
 - Reduzierung des Ausbaus überlagerter Netze (HS)
 - Erschließung von neuen Sektoren für CO₂-neutrales Gas (z.B. Mobilität)
 - Speicherfunktion der PtG-Anlagen als systemischer Mehrwert, der im derzeitigem Marktmodell bislang nicht honoriert wird.

Übergreifende Smart-Grid-Konzepte für Strom- und Gasverteilungsnetze erreichen die Wirtschaftlichkeit durch

- Deckungsbeiträge aus Markt und Netz
- Grenzkosten für Elektrolyseanlagen von ca. 1000 Euro/kW
- Erlöse aus der Bereitstellung von Speicherkapazität. Ein zukünftiges Marktdesign muss Investitionsanreize für Speicher schaffen!

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 280 Stück

© Alle Rechte vorbehalten

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

Wuppertal, Januar 2014

Raum für Ihre Gedanken