

# Robuste Zielnetzplanung eines Mittelspannungsnetzes auf Basis hochaufgelöster Szenarien

Sören Patzack, Hendrik Berhalter, Andreas Nolde und Thorsten Möllenkotte

65 % erneuerbare Energien, 10 Mio. Elektrofahrzeuge mit entsprechender Ladeinfrastruktur und 5 Mio. Wärmepumpen im Gesamtsystem 2030 – diese progressiven, aber in Politik und Studien definierten und diskutierten Ziele stellen hohe Ansprüche an das zukünftige Verteilnetz. Für eine technisch sinnvolle, wirtschaftlich effiziente und gegenüber Unsicherheiten robuste Netzentwicklungsstrategie wurde deswegen eine Zielnetzplanung für das Mittelspannungsnetz der Stadtwerke Gronau GmbH auf Basis von regionalisierten Szenarien für die Jahre 2030 und 2040 durchgeführt. Durch die Berücksichtigung von verschiedenen Szenarien für jedes Betrachtungsjahr wird die Bandbreite zukünftiger Entwicklungen abgeschätzt und eine flexible Reaktion in der Netzplanung ermöglicht. Das ermittelte Zielnetz verzahnt konventionelle und innovative Ansätze und stellt somit die optimale Nutzung des Potentials aus Smart Grid und Digitalisierung sicher.

## Robuste Zielnetzplanung als Antwort auf eine unsichere zukünftige Entwicklung

Die Stadtwerke Gronau GmbH (SW Gronau) betreibt ein Stromnetz (Mittel- und Niederspannung) von etwa 1.005 km Länge, das sich auf zwei Umspannwerke verteilt. Weiterhin betreibt sie ein Erdgas-, Wasser- sowie Nahwärmenetz. Mit dem weiteren Zubau der erneuerbaren Energien auf Grund des 65%-Ziels für das Jahr 2030 [1], dem Hochlauf der Elektromobilität und der damit verbundenen öffentlichen, halb-öffentlichen und privaten Ladeinfrastruktur [2] sowie dem vermehrten Umstieg auf Wärmepumpen [3] befindet sich die Versorgungsaufgabe aktuell und in den nächsten Jahren in einem starken Wandel.

Diese neuen Kunden unterliegen außerdem hinsichtlich zukünftiger Anzahl, Ort, ins-

tallierter Leistung sowie Verhalten einer gesteigerten Unsicherheit im Vergleich zu klassischen Endverbrauchern. Das Stromnetz der SW Gronau muss auch für diese zukünftige Versorgungsaufgabe und mit den verfügbaren Mitteln effizient betrieben und weiterentwickelt werden – es gilt, mit vorausschauenden Investitionen die Engpässe von morgen zu verhindern. Hierfür steht neben konventionellen Maßnahmen inzwischen ein vielfältiger Werkzeugkasten mit verschiedenen Smart Grid-Optionen zur Verfügung, dessen Umfang stetig zunimmt.

## Optimierungspotentiale im Bestandsnetz auf Basis vielfältiger Analysen erkennen

Basis für die Zielnetzplanung sind eine Analyse des Bestandsnetzes hinsichtlich denkbaren Optimierungspotentiale und Simulationen der aktuellen Netzbelastungen mit

hilfe von Lastfluss- und Kurzschlussstromberechnungen. Die SW Gronau haben für diese Untersuchungen eine umfangreiche Datengrundlage zur Verfügung gestellt. Exemplarisch sind Netz- und GIS-Datensätze, Netzplanungsgrundsätze, Altersmengengerüste, Informationen zu Störungen und Ausfällen sowie eine Vielzahl von Messwerten (an Transformatoren, Abgängen und Ortsnetzstationen) zu nennen.

Die Bestandsanalyse hatte fünf Schwerpunkte: Die Sichtung der Netzplanungsgrundsätze, eine Betrachtung der Netzstruktur, die Analyse von Betriebsmitteln, eine Bewertung der Schaltkonzepte sowie die Engpassanalyse (siehe Abb. 1). Ziel dieser Untersuchungen ist es, das generelle Netzdesign (bspw. Aufbau und Verschaltung der Ringe sowie Verteilung der Stationen auf Stränge) sowie das Vorgehen in der Planung (bspw. verwendete Standardbetriebsmittel, Freiheitsgrade oder relevante Grenzwerte) auf Auffälligkeiten oder Abweichungen von branchenüblichen Methoden und Vorgehensweisen zu untersuchen. Zudem wurden Betriebsmittel hinsichtlich Auffälligkeiten bei verbauten Typen und Herstellern sowie die Altersstruktur analysiert und potentielle Einsparpotentiale sowie mögliche Umstrukturierungsmaßnahmen diskutiert.

Weiterhin ist die Auslastung des Bestandsnetzes eine wichtige Grundlage für die Bestimmung von zukünftigen Engpässen sowie Verschlangungspotentialen. Aus diesem Grund wurden mit Lastfluss- und Kurzschlussstromsimulationen Knotenspannungen und Leitungs-/Transformatorbelas-



Abb. 1 Analysen des Bestandsnetzes als Basis für die Zielnetzplanung

tungen ermittelt und mit den technischen Grenzwerten, insbesondere den bestehenden technischen Richtlinien und Normen [4, 5] sowie den Netzplanungsgrundsätzen der SW Gronau, geprüft. Neben dem ungestörten (n-0)-Fall sind auch die Netzbelastungen im störungsbehafteten (n-1)-Fall relevant. Für diese Simulationen wurden mithilfe von Messdaten aus Ortsnetzstationen und Abgängen aktuelle planungsrelevante Belastungsfälle (Netznutzungsfälle) abgeleitet.

Die Analysen haben gezeigt, dass aufgrund der niedrigen bis mittleren Auslastung des Bestandsnetzes große Reserven für die Aufnahme neuer Verbraucher – sowohl last- als auch erzeugungsseitig – bestehen.

### Hochaufgelöste Szenarien verringern die Unsicherheit

Zur Ermittlung eines robusten Zielnetzes ist die Prognose der zukünftigen Versorgungsaufgabe erforderlich, worunter insbesondere Anzahl, Art, Leistung und Netzanschlusspunkt zukünftiger Kunden zu verstehen sind. Verschiedene Szenarien sollten dabei zum einen die mögliche Bandbreite zukünftiger Entwicklungen abbilden und eingrenzen und zum anderen eine hohe regionale Auflösung besitzen, um die daraus resultierende Netzbelastung präzise ermitteln zu können.

Regionale Szenarien für das Stadtgebiet Gronau bildeten somit die Grundlage, um in Bezug auf Art, Anzahl, Ort und Zeitpunkt der künf-

tigen Kunden belastbare Vorhersagen treffen zu können. Hierbei wurde ein dreistufiges Vorgehen umgesetzt: Basierend auf einer Vielzahl überregionaler Studien wurden Szenarien für das Netzgebiet der SW Gronau abgeleitet, und anschließend durch Verschneidung von verschiedenen Rohdaten regionalisiert. Das Vorgehen ist in Abb. 2 dargestellt.

Zu diesen Rohdaten gehören energiewirtschaftliche Daten wie Energieverbräuche, bestehende Einspeiseanlagen und Strom-/Gas-/Nahwärmenetzanschlüsse, sozio-ökonomische Daten wie Kaufkraft sowie bauliche Informationen wie Gebäudealter und Gebäudetyp. Die verschiedenen Daten, die in gebäudescharfer Auflösung vorlagen, wurden über anlagentypspezifische Formeln miteinander verknüpft, um die Affinität von Kunden für eine bestimmte Technologie – bspw. für eine Wallbox, einen Batteriespeicher oder eine PV-Anlage – zu bestimmen. Die georeferenzierten Szenarien wurden anschließend mithilfe eines Geoinformationssystems (GIS) visualisiert.

Abb. 2 enthält exemplarische Darstellungen der regionalisierten Szenarien. Als Basis für die Zielnetzplanung wurden jeweils drei Szenarien für die beiden Stützjahre 2030 und 2040 erstellt:

- ein wahrscheinliches „Most Likely“-Szenario,
- ein progressives „Green World“-Szenario und
- ein konservatives „Old World“-Szenario.

Es hat sich gezeigt, dass die auf Basis der Rohdaten abgeleiteten Affinitäten eine große Varianz über das Netzgebiet aufweisen, und eine Gleichverteilung der neuen Kunden über das Netzgebiet zu einer sehr hohen Ungenauigkeit der Szenarien geführt hätte.

Durch eine Verschneidung der georeferenzierten Szenarien mit dem bestehenden Mittelspannungsnetz wurden abschließend aus den Szenarien planungsrelevante Belastungsfälle erzeugt, die das unterschiedliche Verbrauchsverhalten der einzelnen Kunden und somit Last- und Einspeisefälle abbilden. Diese bilden die Basis für die robuste Zielnetzplanung.

### Zielnetzplanung mit NOVA-Prinzip – Wie smart muss das Netz sein?

Der für Verteilnetzbetreiber in der Netzplanung verwendete Werkzeugkasten hat sich in den letzten Jahren deutlich verändert. Neben konventionellem Netzausbau, einer sehr effektiven aber auch kostenintensiven Lösung zur Behebung von Engpässen, werden inzwischen Smart Grid-Komponenten wie bspw. der regelbare Ortsnetztransformator oder der Längsregler als Standardbetriebsmittel verwendet. Auch die SW Gronau haben in den letzten Jahren diese innovativen Lösungen bereits vermehrt eingesetzt und Erfahrungen gesammelt [6]. Weiterhin stehen neben Blindleistungskonzepten, die in den technischen Richtlinien des Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE verankert sind, Konzepte wie die Spitzenkappung von Erzeugungsanlagen oder zukünftig die Spitzenglättung für steuerbare Verbrauchseinrichtungen als innovative Lösungen bereit.

Basis für eine Vielzahl dieser Instrumente ist der Einsatz umfangreicher Messtechnik sowie eine geeignete Telekommunikationsinfrastruktur, mit der die Transparenz über den Netzzustand hergestellt und die Beobachtbarkeit deutlich erhöht wird. Bei den SW Gronau wurde in den letzten Jahren der Anteil der Ortsnetzstationen, die mit innovativer Messtechnik ausgestattet sind, deutlich erhöht und die Daten werden in Netzplanung und Netzbetrieb verwendet. Alle wesentlichen Messwerte werden in einer zentralen Datenbank gespeichert und lassen sich miteinander verknüpfen und geografisch auswerten.

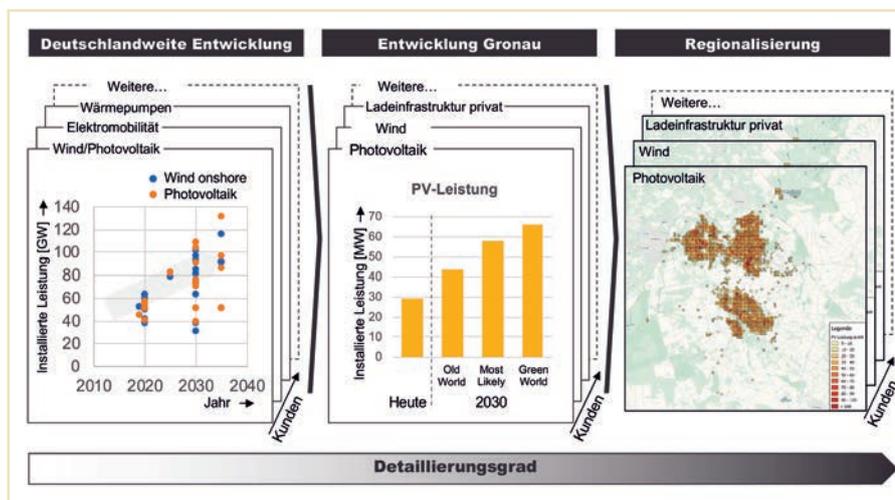


Abb. 2 Methode zur Erstellung der regionalisierten Szenarien, Regionalisierung exemplarisch für ein Szenario

Ausgehend von einem Netzplanungswerkzeugkasten, der sowohl konventionelle als auch innovative Werkzeuge enthält, kam die NOVA-Methode (NetzOptimierung vor -Verstärkung vor Ausbau) zur Ermittlung der Zielnetze für die sechs abgestimmten Szenarien zum Einsatz. Exemplarisch werden im folgenden Ergebnisse aus einem der betrachteten Szenarien vorgestellt.

### Exemplarische Ergebnisse für das Szenario „Most Likely 2030“

Im Szenario „Most Likely 2030“ steigt die Netzlast im Starklastfall um etwa 50 % im Vergleich zur heutigen Höchstlast an. Insbesondere der Zubau von Elektromobilität, gekoppelt an einen Ausbau der privaten und öffentlichen Ladeinfrastruktur, bewirkt einen deutlichen Anstieg in der Netzbelastung, während der Zubau von Wärmepumpen nur eine untergeordnete Rolle einnimmt. Auch die maximale Einspeiseleistung (insbesondere die Anzahl der PV-Anlagen) steigt deutlich an und nimmt um etwa 60 % im Vergleich zur heutigen maximalen Einspeisung zu.

Mithilfe von Lastflusssimulationen wurden zunächst die Netzbelastungen im störungsfreien (n-0-) sowie (n-1)-Fall (verursacht durch Störung oder geplante Wartung) er-

mittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass das Mittelspannungsnetz der SW Gronau die zukünftige Versorgungsaufgabe größtenteils sehr gut bedienen kann und insbesondere für den Hochlauf der Elektromobilität bereits gut gerüstet ist. Einige wenige Speiseleitungen, die Schwerpunktstationen verbinden, weisen jedoch eine hohe Auslastung von teilweise über 100 % der Bemessungsleistung auf, und in einzelnen Netzbereichen mit einem hohen Zubau von Ladeinfrastruktur konnten Knotenspannungen identifiziert werden, die niedriger als die definierten Grenzwerte der Netzplanungsgrundsätze liegen. Auch im (n-1)-Fall treten Leitungsüberlastungen auf, die nicht vollständig mit Schaltmaßnahmen im laufenden Betrieb beherrschbar sind. Weiterhin haben die Simulationen gezeigt, dass auch im Erzeugungsfall einzelne Speisekabel zwischen Schwerpunktstationen an die betrieblichen Grenzen stoßen.

Zur Behebung der Engpässe war deswegen anschließend die Prüfung von verschiedenen Maßnahmen erforderlich. Ausgehend von einer Prüfung der Umspannwerkskapazitäten wurden danach Engpässe zunächst durch Trennstellenverschiebungen und Änderungen der Schaltkonzepte behoben. Nach vollständiger Ausschöpfung der Optimierungspotentiale wurde die Verstärkung von Leitungen (Erhöhung des Querschnitts) und letztendlich auch der Neubau von Lei-

tungen oder die Umstrukturierung von Netzbereichen (auch zur Reduktion der betrieblichen Komplexität) geprüft. Weiterhin hat sich gezeigt, dass auch die Nutzung innovativer Freiheitsgrade wie die Ausbringung von regelbaren Ortsnetztransformatoren im Zielnetz 2030 sinnvoll ist. Einige dieser Maßnahmen sind in einem exemplarischen Netzausschnitt in Abb. 3 dargestellt. Das Zielnetz für das gesamte Mittelspannungsnetz enthält im Szenario „Most Likely 2030“ vier Optimierungsmaßnahmen (bspw. Trennstellenverschiebungen), vier Verstärkungsmaßnahmen (insb. die Verstärkung einzelner Leitungsstücke von Speisekabeln zwischen Schwerpunktstationen) sowie vier Ausbaumaßnahmen (bspw. die Erhöhung der Umspannwerkskapazität sowie der Neubau von weiteren Speiseleitungen). Für alle im Zielnetz erforderlichen Maßnahmen wurden die Investitionen abgeschätzt.

Schließlich wurden die Ergebnisse für die sechs geplanten Szenarien zu einem robusten Zielnetz zusammengeführt, wobei das Zielnetz 2040 auf dem Zielnetz 2030 aufsetzt. Hierbei müssen die Wechselwirkungen verschiedener Maßnahmen – bspw. durch die Verschiebung von Lastflüssen zwischen Speiseleitungen – beachtet werden. Die Umsetzung von Maßnahmen, die in jedem der betrachteten Szenarien erforderlich sind, und somit eine hohe Robustheit gegenüber einer Änderung der Versorgungsaufgabe aufweisen, erhalten eine höhere Priorität. Abschließend wurde eine langfristige Maßnahmenliste erstellt, die Beschreibung, Kosten sowie Priorisierung der ermittelten Maßnahmen umfasst. Somit kann eine flexible Reaktion auf zukünftige Entwicklungen sichergestellt werden.

Die Ergebnisse der Zielnetzplanung, die robusten Zielnetze für 2030 und 2040 sowie die Maßnahmenliste werden zukünftig bei der Netzplanung der SW Gronau berücksichtigt und dienen als Langfriststrategie für die Netzentwicklung. Die betrachteten Szenarien bilden die Basis, um frühzeitig auf sich verändernde Entwicklungen reagieren zu können.

### Fazit

Das Projekt hat gezeigt, dass mithilfe einer umfangreichen Datenbasis, die bspw. Messdaten sowie vollständige GIS-Datensätze

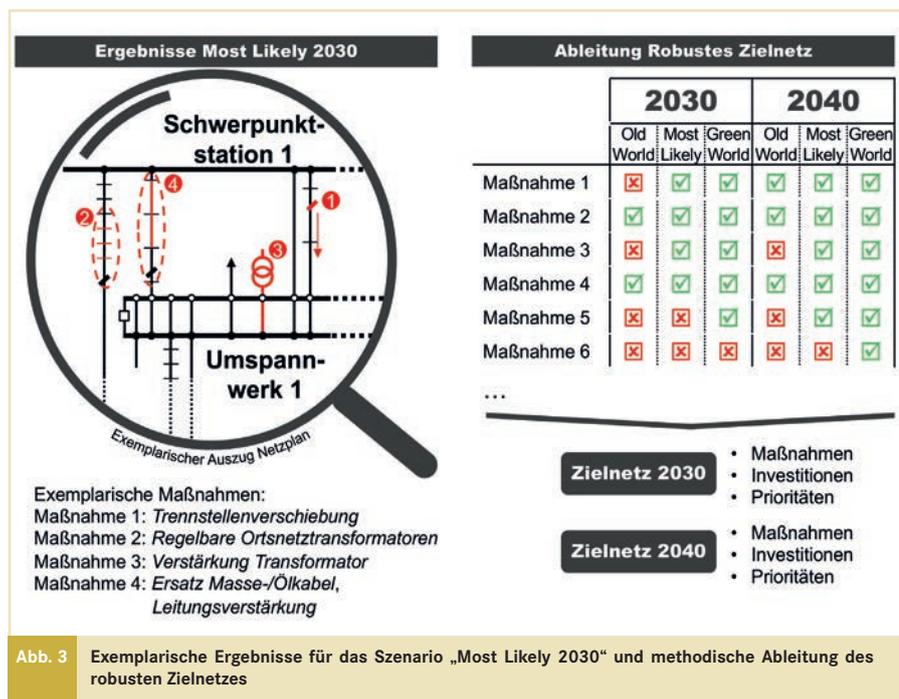


Abb. 3 Exemplarische Ergebnisse für das Szenario „Most Likely 2030“ und methodische Ableitung des robusten Zielnetzes

enthält, sowohl eine effiziente Analyse des Bestandsnetzes auf Optimierungspotentiale als auch die Erstellung von hochaufgelösten Szenarien deutlich erleichtert wird.

Der erhebliche Nutzen verschiedener Szenarien bei der Erstellung einer Langfriststrategie für die Netzentwicklung hat sich in den Netzsimulationen gezeigt. So konnten Zielnetze für 2030 und 2040 ermittelt werden, die technisch möglich, wirtschaftlich effizient und robust gegenüber möglichen Änderungen in der Versorgungsaufgabe sind. Mit den Ergebnissen in Form einer Maßnahmenliste wird außerdem eine flexible Reaktion auf unterschiedliche Entwicklungen ermöglicht.

## Literatur

- [1] Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD: „Ein neuer Aufbruch für Europa; Eine neue Dynamik für Deutschland; Ein neuer Zusammenhalt für unser Land“, 2018.
- [2] Ziele der Bundesregierung, abrufbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/verkehr-1672896> (abgerufen am 02.05.2020), 2020.
- [3] Agora Energiewende: „Wärmewende 2030; Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor“, 2017.
- [4] Forum Netztechnik/Netzbetrieb: „VDE-AR-N 4110 – Technische Anschlussregel Mittelspannung“, 2018.

[5] Beuth: „DIN EN 50160:2011-02; Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen“, 2011.

[6] Beitrag in ikz.de: „Auch alternative Stromerzeuger müssen Netzstabilität sicherstellen – Betrachtungen zum Einsatz regelbarer Ortsnetztransformatoren“, 2016. Abrufbar unter <https://www.ikz.de/gebäudeautomation/news/detail/auch-alternative-stromerzeugermuessen-netzstabilitaet-sicherstellen-betrachtungen-zum-einsatz-regel/> (abgerufen am 02.05.2020).

*Dr. S. Patzack, H. Berhalter, Dr. A. Nolde, B E T Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH, Aachen; T. Möllenkotte, Stadtwerke Gronau GmbH, Gronau Soeren.Patzack@bet-energie.de*

Fachtagung Energie

## Werkstatt Kabel 2020

Kabel- und Kabelmesstechnik

25. bis 26. November, Wiesbaden

Jetzt auch mit Tiefbau-Fachthemen!

Wissen ist unsere Energie.

### Freuen Sie sich auf diese Themenhighlights:

- **Mittelspannungskabel-** und Garniturentechnik
- **Technik und Normen** für Kabelanlagen und Tiefbau
- Erfahrungen mit **Hoch- und Höchstspannungskabeln**
- Besonderheiten bei **Gleichspannungskabelprojekten**
- **Mess- und Prüftechnik** bei Kabelanlagen
- **Digitale Planung**, Abrechnung und Dokumentation im Netzbau

Kontakt: Sebastian Schmücke  
Projektmanager

☎ 0 30.28 44 94-213

✉ [sebastian.schmuecke@ew-online.de](mailto:sebastian.schmuecke@ew-online.de)

**EW Medien und Kongresse**  
Bismarckstr. 33 | 10625 Berlin

[www.ew-online.de/wk2020](http://www.ew-online.de/wk2020)

- ✓ Parallele Fachforen
- ✓ Mehr als 40 Aussteller
- ✓ Mehr als 40 Referenten
- ✓ Mehr als 400 Teilnehmer

**EW**  
Medien und Kongresse