

MITTELSPANNUNSSYSTEMOPTIMIERUNG IM URBANEN RAUM

Mario LEITNER^{1*}, Annemarie JUNG^{2*}, Thomas SCHUSTER³

Wiener Netze- NP-STK (Netzplanung- Strom und Telekommunikation)

Mariannengasse 4-6, 1090 Wien

Tel.:+43(01)/90190 91216

Kurzfassung:

Aufgrund des steigenden Energiebedarfs im Ballungsraum Wien ab den 1970er- Jahren, musste das Mittelspannungsnetz ausgebaut und erweitert werden. Wesentliche Rahmenbedingungen wurden dabei vom Eigentümer vorgegeben:

- Elektrische Versorgungssicherheit in der Hauptstadt Österreichs
- Versorgung des öffentlichen Nahverkehrs (U-Bahn, Straßenbahn)
- Schnelle Wiederherstellung durch einfache Umschaltmaßnahmen (n-1-Kriterium)
- Einbindung der elektrischen Beleuchtung

Durch die inhomogene Entwicklung der Lasten im Stadtgebiet kam es beim Ausbau zu einer hohen Anzahl an Querverbindungen und überlangen Leitungszügen.

Aufgrund dieser möglichen Problematik, hat sich die Mittelspannungsrestrukturierung das Ziel gesetzt, jeden Mittelspannungsabzweig sowie alle Querverbindungen genauestens zu untersuchen und mit folgenden Maßnahmen das bestehende Netz zu optimieren:

- Mittelspannungsabzweige der untersuchten Umspannwerke reduzieren
- eine Anzahl von ca. 10 Trafostationen pro Mittelspannungsabzweig
- Reduzierung der Mittelspannungsmuffen und Kabellänge
- Untersuchung von neuen Verlegemethoden
- Errichtung von intelligenten Trafostationen zur Reduzierung von Ausfallzeiten

¹ Mario LEITNER Wiener Netze, Mariannengasse 4-6, 1090 Wien,
mario.leitner@wienernetze.at

² Annemarie JUNG Wiener Netze, Mariannengasse 4-6, 1090 Wien,
annemarie.jung@wienernetze.at

³ Thomas SCHUSTER Wiener Netze, Mariannengasse 4-6, 1090 Wien,
thomas.schuster@wienernetze.at

1. Einleitung

Elektrische Versorgungssicherheit ist eines der wesentlich infrastrukturellen Grundbedürfnisse der Bevölkerung. Während der Laie unter dem Begriff Versorgungssicherheit elektrischen Energiebezug zu jeder Tageszeit versteht, definiert der Verteilnetzbetreiber damit, Versorgungsunterbrechungen zu minimieren. Die konkrete Anforderung an den Wiener Verteilnetzbetreiber ist neben der elektrischen Versorgung der Hauptstadt und des öffentlichen Nahverkehrs, auch die schnelle Wiederherstellung nach Versorgungsunterbrechungen wie beispielsweise Störungen.

Um diesem Anspruch gerecht zu werden, bedarf es neben laufenden Instandhaltungsmaßnahmen, vor allem einer optimiert durchdachten Netzentwicklung und -planung. Bei der Mittelspannungsrestrukturierung wird jeder Mittelspannungsabzweig, sowie alle Querverbindungen untersucht und durch gezielte Änderungen bzw. Anpassungen das Netz optimiert.

In weiterer Folge zeigt der Punkt 4 an einem konkreten Beispiel die Umsetzung der Zielnetzplanung und soll somit Aufschluss über die genaue Methodik dieses Optimierungsverfahrens geben.

2. Ausgangslage im Wiener Verteilnetz

Das Versorgungsgebiet der Wiener Netze erstreckt sich vom urbanen Raum Wien (415km²), über Randbezirke hin zum niederösterreichischen Umlandgebiet >(2000km²). Die steigende Bevölkerungsdichte und der somit verbundene Energiebedarf im Ballungsraum Wien, führte ab den 1970er- Jahre zu einem umfangreichen Mittelspannungsnetzausbau.

Für den Verteilnetzbetreiber gelten allgemeine Richtlinien für den Ausbau und die Erneuerung des Mittelspannungsnetzes. Diese Richtlinien und die bei den Wiener Netzen standardisierten Kabelsysteme werden in den folgenden Unterpunkten aufgelistet.

2.1 Umspannwerk

Umspannwerke stellen den zentralen Ausgangspunkt für jede Zielnetzplanung bzw. Restrukturierung im Netz dar. Da ein Ziel der Restrukturierung die Optimierung der Mittelspannungsabgänge ist, spielt der Aufbau und die Rahmenbedingungen von Umspannwerken eine entscheidende Rolle.

Umspannwerke gelten als "Eigensicher", da bei Ausfall eines Regelumspanners oder einer 110kV-Leitung die Versorgung der Mittelspannung nicht beeinträchtigt wird. Man spricht in diesem Zusammenhang von einer (n-1) Sicherheit.

Der Aufbau und die Ausführungsform der Hoch- und Mittelspannungs-Schaltanlage setzt sich wie folgt zusammen:

- Derzeit sind bei den Wiener Netzen 46 Umspannwerke in Betrieb, die in SF₆-, luftisolierter Innenraum- und Freiluftanlage eingeteilt werden
- In der Mittelspannung wird zwischen drosselbehalteter MS- Schaltanlage mit Doppelsammelschiene und drosselloser MS- Schaltanlage mit Ring- oder Doppelsammelschiene unterschieden

Das 110kV-Netz wird als gelöschttes Netz betrieben. Dabei ist die Petersenlöschung entweder als Petersenverteilung, der direkt zugeordneter Löschspule ausgeführt.

Die Mittelspannungsnetze werden ebenfalls als gelöschte Netze betrieben, wobei hier die Petersenlöschung pro Mittelspannungsnetz mit einer regelbaren Petersenspule ausgestattet ist.

2.2 10kV- Kabelsystem

Die Spannungsebene 5,8/10kV wurde innerstädtisch aufgrund des rasant steigenden Energiebedarfs als Ersatz für die Spannungsebene 2,9/5kV ab Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts eingeführt. Das 10kV-Netz besteht fast ausschließlich aus Kabelstrecken. Der Einsatzbereich dieser Spannungsebene umfasst alle Wiener Stadtbezirke sowie einige städtisch Bereiche in Niederösterreich.

2.3 20kV- Kabelsystem

Die Spannungsebene 12/20kV findet in den Randbezirken von Wien und in den niederösterreichischen Umlandgemeinden Verwendung. Das 20kV-Netz besteht nun im Gegensatz zum 10kV-Netz nicht mehr ausschließlich aus Kabelstrecken, sondern weist einen Freileitungsanteil von ca. 35% auf.

2.4 Allgemeine Richtlinien für den Mittelspannungsnetzausbau

Das Wiener Elektrizitätswirtschaftsgesetz verpflichtet den Verteilnetzbetreiber in Wien, das von ihm betriebene Verteilnetz so zu errichten und zu erhalten, dass es bei einem Ausfall eines Teiles des Verteilnetzes in der Regel möglich ist, die daraus resultierenden Versorgungsunterbrechungen durch Umschaltmaßnahmen zu beenden.

Aufgrund dieser Richtlinie wird ein offenes (n-1)-strukturiertes Ringnetz betrieben, welches im Störfalle jederzeit Umschaltmöglichkeiten bietet und somit die Nichtverfügbarkeit minimiert.

Auf dieser Basis und unter Berücksichtigung der geforderten Effizienzsteigerung beim Ausbau und bei der Erneuerung des Mittelspannungsnetzes ist auf eine optimale Gesamtstruktur des lokalen Netzes zu achten.

3 Ziel, Rahmenbedingungen und Planungsrichtlinien

Die Mittelspannungsrestrukturierung hat das Ziel, jeden Mittelspannungsabzweig sowie alle Querverbindungen genauestens zu untersuchen und mit folgenden Rahmenbedingungen das bestehende Netz zu optimieren:

- Mittelspannungsabzweige der untersuchten Umspannwerke reduzieren
- eine Anzahl von ca. 10 Trafostationen pro Mittelspannungsabzweig
- Jede 5. Station hat eine Kuppelstelle zu einer Nachbarleitung
- Direktleitungen dürfen nicht verändert werden
- Reduzierung der Mittelspannungsmuffen und Verteilleitungslängen
- Untersuchung von neuen Verlegemethoden, ohne die Lage einer Trafostation in Frage zu stellen
- Errichtung von intelligenten Trafostationen zur Reduzierung von Ausfallzeiten
- Belastbarkeit der Kabel sind entsprechend der Bauform zu berücksichtigen

3.1 Netzstruktur

Im urbanen Raum sind laut Planungsrichtlinien Kabel gegenüber Freileitungen zu bevorzugen.

Für eine zuverlässige (n-1) Strukturierung sollte das Netz grundsätzlich als offene Ringe betrieben werden. Ringschließungsmöglichkeiten sollten bzw. müssen vorhanden sein.

Zur Berücksichtigung bei Wartungsarbeiten und Störungen, sowie der Umschaltbarkeit, sollte bei ca. jeder fünften Trafostation eine Querverbindung zum nächsten Ring existieren.

Diese Regeln gelten nicht nur für den urbanen Raum, sondern in abgeschwächter Form auch für den ländlichen Bereich

3.2 Belastbarkeit

Aus der Belastbarkeit des Leitungssystems und der maximalen Belastung der gespeisten Transformatorstationen ergibt sich die maximale Anzahl der Stationen je Halbring. Dabei ist von einer maximalen Dauerbelastung von 60% Nennstrom im Normalschaltzustand auszugehen, um im Störfall auch die Versorgung des anderen Halbrings zu gewährleisten.

4 Planungsmethodik anhand eines realen Beispiels

Um zu den theoretischen Planungsrichtlinien und Methoden einen realen Bezug herzustellen, soll ein aus der Praxis realisiertes Beispiel herangezogen werden. Dabei handelt es sich um einen innerstädtischen Gemeindebezirk mit dem zugehörigen Umspannwerk.

Als erste Übersicht dient ein Tischplan (Schaltbild) des zu planenden Umspannwerks, aus dem alle momentan wegführenden Mittelspannungsabzweige ersichtlich sind.

Folgende relevanten Informationen erhält man aus dem konkreten Tischplan:

- In Summe führen 51 Mittelspannungsabzweige aus dem UW
- Von der Anzahl der abgehenden Mittelspannungsleitungen werden U-Bahn, tonfrequente Rundsteueranlage und Direktkabel(-anspeisungen) abgezogen und in der Optimierung nicht berücksichtigt
- Somit bleibt eine relevante Anzahl an Mittelspannungsabzweigen übrig, die nun optimiert werden können

In weiterer Folge werden alle Abzweige auf ihre momentane Strombelastbarkeit überprüft. Dazu dient eine jährlich ausgewertete Liste aller Umspannwerke, die bei jedem UW Anschluss über die einzelnen Mittelspannungsabzweigbelastungen gibt. Als Richtwert gilt hier, dass ein Abzweig ab einer Stromstärke von 150A als höher belastet gilt und somit genauerer Untersuchung bedarf.

Da man bei einer Restrukturierungsplanung sich nicht nur auf das momentan zu planende Umspannwerk fokussieren darf, sondern auch die umliegenden Nachbar UW's berücksichtigen muss, dient zur Übersicht eine sogenannte Sternengraphik. Diese Graphik gibt Aufschluss welche Trafostationen geographisch am günstigsten für das jeweilige Umspannwerk liegen würden. Dazu sei angemerkt, dass in der momentanen Netzstruktur nicht immer das am nächst liegende Umspannwerk eine Station versorgt.

Im konkreten Beispiel, zeigt folgende Abbildung das betrachtete UW mit seinen unmittelbaren Nachbar-Umspannwerken.

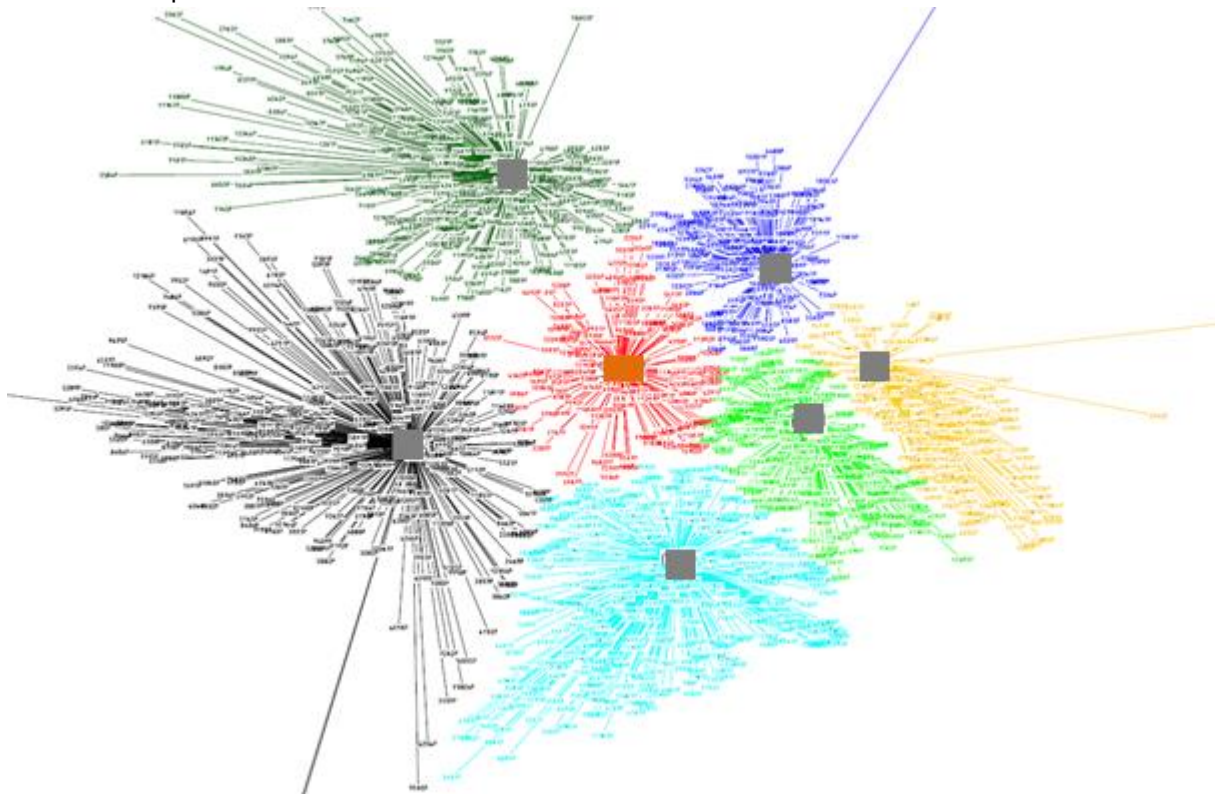


Abbildung 1 Sternengraphik des zu planenden Umspannwerks (■), plus alle benachbarten UW's (■)

Anhand der Sternengraphikauswertung richtet sich die Einbindung der Trafostationen. Das zugehörige Versorgungsgebiet des UW's wird nun in Sektoren eingeteilt. Jeder Sektor stellt einen Mittelspannungsabzweig dar. Oberste Prämisse dabei ist die Einbindung der ersten Trafostation innerhalb eines Umkreises von 300m.

In weiterer Folge werden die bestehenden Trafostationen in direkter Linie und im jeweilig liegenden Sektor miteinander verbunden. Nach ca. jeder fünften Station wird eine mögliche Querverbindung zum nächstliegenden Mittelspannungsabzweig gesucht und am Ende des Abzweiges wiederum eine Querverbindung zum Nachbarabzweig. Anschließend wird die bestehende Kabelstruktur mit dem neu geplanten Netz verglichen, sowie der sich daraus ergebende optimale Trassenverlauf ermittelt.

Die nun folgenden Abbildungen zeigen den Verlauf der Netzplanungsrestrukturierung und das daraus entstehende Ergebnis:



Abbildung 2 Kabel-Ist- Zustand rum um das zu planende UW

Abbildung 2 zeigt den momentanen Kabelverlauf um das Umspannwerk. In der nächsten Abbildung ist der Ist- Zustand plus aller einzubindenden Trafostationen abgebildet.



Abbildung 3 Kabel-Ist- Zustand plus einzubindender Trafostationen

Nach Durchführung der zuvor beschriebenen Methoden ergibt sich folgende erste Darstellung der optimierten Planung.

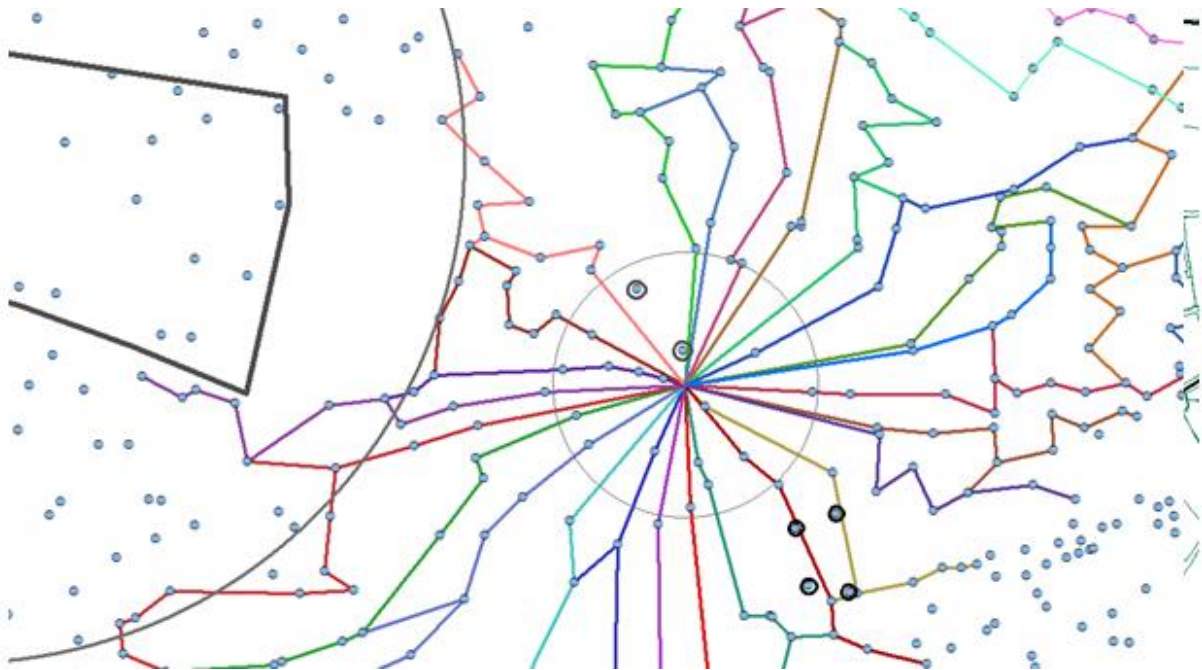


Abbildung 4 Optimierte Planung der Mittelspannungsabzweige des UW's

Nach der theoretischen Planung ist abschließend der optimierte Mittelspannungsverlauf mit dem Ist-Zustand, sprich der momentanen Verkabelung zu überlagern und die Durchführbarkeit jedes neu geplanten Abzweiges zu kontrollieren.

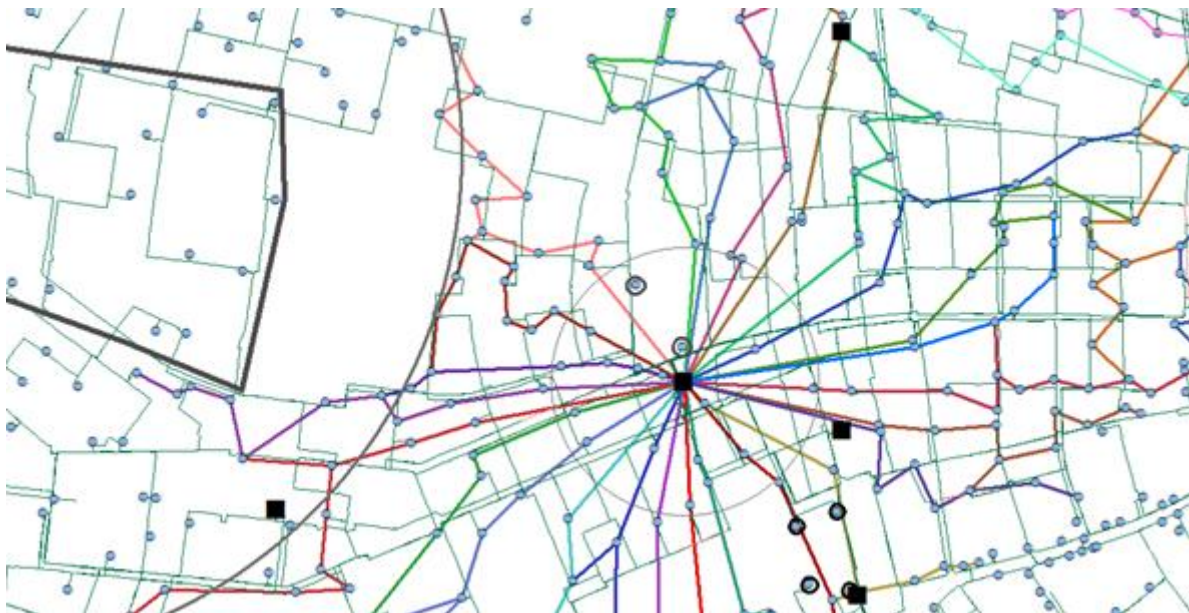


Abbildung 5 Überlagerung des geplanten mit dem vorhandenen Netz

5 Ergebnis und Zusammenfassung

Die vorgestellte Mittelspannungssystemoptimierung erlaubt eine anlassbezogene Adaptierung des bestehenden Netzes in Richtung Zielnetz.

Als Anlassfälle treten zum Beispiel

- Beschädigungen,
- elektrische Fehler wie Spannungsdurchschläge (Muffenfehler) oder bei
- systematisch durchgeführten Teilentladungsmessungen festgestellte erhöhte Ausfallwahrscheinlichkeit

auf.

Bisher wurden aus den durchgeführten Mittelspannungssystemoptimierungen folgende Ergebnisse erzielt:

- deutlich weniger Mittelspannungsabzweige in den betroffenen Umspannwerken,
- Senkung des Vermaschungsgrades $v = \frac{2 \cdot L}{K}$ (L... Anzahl der Leitungen, K... Anzahl der Netzknoten)
- Reduktion von Verbindungsmuffen

Die Mittelspannungssystemoptimierung erweist sich demnach als ein brauchbares Verfahren für jeden Netzplaner im urbanen Raum und hilft durch gezielte Netzveränderungen die Versorgungsqualität mit Senkung des Aufwands beizubehalten und gegeben falls zu optimieren.