

# ERHÖhte BELASTBARKEIT VON MS-NETZEN DURCH TRENNSTELLENOPTIMIERUNG IM FEHLERFALL

**Simon KREUTMAYR<sup>1</sup>, Christoph J. STEINHART<sup>1</sup>, Michael FINKEL<sup>1</sup>, Christian GUTZMANN<sup>2</sup>, Rolf WITZMANN<sup>3</sup>, Florian SAMWEBER<sup>4</sup>**

## Motivation

Die Energiewende sowie die damit verbundene Sektorenkopplung von Strom, Wärme und Verkehr wird zu einer erhöhten Auslastung der Stromverteilnetze führen. Für die Netzintegration der hinzukommenden Technologien wie Elektrofahrzeuge und elektrische Wärmeerzeuger wurde unter anderem die Strombelastbarkeit von Mittelspannungskabeln (MS-Kabeln) im städtischen Verteilnetz als Engpass identifiziert. [1] Eine geeignete Maßnahme zur Erhöhung des Aufnahmepotentials in MS-Netzen kann, neben den bekannten Planungsgrundsätzen [2], die Optimierung der Betriebsführung durch die Verschiebung von Trennstellen im Fehlerfall sein.

Das Planungs- und Betriebskonzept von MS-Netzen sieht eine (n-1)-sichere Versorgung von Verbrauchern vor, wofür eine Reserve im Normalbetrieb vorgehalten werden muss. [3] Im untersuchten städtischen Verteilnetz wird die (n-1)-sichere Versorgung durch eine Ringtopologie gewährleistet. Der Ring wird im Normalbetrieb mit Hilfe einer Trennstelle im Lastzentrum betrieben. Dadurch ergeben sich folglich zwei möglichst leistungsgleiche und unabhängige Halbringe. Bei einem ungünstigen Kabelfehler, zum Beispiel in der Anfangskabelstrecke, muss der gesamte Ring von einer Seite versorgt werden. Dabei ist im untersuchten Netz über einen begrenzten Zeitraum eine Belastung der MS-Kabel mit bis zu 130 % zulässig. Für den Normalbetrieb im Halbring resultiert daraus eine maximale Kabelauslastung von 65 %.

Im untersuchten Netzgebiet sind die MS-Netze häufig auch als Ring mit zusätzlicher Mittelsehne ausgeführt. Die Mittelsehne verbindet typischerweise das Lastzentrum im Ring mit dem Umspannwerk und entlastet somit die beiden Halbringe. Im Normalbetrieb wird die Last durch zwei Trennstellen auf drei möglichst leistungsgleiche Segmente aufgeteilt. Die drei resultierenden Stränge werden jeweils als Strahlennetz betrieben. (Abbildung 1 mit initialen Trennstellen)

Das aktuelle Planungs- und Betriebskonzept des Netzbetreibers, zur Entstörung eines Kabelfehlers in MS-Ringen mit Mittelsehne, sieht möglichst wenig Schalthandlungen vor, da diese innerhalb des Netzes manuell durchgeführt werden müssen. Somit bleibt eine der beiden Trennstellen an ihrem Ursprungsort. Die andere Trennstelle wird zusammen mit einer zusätzlichen Trennstelle so platziert, dass das fehlerbehaftete Kabel freigeschaltet werden kann. Bei dem in Abbildung 1 dargestellten MS-Ring mit Mittelsehne würde bei einem Kabelfehler zwischen dem MS-Abgangsfeld A und Ortsnetzstation (ONS) 1, ONS 1 bis ONS 9 über das Abgangsfeld C versorgt werden. Abgangsfeld B bleibt im Normalbetrieb unberührt. Bei maximaler Auslastung des MS-Netzes würden nach der Freischaltung des Fehlers die MS-Kabel an Abgangsfeld C mit bis zu 130 % belastet werden, während die Kabel an Abgangsfeld B eine Auslastung von 65 % nicht übersteigen.

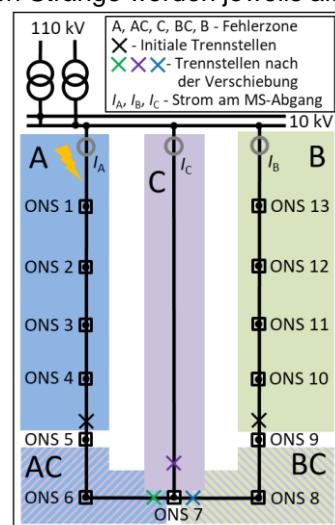


Abbildung 1: Betriebsführung an einem MS-Ring mit Mittelsehne

## Methodische Vorgehensweise

Die zunehmende Automatisierung der Verteilnetze ermöglicht die Optimierung des bisherigen Entstörungskonzeptes durch zusätzliche Schalthandlungen. Dabei werden die initialen Trennstellen im (n-1)-Fall so verlagert, dass sich die Last gleichmäßig auf die fehlerfreien Abgänge aufteilt (Abgang C:)

<sup>1</sup> Hochschule Augsburg, An der Hochschule 1, 86161 Augsburg, Tel.: +49 821 4486-3634, E-Mail: simon.kreutmayr@hs-augsburg.de, Web: www.hs-augsburg.de

<sup>2</sup> SWM Infrastruktur GmbH & Co. KG, E-Mail: gutzmann.christian@swm-infrastruktur.de

<sup>3</sup> Technische Universität München, E-Mail: rolf.witzmann@tum.de

<sup>4</sup> Stadtwerke Augsburg Holding GmbH, E-Mail: florian.samweber@sw-augsburg.de

ONS 1 bis 7, Abgang B: ONS 8 bis 13) und die MS-Kabel an beiden Abgängen mit bis zu 130 % des Nennstroms belastet werden können. Dadurch kann die versorgbare Last im Normalbetrieb erhöht werden. Bei idealer Lastaufteilung kann im Normalbetrieb theoretisch eine maximale Auslastung der MS-Kabel an den drei Abgängen von 87 % ( $87\% = (2 \cdot 130\%) / 3$ ) anstatt bisher 65 % erreicht werden. Wie gut die Methode an realen Netzen funktioniert, hängt davon ab, wie gut die Mittelsehne im Lastzentrum liegen, sich die Last der ONS im Ring durch Schalthandlungen aufteilen lässt und wie homogen die verlegten Kabeltypen sind.

Die Vorgehensweise bei der Trennstellenoptimierung ist abhängig vom Fehlerort und wird in Abbildung 1 mit Hilfe von fünf Fehlerzonen A, AC, C, BC und B dargestellt. Für einen Kabelfehler mit Abschaltung in Zone A (blau) zwischen ONS 1 und 2 wird nachfolgend die Vorgehensweise beschrieben:

1. Fehlerortung und Freischaltung der betroffenen Kabelverbindung (zwischen ONS 1 und 2)
2. Wiederversorgung der ONS 1 durch Zuschaltung des betroffenen Abgangsfelds A
3. Lastverlagerung durch Verschiebung der Trennstelle an ONS 9 nach ONS 7 in die Zone BC
4. Wiederversorgung der restlichen ONS in Zone A durch schließen der Trennstelle bei ONS 5

Die Wiederversorgung aller ONS bei einem Fehler in Zone A läuft wie im vorhergehenden Beispiel immer gleich ab, wobei sie sich durch die Freischaltung der vom Fehler betroffenen Leitungsverbindung im 1. Schritt unterscheiden kann. Sollte der Fehler in einer anderen Zone auftreten, ist die dafür notwendige Vorgehensweise für alle Fehlerzonen in Tabelle 1 beschrieben.

*Tabelle 1: Vorgehensweise bei der Trennstellenoptimierung im Fehlerfall an MS-Ringen mit Mittelsehne*

Vorgehensweise	Fehlerzone	A	AC	B	BC	C
1. Fehlerortung und Freischaltung der betroffenen Kabelverbindung durch zwei Trennstellen		Abhängig von der betroffenen Kabelverbindung				
2. Wiederversorgung des betroffenen <b>Abgangsfeld</b> , wenn der Fehler nicht direkt nach dem Abgang liegt	A	C	B	C	#	
3. Lastverlagerung an den beiden nicht betroffenen Abgängen durch <b>Verschiebung der Trennstelle</b> z.B. von ONS 9 nach ONS 7 in Zone BC $\triangleq 9 \rightarrow 7$ BC	9 $\rightarrow$ 7 BC	#	5 $\rightarrow$ 7 AC	#		V1: 9 $\rightarrow$ 7 BC oder V2: 5 $\rightarrow$ 7 AC
4. Wiederversorgung der restlichen ONS des betroffenen Netzstrangs durch <b>schließen der Trennstelle</b>	5	5	9	9		V1: 5 oder V2: 9

Bei einem Fehler in Zone AC oder BC ist keine Lastverlagerung und deshalb im 3. Schritt keine Handlung (#) notwendig. Gleiches gilt für die Wiederversorgung im 2. Schritt beim Fehler in Zone C. Bei der Lastverlagerung im 3. Schritt (Zone C) kann zwischen Variante V1 und V2 ausgewählt werden.

## Erkenntnisse und Ausblick

Die Trennstellenoptimierung im Fehlerfall an MS-Ringen mit Mittelsehne ermöglicht eine erhöhte Kabelauslastung im Normalbetrieb und dadurch auch ein höheres Aufnahmepotential für zukünftige Lasten. Der manuelle Schaltungsaufwand gegenüber dem aktuellen Entstörungskonzept kann durch die Automatisierung von mindestens drei ONS reduziert werden oder entfallen. Diese befinden sich bei den beiden initialen Trennstellen (ONS 5 und 9) sowie der zentralen ONS (ONS 7) an der Mittelsehne. Die Bewertung der aktuellen Auslastung für die unterschiedlichen Schaltzustände erfordert zusätzliches Messequipment in den ONS. Die Installation von Messequipment und die Automatisierung von Schaltanlagen mit Fernzugriff kann durch die Anforderungen des Konzeptes gezielt an den entsprechenden ONS erfolgen. Bei bereits bestehender Sensorik, Aktorik sowie Informations- und Kommunikationsinfrastruktur kann die Optimierung direkt umgesetzt werden. Die Langfassung enthält Untersuchungsergebnisse an 46 realen MS-Netzen, die zeigen, welche Voraussetzungen für eine wirkungsvolle Anwendung der optimierten Entstörung erfüllt sein müssen und wie stark das Aufnahmepotential erhöht werden kann. Die Netze gliedern sich in bestehende MS-Ringe mit Mittelsehne und MS-Ringe, die im Simulationsmodell um eine Mittelsehne erweitert werden.

## Referenz

- [1] S. Kreutmayr, C. J. Steinhart, M. Finkel, C. Gutzmann und R. Witzmann, „Integration Potential of Urban MV Grids for Future Loads – Methodology and Analysis in a Real Grid,“ in CIGRE Chengdu 2019 Symposium, 2019.
- [2] P. Steffens, Innovative Planungsgrundsätze für ländliche Mittelspannungsnetze, Dissertation, Wuppertal: Bergische Universität Wuppertal, 2018.
- [3] Deutsche Energie-Argentur GmbH (dena), Ausbau- und Innovationsbedarf der Stromverteilnetze in Deutschland bis 2030, Berlin, 2012.