

Erhöhte Belastbarkeit von MS-Netzen durch Trennstellenoptimierung im Fehlerfall

12. – 14. Februar 2020
EnInnov 2020 – Graz

Simon Kreutmayr, M.Eng.

Christoph J. Steinhart, Michael Finkel, Christian Gutzmann, Rolf Witzmann, Florian Samweber



**Hochschule
Augsburg** University of
Applied Sciences

- **Motivation**
- **Methodische Vorgehensweise**
- **Untersuchung an realen Netzen**
- **Steigende Komplexität durch Optimierung**
- **Erkenntnisse und Ausblick**

Agenda:

Motivation

Methodik

Reale Netze

Steigende Komplexität

Erkenntnisse

- Aktueller Trend zeigt steigende Anzahl elektrischer Verbraucher
 - ➔ Sektorenkopplung: Elektrofahrzeuge, elektrische Wärmeerzeuger
- Integration neuer Lasten in die Verteilnetze
 - Hauptsächlich in die Niederspannungsebene
 - Geringe Auslastung ($< 40\%$) der Transformatoren MS/NS im unters. Netz
 - ➔ Großes Integrationspotential in Umspannebene MS/NS
- Auswirkungen des Lastanstiegs in Umspannebene MS/NS auf das MS-Netz
 - Simulationsergebnisse zeigen Überschreitung der zulässigen Belastung an MS-Kabel bereits bei 50% Auslastung der Transformatoren MS/NS
 - Konventioneller Netzausbau als wirksame aber aufwändige Maßnahme
 - Neue Alternativen durch 3-Punkt-Automatisierung im MS-Netz
 - ➔ Erhöhte Belastbarkeit durch Trennstellenoptimierung im Fehlerfall

Agenda:

Motivation

Methodik

Reale Netze

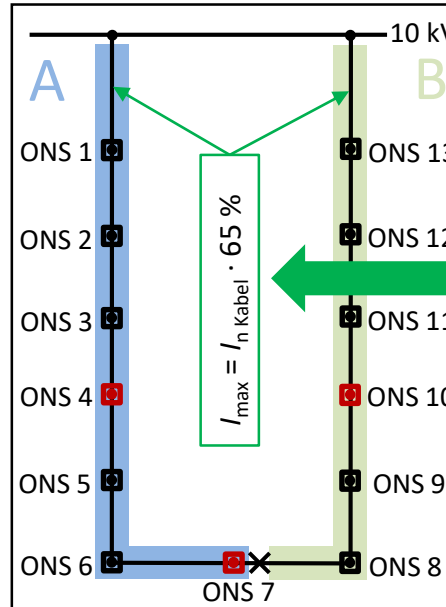
Steigende Komplexität

Erkenntnisse

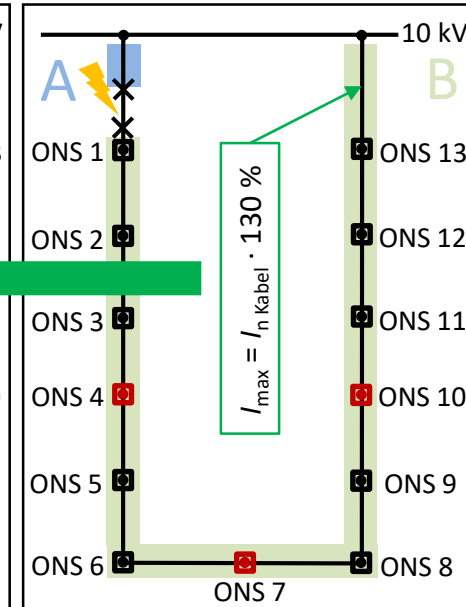
Städtisches Mittelspannungsnetz:

- Ringtopologie mit Trennstelle im Lastzentrum
- Berücksichtigung (n-1)-Kriterium in Planungsgrundsätzen
- Mehrwert durch 3-Punkt-Automatisierung:
 - Schnellere Eingrenzung des Fehlerortes durch KS-Anzeiger
 - Fernschaltung beim Schließen des Schalters an ONS 7

Normalbetrieb



(n-1)-Fall



□ Ortsnetzstationen ohne Automatisierung

■ Ortsnetzstationen mit automatisierten Schaltanlagen

✗ Offene Trennstellen

⚡ Fehlerort

Agenda:

123 untersuchte MS-Abgangsfelder in 5 Umspannwerksgebieten:

- 51 Abgangsfelder speisen einen Ring mit Mittelsehne
- 72 Abgangsfelder speisen einen Ring ohne Mittelsehne

Motivation

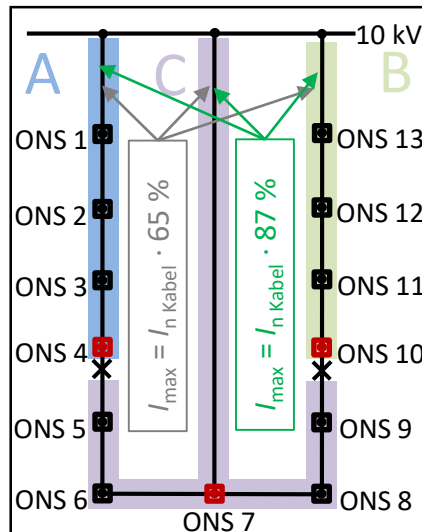
Methodik

Reale Netze

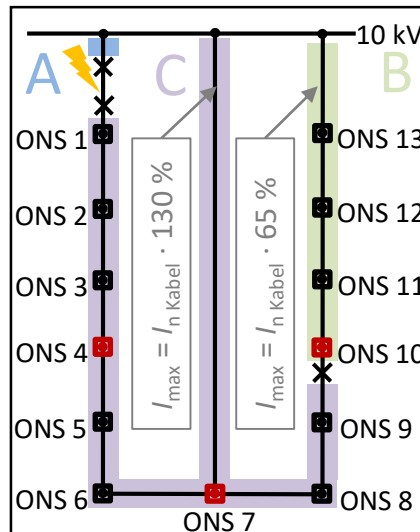
Steigende Komplexität

Erkenntnisse

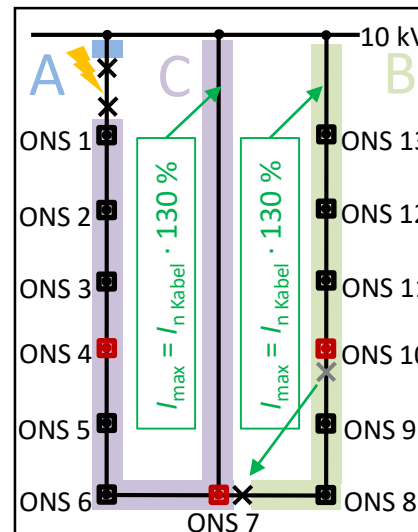
Normalbetrieb



aktuelle Entstörung



optimierte Entstörung



Legende:

- Ortsnetzstationen ohne Automatisierung
- Ortsnetzstationen mit automatisierten Schaltanlagen
- Offene Trennstellen
- Fehlerort

Agenda:

Motivation

Methodik

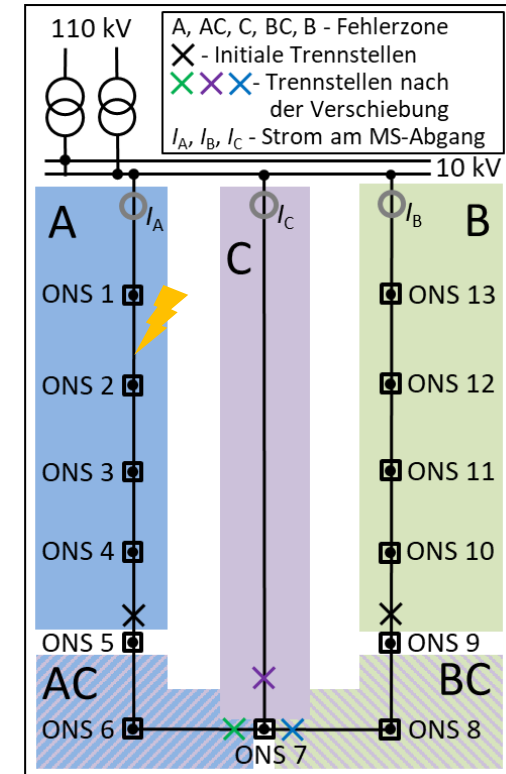
Reale Netze

Steigende
Komplexität

Erkenntnisse

Vorgehensweise abhängig vom Fehlerort:

Vorgehensweise in 4 Schritten:	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 Abgangsfeldes, wenn der Fehler nicht direkt nach dem Abgang liegt	A	C	B	C	#
3. Lastverlagerung an den beiden nicht betroffenen Abgängen durch Verschiebung der Trennstelle z.B. von ONS 9 nach ONS 7 in Zone BC $\triangleq$ 9 $\rightarrow$ 7 BC	9 $\rightarrow$ 7 BC	#	5 $\rightarrow$ 7 AC	#	V ₁ : 9 $\rightarrow$ 7 BC oder V ₂ : 5 $\rightarrow$ 7 AC
4. Wiederversorgung der restlichen ONS des betroffenen Netzstrangs durch Schließen der Trennstelle	5	5	9	9	V ₁ : 5 oder V ₂ : 9



Agenda:

Motivation

Methodik

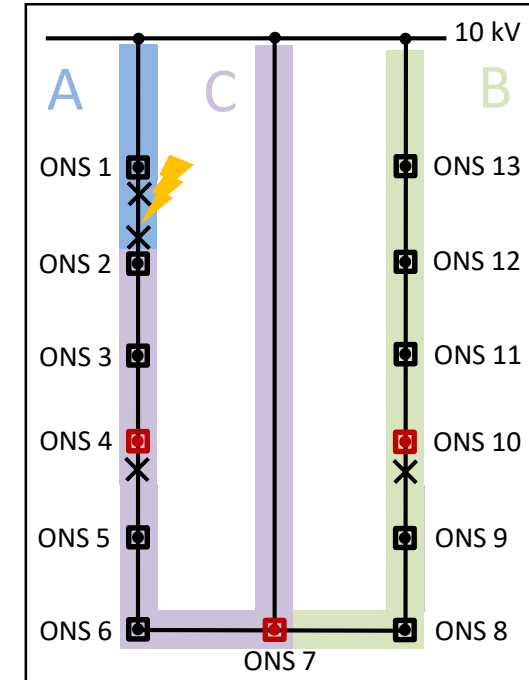
Reale Netze

Steigende
Komplexität

Erkenntnisse

Vorgehensweise bei einem Fehler in Zone A:

1. Fehlerortung und Freischaltung der betroffenen Kabelverbindung zwischen ONS 1 und 2
2. Wiederversorgung von ONS 1 durch Zuschaltung des betroffenen Abgangsfeldes A
3. Lastverlagerung durch Verschiebung der Trennstelle an ONS 9 nach ONS 7 in Zone BC
4. Wiederversorgung der anderen ONS in Zone A durch schließen der Trennstelle bei ONS 5

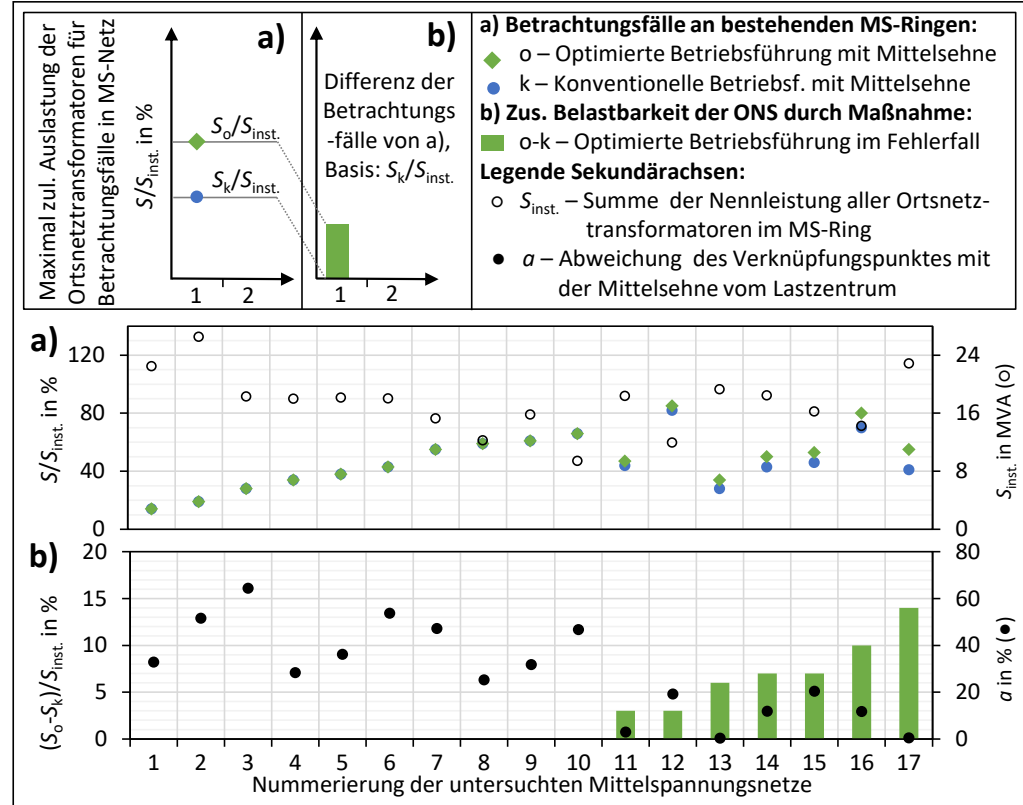


Relevante Erkenntnisse:

- In 7 von 17 MS-Netzen ist eine Erhöhung der Auslastung an den ONS möglich
- ➔ Zwischen 4 % und 14 % bzw. 0,36 MVA und 3,20 MVA
- In 10 von 17 Netzen keine Optimierung möglich
- ➔ Große Abweichung der Mittelsehnen vom Lastzentrum

$$a = \left| \frac{\frac{S_{\text{inst.}}}{2} - \left(\sum_{i=1}^{m-1} S_T(i) + \frac{S_{Tm}}{2} \right)}{\frac{S_{\text{inst.}}}{2}} \right|$$

a – Abweichung vom Lastzentrum
 $S_{\text{inst.}}$ – Installierte Leistung
 S_T – Transformatorleistung in ONS
 m – Index der zentralen ONS
 i – Laufindex



Agenda:

Motivation

Methodik

Reale Netze

Steigende Komplexität

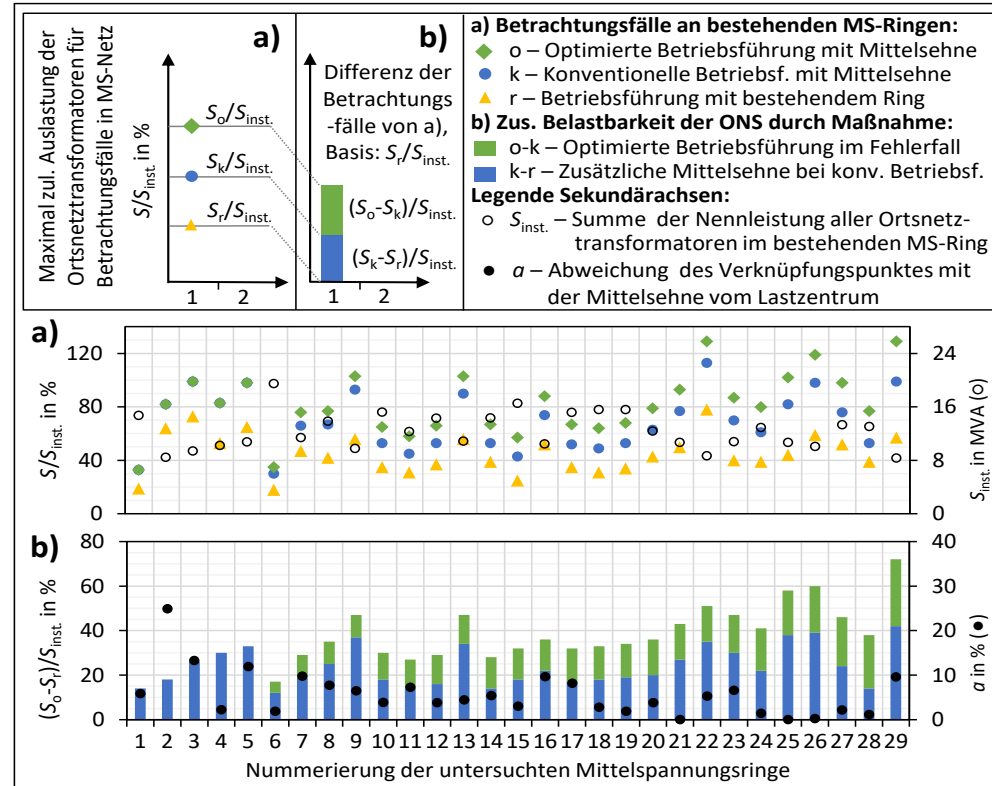
Erkenntnisse

Relevante Erkenntnisse:

- In 24 von 29 Ringen ist eine Optimierung möglich
- ➔ Zwischen 5 % und 30 % bzw. 0,97 MVA und 3,14 MVA
- In 5 Netzen trotz optimaler Mittelsehne keine Optimierung möglich
- ➔ Einzelne, große ONS im Ring erschweren die TS-Verschiebung

Netz Nummer	1	2	3	4	5
Anzahl ONS	14	7	10	8	10
$S_{\text{ONS}}/S_{\text{inst.}}$ in %	22	30	33	25	21

- Ältere Kabeltypen mit begrenzenden Nennströmen



Agenda:

Motivation

Methodik

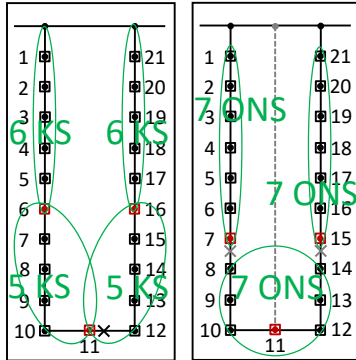
Reale Netze

Steigende
Komplexität

Erkenntnisse

- Zusätzliches Messequipment mit Datenübertragung zur Abschätzung der Lastaufteilung für die ungünstigsten Schaltzustände benötigt
 - Variante 1: MS-(Strom)-Messungen in zentraler ONS mit Mittelsehne
 - Variante 2: NS-Messungen in jeder ONS → deutlich teurer
 - Dauer der thermischen Belastbarkeit der MS-Kabel mit bis zu 130 % reduziert
 - Durch höhere Vorerwärmung im Normalbetrieb auf Grund höherer Auslastung von bisher maximal 65 % → auf bis zu 87 %
 - Wenn zwei Kabelsysteme des Rings parallel verlegt sind und jeweils mit bis zu 130 % belastet werden, anstatt zuvor mit 130 % und 65 %
- Voraussetzungen für eine Belastung mit bis zu 130 %
- * Fehler muss am ungünstigsten Ort im Ring auftreten
 - * Netz muss bis zu seiner Belastungsgrenze ausgelastet sein
 - * Zeitpunkt des Fehlers fällt auf die Jahreshöchstlast

- 3-Punkt-Automatisierung bei Ringen mit Mittelsehne an der zentralen Ortsnetzstation mit Mittelsehne und an den beiden Trennstellen
- 3-Punkt-Automatisierung an Ringen ohne Mittelsehne
 - Bisher: Zur beschleunigten Wiederversorgung bei Kabelfehlern
➔ 4 Segmente mit ähnlich großer Anzahl an Kabelstrecken
 - Zukünftig:
 - * Zur beschleunigten Wiederversorgung bei Kabelfehlern
 - * Zur Trennstellenoptimierung im Fehlerfall, falls MS-Ring um Mittelsehne erweitert wird
➔ Kompromiss für Lage der 3 automatisierten ONS im Ring:
 - * 4 Segmente mit ähnlich großer Anzahl an Kabelstrecken
 - * 3 Segmente mit ähnliche großer Leistung



- Zunehmende Automatisierung von MS-Schaltanlagen (3-Punkt-Automatisierung) ermöglicht neue Betriebskonzepte
 - ➔ Trennstellenoptimierung im Fehlerfall an MS-Ringen mit Mittelsehne
- Wirksamkeit der Optimierung hängt davon ab,
 - Wie zentral die Mittelsehne im Lastzentrum liegt
 - Die Last der ONS im Ring durch Schalthandlungen aufteilen lässt
 - Wie homogen der verlegte Kabeltyp ist
- Das zusätzliche Aufnahmepotential der MS-Netze lässt eine Erhöhung der Transformatorauslastung in den Ortsnetzstationen um bis zu 30 % zu
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung:
 - Trennstellenoptimierung als kostengünstige Alternative zum Netzausbau
 - Bei der Grundsatzplanung neuer Mittelspannungsnetze ist der klassische Ring (ohne Mittelsehne) auf Grund der höheren Flexibilität zu bevorzugen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Simon Kreutmayr
Hochschule Augsburg
Fakultät für Elektrotechnik
An der Hochschule 1
86161 Augsburg

Tel.: + 49 821 5586 3634

E-Mail: simon.kreutmayr@hs-augsburg.de

www.hs-augsburg.de