

AUTOMATISIERTE ÜBERPRÜFUNG DER NULLUNGS- BEDINGUNGEN IN NIEDERSPANNUNGSNETZEN

Elektropartneranlass 2025

agenda

1 Ausgangslage

2 Erfahrungen

3 Analyse

4 Methode

5 Ergebnisse

6 Fragen

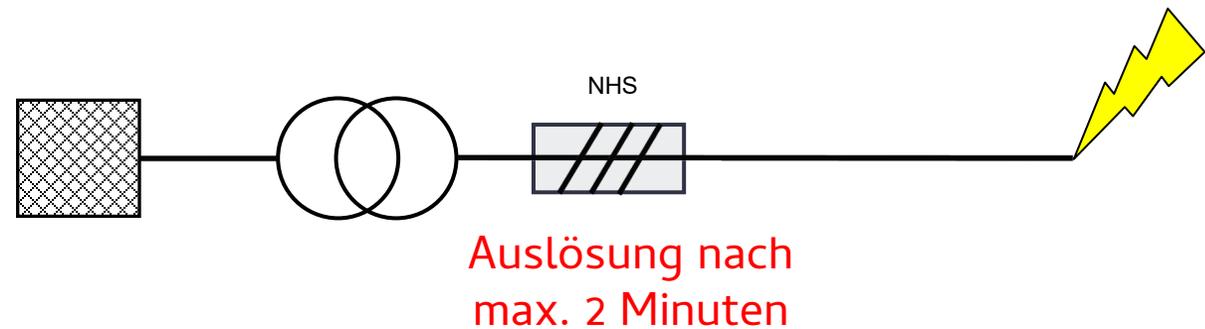
PROBLEMSTELLUNG/ausgangslage

Einhaltung der Berührungs- und Schrittspannung nach SNG 483755 (Nullungsbedingung), wenn...

5.1 Artikel 55 Absatz 1: Sichere Ausschaltung in Niederspannungsverteilnetzen

«¹ In Niederspannungsverteilnetzen muss beim Kontakt eines oder mehrerer Polleiter mit einem Leiter, welcher dem Schutz gegen gefährliche Berührungs- und Schrittspannungen dient (PEN-Leiter, Schutzleiter), die Speisung der betroffenen Polleiter sicher unterbrochen werden.»⁷

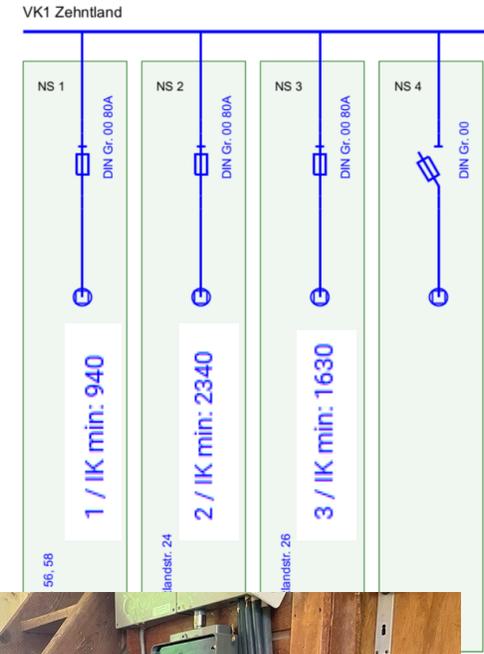
Die Ausschaltung kann dann als sicher gelten, wenn sie innerhalb von zwei Minuten erfolgt.



HEUTE

Netzdaten

- 1'317 Transformatorstationen
- 4'467 Kabelverteilkabinen
- 3'914 km Niederspannungsleitungen
- 38'450 NS-Hausanschlüsse



DIE IDEE

Automatisierte Überprüfung der Nullungsbedingungen

Schritt 1:

Berechnung 1-poliger Kurzschlussstrom
(kleinster Kurzschlussstrom)

$$I_{k1} = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U}{\left| 2 \cdot \underline{Z}_1 + \underline{Z}_0 \right|}$$

Schritt 2:

Überprüfung der Sicherungsauslösezeit

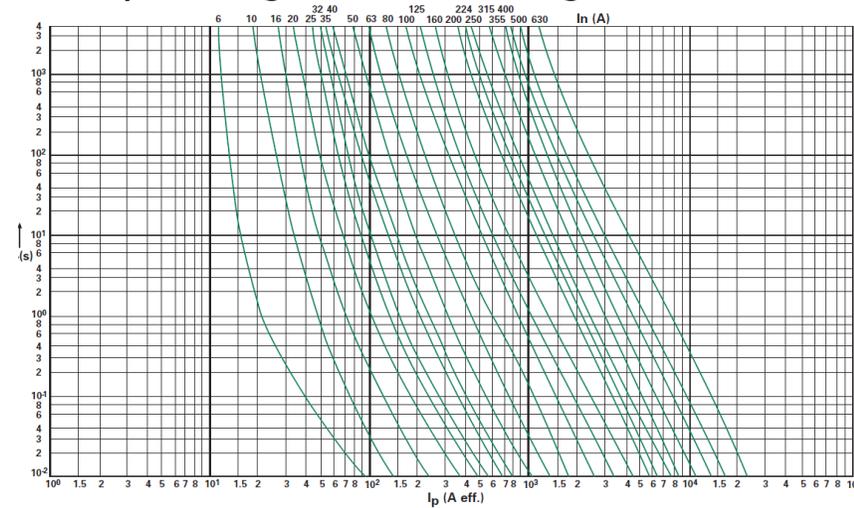
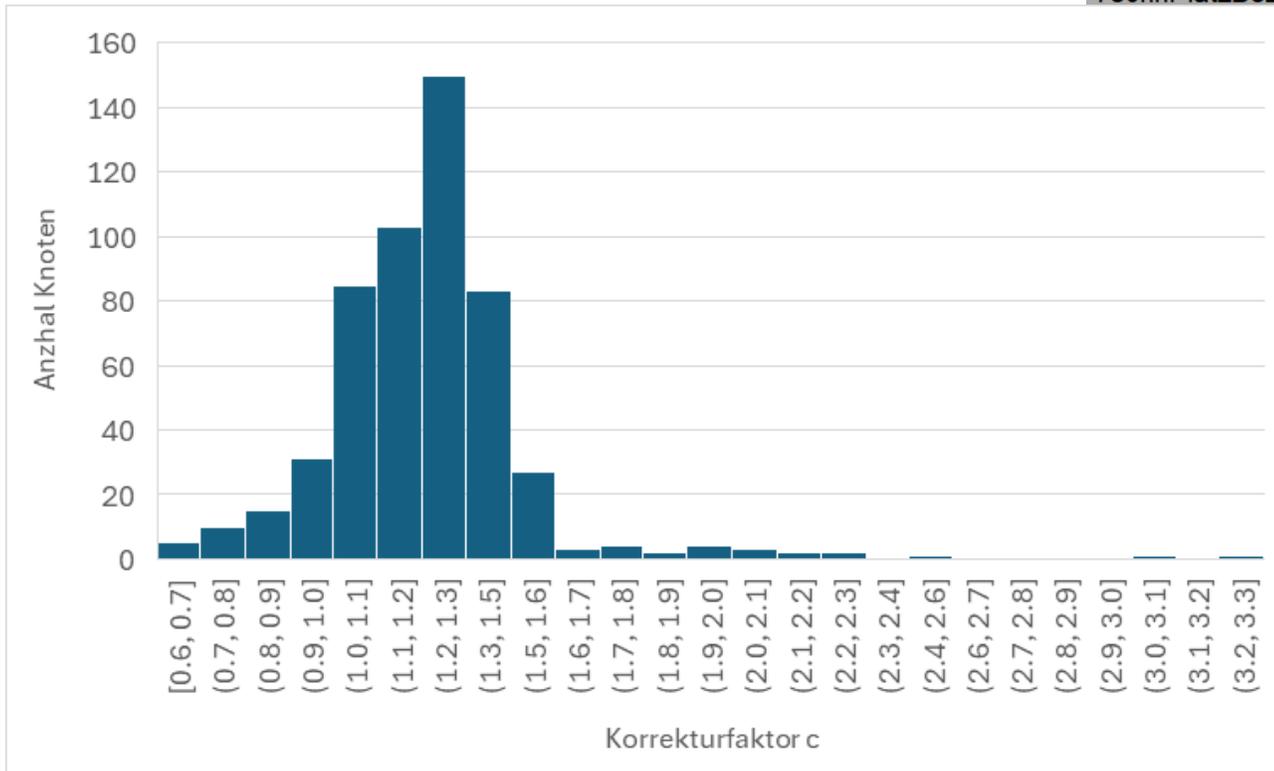


Bild Fa. Hager

DIE ERFAHRUNGEN



TechnPlatzBezeichng	1-pol Kurzschluss [A] Messung	1-pol Kurzschluss [A] Berechnung	Abweichung
	1'387	955	-31%
8	1'468	1'011	-31%
h	1'675	1'157	-31%
alstr.	2'020	1'402	-31%
	2'360	1'641	-30%
r. 6	2'970	2'067	-30%
asse	2'100	1'462	-30%
nen	2'000	1'394	-30%

DIE analyse I

Woher stammen diese Abweichungen....

- Netzschaltzustandsunterschied zwischen Messung und Berechnung
- Messfehler/Messungenauigkeit
- Berechnungen berücksichtigen nicht alles (Muffen, Klemmverbindungen usw.)
- Ungenauigkeit bei Leiterlängen
- Transformatorenmodellierung (Kurzschlussspannung, Nullimpedanz)
- Ungenaue Nullimpedanz-Bibliothek bei NS-Kabel
-

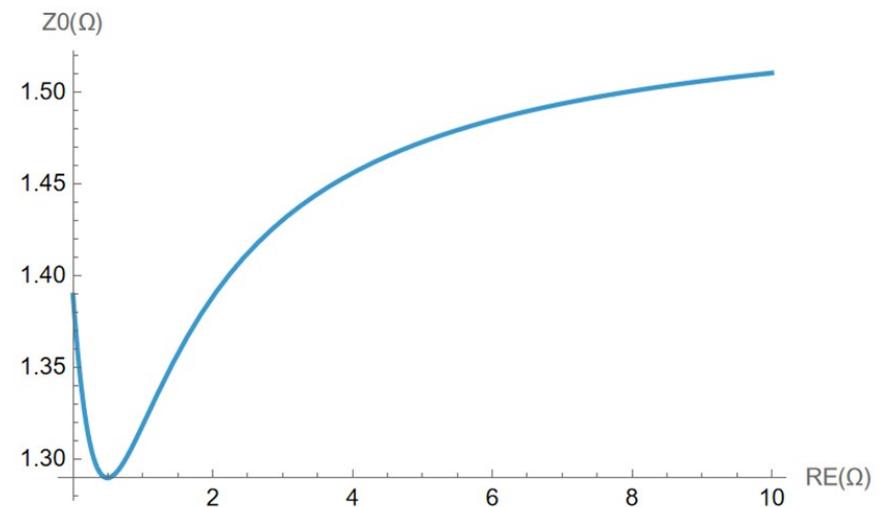
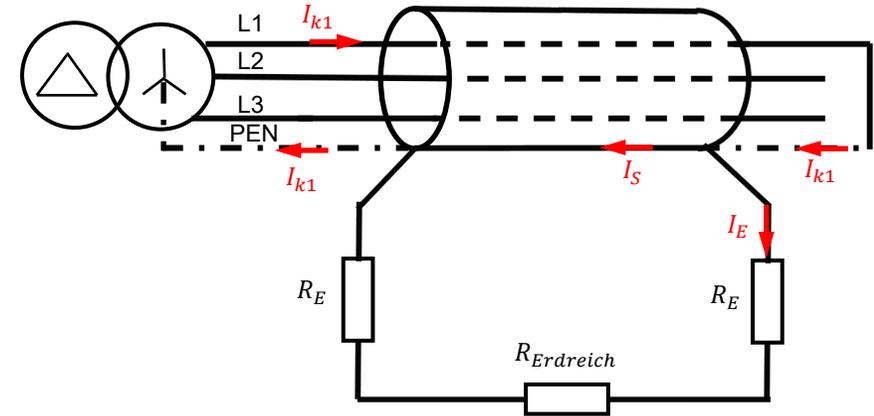
DIE ANALYSE II

Einfluss des Erdübergangswiderstandes auf die Nullimpedanz
am Beispiel eines GKN 3x50/50mm²....

$$I_{k1} = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U}{|2 \cdot \underline{Z}_1 + \underline{Z}_0|}$$

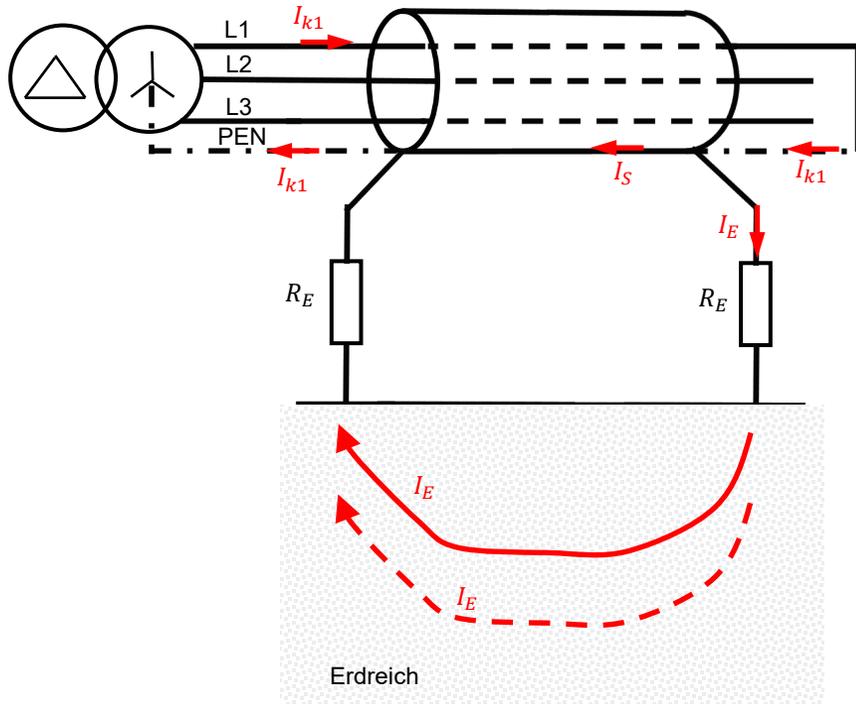
	Z ₀ [Ω/km]	I _{k1} [A]
Z ₀ berechnet mit R _E = ∞Ω	1.52	300
Z ₀ berechnet mit R _E = 0Ω	1.36	323
Z ₀ berechnet mit R _E = 0.5Ω	1.29	334

Leitertemperaturen 20°C

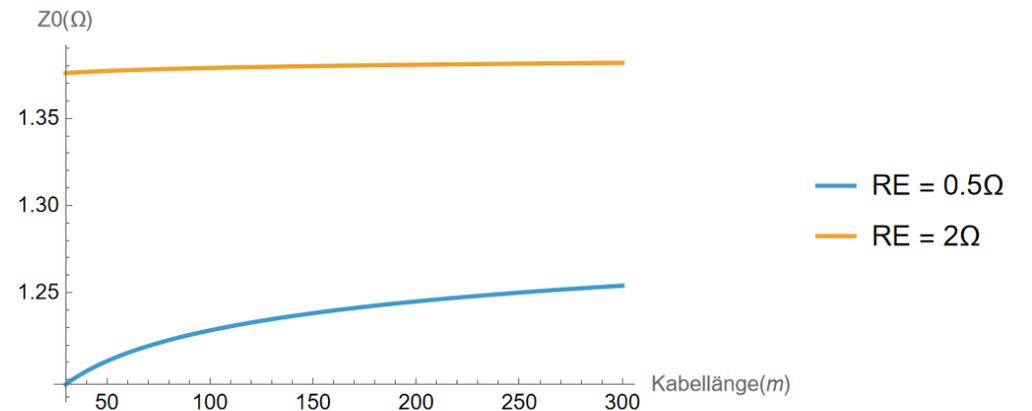
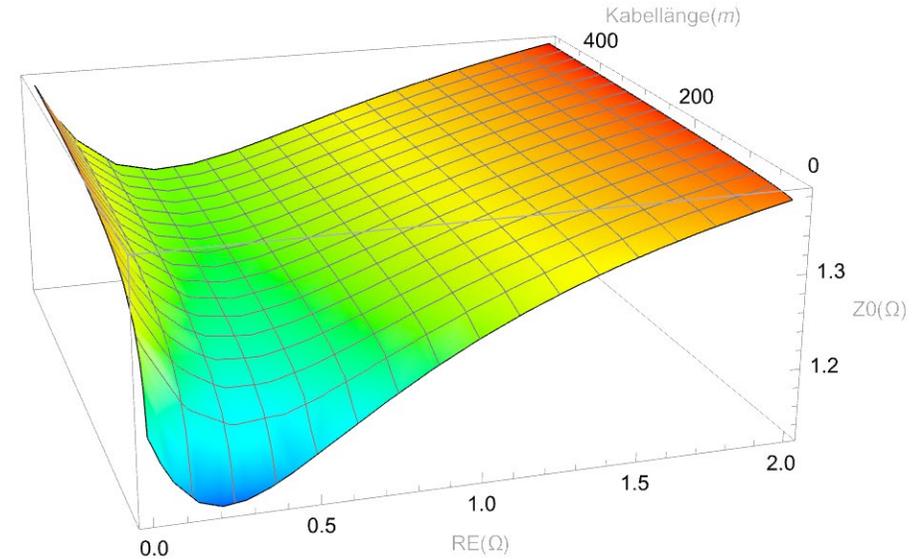


DIE ANALYSE III

Einfluss der Kabellänge auf die Nullimpedanz
am Beispiel eines GKN 3x50/50mm²....



Stromeindringtiefe abhängig von der Kabellänge



DIE ANALYSE IV

Einfluss der Leiter-Temperatur am Beispiel eines GKN 3x50/50mm²....

$$I_{k1} = \frac{c \cdot \sqrt{3} \cdot U}{|2 \cdot \underline{Z_1} + \underline{Z_0}|}$$

	Z1 [Ω/km]	Z0 [Ω/km]	Ik1 [A]
Z berechnet mit RE = 0Ω & 20°C	0.39	1.36	323
Z berechnet mit RE = 0Ω & 60°C	0.46	1.60	276

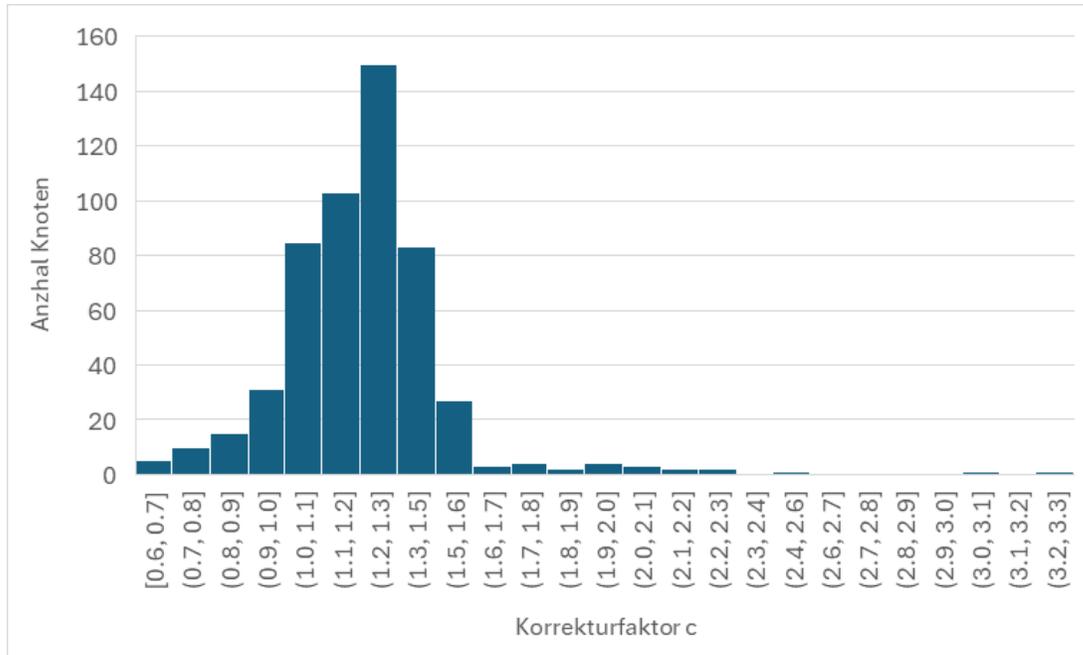
Wie schaffen wir es,
die «Berechnungs-Genauigkeit» zu erhöhen?

DIE METHODE

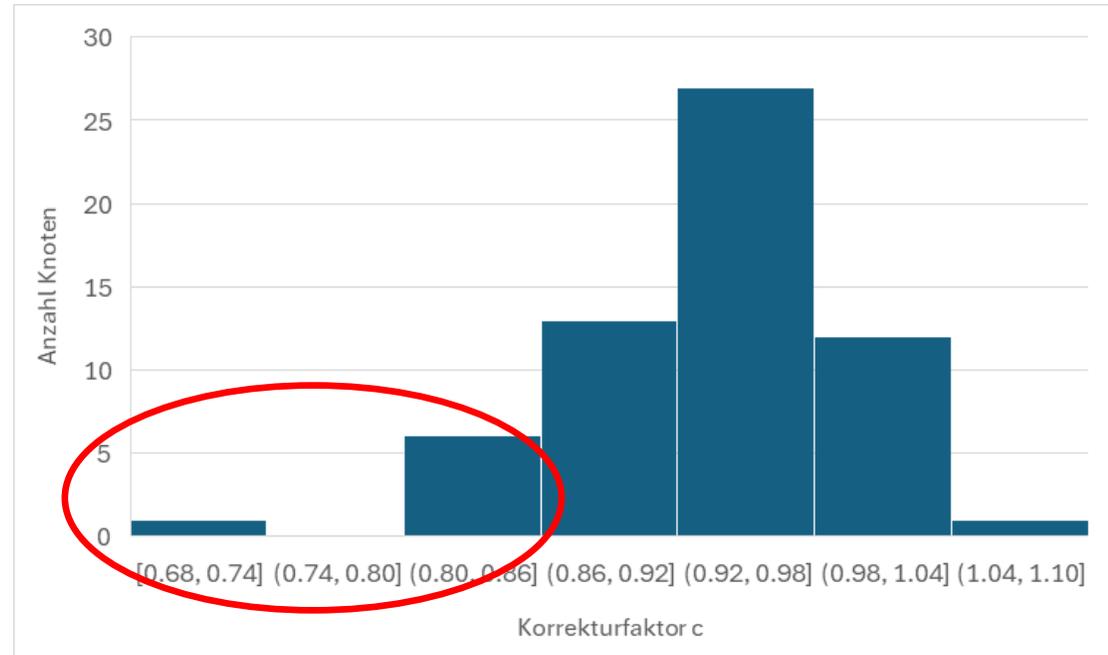
1. Präzisierung der Nullimpedanzwerte von NS-Kabel in Berechnungsbibliothek
2. Zufällige Auswahl von Netzknoten (Messreihe)
 - ⇒ Messung der einpoligen Kurzschlussströme mit definierter Leitertemperatur
 - ⇒ Berechnung der einpoligen Kurzschlussströme mit aktualisierter Nullimpedanzbibliothek (Leitertemperaturen Berechnung und Messung abgeglichen)
3. Vergleich zwischen Messung und Berechnung

Das Ergebnis

Vorher:

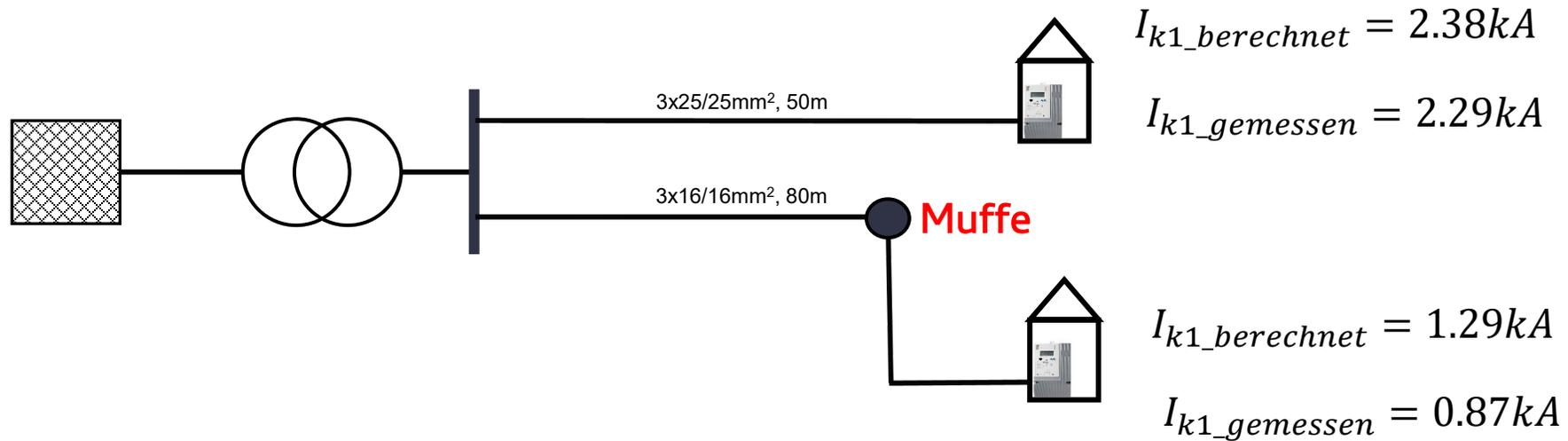


Nachher:



Muffen als Ursache für Ausreisser

BEISPIEL TS WILDBODEN



LESSONS LEARNED

1. Gute Berechnungsergebnisse einpol. Kurzschlussströme setzen eine präzise Modellierung der NS-Kabel voraus.
2. Punktuelle Abweichungen sind wegen lokal schlechter Kontaktierung (bspw. Muffen) unvermeidbar.

FRAGEN



LITERATUR

D. Rodoni, Nullimpedanzen im Niederspannungsnetz der SAK (Masterarbeit), Hochschule Ost, 2024

P. Widmer, Auswirkungen verschiedener Sternpunktterdungsarten in Mittelspannungsnetzen mit erhöhtem Verkabelungsgrad (Masterarbeit), Universität Duisburg-Essen, 2022

D. Oeding und B. R. Oswald, Elektrische Kraftwerke und Netze, Berlin: Springer Vieweg, 2016, Auflage 8.

vielen Dank!

St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG

Vadianstrasse 50
9001 St.Gallen

www.sak.ch