

# **EINE NEUE METHODE ZUR ERDSCHLUSSORTUNG MITTELS NICHT NETZFREQUENTER STROMEINSPEISUNG**

Christian Raunig, Lothar Fickert, Georg Achleitner, Clemens Obkircher

**Institut für Elektrische Anlagen  
Technische Universität Graz**

[www.ifea.tugraz.at](http://www.ifea.tugraz.at)

## Inhaltsverzeichnis

---

- **Einführung**
- **Netzbetrieb**
- **Ortungsverfahren**
- **Ortung mittels Fremdstrom**
- **Versuchsergebnisse**
- **Zusammenfassung**

## Einführung (1)

### Erdschlusskompensierte (gelöscht betriebene) Netze

- Erdschlusskompensationsspule zwischen Sternpunkt und Erde
- Kompensation des auftretenden kapazitiven Fehlerstromes
  - Geringe Fehlerströme
  - Kleine Berührungsspannung
  - Geringes Gefährdungspotential
- Hohe Versorgungssicherheit und -zuverlässigkeit
  - Form der Sternpunktbehandlung häufig eingesetzt

Historischer Hauptaspekt:  
Selbsttätiges Verlöschen des  
Lichtbogens im  
Freileitungsnetzen

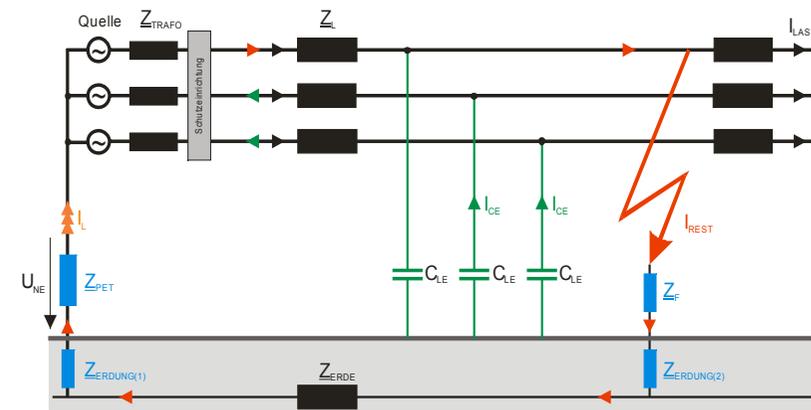


Abbildung 1: Prinzipschaltbild eines gelöschten Netzes

## Einführung (2)

### Schwierigkeiten bei der Erdschlusskompensation

- Lokalisierung der Erdschlüsse
- Netzausbau mittels Kabel erhöht ungelöschte Fehlerströme
- Berücksichtigung von Oberschwingungsanteile im Fehlerstrom
- Beeinflussungsuntersuchungen bei stromstarken Doppelerdschluss

### Normen

- Löschgrenze (ÖVE B1-1976, VDE 0228 Teil 2)
- Berührungsspannung  $U_{TP}$  (EN 8383 ident mit HD 637)

## Einführung (3)

### Fehlerstatistik

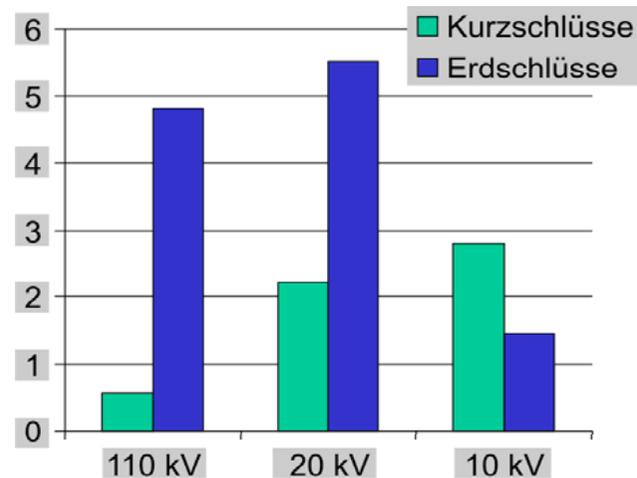


Abbildung: Fehlerstatistik Netzfehler je 100 km Netzlänge

Spannung	Kurzschlüsse je 100 km Netzlänge	Erdschlüsse je 100 km Netzlänge	Bemerkung
110 kV	0,6	4,8	sehr hoher Freileitungsanteil
20 kV	2,2	5,5	gemischt (Kabel / Freileitung)
10 kV	2,8	1,4	reine Kabelnetze

Tabelle: Erdschluss vs. Kurzschluss in verschiedenen Netzen

Erdschlüsse weisen signifikant höhere Auftretswahrscheinlichkeit auf

→ **Umfassendes zuverlässiges Erdschlusskonzept ist unerlässlich!!!**

## Einführung (4)

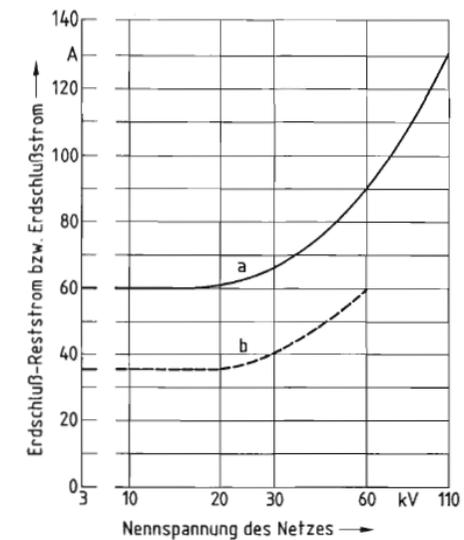
### Löschgrenze

Österreich: ÖNORM ÖVE B1-1976

Deutschland: DIN VDE 0228 - Teil 2

Nennspannung des Netzes in kV		3...20	25	30	45	60	110	150
Erdschlussreststrom bzw. Erdschlussstrom [A] Maßgebend ist die Grundwelle.	Tabelle a	60	63	67	78	90	132	180
	Tabelle b	35	37	40	50	60	-	-

Tabelle a für Netze mit Erdschlusskompensation; für Kabelnetze bis 20 kV Nennspannung mit kleinen Freileitungsanteilen gilt Tabelle a auch bei isoliertem neutralem Punkt, Tabelle b für Netze mit isoliertem neutralem Punkt.



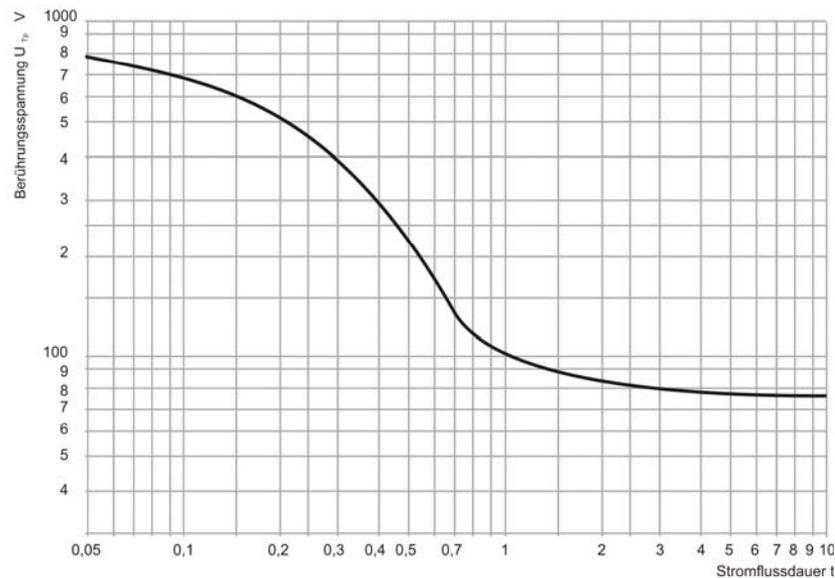
## Einführung (5)

### Maximal zulässige Berührungsspannung ( $U_{TP}$ )

→ ÖVE/ÖNORM E 8383:2000 (ident mit HD 637)

$U_{TP} = 75 \text{ V}$  (Dauerhaft)

Höhere Berührungsspannung zulässig bei kurzzeitigem Auftreten



## Netzbetrieb

### Anforderungen an die Erdschlussortung

Möglichst genaue Lokalisierung der Fehlerstelle

- Selektive Erfassung und Fehlerklärung
  - Keine unnötigen Versorgungsunterbrechungen

Netzausbau führt zu höheren Erdschlussfehlerströmen – Löschgrenze

- Personengefährdung (Berührungs- und Schrittspannung)
- Spannungsbeanspruchung (Gefahr von Folgefehler)
- Spannungsbedingte Alterung elektrischer Betriebsmittel

→ Schnelles Abschalten des fehlerbehafteten Netzes/Abschnittes

Weiterversorgung im Fehlerfall vs. Folgefehler und Gefährdungspotential

## Ortungsverfahren (1)

### Erdschlussortungsverfahren

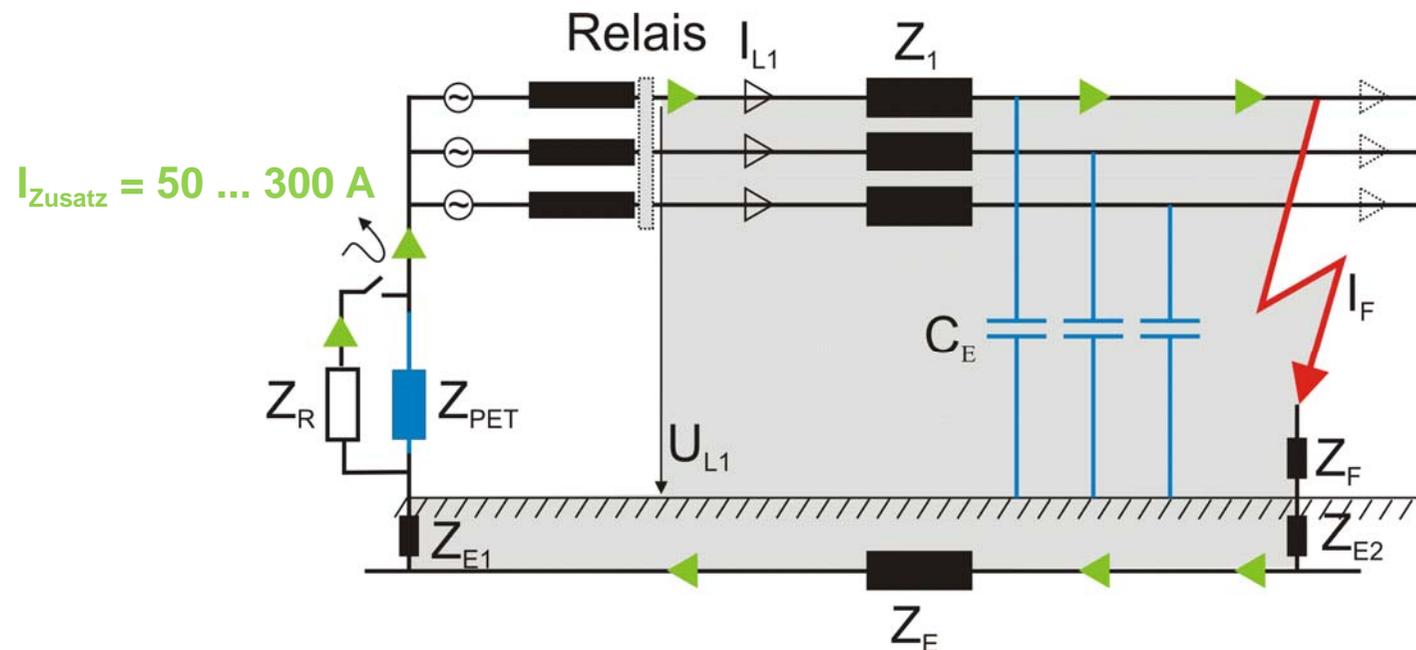
Einsatz der verschiedenen Verfahren je nach Spannungsebene und Kosten

Verfahren sind z.B.:

- Anregung über Verlagerungsspannung in Kombination mit Suchschaltungen
- Wischerverfahren (qu-Algorithmus)
  - Bis zu einige k $\Omega$  Fehlerübergangswiderstände
  - Intermittierende Erdschlüsse
- Wattreststromerfassung
  - Wattreststromerhöhung (KNOSPE)
- Oberschwingungsortung
  - Betragsvergleich
- Pulsortung
- Admittanzverfahren
- Distanzortung
- etc.

## Ortungsverfahren (2)

### Kurzzeitige niederohmige Sternpunktterdung (KNOSPE)



#### ORTUNG:

- $I^0 > (I^0 >)$
- Wattreststrom
- Distanzschutz
- Wischer-Erfassung
- Oberschwingungsrelais

- FOLGE: → Meldung  
→ evtl. AWE  
→ evtl. Auslösung

## Ortungsverfahren mittels Fremdstrom (1)

### Erdschlussortung durch Fremdstrom

#### Was ist ein Fremdstrom?

Definition: Unter dem Begriff Fremdstrom wird ein nicht netzfrequenter zusätzlich injizierter Ortungsstrom verstanden

→ kein vielfaches der Netzfrequenz (Harmonischen)

→ z.B. 183 Hz

- Einspeisung über mobile oder stationäre (Signal-)Generatoren
  - dezentrale bzw. mobile Aufstellung (netz- oder batteriebetrieben)
  - zentrale Aufstellung (z.B. Umspannwerk)
- Ortung mittels Sonden die das Magnetfeld des Ortungsstromes detektieren
  - Sonden mit Spulen
  - Sonden mit Hallelementen

## Ortungsverfahren mittels Fremdstrom (2)

### Zwei prinzipielle Möglichkeiten

- Ortung während des Betriebes mit einem Erdschluss
  - Abhängigkeit der Generatorleistung (Ladeströme) ergebend aus der Netzgröße
  - Provokation von Folgefehlern
- Ortung im abgeschalteten (schwarzen) Netz
  - Geringe Generatorleistung (mobile Ortung)
  - Schnelle Abschaltung des Fehlers

### Fremd(ortungs)stromspeisung

- direkt in die fehlerbehaftete Phase
  - z.B. nach dem Prinzip der Tonfrequenzsteuerung
- in das Nullsystem
  - z.B. über Petersen-Spulen-Hilfswicklung

## Ortungsverfahren mittels Fremdstrom (3)

### Vorteile:

- Mobile und stationäre Erdschluss-Ortung
- Ortung im abgeschalteten (schwarzen) Netz
- Geringe Kosten bei Implementierung und Umstellung
- Ausbaufähig (Potential zur Weiterentwicklung)

### Nachteile:

- Fehlerübergangs- und Stationserdungswiderstände
- Leistung des (mobilen) Generators oder Petersen-Spulen-Hilfswicklung
- Amplitude des detektierbaren Ortungsstromes (Stromaufteilung, Magnetfeldreduktion durch Stromrückleitung)
- Einhaltung der Berührungsspannungskurve (bei Ortung im Betrieb)

## Versuchsergebnisse

- Aufbau und Test des Verfahrens im „Netzmodell“
- Funktionsfähigkeit durch Prototypen bereits in Feldversuch bestätigt
  - Städtisches Kabelnetzteil

Ansprechschwelle bei Strömen von ca. 7 A

Abstand zum Leiter ca. 10 cm



## Zusammenfassung und Ausblick

### Ortung mittels Fremdstrom

- Möglichkeit der Ortung im **abgeschalteten** Netz (bzw. Netzteil)
- Mobiles Verfahren
- Kostengünstig
- Parallelbetrieb
- Positive Testversuche
- Dauerinstallation zum Sammeln von Erfahrungswerte



# EINE NEUE METHODE ZUR ERDSCHLUSSORTUNG MITTELS NICHT NETZFREQUENTER STROMEINSPEISUNG

**VIELEN DANK FÜR IHRE AUSMERKSAMKEIT**

Christian Raunig, Lothar Fickert, Georg Achleitner, Clemens Obkircher

Technische Universität Graz  
Institut für Elektrische Anlagen  
Inffeldgasse 18-I / A-8010 Graz  
Tel. :++43/(0)316 / 873 7552  
Fax.:++43/(0)316 / 873 7553

Kontakt: [christian.raunig@TUGraz.at](mailto:christian.raunig@TUGraz.at)

<http://www.ifea.tugraz.at>  
<http://portal.tugraz.at>