

Ricardo Herrmann

Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
Lehrstuhl für Elektroenergieversorgung

Spannungsschutz bei dezentraler Einspeisung

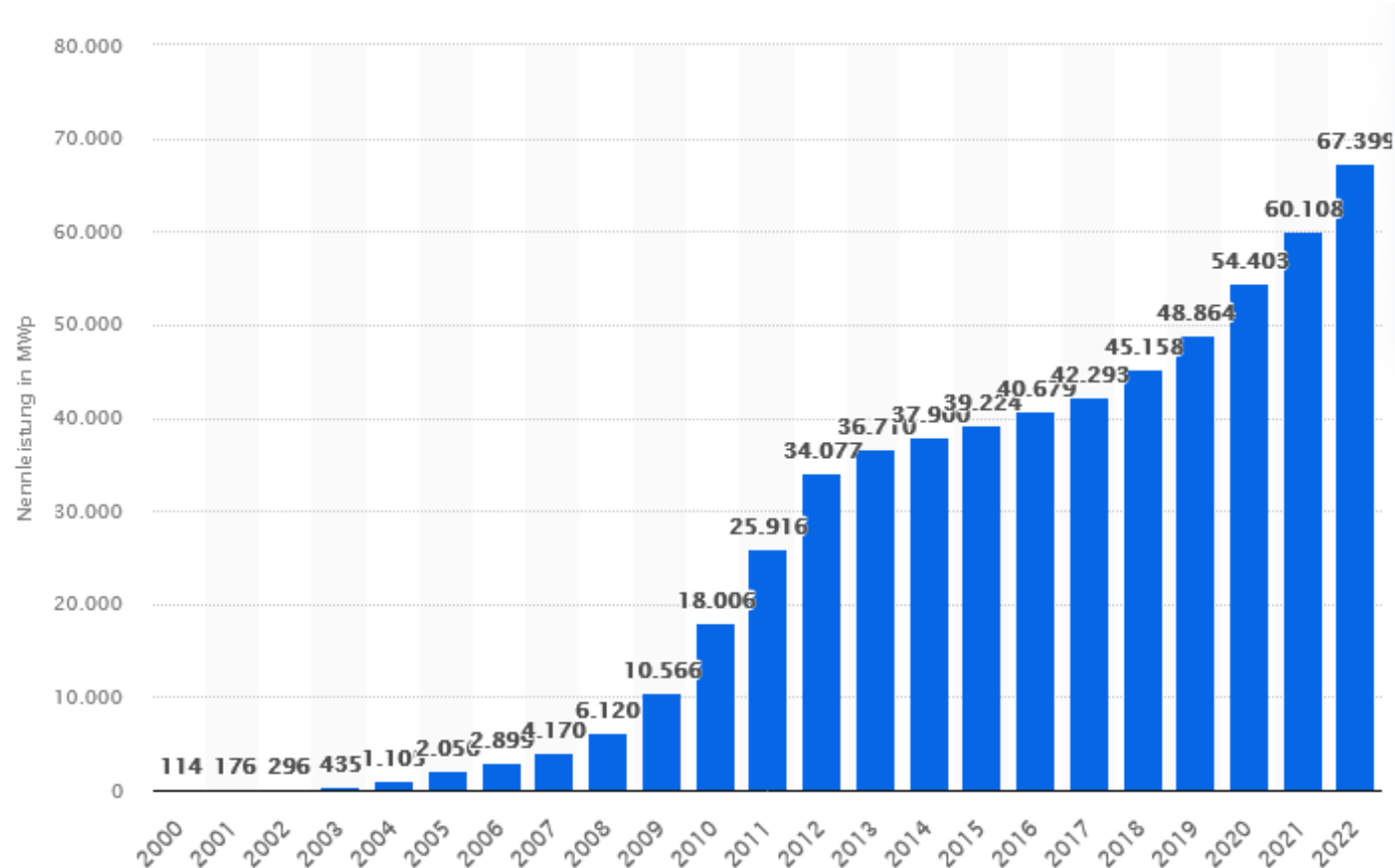
Graz, den 15.02.2024

Inhalt

1. Motivation
2. Problemstellung
3. Laborversuche
4. Zusammenfassung und Ausblick

Motivation

Installierte Leistung (kumuliert) der Photovoltaikanlagen in Deutschland



- Zunahme dezentraler Einspeisung durch z.B. PV-Anlagen
- Höhere Wahrscheinlichkeit eines Leistungsgleichgewichtes in einem Netzabschnitt

→ Gefahr zur Bildung von Netzinseln steigt

[<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/13547/umfrage/leistung-durch-solarstrom-in-deutschland-seit-1990/>]

Motivation

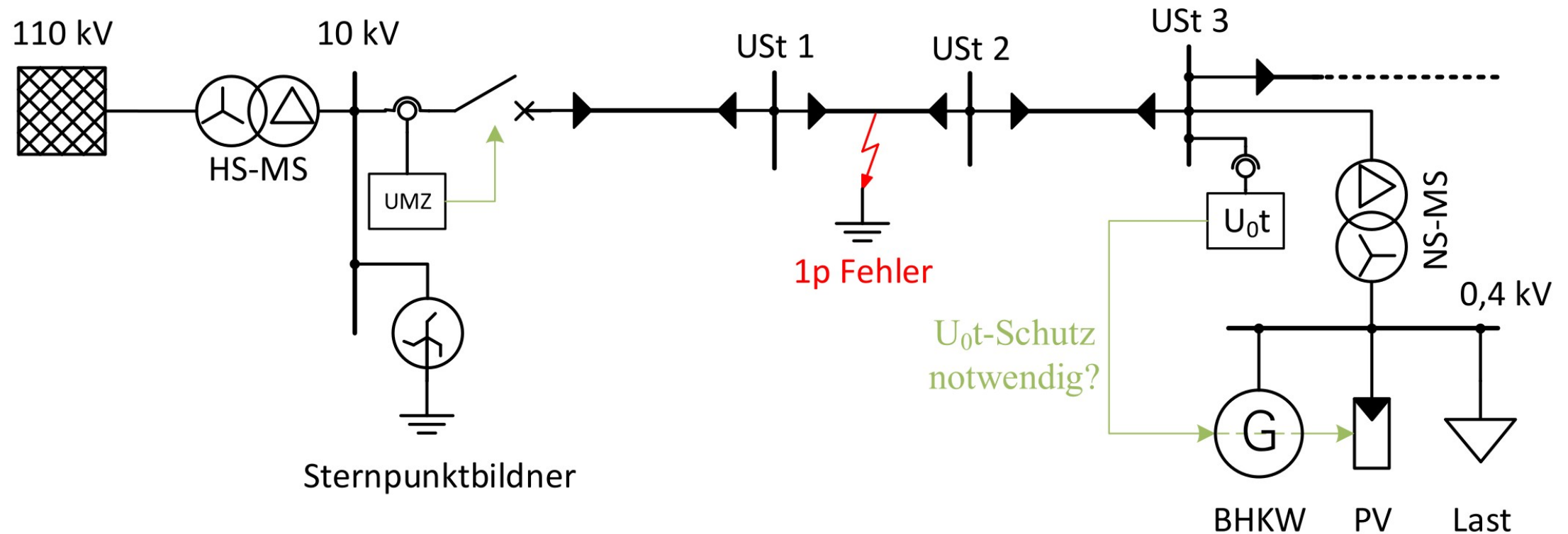
- Häufige Ursache der Trennung eines Teilnetzes vom Verbundnetz ist eine Schutzabschaltung
- Nach FNN Störungsstatistik tritt in MS-Kabelnetzen ein Fehler pro 100 km Leitungslänge und Jahr auf
- Bsp. MS-Netz von Stromnetz Berlin:
ca. 1 Fehler pro Tag über die gesamte Leitungslänge
- 76 % sind einpolige Fehler



[VDE FNN, „Störungs- und Verfügbarkeitsstatistik“, 2022.]

Problemstellung

Betrachtete Netztopologie



→ Ca. 10 % der MS-Kabelnetze sind niederohmig geerdet (Bezogen auf die Kabellänge)

→ Inselnetzerkennung ausreichend oder zusätzlich ein U_{0t} -Schutz notwendig?

[VDE FNN, „Störungs- und Verfügbarkeitsstatistik“, 2022.]

Problemstellung

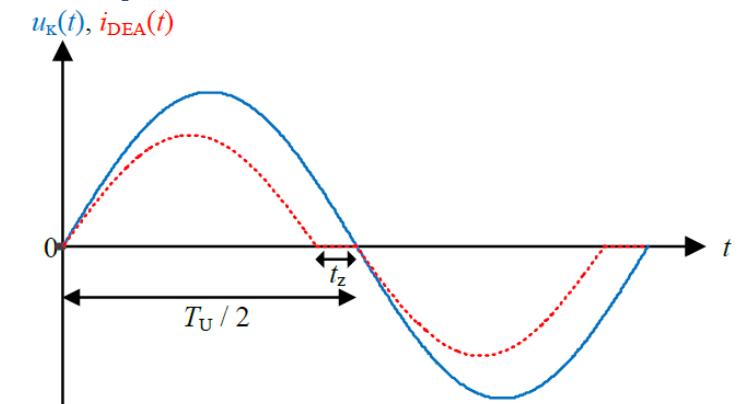
Stand der Normung zur Erkennung von Netzinseln

Anforderung	VDE-AR-N 4110 (MS)	VDE-AR-N 4105 (NS)
Entkupplungs- schutz	gefordert	gefordert
Inselnetz- erkennung	<p>Verweis auf Forderung Netzbetreiber, angegebene Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frequenzgradientenerfassung • Phasenwinkeländerung 	<p>Aktives Verfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bsp. Frequenz-Shift-Verfahren typisch für PV-Anlagen • Oder Kombination aus aktivem und passivem Verfahren, z.B. Kombination mit RoCoF-Verfahren <p>Passives Verfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> • nur bei einphasigen Umrichtern möglich

Entkupplungsschutz (VDE-AR-N 4105):

2015	2018
, < 100 ms	, < 100 ms
, < 100 ms	, 3 s
< 47,5 Hz , < 100 ms	< 47,5 Hz , < 100 ms
> 51,5 Hz , < 100 ms	> 51,5 Hz , < 100 ms

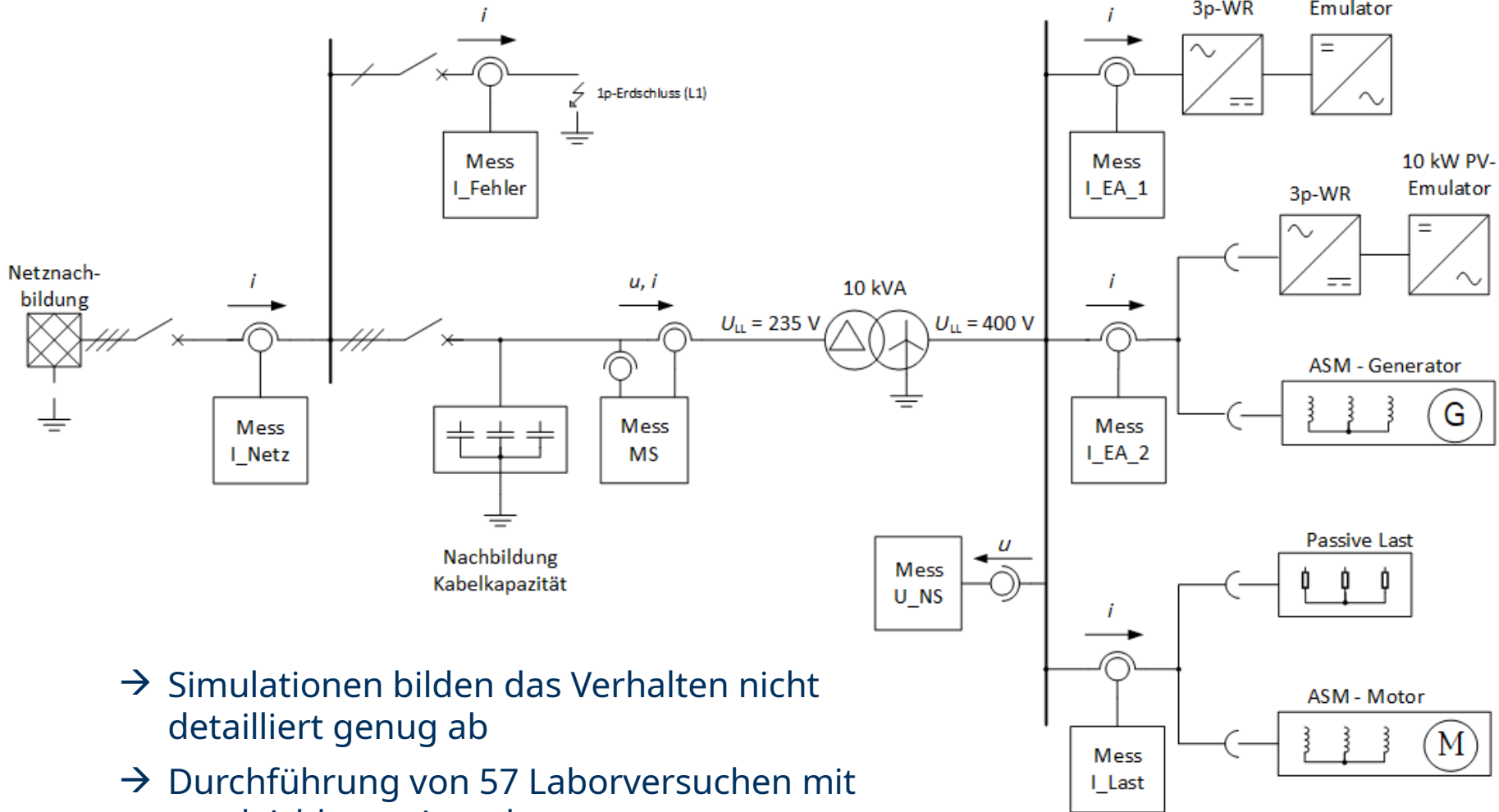
Frequenz-Shift-Verfahren:



[Sebastian Palm, „Untersuchung und Bewertung von Verfahren zur Inselnetzerkennung, -prognose und -stabilisierung in Verteilnetzen“, Dissertation, 2019]

Laborversuche

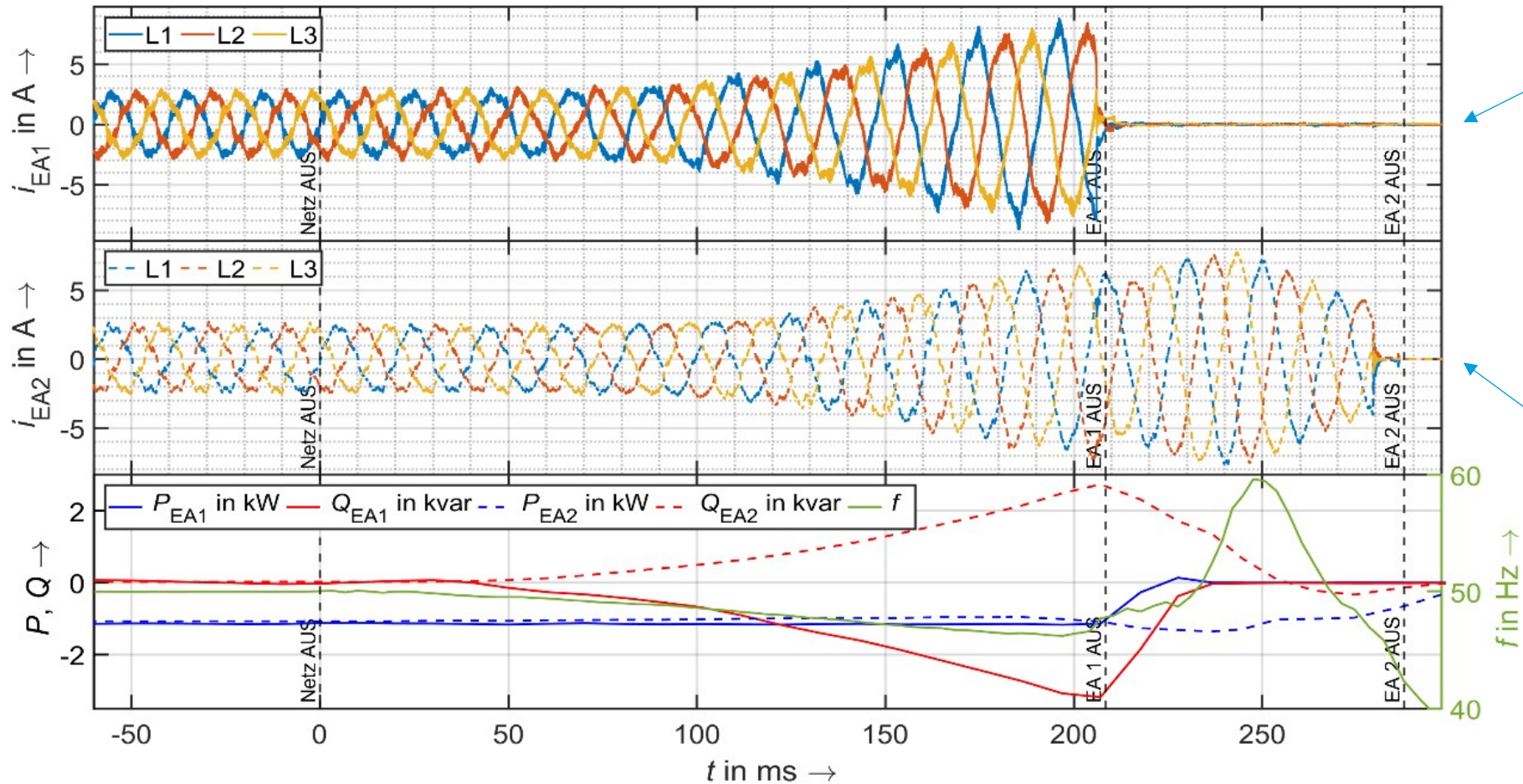
Übersichtsschaltbild



- Simulationen bilden das Verhalten nicht detailliert genug ab
- Durchführung von 57 Laborversuchen mit vergleichbarer Anordnung

Laborversuche

Beispielverlauf Sungrow und KACO WR mit ohmsch-motorischer Last



EA1: Sungrow SG4KTL-EC



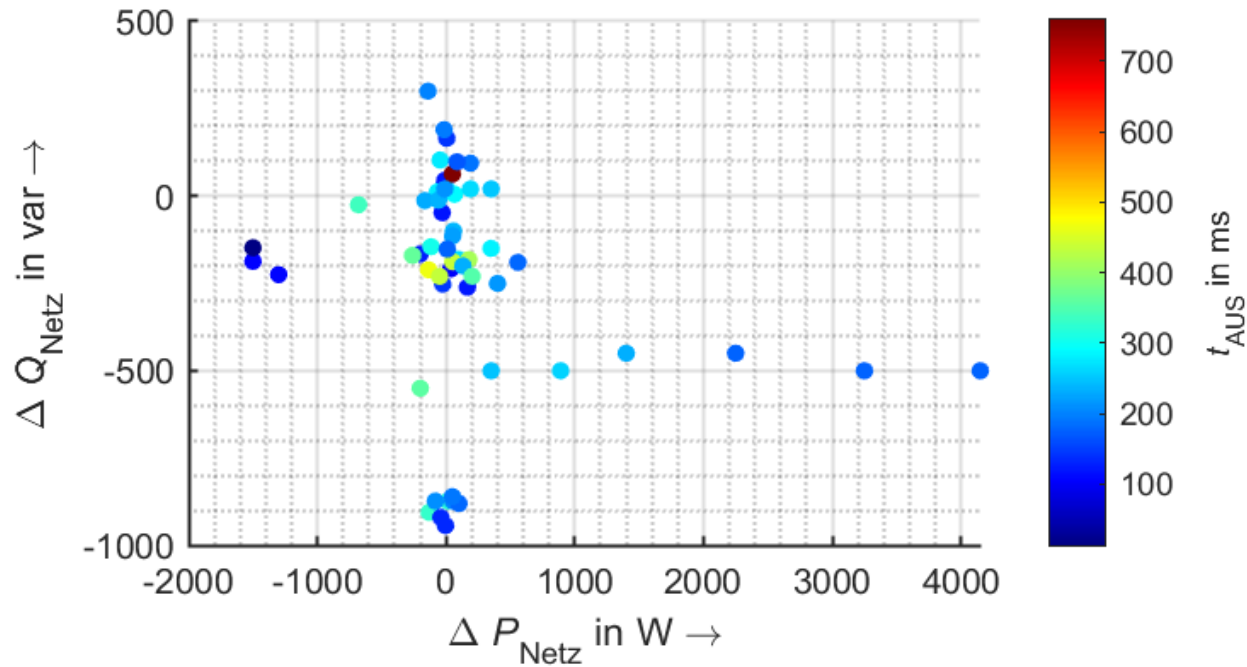
EA2: KACO blueplanet 7.5 TL3

[W. A. Fuchs, „Untersuchung von Verfahren zur Abschaltung dezentraler Erzeuger bei einpoligen Fehlern im Mittelspannungsnetz“, Dresden: Diplomarbeit, 2023.]

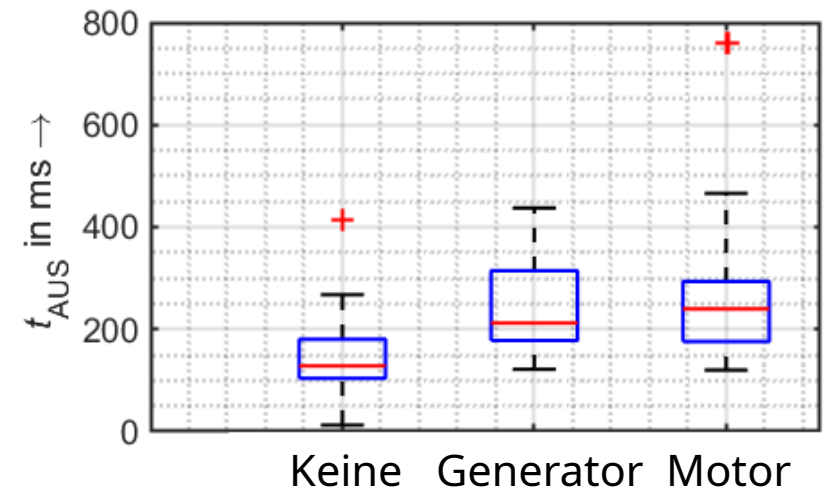
Laborversuche

Übersicht der Versuche

Leistungsgleichgewicht



Einfluss rotierender Last



- Typische Abschaltzeiten 200 – 400 ms, max. 800 ms
- Definition stabile Netzinsel: min. 5 s

[W. A. Fuchs, „Untersuchung von Verfahren zur Abschaltung dezentraler Erzeuger bei einpoligen Fehlern im Mittelspannungsnetz“, Dresden: Diplomarbeit, 2023.]

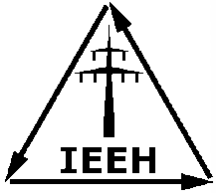
Zusammenfassung und Ausblick

- Nach VDE-AR-N 4105 zertifizierte Anlagen besitzen ein aktives Inselnetzdetektionsverfahren
- Keine Netzinsel bestand länger als eine Sekunde, typische Abschaltzeiten waren 200 - 400 ms
- Das Frequenz-Shift-Verfahren verschiedener WR arbeitet teilweise gegenläufig
- Direkt gekoppelte rotierende elektrische Maschinen wirken stabilisierend
- Anlagen mit dem Netzverknüpfungspunkt in der Niederspannung benötigen keinen U_0t -Schutz
- Der U_0t -Schutz kann unterstützend für Anlagen mit dem Netzverknüpfungspunkt in der Mittelspannung herangezogen werden

Abgrenzung

- Im realen Netz kommt eine deutlich größere Anzahl an Wechselrichtern pro MS-Halbring vor
- In der Untersuchung wurden handelsübliche stromeinprägende Wechselrichter verwendet
 - Zukünftig ist mit dem verstärkten Einsatz netzbildender Umrichter zu rechnen

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Kontaktdaten:

Dipl.-Ing. Ricardo Herrmann

Technische Universität Dresden
Institut für Elektrische
Energieversorgung und
Hochspannungstechnik (IEEH)
01062 Dresden

Tel.: +49 (351) 463-40764

E-Mail: Ricardo.Herrmann@tu-dresden.de