



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

ESEEA

Institut für Energiesysteme
und Elektrische Antriebe

Automatisierte Schutzfunktionsprüfungen

Christian Gererstorfer

Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe

TU-Wien

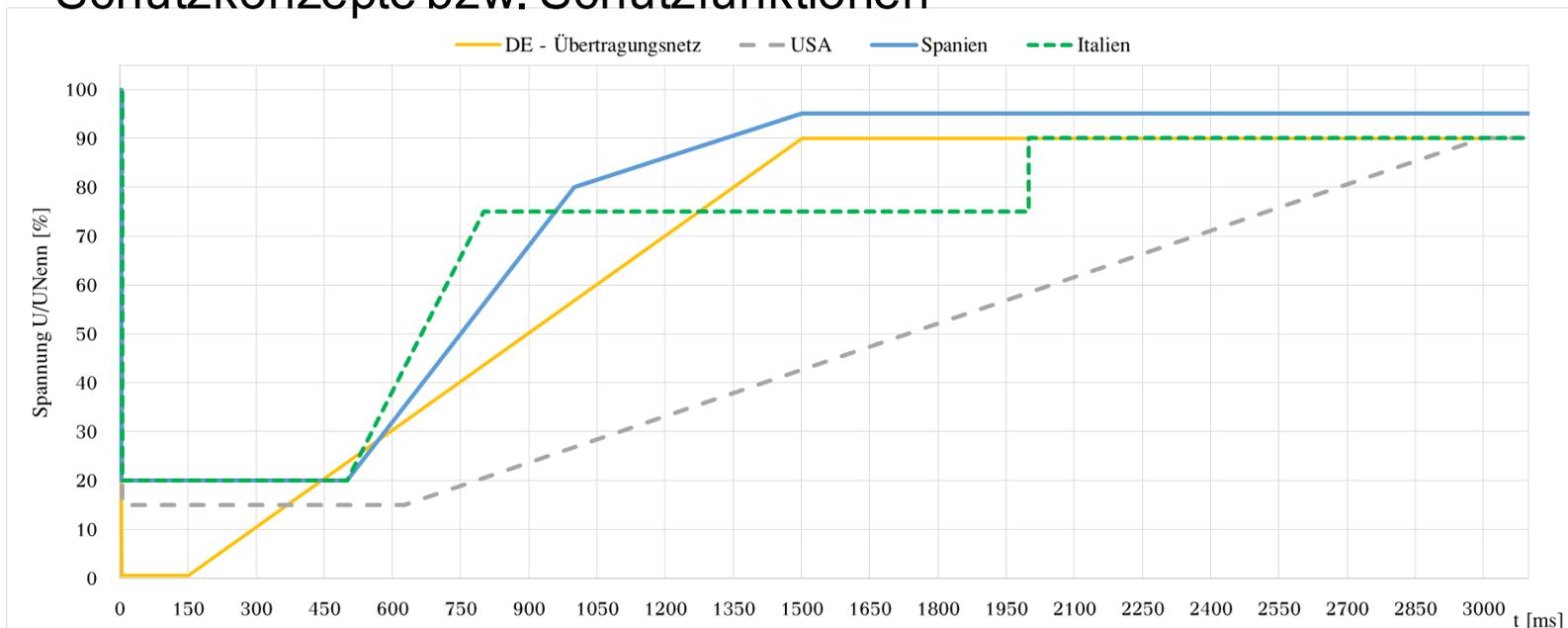
Energieinnovation 2016 – 10.-12.02.2016, Graz – Session C5

- Einleitung
- Methodische Vorgangsweise
 - Automatisierte Simulation von Kurzschlusszenarien
 - Automatisierte Schutzfunktionsprüfungen
- Anwendungsbeispiel: zweiseitig gespeiste Übertragungsleitung
- Zusammenfassung
- Ausblick

Einleitung

Fault-Ride-Through-Fähigkeit

- Das elektrische Energiesystem wandelt sich von einem zentralen zu einem dezentralen System
- Dezentrale Erzeugungsanlagen speisen die Energie in unterschiedlichen Spannungsebenen ein
- Während eines Fehlerfalles müssen heutige dezentralen Erzeugungsanlagen für eine bestimmte Dauer am Netz bleiben (Fault-Ride-Through) → Beitrag zum Kurzschlussstrom → Auswirkungen auf Schutzkonzepte bzw. Schutzfunktionen



Einleitung

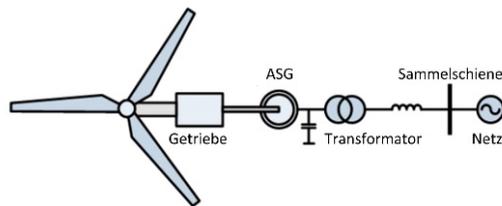
Dezentrale Erzeugungsanlagen - Einspeisetechnologie

- Netzanbindung von dezentralen Erzeugungsanlagen:

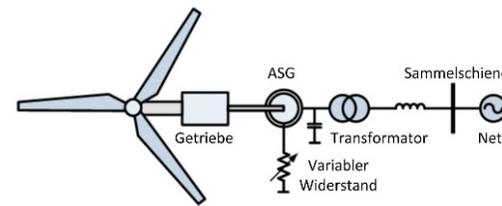
Art des Kraftwerkes	P/U	G	ASM	SM	ASM
Mikroturbine		X			
Motorwärmekopplung		X	X	X	
Wasserkraft			X	X	
Windkraft		X	X	X	X
Photovoltaik	X				
Brennstoffzelle	X				

Quelle: Peter Mauchle, Christoph Häderli, Michael Höcke, "Dezentrale Energieerzeugungsanlagen im Verteilnetz", Bulletin SEV/VSE 21/04

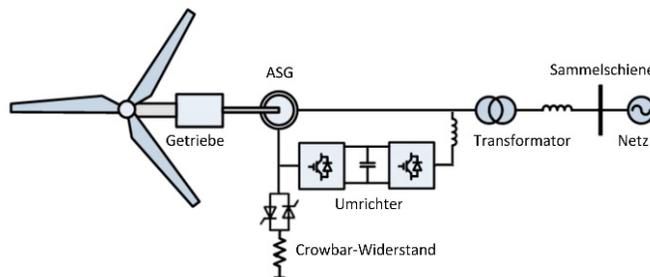
- Typen von Windkraftanlagen (WKA):



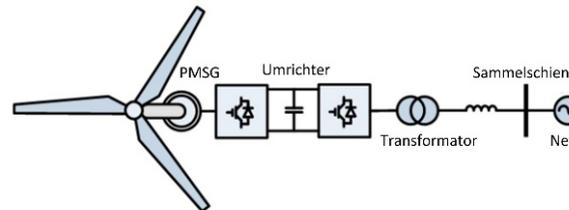
Typ 1



Typ 2



Typ 3



Typ 4

Quelle: Gevorgian, V., Muljadi, E., "Wind Power Plant Short Circuit Current Contribution for Different Fault and Wind Turbine Topologies", Power and Energy Society General Meeting, IEEE, 2010

- Unterschiedliche Einspeisetechnologien → unterschiedliches Kurzschlussverhalten
- Kurzschlussströme von stromrichterbasierten Einspeisungen (WKA mit Vollumrichter bzw. Photovoltaikanlagen) unterscheiden sich stark von denen eines Synchrongenerators:
 - unabhängige Regelung von P und Q im Mit- und Gegensystem
 - Kurzschlussverhalten abhängig von implementierter Regelstrategie

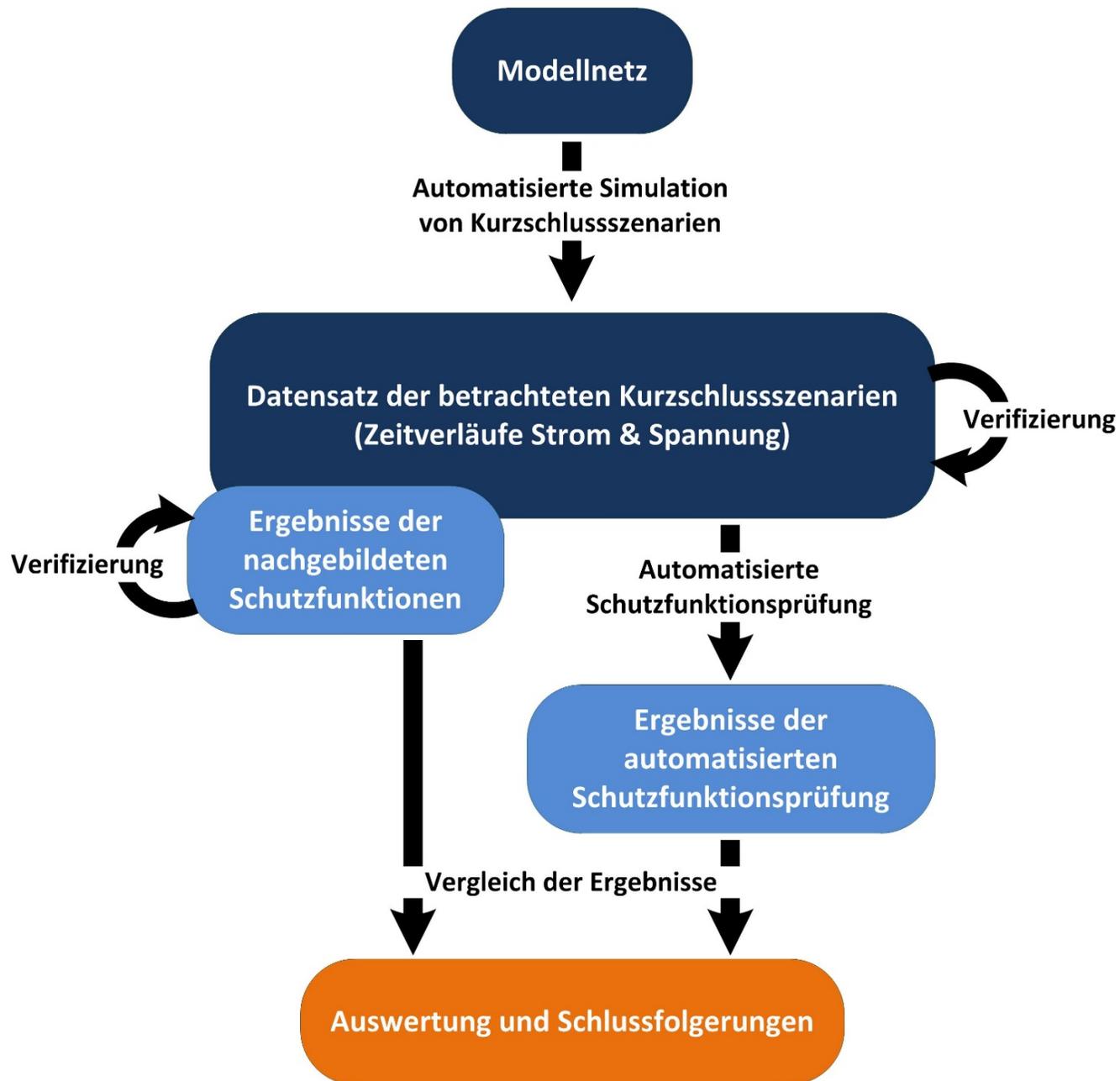
Ist die eingesetzte Schutztechnik für das Kurzschlussverhalten dezentraler Erzeugungsanlagen geeignet?

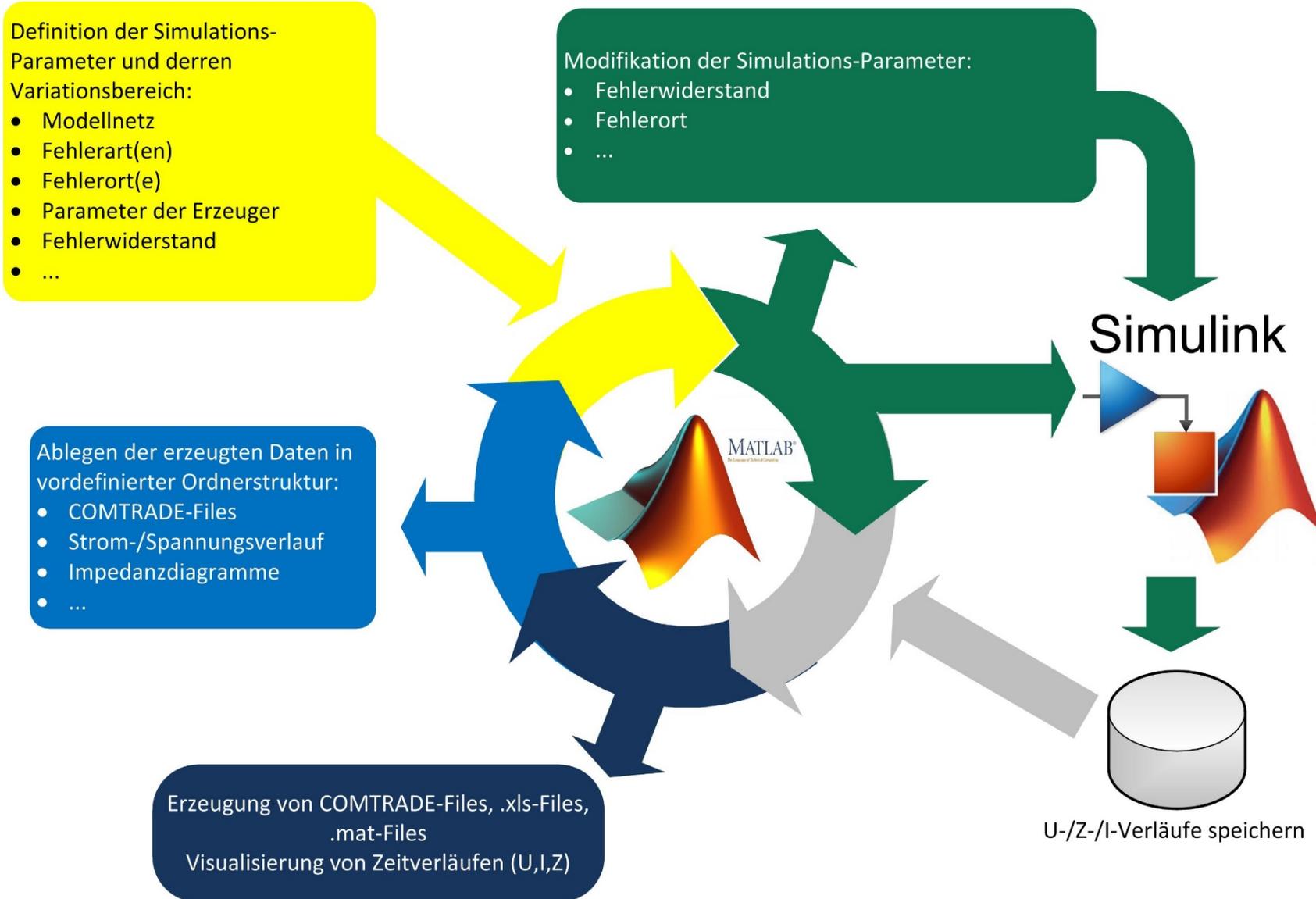
Beantwortung durch Simulationen in Kombination mit Schutzfunktionsprüfungen an realen Schutzgeräten

- Simulationen von unterschiedlicher Kurzschlusszenarien
→ Simulationsmodelle von dezentralen Erzeugern, Schutzfunktionen sowie Stromnetzen notwendig

- Variation einzelner Parameter:
 - Fehlerart
 - Fehlerort
 - Fehlerwiderstand
 - ...
 → automatisierte Simulationsreihe sowie Schutzfunktionsprüfungen notwendig

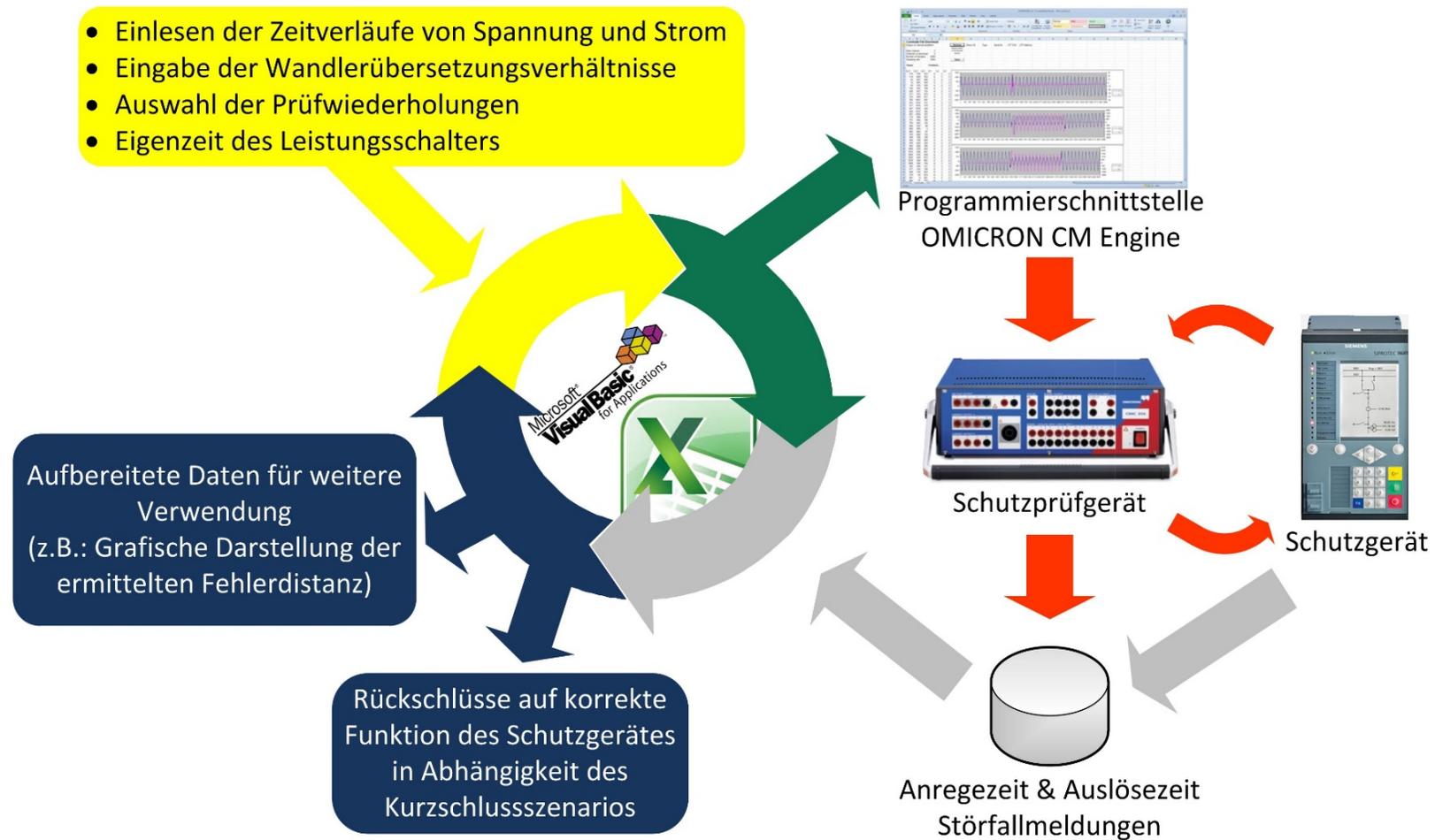
- Digitale Schutzgeräte:
 - Vielzahl unterschiedlicher Funktionen für Anregung, Richtungserkennung und selektive Auslösung
 - Informationen über die Arbeitsweise des konkreten Schutzgerätes nicht immer zugänglich → Schutzfunktionsprüfungen





Methodische Vorgangsweise

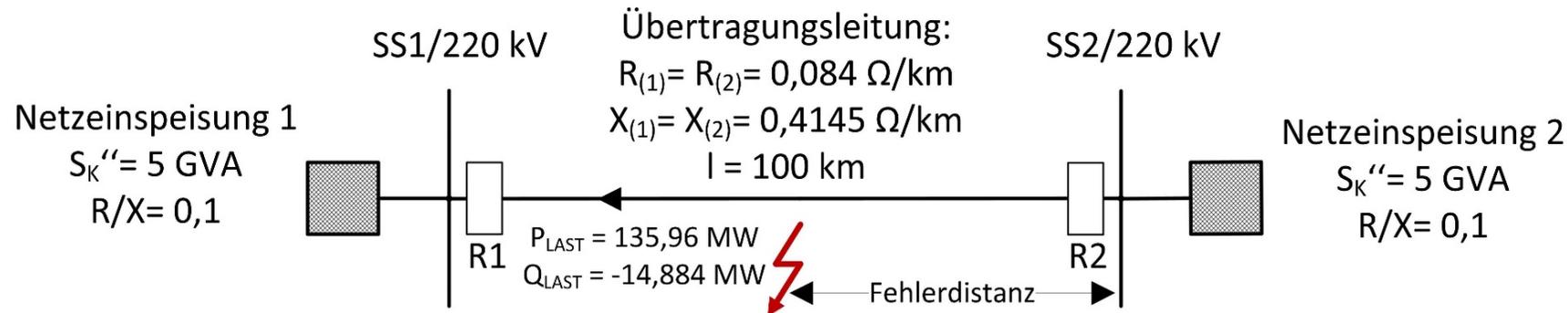
Automatisierte Schutzfunktionsprüfungen



Anwendungsbeispiel

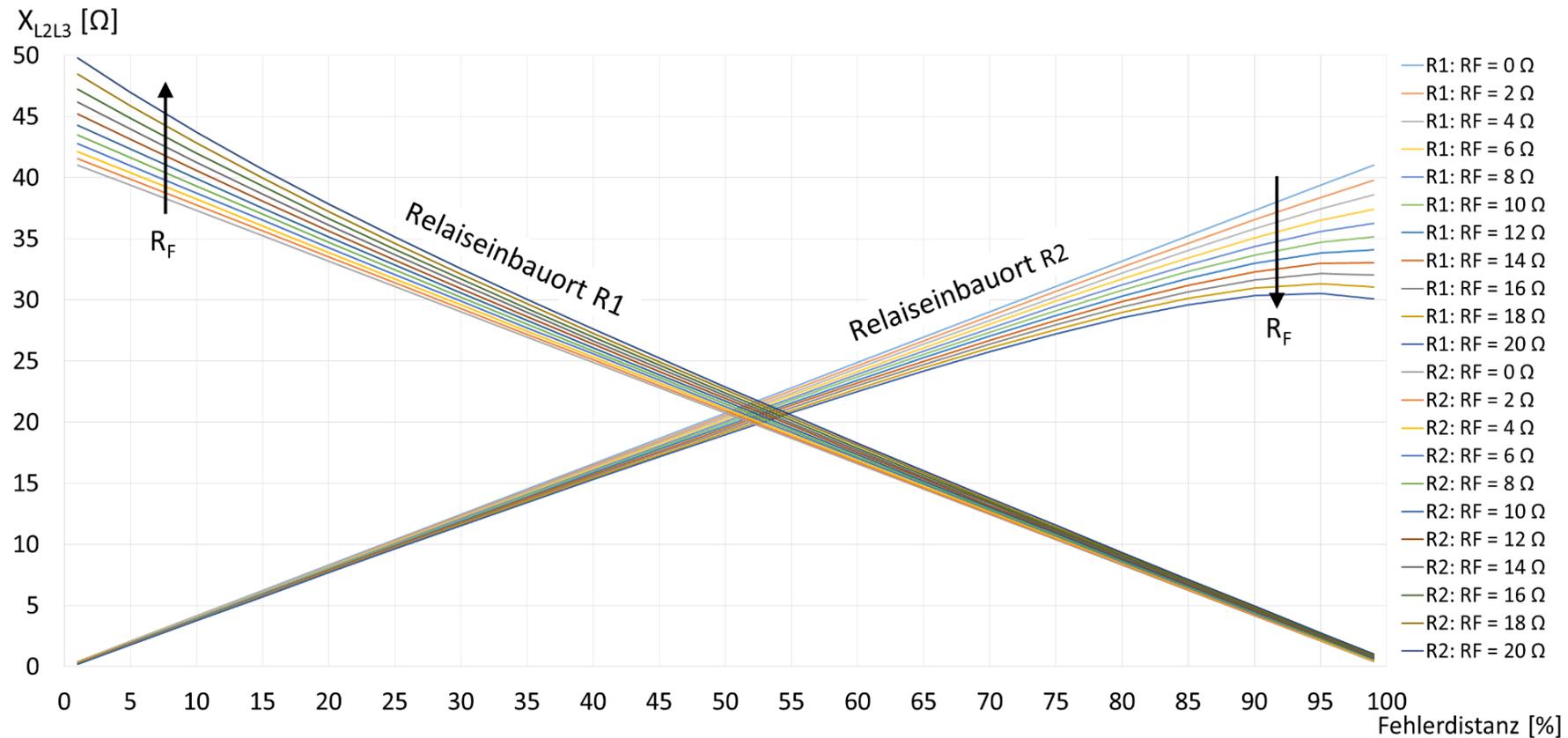
Zweiseitig gespeiste Übertragungsleitung

- Modellnetz einer zweiseitig gespeisten Übertragungsleitung:



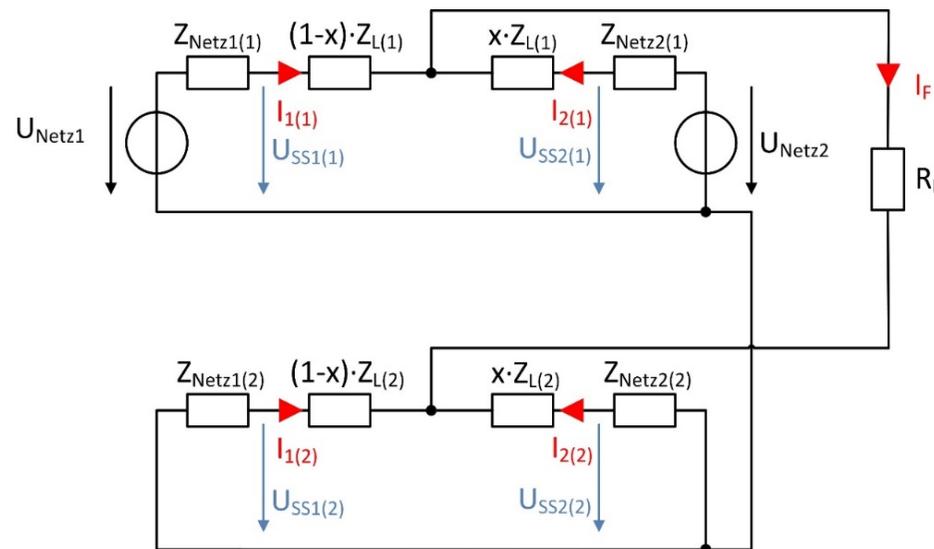
- 2-poliger Kurzschluss L2-L3 ohne Erdberührung
- Variierte Parameter: $R_F = 0\Omega - 20\Omega$; Fehlerdistanz $x = 1\% - 99\%$
- Schutzfunktionsprüfungen: Schutzgerät Siemens 7SL87
- Auswirkungen von Fehlerwiderständen bei einer zweiseitig gespeisten Leitung auf die Impedanzmessung:

$$\underline{Z}_{Ph-Ph} = \frac{U_{Ph-Ph}}{I_{Ph-Ph}} \rightarrow \text{Kurzschluss L2 - L3: } \underline{Z}_{L2-L3} = \frac{U_{L2} - U_{L3}}{I_{L2} - I_{L3}}$$



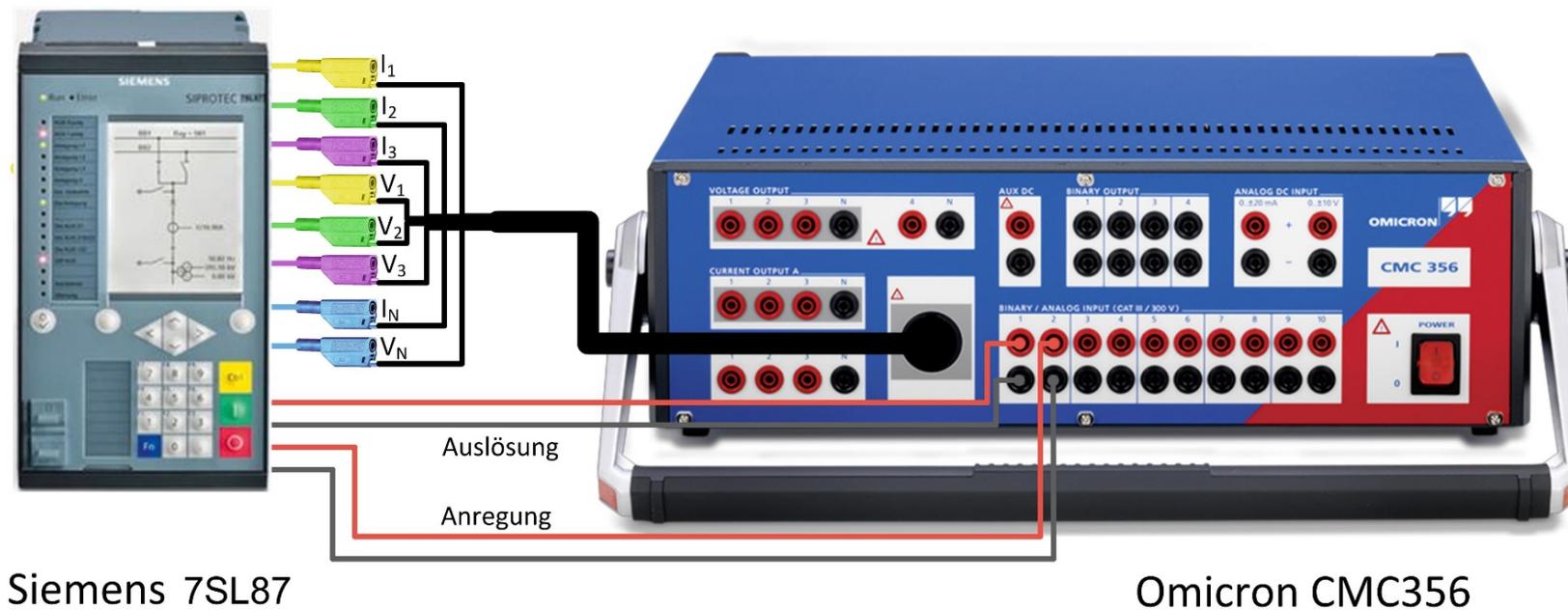
- Fehlerwiderstand R_F und Laststrom \rightarrow Fehlmessung der Resistanz und Reaktanz von \underline{Z}_{L2L3}
- Reaktanz mit steigendem R_F für den Relaiseinbauort R1 zu groß und für den Relaiseinbauort R2 zu klein

- Ersatzschaltbild des Modellnetzes für einen 2-poligen Kurzschluss ohne Erdberührung:

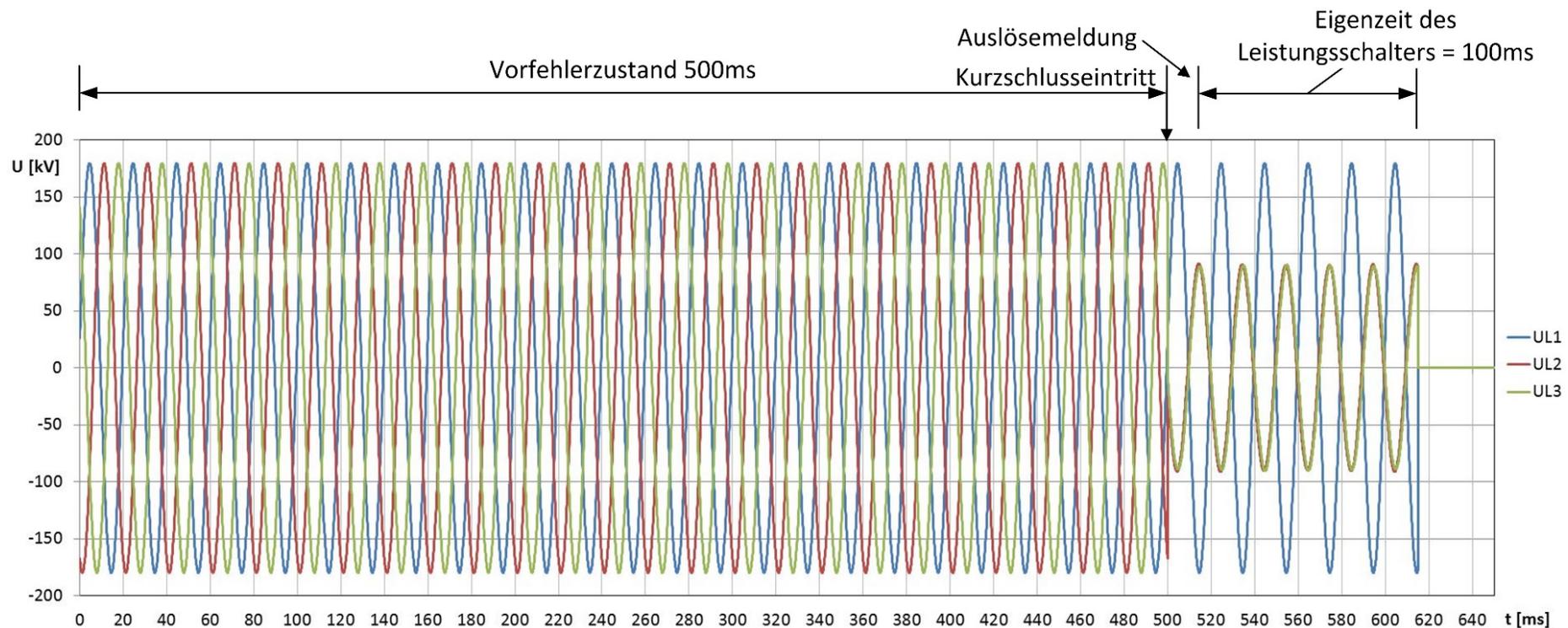


- Analytische Betrachtung: Überlagerungsverfahren
- Verifizierung bei Fehlerdistanz $x = 50\%$ und Fehlerwiderstand $R_F = 0\Omega$, 10Ω sowie 20Ω
- Relative Abweichung der Fehlerimpedanz zwischen Überlagerungsverfahren und Simulation: $F_{\text{Relativ}} \leq 0,008\%$

- Überstromanregung → immer korrekte Anregung für L2-L3
- Zone 1 → Fehlerimpedanz wird immer in Zone 1 erkannt

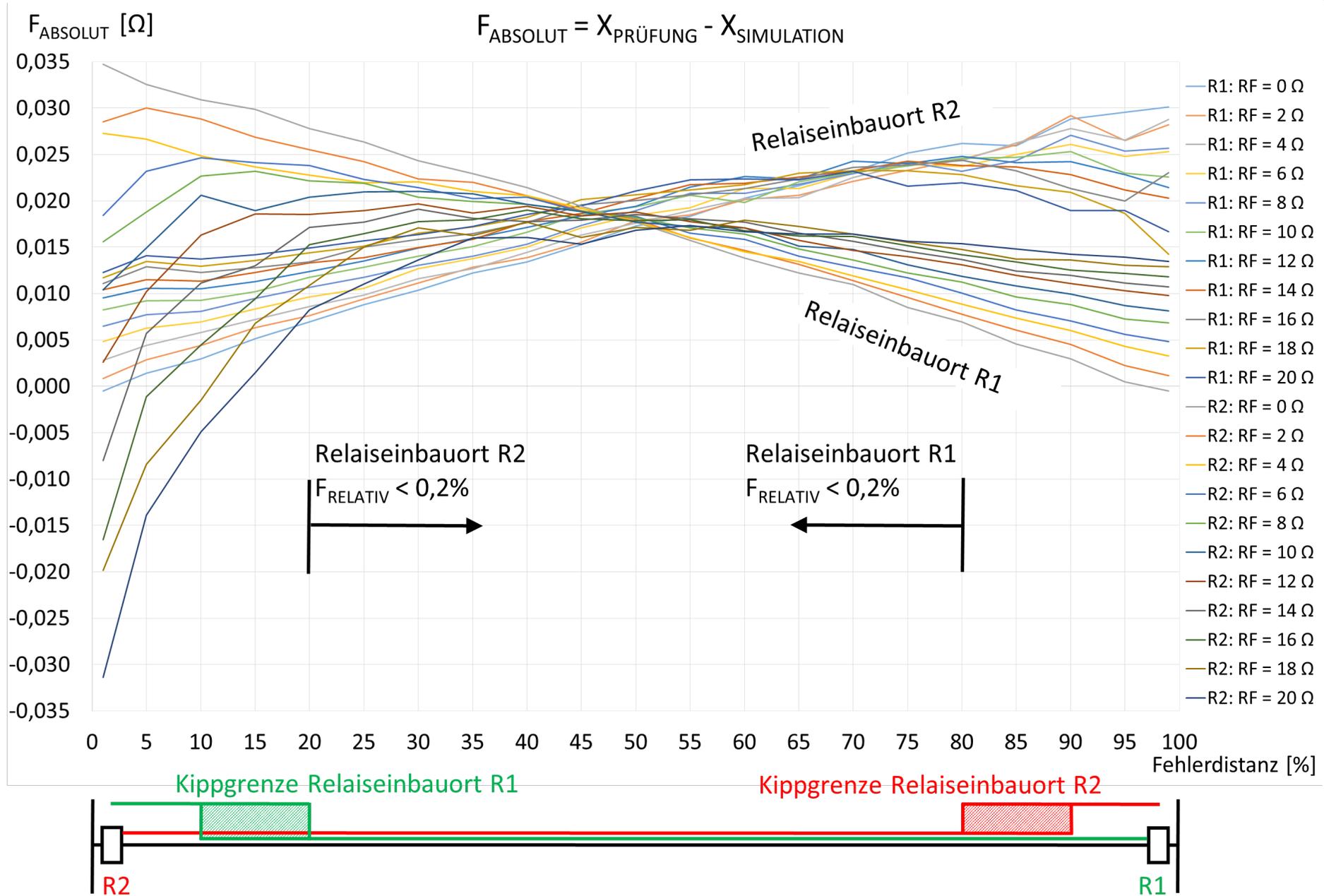


- Vorfehlerzustand 500ms: Spannungsspeicher gefüllt und Schutzgerät mit allen relevanten Funktionen einsatzbereit
- Leistungsschaltereigenzeit 100ms: Um ausreichendes Zeitfenster für genaue Fehlerortung zu gewährleisten



Anwendungsbeispiel

Vergleich Simulations- und Prüfergebnisse



- Analytische Verifizierung des Simulationsmodells
→ Zeitverläufe von Spannung und Strom können für Schutzfunktionsprüfung verwendet werden
- Abweichungen zwischen den ermittelten Impedanzen des Schutzgerätes und den Simulationsergebnissen für die Relaisbauorte R1 und R2 $< 0,035 \Omega$
(R1: Fehlerdistanz $< 80\%$ und R2: Fehlerdistanz $> 20\%$
→ $F_{\text{RELATIV}} < 0,2\%$)
- Ergebnisse der Schutzfunktionsprüfungen stimmen mit den erwarteten Resultaten überein

- Einsatz der automatisierten Schutzfunktionsprüfung zur Überprüfung der zuverlässigen Funktion von Schutzgeräten bei wechselrichterbasierter Einspeisung
- Folgende Fragestellungen treten hinsichtlich wechselrichterbasierter Einspeisung auf:
 - *Wie wirkt sich der geringere Kurzschlussbeitrag im Vergleich zu einem Synchrongenerator auf die eingesetzten Schutzgeräte aus?*
 - *Wie wirken sich ein unterschiedliches Mit- und Gegensystemverhalten sowie Wirk- und Blindleistungseinspeisung auf die eingesetzten Schutzgeräte aus?*
 - *Auf welche Funktionen (Anregung, Richtungsbestimmung, selektive Auslösung) des Schutzgerätes hat die wechselrichterbasierte Einspeisung eine Auswirkung?*



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

ESEEA

Institut für Energiesysteme
und Elektrische Antriebe

Danke für die Aufmerksamkeit!

DI Christian Gererstorfer

Projektassistent

E: gererstorfer@ea.tuwien.ac.at

T: +43 1 58801 370 136

W: www.ea.tuwien.ac.at

DI Georg Stix

Universitätsassistent

E: stix@ea.tuwien.ac.at

T: +43 1 58801 370 139

W: www.ea.tuwien.ac.at

DI Simon Stukelj

Projektassistent

E: stukelj@ea.tuwien.ac.at

T: +43 1 58801 370 131

W: www.ea.tuwien.ac.at