

Gegensystemstromregelung von Windturbinen und deren Einfluss auf den Netzschatz

Jörg Meyer & Peter Schegner
Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik
Technische Universität Dresden
joerg.meyer@tu-dresden.de



Tobias Neumann & István Erlich
Fachgebiet Elektrische Anlagen und Netze
Universität Duisburg-Essen
tobias.neumann@uni-due.de

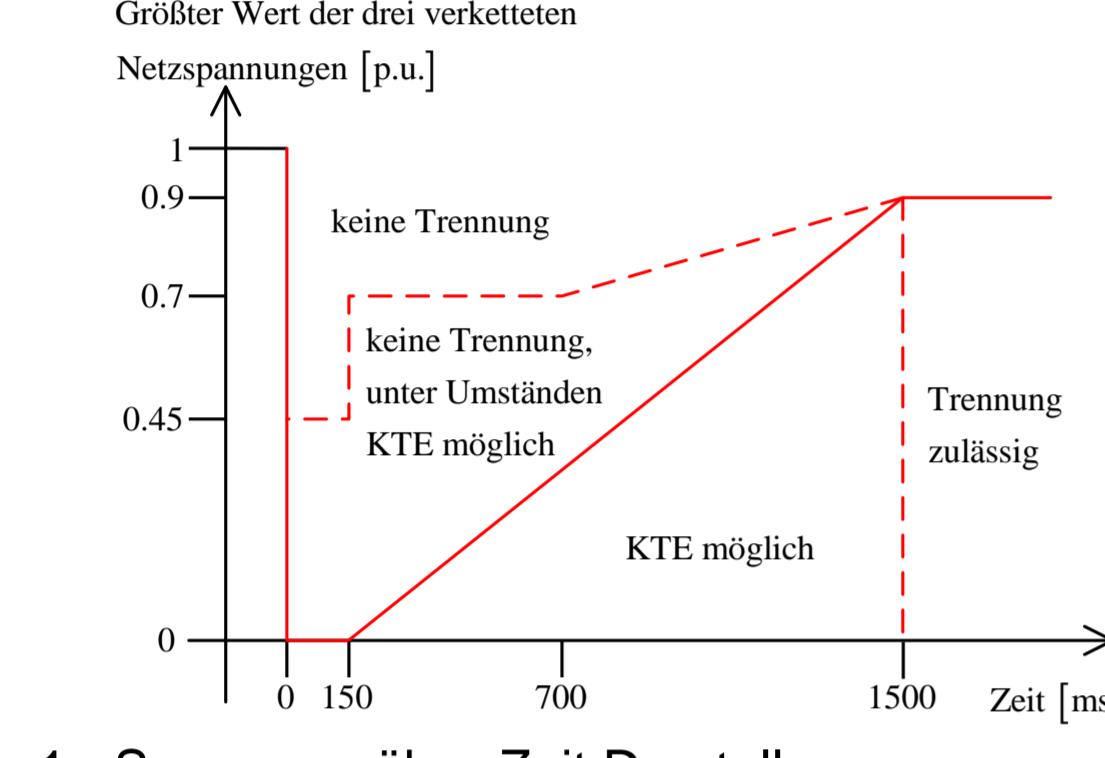
Motivation

- Schutzkonzept in elektrischen Energienetzen → Einspeiseverhalten von Erzeugungseinheiten während Netzehern (z.B. Kurzschlüssen) von großer Bedeutung
- Zunehmende Netzintegration Erneuerbarer Energien → Einspeiseverhalten von Windenergieanlagen während Netzehern wichtig
- Erzeugungsanlagen mit Vollumrichter unterdrücken zurzeit bei unsymmetrischen Fehlern den Gegensystemstrom vollständig → mögliche Auswirkung auf selektive Fehlererfassung
- Erzeugungsanlagen mit Vollumrichter bieten die Möglichkeit der dynamischen Gegensystemstromeinspeisung → Nutzung der entkoppelten Regelung von Mit- und Gegensystem

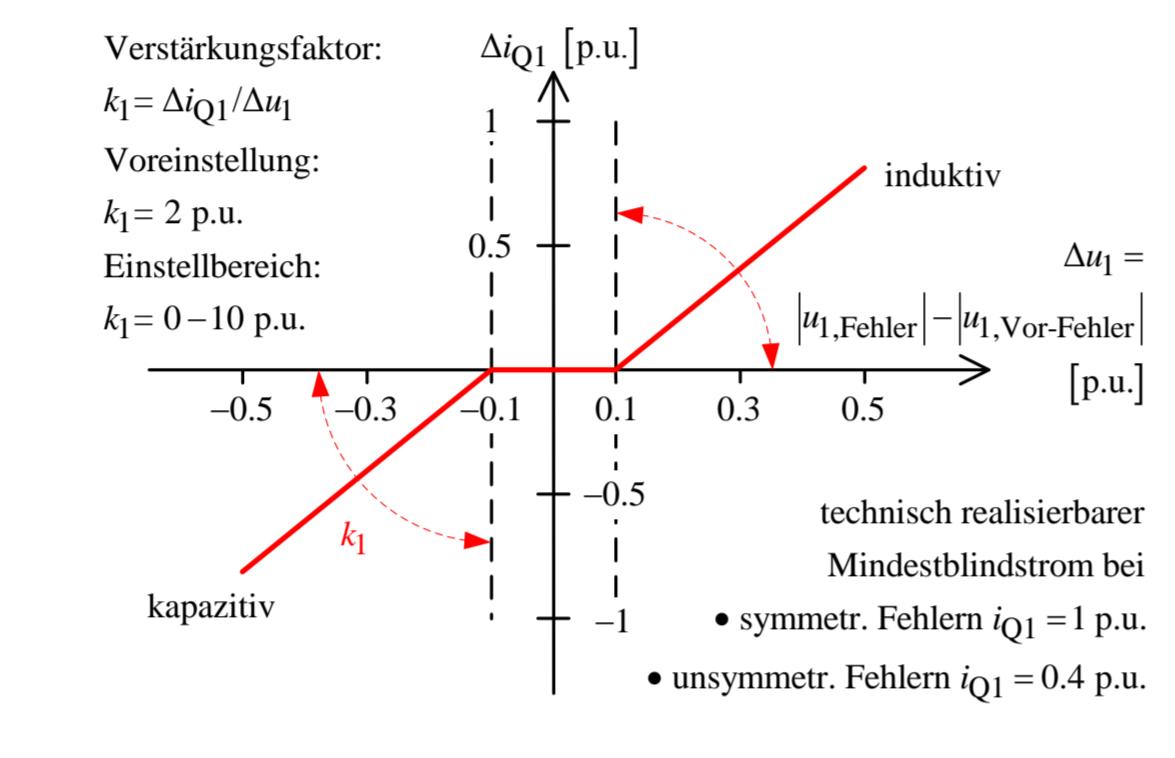
Dynamische Netzstützung

1. Ziel: ungewollte Abschaltung von Erzeugungsleistung im Falle eines Netzehers vermeiden
→ Durchfahren von definierten Netzehern

2. Ziel: Spannungsstützung des Netzes während eines Netzehers
→ Dynamische Spannungsregelung durch Einspeisung eines definierten Blindstroms



1. Spannung-über-Zeit Darstellung zum Durchfahren von Netzehern für Erzeugungsanlagen aus Erneuerbaren Energien (Transmission Code 2007)



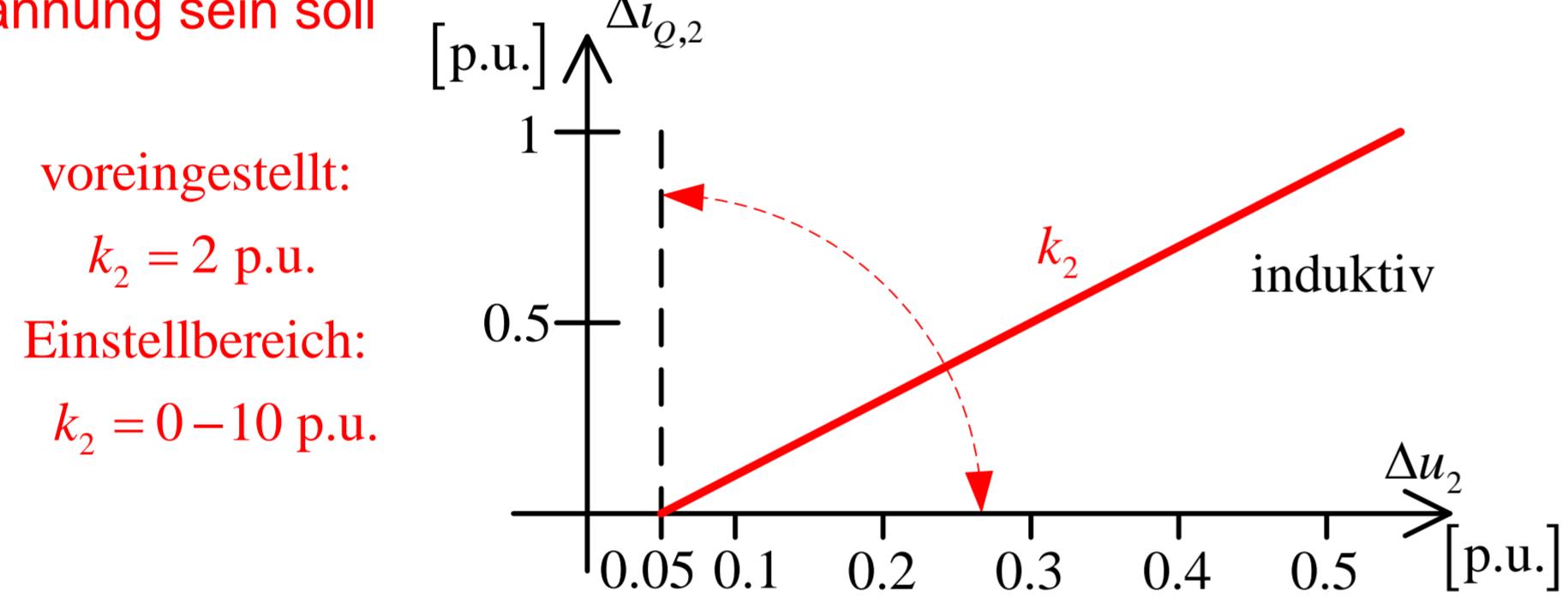
2. Strom-über-Spannung Darstellung zur Blindstromeinspeisung während Netzehern für Erzeugungsanlagen aus Erneuerbaren Energien (Systemdienstleistungsverordnung – SDLV Wind 2009)

Bislang nur Spannungsstützung im Mitsystem gefordert

→ Mögliche Anforderungen an eine Gegensystemstromeinspeisung

$$\Delta i_{Q2} = k_2 \cdot \Delta u_2$$

wobei der Gegensystemstrom ein induktiver Gegensystemblindstrom proportional zu der Gegensystemspannung sein soll



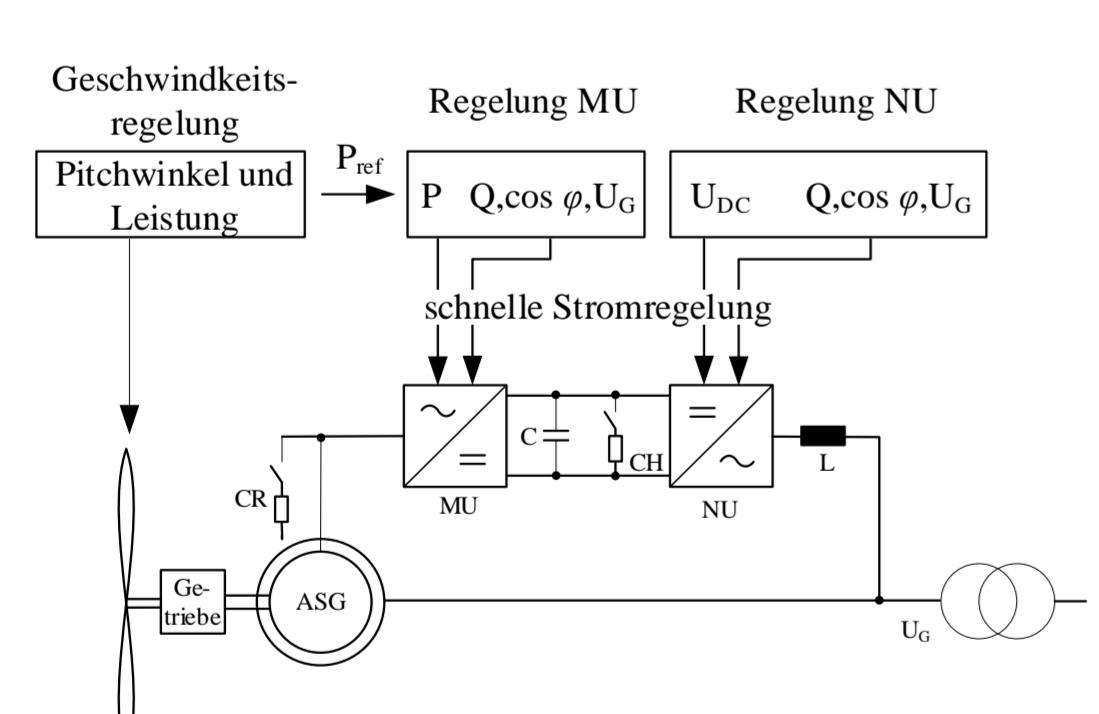
Einspeisung eines induktiven Gegensystems nur möglich und sinnvoll, wenn Gegensystemspannung einen gewissen Wert überschreitet (z.B. 5-10%) -> Totband

Unterscheidung:

$u_2 < 5\%$ natürliche Unsymmetrie -> Ziel: Spannung soll symmetriert werden -> keine Vorgaben
 $u_2 > 5\%$ Kurzschluss -> Ziel: Gegensystemstromeinspeisung für den Schutz

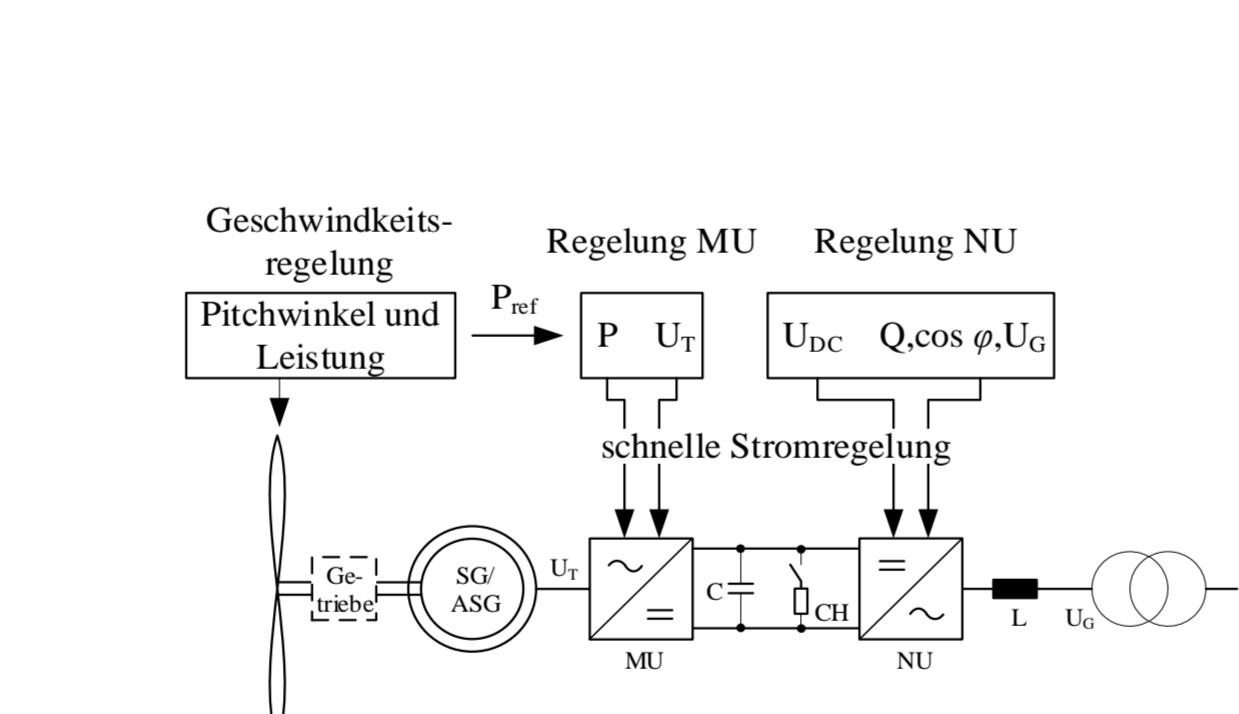
Dynamisches Verhalten von modernen Windenergieanlagen

- Die meisten Windenergieanlagen nutzen Umrichter
- Getrennte Regelung von Mit- und Gegensystemgrößen im Umrichter implementiert



Windenergieanlage mit doppelt gespeister Asynchronmaschine und Teilumrichter

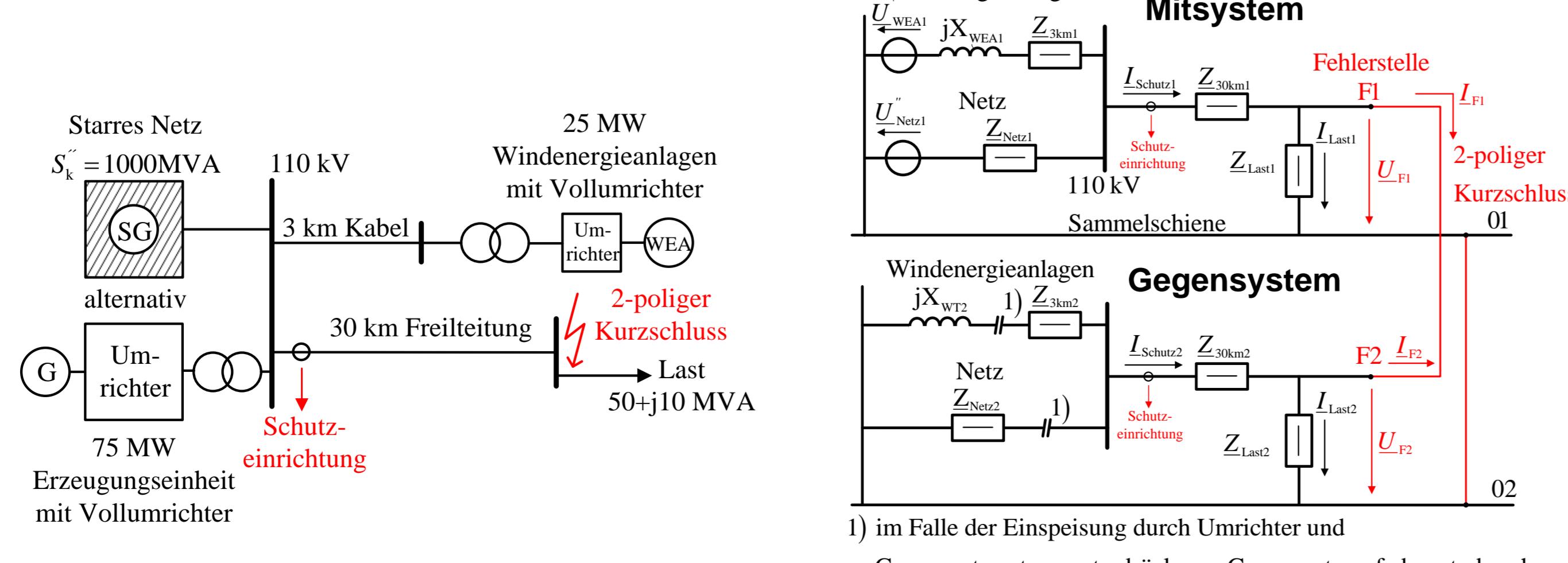
- Leistungsfluss hauptsächlich über den Stator (direkte Netzkoppelung), dadurch Einfluss des Generators auf den Kurzschlussstrom
- Generator speist Mit- und Gegensystemkurzschlussstrom, da beschränkte Regelungsmöglichkeit im Gegensystem bei Priorisierung auf das Mitsystem -> keine exakte Regelung des Gegensystemstroms möglich



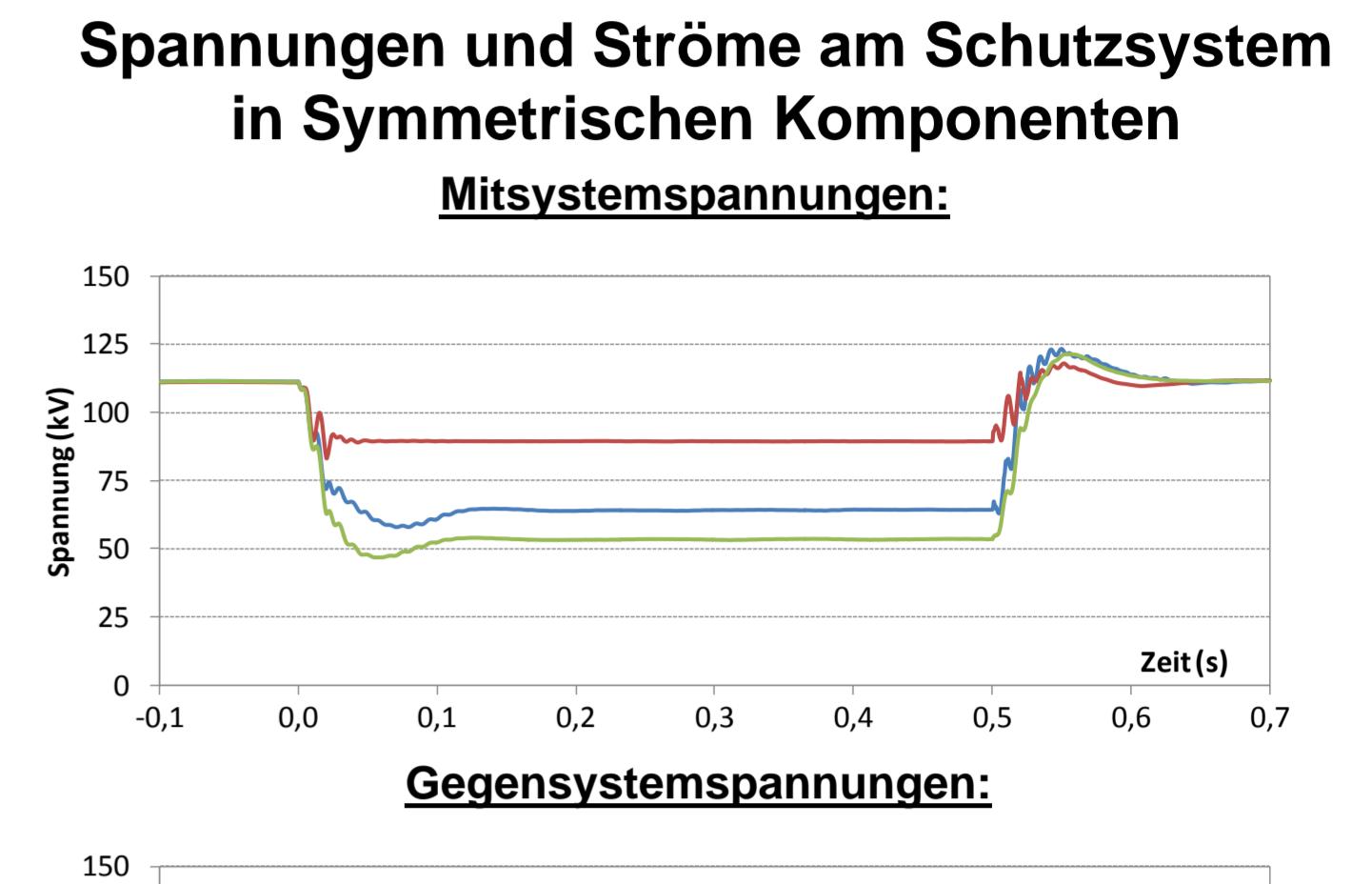
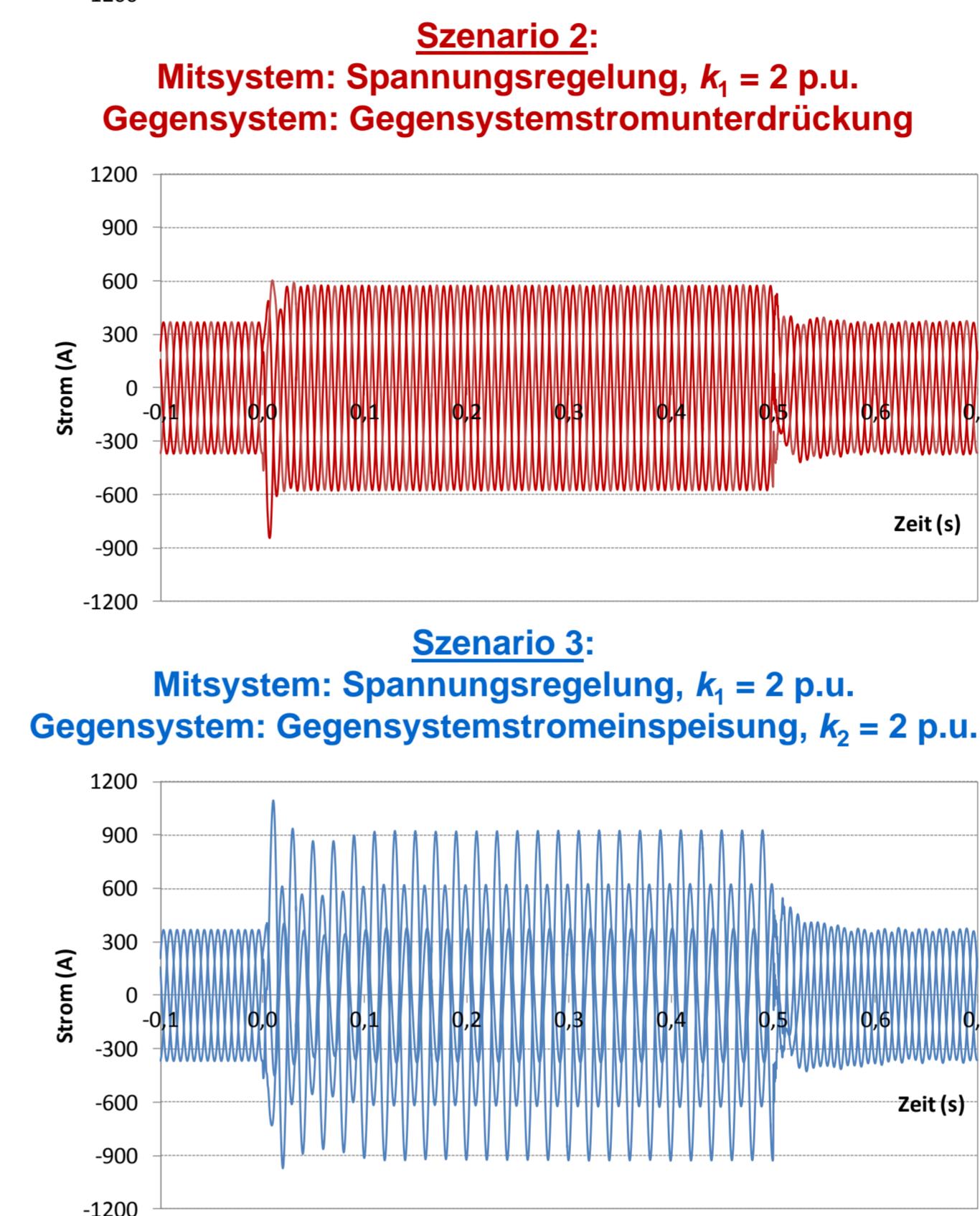
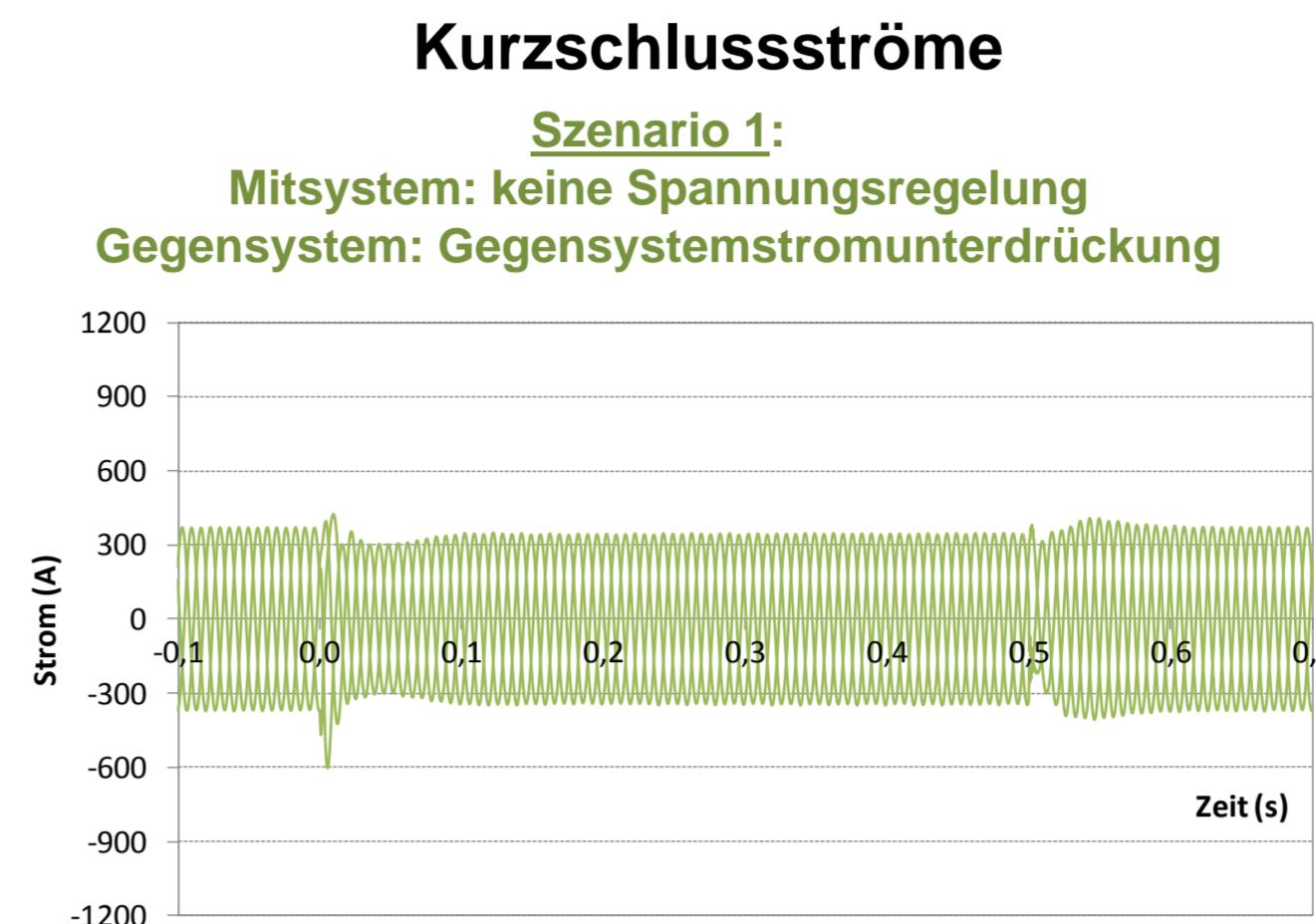
Windenergieanlage mit Vollumrichter

- Gesamter Leistungsfluss über den Umrichter
- Volle Regelungsmöglichkeit im Mit- und Gegensystem
- Generator ist vom Netz durch den Umrichter entkoppelt, dadurch kein Einfluss auf den Kurzschlussstrom
- Zwischenkreisbremswiderstand setzt bei Kurzschlüssen Energie des Generators in Wärme um

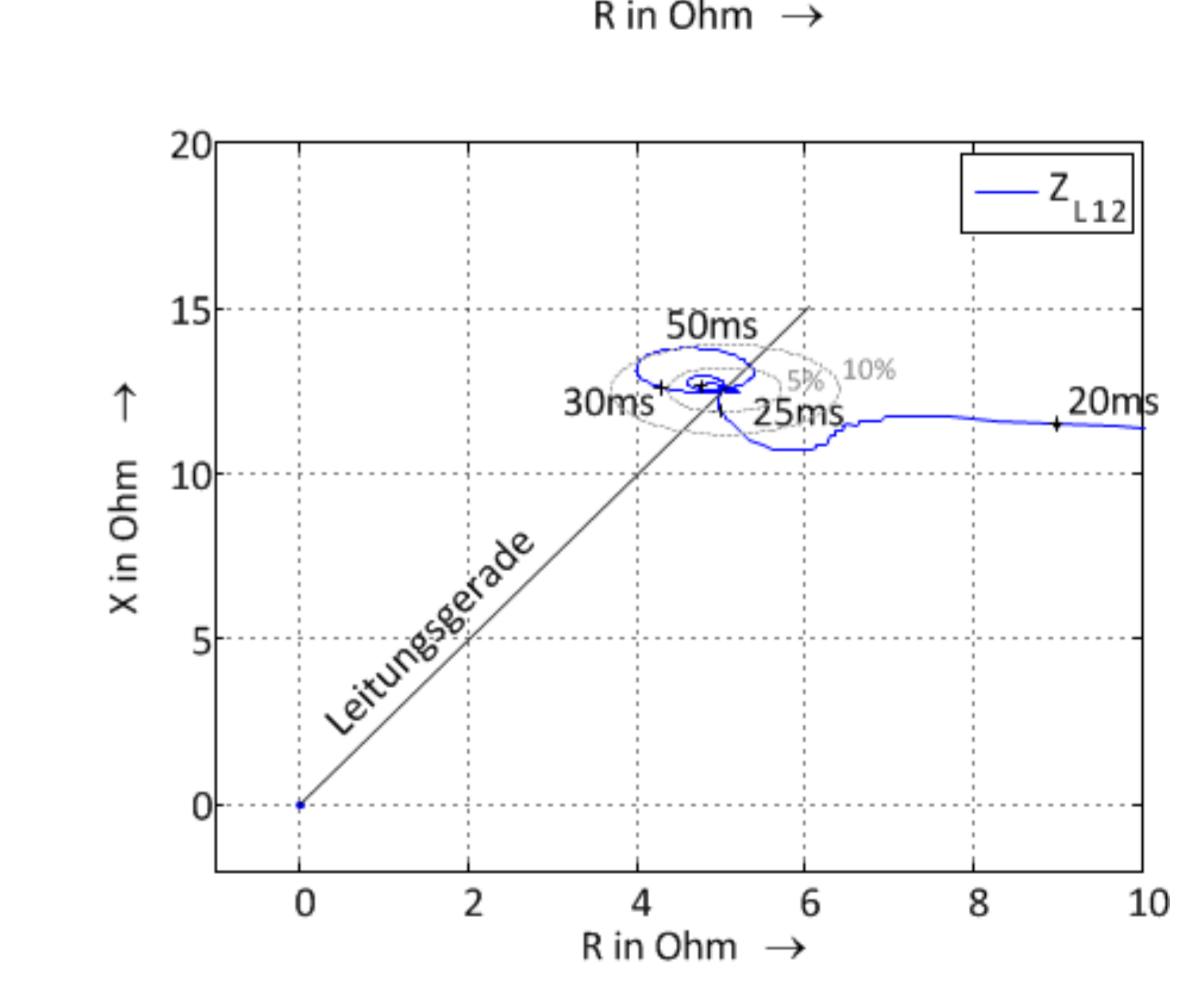
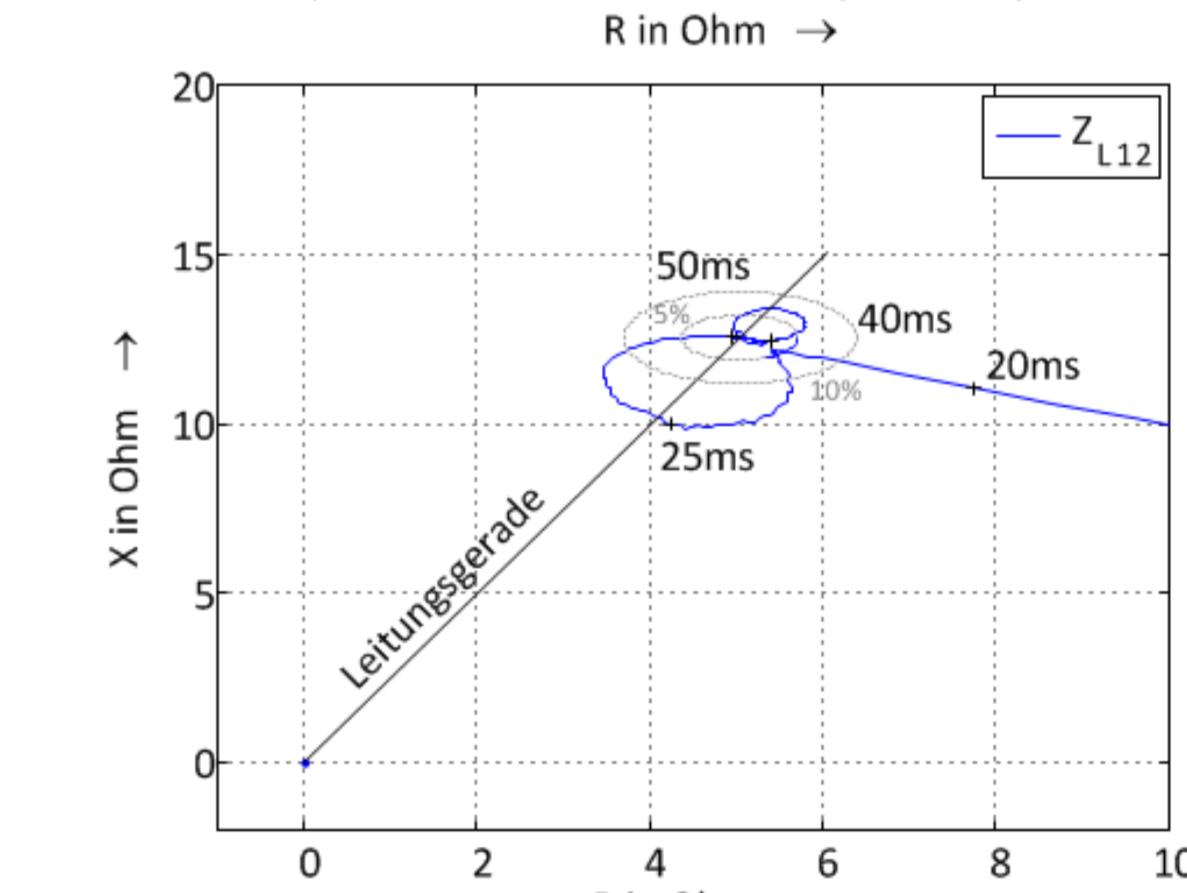
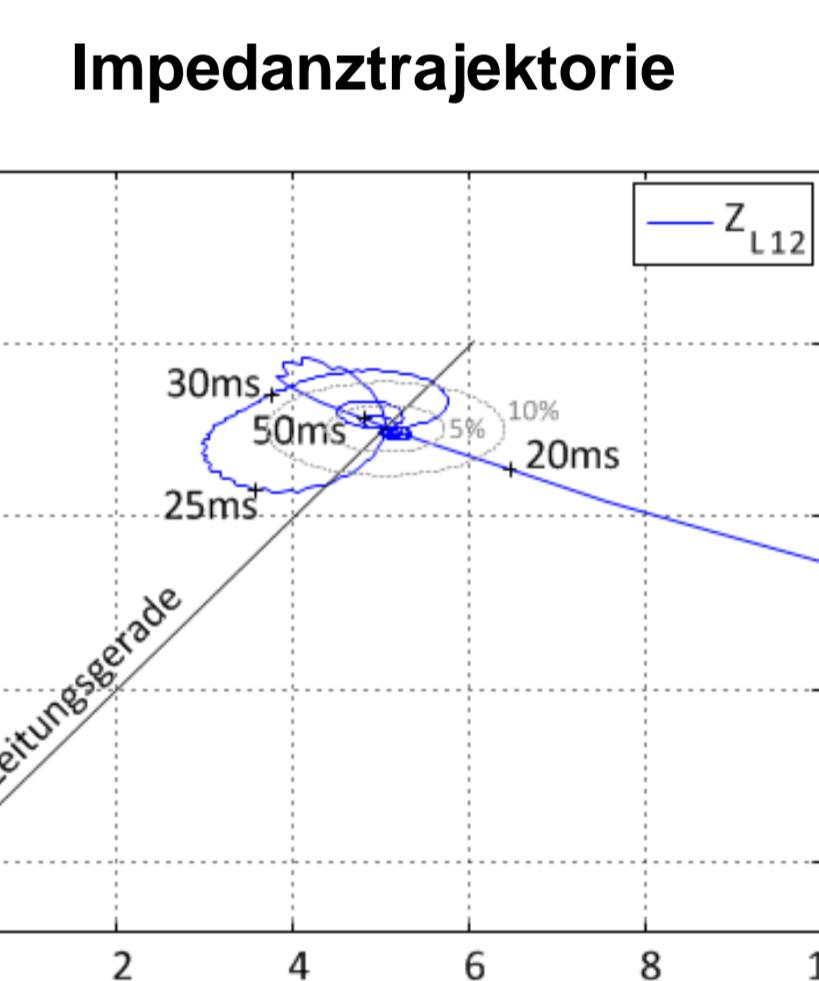
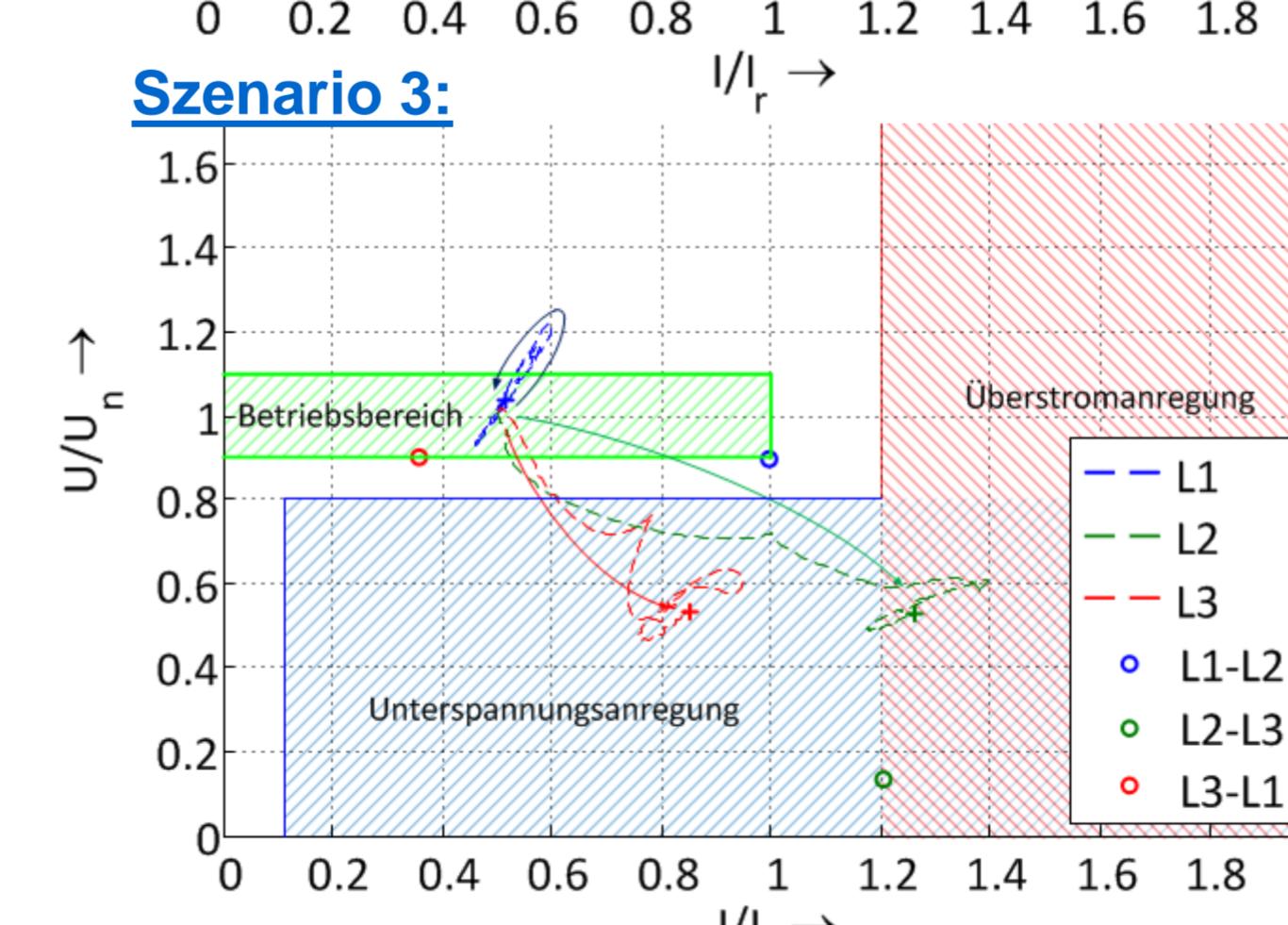
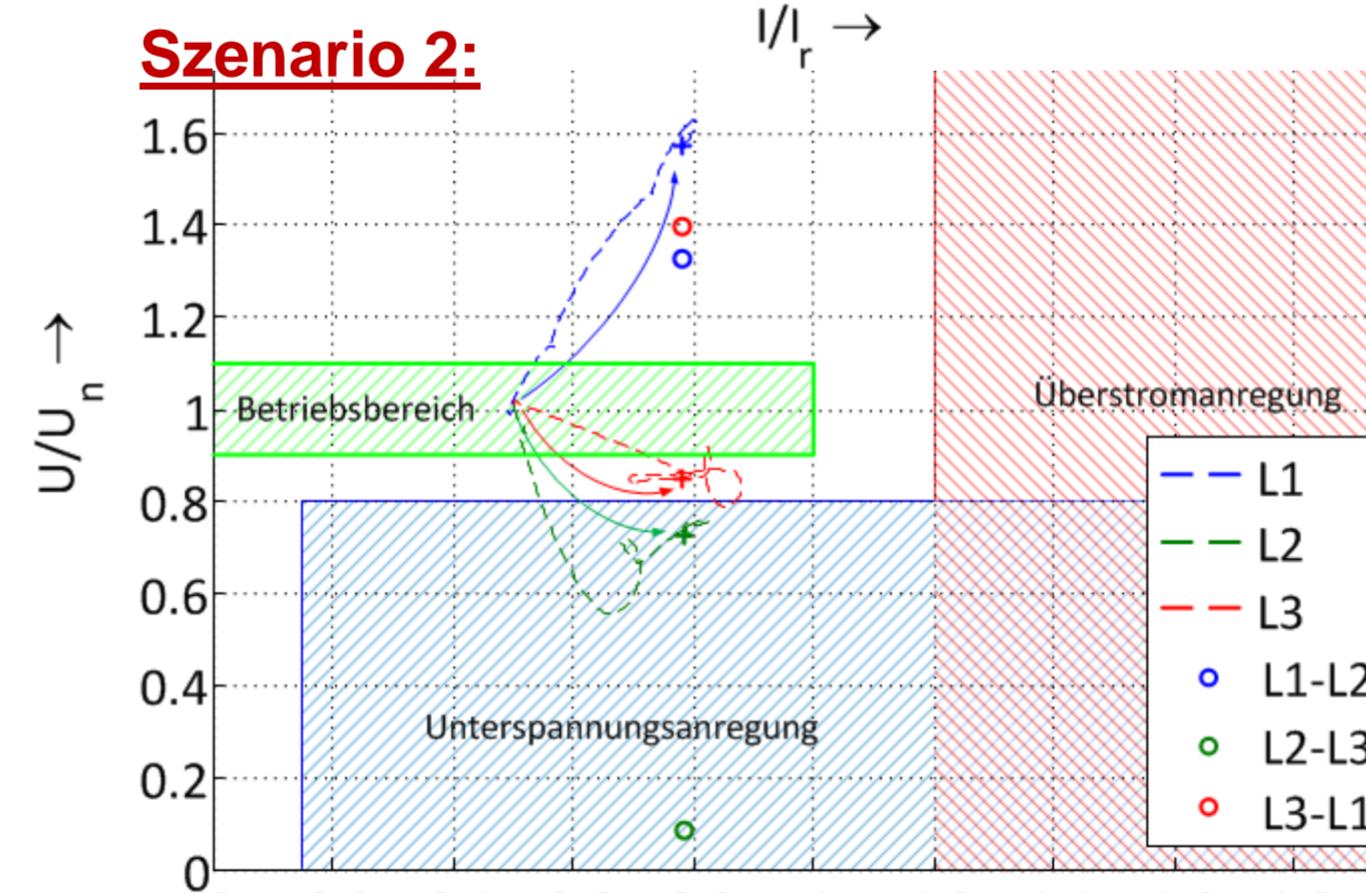
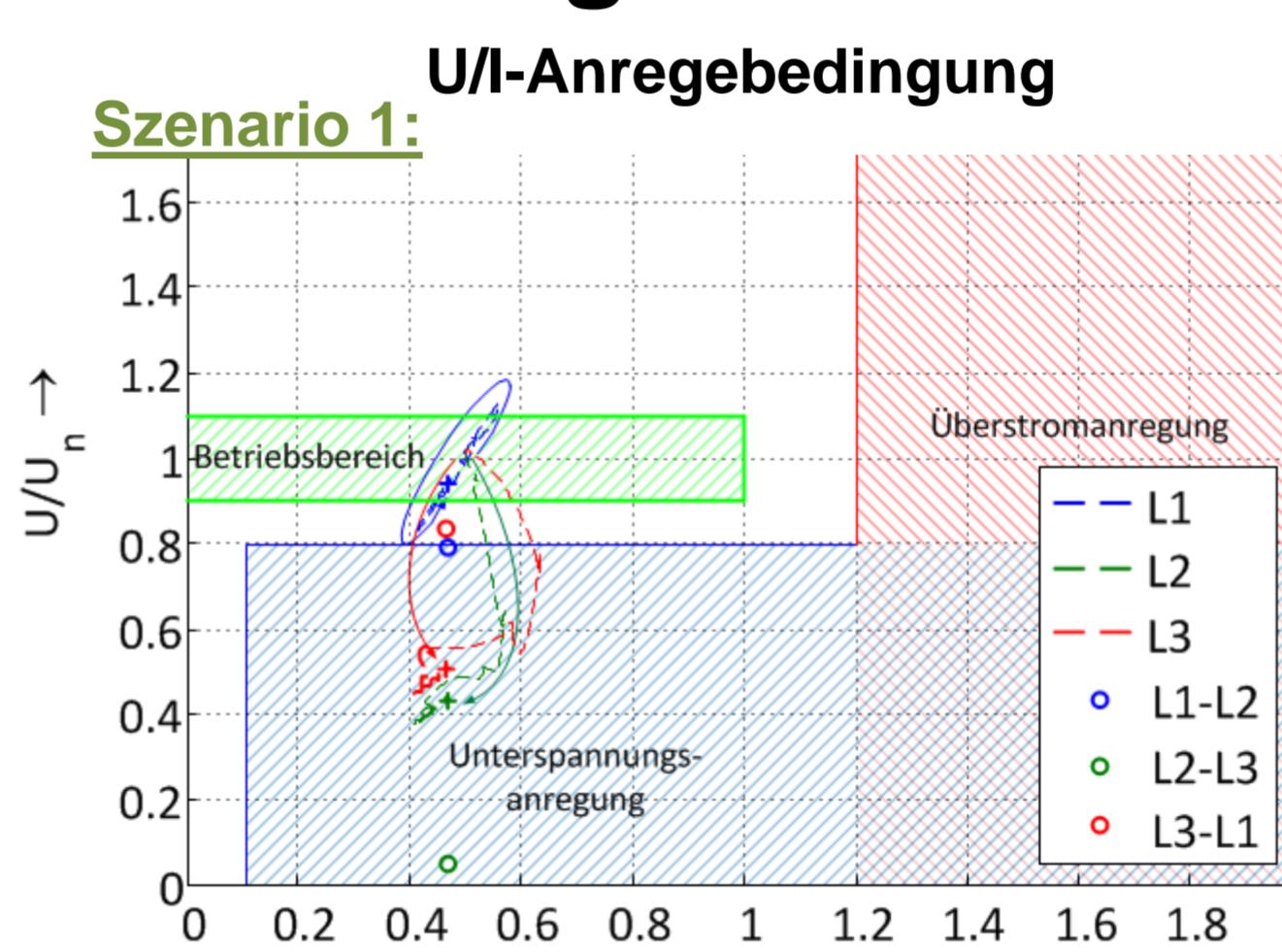
Testnetz & Ersatzschaltbild



Simulationsuntersuchungen



Auswirkungen auf den Schutz



Schlussfolgerungen

Windenergieanlagen mit Vollumrichter ->

- Einprägung eines induktiven Gegensystemstroms führt zu höheren Fehlerströmen und trägt zur Symmetrierung der Spannungen bei
- Speisung eines Gegensystemstromes schränkt die Möglichkeiten der Spannungsregelung im Mitsystem ein
- Bei reiner Mitsystemspannungsregelung -> Spannungsanhebung auch in der gesunden Phase

Varianten der dyn. Spannungsregelung haben folgende Auswirkungen auf den Schutz:

- **Überstromkriterium:** nicht einsetzbar
- **Unterspannungskriterium:** einsetzbar mit Auswertung der verketteten Spannung
- **Impedanzberechnung:** richtige Ergebnisse, aber längere Berechnungsdauer durch transientes Umrichterverhalten
- **Spannungsstützung:** Sz1 < Sz2 < Sz3
- **Spannungsanhebung nicht fehlerbetroffenen Phase:** Sz1, Sz3 < Sz2
- **Kurzschlussstrombeitrag:** Sz1 < Sz2 < Sz3