

Modellierung und Validierung von LVRT-Simulationsmodellen Dezentraler Erzeugungseinheiten

Norbert Essl
Herwig Renner

IFEA, TU Graz

Inhalt

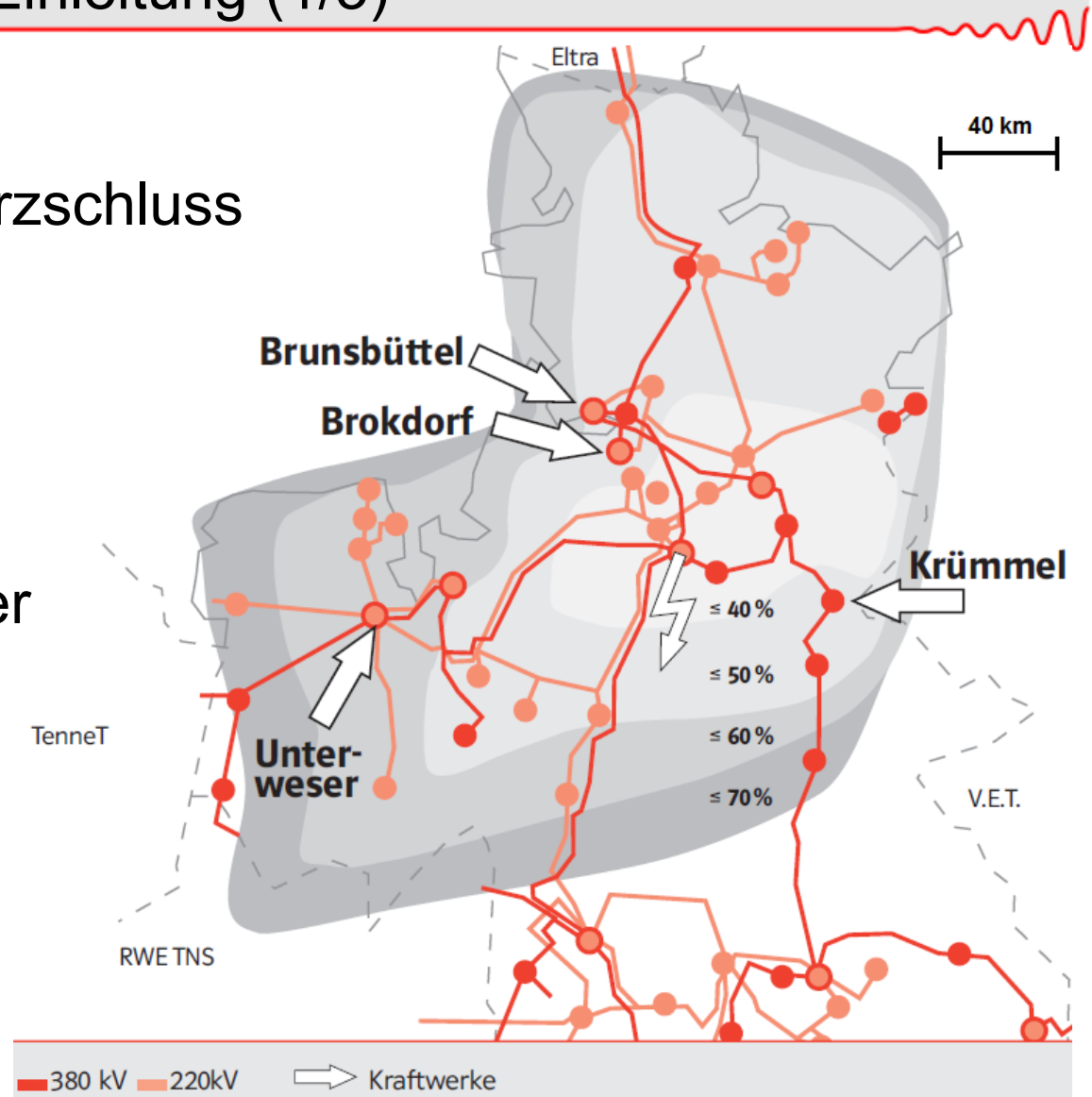


- Einleitung
- Zertifizierung von Erzeugungseinheiten und –anlagen
- Validierung von Simulationsmodellen
- Simulationsmodell
- Ergebnisse
- Zusammenfassung

Einleitung

Einleitung (1/3)

- Fiktiver 3-poliger Kurzschluss
nahe UW Dollern
 - großflächiger
Spannungseinbruch
 - Ausfall dezentraler
Erzeugungsanlagen
- Stand 2004



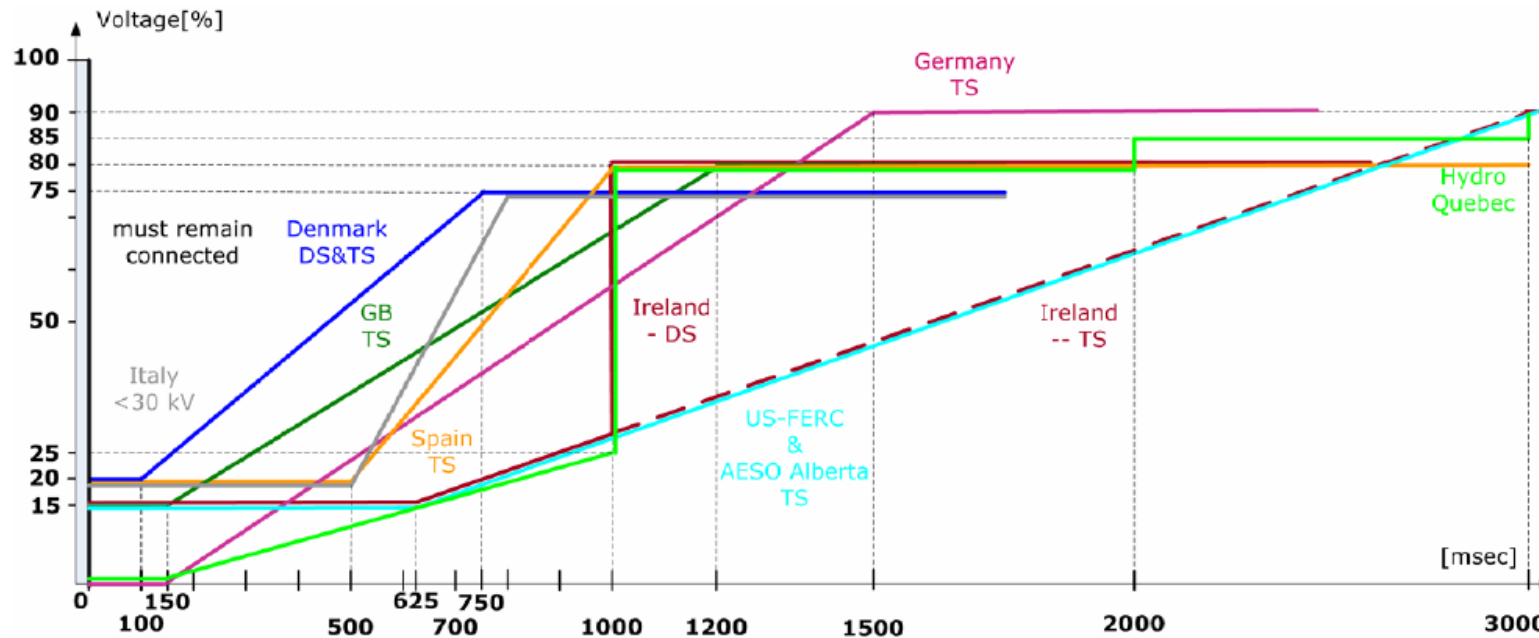
Einleitung (2/3)



- Hohe Anzahl an dezentralen Erzeugungsanlagen
- Netzanschlussregeln
 - Beteiligung an der Netzstützung im Fehlerfall
 - Trennung vom Netz unter bestimmten Randbedingungen nicht erlaubt
- Definition von Grenzkurven, sog. „low voltage ride through (LVRT)“-Profilen

Einleitung (3/3)

- LVRT-Profile einzelner Gridcodes stark unterschiedlich
- Untersuchung auf LVRT-Tauglichkeit immer Gridcode-spezifisch



Quelle: Mapping of grid faults and grid codes

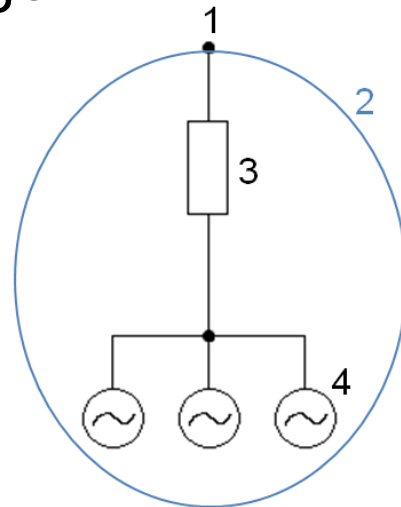
Zertifizierung von Erzeugungseinheiten- und anlagen

Zertifizierung von Erzeugungseinheiten- und anlagen (1/3)

- Deutschland 2008: BDEW-Richtlinie
 - „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz – Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“
- Erhalt eines Zertifikates bei Erfüllung der Richtlinie
- Ab 01.01.2014 Zertifizierungspflicht für Erzeugungseinheiten mit Verbrennungskraftmaschinen

Zertifizierung von Erzeugungseinheiten- und anlagen (2/3)

- Unterscheidung zwischen Erzeugungseinheit und -anlage



1. Netzanschlusspunkt zu Verteilnetz
2. Erzeugungsanlage
3. Anschlussanlage (idR. Mittelspannungsleitungen und Übergabestation)
4. Erzeugungseinheit

- Für jede Erzeugungseinheit ein Einheitenzertifikat notwendig
- Für Erzeugungsanlagen $SA > 1$ MVA zusätzlich ein Anlagenzertifikat notwendig

Zertifizierung von Erzeugungseinheiten- und anlagen (3/3)

- 2 Möglichkeiten um Einheitenzertifikat zu erhalten
 - Prüfung der zu zertifizierenden Erzeugungseinheit
 - Validierung eines Simulationsmodells
- Vorteil durch Validierung eines Simulationsmodells
 - Einheitenzertifikat für alle Erzeugungseinheiten mit einer Nennleistung P_N im Bereich von

$$1/\sqrt{10} \cdot P_N' \leq P_N \leq \sqrt{10} \cdot P_N'$$

wobei P_N' die Nennleistung der simulierten Erzeugungseinheit ist

- Durch Validierung eines Modells, Zertifikat für mehrere Einheiten – „Baureihenzertifizierung“

Validierung eines Simulationsmodells

Validierung eines Simulationsmodells (1/2)



- FGW-Richtlinien
 - TR 3: Messungsablauf
 - TR 4: Anforderungen an die Modellierung Validierung des Simulationsmodells
 - TR 8: Zertifizierung
- Simulationsmodell muss festgelegte elektr. Größen der Erzeugungseinheit mit einer definierten Genauigkeit abbilden können
 - Wirkleistung P
 - Blindleistung Q
 - Blindstrom I_q

Validierung eines Simulationsmodells (2/2)

- Vergleich der Simulationsergebnisse mit Messungen
 - Mehrere vordefinierten unterschiedliche Szenarien (Restspannungshöhe, Fehlerdauer, Betriebspunkt)
- Einteilung in mehrere Zeitbereiche (**stationär**, **transient**)



Simulationsmodell

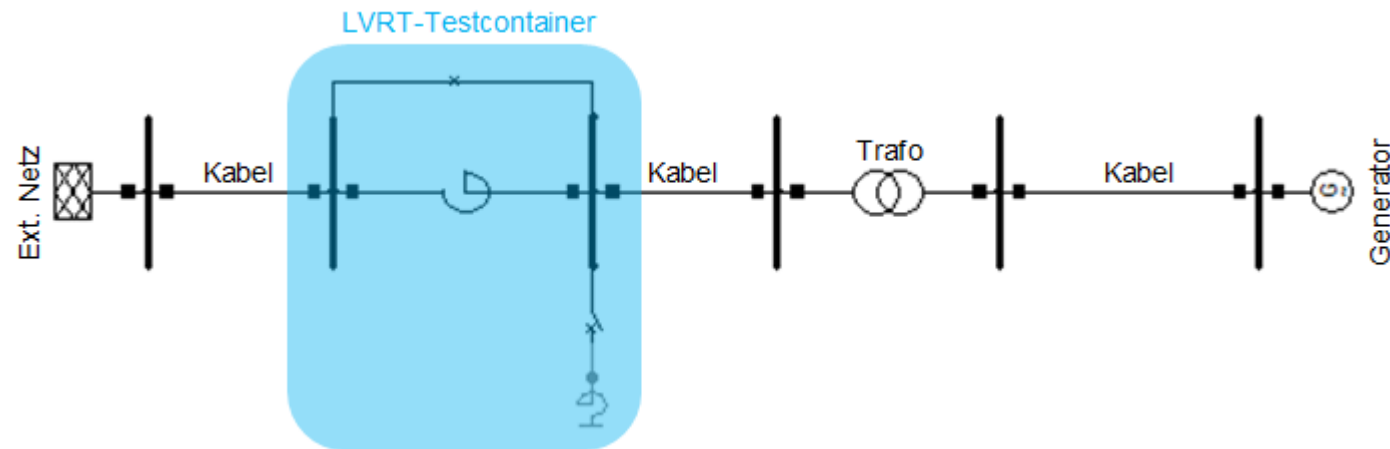
Simulationsmodell (1/4)



- Soll elektrische Eigenschaften einer Erzeugungseinheit möglichst exakt abbilden können
- Eine Modellstruktur für sämtliche unterschiedliche Motor-Generator-Einheiten
- Verwendete Software: DIgSILENT PowerFactory

Simulationsmodell (2/4)

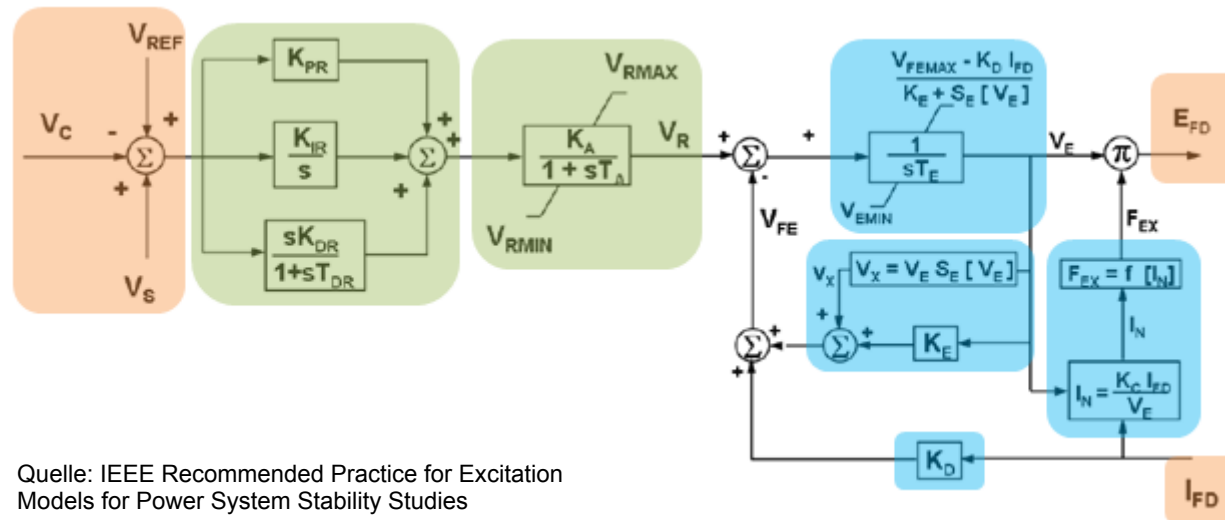
- Netztopologie



- LVRT-Testcontainer
 - Weltweit anerkannt, meist mobile Einheit für LVRT-Tests
 - Serienreaktanz: Kurzschlussstrom-Begrenzung
 - Kurzschlussreaktanz: Restspannungshöhe im Fehlerfall

Simulationsmodell (3/4)

- Modell des Erregersystems
 - Synchronmaschinen mit Erregereinrichtung mit rotierendem Gleichrichter
- Grundstruktur des Modells aus IEEE Standard 412.5 für Erregersystem-Modelle (AC8B)



Quelle: IEEE Recommended Practice for Excitation Models for Power System Stability Studies

Simulationsmodell (4/4)



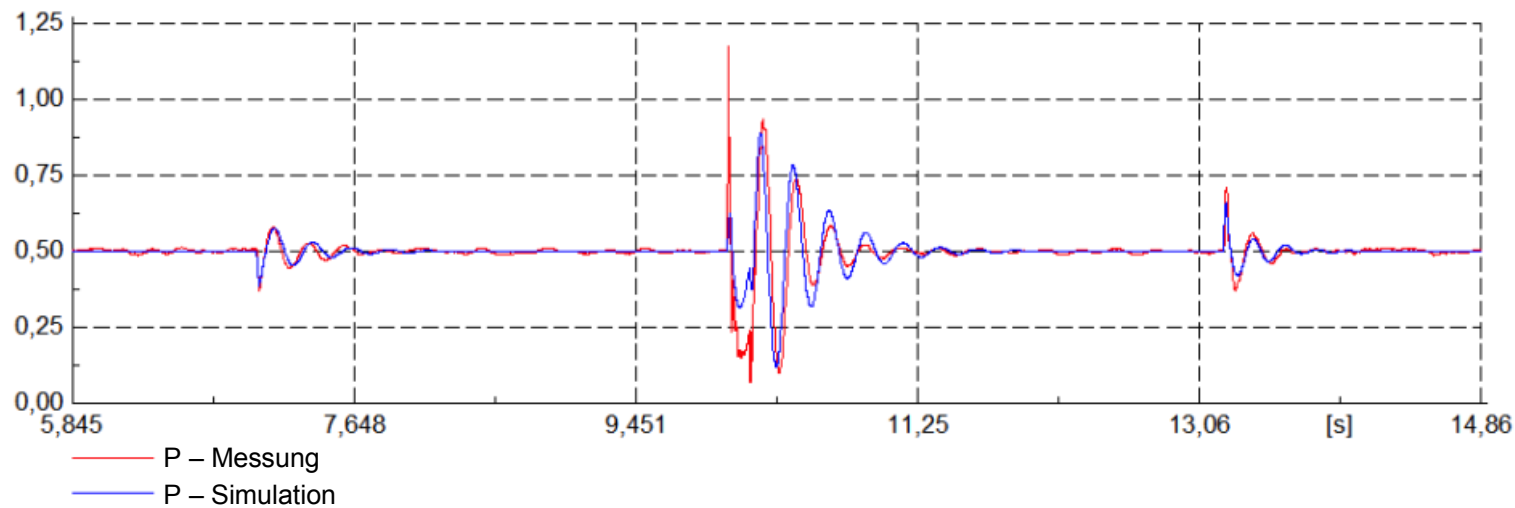
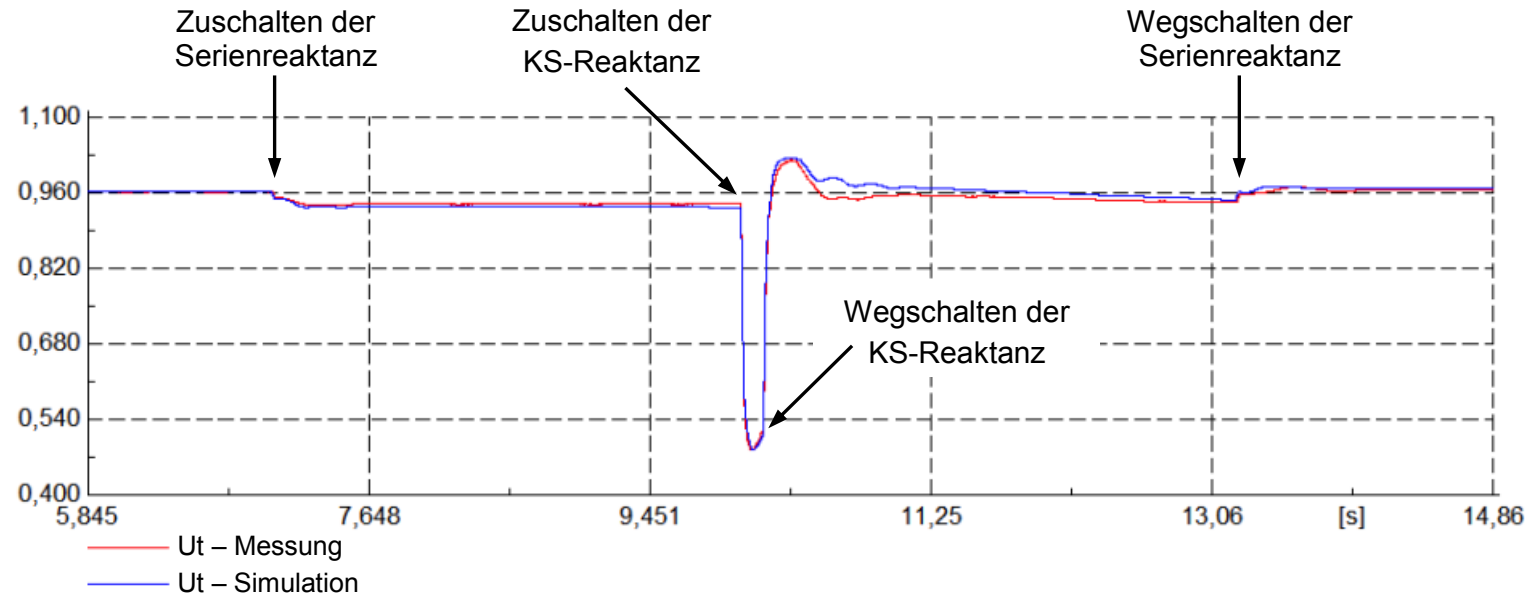
- IEEE-Modell AC8B unzureichend, Fehlertoleranzen werden um ein Vielfaches überschritten
- Erweiterung des Modells in enger Zusammenarbeit mit dem Hersteller

Ergebnisse

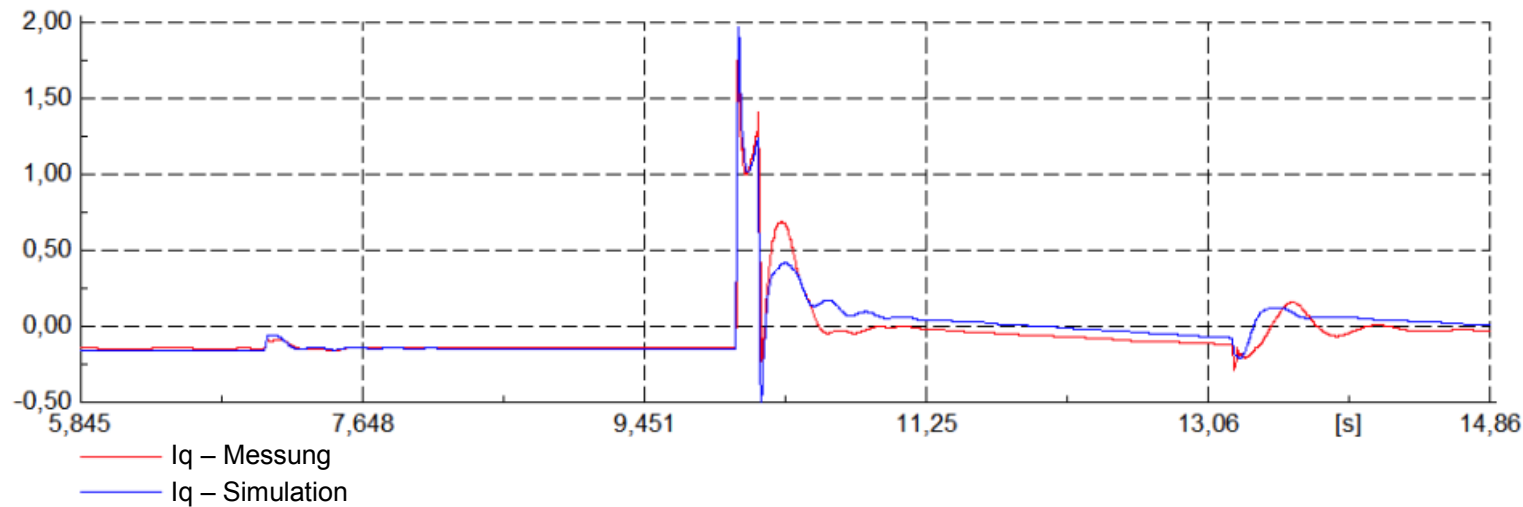
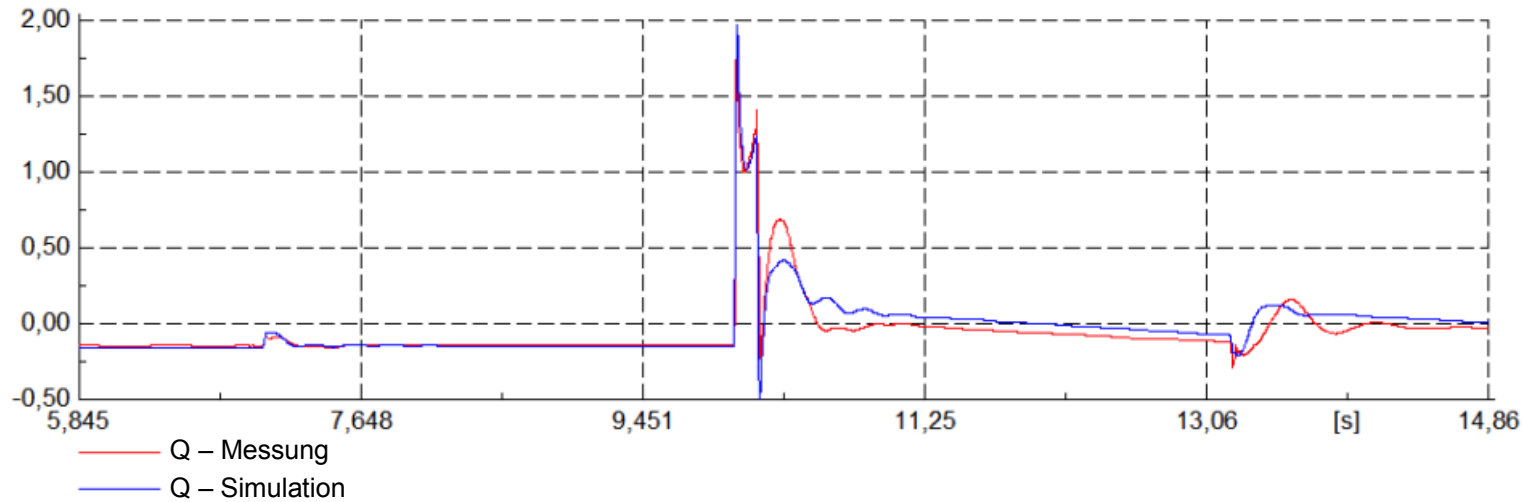
Ergebnisse (1/5)

- Simulationsergebnisse und Auswertung eines ausgewählten Tests
 - $S_N = 785 \text{ kVA}$
 - Halblast
 - $\cos\varphi = 0.85 \text{ ind}$
 - 0.3 pu Restspannung für 150 ms
- Darstellung von
 - Klemmenspannung U_t
 - Wirkleistung P
 - Blindleistung Q
 - Blindstrom I_q

Ergebnisse (2/5)

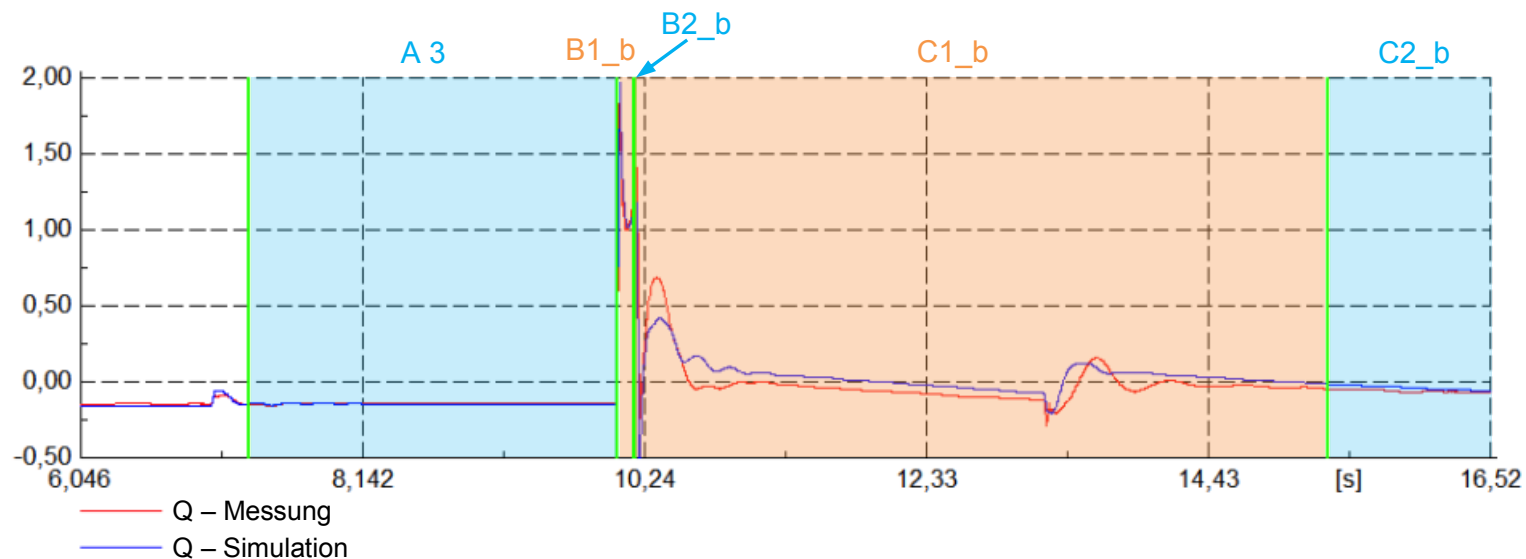


Ergebnisse (3/5)



Ergebnisse (4/5)

- Auswertung der Simulationsabweichungen
 - Am Beispiel der Blindleistung Q
- Einteilung in mehrere Bereiche (**stationär**, **transient**)
 - Auswertung vor Bereich A 3 nicht gefordert



Ergebnisse (5/5)

- Mittlere und maximale Abweichungen zwischen Simulation und Messung und erlaubte Fehler laut TR 4

Bereich	Beginn	Ende	ΔQ_{Mittel} %		$ \Delta Q_{\text{max}} $ %	
	s	s	Ist	max	Ist	max
A 3	7,30	10,03	0,5	7	1,1	15
B1_b	10,03	10,15	6,8	20		
B2_b	10,15	10,17	6,9	7	7,8	15
C1_b	10,17	15,32	5,1	20		
C2_b	15,32	20,00	0,4	7	3,6	15

Zusammenfassung

Zusammenfassung



- Entwicklung eines Modells gemäß der technischen Richtlinien
- Neben Modellstruktur sind korrekte Maschinen- und Reglerdaten entscheidend
 - Problem der Toleranzen von Maschinenparametern
 - Bestimmte Parameter nur schwer messbar
 - Sättigungsdaten mussten oft aus Messreihen neu bestimmt und korrigiert werden
- Angaben in technischen Richtlinien oft nicht eindeutig

Modellierung und Validierung von LVRT-Simulationsmodellen Dezentraler Erzeugungseinheiten

Institut für Elektrische Anlagen

Leiter: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Lothar Fickert

Technische Universität Graz

Inffeldgasse 18 / 1

A-8010 Graz

Tel.: +43 (0) 316 873-7551

Fax.: +43 (0) 316 873-7553

E-Mail: jasmine.kadhim@tugraz.at

