

17. Symposium Energieinnovation

UNTERSUCHUNG DER INTEROPERABILITÄT VERSCHIEDENER NETZPLANUNGSWERKZEUGE

DR. -ING. FREY FLOREZ

13.02.2022. Online

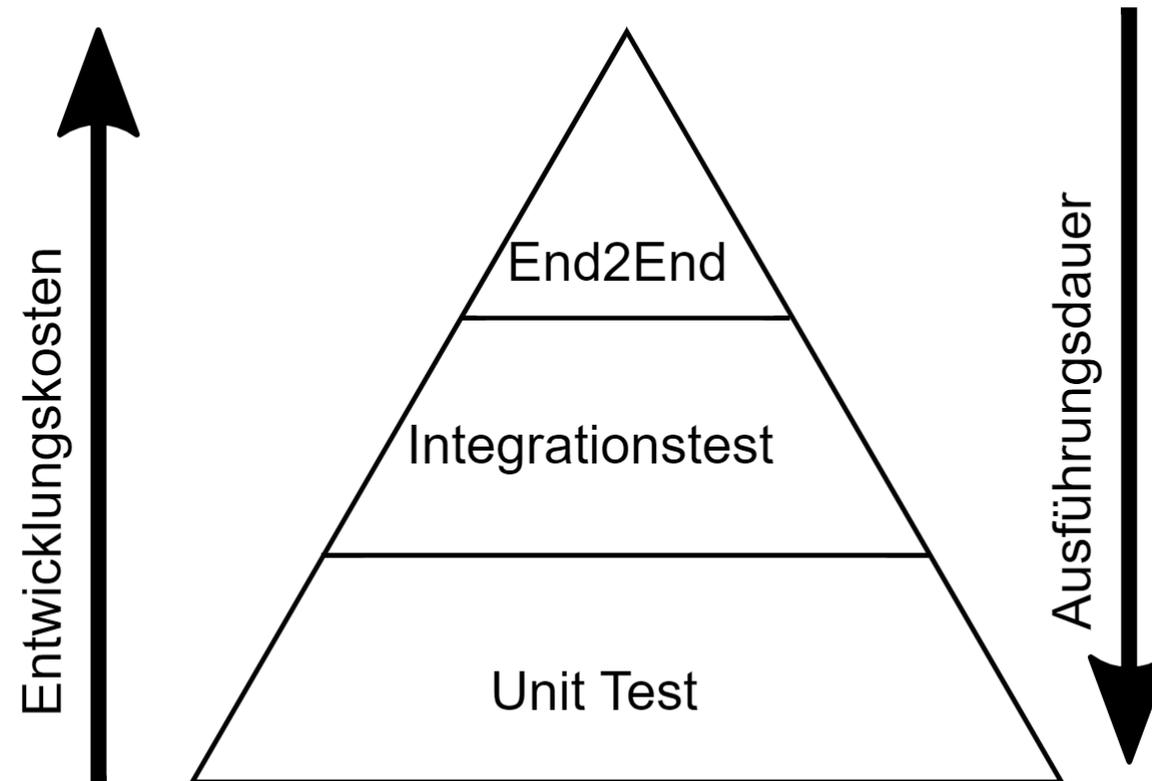
Einführung

MOTIVATION**Motivation**

- / Wachsender Bedarf der Netzbetreiber an maßgeschneiderter Software für die Herausforderungen der Energiewende.
- / Die Interoperabilität der Netzplanungswerkzeuge ist eine zunehmend wichtige Fragestellung in der Anwendung
- / Die Notwendigkeit, eine zuverlässige Interoperabilität zwischen INTEGRAL- und PowerFactory-Tools in Planungsstudien zu gewährleisten
- / Für diese Untersuchung wurden die Import- und Exportoptionen der einzelnen Tools nicht genutzt.
- / Anfragen nach Studien zur Steigerung der Nutzung des Übertragungsnetzes und der Einbindung von FACTS in die verschiedenen Planungswerkzeuge

Qualitätssicherung im Software-Engineering

UNIT- UND INTEGRATIONSTESTS



Unterschiede der Betriebsmittelmodelle in den Netzplanungswerkzeugen

TRANSFORMATOREN

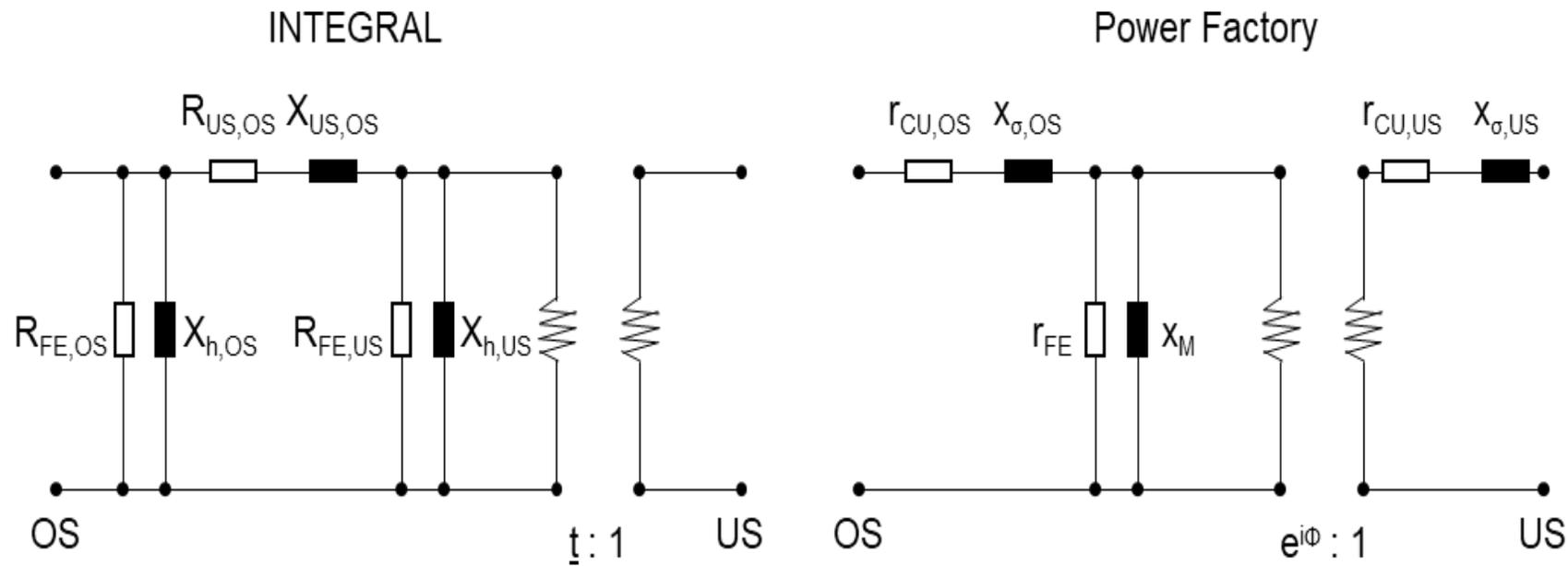


Abbildung 1: Ersatzschaltbilder für Zweiwicklungstransformatoren

Unterschiede der Betriebsmittelmodelle in den Netzplanungswerkzeugen

TRANSFORMATOREN

INTEGRAL

- / In INTEGRAL wird das π -Ersatzschaltbild angewendet
- / In INTEGRAL hingegen werden die absoluten physikalischen Größen angegeben
- / INTEGRAL nutzt eine verallgemeinerte Approximation in Abhängigkeit der aktuellen Stufenstellung s , sowie der Werte für u_k und P_k in Mittelposition ($s=s_{mit}$), Minimalposition ($s=s_{min}$) und Maximalposition ($s=s_{max}$).

POWERFACTORY

- / PowerFactory nutzt hingegen das T-Ersatzschaltbild
- / Alle Werte des Ersatzschaltbildes werden dabei im per-unit-System eingetragen
- / In Power Factory werden explizite Vorgaben für die stufenabhängige Kurzschlussspannung u_k und Kurzschlussleistung P_k vorgegeben

TRANSFORMATOREN

UNIT - TESTS

- / Für Zwei- und Dreiwicklungstransformatoren sieht der Versuchsaufbau vor, dass an der Unterspannungsseite (US) und Oberspannungsseite (OS) der Komponentenmodelle jeweils externe Netzeinspeisungen modelliert werden

- / Somit kann der Fluss auf den Transformatoren genau eingestellt und die Berechnungsergebnisse miteinander verglichen werden

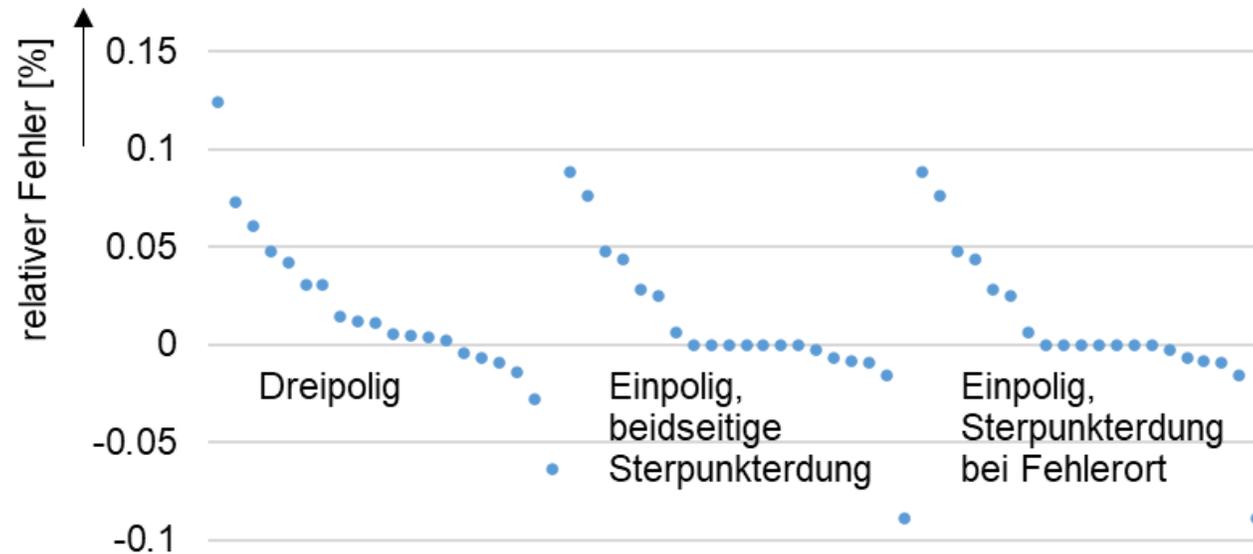
- / Die Tertiärseite (T) der Dreiwicklungstransformatoren bleibt für diese Tests im Leerlauf.

- / Um das Stellvermögen der Phasenschiebertransformatoren beurteilen zu können, ist ein paralleler Pfad notwendig, welcher die verdrängten Flüsse aufnehmen kann. Dies wird über einen parallelen Zweig bestehend aus einem äquivalenten, unregelmäßigem Betriebsmittel ermöglicht.

TRANSFORMATOREN

UNIT - TESTS ERGEBNISSE

Test 1: Kurzschlussstromrechnung bei Zweiwicklungstransformatoren



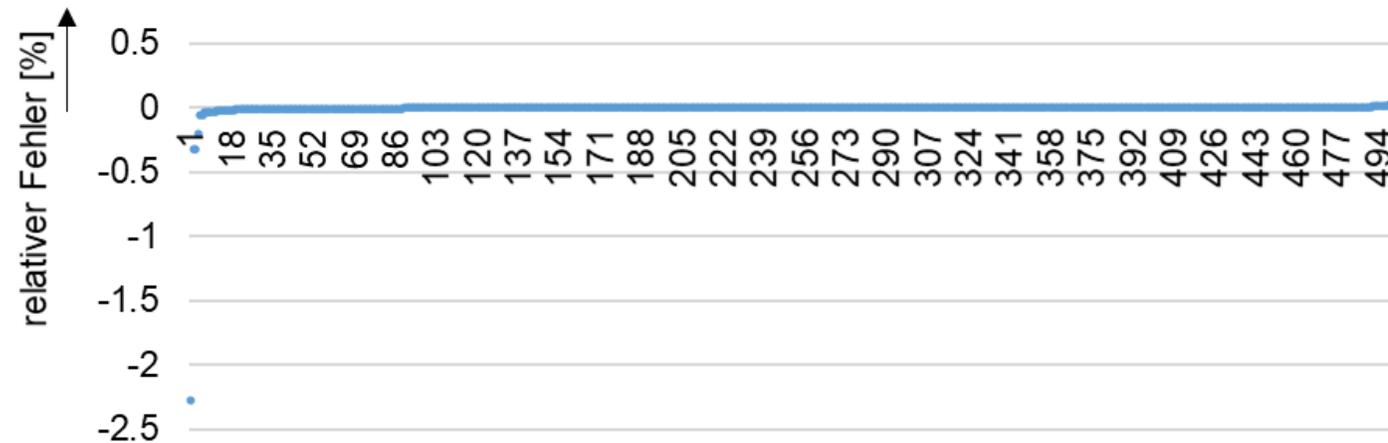
Relative Fehler für Kurzschlussströme bei Zweiwicklungstransformatoren

- Insgesamt ergibt sich daher für diesen Test für die zehn untersuchten Zweiwicklungstransformatormodelle eine Stichprobengröße von 60
- Der maximale relative Fehler zwischen den Berechnungsergebnissen der beiden Netzplanungswerkzeuge beträgt 0,12 %.

TRANSFORMATOREN

UNIT - TESTS ERGEBNISSE

Test 2: Stufenstellung von Phasenschiebertransformatoren



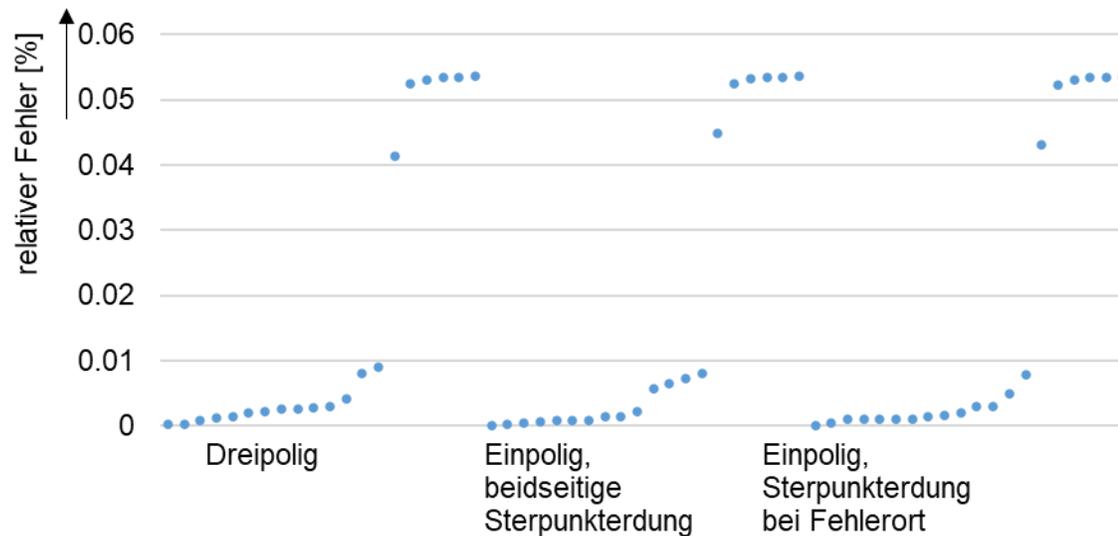
Relativer Fehler des Wirkflusses über Phasenschiebertransformator

- Insgesamt ergibt sich eine Stichprobengröße von 502
- Die Stichprobengröße ergibt sich aus den zehn Phasenschiebertransformatoren mit Stufenbereichen zwischen 33 und 65 Stufen
- Die höchste Abweichung zwischen den Vergleichsrechnungen liegt bei 2,3 %. Dieser hohe relative Fehler befindet sich im Bereich sehr kleiner Übertragungsleistungen (< 1 MW)
- Der absolute Fehler liegt in diesem Fall bei lediglich 0,01 MW

TRANSFORMATOREN

UNIT - TESTS ERGEBNISSE

Test 3: Kurzschlussstromrechnung bei Dreiwicklungstransformatoren



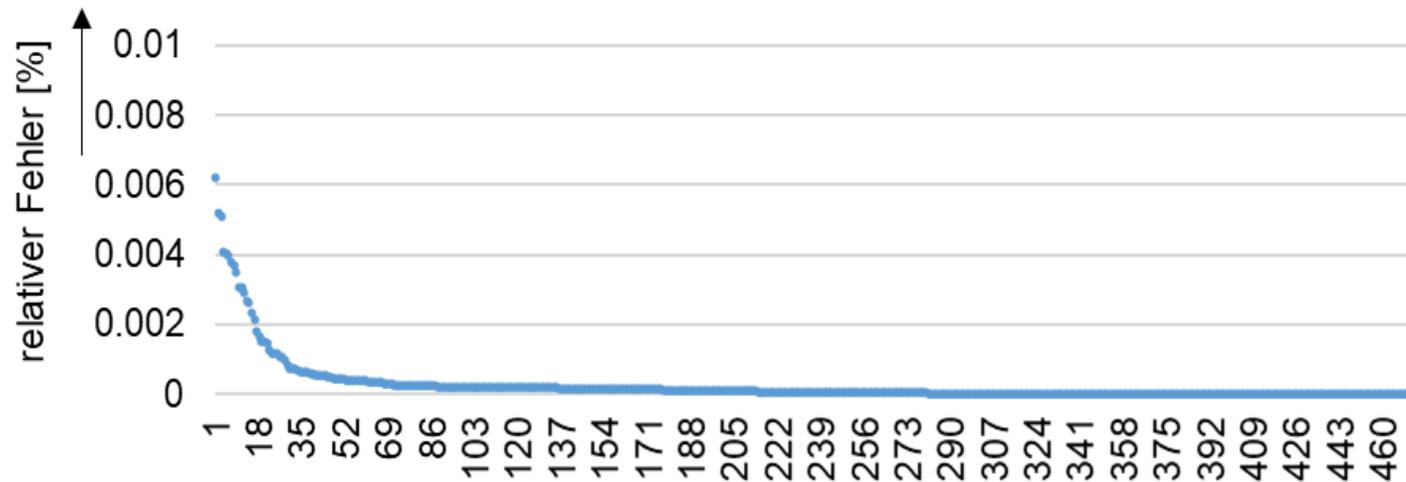
- Insgesamt ergibt sich daher für diesen Test für die zehn untersuchten Dreiwicklungstransformatormodelle eine Stichprobengröße von 60
- Der maximale relative Fehler zwischen den Berechnungsergebnissen der beiden Netzplanungswerkzeuge beträgt 0,05 %

Relative Fehler für Kurzschlussströme bei Dreiwicklungstransformatoren

TRANSFORMATOREN

UNIT - TESTS ERGEBNISSE

Test 4: Einfluss der Spannungsregelung



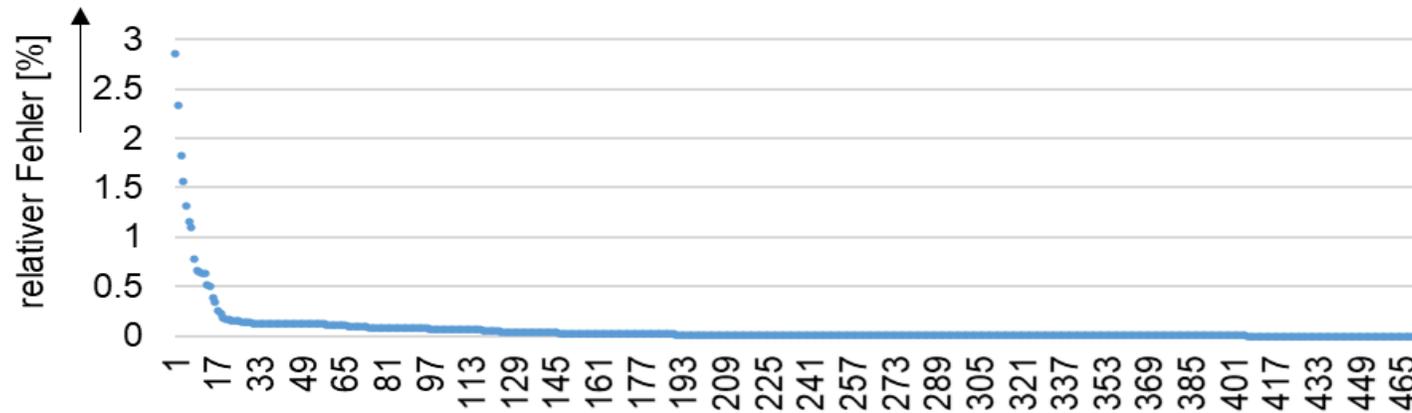
- Es werden daher für zehn unterschiedliche Zweiwicklungstransformatoren untersucht, welche Differenzen sich bei einer Verstufung der Transformatoren in Lastflussrechnungen zeigen
- Der maximale relative Fehler beträgt circa 0,06 %.

Relative Fehler in den Knotenspannungen bei aktiver Spannungsregelung von Zweiwicklungstransformatoren

TRANSFORMATOREN

UNIT - TESTS ERGEBNISSE

Test 4: Einfluss der Spannungsregelung

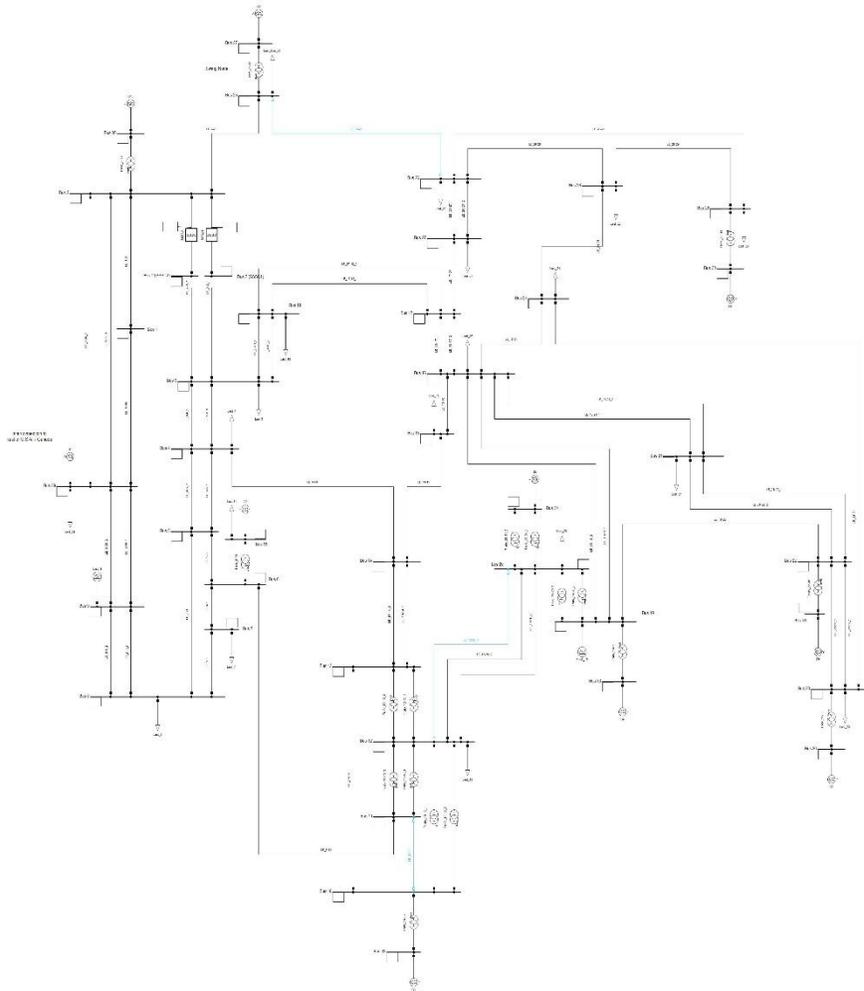


- Es ergeben sich insgesamt sieben Fehler, die den Schwellwert von 1 % überschreiten
- Für diese Rechnungen wird jedoch nur eine geringe Wirkleistungsübertragung ($< 1\%$) angenommen, weshalb sich absolute Abweichungen von maximal 1,5 kW die hohen relativen Fehler erklären
- Diese Situationen können daher bei der Bewertung der Berechnungsgüte vernachlässigt werden

Relativer Fehler der übertragenen Wirkleistung bei aktiver Spannungsregelung von Zweiwicklungstransformatoren

Integrationstests

INTEGRATIONSTESTS



- Für den Integrationstest wird ein Lastfluss für das IEEE-39-Knoten-Testsystem mit einer festen Einspeise- und Lastsituation in beiden Netzplanungswerkzeugen berechnet.

Test-System – Erweiterte IEEE-39 Bus System

Integrationstests

INTEGRATIONSTESTS

Test 5: Lastflussrechnung für ausgedehntes Testsystem

Maximaler, relativer Fehler [%]	Knotenspannung	Wirkleistungsübertragung
	0,003	0,8

Tabelle 1. Relative Fehler für Integrationstest

- Tabelle 1 fasst die relativen Fehler für den Integrationstest zusammen.
- Die maximalen, relativen Fehler zwischen den Berechnungsergebnissen sind vernachlässigbar klein.

Integrationstests

INTEGRATIONSTESTS**Test 6: Einfluss von Gegenmaßnahmen**

- / Zunächst wird geprüft, ob durch beide Netzplanungswerkzeuge das gleiche Ergebnis bei der Bewertung der Netzsicherheit erreicht werden kann.
- / In insgesamt 13 Szenarien wird geprüft, ob sich durch vier unterschiedliche Außerbetriebnahmen (AB 1-4) kritische Systemzustände für die Last- und Einspeisesituation
- / Ein Systemzustand wird als kritisch eingestuft, wenn die Auslastung von mindestens einem Transformator oder einer Leitung im (n-1)-Fall größer als 100 % ist
- / Mögliche Gegenmaßnahmen sind dabei der Einsatz von Redispatch (RD), der Einsatz eines SSSC, sowie der Einsatz eines SSSCs in Current Control Mode (CC).

Integrationstests

INTEGRATIONSTESTS

Test 6: Einfluss von Gegenmaßnahmen

Szenario	INTEGRAL				Power Factory			
	AB 1	AB 1+2	AB 1+2+3	AB 1+2+3+4	AB 1	AB 1+2	AB 1+2+3	AB 1+2+3+4
unkritisch	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
moderat	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow
moderat + RD	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
moderat + SSSC	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
moderat + RD + SSSC	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
moderat + SSSC(CC)	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
moderat + RD + SSSC(CC)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
kritisch	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow
kritisch + RD	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
kritisch + D + SSSC	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
kritisch + RD + SSSC	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
kritisch + D + SSSC(CC)	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
kritisch + RD + SSSC(CC)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Außerbetriebnahme möglich							
	Außerbetriebnahme ist nicht möglich							

Tabelle 2: Netzsicherheitsbewertung unter Einsatz von SSSC und Redispatch

Integrationstests

INTEGRATIONSTESTS

Test 6: Einfluss von Gegenmaßnahmen



Relativer Fehler für Knotenspannungen bei Regelung von SSSC

- Die relativen Fehler der Knotenspannungen über alle betrachteten Szenarien befinden sich im Bereich von -2 % bis 1 %.
- Vereinzelt hohe Abweichungen können dadurch erklärt werden, dass sich die SSSCs in den Situationen in unterschiedlichen Betriebsmodi befinden. 99,7 % aller Werte befinden sich im Bereich zwischen -1 % und 1 %.

HINWEIS ZUR NUTZUNG VON PRÄSENTATIONEN:

Urheberrechte:

- / Diese Unterlage ist urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung, Weitergabe oder anderweitige Nutzung der Unterlage ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung der TransnetBW GmbH gestattet.

Haftung:

- / Diese Unterlage wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Die TransnetBW GmbH übernimmt keine Haftung für Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Unterlage.