

Design und Planungsansatz für HGÜ-Systeme in großskaligen Übertragungsnetzen

Hintergrund und Motivation

Analyse

Methodisches Vorgehen

Zusammenfassung und Ausblick

Name: **Muriel Krüger, Simon Thams, Patrick Düllmann, Martin Knechtges – RWTH Aachen University**

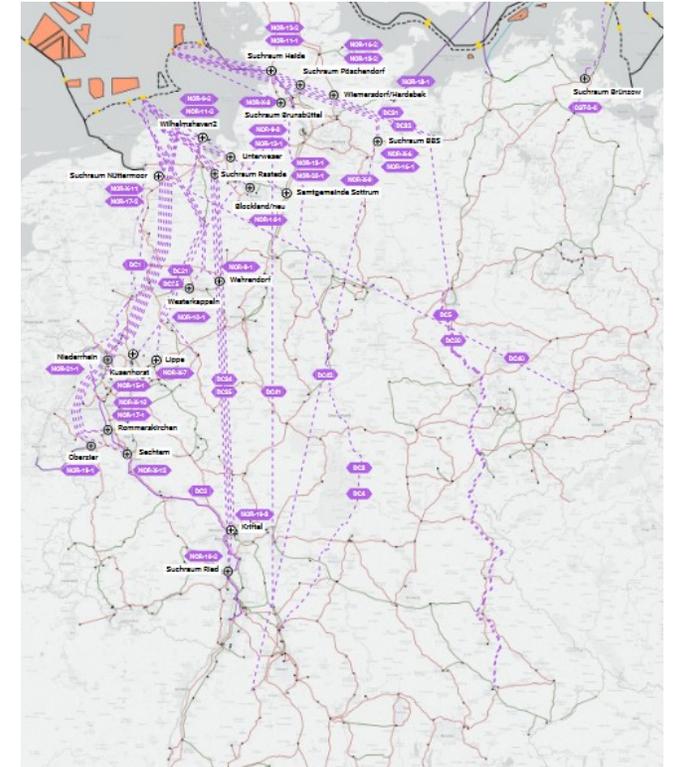
Hintergrund und Motivation

Bau und Planung von HGÜ-Systemen zur Integration Erneuerbarer Energien in das Übertragungsnetz

- Geeignet zum verlustarmen Transport großer Energiemengen über weite Strecken und zur Entlastung des AC-Übertragungsnetzes durch die Möglichkeit zur aktiven Lastflusssteuerung
- Entwicklung von der P2P-Verbindung hin zu Multiterminal HGÜ-Systemen
- **Zunehmende Durchdringung des AC-Netzes mit DC-Systemen**

Wechselwirkungen zwischen AC- und DC-Netzen bereits in der Planung zu berücksichtigen

- Ziel: Resilienz und Zuverlässigkeit (R&R) im Netzbetrieb weiterhin sicherstellen und bereits in der Planung berücksichtigen
 - Bisher vor allem Einspeise- und Lastsituation und (n-1)-Ausfälle im AC-Netz dafür betrachtet
- Netzplanung von HGÜ-Systemen: Bestimmung der DC-Übertragungskapazität ohne die Berücksichtigung von Restriktionen aus dem dynamischen Zeitbereich und Interaktionen
- **R&R zukünftig auch von der HGÜ-Architektur abhängig**



Hintergrund und Motivation

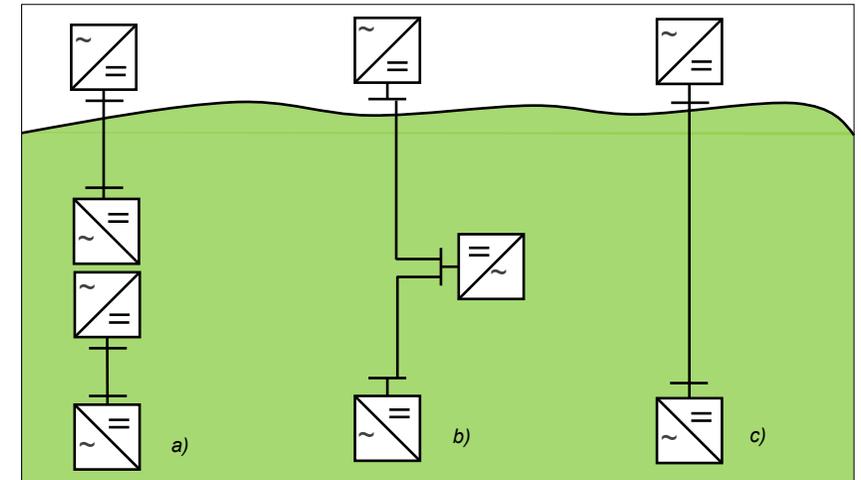
Die HGÜ-Architektur ist definiert durch

- Zweck des HGÜ-Systems
- Konfiguration und Topologie des HGÜ-Systems
- Grad der Einbettung in das AC-Netz
- Regelungs- und Schutzkonzept (C&P)
- **Noch kein einheitlicher Standard durchgesetzt**

Einfluss von C&P auf R&R

- C&P-Lösung entwickelt nachdem die Topologie und Konfiguration des HGÜ-Systems feststeht
- Keine Betrachtung von Restriktionen aus C&P, Isolationskoordination oder dynamischer Restriktionen in der Planung
- **Sinnvolle „Gruppierungen“ – architektonische Bausteine – könnten es ermöglichen diese Aspekte bereits in Planungsstadium zu berücksichtigen**

Beispielhafte HGÜ-Architekturen



Hintergrund und Motivation

Ziel des Papers

Vorstellung eines Design- und Planungsansatzes für die systematische Bewertung verschiedener Optionen für HGÜ-Architekturen im Hinblick auf Resilienz und Zuverlässigkeit

- Definition architektonischer Bausteine für den Einsatz in der Netzplanung
- Vorstellung verschiedener Variationen der architektonischen Bausteine und Design Regeln im Rahmen des Ansatzes, die es ermöglichen Restriktionen aus C&P, der Isolationskoordination und dynamischen Untersuchungen zu berücksichtigen

Beispielhafte Untersuchungen, die auf dem geplanten AC/DC Übertragungsnetz ausgeführt werden können

- Statische Redispatch-Berechnungen, RMS- und EMT-Simulationen

Fragen, die anschließend durch Variation der Architekturbausteine beantwortet werden können

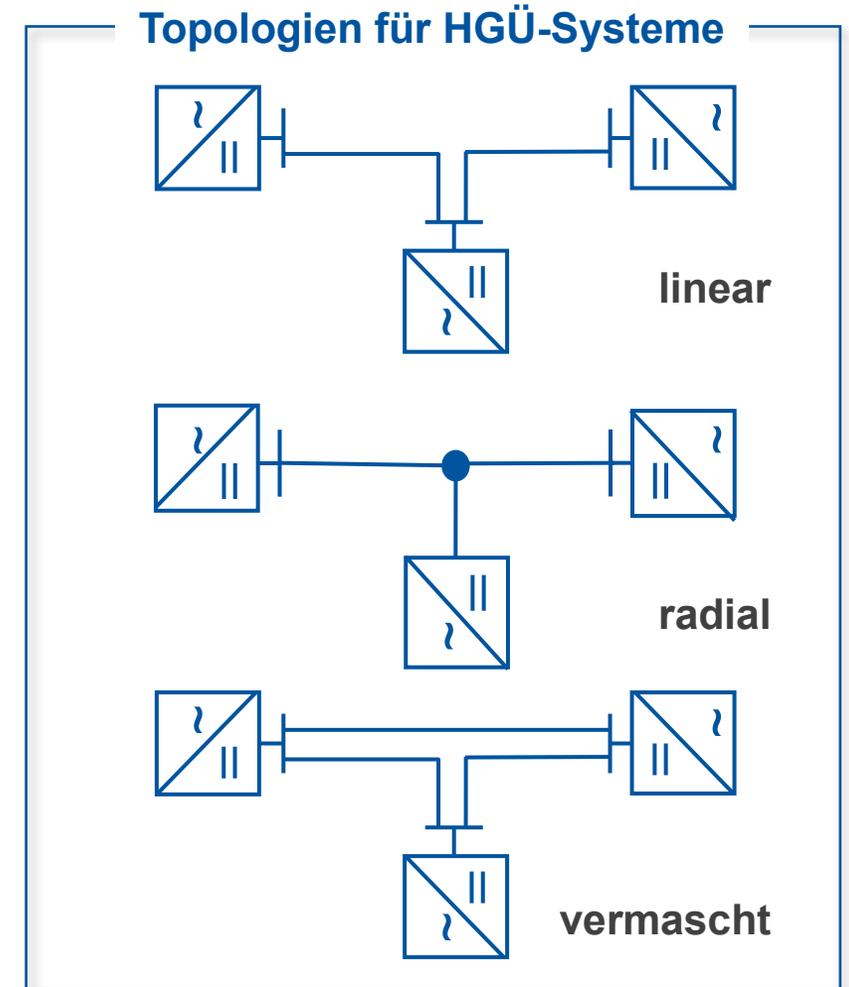
- Wie wirkt sich eine veränderte HGÜ-Architektur auf die Lastflüsse und mögliche Engpässe im Wechselstromnetz aus?
- Kann das Redispatch-Volumen durch bestimmte HGÜ-Architekturen reduziert oder die EE-Integration erhöht werden?
- Wie verändert sich die verfügbare Flexibilität im Engpassmanagement durch die HGÜ-Umrichter in einem Multiterminal HGÜ-System im Vergleich zu mehreren P2P-Verbindungen?

Topologien und Einbettungsgrade für Multiterminal HGÜ-Systeme

Topologien für Multiterminal HGÜ-Systeme

Multiterminal HGÜ-System: HGÜ-Systeme mit mehr als zwei Verknüpfungspunkten mit einem oder mehreren AC-Hoch- oder Höchstspannungsknoten

- Linear
- Radial
- Vermascht



Topologien und Einbettungsgrade für Multiterminal HGÜ-Systeme

Topologien für Multiterminal HGÜ-Systeme

Multiterminal HGÜ-System: HGÜ-Systeme mit mehr als zwei Verknüpfungspunkten mit einem oder mehreren AC-Hoch- oder Höchstspannungsknoten

- Linear
- Radial
- Vermascht

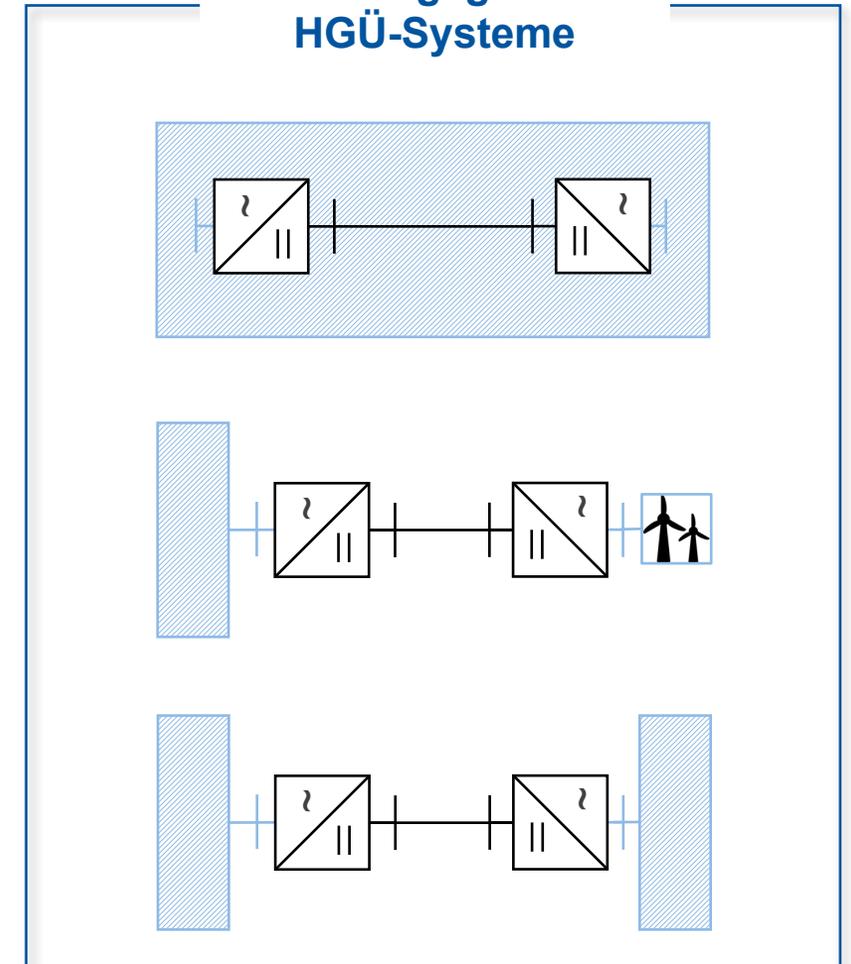
Einbettungsgrade für HGÜ-Systeme

- Vollständig eingebettet
- Offshore-Windpark über HGÜ-System verbunden mit dem AC-Netz
- Zwei eingebettete AC-Netze
- **Topologie und Einbettungsgrad sind für das Design und die Planung von HGÜ-Systemen besonders relevant**

Architektonische Bausteine

- Topologie und Einbettungsgrad werden als architektonische Bausteine variiert
- Design Regeln oder feste Annahmen für die weiteren Aspekte der HGÜ-Architektur

Einbettungsgrade für HGÜ-Systeme



Methodisches Vorgehen

Ziel des Design- und Planungsansatzes

- Systematische Analyse der verschiedenen HGÜ-basierter Architekturen und ihrer Auswirkungen auf das AC-Netz

Vorgehen

- Identifikation von Fokusregionen
 - Betrachtungsbereich: Kontinentaleuropäisches Netz inklusive einer 380 kV- und 220 kV-Spannungsebene sowie bereits bestehende und nicht erweiterbare HGÜ-Systeme
 - Lastflussberechnungen auf Basis eines gegebenen Marktergebnisses
 - Beispielhafte Fokusregionen sind:
 - Lastzentren
 - Stark vermaschte AC-Regionen
 - Regionen mit existierenden oder geplanten HGÜ-Systemen

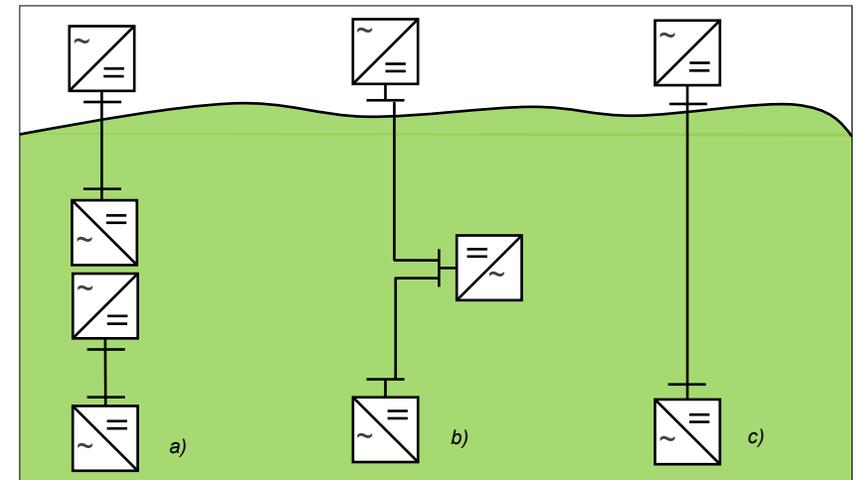
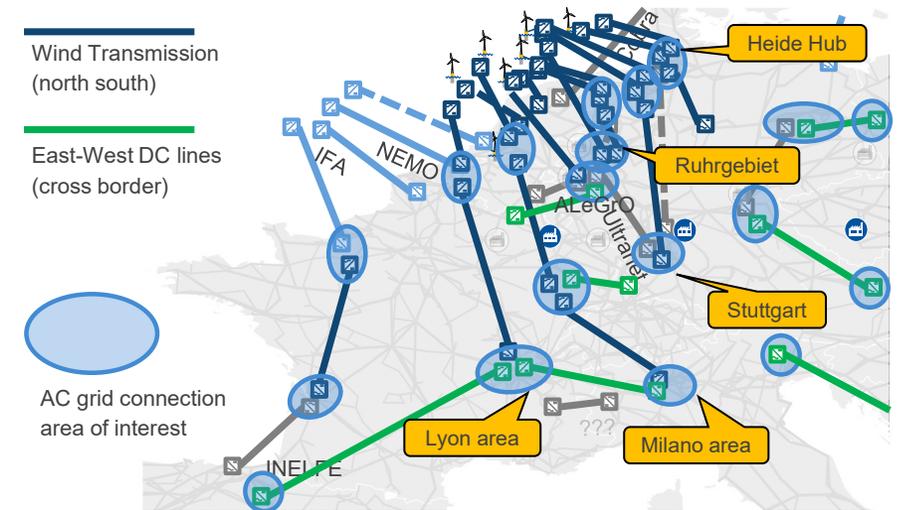
Methodisches Vorgehen

Ziel des Design- und Planungsansatzes

- Systematische Analyse der verschiedenen HGÜ-basierten Architekturen und ihrer Auswirkungen auf das AC-Netz

Vorgehen

- Identifikation von Fokusregionen
- Integration der architektonischen Bausteine in das Übertragungsnetz
 - Lastzentren: Region Stuttgart
 - Stark vermaschte AC-Regionen: Ruhrgebiet
 - Regionen mit existierenden oder geplanten HGÜ-Systemen: Heide Hub
 - Innerhalb einer Fokusregion können beispielsweise die Variationen a) bis c) durchgeführt werden



Methodisches Vorgehen

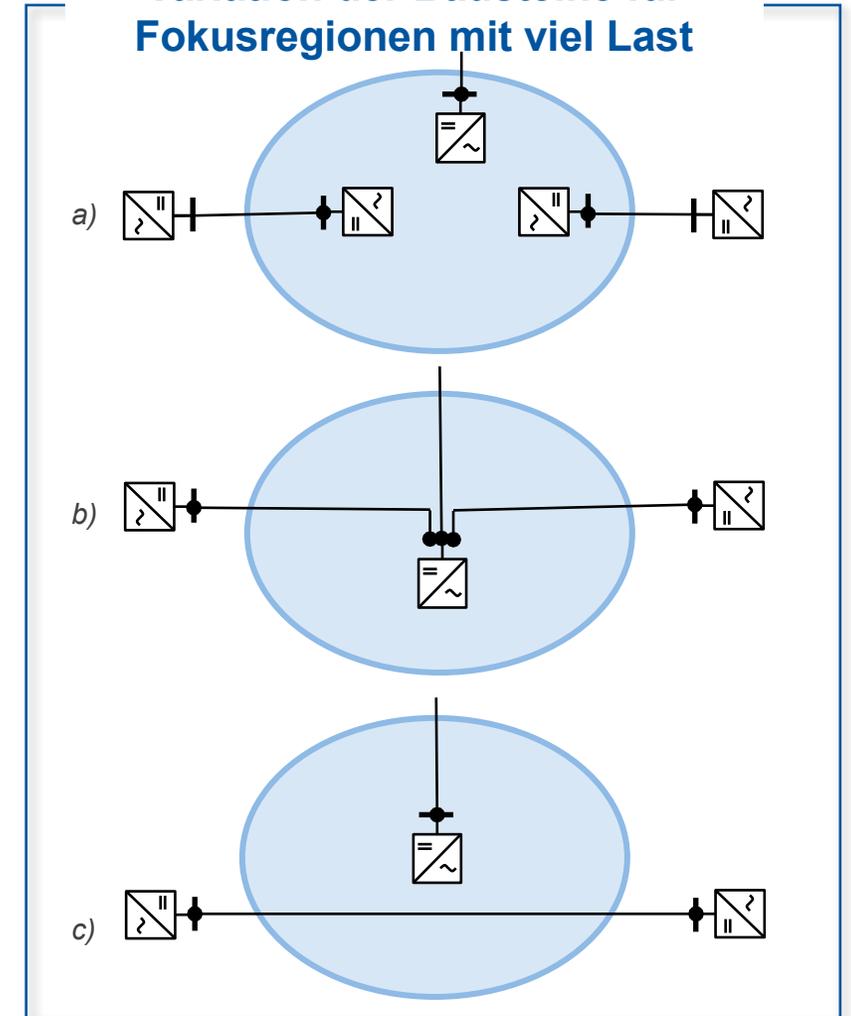
Ziel des Design- und Planungsansatzes

- Systematische Analyse der verschiedenen HGÜ-basierten Architekturen und ihrer Auswirkungen auf das AC-Netz

Vorgehen

- Identifikation von Fokusregionen
- Integration der architektonischen Bausteine in das Übertragungsnetz
- Variation der architektonischen Bausteine
 - Unterscheidung zwischen Fokusregionen mit viel Last oder Erzeugung und Fokusregionen mit wenig oder keiner Last oder Erzeugung
 - Fokusregionen mit viel Last oder Erzeugung
 - Last oder Erzeugung zwischen 1 p.u. und 2 p.u. des Konverterratings

Variation der Bausteine für Fokusregionen mit viel Last



Methodisches Vorgehen

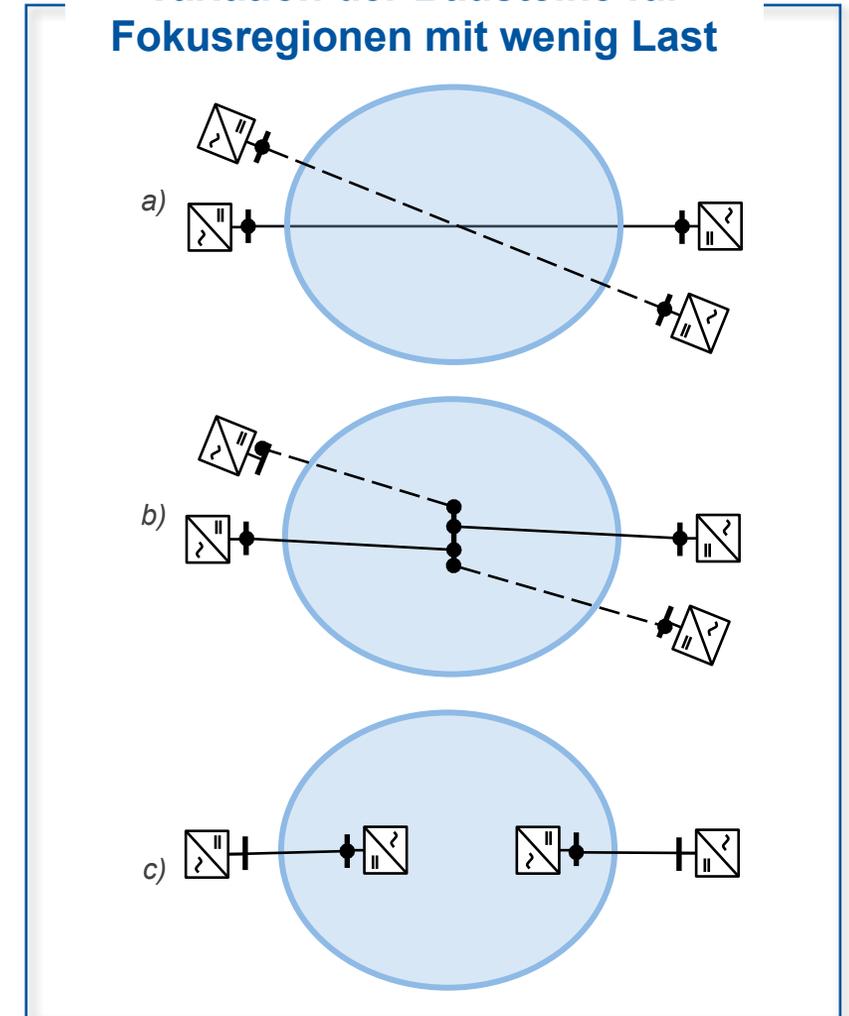
Ziel des Design- und Planungsansatzes

- Systematische Analyse der verschiedenen HGÜ-basierten Architekturen und ihrer Auswirkungen auf das AC-Netz

Vorgehen

- Identifikation von Fokusregionen
- Integration der architektonischen Bausteine in das Übertragungsnetz
- Variation der architektonischen Bausteine
 - Unterscheidung zwischen Fokusregionen mit viel Last oder Erzeugung und Fokusregionen mit wenig oder keiner Last oder Erzeugung
 - Fokusregionen mit viel Last oder Erzeugung
 - Last oder Erzeugung zwischen 1 p.u. und 2 p.u. des Konverterratings
 - Fokusregionen mit wenig oder keiner Last oder Erzeugung
 - Beispielsweise Offshore-Küstenregionen

Variation der Bausteine für Fokusregionen mit wenig Last



Methodisches Vorgehen

Ziel des Design- und Planungsansatzes

- Systematische Analyse der verschiedenen HGÜ-basierten Architekturen und ihrer Auswirkungen auf das AC-Netz

Vorgehen

- Identifikation von Fokusregionen
- Integration der architektonischen Bausteine in das Übertragungsnetz
- Variation der architektonischen Bausteine
- Design Regeln
 - Ziel: Vereinfachte Berücksichtigung von Restriktionen aus C&P, Isolationskoordination oder dynamischen Untersuchungen
 - Zur Begrenzung des maximalen Übertragungsverlustes nicht mehr als vier Konverter in einem Multiterminal HGÜ-System ohne DCCB
 - Nicht mehr als zwei bis drei Konverter elektrisch nah bei einander um Wechselwirkungen mit AC-Regelungen zu vermeiden
 - Maximal drei Verbindungen auf einer Offshore-Plattform

Zusammenfassung und Ausblick

Ziel des Papers

- Vorstellung eines Planungsansatzes für HGÜ-Systeme, der die systematische Untersuchung verschiedener Architektur-Bausteine und ihrer Auswirkung auf das AC-Übertragungsnetz ermöglicht

Vorgehen

- Variation verschiedener HGÜ-Topologien und Einbettungsgrade in zuvor definierten Fokusregionen
- Berücksichtigung von Design Regeln zur Abbildung von Restriktionen in nachgelagerten Planungsschritten

Funding Information

- Diese Arbeit entstand im Rahmen HVDC-WISE Projekts
- Das HVDC-WISE Projekt wird unterstützt durch das Horizon Europe Programm der EU und dem Vereinigten Königreich

Weitere Schritte

- Anwendung des vorgestellten Planungsansatzes auf ein kontinentaleuropäisches Netzmodell und Durchführung von statischen Redispatch-Untersuchungen sowie RMS- und EMT-Simulationen
- Untersuchung der Auswirkung verschiedener HGÜ-Architekturen auf das AC-Übertragungsnetz