

Perspektiven der HGÜ-Technik – Overlaynetz (380 kV)

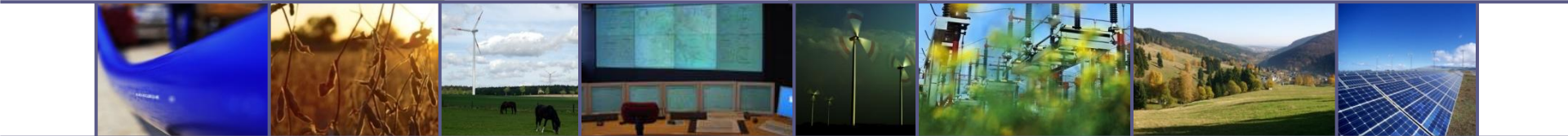
Workshop „Übertragungstechnik“

im Kongress zum sozial- und naturverträglichen Umbau der Stromnetze

Prof. Dr.-Ing. Dirk Westermann

Institut für Energie-, Antriebs- und Umweltsystemtechnik

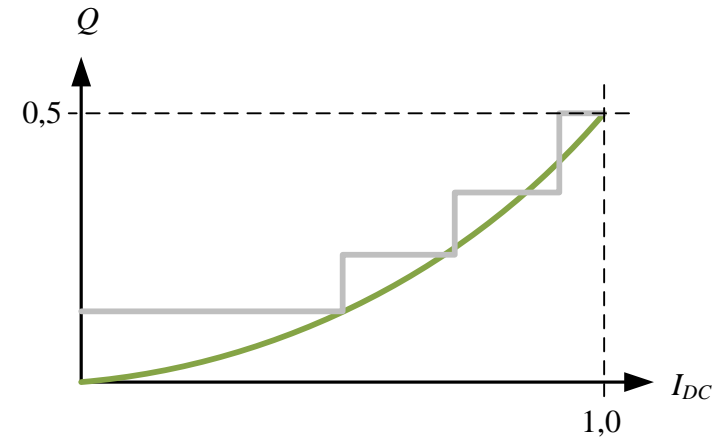
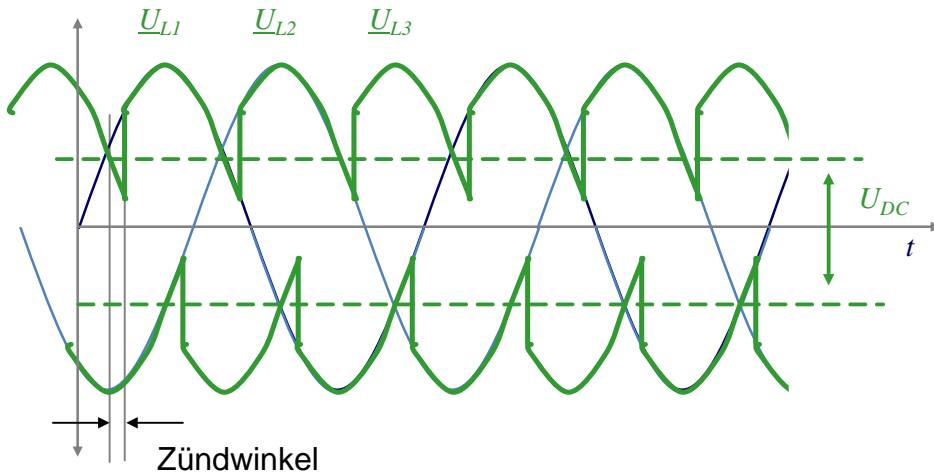
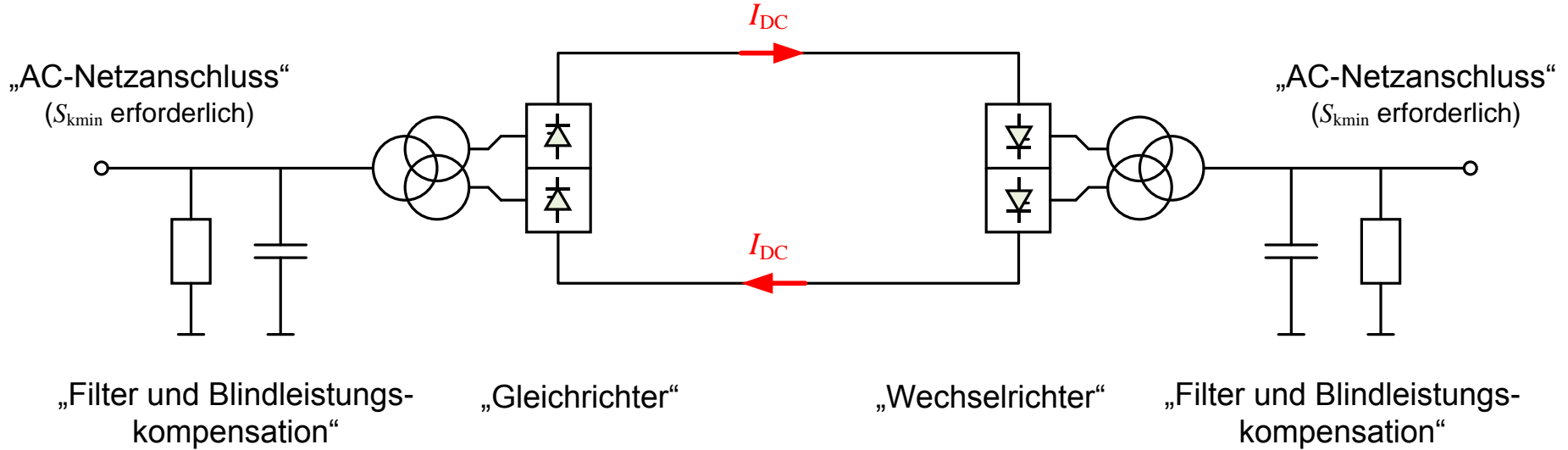
Technische Universität Ilmenau



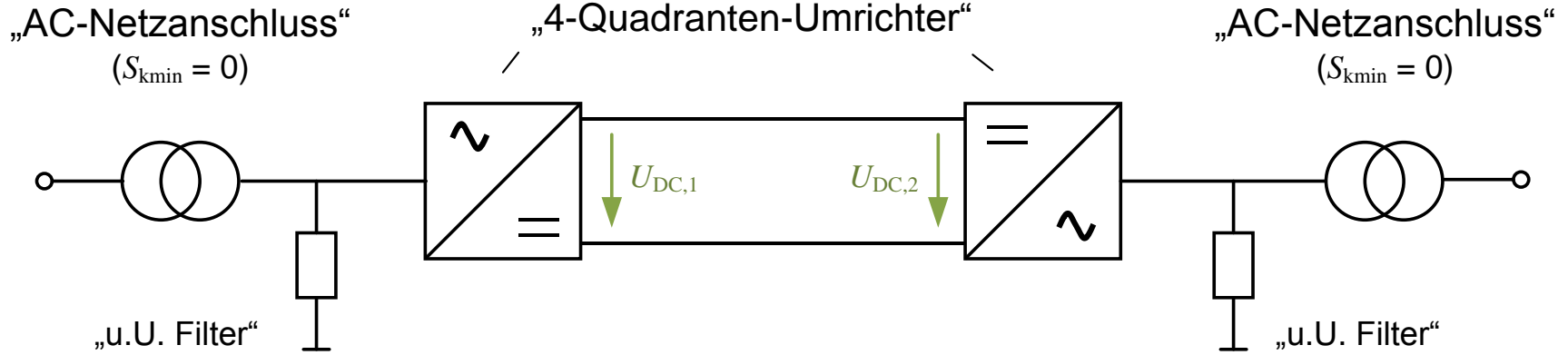
- Vergleich HGÜ-Technologien
- Erreichbare Leistungen
- Herausforderungen eines HGÜ-Overlays
- Zusammenfassung



Klassische HGÜ (Line Commutated Converter, LCC)

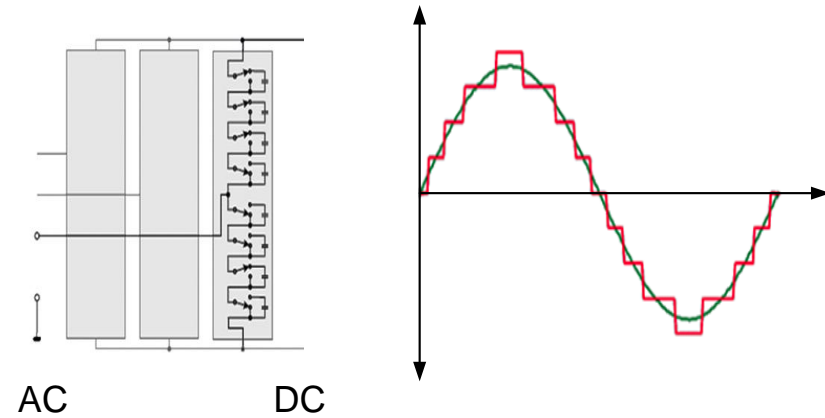
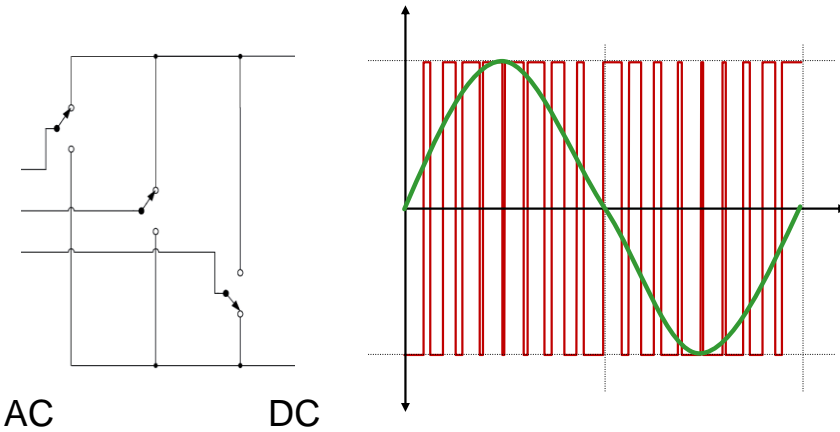


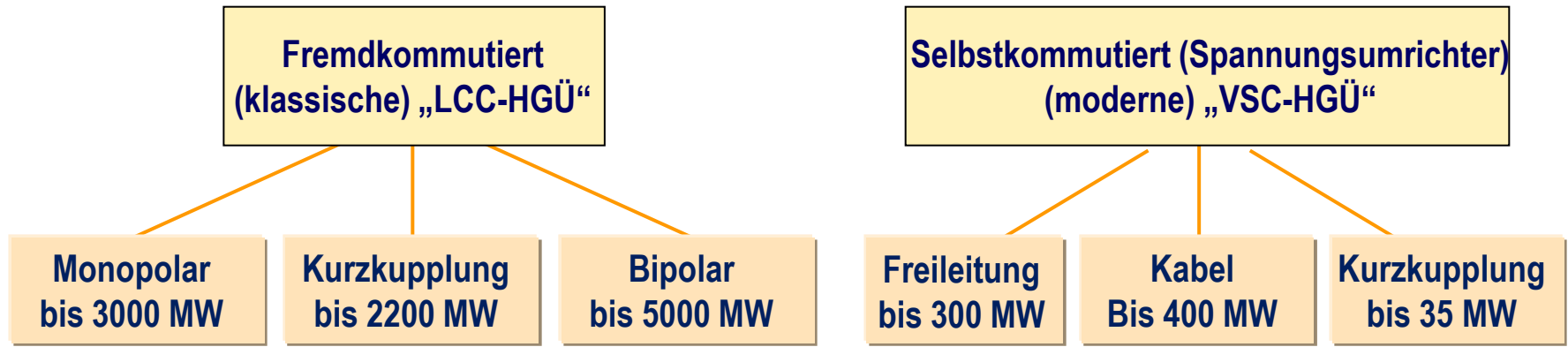
„Moderne“ HGÜ (Voltage Source Converter, VSC)



2-Level-PWM-VSC

Multilevel-VSC





*Weltweit seit 1970:
ca. 83'000 MW Übertragungsleistung
ca. 29'000 km Distanz
davon ca. 14% Seekabel und 0,8 % Landkabel*

Kabel: Max. DC Spannung: +/- 500 kV (See), SAPEI

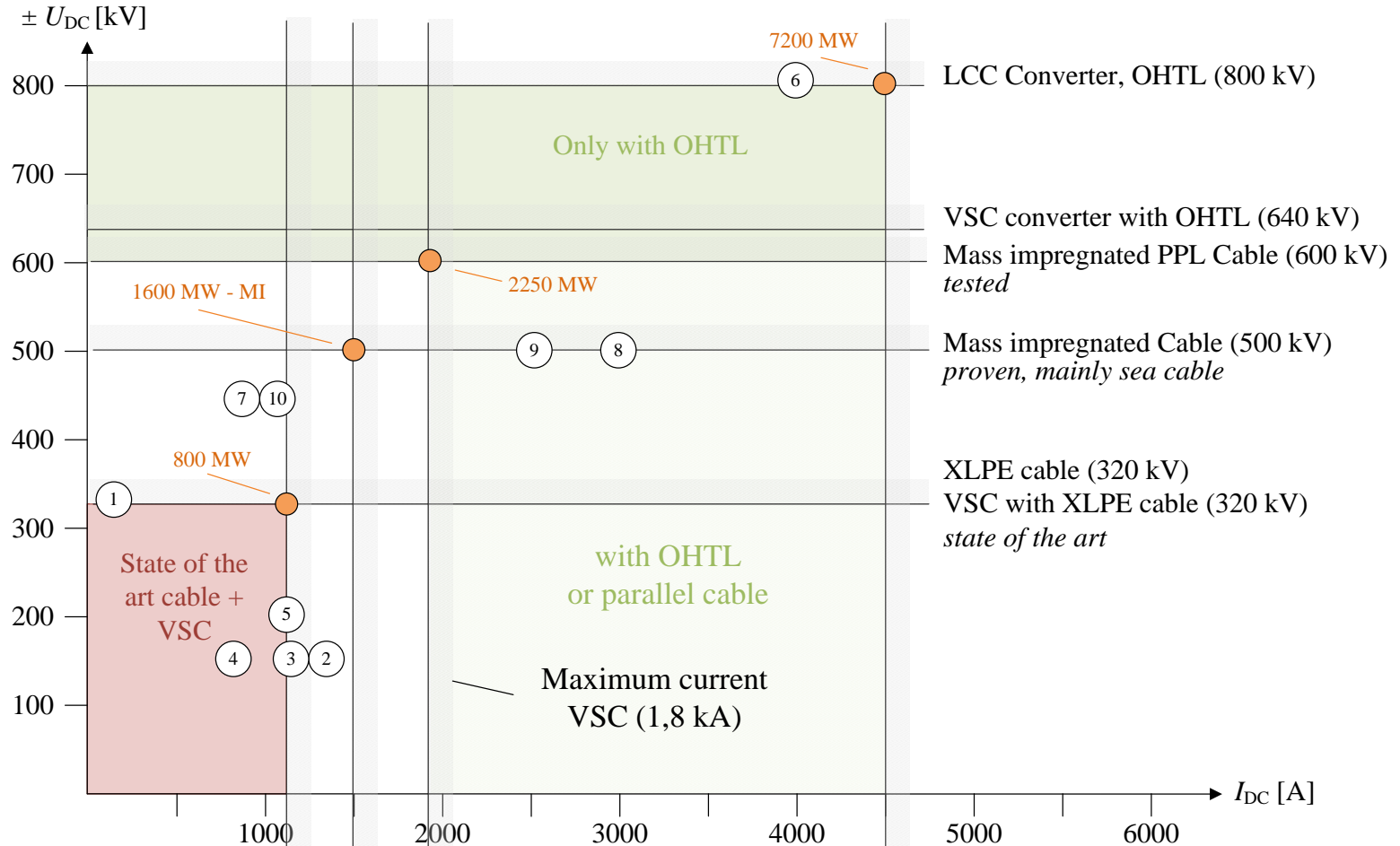
*Weltweit seit 1999:
~ 2500 MW Übertragungsleistung
980 km Freileitung,
450 km Landkabel, 1154 km Seekabel*

Kabel: Max. DC Spannung +/- 200 kV (See), Transbay

Anm.: Maximale Leistungsangaben jeweils pro System, Stand: Januar 2010

Technologische Grenzen Anfang 2010

[CIGRE B4.46, 2010]

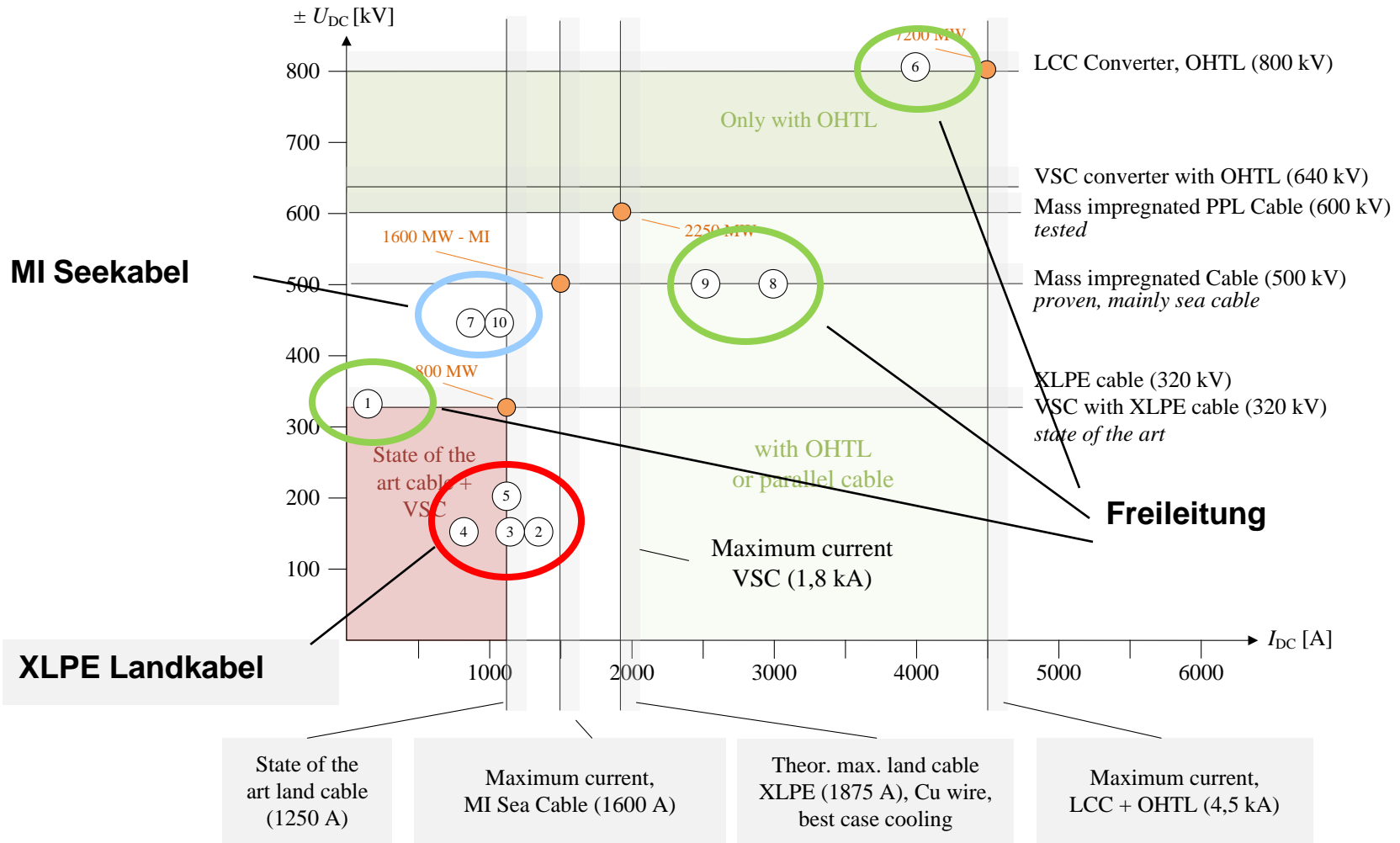


State of the art land cable (1250 A)

Maximum current, MI Sea Cable (1600 A)

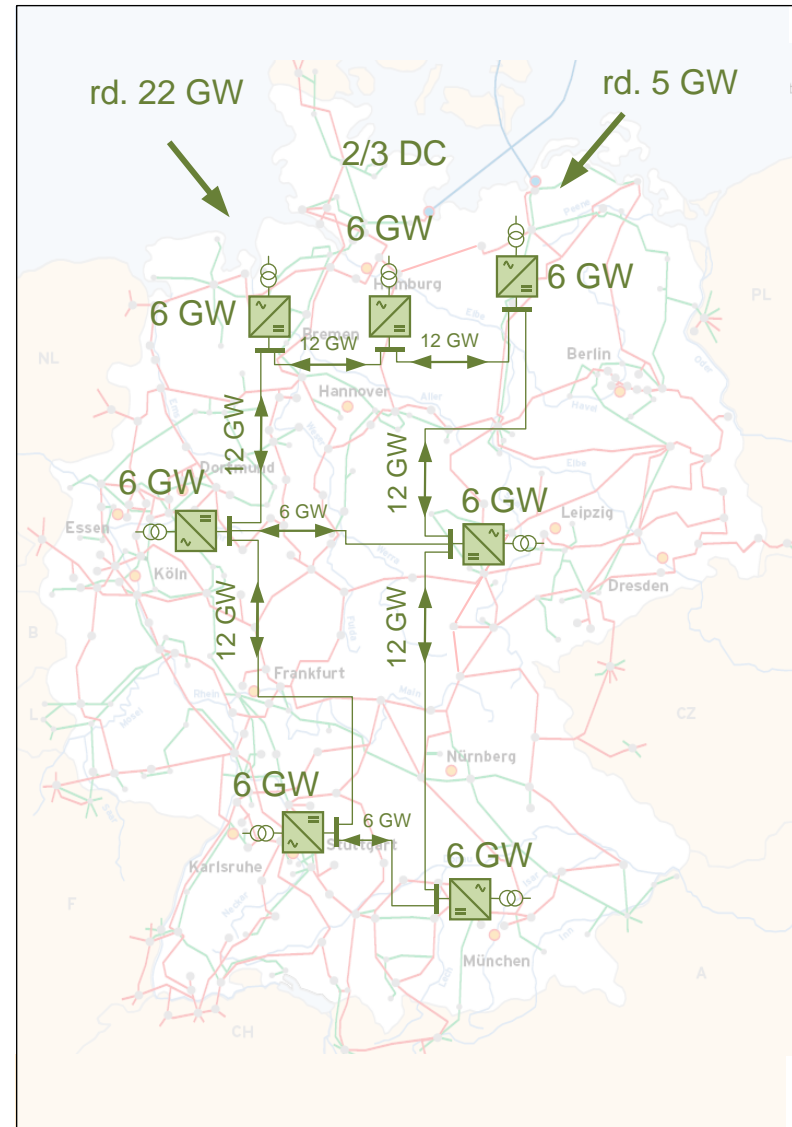
Theor. max. land cable XLPE (1875 A), Cu wire, best case cooling

Maximum current, LCC + OHTL (4,5 kA)

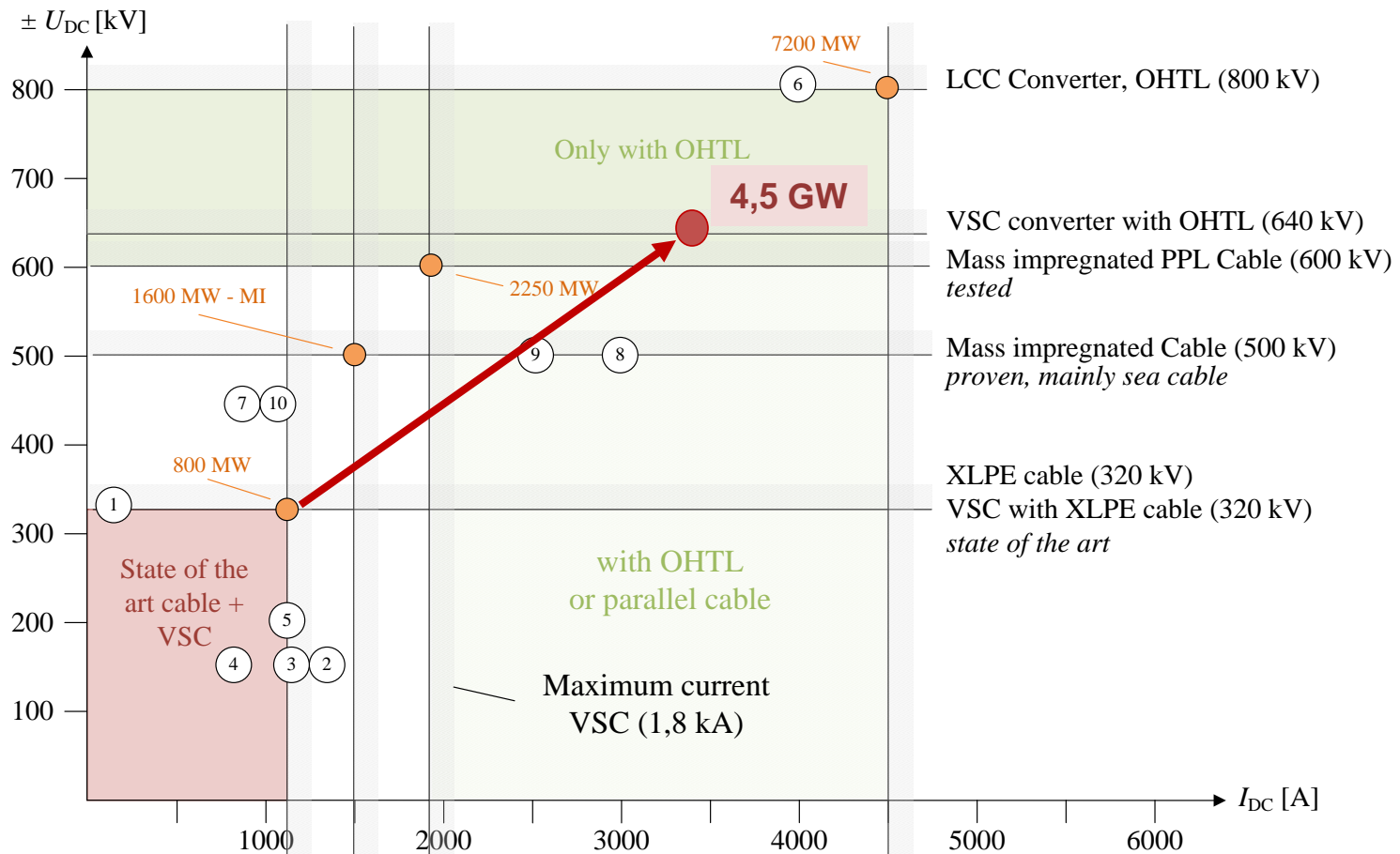


Annahmen

- Ausführung in DC mit möglichst wenig Stationen
- Es gibt keine Leistungsbeschränkung der VSC-Technologie
- Redundanz muss bzgl. Leitungen, nicht bzgl. Stationen vorgehalten werden
- DC Schaltgeräte sind kommerziell verfügbar
- Leistungsaustausch mit Nachbarländern ist hier unberücksichtigt
- Keine Bewirtschaftung von (neuen) Speichern im Netzbetrieb



VSC Rating – Verdopplung: +/- 650 kV; 3,5 kA in 2035 !?! –



State of the art land cable (1250 A)

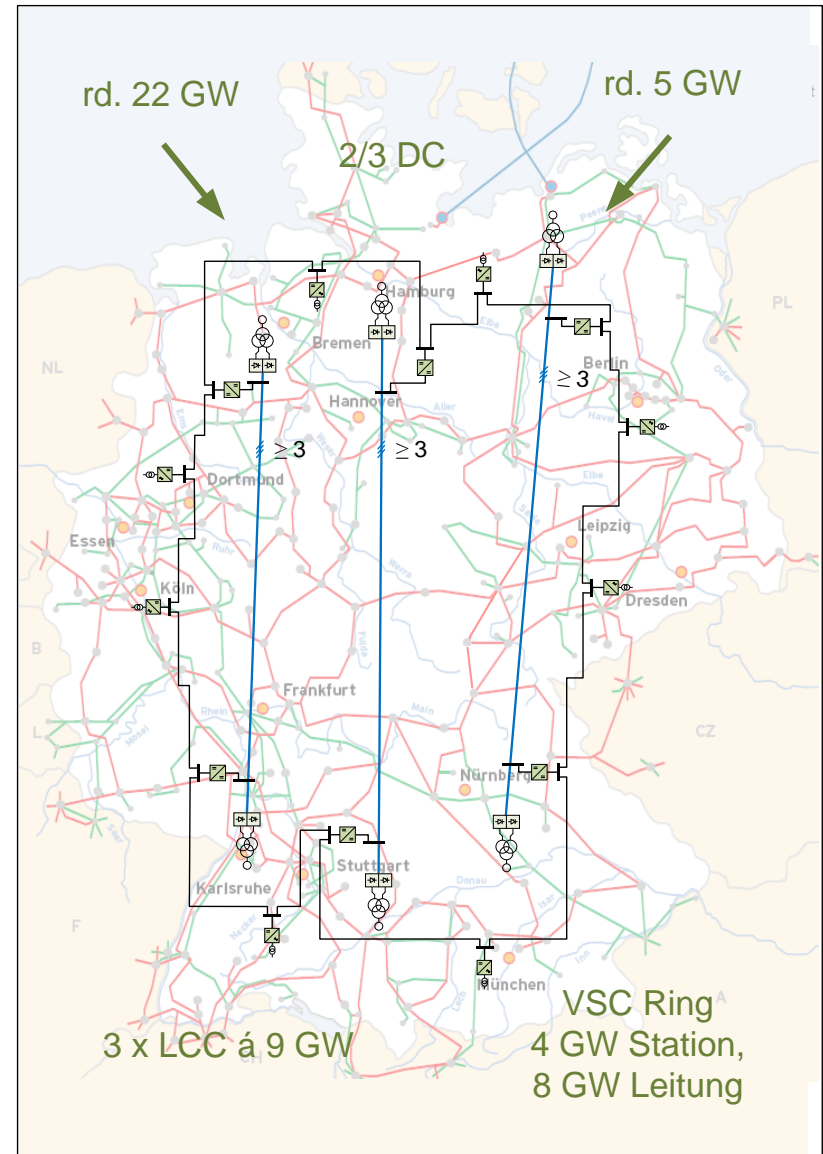
Maximum current, MI Sea Cable (1600 A)

Theor. max. land cable XLPE (1875 A), Cu wire, best case cooling

Maximum current, LCC + OHTL (4,5 kA)

Annahmen

- Wie zuvor
- Ausführung über gemischt Technologie (VSC als Ring und LCC als 3 x Punkt zu Punkt Verbindung)
- Leitungstechnologie offen
- LCC Technologie mit Freileitung heute bis ca. 7 GW bereits verfügbar als Punkt-zu-Punkt Verbindung
- Rating von VSC heute deutlich kleiner als erforderlich ...

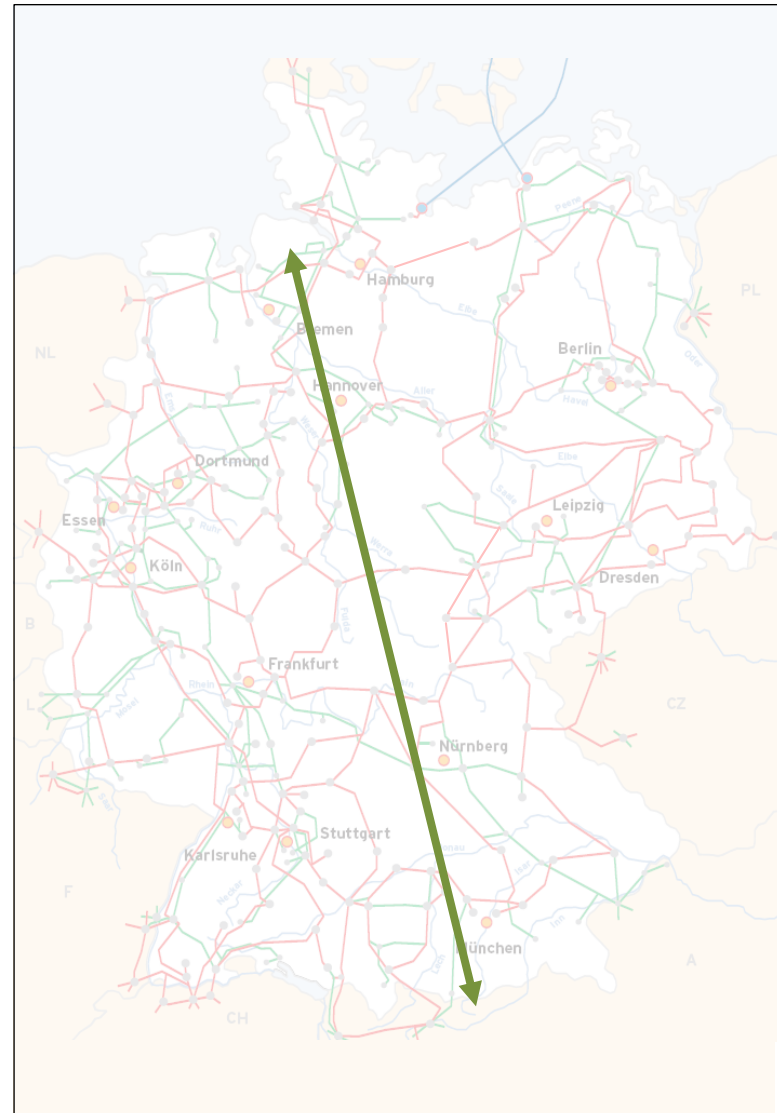


Anforderung

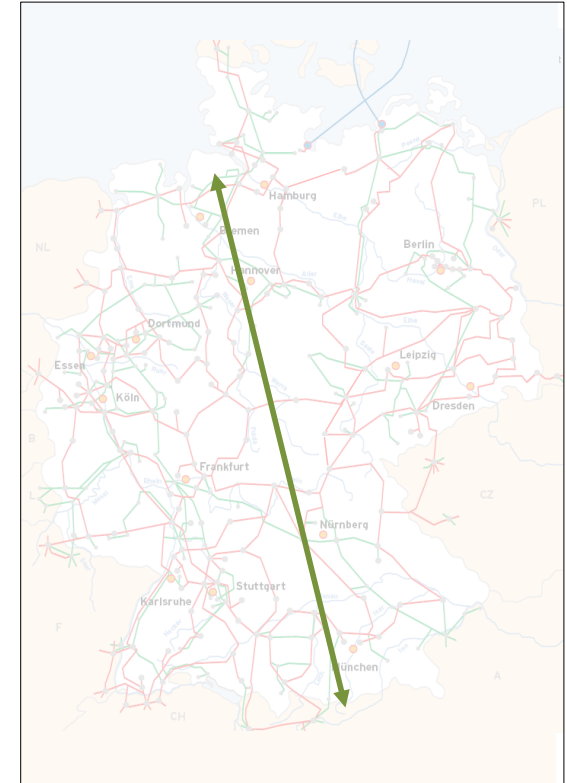
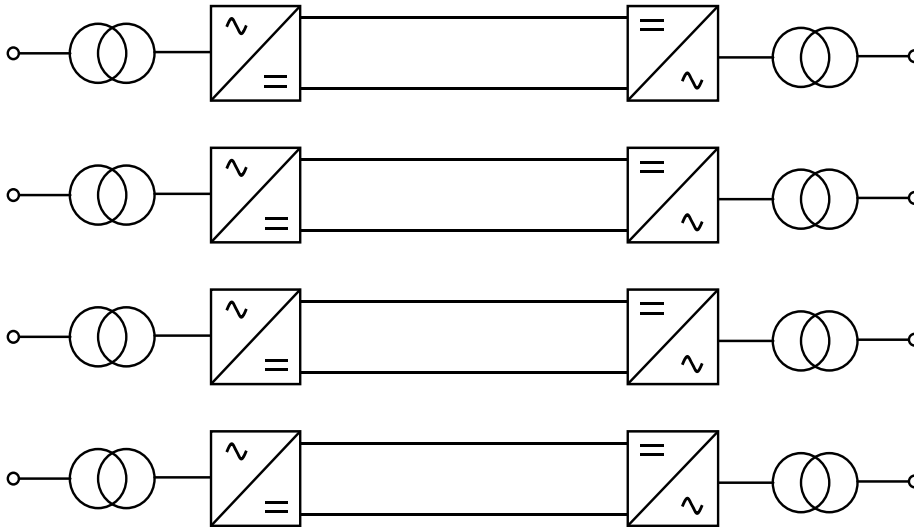
- 2.500 MW über 1.000 km
- Redundante Übertragung (n-1)-Sicherheit

Untersuchung

- Technische Möglichkeiten und Grenzen unter Einsatz von HGÜ-Technologie
- Grobe Kosten- und Machbarkeitsabschätzung



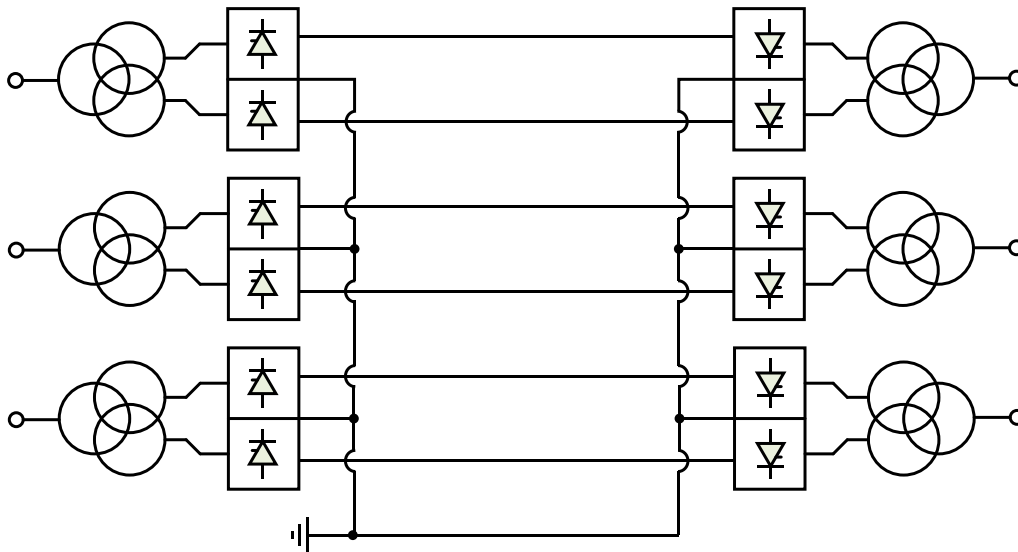
3 aus 4 Redundanz – 2,5 GW (2010) – Landkabel



Ausführungsbeispiel mit 2010-Technologie (2,5 GW redundant)

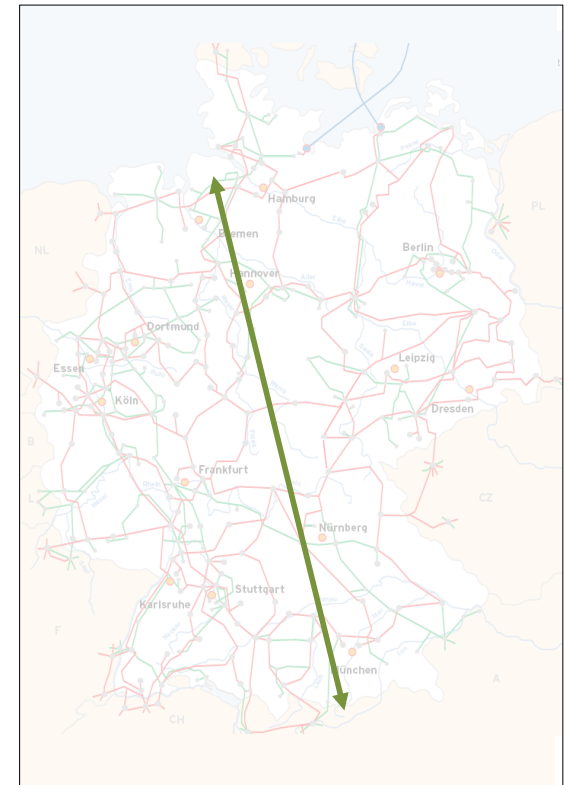
- Gleichspannung $\pm 320 \text{ kV}$
- Gleichstrom pro System 1.302 A
- Wirkleistung (n) $4 \times 833,3 \text{ MW} \approx 3.333 \text{ MW}$ (1,3 x Installationsbasis)
- Wirkleistung ($n-1$) $3 \times 833,3 \text{ MW} \approx 2.500 \text{ MW}$
- Technologie Gleichstromkreis XLPE-Kabel
- Flächenbedarf Kopfstationen $\text{ca. } 2 \times 4 \times 10 \text{ m}^2/\text{MW} \times 833 \text{ MW} \approx 66.640 \text{ m}^2$ ¹
- Trassenbreite..... $< 8 \times 8 \text{ m} = 64 \text{ m}$
- Kabellänge..... $8 \times 1.000 \text{ km} = 8.000 \text{ km}$ (ca. 5 x Installationsbasis)
- Anzahl der Muffen (1,5 km Segmente) 5.333 Muffen
- Dauer Muffenmontage zwischen 20 Teamjahre² und 40 Teamjahre

3 aus 4 Redundanz – 2,5 GW (2010) - Landkabel

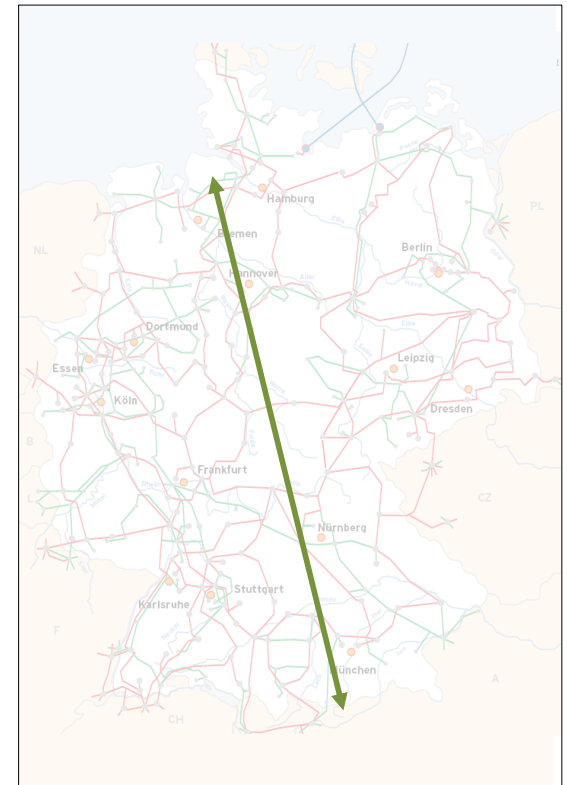
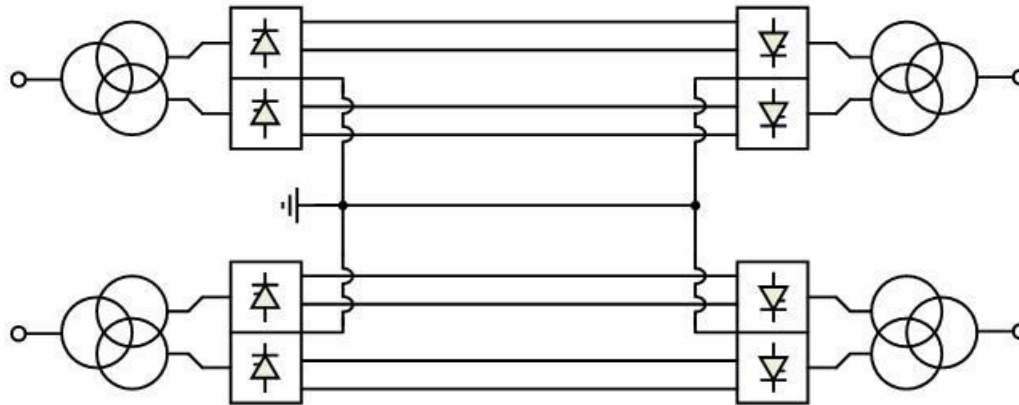


Ausführungsbeispiel mit 2010-Technologie (2,5 GW redundant)

- Gleichspannung $\pm 500 \text{ kV}$
- Gleichstrom pro System 1.250 A
- Wirkleistung (n) $3 \times 1.250 \text{ MW} \approx 3.750 \text{ MW}$
- Wirkleistung (n-1) $2 \times 1.250 \text{ MW} \approx 2.500 \text{ MW}$
- Technologie Gleichstromkreis MI-Kabel
- Flächenbedarf Kopfstationen $\text{ca. } 3 \times 25 \text{ m}^2/\text{MW} \times 1.250 \text{ MW} \approx 93.750 \text{ m}^2$
- Trassenbreite..... $< 6 \times 8 \text{ m} = 48 \text{ m}$
- Kabellänge..... $6 \times 1.000 \text{ km} = 6.000 \text{ km MI-500-kV-Kabel}$ sowie
 $1 \times 1.000 \text{ km MS-Kabel als Erdausgleichsleiter}$
- Anzahl der Muffen (1 km Segmente) $6.000 \text{ Muffen (Nur HS Kabel)}$
- Dauer Muffenmontage *zwischen 45 Teamjahre und 92 Teamjahre nur Muffen für HS-Kabel*



1 aus 2 Redundanz – 2,5 GW (2010) – Landkabel



Ausführungsbeispiel mit 2010-Technologie (2,5 GW redundant)

- Gleichspannung $\pm 500 \text{ kV}$
- Gleichstrom pro System 2.500 A
- Wirkleistung (n) $2 \times 2.500 \text{ MW} \approx 5.000 \text{ MW}$
- Wirkleistung (n-1) $1 \times 2.500 \text{ MW} \approx 2.500 \text{ MW}$
- Technologie Gleichstromkreis MI-Kabel – jeweils 2 parallele Kabel pro Pol
- Flächenbedarf Kopfstationen $\text{ca. } 2 \times 25 \text{ m}^2/\text{MW} \times 2.500 \text{ MW} \approx 125.000 \text{ m}^2$
- Trassenbreite $< 8 \times 8 \text{ m} = 64 \text{ m}$
- Kabellänge $8 \times 1.000 \text{ km} = 8.000 \text{ km MI-500-kV-Kabel}$ sowie
 $1 \times 1.000 \text{ km MS-Kabel als Erdausgleichsleiter}$
- Anzahl der Muffen (1 km Segmente) 8.000 Muffen (Nur HS Kabel)
- Dauer Muffenmontage zwischen 61 Teamjahre und 123 Teamjahre nur
Muffen für HS-Kabel

Zusammenfassung & Ausblick

- Wesentliche Komponenten für vermaschtes Overlaynetz noch nicht verfügbar
- Weiterentwicklung HGÜ-Technologie erforderlich
- Maximale Leistung HGÜ-Technologie limitiert durch Nennspannungen Kabel
- Technologievariante „Freileitung“ steht zur Verfügung
- Neue Verlegetechnologien für Kabel erforderlich
- „Overlay-Undergrounding“-Bestrebungen generieren immensen Kabelbedarf auch bei Verfügbarkeit höherer Nennspannungen

