

Betriebsmittel für das Supergrid der Zukunft

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Schichler
Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement
Technische Universität Graz

14. Symposium Energieinnovation
Graz, 10.-12.02.16

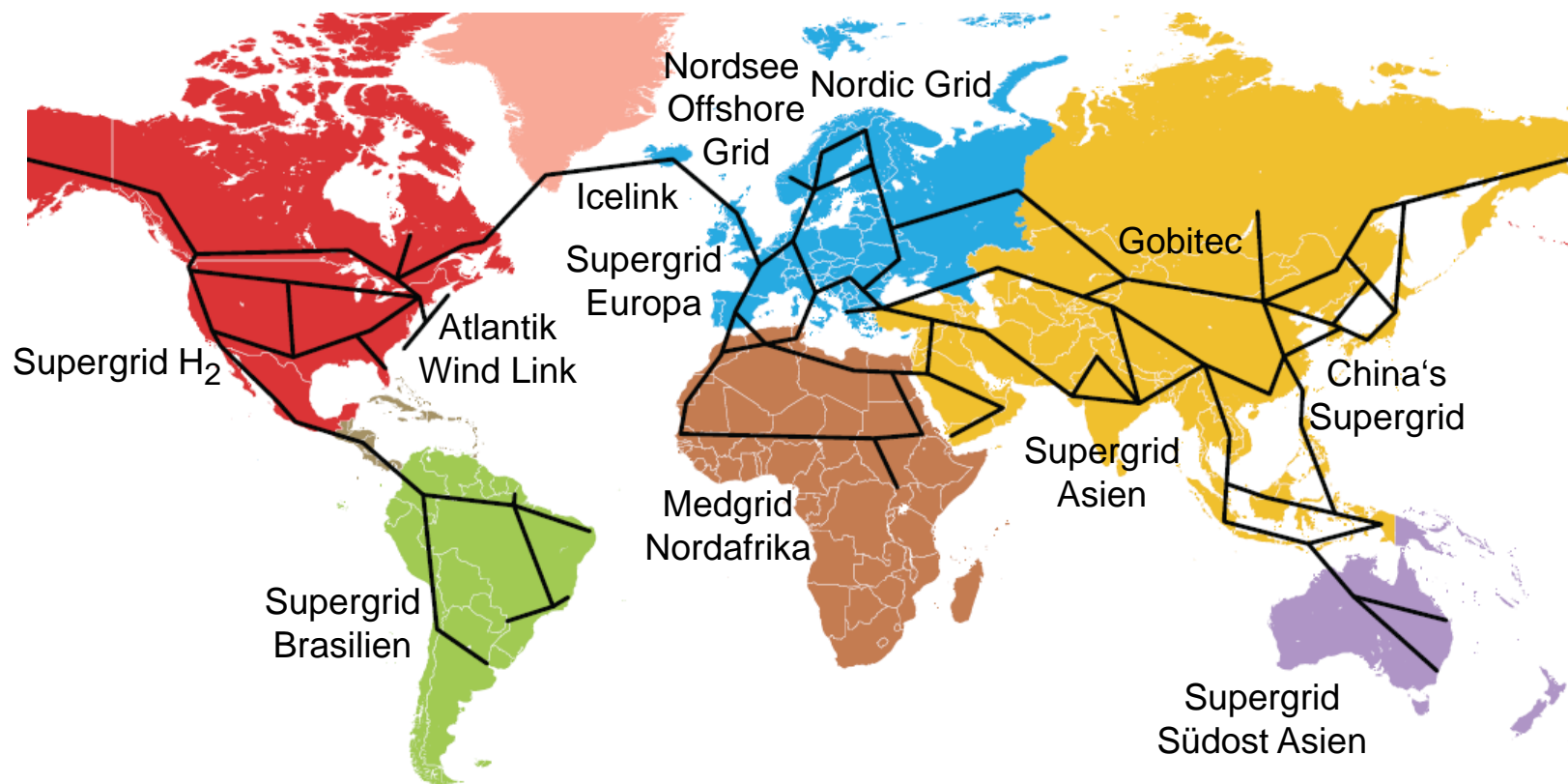
EnInnov2016
14. Symposium Energieinnovation

Der Begriff „Supergrid“ ...

| | |
|------|---|
| 1960 | Erste Verwendung des Begriffs bezieht sich auf das Hochspannungsübertragungsnetz in UK |
| 1994 | Initiativen und Konzepte für Europäisches Übertragungsnetz |
| 2009 | Projekt Desertec |
| 2010 | Initiative Nordsee Offshore Netz |
| 2010 | Friends of the Supergrid: HGÜ-Netz für die Übertragung von dezentral erzeugter Energie zu den Lastschwerpunkten |
| 2013 | Aufheben der Engpässe in den Übertragungsnetzen |
| 20xx | Erweiterung und Verbindung existierender Übertragungsnetze |

Supergrid → Global Supergrid → Megagrid

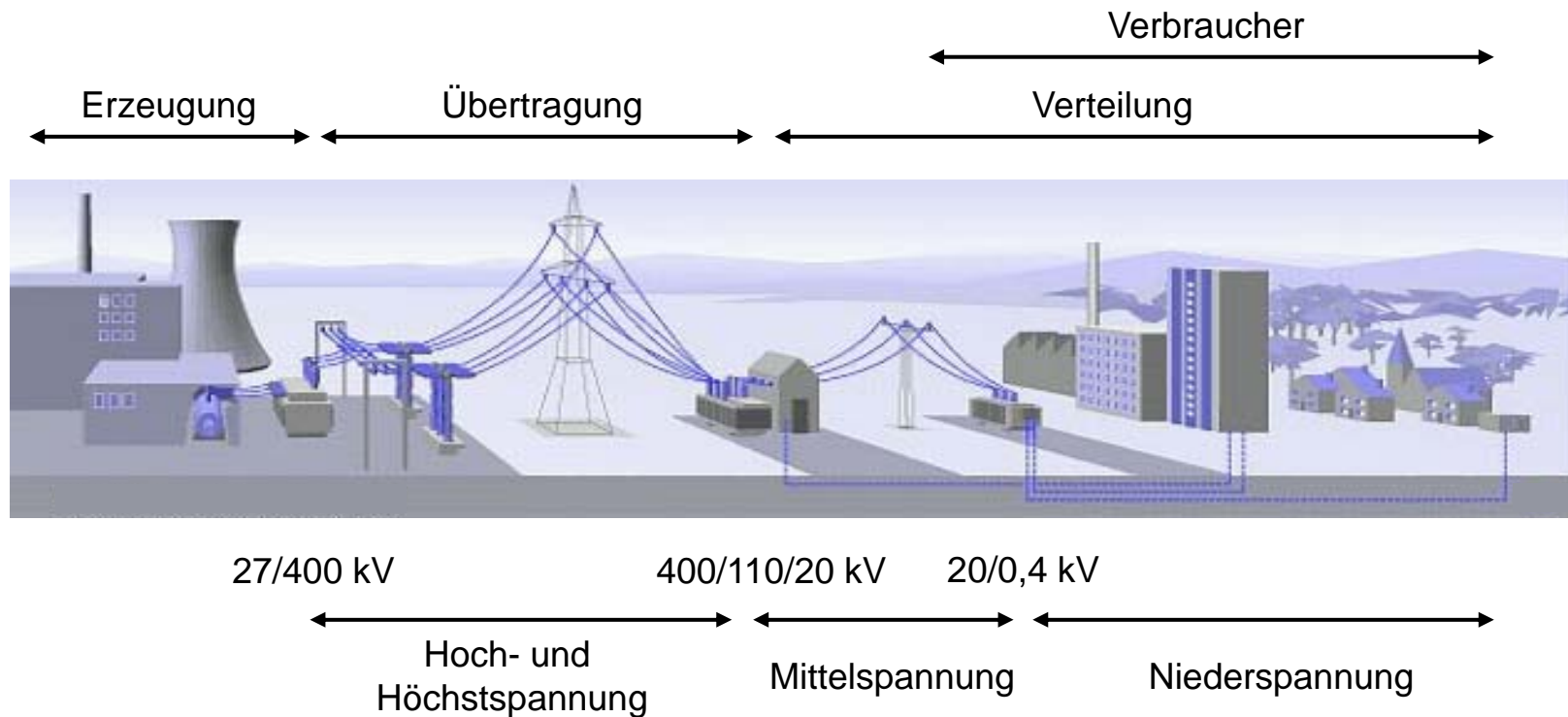
Global Supergrid



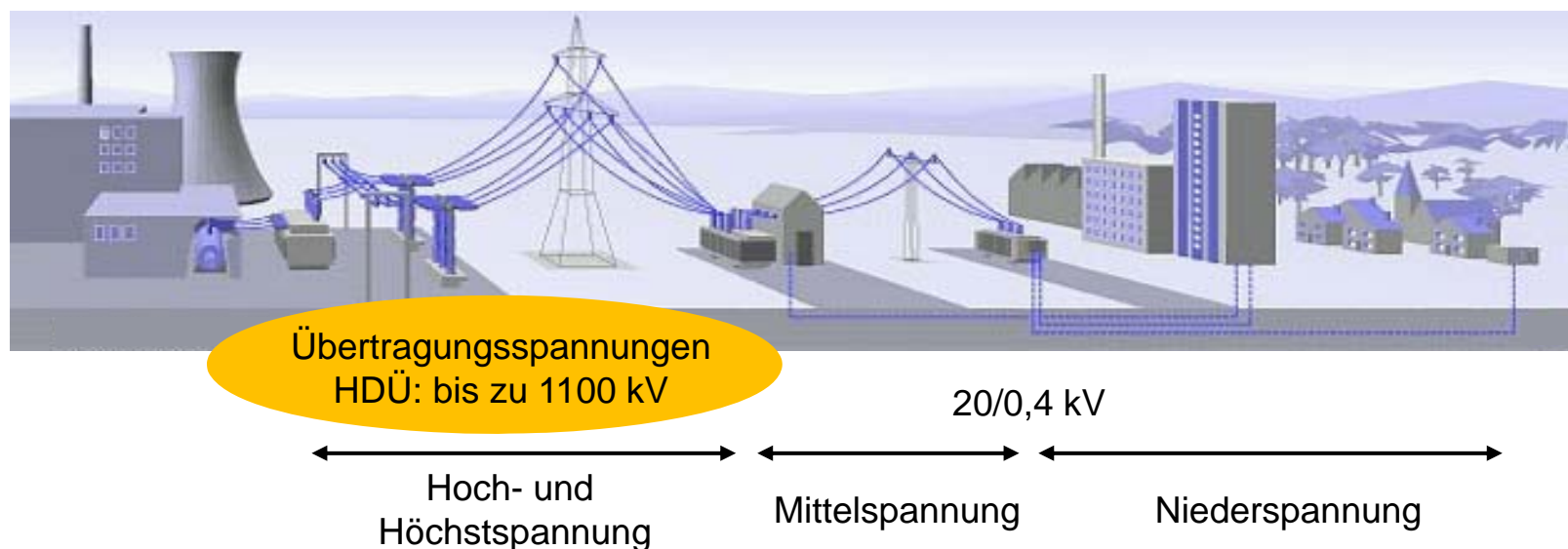
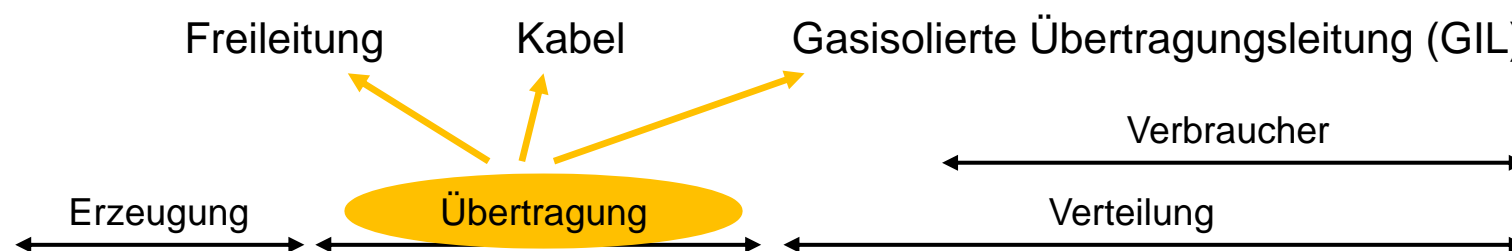
Startpunkte: Supergrids in China und Europa (?)

... Hybrid-Netze: HDÜ/HGÜ

Hochspannungs-Drehstrom-Übertragung (HDÜ)

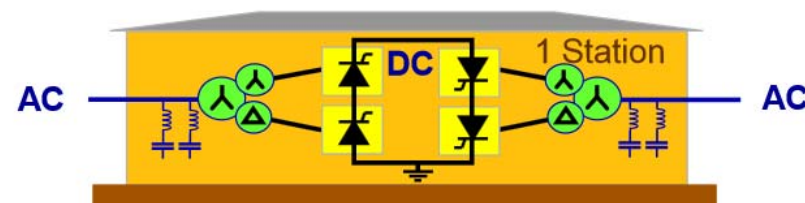


Hochspannungs-Drehstrom-Übertragung (HDÜ)

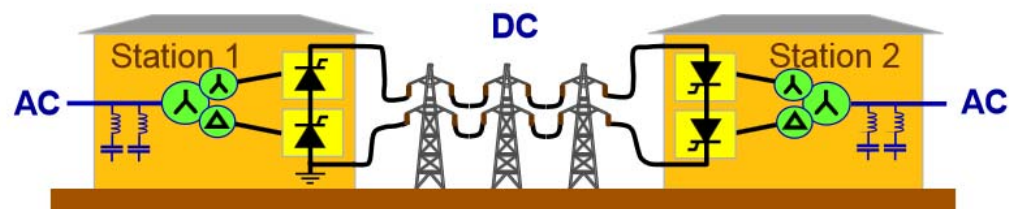


Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)

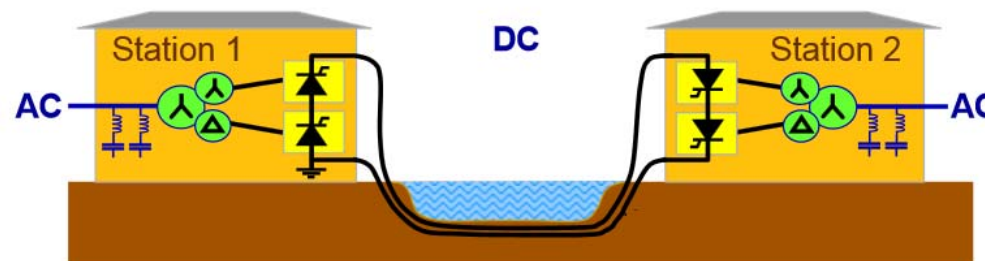
Kurzkupplung



Punkt-zu-Punkt mit Freileitung



Punkt-zu-Punkt mit Kabel oder GIL





























Technologien:

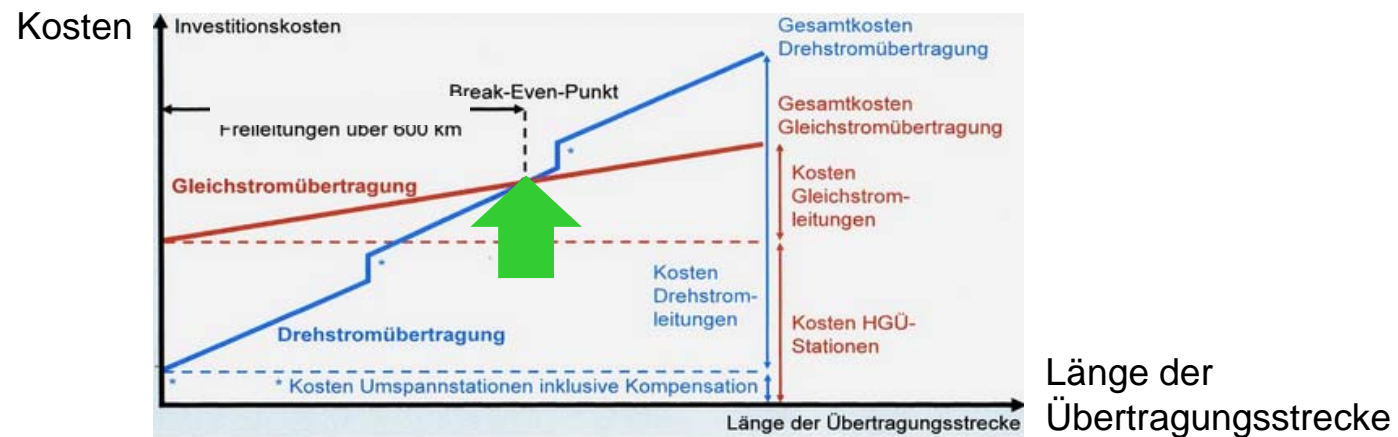
CSC-HGÜ mit Thyristoren, 8 kV, 4500 A, 7200 MW @ ± 800 kV DC

VSC-HGÜ mit Transistoren (IGBT), 4,5 kV, 1250 A, 1000 MW @ ± 320 kV DC

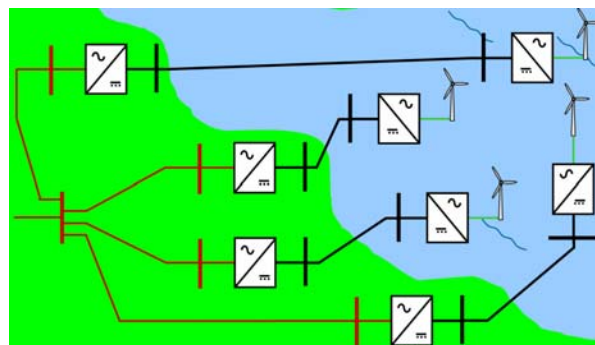
Freileitungsvarianten für die Übertragung von 18 GW mit HDÜ und HGÜ

| | | | |
|------------------------|--|---|----------------------------|
| AC 800 kV (460 kV) |          |  | 9 Systeme 2 GW/System |
| AC 1000 kV (580 kV) |       |  | 6 Systeme 3 GW/System |
| HVDC 600 kV |     |  | 4 Systeme 4,5 GW/System |
| HVDC 800 kV |    |  | 3 Systeme 6 GW/System |

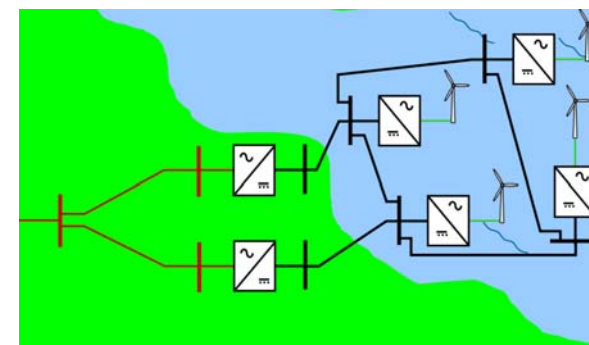
Kostenvergleich: HDÜ zu HGÜ



Stand-der-Technik und nächster Schritt zum Supergrid: DC-Netz



Punkt-zu-Punkt-Verbindung

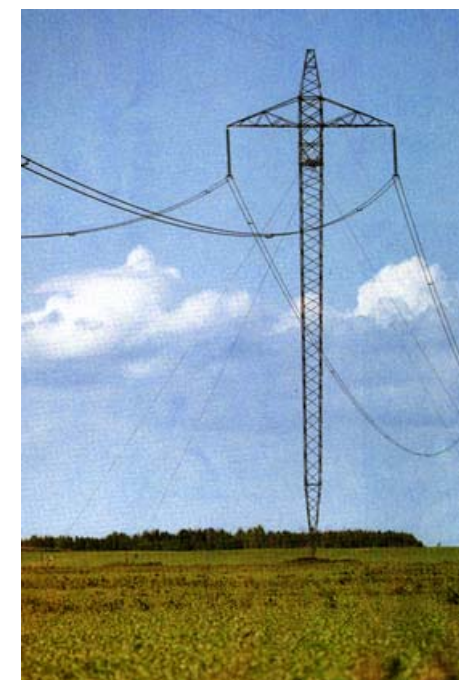


DC-Netz

Übertragungsleitungen für HDÜ und HGÜ

Freileitung

HDÜ bis 1100 kV
HGÜ bis ± 800 kV
bzw. ± 1000 kV***



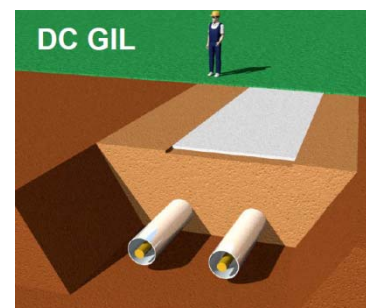
Kabel

HDÜ bis 500 kV
HGÜ bis ± 320 (500) kV*
bzw. ± 600 kV**



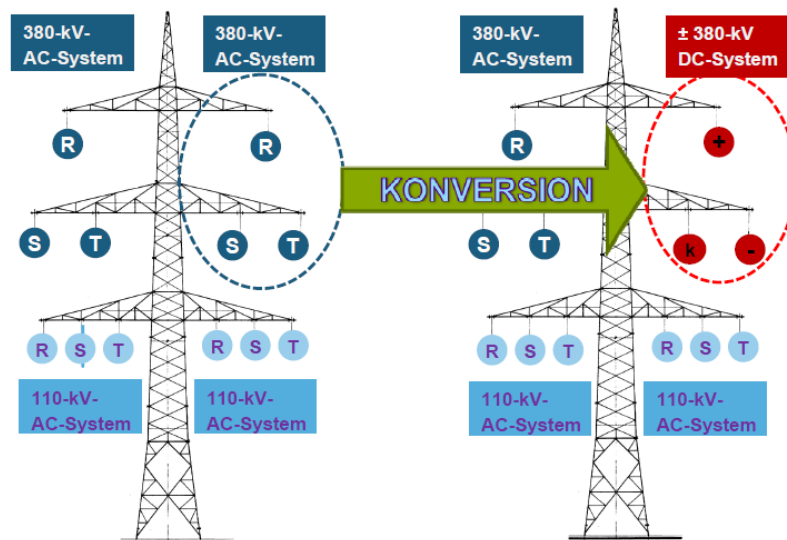
GIL

HDÜ bis 800 kV
HGÜ bis ± 500 kV***



* Kunststoffkabel (VPE)
** Masse-Kabel
*** in der Entwicklung

Freileitungen für HDÜ und HGÜ



Hybrid-Mast für HDÜ/HGÜ

Umbau bereits bestehender Freileitungen,
geplant für Pilotprojekt ULTRANET



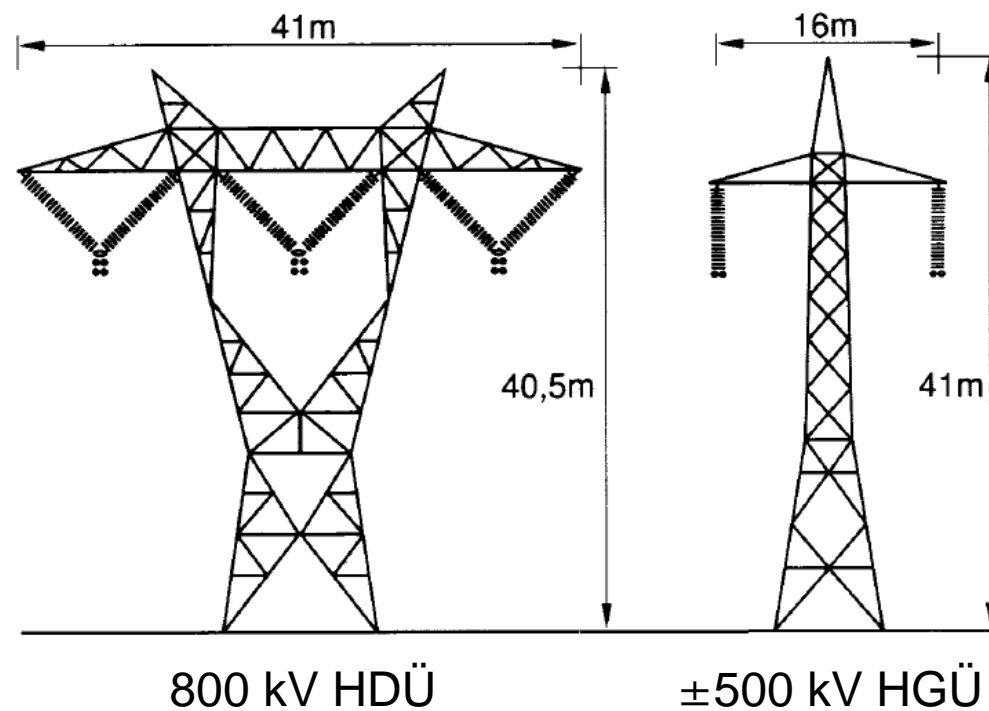
1100 kV HDÜ
640-km-Pilotnetz in China



±800 kV HGÜ
2200 km in China

Quelle: Amprion, State Grid China

Freileitungen für HDÜ und HGÜ - Übertragung von 3 GW

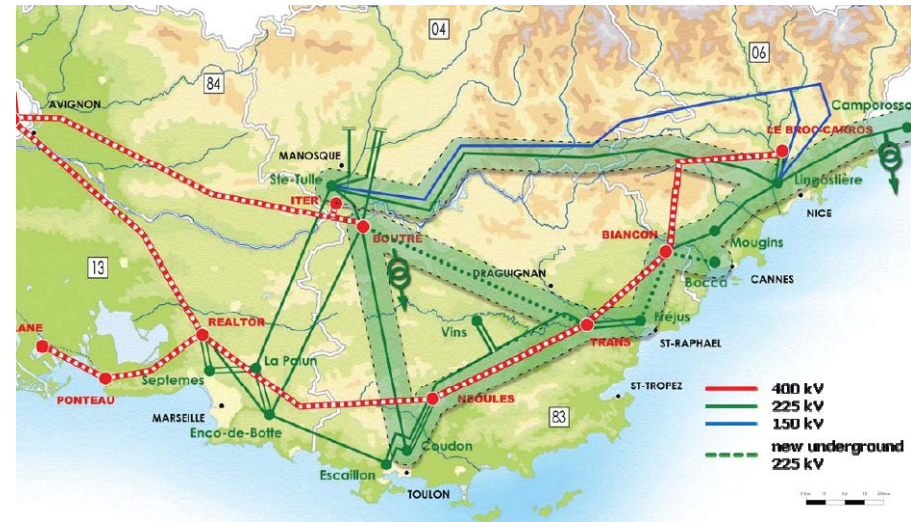


Kabel für HDÜ

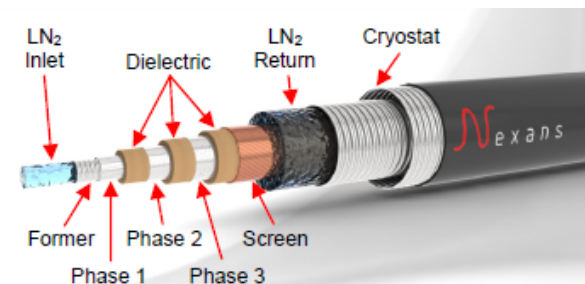


500-kV-VPE-Kabel
2500 mm²

AmpaCity-Projekt, Essen
10-kV-HTS-Kabel
(anstelle 110-kV-VPE-Kabel)






Süd-Frankreich
220-kV-VPE-Kabel, 110 km Länge



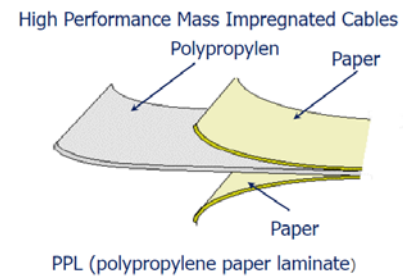
Quelle: Südkabel, Nexans, CIGRE Report B1-303

Kabel für HGÜ

| | Extruded Cables | Mass Impregnated Cables | |
|--------------------------|---|---|---|
| CHARACTERISTICS |  |  |  |
| Insulation | XLPE | MI paper | MI-PPL |
| Maximum voltage | ± 320 kV | ± 500 kV | ± 600 kV |
| Maximum power per bipole | 1000 MW | 1800 MW | 2200 MW |

Quelle: Prysmian

Kabel für HVDC



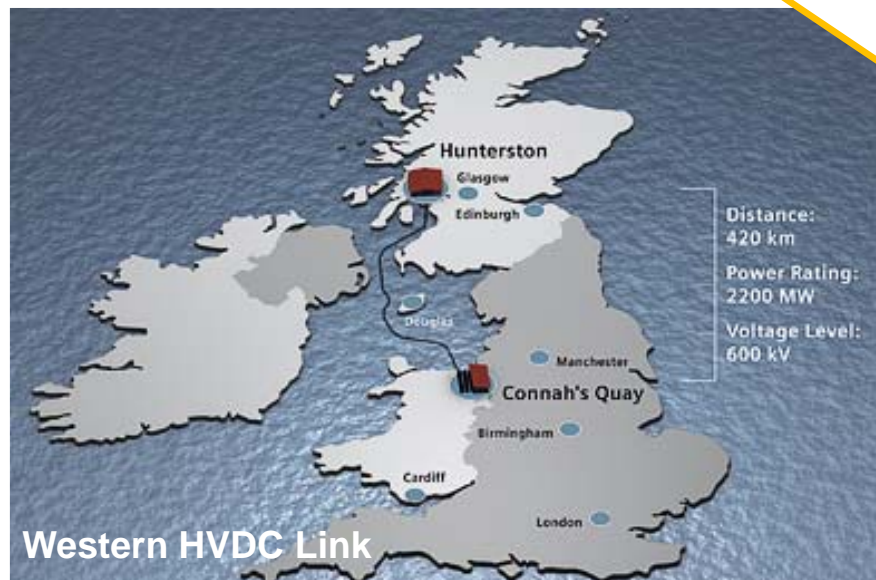
Mass Impregnated Cables



MI-PPL

± 600 kV

2200 MW



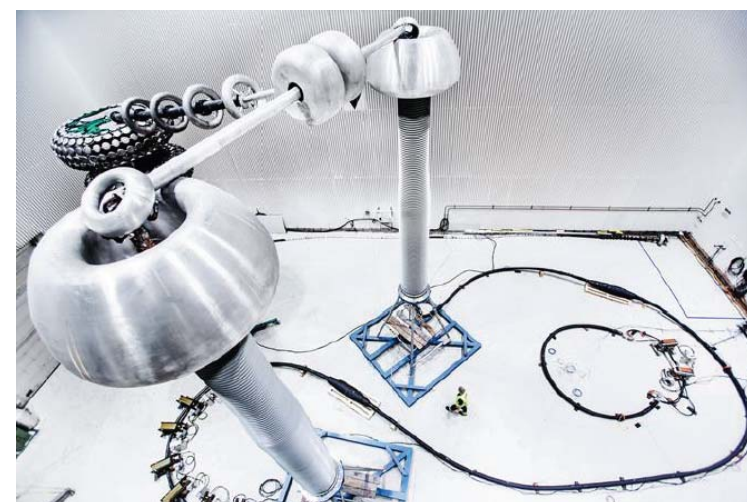
Quelle: Prysmian

Kabel für HGÜ

| Extruded Cables | |
|--------------------------|---|
| CHARACTERISTICS |  |
| Insulation | XLPE |
| Maximum voltage | ± 320 kV |
| Maximum power per bipole | 1000 MW |

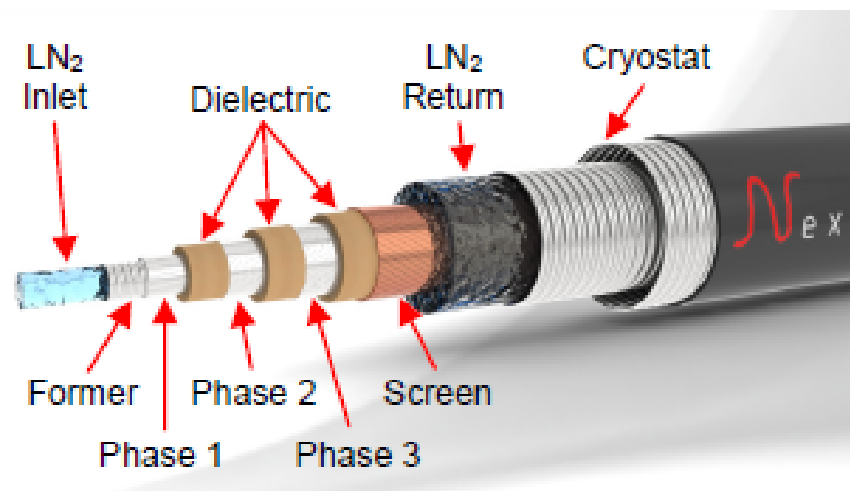


NEU seit 2015:
 ± 525 kV VPE
 2600 MW

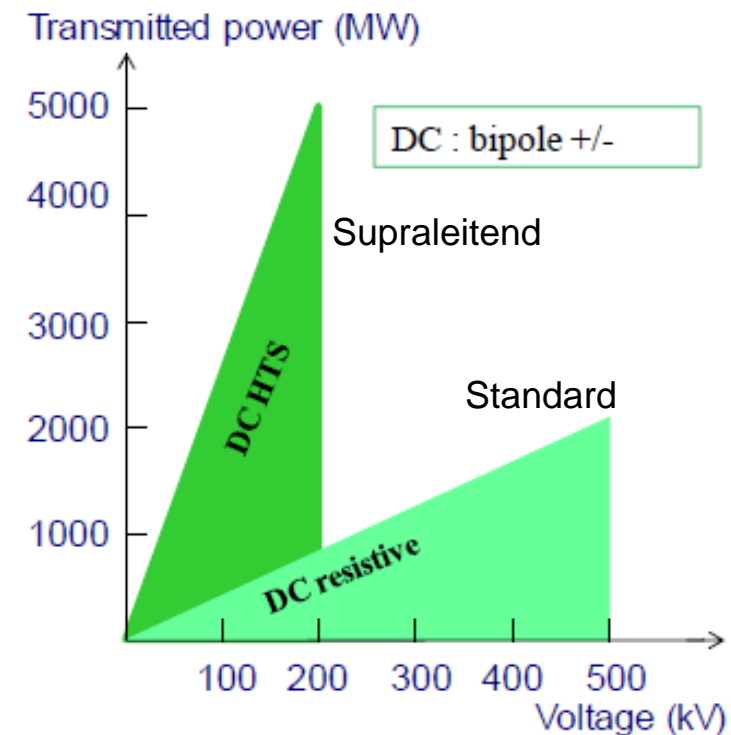


Quelle: Prysmian, ABB

Supraleitende Kabel für HDÜ und HGÜ



10-kV-HDÜ-Kabel, AmpaCity, Essen
Pilotprojekt, anstelle 110-kV-Kabel



HGÜ-Kabel

Quelle: Nexans

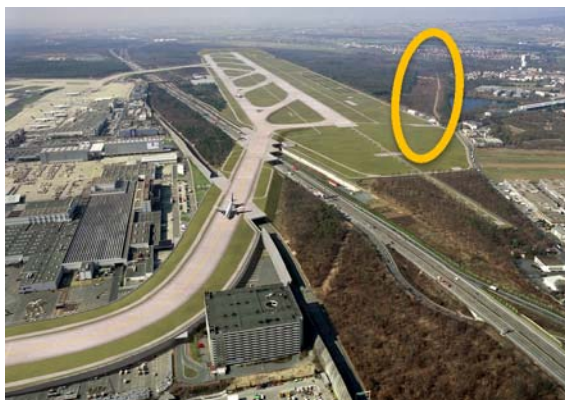
Gasisolierte Übertragungsleitung (GIL) für HDÜ und HGÜ



GIL-Verlegung im Tunnel oder oberirdisch im Bereich von Schaltanlagen

Quelle: AZZ-CGIT, Siemens

Gasisolierte Übertragungsleitung (GIL) für HDÜ und HGÜ Pilotprojekt Kelsterbach: 420-kV-HDÜ-GIL, direkte Erdverlegung



Flughafen Frankfurt/M.

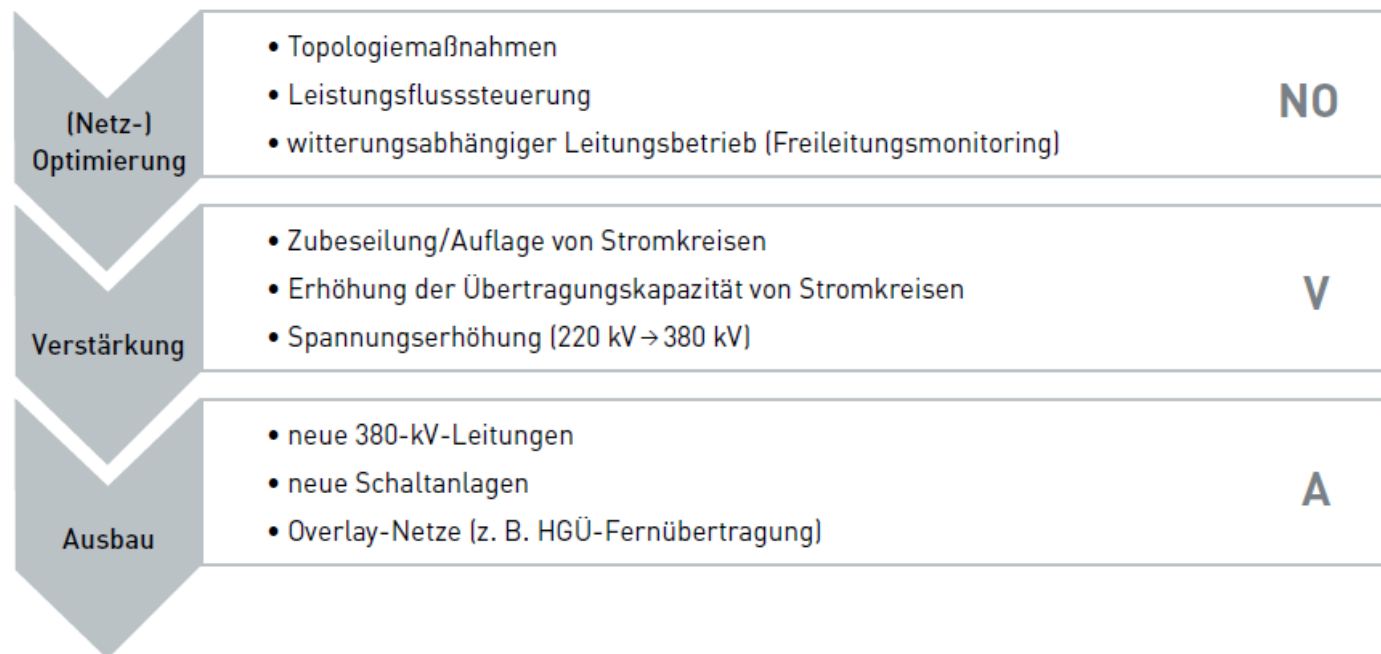


Prinzipbild



Quelle: Siemens

Der Weg zu Europa's Supergrid - Netzentwicklungsplan und NOVA

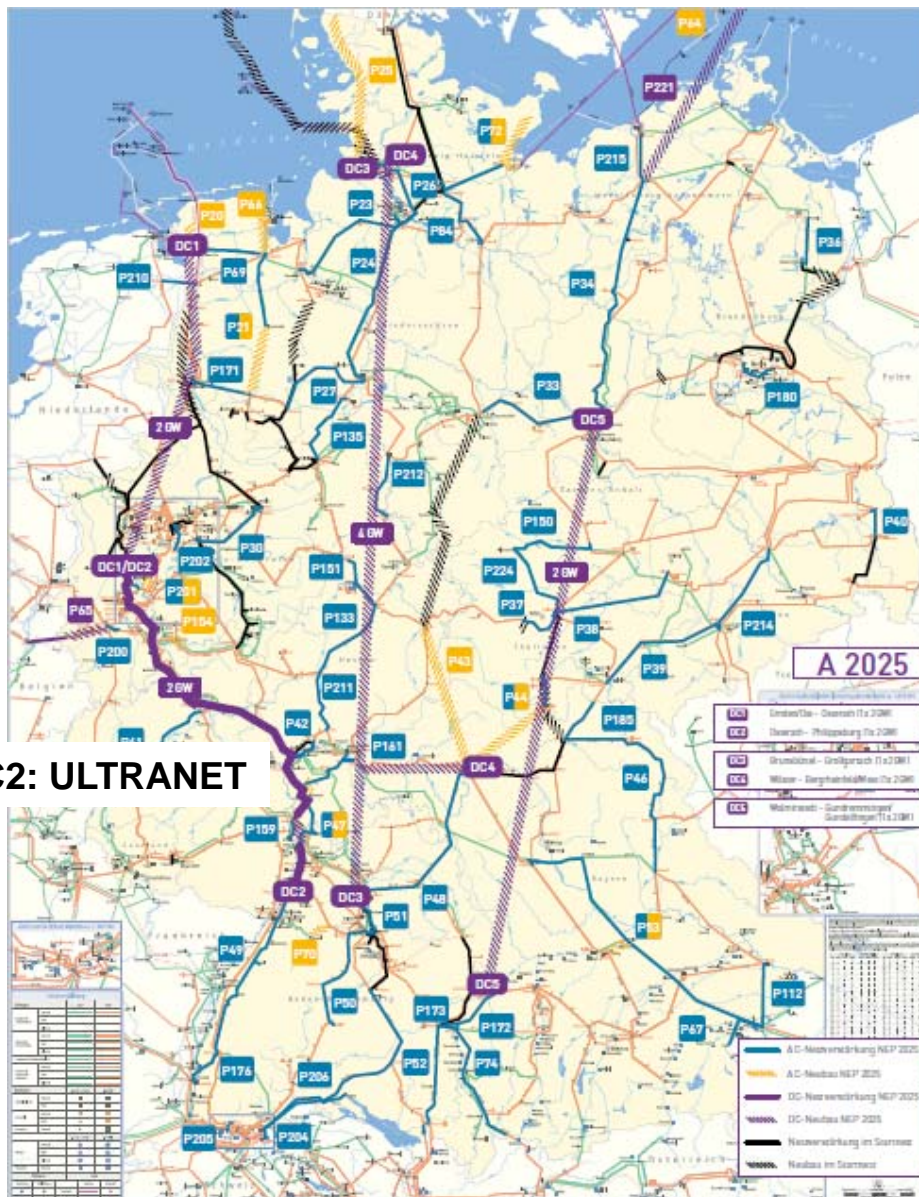


Quelle: BNetzA

Energie Zentrum Graz

NETZENTWICKLUNGSPLAN STROM 2025, VERSION 2015

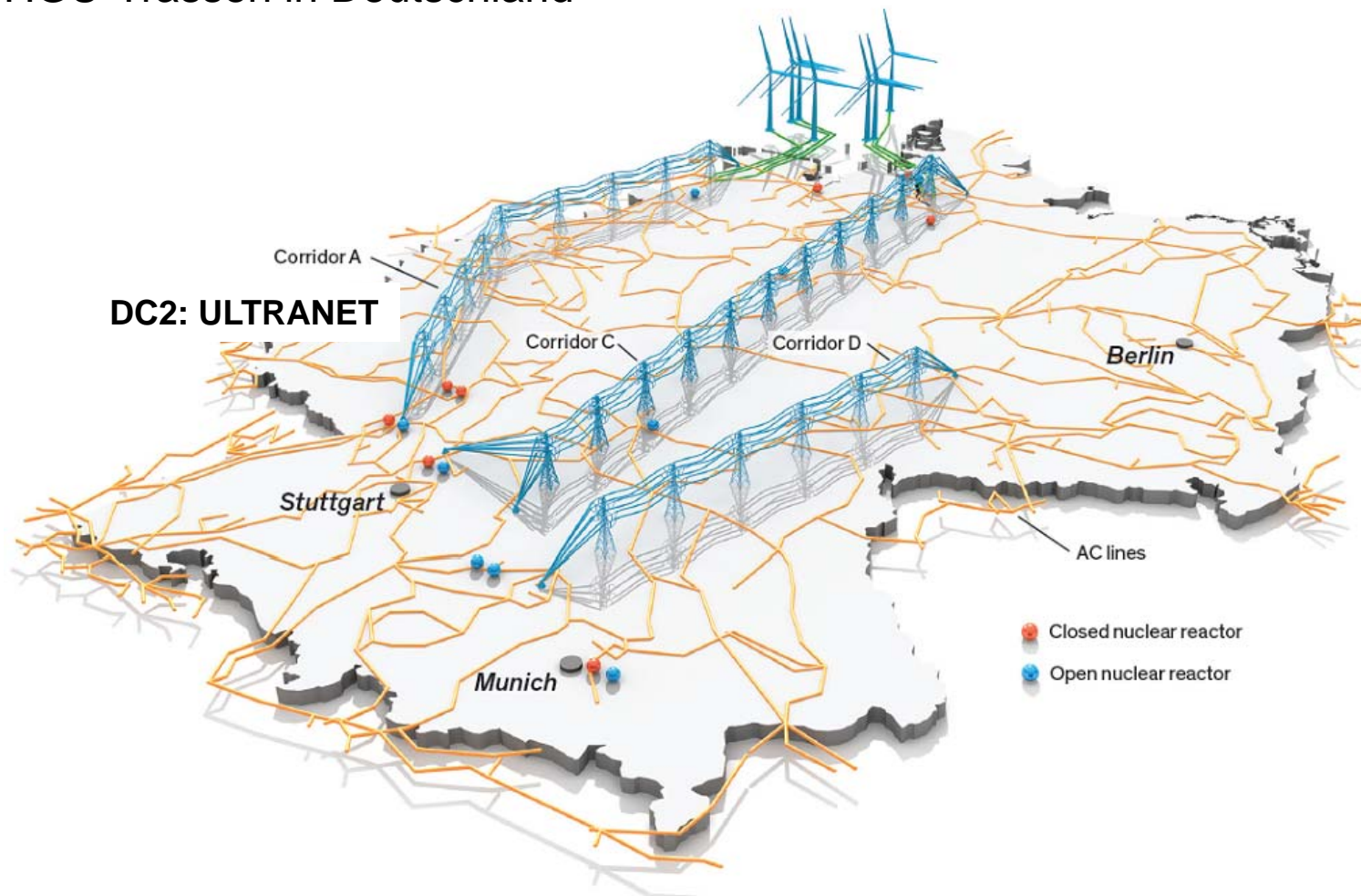
ERSTER ENTWURF DER
ÜBERTRAGUNGSNETZBETREIBER

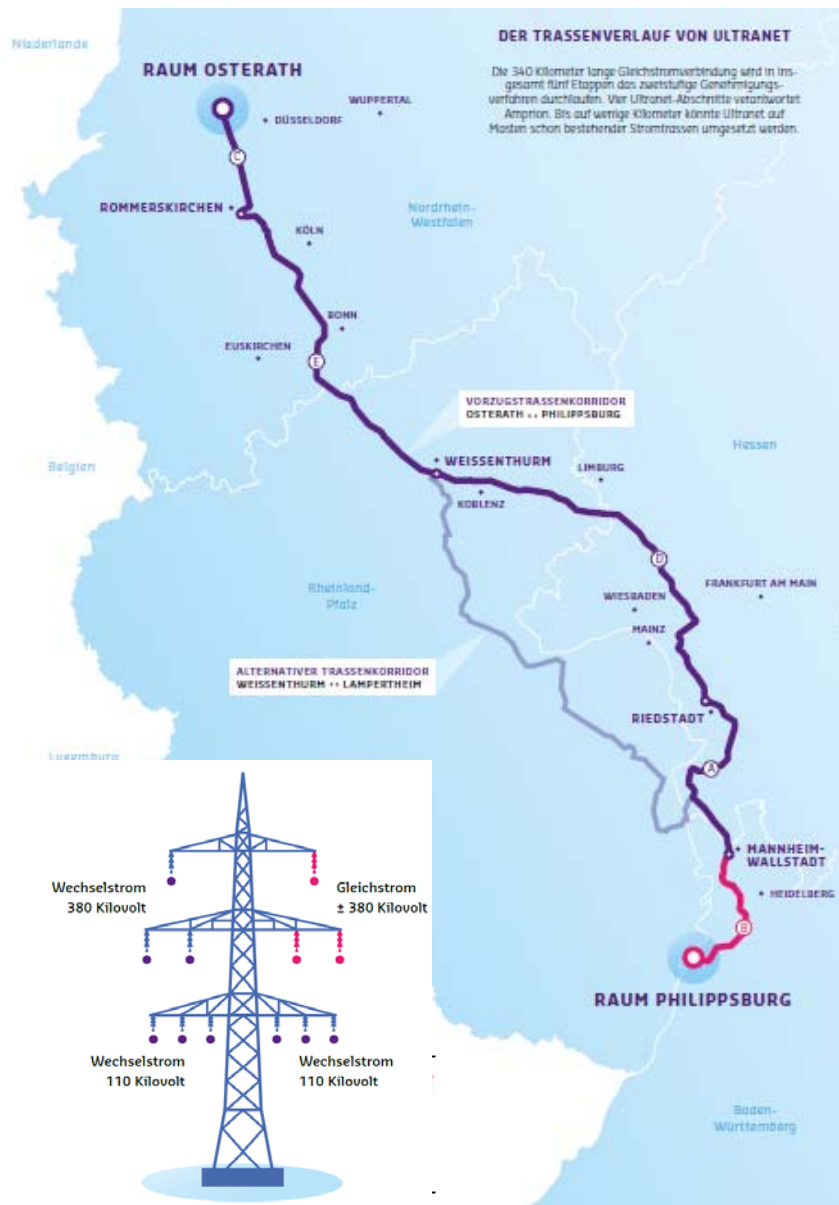


HGÜ-Trassen in Deutschland

| | |
|-----|---|
| DC1 | Emden/Ost - Osterath (1 x 2 GW) |
| DC2 | Osterath - Philippsburg (1 x 2 GW) |
| DC3 | Brunsbüttel - Großgartach (1 x 2 GW) |
| DC4 | Wilster - Bergtheimfeld/West (1 x 2 GW) |
| DC5 | Wolmirstedt - Gundremmingen/ Gundelfingen (1 x 2 GW) |

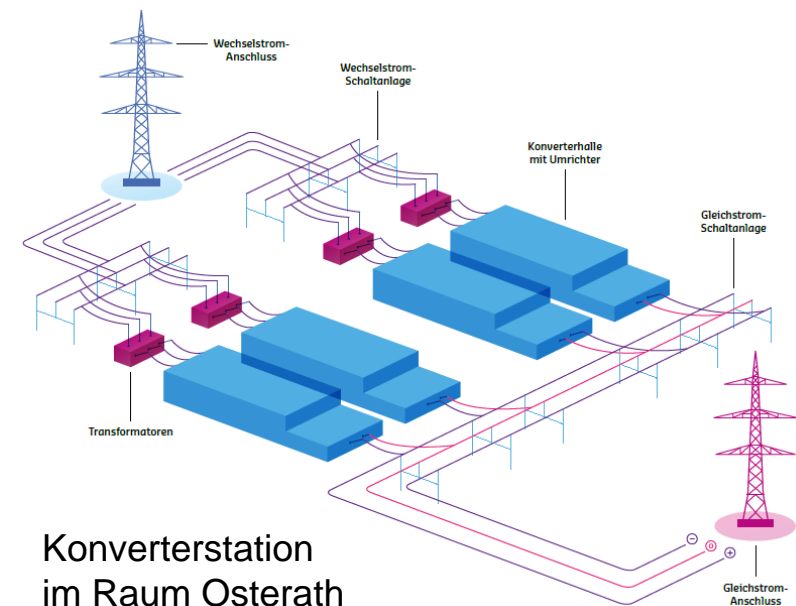
HGÜ-Trassen in Deutschland





Energie Zentrum Graz

ULTRANET
HGÜ-Pilotprojekt, ± 380 kV,
1 System, Freileitung, 340 km,
2 GW, 4 Konverter á 500 MW,
Fertigstellung: 2019



Konverterstation
im Raum Osterath

Quelle: Amprion

Betriebsmittel in einer HGÜ-Konverterstation



Konverter



Glättungs-
und
Filterspulen



HGÜ-
Transformatoren



AC- und DC-Schaltanlage

Zusammenfassung und Ausblick für Europa

Übertragungsnetze sind im Wandel: Hybrid-Netze entstehen (HDÜ/HGÜ)

Ziel: Supergrid Europa

Phase 1: bis 2025

Netzausbau gemäß NOVA mit zunehmender Integration von HGÜ

Aufbau von Hybrid-Netzen und regionalen HGÜ-Netzen

Phase 2: 2025 - 2035

Koordination und Aufbau von Europa's Supergrid

Aktueller Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Hybrid-Netze: Topologie und Systemführung

HGÜ-Betriebsmittel

Optimierung, neue Technologien, Diagnostik

Modulare Multi-level Konverter

DC-Leistungsschalter

Gasisolierte DC-GIS/GIL

DC/DC-Transformatoren

Einbindung der Informations- und Kommunikationstechnik

 entsoe ACER
Agency for the Cooperation
of Energy Regulators cigre
INTERNATIONAL COUNCIL
ON LARGE ELECTRIC SYSTEMS

Betriebsmittel für das Supergrid der Zukunft

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Schichler
Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement
Technische Universität Graz
Email: uwe.schichler@tugraz.at

