



Dr.-Ing. Thomas Benz, AKE in der DPG, 22. Oktober 2009

Hochspannungsgleichstromübertragung Autobahnen für den Ferntransport von Elektrizität

Drehstromübertragung Bis heute das System der Wahl für Europa

Übertragungsnetz
der UCTE, Union for
the Coordination of
Transmission of
Electricity
(jetzt ENTSO-E,
European Network of
Transmission System
Operators for
Electricity)

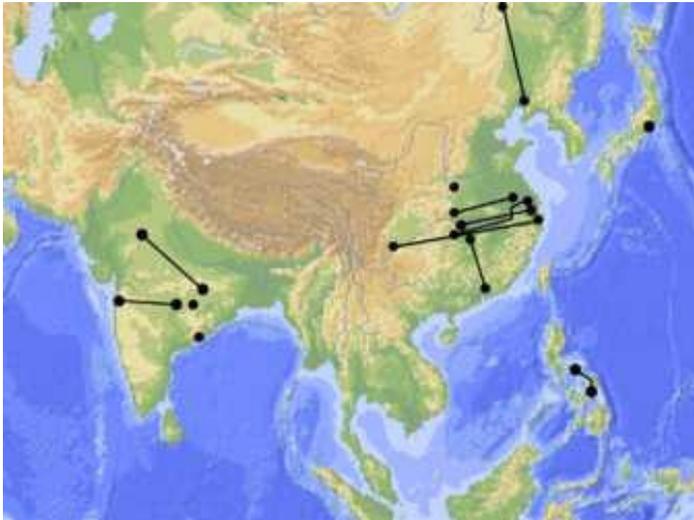
Quelle: UCTE



- Vorteile
 - Transformierbarkeit
 - Einfache elektro-mechanische Energieumwandlung
 - Stromunterbrechung
 - Frequenz als systemweite Führungsgröße
 - Vermaschbarkeit
- Grenzen
 - Weiträumige Energieübertragung (Verluste, Stabilität)
 - Drehstromkabel bereits bei Entfernungen < 100 km wegen Blindleistungsbedarfs technisch schwierig

Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) Die Alternative zur Drehstromübertragung

HGÜ-Projekte von
ABB in Asien



HGÜ-Projekte von
ABB in Europa



- Bewährte Lösung für Fernübertragung und Seekabelverbindungen
- Vorteile:
 - Geringe Verluste (Gleichstrom)
 - Geringer Flächenbedarf
 - Keine Längenbeschränkung, keine Stabilitätsprobleme
 - Kabel über große Entfernung einsetzbar, da kein Blindleistungsbedarf
- Nachteile:
 - Basiskosten für Umrichterstationen
⇒ erst bei größeren Entfernungen wirtschaftlich interessant (auf See: ab ca. 80 km, an Land ab mehreren 100 km)
 - Punkt-zu-Punkt-Verbindung (aber: selbstgeführte HGÜ vermaschbar)

HGÜ-Technik

Zwei Lösungen für unterschiedliche Anforderungen

Beispiel für den Flächenbedarf einer klassischen HVDC-Station.



600 MW, 200 x 120 x 22 m

Beispiel für den Flächenbedarf einer HVDC Light® Umrichterstation.



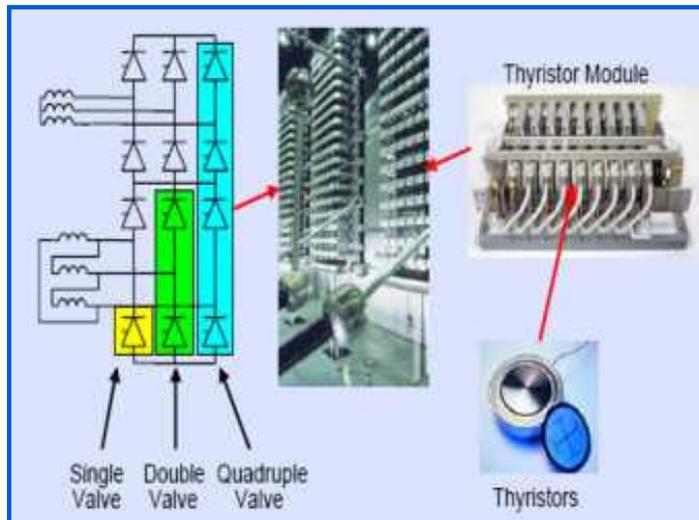
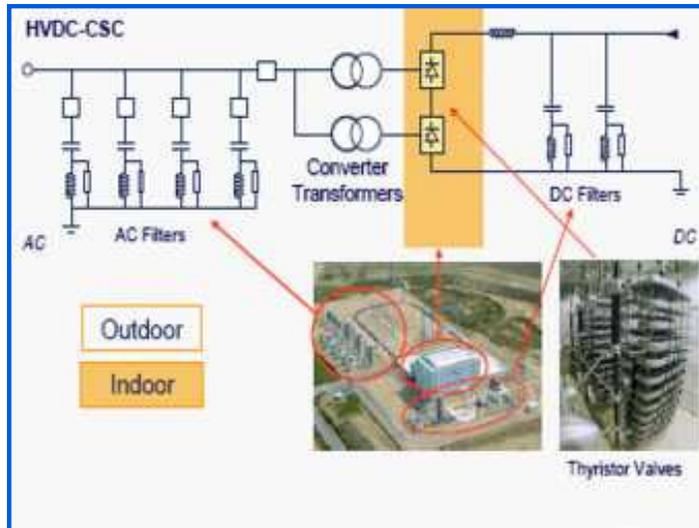
550 MW, 120 x 50 x 11 m

- HVDC Classic (Netzgeführte HGÜ)
 - Thyristor-Technik
 - Freileitung oder Massekabel (Isolation: ölpräpariertes Papier)
 - stufenweise Blindleistungsbereitstellung
 - Kurzschlussleistungsbedarf
 - Leistungsbereich: 300 – 6.400 MW
 - Fernübertragung großer Leistungen
- HVDC Light® (Selbstgeführte HGÜ)
 - IGBT-Technik
 - VPE-Kabel (Isolation: vernetztes Polyethylen) oder Freileitung
 - stufenlose Blindleistungsbereitstellung
 - dynamische Spannungsregelung
 - Schwarzstartfähigkeit
 - Leistungsbereich: 50 – 1.100 MW
 - Vielfältige Anwendungen

HVDC Classic

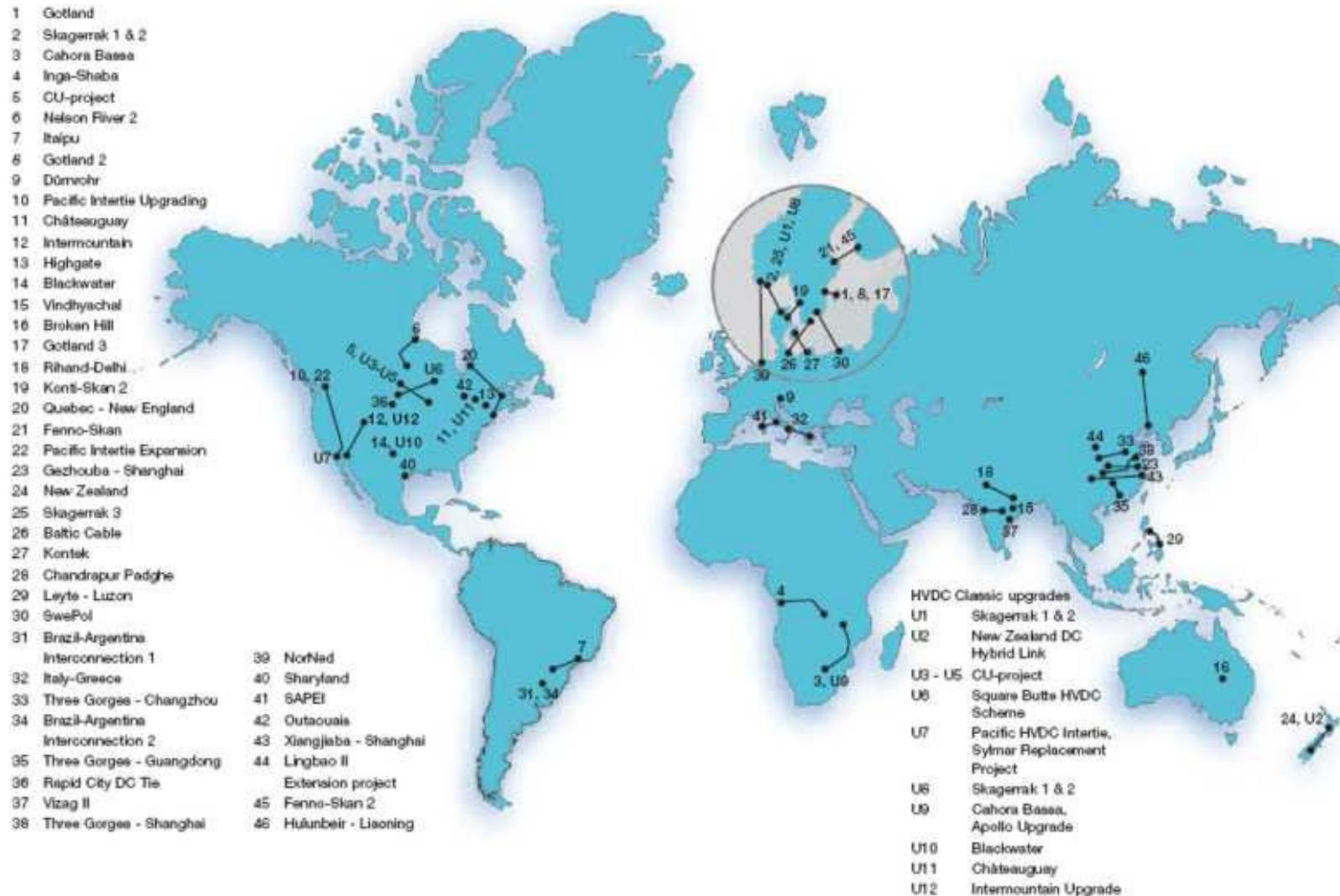
Wesentliche Merkmale

Prinzipschaltbild
HVDC Classic



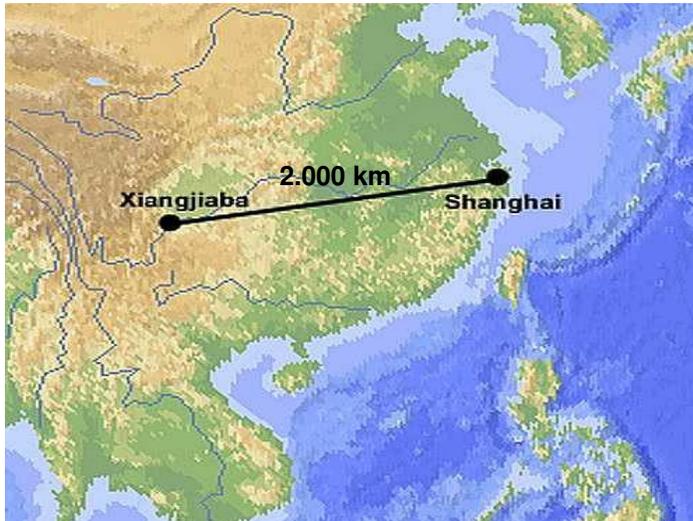
- Umwandlung von Wechselspannung in Gleichspannung bzw. Gleichspannung in Wechselspannung mit Hilfe von Leistungsthyristoren
- Thyristoren nur einschaltbar (Phasenanschnittsteuerung)
- Benötigt zur Löschung der Thyristoren Kommutierungsblindleistung aus zusätzlichen Kondensatoren oder aus dem Drehstromnetz
- Spezielle Umrichtertransformatoren erforderlich
- Filter beseitigen Oberschwingungen

HVDC Classic Projekte von ABB weltweit Thyristor-Technik und Upgrades



±800 kV UHVDC Xiangjiaba – Shanghai, China

Das größte Übertragungssystem der Welt



800 kV UHVDC
Umrichter-Trans-
formator



- Nutzung der Wasserkraft in 2.000 km Entfernung von den Verbrauchszentren (Shanghai)
- Kapazität: 6.400 MW (ausreichend für die Versorgung von 31 Mio. Menschen)
- Übertragungsverluste: < 7 %
- Kompaktheit: 40 % weniger Landverbrauch als bei einer Drehstromübertragung
- Verfügbarkeit: > 99,5 %

Rio Madeira, Brasilien

Die längste Übertragungsstrecke der Welt



Beispiel für eine vergleichbare Umrichterstation in China.



- Übertragung der elektrischen Energie von zwei neuen Wasserkraftwerken im Nordwesten Brasiliens in die Region Sao Paulo
- Übertragungsentfernung: 2.500 km
- Spannung: ± 600 kV
- Kapazität: 3.150 MW plus 2x400 MW Back-to-Back-Station für die lokale Elektrizitätsversorgung

HVDC-Kabel NorNed, Norwegen – Niederlande

Das längste Seekabel der Welt



Umrichterstation
Eemshaven,
Niederlande

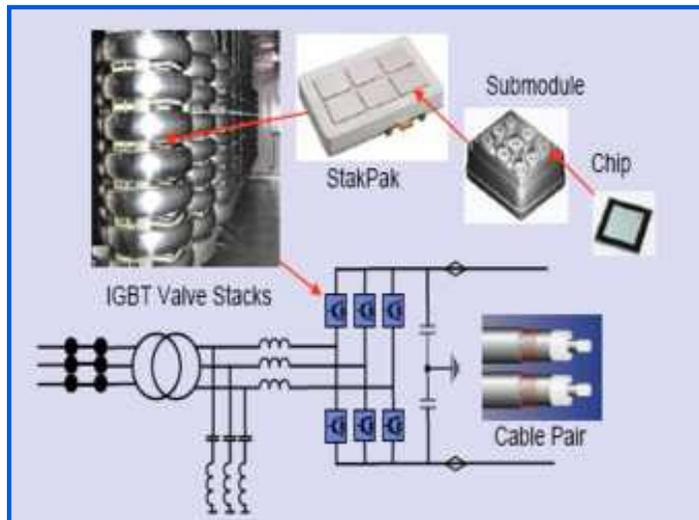
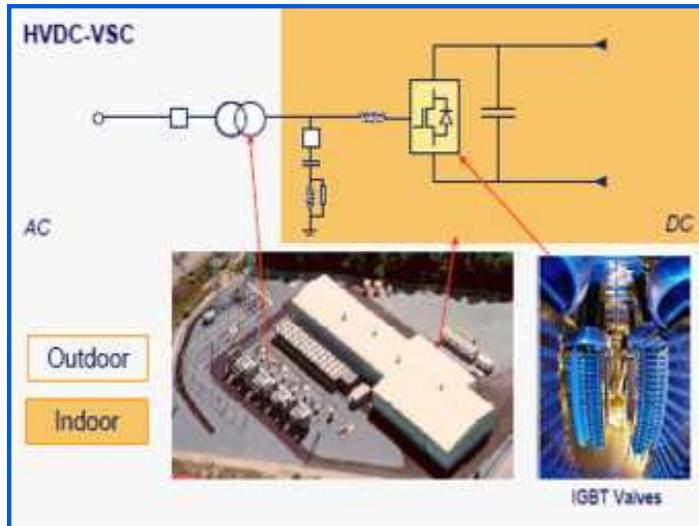


- 700 MW Übertragungsleistung bei einer Gleichspannung von ± 450 kV
- Mit 580 km die weltweit längste Kabelstrecke (gefertigt und verlegt in Teilstücken bis 150 km Länge und einem Gesamtgewicht von 47.000 t)
- Wassertiefe bis zu 410 m
- Geringe Übertragungsverluste (< 4 % für das Gesamtsystem)
- Hauptgründe für die Verwendung von HGÜ:
 - Lange Seekabelverbindung
 - Kopplung asynchroner AC-Netze
 - Leistungsflusskontrolle
 - Vermeidung von schätzungsweise 1,7 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen pro Jahr

HVDC Light®

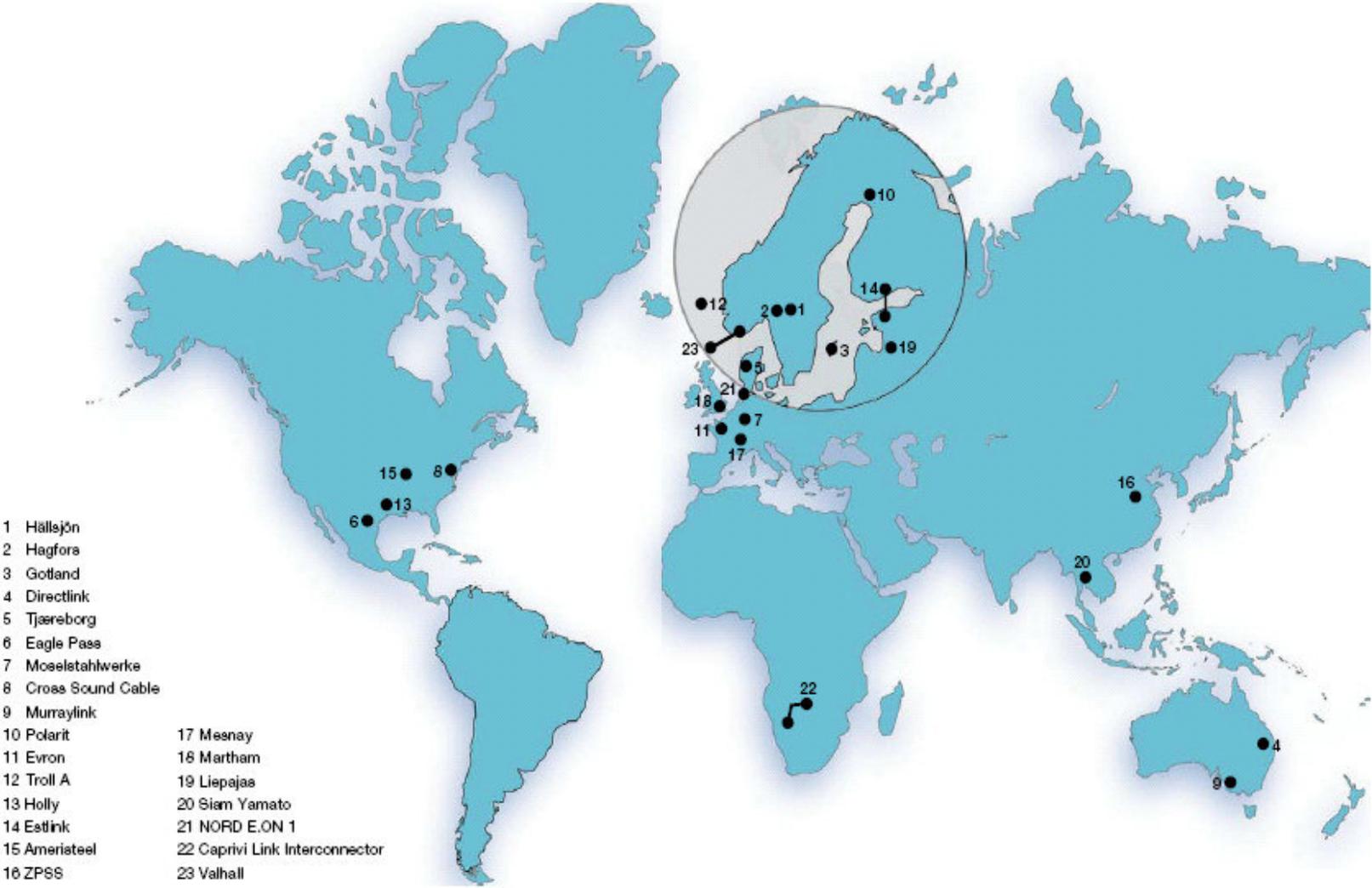
Wesentliche Merkmale

Prinzipschaltbild
HVDC Light®



- IGBT sind ein- und ausschaltbar
- Benötigt keine Kommutierungsblindleistung
- Schnelle und unabhängige Wirk- und Blindleistungsregelung an beiden Enden
- Die in Reihe geschalteten IGBT werden in sogenannten Ventilhallen in langen Stapeln (IGBT Valve Stacks) aufgebaut.
- Die Stapel bestehen aus bis zu 20 in Reihe geschalteten Press-Pack IGBT (StakPak™) und deren Kühlern.
- Jeder IGBT wird einzeln über Lichtwellenleiter angesteuert und überwacht.
- Die Ventile werden mit Hilfe von Wasserkreisläufen und Wasser-Luft-Wärmetauschern gekühlt.

HVDC- und SVC Light® Projekte von ABB weltweit IGBT-Technik



HVDC Light® Verbindung Murraylink, Australien

Das längste Landkabel der Welt



- Verbindung der Netze von Victoria und Südaustralien
- Mit 180 km die weltweit längste Erdkabelverbindung
- Leistung: 220 MW
- Spannung: ± 150 kV DC
- Erfahrungen:
 - Über 400 Kabelmuffen (150 kV)
 - Seit über 6 Jahren in Betrieb
 - Verfügbarkeit > 98,5 % (einschließlich geplanter Instandhaltung!)

HVDC Light® Netzanbindung Borkum 2, Deutschland

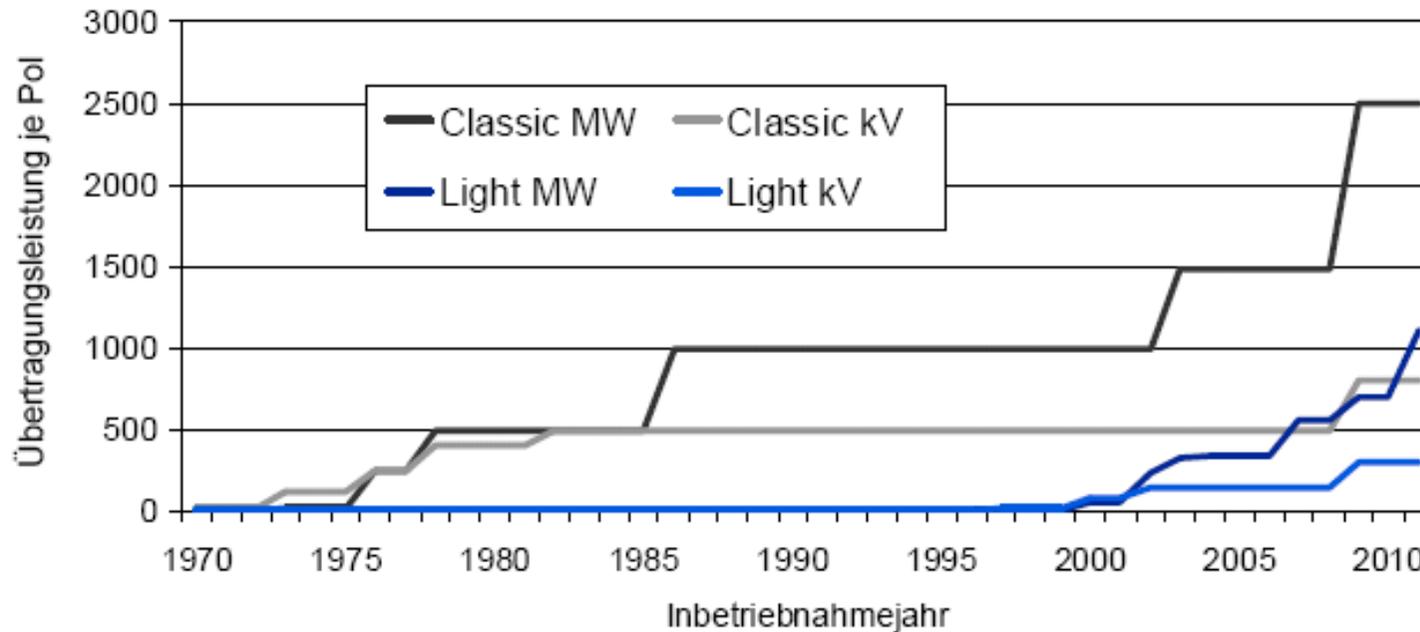
Die weltweit längste Offshore-Windparkanbindung



- Anschluss des Offshore-Windpark-Clusters Borkum 2 über eine 400 MW HVDC Light® Verbindung an das Übertragungsnetz.
- Erste HVDC und mit rund 200 km (128 km Seekabel, 75 km Landkabel) weltweit längste Verbindung, die bislang für den Netzanschluss eines Offshore-Windparks gebaut wird.
- Durch den Anschluss des Windparkgebiets werden im Endausbau jährlich schätzungsweise 1,5 Mio. Tonnen an CO₂-Emissionen eingespart.

Zusammenfassung

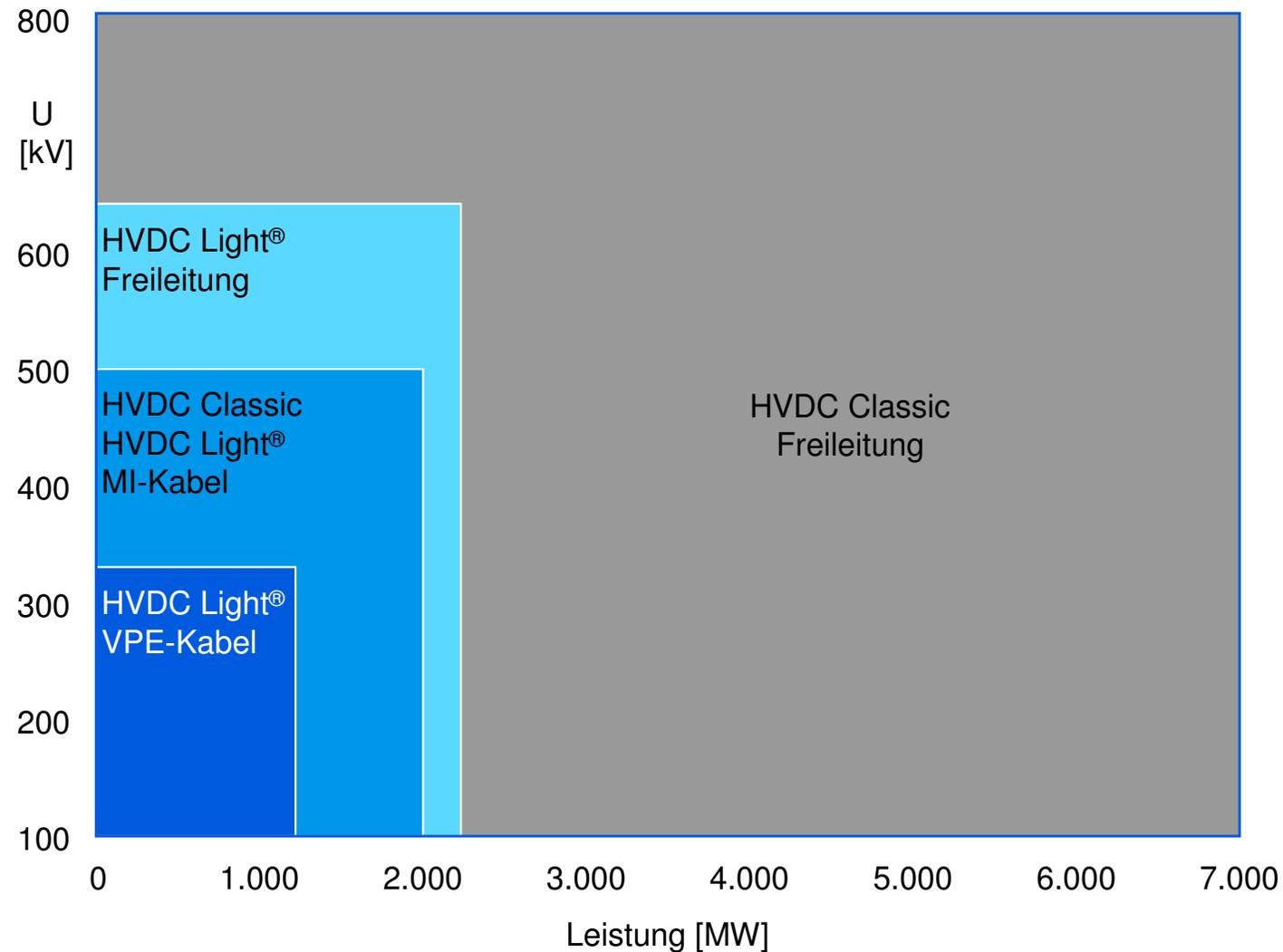
Entwicklung der HGÜ-Technik



- HVDC ist eine seit 50 Jahren bewährte Technik
- HVDC-Light®-Systeme sind seit 1997 in Betrieb
- Seit Mitte der 1990er Jahre schnelle Entwicklung aufgrund der Anforderungen der aufstrebenden Märkte China und Indien (HVDC Classic) und der entwickelten Märkte in Europa und USA (HVDC Light®)

Zusammenfassung

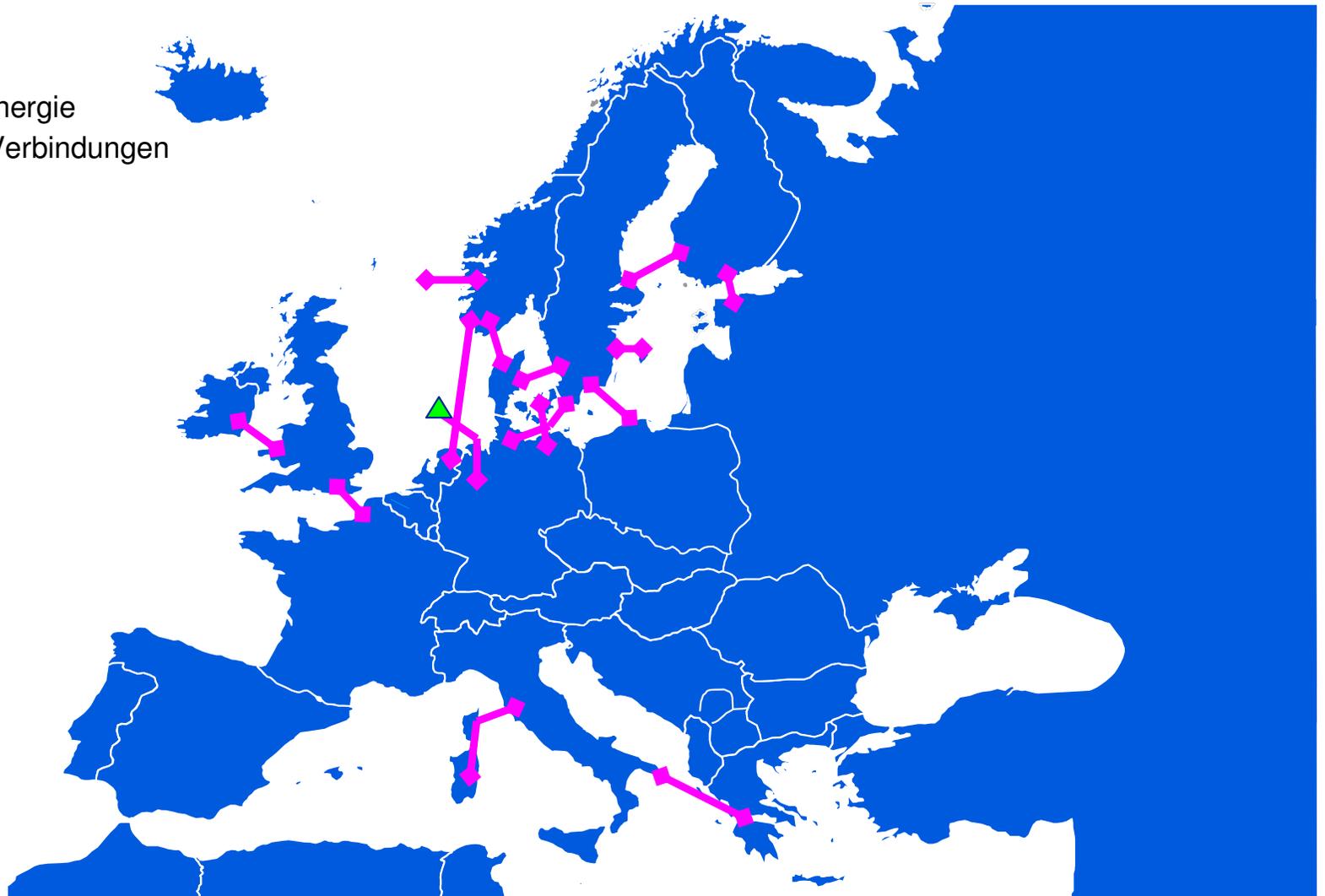
Heutige Einsatzbereiche für die HGÜ-Technik



Ausblick

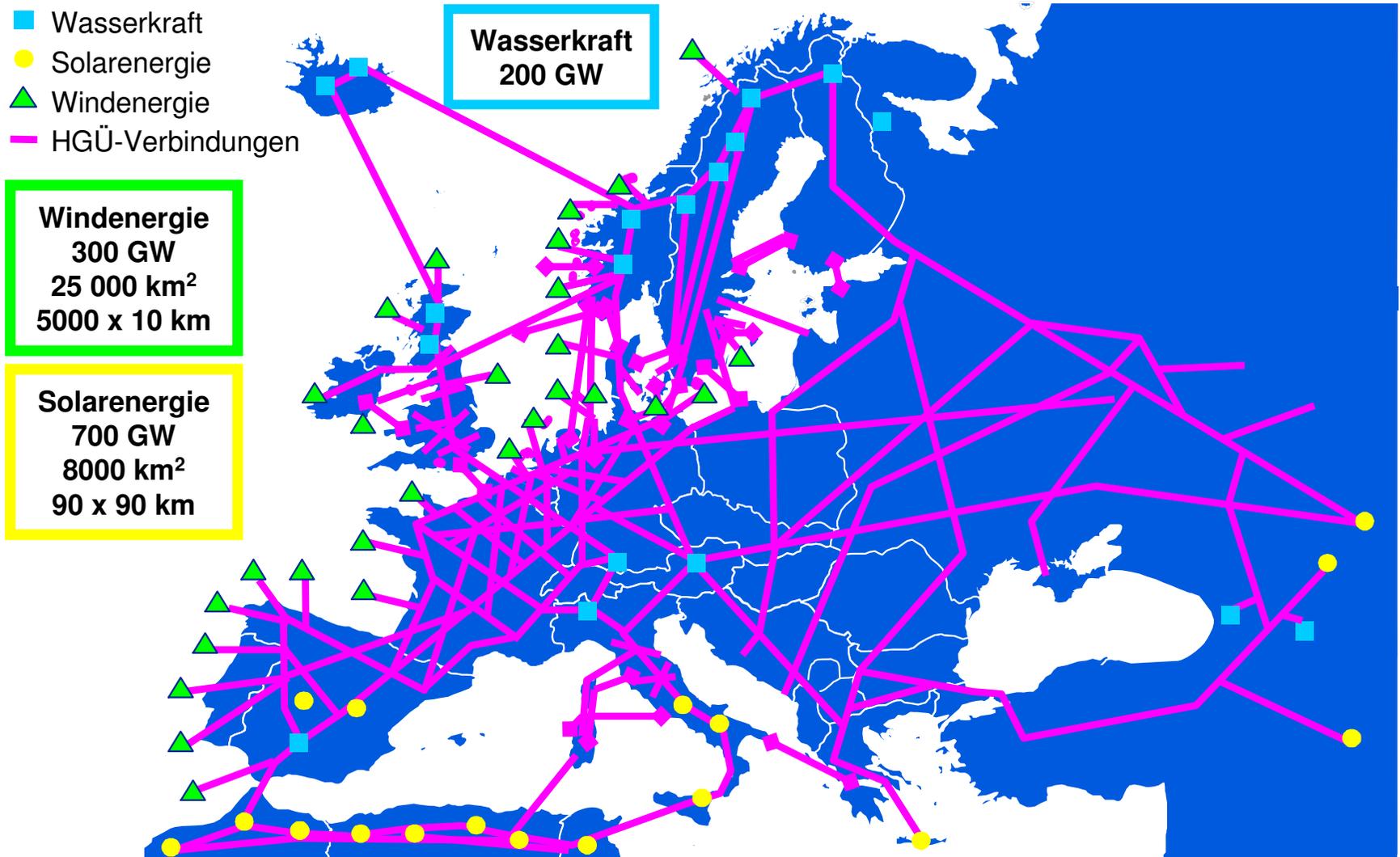
Europa 2009 – Die Zukunft hat begonnen

- ▲ Windenergie
- HGÜ-Verbindungen



Europa 20xx?

DESERTEC muss keine Vision bleiben



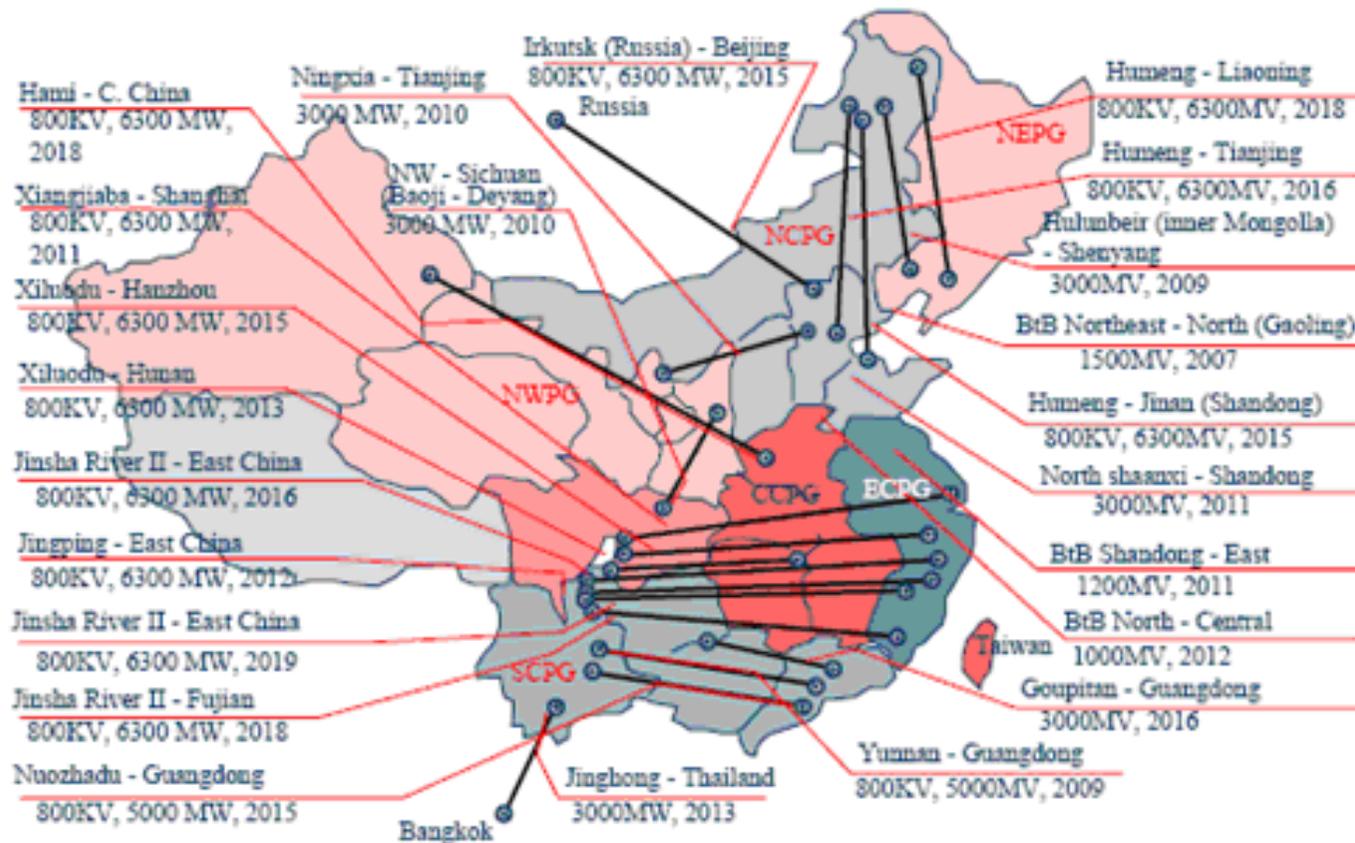
Zum Vergleich: Potenzielle HGÜ-Projekte in China bis 2020

Quelle:

www.market-avenue.cn

Stand: 06.03.2008

Download: 21.10.09



Power and productivity
for a better world™

