

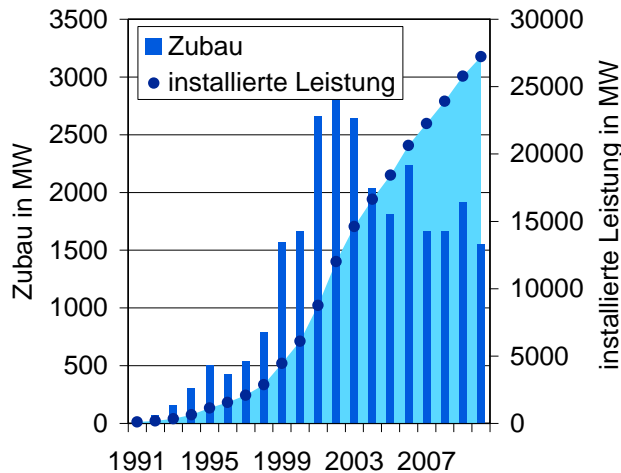


Raphael Görner, ABB AG, Tel: +49 621 381 7114, Raphael.Goerner@de.abb.com

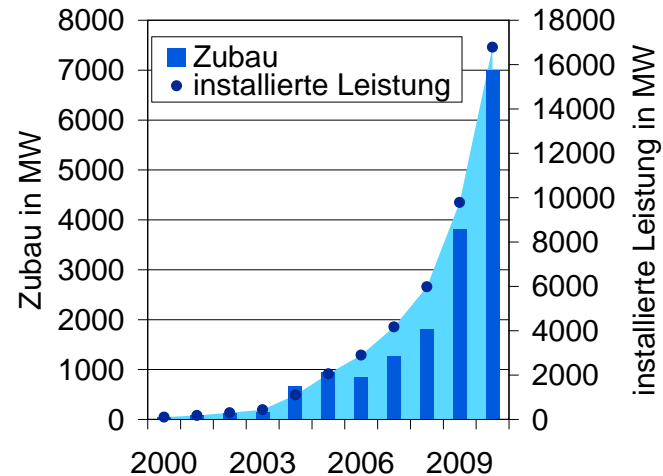
04.04.2011

Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung nicht nur für die Netzanbindung von Offshore Windparks

Elektrische Energieversorgung und Klimaschutz Gegenwart und Ziele in Deutschland



Quelle: Bundesverband Windenergie e.V.



Quelle: Bundesverband Solarwirtschaft e.V.,
2010 geschätzt

Inst. Leistung Wind und Sonne Ende 2010: rund 43.000 MW

Lastspitze: \approx 83.000 MW

- Ziel: über 30 % aus erneuerbaren Quellen im Jahr 2020
- Stand Ende 2010: 17 % (Wind: 6,2 %, Photovoltaik: 2,0 %)

Umgestaltung des Erzeugungssektors

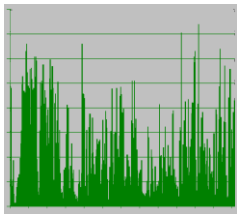
Grundlegende Änderungen



- **Lastferne** Erzeugung in großen Anlagen
 - Windenergie, vor allem offshore
 - Wasserkraft – Alpen, Skandinavien
 - Wegfall der Erzeugung großer Kernkraftwerksblöcke im Süden Deutschlands





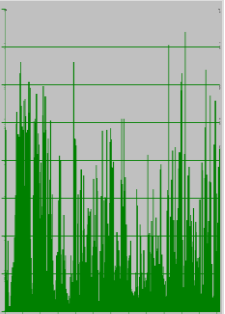
- **Dezentrale** Erzeugung in kleinen Anlagen
 - Photovoltaik
 - Kraft-Wärme-Kopplung



- **Volatile** Erzeugung
 - Windenergie
 - Sonnenenergie

Umgestaltung des Erzeugungssektors

Auswirkungen

Treiber		konv. Erzeugung	Übertragung	Verteilung	Betriebsführung	Anwendung
Lastferne Erzeugung			<ul style="list-style-type: none"> Ferntransporte Overlay-Netz/HGÜ 			
Dezentrale Erzeugung				Fernüberwachbarkeit und -steuerung der Verteilnetze	<ul style="list-style-type: none"> Kommunikationsanbindung Steuerung 	
Volatile Erzeugung		<ul style="list-style-type: none"> Teillastfähigkeit Flexibilität 	<ul style="list-style-type: none"> überregionaler Ausgleich Overlay-Netz/HGÜ 		Einbeziehung der Verbrauchsseite in die Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> Speicher Lastbeeinflussung

Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung ist keine neue Technologie



**Erste kommerzielle HGÜ
Verbindung wurde 1954
in Betrieb genommen
(100 kVdc, 20 MW)**



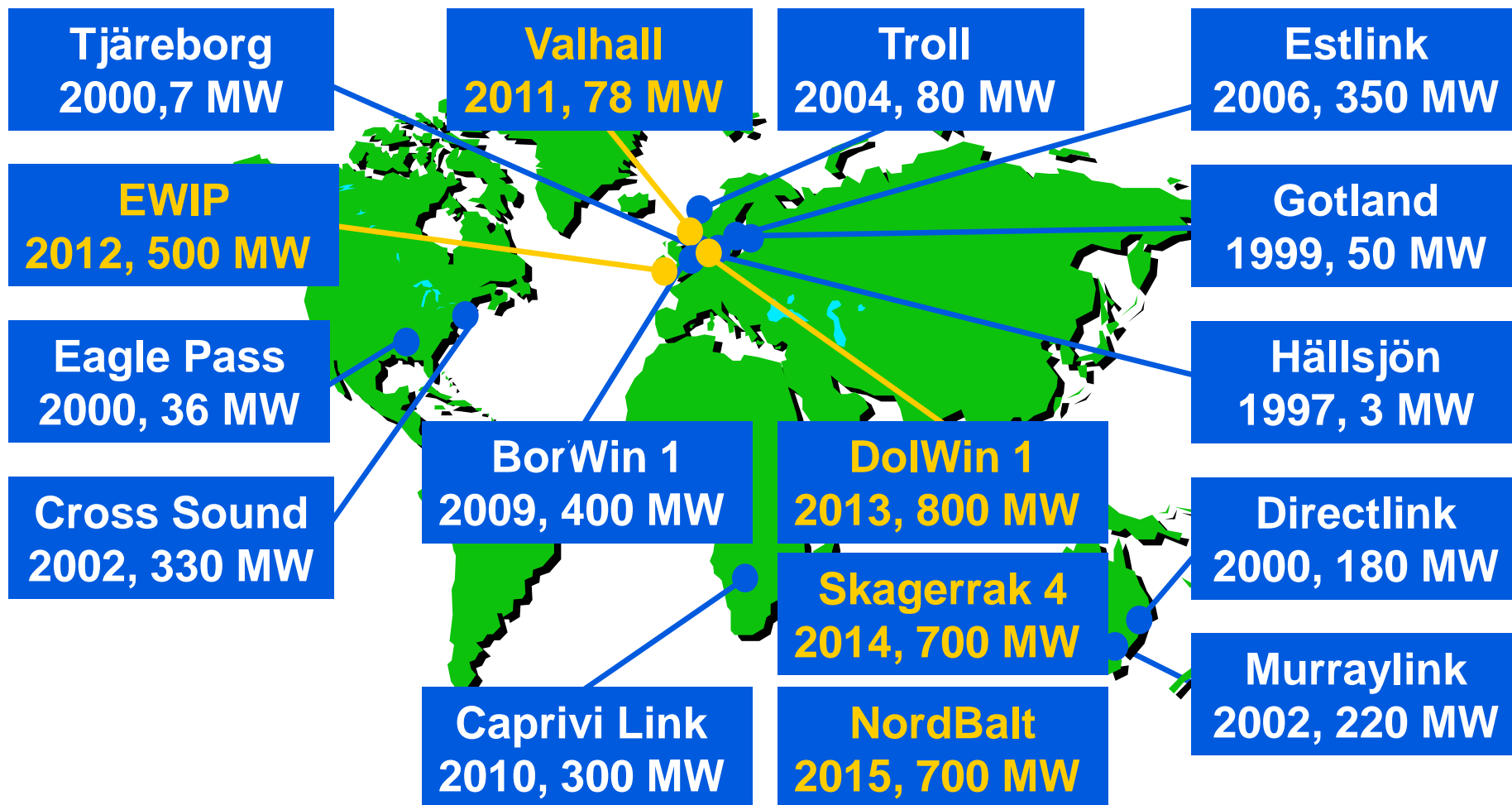
Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung ist keine neue Technologie



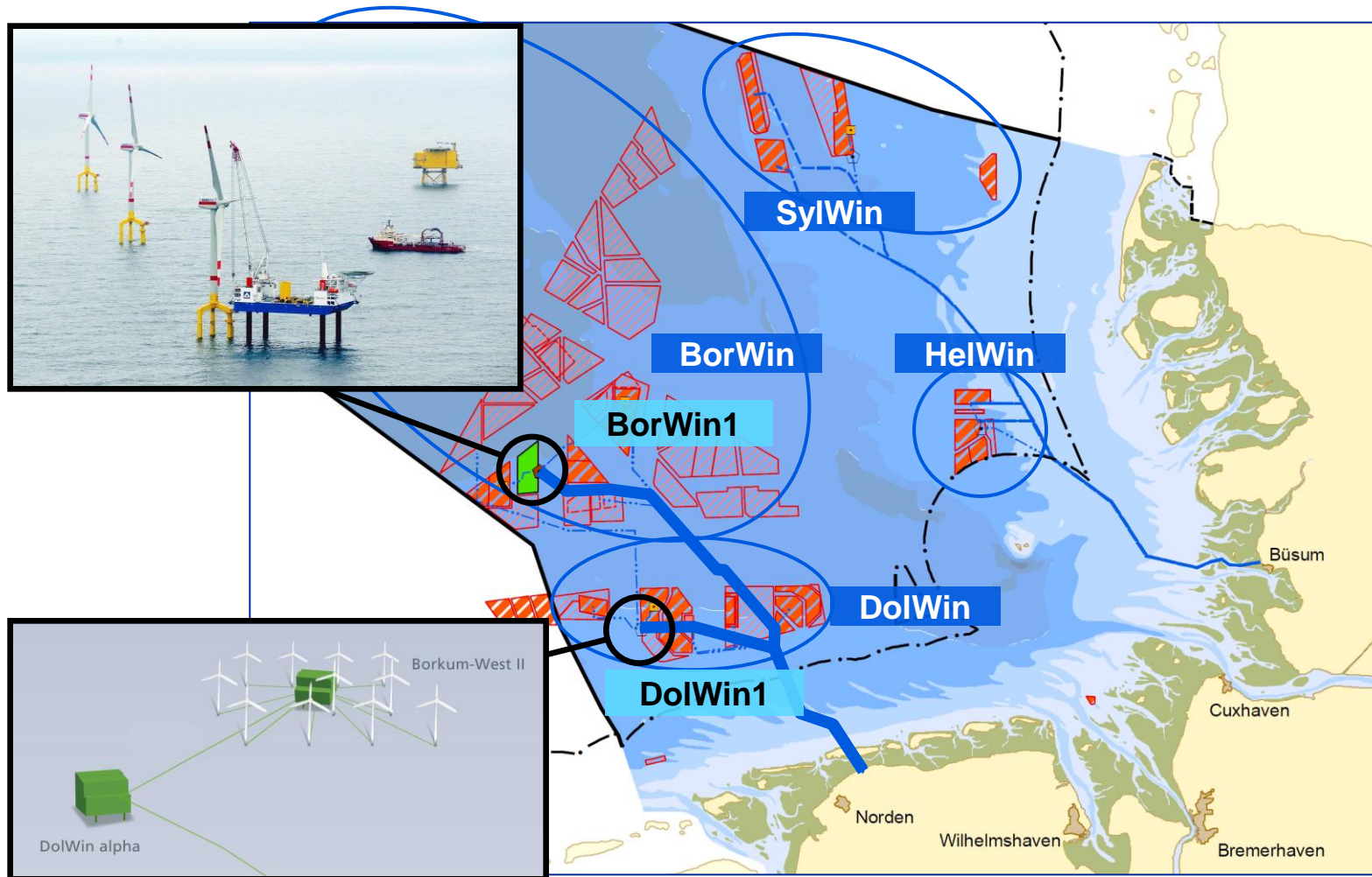
- 1954 – Erste kommerzielle HVDC mit Quecksilberdampfgleichrichter
- 1970 – Erste Thyristor-Ventile für HVDC
- 1980 – Die größte Leistung, Itaipu 6.300 MW
- 1997 – Erste kommerzielle HVDC Light Installation
- 2008 – NorNed, das längste Seekabel geht in Betrieb
- 2009 – BorWin1, erste Netzanbindung für einen Offshore Windpark
- 2010 – 800 kV HVDC Übertragung in Betrieb

HVDC Light® Projects

11 systems installed – 5 projects under construction

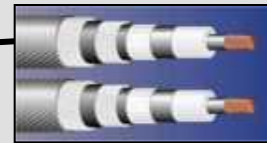
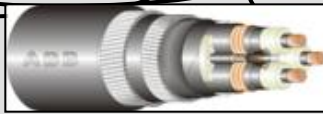


HVDC Light Projekte in der Nordsee



Netzanbindungen für Offshore Windparks

Verschiedene Leistungsklassen



Offshore
Windpark(s)

Offshore
AC-Plattform

Offshore
HVDC Light

DC Kabel

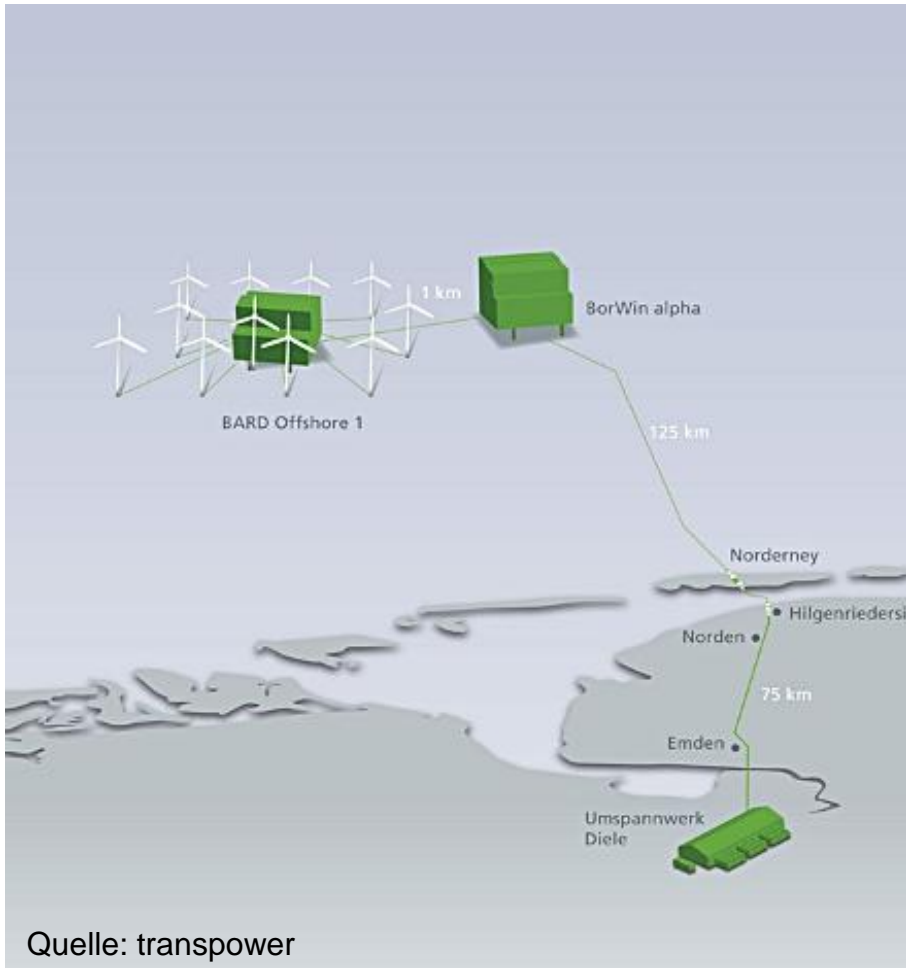
Onshore
HVDC Light

TSO
Netz

100 – 300 MW: ± 80 kV HVDC Light
300 – 500 MW: ± 150 kV HVDC Light
500 – 1000 MW: ± 320 kV HVDC Light

BorWin1

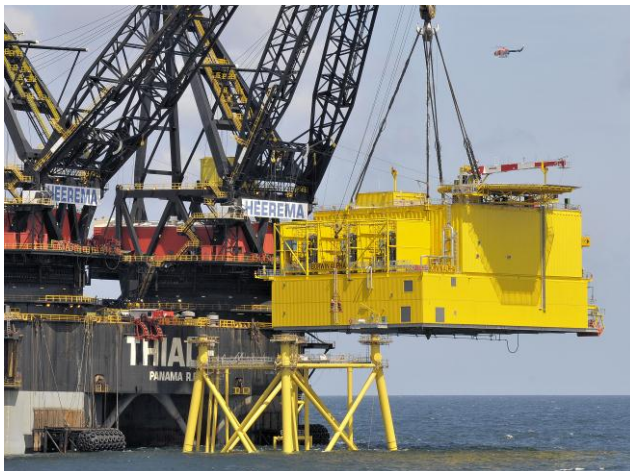
Die erste kommerzielle HVDC-Netzanbindung der Welt



- Leistung: 400 MW
- Länge: 125 km Seekabel
75 km Landkabel
- Anforderungen
 - schlüsselfertige Lieferung der Windparkanbindung
 - Einbindung in das Übertragungsnetz entsprechend den Anforderungen des Übertragungsnetzbetreibers
 - kurze Lieferzeit
- Vorteile
 - modulares Erweiterungskonzept
 - Geringe Verluste

BorWin1

Die Plattform auf dem Weg zum Ziel



HVDC Light Landkabelverlegung



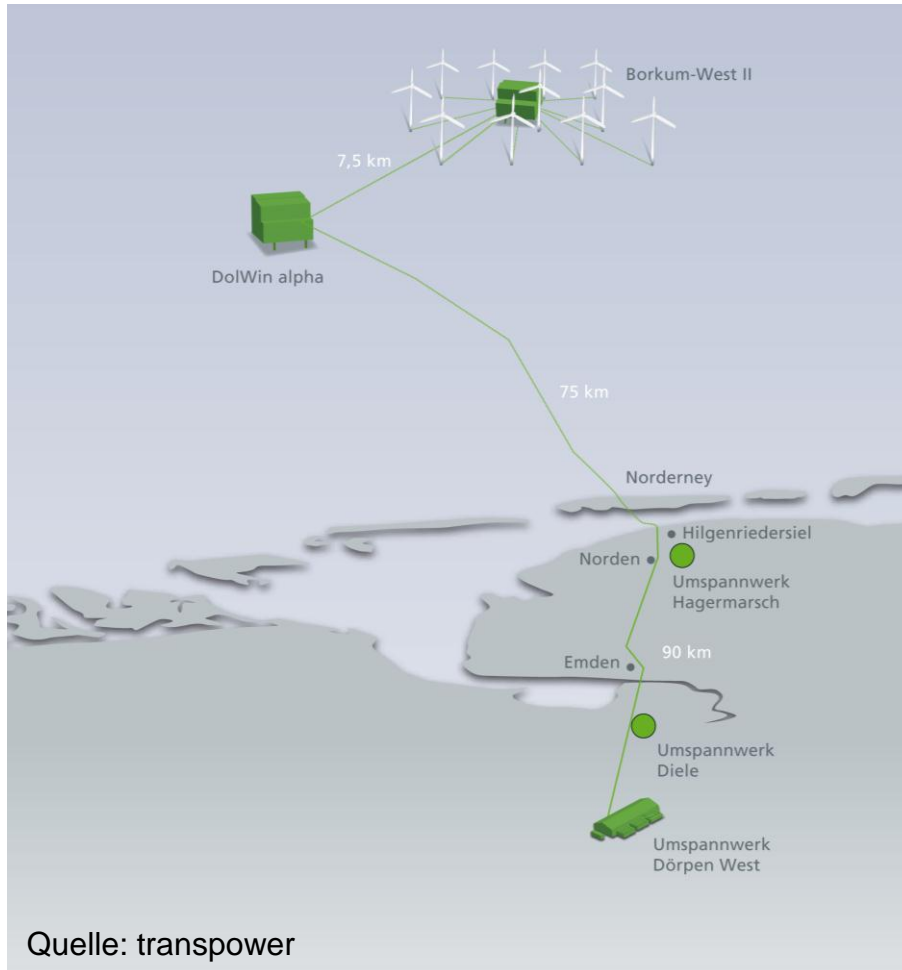
BorWin1

Die Plattform in Betrieb



DolWin1 – Deutschland

Eine der leistungsstärksten Netzanbindungen weltweit



- Leistung: 800 MW
- Länge: 75 km Seekabel
90 km Landkabel
- Inbetriebnahme: 2013
- Anforderungen
 - kurze Lieferzeit
 - Zuverlässige Netzintegration von mehreren Offshore Windparks
- Rekorde:
 - Leistungsstärkste Netzanbindung
 - 320 kV XLPE DC – Kabel
 - Längste Landkabelstrecke in Europa

HVDC Produkt Portfolio

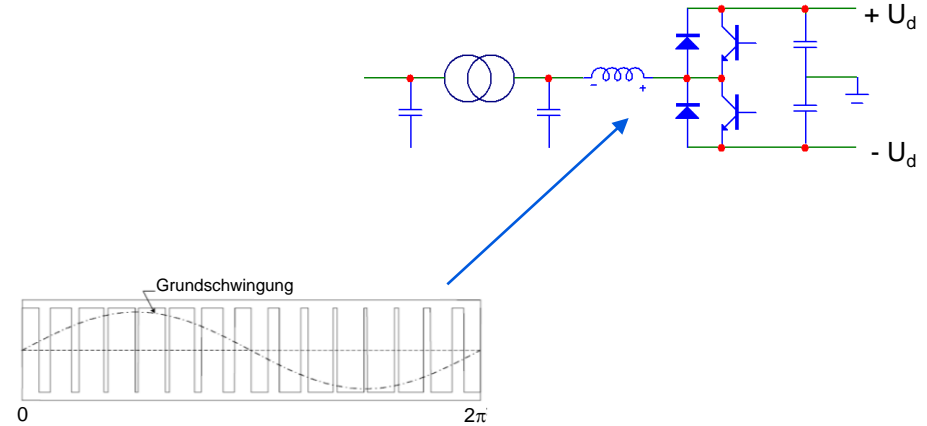
Leistung in MW		U (kV)						
		20	40	80	150	320	500	800
I (A)	500			100	200	300		
	1000			190	370	600	500	1000
	1500			300	700	1200	750	1500
	2000						2000	
	3000						3000	4800
	4000	160	320	640			4000	6400

	Light
	Light Kabel / Freileitung
	Light/Classic Kabel / Classic Freileitung
	Classic Freileitung
	Classic BtB

Entwicklung "HVDC Light" Von Generation 1 zu Generation 4

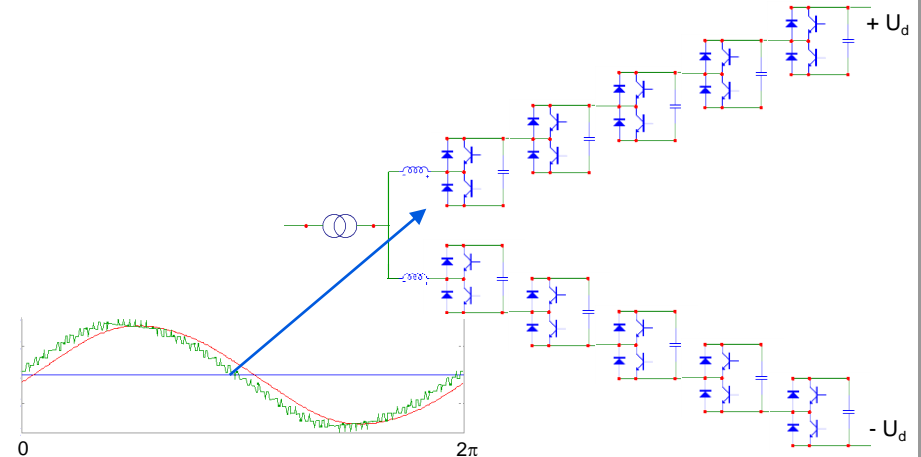
Generation 1 (1997)

- Zwei-Punkt-Umrichter
- Umrichterverluste 3 %
- AC Filter
- Hohe Schaltfrequenz



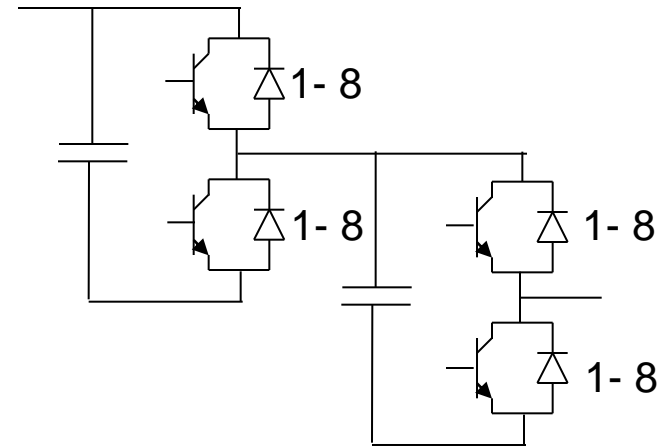
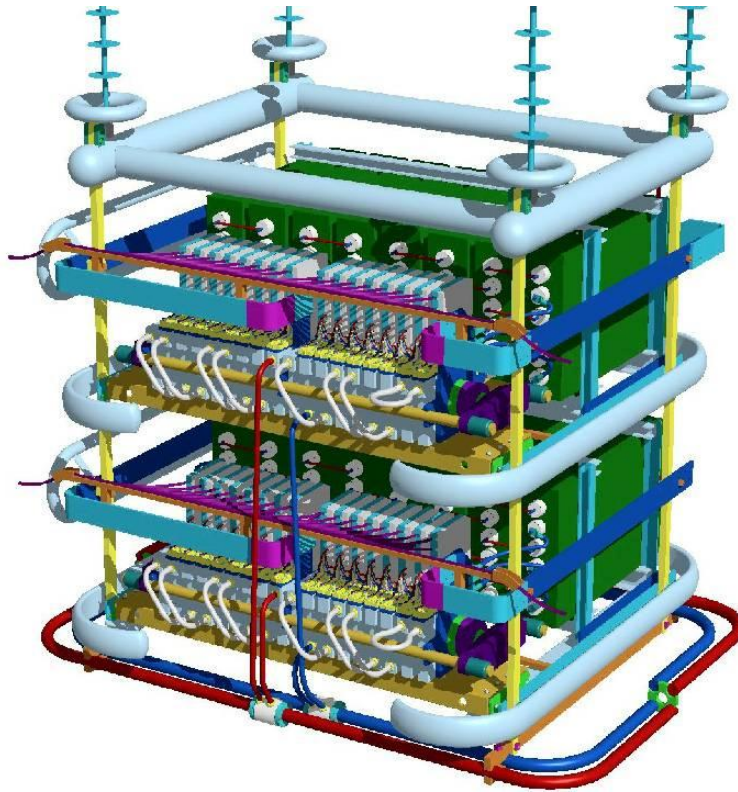
Generation 4 (2010)

- Kaskadierte Zwei-Punkt-Umrichter (CTLC)
- Umrichterverluste 1 %
- Keine AC Filter
- Niedrige Schaltfrequenz (pro Zelle)



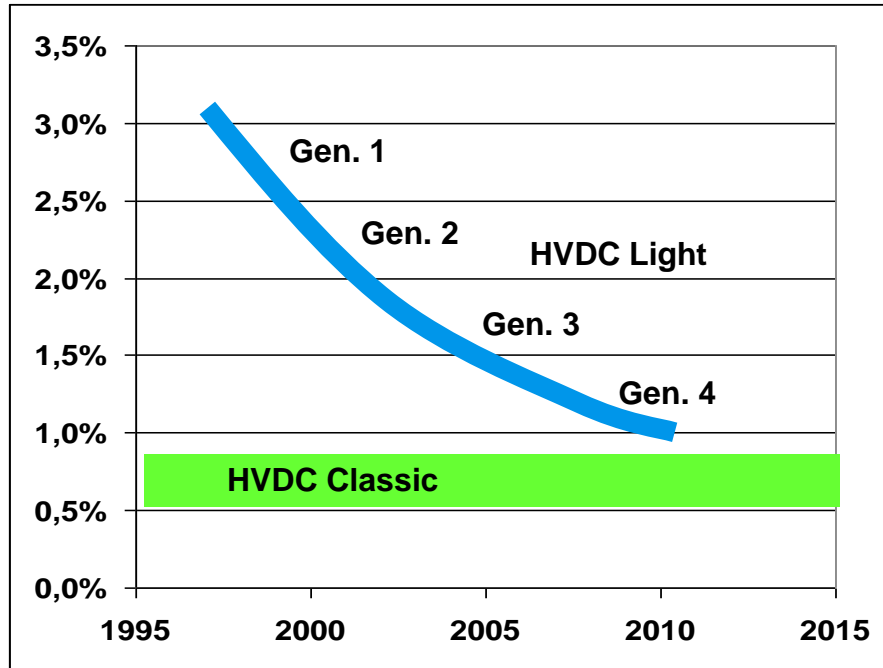
HVDC Light

Neue HVDC Light Ventilbauform - Doppelzelle



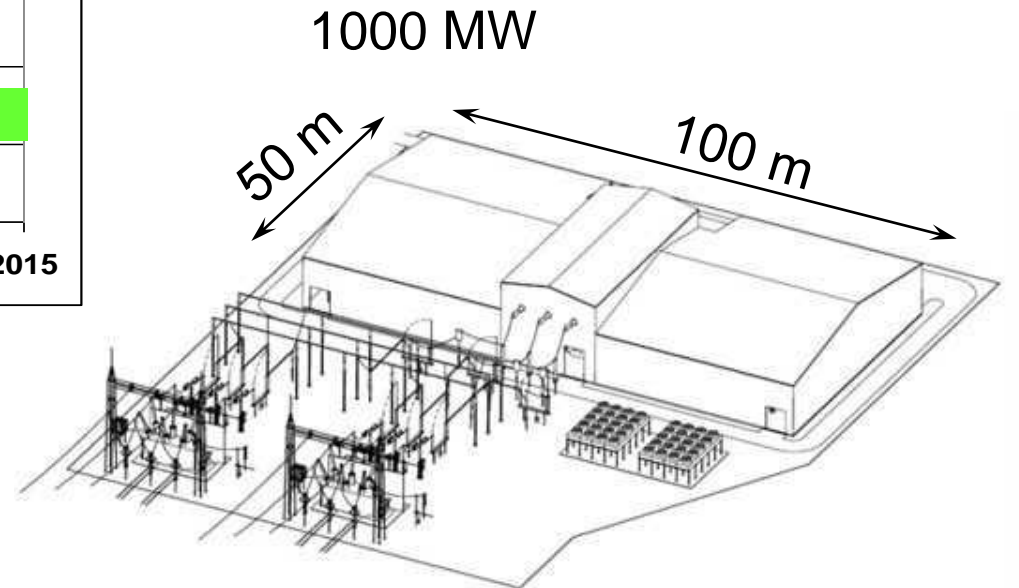
HVDC Light

Kontinuierliche Weiterentwicklung

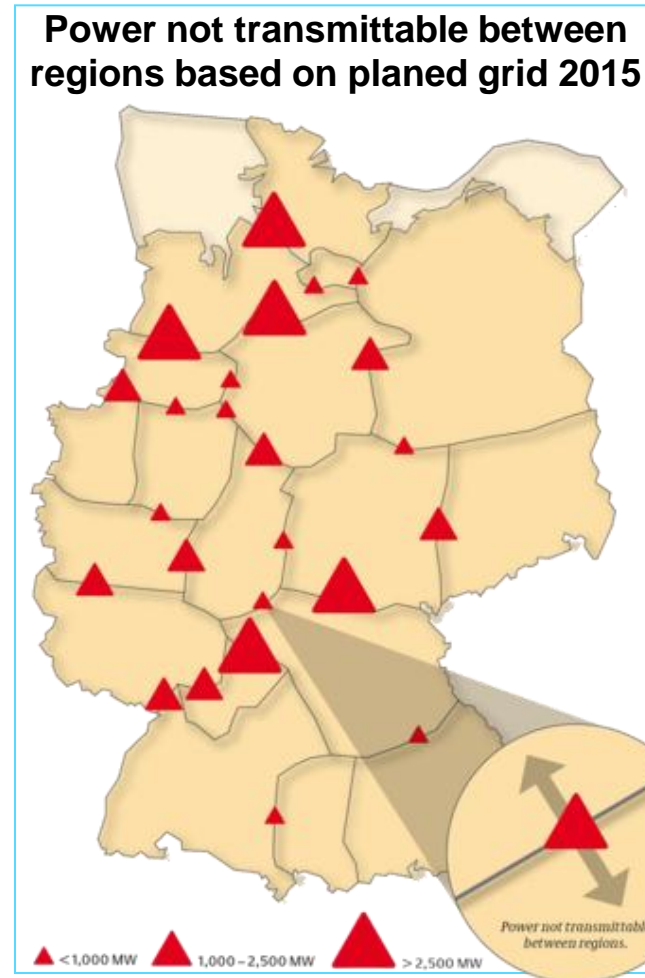
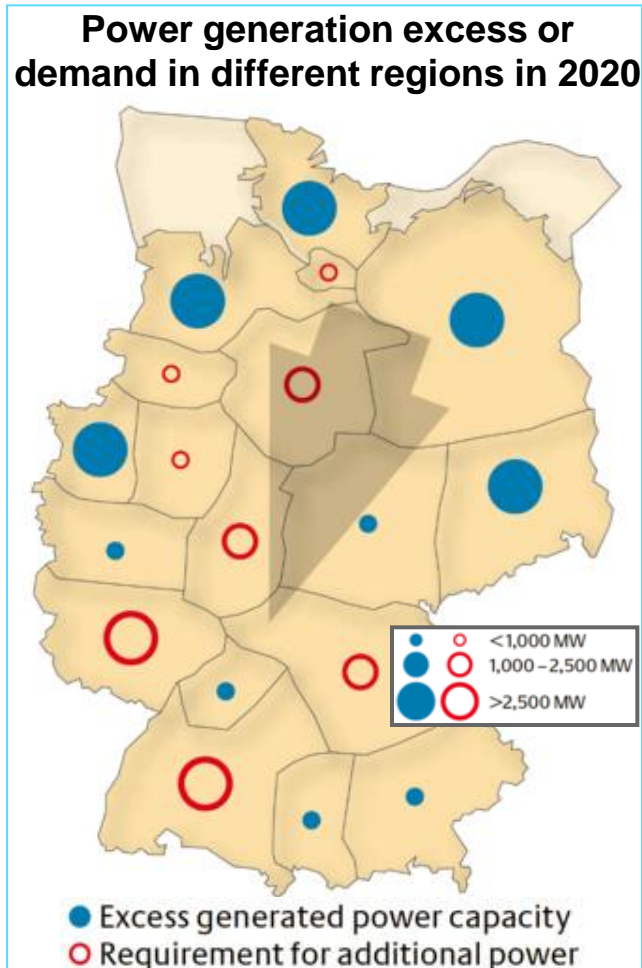


- Grenze zwischen HVDC Light und HVDC Classic verschwimmt

- Kontinuierliche Weiterentwicklung der HVDC Light Technologie führt zur Erhöhung der Effizienz
- Bereits 15 Jahre Erfahrung in mehr als 10 Projekten weltweit

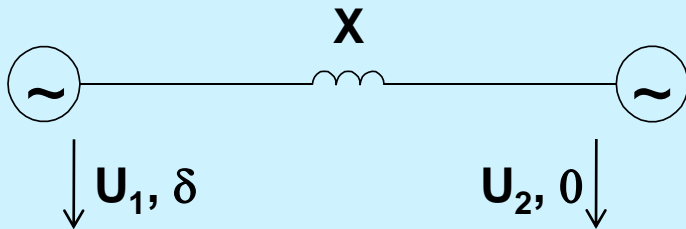


Zunehmende Anforderungen an die Übertragungsnetze dena II: Erzeugungs- und Übertragungsengpässe 2020



Unterschiede der Leistungsübertragung AC und DC

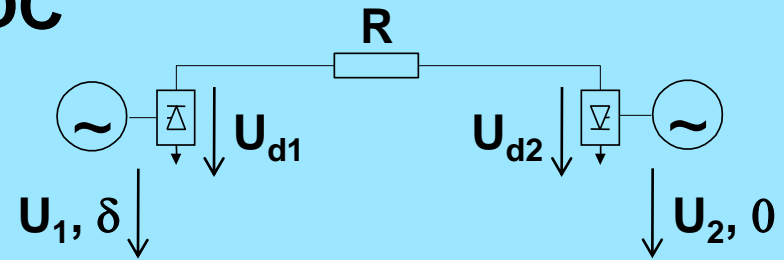
AC



$$P = \frac{U_1 U_2}{X} \sin \delta$$

- Blindleistung
- Leistungsübertragung abhängig vom Übertragungswinkel
- Stabilität abhängig vom Übertragungswinkel
- Kurzschlussstrombegrenzung durch Reaktanzen
- Massenträgheit wirksam

DC

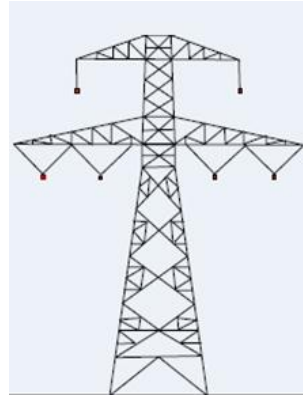


$$P_1 = \frac{U_{d1} (U_{d1} - U_{d2})}{R}$$

- Leistungsübertragung abhängig von Spannungsdifferenz
- Stabilität unabhängig von Übertragungswinkel (Entkopplung der Systeme)
- Kurzschlussstrombegrenzung durch ohmsche Widerstände
- Leistungsregelung

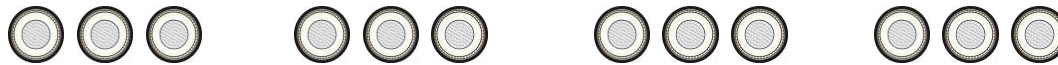
Vergleich der Technologien für 3.600 MVA Übertragungsleistung

2 Freileitungssysteme



50 m

4 AC Kabelsysteme



25 m

3 DC Kabelsysteme



15 - 20 m

Süd-West Link (Southwest Link)

Bau erfolgt in zwei Phasen:

- Nord-Süd Verbindung mit Dreh- und Gleichstrom
- Ost-West Gleichstrom-Verbindung



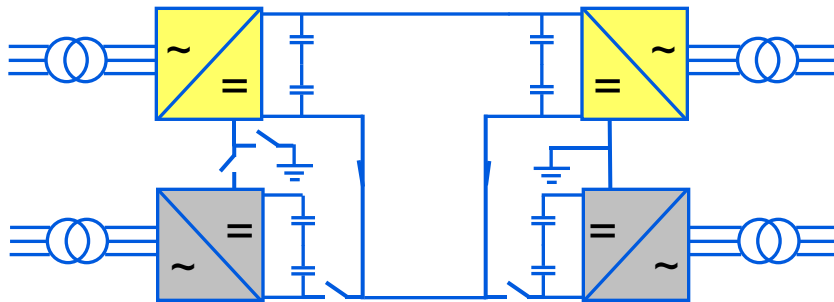
Projektbeschreibung

- Übertragungsleistung: 1.440 MW (2 x 720 MW)
- Übertragungsspannung: +/- 300 kV
- DC Kabellänge: 179 km
- DC Freileitungslänge: 62 km

Zeitplan:

- Präqualifikationsphase: April/Mai 2010
 - Ausschreibungsspez.: Sept. 2010
 - Angebotsabgabe: März 2011
 - Angebotsentscheidung: Sept. 2011
 - Fertigstellung: Dez. 2013
-
- Zwei parallele 720 MW HGÜ Systeme sorgen für eine teilredundante Ausführung der Übertragungsstrecke

Bipole, metallischer Rückleiter



DC-Netze

Aufteilung in regionale und überregionale Netze

Regionales DC-Netz

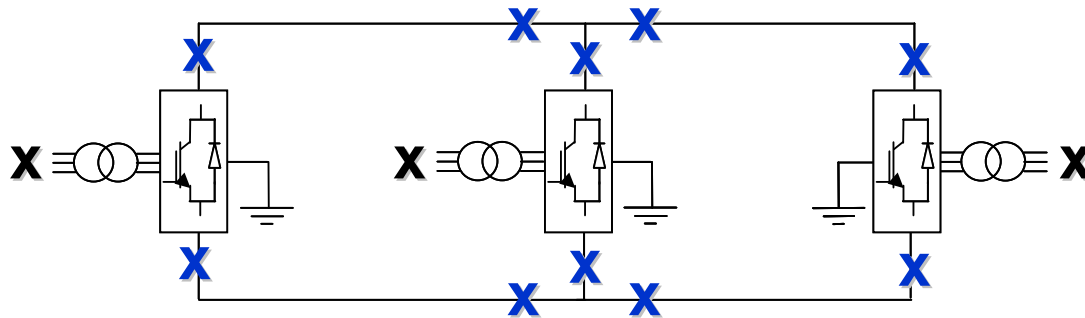
DC-Netz mit einer Schutzzone

- Kann bereits heute realisiert werden
- Es werden keine DC-Leistungsschalter benötigt
- Strahlen- bzw. sternförmige Netzstruktur

Überregionales DC-Netz

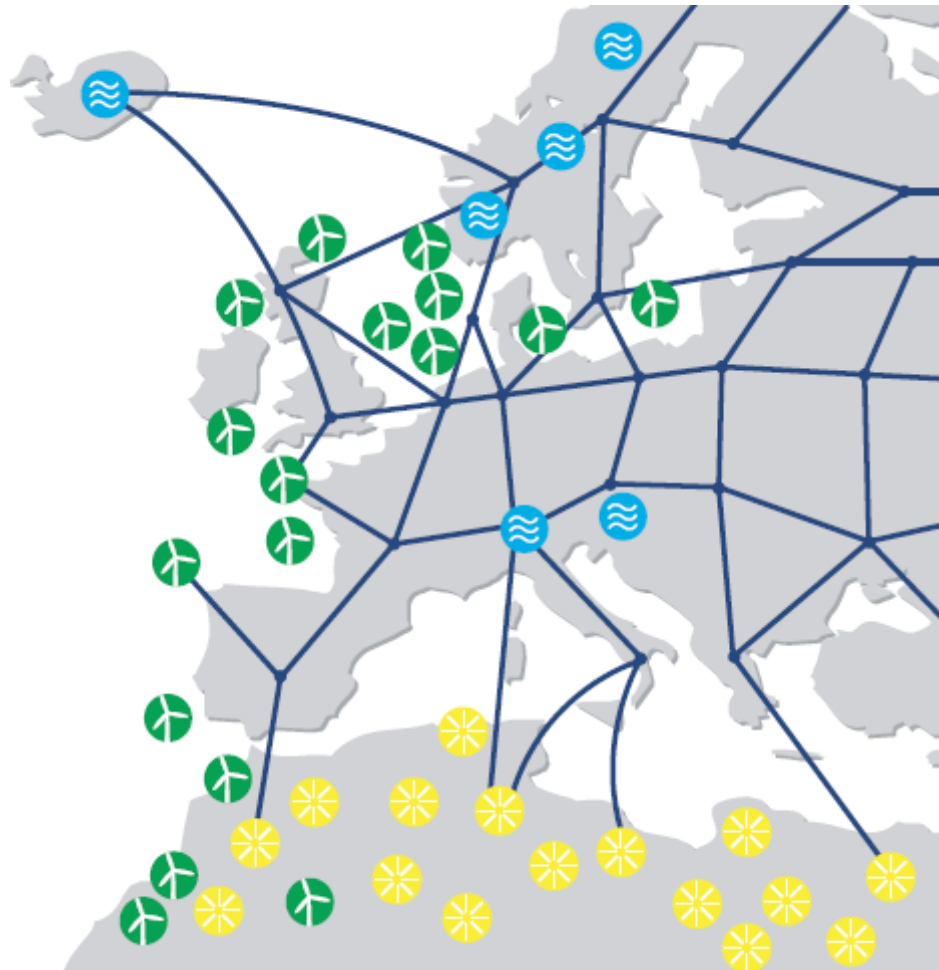
DC-Netz mit mehreren Schutzzonen

- Folgende Technologielücken sind zu schließen
 - DC-Leistungsschalter
 - Leistungsregelung
 - Automatische Netzwiederkehr
 - DC-/DC-Umrichter zum Zusammenschluss regionaler Netze



Vision 20XX

DC Overlay Netz für EUMENA



- Grundlagen
 - Cigré WG B4.52 „Feasibility study for DC grids“
 - Cenelec standardization group „DC grids“
- DC Offshore Netz
 - Study „Offshore Grid“
 - North Sea Countries Offshore Grid Initiative
- Vernetzung zwischen EU und MENA
 - Desertec Industrial Initiative
 - Medgrid

Power and productivity
for a better world™

