

# Teilverkabelung als Lösungsansatz für den Netzausbau in Deutschland

Präsentation für den Technikdialog der Bundesnetzagentur

Dr. Volker Wendt, Director Public Affairs, Europacable

Kassel, 24. Juni 2015

Europacable, Boulevard A. Reyers, 80 1030 Brussels

[www.europacable.com](http://www.europacable.com)

## Über Europacable

### Verband der führenden europäischen Kabelhersteller

- Weltweit führende Kabelhersteller mit globaler Technologieführerschaft sowie hochspezialisierte KMUs aus ganz Europa
- Weltweit über 70.000 Mitarbeiter, 50% in Europa
- Umsatz über € 20 Milliarden (2014)
- Produktion umfasst Kommunikations- und Energiekabel
- Portfolio Hoch- und Höchstspannungsbereich:
  - Beseilung von Freileitungen
  - Erdkabel (AC & DC)
  - Seekabel (AC & DC)
- Transparenzregister der Europäischen Kommission 453103789-92



## Unser Beitrag zur Netzdebatte

### Was Europacable anbietet

- C Belastbare technische Informationen zu Erd- und Seekabeln im Kontext der Diskussionen um den Netzausbau in Europa:
  - C Hoch- und Höchstspannungswechselstrom Technik (AC)
  - C Hoch- und Höchstspannungsgleichstrom Technik (HGÜ / DC)

### Was Europacable nicht betrachtet

- C Notwendigkeit eines Leitungsausbauvorhabens
- C Art der Umsetzung eines Leitungsausbauvorhabens

Europacable  
EHV Mitglieder

BRUGG CABLES  
Well connected.

General Cable

CABLEL  
HELLENIC CABLES S.A.

Nexans

nkt cables

Prysmian Group

Europacable Partner

BOREALIS  
SHAPING the FUTURE with PLASTICS

COPPER

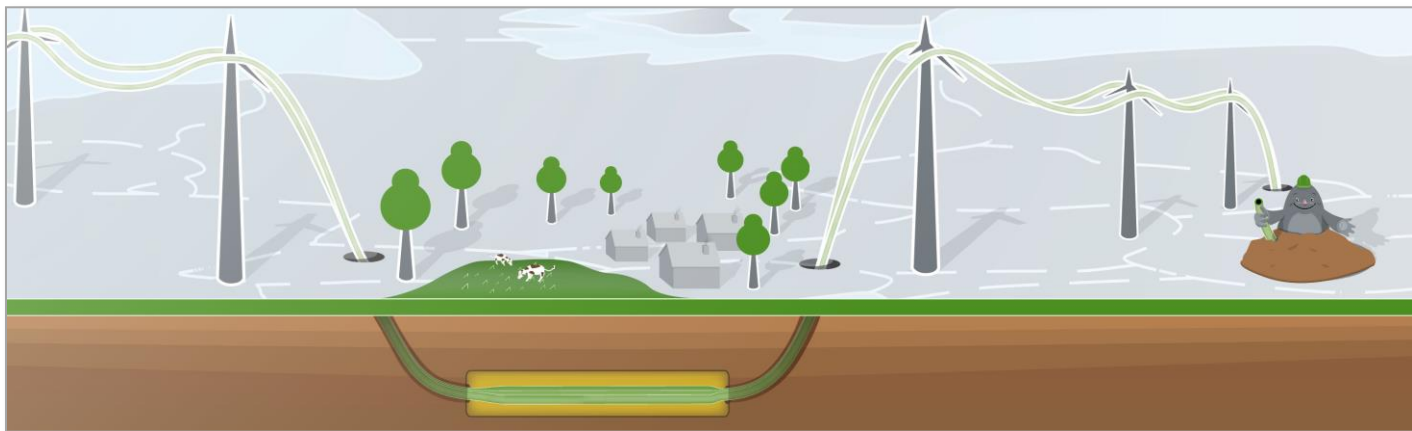
DOW



## Konzept der Teilverkabelung

### Europacable Ansatz seit 2005

- In der Fläche wird der in Europa erforderliche Netzausbau mit der bewährten Freileitungstechnologie erfolgen
- In sensiblen Bereichen, können Teilverkabelungsabschnitte Freileitungen ergänzen
- *Konzept der Teilverkabelung kann sowohl im 380 kV Wechselspannungsbereich (AC) als auch bei HGÜ-Infrastrukturvorhaben (DC) angewandt werden*
- *Es wichtig ist, AC und DC Faktenbetrachtungen zu trennen*



## Erdkabel: Stand der Technik

### Kunststoffisolierte Kabel VPE (XLPE)

- Ⓢ AC: bis 400 kV (400kV seit 1996 erstmals in Betrieb)
- Ⓢ DC: bis +/- 320 kV (800 MW & 1000 MW) Leistungssteigerung erwartet

### Masseimprägnierte Kabel

- Ⓢ DC: bis +/- 500 kV 1600, seit über 40 Jahren verlässlich eingesetzt

### Verfügbarkeit von Hoch- und Höchstspannungskabeln

- Ⓢ Produktionskapazität p.a. ca. 3.500 km (Europacable Mitglieder 2011)
- Ⓢ 40% Steigerung der Produktionskapazität von 2008 bis 2011

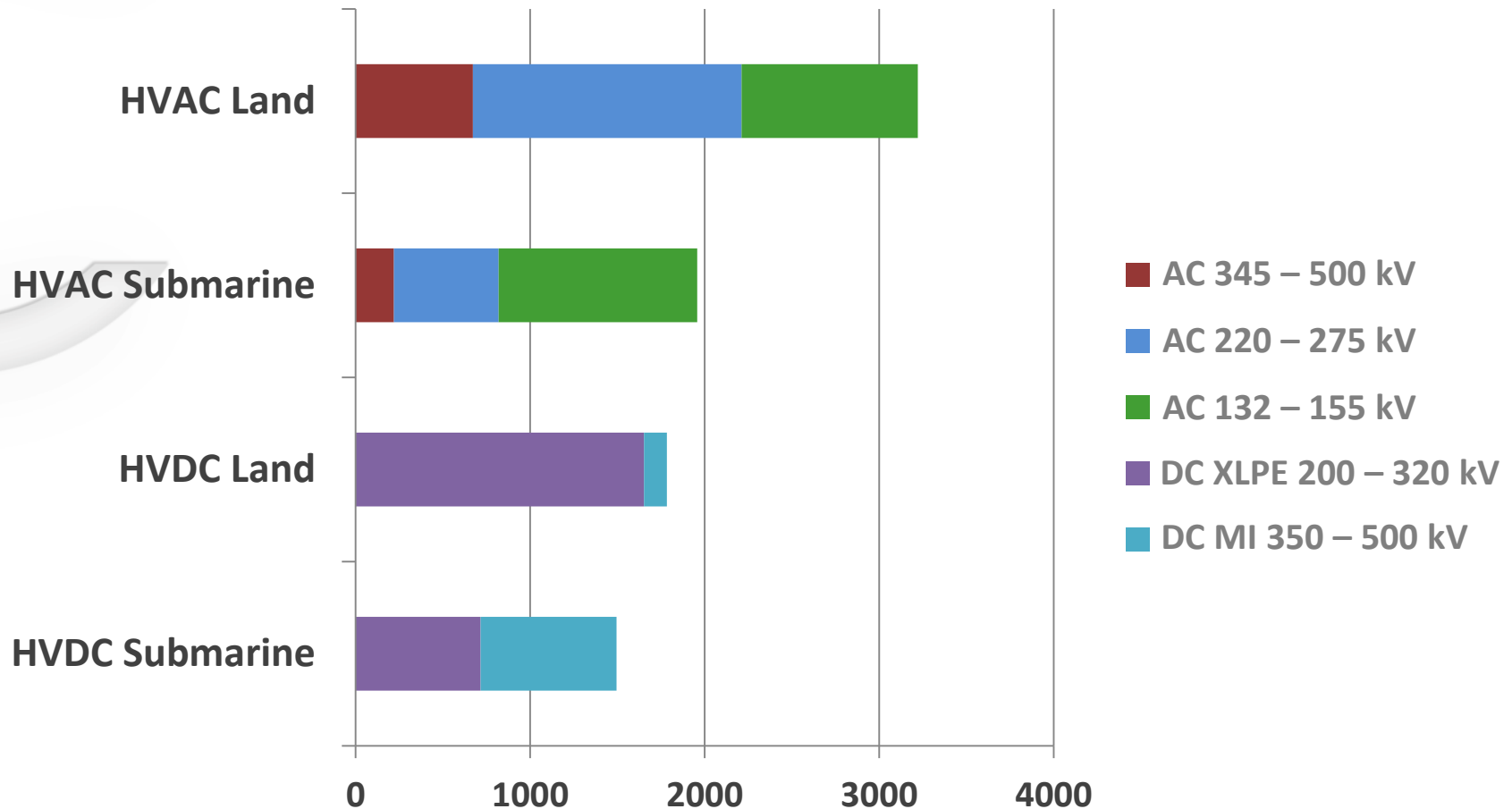
### Weltweite Installation von VPE Kabeln seit 2000

- Ⓢ Hochspannung: > 200,000 km
- Ⓢ Höchstspannung: > 10,000 km

➤ *Hoch- und Höchstspannungskabel stehen uneingeschränkt zur Verfügung*



## Kabelinstallationen 2010 – 2014 weltweit (km)



➤ Hoch- / Höchstspannungs Erd- & Seekabel werden weltweit immer mehr eingesetzt



# 380 kV AC: Technische Aspekte

## Gemeinsame Studie ENTSO-E / Europacable Januar 2011

**C** „Aus technischer Perspektive können Teilverkabelungen eine praktikable Möglichkeit für Übertragungsprojekte sein, die von vitalem Interesse für das europäische Übertragungsnetz sind.“

**C** „Alle Teilverkabelungsprojekte erfordern eine Einzelfall bezogene Analyse der technischen Spezifikationen.“



**Gemeinsame Studie:  
Machbarkeit und technische Aspekte der Teilverkabelung von  
Höchstspannungsfreileitungen**

Entsprechend einer Bitte des europäischen Energiekommissars Andris Piebalgs vom Dezember 2009 haben ENTSO-E und Europacable gemeinsam diese Studie erstellt, in der die Machbarkeit und technische Aspekte von Teilverkabelungen von Höchstspannungsfreileitungen (220–400 kV Wechselstrom) dargelegt werden.

Das Ziel dieses Dokuments ist, eine maßgebliche Information für zukünftige Energieübertragungsprojekte bereitzustellen, die allen interessierten Parteien zur Verfügung gestellt werden soll.

Teilverkabelungen können in einigen Fällen Teil einer Lösung für Energieübertragungsprojekte sein, die von vitalem Interesse für den Ausbau des europäischen Übertragungsnetzes sind. Aus diesem Grund hat die Verfügbarkeit von vereinbarten maßgeblichen Informationen zu diesem Thema grundlegende Bedeutung.

ENTSO-E und Europacable haben die folgenden Aspekte von teilweise in Erde verlegten Energieübertragungsleitungen überprüft:

- 1) Technische Aspekte von Höchstspannungskabeln mit Isolierung aus vernetztem Polyethylen (VPE)
- 2) Integration von Teilverkabelungen in Übertragungsnetze
- 3) Umweltaspekte einer Teilverkabelung
- 4) Kostenaspekte einer Teilverkabelung.

In dieser Studie wird die Erfahrung, die europäische Übertragungsnetzbetreiber mit der Einbindung von unterirdischen Höchstspannungskabeln in ihre Übertragungsnetze im Laufe von vielen Jahren gewonnen haben, mit der technischen Expertise der führenden Herstellern von VPE-Höchstspannungskabelsystemen in Europa zusammengeführt.

Angeichts der Komplexität der Integration von Teilverkabelungen in Höchstspannungsübertragungsnetze erfordern alle Projekte eine einzelfallbezogene Analyse der erforderlichen technischen Spezifikationen für die Teilverkabelung.

Vor diesem Hintergrund sind ENTSO-E und Europacable übereingekommen, eine gemeinsame Beurteilung der grundlegenden Aspekte von Teilverkabelungen zu erstellen.

Es muss unterstrichen werden, dass diese Studie nur die technischen Aspekte von Teilverkabelungen behandelt. Es ist nicht Aufgabe dieser Arbeit zu definieren, wann und wo Teilverkabelungen eingesetzt werden könnten, um Freileitungen zu ergänzen. Diese Frage muss von den einzelnen Übertragungsnetzbetreibern sowie gegebenenfalls von anderen nationalen Planungsstellen oder Behörden beantwortet werden.

Diese Studie wurde in englischer Sprache dem europäischen Energiekommissar Günther Oettinger am 11. Januar 2011 geschickt und ist jetzt unter dem folgenden Link verfügbar: [http://ec.europa.eu/energy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/index_en.htm). Die hier vorliegende deutsche Übersetzung wird von Europacable zur Verfügung gestellt. Die englische Fassung ist als Originalreferenz zu betrachten.

Brüssel, den 12. Januar 2011

Jean Verstele  
Chairman of ENTSO-E  
System Development Committee

Thomas Neesen  
Secretary General Europacable

# 380 kV AC: Technische Aspekte

## Technologieübersicht der DENA im Auftrag BMWi, 8.7.2014

“Das deutsche Höchstspannungsnetz: Technologien und Rahmenbedingungen.” Seite 25

### 3.1.3 Hochspannungsdrehstromübertragung mittels Erdkabel 380 kV.<sup>1011</sup>

Elektrische Leistung kann auf der Höchstspannungsebene als Drehstrom auch in erdverlegten Kabeln übertragen werden. Die Erdkabel werden im Allgemeinen in einer Tiefe von ca. 1,50 m verlegt. Für die Verbindung der Kabelabschnitte sind bei 380-kV-Betrieb typischerweise alle 700 bis 1.000 m Verbindungsmuffen in der Tiefe der Kabeltrasse erforderlich. (...)

Eine Erdkabeltrasse für den Ersatz einer 380-kV-Drehstrom-Doppelleitung hat im Betrieb eine Breite von ca. 20 bis 25 m, in der Bauphase von bis zu 40 m. Eine Erdkabeltrasse ist hauptsächlich in Waldgebieten zu erkennen, da sie von tief wurzelndem Bewuchs freigehalten werden muss. Von einer Kabeltrasse auf offenem Gelände sind meist nur die gegebenenfalls in jedem Kabelabschnitt errichteten Muffenbauwerke (als Schachtdeckel) sichtbar. Zusätzlich müssen die Kabelübergangsstationen sowie die gegebenenfalls notwendigen Kompensationsanlagen (bei einer längeren 380-kV-Kabellösung etwa alle 20 bis 30 km erforderlich) überirdisch errichtet werden. Eine landwirtschaftliche Nutzung der Flächen auf einer Kabeltrasse ist möglich. Die möglichen Auswirkungen durch die Erhöhung der Bodentemperatur werden aktuell (...)

Quelle: Dena Technologieübersicht: [www.dena.de](http://www.dena.de)



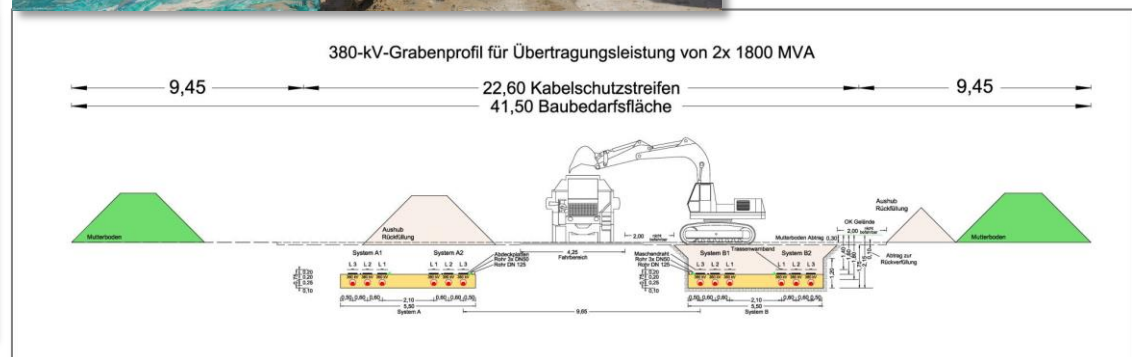
## 380 kV Teilverkabelung: Amprion

380 kV AC Raesfeld Projekt, Deutschland

- Ⓢ Gesamtlänge der Leitung: 181km Meppen–Wesel
- Ⓢ 3 Teilverkabelungsabschnitte vorgesehen
- Ⓢ Raesfeld Abschnitt: 7 km Teilverkabelung
- Ⓢ Doppelsystem 380 kV, Übertragungskapazität 2x1800 – 2300 MVA

### Innovation

- Ⓢ Starker Fokus auf Wiederverfüllung & Bodenbehandlung
- Ⓢ Rohrverlegung der Kabel



## 380 kV Teilverkabelung: TenneT

### 380 kV AC Randstad Projekt, Niederlande

- Gesamtlänge der Leitung: 85 km Rotterdam, Amsterdam & Den Haag
- Doppelsystem 380kV, Übertragungskapazität 2x2635 MVA

### 2 Innovationen

- Neues Mastdesign „Wintrack“
- 20 km Teilverkabelung:
  - Süd-Abschnitt: 10,8 km Teilverkabelung seit Sept 2013 in Betrieb
  - Nord-Abschnitt: 9,5 km Bauzeit 2015 - 2017



Technical innovations: cabling 380kV

- Applying 20 km of 380kV underground cable is state of the art... and the world is watching with great interest!
- Cooperation with **europacable**

Innovation in threefold: technical - social - system

4 december 2013 4



# 380 kV Teilverkabelung: National Grid

## 380 kV AC London Tunnel Projekt, England

- C** Gesamtlänge der Leitung: 32 km
- C** 196 km 400kV Kabel in 10 Systemen, 1600/1700 MVW (Sommer/Winter)
- C** 20 km 132kV Kabel, 80 MVA

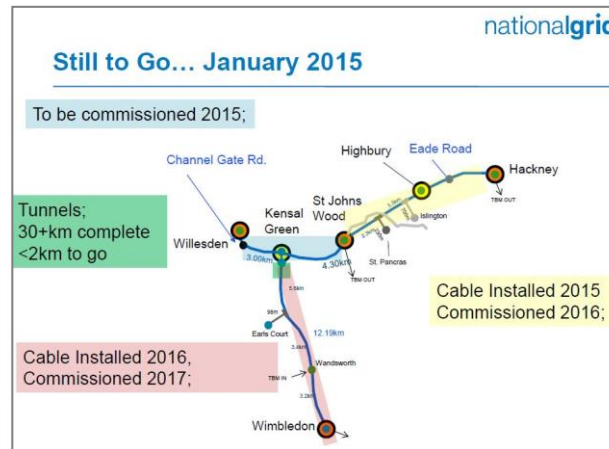
### Innovation

- C** Tunnelinstallation unter der Stadt

nationalgrid

#### Existing HV Cable Tunnels in Greater London

Project	Length	Tunnel dia.	Circuit	Cable supplier	Years in service
Elstree to St Johns Wood	19.7km	3m	Single 400kV	Südkabel	10+ years
Olympic Tunnel	6km	4m	Double 400kV	ABB	4 years
Croydon	10km	3m	Single 400kV	NKT	4 years
Kentish Town	2km	2.5m	Single 275kV	Prysmian	3 years
Dartford	2.4km	3m	Double 400kV	ABB/ Südkabel	10 years



## 380 kV Teilverkabelung: Kosten

### Eckdaten

- ❶ Keine generelle Aussage möglich
- ❶ Kosten abhängig von Projektausführung & Bodenbeschaffenheit (max 60%)
- ❶ Investitionen für Erdkabelabschnitt 3 – 10x zur Freileitung
- ❶ Kostenfaktor 3 – 10 bezieht sich nur auf den Teilverkabelungsabschnitt
- ❶ Kostenfaktor für das gesamte teilverkabelte Projekt bei 1.2 – 2
- ❶ Schnellere Umsetzung reduziert oder neutralisiert Mehrkosten
- *Mehrkostenfaktor der Teilverkabelung hat nur geringe Aussagekraft*
- *Gesamtkosten der Strecke sind über den Lebenszyklus zu analysieren*

### 5.1.5 Variante für Drehstromübertragung: Teilverkabelung

Eine Teilverkabelung von Netztrassen ist eine weitere Variante für den Ausbau des Höchstspannungsnetzes. Das Konzept der Teilverkabelung nutzt die Vorteile von Freileitungen und Erdkabel. Um die Kosten des Netzausbaus gering zu halten, wird dabei auf dem größeren Teil der Strecke eines Netzausbauprojekts die Freileitungstechnologie eingesetzt. In sensiblen Gebieten kann durch die teurere Erdverkabelung von Teilstrecken ggf. die Akzeptanz bei den Bürgern in der Region gesteigert werden. Die höheren spezifischen Kosten der Erdverkabelung relativieren sich in diesem Fall vor dem Hintergrund der Gesamtkosten der Strecke.

## HGÜ Kabeltechnik



### Masseimprägnierte Einleiterkabel

- ✔ Seit über 40 Jahren zuverlässig im Einsatz, derzeit am meisten verwendet
- ✔ Spannungen bis +/- 500 kV 1600 A
- ✔ Typische Leiterquerschnitte bis 2500 mm<sup>2</sup> (Übertragungskapazität 2000 MW zweipolig)

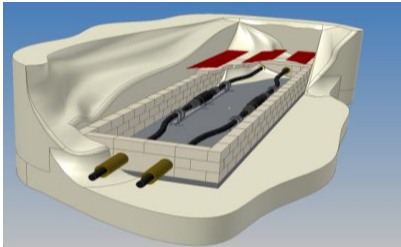


### Kunststoffisolierte Kabel VPE (XLPE)

- ✔ Heute Spannungen +/- 320 kV (800 MW & 1000 MW) eingesetzt
- ✔ Spannung und Leistung werden in naher Zukunft erhöht werden

### Verlegung

- ✔ Logistische Zwänge schränken HGÜ Landkabel Länge ein (+/- 1.000m)
- ✔ Verlegung direkt in Boden (Sandgemisch) oder in Rohren, Tunneln
- ✔ Verbindung in Muffengruben, die über der Erde nicht sichtbar sind
- **Wichtig: Jedes Leitungsprojekt ist einzigartig und erfordert komplexe, umfassende Expertise in der Planung und Umsetzung**



# HGÜ Verkabelung: REE / RTE

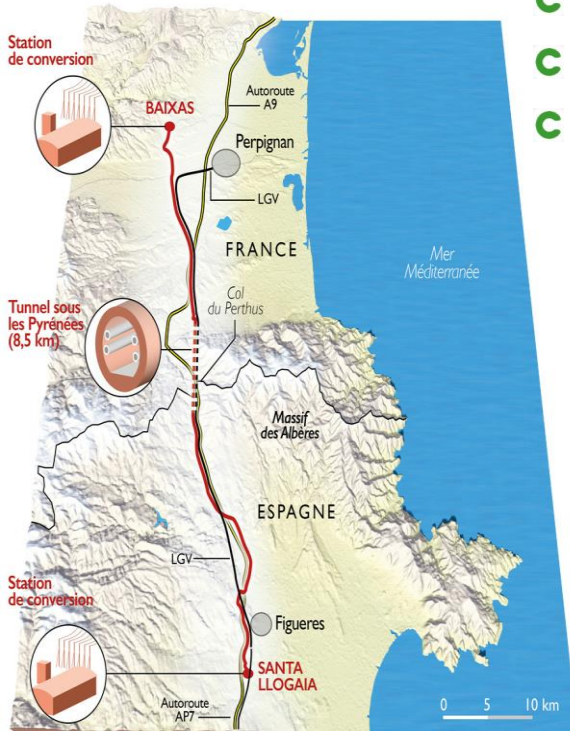
INELFE, HVDC Interkonnektor Frankreich – Spanien

- C** Gesamtlänge: 65 km verkabelt
- C** HVDC +/- 320 kV, Übertragungskapazität 2 GW
- C** 20 Feb 2015: Offizielle Eröffnung

## Innovation

- C** +/- 320 kV VPE HVDC Kabel mit VSC Konvertor
- C** Höchste Kapazität 2 GW
- C** 8.5 km Tunnel unter den Pyrenäen
- C** € 700 Mio, wovon € 225 Mio EU Unterstützungsfonds

TRACÉ DE LA NOUVELLE INTERCONNECTION  
FRANCE-ESPAGNE : 64,5 km



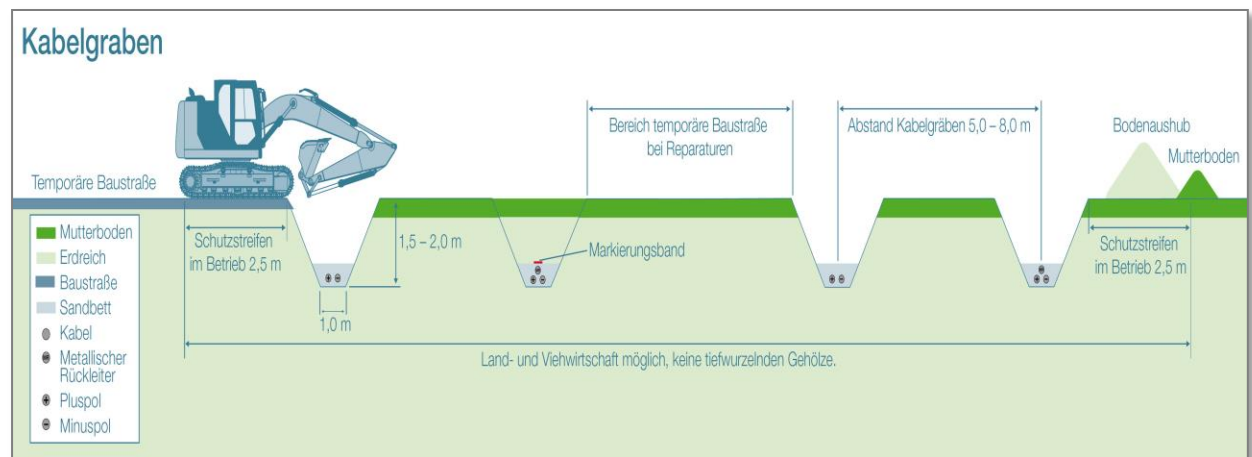
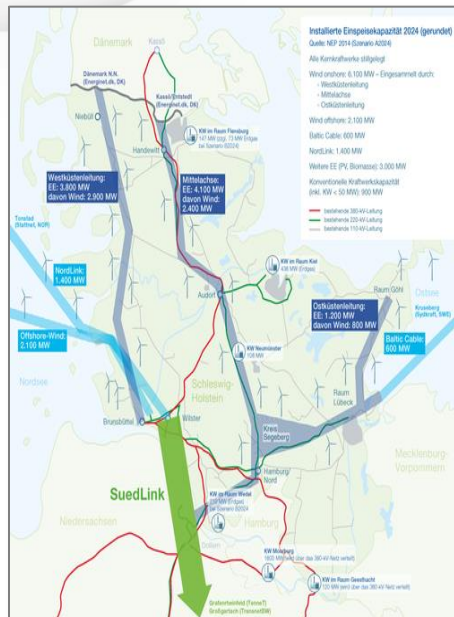
# HGÜ Teilverkabelung: Tennet

## SuedLink HVDC Projekt, Deutschland

- C** Gesamtlänge: 800 km
- C** Übertragungskapazität 2x2 GW, 500kV
- C** Fertigstellung geplant für 2022

## Innovation

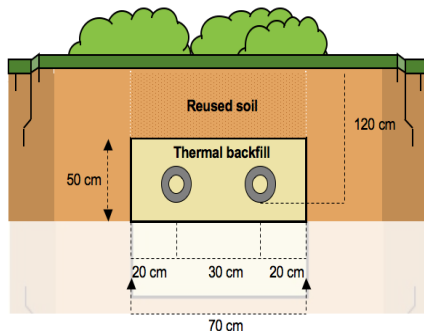
- C** BNetzA sieht Möglichkeit der Teilverkabelung vor
- C** Längste HGÜ Punkt-zu-Punkt Verbindung



# HGÜ Teilverkabelung: Technische Aspekte

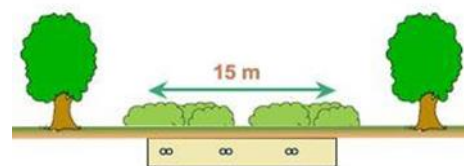
## HGÜ Erdkabel

- Ⓢ Verlegung in etwa 1,5 m Tiefe
  - Ⓢ etwa 1 m Breite pro bipolares System
  - Ⓢ Schweres Verlegegerät erforderlich: temporäre Auswirkungen
  - Ⓢ Vegetation in 18 – 24 Monaten wieder hergestellt
  - Ⓢ Ackerbau und Viehzucht möglich, jedoch keine Tiefwurzler
  - Ⓢ Mögliche Erderwärmung abhängig von Dauer und Lastfaktor – es liegen noch keine Daten vor
- *Trassenbreite einzelfallabhängig von Übertragungsleistung, Kabeltechnologie, Kabelanordnung, etwaigen Schutzstreifen und Verlegeanforderungen*

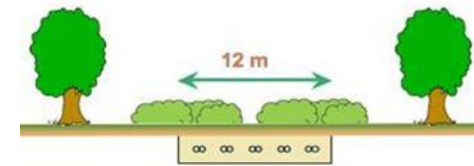


1 bipolares System, 320 kV, 2 GW

Theoretische Einzelfallbeispiele für 5 GW Übertragungsleistung abhängig von gewählter Kabeltechnologie



*MI mit LCC Technologie:  
3 bipolare Systeme  
mit 500 kV HGÜ*



*VPE Kabel mit VSC Technologie:  
5 bipolare Systeme  
mit 320 kV HGÜ*



## HGÜ Teilverkabelung: Wirtschaftliche Aspekte

### Kostenaspekte HGÜ Teilverkabelungsprojekte

- ❶ Europacable kann nur allgemeine Aussagen treffen (EU Wettbewerbsrecht)
- ❶ Jedes Projekt ist einzigartig und sollte vollständig, eigenständig und gesamtwirtschaftlich betrachtet werden
- ❶ Verlegekosten
  - ❶ Investition für HGÜ Kabelsystem abhängig von Übertragungsleistung, Technologie und Ausführung
  - ❶ Bis zu 60% Verlegekosten abhängig von Bodenbeschaffenheit und Terrain
- ❶ Betriebskosten
  - ❶ Kosten für Betrieb HGÜ Erdkabel sind vernachlässigbar
  - ❶ HGÜ Erdkabel nahezu wartungsfrei
  - ❶ Übertragungskorridor erfordert regelmässige Inspektion

- *Bisherige Erfahrungen: Kostenfaktor 2-3 HGÜ Erdkabelabschnitt - SüdLink sollte höher liegen, da höhere Kabelanzahl*
- *Dennoch: Geringerer Mehrkostenfaktor des Gesamtprojekts bei Teilverkabelung*
- *Erhebliche Investitionskosten für Anbindung an Wechselstromnetz durch Stromrichter sind zu berücksichtigen*



## Exkurs: Freileitungstechnologie

### Überblick heute

- Freileitung meist verbreitete Übertragungstechnologie in Europa
- Stahlgittermasten (40-70m) mit Aluminium-Stahl-Beseilung
- Porzellan- oder glasfaserverstärkte Kunststoff-Isolatoren
- 30m Trassenbreite bei 70m Schutzzone (380kV AC)

### Ausblick Technologieentwicklung

- Hochtemperaturleiter: höhere Übertragungsleistungen für etwaige Verstärkungen bei gleichem Flächenbedarf
- Hochtemperaturleiter HTLS (high-temperature-low-sag): deutlich geringerer Durchhang bei gleicher Strombelastung
- Kompaktmasten: neue Designs & Studien
  - Wintrack – TenneT: Randstad Project
  - Equilibre – RTE: Designwettbewerb, Nord-Pas-de-Calais
  - T-Pylon

### Für detaillierte Information

- Dena Technologieübersicht: <http://www.effiziente-energiesysteme.de>
- Grid Expo: [www.grid-expo.eu](http://www.grid-expo.eu)



## Zusammenfassung

Netzausbau ist ein europäisches Thema mit lokaler “Brisanz”

- Ⓒ 15% interconnection target setzt klares Ziel
- Ⓒ Mangelnde öffentliche Akzeptanz führt zu Verzögerungen

Teilverkabelung als innovativer Lösungsansatz

- Ⓒ Teilverkabelung ergänzt Freileitungen in sensiblen Bereichen
- Ⓒ HVAC & HVDC Erdkabeltechnologie ist uneingeschränkt verfügbar
- *Jedes Leitungsprojekt ist einzigartig und erfordert eine spezifische Analyse während der Planung, Umsetzung und im Einsatz*
- *Die technische Komplexität erfordert behutsame, sachliche Diskussion*
- *Der Einsatz von Teilverkabelungen wird es der europäischen Kabelindustrie ermöglichen, ihre Technologieführerschaft auch in Europa unter Beweis zu stellen.*



# Cable Power



REVOLVE

**Dr. Volker Wendt, Director Public Affairs**

[v.wendt@europacable.eu](mailto:v.wendt@europacable.eu)

Europacable, Boulevard A. Reyers, 80, 1030 Brüssel

[www.europacable.eu](http://www.europacable.eu)