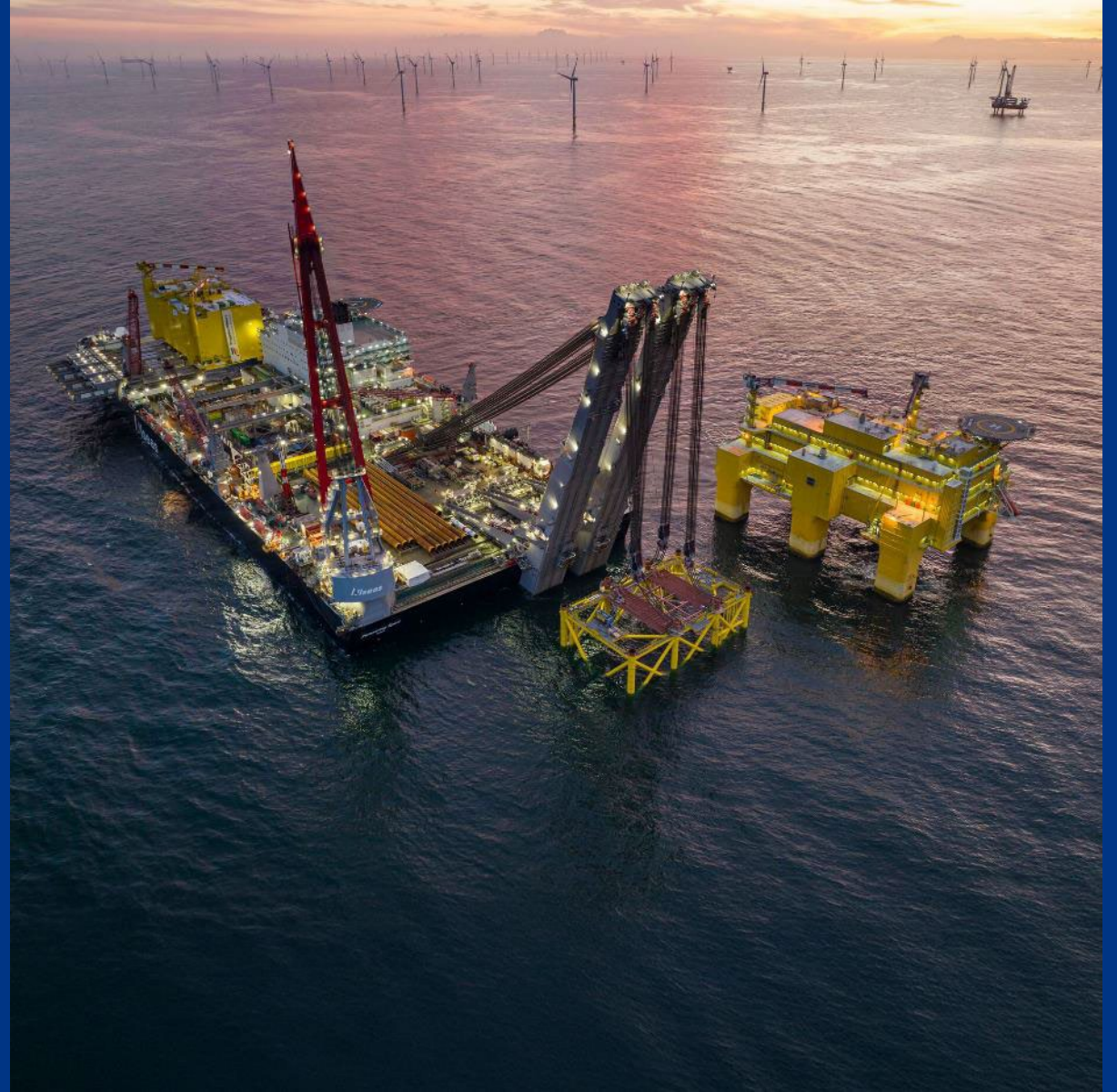


12.02.2026
RET.Con HS Nordhausen

Die Ära Edison im Übertragungsnetz?

Dr.-Ing. Maria Nuschke
Grid Planning and Analysis Specialist





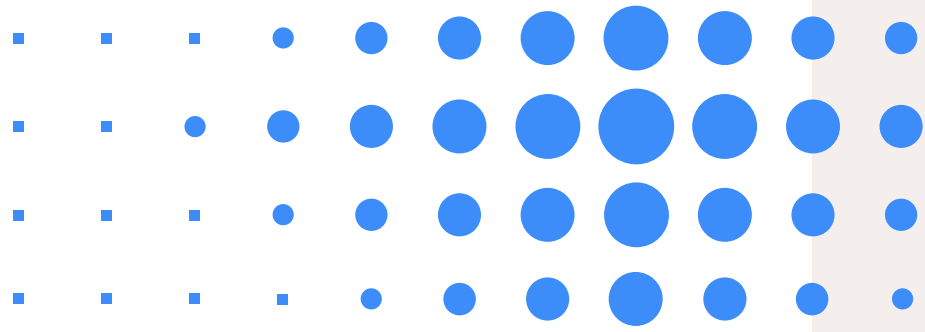
Über TenneT Germany

TenneT Germany ist der größte Übertragungsnetzbetreiber in Deutschland (bezogen auf die Stromkreislänge, installierte Leistung und Größe der Regelzone; 31. Dezember 2024). Das Unternehmen betreibt kritische Infrastrukturen für den Zugang zu einer zuverlässigen, nachhaltigen und bezahlbaren Stromversorgung.

TenneT Germany ist einer der größten Investoren in Stromnetze an Land und auf See in Deutschland. An der nordwesteuropäischen Energiedrehscheibe gelegen, verbindet TenneT Germany: Nord und Süd. Offshore und Onshore. Deutschland und Europa. Mit seinen rund 5.000 Mitarbeitern baut, betreibt und wartet das Unternehmen Deutschlands größtes Übertragungsnetz, das sich auf über 14.000 km erstreckt und mehr als ein Drittel der gesamten Offshore-Windkapazität der Europäischen Union anbindet. Unser Wachstum wird durch eine sich schnell entwickelnde Stromnachfrage angetrieben, die eine flexible und wachsende Netzarchitektur erfordert.

TenneT Germany ist Teil der TenneT Group, dem europäischen Marktführer im grenzüberschreitenden Netzausbau und Pionier bei der Anbindung des europäischen Festlands an eine der weltweit größten erneuerbaren Energiequellen, die Nordsee.

Lighting the way ahead together



Agenda

1. Einführung
2. Aufbau eines Offshore Netzanschlusssystems
3. Zukunft Offshore

Einführung

Teslas historischer Siegeszug

Der „Stromkrieg“

1880er-1890er

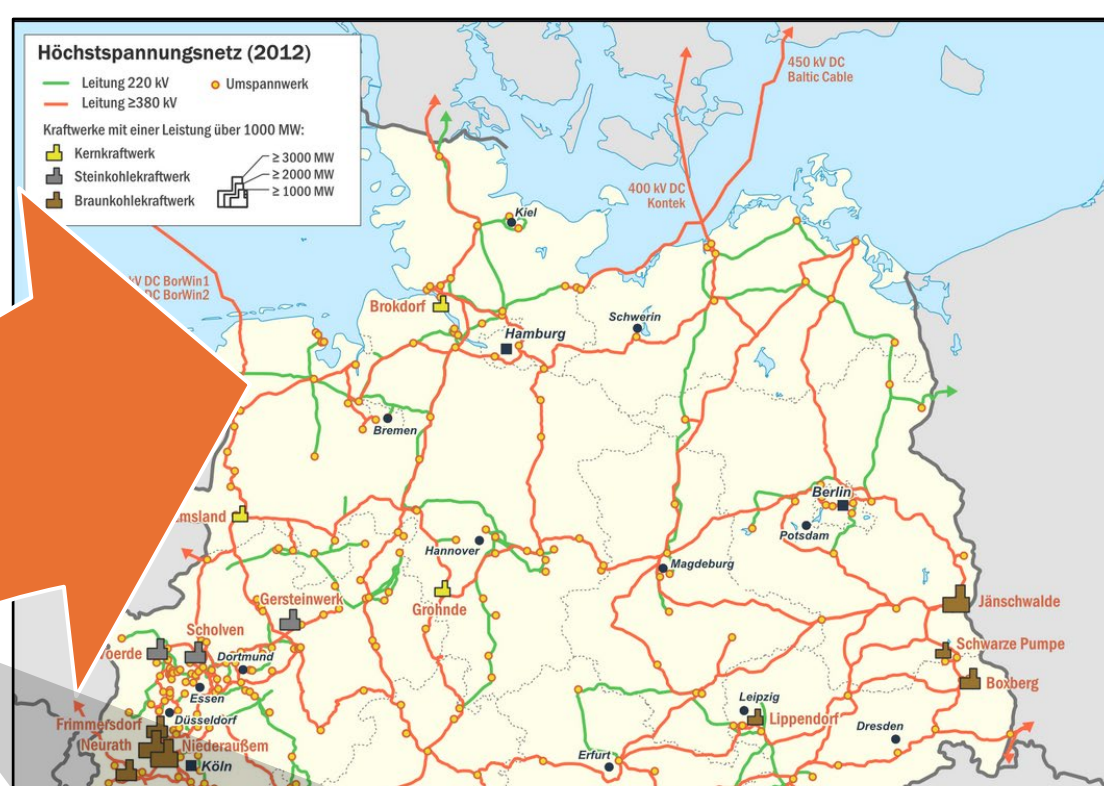
Konflikt zwischen Edison (DC) und Westinghouse/Tesla (AC) um den Standard für elektrische Energieversorgung.

AC setzt sich durch, da mittels Transformatoren einfache Spannungswandlung möglich ist

Anfänge der Elektrifizierung

1866-1880er

Erste DC-Systeme für elektrische Beleuchtung



Aufbau nationaler und internationaler AC-Netze

1915-2000er

Bis 1930: Regionale Netze bis 110kV

Bis 1950: Nationale Netze 220kV

Bis heute: Europäisches Verbundnetz 380kV

Einführung

Vergleich Leistungsübertragung AC und DC

AC-Kabel

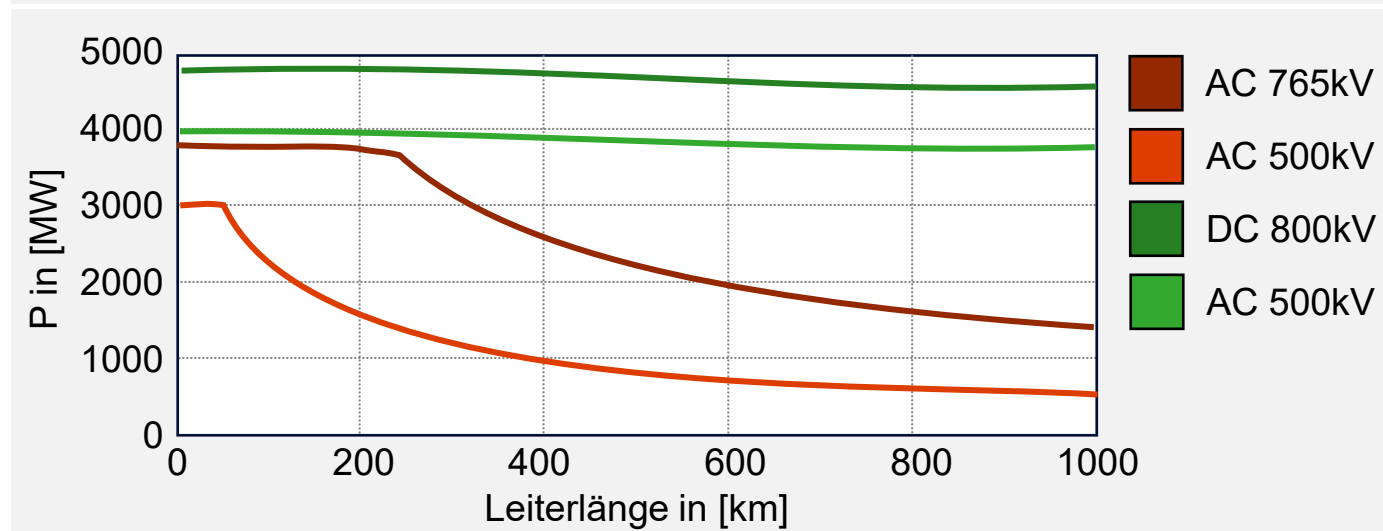
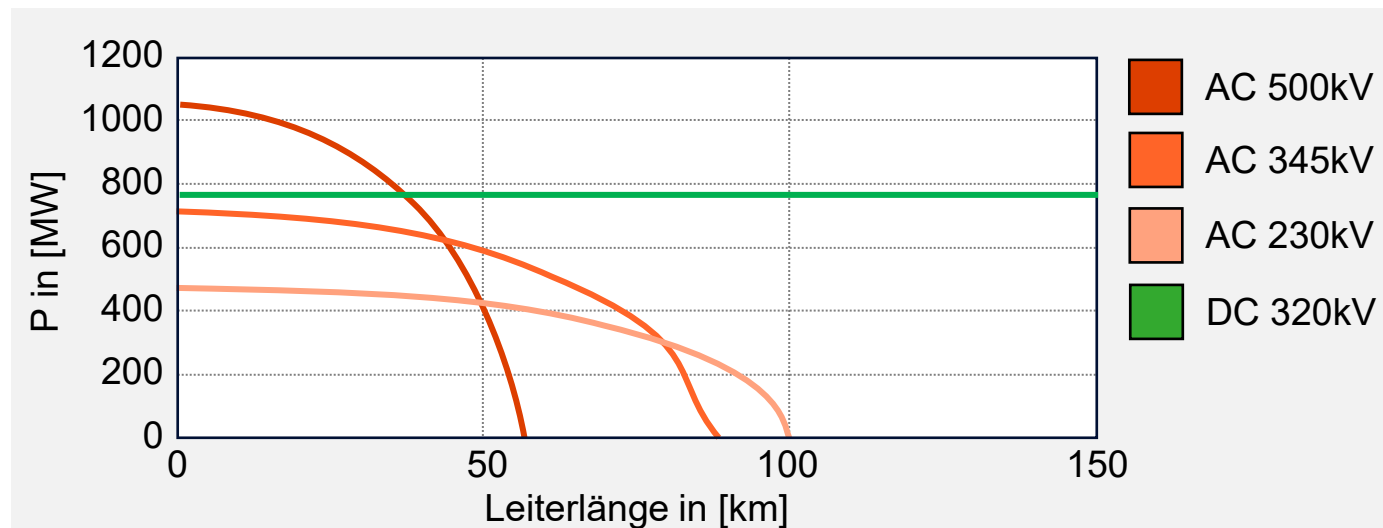
- Kapazitätsbeläge dominieren
- Typische AC-Anwendungen begrenzt auf 50-100km im Verteilnetz

AC-Freileitung

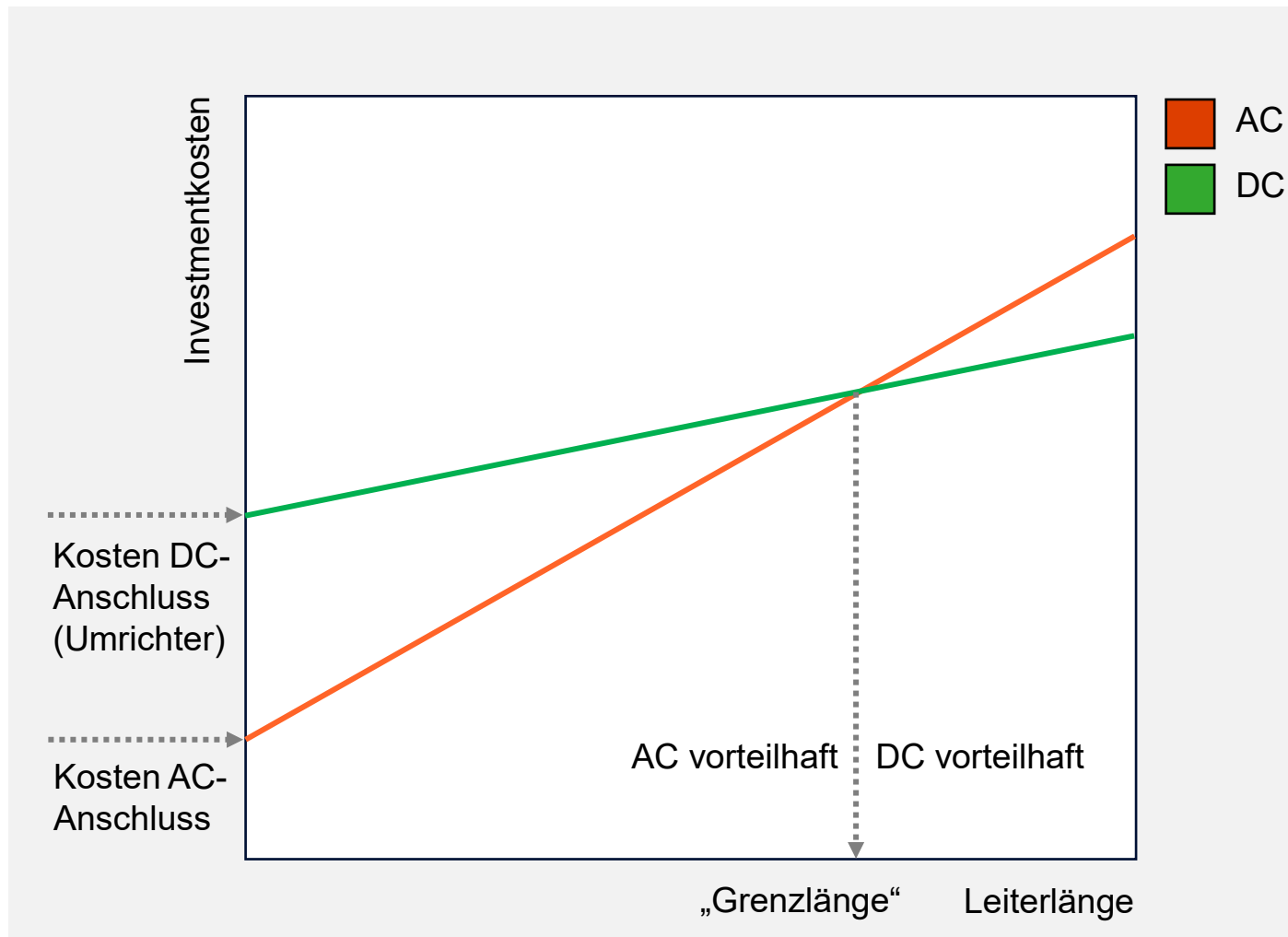
- Induktivitätsbeläge dominieren
- Typischer Leitertyp im Übertragungsnetz mit Kompensationsanlagen

Generell für DC-Leiter

- Keine Blindleistungsverluste
- Damit geringere Betriebskosten



Grenzkosten und Treiber für Hochspannungsgleichstromübertragung



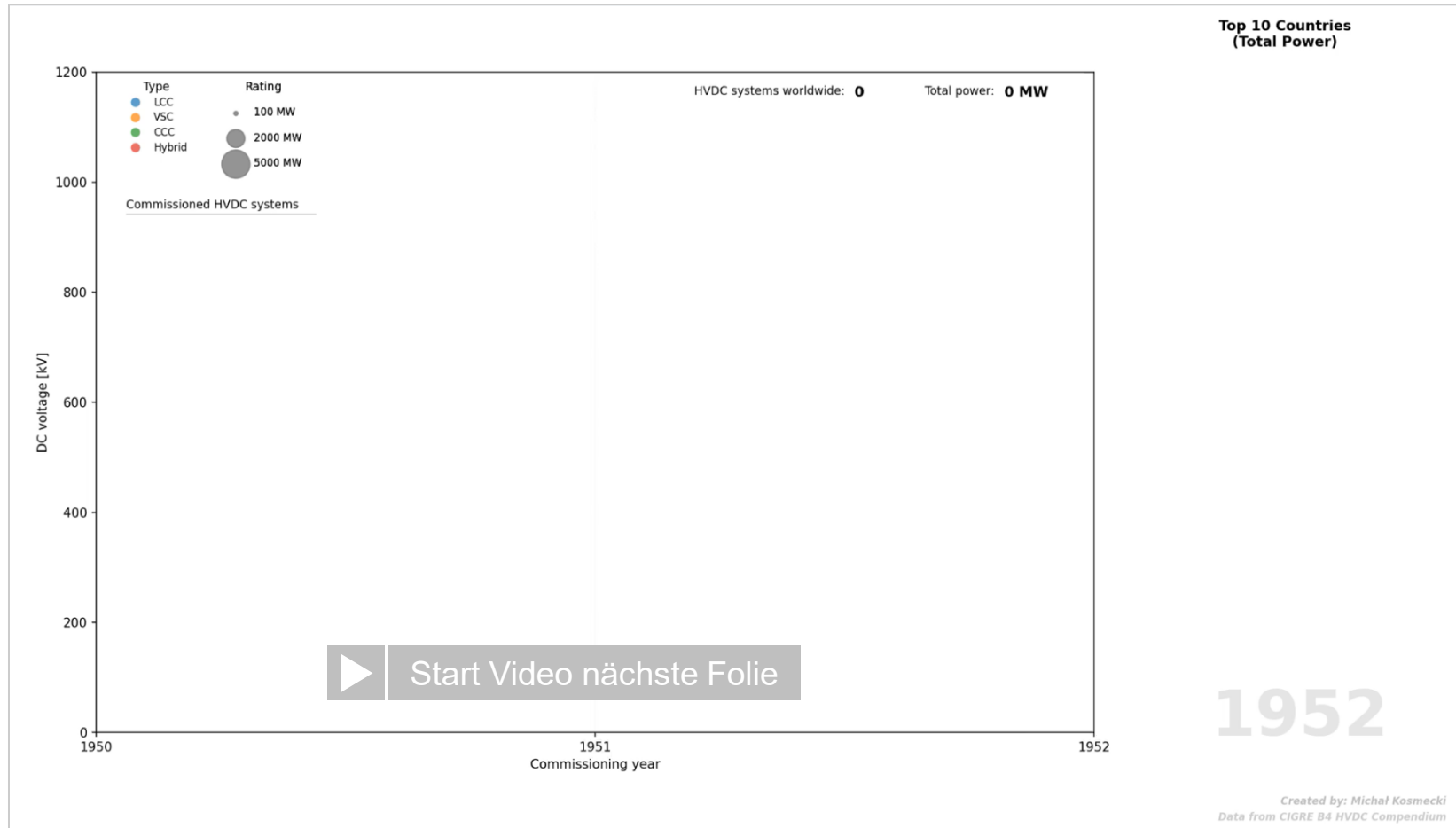
Trotz zusätzlicher Kosten für Umrichterstationen sind bei großen Leiterlängen die Investkosten von HGÜ-Übertragungssystemen geringer als AC.

Weitere Treiber für DC-Technik

- Moderne Leistungselektronik ermöglicht robuste und effiziente Wechsel- und Gleichrichter sowie DC/DC-Steller
- Lange Seekabelverbindungen bei Offshore Netzanbindungssystemen
- Lange Übertragungstrecken von Netzanchlusspunkten Offshore Systeme bis zu Lastzentren im Süden Deutschlands

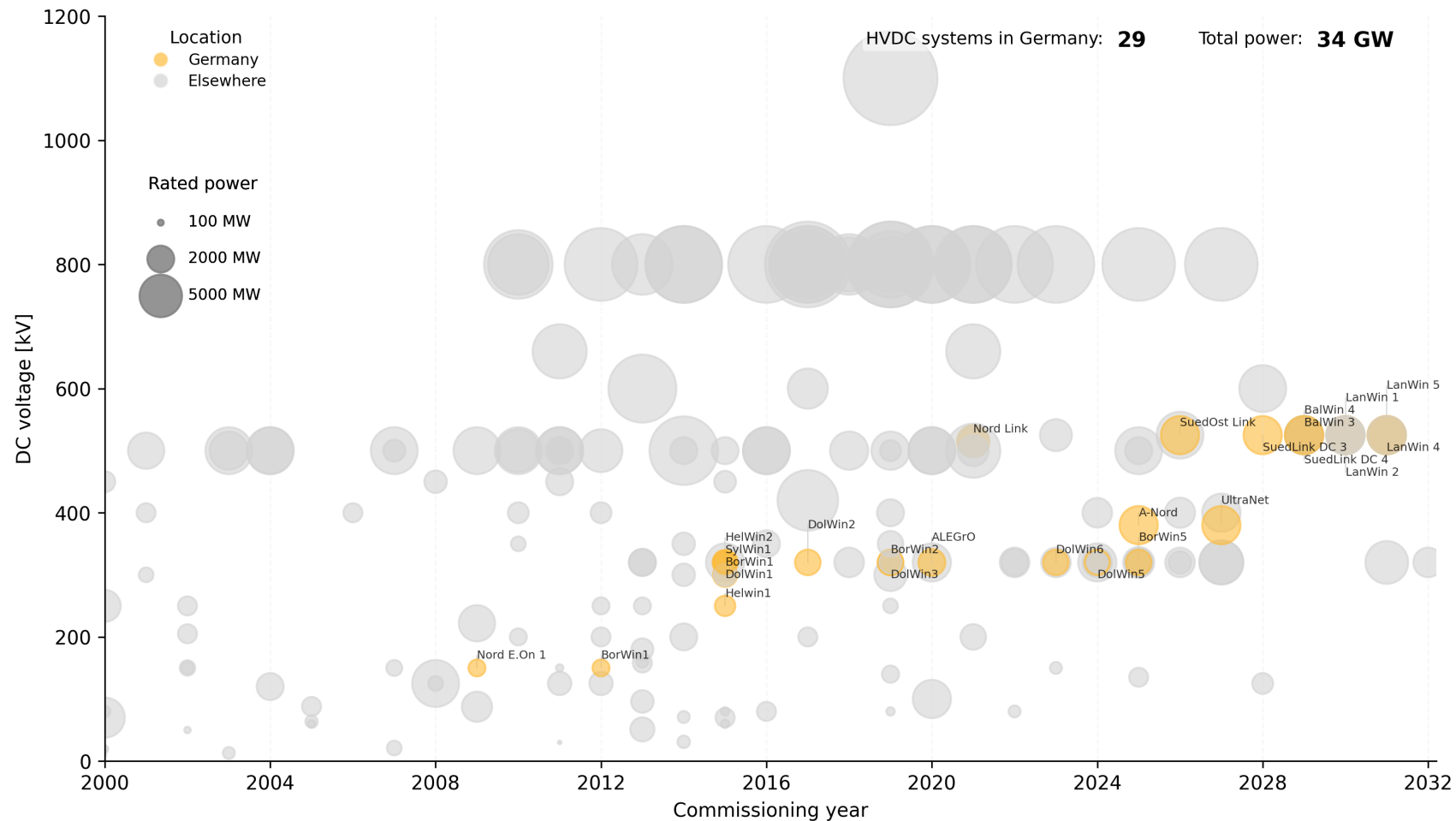
Einführung

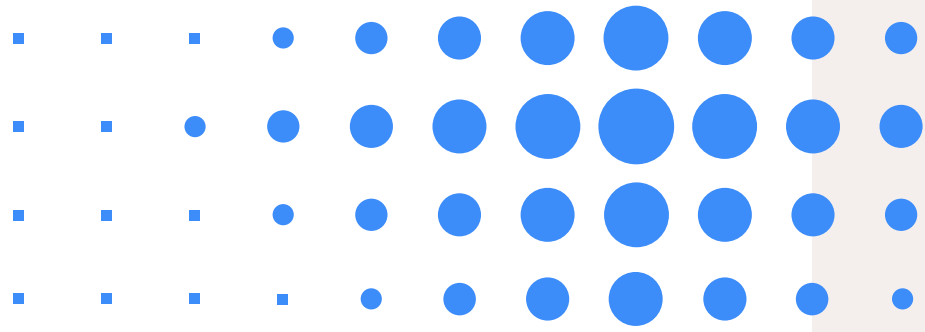
Entwicklung HGÜ weltweit bis heute



Einführung

Entwicklung HGÜ weltweit bis heute (Fokus Deutschland)



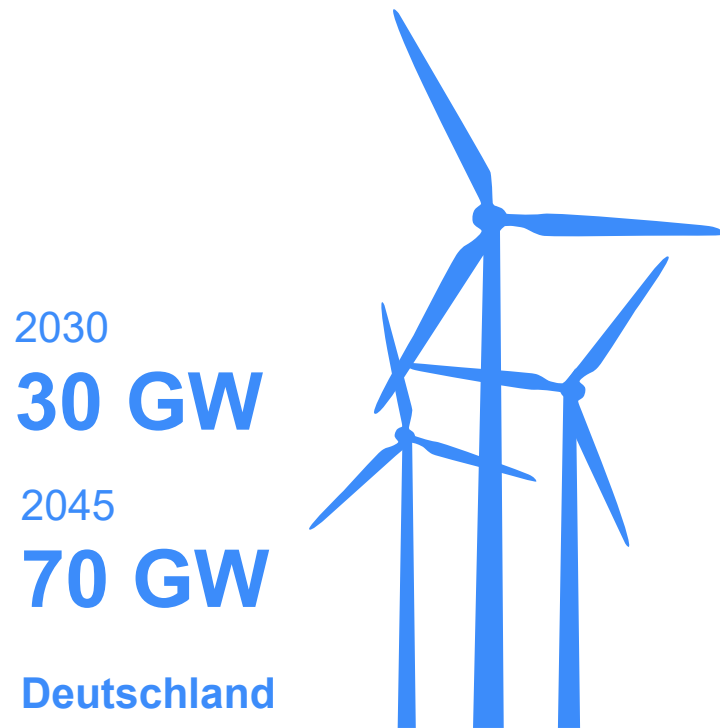


Agenda

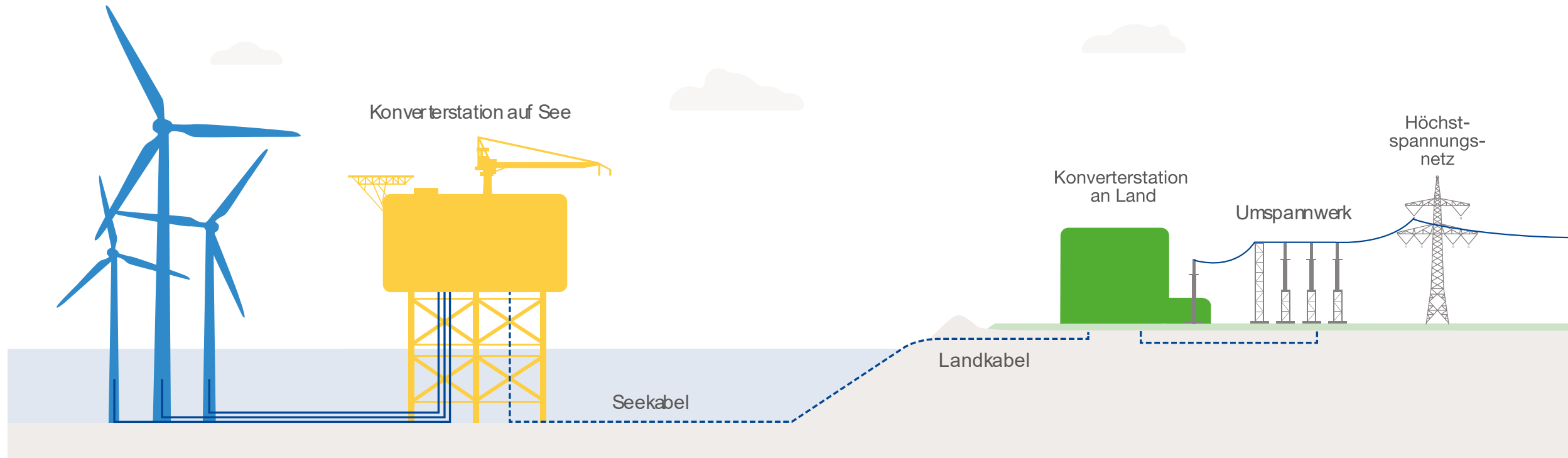
1. Einführung
2. **Aufbau eines Offshore
Netzanschlusssystem**
3. Zukunft Offshore

Politische Ziele für Offshore-Windenergie

Herausforderungen für die kommenden Jahrzehnte



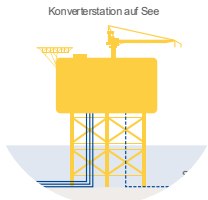
Offshore-Netzanschlusssysteme bringen Windstrom von See an Land



2-GW-Offshore-Umrichterplattform

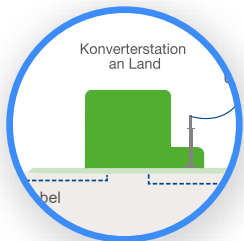
- Unsere neuen Offshore-Netzanbindungssysteme können **2 GW pro System** übertragen – mehr als doppelt so viel wie bisherige Systeme.

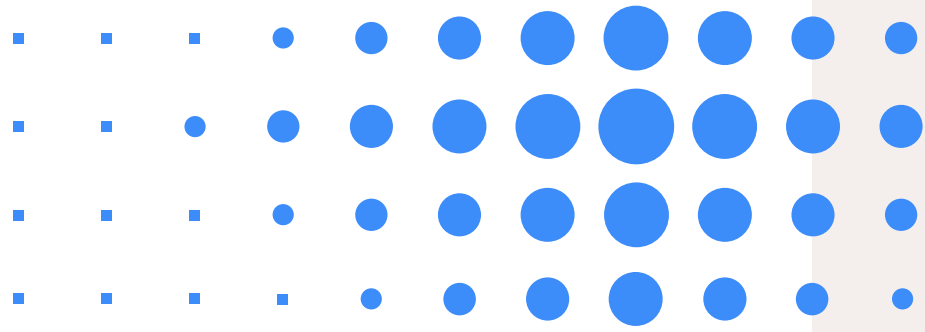
Eine 2-GW-Offshore-Konverterplattform entspricht der Größe eines Fußballfeldes – mit 10 Stockwerken.



Umrichterstationen an Land

- Die **Zuwegung** zum Baufeld wird hergestellt.
- Zur Geländeangleichung wird Sand aufgeschüttet. Je nach Bodenbeschaffenheit kann eine **Pfahlgründung** erforderlich sein.
- Die **Rohbauten der Umrichterhalle** und der **Betriebsgebäude** entstehen.
- Die Transformatoren werden angeliefert und die **technische Innenausrüstung** des Konverters wird eingebaut.
- Die Betriebsgeräusche des Konverters müssen **innerhalb der Grenzwerte** liegen.
- Damit sich die Anlage ins Landschaftsbild einfügt, werden Maßnahmen wie **Begrünung und Sichtschutz** umgesetzt.





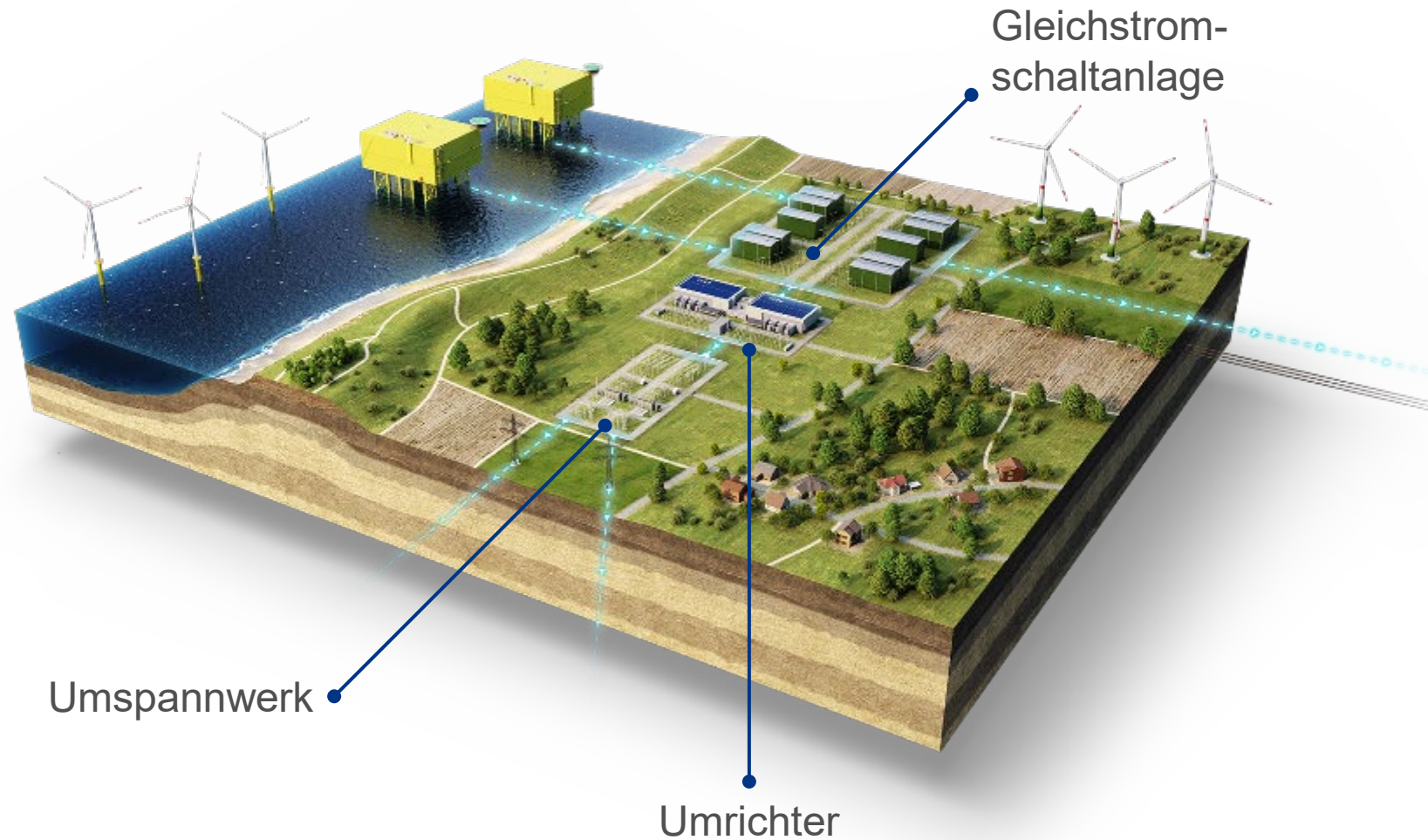
Agenda

1. Einführung
2. Aufbau eines Offshore Netzanschlusssystem
3. **Zukunft Offshore**

Multiterminal-Hubs

Gleichstrom-Drehkreuze im Energienetz der Zukunft

- Multiterminal-Hubs verknüpfen **Netzanbindungssysteme** von See mit den **Gleichstromverbindungen** an Land, wie auch **land- und seeseitige Verbindungen** miteinander.
- Sie ermöglichen es, Strom **flexibel** zu steuern und **bedarfsgerecht** zu übertragen.
- Multiterminal-Hubs liefern die Grundlage für eine neue Netzebene: das **DC-Overlay-Grid**.



Schematische Darstellung DC-MultiHub



- MultiHubs**
(Stand: Mai 2024)
- Gleichstrom (DC) – Seekabel
 - Gleichstrom (DC) – Erdkabel
 - Drehstrom (AC) – Seekabel
 - Drehstrom (AC) – Freileitung
 - Gas-/Wasserstoffleitung
 - Suchraum für Multiterminal-Hub
 - DC-Schaltanlage
 - Konverter
 - Umspannwerk
 - Elektrolyseur

Internationale Vernetzung



Die Vision

Flexibles, internationales Offshore-Netz



Der Mehrwert

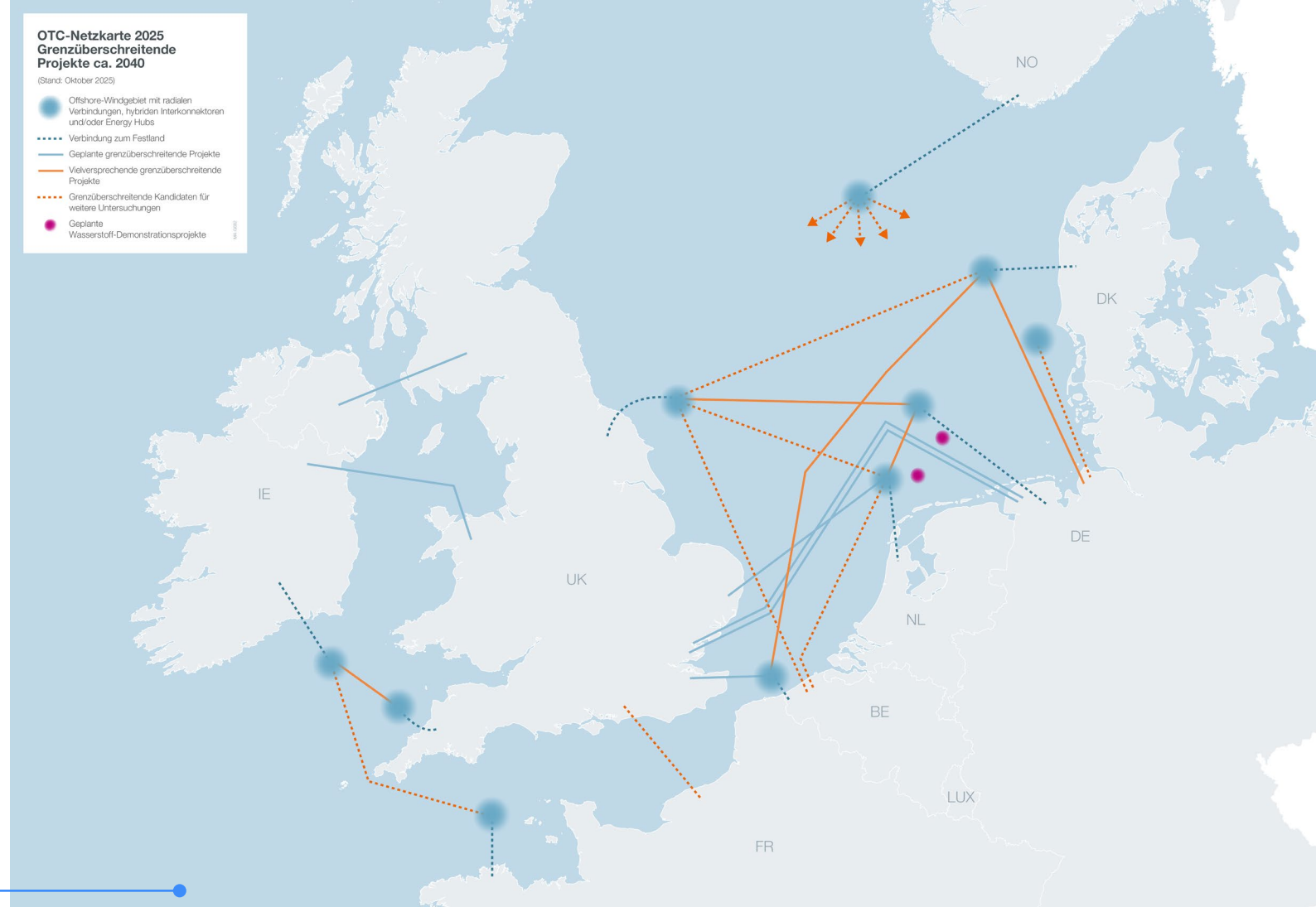
Effizienter Stromhandel
Optimale Nutzung erneuerbarer Energien



Die Prinzipien

Vernetzung
Standardisierung
Systemintegration
Internationale Zusammenarbeit

Offshore TSO Collaboration (OTC)



- Im Rahmen der OTC haben sich europäische ÜNB zusammengeschlossen, um das **Potenzial der Nordsee gemeinsam zu nutzen**.
- Das Ziel: **Die kombinierte Offshore-Windkapazität der Nordsee deutlich erhöhen** – zur Erreichung der europäischen Ausbauziele.

Die OTC hat bereits einen konkreten Vorschlag für ein **zukünftiges europäisches Offshore-Stromnetz** erarbeitet und damit eine Vorreiterrolle übernommen.

Fazit

... Edison gleicht aus!

- Im europäischen Verbundnetz bleibt der Übertragungsstandard historisch bedingt vorerst AC
- Standard für Netzanschlussysteme von Offshore Wind ist in Deutschland seit den 2010ern HGÜ-Technik
- DC-seitige Vernetzung von Netzanschlussystemen zur Kostenreduktion sinnvoll z.B. weniger AC/DC-Umrichterstationen, weniger Redispatch
- Integration von HGÜ-Links zur Reduktion von Engpässen im AC-Übertragungsnetz



Kontakt

Dr.-Ing. Maria Nuschke

Des. Team Lead ESD-SI-G

Strategy & System Design – System Integrity – Grid Code Conformity

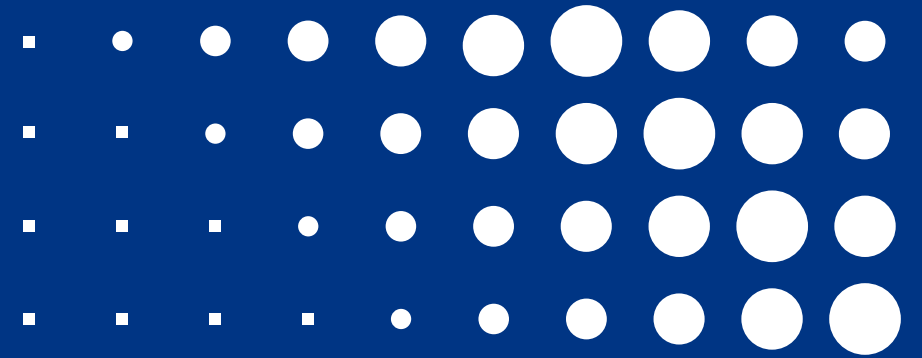
TenneT TSO GmbH, Eisenbahnlängsweg 2a, 31275 Lehrte

maria.nuschke@tennet.eu

www.tennet.eu



Disclaimer



Diese Präsentation wird Ihnen von der TenneT TSO GmbH („TenneT“) angeboten. Ihr Inhalt, d.h. sämtliche Texte, Bilder und Töne, sind urheberrechtlich geschützt. Sofern TenneT nicht ausdrücklich entsprechende Möglichkeiten bietet, darf nichts aus dem Inhalt dieser Präsentation kopiert werden, und nichts am Inhalt darf geändert werden. TenneT bemüht sich um die Bereitstellung korrekter und aktueller Informationen, gewährt jedoch keine Garantie für ihre Korrektheit, Genauigkeit und Vollständigkeit.

TenneT übernimmt keinerlei Haftung für (vermeintliche) Schäden, die sich aus dieser Präsentation ergeben, beziehungsweise für Auswirkungen von Aktivitäten, die auf der Grundlage der Angaben und Informationen in dieser Präsentation entfaltet werden.